

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დ. ლაოშვილი

ელექტროენერგეტიკა



დამტკიცებულია სტუ-ს
სასწავლო-მეთოდური
საბჭოს მიერ

თ ბ ი ლ ი ს ი

2003

№ 699 ლაოშვილი დ.

ელექტრონერბიტიკა. სახელმძღვანელო. თბილისი, 2003.

სახელმძღვანელოში განხილულია ელექტრონერგეტიკული სისტემის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული ყველა ძირითადი საკითხი, რომელიც მის პროექტირებას, გაანგარიშებას, მშენებლობასა და ექსპლუატაციას შეეხება.

განკუთვნილია უმაღლესი ტექნიკური და საშუალო პროფესიული სასწავლებლებისათვის. იგი სასარგებლო იქნება და დიდ დახმარებას გაუწევს ელექტრონერგეტიკის სფეროში დასაკმებულ, აგრეთვე საპროექტო ორგანიზაციებსა და სამეცნიერო – კვლევით დაწესებულებებში მომუშავე საინჟინრო – ტექნიკურ და სამეცნიერო პერსონალს.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტრული სადგურების, ქსელებისა და სისტემების კათედრის გამგე, ტეკნ. მეცნ. დოქტ., პროფესორი შ. ნაჭყებია.

საქართველოს სათბობ – ენერგეტიკის მინისტრის პირველი მოადგილე ნ. უფლისაშვილი.

სამეცნიერო რედაქტორი – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ზოგადი და თეორიული ელექტროტექნიკის კათედრის გამგე, საქ. მეცნიერებათა აკადემიის წევრ – კორესპონდენტი, ტეკნ. მეცნ. დოქტ., პროფესორი პ. მერაბიშვილი.

ლ 2201000000

– 602(08) – 00

© გამომცემლობა “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2003

ISBN 99940 – 14 –55 –2

Demi P. Laoshvili

Doctor of technical sciences, professor;
Dean of Energetic Faculty of the Georgian Technical University;
Director of the Electro energetic scientific-engineering centre;
The academicians of the Georgian Engineering Academy;
The Vice-president of the Georgian National Energetic Academy;
He published 200 scientific works of the problems of electroenergetics, also 10 manuals and two monographs; he published his scientific works in USA, India, Slovakia, Egypt, Jugoslavia, Turkey, in the scientific centres of all countries of CIS;
Holder of Honour Order.

Demi P. Laoshvili

Electroenergetics

Annotation

The all principal and main questions of energetics and, in particular, of electroenergetic system are discussed in the manual. The general information of world energetics, its structure and perspectives of its development are described there.

Lately, the development of energetics, as a fundamental branch of economics, is characterized by acceleration of rate of growth, by alteration of peculiar indices and structure of heat-and-energetic balance, by global use of all heat resources and nuclear fuel.

In the manual, energetics (heat-and-energetic complex) is presented as a large system, containing reception, processing, transformation, transportation, preservation and use of power resources and power substitutes.

For the first time in mother tongue, the all trends of multiplanned branch, as electroenergetics, are concentrated and reproduced in the manual. There are discussed the technology of electric power production, types of electric power stations, their equipment, principle of working and sphere of use. There are given the structure and qualification of energy system and electroenergetic nets, parameters of quality of electric power and technical and organization measures of their protection, purpose of equipment of relay protection of electro supply system and of automatic mechanism, principles of operation and general demands. There are given purpose of principal electric plant of electro energetic system, description of their equipment and principle of their working. Much attention is devoted to the description of main electric plans of electric power stations and junctions, their essential role in normal functioning of electro energetic system.

The questions of electric safety of electro plants are considered on a level with the highest world standards. For the first time in mother tongue, there are given principle of working of sources of energy renovation (energy of solar radiation, hydro-energetic, wind-energetics, wave and burst of energy, geotermic energetics), principal equipments, perspectives of their use taking into account specificity of Georgian economics.

In the manual, technical parameters and characteristic features of all commutation plants and organs of electroenergetic system are introduced as supplements, that will stand students in good stead in course and diploma projects.

The themes and questions are arranged in accordance with educational programme, recommended by Tempus-Tasis, that will help in universities to ensure two-staged educational European demand (baccalaureate and magistrates).

It's destined for higher technical and secondary professional educational institutions. It is useful and renders assistance people, working in sphere of electro energetics, also engineering and technical and scientific personnel, working in planning organizations and scientific research institutions.

შესავალი

ელექტრული ენერგია ენერჯის ყველაზე უნივერსალურ სახეს წარმოადგენს. იგი ძალზე მარტივად და ეკონომიკურად გარდაიქმნება სხვა სახეების - თბურ, მექანიკურ, სინათლის და ა.შ. ენერჯიად. ელექტრული ენერგია მნიშვნელოვან გამოყენებას პოულობს ავტომატიკის, ელექტრონიკისა და სხვა დარგების მოწყობილობებში, რომელთა გარეშე წარმოუდგენელია სხვადასხვა დანიშნულების დანადგარების, აპარატების, ხელსაწყოებისა და ტექნიკური ნაგებობების ექსპლუატაცია. ელექტრული ენერგია ქვეყნის ეკონომიკის ყველა დარგის განვითარების საფუძველს წარმოადგენს.

შრომის ელექტროშივარადება მრეწველობასა და ეკონომიკის სხვა დარგებში ქვეყნის ტექნიკური განვითარების დონის უმნიშვნელოვანეს მაჩვენებელს წარმოადგენს. შრომის ელექტროშივარადების დონე სახელმწიფოს ტექნიკური პროგრესის მაჩვენებელია.

თანამედროვე ელექტროენერგეტიკა XIX საუკუნის შუა წლებში ელექტრომაგნიტური ინდუქციის აღმოჩენის შედეგად წარმოიშვა, რომელსაც მოჰყვა ბრუნვითი მოძრაობის მექანიკური ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნელი გენერატორების შექმნა. ამ დროისათვის უკვე წარმოებდა წყლის ორთქლის თბური ენერჯის მექანიკურ ენერჯიად გარდაქმნა. უფრო ადრე იყო ცნობილი და ფართოდ გამოიყენებოდა დაცემული წყლის ენერჯია (ე.წ. "წყლის ბორბლები"). ელექტრომექანიკური გენერატორები წარმატებით შეეხამა ათვისებული ელექტრული გარდაქმნების ჯაჭვს - სათბობის ქიმიური ენერჯია - ორთქლის თბური ენერჯია - თბური ძრავის მექანიკური ან მდინარის პოტენციური ენერჯია - ჰიდრაულიკური ძრავის მექანიკური ენერჯია. ენერჯის აღნიშნული სახეები დღევანდელი ენერგეტიკული სისტემის ძირითად წყაროებს წარმოადგენს.

ელექტროენერჯის წარმოება ელექტროსადგურებზე ხდება და სხვადასხვა სახის ენერჯის გარდაქმნის გზით მიიღება: თბოელექტროსადგურებზე (თეს) იგი მიიღება ორგანული სათბობის ქიმიური ენერჯის გარდაქმნის, ჰიდროელექტროსადგურებზე (ჰეს) - წყლის ენერჯის გარდაქმნის, ატომურ ელექტროსადგურებზე (აეს) - ბირთვული სათბობის ენერჯის გარდაქმნის, ქარის ელექტროსადგურებზე ქარის ენერჯის გარდაქმნის გზით და ა.შ.

ქალაქებსა და სამრეწველო ცენტრებში ელექტროენერჯის გარდა დიდი მოთხოვნილება არსებობს თბურ ენერჯიაზე. ამასთან დაკავშირებით ქვეყნის მთლიან ელექტრიფიკაციასთან ერთად არსებითი მნიშვნელობა თბოეტიკიკისაც ენიჭება. ხშირ შემთხვევაში გაცილებით ეკონომიკურს ელექტრული და თბური ენერჯების ერთდროული წარმოება წარმოადგენს, რისთვისაც სპეციალური თბოელექტროსადგურები - თბოელექტროცენტრალები (თეც) გამოიყენება. დიდი სიმძლავრის ტურბინების მქონე თეცებზე მარტივ ქმედების კოფიციენტის (მ.ქ.კ.) მიყვანილი მნიშვნელობა 65-67%-ს აღწევს, ხოლო კონდენსაციურ თბოელექტროსადგურებზე (ეეს), რომელიც მხოლოდ ელექტროენერჯის აწარმოებს, იგი 35-40%-ს არ აღემატება. ამგვარად, ორგანული სათბობის გამოყენების ეფექტურობა თეცზე თითქმის ორჯერ მეტია ეესთან შედარებით. ამასთან დაკავშირებით, ეკონომიკურად განვითარებული ქვეყნისათვის თეცების დადგმული სიმძლავრის ხვედრითი წილი თბოელექტროსადგურების ჯამური სიმძლავრის არანაკლებ 35%-ს უნდა შეადგენდეს.

ქვეყნის ელექტროენერგეტიკის განვითარება მისი თვისობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებას გულისხმობს, რომელთაგან ძირითადია:
- ელექტრომომარაგების საიმედოობა;

ელექტროენერგეტიკული დანადგარების მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები;

ელექტროენერჯის ხარისხი.

ენერგეტიკისა და ელექტრიფიკაციის ნებისმიერი პრობლემის გადაწყვეტის პროცესში, როგორც წესი, საჭიროა ელექტროენერგეტიკული ქსელებისა და დანადგარების გაელენის გათვალისწინება. ყოველივე ამის გამო, ყველა ინჟინერ-ენერგეტიკოსი უნდა ფლობდეს აუცილებელ მონაცემებს ელექტროენერგეტიკული ქსელებისა და დანადგარების თვისებების, ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებისა და მუშაობის პირობების შესახებ. აღნიშნული მიაღწენებს ფართო პროფილის ინჟინერ-ენერგეტიკოსების მომზადების აუცილებლობაზე, რასაც ვფიქრობთ, მნიშვნელოვანწილად შეუწყობს ხელს წინამდებარე სახელმძღვანელო.

თავი I. ელექტრული ენერჯის წარმოების ტექნოლოგია

§1-1. ელექტროსადგურების ტიპები

ელექტრული ენერჯია გამოიშვება ელექტრულ სადგურებზე, რომელზეც ბუნებრივი ენერჯის სხვადასხვა სახეები (ორგანული სათბობი, ვარდნილი წყალი, ქარი, გეოთერმული, ზღვის მოქცევის ტალღები და სხვ.) ელექტრული მანქანების - გენერატორების საშუალებით ელექტრულ ენერჯიად გარდაიქმნება. გენერატორების ბრუნვით მოძრაობაში მოსაყვანად გამოიყენება პირველადი ძრავები - ორთქლის მანქანები, შიდაწვის ძრავები, ორთქლის, აირისა და ჰიდრაულიკური ტურბინები, ქარის ძრავები და სხვ. პირველადი ძრავას მიერ მოხმარებული ენერჯის სახეობის მიხედვით ელექტრული სადგურები შემდეგ ძირითად ტიპებად შეიძლება დაიყოს: თბურ, ჰიდრაულიკურ, ატომურ, ქარის, გეოთერმულ, ჰიდრომააქუმულირებულ და სხვა ტიპის ელექტროსადგურებად.

მთიანი და სამხრეთი რეგიონებისათვის გარკვეული მნიშვნელობა აქვს მზის დანადგარებს (პელიოსადგურებს), თუმცა ასეთი სადგურების, ისევე როგორც განახლებად ენერჯიებზე მომუშავე სხვა ელექტროსადგურების სიმძლავრე უმნიშვნელოა და მხოლოდ ადგილობრივი დანიშნულება გააჩნია.

დანიშნულების მიხედვით ელექტროსადგურები შეიძლება დაიყოს:

1. რაიონულ ელექტროსადგურებად, რომელიც ორგანული სათბობის მოპოვების ახლომდებარე ტერიტორიაზე ან დიდ მდინარეებზე განლაგებული და სადგურის მოქმედების ზონაში არსებული მომხმარებლების ელექტრომომარაგებისთვისაა გათვალისწინებული. ასეთი სადგურების სიმძლავრე საკმაოდ დიდია და რამდენიმე ასეულ მეტ-ს აღწევს;

2. სამრეწველო ელექტროსადგურებად, რომელიც მსხვილი სამრეწველო საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიაზე იგება და ელექტროენერჯით ამარაგებს საწარმოს ტექნოლოგიურ საამქროებს, დამხმარე სამსახურებსა და საწარმოს სიახლოვეს განლაგებულ დასახლებულ პუნქტებს, ორგანიზაციებსა და მშენებლობებს;

3. საქალაქო და კომუნალური დანიშნულების თბო-ელექტროსადგურებად, რომელიც ენერჯით ძირითადად ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებს ამარაგებს. აღნიშნული დანიშნულების სადგურები მომხმარებლებს აწეის არა მარტო ელექტრულ, არამედ თბურ ენერჯიასაც, რის გამოც მათ თბოელექტროცენტრალები ეწოდება;

4. სასოფლო დანიშნულების ელექტროსადგურებად, რომელთა ამოცანაა სასოფლო-სამეურნეო წარმოებისა და სასოფლო დასახლებული პუნქტების ელექტრომომარაგება.

§1-2. თბური ელექტროსადგურები

პირველადი ძრავას ტიპის მიხედვით ანსხვავებულ შემდეგი ტიპის თბოელექტროსადგურებს:

1. ორთქლტურბინული სადგურები, რომელზეც პირველად ძრავად ორთქლის ტურბინა გამოიყენება. ასეთ სადგურებზე ტურბინა, რომელიც უშუალოდ შეერთებული ელექტრულ გენერატორთან, ენერგეტიკულ აგრეგატს ანუ ტურბოაგრეგატს წარმოქმნის;

2. ორთქლმანქანური სადგურები, რომელზეც პირველად ძრავად დგუშიანი ორთქლის მანქანა გამოიყენება;

3. ღიზელური სადგურები, რომელზეც პირველად ძრავად შიდაწვის ძრავა გამოიყენებული;

4. აირტურბინული სადგურები, რომელზეც პირველად ძრავად აირის ტურბინა გამოიყენებული.

დგუშიანი მანქანებისა და შიდაწვის ძრავების მქონე თბოელექტროსადგურებს შედარებით მცირე სიმძლავრე აქვთ და უმეტესად ადგილობრივი საჭიროებებისთვის გამოიყენება.

სამრეწველო დანიშნულების თითქმის ყველა თბოელექტროსადგურზე პირველად ძრავას ორთქლის ტურბინა წარმოადგენს. ასეთი ტურბინების პრიორიტეტული გამოყენება შემდეგი ღირსებებითაა განპირობებული:

1. ორთქლის ტურბინები იმავე ბრუნთა რიცხვზე მზადდება, რომელიც თანამედროვე გენერატორებს აქვთ. ეს იძლევა აგრეგატის უშუალოდ ამჟრის საშუალებას საშუალოდ გადაცემის გარეშე;

2. ტურბინის მუშაობა ხასიათდება სელის მაღალი სითანაბრით, რაც ცვლადი დენის სტაბილური სიხშირის მიღების შესაძლებლობას იძლევა;

3. ორთქლის ტურბინები შეიძლება დაზაადდეს დიდ 150, 200, 300, 600, 1200 მეტ და მეტ სიმაღლეზე (ტურბინის სიმძლავრე მის მიერ აძრული გენერატორის ელექტრული სიმძლავრით ხასიათდება); რაც მეტია ტურბოაგრეგატორის სიმძლავრე, მით მაღალია მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტი;

4. ორთქლის ტურბინა სადგურის ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაციისა და მისი დისტანციური მართვის საშუალებას იძლევა;

5. ორთქლის ტურბინით შესაძლებელია ელექტროენერჯისთან ერთად გამოშუშავებულ იქნეს თბური ენერჯია საცხოვრებელი სახლების, საქალაქო მეურნეობისა და სამრეწველო ობიექტების გასათბობად.

თბოელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის მიღების პროცესი მდგომარეობს დასაწვავი სათბობის თანმიმდევრულ გარდაქმნაში თბურ ენერჯიად, თბური ენერჯისა - ორთქლის ტურბინის ბრუნვის მექანიკურ ენერჯიად და ტურბინის მექანიკური ენერჯისა - გენერატორის ელექტრულ ენერჯიად.

თბური ენერჯის მისაღებად გამოიყენება მყარი ორგანული სათბობი - ნახშირი, ტორფი, საწვავი ფიქალი, მერქნის ნარჩენები; თხევადი ორგანული სათბობი - ბუნებრივი აირი, ნავთობი, მანუთი და სხვ.

მყარი ორგანული სათბობი შეიძლება ქვების საცეცხლეში მტერისებრ მდგომარეობაში ან ნამსხვრევების სახით დაიწვას. განსაკუთრებით ეფექტურია სათბობის დაწვა მტერის სახით.

ორთქლის ტურბინული ელექტროსადგურები თავის მხრივ იყოფა კონდენსაციურ და თბოფიკაციურ ელექტროსადგურებად.

კონდენსაციური ელექტროსადგურები (კეს). ორთქლის ტურბინებს, რომელშიც ნამუშევარი ორთქლი სპეციალურ კონდენსატორებში

გახურების ზედაპირიდან მიეწოდება ქვაბის შიგნით მიღებში გამდინარე წყალს, რომელიც განსაზღვრულ ტემპერატურაზე ორთქლად გარდაიქმნება.

ქვაბში წარმოქმნილი ორთქლი 400-600°C-ის ტემპერატურითა და 3-22 მპა წნევით ორთქლსადენის გავლით ორთქლის ტურბინისაკენ მიემართება. ტურბინაში შემავალი და მისგან გამავალი ორთქლის წნევების, აგრეთვე ორთქლის ტემპერატურების სხვაობის შედეგად ორთქლი ფართოვდება და ასრულებს მუშაობას, ე. ი. აბრუნებს ტურბინის ლილვს და მასთან ერთად გენერატორის ლილვსაც, რის შედეგადაც გენერატორი გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას. ტურბინაში ორთქლის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობა ტურბინაში შემავალი და მისგან გამავალი ორთქლის წნევებისა და ტემპერატურების სხვაობის ზრდის პროპორციულად იზრდება. რაც სრულად გამოიყენება ორთქლის თბური ენერჯია მექანიკური მუშაობის შესასრულებლად, მით მეტია ტურბინის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

წნევების სხვაობის გასაზრდელად ტურბინაში შემავალი ორთქლის წნეის გაზრდის გარდა რეკომენდებულია ტურბინიდან გამავალი ორთქლის წნეის შემცირება, ე. ი. გაფართოების ბოლო საფეხურზე ორთქლს უნდა გააჩნდეს ატმოსფერულზე გაცილებით ნაკლები წნეეა (0,04 - 0,03 ატ). ნამუშევარი ორთქლი, რომელსაც ჯერ კიდევ გააჩნია თბური ენერჯიის გარკვეული მარაგი, კონდენსატორის მილებში გაედინება.

კონდენსატორი წარმოადგენს ცილინდრს, რომლის შიგნით ქორიზონტალურ მდგომარეობაში განლაგებულია გამდინარე ცივი წყლის მილები. ნამუშევარი ორთქლი, გაივლის რა მილებში, გადასცემს მათ სითბოს ნაწილს, რის შედეგადაც ორთქლი ცივდება და დისტილირებულ წყლად (კონდენსატად) გარდაიქმნება. აღნიშნული კონდენსატი მკვებავი ტუმბოს საშუალებით მიემართება საქებაში, სადაც ისევ ორთქლად გარდაიქმნება.

ამგვარად, კონდენსაციურ ელექტრულ სადგურებზე მკვებავი წყლის, ორთქლისა და კონდენსატის ცირკულაცია ჩაკეტილი ციკლით წარმოებს. კონდენსატორის მილებში ცირკულირებულ გამაცივებელ წყალს წყალსაცავებიდან, მდინარეებიდან, ტბებიდან იღებენ. თუ ელექტრული სადგური მდინარის სიახლოვესაა განლაგებული, მდინარის წყალი კონდენსატორს საციტრკულაციო ტუმბოს საშუალებით მიეწოდება.

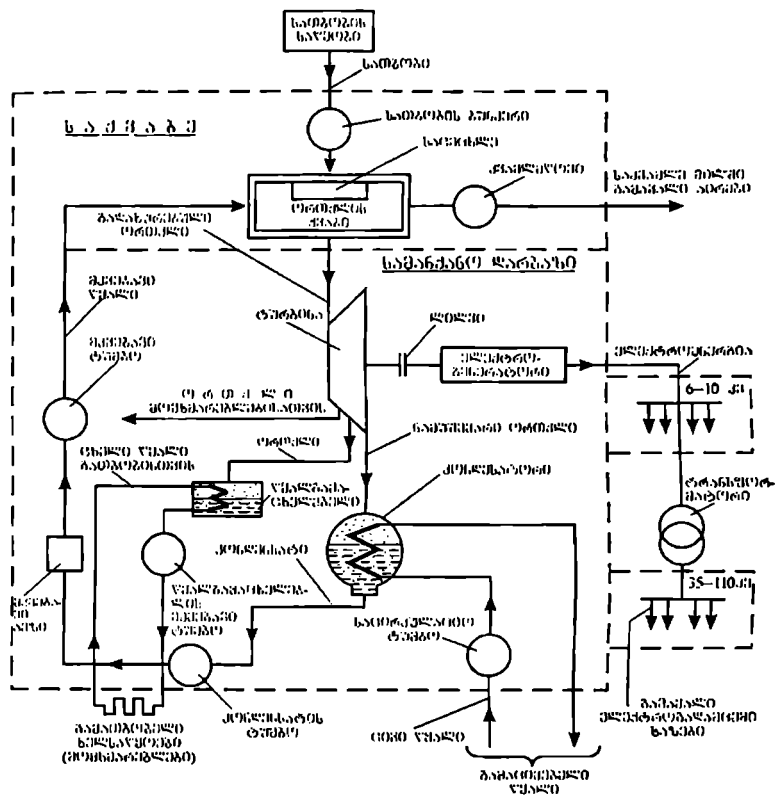
რამდენადაც კონდენსატორის მილებში წყლის დიდი რაოდენობა გაედინება, მისი ტემპერატურა გამოსავალზე 25-26° C-ს არ აღემატება. ასეთი ტემპერატურის წყლის გამოყენება სამრეწველო ან საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის შეუძლებელია, რის გამოც იგი უკან ჩაედინება წყალსაცავში. სადგურის მახლობლობაში ბუნებრივი წყალსაცავის არარსებობის შემთხვევაში გამოიყენება ხელოვნური გამაცივებლები კომპ-გამაცივებლების (გრადირენი) ან მაშხფებელი აუზების სახით.

თბური კონდენსაციური ელექტროსადგურები დაბალი მ.კ.-ით ხასიათდება. სათბობის ენერჯიის მხოლოდ 35-40% გარდაიქმნება ელექტრულ ენერჯიად, ხოლო დანარჩენი ენერჯია იკარგება. ამიტომ კესების მუშაობა შემოზიდულ ორგანულ სათბობზე ეკონომიკურად არახელსაყრელია. კონდენსაციური ელექტროსადგურები უმრავლეს შემთხვევებში იგება რაიონებში, რომელშიც დაბალხარისხიანი სათბობის ბუნებრივი მარაგია განლაგებული. ამასთან, ენერჯიის მომხმარებლები შეიძლება სადგურიდან დიდი მანძილით იყოს დაშორებული.

თბოფიკაციური ელექტრული სადგურები (თეც). ორთქლ-ტურბინული თბოფიკაციური ელექტროსადგურები ერთდროულად ორ ფუნქციას ასრულებენ: ელექტროენერჯიის გამოიმუშავების გარდა ისინი სითბოთი ამარაგებენ ელექტროსადგურის სიახლოვეს განლაგებულ მომხმარებლებს. თბური ენერჯიის მომხმარებლები შეიძლება იყოს სამრეწველო საწარმოები, კომუნალური და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების

ობიექტები (აბანო, სამრეცხაო, ქიმწმენდა და სხვ.), აღმინისტრაციულ-საზოგადოებრივი შენობები და საცხოვრებელი სახლები, რომელიც თბურ ენერჯიას საყოფაცხოვრებო საჭიროებებისა და გათბობისათვის იყენებს.

თბოფიკაციური ელექტროსადგურის ტექნოლოგიური პროცესის გამარტივებული პრინციპული სქემა, რომელიც დიდად არ განსხვავდება კონდენსაციური ელექტროსადგურის სქემისაგან, ნახ. 1-2-ზეა მოცემული.



ნახ. 1-2. თეცის ტექნოლოგიური პროცესის პრინციპული სქემა.

განსხვავება კეხისა და თეცის პრინციპულ სქემებს შორის იმაში მდგომარეობს, რომ თეცზე ორთქლის ნაწილი გაივლის ტურბინის ყველა საფეხურს და მხოლოდ ელექტროენერჯიის გამომუშავებისათვის გამოიყენება, ხოლო მეორე ნაწილი, რომელსაც უფრო მეტი თბომომცველობა და წნევა გააჩნია, აირთმევა თბოფიკაციური საჭიროებისათვის ტურბინის საშუალოდ საფეხურებში გაელის გარეშე. ამასთან, ართმეული ორთქლი თბური ენერჯიის მომხმარებლების საჭიროების მიხედვით შეიძლება მიღსადენებით ტრანსპორტირებულ იქნეს უშუალოდ მათთან ან გამოყენებულ იქნეს სადგურში წყლის გასაცხელებლად, რომელიც მომხმარებელს მიეწოდება.

თეციის ეკონომიკური მუშაობის შემთხვევაში, როცა სადგურის მომხმარებელს ერთდროულად აწვდის როგორც ელექტრული, ასევე თბური ენერჯის ოპტიმალურ რაოდენობას, მისი მ.კ. 60-70%-ს აღწევს, ხოლო პერიოდებში, როცა მომხმარებელს უწყდება თბური ენერჯის მიწოდება (ზაფხულის თვეებში), სადგურის მუშაობის მ.კ. ეკეთებრად მცირდება. თეციების მუშაობის ყველაზე ეკონომიკურ რეჟიმს ადგილი აქვს მომხმარებლებისათვის თბური ენერჯის განუწყვეტელი მიწოდების პირობებში.

თბოფიკაციური საჭიროებისათვის ტურბინიდან ორთქლის ართმევის შესაბამისად რეგულირდება ტურბინაში შემავალი ორთქლის ხარჯი. ამასთან, კონდენსატორში შემავალი ორთქლის რაოდენობა მინიმალური უნდა იყოს.

მომხმარებლებისათვის თბური ენერჯით მომარაგების გრაფიკით სადგურის მუშაობის შემთხვევაში ელექტროენერჯის თეიური გამოშვანება ცვალებადობით ხასიათდება. ამასთან, თბური და ელექტრული ენერჯის მომხმარებლების მუშაობის სხედასხვა რეჟიმის გამო წლის სხედასხვა პერიოდში ელექტროენერჯის მოხმარება შეიძლება იმაზე მეტი აღმოჩნდეს, რისი გამოშვანებაც სადგურს შეუძლია და პირიქით - სადგურის გამოშვანება შეიძლება აჭარბებდეს მიერთებული ელექტრომომხმარებლების ჯამურ სიმძლავრეს. თეციის მუშაობის ყველაზე ეფექტური რეჟიმის მისაღწევად იგი უნდა ჩაირთოს პარალელურ მუშაობაში სისტემის სხე ელექტროსადგურებთან, რაც საშუალებას მოგეცემს ჭარბად გამოშვანებული ელექტროენერჯია დანარჩენ სადგურებს შორის გადანაწილდეს, ხოლო ელექტროენერჯის დეფიციტის შემთხვევაში - ენერჯის საჭირო რაოდენობა სისტემის სხე სადგურებიდან იქნეს მიღებული.

აირტურბინული დანადგარები. თანამედროვე პირობებში

თბოელექტროსადგურებზე ფართოდ გამოიყენება აირტურბინული დანადგარები. ასეთ დანადგარებში მუშა სხეულად გამოიყენება სათბობის წეის პროდუქტებისა და ჰაერის ნარევი ან - გახურებული ჰაერი მაღალი ტემპერატურისა და მაღალი წნევის პირობებში. აირულ ტურბინებში აირის თბური ენერჯის ტურბინის ლილეის ბრუნეის კინეტიკურ ენერჯიად გარდაქმნა წარმოებს.

კონსტრუქციული შესრულებისა და ენერჯის გარდაქმნის პრინციპის მიხედვით აირული ტურბინები ორთქლის ტურბინებისაგან არ განსხევედება. მათი მუშაობის ეკონომიკურობა შიდაწეის ძრავების მუშაობის ეკონომიკურობის ტოლფასია, ხოლო მუშა აირის მაღალი ტემპერატურის პირობებში აირული ტურბინების მუშაობის ეკონომიკურობა მნიშვნელოვნად იზრდება. აირული ტურბინები გაცილებით კომპაქტურია ორთქლის ტურბინებთან და შიდაწეის ძრავებთან შედარებით.

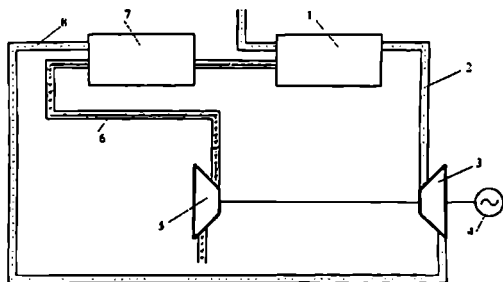
აირულმა ტურბინებმა განსაკუთრებით ფართო გამოყენება ტრანსპორტზე და ავიაციაში კოეა. საავიაციო ძრავებში აირული ტურბინების, როგორც ძირითადი ელემენტების გამოყენებამ თანამედროვე ავიაციას მისცა სიჩქარეების, ტვირთაწეობისა და ფრენის სიმაღლის გაზრდის საშუალება. რკინიგზის ტრანსპორტზე აირტურბოლოკომოტორებში, რომელიც შიდაწეის დგუშიანი ძრავებითაა აღჭურვილი, სერიოზულ კონსურენციას უწევს თბომაველებს.

თანამედროვე აირტურბინები ძირითადად თხეეად სათბობზე მუშაობს, თუმცა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აირისებრი სათბობი - როგორც ბუნებრივი საწეავი აირი, ისე ნებისმიერი სახის მყარი სათბობის განსაკუთრებული წეის შედგეად მიღებული ხელოენური აირი.

აირტურბინული დანადგარების მუშაობის პრინციპული სქემა ნახ. 1-3-ზეა მოცემული.

წეის კამერაში (1) მიეწოდება თხეეადი ან აირადი სათბობი და კაერი. მიღებული წეის აირადი ნაწარმი (2) დიდი ტემპერატურითა და მაღალი წნეით (3) ტურბინის მუშა ფრთებისაკენ მიემართება. ტურბინა დააბრუნებს

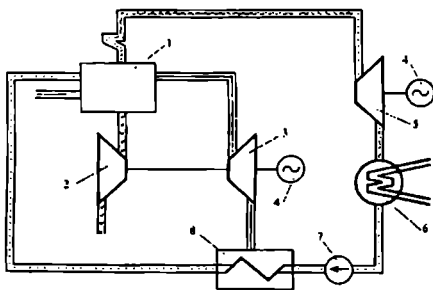
(4) ელექტრულ გენერატორსა და (5) კომპრესორს, რომლის დანიშნულებაა წყის კამერაში (6) ჰაერის მიწოდება წნევის ქვეშ. კომპრესორში დაჭირხნილი ჰაერი კამერაში მიწოდებამდე (7) გამაცხელებელში ხურდება ტურბინაში ნამუშევერი გახურებული აირების (8) საშუალებით. ჰაერის გაცხელება შესაძლებლობას იძლევა გაიზარდოს სათბობის წყის ეფექტურობა წყის კამერაში.



ნახ. 1-3. აირტურბინული დანადგარის მუშაობის პრინციპული სქემა.

ორთქლიაირული დანადგარები. აირტურბინული დანადგარებიდან გამოიშვალ ნამუშევერ აირებს მაღალი ტემპერატურა გააჩნია, რაც არასასურველ გავლენას ახდენს თერმოდინამიკური ციკლის მ.ქ.კ.-ზე. აირული და ორთქლის ტურბინების ისეთნაირი შეთავსება, რომ მასში გამოყენებულ იქნეს სათბობის მიღებული სითბო, საშუალებას იძლევა დანადგარის მუშაობის ეკონომიკურობა 8-10%-ით გაიზარდოს, ხოლო ღირებულება 25%-ით შემცირდეს. ასეთ დანადგარს ორთქლიაირული დანადგარი ეწოდება.

ორთქლიაირული დანადგარები, რომელშიც ორი სახის მუშა სხეული – ორთქლი და აირი გამოიყენება, ბინარულ დანადგარებს მიეკუთვნება. მათში სითბოს ნაწილი, რომელიც ორთქლგენერატორებში სათბობის წყის შედეგად მიიღება, სათანადო პარამეტრების მქონე ორთქლის წარმოქმნაზე იხარჯება, რომელიც ორთქლის ტურბინაში მიემართება (ნახ. 1-4).



ნახ. 1-4. ორთქლიაირული დანადგარის მუშაობის პრინციპული სქემა.

650-700°C ტემპერატურამდე გაცივებული აირები აირტურბინის მუშა ფართზე ეცემა. ტურბინის ნამუშევერი აირი მკვებავი წყლის გასათბობად გამოიყენება, რაც სათბობის ხარჯის შემცირებისა და მ.ქ.კ.-ის 44%-მდე გაზრდის საშუალებას იძლევა.

აირტურბინულ დანადგარებს მუშაობა მხოლოდ თხევად ან აირისებრ სათბობზე შეუძლია, რადგანაც მყარი სათბობის წვის პროდუქტები, რომელიც ნაცარსა და მექანიკურ მინარევებს შეიცავს, აირტურბინის ფრთების მუშაობაზე მავნე გავლენას ახდენს.

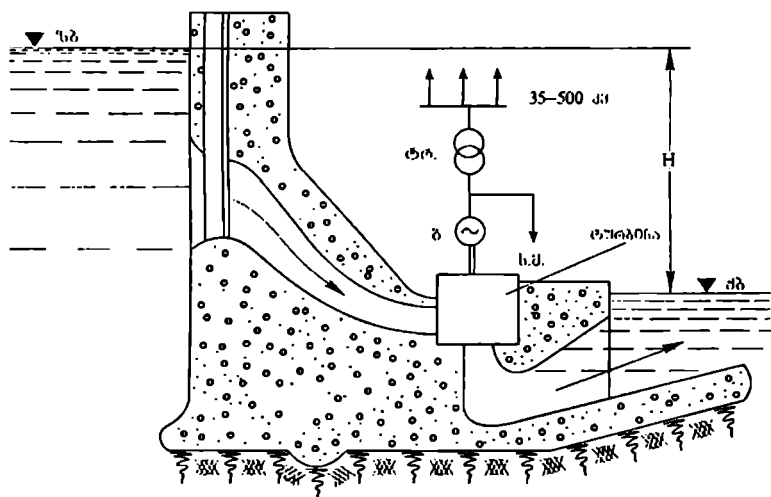
ორთქლიარულ დანადგარებში, ისევე როგორც ჩვეულებრივ ორთქლძალოვან დანადგარებში, თბური ენერჯია ტურბინებში მექანიკურ ენერჯიად და მექანიკური ენერჯია გენერატორებში ელექტრულ ენერჯიად გარდაიქმნება. ენერჯიის გარდაქმნის ამ ელექტრომექანიკურ სქემას ის ნაკლი ახასიათებს, რომ საჭიროა ისეთი მასალების გამოყენება, რომელსაც დიდი მექანიკური დატვირთვების ატანის უნარი გააჩნია მაღალი ტემპერატურისა და ტურბინის ლილვის ბრუნვის დიდი სიჩქარის პირობებში. აღნიშნული მასალების შეზღუდული მდგრადობა გვაიძულებს გამოვიყენოთ ორთქლი, რომლის ტემპერატურა 600°C -ს არ აღემატება, როცა სათბობის წვის ტემპერატურა 2000°C -ს აღწევს. აღნიშნულ ტემპერატურებს შორის სხვაობის შემცირება თბური დანადგარების მ.კ.ე-ის მნიშვნელოვნად გაზრდის საშუალებას იძლევა.

§1-3 ჰიდროელექტროსადგურები

ჰიდროელექტროსადგურებზე (ჰეს) ელექტრული ენერჯის წარმოება ვარდნილი წყლის ენერჯის გამოყენებით ხორციელდება. მდინარეებში დონეთა სხვაობის შედეგად წყალი უწყვეტ ნაკადად გადაადგილდება სათაეიდან შესართავამდე. თუ რომელიმე ადგილას მდინარის კეეთს კაშხლით გადავლობათ, წყლის დონე კაშხლის წინ მნიშვნელოვნად გაიზრდება კაშხლის შემდგომ დონესთან შედარებით.

ჰიდროელექტროსადგურებზე წყლის დაწნევა, როგორც წესი, კაშხლის საშუალებით იქმნება. კაშხლის წინ წარმოქმნილი წყლის სიერცის ზედაპირს ზედა ბიეფი, ხოლო კაშხლის ქვემოთ წარმოქმნილი წყლის სიერცის ზედაპირს ქვედა ბიეფი ეწოდება. წყლის დონეთა სხვაობას ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის დაწნევა ანუ ვარდნის სიმაღლე ეწოდება.

პესის მუშაობის პრინციპული სქემა ნახ. 1-5 - ზეა მოცემული.



ნახ. 1-5. ჰიდროელექტროსადგურის პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა.

თუ ქვედა ბიეფის დონეზე დაეყენებთ ჰიდროტურბინას და მისი მუშა თვლის ფრთებზე ზედა ბიეფიდან ვარდნილი წყლის ნაკადს მიემართათ, ტურბინის ლილევი და მასთან ერთად ელექტრული გენერატორის როტორი დაბრუნებას დაიწყებს. ასეთ პრინციპზეა აგებული თანამედროვე ჰიდროელექტროსადგურების მუშაობა. პესის სიმძლავრე დამოკიდებულია წყლის დაწნევის სიდიდესა და წყლის მოცულობაზე, რომელიც დროის ერთეულში ელექტროსადგურზე დადგმულ ყველა ტურბინაში გაედინება. რაც მეტია ჰიდროტურბინებში დროის ერთეულში შემავალი წყლის მოცულობა (Q - ხარჯი, მ³/წმ) და დაწნევა (H , მ), მით მეტია ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრე. პესის დანადგარებში მდინარის კეეთის წყლის ნაკადის სიმძლავრის მხოლოდ ნაწილი გამოიყენება, რომლის სიდიდე ჯამურ მარგი ქმედების კოეფიციენტზე (η_z) დამოკიდებული.

ჰიდროელექტროსადგურის სიმძლავრე

$$P = QH\eta_{\Sigma} \cdot \frac{1000}{102} = 9,81QH\eta_{\Sigma} \quad (1-1)$$

სადაც η_{Σ} - ჯამური მ.ქ.კ. -ია და ტოლია

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{ნაგ}} + \eta_{\text{ტურ}} + \eta_{\text{გენ}} \quad (1-1a)$$

სადაც $\eta_{\text{ნაგ}}$ - წყალმიმყვანი ნაგებობების მ.ქ.კ.-ია, $\eta_{\text{ტურ}}$, $\eta_{\text{გენ}}$ - შესაბამისად ჰიდროტურბინისა და ჰიდროგენერატორის მ.ქ.კ.-ებია.

თანამედროვე ჰიდროელექტროსადგურების მ.ქ.კ. მნიშვნელოვნად აჭარბებს თბოელექტროსადგურების მ.ქ.კ.-ს და 85%-ს აღწევს ($\eta_{\Sigma} = 0,85$).

დაწნევის სიმაღლის მიხედვით შესები მაღალდაწნევიან (80მ-ზე მეტი), საშუალოდაწნევიან (25-დან 80მ-მდე) და დაბალდაწნევიან (25მ-ზე ნაკლები) სადგურებად იყოფა.

ზედა ბიეფი წარმოქმნის წყალსაცავს, რომელშიც დაგროვილი წყალი საჭიროების მიხედვით ელექტროენერჯის გამოსამუშაებლად გამოიყენება.

დაწნევის გასაზრდელად ხელოვნური ჰიდროტექნიკური ნაგებობები იგება. ბარის მდინარეების ჰიდროკანაბის შემადგენლობაში შედის: კაშხალი, რომლითაც წყლის დაწნევა იქმნება, ელექტროსადგურის შენობა, წყალსაკრებები, გემსატარებელი, თევზსატარებელი და სხვა ნაგებობები.

მთის მდინარეებზე იგება კესები, სადაც მდინარის მკვეთრი ბუნებრივი დახრა გამოიყენებული. ამასთან, იქმნება დერივაციული ნაგებობების კომპლექსი, რომელშიც შედის ნაგებობა, რომელიც წყლის ნაკადს მდინარის ბუნებრივი კალაპოტის შემოვლით მიმართავს, სპეციალური შემოვლითი დერივაციული არხები, აგრეთვე გვირაბები და მილსადენები.

ჰიდრაულიკურ ტურბინებში წყლის ენერჯია მექანიკურ ენერჯიად გარდაიქმნება, რომელიც ტურბინის ლილვს აბრუნებს. ტურბინას აქტიური ეწოდება, თუ მისი მუშაობის პრინციპი წყლის დინამიკური დაწნევის გამოყენებაზეა დამყარებული, და, ეწოდება რეაქტიული, თუ წყლის სტატიკური დაწნევა გამოიყენება.

ჰიდროელექტროსადგურებზე ტურბინა და გენერატორი ერთმანეთთან საერთო ლილვითაა დაკავშირებული. გენერატორის ბრუნვის სიხშირე არ შეიძლება თავისუფლად იქნეს შერჩეული. იგი გენერატორის როტორის პოლუსების წყვილთა რიცხვსა და იმ ცვლადი დენის სიხშირეზეა დამოკიდებული, რომელიც სტანდარტულ მნიშვნელობას უნდა შეესაბამებოდეს. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ჰიდროტურბინის ბრუნვის დაბალი სიხშირეების პირობებში იგი დიდგაბარიტიანი და ეკონომიკურად მიუღებელი გამოდის. აგრეგატების ბრუნვის ოპტიმალური სიჩქარის მისაღებად დიდი დაწნევების შემთხვევაში სწრაფბრუნვის დაბალი კოეფიციენტის, ხოლო მცირე დაწნევების შემთხვევაში - მაღალი კოეფიციენტის მქონე ტურბინები გამოიყენება.

ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობითა და ექსპლუატაციით ენერგეტიკული მოთხოვნილებების უზრუნველყოფასთან ერთად წყდება ქვეყნის ეკონომიკის კომპლექსური ამოცანა, რომელიც ელექტროენერჯის გამომუშაებასთან ერთად მოიცავს წყლის ჩამონადენის რეგულაციასა და გემთმომოსვლის გაუმჯობესებას, სარწყავი მასივების შექმნას, ადგილობრივ ნედლეულზე მომუშავე ენერგოტექვადი წარმოების განვითარებას, დიდი ქალაქებისა და მსხვილი სამრეწველო საწარმოების წყალმომარაგების უზრუნველყოფას და სხვ.

ბარის მდინარეებზე აგებული ჰიდროელექტროსადგურები, რომელზეც დაწნევის კონცენტრაცია კაშხლის საშუალებით მიიღწევა, ორ ტიპად იყოფა: კალაპოტიანი და კაშხალთანმდებარე. პესებზე, რომელთა დაწნევა 25-30 მ-ს არ აღემატება, სადგურის შენობა და კაშხალი მდინარის

კალაპოტშია განლაგებული. ასეთი სადგური დაწნევას თავის თავზე იღებს და კალაპოტის ელექტროსადგური ეწოდება.

იმის გამო, რომ დაწნევის გაზრდასთან ერთად იზრდება კალაპოტისანი სადგურების მშენებლობისთვის საჭირო კაპიტალდაბანდების მოცულობა, 25-30 მ-ზე მეტი დაწნევის შემთხვევაში ელექტროსადგურის შენობა კაშხლის შემდგომ ტერიტორიაზე იგება. ასეთ სადგურებს კაშხალთანმდებარე სადგურები ეწოდება.

კაშხალთანმდებარე ელექტროსადგურები, რომელშიც წყლის დაწნევა კაშხლის საშუალებით იქმნება, ძირითადად მცირე დაწნევის მქონე ბარის მდინარეებზე იგება. ვინაიდან დაწნევის გაზრდის შემთხვევაში მდინარის ნაპირების მცირე სიმაღლის გამო საჭირო ხდება წყალსაცავის შექმნა, რომელიც დიდი ფართობის ტერიტორიის დატბორვას იწვევს.

დერივაციულ ჰიდროელექტროსადგურებზე წყლის საკმაოდ მაღალი დაწნევა დერივაციული არხების საშუალებით იქმნება. ასეთი სადგურები ციკაბო დაქანების მქონე მთის მდინარეებზე იგება, რომელიც წყლის შედარებით მცირე ხარჯით ქმნის საჭირო დაწნევას.

მქალაქი ჰიდროელექტროსადგურები სხვა ტიპის სადგურებისაგან იზოლირებულად არ მუშაობენ. მუშაობის ყველაზე ეკონომიკური რეჟიმი ჰიდროელექტროსადგურების თბოელექტროსადგურებთან პარალელური მუშაობის პირობებში იქმნება. ასეთი მუშაობის დროს მიიღწევა ცალკეული სადგურების მოწყობილობების, სათბობისა და წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენების პირობები. ასე, მაგალითად, ქესებზე წყლის უქმარისობის პერიოდში (ზამთრის თვეები) მათზე ელექტროენერჯის გამომუშავება მცირდება და მოხმზარებლების ელექტრომომარაგების უზრუნველყოფა თბოელექტროსადგურებზე გამომუშავებული ელექტროენერჯით წარმოებს. ზაფხულის თვეებში კი პირიქით - წყალდიდობის გამო ჰიდროელექტროსადგურები სრული სიმძლავრით მუშაობენ, ხოლო თესების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა მცირდება, რაც უზრუნველყოფს სათბობის ეკონომიას, და, სათანადოდ, გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებას ამცირებს.

ქესების ელექტრული ნაწილი ძირითადად კესების ანალოგიურია. ისევე, როგორც კონდენსაციური ელექტროსადგურები, ჰიდროელექტროსადგურებიც მნიშვნელოვანი მანძილთა არის დაცილებული გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოხმარების ცენტრიდან, ვინაიდან მათი მშენებლობის ადგილი ძირითადად ბუნებრივი პირობებით განისაზღვრება. ამის გამო, ქესების მიერ წარმოებული ელექტროენერჯია მაღალი და ზემალადად ძაბვებით (110-750 კვ) გადაიცემა. თბოელექტროსადგურებისაგან განსხვავებით, ქესები საკუთარ მოხმარებაზე ხარჯავენ რამდენჯერმე ნაკლებ ელექტროენერჯიას, რაც მათზე საკუთარი მოხმარების შექანიზმების არარსებობითაა გამოწვეული.

ქესზე ელექტროენერჯის წარმოება საკმაოდ მარტივია და ავტომატიზაციას ადვილად ექვემდებარება. ქესის აგრეგატების გასაშეებად რამდენიმე წუთთა საჭირო, რის გამოც მიზანშეწონილია სიმძლავრის რეზერვი ენერგოსისტემაში ქესების აგრეგატების საშუალებით იქნეს უზრუნველყოფილი.

მცირე საექსპლუატაციო დანახარჯების მეშვეობით ქესზე წარმოებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება რამდენჯერმე ნაკლებია თბოელექტროსადგურზე წარმოებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებასთან შედარებით.

ქესების წყალსაცავები წყლის ხარჯისა და სადგურის მუშა სიმძლავრის ისეთიარად რეგულაციის საშუალებას იძლევა, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მთლიანად ენერგოსისტემის მუშაობის ყველაზე ხელსაყრელი რეჟიმი, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს:

ენერგოსისტემის მინიმალური დატვირთვის ან მდინარეში წყლის მაქსიმალური მოდინების პერიოდში კესი ბუნებრივ მოდინებაზე ნაკლები მოცულობის წყალს ხარჯავს. ამ დროს წყალი გროვდება წყალსაცავში, ხოლო სადგურის მუშა სიმძლავრე შედარებით მცირეა. სისტემის დატვირთვის გაზრდის ან წყლის მოდინების შემცირების შემთხვევაში ჰიდროელექტროსადგური ბუნებრივ მოდინებაზე მეტ წყალს მოიხმარს. ამ პერიოდში იხარჯება წყალსაცავში დაგროვილი წყალი და სადგურის მუშა სიმძლავრე მაქსიმალურად იზრდება. წყალსაცავის მოცულობის მიხედვით რეგულაციის პერიოდმა ან წყალსაცავის შევსების ხანგრძლივობამ შეიძლება დღეღამე, კვირა ან რამდენიმე თვე შეადგინოს. ამ დროს კესმა უნდა მოიხმაროს წყლის მკაცრად განსაზღვრული რაოდენობა, რომელიც მდინარის ბუნებრივი მოდინებით განისაზღვრება.

ქესების თბურ და ატომურ სადგურებთან პარალელური მუშაობის პირობებში ენერგოსისტემის დატვირთვა აღნიშნულ სადგურებს შორის ისეთნაირად ნაწილდება, რომ წყლის მოცემული ხარჯის შემთხვევაში მოთხოვნილება ელექტროენერგიაზე სათბობის მინიმალური ხარჯით (სათბობზე მინიმალური დანახარჯებით) იქნეს უზრუნველყოფილი. ენერგოსისტემების ექსპლუატაციის მრავალწლიანი გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ წყლის მნიშვნელოვანი პერიოდის განმავლობაში ჰიდროელექტროსადგურებმა მიზანშეწონილია პიკურ რეჟიმში იმუშაოს, რაც იმას ნიშნავს, რომ დღეღამის განმავლობაში კესის მუშა სიმძლავრე ფართო დიაპაზონში უნდა იცვლებოდეს - მინიმალურიდან, როცა სისტემის დატვირთვა მინიმალურია, მაქსიმალურამდე, როცა სისტემას უდიდესი დატვირთვა აქვს. ქესების ასეთი რეჟიმით ექსპლუატაციის შემთხვევაში თბო-ელექტროსადგურების დატვირთვა თანაბრდება და მათი მუშაობა მაქსიმალურად ეკონომიკური ხდება.

წყალდიდობის პერიოდში, როცა მდინარის ბუნებრივი მოდინება მაქსიმალურია, მიზანშეწონილია დღეღამის განმავლობაში ქესების მუშა სიმძლავრით გამოყენება, რომელიც ახლოს იქნება მაქსიმალურთან, რაც კაშხლის გავლით გადაგდებული წყლის მოცულობას შეამცირებს.

ქესების მუშაობა ხასიათდება აგრეგატების ხშირი გაშვება-გაჩერებით და მუშა სიმძლავრეების სწრაფი ცვლილებით ნულიდან ნომინალურამდე. ჰიდროტურბინები ექსპლუატაციის ასეთ რეჟიმს იოლად ეუბნება. იგი მისაღებია ჰიდროგენერატორებისთვისაც, ეინაიდან ტურბოგენერატორებისაგან განსხვავებით მათი ღერძული სიგრძე შედარებით მცირეა და გრაგნილის ღეროების ტემპერატურული დეფორმაციები იშვიათად ელინდება. ჰიდროაგრეგატის გაშვებისა და ნომინალური სიმძლავრის მიღწევის პროცესი 50 წმ-დან რამდენიმე წუთამდე გრძელდება.

ელექტრული დატვირთვის გრაფიკების დაფარვაში მონაწილეობის ხასიათის მიხედვით ჰიდროელექტროსადგურები ბაზისურ, ნახევრადპიკურ და პიკურ სადგურებად იყოფა. დადგენილი სიმძლავრის გამოყენების წლიური ხანგრძლივობა ქესებზე, როგორც წესი, ნაკლებია თბოელექტროსადგურებთან შედარებით. პიკურ ქესებზე იგი 1500-3000 საათს, ხოლო ბაზისურ სადგურებზე - 5000-6000 საათს შეადგენს.

ქესები შემდეგი თავისებურებებით ხასიათდება:

1. შენდება ისეთ ადგილებში, სადაც ჰიდრორესურსები და მშენებლობის პირობები არსებობს, რაც, როგორც წესი, არ ემთხვევა ძირითადი ელექტრული დატვირთვების განლაგების ადგილმდებარეობას;

2. წარმოებული ელექტროენერჯის უდიდესი ნაწილი ამბლლებული ძაბვით ელექტრულ ქსელებს გადაეცემა;

3. მუშაობს თავისუფალი გრაფიკით (წყალსაცავის არსებობის შემთხვევაში);

4. მაღალმანევრულია (ნომინალური დატვირთვის მიღწევას 3-5 წუთი სჭირდება);

თბოელექტროსადგურებთან შედარებით ჰიდროელექტროსადგურები შემდეგი უპირატესობებით ხასიათდება:

1. ელექტრული ენერჯის გამომუშავების საწარმოო პროცესი გაცილებით მარტივია თბოელექტროსადგურებთან შედარებით;

2. აქვს მარტივ ქმედების გაცილებით მაღალი კოეფიციენტი ($\eta_{\Sigma} = 0,85$);

3. გამომუშაებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება მძლავრ პესებზე დაახლოებით 5-ჯერ ნაკლებია იმავე სიმძლავრის თბოელექტროსადგურებთან შედარებით. ეს იმით აიხსნება, რომ ჰიდროელექტროსადგურების საექსპლუატაციო დანახარჯები არ შეიცავს ორგანული სათბობის შექმნის, ტრანსპორტირებისა და შესანახი ნაგებობების მშენებლობის ხარჯებს. სათბობ-მოწყობილობებისა და საქვაბუების ექსპლუატაციისათვის საჭირო დამხმარე სამსახურების არარსებობის გამო პესებს გაცილებით ნაკლები მომსახურე პერსონალი სჭირდება.

ჰიდროელექტროსადგურების ძირითად ნაკლს მათი მაღალი ღირებულება წარმოადგენს, რაც ძირითადად დიდი მოცულობის საშენებლო სამუშაოების შესრულებითა და მშენებლობის გაზრდილი ვადებითაა განპირობებული. ამის გამო პესების დადგმული სიმძლავრის ხვედრითი ღირებულება (დოლ/კვტ) გაცილებით მეტია თბოელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრის ხვედრით ღირებულებასთან შედარებით.

§14. მცირე ჰიდროენერგეტიკა

მცირე ჰიდროენერგეტიკის ტერმინი გულისხმობს მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურებს, რომელთა დიამპაზონი 1 მეტ-დან 10 მეტ-მდე იცვლება.

მცირე ჰიდროელექტროსადგური (მცირე ჰესი) წარმოადგენს ჩვეულებრივ, წყალსაცავის არმქონე ჰიდროელექტროსადგურს, რომლის მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის გადაცემა ძირითადად 10-35 კვ ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზებით ხდება სადგურის სიახლოვეს განლაგებული მომხმარებლების ელექტრომომარაგებისათვის.

მცირე ჰესების დანიშნულებაა ლოკალური მომხმარებლების (საბადო, წარმოება, დასახლებული პუნქტი, სასოფლო-სამეურნეო ობიექტი, ტურისტული ან გამაჯანსაღებელი კომპლექსი) ელექტრომომარაგება, რომელთა ენერგეტიკული სისტემიდან კვება ეკონომიკურად გაუმართლებელია.

მცირე ჰესები ქვეყნის კონკრეტულ, ძირითადად მთიანი და სასოფლო-სამეურნეო რეგიონების მომხმარებლების ელექტრომომარაგებას ახორციელებენ და მათი ინტენსიური და პრიორიტეტული განვითარება არ შეიძლება ქვეყნის ენერგეტიკის განვითარებისა და კრიზისიდან გამოყვანის სტრატეგიულ მიმართულებად ჩაითვალოს. მცირე ჰესებს არ გააჩნიათ წყალსაცავი, მუშაობენ მთის პატარა მდინარეების ბუნებრივ ჩამონადენზე, ვერ უზრუნველყოფენ ზამთარში საჭირო ძვირადღირებული და დეფიციტური ბაზისური ელექტროენერჯის გამომუშავებას და ვერ ასრულებენ სარეგულაციო ჰესებისა და ენერჯის სარეზერვო წყაროს ფუნქციებს, თუმცა წყალუხობის პერიოდში თბოელექტროსადგურების მიერ მოხმარებული ორგანული სათბობის გარკვეული ეკონომია მიიღწევა. ამასთან, ზამთრის თვეებში, როცა ენერგოსისტემა ბაზისური სიმძლავრეებისა და ენერჯის მაქსიმალურ დეფიციტს განიცდის, მცირე ჰესების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯია მდინარეების ჩამონადენის მკვეთრი შემცირების გამო რამდენჯერმე მცირდება.

მცირე სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა მაშინ იქნება ეფექტიანი, თუ იგი ტიპური პროექტებით ასაწყობ-უნიფიცირებული კონსტრუქციებით შესრულდება; თუ განხორციელდება სადგურების მთლიანი ავტომატიზაცია და მშენებლობა ინდუსტრიული მეთოდებითა და ტექნოლოგიებით იწარმოებს. ამისათვის უნდა შეიქმნას მცირე ჰესებისა და უნიფიცირებული კონსტრუქციების ტიპური პროექტების სერია, დამუშავდეს მათი ავტომატიზაციის პროექტები, და, რაც მთავარია, უნდა აშენდეს სპეციალიზებული საწარმოები ჰიდროტურბინებისა და სხვა ტექნოლოგიური მოწყობილობების სერიული გამოშვებისათვის. უკანასკნელი პრობლემის გადაწყვეტის ერთერთ ვარიანტს წარმოადგენს ზოგიერთი ელექტროტექნიკური და მანქანათმშენებელი საწარმოს პროფილის შეცვლა და სათანადო ტექნიკური გადაიარაღების განხორციელება. მიზანშეწონილია აგრეთვე მცირე ჰესების ჰიდროაგრეგატების მწარმოებელი ერთობლივი საწარმოს მშენებლობა ან ასეთი საწარმოს შესყიდვა.

მცირე ჰესების მშენებლობა ძირითადად არა ქვეყნის ბიუჯეტის, არამედ კერძო და სახელმწიფო ასოციაციების, დაინტერესებული სამინისტროებისა და უწყებების, აგრეთვე ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების ბიუჯეტის ხარჯზე უნდა განხორციელდეს, რისთვისაც უნდა დაკანონდეს მცირე ჰესების მშენებლობაში სახელმწიფო თუ კერძო სტრუქტურების მონაწილეობის ფორმები, რომელმაც ინვესტიციების მოზიდვის გზები და საშუალებები უნდა განსაზღვროს.

მცირე ჰიდროელექტროსადგურებს მხოლოდ რეგიონების
ლოკალური პრობლემების გადაწყვეტა შეუძლიათ. ისინი პრიორიტეტულად
მთიან და მაგისტრალური ენერჯოტრასებიდან დიდი მანძილით დაშორებულ
რაიონებში უნდა აშენდეს, რომელთა მომხმარებლების ენერგოსისტემიდან
ელექტრომომარაგება ეკონომიკურად მიზანშეუწონელია – დაკავშირებულია
სიმძლავრისა და ენერჯის მნიშვნელოვან დანაკარგებთან და მოითხოვს
მაღალი ძაბვის ძვირადღირებული გადაამცემი ხაზებისა და დამაბაბლებელი
ქვესადგურების მშენებლობას.

ჰიდროელექტროსადგურებისა, და, კერძოდ, მცირე ჰიდრო-
ენერგეტიკის საკითხები დაწერილებით №5-შია განხილული.

§1-5. ატომური ელექტროსადგურები

ატომური ელექტროსადგურები (აეს) თბური ელექტროსადგურების კატეგორიას მიეკუთვნება, რომელზეც მუშაობის რეჟიმის მიხედვით შეიძლება დაიდგას როგორც კონდენსაციური, ასევე თბოფიკაციური ტურბინები. ატომურ ელექტროსადგურებზე ენერჯის წყაროდ ატომურ რეაქტორებში გადაამუშავებული ბირთვული სათბობი გამოიყენება, რომელშიც ურანის ბირთვის გახლეჩის ჯაჭვური რეაქციის შედეგად ძალზე დიდი რაოდენობის თბური ენერჯია გამოიყოფა. დროის ერთეულში რეაქტორში გამოყოფილი ენერჯის რაოდენობა მასში მიმდინარე რეაქციის ინტენსივობაზე დამოკიდებული. რეაქციის მიმდინარეობის სიჩქარის რეგულაცია ვერტიკალურ მუშა არხებში განლაგებული სპეციალური ლერობით ხორციელდება, რომელიც ნეიტრონების აქტიურად შთანთქმის უნარის მქონე მასალისაგანაა დამზადებული.

დღეისათვის ყველაზე უკეთ თბურ ნეიტრონებზე მომუშავე რეაქტორია ათვისებული. ასეთი რეაქტორები კონსტრუქციულად მარტივი და იოლად სამართავია ჩქარ ნეიტრონებზე მომუშავე რეაქტორებთან შედარებით, თუმცა, ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად ჩქარ ნეიტრონებზე მომუშავე რეაქტორია მიჩნეული, რომელსაც ბირთვული სათბობის - პლუტონიუმის გაფართოებული აღწარმოების უნარი გააჩნია.

თანამედროვე პირობებში ბირთვულ სათბობად ძირითადად გამდიდრებული ბუნებრივი ურანი და ხელოვნურად მიღებული პლუტონიუმი გამოიყენება. რაც შეეხება თორიუმს, იგი ბირთვულ ენერგეტიკაში ჯერჯერობით ფართოდ არ გამოიყენება, თუმცა, მისი მარაგები ურანის მარაგს აჭარბებს, რაც თორიუმის პერსპექტიულ ბირთვულ სათბობად განხილვის საფუძველს იძლევა.

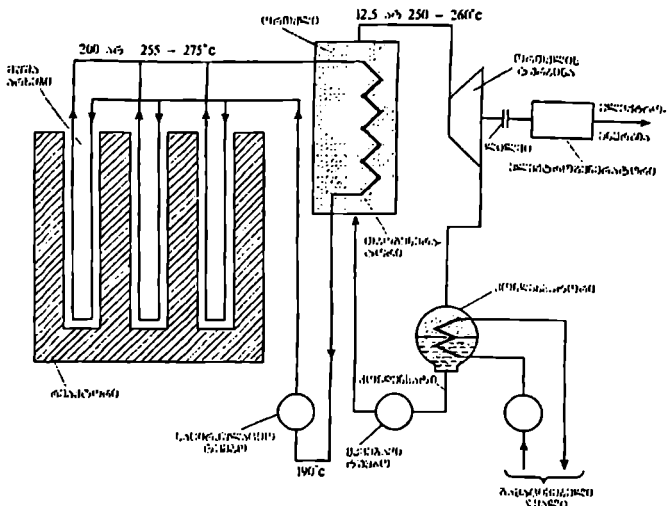
თბურ ნეიტრონებზე მომუშავე რეაქტორების ძირითად შემადგენელ ნაწილებს ბირთვული სათბობი, ნეიტრონების შემყოვნებელი და თბოშემცველი წარმოადგენს. მოცულობას, რომელშიც ბირთვული სათბობი და შემყოვნებელი იმყოფება, რეაქტორის აქტიური ზონა ჰქვია და მას რეაქტორის გულს უწოდებენ. რეაქტორის აქტიურ ზონაში მიმდინარეობს ყველაზე მთავარი რეაქტორული პროცესები - ბირთვული რეაქციები, რომელსაც თან სდევს ძალზე დიდი რაოდენობის სითბოს გამოყოფა, ბირთვულ რეაქციებში წარმოქმნილი ჩქარი ნეიტრონების შეყოვნება და მათი თბურ ნეიტრონებად "გარდაქმნა", აგრეთვე ბირთვული რეაქციის ერთ-ერთი მთავარი პროდუქტის - სითბოს თბოშემცველისათვის გადაცემა.

შენიშნულ თბურ ნეიტრონებზე მომუშავე რეაქტორები დღეისათვის განვითარებული ატომური ენერგეტიკის მქონე ქვეყნების ატომური ელექტროსადგურების ძირითად ენერგობლოკებს წარმოადგენს.

ატომური ელექტროსადგურის ტექნოლოგიური პროცესის გამარტივებული სქემა ნახ. 1-ნ-ზეა მოცემული.

რეაქტორის მუშა არხებში გამოყოფილი თბური ენერჯია პირველადი კონტურის (რეაქტორი-ორთქლგენერატორი) მიღებში გამავალ წყალს 255-275°C ტემპერატურამდე აცხელებს. გაცხელებული წყალი რეაქტორში შედის თბოცვლის ორთქლგენერატორში, სადაც თავის სითბოს მეორადი კონტურის წყალს გადასცემს და მას ორთქლად აქცევს.

ორთქლგენერატორიდან გაცივებული წყალი მაცირკულირებელი ტუმბოს საშუალებით ისევ ბრუნდება რეაქტორში. მაღალი ტემპერატურის მქონე წყლის ხელახალი ადუღების თავიდან ასაცილებლად იგი წნევით შეჰყავთ რეაქტორში. პირველადი კონტურის წყალი, რომელიც უშუალოდ რეაქტორის გავლით ცირკულირებს, მომსახურე პერსონალისათვის სახიფათო რადიოაქტიურობას იძენს, რის გამოც აღნიშნული კონტურის მოწყობილობა



ნახ.1-6. ატომური ელექტროსადგურის ტექნოლოგიური პროცესის გამარტივებული სქემა.

მიწის ქვეშ ბეტონის სქელი (1,5 მ-მდე) კედლის მქონე ცალკეულ ბუნკერებში იმარხება. აღნიშნული პროცესის მართვა დისტანციურად ხორციელდება. ორთქლგენერატორში წარმოქმნილი ორთქლი ორთქლსადენით შედის ორთქლის ტურბინაში, რომელიც საერთო ლილეზე მოთავსებულ გენერატორს აბრუნებს. მეორე ჩაკეტილ კონტურს (ორთქლგენერატორი - ტურბინა კონდენსატორი) რადიოაქტიურობა არ ეშუქება და არაა სახიფათო პერსონალისათვის. შემდგომში საწარმოო პროცესი კონდენსაციური და თბოეკაციური ელექტროსადგურების ანალოგიურად მიმდინარეობს. ატომური ელექტროსადგურები თბოელექტროსადგურებისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ საქებაზე აგრეგატების ნაცვლად მათზე ატომური რეაქტორებია დადგმული.

ატომურ ელექტროსადგურებს სხვა ტიპის ელექტროსადგურებთან შედარებით შემდეგი ღირსებები გააჩნია:

1. სადგურის საწარმოო პროცესისათვის საჭიროა ბირთვული სათბობის (ურანის) უმნიშვნელო ხარჯი; ურანის დღელამური ხარჯი 5 მეტ სიმძლავრის სადგურისათვის 30 გრ-ს შეადგენს, როცა იმავე სიმძლავრის ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგური დღელამში 100 ტ სათბობს მოიხმარს;
2. ავსის აშენება შესაძლებელია ნებისმიერ ადგილას, რამდენადაც იგი სათბობის ბუნებრივი მარაგის მოპოვების ადგილზე არაა დამოკიდებული;
3. არაა საჭირო დიდი რაოდენობის სათბობის ტრანსპორტირება მოხმარების ადგილამდე, აგრეთვე მისი შესანახი სპეციალური ნაგებობების მშენებლობა;
4. არ ხდება ატმოსფეროს კვამლითა და ჭვარტლით გააუჭყიანება; მიუხედავად აღნიშნული ღირსებებისა, ატომურ ელექტროსადგურებზე გამოყენებული ელექტროენერგიის თვითღირებულება მაინც მაღალია, რის გამოც ისინი უპირატესად სათბობისა და წყლის არასაკმარისი მარაგის მქონე რაიონებში უნდა აშენდეს.

§1-6. ჰიდრომააკუმულირებელი ელექტროსადგურები

ელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის წარმოება და მისი მოხმარება სხვადასხვა სახის დენმიმღებების მიერ ურთიერთდაკავშირებულ პროცესს წარმოადგენს, ვინაიდან ფიზიკური კანონზომიერების მიხედვით დროის რომელიმე მომენტში მოხმარებული ელექტროენერჯის თანაზომიადი სიმძლავრე დროის იმავე მომენტში მოხმარებული სიმძლავრის ტოლი უნდა იყოს.

ელექტროენერჯის თანაბრად იდევალური მოხმარების პირობებში ადგილი ექნებოდა განსაზღვრული რაოდენობის ელექტროსადგურების თანაბარ მუშაობას. სინამდვილეში ცალკეული ელექტრომიმღებების უდიდესი ნაწილი არათანაბრად მუშაობს, რის შედეგადაც ასევე არათანაბარია ელექტროენერჯის ჯამური მოხმარება. ერთ ან ორ ცვლაში მომუშავე საწარმო დღეღამის განმავლობაში არათანაბრად მოიხმარს ელექტროენერჯის. ამასთან, ღამის საათებში მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა მინიმალურია. ქუჩები და საცხოვრებელი სახლები დღეღამის განსაზღვრულ საათებშია განათებული. ასევე არათანაბარია საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების, ელექტრული ღუმელების, გამაცხელებელი ხელსაწყოებისა და ტელევიზორების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის მოცულობა. კომუნალური დენმიმღებების მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის სიდიდე მაქსიმუმს დღისა და საღამოს საათებში აღწევს.

რომელიმე რაიონის ან ქალაქის ელექტრული დატვირთვის გრაფიკი წარმოადგენს ყველა მომხმარებლის ჯამური სიმძლავრის ცვალებადობის დინამიკას დროის მიხედვით და მას მაქსიმუმები და ჩაყარდნები გააჩნია. ეს იმას ნიშნავს, რომ დროის რომელიმე მომენტში საჭიროა გენერატორების ან ელექტროსადგურების მაქსიმალური ჯამური სიმძლავრე. ხოლო მეორე მომენტში – მათი ნაწილის ამორთვა ან ნაკლები სიმძლავრით მუშაობა. ელექტროსადგურების ოპტიმალური რაოდენობა და სიმძლავრე მომხმარებლების დატვირთვის მაქსიმუმის შედარებით არახანგრძლივი პერიოდით განისაზღვრება, რაც მოწყობილობის ექსპლუატაციის ეფექტურობის შემცირებასა და ენერჯის სტემის გაძვირებას იწვევს. კერძოდ, მძლავრი თბოელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრის გამოყენების წლიურ საათთა რიცხვის 6000-დან 4000-მდე შემცირება გამოიწვევს ელექტროენერჯის თვითღირებულების 30-35%-ით გაძვირებას იწვევს.

აღნიშნული გარემოებების გამო საჭირო ხდება ღონისძიებების გატარება მომხმარებლების ჯამური დატვირთვის გრაფიკის გასათანაბრებლად. კერძოდ, შემოღებულია ელექტროენერჯის დიფერენცირებული ტარიფები იმის მიხედვით, თუ იგი წელიწადის ან დღეღამის რომელ პერიოდში მოიხმარება. თუ ელექტროენერჯია მოიხმარება ენერჯის სტემის დატვირთვის მაქსიმუმის საათებში, მისი ღირებულება შედარებით მაღალია. ეს იწვევს მომხმარებლის დაინტერესებას ისეთნაირად გადააწიოს საწარმოს მუშაობის რეჟიმი, რომ შეამციროს ენერჯის მოხმარება სისტემის პიკური დატვირთვის საათებში. ელექტროენერჯის მოხმარების გათანაბრების ღონისძიებები ძალზე შეზღუდულია, რის გამოც ენერგეტიკული სისტემის მუშაობა საკმარის მანევრულობით უნდა ხასიათდებოდეს, რათა შეძლოს ელექტროსადგურების სიმძლავრეების სწრაფი და ოპერატიული ცვლილება.

განვითარებულ ქვეყნებში გამოიყენებული ელექტროენერჯის 70 - 75% თბოელექტროსადგურებზე მოდის, რომელთა ნორმალური ფუნქციონირებისათვის განსაკუთრებით სასურველია დატვირთვის თანაბარი გრაფიკით მუშაობა. ეს იმითაა გამოწვეული, რომ თესვის აგრეგატები ცუდად ეგუება სიმძლავრეების რეგულაციის პროცესს. ასეთ სადგურებზე

ორთქლის ქვაბები და ტურბინები დატვირთვის ცვალებადობის საშუალებას მხოლოდ 10-15%-ის ფარგლებში იძლევა.

თბოელექტროსადგურების პერიოდული ჩართვა-ამორთვა არ იძლევა სიმძლავრეების რეგულაციის საშუალებას აღნიშნული პროცესების დიდი ხანგრძლივობის გამო. თბოსადგურის გასაშვებად რამდენიმე საათია საჭირო. ამასთან, თესების მკვეთრად ცვალებად რეჟიმში მუშაობა სათბობის ხარჯისა და თბოქაღვრი მოწყობილობის ცვეთის ზრდას იწვევს, რაც მისი მუშაობის საიმედოობას ამცირებს. იგივე ეხება ატომურ ელექტროსადგურებსაც. ამის გამო მანქანირებული სიმძლავრეების (დატვირთვის პიკების) დაფარვა პიკური ელექტროსადგურების მიერ ხდება, რომელსაც შეუძლია სრულ სიმძლავრეს 1-2 წუთის განმავლობაში მოაღწიოს.

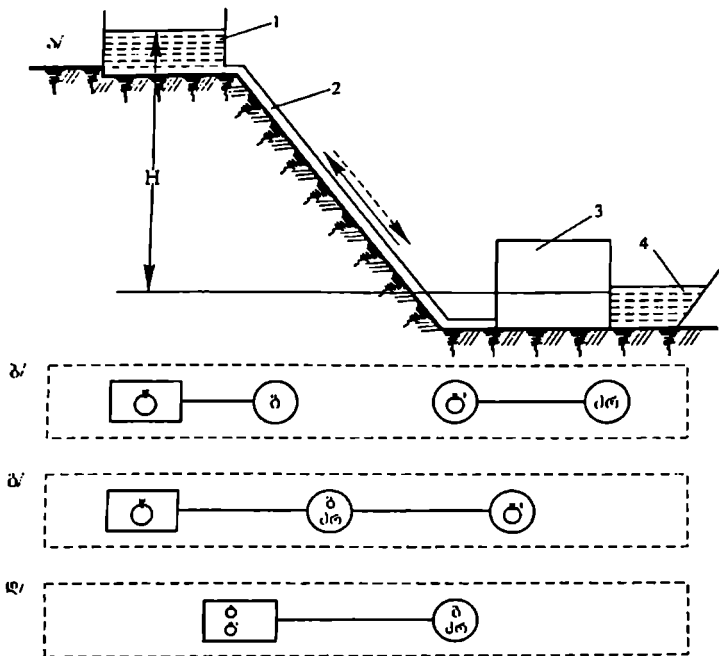
პესების სიმძლავრეების რეგულაცია შემდეგნაირად წარმოებს: დროს იმ ინტერვალებში, როცა სისტემას დატვირთვის ჩაუარდნები გააჩნია და მომხმარებლების მოთხოვნა მინიმალურია, პესები ნაკლები სიმძლავრით მუშაობს, მიმდინარეობს წყალსაცავების შეესება. დატვირთვის პიკების დროს პესების აგრეგატები სრული სიმძლავრით მუშაობს და ელექტროენერჯის შესაძლო რაოდენობის მაქსიმუმს გამოიმუშავებს.

წყლის დაგროვება ბარის მდინარეების წყალსაცავებში დიდი ტერიტორიების დატბორვას იწვევს, რაც ძალზე არასასურველია. იტბორება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, ტყეები, საძოვრები. რაც შეეხება წყალმცივრე პატარა მდინარეებს, ისინი ნაკლებად ხელსაყრელია სისტემის სიმძლავრეების რეგულაციისათვის, ვინაიდან ვერ ასწრებენ წყალსაცავების შეესებას.

აღნიშნული ამოცანის (დატვირთვის პიკების მოხსნის) გადაჭრა ხშირ შემთხვევაში პიკრომაკრომულირებული ელექტროსადგურების (ჰავის) საშუალებითაა შესაძლებელი, რომლის დაწინაურებაა ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკის გათანაბრება და თესებისა და აესების მუშაობის ეკონომიკურობის გაზრდა. სისტემის დატვირთვის მინიმუმის დროს ჰავის სატუმბ რეჟიმში მუშაობს, როცა ე. წ. "ნამეტი ენერჯია" წყლის სახით ტურბოტურბინების საშუალებით ქვედა რეზერვუარიდან ზედა რეზერვუარში გადაიტუმბება, რაც ზრდის თესებისა და აესების დატვირთვას. სისტემის დატვირთვის პიკის საათებში ჰავის მუშაობს გენერატორულ რეჟიმში, როცა წყალი ზედა რეზერვუარიდან ძრავგენერატორების საშუალებით ქვედა რეზერვუარში გადაიტუმბება, რითაც განტვირთავს თესებსა და აესებს. ამასთან უმჯობესდება ენერგოსისტემის მუშაობის ეკონომიკურობა.

ჰავის მუშაობის პრინციპი ნახ. 1-7-ზეა მოცემული.

დროს იმ ინტერვალებში, როცა ენერგოსისტემის ელექტრული დატვირთვა მინიმალურია, ჰავის ტუმბავს წყალს ქვედა რეზერვუარიდან ზედა რეზერვუარში, და, ამასთან, სისტემიდან მოიხმარს ელექტროენერჯიას (ნახ. 1-7 ა). არახანგრძლივი პიკების რეჟიმში - სისტემის დატვირთვის მაქსიმუმის დროს ჰავის გენერატორულ რეჟიმში მუშაობს და ზედა რეზერვუარში დაგროვილ წყალს ხარჯავს. წყლის ხელოვნური რეზერვუარების მშენებლობა დიდი მოცულობის საშუალებთან და მნიშვნელოვან ხარჯებთანაა დაკავშირებული. ამასთან, მცირე მოცულობის (რამდენიმე პროცენტის ტოლი) შემთხვევაშიც კი მნიშვნელოვანად ამცირებს სადგურის მქ.კ.-ს. აღნიშნული მოცდენის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა განსაკუთრებული ღონისძიებების გატარება პიკრონიზაციის მაღალ დონეზე შესასრულებლად. სადგურის ზედა რეზერვუარი ნახევარსფეროს სახით სრულდება, რაც რეზერვუარის ფსკერის მინიმალური ფართობის პირობებში წყლის მაქსიმალური რაოდენობის დაგროვების საშუალებას იძლევა.



ნახ. 1-7. ჰიდრომაკუმულირებელი ელექტროსადგური.

ა. სადგურის სქემა 1 - ზედა რეზერუარი ; 2 - წყალსატევი ; 3 - პაესის შენობა ; 4 - ქვედა რეზერუარი.

ბ, გ, დ. - ოთხ, სამ და ორმანქანიანი სადგურის აგრეგატების განლაგების სქემები.

პაესის წყალსატარებს, საიდანაც წყალი ზედა რეზერუარიდან ტურბინებისაკენ გადაიტუმბება, არ უნდა ახასიათებდეს ენერჯის დიდი დანაკარგები. ყველაზე ხელსაყრელია დიდი დიამეტრის გვირაბის ტიპის წყალსატარები, რომელიც შიგნიდან ბეტონით ან ლითონითაა დაფარული. წყალსატარების რიცხვი არ უნდა იყოს ორზე ნაკლები, რათა ერთი მათგანის დაზიანების ან რემონტის შემთხვევაში მეორემ განაგრძოს მუშაობა.

პაესებზე ელექტროენერჯის გამომუშავებისათვის გამოიყენება (ტ) ტურბინა და (გ) გენერატორი, ხოლო ქვედა რეზერუარიდან წყლის გადასატუმბად - ელექტროძრავები (ძრ) და ტუმბოები (ტ') (ნახ. 1-7 ბ). ასეთ სადგურებს დადგმული აგრეგატების რიცხვის მიხედვით ოთხმანქანიანი ელექტროსადგურები ეწოდება. გენერატორებისა და ტუმბოების დამოუკიდებლად მუშაობის პირობებში ოთხმანქანიანი სადგურები ხშირად ყველაზე ეკონომიკურია.

პაესის გამოყენების პერსპექტივები დიდადაა დამოკიდებული მათი მუშაობის მ.კ.ა-ზე, რომელიც წარმოადგენს გენერატორულ რეჟიმში სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ფარდობას სატუმბ რეჟიმში დახარჯულ ენერჯიასთან. თანამედროვე პაესების მ.კ.ა. 70-75%-ს აღწევს.

ქაესის ღირსებას, გარდა მაღალი მ.ქ.კ.-სა, წარმოადგენს მისი მშენებლობის შედარებით დაბალი ღირებულება ქეხების მშენებლობასთან შედარებით, რომელიც მოითხოვს მდინარის გადაკეტვას, კაშხლისა და გვირაბების მშენებლობასა და სხვ. შედარებისათვის, თუ მძლავრი ქესის I კეტ დადგომულ სიმძლავრეზე მოდის 10 მ³ ბეტონი, იმავე სიმძლავრის ქაესის მშენებლობისათვის მთლიანად რამდენიმე ასეული მ³ ბეტონია საჭირო.

ქაესები იგება ისეთ რეგიონებში, სადაც არ არსებობს ჰიდროელექტროსადგურები ან მათი სიმძლავრე პიკური დატვირთვების დასაყარადად არასაკმარისია. ქაესის აგრეგატები მაღალმანევრულია და მათი გადაყვანა სწრაფად შეიძლება სატუმბო რეჟიმიდან გენერატორულზე და პირიქით.

ქაესები მცირე რაოდენობის ოპერატიულ პერსონალს მოითხოვს. ისინი უპირატესად უნდა აშენდეს ისეთ ადგილებში, სადაც არსებობს წყალმომარაგების წყარო და ადგილობრივი გეოლოგიური პირობები სადაწნეო წყალსაცავის შექმნის საშუალებას იძლევა.

ქაესის მშენებლობის ღირებულების შემცირების მიზნით იგი მიზანშეწონილია აშენდეს ბორცვიან ადგილას, სადაც რეზერვუარების განლაგებისათვის ხელსაყრელი პირობები არსებობს.

§1-7 ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების საკუთარი მოხმარება

თანამედროვე ელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის წარმოების ტექნოლოგიური ციკლი მთლიანად მექანიზებულია. სადგურებსა და საკვანძო ქვესადგურებს გაანინათ როგორც ძირითადი ენერგეტიკული მოწყობილობის (ბირთვული რეაქტორები, ორთქლგენერატორები, ტურბინები), ისე დამხმარე სააქციოების საკუთარი მოხმარების მექანიზმები, რომელთა მოქმედებაში მოსაყვანად ძირითადად ელექტრული ამპარაგია გამოყენებული, ხოლო ზოგიერთი მუშა მანქანისათვის – ორთქლტურბინული ამპარაგია.

თბოელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯია სათბობის მოშა-
დებასა და ტრანსპორტირებაზე, ორთქლის ქვაბებში მეკებაეი წყლისა და ორთქლის მიწოდებაზე, აგრეთვე საკვამლე აირის მოცილებაზე იხარჯება. ატომურ სადგურებში ელექტროენერჯია აქტიური ზონის გავლით თბომატარებლის იძულებით ცირკულაციაზე იხარჯება. ამასთან, აესებზე შედარებით მცირეა ენერჯის ხარჯი საწვავის გადატვირთვაზე. თბური და ატომური ელექტროსადგურებისათვის ელექტროენერჯის ხარჯი საერთოა ორთქლგენერატორებში მეკებაეი წყლის მიწოდებაზე, ტურბინების კონდენსატორებში ვაკუუმის შენარჩუნებაზე, სადგურის ტექნიკურ წყალმომარაგებაზე, შენობა-ნაგებობების ვენტილაციასა და განათებაზე.

ჰიდროელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯია ჰიდრო და ელექტროტექნიკური მოწყობილობების მართვაზე, გენერატორებისა და ძალური ტრანსფორმატორების გაცივებაზე, ზამთრის პერიოდში ჰიდრო-ტექნიკური ნაგებობების გათბობაზე, ვენტილაციასა და განათებაზე იხარჯება.

ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების კვების წყაროს შერჩევისა და მისი შედარებითი შეფასების დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს საკუთარი მოხმარების დატვირთვის სიდიდე. ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარება სადგურის ტიპზე, სათბობის სახესა და მისი წვის წესზე, ორთქლის პარამეტრებზე, ტურბოგენერატორის ტიპსა და სიმძლავრეებზეა დამოკიდებული. საკუთარ მოხმარებაზე დახარჯული ელექტროენერჯია თანამედროვე მძლავრ კონდენსაციურ ბლოკებზე შეადგენს: ნახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურებისათვის, რომლის ყველა მექანიზმი ელექტრული ამპარაგით მუშაობს, წარმოებული ელექტროენერჯის 6-7,5%-ს; მახუსთა და ბუნებრივ აირზე მომუშავე იმავე ტიპის სადგურებისათვის – 4,5-5,5%-ს; ნახშირზე მომუშავე თბოელექტრო-სადგურებისათვის, რომლის მეკებაეი ტუმბოები ორთქლარიული ამპარაგით იმართება – 4-4,4%-ს; მახუსთა და ბუნებრივ აირზე მომუშავე იმავე ტიპის სადგურებისათვის – 2,5-3,0%-ს.

ელექტროენერჯის მაქსიმალური ხარჯი საკუთარ მოხმარებაზე (პროცენტებში) თბოელექტროცენტრალებს აქვს, რაც მათი აგრეგატების რამდენადმე მცირე სიმძლავრითა და საერთოსადგურო დატვირთვის შედარებით დიდი წილითაა განპირობებული კონდენსაციურ ელექტროსადგურებთან შედარებით.

ატომურ ელექტროსადგურებზე საკუთარი მოხმარების ყველა მექანიზმისათვის გავრცელება კპოვა ელექტრული ამპარაგის გამოყენებამ. გამოწვევისა აირგამაცივებელი რეაქტორები. აესების საკუთარ მოხმარებაზე დახარჯული ელექტროენერჯია რეაქტორის ტიპზეა დამოკიდებული და სადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის 3-18%-ის ფარგლებში მერყეობს.

გაცივებით მცირეა ჰიდროელექტროსადგურების საკუთარ მოხმარებაზე მოსული ელექტროენერჯის ხარჯი, რომელიც მცირე და საშუალო სიმძლავრის კესებზე გამომუშავებული ელექტროენერჯის 1-2%-ს,

ხოლო მილაერ სადგურებზე 0,2-0,5%-ს შეადგენს. ასეთივე მოხმარება გააჩნია ჰიდრომაკუმულირებული ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების მექანიზმებსაც, როცა ისინი ტურბინულ რეჟიმში მუშაობენ. პაისის სატუმბ რეჟიმში მუშაობის დროს საკუთარ მოხმარებაზე დახარჯული ელექტროენერგია 1,5-ჯერ აღემატება ტურბინულ რეჟიმში მუშაობის დროს მოხმარებულ ელექტროენერგიას. სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მაქსიმალური სიმძლავრეები დაახლოებით 20%-ით აღემატება იმ მნიშვნელობებს, რომელიც საკუთარ მოხმარებაზე დახარჯულ ელექტროენერგიას ახასიათებს.

საკუთარი მოხმარების კვების ძირითად წყაროებს დამადაბლებელი ტრანსფორმატორები ან დარეაქტირებული ხაზები წარმოადგენს, რომელიც უშუალოდ გენერატორების ან მათი მანაწილებელი მოწყობილობის გამოყენებაზეა მიერთებული. საკუთარი მოხმარების გამშვსარეზერვო კვების წყაროები ასევე ელექტრულ ქსელთანა დაკავშირებული, ენაიდან ჩვეულებრივად სადგურის მანაწილებელ მოწყობილობაზე, უახლოეს ქვესადგურზე, კავშირის ტრანსფორმატორის მესამეულ გრაგნილზეა მიერთებული. უკანასკნელ წლებში საზღვარგარეთის თბოელექტრო-სადგურებზე დაიწყო ავტონომიური აირტურბინების დადგმა საკუთარი მოხმარების დენმიმღებების ავარიულ რეჟიმებში კვებისათვის.

გარდა ამისა, ყველა ტიპის ელექტროსადგურებზე გათვალისწინებულია საკუთარი მოხმარების ენერგოსისტემისაგან დამოუკიდებელი კვების წყაროები, რომელიც სადგურის გაჩერებასა და გაცივებას უზრუნველყოფს მოწყობილობის დაზიანებისა და გარემოზე მავნე ზემოქმედების გარეშე საკუთარი მოხმარების ძირითადი და სარეზერვო წყაროების დაკარგვის შემთხვევაში. ამ მიზნით შესებასა და თესვებზე კასოიყენება სააკუმულატორო ბატარეა, ხოლო მძლავრი ბლოკების მქონე ეკსებზე დამატებით უნდა დაიდგას მცირე სიმძლავრის (200-500 კვტ) დიზელ-გენერატორი, რომელიც გაჩერებული მოწყობილობის მზადყოფნის მდგომარეობაში ხანგრძლივად შენახვას უზრუნველყოფს ენერგოსისტემიდან კვების აღდგენის შემდეგ მისი დაუყოვნებლივი გაშვებისათვის. აესებზე საკუთარი მოხმარების კვების დამოუკიდებელი წყაროს სიმძლავრე მნიშვნელოვნად დიდი, დამოკიდებულია უსაყრბოების გამოყენებულ სისტემაზე და რეაქტირული ბლოკის სიმძლავრის 1,5%-ს შეადგენს.

ელექტროსადგურების საიმედო და ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველსაყოფად საჭიროა საკუთარი მოხმარების მოწყობილობის ყველა განხილული სახეები - ელექტრული ან ორთქლის ტურბინიანი ამპრავის მქონე მექანიზმები, ელექტროენერგიის სხვა სახის მიმღებები, დამადაბლებელი ტრანსფორმატორები, დარეაქტირებული გადამცემი ხაზები, მანაწილებელი მოწყობილობები, კვების ავტონომიური წყაროები და მათი მართვის სისტემები, რომლებიც ქმნიან ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების სისტემას.

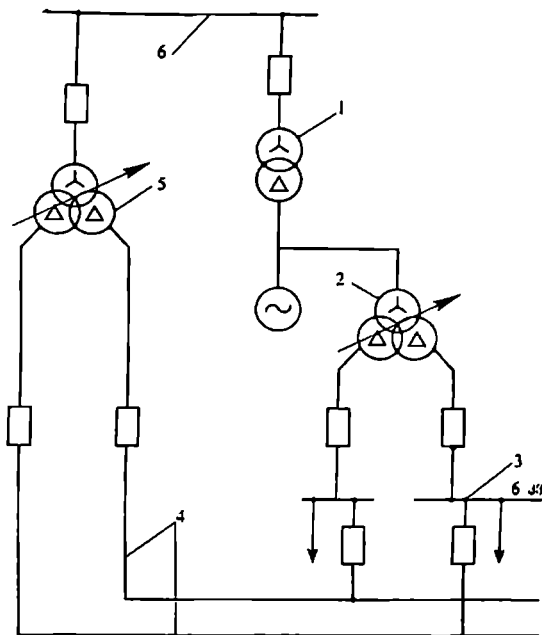
ძირითადი მოთხოვნები, რომელსაც სადგურის საკუთარი მოხმარების სისტემას უყენებენ, მისი მექანიზმების საიმედო და ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველყოფაში მდგომარეობს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია პირველი მოთხოვნა, რადგან საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მუშაობის დარღვევა იწვევს ელექტროენერგიის წარმოების რთული ტექნოლოგიური პროცესის მოშლას და ძირითადი მოწყობილობის მუშაობის დარღვევას, ხოლო რიგ შემთხვევებში - სადგურის გაჩერებასა და სასისტემო ავარიის განვითარებას.

ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების სისტემას ენერგოსისტემის სხვა მოხმარებლებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია. საკუთარი მოხმარების მექანიზმების მუშაობის დარღვევა სიმძლავრის დეფიციტის შემთხვევაში არა მარტო თვით სადგურის, არამედ

ენერგოსისტემის მოხმარებლების ელექტრომომარაგების დარღვევასაც იწვევს.

ასევე მნიშვნელოვანია ეკონომიკურობის მოთხოვნაც, ვინაიდან ენერჯის ხარჯი საკუთარ მოხმარებაზე გაცილებით მეტია, ვიდრე მრეწველობის სხვა დარგებში. ეკონომიკურობის გაზრდა საკუთარი მოხმარების სისტემაში ელექტრული და თბური ენერჯის ხარჯის შემცირებით, ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობის სრულყოფით, კაპიტალდაბანდების ოპტიმალური შემცირებით, საკუთარი მოხმარების საწარმოო მექანიზმების რეგულაციისათვის რაციონალური მეთოდების გამოყენებითაა შესაძლებელი. მეორე მხრივ, საკუთარი მოხმარების სისტემის ფუნქციონირების სიმარტივესა და მასთან დაკავშირებულ საიმედოობას არანაკლები მნიშვნელობა გააჩნია, ვიდრე ელექტროენერჯის ხარჯს. ამიტომ, მიღებულია, რომ ორგანულ და ბირთვულ სათბობზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების, აგრეთვე ჰიდროელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების მექანიზმების ელექტრომომარაგება სადგურისა და სისტემის გენერატორების საშუალებით მარტივად, საიმედოდ და ეკონომიკურად იყოს უზრუნველყოფილი.

ნახ. 1-8-ზე მოცემულია ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების დენმიმღებების გენერატორიდან და ენერგოსისტემიდან კვების სქემა.

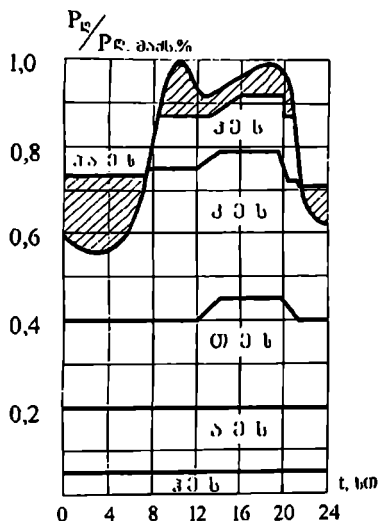


ნახ. 1-8. ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების გენერატორიდან და სისტეშიდან კვების სქემა.

1 - ბლოკი გენერატორი - ტრანსფორმატორი; 2 - საკუთარი მოხმარების მუშა ტრანსფორმატორი; 3 - საკუთარი მოხმარების მანაწილებელი მოწყობილობა; 4 - სარეზერუო კვების მაგისტრალი; 5 - საკუთარი მოხმარების გამშვსარეზერუო ტრანსფორმატორი; 6 - სადგურის შადალი ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობის შემკრები საღტეები.

§1-8. ელექტროსადგურების მონაწილეობა ენერგეტიკული სისტემის მუშაობის რეჟიმებში

ენერგეტიკული სისტემის დატვირთვა შედგება: 1. სისტემის ქსელებზე მიერთებული მომხმარებლებისაგან; 2. ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების დატვირთვისაგან; 3. ქსელებში სიმძლავრის დანაკარგებისაგან. რამდენადაც ელექტროენერჯის მოხმარება დროში არათანაბარია, სისტემის დატვირთვაც მთლიანობაში არათანაბარი გამოდის. სისტემის დღელამური დატვირთვის გრაფიკს ზამთრის დღისათვის (ნახ. 1-9) ორი მაქსიმუმი და ორი მინიმუმი აქვს.



ნახ.1-9. ენერგოსისტემის დღელამური დატვირთვისა და ელექტროენერჯის გამოშვებაში მონაწილე ელექტროსადგურების დატვირთვის გრაფიკები.

როგორც გრაფიკის ანალიზიდან ჩანს, დღის მაქსიმუმი ადგილობრივი დროით დაახლოებით 8-დან 11 საათამდეა, ხოლო საღამოს მაქსიმუმი 16-დან 20 საათამდე. ღამის მინიმუმი ($P_{ღ.მინ}$) დაახლოებით 0-დან 6 საათამდეა, ხოლო დღის მინიმუმი ($P_{დ.მინ}$) - 11-დან 13 საათამდე. დღელამური დატვირთვის გრაფიკში ანსხეავენ: ბაზისურ ნაწილს, რომელიც შეესაბამება დატვირთვას: $P \leq P_{ღ.მინ}$; ნახევრადპიკურ დატვირთვას, რომელიც შეესაბამება პირობას: $P_{ღ.მინ} \leq P \leq P_{დ.მინ}$; დატვირთვის პიკურ ნაწილს, რომელიც შეესაბამება დატვირთვას: $P \geq P_{დ.მინ}$

ელექტრული სისტემის დატვირთვა განაწილებული უნდა იყოს ყველა ელექტროსადგურს შორის, რომელთა ჯამური დადგმული სიმძლავრე რამდენადმე უნდა აღემატებოდეს სისტემის მაქსიმალურ მოთხოვნილ სიმძლავრეს. დღელამური დატვირთვის გრაფიკის ბაზისური ნაწილის დაფარვა ძირითადად მოდის: 1. ატომურ ელექტროსადგურებზე, რომელზეც სიმძლავრის რეგულაცია განხორციელებულია; 2. თბოელექტროცენტრალებზე, რომელთა მუ-

შაობის მაქსიმალური ეკონომიკურობა მათი ელექტრული სიმძლავრის თბურ მოხმარებასთან გათანაბრების შემთხვევაში მიიღწევა; 3. ჰიდროელექტროსადგურებზე, ჰიდროტურბინებში წყლის იმ მინიმალური მოცულობის შემწების შემთხვევაში, რომელიც სანიტარულ და გემთმომოსვლისათვის აუცილებელ მოთხოვნებს შეესაბამება. წყალდიდობის პერიოდში ქვესების მონაწილეობა სისტემის დატვირთვის გრაფიკის ბაზისური ნაწილის დაფარვაში შეიძლება გაიზარდოს იმის გათვალისწინებით, რომ მათი წყალსაცავების საანგარიშო ნიშნულამდე შეესების შემდეგ ზედმეტი წყალი უსარგებლოდ არ იქნეს გადაგებული კაშხალის წყალგადასაცავებში. სისტემის პიკური დატვირთვების დაფარვა რეკომენდებულია მოხდეს ქვესებისა და ქვესების მიერ, რომელთა აგრეგატებისათვის დასაშვებია ხშირი გაშვება-გაჩერება, აგრეთვე დატვირთვების სწრაფი ცვლილება. გრაფიკის დანარჩენი ნაწილი, რომელიც ნაწილობრივ გათანაბრდება ქვესების დატვირთვით მათი სატუმბ რეჟიმში მუშაობის პირობებში, დაფარულ უნდა იქნეს თესების მიერ, რომელთა მუშაობა ყველაზე ეკონომიკურია თანაბარი დატვირთვის დროს.

რამდენადაც არათანაბარია სისტემის ქვესებისა და ქვესების დატვირთვის გრაფიკი, მით მეტი სიმძლავრეა საჭირო ქვესების ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველყოფისათვის ღამის საათებში მათი დატვირთვის მკვეთრი შემცირების გარეშე. აგრეთვე გამოსასული და წინასაღდესასწაულო დღეებში ან აღნიშნულ საათებში აგრეგატების ნაწილის ამორთვის შემთხვევაში. ამგვარად, ქვესებისა და ქვესების მონაწილეობა სისტემის დატვირთვის გრაფიკის დაფარვაში მათი საქმარისი სიმძლავრის შემთხვევაში ქვესების, თევებისა და აესების დატვირთვის გრაფიკების გათანაბრებისა და მთლიანად ენერგოსისტემის ფუნქციონირების მაქსიმალური ეკონომიკურობის მიღწევის საშუალებას იძლევა. ენერგოსისტემაში გაერთიანებული სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმები დგება სისტემის დისპეტჩერული მართვის რეჟიმების ჯგუფის მიერ სადგურების საწარმოო პროცესებისა და ენერგოსისტემის თვისობრივი შემადგენლობის თავისებურებების გათვალისწინებით იმ ანგარიშით, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მთლიანად სისტემის ფუნქციონირების მაქსიმალური ეფექტი.

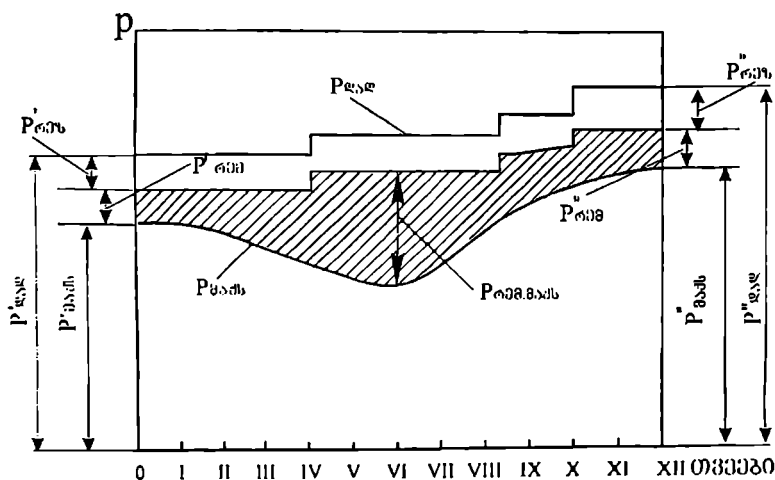
ენერგოსისტემის ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე. ენერგოსისტემის ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად ელექტროსადგურების ჯამური დადგმული სიმძლავრე უნდა აჭარბებდეს სისტემის მაქსიმალურ დადგმულ სიმძლავრეს. სიმძლავრეთა სხვაობა (P და $-P$ სის.მაკს) წარმოადგენს სისტემის დადგმული სიმძლავრის გარკვეულ მარაგს, რომელიც საჭიროა ელექტროსადგურების რეზერვისათვის მათი დაზიანების ან გეგმური რემონტების ჩატარების შემთხვევაში.

სისტემის სარეზერვო სიმძლავრე იყოფა მზრუნავ ანუ ცხელ და ცივ რეზერვად. მზრუნავი რეზერვი, როგორც სახელწოდებიდან ჩანს, თავმოყრილია მომუშავე აგრეგატებში, რომელთა დატვირთვა ნომინალურ სიმძლავრეზე ნაკლებია; ცივი რეზერვი - ესაა გაჩერებული აგრეგატების სიმძლავრე, რომელიც საჭიროების შემთხვევაში დაუყოვნებლივ შეიძლება იქნეს ამუშაებული.

სარეზერვო სიმძლავრეების, აგრეთვე ენერგოსისტემის მუშაობის საიმედოობისა და მდგრადობის გათვალისწინებით სისტემის ყველაზე მძლავრი აგრეგატის სიმძლავრე, როგორც ექსპლუატაციის მრავალწლიანი გამოცდილება გვიჩვენებს, არ უნდა აჭარბებდეს სისტემის დადგმული სიმძლავრის 2%-ს, ხოლო ყველაზე მძლავრი ელექტროსადგურის სიმძლავრე იმავე მოსაზრებით არ უნდა იყოს სისტემის დადგმული სიმძლავრის 8-12%-ზე მეტი. ნათქვამიდან ჩანს, რომ 500, 800, 1000, 1200 მგტ და მეტი სიმძლავრის ენერგობლოკები მხოლოდ საიმედო შიდასისტემო კავშირების მქონე მძლავრი ენერგოსისტემების ენერგობლოკებზე შეიძლება იქნეს დადგმული.

ენერგოსისტემების ექსპლუატაციის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სისტემის სარეზერვო სიმძლავრე არ უნდა იყოს მისი დადგმული სიმძლავრის 10-15%-ზე ნაკლები. სარეზერვო სიმძლავრეების გაზრდა იწვევს სისტემის ტექნიკურ-ეკონომიკური მახვენებლების გაუარესებას, ხოლო მისი შემცირება – მომხმარებლების ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაუარესებას.

ენერგოსისტემის ძირითადი მოწოდებლობის რემონტი. სისტემის ენერგოაგრეგატების რემონტი უნდა ჩატარდეს მისი ნორმალური მუშაობისა და მომხმარებლების ელექტრომომარაგების შეფერხების გარეშე. ენერგოსისტემების უდიდესი დატვირთვა წლიდან წლამდე იზრდება. ასევე იზრდება ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეები ახალი აგრეგატების ექსპლუატაციაში შეყვანის გზით. ნახ. 1-10-ზე მოცემულია სისტემის დღეღამური მაქსიმუმების გრაფიკი წლის განმავლობაში, საიდანაც ჩანს, რომ დღეღამური მაქსიმუმი წლის განმავლობაში $P_{\text{მაქს}}$ -ის ტოლია.



ნახ. 1-10. ენერგოსისტემის დატვირთვის უდიდესი დღეღამური მაქსიმუმებისა და დადგმული და სარეზერვო სიმძლავრეების გრაფიკები.

გაზაფხულისა და ზაფხულის თვეებში იგი მცირდება და გარკვეულ მინიმალურ მნიშვნელობას აღწევს. შემდეგ მკვეთრად იზრდება და წლის ბოლოს აღწევს სიდიდეს: $P_{\text{მაქს}}^I > P_{\text{მაქს}}^I$. ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე წლის განმავლობაში საფეხურებრივად იზრდება ახალი აგრეგატების ამოქმედების ინტენსიურობის შესაბამისად. წლის დასაწყისში იგი შეადგენს $P_{\text{დად}}^I$, ხოლო წლის ბოლოს – $P_{\text{დად}}^I$ -ს, რომელიც $P_{\text{დად}}^I$ -ზე მეტია. გრაფიკის ორდინატთა სხვაობა $P_{\text{დად}}^I$ -სა და $P_{\text{მაქს}}^I$ -ს შორის განსაზღვრავს სარეზერვო სიმძლავრეს ($P_{\text{რეზ}}^I$) და იმ სიმძლავრეს ($P_{\text{რემ}}^I$), რომელიც შეიძლება აგრეგატების რემონტის ჩასატარებლად იქნეს გამოყენებული. ეს უკანასკნელი, როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ცვალებადია და მაქსიმალური მნიშვნელობა გააჩნია ზაფხულის პერიოდში სისტემის

მინიმალური დატვირთვის დროს. კესების, თეცებისა და აესების ენერგოაგრეგატებს, სარემონტოდ, როგორც წესი, ზაფხულის თვეებში აყენებენ, ხოლო კესების პიდროაგრეგატებს – ზამთარში, როცა მდინარეების ბუნებრივი ჩამონადენი მკვეთრად მცირდება და კესების აგრეგატების სრულფასოვანი გამოყენება შეუძლებელი ხდება. გრაფიკის დამტრისული ნაწილი განსაზღვრავს აგრეგატების სიმძლავრესა და წლის იმ პერიოდს, როცა მათ ერთდროულად არემონტებენ სისტემის ნორმალური ფუნქციონირების დარღვევის გარეშე.

§1-9. ელექტროსადგურების ეკონომიკური მაჩვენებლები

ელექტროსადგურის მშენებლობის ეკონომიკურობის ხარისხის გამოსაყენებლად 1 კვტ დადგმული სიმძლავრის მაჩვენებელი გამოიყენება

$$k = \frac{K \cdot 10^3}{P_{\text{დად}}} \quad (1-2)$$

სადაც K - ელექტროსადგურის მშენებლობის საერთო ღირებულებაა;

$P_{\text{დად}}$ - ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრეა, კვტ.

მშენებლობის საერთო ღირებულება არსებითადაა დამოკიდებული სადგურის გენერატორების სიმძლავრეზე, მათ რიცხვსა და ტიპზე, აგრეთვე სადგურში გამოყენებული სათბობის სახესა და წყალმომარაგების სისტემაზე.

რაც შეეხება გენერატორებისა, და, მთლიანად ელექტროსადგურების სიმძლავრე, მით ნაკლებია 1 კვტ დადგმულ სიმძლავრეზე მოსული კაპიტალდაბანდების მოცულობა.

ელექტროსადგურის ეკონომიკური მუშაობის მნიშვნელოვან მაჩვენებელს 1 კვტსთ გამომუშაებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება წარმოადგენს. მძლავრ თბოელექტროსადგურებზე იგი 5-6 - ჯერ მეტია ჰიდროელექტროსადგურებზე გამომუშაებული ელექტროენერჯის თვით-ღირებულებასთან შედარებით.

1-1 ცხრილში მოცემულია გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ევროპული ეკონომიკური კომისიის მიერ განსაზღვრული 1 კვტ დადგმული სიმძლავრის ხვედრითი ღირებულებები სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურებისათვის.

ცხრილი 1-1

ელექტროსადგურის ტიპი	1 კვტ დადგმული სიმძლავრის ხვედრითი ღირებულება (აშშ დოლარებში)	
	1980 წ.	2000 წ.
ჰიდროელექტროსადგურები	2000	3000
თბოელექტროსადგურები	750	1100
ატომური ელექტროსადგურები	1500	2250
მცირე ჰიდროელექტროსადგურები	2500	3500
გეოთერმული ელექტროსადგურები	2000	2500
ქარის ელექტროსადგურები	3000	3500
ქელითერმული ელექტროსადგურები	1000-ზე მეტი	1400-1900

შენიშვნა: მცირე ჰიდროელექტროსადგურებისა და ენერჯის განახლებადი წყაროების დადგმული სიმძლავრეების ხვედრითი ღირებულებები მომხმარებლებთან დამაკავშირებელი ელექტროგადამცემი ხაზების ღირებულების გათვალისწინებითაა მოცემული.

თავი II. ენერგეტიკული სისტემებისა და ელექტროენერგეტიკული ქსელების სტრუქტურა

§2-1. ელექტრული ქსელების დანიშნულება

ელექტრული ქსელების ძირითადი დანიშნულებაა მომხმარებლის ელექტრომომარაგება. ამ ტერმინის ქვეშ იგულისხმება ელექტროენერჯის გადაცემა კვების წყაროდან და მისი განაწილება მომხმარებლებს შორის. აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა მომხმარებლების დიდ რაოდენობასთან და კვების წყაროსაგან მათ ტერიტორიულ დაცილებასთანაა დაკავშირებული.

კვების წყაროების ტიპის, სიმძლავრის, რაოდენობისა და განლაგების ადგილების შერჩევა პროექტირების რთულ და დამოუკიდებელ ამოცანას წარმოადგენს, რომელიც სათანადო ელექტრული ქსელის გაელენის გათვალისწინებით ხდება. ჩვეულებრივად, კვების წყაროების რაოდენობის შემცირება მათი ღირებულების შემცირების პირობებში ელექტრული ქსელის ე. წ. "დამიძიებას" და მის გაძვირებას იწვევს. ამასთან დაკავშირებით რიგ შემთხვევებში საჭირო ხდება კორექტივების შეტანა ელექტროენერჯის მომხმარებლების განლაგების სქემაში.

ელექტრული ქსელების მეორე, საკმარისად დამოუკიდებელ დანიშნულებას ენერჯის დიდ მანძილებზე გადაცემა წარმოადგენს. ხშირად ენერგორესურსები, რომელიც პირველადი ენერჯის წყაროს წარმოადგენს (მაგ. ორგანული სათბობი), მოხმარების ადგილებიდან დიდი მანძილითაა დაშორებული.

საკითხი ენერჯის გადაცემის უხელსაყრელეი ფორმის შესარჩევად მოლიანად ქვეყნის ეკონომიკის ინტერესების გათვალისწინებით უნდა გადაწყდეს. ამისათვის რამდენიმე ვარიანტი არსებობს: შეიძლება სათბობის (ნავთობი, ნახშირი) რკინიგზის ტრანსპორტით გადაზიდვა, ამასთან, ნავთობის გადაზიდვა ხშირად ეკონომიკურად ხელსაყრელი გამოდის; შეიძლება სათბობის (აირი, ნავთობი) მილსადენებით ტრანსპორტირება. ძალზე ხშირად ეკონომიკურად ხელსაყრელი გამოდის ენერჯის ელექტრული ტრანსპორტირებისათვის ელექტროგადამცემი ხაზების გამოყენება. ამ უკანასკნელის მიზანშეწონილობა იმაში მდგომარეობს, რომ ტერიტორიის მიხედვით განაწილებისა და მოხმარების ადგილებში გარდაქმნისათვის ენერჯის ელექტრული ფორმა განსაკუთრებით ხელსაყრელს წარმოადგენს. ყოველივე ამის გამო ფაქტურად საკითხი ელექტრული სადგურების მშენებლობის ადგილების შერჩევასა და სათბობის ტრანსპორტირების მანძილის სიდიდეს ეხება. პრაქტიკულად, აღნიშნული საკითხები ეკონომიკის სხვა ისეთი საკითხების გადაწყვეტასთანაა დაკავშირებული, როგორიცაა რკინიგზების მშენებლობა, მრეწველობის განვითარება და სხვ.

ბოლოს, ელექტრული ქსელების საშუალებით შესაძლებელია მომხმარებლების ელექტრომომარაგების სისტემის ეკონომიკური ეფექტურობის არსებითი ამაღლება, რომელიც მსხვილი ენერგეტიკული გაერთიანებების – ენერგეტიკული სისტემების შექმნით მიიღწევა.

ელექტრული ქსელების მუშაობის ანალიზის დროს ცალკეული გენერატორები და ელექტრომიმღებები ხშირად უშუალოდ არ განიხილება – კვებისა და მოხმარების პუნქტები მოლიანობაში ზოგიერთი გამსხვილებული მარეგულირებელი გამოსახება, რომელთაგან ძირითადია ე. წ. დ ა ტ ვ ი რ – თ ე ბ ი – დადებითი (მომხმარება) და უარყოფითი (კვება).

§2-2. ელექტრული ქსელების ძირითადი განსაზღვრებები

ენერგეტიკული სისტემა ეწოდება ელექტრული სადგურების, ქვესადგურებისა და ელექტრული და თბური ენერჯიების მომხმარებლების ერთობლიობას, რომელიც ერთმანეთთან ელექტრული და თბური ქსელებითაა დაკავშირებული.

ელექტროენერგეტიკული სისტემა ეწოდება ელექტრული სადგურების, ქვესადგურებისა და ელექტრული ენერჯიის მომხმარებლების ერთობლიობას, რომელიც ერთმანეთთან ელექტრული ქსელებითაა დაკავშირებული.

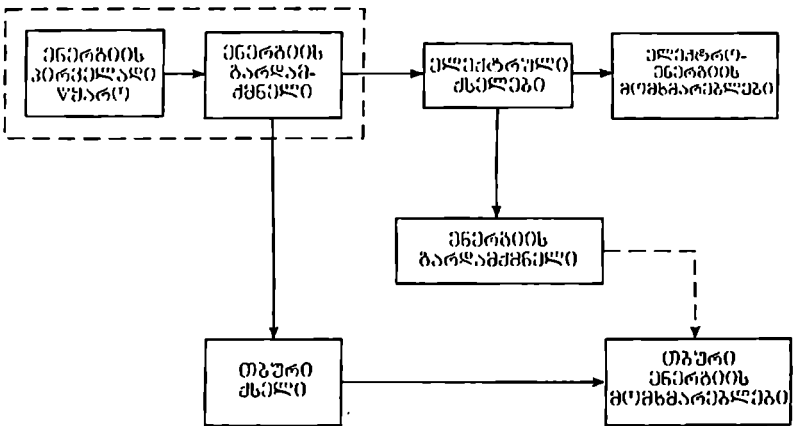
ენერგეტიკის განვითარება მნიშვნელოვანწილად იმით განისაზღვრება, რომ იგი კონკრეტული პრინციპების შესაბამისად წარმოებს, რომელთაგან პირველ რიგში აღსანიშნავია: 1. გეგმურობა; 2. ადგილობრივი ენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალურად გამოყენება; 3. ბუნებრივი რესურსების კომპლექსურად გამოყენება ეკონომიკის სხვადასხვა დარგებისათვის; 4. მომხმარებლების ცენტრალიზებული ელექტრომომარაგება; 5. ელექტრიფიკაციის კავშირი თბოფიკაციასთან, მომხმარებლების ცენტრალიზებული თბომომარაგების ყოველმხრივი განვითარება ელექტროენერჯიისა და სითბოს კომბინირებულად წარმოების ბაზაზე; 6. ენერგოსისტემებში შემავალი ელექტროსადგურების პარალელურ მუშაობაში გაერთიანება, რომელიც ქვეყნის ეკონომიკის საიმედო ელექტრო და თბომომარაგებას უზრუნველყოფს; 7. ენერგომეურნეობების ეკონომიკურობის გაზრდა უახლესი ტექნიკისა და ტექნოლოგიების დანერგვის გზით; აგრეგატების, ენერგობლოკებისა და ელექტროსადგურების ერთეული სიმძლავრეების კონცენტრაციით; ელექტრული ქსელების სტრუქტურისა და პარამეტრების ოპტიმიზაციით; მაღალი და ზემოდალი ძაბვის გადამცემი ხაზების ფართო გამოყენებით; ელექტრულ ქსელებსა და ელექტროსადგურებში სიმძლავრისა და ენერჯიის დანაკარგების შემცირებით; ენერჯიის ხარისხის გაუმჯობესებით; 8. მაგნეტირებული წყაროების სტრუქტურების ოპტიმიზაცია რეგიონების მიხედვით მათი სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსისა და მომხმარებლების დატვირთვის გრაფიკების უთანაბრობის დონის გათვალისწინებით; 9. ელექტროსადგურების რაციონალური ოპტიმალური განლაგება ქვეყნის ტერიტორიაზე პირველადი ენერჯიის წყაროებისა და დატვირთვის კვანძების ადგილმდებარეობის გათვალისწინებით; 10. პირობა და ატომური ენერგეტიკის ყოველმხრივი განვითარება; 11. ელექტროენერჯიის წარმოების, ტრანსპორტირების, გადაცემის, განაწილებისა და გარდაქმნის ახალი მეთოდების დამუშავება; 12. ელექტროენერჯიისა და სითბოს წარმოების, გადაცემისა და განაწილების პროცესების ავტომატიზაცია უახლესი გამოთვლელი მანქანებისა და მოწყობილობების ბაზაზე; 13. ელექტროსადგურებზე, ქსელებსა და მომხმარებლებთან ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლის, ინფორმაციისა და მართვის, აგრეთვე რაიონული და გაერთიანებული ენერგოსისტემების მუშაობის რეჟიმების დისპეტჩერული მართვის ავტომატიზებული სისტემების შექმნა და დანერგვა.

რაც შეეხება ელექტროენერჯიის მომხმარებლებს, ისინი პალზე მრავალფეროვანია მათი მომხმარების რეჟიმების, ელექტრომომარაგების საიმედოობისა და ელექტროენერჯიის ხარისხის მიმართ წაყენებული მოთხოვნების მიხედვით. ანსხვაგვარ ელექტრომომხმარებლების შემდეგ ძირითად ჯგუფებს: 1. სამრეწველო საწარმოები; 2. მშენებლობა; 3. ელექტრიფიცირებული ტრანსპორტი; 4. ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების კომუნალური და საყოფაცხოვრებო მომხმარებლები; 5. სოფლის მეურნეობა.

ელექტროენერჯის მომხმარებლებს წარმოადგენს აგრეთვე ასინქრონული და სინქრონული ძრავები, ელექტრული ღუმელები, ელექტროთერმული, ელექტროლიზური და შესადუღებელი დანადგარები, განათებისა და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ელექტროხელსაწყოები, კონდიციონერებისა და სამაციერო დანადგარები, რადიო და ტელეკომუნიკაციური, სამედიცინო და სხვა სპეციალური დანიშნულების დანადგარები.

ელექტრული და თბური ენერჯის წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების პროცესის სტრუქტურული სქემა ნახ. 2-1-ზეა ნაჩვენები.

ენერჯის პირველადი წყარო ან ენერგორესურსი (ნახშირი, აირი, ნავთობი, ურანის კონცენტრატი, ჰიდროენერჯია, მზის, ქარის, გეოთერმული და სხვ.) ენერჯის ამა თუ იმ გარდამქმნელებში შედის, რომლის გამოსავალზე ელექტრული ან ელექტრული და თბური ენერჯია მიიღება.



ნახ. 2-1. ელექტრული და თბური ენერჯის წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების სტრუქტურული სქემა.

მომხმარებლების ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაზრდისა და ეკონომიკური ეფექტის მისაღებად ელექტროსადგურები პარალელური მუშაობისათვის რაიონულ ენერგოსისტემაში ერთიანდება, რომელიც თავის მხრივ გაერთიანებულ ენერგოსისტემაშია ჩართული. ენერგოსისტემა ქვეყნის ელექტრიფიკაციის საფუძველს წარმოადგენს. ენერგოსისტემებში ელექტროსადგურების გაერთიანება შემდეგ უპირატესობებს იძლევა:

1. იზრდება მომხმარებლების ელექტრომომარაგების საიმედოობა;
2. მცირდება ენერგოსისტემაში სიმძლავრის მოთხოვნილი რეზერვი;
3. დატვირთვის გრაფიკების გათანაბრებისა და ენერგოსისტემის დატვირთვის შემცირების გამო უმჯობესდება აგრეგატების დატვირთვის პირობები;

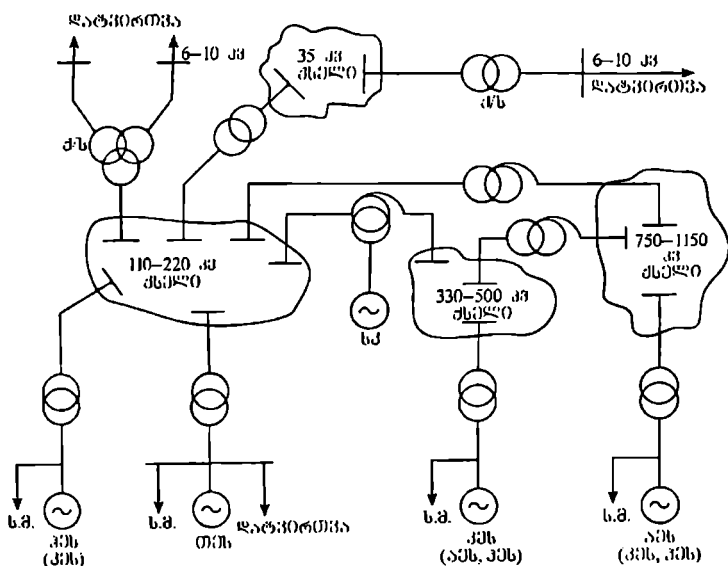
4. იქმნება ელექტროსადგურების მაგენერირებელი სიმძლავრეების უფრო სრულად გამოყენების შესაძლებლობა, რაც მათი გეოგრაფიული განლაგების განსხვავებითაა განპირობებული;

5. უზღობესდება ენერგეტიკის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, რაც გაცილებით მძლავრი და ეკონომიკური აგრეგატების გამოყენების შესაძლებლობებითაა განპირობებული;

6. უზღობესდება ელექტრომურნეობის ექსპლუატაციის პირობები;

7. იქმნება ენერგეტიკის, როგორც ქვეყნის ეკონომიკის ქვესისტემის მუშაობის რეჟიმებისა და ოპტიმალური მართვის პირობები ენერგოსისტემის დისპეტჩერული მართვის ავტომატიზებული სისტემების შესაქმნელად და დასანერგად.

ელექტროენერგეტიკული სისტემის გამართივებული პრინციპული სქემა ნახ. 2-2-ზეა მოცემული, სადაც ერთი აგრეგატის სახით პირობითად ნაჩვენებია თითოეული ტიპის ელექტროსადგური და სიმძლავრეების გადაცემის მახასიათებელი სქემები სხვადასხვა ძაბვების ქსელებისათვის.



ნახ. 2-2. ენერგეტიკული სისტემის პრინციპული სქემა.
ქს - ქვესადგური; ს.მ. - საკუთარი მოხმარება; სკ - სინქრონული კომპენსატორი.

მომხმარებლების ელექტრომომარაგების სისტემაში შეიძლება მოწოდებლობების სამი ძირითადი ჯგუფი გამოიყოს:

1. ელექტროენერგიის მწარმოებელი მოწოდებლობები (ელექტროსადგურები);

2. ელექტროენერგიის გადაცემისა და განაწილების მოწოდებლობები (ელექტრული ქსელები);

3. ელექტროენერჯის მომხმარებელი საწარმოო და საყოფაცხოვრებო მოწყობილობები (ელექტროენერჯის მომხმარებლები).

ეკონომიკურობის პირობის მიხედვით მომხმარებლების ელექტრომომარაგება, როგორც წესი, ცენტრალიზებული გზით - მსხვილი ენერგეტიკული სისტემებით ხორციელდება.

თანამედროვე კურსში მხოლოდ საერთო დანიშნულების ელექტროლი ქსელები განიხილება, რომელთა საშუალებითაც ელექტრომომარაგების ელექტრომომარაგება ხორციელდება. გარდა ამისა, ცალკეულ შემთხვევებში ელექტროლი ქსელებს სპეციალური დანიშნულება გააჩნია, კერძოდ, ფუნქციონირებენ კაეშირგაბმულობის, წვეის ქსელები, ავტონომიური დანადგარების (გადასატანი) ქსელები. მათი დანიშნულებაა მომხმარებლების ელექტრომომარაგება სპეციალური მოთხოვნების გათვალისწინებით. ასეთი ქსელები სპეციალურ კურსებში ისწავლება.

ქვემოთ მოცემულია ელექტროენერგეტიკული სისტემის ძირითადი ელემენტების განსაზღვრებები;

ელექტროდანიადგარი - დანადგარი, რომელშიც ელექტროენერჯის წარმოება, გარდაქმნა, განაწილება ან მოხმარება წარმოებს;

ღია ანუ გარე ელექტროდანიადგარი - ღია ცის ქვეშ დადგმული ელექტროდანიადგარი;

დახურული ანუ შიდა ელექტროდანიადგარი დახურულ შენობაში მოთავსებული ელექტროდანიადგარი;

ელექტროლი სადგური - ელექტროდანიადგარი, რომელშიც ელექტროლი ან ელექტროლი და თბური ენერჯის (თბოელექტროცენტრალზე) გამოშუშავება წარმოებს;

ელექტროლი ქვესადგური - ელექტროდანიადგარი, რომლის დანიშნულებაა ერთი ძაბვის (სიხშირის) ელექტროენერჯის გარდაქმნა მეორე ძაბვის (სიხშირის) ელექტროენერჯიად;

ელექტროლი ხაზი - სადენების ან კაბელების სისტემა, რომლის დანიშნულებაა ელექტროენერჯის გადაცემა კეების წყაროდან მომხმარებლებამდე;

ელექტროლი ქსელი მოწყობილობა, რომელიც კეების წყაროებს ელექტროენერჯის მომხმარებლებთან აკავშირებს. კერძოდ, ესაა ელექტროლი ხაზებისა და ელექტროლი ქვესადგურების ერთობლიობა. ელექტროლი ქსელი შეიძლება ძალზე რთული აღმოჩნდეს. მის მუშაობასა და თვისებებზე დამოკიდებულია მომხმარებლების ელექტრომომარაგების ხარისხი. ელექტროლი ქსელებს განსაზღვრული ტექნიკურ-ეკონომიკური მოთხოვნები წაყენება, რის გამოც საჭიროა ელექტროლი ქსელის გულმოდგინე გაანგარიშება, დაპროექტება და კვალიფიციური ექსპლუატაცია.

კეების წყაროებს ელექტროლი სადგურები წარმოადგენს, სადაც ელექტროენერჯია ენერჯის სხვა ფორმების გარდაქმნის შედეგად მიიღება. ხშირად განიხილავენ ელექტროლი ქსელის მხოლოდ გარკვეულ ნაწილს, რომლისთვისაც შეეებას მისი წინა ნაწილი (ენერჯის გადაცემის გზის მიხედვით), ხოლო მომხმარებელს - შემდგომი ნაწილი წარმოადგენს.

ელექტროენერჯის გადაცემის გზაზე თანდათან იცლება როგორც სიმძლავრე, ასევე გადაცემის მანძილი. ამასთან დაკავშირებით აღიქრება ელექტროენერჯის პარამეტრების - დენისა და ძაბვის ცვლილების აუცილებლობა. ელექტროენერჯის გარდაქმნა მისი პარამეტრების ცვლილების გზით ელექტროლი ქვესადგურებზე წარმოებს, რის გამოც ქსელისათვის კეების წყაროს შეიძლება ქვესადგურიც წარმოადგინდეს.

ელექტროენერჯის მომხმარებლებს შეიძლება ცალკეული ელექტრომომარაგები ან მისი ქსელის მომდევნო ნაწილში გაერთიანებული ელექტრომომარაგების ჯგუფები წარმოადგინდეს. რიგ შემთხვევებში,

ქვესადგურები, საიდანაც ქსელის მომდევნო ნაწილების კვება ხორციელდება, შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც მომხმარებლები.

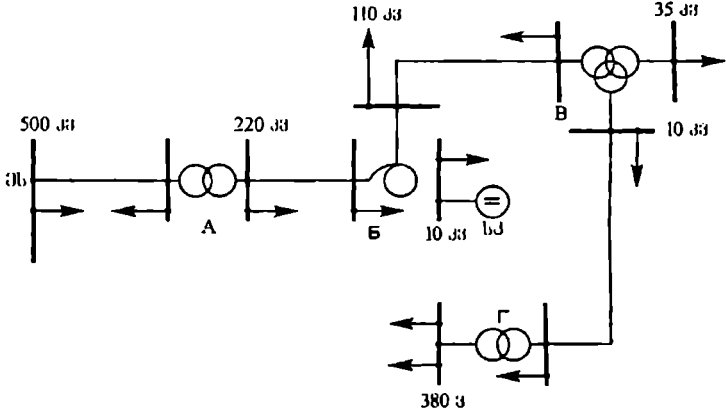
ამგვირად, შეიძლება შემდეგი განსაზღვრებებით ვისარგებლოდ: ქსელის მკვებავი ბოლო, ქსელის მიმღები ბოლო, მკვებავი ქვესადგური, მიმღები ქვესადგური. ქსელს შეიძლება რამდენიმე მკვებავი და რამდენიმე მიმღები ბოლო გააჩნდეს. ერთი და იგივე ქვესადგური შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც: ა) მკვებავი (კვების წყარო) გაცილებით დაბალი ძაბვის ერთი ნაწილისათვის; ბ) მიმღები (სამომხმარებლო) ქსელის უფრო მაღალი ძაბვის ნაწილისათვის. ამასთან, სხვადასხვა ძაბვის ქსელები ცალ-ცალკე უნდა იქნეს განხილული.

სახის, განლაგების ადგილმდებარეობისა და კონკრეტული დანიშნულების მიხედვით ელექტრული ქსელები ერთმანეთისაგან კონსტრუქციული შესრულებით, დენის გვარობით, მომხმარებლების ხასიათით, პარამეტრებით, ელექტრომომარაგების საიმედოობითა და სხვა კრიტერიუმებით განსხვავდება. ამის შესაბამისად ქსელებს შეიძლება სხვადასხვა თვისებები გააჩნდეს, კჭონდეთ სხვადასხვა სიგრძე და გამტარუნარიანობა, სხვადასხვა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები. ამასთან, სხვადასხვა ქსელს რიგი საერთო ნიშნები გააჩნია, რაც მათი ერთად განხილვის საშუალებას იძლევა.

§2-3. ელექტრული ქსელის ელემენტები

ერთი ნომინალური ძაბვის მქონე ელექტრული ქსელი სათანადო საკომუტაციო აპარატებით აღჭურვილი ხაზებისაგან შედგება. სხვადასხვა დანიშნულების საკომუტაციო აპარატების გამოყენება ქსელის მუშაობის პირობებთანაა დაკავშირებული. აღნიშნული აპარატები ჩვეულებრივად ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების მანაწილებელ მოწყობილობებში იდგმება. დღევანდელ პირობებში, როგორც წესი, რამდენიმე ნომინალური ძაბვის მქონე ქსელები გამოიყენება. ამასთან, ქსელის შემადგენლობაში ტრანსფორმატორებიც შედიან.

ნახ. 2-3-ზე მოცემულია ელექტრომიმღებებიდან დიდი მანძილით დაშორებული ელექტროსადგურიდან ენერგიის გადაცემის ერთ-ერთი შესაძლო სქემა:



ნახ. 2-3. თანამედროვე ენერგეტიკულ სისტემაში ენერგიის გადაცემის ერთ-ერთი შესაძლო სქემა.

მძლავრ ელექტროსადგურზე (ეს) გენერატორული სალტების ძაბვა (6-20 კე) ტრანსფორმირდება 500 კე-მდე. აღნიშნული ძაბვის გადამცემი ხაზებით ენერგია გადაეცემა სხვადასხვა, მათ შორის A ქვესადგურს, სადაც ძაბვა დაბლდება 220 კე-მდე. 220 კე ძაბვის ერთი ხაზით ენერგია მიეწოდება B ქვესადგურს, სადაც ხდება ძაბვის დაბლდება 110 კე-მდე. B ქვესადგურზე წარმოებს ძაბვის შემდგომი დაბლდება 35 და 10 კე-მდე, ხოლო Γ ქვესადგურზე - 380 ე-მდე.

ნახ. 2-3-ზე ნაჩვენებია ენერგიის ტრანსფორმირების მხოლოდ ერთი შესაძლო სქემა. სინამდვილეში, თითოეული ქვესადგურის შემკრები სალტებიდან გადის სხვა ხაზებიც, რომელიც პირობითად ისრებითაა ნაჩვენები. აღნიშნული ხაზების რიცხვი სხვადასხვა შეიძლება იყოს, რის გამოც ქსელი გაცილებით რთული გამოდის, ვიდრე ეს ნახ. 2-3-ზეა ნაჩვენები.

ჩვეულებრივად, მკვებაეი და მანაწილებული ქსელები ცალ-ცალკე განიხილება. ხშირად ცალ-ცალკე განიხილება აგრეთვე ზემაღალი ძაბვის ქსელებიც.

აღნიშნული ელემენტების გარდა, ქსელის შემადგენლობაში ხშირად ჩართულია რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელი

მოწვობილობები, კერძოდ: განივად ჩასართავი კონდენსატორების ბატარეა, სინქრონული კომპენსატორები (სკ), აგრეთვე სხვა მოწვობილობები, რომელიც ცელის ქსელის თვისებებს და აკომპენსირებს მის რეაქტიულ პარამეტრებს: გრძივად ჩართული კონდენსატორების ბატარეა, განივად ჩართული რეაქტორები და სხვ.

§2-4. ელექტროული ქსელის მიმართ წაყენებული მოთხოვნები

ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში დროის ნებისმიერ მომენტში ადგილი აქვს: ა). გენერირებული (განეთარებული) და მოხმარებული (დანაკარგების ჩათვლით) აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების ტოლობას; ბ). სიხშირეების ტოლობას ელექტროულად და მაგნიტურად ურთიერთდაკავშირებული ქსელების ყველა წერტილში; გ). სიმძლავრეების გადადინების შემთხვევაში ძაბვები სისტემის სხვადასხვა კვანძში სხვადასხვაა (მოდულის ან ფაზის მიხედვით).

ენერგოსისტემების ოპერატიული მართვა ხადისპეტჩერო და მართვის სამსახურების მიერ სორციფილდება, რომელიც სათანადო გაანგარიშების საფუძველზე ადგენს ელექტროსადგურებისა და ელექტროული ქსელების მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმებს ნორმალურ და ავარიულ პირობებში.

ელექტროენერგეტიკული სისტემები შემდეგ ძირითად მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს:

1. ელექტროსადგურების მუშა სიმძლავრე (მიმდინარე მნიშვნელობა) უნდა შეესაბამებოდეს ელექტროენერგიის მომხმარებლების მოთხოვნებს (ქსელებში ენერგიის დანაკარგებისა და საკუთარ მოხმარებაზე მოსული ენერგიის ხარჯის ჩათვლით);

2. ელექტრომომარაგების საიმედოობა უნდა შეესაბამებოდეს მომხმარებლების ეკონომიკურად გამართლებულ მოთხოვნებს;

3. გამომუშაებული ელექტროენერგიის ხარისხი უნდა შეესაბამებოდეს დადგენილ ნორმებს;

4. წარმოებული და მომხმარებლისათვის მიწოდებული ელექტროენერგიის თვითღირებულება შესაძლებლად დაბალი უნდა იყოს.

საიმედოობისადმი წაყენებული მოთხოვნები.
ელექტროენერგეტიკული სისტემის საიმედოობა გულისხმობს მის თვისებას იმუშაოს რეჟიმის მოცემული საექსპლუატაციო პარამეტრების მიხედვით და უსრუნველყოს მომხმარებლების მოთხოვნილი ელექტრომომარაგება.

ელექტრომომარაგების საიმედოობისადმი წაყენებული მოთხოვნების მიხედვით ელექტროენერგიის მომხმარებლები შემდეგ ძირითად კატეგორიებად იყოფა:

პირველი კატეგორიის მომხმარებლები – ელექტრომომხმარებლები, რომლისთვისაც ელექტრომომარაგების შეწყვეტამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანების სიცოცხლის საფრთხე, მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ზარალი, ძვირადღირებული ძირითადი მოწყობილობის დაზიანება, გამოშვებული პროდუქციის მასობრივი წუნი, რთული ტექნოლოგიური პროცესის მოშლა, კომუნალური მეურნეობის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ელემენტების ფუნქციონირების დარღვევა ელექტრომომარაგების შეწყვეტის შემთხვევაში.

პირველი კატეგორიის მომხმარებლებიდან გამოიყოფა ელექტრომომხმარებლების განსაკუთრებული ჯგუფი, რომლის შეუფერხებელ მუშაობაზე ბევრადაა დამოკიდებული წარმოების უავარიო ფუნქციონირება, ადამიანების სიცოცხლე, აფეთქების, ხანძრისა და ძვირადღირებული ძირითადი მოწყობილობის დაზიანების თავიდან აცილება.

მეორე კატეგორიის მომხმარებლები – მომხმარებლები, რომელთა ელექტრომომარაგების შეწყვეტა იწვევს მასობრივ უკმარგამოშვებულ პროდუქციას, მუშების, მექანიზმებისა და საწარმოო ტრანსპორტის მოცდუნას, ქალაქებისა და სოფლების მცხოვრებთა მნიშვნელოვანი რაოდენობის ნორმალური ფუნქციონირების დარღვევას;

მესამე კატეგორიის მომხმარებლები - ყველა დანარჩენი ელექტრომომხმარებლები, რომელიც პირველ და მეორე კატეგორიებს არ მიეკუთვნება.

პირველი კატეგორიის მომხმარებლებმა ელექტროენერგია კვების ორი დამოუკიდებელი წყაროდან უნდა მიიღონ და მათი ელექტრომომარაგების შეწყვეტა კვების ერთ-ერთ წყაროსთან კავშირის გაწყვეტის შემთხვევაში მხოლოდ კვების ავტონომიური აღდგენისათვის საჭირო დროის განმავლობაშია დასაშვები. ელექტრომომხმარებლების განსაკუთრებული ჯგუფისათვის გათვალისწინებული უნდა იყოს კვების მესამე, დამოუკიდებელი წყარო. ასეთ წყაროდ (აგრეთვე პირველი კატეგორიის დანარჩენი მომხმარებლების კვების მეორე, დამოუკიდებელ წყაროდ) შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სამრეწველო საწარმოთა, აგრეთვე ენერგოსისტემის ელექტროსადგურების გენერატორული ძაბვის სალტები, უწყვეტი ენერგოკვების სპეციალური აგრეგატები, სააკუმულატორო ბატარეები და სხვ.

თუ ელექტრომომარაგების რეზერვირებით შეუძლებელია ტექნოლოგიური პროცესების უწყვეტობის უზრუნველყოფა ან ელექტრომომარაგების რეზერვირება ეკონომიკურად გაუმართლებელია, აუცილებელად უნდა განხორციელდეს ტექნოლოგიური რეზერვირება, კერძოდ, ურთიერთმარეზერვირებელი ტექნოლოგიური დანადგარების, აგრეთვე ტექნოლოგიური პროცესების უაარიო გაჩერების სპეციალური მოწყობილობის გამოყენება, რომელიც ელექტრომომარაგების შეწყვეტის შემთხვევაში იმორქმედებს. პირველი კატეგორიის განსაკუთრებით რთული უწყვეტი ტექნოლოგიური პროცესის მქონე ელექტრომომხმარებლების ელექტრომომარაგება, რომელიც მუშა რეჟიმის აღდგენისათვის დიდ დროს მოითხოვს, უნდა მოხდეს კვების ორი დამოუკიდებელი წყაროდან, რომელსაც ტექნოლოგიური პროცესის სპეციფიკურობით განპირობებული დამატებითი მოთხოვნები წაყენება.

მეორე კატეგორიის მომხმარებლების ელექტრომომარაგება რეკომენდებულია კვების ორი დამოუკიდებელი წყაროდან განხორციელდეს. ერთ-ერთი მათგანის დაზიანების შემთხვევაში ენერჯის მიწოდების შეწყვეტა კვების სარეზერვო წყაროს ჩართვისათვის საჭირო დროის ხანგრძლივობითაა დასაშვები.

მესამე კატეგორიის ელექტრომომხმარებლების ელექტრომომარაგება შეიძლება კვების ერთი წყაროდან განხორციელდეს იმ პირობით, რომ ენერჯის მიწოდების შეწყვეტების ან ელექტრომომარაგების სისტემის დაზიანებული ელემენტების შეცვლის ხანგრძლივობა ერთ დღელამეს არ გადააჭარბებს.

ენერგოსისტემის დადგმული სიმძლავრე. ენერგეტიკული სისტემის დადგმული (ნომინალური) სიმძლავრე სისტემის ყველა ტიპის ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების ჯამის ტოლია.

$$P_{\text{სის.დად.}} = P_{\text{ქეს}} + P_{\text{კეს}} + P_{\text{თეც}} + P_{\text{აეს}} + P_{\text{ატს}} + P_{\text{აკეს}} + P_{\text{სხვ.}} \quad (2-4)$$

სადაც $P_{\text{ქეს}}$ - ჰიდროელექტროსადგურების, $P_{\text{კეს}}$ - თბური კონდენსაციური ელექტროსადგურების, $P_{\text{თეც}}$ - თბოელექტროცენტრალების, $P_{\text{აეს}}$ - ატომური ელექტროსადგურების, $P_{\text{ატს}}$ - აირტურბინული ელექტროსადგურების, $P_{\text{აკეს}}$ - ჯიდრომაკუმულირებელი ელექტროსადგურების, $P_{\text{სხვ.}}$ - სხვადასხვა ტიპის (ზღვის მოქცევის, გეოთერმული, ქარის, მზის და სხვ.) ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა ტიპის ელექტროსადგურების ხვედრითი წილი ენერგოსისტემის ძირითადი ტიპების ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების საერთო ბალანსში ჯერჯერობით ძალზე მცირეა.

ელექტროენერგეტიკის პირველ განმასხვავებელ თავისებურებას ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების უწყვეტი და დროის მიხედვით პრაქტიკულად თანხვედრი პროცესი წარმოადგენს. ელექტროენერჯის წარმოება მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, თუ წინასწარაა უზრუნველყოფილი ელექტროენერჯის გენერატორების მიერთება მომხმარებლებთან ერთიანი ელექტრული სქემის საშუალებით. აღნიშნული სქემის დარღვევა კვების წყაროს ან მომხმარებლების მხრიდან ელექტროენერჯის წარმოების პროცესის დარღვევას იწვევს. ამის გამო დენმიმღებების ჩართვა ენერგოსისტემაში მხოლოდ ამ უკანასკნელის ტექნიკური პირობების მიხედვით წარმოებს. ენერგოსისტემა ახორციელებს ზედამხედველობას დენმიმღებების მიერ სათანადო ნორმებისა და წესების დაცვაზე ელექტროენერჯის მოხმარების პროცესში.

ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების ტექნოლოგიური პროცესის უწყვეტობა მკაცრი დამოკიდებულების არსებობას იწვევს ენერგეტიკული პროდუქციის წარმოების მოცულობასა და მის მოხმარებას შორის დროის ნებისმიერ მოცემულ მომენტში. შეუძლებელია იმაზე მეტი ელექტროენერჯის გამოიმუშავება, რასაც დროის მოცემულ მომენტში ითხოვს მომხმარებელი. მეორე მხრივ, ელექტროენერჯის მომხმარებელს არ შეუძლია მოიხმაროს იმაზე მეტი ელექტროენერჯია, რასაც დროის აღნიშნულ მომენტში გამოიმუშავებს ელექტროსადგურების გენერატორები. ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების ფაზის მიხედვით თანხვედრა გამოწვეულია ელექტროენერჯის გავრცელების უდიდესი სიჩქარით, რომელიც სინათლის სიჩქარის ტოლია.

ელექტროენერჯია თავისი უნიკერსალობის გამო, რაც სხვა სახის ენერჯივით გარდაქმნის უნარში გამოიხატება, ფართო გამოყენებას პოულობს ეკონომიკისა და ყოფაცხოვრების ყველა სფეროში. აღნიშნული თვისების გამო ელექტროენერჯის მომხმარებლებს მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმის მქონე დენმიმღებები შეადგენს, რის შედეგადაც ენერჯის წარმოების რეჟიმი დღეღამის, თვისა და წლის განმავლობაში გამუდმებით იცვლება. ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების გრაფიკის უთანაბრობა ელექტროენერგეტიკული წარმოების მეორე დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს.

ელექტროენერგეტიკის მესამე თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ წარმოებულმა პროდუქციამ უნდა დააკმაყოფილოს ელექტრომომხმარებლების მოთხოვნა არა მარტო ელექტროენერჯიაზე, არამედ ელექტრული დატვირთვის (მომხმარებელი სიმძლავრის) დაფარვაზეც. მხოლოდ ამ პირობის შესრულების შემთხვევაშია შესაძლებელი მომხმარებლების შეუფერხებელი ელექტრომომარაგების უზრუნველყოფა. ე.ი. ენერგეტიკული წარმოების ძირითადი ამოცანის შესრულება.

ენერჯის მოხმარების გრაფიკის უთანაბრობა ენერგოსისტემის დატვირთვის დღეღამური პიკების წარმოქმნას იწვევს (დღეღამის დატვირთვის დილისა და საღამოს მაქსიმუმებს), რომლის დასაფარავედ საჭიროა სათანადო მაგენერირებელი სიმძლავრეები. აღნიშნული სიმძლავრეების გამოყენების საათთა რიცხვი შედარებით მცირეა, რის გამოც მათზე დანახარჯები ნაკლებადეფექტურია. ამ დანახარჯების შესამცირებლად საჭიროა ელექტროენერჯის მოხმარების დღეღამური გრაფიკის გათანაბრება და მომხმარებლების დატვირთვის პიკების შემცირება.

ელექტროენერგეტიკული წარმოების მეოთხე თავისებურება დაკავშირებულია ელექტროენერჯის მოთხოვნილი ხარისხის უზრუნველყოფასთან. დენმიმღებები, რომელიც რეაქტიულ სიმძლავრეს მოიხმარს, რაც თავის მხრივ ამახინჯებს ძაბვის მრუდის ფორმას, აგრეთვე დენმიმღებები, რომელიც მუშაობს პროცესში მაღალი რივის პარმონიკებს

გამოყოფს, ართულებს ენერგოსისტემაში ენერჯის საჭირო ხარისხის უზრუნველყოფის მოთხოვნის შესრულებას და დამატებით დანახარჯებს იწვევს მისი წარმოების პროცესში. რეაქტიული დატვირთვის დაფარვისა და ძაბვის სტანდარტული დონის შენარჩუნებისათვის საჭირო დანახარჯების შესამცირებლად აუცილებელი ხდება რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია როგორც ენერგოსისტემის ქსელებში, ასევე მომხმარებლების ელექტროდანადგარებში.

ელექტროენერგეტიკული წარმოების სხვა თავისებურებებიდან აღსანიშნავია მისი წარმოების დამოკიდებულება ჰიდრომეტეოროლოგიურ პირობებზე, ენერჯის გადამეტდინების მასშტაბები და სტრუქტურა მომიჯნავე ენერგოსისტემებს შორის, ორგანული სათბობის სტრუქტურა და ფასები.

ენერგოსისტემა შედგება პარალელურად მომუშავე ელექტროსადგურების, საქსელო და ენერგოგამსაღებელი საწარმოებისაგან, აგრეთვე სარემონტო ქარხნებისაგან, ცენტრალური ლაბორატორიებისაგან, საპროექტო და საკონსტრუქტორო ორგანიზაციებისა და სხვა საწარმოებისაგან, რომელიც ენერგეტიკული წარმოების, საწარმოო პროცესებისა და მოწყობილობების მუშაობის რეჟიმების ოპტიმალურ მართვას უზრუნველყოფს.

§2-5. ელექტრული ქსელებისა და სისტემების სტრუქტურა და კლასიფიკაცია

ელექტრული ქსელი ეწოდება საბაერო და საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზებისა და ქვესადგურების ერთობლიობას, რომელიც განსაზღვრულ ტერიტორიაზე ფუნქციონირებს. ელექტრული ქსელის დანიშნულებაა ელექტროენერჯის გადაცემა მისი წარმოების ადგილიდან მოხმარების ადგილამდე და მომხმარებლებს შორის განაწილება.

ნებისმიერი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზი (საბაერო ან საკაბელო) წარმოადგენს ელექტროდანადგარს, რომლის დანიშნულებაა ელექტრული ენერჯის გადაცემა და განაწილება.

დენის გეარობის მიხედვით ანსხეავენ ცეკლადი და მუდმივი დენის ელექტრულ ქსელებს. განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული ცეკლადი დენის ელექტრული ქსელი.

მუდმივი დენის ელექტრული ქსელები ძირითადად ელექტროფიცირებული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგებისათვის გამოიყენება.

რიგ შემთხვევებში მუდმივი დენი საჭიროა ზოგიერთი სამრეწველო საწარმოს ტექნოლოგიური პროცესებისათვის (ელექტრომეტალურგია, ხსნარების ელექტროლიზი), აგრეთვე საწარმოო მექანიზმების ელექტროამძრავებისათვის, სადაც საჭიროა სიჩქარის ფართო დიაპაზონში და მდორედ რეგულაცია. ასეთ საწარმოებში იქმნება მუდმივი დენის ელექტრული ქსელი.

როგორც კვლევებმა და ექსპლუატაციის გამოცდილებამ გვიჩვენა, დიდი სიმძლავრეების შორ მანძილზე გადაცემის შემთხვევაში მუდმივი დენით გადაცემა გაცილებით ეკონომიკურია ცეკლადი დენით გადაცემასთან შედარებით.

დანიშნულების მიხედვით ელექტრული ქსელები მკეებაე და მანაწილებელ ქსელებად იყოფა (ნახ. 2-4).

მკეებაეი ეწოდება ხაზს, რომელიც კეების ცენტრიდან (კც) ელექტროენერჯის აწედის მანაწილებელ პუნქტს (მპ) ან სატრანსფორმატორო ქვესადგურს (სკ) ხაზის მთელ სიგრძეზე ენერჯის განაწილების გარეშე.

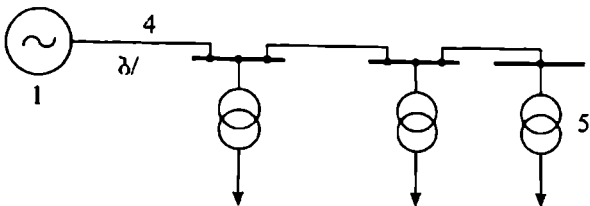
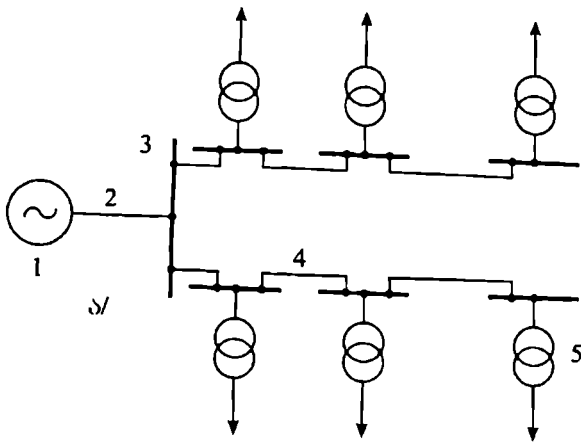
მანაწილებელი ეწოდება ხაზს, რომელიც კეების ცენტრიდან ან მანაწილებელი პუნქტიდან კეებას აწედის სატრანსფორმატორო ქვესადგურების გარკეველ როადენობას.

1000 ე-მდე ძაბვის ქსელებში მკეებაე ხაზებს მიეკუთვნება ხაზები, რომელიც სატრანსფორმატორო ქვესადგურებს მანაწილებელ პუნქტებთან ან ფარებთან აერთებს; მანაწილებელ ხაზებს მიეკუთვნება ხაზები, რომელიც მანაწილებელი პუნქტიდან კეებას აწედის მომხმარებელს.

ნახ. 2-4-ზე მოცემულია ელექტროენერჯის მაღალი ძაბვით განაწილების სქემები მკეებაეი და მანაწილებელი ქსელებისა (ნახ. 2-4ა) და მხოლოდ მანაწილებელი ქსელების (ნახ. 2-4ბ) არსებობის შემთხვევაში.

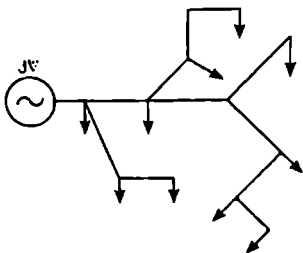
მაღალი ძაბვის მკეებაეი ქსელის აგების აუცილებლობა იმ შემთხვევაში აღიძვრება, როცა კეების წყარო საკმაოდ დიდი მანძილითაა დაშორებული მომხმარებლებისაგან და ელექტროენერჯის მოხმარების რაიონში ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვანი მანძილით დაცილებული რამდენიმე სატრანსფორმატორო ქვესადგურია განლაგებული.

აგების პრინციპის მიხედვით ელექტრული ქსელები ჩაკეტილ და გახსნილ ელექტრული ქსელებად იყოფა.

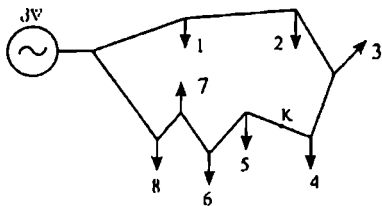


ნახ.2-4. მაღალი ძაბვის ელექტრული ქსელების პრინციპული სქემა.
 ა - მკეებაი და მანაწილებელი ქსელების არსებობის დროს; ბ - მხოლოდ მანაწი-
 ლებელი ქსელების არსებობის დროს; 1 - კეების წყარო; 2 - მკეებაი ხაზი; 3 - მა-
 ნაწილებელი პუნქტი; 4 - მანაწილებელი ქსელი; 5 - მომხმარებელი (სატრანსფორ-
 მატორო ქვესადგური).

გახსნილი ელექტრული ქსელი განშტოებული ხაზებისაგან შედგება, რომელიც კეების წყაროდან ერთი მიმართულებით იღებს კეებს (ნახ. 2-5).



ნახ. 2-5. განშტოებული ქსელის სქემა.



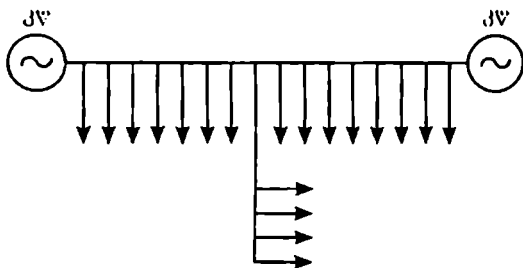
ნახ. 2-6. კეების ერთი წყაროს მქონე ჩაკეტილი ქსელის სქემა.

ასეთ ქსელებში ერთ-ერთ უბანზე ხაზის გაწყვეტის შემთხვევაში ენერჯის მიწოდება ყველა მომხმარებელს უწყდება. ჩაკეტილი ქსელის შემთხვევაში მომხმარებელი მიიღებს არანაკლები რაოდენობის ელექტროენერჯიას, ვიდრე ორმხრივი კვების შემთხვევაში. ნახ. 2-6-ზე მოცემულია ჩაკეტილი ქსელის უმარტივესი სქემა, საიდანაც ჩანს, რომ მაგისტრალის ნებისმიერ წერტილში გაწყვეტის შემთხვევაში მომხმარებლისათვის ენერჯის მიწოდება არ შეწყდება.

ასე, მაგალითად, K წერტილში მაგისტრალის გაწყვეტის შემთხვევაში 1, 2, 3, 4 დენმიმღებები კვებას ზედა მაგისტრალიდან, ხოლო 8, 7, 6, 5 დენმიმღებები ქვედა მაგისტრალიდან მიიღებენ. ელექტრომომარაგების მოთხოვნილი საიმედოობის მიხედვით ჩაკეტილ ქსელებს შეიძლება კვების ერთი ან ორი წყარო ჰქონდეთ. ნახ. 2-7-ზე მოცემულია ორმხრივი კვების ქსელის გამარტივებული სქემა.

გარე ქსელები სპეციალურ საყრდენებზე დაკიდებული შიშველი სადენებით (საპაერო ხაზები) ან თხრილებში, კოლექტორებში ან ბლოკებში ჩაწყობილი კაბელებით (მიწისქვეშა ხაზები) სრულდება.

შიდა ქსელები შენობებისა და ნაგებობების შიგნით სადენების (უმეტესად - იზოლირებული შესრულებით), კაბელების ან სალტების სახით სრულდება.



ნახ.2-7. ორმხრივი კვების მქონე ჩაკეტილი ელექტრული ქსელის სქემა.

დიდი რაოდენობის ელექტროენერჯის შორ მანძილზე გადაცემა მხოლოდ მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების საშუალებითაა შესაძლებელი და მიზანშეწონილი. ამ მიზნით ელექტროსადგურების გენერატორების მიერ გამოშვებული ელექტროენერჯია ელექტროსადგურებზე დადგმული ძალური ტრანსფორმატორების საშუალებით გარდაიქმნება მაღალი ძაბვის ენერჯიად. ქვესადგურებს, რომელზეც ძაბვის ტრანსფორმირება (გაზრდა) ხდება, ამამაღლებული ან შეკვავი სატრანსფორმატორო ქვესადგურები ეწოდება. მიმღებ ქვესადგურებს, რომელზეც ხდება მაღალი ძაბვის ელექტროენერჯის დაბალდება მანაწილებელი ქსელის ძაბვის ელექტროენერჯიად, დამაბალბელი ანუ მიმღები ქვესადგურები ეწოდება.

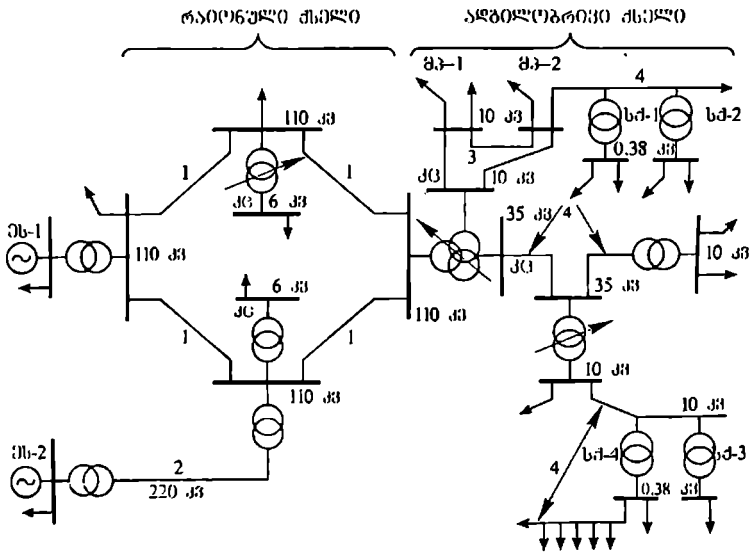
მიმღებ ქვესადგურებზე ელექტროენერჯია შეიძლება ერთდროულად ორი ან მეტი ძაბვის ელექტროენერჯიად ტრანსფორმირდეს იმის მიხედვით, თუ რა ძაბვის მანაწილებელი ქსელები ან მომხმარებლები იკვებება აღნიშნული ქვესადგურიდან. მიმღები ქვესადგურიდან შეიძლება იკვებებოდეს სხვა ქვესადგურებიც, რომელზეც მიღებული ენერჯის ტრანსფორმირება ხდება უფრო დაბალი ძაბვის ენერჯიად, საიდანაც კვებას უშუალოდ

მომხმარებელი იღებს. ამგვარად, მაღალი ძაბვის მიმღები ქვესადგური ეროდროულად შეიძლება მკვებავი ქვესადგურის როლსაც ასრულებდეს.

ელექტროდინამიკურს, რომელთა საშუალებით ხდება ერთი და იმავე ძაბვის ელექტროენერჯის მიღება და განაწილება ძაბვის ტრანსფორმაციის გარეშე. მანაწილებელი ან გადამრთველი პუნქტები ეწოდება.

მუდმივი დენის ენერჯის გადასაცემად, გარდა მაღალი ძაბვის ცვლადი დენის მანაწილებელი მოწყობილობებისა, ელექტროგადამცემი ხაზის მკვებავ ბოლოში გარდამსახი გამმართველი ქვესადგური იდგმება, რომელიც ცვლად დენს გარდაქმნის მუდმივ დენად, ხოლო ხაზის მიმღებ ბოლოში - მისი ანალოგიური ინვერტორული ქვესადგური, რომელიც მუდმივ დენს გარდაქმნის ცვლად დენად.

მაღალი ძაბვის დიდი გამტარუნარიანობის მქონე ელექტროგადამცემ ხაზებს (330-750 კვ), რომელიც ერთმანეთთან ცალკეულ ელექტრულ სისტემებს აკავშირებს, სისტემათაშორის კავშირების ხაზები ეწოდება, ხოლო ელექტროდინამიკურების კომპლექსს, რომელიც ელექტროგადამცემი ხაზებისაგან, სატრანსფორმატორო ან გარდამსახი ქვესადგურებისა და გადამრთველი პუნქტებისაგან შედგება, რომლებიც ელექტროენერჯის გადაცემის პროცესში მონაწილეობენ, შესაბამისად ცვლადი ან მუდმივი დენის ელექტროგადამცემი სისტემა ეწოდება.



ნახ. 2-8. ელექტროენერჯეტიკული სისტემის ელექტრული ქსელის სქემა.

კვების წყარო (კვ) ეწოდება ელექტროდინამიკურს, რომლის საშუალებითაც მომხმარებლების ელექტროენერჯით კვება ხორციელდება. ელექტროსადგურების გენერატორული ძაბვის ან მიმღები ქვესადგურის მთავარი ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობებს კვების ცენტრი (კც) ეწოდება.

ზოგადი დანიშნულების ელექტრული ქსელი (ქსელი, რომელიც არ კვება ეს ისეთ სპეციფიურ დენმიმღებებს, როგორცაა წვეის, ავტონომიური მოძრაი დანადგარები და სხე), ელექტროენერჯის მომხმარებლების მოქმედების სპეციალური მათი დანიშნულების მიხედვით პირობითად ორ ჯგუფად იყოფა: 1. ადგილობრივი ელექტრული ქსელები 35 კვმდე ძაბვის ჩათვლით (კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო, საფაბრიკო-საქარხნო, სასოფლო-სამეურნეო და სხე), რომელიც 15-30 კმ რადიუსის მქონე დატვირთვის შედარებით მცირე სიმკვრივის პატარა რაიონებს ემსახურება, აგრეთვე სამრეწველო საწარმოთა მკვებაი მცირე სიგრძის 110 კვ ძაბვის ღრმად შემყვანები; 2. რაიონული ელექტრული ქსელები 110 კვ და უფრო მაღალი ძაბვით, რომელიც დიდი ტერიტორიის რაიონებს და ელექტრული სისტემის ერთმანეთთან ურთიერთდაკავშირებულ ელექტროსადგურებს მოიცავს დატვირთვის ცენტრის (დც) ჩათვლით.

ნახ. 2-8-ზე მოცემულია სისტემის ელექტრული ქსელის გამარტივებული სქემა, რომელზეც ორივე ჯგუფის ქსელების ურთიერთდაკავშირება ნაჩვენებია.

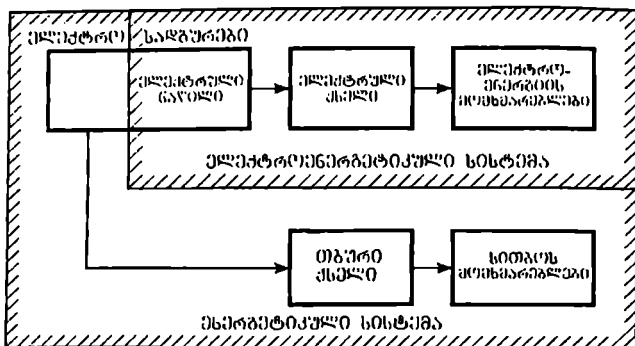
ელექტროენერჯია ელექტროსადგურებიდან (ეს) დატვირთვის ცენტრს მიეწოდება 1 ელექტროგადამცემი ხაზების საშუალებით, რომელიც უშუალოდ რაიონულ ქსელში შედის და 2 ელექტროგადამცემი სისტემის საშუალებით, რომელიც მკვებაი და მიმღები სატრანსფორმატორო ქვესადგურებისა და მათთან დამაკავშირებელი ელექტროგადამცემი ხაზებისაგან შედგება. რაიონული ქსელი ძირითადად ქმნის ჩაკეტილ კონტურებს, რაც ზრდის მომხმარებლების ელექტრომომარაგების საიმედოობას. მიმღებ ქვესადგურებზე, როგორც წესი, იდგება ძალური ტრანსფორმატორები დატვირთვის ქვე ძაბვის რეგულაციის სისტემით, რომელიც მანაწილებელი ქსელების კვების ცენტრებს წარმოადგენს.

კვების აღნიშნული ცენტრებიდან ენერჯია ელექტრული ქსელის მანაწილებელ ქვესადგურებს მიეწოდება და შემდგომში იმავე ძაბვით ნაწილებდა მომხმარებლების ელექტროდანადგარებს შორის ან მიეწოდება სატრანსფორმატორო ქვესადგურებს (სქ), სადაც ხდება ძაბვის დადაბლება, რის შემდეგ ენერჯია ცალკეულ მომხმარებლებს შორის ნაწილებდა.

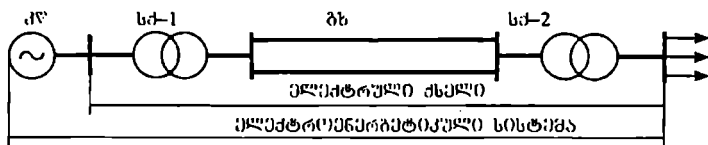
ელექტროგადამცემ ხაზს (3), რომელიც კვების ცენტრიდან მანაწილებელი ქვესადგურისაკენ მიემართება ელექტროენერჯის განაწილების გარეშე, ეწოდება მკვებაი, ხოლო გადამცემ ხაზს (4), რომლის მიუღ სიგრძეზე მიერთებულია სატრანსფორმატორო ქვესადგურები ან მომხმარებლების ელექტროდანადგარების შემყვანები, მანაწილებელი ელექტროგადამცემი ხაზი ეწოდება.

ელექტრული და თბური ენერჯის წარმოების, განაწილებისა და მოხმარების სტრუქტურული და ელექტრული სქემები ნახ. 2-9-ზეა მოცემული.

ელექტრული ქსელები სისტემაწარმოქმნელ და მანაწილებელ ქსელებად იყოფა. გარდა ამისა, ელექტროენერჯეტიკულ სისტემაში ფუნქციონირებს სამრეწველო, საქალაქო და სასოფლო ელექტრული ქსელები. მანაწილებელი ქსელების ერთ-ერთი დანიშნულებაა ელექტროენერჯის შემდგომი განაწილება სისტემაწარმოქმნელი ქსელის ქვესადგურებიდან (ნაწილებლორე ელექტროსადგურების მანაწილებელი შემკრები ხალტებიდან) სამრეწველო, საქალაქო და სასოფლო დანიშნულების ქსელების კვების ცენტრამდე, საიდანაც ელექტროენერჯია ცალკეული მომხმარებლების ელექტრომომარაგების ქსელებში ნაწილებდა. ზოგადი დანიშნულების მანაწილებელი ქსელების პირველ საფეხურს 220, 330, 500 კვ ძაბვის, ხოლო მეორე საფეხურს - 110, 220 კვ ძაბვის ქსელები შეადგენს.



ა/



ბ/

ნახ. 2-9. ელექტრული და თბური ენერგიების წარმოების, განაწილებისა და მოხმარების სტრუქტურული (ა) და ელექტრული (ბ) სქემები.

**§2-6. ელექტრული ქსელებისა და
ელექტრომოწოვობილობის ნომინალური ძაბვები
და მათი გამოყენების სფერო**

ელექტროენერჯის წყაროებისა და მომხმარებლების (გენერატორების, ტრანსფორმატორების) ნომინალური ძაბვა (U_ნ) ეწოდება იმ ძაბვას, რომელზეც ისინი გათვლილნი არიან ნორმალური მუშაობისათვის. თითოეული ელექტრული ქსელი ხასიათდება იმ ელექტრომომხმარებლების ნომინალური ძაბვით, რომელიც აღნიშნული ქსელიდან იკვებება.

ელექტრული ქსელებისა და მათზე მიერთებული ენერჯის წყაროებისა და მომხმარებლების ნომინალური ძაბვა სახელმწიფო სტანდარტებით განისაზღვრება.

1000 ვ-მდე ძაბვის ცვლადი დენის ზოგადი დანიშნულების სამფაზა ელექტრული ქსელებისა და მათზე მიერთებული კვების წყაროებისა და მომხმარებლებისათვის მიღებულია ნომინალური ძაბვის შემდეგი მნიშვნელობები (ნაჩვენებია ძაბვის ორი მნიშვნელობა - ფაზათაშორისი და ფაზური, ეოლტებში).

ქსელები და დენმიმღებები

220/127; 380/220; 660/380.

კვების წყაროები

230/133; 400/230; 690/400.

2-1 ცხრილში მოცემულია 1000 ე-ზე მეტი ძაბვის ელექტრული ქსელების, გენერატორებისა და ტრანსფორმატორების ნომინალური და უდიდესი ძაბვები (ე-ებში).

(ცხრილი 2-1

ქსელი და დენმიმღები	გენერატორები და სინქრონული კომპენტატორები	ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები				უდიდესი ძაბვა
		დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის გარეშე		დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციით		
		პირველადი გრაფნილი	მეორეული გრაფნილი	პირველადი გრაფნილი	მეორეული გრაფნილი	
(3)	(3,15)	(3 და 3,15)	(3,15 და 3,3)	-	3,15	(3,6)
6	6,3	6 და 6,3	6,3 და 6,6	6 და 6,3	6,3 და 6,6	7,2
10	10,5	10 და 10,5	10,5 და 11,0	10 და 10,5	10,5 და 11,0	12,0
20	21,0	20	22	20 და 21,0	22,0	24,0
35	-	35	38,5	35 და 36,75	38,5	40,5
110	-	-	121	110 და 115	115 და 121	126
(150)	-	-	(165)	(158)	(158)	(172)
220	-	-	242	220 და 230	230 და 242	252
330	-	330	347	330	330	363
500	-	500	525	500	-	525
750	-	750	787	750	-	787

შენიშვნა: ფრჩხილებში ნაჩვენები ნომინალური ძაბვები ახლად დაპროექტებული ქსელებისათვის არაა რეკომენდებული.

გენერატორების ნომინალური ძაბვა ქსელში ძაბვის დანაკარგების გათვალისწინებით აღნიშნული ქსელის ნომინალური ძაბვის 5%-იანი ნამატით მიიღება (ცხრ. 2-1). დიდი სიმძლავრის სინქრონული გენერატორებისათვის მიღებულია აგრეთვე ნომინალური ძაბვები: 13,8; 15,75; 18; 20; 24; 27 კვ.

ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორებისათვის სტანდარტით მიღებულია ძაბვების ორი შკალა: ერთი - დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის ჩაწვენებული სისტემის მქონე ტრანსფორმატორებისათვის, და, მეორე - ძაბვის რეგულაციის სისტემის არმქონე ტრანსფორმატორებისათვის. ამ უკანასკნელს, როგორც წესი, ელექტროსადგურებზე დადგმული ამამალელები ტრანსფორმატორები მიეკუთვნება. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ცვლილებისათვის აღნიშნულ ტრანსფორმატორებს აქვთ მეორეული განშტოებები, რომელიც ძაბვის რეგულაციას უზრუნველყოფს $\pm 2,5\% U_{\text{ც}}$ -ის ფარგლებში. განშტოებების გადართვა ხორციელდება აგზნების გარეშე, ე.ი. ამორთული ტრანსფორმატორის პირობებში. 330 კვ და მეტი ძაბვის ამამალელები ტრანსფორმატორები სარეგულაციო განშტოებების გარეშე მზადდება.

ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციით მზადდება მაღალი ძაბვის გრაგნილიდან გამავალი განშტოებებით დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციისათვის $\pm (12-16)\% U_{\text{ც}}$ -ის საზღვრებში საფეხურებით $1,5-2\% U_{\text{ც}}$. აღნიშნული ტრანსფორმატორები ძირითადად ელექტროქსელების მიმღებ ქვესადგურებზე იდგმება, თუმცა გრაგნილების ძაბვების სათანადოდ შერჩევის შემთხვევაში შეიძლება ამამალელები ტრანსფორმატორების სახით ელექტროსადგურებსაც იქნეს გამოყენებული. 6-10 კვ ძაბვისა და 25-660 კვა სიმძლავრის საქსელო ტრანსფორმატორები ძირითადად აგზნების გარეშე განშტოებების გადართვის სისტემით მზადდება.

ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების ნომინალური ძაბვები განისაზღვრება პირველადი და მეორეული გრაგნილებისათვის ტრანსფორმატორის უქმი სვლის პირობებში და გრაგნილის ძირითადი განშტოებისათვისაა განკუთვნილი. ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი წარმოადგენს ელექტრონერგების მიმღებს, რის გამოც ამამალელები ტრანსფორმატორისათვის მისი ნომინალური ძაბვა შესაბამისი კლასის გენერატორის ნომინალური ძაბვის ტოლია. დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის სისტემის მქონე ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის ძაბვა მკვებავი ქსელის ნომინალური ძაბვის ტოლი ან რამდენადმე ($\approx 5\%$) მეტია მასზე.

ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი მასზე მიერთებული ქსელის მკვებავ გრაგნილს წარმოადგენს. მკვებავ ქსელში ძაბვის დანაკარგების ნაწილობრივი კომპენსაციის გათვალისწინებით ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილების ძაბვა დატვირთვის პირობებში რამდენადმე უნდა აღარბეზდეს მასზე მიერთებული ქსელის ნომინალურ ძაბვას. რამდენადაც დატვირთვის პირობებში ტრანსფორმატორში ადგილი აქვს ძაბვის დანაკარგებს, მისი მეორეული გრაგნილის ნომინალური ძაბვა ქსელის ნომინალურ ძაბვას 5-10%-ით უნდა აღარბეზდეს.

1000 ე-მდე ძაბვის ელექტროდანადგარებში გაერცელება კოეფ. 380 ე ნომინალური ძაბვის საშუაზა დენის ელექტრულმა ქსელებმა. 380/220 ე ძაბვის ოთხსადენიანი გადამცემი ხაზი როგორც განათების მომხმარებლების, ასევე მცირე სიმძლავრის ძალური დენმიმღებების კეებისათვის გამოიყენება. ახლად დასაპროექტებელ ქსელებში 220/127 ე ძაბვა არ არის რეკომენდებული. 660 ე ნომინალური ძაბვა საქარხნო და სასარგებლო წიაღისეულის მომპოვებელი და დამამუშავებელი დანადგარების მკვებავ ქსელებში გამოიყენება.

3 კე ძაბეა შეხედულად გამოიყენება და ასევე არაა რეკომენდებული ახლად დასაპროექტებელი ქსელებისათვის. ნომინალური ძაბვის შემდგომი ორი საფეხურიდან (6 და 10 კე), განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება 10 კე ძაბეა. ახლად დასაპროექტებელი საქალაქო და სასოფლო მანაწილებელ ქსელებში, აგრეთვე 6 კე ძაბვის არსებული ქსელების გაფართოებისას, რაც ელექტრული დატვირთვების ზრდითაა გამოწვეული, როგორც წესი, 10 კე ძაბეა გამოიყენება.

20 და 150 კე ნომინალური ძაბვების გამოყენება პრაქტიკულად ძალზე შეხედულია აღნიშნულ ძაბვებზე საკომუტაციო მოწყობილობების სიმცირის გამო.

35 და 110 კე ნომინალური ძაბვები ძალზე ფართოდ გამოიყენება ადგილობრივ და რაიონულ ელექტრულ ქსელებში. 35 კე ძაბეა გამოიყენება მანაწილებელ ქსელებში, განსაკუთრებით სასოფლო რაიონებში. რაც შეეხება 110 კე-ს, დღევანდელ პირობებში იგი ორმაგ დანიშნულებას ასრულებს— სისტემის წარმომქმნელს (კეებას აძლევს ელექტროენერგიის მსხვილი მოხმარების ცენტრებს) და მანაწილებელს, როცა კეებას აწვდის 10 კე ძაბვის მომხმარებლების მომსახურე 110/10 კე ძაბვის შედარებით მცირე სიმძლავრის ქვესადგურებს.

სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ინდუსტრიალიზაცია, რასაც თან სდევს ელექტრომომხმარების განუწყვეტელი ზრდა, იწვევს 110 კე ძაბვის სულ უფრო ფართო გამოყენებას მანაწილებელ ქსელებში. იგი ასევე ფართოდ გამოიყენება დიდი ქალაქების შიდასაქარხნო ქსელებში და სამრეწველო საწარმოების მეცხეიანი ღრმად შემყვანების შესრულებისას.

220 კე ძაბეა გამოიყენება 110 კე-ს ნაცვლად არსებული ქსელების გაფართოების დროს დატვირთვების მნიშვნელოვანი ზრდის შემთხვევაში, აგრეთვე ენერგოსისტემაში, რომლის მაღალი მხარის ძაბეა 500 კე-ია. ენერგოსისტემის არსებულ ქსელებში 220 კე ძაბეა გამოიყენება ენერგოტექნიკური საწარმოების ელექტრომომარაგებისათვის საპაერო ან საკაბელო ღრმად შემყვანების არსებობის პირობებში.

330 კე ძაბვის ელექტრული ქსელები, როგორც წესი, სისტემის წარმომქმნელ ქსელებს წარმოადგენს, და, უკანასკნელ წლებში აღნიშნული ძაბეა ასეთი ქსელების კეებისათვის ფართოდ გამოიყენება, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ 330 კე ძაბვის რიგი ქსელების გამტარუნარიანობა ვერ პასუხობს წაყენებულ მოთხოვნებს, რაც სისტემის წარმომქმნელი ქსელებისათვის აუცილებელს ხდის ძაბვის უფრო მაღალი კლასის — 750 კე-ის გამოყენებას.

რაც შეეხება 500 კე ნომინალურ ძაბვას, იგი გაერთიანებულ ენერგოსისტემაში სისტემის წარმომქმნელ ძაბვას წარმოადგენს. ამგვარად, დღეისათვის ფუნქციონირებს ელექტრული ძაბვების ორი ძირითადი სისტემა: 110-330-750 კე და 110-220-500 კე ამ უკანასკნელის შემდგომი გაზრდის პერსპექტივით 1150 კე-მდე.

§2-7. საპაერო გადამცემი ხაზების მოწყობილობა

საპაერო გადამცემი ხაზი ეწოდება მოწყობილობას, რომლის დანიშნულებაცაა ელექტრული ენერჯიის გადაცემა და განაწილება ღია სივრცეში განლაგებული სადენების საშუალებით.

საპაერო გადამცემი ხაზის ძირითად კონსტრუქციულ ელემენტებს სადენები, იზოლატორები და საყრდენები შეადგენს.

საპაერო გადამცემი ხაზების შესასრულებლად სპილენძის, ალუმინის, ფოლადისა და შენადნობის სადენები გამოიყენება.

სადენები ერთმანეთულიანი და მრავალმანეთულიანი სახით მზადდება.

მრავალმანეთულიანი სადენებში დენგამტარი ძარღვი მანეთულების მრავალი წყებისაგან შედგება, რომელთა განივი კვეთების ფართობების ჯამი საერთო კვეთს იძლევა.

მრავალმანეთულიანი სადენები შეიძლება დამზადებულ იქნეს ერთი ან ორი გვარობის ლითონისაგან (მაგ. ფოლადალუმინისაგან). საპაერო ელექტრულ ქსელებში განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება მრავალმანეთულიანი სადენები.

თანაბარი კვეთის შემთხვევაში მრავალმანეთულიანი სადენები გაცილებით მოქნილი გამოდის ერთმანეთულიანთან შედარებით, რაც მის მონტაჟს ძალზე მოხერხებულს ხდის.

ძლიერი ქარის დროს სადენები ირწყევა და ვიბრაციას განიცდის, რაც მნიშვნელოვან მექანიკურ გადამტანებებსა და ლითონის "დაღლილობას" იწვევს. ექსპლუატაციის ასეთ პირობებში მრავალმანეთულიანი სადენებს სამსახურის გაცილებით ხანგრძლივი ვადა აქვთ, ვიდრე ერთმანეთულიანი სადენებს, ვინაიდან მცირე დიამეტრის მანეთულების დროებითი წინაღობა გარდევებაზე გაცილებით მაღალია, ვიდრე იმავე ლითონის დიდი დიამეტრის მანეთულების შემთხვევაში. შიშველი (არაიზოლირებული) სადენები სპილენძისაგან, ალუმინისაგან და ფოლადისაგან მზადდება საიზოლაციო საფარის გარეშე. ისინი ძირითადად საპაერო ქსელებში გამოიყენება, სადაც არმატურისა და იზოლატორების საშუალებით საექვიალურ საყრდენებზეა დაკიდებული.

სპილენძის სადენებს, რომელიც მყარზიდული სპილენძისაგანაა დამზადებული, უფრო მაღალი ელექტრული გამტარობა ($\gamma=54$ მ/ომ.მმ²) აქვთ, ვიდრე სხვა ლითონებისაგან დამზადებულ სადენებს, რის გამოც გახურებაზე ენერჯიის დანაკარგების მიხედვით სპილენძის სადენების კეთილ ყველაზე მცირეა.

სპილენძს ყველა სახის საპაერო სადენზე მცირე ხვედრითი ელექტრული წინაღობა გააჩნია ($\rho=18$ ომ.მმ²/კმ 20°C-ის დროს). გარდა ამისა, სპილენძის სადენები მაღალი მექანიკური სიმტკიცით ($\sigma=40$ კე/მმ²) ხასიათდება. იგი კარგად ეწინააღმდეგება ცვალებადი ატმოსფერული პირობების ზემოქმედებას და პაერში არსებულ ქიმიურ მინარევეებს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სპილენძის დიდი დეფიციტის გამო შიდა ქსელებისათვის სპილენძის სადენების გამოყენება მკაცრად ლიმიტირებულია. ახალი ქსელების მშენებლობის დროს სპილენძი პრაქტიკულად არ გამოიყენება.

ალუმინის სადენებისა და სპილენძის სადენებთან შედარებით. ასევე ნაკლებია მისი მექანიკური სიმტკიცე ($\sigma=15-16$ კე/მმ²) და მეტია ხვედრითი ელექტრული წინაღობა ($\rho=29$ ომ.მმ²/კმ 20°C-ის დროს). ალუმინის სადენები ჩვეულებრივად 35 კე-მდე ძაბვის ქსელებში გამოიყენება.

ფოლადის სადენები, რომელსაც დაბალი ელექტროგამტარებლობა აქვს ($\gamma=7,52$ მ/ომმ²), დასახლებული პუნქტებისა და პატარა ქალაქების მაღალი და დაბალი ძაბვის შედარებით მცირე დატვირთვის მქონე ელექტრულ ქსელებში გამოიყენება. დაბალი ელექტროგამტარებლობის გამო ფოლადის სადენები მოკლე ხაზების ასაგებადაა მოსახერხებელი. იგი უნაროა კოროზიის წინააღმდეგ, რომლისგანაც დასაცავად მთელ სიგრძეზე თუთიის თხელი ფენითაა დაფარული.

ფოლადს მაღალი ხვედრითი ელექტრული წინაღობა გააჩნია, რომელიც მის ხარისხზე, სადენის დაშვადების ხერხსა და მასში გამავალი დენის სიდიდესა დამოკიდებული. ფოლადის სადენების დროებითი წინაღობა გაწვევბაზე 70-120 კვ/მმ²-სა და მეტს აღწევს.

კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით ანსხვავებენ ერთმანეთიან და მრავალმანეთიან სადენებს. ეს უკანასკნელი ხშირად კომბინირებულად - ფოლადისა და ალუმინისაგან მზადდება. ხაზებზე ზოგჯერ სადენების გახლენა გამოიყენება - თითოეულ ფაზაზე ერთდროულად რამდენიმე მათეული იკიდება.

ერთმანეთიანი სადენი ერთი მრგვალი მათეულისაგან შედგება. მრავალმანეთიანი სადენი 2-3 მმ დიამეტრის მქონე ცალკეული მრგვალი მათეულებისაგან იგრიხება. სადენის კვეთის გაზრდასთან ერთად მათეულების რიცხვი იზრდება. ასე, მაგალითად, 35 მმ² კვეთის მქონე ალუმინის სადენი შიდი მათეულისაგან, ხოლო 185 მმ² კვეთის მქონე ალუმინის სადენი 19 მათეულისაგან შედგება.

ერთმანეთიანი სადენები მრავალმანეთიანზე იაფი გამოდის, თუმცა ისინი ნაკლებად მოქნილია და ნაკლები მექანიკური სიმტკიცე გააჩნია, რის გამოც ერთმანეთიანი ფოლადის სადენები 5 მმ-მდე დიამეტრისა მზადდება. ალუმინის ერთმანეთიანი სადენები საერთოდ არ მზადდება მათი დაბალი სიმტკიცის გამო.

ფოლადალუმინის სადენები მექანიკური სიმტკიცე გაცილებით მაღალია ალუმინის სადენებთან შედარებით. იგი ძირითადად 35 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში გამოიყენება, რომელთა საყრდენები ერთმანეთისაგან დიდი მანძილითაა დაშორებული. კონსტრუქციულად ფოლადალუმინის სადენი შედგება ფოლადის გულარისაგან, რომელიც მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს უზრუნველყოფს ($\gamma=110-120$ კვ/მმ²) და ალუმინის გარისაგან, რომელიც სადენის ძირითად დენგამტარ ნაწილს წარმოადგენს. მის მიუხედავად, რომ ფოლადის ნაწილის კვეთი საშუალოდ 5-ჯერ ნაკლებია ალუმინის ნაწილის კვეთზე, ფოლადის ნაწილი თავის თავზე მექანიკური დატვირთვის დაახლოებით 40%-ს იღებს.

სადენის მარკაში ასოთი მისი მასალა აღინიშნება: M - სპილენძის, A - ალუმინის, AC - ფოლადალუმინის, PCO - ფოლადის, ერთმანეთიანი, PC და PMS - ფოლადის, მრავალმანეთიანი, (PMS - провод медный стальной). PC მარკის სადენს 0.2%-მდე სპილენძის მისართი გააჩნია, ხოლო PMS მარკის სადენს 0.4%-მდე. PMS მარკის სადენი დიდი კოროზიამდეგი მდგრადობით ხასიათდება, რის გამოც მისი გამოსადეგობის ვადა PC მარკის სადენის გამოსადეგობის ვადას 1,5-ჯერ აღემატება.

გაძლიერებული ფოლადის გულარის მქონე ფოლადალუმინის სადენებს გააჩნიათ მარკა ACY, ხოლო შემსუბუქებული ფოლადის გულარის მქონე სადენებს - ACO სადენის მარკაში მისი ნომინალური კვეთიკაა ნაიყენები. ასე, მაგალითად, A-50 ნიშნავს 50 მმ² კვეთის მქონე ალუმინის სადენს. ფოლადის ერთმანეთიანი სადენებისათვის მარკაში სადენის დიამეტრიკაა ნაჩვენები. ასე, მაგალითად, PCO-5 მარკა 5 მმ დიამეტრის მქონე ფოლადის ერთმანეთიანი სადენს ნიშნავს. ფოლადის

მრავალმათულიან მესხდასაცავ გეარლებს გაანინათ მარკები: C-35, C-50, C-70.

სადენების გახლენა ზემადალი ძაბების ხაზებზე გამოიყენება. გახლენით სადენებსახლო ელექტრული ეელის შესუსტება და პაერის იონიზაციის შემცირება მიიღწევა.

საპაერო ხაზების სადენებს სპეციალური მომჭერების საშუალებით შემოჭერის ან დაპრესვის გზით აერთებენ. სადენების ბოლოები ერთმანეთთან თერმიტული შედუღებით ერთდება. თერმიტული შედუღების საშუალებით იქმნება მთლიანდითონური შეერთება, რომლის ელექტრული მახასიათებლები ხანგრძლივი დროის მანძილზე არ იცვლება და კარგი მექანიკური თვისებები გააჩნია.

იზოლირებულ სადენებს გარე მაიზოლირებელი, ხოლო ზოგჯერ დამცავი საფარი გააჩნია. ასეთი სადენები ძირითადად შიდა ქსელებში გამოიყენება.

სადენების დენგამტარი ძარღვები სპილენძის ან ალუმინის მრგვალი მათულისაგან მზადდება. გამოიშეება ერთ, ორ, სამ, ოთხძარღვიანი და მრავალძარღვიანი სადენები.

მაიზოლირებელი გარსი რეზინისაგან ან პოლიქლორენული პლასტიკატისაგან სრულდება. რეზინის იზოლაციის მქონე სადენების დამცავი გარსი სიდამპლის საწინააღმდეგო შემადგენლობით გაყენთილი ბოჭკოვანი მასალის შემონაქსოვისაგან მზადდება. პოლიქლორენული იზოლაციის მქონე სადენები დამცავი გარსის გარეშე სრულდება. მექანიკური დაზიანებისაგან დასაცავად მეტალური დამცავი გარსი გამოიყენება.

ორ ერთმანეთში დაგრეხილ მოქნილ იზოლირებულ სადენს ზონარი ეწოდება. ძაბების მიხედვით იზოლირებული სადენები ცვლადი დენის 220, 380, 500, 2000 და 3000 ვ ძაბვაზე, ხოლო ზონრები - 220 ვ-ზე მზადდება.

შიშველი (არაიზოლირებული) სადენების კვეთები, მათ შორის მანძილი და თითოეულ ფაზაში მათი რაოდენობა სპეციალური გაანგარიშებით სადენების მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გათვალისწინებით განისაზღვრება.

1000 ვ-მდე ძაბვის საპაერო ქსელებში ნორმირდება აგრეთვე ერთმათულიანი სადენების მაქსიმალური კვეთები (დიამეტრები), რომელიც ბიმეტალური სადენებისათვის 6,5 მმ-ს და ფოლადის სადენებისათვის 5 მმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

§2-8. გარე საძაქრო ქსელები

საძაქრო გადაწყვეტილებაში ხაზები სამი ძირითადი ელემენტისაგან – სადენებისაგან, იზოლატორებისა და საყრდენებისაგან შედგება. უკანასკნელ ხანებში მაიზოლირებელი კონსტრუქციები ხშირად საყრდენების ნაწილს შეადგენს.

მანძილს ორ მეზობელ საყრდენს შორის ხაზის მაღლის სიგრძე ან მაღლი ეწოდება. საკუთარი წონის გავლენით სადენი მაღლის სიგრძეზე ჯაჭვისებური ფორმით დაეკიდება. მანძილს სადენის საყრდენზე დაკიდების წერტილიდან მის უდაბლეს წერტილამდე სადენის დაკიდების ისარი ეწოდება. მანძილმა სადენის უდაბლესი წერტილიდან მიწამდე ტრანსპორტისა და აღამიანების უსაფრთხო მოძრაობა უნდა უზრუნველყოს. აღნიშნული მანძილი დამოკიდებულია ტრასის რელიეფზე, ხაზის ძაბვაზე და სხვ. დაუსახლებელი ადგილებისათვის აღნიშნული მანძილი 5-7 მ-ს, დასახლებული პუნქტებისათვის – 6-8 მ-ს შეადგენს.

მანძილი საძაქრო ხაზის მეზობელ სადენებს შორის მოთხოვნილ საიზოლაციო შუალედს უზრუნველყოფს და ძირითადად ხაზის ნომინალურ ძაბვაზეა დამოკიდებული.

ხაზის მაღლის სიგრძე ეკონომიკური მოსაზრებებით განისაზღვრება. მაღლის სიგრძის გაზრდასთან ერთად მკვეთრად იზრდება დაკიდების ისარი, და, სათანადოდ, საყრდენის სიმაღლე, რაც საბოლოო ჯამში ხაზის ღირებულებების გაზრდას იწვევს. ამავე დროს, მაღლის სიგრძის გაზრდის შემთხვევაში მცირდება საყრდენების რაოდენობა და, სათანადოდ, მცირდება ხაზის იზოლაციის ღირებულება (მცირდება იზოლატორებისა და სადენების დასამარებელი არმატურის რაოდენობა).

მანძილები მეზობელ სადენებს შორის სხვადასხვა ძაბვის საძაქრო ხაზების საყრდენებისათვის 2-2 ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 2-2

ხაზის ძაბვა, კვ	მანძილი სადენებს შორის, მ	ხაზის ძაბვა, კვ	მანძილი სადენებს შორის, მ
1-მდე	0,5	150	5,5
6-10	1,0	220	7,0
35	3,0	330	9,0
110	4,0	500	12,0
		750	15,0

1000 ვ-მდე ძაბვის ხაზებში მანძილი სადენებს შორის მცირეა, შედარებით იაფია ხაზის იზოლაცია, საყრდენები მარტივია და იაფი. აღნიშნულის გამო ასეთი ხაზებისათვის ეკონომიკურად მიზანშეწონილია 8-9 მ სიმაღლის შედარებით ნაკლები სიგრძის (40-50 მ) მალები.

1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის გადაწყვეტილებაში ხაზებზე ეკონომიკურად მიზანშეწონილი დიდი მალებია: ხის საყრდენების მქონე 110 კვ ძაბვის ხაზებზე მაღლის სიგრძე 150-200 მ-ს, ხოლო პორიზონტალურად განლაგებული სადენების მქონე საყრდენის სიმაღლე 13-14 მ-ს შეადგენს; მეტალურ საყრდენებზე განლაგებული 220-500 კვ ძაბვის ხაზებისათვის მაღლის სიგრძე 400-450 მ-ს აღწევს საყრდენების 25-30 მ-ის სიმაღლის შემთხვევაში.

ს ა ძ ა ე რ ო ხ ა ზ ე ბ ი ს ი ზ ო ლ ა ტ ო რ ე ბ ი ს დანიშნულებაა ხაზის სადენების საყრდენებისაგან იზოლაცია. ხაზური იზოლატორები ფაიფურისაგან და ნაწრობი მინისაგან მზადდება.

იზოლატორები იყოფა მ ა ნ ჯ ე ლ ი ს ე ბ რ და დ ა კ ი დ ე ბ უ ლ იზოლატორებად.

საპაერო ხაზების სადენები იზოლატორების საშუალებით საყრდენებზე მაგრდება. ხაზის ნომინალური ძაბვისა და სადენების კვეთების მიხედვით შესაბამისი ტიპის იზოლატორები გამოიყენება. 500 ვ-მდე ძაბვის საპაერო ხაზებისათვის ფაიფურის მანჭელისებრი იზოლატორები გამოიყენება.

3-6-10 კე ძაბვის საპაერო ხაზებისათვის გამოიყენება მაღალი ძაბვის ფაიფურის მანჭელისებრი იზოლატორები; 20-35 კე ძაბვის საპაერო ხაზები შეიძლება დამაგრებულ იქნეს საყრდენებზე როგორც ფაიფურის მანჭელისებრი, ისე დაკიდებული იზოლატორების საშუალებით. ამასთან, 35 კე ძაბვის საპაერო ხაზებისათვის დაკიდებული იზოლატორები გამოიყენება, ეინაიდან მათ უფრო მცირე გაბარიტები გააჩნია მანჭელისებრი იზოლატორებთან შედარებით.

35-220 კე და უფრო მაღალი ძაბვის საპაერო ხაზებისათვის დაკიდებული იზოლატორები გამოიყენება, რომელიც გირლანდშია თავმოყრილი. გირლანდის იზოლატორების რაოდენობა ხაზის ნომინალურ ძაბვასა და საყრდენის მასალაზე დამოკიდებულია. ასე, მაგალითად, 35 კე ძაბვის ხაზისათვის გირლანდში უნდა იყოს ორი-სამი იზოლატორი, 110 კე ძაბვის ხაზისათვის – ექვსი-შვიდი, ხოლო 220 კე ძაბვის ხაზისათვის – 12-14 და ა. შ. თითოეულ იზოლატორს გააჩნია გარანტირებული სიმტკიცე გარღვევაზე, რომელიც სხვადასხვა ტიპის იზოლატორებისათვის 3-დან 11-მდე იცვლება. სათანადოდ იცვლება იზოლატორის ზომები.

დღეისათვის მაღალი ხარისხის ფაიფურისაგან ე.წ. მცირეგაბარიტიანი იზოლატორები მზადდება. თითოეული იზოლატორის სიმაღლე 20-30 მმ-ითაა შემცირებული, რის შედეგადაც მცირდება გირლანდის სიგრძე, რაც საბოლოო ჯამში საყრდენის სიმაღლის შემცირებას იწვევს.

საპაერო ხაზების ს ა ყ რ დ ე ნ ე ბ ი ს დანიშნულებაა ხაზის სადენების მიწიდან გარკვეულ სიმაღლეზე დაკავება, რომელიც ადამიანებისა და ტრანსპორტის მოძრაობის უსაფრთხოებასა და ხაზის საიმედო მუშაობას უზრუნველყოფს. ელექტრულ ქსელებში ხის, მეტალური და რკინაბეტონის საყრდენები გამოიყენება. ხაზის საყრდენების ძირითად ნაწილს შემსუბუქებელი, ე.წ. შ უ ა ლ ე დ უ რ ი საყრდენები წარმოადგენს, რომელზეც სადენები იზოლატორების გირლანდებითაა დამაგრებული. ყოველ 3-5 კმ-ზე იდგმება უფრო გამძლე ანკერული საყრდენები, რომელთა დანიშნულებაა ხაზის მუშაობის საიმედოობის გაზრდა. ანკერული საყრდენები ხაზის მიერ რკინიგზების, მდინარეებისა და სხვა წინააღობების გადაკვეთის ადგილებში გამოიყენება.

ხ ი ს ს ა ყ რ დ ე ნ ე ბ ი 110 კე-მდე ძაბვის საპაერო ხაზების მშენებლობისათვის გამოიყენება. იგი ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე 1000 ვ-მდე ძაბვის ტყიან მასივებში გაყვანილ საპაერო ხაზებში. მათი უპირატესობა სხვა ხაზის საყრდენებთან შედარებით ეკონომიკურობასა და დამზადების ტექნოლოგიის სიმარტივეში მდგომარეობს. ამასთან, ხის საყრდენების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა სხვა ტიპის საყრდენებთან შედარებით საგრძნობლად მცირეა, რაც მათი ლპობითაა გამოწვეული. განსაკუთრებით სწრაფად ლეება საყრდენის მიწაში მოთავსებული ნაწილი. თუ ლპობის წინააღმდეგ სპეციალური ღონისძიებები არ იქნა მიღებული, ხის საყრდენების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 4-6 წელს არ აღემატება. ლპობის თავიდან ასაცილებლად ხის საყრდენებს ლპობის საწინააღმდეგო სპეციალური შემადგენლობით (ანტისეპტიკებით) ჟღენთენ, რის შედეგადაც მათი ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 15-25 წლამდე იზრდება. გამოსადეგობის ვადის გაზრდის მიზნით ხის საყრდენების მიწისზედა ნაწილი მორით, ხოლო მიწისქვეშა ნაწილი – რკინაბეტონის ნაჯღით სრულდება.

მ ე ტ ა ლ უ რ ი ს ა ყ რ დ ე ნ ე ბ ი მტკიცე და ექსპლუატაციაში საიმედოა. ამასთან, დეფიციტური ლითონების დიდი ხარჯის გამო იგი მხოლოდ 110 კე და უფრო მაღალი ძაბვის სააერო გადასცემ ხაზებში გამოიყენება. მათი ექსპლუატაცია პერიოდულად ჩასატარებელი შრომატევადი ანტიკოროზიული სამუშაოებითაა გართულებული.

რ კ ი ნ ა ბ ე ტ ო ნ ი ს ს ა ყ რ დ ე ნ ე ბ ი მათი ინდუსტრიული მეთოდით დამზადების შემთხვევაში ყველაზე ეფექტურია. ასეთი საყრდენების ფართო გამოყენებამ მნიშვნელოვნად შეამცირა ლითონის ხარჯი და დაზოგა დიდი რაოდენობის მერქანი. რკინაბეტონის გამოყენებამ ხანგამძლე გახადა სააერო ქსელები და პრაქტიკულად გამორიცხა საყრდენების რემონტი, რამაც საბოლოო ჯამში მკვეთრად შეამცირა სააერო ხაზების მშენებლობისა და საექსპლუატაციო ხარჯები. რკინაბეტონის საყრდენების ღირსებას კოროზიისა და ჰაერში არსებული ქიმიური რეაგენტების ზემოქმედების მიმართ მათი შედეგობა წარმოადგენს. რკინაბეტონის საყრდენები 6-დან 110 კე-მდე ძაბვის სააერო ქსელებში გამოიყენება. განსაკუთრებით ფართო გამოყენება მან მაღალი და დაბალი ძაბვის საქალაქო ქსელებში პოვა.

სააერო ელექტრული ქსელების საყრდენები დანიშნულების მიხედვით ანკერულ, საშუალებო, კუთხოვან, კიდურ და სპეციალურ საყრდენებად იყოფა.

§2-9. საკაბელო გადამცემი ხაზების მოწყობილობა

ძალური კაბელები ელექტროენერჯის მაღალ და დაბალ ძაბვაზე მიწისქვეშა და წყალქვეშა კომუნიკაციებში, ღია ცის ქვეშ და შენობების შიგნით გადასაცემად გამოიყენება. საკაბელო ქსელებმა, მაღალი ღირებულების მიუხედავად, ფართო გამოყენება კპოვია და საგრძნობლად შეუვიწროვა საპაერო ქსელები.

კაბელი წარმოადგენს მრავალმათულიან სადენს, ან რამდენიმე ერთმანეთისაგან იზოლირებულ დაგრეხილ სადენებს, რომელიც საერთო პერმეტულ გარსშია მოთავსებული. გარსის ზედაპირზე შეიძლება დადებული იყოს დამცავი საფარი.

საკაბელო ქსელის მთავარი ღირსებაა მათი ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა და სრული დამოუკიდებლობა ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან. გარდა ამისა, ქალაქების ქუჩები და საწარმოების ტერიტორიები არაა გადატვირთული საპაერო ელექტრული სადენებითა და საყრდენებით.

თანამედროვე პირობებში გამოიყენება ძალური კაბელები 220 კვ ძაბვამდე, თუმცა 35 კვ-ზე მეტი ძაბვის შემთხვევაში ძალური კაბელების დამზადების კონსტრუქციული სირთულეების გამო უპირატესობა მაინც საპაერო გადამცემ ხაზებს რჩება.

ნებისმიერი ძაბვის ძალური კაბელები დენგამტარი ძარღვების, საიზოლაციო და დამცავი გარსისაგან შედგება.

კაბელის დ ე ნ გ ა მ ტ ა რ ი ძარღვები სპილენძის ან ალუმინისაგან სრულდება. კვეთის ფორმის მიხედვით ძარღვები მრგვალი, სექტორული ან სეგმენტური ფორმით მზადდება. დენგამტარი ძარღვების რიცხვის მიხედვით ძალური კაბელები ერთ, ორ, სამ ან ოთხძარღვიანი შე-სრულებით მზადდება. ელექტროტექნიკური მრეწველობა შემდეგი სტანდარტული კვეთების ძალურ კაბელებს ამზადებს: 1,5; 2,4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 600 მმ². ძალური კაბელები სხვადასხვა ძაბვებზე მზადდება და სტანდარტული კვეთების ფართო დიაპაზონი გააჩნია.

კაბელების მ ა ი ზ ო ლ ი რ ე ბ ე ლ ი გ ა რ ს ი ს დანიშნულებაა დენგამტარი ნაწილების ერთმანეთისაგან (ფაზური) და მიწისაგან (სარტყველური) იზოლაცია. მაიზოლირებული გარსი შეიძლება რეზინის, პლასტიკებისა და კოლოფონიან შემადგენლობაში გაქლენთილი ქალაღდისაგან იქნეს დამზადებული.

დ ა მ ც ა ვ ი გ ა რ ს ი ს დანიშნულებაა მაიზოლირებული გარსის დაცვა დაზიანებისაგან, რაც ტენის შესვლით ან მექანიკური დაზიანებით შეიძლება იყოს გამოწვეული. დამცავი გარსები, რომელიც მაიზოლირებული გარსის ირგვლივ პერმეტულ ფენას წარმოქმნის, ტყვიის, ალუმინის ან პლასტიკისაგან მზადდება. მექანიკური დაზიანებისაგან ძალური კაბელი ჯავშნითაა დაცული, რომელიც ფოლადის ბრტყელი ლენტის ან ფოლადის მათულებისაგანაა დამზადებული. რაც შეეხება კაბელის გარსის ქიმიური ზემოქმედებისაგან დაცვას, იგი ტყვიის გარსზე შემოხვეულ მინერალურ ზეთში გახსნილ კოლოფონში გაქლენთილი ქალაღდის ლენტისაგან სრულდება.

განსაკუთრებით ფართო გამოყენება კპოვია ალუმინის გარსის მქონე ძალურმა კაბელებმა, რომლის გარსი მიწის გრუნტში არსებული ნივთიერებების ზემოქმედების შესამცირებლად სპეციალური შემადგენლობითაა დაფარული.

ძალური კაბელები შეიძლება გაყვანილ იქნეს თხრილებში, შენობებისა და ნაგებობების შიგნით კედლების, ტერისა და კონსტრუქციების გასწვრივ, აგრეთვე ბლოკებში, არხებსა და გეირაბებში.

35 კე-მდე ძაბვის ძალური კაბელები ძირითადად მკერივი ქაღალდის იზოლაციით მზადდება, რომელიც სპეციალური საკაბელო მასითაა (კომპანუნდით) გაჟღენთილი. გამოიყენება აგრეთვე რეზინისა და პლასტმასის იზოლაციით დამზადებული კაბელები. დენგამტარი ძარღვები სპილენძის ან ალუმინის სადენებისაგან მზადდება. გაბარიტების შემცირების მიზნით მათ სექტორის ფორმა გააჩნია და ცალკეულ ძარღვებს შორის ჯუთის შემსვები სპეციალური ჩალიჩები იდგმება. კაბელის იზოლაციის ზედაპირი ალუმინის ან სპილენძის უნაქერო გარსით იპრესება, რათა იზოლაციაში ტენმა და ჰაერმა არ შეაღწიოს. 1 კე-მდე ძაბვის კაბელებში გამოიყენება აგრეთვე პლასტმასის გარსი.

მექანიკური დაზიანებისაგან დასაცავად კაბელი ფოლადის ლენტის ჯაეწნით იფარება. კაბელის მეტალურ გარსსა და ჯაეშანს შორის, აგრეთვე ჯაეშანის ზედაპირზე ანტიკოროზიული შემადგენლობით გაჟღენთილი ჯუთის ფენები იდება. ჰაერში გაყვანილ კაბელებს შორის გარეგან ჯუთის ფენებს არ ადებენ. გეირაბებსა და სხვა ხანძარსაშიშ ადგილებში არაწაფი დამცავი საფარის მქონე სპეციალური კაბელები გამოიყენება.

20 და 35 კე ძაბვის კაბელები ტყვიამოსილი მრგვალი ძარღვებით სრულდება. თითოეული ფაზისათვის ცალკეული ტყვიამოსილი გარსის არსებობა უზრუნველყოფს ელექტრული ევლის უფრო თანაბარ სტრუქტურას, რის შედეგადაც უკეთესად გამოიყენება კაბელის იზოლაცია.

ბლანტი გაჟღენთის პრინციპით დამზადებულ კაბელებში დენით გახურების პირველი ციკლისთანავე სიცარიელე წარმოიქმნება. ეს იმითაა განპირობებული, რომ საკაბელო მასის გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად აჭარბებს ქაღალდის, ტყვიისა და სხვა საიზოლაციო მასალების გაფართოების კოეფიციენტებს. სიცარიელის არსებობა კაბელის ელექტრულ სიმტკიცეს ასუსტებს.

35 კე ძაბვის ქსელებში ფართოდ გამოიყენება აირსავე კაბელები. ესაა ტყვიამოსილი კაბელები, რომლის საიზოლაციო ქაღალდი საკაბელო მასის შედარებით მცირე მოცულობითაა გაჟღენთილი. კაბელი იმყოფება ინერტული აირის (აზოტის) მცირედ ჭარბი წნევის ქვეშ, რაც საგრძნობლად ზრდის ქაღალდის საიზოლაციო თვისებას.

აირსავე კაბელები გამოიყენება 10 კე ძაბვის ქსელებშიც ციცაბოდ დახრილ და ვერტიკალურ ტრასებზე გაყვანის შემთხვევაში. ასეთ ტრასებზე ბლანტი მასით გაჟღენთილი კაბელების გამოყენებისას ტრასის ზედა უბანზე ადგილი აქვს საფლენით მასის ჩამოდინებას.

70 კე-ზე მაღალი ძაბვის ქსელებში ბლანტი გაჟღენთის მქონე კაბელები პრაქტიკულად არ გამოიყენება, ვინაიდან საჭირო ხდება მათი დიამეტრის მნიშვნელოვანი გაზრდა, რაც აძნელებს კაბელის ტრანსპორტირებას. ასეთ შემთხვევებში წნევის ქვეშ კაბელის ზეთით ან აირით შევსება ხდება.

110 კე და მეტი ძაბვის ელექტრულ ქსელებში ერთმარღვა კაბელები გამოიყენება, რომელთა კონსტრუქციები საკმაოდ მრავალფეროვანია. ერთ-ერთი მათგანია დაბალი წნევის ზეთესებული კაბელი. ცალკეული სპილენძის სადენებით შესრულებული ძარღვის შიგნით მდებარეობს სპილენძის სპირალი, რომელიც უწყვეტ არხს ქმნის. იგი სავესა მცირედ ჭარბი წნევის მქონე ზეთით, რაც გამორიცხავს სიცარიელის შექმნის შესაძლებლობას კაბელის იზოლაციაში და მნიშვნელოვნად ზრდის მის ელექტრულ სიმტკიცეს.

§2-10. საკაბელო ქსელები

საკაბელო ხაზები შენობებს გარეთ თხრილებში გაიყვანება. თხრილის სიღრმე 0,7 - 1,0 მ-ია, მისი სიგანე ჩასაწყობი კაბელების რაოდენობაზეა დამოკიდებული. თუ კაბელების ტრასის სიახლოვეს მიწის საშუალების ჩატარებაა მოსალოდნელი, კაბელების მექანიკური დაზიანების თავიდან ასაცილებლად თხრილის ზედაპირზე აგურს ან თუნის საფარს ატევენ.

დიდ ქალაქებში სრულყოფილი ქუჩებისა და მსხვილი სამრეწველო საწარმოების არსებობის პირობებში კაბელები რკინაბეტონის ბლოკებშია გაყვანილი. გაყვანის დროს კაბელებს ბლოკის მიღებში აწყობენ და მათ ბოლოებს სპეციალურ ტებში აერთებენ. ბლოკებში ჩაწყობილი კაბელების დაზიანების შემთხვევაში მათ ქუჩის საფარის გადახდის გარეშე ცვლიან. ბლოკებში კაბელის ჩაწყობის ძირითადი ხარვეზებია შედარებით მაღალი ღირებულება და გაცივების ცუდი პირობები.

პარალელურად ჩასაწყობი კაბელების დიდი რაოდენობის პირობებში გამოიყენება გვირაბში ჩაწყობის მეთოდი. ასეთ შემთხვევაში უმჯობესდება ექსპლუატაციის პირობები და მცირდება მიწის ზედაპირის ფართობი, თუმცა გვირაბის ღირებულება ძალზე მაღალი გამოდის.

კაბელების ცალკეული უბნები შეემაერთებელი ქუჩებით ერთდება. ამასთან, კაბელის პარალების ბოლოები ერთდება შემაერთებელ მომჭერებთან და საკაბელო ქალაქის ლენტით ხდება მათი იზოლირება. სპეციალური ხერხელიდან ხდება ქუროს ამოვსება საკაბელო მასით, რის შემდეგ ხდება ხერხელის დარჩილება.

გამოიყენება აგრეთვე შემაერთებელი ქუროების სხვა კონსტრუქციები. წარმატებით გამოიყენება ეპოქსიდური კომპაუნდისაგან დამზადებული ქუროები. ქუროებს ასხამენ დროებით ფორმაში, რომელსაც გაცივების შემდეგ აცილებენ.

კაბელების ბოლოებზე კიდური ქუროები გამოიყენება. შენობების შიგნით 10 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის კაბელებისათვის გამოიყენება ფოლადისაგან დამზადებული კიდური ძაბრები, რომელიც საკაბელო მასით ივსება. გამოიყენება აგრეთვე კაბელის "მშრალი დაკალკეება" და ეპოქსიდური კომპაუნდიდან "კიდური დაკალკეება".

110-220 კვ ძაბვის კაბელები სპეციალური არმატურითაა აღჭურვილი, რომლის დანიშნულებაცაა ნაჭარბი წნევის უსრუნველყოფა.

საკაბელო ქსელები გაცილებით ძვირი გამოდის საპაერო ქსელებთან შედარებით. ისინი იმ შემთხვევებში გამოიყენება, როცა საპაერო ხაზების აშენება მიზანშეუწონელია რაიმე მიზეზის გამო (ქალაქების ცენტრალურ რაიონებში, აეროდრომების სიახლოვეს, სამრეწველო საწარმოების ტერიტორიაზე და სხვ.).

§2-11. სადენებისა და კაბელების გახურების ზღვრული დასაშვები ტემპერატურები

ელექტრული დენის სადენში გაელა მის გახურებას იწვევს. ამ დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ჯოულ-ლენცის კანონის მიხედვით გამაუვლი დენის კვადრატის, სადენის აქტიური წინააღობისა და დენის გავლის ხანგრძლივობის პროპორციულია:

$$Q = kl^2 R I^2, \quad (2-2)$$

სადაც Q - გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაა, ჯ; I - დენია, R - სადენის აქტიური წინააღობაა, ომ; l - დენის გავლის დროა, წმ.

სითბოს გამოყოფის შედეგად სადენის ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურაზე მეტი ხდება. ტემპერატურათა სხვაობის შედეგად სადენში გამოყოფილი სითბოს ნაწილი გარემოს გადაეცემა. სადენის ტემპერატურის ზრდა თბური თანაფარდობის დამყარების მომენტამდე გრძელდება, როცა დროის ერთეულში სადენში გამოყოფილი სითბო დროის იმავე შუალედში გარემოსათვის გადაცემული სითბოს ტოლი გახდება.

ტემპერატურას, რომლის დროსაც აღიილი აქვს თბურ თანაფარდობას, დასაშვებულ ეწოდება. რაც მეტია დენის სიდიდე, მით მაღალია დამყარებული ტემპერატურა. ხანგრძლივად გამოყოფილი დენის სიდიდეს უცვლელი გარე პირობების (გარემოს ტემპერატურა, ქარის ძალა, ნალექები) შემთხვევაში სადენის განსაზღვრული დამყარებული ტემპერატურა შეესაბამება. პრაქტიკაში ხშირად არა აბსოლუტური ტემპერატურის სიდიდით, არამედ გადამტეხურების ტემპერატურით სარგებლობენ, რომელიც სადენისა და გარემოს ტემპერატურათა სხვაობის ტოლია:

$$\tau = Q_{\text{სად}} - Q_{\text{გარ}} \quad (2-3)$$

სადენების ძალზე მაღალი ტემპერატურა იზოლაციის ნაადრევ გამოშრობასა და დაძველებას, ხოლო შიშველ სადენებში - ინტენსიური ჟანგვის შედეგად გამოწვეული კონტაქტური შეერთებების გაუარესებას იწვევს, რის შედეგადაც გარდამავალი წინააღობა მნიშვნელოვნად იზრდება. გარდა ამისა, სადენების გადამტეხურება დასაშვებ ტემპერატურაზე ზემოთ ხანძრის გაჩენის სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს.

სადენის ტემპერატურა დენის მოცემული სიდიდის დროს თავის დამყარებულ მნიშვნელობას არა მყისიერად, არამედ ჩართვის მომენტიდან გარკვეული დროის შემდეგ აღწევს.

სადენის დენით გადამტეხურების ტემპერატურის ცვლილების კანონი გამოისახება ფორმულით:

$$\tau = \tau_{\text{დაშვ}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (2-4)$$

სადაც $\tau_{\text{დაშვ}}$ - დამყარებული გადამტეხურებაა მოცემული დენური დატვირთვებისათვის, $^{\circ}\text{C}$; e - ნატურალური ლოგარითმის ფუნქცია ($e=2,71$); T - გახურების დროის მუდმივაა, ე. ი. ის დროა, რომლის განმავლობაშიც სადენი მიადწევდა დამყარებულ გადამტეხურებას, თუ სითბო გარემოს არ გადაეცემოდა. (გახურების დროის მუდმივა რიცხობრივად სადენის თბოტევადობის თბოგადაცემასთან ფარდობის ტოლია).

სადენის ქსელიდან ამორთვის შემთხვევაში მიმდინარეობს მისი გაცივების პროცესი გარემოს ტემპერატურამდე, რომელიც გამოისახება ფორმულით:

$$\tau = \tau_{\text{დაიჟ}} e^{-\frac{1}{T}} \quad (2-5)$$

სადენის გახურების დროის მუდმივას სიდიდე სადენის სახეზე, მასალაზე, კვეთსა და იზოლაციაზეა დამოკიდებული. (2-4)-დან იოლად შეიძლება განისაზღვროს გარკვეული დროის შემდეგ მიღწეული გადამეტხურების მნიშვნელობა.

მოტანილი ფორმულები საშუალებას იძლევა გადაიტარას ამოცანა, თუ რა დროის შემდეგ მიაღწევს სადენის გადამეტხურება მოცემულ მნიშვნელობას.

ცვლადი დატვირთვის შემთხვევაში, როცა საჭიროა გადამეტხურების ტემპერატურის განსაზღვრა, დაწყებული τ_0 -ის გარკვეული მნიშვნელობიდან, შეიძლება ვისარგებლოდ ხელოვნური მეთოდით, რომლის დროსაც გახურების პროცესი განიხილება, როგორც ორი პროცესის ჯამი: გახურებისა - $\tau=0$ - დან $\tau_{\text{დაიჟ}}$ -მდე, და, გაცივებისა - τ_0 -დან $\tau=0$ - მდე, ე.ი.

$$\tau = \tau_{\text{დაიჟ}} \left(1 - e^{-\frac{1}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{1}{T}} \quad (2-6)$$

თბური ანგარიშებისათვის (2-6) ცვლადი დატვირთვის შემთხვევაში იცვლება.

§2-12. სადენებისა და კაბელების ხანგრძლივად დასაშვები დენური დატვირთვა გახურების პირობის მიხედვით

ნებისმიერ ხანგრძლივად გამავალ დენს უცვლელი გარემო პირობების შემთხვევაში სადენის მკაფიოდ განსაზღვრული ტემპერატურა შეესაბამება. ხანგრძლივად გამავალი დენის სიდიდეს, რომლის დროსაც ტემპერატურა ზღერულად დასაშვები ხდება ამა თუ იმ მარკის სადენის ან კაბელისათვის, ხ ა ნ გ რ ძ ღ ი ე ა დ და ს ა შ ვ ე ბ ი დ ე ნ უ რ ი დ ა ტ ე ი რ თ ე ა ეწოდება.

ხანგრძლივად დასაშვები დენის სიდიდე სადენის მასალასა და კვეთზე, გარემოს ტემპერატურაზე, იზოლაციის მასალაზე და გაყვანილობის ხერხზეა დამოკიდებული.

მნიშვნელობა ენიჭება აგრეთვე სადენებისა და კაბელების მუშაობის რეჟიმსაც. ხანმოკლე განმეორებით რეჟიმში დასაშვები ხანგრძლივი დენური დატვირთვა შეიძლება გაიზარდოს.

ხანგრძლივად დასაშვები დენის სიდიდის განსაზღვრისათვის მნიშვნელობა აქვს გარემოს უდიდესი დადებითი ტემპერატურის ცოდნას, ვინაიდან დაბალი ტემპერატურების დროს იგივე დენის შემთხვევაში სადენებისა და კაბელების მუშაობის უფრო კეთილსასურველი პირობების შექმნაა შესაძლებელი.

დენური დატვირთვების ცხრილების მონაცემების განხილვის დროს შეიძინევა, რომ სადენებისა და კაბელების კვეთების გაზრდის შესაბამისად დასაშვები დენების კვეთების ფარდობა, ე.ი. დენის სიმკვრივე (α მმ²) მცირდება. ეს იმიტთაა გამოწვეული, რომ სადენების კვეთები მისი დიამეტრის

კვადრატის პროპორციულად იცვლება ($S = \frac{\pi d^2}{4}$), როცა სადენის სიგრძის

ზედაპირი მისი დიამეტრის პროპორციულად იცვლება ($F = dl$). ამის გამო, სადენის კვეთის გაზრდით კვეთის ერთეულზე მოსული გასაცემი ელექტრიკული ზედაპირი მცირდება, რაც საბოლოო ჯამში გაცივების პირობების გაუარესებას იწვევს.

ხანგრძლივად დასაშვები დენი ($I_{დას}$), გადის რა R აქტიური წინაღობის მქონე სადენში, დროის ერთეულში გამოყოფს სითბოს, რომელიც ტოლია

$$Q = I_{დას}^2 R \text{ ჯ/წმ} \quad (2-7)$$

იმის გამო, რომ ხანგრძლივად დასაშვები დენის დროს სადენის მიერ მიღებული სითბო გარემოსათვის გადაცემული სითბოს ტოლია, შეიძლება დაეწეროს:

$$I_{დას}^2 R = CF(Q_{დას} - Q_{გარ}) \quad (2-8)$$

სადაც C – თბოგადაცემის კოეფიციენტი ($C = 2,3 \cdot 10^{-3}$ ეტ/სმ² გრად); F – სადენის ზედაპირია, სმ²; $Q_{დას}$ – სადენის ხანგრძლივად დასაშვები ტემპერატურა, °C; $Q_{გარ}$ – გარემოს ტემპერატურა, °C.

სადენის ზედაპირი

$$F = 10\pi dl, \quad (2-9)$$

ხოლო სადენის წინააღობა

$$R = \frac{\lambda}{\gamma S} = \frac{4l}{\gamma \pi d^2}, \quad (2-10)$$

სადაც l - სადენის სიგრძეა, მ; γ - სადენის მასალის ხვედრითი გამტარობაა, მ³/ომ მმ²; S - სადენის განივი კვეთის ფართობია, მმ²; d - სადენის დიამეტრია, მმ.

სადენების კვეთების შერჩევის დროს დასაშვები დენური დატვირთვების პირობის მიხედვით გასათვალისწინებელია:

1. გახურებაზე შემოწმების დროს საანგარიშო დენად მიიღება ნახევარსაათიანი მაქსიმუმი, ე.ი. ქსელის განსახილველი ელემენტის (მაგისტრალი, ტრანსფორმატორი და სხვ.) მაქსიმალური დატვირთვა საშუალო ნახევარსაათიანი დენური დატვირთვების მნიშვნელობებიდან;

2. მუშაობის ხანმოკლე განმეორებით და ხანმოკლე რეჟიმებში სადენების კვეთების გახურებაზე შესამოწმებლად საანგარიშო დენურ დატვირთვად მიიღება ხანგრძლივ რეჟიმთან მიყვანილი დენური დატვირთვა, რისთვისაც:

ა) 6 მმ² კვეთის მქონე სპილენძისა და 10 მმ² კვეთის მქონე ალუმინის სადენებისათვის დენური დატვირთვები ისეთივე მიიღება, როგორც მუშაობის ხანგრძლივი რეჟიმის მქონე დანადგარებისათვის;

ბ) 10 მმ²-ზე მეტი კვეთის მქონე სპილენძისა და 16 მმ²-ზე მეტი კვეთის მქონე ალუმინის სადენებისათვის დენური დატვირთვები

განისაზღვრება დასაშვები დენური დატვირთვების გამრავლებით $\frac{0,875}{\Pi B}$

კოეფიციენტზე, რომელიც ცხრილებშია მოცემული.

ΠB - ფარდობით ერთეულებში გამოსახული მუშა პერიოდის ხანგრძლივობაა (ჩართვის ხანგრძლივობა):

$$\Pi B = \frac{t_{აშ}}{t_{სა}} \quad (2-11)$$

3. 10 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის გაუდენთილი ქაღალდის იზოლაციის მქონე კაბელებისათვის, რომელიც ნომინალური დატვირთვის არაუმეტეს 80% დატვირთვით მუშაობს, ავარიული რეჟიმის ლიკვიდაციის პერიოდში დასაშვებია 130%-იანი გადატვირთვა ხუთი დღელამის განმავლობაში, მაგრამ დღელამეში არაუმეტეს 6 საათისა.

§2-13. სადენების კვეთების შერჩევა ეკონომიკურობის პირობის მიხედვით (დენის ეკონომიკური სიმკვრივე; ეკონომიკური ინტერვალები)

გადაწყვეტილება ხაზებისა და კაბელების ეკონომიკურად მიზანშეწონილი კვეთების შერჩევა ქსელის ხაზების ალტურვილიობისა და ექსპლუატაციისათვის საჭირო მიყვანილი დანახარჯების მინიმუმის უზრუნველყოფის მიზნით ხორციელდება. კვეთების გაზრდის შემთხვევებში იზრდება ფერადი ლითონის ხარჯი, და, სათანადოდ, ხაზის ღირებულება, მაგრამ მცირდება ელექტროენერჯის დანაკარგები.

ამგვარად, ქსელში ენერჯის დანაკარგების შემცირებისაკენ ლტოლვა გაზრდილი კვეთების სადენების შერჩევის აუცილებლობას იწვევს, როცა კაპიტალდაბანდების შესამცირებლად რაც შეიძლება ნაკლები კვეთების სადენების შერჩევაა მიზანშეწონილი.

სადენის კვეთების ცვლილების დისკრეტულობისა და საფეხურების საკმარისად დიდი რაოდენობის გამო პრაქტიკულად მისაღები ხდება საკითხის შემდეგი მიახლოებითი გადაწყვეტა: თითოეული ხაზისათვის სადენების კვეთები ჩვეულებრივად დამოუკიდებლად შერჩევა. ამასთან, გამოიყენება ანგარიშის ორი, ერთმანეთისაგან რამდენადმე განსხვავებული მეთოდი: დენის ეკონომიკური სიმკვრივის მიხედვით და ეკონომიკური ინტერვალების დახმარებით. პირველი მეთოდი გაცილებით მარტივია, ხოლო მეორე საშუალებას იძლევა უფრო სწორად იქნეს გათვლილი ხაზის ფაქტიური ღირებულება.

ეკონომიკური თვალსაზრისით ყველაზე უკეთესია ის ვარიანტი, რომლის დროსაც მიყვანილი დანახარჯების ჯამი მინიმალური იქნება, რაც ხაზის სადენების გარკვეულ კვეთებს შეესაბამება. ასეთ კვეთებს ე კ ო ნ ო მ ი კ უ რ ი კ ვ ე თ ე ბ ი (S_{კვ}) ეწოდება.

დ ე ნ ი ს ე კ ო ნ ო მ ი კ უ რ ი ს ი მ კ ე რ ი ვ ე მიახლოებით იმ პირობით განისაზღვრება, რომ ხაზის ხვედრითი ღირებულება (ხაზის სიგრძის ერთეულზე) ხაზურ დამოკიდებულებაშია სადენების კვეთთან:

$$K_{\text{ხ}} = K_0 + \lambda S \quad (2-12)$$

სადაც K_0 - ხაზის 1 კმ სიგრძის ღირებულების მუდმივი შემდგენია; λ - გამჟღავნების კოეფიციენტი.

სადენების ეკონომიკური კვეთების შერჩევა შრომატევად განგარიშებასა და რიგი ვარიანტების შედარებას მოითხოვს, რის გამოც პრაქტიკული განგარიშებისათვის "ელექტროდანადგარების მოწყობილობების წესების" თანახმად დადგენილია დ ე ნ ი ს ე კ ო ნ ო მ ი კ უ რ ი ს ი მ კ ე რ ი ვ ი ს სიდიდე:

$$J_{\text{ს}} = \frac{I_{\text{საან}}}{S_{\text{ს}}} \cdot \frac{1}{\text{მგ}^2}, \quad (2-13)$$

სადაც $I_{\text{საან}}$ - ხაზის საანგარიშო დენია ქსელის ნორმალური მუშაობის დროს.

2-3 ცხრილში დენის ეკონომიკური სიმკვრივის ნორმირებული მნიშვნელობებია მოცემული სხვადასხვა ტიპის ხაზებისათვის უდიდესი დატვირთვის გამოყენების ხანგრძლივობისაგან დამოკიდებულების მიხედვით.

№	სადენებისა და კაბელების დასახელება	დენის ეკონომიკური სიმკერძე $J_{აკ}$, ა/მმ ²		
		დატვირთვის მაქსიმუმის გამოყენების წლიური ხანგრძლივობა, სთ/წელი		
		1000-დან 3000 სთ-მდე	3000-დან 5000 სთ-მდე	5000-დან 8760 სთ-მდე
1	შიშველი სადენები და კაბელები			
	ა) სპილენძის	2,5	2,1	1,8
	ბ) ალუმინის	1,3	1,1	1,0
2	კაბელები ქალაქისა და სადენები რეზინის იზოლაციით			
	ა) სპილენძის ძარღვებით	3,0	2,5	2,0
	ბ) ალუმინის ძარღვებით	1,6	1,4	1,2
3	კაბელები რეზინისა და პლასტმასის იზოლაციით			
	ა) სპილენძის ძარღვებით	3,5	3,1	2,7
	ბ) ალუმინის ძარღვებით	1,9	1,7	1,6

შენიშვნა: 1. ღამის საათებში დატვირთვის მაქსიმუმის დროს დენის ეკონომიკური სიმკერძე 40%-ით იზრდება;

2. 16 მმ² - მდე კვეთის იზოლირებული სადენებისათვის დენის ეკონომიკური სიმკერძე 40%-ით იზრდება.

დატვირთვის მაქსიმუმის გამოყენების წლიური ხანგრძლივობა შეიძლება განისაზღვროს წლიური დატვირთვის გრაფიკის ანალიზის (ნახ. 2-10) საფუძველზე გამოსახულებით:

$$T_{აკს} = \frac{W_{წლ}}{P_{აკს}} \quad \text{სთ,} \quad (2-14)$$

სადაც $W_{წლ}$ - ელექტროენერჯიის წლიური ხარჯია, კეტსთ;

$P_{აკს}$ - მაქსიმალური აქტიური დატვირთვაა, კეტ.

დატვირთვის მაქსიმუმის გამოყენების წლიური ხანგრძლივობები შეადგენს: ქალაქების შიდა განათებისათვის - 1500-2000 სთ-ს; გარე განათებისათვის - 2000-2600 სთ-ს; ერთ ცვლაში მომუშავე სამრეწველო საწარმოებისათვის - 2000-3000 სთ-ს; ორ ცვლაში მომუშავე საწარმოებისათვის - 3000-4500 სთ-ს; სამცველიანი საწარმოებისათვის - 4500-7000 სთ-ს.

დენის ეკონომიკური სიმკერძის მიხედვით სადენების შერჩევის ან შემოწმების დროს 2-3 ცხრილის მიხედვით საანგარიშო დენი განისაზღვრება დატვირთვის გარდის მხედველობაში მიუღებლად ავარიის ან რემონტის შემთხვევაში. მიღებული კვეთი მრგვალდება უახლოეს გარდის სტანდარტულ მნიშვნელობამდე.

დენის ეკონომიკური სიმკერძის მიხედვით არ მოწმდება:

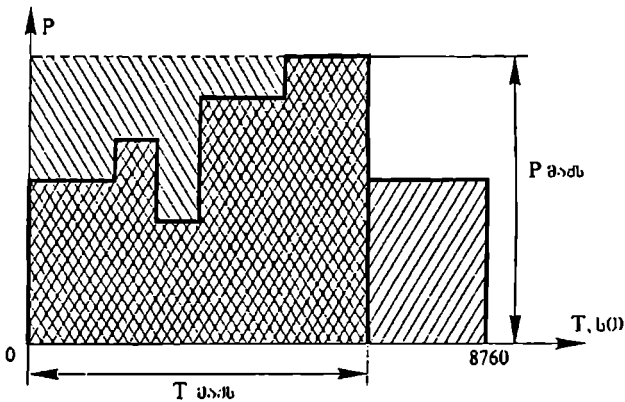
ა) სამრეწველო საწარმოების 1000 ვ მდე ძაბვის ქსელი, თუ $T_{აკს} < 4000-5000$ სთ;

ბ) 1000 ვ-მდე ძაბვის განშტოებები ცალკეულ მომხმარებლებთან, აგრეთვე სამრეწველო საწარმოების, საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების განათების ქსელები, რომელიც ძაბვის ვარდნაზეა შემოწმებული;

გ) დროებითი ნაგებობების, აგრეთვე ექსპლუატაციის მცირე ხანგრძლივობის (3-5 წელი) მქონე დანადგარების მკეებაეი ქსელები;

დ) შემკრები ხალები;

ე) წინააღობებთან ან გამშვებ რეოსტატებთან მიერთებული სადენები.



ნახ. 2-10. დატვირთვის მაქსიმუმის ხანგრძლივობის გამოყენების განსაზღვრა.

დენის ეკონომიკური სიმკერევე 40%-ით იზრდება ყველა კვეთის სადენებისა და კაბელებისათვის, რომელიც დატვირთვის მაქსიმუმს ღამის პერიოდში აღწევს, აგრეთვე 16 მმ²-ის ჩათვლით კვეთის მქონე იზოლირებული სადენებისათვის დატვირთვის მაქსიმუმის დროის მიუხედავად.

სადენებისა და კაბელების გადატვირთვებისაგან დაცვა დნობადი მცველის ან ავტომატური ამომრთველის საშუალებით ხორციელდება, ხოლო მაღალი ძაბვის სადენების დაცვა მოკლედ შერთებისაგან, რომლის დროსაც სადენები მაქსიმალურად ხურდება - სათანადო რელეური დაცვის მოქმედების შედეგად.

ეკონომიკური ინტერვალები შეიძლება მიღებულ იქნეს სხვადასხვა კვეთის სადენების მქონე გადამცემი ხაზების ხედრითი ღირებულების დისკრეტული მნიშვნელობების გამოყენებით. ამასთან გათვალისწინებულ უნდა იქნეს სხვა ფაქტორებიც (მაგ. ჯაჭუების რიცხვი საყრდენზე).

სადენების თითოეული განსახილველი კვეთისათვის განისაზღვრება მიყვანილი დანახარჯები, როგორც $I_{დატ}$ დენის ფუნქცია:

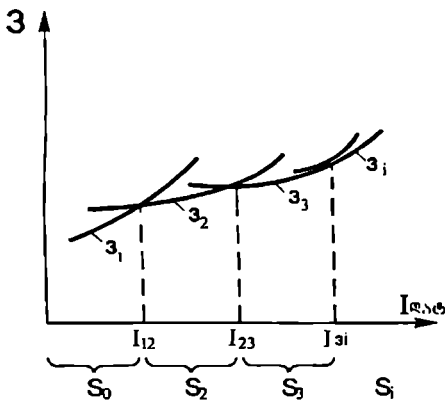
$$3_i = p_i K_i + 3I_{დატ}^2 \cdot \tau \cdot R_i b \quad (2-15)$$

სადაც $I_{\text{დაბ}}$ ხაზში გაბიჯალი დენია ნორმალურ რეჟიმში უდიდესი დატვირთვის დროს, რომელიც ნომინალური ძაბვით განისაზღვრება; K_1 და R_1 - შესაბამისად S_1 კვეთის სადენების მქონე განსახილველი ხაზის ღირებულება და აქტიური წინააღობა;

$b - 1$ კეტს დაკარგული ენერჯის ღირებულება;

P_6 კაპიტალდაბანდების ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტი ($P_6 = 0.12$); r - დანაკარგების დროა, რომლის განმავლობაში უდიდესი დატვირთვის დროს ენერჯის ისეთივე დანაკარგებს აქვს ადგილი, როგორც წლის განმავლობაში ცვალებადი რეალური დატვირთვის შემთხვევაში.

ნახ. 2-11-ზე მოტანილია მიყვანილი დანახარჯების (3) დამოკიდებულების სახე დატვირთვის დენისაგან ($I_{\text{დაბ}}$) $S_1 - S_4$ კვეთის ხაზისათვის.



ნახ.2-11. ხაზის მიყვანილი დანახარჯების დატვირთვის დენთან დამოკიდებულების გრაფიკი.

მიყვანილი დანახარჯების ტოლობის პირობიდან

$$3_1 = 3_2$$

განისაზღვრება I_{12} დატვირთვის დენი, რომელიც S_1 კვეთის გამოყენების ზედა საზღვარს წარმოადგენს და ა.შ. თითოეული საშუალოდ კვეთისათვის განისაზღვრება ორი სასაზღვრო დენი, ე.ი. ის ინტერვალები, რომელშიც განსახილველი კვეთის გამოყენება მიზანშეწონილი იქნება (ნახ. 2-11).

გამოყენებული კვეთებიდან უმცირესი და უდიდესი მნიშვნელობებისათვის გამოყენების მეორე საზღვარი სხვა პირობებით განისაზღვრება: ნაკლები ნომინალური ძაბვის მქონე ხაზის მშენებლობით, მეორე ჯაჭვის დაკიდებით და ა.შ.

35 კვ-ზე მეტი ძაბვის მკვებაე ქსელებში სადენებზე გ ე ი რ - გ ე ი ნ ის მოვლენისა და შესამჩნევი რადიოდარბოვებების აღმოფხვრა მოითხოვება. ელექტრული ქსელების პროექტირების თითქმის ყველა შემთხვევაში აუცილებელია სადენების დასაშვები გახურების პირობის

გათვალისწინება აუარიის შემდგომ რეჟიმში, როცა ქსელის ცალკეულ უბნებზე დენის სიდიდე შეიძლება გაზრდილი აღმოჩნდეს ნორმალური ელექტრომომარაგების პირობებში არსებულ დენთან შედარებით. საკაბელო ქსელებში ანგარიში უნდა გაეწიოს აგრეთვე მოკლედ შერთების პირობებს, როცა დენის მკვეთრად გაზრდის შემთხვევაში კაბელის ძარღვების გახურების ტემპერატურა მოკლე ხნით მკვეთრად იზრდება. სამრეწველო ელექტრულ ქსელებში შეზღუდვებმა გახურებაზე შეიძლება ნორმალურ რეჟიმშიც იმოქმედოს ხანმოკლე განმეორებითი დატვირთვების შემთხვევაში. დატვირთვის მცირე სიმკერის მქონე ქსელებში (მაგ. სასოფლო რაიონებში) სადენების კვეთები ხშირად შექანიკური სიმტკიცის პირობის მიხედვითაა შეზღუდული. საქალაქო და სასოფლო ქსელებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შეზღუდვებს ძაბვის რეჟიმის მიხედვით, რომელიც ქსელში ძაბვის დასაშვები დანაკარგების სიდიდით აისახება.

აღნიშნული დამატებითი პირობები ხშირად განმსაზღვრელს წარმოადგენს სადენების კვეთების შერჩევის დროს, რის გამოც თელიან, რომ სადენების კვეთების შერჩევა აღნიშნული პირობებით წარმოებს.

§2-14. შეზღუდვები სადენების კვეთების შერჩევის დროს

გეირგინისა და რადიოდაბრკოლებების გამორიცხვის პირობების მიხედვით სადენების კვეთები ისეთნაირად შეირჩევა, რომ ველის ძაბვა ნებისმიერ ზედაპირზე არ აღემატებოდეს განსაზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობებს. 2-4 ცხრილში მოცემულია სადენების განივი კვეთების რადიუსის უმცირესი დასაშვები მნიშვნელობები სხვადასხვა ძაბვისა და მარკის საჰაერო ქსელებისათვის.

ცხრილი 2-4

ნომინალური ძაბვა, კვ; სადენების რიცხვი ფაზაში	სადენის უმცირესი დასაშვები რადიუსი, მმ	სადენის მარკა
110	11,3	AC-70
150	15,2	AC-120
220	21,6	AC-240
ა/ ერთი სადენი ფაზაში	33,1	ACO-600
ბ/ ორი სადენი ფაზაში	2x21,6	2xACO-240
500		
ა/ ორი სადენი ფაზაში	2x37,1	2xACO-700
ბ/ სამი სადენი ფაზაში	2x27,2	3xACO-400

მექანიკური სიმტკიცის პირობის მიხედვით მოქმედი ნორმებით დადგენილია საჰაერო ხაზების სადენების კვეთების უმცირესი დასაშვები მნიშვნელობები (ცხრილი 2-5).

ცხრილი 2-5

საჰაერო ხაზის ტიპი	მექანიკური სიმტკიცის პირობის მიხედვით დასაშვები სადენის მარკა
დაუსახლებელი რაიონი 1000ე-მდე ძაბვის გადამცემი ხაზებისათვის	A-16; AC-10; ПСО-4; ПС; ПСМ-25
1-35 კვ ძაბვის გადამცემი ხაზებისათვის	A-25; AC-16; ПС; ПМС-25
დასახლებული რაიონი ქუჩებში გაყვანილი ყველა ძაბვის გადამცემი ხაზებისათვის	A-35; AC-25; ПС ; ПМС-25

მოთხოვნები იზრდება სპეციალური პირობების - დასახლებულ ადგილებში ხაზის მშენებლობის, აგრეთვე ავტომაგისტრალების, რკინიგზების, კავშირგაბმულობის ხაზების, მდინარეების გადაკვეთის შემთხვევებში.

ფოლადალუმინის სადენებისათვის რეკომენდირებულია ACO მარკის სადენი $S \geq 240$ მმ² -ის შემთხვევაში და AC მარკის სადენი - $S \leq 185$ მმ² -ის შემთხვევაში, თუ ლიპინულის გვერდის საანგარიშო სისქე 20 მმ -ს არ აღემატება. თუ ლიპინულის გვერდის სისქე 20 მმ -ზე მეტია, FCE მარკის სადენი გამოიყენება.

§2-15. სადენების კვეთების შერჩევა ძაბვის დასაშვები დანაკარგების მიხედვით

საკალაქო და სასოფლო მანაწილებელ ქსელებში ძაბვის რეგულაციის პირობების მიხედვით ძაბვის დასაშვები დანაკარგების სიდიდე ($\Delta U_{\text{დას}}$) მკაცრად შეზღუდული გამოდის. ამასთან, ხაზების დიდი სიგრძისა და ძაბვის დანაკარგების შემცირებისათვის აქტიური დატვირთვის არსებითი გავლენის გამო საჭირო ხდება ხაზის სადენების კვეთების გაზრდა, რაც მათი აქტიური წინაღობის შემცირებას იწვევს. პროექტირების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ აღნიშნული პირობის მიხედვით ნაანგარიშები სადენების კვეთები ხშირად იმავე ხაზის ეკონომიკურობის პირობის მიხედვით განსაზღვრულ კვეთებზე მეტი გამოდის.

იმ შემთხვევაში, როცა ქსელს მხოლოდ ერთი უბანი გააჩნია, ძაბვის დასაშვები დანაკარგები ცალსახად განსაზღვრავს სადენების კვეთებს. სხვა შემთხვევებში შეიძლება წარმოიშვას დამატებითი პირობები, რომელიც ირიბად ასახავს ეკონომიკურობის პირობას. ასეთი პირობა შეიძლება იყოს მოსაზრება ხაზის მთელ სიგრძეზე (რამდენიმე დატვირთვით) უცვლელი ველის მქონე სადენების შერჩევის მიზანშეწონილობის შესახებ. რიგ შემთხვევებში გამოიყენება ფერადი ლითონის ხარჯის მინიმუმის ან ხაზის დენის სიმკერვის მუდმივობის პირობები.

სადენების უცვლელი კვეთები ქსელის მაგისტრალურ ხაზებზე შეიძლება გამართლებულ იქნეს მონტაჟის ან ავარიის შემდგომ რეკონსტრუქციის შემთხვევაში პირობების მიხედვით. ლითონის ხარჯის მინიმუმი ძაბვის მოცემული დანაკარგების შემთხვევაში პრაქტიკულად კაპიტალ-დაბანდების მინიმუმს შეესაბამება. დენის სიმკერვის მუდმივობის შემთხვევაში მიიღება სიმძლავრის მინიმალური დანაკარგები ლითონის მოცემული ხარჯის პირობებში.

საპირობო ქსელისათვის მაგისტრალური ხაზების მუდმივი კვეთების შემთხვევაში ანგარიში შემდეგი მიმდევრობით წარმოებს: გათვალისწინებულია, რომ გრძივი ინდუქტიური წინაღობის სიდიდე (x , ომ/კმ) შედარებით ნაკლებადაა დამოკიდებული სადენების შერჩეულ კვეთზე, რის გამოც თავიდან x -ის მიახლოებითი მნიშვნელობა გამოითვლება. შემდეგ ეტაპზე განისაზღვრება ძაბვის დანაკარგების მიახლოებითი სიდიდე, რომელიც ქსელის რეაქტიული წინაღობებითა და რეაქტიული დატვირთვებითაა განპირობებული:

$$\Delta U_s = \sum_{\text{გაბ}} \frac{Q_s I}{U} = \sqrt{3} \sum I_n x l \quad (2-16)$$

სადაც I_n – დატვირთვის I დენის რეაქტიული შემდგენია.

განისაზღვრება ძაბვის დასაშვები დანაკარგების დანარჩენი ნაწილი:

$$\Delta U_{\text{დას}} = \Delta U_{\text{დას}} - \Delta U_s = \sum_{\text{გაბ}} \frac{Pl}{U \gamma S} = \sqrt{3} \sum I_{\text{აქ}} \frac{l}{\gamma S}, \quad (2-17)$$

სადაც $I_{\text{აქ}}$ – დატვირთვის I დენის აქტიური შემდგენია;

γ – სადენის მასალის ხედრითი ელექტრული გამტარობაა.

ძაბვის მოცემული დანაკარგების მიხედვით დასაშვები სადენის კვეთი განისაზღვრება ფორმულით:

$$S = \sum \frac{Pl}{\gamma \Delta U_{\text{დას}} U_{\text{გაბ}}} = \sqrt{3} \sum I_{\text{აქ}} \frac{l}{\gamma \Delta U_{\text{დას}}} \quad (2-18)$$

(2-18)-ის მიხედვით შერჩევა სადენის უახლოესი გაზრდილი სტანდარტული კვეთი. შერჩეული კვეთისათვის განისაზღვრება გრძივი

აქტიური (r) და რეაქტიული (x) წინაღობები და შემოწმდება ძაბვის დანაკარგების ფაქტიური მნიშვნელობა ($\Delta U_{\text{ფ}}$):

$$\Delta U_{\text{ფ}} = \frac{r}{U_{\text{ლაბ}}} \sum Pl + \frac{x}{U_{\text{ლაბ}}} \sum Ql \quad (2-19)$$

თუ $\Delta U_{\text{ფ}} > \Delta U_{\text{ლაბ}}$, მაგისტრალური ხაზის სადენის შერჩეული კვეთის სიდიდეში სათანადო შესწორება შეიტანება.

მაგისტრალური ხაზის განშტოებისათვის საანგარიშოს წარმოადგენს სიდიდე, რომელიც დასაშვები დანაკარგებისა და მაგისტრალიდან განშტოებამდე არსებული ძაბვის დანაკარგების სხვაობით განისაზღვრება.

ლითონის მინიმალური ხარჯის პირობას არაგანშტოებული ქსელისათვის შემდეგ დამოკიდებულებამდე მივყავართ:

$$\frac{l^2}{S} = \text{const.}$$

აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა შედარებით მარტივი (რამდენიმე უბნის მქონე) ქსელისათვის ყველაზე იოლად შერჩევის გზით ხდება. ამასთან, ორიენტირებულად იანგარიშება სადენების კვეთები ქსელის ყველა უბნისათვის, რომელიც ძაბვის მოცემული დანაკარგების პირობას აკმაყოფილებს, რის შემდეგაც ხდება მათი შესაბამისობის შემოწმება ლითონის დანახარჯების მინიმუმის პირობასთან. შემოწმების შემდეგ კვეთების სათანადო ცვლილება და განმეორებითი შემოწმება წარმოებს.

§2-16. სადენებისა და კაბელების კვეთების შერჩევა გახურების პირობის მიხედვით

სადენის θ ტემპერატურის გარემოს θ_0 ტემპერატურაზე ზემოთ გაზრდა სადენში გამოყოფილ სითბოზეა დამოკიდებული, რაც იმას ნიშნავს, რომ იგი სადენში ხანგრძლივად გამავალი დენის კვადრატსა და მისი გაცივების პირობაზეა დამოკიდებული.

სადენებისა და კაბელების მუშაობა მათი გახურების პირობის მიხედვით დასაშვებად ითვლება, თუ დენის მოცემული სიდიდის შემთხვევაში სადენის ტემპერატურა არ აჭარბებს დასაშვებ მნიშვნელობას. ამასთან, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მისი გაცივების პირობა, კერძოდ, გარემოს ტემპერატურა.

შიშველი და იზოლირებული სადენების გახურების ხანგრძლივად დასაშვები ტემპერატურა დამოკიდებულია მათ მარკაზე, ნომინალურ ძაბვაზე, გაყვანის ხერხებზე და სხვ. აღნიშნული ტემპერატურების სიდიდე სათანადო პირობების შესაბამისადაა ნორმირებული.

გარემოს ტემპერატურა წლის პერიოდების, დღეღამის საათებისა და ადგილმდებარეობის კლიმატის მიხედვით ფართო საზღვრებში იცვლება. ჩვეულებრივად, გახურების პირობის მიხედვით დასაშვები დატვირთვების განსაზღვრის დროს გარემოს ტემპერატურის რიგი საანგარიშო მნიშვნელობებით სარგებლობენ. ასე, მაგალითად, საქაერო ხაზებისათვის საანგარიშოდ მიღებულია საშუალოთვიური ტემპერატურა ყველაზე ცხელი თვის 13 საათისათვის; შენობებს შიგნით გაყვანილი კაბელებისათვის - ქაერის უდიდესი საშუალოთვიური ტემპერატურა და ა.შ.

სადენის დატვირთვის უნარიანობა გახურების პირობის მიხედვით ხასიათდება დატვირთვის ხანგრძლივად დასაშვები დენის სიდიდით, რომელიც სადენისა და გარემოს ტემპერატურების სხვაობით განისაზღვრება

მაგალითისათვის განესაზღვროთ ერთგვაროვანი არა-იზოლირებული სადენების დატვირთვის უნარიანობა.

დამყარებულ რეჟიმში R წინაღობის მქონე სადენში დროის ერთეულში I დენის გავლის შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ($Q_{გაშ}$) დროის იმავე ერთეულში გარემოსათვის გადაცემული სითბოს რაოდენობის ტოლია:

$$Q_{გაშ} = I^2 R = \chi F(Q - Q_0), \quad (2-20)$$

სადაც χ - კონვექციის და გამოსხივების გზით თბოგაცემის კოეფიციენტი (ქაერის თბოგამტარობა ძალზე მცირეა), რომელიც გარემოში სადენის 1 სმ² ზედაპირიდან გაცემული სითბოს ტოლია სადენისა და გარემოს ტემპერატურებს შორის სხვაობის 1°C -თან ტოლობის შემთხვევაში, ვტ/სმ² °C; F - სადენის გაცივების ზედაპირია, სმ².

თუ სადენის გახურების ტემპერატურას ხანგრძლივად დასაშვებ ($\theta_{დას}$) ტემპერატურას გაეუტოლებთ და გარემოს საანგარიშო ტემპერატურას θ_0 -ის ტოლად მივიღებთ, დაყვანილი პირობიდან შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს შიშველი სადენის ხანგრძლივად დასაშვები დენი

$$I_{დას} = \sqrt{\frac{\chi F(\theta_{დას} - \theta_0)}{R}} \quad (2-21)$$

ამგვარად, მოცემული ტემპერატურული პირობების შემთხვევაში სადენის დატვირთვის უნარიანობა ზედაპირისა გაცივებისა, თბოგაცემის

კოეფიციენტის (χ) ზრდისა და მისი ელექტრული წინააღობის (R) შემცირების შედეგად იზრდება.

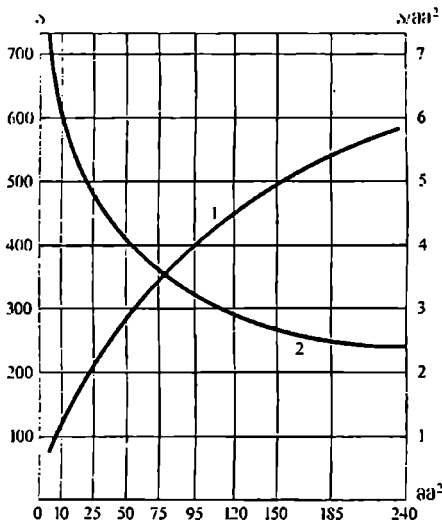
l სიგრძისა და d დიამეტრის შიშველი ერთმანეთულიანი სადენისათვის, რომლის გაცივების ზედაპირი $F = \pi d l$ და წინააღობა

$$R = \frac{l}{\gamma \frac{\pi d^2}{4}}, \quad (2-21) \text{ მიიღებს სახეს:}$$

$$I_{\text{დას}} = \sqrt{\frac{\chi \pi^2 d^2 \gamma (\theta_{\text{დას}} - \theta_0)}{4}} = \sqrt{\chi_0 d^2 \gamma (\theta_{\text{დას}} - \theta_0)}, \quad (2-22)$$

სადაც χ_0 - პროპორციულობის კოეფიციენტია.

(2-22)-დან ჩანს, რომ შიშველი სადენის დასაშვები დენი სადენის დიამეტრსა და მასალის ხვედრით ელექტრულ გამტარობაზეა დამოკიდებული. ამასთან, სადენის კვეთის გაზრდასთან შედარებით დასაშვები დენი ნელა იზრდება, ხოლო 1 მმ^2 -ზე მოსული დენის სიმკვრივე მცირდება. ეს იმით აიხსნება, რომ სადენის კვეთი დიამეტრის კუადრატის პროპორციულად იზრდება, ხოლო სადენის გაცივების ზედაპირი მისი პროპორციულია პირველ ხარისხში (ნახ. 2-12).



ნახ. 2-12. ალუმინის მრავალმანეთულიანი სადენის დასაშვები დენები (1 მრუდი) და დენის სიმკვრივები (2 მრუდი).

ამგვარად გახურების პირობის მიხედვით ერთნაირი კვეთების სადენების მქონე ორი ხაზის დასაშვები დატვირთვა მეტია ჯამური კვეთის სადენების მქონე ერთ ხაზთან შედარებით.

ქსელების პრაქტიკული გაანგარიშების შემთხვევაში გამოიყენება დატვირთვის ხანგრძლივად დასაშვები დენების ცხრილები სხვადასხვა მასალისაგან დამზადებული სადენებისა და კაბელებისათვის გაყვანის სხვადასხვა ხერხის შემთხვევაში.

ამგვარად, სადენის შერჩეული კეეთის შემოწმების პირობა შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$I_{\text{დას}} = I_{\text{დას}} K_{\text{კ}} \geq I_{\text{საღ}} \quad (2-23)$$

სადაც $I_{\text{საღ}}$ - ხანგრძლივი დატვირთვის დენია (ნორმალურ ან ავარიის შემდგომ რეჟიმში); $I_{\text{დას}}$ - გახურების პირობის მიხედვით დასაშვები დენია;

$K_{\text{კ}}$ - შესწორების კოეფიციენტი, რომელიც იმ შემთხვევაში შემოაქვთ, როცა ფაქტიური პირობები (გარემოს ტემპერატურა და სხვ.) განსხვავდება საანგარიშო მნიშვნელობებისაგან. თუ შესწორების კოეფიციენტი რამდენიმეა, მაშინ $K_{\text{კ}}$ მათი ნამრავლის ტოლია.

სადენების შერჩევის დროს შესწორების კოეფიციენტი პაერის ტემპერატურასთან დამოკიდებულებაში მხოლოდ მაშინ უნდა იქნეს გათვალისწინებული, როცა პაერის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად განსხვავდება საანგარიშო (+25°C) ტემპერატურისაგან, კერძოდ - უკიდურესი ჩრდილოეთის, მარადი გაყინულობის, ტროპიკული რეგიონებისათვის.

დატვირთვის ხანგრძლივად დასაშვები დენები მიწაში ან მილში გაყვანილი ცალმაგი კაბელებისათვის, რომელსაც ხელოვნური ენტილაცია არ გააჩნია, პაერში გაყვანილი კაბელების ანალოგიურად იანგარიშება.

მიწაში ან მილში კაბელების შერეული გაყვანის შემთხვევაში დატვირთვის ხანგრძლივად დასაშვები დენი ტრასის ყველაზე უარესი თბური პირობების მქონე უბნისათვის იანგარიშება, თუ მისი სიგრძე 10 მ-ს აღემატება.

10 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის ქაღალდის გაუღვნილი იზოლაციის მქონე კაბელებისათვის ავარიის შემდგომ რეჟიმში (არაუმეტეს 5 დღელამისა) დასაშვებია 130%-იანი გადატვირთვა მაქსიმალური დატვირთვის ხაათებში.

§2-17. ელექტრული ქსელებისა და ელექტრო-დანადგარების ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმები

ელექტროდანადგარების ნეიტრალი ეწოდება გენერატორების ან ტრანსფორმატორების ვარსკვლავის სქემით შეერთებული გრაგნილების საერთო წერტილებს.

სამფაზა ძალური ტრანსფორმატორების ნეიტრალი შეიძლება იყოს ჩამიწებული უშუალოდ ან ინდუქტიური წინაღობის მქონე ტეჰადური ქსელის გაკლით ან - იზოლირებული მიწისაგან.

თუ ტრანსფორმატორის გრაგნილის ნეიტრალი ჩამამიწებელ მოწყობილობასთან უშუალოდ ან მცირე წინაღობის გაკლითაა მიერთებული, მას უ რ უ დ ჩ ა მ ი წ ე ბ უ ლ ი ნეიტრალი ეწოდება, ხოლო ტრანსფორმატორის აღნიშნულ გრაგნილზე მიერთებულ ქსელს - ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელი. თუ ნეიტრალი არაა მიერთებული ჩამამიწებელ მოწყობილობაზე, მას იზოლირებულ ნეიტრალი ეწოდება, ხოლო ნეიტრალის ასეთ რეჟიმში მომუშავე ქსელს - იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელი. ქსელებს, რომლის ნეიტრალი ტეჰადური დენების მაკომპენსირებელი ინდუქტიური წინაღობის გაკლითაა ჩამიწებული, კო მ პ ე ნ ს ი რ ე ბ უ ლ ი ნეიტრალის მქონე ქსელები ეწოდება.

ტრანსფორმატორებისა და ელექტრული მანქანების მიწასთან კავშირის სახე მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ელექტროდანადგარების ისოლაციის დონესა და საკომუტაციო აპარატურის შერჩევას, გადამეტებადების მნიშვნელობებსა და მათი შეზღუდვის ხერხებს, დენის სიდიდეებს მიწასთან ერთფაზა შერთვის დროს, რელეური დაცვის მუშაობის პირობებს და ელექტრული ქსელების უსაფრთხოებას, ელექტრომაგნიტურ გაელენას კავშირგაბმულობის სახეებზე და სხვ.

მიწასთან ერთფაზა შერთვის შემთხვევაში ირღვევა ელექტრული სისტემის სიმეტრია - იცვლება ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ, წარმოიქმნება მიწასთან შერთვის დენები, აღიჭრება გადამეტებადები ქსელებში. სიმეტრიის დარღვევის ხარისხი ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმზე, ე.ი. მისი ჩამიწების სახეზეა დამოკიდებული.

ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმში 1000 ე-მდე ძაბვის ქსელებში ძირითადად ქსელების ოპერატიული პერსონალის უსაფრთხოებით, ხოლო მაღალი ძაბვის ქსელებში, გარდა ამისა, ელექტრომომარაგების შეუფერხებლობით, ელექტროდანადგარების ეკონომიკურობითა და მუშაობის საიმედოობით განისაზღვრება.

“ელექტროდანადგარების მოწყობილობების წესების” (ემწ) თანახმად 1000 ე-მდე ძაბვის ელექტროდანადგარების მუშაობა როგორც ყრუდ ჩამიწებული, ასევე იზოლირებული ნეიტრალითაა დასაშვები.

ყველაზე გაურკვევლელი სამფაზა დენის 380/220 ან 220/127 ე ძაბვის ოთხსადენიანი ქსელებისათვის, რომლის ექსპლუატაციასთან დიდი რაოდენობის ოპერატიული პერსონალია დაკავშირებული, “ემწ” მოითხოვს ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალით მუშაობას. ნეიტრალის მუშაობის ასეთი რეჟიმში გამორიცხავს ქსელის ნომინალური ძაბვის მნიშვნელოვან გაზრდას მიწასთან შერთვის შემთხვევაში.

ელექტრომოწყობილობების კორპუსებს, რომელიც ოთხსადენიან ქსელზეა მიერთებული, აგრეთვე მანაწილებელი ფარების ლითონის კარკასებს, ელექტრული აპარატების ამძრავებსა და ელექტროდანადგარების სხვა ნაწილებს, რომელიც გაზრდილი საფრთხის მქონე შენობებშია თავმოყრილი, ჩამიწებულ ნეიტრალთან უნდა გააჩნდეს მეტალური კავშირი. აღნიშნული კავშირი ძირითადი ქსელის საყრდენებზე ხორციელდება. ასეთ

შემთხვევაში ხაზის რომელიმე ფაზის კორპუსთან შერთვა იწვევს დაზიანების საკმაოდ დიდი დენის მქონე მოკლედ შერთვას, რის შედეგადაც ქსელი მუშაობას არასრულფაზურ რეჟიმში განაგრძობს. მუშაობაში დარჩენილი ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ მის ფაზურ მნიშვნელობას არ აღემატება.

იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში ფაზის მიწასთან შერთვა არ იწვევს მოკლედ შერთვას და მიწასთან შერთული ფაზის ამორთვას. ქსელი მუშაობას განაგრძობს სრულფაზურ რეჟიმში, მაგრამ დაუზიანებელი ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ იზრდება ხაზურ მნიშვნელობამდე. რამდენადაც მუშაობის ასეთი რეჟიმი სახიფათოა ოპერატიული პერსონალისათვის, იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ელექტროდანადგარებზე საჭიროა იზოლაციის კონტროლის უზრუნველყოფა, მიწასთან შერთვის წერტილის გამოვლენა და მისი ლიკვიდაცია, ხოლო უსაფრთხოების გარდაილი მოთხოვნის შემთხვევაში - ქსელის დაზიანებული უბნის ავტომატური ამორთვა.

1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის ელექტრული ქსელები "ემწ"-ის მიხედვით იყოფა მიწასთან შერთვის მცირე დენების ($I_{\Sigma} \leq 500$ ა) მქონე ქსელებად, რომელსაც მიეკუთვნება იზოლირებული ან კომპენსირებული ნეიტრალით მომუშავე ქსელები და მიწასთან შერთვის დიდი დენების ($I_{\Sigma} > 500$ ა) მქონე ქსელებად. რომელიც ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალით მუშაობს.

მიწასთან ერთფაზა შერთვის დენი იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში მიწის მიმართ ფაზის ნაწილობრივი ტევადობით განისაზღვრება და ქსელის ძაბვაზე, მის კონსტრუქციასა და სიგრძეზეა დამოკიდებული. კომპენსირებულ ნეიტრალიან ქსელებში ფაზის მიწასთან შერთვის ან ელექტროდანადგარების ნაწილის ჩამიწების დროს გადის მშ-ის ძალზე დიდი დენი, რის გამოც უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ქსელის დაზიანებული უბნის ავტომატური ამორთვა დროის მინიმალური დაყოვნებით. ამასთან, იზოლირებული ან კომპენსირებული ნეიტრალის მქონე ქსელებს სერიოზული ღირსება გააჩნია - ფაზის ჩამიწების შემთხვევაში, რაც დაზიანების ძალზე გაერცვლებულ სახეს წარმოადგენს, მათ შეუძლიათ ჩამიწებული ფაზით მუშაობა რამდენიმე საათის განმავლობაში და არაა აუცილებელი მათი დაუყოვნებლივი ამორთვა. დროის ამ პერიოდში მიწასთან შერთული ფაზის მომხმარებლები გადაირთვებიან კვების სხვა წყაროზე ან ენერჯის მიწოდების შესაწყვეტად უნდა მომზადდნენ.

35 კვ-მდე ძაბვის ქსელები, როგორც წესი, იზოლირებული ან კომპენსირებული ნეიტრალით მუშაობს, ხოლო 110 კვ და მეტი ძაბვის ქსელები - ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალით.

იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელის მიწასთან შერთვის დროს ჩამიწებული ფაზის ძაბვა მიწის მიმართ ნულის ტოლი ხდება, ხოლო მუშაობაში დარჩენილი ფაზების ძაბვა იზრდება ხაზურ მნიშვნელობამდე ($U_{\Sigma} = \sqrt{3}U_{\phi}$). მიწასთან შერთული ფაზის ტევადური დენი ნულის ტოლია, ხოლო დაუზიანებელი ფაზების ტევადური დენი ტევადობაზე ძაბვის გარდასის პროპორციულად იზრდება. მიწასთან შერთვის ხვედრითი ტევადური დენები ქსელის ძაბვასა და კონსტრუქციაზეა დამოკიდებული და მისი მნიშვნელობები (ა/კმ) 2-6 ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 2-6

ხაზის სახე	ქსელის ნომინალური ძაბვა,		
	კვ		
	6	10	35
საბაერო	0,015	0,025	0,1
საკაბელო,			
კვეთით:			
50-95 მმ ²	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	3,7 - 4,1
120-240 მმ ²	0,9 - 1,3	1,1 - 1,6	4,4 - 5,2

2-7 ცხრილში მოცემულია მიწასთან შერთვის ტექნოლოგიური დენების ზღვრული მნიშვნელობები (ა) კომპენსირებული ნეიტრალის მქონე ქსელებისათვის, რომელთა გაზრდის შემთხვევაში საჭიროა კომპენსაციის გამოყენება.

ცხრილი 2-7

ელექტრული ქსელის სახე	ქსელის ნომინალური ძაბვა, კვ			
	6	10	20	35
საპაერო, რკინაბეტონის ან ლითონის საყრდენებზე	10	10	10	10
საკაბელო ან საპაერო, რკინაბეტონის ან ლითონის საყრდენების გარეშე	30	30	15	10

რაც შეეხება ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებს, 2-6 და 2-7 ცხრილების მონაცემების შედარებიდან ჩანს, რომ 110-220 კვ ძაბვის ქსელებში ერთი ფაზის მიწასთან შერთვა ყველა სახის დაზიანების 75-80%-ს შეადგენს, ხოლო უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში ფაზათაშორისი იზოლაციის დაზიანება ძალზე იშვიათია. ქსელებში მიწასთან ერთი ფაზის შერთვის შემთხვევაში დაზიანების წერტილში აღიძვრება დიდი დენი, რომელსაც მოკლედ შერთვის (მშ) დენი ეწოდება. მშ-ის დენი იწვევს ელექტრულ რკალს, რომლის ჩაქრობა ქსელის დაზიანებული უბნის ავტომატური ამორთვით ხდება. გარდამავალ რეჟიმებში (უშუალოდ მიწასთან შერთვის შემდეგ) ქსელში ადგილი აქვს შიდა გადამტეხილების წარმოქმნას, რომლის სიდიდე მიწის მიმართ განისაზღვრება მათი ჯერადობით ნომინალურ ფაზურ ძაბვასთან შედარებით: $K = U_{აღ} / U_{გ}$. შიდა გადამტეხილები გაელენას ახდენს იზოლაციის სახის შერჩევაზე, რის გამოც მისი შემცირების ღონისძიებების გატარებას პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება.

ნეიტრალის რეჟიმის მიხედვით ელექტრული ქსელები ოთხ ჯგუფად იყოფა: 1. ქსელები ჩაუმიწებელი ნეიტრალით; 2. ქსელები რეზონანსულ-ჩამიწებული ნეიტრალით; 3. ქსელები ეფექტურ-ჩამიწებული ნეიტრალით; 4. ქსელები ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალით. პირველ და მეორე ჯგუფებს განეკუთვნება 3-35 კვ ძაბვის ქსელები, აგრეთვე გენერატორებისა და ტრანსფორმატორების ნეიტრალები, რომელიც იზოლირებულია მიწისაგან ან რკალჩამქრობი კოჭას გავლითაა ჩამიწებული.

ეფექტურ-ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებს მიეკუთვნება მაღალი და ზემალაღი ძაბვის ქსელები, რომელთა ნეიტრალი მიწასთან უშუალოდ ან მცირე ეფექტური წინაღობის გავლითაა ჩამიწებული. ასეთ ქსელებს მიეკუთვნება 110 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელები, რომელიც, როგორც წესი, ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალით მუშაობს.

მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნება 220 და 380 ვ ძაბვის ქსელები.

ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმს მიწასთან შერთვის დენი განსაზღვრავს. ქსელებს, რომელშიც მიწასთან ერთფაზა შერთვის დენი 500 ა-ზე ნაკლებია, ($I < 500$ ა), მიწასთან შერთვის მცირე დენების მქონე ქსელები ეწოდება (ძირითადად ესაა ჩაუმიწებული და რეზონანსულ-ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელები). მიწასთან შერთვის დიდი დენების მქონე ქსელებს ($I > 500$ ა) ყრუდ და ეფექტურ-ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელები მიეკუთვნება.

ა. ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე სამფაზა ქსელები.

ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელებში მიწასთან ერთფაზა შერთვის დროს დენები ფაზების განაწილებული ტევადობის გაყვლით გავდივება, რომელიც პროცესის ანალიზის გამარტივების მიზნით პირობითად ხაზის შუანაწილში თავმოყრილი ტევადობებითაა ჩანაცვლებული (ნახ. 2-13). ამასთან, ფაზათაშორისი ტევადობები არ განიხილება, ვინაიდან ერთფაზა შერთვების დროს მათი გავლენა მიწასთან შერთვის დენებზე უმნიშვნელოა.

მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში ქსელის ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ ($\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$) სიმეტრიულია და ფაზური ძაბვების ტოლია, ხოლო

ფაზების ტევადური (სამუხტაეი) დენები მიწის მიმართ ($\dot{I}_{cA}, \dot{I}_{cB}, \dot{I}_{cC}$) ასევე სიმეტრიულია და ერთმანეთის ტოლია (ნახ. 2-13ა). ფაზის ტევადური დენი

$$I_c = U_{\phi} \omega C, \quad (2-24)$$

სადაც C - ფაზის ტევადობაა მიწის მიმართ.

სამივე ფაზის ტევადური დენების გეომეტრიული ჯამი ნულის ტოლია. ერთი ფაზის ნორმალური რეჟიმის ტევადური დენი თანამედროვე ქსელებში, რომელიც ჩაუმიწებელი ნეიტრალით მუშაობს, როგორც წესი, რამდენიმე ამპერს არ აღემატება და პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას გენერატორის დატვირთვაზე.

მიწასთან ერთ წერტილში მეტალური შერთვის შემთხვევაში დაუზიანებელი ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ $\sqrt{3}$ -ჯერ იზრდება და ხაზური ძაბვის ტოლი ხდება. ასე, მაგალითად, A ფაზის მიწასთან შერთვის შემთხვევაში (ნახ. 2-13ბ) მიწის ზედაპირი შერთვის წერტილში აღნიშნული ფაზის პოტენციალს იძენს, ხოლო B და C ფაზების ძაბვები მიწის მიმართ ხაზური ძაბვების ტოლი ხდება:

$$\dot{U}_B' = \dot{U}; \quad \dot{U}_C = \dot{U} \quad (2-25)$$

ძაბვების $\sqrt{3}$ -ჯერ გაზრდის შესაბამისად ასევე იზრდება B და C დაუზიანებელი ფაზების ტევადური დენები. A ფაზის მიწასთან შერთვის დენი, რომლის მნიშვნელობა საკუთარი ტევადობითაა განპირობებული, ნულის ტოლი გახდება, ვინაიდან აღნიშნული ტევადობა დამოკლებული აღმოჩნდება.

დაზიანების წერტილში გამაქალი დენი შემდეგნაირად გამოისახება:

$$\dot{I}_c = -\left(\dot{I}_{cB} + \dot{I}_{cC}\right) \quad (2-26)$$

ვ. დაუზიანებელი ფაზების ტევადური დენების ვექტორების გეომეტრიული ჯამი განსაზღვრავს დენის ვექტორს დაზიანების წერტილში. \dot{I}_c დენი ნორმალურ რეჟიმში ფაზის ტევადურ დენზე სამჯერ მეტი აღმოჩნდება:

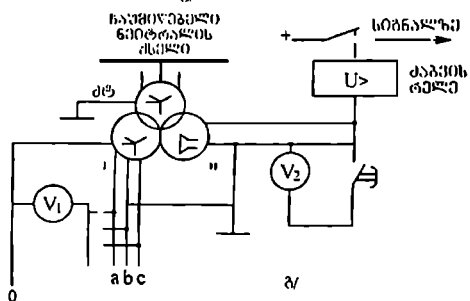
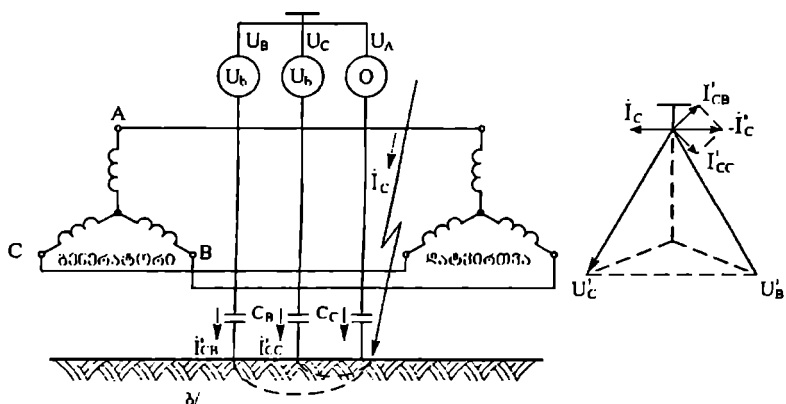
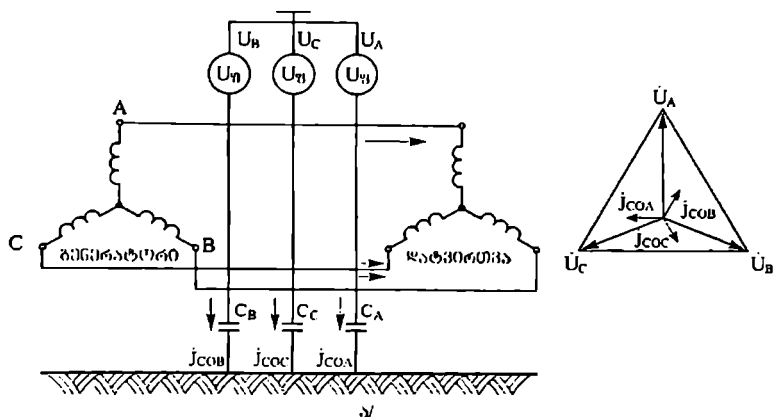
$$I_c = 3I_{c\phi} = 3U_{\phi} \omega C \quad (2-27)$$

(2-27)-ის თანახმად I_c დენი დამოკიდებულია ქსელის ძაბვაზე (U_{ϕ}), სიხშირეზე (ω) და ფაზის ტევადობაზე მიწის მიმართ (C). ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია ქსელის ხაზების კონსტრუქციასა და სიგრძეზე.

საპაერო ქსელებისათვის

$$I_c = \frac{UI}{350}; \quad (2-28)$$

საკაბელო ქსელებისათვის



ნახ. 2-13. ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელი.

ა - ნორმალური რეჟიმი; ბ - მიწასთან A ფაზის შერთვის რეჟიმი; გ - მიწასთან შერთვის გამოვლენის მოწყობილობა.

$$I_c = \frac{UI}{10}, \quad (2-29)$$

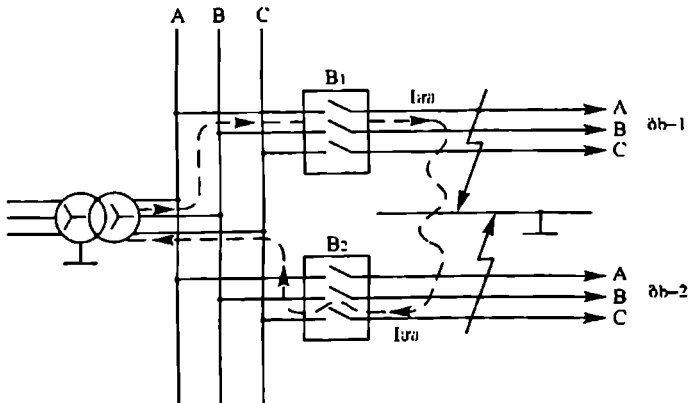
სადაც U - ფაზათაშორისი ძაბვაა, კე; I - მოცემული ძაბვის ელექტრულად დაკავშირებული ქსელის სიგრძეა, კმ.

გარდამავალი წინაღობის გავლით მიწასთან შერთვის შემთხვევაში დაზიანებული ფაზის ძაბვა მიწის მიმართ ნულზე მეტი, მაგრამ ფაზურ მნიშვნელობაზე ნაკლები იქნება, ხოლო დაუზიანებელი ფაზების ძაბვა - ფაზურზე მეტი. მაგრამ ხაზურ მნიშვნელობაზე ნაკლები აღმოჩნდება. ასევე მცირე იქნება მიწასთან შერთვის დენი.

ჩაუმიწვებელი ნეიტრალის მქონე ქსელებში მიწასთან ერთფაზა შერთვის შემთხვევაში ხაზური ძაბვების სამკუთხედი არ მაჩინჯდება, რის გამოც ფაზათაშორის ძაბვებზე მიერთებული მომხმარებელი ნორმალურად განაგრძობს მუშაობას.

იმის გამო, რომ მიწასთან ერთფაზა შერთვის დროს დაუზიანებელი ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ ნორმალურ მნიშვნელობასთან შედარებით $\sqrt{3}$ -ჯერ იზრდება, ჩაუმიწვებელი ნეიტრალის მქონე ქსელებში იზოლაცია ფაზათაშორის ძაბვაზე უნდა იყოს გათვლილი. ყოველივე ეს ზღუდავს ნეიტრალის მუშაობის აღნიშნულ რეჟიმს 35 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის ქსელებში, სადაც ელექტროდანადგარების იზოლაციის ღირებულება არაა განმსაზღვრელი და მისი რამდენადმე გაზრდა მომხმარებლების ელექტრომომარაგების საიმედოობის გაზრდით კომპენსირდება. ამასთან, გასათვალისწინებელია, რომ მიწასთან ერთფაზა შერთვები იზოლაციის ყველა სახის დაზიანების დაახლოებით 65%-ს შეადგენს.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ მიწასთან ერთი ფაზის შერთვის რეჟიმში მომუშავე ქსელებში იზრდება ჯანსაღი ფაზების იზოლაციის გარღვევის ალბათობა ამ უკანასკნელში ძაბვის ხაზურ მნიშვნელობათა გაზრდის გამო, რის შედეგადაც შესაძლებელია ფაზათაშორისი მოკლედ შერთვის (მშ) წარმოქმნა მიწის მიმართ (ნახ. 2-14). შერთვის მეორე წერტილი შეიძლება



ნახ. 2-14. მიწასთან ორმაგი შერთვის სქემა ჩაუმიწვებელი ნეიტრალის მქონე ქსელში.

ელექტრულად დაკავშირებული ქსელის მეორე უბანზე მდებარეობდეს. ამგვარად, მშ შეეხება ქსელის რამდენიმე უბანს, რაც მათ ამორთვის გამოიწვევს. ნახ. 2-14-ზე მოტანილ სქემაზე ერთდროულად ორი ხაზი (გხ-1 და გხ-2) ამოირთვება.

ამასთან დაკავშირებით, ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელებში აუცილებელია სპეციალური სასიგნალო მოწყობილობის გათვალისწინება, რომელიც ოპერატიულ პერსონალს მიაწოდებს სიგნალს მიწასთან ერთფაზა შერთვის შესახებ.

ნახ. 2-13 გ-ზე ნაჩვენებია იზოლაციის კონტროლის ხერხი ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელში. კონტროლის მოწყობილობა ქსელთან HTMI ტიპის საზომი ძაბვის ტრანსფორმატორის (ძტ) საშუალებითაა მიერთებული.

ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილები (ნახ. 2-13გ) შემდეგი სქემებითაა შეერთებული: I ვარსკვლავის, II - ღია სამკუთხედის სქემით. პირველადი გრაგნილი ყველა ფაზის ძაბვის გაზომვის საშუალებას იძლევა, ხოლო მეორეული გრაგნილის დანიშნულებაა ყველა ფაზის ძაბვების გეომეტრიული ჯამის კონტროლი.

ნორმალურ რეჟიმში მეორეული გრაგნილის მომკერებზე ძაბვა ნულის ტოლია, ვინაიდან ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელის ფაზური ძაბვების გეომეტრიული ჯამი ასევე ნულის ტოლია. პირველადი ძაბვის ქსელში ერთ-ერთი ფაზის მიწასთან მეტალური შერთვის დროს მეორეული გრაგნილის მომკერებზე აღმოჩნდება ძაბვა, რომელიც დაუზიანებელი ფაზების ძაბვების გეომეტრიული ჯამის ტოლი იქნება (ნახ. 2-13 ბ). ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის ხეიათა რიცხვი ისეთნაირად ირჩევა, რომ ძაბვა მის გამომყვანებზე პირველადი ქსელის ფაზის მიწასთან მეტალური შერთვის შემთხვევაში 100 ვ-ის ტოლი იყოს. გარდამავალი წინააღობის გავლით მიწასთან შერთვის შემთხვევაში ძაბვა მეორეულ გრაგნილზე შერთვის წერტილში არსებულ წინააღობასთან დამოკიდებულებაში 0-100 ვ იქნება.

ძაბვის რღვე, რომელიც ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზეა მიერთებული, იმოქმედებს პირველადი ქსელის იზოლაციის დაზიანების შემთხვევაში და მოქმედებაში მოიყვანს სასიგნალო მოწყობილობას (ზარი, ტაბლო). ელექტროდანადგარის ოპერატიულ პერსონალს საშუალება ექნება გააკონტროლოს უბალანსობის ძაბვა (V_2 ვოლტმეტრით) და გამოაელინოს დაზიანებული ფაზა (V_1 ვოლტმეტრით). ძაბვა დაუზიანებელ ფაზაში მინიმალური იქნება.

მიწასთან შერთვის წერტილის მოძებნა სიგნალის მიღების შემდეგ დაუყოვნებლივ უნდა დაიწყოს და დაზიანება უმოკლეს დროში უნდა აღმოიფხვრას. ჩამოწებული ფაზით მუშაობის დასაშვები ხანგრძლივობა „ელექტროდანადგარების მოწყობილობის წესების“ თანახმად უმეტეს შემთხვევაში 2 საათს არ უნდა აღემატებოდეს.

გაცილებით სახიფათოა მიწასთან ერთი ფაზის შერთვა ელექტრული რკალის გავლით. ვინაიდან რკალს შეუძლია დააზიანოს მოწყობილობა და ფაზათაშორისი (ორფაზა ან სამფაზა) მოკლედ შერთვა გამოიწვიოს. ასეთ მოვლენებს განსაკუთრებით ხშირად აქვს ადგილი სამფაზა კაბელის ერთ-ერთი ძარღვის მიწასთან ერთფაზა შერთვის დროს. ელექტრული რკალი განსაკუთრებით სახიფათოა ელექტრული მანქანებისა და აპარატების შიგნით წარმოქმნის დროს, რასაც ადგილი აქვს მათ ჩამოწებულ კორპუსზე ან გულარზე ერთფაზა შერთვის შემთხვევაში.

გარკვეული პირობების შემთხვევაში მიწასთან შერთვის წერტილში შეიძლება წარმოიქმნას ე.წ. შენაცვლებითი რკალი, რომელიც პერიოდულად ქრება და ხელახლა ინთება. შენაცვლებით რკალს თან სდევს

ფაზებში გადამეტებადების აღქერა მიწის მიმართ, რომელსაც შეუძლია $3.5U$ ფის სიდიდეს მიაღწიოს. აღნიშნული გადამეტებადები ვრცელდება მთელ ქსელზე, რის შედეგადაც შესაძლებელია იზოლაციის გარღვევა და მშ-ის წარმოშობა ელექტროდანადგარის იზოლაციის შედარებით სუსტ უბნებზე.

შენაცვლებითი რკალის ანთება განსაკუთრებით შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, როცა მიწასთან შერთვის ტევადური დენი 5-11 ა - ს აღემატება ($I_{\Sigma} > 5-11$). ამასთან, იზოლაციისათვის საშიში გადამეტებადების საფრთხე ქსელის ძაბვის გაზრდის პროპორციულად იზრდება. ერთფაზა დაზიანების სახიფათო შედეგებისა და მათი დენთან დამოკიდებულების გათვალისწინებით ამ უკანასკნელის დასაშვები მნიშვნელობები ნორმირდება და არ უნდა აღემატებოდეს შემდეგ სიდიდეებს:

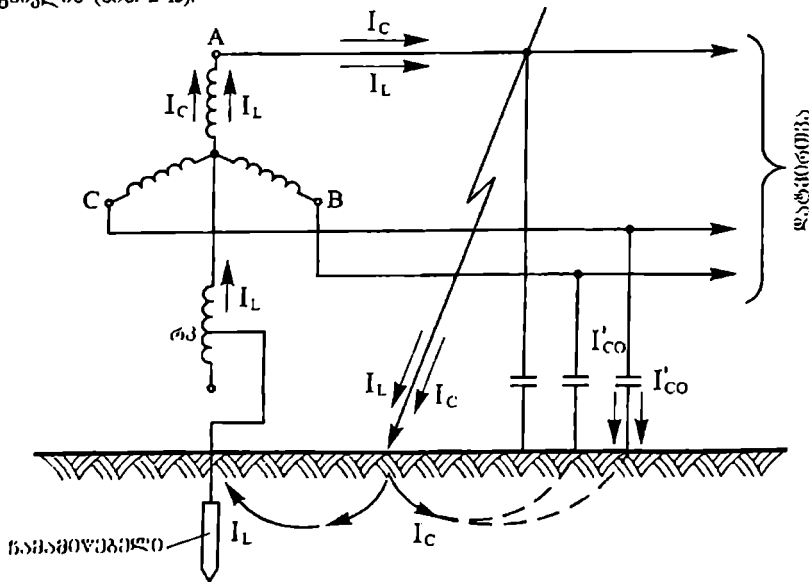
ქსელის ძაბვა, კვ	3-6	10	15-20	35
მიწასთან შერთვის ტევადური დენი, ა	30	20	15	10

3-20 კვ ძაბვის ქსელებში, რომელიც რკინაბეტონისა და მეტალური საყრდენებითაა შესრულებული, მიწასთან შერთვის ტევადური დენი 10ა-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ბლოკურ სქემებში - „გენერატორი-ტრანსფორმატორი“ ტევადური დენი გენერატორული ძაბვის მხარეზე 5 ა-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

ბ. რეზონანსულ-ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სამფაზა ქსელები.

3-35 კვ ძაბვის ქსელებში მიწასთან შერთვის დენების შემცირების მიზნით გამოიყენება ნეიტრალის ჩამიწება რკალჩამქრობი კოჭას გაელით.

მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში დენი კოჭას გაელით პრაქტიკულად ნულის ტოლია. ერთ-ერთი ფაზის მიწასთან სრული შერთვის შემთხვევაში რკალჩამქრობი კოჭა ფაზური ძაბვის ქვეშ აღმოჩნდება და შერთვის წერტილში I_C ტევადურ დენთან ერთად კოჭას ინდუქტიური დენი I_L გაივლის (ნახ. 2-15).



ნახ. 2-15. რეზონანსულ - ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სამფაზა ქსელის სქემა.

რამდენადაც ინდუქტიური და ტვეადური დენები ერთმანეთისაგან ფაზით (180°-იანი კუთხით) განსხვავდება, მიწასთან შერთვისას ისინი ერთმანეთს აკომპენსირებენ. თუ $I_C = I_L$ (რეზონანსის შემთხვევა), მიწასთან შერთვის წერტილში დენი არ გაიყვანება. ამის წყალობით დაზიანების წერტილში რკალი არ წარმოიქმნება და არ განვითარდება მასთან დაკავშირებული სახიფათო მოვლენები.

რკალჩამქრობი კოჭების ჯამური რეაქტიული სიმძლავრე ქსელებისათვის გამოითვლება ფორმულით

$$Q = nI_C U_{\phi} \quad (2-30)$$

სადაც n — კოეფიციენტი, რომელიც ქსელის განვითარებას ითვალისწინებს ($n=1,25$); I_C — მიწასთან შერთვის სრული ტვეადური დენია, ა; U_{ϕ} — ქსელის ფაზური ძაბვაა, კვ.

Q -ს საანგარიშო მნიშვნელობის მიხედვით კატალოგში შეირჩევა მოთხოვნილი ნომინალური სიმძლავრის კოჭები. ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იქნეს, რომ მათი რეგულაციის დიაპაზონი საკმარისი იყოს ტვეადური დენის შესაძლებლად სრული კომპენსაციის უზრუნველსაყოფად ქსელის სქემის ცვლილების შემთხვევაში (მაგ. ხაზის ამორთვის დროს და სხვ.). $I_C \geq 50$ ა-ს დროს ორი რკალჩამქრობი კოჭა გამოიყენება, რომელთა ჯამური რეაქტიული სიმძლავრე (2-30)-ით განისაზღვრება.

რკალჩამქრობი კოჭები საკეანძო მკეებზე ქვესადგურებზე უნდა დაიდგას, რომელიც დასაკომპენსირებულ ქსელთან არანაკლებ სამი ხაზითაა დაკავშირებული. გენერატორული ძაბვის ქსელის კომპენსაციის შემთხვევაში კოჭები გენერატორის სიახლოვეს უნდა განლაგდეს.

რეზონანსულ-ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში, ისევე, როგორც ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელებში, დასაშვებია მიწასთან შერთული ფაზით მუშაობა ორი საათის განმავლობაში დაზიანებული უბნის გადართვის ჩატარებამდე. რკალჩამქრობი კოჭების არსებობა განსაკუთრებით ეფექტურია მიწასთან ხანმოკლე შერთვების შემთხვევაში, ეინაიდან ამ დროს რკალი ქრება შერთვის წერტილში და ხაზი არ ამოირთვება.

რკალჩამქრობი კოჭის გავლით ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში მიწასთან ერთფაზა შერთვის დროს დაუზიანებელი ფაზების ძაბვა მიწის მიმართ $\sqrt{3}$ -ჯერ, ე.ი. ხაზურ ძაბვამდე იზრდება, რის გამოც ასეთი ქსელები თავისი თვისებებით ჩაუმიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელების ანალოგიურია.

ვ. ყრუდ და ეფექტურ-ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სამფაზა ქსელები.

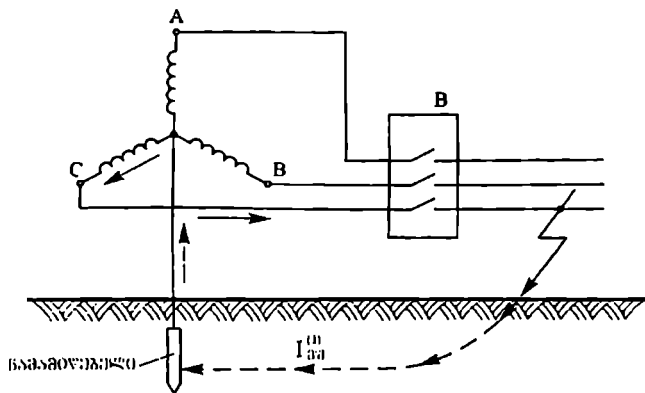
ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალი გამოიყენება 220 და 380 ვ ძაბვის ქსელებში. ამასთან, კვების ყველა წყაროს ნეიტრალი მიწასთან უნდა იყოს მიერთებული.

110 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში ნეიტრალის ჩამიწების ხერხის შერჩევის დროს განმსაზღვრელს იზოლაციის ღირებულების ფაქტორი წარმოადგენს. აქ გამოიყენება ნეიტრალის ეფექტური ჩამიწება, რომლის დროსაც ერთფაზა შერთვის შემთხვევაში ძაბვა დაუზიანებელ ფაზებში ფაზათაშორისი ძაბვების დაახლოებით 80%-ის ტოლი იქნება, რაც ნეიტრალის ჩამიწების აღნიშნული ხერხის მთავარ ღირსებას წარმოადგენს.

110 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელები, როგორც წესი, ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალით მუშაობენ.

ამასთან, ნეიტრალის მუშაობის განხილული რეჟიმები რიგი ხარვეზებით ხასიათდება. ასე, მაგალითად, ერთი ფაზის მიწასთან შერთვის

შემთხვევაში, რომელზეც ფაზის ელექტრო-მამოძრავებელი ძალაა (ემძ) მოდებული (ნახ.2-16). აღიძვრება მშ-ის რეჟიმი,



ნახ. 2-16. ეფექტურ - ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სამფაზა ქსელის სქემა.

რომელიც დიდი დენების გავლით ხასიათდება. მოწყობილობის იზოლაციის დაზიანების თავიდან აცილების მიზნით დაზიანების დენის ხანგრძლივი დროით გავლა დაუშვებელია, რის გამოც მოკლედ შერთვა დაუყოვნებლივ უნდა იქნეს ლიკვიდირებული რელეური დაცვის მიერ, თუმცა ერთფაზა მშ-ების მნიშვნელოვანი ნაწილი 110 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში თვითლიკვიდირდება, ე.ი. ქრება ძაბვის მოხსნის შემდეგ. ასეთ შემთხვევებში ეფექტურია განმორებითი ჩართვის ავტომატური მოწყობილობის (გრა) გამოყენება, რომელიც იმოქმედებს რა რელეური დაცვის მუშაობის შემდეგ, მინიმალური დროის განმავლობაში ადადგენს კეებას.

მეორე ხარეზი - ესაა მანაწილებელ მოწყობილობებში გამოყენებული ჩამიწების კონტურის ღირებულება, რომელმაც მიწასთან უნდა გადაიყვანოს მშ-ის ტოლი დენები და რთულ საინჟინრო ნაგებობას წარმოადგენს.

მესამე ხარეზი - ესაა ერთფაზა მშ-ის დიდი დენი, რომელმაც ჩამიწებული ნეიტრალის დიდი რაოდენობის, აგრეთვე ავტოტრანსფორმატორების მქონე ქსელების შემთხვევაში შეიძლება გადააჭარბოს სამფაზა მშ-ის დენს. ერთფაზა მშ-ის დენის შესამცირებლად, თუ ეს ეფექტური და შესაძლებელი აღმოჩნდება, გამოიყენება ნეიტრალის ნაწილობრივი განმიწება (ძირითადად 110-220 კვ ძაბვის ქსელებში).

§2-18. ელექტრული დატვირთვის გრაფიკები

ზოგადი დებულებები. ელექტროენერგეტიკის განვითარების განმსაზღვრელ ფაქტორს დროის ერთეულში მოხმარებული ელექტროენერჯის უთანაბრობა წარმოადგენს. ცალკეული ელექტრომომხმარებლებისა, და, სათანადოდ, მათი ჯამური დატვირთვა, რომელიც ენერგოსისტემაში ელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმს განსაზღვრავს, განუწყვეტლივ იცვლება. აღნიშნული ცვლილება აისახება დატვირთვის გრაფიკში, ე.ი. ელექტროსადგურების სიმძლავრის (დენის) დროის ერთეულში ცვლილების მიხედვით.

ცვლადი ენერგეტიკული პარამეტრების მიხედვით ანსხვავებენ ელექტროსადგურების (ელექტროდინამდარების) აქტიური (P), რეაქტიული (Q), სრული (S) სიმძლავრისა და დენის (I) გრაფიკებს.

როგორც წესი, დატვირთვის გრაფიკები ასახავს დატვირთვის ცვლილებას დროის განსაზღვრულ პერიოდში. ამ ნიშნით გრაფიკები დღელამური, თვიური, სეზონური და წლიური დატვირთვის გრაფიკებად იყოფა.

ენერგოსისტემის რომელიმე ელემენტის დატვირთვის ცვლილების მიხედვით გრაფიკები შემდეგ ჯგუფებად იყოფა:

1. მომხმარებლების დატვირთვის გრაფიკებად, რომელიც სამომხმარებლო ქვესადგურების შემკრებ საღებებზე განისაზღვრება;
2. საქსელო დატვირთვის გრაფიკებად, რომელიც რაიონული და საკანბო ქვესადგურების შემკრებ საღებებზე განისაზღვრება;
3. ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკებად, რომელიც სისტემის ჯამურ დატვირთვას ახასიათებს;
4. ელექტროსადგურების დატვირთვის გრაფიკებად.

დატვირთვის გრაფიკების დანიშნულებაა:

1. ელექტროსადგურების მუშაობის ანალიზი (გენერატორებისა და ტრანსფორმატორების ჩართვისა და ამორთვის დროის განსაზღვრა);
2. გამომუშაებული (მოხმარებული) ელექტროენერჯის მოცულობის, საბოლოოსა და წყლის ხარჯის განსაზღვრა;
3. ელექტროდინამდარების მუშაობის ეკონომიკური რეჟიმის რეალიზაცია;
4. ელექტრომოწოდების რემონტების ვადების დაგეგმვა;
5. ახალი ელექტროდინამდარების პროექტირება და მოქმედის გაფართოება;
6. ელექტრომომარაგების სისტემის დაპროექტება და ელექტრომომხმარების პროგნოზის დადგენა.

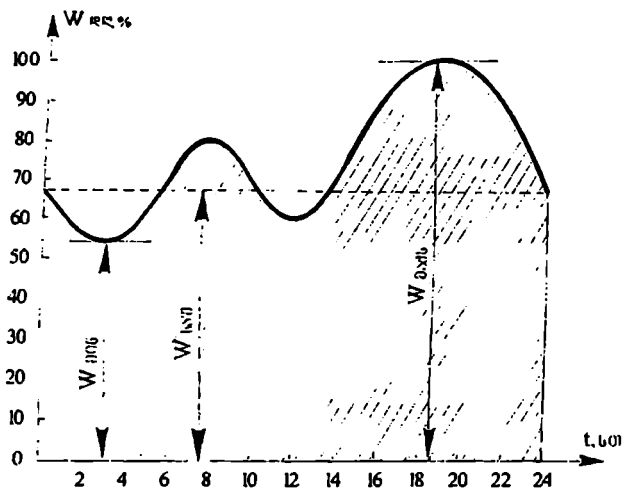
მომხმარებლების დღელამური და თვიური დატვირთვების გრაფიკები. დატვირთვის ფაქტიური გრაფიკი შეიძლება მივიღოთ მარეგისტრირებელი ხელსაწყოების საშუალებით, რომელიც სათანადო ენერგეტიკული პარამეტრის დროის მიხედვით ცვლილებას დააოქსირებს.

პერსპექტიული დატვირთვის გრაფიკი ელექტრული ქსელის პროექტირების პროცესში განისაზღვრება.

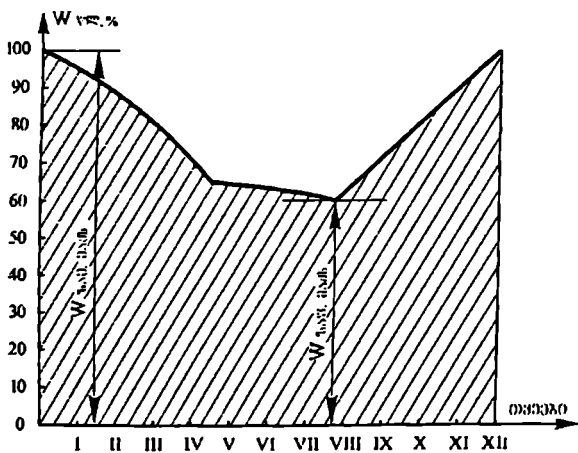
დატვირთვის გრაფიკის მახასიათებლებს წარმოადგენს ელექტრომომხმარების მაქსიმალური (W_{\max}), საშუალო ($W_{\text{საშ}}$) და მინიმალური (W_{\min}) დონე, აგრეთვე სიმძლავრის კოეფიციენტი ($\cos \varphi$), რომელიც განსაზღვრავს ელექტრომომხმარების საშუალო მნიშვნელობების ფარდობას მაქსიმალურ მნიშვნელობებთან (ნახ. 2-17; 2-18). დატვირთვის ზონებს W_{\max} -დან $W_{\text{საშ}}$ -მდე პიკური, ხოლო $W_{\text{საშ}}$ -დან W_{\min} -მდე ნახევრადპიკური დატვირთვები ეწოდება.

დატვირთვების გრაფიკების ასაგებად საჭიროა მონაცემები ელექტრომომხმარებლების დადგმული სიმძლავრის შესახებ, რომელიც მათი ნომინალური სიმძლავრეების ჯამის ტოლია. აქტიური დატვირთვისათვის

$$P_{\text{დატ}} = \sum P_{\text{ნომ}} \quad (2-31)$$



ნახ. 2-17. ელექტრომოსხმარების დღელამური დატვირთვის გრაფიკი.



ნახ. 2-18. ელექტრომოსხმარების თვიური მაქსიმუმების გრაფიკი.

ექსპლუატაციის პრაქტიკაში მომხმარებლების რეალური დატვირთვა, როგორც წესი, ჯამურ დადგმულ სიმძლავრეზე ნაკლებია. მისი გათვალისწინებით მომხმარებლების ჯამური მაქსიმალური დატვირთვა ტოლია:

$$P_{\text{მაქს}} = K_{\text{მოთ}} \Sigma P_{\text{ნომ}}, \quad (2-32)$$

სადაც $K_{\text{მოთ}}$ - მოთხოვნის კოეფიციენტია მომხმარებლების განსახილველი ჯგუფისათვის.

$K_{\text{მოთ}}$ ერთტიპური მომხმარებლების ექსპლუატაციის გამოცდილების საფუძველზე განისაზღვრება. მოთხოვნის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობები ზოგიერთი სამრეწველო მომხმარებლებისათვის 2-8 ცხრილშია მოცემული.

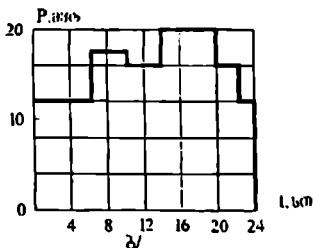
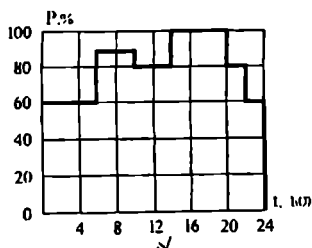
ცხრილი 2-8

№	მომხმარებლის სახე	$K_{\text{მოთ}}$ -ის საშუალო მნიშვნელობა
1.	შავი მეტალურგია	
	ა). საბრძმედე საამქრო	0,6
	ბ). მარტენის საამქრო	0,3
	გ). ფოლადის უწყვეტი დნობის დანადგარი	0,7
	დ). საგლინაეი საამქრო	0,4-0,6
2.	მანქანათმშენებლობა	0,14-0,6
3.	ქიმიური მრეწველობა	0,7-0,9
4.	მსუბუქი მრეწველობა	0,7-0,85
5.	საწარმოო ენტილაცია და კონდიციონერება	0,9

(2-32)-ით განსაზღვრული მაქსიმალური დატვირთვა, როგორც წესი, უდადესია წლის განმავლობაში და დატვირთვის მაქსიმუმს შეესაბამება.

გრაფიკის ასაგებად $P_{\text{მაქს}}$ -ის გარდა საჭიროა დატვირთვის დროის მიხედვით ცვლილების ხასიათის ცოდნა, რომელიც ტიპური გრაფიკებით განისაზღვრება.

დატვირთვის ტიპური გრაფიკები იგება ანალოგიური მოქმედი მომხმარებლების დატვირთვების კვლევების შედეგების მიხედვით და ნახ 2-19-ზეა მოცემული.



ნახ. 2-19. მომხმარებლების დღეღამური აქტიური დატვირთვის გრაფიკი.
ა - სახელობით ერთეულებში; ბ - ტიპური.

განგარიშების გასამარტივებლად დატვირთვის გრაფიკი საფეხურების სახით იგება. მაქსიმალური დატვირთვა დღეღამის განმავლობაში 100%-ის ტოლადაა მიღებული, ხოლო გრაფიკის დანარჩენი საფეხურები გვიჩვენებს დატვირთვის ფარდობით მნიშვნელობას დღეღამის მოცემულ პერიოდში.

ბეეცოდინება რა $P_{აკჰ}$, შეიძლება ტიპური გრაფიკი გამოიყენოს მოცემული მომხმარებლების დატვირთვის გრაფიკის ასაგებად, თუ მისი თითოეული საფეხურისთვის გამოიყენებთ ფარდობას:

$$P_{სფ} = \frac{n}{100} P_{აკჰ}, \quad (2-33)$$

სადაც n - ტიპური გრაფიკის შესაბამისი საფეხურის ორდინატა, %-ში.

ჩვეულებრივად, ერთტიპურ მომხმარებელთა თითოეული ჯგუფისათვის იგება დღეღამური დატვირთვის რამდენიმე გრაფიკი, რომელიც მის მუშაობას წლის სხვადასხვა პერიოდში და კვირის სხვადასხვა დღეებში ახასიათებს. ესაა ზამთრისა და ზაფხულის დღეღამური დატვირთვის ტიპური გრაფიკები, გამოსასწავლი დღის გრაფიკი და სხვ. აქედან ძირითადად ზამთრის სამუშაო დღის დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი წარმოადგენს. მისი მაქსიმალური დატვირთვა ($P_{აკჰ}$) 100%-ის ტოლად მიიღება, ხოლო დანარჩენი საფეხურების ორდინატები პროცენტებშია მოცემული $P_{აკჰ}$ -ის მიხედვით (ნახ. 2-20).

აქტიური დატვირთვის გრაფიკების გარდა გამოიყენება რეაქტიული დატვირთვის გრაფიკები, რომელსაც ასევე აბსოლუტური მაქსიმუმის საფეხურების ორდინატები გააჩნია (%-ში)

$$Q_{აკჰ} = P_{აკჰ} \operatorname{tg} \varphi_{აკჰ} \quad (2-34)$$

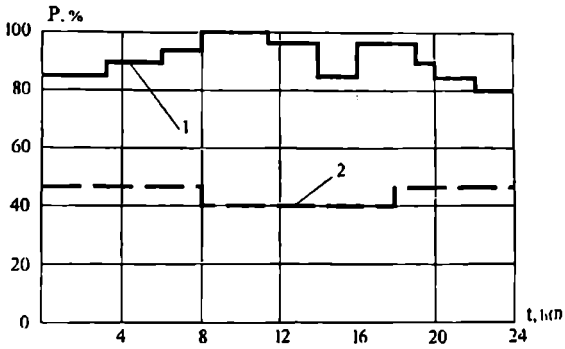
სადაც $\operatorname{tg} \varphi_{აკჰ}$ - $\cos \varphi$ -ის მიხედვით განისაზღვრება, რომელიც მოცემული უნდა იყოს, როგორც კონკრეტული მომხმარებლის ამოსავალი პარამეტრი.

სრული სიმძლავრის დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი შეიძლება აქტიური და რეაქტიული დატვირთვების გრაფიკების გამოყენების საფუძველზე იქნეს მიღებული. სიმძლავრის მნიშვნელობები გრაფიკის საფეხურების მიხედვით განისაზღვრება გამოსახულებით:

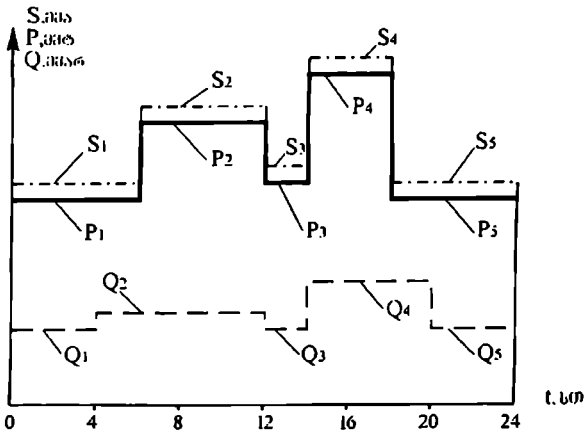
$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}; \\ S_2 &= \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}; \\ \dots\dots\dots \\ S_n &= \sqrt{P_n^2 + Q_n^2}. \end{aligned} \right\} \quad (2-35)$$

სადაც P_n და Q_n - გრაფიკის მოცემული n საფეხურის აქტიური და რეაქტიული დატვირთვებია სახელობით ერთეულებში.

მომხმარებლების აქტიური (P), რეაქტიული (Q) და სრული (S) სიმძლავრის დატვირთვის დღეღამური გრაფიკები ნახ. 2-21-ზეა მოცემული.



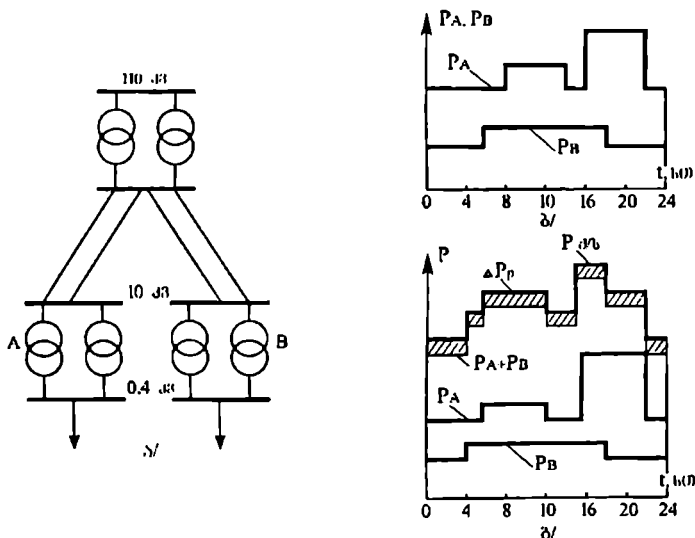
ნახ. 2-20. კონკრეტული პროფილის წარმოების (შავი მეტალურგია) ტიპური დატვირთვის გრაფიკი.
1 - სამუშაო დღის; 2 - გამოსასყეული დღის.



ნახ. 2-21. მომხმარებლების აქტიური (P), რეაქტიული (Q) და სრული (S) სიმძლავრის დატვირთვის გრაფიკები.

რაიონული ქვესადგურების დღელამური დატვირთვის გრაფიკები. აღნიშნული გრაფიკები იგება გადამცემ ხაზებსა და ტრანსფორმატორებში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგების გათვალისწინებით, რასაც ელექტროენერგიის გადაცემისა და განაწილების დროს აქვს ადგილი.

სიმძლავრის დანაკარგები, რომელიც გადამცემ ხაზებსა და ტრანსფორმატორების გრაგნილებში დენის გაელის შედეგად წარმოიქმნება, დატვირთვაზე დამოკიდებული და ცვლად სიდიდეს წარმოადგენს. ქსელის სიმძლავრის დანაკარგების მუდმივი ნაწილი ძირითადად ტრანსფორმატორის უკმის სელების დანაკარგებით განისაზღვრება. ელექტრული ქსელის აქტიური დატვირთვის დღელამური გრაფიკი რაიონული ქვესადგურის სალტებზე მოსული დატვირთვისათვის ნახ. 2-22-ზეა მოცემულია

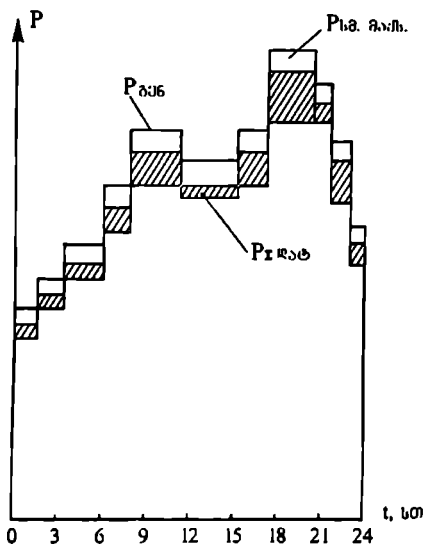


ნახ.2-22. ელექტრული ქსელის აქტიური დატვირთვის გრაფიკი რაიონული ქვესადგურის სალტებზე.

ა - ქსელის სქემა; ბ - ცალკეული მომხმარებლების დატვირთვის გრაფიკები; გ - ჯამური დატვირთვის გრაფიკი.

ელექტროსადგურის დატვირთვის გრაფიკები. თუ შევაჯამებთ მომხმარებლების დატვირთვებისა და ენერგოსისტემის ელექტრულ ქსელებში სიმძლავრეების დანაკარგების გრაფიკებს, მივიღებთ სისტემის ელექტროსადგურების დატვირთვის გრაფიკს.

ელექტროსადგურის გენერატორების დატვირთვის გრაფიკი მათი შემკრები სალტებიდან გაცემული სიმძლავრისა და სადგურის საკუთარი მოხმარების სიმძლავრის ჯამის მიხედვით იგება (ნახ. 2-23).



ნახ. 2-23. ენერგოსისტემის დღეღამური აქტიური დატვირთვის გრაფიკი.

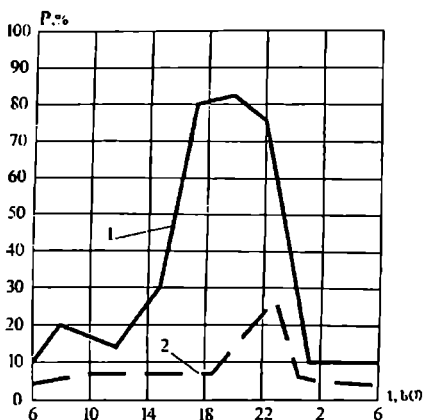
დატვირთვები სისტემის ელექტროსადგურებს შორის ისეთნაირად უნდა განაწილდეს, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მთლიანად ენერგოსისტემის მუშაობის ეკონომიკურობა, რისთვისაც სადისპეტჩერო სამსახური წინასწარ აძლევს ელექტროსადგურებს მათი მუშაობის დღეღამური დატვირთვის საორიენტაციო გრაფიკებს.

ელექტროსადგურების დატვირთვა დროის მიხედვით ცვალებადია, რის გამოც წარმოებული და მომხმარებლებისათვის მიწოდებული ელექტროენერგიის მოცულობა ცვალებადობს როგორც დღეღამის საათების, ასევე წელიწადის დღეების მიხედვით. დატვირთვის ცვალებადობის ფორმა სადგურის დანიშნულებასა და მასზე მიერთებული მომხმარებლების სპეციფიკასა და კატეგორიაზე დამოკიდებული.

ნახ 2-24-ზე მოცემულია ელექტროსადგურის დატვირთვის გრაფიკი უპირატესად განათების მომხმარებლებისათვის.

როგორც გრაფიკის ანალიზიდან ჩანს, სადგურს აშკარად გამოხატული პიკის საათები, ე.ი. მაქსიმალური დატვირთვა გააჩნია 17-დან 20 საათამდე (ზამთრის დღე, ტეხილი 1) და 21-დან 23 საათამდე (ზაფხულის დღე, ტეხილი 2).

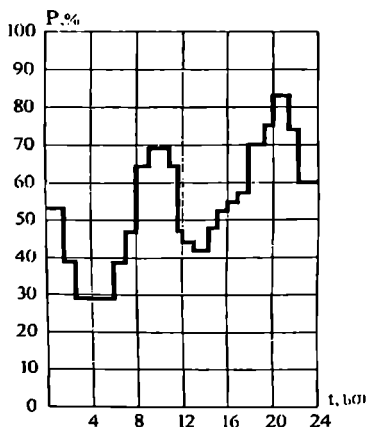
ელექტროსადგურები, რომელიც ძირითადად განათების მომხმარებლებს ემსახურება, ძალზე იშვიათია. ჩვეულებრივად, სადგური, განათების მომხმარებლების გარდა, ელექტროენერგიას აწვდის სამრეწველო საწარმოებს, სამშენებლო და სასოფლო-სამეურნეო ობიექტებს, ელექტროფიცირებულ ტრანსპორტს, წყალსადენების, კანალიზაციისა და სხვა ნაგებობების, აგრეთვე კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების მომხმარებლებს. ყოველივე ეს ელექტროსადგურის დატვირთვის გრაფიკის მკვეთრ ცვალებადობას იწვევს. ასეთი მომხმარებლების დატვირთვა დღის



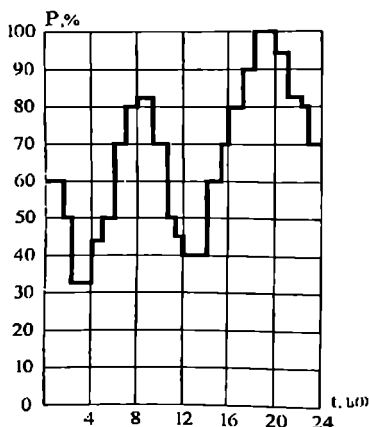
ნახ.2-24. ელექტროსადგურის დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი განათების მომხმარებლებისათვის:
 1 - ზამთრის დღეღამისათვის;
 2 - ზაფხულის დღეღამისათვის.

განმავლობაში მაქსიმალურია, რის გამოც საღამოს მაქსიმუმის გარდა ადგილი აქვს დღის მაქსიმუმსაც.

ნახ. 2-25-სა და ნახ. 2-26-ზე მოცემულია დღეღამური დატვირთვის გრაფიკები (პროცენტებში) სამრეწველო და კულტურული ცენტრისათვის ზამთრისა და ზაფხულის პერიოდებისათვის.



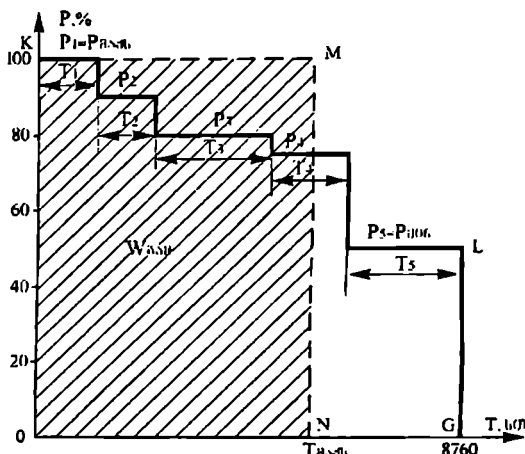
ნახ.2-25. ზამთრის დღის დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი სამრეწველო და კულტურული ცენტრისათვის.



ნახ.2-26. ზაფხულის დღის დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი სამრეწველო და კულტურული ცენტრისათვის.

ზამთრისა და ზაფხულის დღეების დღელამური დატვირთვის გრაფიკები საშუალებას იძლევა აგებულ იქნეს ელექტროსადგურის წლიური დატვირთვის გრაფიკი, რომელსაც ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული დატვირთვის გრაფიკი ეწოდება.

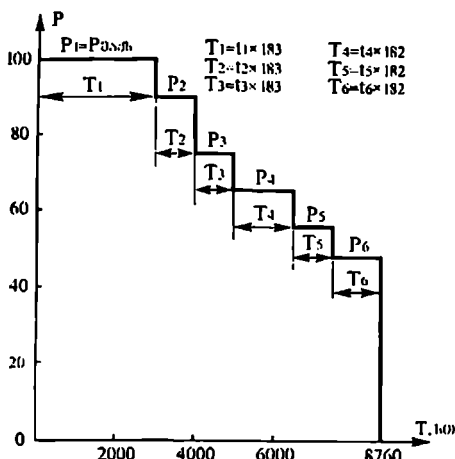
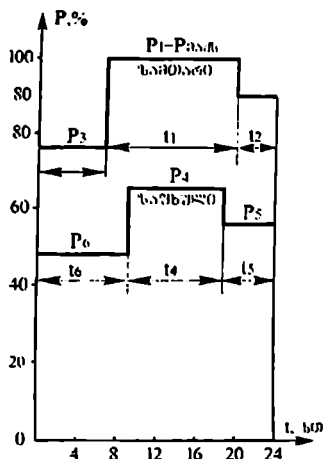
ზამთრისა და ზაფხულის დღელამური დატვირთვის გრაფიკების მიხედვით წლიური დატვირთვის გრაფიკის ასაგებად საჭიროა განისაზღვროს სამუშაო დღეების რიცხვი წლის განმავლობაში. თუ განსაზღვრავთ რომელიმე, მაგალითად, მაქსიმალური დატვირთვის დღელამურ ხანგრძლივობას და გაეამრავლებთ სამუშაო დღეების წლიურ რიცხვზე, მივიღებთ მაქსიმალური დატვირთვის ხანგრძლივობას წლის განმავლობაში. გაეამრავლებთ რა ანალოგიურ ოპერაციებს დატვირთვის მომდევნო კლებადი მნიშვნელობებისათვის და მიღებულ სიდიდეებს თანამიმდევრულად გადავდებთ აბსცისათა ღერძის პარალელურად, მივიღებთ საფეხურებრივ გრაფიკს, რომელიც ხანგრძლივობის მიხედვით აგებულ წლიური დატვირთვის გრაფიკს წარმოადგენს (ნახ 2-27).



ნახ. 2-27. ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული წლიური დატვირთვის გრაფიკი.

ნახ 2-28-ზე მოცემულია ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული წლიური დატვირთვის გრაფიკი ორი დღელამური დატვირთვის გრაფიკის - ზამთრისა - (183 დღე) და ზაფხულის - (182 დღე) დღელამის მიხედვით.

წლიური დატვირთვის გრაფიკი იგება როგორც ელექტროსადგურების, ასევე ცალკეული მომხმარებლებისათვის. ზამთრისა და ზაფხულის დღელამური დატვირთვის გრაფიკები საშუალებას იძლევა დადგინდეს ელექტროსადგურებში თანაბარი სიმძლავრის გენერატორების ოპტიმალური რაოდენობა, რომელთა მუშაობის მ.კ.კ. მაქსიმალური იქნება. ამასთან, დატვირთვის გრაფიკები საშუალებას იძლევა განსაზღვრულ იქნეს აგრეგატების რიცხვისა და სიმძლავრის ოპტიმალური მნიშვნელობები დღელამის სხვადასხვა პერიოდში. რაც შეეხება ხანგრძლივობის მიხედვით აგებ-



ნახ. 2-28. დღელამური დატვირთვის გრაფიკის საფუძველზე ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული წლიური დატვირთვის გრაფიკი.

ულ წლიური დატვირთვის გრაფიკს, მისი საშუალებით განისაზღვრება ორგანული სათბობის საჭირო რაოდენობა და ნაწილდება დატვირთვები პარალელურად მომუშავე გენერატორებსა და მთლიანად ელექტროსადგურებს შორის.

ელექტროსადგურების დღელამური და წლიური დატვირთვის გრაფიკების მიხედვით შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს სადგურის მუშაობის, მისი ეკონომიკურობისა და აგრეგატების ოპტიმალური რიცხვის შერჩევის მახასიათებელი პარამეტრები და კოეფიციენტები.

1. ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული წლიური დატვირთვის გრაფიკითა და კოორდინატთა ღერძებით შემოსაზღვრული ფართობი (ნახ 2-27) წარმოადგენს გამომუშაებული ან მოხმარებული ელექტროენერჯიის მოცულობას წლის განმავლობაში (OKLG ფართობი OKMN ფართობის ტოლია):

$$W_{\text{გამ}} = \sum P_i T_i \quad (2-36)$$

სადაც P_i - გრაფიკის i -ური საფეხურის აქტიური სიმძლავრეა; T_i - საფეხურის ხანგრძლივობაა.

2. დანადგარის საშუალო დატვირთვა განსახილველ პერიოდში (დღელამეში, წელიწადში):

$$P_{\text{საშ}} = \frac{W_{\text{გამ}}}{T} \quad (2-37)$$

სადაც $T_{\text{საშ}}$ - განსახილველი პერიოდის ხანგრძლივობაა; $W_{\text{გამ}}$ - ამავე პერიოდში გამომუშაებული ან მოხმარებული ელექტროენერჯიაა.

3. ელექტროდანადგარის მუშაობის გრაფიკის უთანაბრობის ხარისხი შეესების კოეფიციენტით ფასდება

$$K_{\text{გაგ}} = \frac{W_{\text{გაგ}}}{P_{\text{გაგ}} T} = \frac{P_{\text{საგ}}}{P_{\text{გაგ}}} \quad (2-38)$$

დატვირთვის გრაფიკის შეესებების კოეფიციენტი გეინენებს, თუ რამდენჯერ ნაკლებია დროის განსახილველ პერიოდში (დღელამეში, წელიწადში) გამოიშუაებული ან მოხმარებული ელექტროენერგია იმ ენერჯის რაოდენობაზე, რომელსაც ელექტროსადგური გამოიშუაებდა ან მოხმარებდა მოიხმარდა დროის აღნიშნულ პერიოდში მაქსიმალური დატვირთვით მუშაობის შემთხვევაში.

4. მაქსიმალური დატვირთვის გამოყენების ხანგრძლივობა

$$T_{\text{გაგ}} = \frac{W_{\text{გაგ}}}{P_{\text{გაგ}}} = \frac{P_{\text{საგ}} T}{P_{\text{გაგ}}} = K_{\text{გაგ}} T \quad (2-39)$$

სადაც $P_{\text{გაგ}}$ - ელექტროსადგურის მაქსიმალური დატვირთვაა დროის განსახილველ პერიოდში.

ყველაზე ხშირად განისაზღვრება მაქსიმუმის გამოყენების წლიურ საათთა რიცხვი ($T_{\text{გაგ, წლ.}}$). რაიონული დანიშნულების ელექტროსადგურებისათვის იგი მერყეობს 5000-7000 საათის ფარგლებში, საქარხნო თბოელექტროცენტრალებისათვის - 2500-5000 საათის, ხოლო პატარა ქალაქების შედარებით მცირე სიმძლავრის ელექტროსადგურებისათვის 2500-3000 საათის ფარგლებში. რაც მეტია $T_{\text{გაგ, წლ.}}$ მით ეფექტურადაა გამოყენებული ელექტროსადგურის მოწყობილობები და დანადგარები.

5. ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი

$$K_{\text{გაგ}} = \frac{W_{\text{გაგ}}}{TP_{\text{დად}}} = \frac{P_{\text{საგ}}}{P_{\text{დად}}} \quad (2-40)$$

დადგმული სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტი ახასიათებს ელექტროსადგურის მუშაობის ეკონომიკურობას და გეინენებს, თუ რა ნაწილს შეადგენს სადგურის მიერ გამოიშუაებული ელექტროენერგია იმ ენერჯიასთან შედარებით, რომელსაც იგი გამოიშუაებდა განუწყვეტელი მაქსიმალური დატვირთვით მუშაობის პირობებში. რაც მეტია $K_{\text{გაგ}}$, მით დაბალია წარმოებული ელექტროენერჯიის თვითღირებულება.

რაიონული დანიშნულების ელექტროსადგურებისათვის $K_{\text{გაგ}} = 0,7-0,8$; საქარხნო თბოელექტროცენტრალებისათვის - 0,4-0,55-ს, ხოლო საქალაქო ელექტროსადგურებისათვის - 0,3-0,4-ს.

6. რეზერვის კოეფიციენტი

$$K_{\text{რეზ}} = \frac{P_{\text{დად}}}{P_{\text{გაგ}}} \quad (2-41)$$

სადაც $P_{\text{დად}}$ - ელექტროსადგურების აგრეგატების დადგმული სიმძლავრეა.

რეზერვის კოეფიციენტი ყოველთვის ერთზე მეტია და ელექტროსადგურის დანიშნულებასა და მისზე მიერთებული მოხმარებლების კატეგორიის ხარისხზეა დამოკიდებული.

7. ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრის გამოყენების ხანგრძლივობა

$$T_{\text{დად}} = \frac{W_{\text{გაგ}}}{P_{\text{დად}}} = K_{\text{გაგ}} T \quad (2-42)$$

(2-40)-სა და (2-42)-ში $P_{\text{დად}}$ -ის ქვეშ იგულისხმება ელექტროსადგურის ყველა აგრეგატის (სარეზერვო აგრეგატის ჩათვლით) ჯამური დადგმული სიმძლავრე.

გამოყენების კოეფიციენტი სადგურის აგრეგატების დადგმული სიმძლავრეების გამოყენების ხარისხს ახასიათებს. აშკარაა, რომ $K_{\text{გამ}} < 1$, ხოლო $T_{\text{დად}} < T$. $P_{\text{დად}} \geq P_{\text{გამ}}$ -ის დამოკიდებულების გათვალისწინებით გვექნება: $K_{\text{გამ}} \leq K_{\text{შუა}}$. საშუალოდ ენერგოსისტემისათვის ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების გამოყენების წლიური ხანგრძლივობა დაახლოებით 4800 საათს შეადგენს.

რამდენადაც თანაბარია გენერატორების დატვირთვა, იმდენად უკეთესია მათი მუშაობის პირობები, რის გამოც წარმოიშება დატვირთვის გრაფიკების რეგულაციის (გათანაბრების) პრობლემა. ამასთან, მიზანშეწონილი ხდება ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეების მაქსიმალურად გამოყენება.

ელექტროსადგურების მუშაობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებელს გამომუშავებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება წარმოადგენს, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$C = a + \frac{bP_{\text{დად}}}{W_{\text{გამ}}} = a + \frac{bP_{\text{დად}}}{T_{\text{გამ}} P_{\text{დად}}} = a + \frac{b}{T_{\text{გამ}}} \quad (2-43)$$

სადაც $a-1$ კვტს წარმოებულ ელექტროენერჯიაზე მოსული დანახარჯების მუდმივი შემდგენია (სათბობი, წყალი, წყალბადი, წყლის ქიმიური გასუფთავება და სხვ.); b - ელექტროსადგურის მშენებლობასა და მის მომსახურებაზე (ამორტიზაცია, მიმდინარე რემონტი, დაცვა, პერსონალის ხელფასი, ბიუჯეტში გადარიცხვა და სხვ.) მოსული დანახარჯებია.

როგორც (2-43)-დან ჩანს, წარმოებული ელექტროენერჯის თვითღირებულება ელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრის გამოყენების ხანგრძლივობის უკუპროპორციულია, რის გამოც აუცილებელი ხდება სიმძლავრის გამოყენების ხანგრძლივობის ($T_{\text{გამ}}$) გაზრდის გზების გამოძებნა. რიგი მიზეზების გამო ენერგეტიკაში $T_{\text{გამ}}$ -ის გაზრდა პრაქტიკულად უმნიშვნელოდაა შესაძლებელი.

ელექტროსადგურების ექსპლუატაციის პირობებში შესაძლებელია მომხმარებლების მაქსიმალური დატვირთვების თანხედრით გამოწვეული დატვირთვის მყისიერი, მაგრამ ძალზე მკვეთრი ზრდა (პიკური დატვირთვა).

დატვირთვის პიკების, და, სათანადოდ, ელექტროსადგურის პარალელურად მომუშავე გენერატორების რიცხვის შესამცირებლად საჭიროა დატვირთვის გრაფიკების რეგულაცია (გათანაბრება), რომელიც შემდეგი ღონისძიებების გატარებით შეიძლება განხორციელდეს:

1. იმ მომხმარებლების მუშაობის დაწყებისა და დამთავრების დროის დაქვრით, რომელთა დატვირთვის მაქსიმუმები ერთმანეთს ემთხვევა;
2. სამრეწველო საწარმოების, მათი საამქროების, აგრეთვე მომხმარებელთა ტექნოლოგიური აგრეგატების მუშაობის საათების რიცხვის წინასწარი დაგეგმვით;
3. ენერგოსისტემის მინიმალური და მაქსიმალური დატვირთვის საათებში მოხმარებულ ელექტროენერჯიაზე დიფერენცირებული ტარიფების შემოღებით, რომელიც მაქსიმალურად უზრუნველყოფს მომხმარებლების მუშაობას ენერგოსისტემის მინიმალური დატვირთვის საათებში;
4. სეზონური მომხმარებლების (ტორფდამამუშავებელი, სარწყავი, სეზონური წარმოების ქარხნები, კონდიციონერები და სხვ.) ჩართვით;

5. ზოგიერთი მომხმარებლების (სატუმბო, სატუმბო რეჟიმში მომუშავე პიდრომააკუმულირებელი სადგურების, დამშუხტავი სადგურებისა და სხვ.) ღამის საათებში ჩართვით;

6. მრეწველობაში მუშა ცვლების რიცხვის (ცვლიანობის კოეფიციენტის) გაზრდით;

7. გამოსასვლელი დღეების მიმორიგებით;

8. სატარიფო სისტემის გამკაცრებით, მაგ. გადასახადების შემოღებით როგორც მოხმარებულ აქტიურ, ასევე რეაქტიულ სიმძლავრეზე (ენერჯიაზე);

9. ელექტრულ ქსელებში რეაქტიული სიმძლავრეების გადაღინების შემცირებით;

10. რაიონული ენერგოსისტემების სისტემათაშორისი კავშირის ხაზებით გაერთიანებულ ენერგოსისტემაში ჩართვით;

ელექტროსადგურების დატვირთვის უეცარი გაზრდის შემთხვევაში, რაც შეიძლება ერთი ან რამდენიმე გენერატორის ავარიული ამორთვით იყოს გამოწვეული, დატვირთვის გრაფიკის გათანაბრება შედარებით არასაპასუხისმგებლო მომხმარებლების ავტომატური ამორთვის ან სარეზერვო გენერატორების ჩართვის გზით ხდება.

ეკონომიკის სხვადასხვა დარგების, სამრეწველო საწარმოების, ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების ელექტრული დატვირთვების გრაფიკები საშუალებას იძლევა პროგნოზი გაუკეთდეს მოსალოდნელ მაქსიმალურ დატვირთვებს, ელექტროენერჯიის მოხმარების რეჟიმებსა და მოცულობებს, აგრეთვე სისტემის განვითარების პერსპექტივებს. რაც უფრო თანაბარია მომხმარებლების დატვირთვის გრაფიკი, მით თანაბარია მთლიანად ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკიც და მით უფრო იოლია ელექტროსადგურების ეკონომიკური მუშაობის უზრუნველყოფა.

დატვირთვების გრაფიკების ბუნებრივი რეგულაცია შედარებით იოლად ხდება მძლავრ ენერგოსისტემებში, რომელიც მსხვილ რეგიონებსა და მომხმარებლების დიდ რაოდენობას მოიცავს, რაც საშუალებას იძლევა დატვირთვების ნაწილი ერთი ელექტროსადგურიდან მეორე, შედარებით ნაკლებად დატვირთულ ელექტროსადგურზე იქნეს გადატანილი.

§2-19 სიმძლავრის კოეფიციენტი და მისი გაუმჯობესების საშუალებები

ცნობილია, რომ სუფთა აქტიური დატვირთვის მქონე ცვლადი დენის წრედში დენი ფაზით ემთხვევა ძაბვას.

თუ წრედში ჩართულია ისეთი დენმიმღებები, რომელთაც აქტიური და ინდუქტიური წინაღობა გააჩნია (ასინქრონული ძრავები, შესადღებელი და ძალური ტრანსფორმატორები და სხვ.), დენი ჩამორჩენილი აღმოჩნდება ძაბვისაგან გარკვეული ϕ კუთხით, რომელსაც ფაზების ძერის კუთხე ეწოდება. აღნიშნული კუთხის კოსინუსს ($\cos\phi$) სიმძლავრის კოეფიციენტი ეწოდება.

სიმძლავრის კოეფიციენტის სიდიდე ელექტროენერგიის წყაროს აქტიური სიმძლავრის გამოყენების ხარისხს ახასიათებს. რაც მეტია დენმიმღებების სიმძლავრის კოეფიციენტი, მით ეფექტურადაა გამოყენებული ელექტროსადგურების გენერატორები და პირველადი ძრავები (ტურბინები და სხვ.), ქვესადგურების ტრანსფორმატორები და გადაამცემი ხაზები, და, პირიქით — რაც ნაკლებია $\cos\phi$, მით ცუდადაა გამოყენებული ელექტროსადგურების მოწყობილობები და საერთოდ, ელექტროენერგეტიკული სისტემის ელემენტები. $\cos\phi$ -ს დაბალი მნიშვნელობა იგივე აქტიური სიმძლავრის შემთხვევაში იწვევს დამატებით ხარჯებს უფრო მძლავრი სადგურების, ქვესადგურებისა და ელექტრული ქსელების მშენებლობისათვის, აგრეთვე დამატებით საექსპლუატაციო ხარჯებს.

ნათქვამიდან აშკარად ჩანს სიმძლავრის კოეფიციენტის დიდი ეკონომიკური მნიშვნელობა ენერგეტიკული სისტემის ნორმალური ფუქციონირებისათვის.

„ელექტროდინამიკების მოწყობილობის წესების“ თანახმად სამრეწველო საწარმოებისათვის აუცილებელია $\cos\phi$ -ს 0,92-0,95-ის ფარგლებში დაკავება.

ელექტრომიმღებების მოქმედი სიმძლავრე უწყვეტად ცვალებადობს დროის შუალედში. ეს იმით აიხსნება, რომ ცალკეული დენმიმღებების ან მათი ჯგუფების მუშაობა დროის მიხედვით ერთმანეთს არ ემთხვევა. გარდა ამისა, ელექტროდინამიკების ნაწილი შეიძლება არასრული დატვირთვით მუშაობდეს ან საერთოდ უქმი სელის მდგომარეობაში იმყოფებოდეს.

ელექტრომიმღებების აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის ცვლილება სიმძლავრის კოეფიციენტის ცვლილებასაც იწვევს. ანსხეავენ სიმძლავრის კოეფიციენტის შემდეგ განსაზღვრებებს:

1. მუდმივი სიმძლავრის კოეფიციენტი — $\cos\phi$ -ს სიდიდე დროის მოცემულ მომენტში. მისი მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს ფაზომეტრის ან მზომი ხელსაწყოების — ამპერმეტრის, ვოლტმეტრისა და კილოვამეტრის ერთდროული ჩვენებით შემდეგი ფორმულით:

$$\cos\phi = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3}U} \quad (2-44)$$

2. საშუალო სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომელიც დროის თანაბარ შუალედებში აღებული მუდმივი სიმძლავრის კოეფიციენტის საშუალო არითმეტიკულ მნიშვნელობას წარმოადგენს

$$\cos\phi_{\text{სა}} = \frac{\cos\phi_1 + \cos\phi_2 + \dots + \cos\phi_n}{n} \quad (2-45)$$

სადაც n — დროის შუალედების რიცხვია.

3. საშუალოშეწონილი სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომელიც აქტიური და რეაქტიული ენერჯის შრიცხველების ჩვენებით განისაზღვრება დროის გარკვეულ პერიოდში (საათი, ცვლა, თვე, კვარტალი, წელი):

$$\cos \varphi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}} \quad (2-46)$$

სადაც W_a და W_r - შრიცხველების ჩვენებით განისაზღვრული აქტიური და რეაქტიული ენერჯია დროის ერთ და იმავე შუალედში, კეტსთ, კვარსთ.

ბუნებრივი საშუალოშეწონილი სიმძლავრის კოეფიციენტი ახასიათებს ელექტროდანადგარების მუშაობას მაკომპენსირებელი მოწყობილობების გარეშე.

რეაქტიული სიმძლავრის ძირითად მომხმარებლებს წარმოადგენს ასინქრონული ელექტროძრავები, ტრანსფორმატორები, ინდუქციური ღუმელები, შედუღების აპარატები, აირგანმშუტბაეი ნათურები და სხე.

ნორმალურთან მიახლოებულ დატეირთით მომუშავე ასინქრონულ ელექტროძრავებს ყველაზე მაღალი $\cos \varphi$ გაანჩია. ძრავას დატეირთვის შემცირების შემთხვევაში $\cos \varphi$ მცირდება. ეს იმით აიხსნება, რომ აქტიური სიმძლავრე ძრავას გამოყენებზე მისი დატეირთვის პროპორციულად იცვლება, როცა რეაქტიული სიმძლავრე დამაგნიტების დენის უმნიშვნელო ცვლილების გამო პრაქტიკულად მუდმივი რჩება.

უქმი სელის დროს $\cos \varphi$ -ს გაანჩია მინიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ელექტროძრავას ტიპის, სიმძლავრისა და ბრუნვის სიჩქარის მიხედვით 0,1-0,3-ის შარგლებში იცვლება. ძალურ ტრანსფორმატორებს, ნომინალური დატეირთვის 75% -ზე ნაკლები სიდიდის შემთხვევაში დაბალი $\cos \varphi$ გაანჩია.

ასევე დაბალი სიმძლავრის კოეფიციენტი აქვთ ასინქრონულ ელექტროძრავებს, რაც მაგნიტური ნაკადის გაბნევით აიხსნება.

ელექტროდანადგარების სიმძლავრის კოეფიციენტის გაზრდა პირველ რიგში ელექტრომოწყობილობის სწორი და რაციონალური ექსპლუატაციით, ე.ი. ბუნებრივი გზითაა შესაძლებელი. ელექტროძრავების სიმძლავრე უნდა შეირჩეს მკაცრი შესაბამისობით იმ სიმძლავრესთან, რომელიც მასზე მიერთებული მექანიზმის აქერისათვისაა საჭირო, ხოლო უქმარდატეირთული ელექტროძრავები სათანადოდ შემცირებული სიმძლავრის ძრავებით უნდა შეიცვალოს.

ამასთან, გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ის გარემოება, რომ ზოგჯერ ასეთმა შეცვლამ შეიძლება აქტიური ენერჯის დანაკარგების ზრდა გამოიწვიოს თით ძრავასა და ქსელში, თუ ახლად შერჩეული ძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტი ძველი ძრავას მ.ქ.კ. - ზე ნაკლები აღმოჩნდა. ამიტომ, ძრავას სიმძლავრის შეცვლას წინ სათანადო გაანგარიშება და პარამეტრების შედარება უნდა უძლოდეს.

რეაქტიული სიმძლავრის შემცირების მიზნით მიზანშეწონილია ძაბვის შემცირება ასინქრონული ძრავას სტატორის გრაგნილის გამოყენებზე, თუ მისი დატეირთვა ნომინალური სიმძლავრის 40%-ს არ აღემატება, რაც შეიძლება სტატორის გრაგნილის შეერთების ჯგუფის სამკუთხედის სქემიდან ვარსკვლავის სქემაზე გადაართვით განხორციელდეს.

ამასთან, ძაბვა სტატორის გრაგნილის თითოეული ფაზის გამოყენებზე $\sqrt{3}$ -ჯერ მცირდება, რაც მაგნიტური ნაკადისა და რეაქტიული სიმძლავრის შემცირებას იწვევს.

რეკომენდებულია აგრეთვე ისეთი ტრანსფორმატორების დროებით ამორთვა, რომელიც საშუალოდ თავისი ნომინალური სიმძლავრის 30%-ზე ნაკლებადაა დატეირთული. $\cos \varphi$ -ს გაზრდაზე ასევე კეთილნაყოფიერ გავლენას ახდენს ასინქრონული ელექტროძრავების ხარისხიანი რემონტი.

გარემონტებულ ელექტროძრავებს უნდა ჩაუტარდეს ყოველმხრივი გამოცდა უქმი სელის დენზე გამოცდის ჩათვლით.

რიგ შემთხვევებში დენმიმღებების ტექნოლოგიური პროცესის პირობების მიხედვით ჩატარებული ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებები არ იძლევა $\cos \varphi$ -ს მოთხოვნილ მნიშვნელობამდე (0,92-0,95) გაზრდის საშუალებას. ასეთ ელექტროდანადგარებზე გამოიყენება რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის ხელოვნური მეთოდი – სიმძლავრის კოეფიციენტის გაზრდა მაკომპენსირებელი მოწყობილობების გამოყენებით.

ასეთ მოწყობილობებს მიეკუთვნება: სტატიკური კონდენსატორები, სინქრონული კომპენსატორები და გადააგზნებული სინქრონული ძრავები. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციისათვის ყველაზე ფართო გამოყენება სტატიკურმა კონდენსატორებმა აქოვა.

კონდენსატორის სათანადო ტევადობის შერჩევის შემთხვევაში შესაძლებელია ძაბვასა და დენს შორის ძერის კუთხის დაყვანა ნებისმიერ მოთხოვნილ მნიშვნელობამდე. მკვებაე ქსელში დენის შემცირება შესაძლებელია რეაქტიული შემდგენის ხარჯზე, რომელიც კონდენსატორის ტევადური დენით კომპენსირდება.

სტატიკური კონდენსატორების ბატარეა სხვადასხვა ძაბვაზე მზადდება: 0,22; 0,38; 0,5; 1,05; 3,15; 6,3; 10,5 კე-ზე.

თავი III. ელექტროენერჯის ხარისხი და მისი უზრუნველყოფა

§ 3-1. ელექტრული ენერჯის ხარისხის მნიშვნელობა

"ელექტრული ენერჯის ხარისხის" ტერმინის ქვეშ იგულისხმება ძირითადი პარამეტრების შესაბამისობა ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების დადგენილ ნორმებთან. აღნიშნული პარამეტრები განსაზღვრავს ელექტროენერჯის სამომხმარებლო თვისებების ერთობლიობას, მის მიერ ელექტრომომხმარებლების მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების უნარს მათი დანიშნულების შესაბამისად.

ელექტრული ენერჯია უშუალოდ პრაქტიკულად არ მოიხმარება, არამედ წარმოადგენს გარკვეულ ნახევარფაზობრივ და შემდგომში ელექტრომიმღებებში განიცდის გარდაქმნას. ელექტრომიმღებების მუშაობის ხარისხი დამოკიდებულია არა მარტო ელექტროენერჯის ხარისხზე, არამედ თვით დენმიმღებების თვისებებზეც.

მიუხედავად იმისა, რომ ელექტრომიმღებები განსაზღვრული ნორმინალური მონაცემებით მზადდება, მათ ნორმინალურიდან რამდენადმე განსხვავებულ რეჟიმებშიც ნორმალურად უნდა იმუშაონ. რიგ შემთხვევებში თითქმის ერთნაირი ეკონომიკური შედეგები მიიღება როგორც ენერჯის ხარისხის გაუმჯობესების, ასევე დენმიმღებების თვისებების შესაბამისი ცვლილებების შედეგად.

ჩვეულებრივად წინასწარ ცნობილია, რომ ეკონომიკურად უფრო მიზანშეწონილი გამოდის ელექტროენერჯის ხარისხის გაზრდა. გარდა ამისა, ენერჯის ხარისხის გაზრდა დამატებით ტექნიკურ-ეკონომიკურ ეფექტს იძლევა ელექტრომომარაგების სისტემების მუშაობის პროცესში.

ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლებისაგან დამოკიდებულია ცალკეული საწარმოო აგრეგატების მუშაობის ეკონომიკურობა თითოეულ მახასიათებელ რეჟიმში, რის გამოც დამატებით უნდა გადაწყდეს ელექტრომომარაგების სისტემის მუშაობის ეკონომიკურობის შემდგომი გაზრდის ამოცანა ელექტროენერჯის ხარისხზე მოქმედი არსებული საშუალებების პირობებში.

თანამედროვე პირობებში ელექტროენერჯის ხარისხი ნორმირებულია; მის დასაშვებ მაჩვენებლებზე ორიენტირებულია ელექტრომიმღებების თვისებები. ენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების ნორმირებული მნიშვნელობები ეკონომიკურად უნდა იქნეს დასაბუთებული. ამასთან, ენერჯის ხარისხის ნორმირებული მაჩვენებლების შესრულება განიხილება, როგორც მოცემული ტექნიკური პირობების უზრუნველყოფა.

ტექნიკური პირობების შესრულების უზრუნველყოფის ტერმინის ქვეშ იგულისხმება ისეთი არანორმალური მოვლენების აღმოფხვრა, როგორცაა პროდუქციის წუნი, მისი ხარისხის გაუარესება, მოწყობილობების დაზიანება, დენმიმღებების მუშაობის ხანგრძლივობის შემცირება და სხვ. აღნიშნული არანორმალური მოვლენები აღიქმება არა მყისიერად, ქსელის ერთი რომელიმე რეჟიმის შემთხვევაში, არამედ ელექტრომომარაგების სისტემის ხანგრძლივი ექსპლუატაციის განმავლობაში, რომლის დროსაც მუშაობის მრავალ სხვადასხვა რეჟიმს აქვს ადგილი. აღნიშნული მოვლენების აღრიცხვის სხვა ფორმების ფიქსაცია ძალზე გაძნელებულია.

ამოცანის ყველაზე ხელსაყრელი გადაწყვეტა შესაძლო ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საშუალებითაა შესაძლებელი. ამასთან, გადაწყვეტის ყველა შესაძარბელები ვარიანტი უპირობოდ უნდა აკმაყოფილებდეს ტექნიკურ მოთხოვნებს ენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების დადგენილი ნორმების გათვალისწინებით.

§3-2. ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლები

ელექტროენერჯის ხარისხის ძირითად მაჩვენებლებს წარმოადგენს სიხშირისა და ძაბვის მნიშვნელობა ელექტრული ქსელის კვანძებში. ელექტრომიმღებებთან ენერჯის ხარისხის თვისობრივი დახასიათება ძაბვისა და სიხშირის გადახრითა და რხევით, აგრეთვე ძაბვის მრუდის ფორმის სინუსოიდურობისა და ძირითადი სიხშირის სიმეტრიულობის დარღვევით აისახება. ელექტროენერჯის ხარისხის ნორმირების აუცილებლობა ძაბვისა და სიხშირის მიხედვით გამოდინარეობს მომხმარებლების აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის დამოკიდებულებიდან ძაბვისა და სიხშირესთან.

ენერჯის ხარისხის მაჩვენებელთა უმრავლესობაზე ქსელის პარამეტრები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს, რის გამოც ასეთ პარამეტრებს ადგილობრივი ეწოდება, რომელსაც ქსელის სხვადასხვა წერტილში სხვადასხვა რიცხობრივი მნიშვნელობა გააჩნია. გამოწვევის წარმოადგენს ქსელის ძირითადი სიხშირე, რომელიც დამყარებულ რეჟიმებში გენერატორების ბრუნვის სიჩქარით განისაზღვრება.

ენერჯის ხარისხის ადგილობრივი მაჩვენებლების დასაშვებ ფარგლებში უზრუნველყოფის მიზნით რიგ შემთხვევებში საჭირო ხდება ქსელის პარამეტრების შეცვლა ან საეციალური დამატებითი მოწყობილობის გამოყენება. ამისათვის ქსელის დაპროექტების პროცესში საჭიროა აღნიშნული მაჩვენებლების განსაზღვრა მოცემულ პირობებში, და, აუცილებლობის შემთხვევაში ენერჯის კონდიციონების ყველაზე ეკონომიკური ხერხის შერჩევა, ე.ი. ენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების არსებულ ნორმებთან შესაბამისობაში მოყვანა.

ქვემოთ ენერჯის ხარისხის მაჩვენებლები დაწერილებითაა განხილული. ამასთან, თითოეული მათგანისათვის მოცემულია განსაზღვრება, განხილულია მათი ცვლილების მიზეზები და ამ ცვლილებების გააღწევა დენმიმღებების მუშაობაზე; გადმოცემულია მოქმედ ნორმების მოთხოვნები და მდგომარეობის გაუმჯობესების გზები, მოტანილია ზოგიერთი ცნობები ელექტრული ქსელების ექსპლუატაციის პროცესის ფაქტიური მდგომარეობის კონტროლის შესაძლებლობების შესახებ.

მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ ენერჯის ხარისხის რაოდენობრივი მაჩვენებლები გამუდმებით იცვლება. ამიტომ, ენერჯის მოთხოვნილი ხარისხის უზრუნველყოფის საშუალების შერჩევის ამოცანის გარდა, ქსელების პროექტირების დროს საჭირო ხდება აგრეთვე რეჟიმის პარამეტრების რეგულაციის ხერხების შერჩევა დატვირთვების ცვლილების პროცესში.

პრაქტიკულად, ენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების მოთხოვნილ დონეზე უზრუნველყოფა მხოლოდ ავტომატური რეგულაციის სისტემის საშუალებითაა შესაძლებელი, ვინაიდან დატვირთვის ცვლილება იწვევს რეჟიმის პარამეტრების საკმაოდ ხშირი ცვლილების აუცილებლობას. ცალკეულ შემთხვევებში, მაგ. ავარიის შემდგომ რეჟიმში შესაძლებელი და მიზანშეწონილია სათანადო მოწყობილობის ხელით მართვის მეთოდის გამოყენება.

ავარიის შემდგომ რეჟიმად ითვლება მუშაობის რეჟიმი, რომელიც აღიჭრება ენერჯის სისტემის ან ელექტრული ქსელის დაზიანებული ელემენტის ამორთვის შემდეგ და გრძელდება მუშაობის ნორმალური რეჟიმის აღდგენამდე.

ელექტრული ქსელების პროექტირების დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება იმის ცოდნას, რომ კონდიციონებული ენერჯია სხვადასხვა მაჩვენებლების მიხედვით შეიძლება ერთი და იგივე მოწყობილობის მიერ

იქნეს გამოყენებული. ასეთ მოწყობილობებს მიეკუთვნება, მაგალითად, სტატისტიკური კონდენსატორების ბატარეა.

ელექტრული ქსელების ექსპლუატაციის პირობებში საჭიროა განხორციელდეს ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების სისტემური კონტროლი. სათანადოდ, უნდა განხორციელდეს ენერჯის ხარისხის მაჩვენებლების გაზრდის დამატებითი ღონისძიებები, კერძოდ: ავტომატიზაციის დამატებითი საშუალებების გამოყენება; მოწყობილობების შემადგენლობისა და პარამეტრების ცვლილება და დამატებითი მოწყობილობების ჩართვა. უკანასკნელი ღონისძიებისათვის საჭიროა სათანადო საპროექტო გადაწყვეტები, რომელიც ელექტრული ქსელის განვითარების ან რეკონსტრუქციის პირობებში სრულდება.

§3-3. სიხშირის გადახრა

დენისა და ძაბვის სიხშირე ელექტრულ სისტემებში სინქრონული გენერატორების ბრუნვის სიხშირით განისაზღვრება. გენერატორების ბრუნვის სიხშირე შეიძლება შეიცვალოს, რის გამოც სისტემის გარკვეული ჯამური დატვირთვის დროს სიხშირე შეიძლება პრაქტიკულად საკმარის ზუსტად ეთანადებოდეს თავის ნომინალურ მნიშვნელობას, რაც პირველ რიგში თბოშემცველის (თბოგადამტანის) (ცხელი წყალი, წყლის ორთქლი) შემუშავების რეგულაციის საშუალებით მიიღწევა.

სიხშირის შემცირებისას განსაკუთრებით შესამჩნევად მცირდება ასინქრონული ძრავების აქტიური სიმძლავრე. კერძოდ, სიხშირის 1%-ით შემცირებისას ელექტროძრავების აქტიური სიმძლავრე 3%-ით მცირდება.

სხვა სახის ელექტრომიმღებებისათვის, კერძოდ, განათებისა და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მომხმარებლებისათვის, აგრეთვე რკალური ელექტრომედიებისათვის სიხშირის შემცირება თითქმის არ იწვევს აქტიური სიმძლავრის შემცირებას, თუ ამავე დროს ადგილი არა აქვს ძაბვის ცვლილებას. გათვალისწინებულ უნდა იქნეს, რომ სიხშირის შემცირება იწვევს მომხმარებლების რეაქტიული სიმძლავრის გაზრდას, რაც ასინქრონულ ძრავებსა და ტრანსფორმატორებში მაგნიტური ინდუქციის გაზრდითაა გამოწვეული.

სიხშირის რეგულაციას სისტემის დატვირთვის სწრაფი ცვლილების პირობებში თავის თავზე სისტემის სიხშირის სარეგულაციო სადგური იღებს. დატვირთვის უფრო ნელი, მაგრამ გაცილებით მნიშვნელოვან ფარგლებში ცვლილების შემთხვევაში სიხშირის რეგულაციის პროცესს თავის თავზე იღებს სისტემის არა ერთი, არამედ რამდენიმე ელექტროსადგური. ამასთან, წარმოიშევა დამატებითი პრობლემა - ენერგეტიკული სისტემის ეკონომიკურობის უზრუნველყოფა მის ელექტროსადგურებს შორის აქტიური სიმძლავრის უფრო რაციონალური გამოყენების ხარჯზე. სხვაობას ძირითადი სიხშირის მოქმედ ($f_{მოქ}$) და ნომინალურ ($f_{ნომ}$) მნიშვნელობებს შორის ს ი ხ შ ი რ ი ს გ ა დ ა ხ რ ა ეწოდება.

$$\Delta f = f_{მოქ} - f_{ნომ} , \quad (3-1)$$

ან პროცენტებში

$$\Delta f = \frac{f_{მოქ} - f_{ნომ}}{f_{ნომ}} \cdot 100. \quad (3-2)$$

ენერგეტიკული სისტემის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში დასაშვებია სიხშირის გადახრა $\pm 0,1$ პერცენტის ფარგლებში არაუმეტეს 10 წუთის განმავლობაში, ხოლო სისტემის დროებითი მუშაობა იმავე გასაშუალებულ ინტერვალში - $\pm 0,2$ პერცენტის გადახრის პირობებში. სიხშირის რეგულაციის თანამედროვე ავტომატური სისტემები აღნიშნული მოთხოვნების შესრულებას უზრუნველყოფს.

მუშაობაში მყოფი ყველა ელექტროძრავას ბრუნვის სიხშირე სისტემის სიხშირის პროპორციულია. რიგ შემთხვევებში, ძრავების ბრუნვის სიხშირე გაეღუნას ახდენს საამქროებისა და მთლიანად საწარმოს საწარმოო აგრეგატების მწარმოებლურობაზე. ბევრი ტექნოლოგიური პროცესი მოითხოვს სიხშირის სტაბილიზაციას სისტემაში.

ენერგოსისტემაში სიხშირის რეგულაცია პრაქტიკულად მხოლოდ აქტიური სიმძლავრის რეზერვის არსებობის შემთხვევაში შესაძლებელია. ეს იმას ნიშნავს, რომ სიხშირის სარეგულაციო ელექტროსადგურების მუშა სიმძლავრე გარკვეული რეზერვით უნდა აჯარბებდეს მათ ფაქტობრივ დატვირთვას.

აეარისშემდგომ რეჟიმებში სისტემის არასინქრონულად მომუშავე ნაწილებად დაყოფის დროს სისტემის ერთ-ერთ ნაწილში შეიძლება არ აღმოჩნდეს საკმარისი მუშა სიმძლავრე. ამ შემთხვევაში სიხშირე მცირდება, ეინაიდან ასეთ რეჟიმში ადგილი აქვს ჯამური აქტიური სიმძლავრის შემცირებას.

შემცირებული სიხშირით მუშაობა განსაკუთრებით არასასურველია თბოელექტროსადგურებისათვის, რადგან ასეთ რეჟიმში მუშაობამ შეიძლება გამოიწვიოს ენერგობლოკის ტურბინის ფრთის დაზიანება. სიხშირის შემცირებისას მცირდება აგრეგატების სიმძლავრე და იზრდება აქტიური სიმძლავრის დეფიციტი.

სიხშირის დაუშვებელი ღრმა შემცირების თავიდან ასაცილებლად, რომლის დროსაც მკვეთრად მცირდება ელექტროსადგურების მოწყობილობების (მკვებაეი და მაცირკუდირებელი ტუმბოები და სხვ.) მწარმოებლურობა, და, შესაძლებელია სისტემის აღნიშნული ნაწილის მუშაობის სრული დარღვევა, ფართოდ გამოიყენება ავტომატური სიხშირული განტეირთვის (ასგ) მოწყობილობა. სისტემაში სიხშირის დაუშვებელი შემცირების შემთხვევაში აღნიშნული მოწყობილობა ნაკლებად საპასუხისმგებლო მომხმარებლებს ამორთავს.

სიხშირის აღდგენის შემდეგ ავტომატური სიხშირული განმეორებითი ჩართვის (საგჩ) მოწყობილობის საშუალებით ხდება ამორთული მომხმარებლების განმეორებითი ჩართვა.

თანამედროვე პირობებში ნორმირდება სინქრონული დრო

$$t_{\text{სინ}} = \frac{1}{f_{\text{სინ}}} \int_0^t f dt \quad (3-3)$$

რომელიც ასტრონომიული დროისაგან 2 წთ-ზე მეტით არ უნდა განსხვავდებოდეს, რაც ცვლად დენზე მომუშავე ელექტრული საათების ფართო გამოყენებითაა უზრუნველყოფილი. დიდ ქალაქებში საათებით მართვის არსებული ცენტრალიზებული სისტემა ძალზე რთული, ძვირადღირებული და ნაკლებადსაიმედოა.

§3-4. სიხშირის რხევა

სიხშირის საკმაოდ სწრაფი ცვლილების (0,1 %/წმ) შემთხვევაში შემოიღება სიხშირის რხევის ცნება, რომელიც რაოდენობრივად შეიძლება (3-1) ფორმულით განისაზღვროს.

ს ი ხ შ ი რ ი ს რ ხ ე ე ა - ესაა სიხშირის ცვლილება, რომელსაც ადგილი აქვს სიხშირის 0,2 პც/წმ სიჩქარის პირობებში. სიხშირის რხევის ქვეშ იგულისხმება სხვაობა ძირითადი სიხშირის უდიდეს და უმცირეს მნიშვნელობებს შორის რეჟიმის საკმარისად სწრაფი ცვლილების შემთხვევაში.

სიხშირის მიმართ ასეთი მკაცრი მოთხოვნების წაყენება იმითაა განპირობებული, რომ იგი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სისტემის დინამიკურ მდგრადობასა და წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესზე.

დამყარებულ რეჟიმში მომუშავე ენერგეტიკულ სისტემას (მისი ცვლადი დენის ქსელებით დაკავებულ ნაწილს) ერთნაირი სიხშირე აქვს, რომელიც, როგორც აღენიშნეთ, სისტემის გენერატორების ბრუნვის სიხშირეზეა დამოკიდებული. დატვირთვის გასრულის შემთხვევაში გენერატორების ბრუნვის სიხშირე, და, მასთან ერთად ქსელის სიხშირე მცირდება, ხოლო დატვირთვის შემცირების დროს - იზრდება.

სიხშირის რხევის ერთ-ერთ მიზეზს წარმოადგენს დიდი აღშოთებები სისტემაში, რომელიც მოკლედ შერთუებისა და სხვა ანალოგიური რეჟიმების შედეგად გამოწვეულ გარდამავალ პროცესებთანაა დაკავშირებული. ასეთი რხევები შედარებით იშვიათად წარმოიშევა, რის გამოც ისინი არსებით გავლენას არ ახდენს დენმიმღებების მუშაობაზე.

დენმიმღებების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სიხშირის პერიოდულ რხევებს, რომელიც დიდი სიმძლავრეების ე.წ. პერიოდული დამრტყმელი დატვირთვითაა გამოწვეული. ასეთ დატვირთვას, მაგალითად, წარმოადგენს მსხვილი საგლინაი დგანები, რომლის ელექტროამძრავად მძლავრი სინქრონული ძრავებია გამოყენებული, რომელთა სიმძლავრე ათეულობით მეტია შეადგენს.

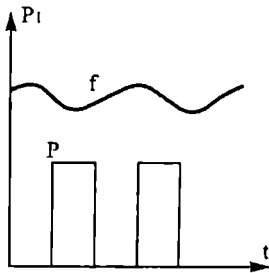
ასეთი ძრავების დატვირთვის მკვეთრი და თითქმის პერიოდული ცვლილება მათ რხევას, ე.ი. ბრუნვის სიხშირის პერიოდულ ცვლილებას იწვევს (ნახ. 3-1). თუ ძრავას სიმძლავრე სისტემის გენერატორების სიმძლავრის თანაზომეადია, ადგილი აქვს გენერატორის რხევებს.

აღნიშნული მოვლენის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ დენმიმღებები ერთდროულად კვების ორი წყაროს (უმარტივეს შემთხვევაში) - ბრუნვის მუდმივი და ცვალებადი სიხშირის მქონე წყაროების ზემოქმედების ქვეშ აღმოჩნდება (ნახ. 3-2). პირველს წარმოადგენს 1 სისტემის ექვივალენტური გენერატორი, ხოლო მეორეს - ბრუნვის ცვლადი სიხშირის მქონე 2 ძრავა. ქსელის პარამეტრების თანაფარდობის შესაბამისად კვების მეორე წყაროს სხვადასხვა გავლენა გააჩნია.

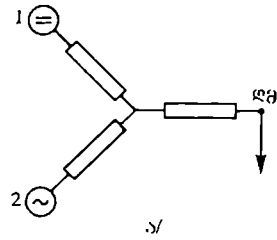
რაც ნაკლებია ელექტრული დაშორება (ექვივალენტური კავშირის წინაღობა) ბრუნვის ცვლადი სიხშირის კვების წყაროსაგან (ნახ. 3-2ბ), მით მეტია მისი გავლენა და მით სწრაფად გამოვლინდება სხვა მომხმარებლების ელექტროძრავების რხევის მოვლენა.

თანამედროვე პირობებში სიხშირის რხევის სიდიდე ნორმირებულია. იგი არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 0,2$ პერცს. სიხშირის რხევის აღნიშნული მნიშვნელობა სიხშირის გადახრისაგან დამოუკიდებლადაა მოცემული.

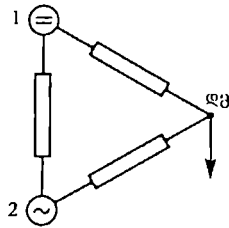
სიხშირის რხევა მიეკუთვნება ელექტროენერჯის ხარისხის ადგილობრივ მარევენებლს. სათანადოდ, ადგილობრივი მნიშვნელობისაა მასზე ზემოქმედების ღონისძიებები. კერძოდ, გამოვლენილია, რომ სიხშირის რხევის მნიშვნელოვანი შემცირება დარტყმითი დატვირთვის მქონე სინქრო-



ნახ.3-1. მძლავრი ძრავების P დატვირთვისა და f ბრუნვის სიხშირის პერიოდული ცვლილების გრაფიკი.



ა/



ბ/

ნახ.3-2. დენმიმღებებზე (დმ) მუდმივი (1) და ცვლადი (2) ბრუნვის სიხშირის მქონე კვების წყაროების ზემოქმედება დიდი (ა) და მცირე (ბ) ელექტრული დაშორების შემთხვევაში.

ნული ძრავების აგზნების დენის ავტომატური მოწყობილობის საშუალებითაა შესაძლებელი.

აუცილებლობის შემთხვევაში ოპერატიული პერსონალი ზეგაველენას ახდენს ქსელის პარამეტრების თანაფარდობაზე. კერძოდ, შესაძლებელია ელექტრული დაშორების შემცირება ბრუნვის მუდმივი სიხშირის მქონე კვების წყაროდან გრძივ-ტეეადური კომპენსაციის დანადგარების საშუალებით. შეიძლება აგრეთვე გამოყენებულ იქნეს ურთიერთმინდუქტირებელი წრედები, რომელიც ერთდროულად ამცირებს ელექტრულ დაშორებას ბრუნვის ცვლადი სიხშირის მქონე კვების წყაროდან.

§3-5. ძაბვის გადახრა

ელექტრული ქსელის ყველა ელემენტი, აგრეთვე ელექტრომიმღები განსაზღვრულ ნომინალურ ძაბვაზე სრულდება და შეუძლიათ ნორმალურად იმუშაონ ძაბვის ისეთ მნიშვნელობებზე, რომელიც ნორმალურიდან დასაშვები სიდიდით განსხვავდება, რის გამოც ძაბვების ფაქტიური მნიშვნელობა ქსელთან ელექტრომიმღებების მიერთების წერტილებში მნიშვნელოვან პრაქტიკულ მანევრებულს წარმოადგენს.

მკვებავ და მანაწილებელ ქსელებში ელექტრული დატვირთების განუწყვეტელი ცვლილება ძაბვის ვარდნებისა და დანაკარგების ასევე განუწყვეტელ ცვლილებას იწვევს, რის შედეგადაც ქსელის ყველა პუნქტში ადგილი აქვს ძაბვის გადახრის მნიშვნელობის მუდმივ ცვლილებას.

ძაბვის გადახრა (V) წარმოადგენს ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობისა ($U_{მოქ}$) და ქსელის ნომინალური ძაბვის ($U_{ნომ}$) სხვაობას, რომელიც აღიძვრება მუშაობის რეჟიმის შედარებით ნელი ცვლილების დროს, როცა ძაბვის ცვლილების სიჩქარე წამში 1%-ზე ნაკლებია

$$V = U_{მოქ} - U_{ნომ} \quad (3-4)$$

თუ V მოცემულია პროცენტებში ნომინალური ძაბვის მიხედვით, ხოლო $U_{მოქ}$ და $U_{ნომ}$ ვოლტებსა ან კილოვოლტებში, მაშინ

$$V = \frac{U_{მოქ} - U_{ნომ}}{U_{ნომ}} \cdot 100 \quad (3-5)$$

საწარმოებსა და საზოგადოებრივ შენობებში, სადაც მნიშვნელოვანი მხედველობითი ძაბვია საჭირო, აგრეთვე გარე განათების პროექტორულ დანადგარებში ძაბვის გადახრა დასაშვებია -2,5%-დან +5%-ის ფარგლებში ნომინალურთან შედარებით.

ელექტრული ძარაებისა და აპარატების გამოყვანებზე მათი გაშვებისა და მართვის ძაბვის გადახრა დასაშვებია -5%-დან +10%-მდე ნომინალურთან შედარებით.

ელექტრული ენერჯის დანარჩენი მომხმარებლებისათვის ძაბვის გადახრა დასაშვებია ±5%-ის ფარგლებში ნომინალურთან შედარებით.

აერიისშემდგომ რეჟიმებში დასაშვებია ძაბვის დამატებითი გადახრა 5%-ის ფარგლებში.

რაც შეეხება ელექტრონულ-გამომთქვამელ და მმართველ მანქანებს, მათი მკვებავი ენერჯის წყაროს ძაბვას განსაკუთრებით მკაცრი მოთხოვნები წაეყენება, ვინაიდან ძაბვის მცირედი რხევის ან გადახრის შემთხვევაში აღნიშნული კატეგორიის მომხმარებელი პრაქტიკულად აღარ მუშაობს.

ძირითად ფაქტორებს, რომელიც ელექტრომომარაგების სისტემებში ძაბვის ხარისხს განსაზღვრავს, დატვირთვის კვანძებში რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსის დაცვა, კვების ცენტრში ძაბვის რეგულაციის რეჟიმები და მეთოდები, აგრეთვე ძაბვის ადგილობრივი რეგულაციის ხერხები და საშუალებები წარმოადგენს. ერთფაზა და დარტყმითი დატვირთვების არსებობის შემთხვევაში მნიშვნელობა ენიჭება ფაზებს შორის დატვირთვების განაწილებას, დარტყმითი დატვირთვების გაელენის შემცირებისა და ლოკალიზაციის ღონისძიებებს.

ელექტრული დატვირთვების განუწყვეტელი ზრდის პირობებში ძაბვის ხარისხის გაუმჯობესების მნიშვნელოვან ღონისძიებას წარმოადგენს მანაწილებელი ქსელის ნომინალური ძაბვის გაზრდა და ელექტრომომარაგების სისტემის რაციონალური ძაბვის შერჩევა მისი პროექტირების პროცესში. ასე, მაგალითად, სამრეწველო საწარმოების მანაწილებელ ქსელებში 6 კვ ძაბვის გამოყენება უმეტეს შემთხვევებში არარაციონალური

გამოდის, ეინაიდან ძაბვის გადახრა 15-20%-ს აღწევს, რის გამოც საჭირო ხდება მისი ღრმა რეგულაცია. ასეთი ქსელებისათვის ოპტიმალურია უფრო მაღალი სტანდარტული ძაბვის (10 კე) გამოყენება.

ძაბვის ოპტიმალური მნიშვნელობებიდან გადახრა იწვევს ელექტროენერჯის მოხმარებლების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ცვლილებას. ძაბვის ცვლილება იწვევს სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების ცვლილებას, რის გამოც თვით ელექტრული ქსელის მაჩვენებლებიც იცვლება.

§3-6. ძაბვის რხევა

ძაბვის გადახრით მისი შედარებით ნული ცვლილებები ხასიათდება. ძაბვის სწრაფი ცვლილების (1% /წმ-ზე მეტი) შემთხვევაში შემოდის ძაბვის რხევის ცნება:

$$V_{1\%} = U_{\text{აკმ}} - U_{\text{ანმ}} \quad (3-6)$$

სადაც $U_{\text{აკმ}}$ და $U_{\text{ანმ}}$ - შესაბამისად ძაბვის მაქსიმალური და მინიმალური მოქმედი მნიშვნელობებია მისი ცვლილების მოკლე პერიოდში, %.

ძაბვის რხევას ადგილი აქვს ავიარიის შემდგომ რეჟიმში მძლავრი ელექტროძრავების თვითგაშვების დროს, როცა ისინი მოიხმარენ ნომინალურთან შედარებით გაზრდილ დენს და ძაბვის დანაკარგები იზრდება როგორც ქსელში, ასევე ტრანსფორმატორში.

ქსელში ძაბვის რხევის ყველაზე გავრცელებულ მიზეზს ელექტროძრავების, განსაკუთრებით მოკლედ შერთული როტორის მქონე ელექტროძრავების გაშვება წარმოადგენს, თუმცა ძაბვის რხევა სხვა მიზეზებითაცაა გამოწვეული: რკალური ღუმელების, შედუღების აპარატების, ცვლადი დატვირთვის მქონე ვენტილური დანადგარების მუშაობით და სხვ.

ძაბვის რხევა განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს განათების დენმიმღებების მუშაობაზე. ამ დროს ადგილი აქვს ნათურების "ციმციმს", ე.ი. სინათლის ნაკადის მკვეთრ ცვლილებას, რაც ადამიანის მხედველობით აღქმაზე აირეკლება. ხშირი "ციმციმის" შემთხვევაში იზრდება დაღლილობა, მცირდება შრომის მწარმოებლურობა და იზრდება ტრავმატული მოვლენები. ყოველივე ამის გამო, ძაბვის რხევები შეზღუდულია მათი სიხშირის მიხედვით. მხედველობითი აღქმისათვის ყველაზე სახიფათოა ძაბვის რხევა 1-დან 10 პერცენტზე დიაპაზონში. ამ დროს მისი სიდიდე 1%-ის რიგით იზღუდება. იშვიათი რხევების შემთხვევაში დასაშვებია 1,5%-ის თანაზომვადი შეზღუდვა (საათში 10-ჯერ).

კატალოგებში მოცემულია ძაბვის რხევების დასაშვები მნიშვნელობების განმსაზღვრელი ფორმულა:

$$V_r = 1 + \frac{6}{n} = 1 + \frac{\Delta I}{10} \% \quad (3-7)$$

სადაც n - რხევების სიხშირეა, სთ; ΔI - დროის საშუალო ინტერვალია მიმდევრობით რხევებს შორის, წთ.

ძრავების გაშვებით გამოწვეული ძაბვის შემცირება სხვა მოვლენებსაც იწვევს: იმის მიუხედავად, რომ ელექტროძრავების გაშვება შედარებით სწრაფად ხდება, იგი რამდენიმე წამს მაინც გრძელდება. დროის ამ მონაკვეთში შეიძლება დაირღვეს ზოგაერთი მოწყობილობის - ძრავების, საკომუტაციო აპარატურის მუშაობის პირობები.

ასინქრონული ელექტროძრავების მბრუნავი მომენტი მათი გამომყვანების მომჭერებზე მოდებული ძაბვის კვადრატის პროპორციულია. ძაბვის შემცირება ძრავას ჩართვის მომენტში შეიძლება იმდენად დიდი იყოს, რომ მისი მაქსიმალური მბრუნავი მომენტი აგრეგატის გამშვ მომენტზე ნაკლები აღმოჩნდეს, რის გამოც ძრავას გაშვება პრაქტიკულად ვერ მოხერხდეს.

ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ შემთხვევებში, როცა ერთ-დროულად რამდენიმე ძრავას ჩართვა ხდება. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს, მაგალითად, ძრავების თვითგაშვების დროს განმეორებითი ჩართვის ავტომატური (გჩა) ან რეზერვის ავტომატური ჩართვის (რჩა) მოწყობილობების მოქმედების პროცესში.

გაშვების პროცესში ძაბვის შემცირების შემთხვევაში შეიძლება დაირღვეს უკვე დაბრუნებული ძრავას მუშაობის პირობები. მაქსიმალური მბრუნავი მომენტი შეიძლება იმდენად შემცირდეს, რომ ძრავას წინაღობის მომენტზე ნაკლები აღმოჩნდეს, რის შედეგადაც ძრავა დამუხრუჭდება და შეიძლება გაქრდეს კიდევ. რამდენიმე ძრავას მომდევნო ერთდროული გაშვება გაცილებით მძიმე პირობებში მიმდინარეობს.

ძაბვის შემცირების შემთხვევაში შეიძლება მოქერვს მაგნიტური ამამუშავებლების კონტაქტები, ე.ი. მომუშავე ძრავები ქსელიდან ამოირთოს. ამ მოვლენას ადგილი აქვს, თუ ძაბვა ნომინალური მნიშვნელობიდან 15%-ზე მეტად შემცირდება.

ძაბვის შემცირება ქსელში ძაბვის დანაკარგების გაზრდითაა განპირობებული, რაც თავის მხრივ გასაშვები ძრავას დიდი რეაქტიული დენითაა გამოწვეული. ამ შემთხვევაში ძაბვის დანაკარგები ისევე განისაზღვრება, როგორც ქსელის ნორმალური მუშაობის დროს. განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ ძრავას წართვის მომენტში განმსაზღვრელი აღმოჩნდება რეაქტიული დენი, რის გამოც ყველაზე დიდ გავლენას ქსელის რეაქტიული წინაღობა ახდენს.

დიდი რეაქტიული დენებით გამოწვეული ძაბვის დანაკარგების შემცირება შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნეს გრძელტერმული კომპენსაციის გამოყენებით, ხელტესადენებისა და რეაქტორების უგულვებელყოფით და სხვ. განათების ხელსაწყოების მუშაობის პირობების გასაუმჯობესებლად სამრეწველო დანიშნულების ელექტრულ ქსელებში განათებისა და ძალური მომხმარებლების ცალ-ცალკე სქემებით კება გამოიყენება.

მომხმარებლების აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრე სხვადასხვანაირადაა დამოკიდებული ქსელის ძაბვაზე. აღნიშნული დამოკიდებულება განსაკუთრებით ძლიერ გავლენას ახდენს კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების დენმიმღებებისა და რკალური ღუმელების აქტიურ სიმძლავრეზე. ძაბვის 1%-ით შემცირების შემთხვევაში აღნიშნული დატვირთვების აქტიური სიმძლავრე 1,6-2,0%-ით მცირდება. ელექტროთერმული დანადგარების უმრავლესობისათვის ძაბვის შემცირება სასარგებლოდ გამოყენებული სიმძლავრის შემცირებას, ტემპერატურული რეჟიმის გაუარესებასა და ტემპეროლოგიური პროცესის გახანგრძლივებას იწვევს. ამასთან, ტრანსფორმატორის გრაფილებში ადგილი აქვს დანაკარგების გაზრდას. ასინქრონული ძრავების დატვირთვის სიმძლავრე ძაბვის ცვლილებაზე ნაკლებადაა დამოკიდებული, ხოლო სინქრონული ძრავების შემთხვევაში იგი თითქმის არ იცვლება ძაბვის ცვლილების დროს.

რეაქტიული სიმძლავრის ძაბვასთან დამოკიდებულების მახასიათებლისათვის განმსაზღვრელს ასინქრონული ძრავების ხვედრითი წილი და მათი დატვირთვის კოეფიციენტის მნიშვნელობა წარმოადგენს. ძაბვის შემცირების დროს ასინქრონულ ძრავებში იზრდება დენი, რაც დენგამტარი ნაწილების გადამტნურებასა და იზოლაციის თბური ცვეთის დაჩქარებას იწვევს. ამასთან, მცირდება ძრავას მბრუნავი მომენტი, რაც აძნელებს ძრავას დატვირთვის ქვეშ გაშვებას.

ძაბვის გაზრდის შემთხვევაში იზრდება ასინქრონული ძრავას მიერ მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრე. 20-100 კვტ სიმძლავრის ყველაზე გავრცელებული სამფაზა ძრავებისათვის ძაბვის 1%-ით გაზრდა რეაქტიული სიმძლავრის 3%-მდე გაზრდას იწვევს. უფრო ნაკლები სიმძლავრის ელექტროძრავების მიერ მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრის ნაზრდი 5-7%-ს აღწევს.

ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობიდან გადახრა არასასურველ გავლენას ახდენს განათების დენმიმღებების მუშაობაზე. ქსელში ძაბვის გაზრდა მკვეთრად ამცირებს ვარგარნატურების მუშაობის ხანგრძლივობას. ძაბვის 10%-ით გაზრდის შემთხვევაში სინათლის ნაკადი 30%-ით და მეტად

იზრდება, რაც პ-ჯერ ამცირებს ვარუარნათურების მიუშაობის ხანგრძლივობას. ლუმინესცენციური ნათურების შემთხვევაში ძაბვის 10%-ით გაზრდა მათი მიუშაობის ხანგრძლივობას 20-30%-ით ამცირებს. ქსელში ძაბვის 10%-ით შემცირება ვარუარნათურების სინათლის ნაკადის 30%-ით, ხოლო სიმძლავრის 20%-ით შემცირებას იწვევს.

§3-7. ძაბვის ვარდნა და დანაკარგები გადამცემ ხაზებში

ძაბვის რეჟიმები ელექტრულ ქსელებში. ელექტრული ქსელის ძაბვის რეჟიმები მისი ფუნქციონირების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს.

ელექტრული ქსელების ყველა ელემენტი, აგრეთვე ელექტრომიმღებები განსასვლერულ ნომინალურ ძაბვაზე მზადდება და შეუძლიათ ნორმალური მუშაობა ნომინალურიდან მცირე სიდიდით გადახრული ძაბვების პირობებში. ამის გამო, ძაბვის ფაქტიურ მნიშვნელობას ელექტროდანადგარების ქსელთან მიერთების ადგილებში დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია.

ძაბვის რეჟიმი ქსელში მისი მუშაობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მახასიათებელს წარმოადგენს.

ძაბვის რეჟიმის ქვეშ იგულისხმება ძაბვის ყველა მნიშვნელობის ერთობლიობა ქსელის საკეანძო პუნქტებში. მეკებაე ქსელებში, ამის გარდა, პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს ძაბვის გაზრდა ზემალაღი ძაბვის გრძელი ხაზების საშუალო პუნქტებში. ყველა აღნიშნულ შემთხვევაში საჭიროა წარმოდგენა გეკონდეს ძაბვის აბსოლუტურ სიდიდეზე (მოდულზე, მოქმედ მნიშვნელობაზე).

დიდი სიგრძის მქონე ქსელებში არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება ელექტროსადგურების პარალელური მუშაობის მ დ გ რ ა დ ო ბ ი ს პირობას. ამ თვალსაზრისით პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს ძაბვის კუთხური ძერები ფაზების მიხედვით.

რეჟიმის დასაშვები პარამეტრები. ანსხეაევენ ქსელის ე ლ ე - მ ე ნ ტ ე ბ ი ს ა და მ უ შ ა რ ე ე ი მ ი ს პარამეტრებს. ქსელის ელემენტების პარამეტრებს მიეკუთვნება წინაღობები, გამტარობები, ტრანსფორმაციის კოეფიციენტები. რეჟიმის პარამეტრები ეწოდება დენის, ძაბვის, სრული სიმძლავრის ან ცალ-ცალკე აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების მნიშვნელობებს.

პრაქტიკულად, ქსელის ელემენტების პარამეტრები ხშირად მუდმიე სიდიდეებად მიიღება, რომელიც მუშა რეჟიმზე არაა დამოკიდებული. რეჟიმის პარამეტრები ახასიათებს მუშა რეჟიმს და უშუალო დამოკიდებულებაშია დატვირთვების მნიშვნელობასთან.

მოწყობილობის თითოეულ სახესთან, ე.ი. ელექტრული ქსელისა და ელექტრომიმღებების თითოეული ელემენტისათვის რეჟიმის პარამეტრები მკაცრად შეზღუდულია. დენების მნიშვნელობები რეეულებრიებად გახურების პირობით იზღუდება, მეკებაეი ქსელების ძაბვისა - იზოლაციის მუშაობისა და დამადალებელ ტრანსფორმატორებში ფოლადის გახურების პირობებით, ხოლო მანაწილებელ ქსელებში - დამატებითი დენმიმღებების მუშაობის პირობებით. სიმძლავრის მნიშვნელობა ყველაზე დამახასიათებელია მბრუნაეი მანქანებისათვის. ასე, მაგალითად, გენერატორის დატვირთვის აქტიური სიმძლავრე შესაბამისი პირველადი ძრავას სიმძლავრითაა შეზღუდული.

ელექტრომიმღებების უმრავლესობისათვის დასაშვებია ძაბვის გადახრა ნებისმიერ მხარეზე ნომინალური მნიშვნელობიდან 5%-ის ფარგლებში. ასეეე 15%-ის ფარგლებშია დასაშვები ნებისმიერი მბრუნაეი მანქანის (გენერატორი, სინქრონული კომპენსატორი და სხე.) მუშაობა. გენერატორის ნომინალური ძაბვა 5%-ით უნდა აჭარბებდეს ქსელის ძაბვას.

ქსელის ყველა ელემენტს გარკვეული წინაღობა გააჩნია, რის გამოც მასში დენის გაელა ძაბვის ცეილებას იწვევს. აღნიშნულის შედეგად ძაბვის კომპლექსურ მნიშვნელობებს ქსელის ყველა წერტილში სხეადასხეა სიდიდე გააჩნია, რომელიც შეიძლება მოდულით ან კომპლექსური მნიშვნელობების სხეაობით იქნეს შეფასებული.

თუ \dot{U}_I და \dot{U}_{II} ძაბვის კომპლექსური მნიშვნელობებია სათანადო ქსელის I და II კვანძებში, მათ სხვაობას

$$\dot{U}_I - \dot{U}_{II} = \dot{U}_\delta \quad (3-8)$$

ძაბვის ვარდნა ეწოდება ქსელის I და II პუნქტებს შორის. ხოლო მოდულების სხვაობა

$$U_I - U_{II} = \Delta U \quad (3-9)$$

ძაბვის დანაკარგები იმეფე I და II პუნქტებს შორის.

ამგვარად, ძაბვის ვარდნა კომპლექსური, ხოლო ძაბვის დანაკარგები ნიუთიერი სიდიდეა. ზოგიერთ შემთხვევაში ძაბვის დანაკარგები განსხვავდება ძაბვის ვარდნის მოდულისაგან.

თუ ძაბვა ფარდობით ერთეულებშია მოცემული

$$U_i = \frac{U}{U_{\text{ნომ}}} \quad (3-10)$$

მაშინ (3-9) ფორმულა შეიძლება გაერცეღდეს ისეთ ქსელებზეც, რომლის უბნებს განსხვავებული ნომინალური ძაბვები გააჩნია.

საკმაოდ ნიშანდობლივია ძაბვის მაქსიმალური დანაკარგების სიდიდე ერთი ნომინალური ძაბვის მქონე ქსელში, რომელიც უდიდესი (მოდულის მიხედვით) და უმცირესი ძაბვების სხვაობის ტოლია. აღნიშნული სიდიდე წარმოადგენს მკეებავი ელექტრული ქსელის ეკონომიკურობის ირიბ მაჩვენებელს და მანაწილებულ ქსელებში ძაბვის დასაშვები რეჟიმის უზრუნველყოფის პირობას ახასიათებს.

§3-8. ძაბვის დონის რეგულაცია ელექტრულ ქსელებში

ძაბვის რეგულაციის სახეები. ძაბვის დონის ტერმინის ქვეშ ქსელში ძაბვის გარკვეული საშუალო მნიშვნელობა იგულისხმება. მკევაზე ქსელში ძაბვის დონე შეიძლება მისი მუშაობის ეკონომიკურობის მოთხოვნების შესაბამისად იქნეს დადგენილი.

220 კვ-ზედ ნომინალური ძაბვის მკევაზე ქსელში ეკონომიკურად ყველაზე ხელსაყრელ რეჟიმს მაქსიმალურად დასაშვები უდიდესი ძაბვით მუშაობა წარმოადგენს. ამასთან, იმავე სიდიდის სიმძლავრეების გადაცემა დაკავშირებულია ქსელის ხაზებში დანაკარგების მინიმალურ მნიშვნელობებთან, ხოლო ხაზების ტყუადობით გენერირებულ რეაქტიულ სიმძლავრეს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს.

ქსელის ძაბვა მუდმივად იცვლება დატვირთვის ცვლილებასთან, კეების წყაროს მუშაობის რეჟიმთან და ქსელის წინააღმდეგობასთან ერთად. ძაბვის გადახრა ყოველთვის არ იმყოფება დასაშვები მნიშვნელობების დიაპაზონში, რის მიზეზებსაც წარმოადგენს:

1. ქსელის ელემენტებში გამავალი დენების დატვირთვით გამოწვეული ძაბვის დანაკარგები;

2. ძალური ტრანსფორმატორების სიმძლავრეებისა და დენგამბტარი ელემენტების კეების არასწორად შერჩევა;

3. ქსელების არასწორად აგებული სქემები.

ძაბვის გადახრის კონტროლი შემდეგი ხერხებით ხორციელდება:

1. დონის მიხედვით – ძაბვის რეალური გადახრის დასაშვებ მნიშვნელობებთან შედარების შედეგად;

2. ელექტრულ სისტემაში ადგილის მიხედვით – ქსელის განსაზღვრულ წერტილებში, მაგ. ხაზის თავში ან ბოლოში;

3. ძაბვის ხანგრძლივობის მიხედვით.

ძ ა ბ ვ ი ს რ ე გ უ ლ ა ც ი ა ეწოდება ძაბვის დონის ცვლილების პროცესს ელექტრული ქსელის მახასიათებელ წერტილში სპეციალური ტექნიკური საშუალებების დახმარებით. ისტორიულად, ძაბვისა და რეაქტიული სიმძლავრის რეგულაციის ხერხებისა და მეთოდების განვითარება ენერგოსისტემების მართვის იერარქიულად დაბალი დონეებიდან მაღალი დონეებისაკენ წარმოებდა, კერძოდ, თავიდან გამოიყენებოდა ძაბვის რეგულაცია მანაწილებელი ქსელების კეების ცენტრებში – რაიონულ ქვესადგურებზე, სადაც ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ცვლილებით ხდებოდა მომხმარებლებთან ძაბვის დასაშვებ ფარგლებში დაკავება მათი მუშაობის რეჟიმის ცვლილების დროს. ძაბვის რეგულაცია წარმოებდა აგრეთვე ენერგობიექტებზე (ელექტროსადგურებსა და ქვესადგურებზე) და უშუალოდ მომხმარებლებთან.

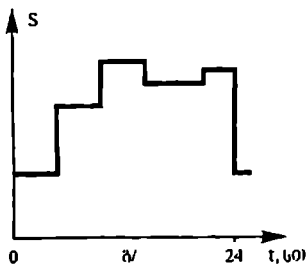
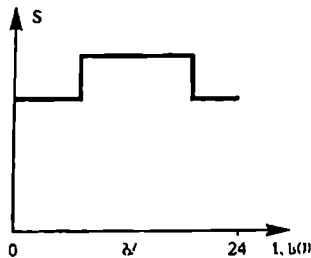
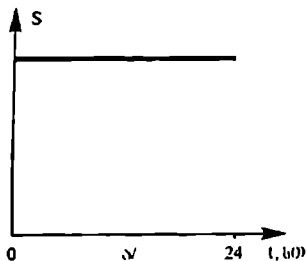
ძაბვის რეგულაციის აღნიშნული მეთოდები ახლაცაა შენარჩუნებული და გამოიყენება სადისპეტჩერო მართვის ავტომატიზებული სისტემების იერარქიულ საფეხურებზე. მართვის მაღალ საფეხურებზე ძაბვის რეგულაციის აღნიშნულ მეთოდებს ლოკალური ხასიათი აქვს. მაღალი საფეხურის დისპეტჩერული მართვის ავტომატიზებული სისტემა რეგულაციის ლოკალური სისტემის მუშაობის მართვის კოორდინაციასა და მთლიანად ენერგოსისტემის რეჟიმების ოპტიმიზაციას ახორციელებს.

ძაბვის ლოკალური რეგულაცია შეიძლება იყოს ც ე ნ ტ რ ა ლ ი ზ ე ბ უ ლ ი, ე.ი. განხორციელდეს კეების ცენტრში და ა დ გ ი ლ ო ბ რ ი ვ ი, რომელიც უშუალოდ მომხმარებელთან ხორციელდება.

ძაბვის ადგილობრივი რეგულაცია ჯგუფურ და ინდივიდუალურ რეგულაციად იყოფა. ჯგუფური რეგულაცია მომხმარებელთა ჯგუფისათვის, ხოლო ინდივიდუალური – ძირითადად სპეციალური მიზნებისათვის ხორციელდება.

დატვირთვის ცვლილების ხასიათისაგან დამოკიდებულებით ძაბვის რეგულაციის თითოეული სახისაგან შეიძლება გამოიყოს რამდენიმე ქვესახე. ასე, მაგალითად, ცენტრალიზებული რეგულაცია შეიძლება სამ ქვესახედ დაიყოს: ძაბვის სტაბილიზაცია; ძაბვის ორსაფეხურიანი რეგულაცია; ძაბვის შემხვედრი რეგულაცია.

ძ ა ბ ვ ი ს ს ტ ა ბ ი ზ ა ც ი ა პრაქტიკულად უცვლელი დატვირთვის მქონე მომხმარებლებისათვის გამოიყენება, სადაც საჭიროა ძაბვის დონის დაკავება. ასეთი მომხმარებლების დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი ნახ. 3-3ა-ზეა მოცემული.



ნახ. 3-3. დატვირთვის გრაფიკები

ა - უცვლელი; ბ - ორსაფეხურიანი; გ - მრავალსაფეხურიანი.

აშკარად გამოსატყობი ო რ ს ა ფ ე ხ უ რ ი ა ნ ი და ტ ვ ი რ თ ე ი ს გრაფიკი ნახ. 3-3ბ-ზეა მოცემული. ასეთი დატვირთვა გააჩნიათ ერთცვლიან საწარმოებს, რომელთათვისაც დღეღამის განმავლობაში დატვირთვის გრაფიკის შესაბამისად ხდება ძაბვის ორი დონის დაკავება. დღეღამის განმავლობაში ცვალებადი დატვირთვის არსებობის შემთხვევაში ხორციელდება ძაბვის ე.წ. შე მ ხ ე ე დ რ ი რ ე გ უ ლ ა ც ი ა (ნახ. 3-3გ). დატვირთვის ნებისმიერ მნიშვნელობას გააჩნია ძაბვის სიდიდისა და მისი დანაკარგების შესაბამისი მნიშვნელობა, რის გამოც დატვირთვის ცვლილებასთან ერთად თვით ძაბვაც იცვლება. იმისათვის, რომ ძაბვის გადახრა არ გამოვიდეს დასაშვები დიაპაზონიდან, ძაბვის რეგულაცია დატვირთვის დენის მიხედვით უნდა განხორციელდეს.

დატვირთვა იცვლება არა მარტო დღეღამის, არამედ წლის განმავლობაში. ასე, მაგალითად, უდიდეს დატვირთვის ადგილი აქვს

შემოდგომა-ზამთრის მაქსიმუმის დროს, უმცირესს - ზაფხულის პერიოდში. ძაბვის შემხვედრი რეგულაცია მდგომარეობს ძაბვის ცვლილების რეგულაციაში დატვირთვის არა მარტო დელამური, არამედ სეზონური ცვლილების დროსაც წლის განმავლობაში. იგი გულისხმობს გაზრდილი ძაბვის დაკავებას ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების შემკრებ საღებებზე მაქსიმალური დატვირთვის პერიოდში, და, მის ნომინალურ მნიშვნელობამდე შეეცირებას - მინიმალური დატვირთვის პერიოდში.

ძაბვის რეგულაცია ელექტროსადგურებზე. გენერატორების ძაბვის ცვლილება მისი აგზნების დენის რეგულაციითაა შესაძლებელი. გენერატორის აქტიური სიმძლავრის შეუცვლელად შესაძლებელია მისი ძაბვის ცვლილება მხოლოდ $\pm 0,05 U_{\text{ნომ.გენ-ის}}$ ფარგლებში, ე.ი. $0,95 U_{\text{გენ.ნომ}}$ -დან $1,05 U_{\text{გენ.ნომ}}$ - მდე.

ქსელის $U_{\text{ნომ.ქს}}=6$ კე ძაბვის შემთხვევაში გენერატორების ნომინალური ძაბვა $U_{\text{გენ.ნომ}}=6,3$ კე-ის, ხოლო ძაბვის რეგულაციის დიაპაზონი $(6+6)$ კე-ის ტოლია; ქსელის $U_{\text{ნომ.ქს}}=10$ კე ძაბვის შემთხვევაში გენერატორის ძაბვა $U_{\text{გენ.ნომ}}=10,5$ კე-ის, ხოლო ძაბვის რეგულაციის დიაპაზონი $(10+11)$ კე-ის ტოლია.

გენერატორის გამომყვანებზე ძაბვის ნომინალური მნიშვნელობიდან $\pm 5\%$ -ზე მეტი სიდიდით გადახრის შემთხვევაში ადგილი აქვს გენერატორის აქტიური სიმძლავრის შემცირებას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ძაბვის რეგულაციის აღნიშნული დიაპაზონი ($\pm 5\%$) აშკარად არასაკმარისია.

ელექტროსადგურების გენერატორები ძაბვის რეგულაციის მხოლოდ დამატებით საშუალებას წარმოადგენს, რაც შემდეგი მიზეზებითაა განპირობებული:

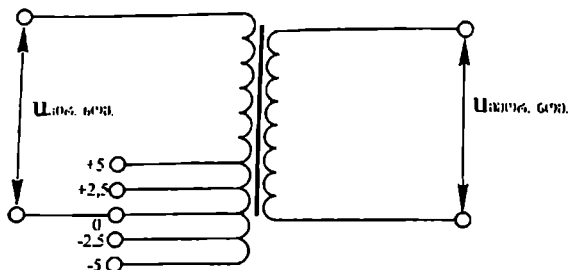
1. მათ მიერ ძაბვის რეგულაციის არასაკმარისი დიაპაზონით;
2. ახლოს განლაგებული და დიდი მანძილით დაშორებული მომხმარებლების ძაბვების შეთანხმების პროცესის სირთულით.

როგორც ძაბვის რეგულაციის ერთადერთი საშუალება, გენერატორები მხოლოდ უმარტივესი სისტემის - სადგურის ტიპი - გაუნაწილებელი დატვირთვა - არსებობის შემთხვევაში გამოიყენება. ასეთ დროს სამრეწველო საწარმოების ავტონომიურად მომუშავე ელექტროსადგურებში ძაბვის შემხვედრი რეგულაცია ხორციელდება. გენერატორის აგზნების დენის ცვლილებით ძაბვა იზრდება დატვირთვის მაქსიმუმისა და მცირდება - დატვირთვის მინიმუმის საათებში.

ძაბვის რეგულაცია დამწვევ ქვესადგურებზე. კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით ანსხვავებენ დამწვევი ქვესადგურების ტრანსფორმატორების ორ ტიპს: 1. სარეგულაციო განშტოებების აგზნების გარეშე, ე.ი. ქსელიდან ამორთვის გზით გადართვით (გაგ-ის სისტემა); 2. სარეგულაციო განშტოებების დატვირთვის ქვეშ გადართვით (რდქ-ს სისტემა). სარეგულაციო განშტოებები, როგორც წესი, ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის მხარეს სრულდება, რომელსაც უმცირესი დენი გააჩნია. ამასთან, მარტივდება გადამრთველი მოწყობილობის მოშუაობა.

ტრანსფორმატორები დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის გარეშე. თანამედროვე პირობებში ასეთი ტიპის ტრანსფორმატორები ერთი ძირითადი და ოთხი დამატებითი განშტოებით მზადდება. ტრანსფორმატორის სქემა ნახ. 3-4-ზეა მოცემული.

ტრანსფორმატორის ძირითად განშტოებას გააჩნია ძაბვა, რომელიც მისი პირველადი გრაგნილის ნომინალური ძაბვის ($U_{\text{პირ.ნომ}}$) ტოლია. დამწვევი ტრანსფორმატორებისათვის აღნიშნული ძაბვა ქსელის ნომინალური ძაბვის ტოლია ($U_{\text{პირ.ნომ}} = U_{\text{ნომ.ქს}}$), რომელზეც აღნიშნული ტრანსფორმატორია მიერთებული ($U_{\text{ნომ.ქს}} = 6; 10; 20$ კე-ს). ძირითადი განშტოების გამოყენების შემთხვევაში ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს ნომინალური ეწოდება. ტრანსფორმატორის ოთხი დამატებითი განშტოების გამო-



ნახ. 3-4. დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის გარეშე მომუშავე ტრანსფორმატორის სქემა.

ყენების შემთხვევაში ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ნომინალური მნიშვნელობისაგან ± 5 , $+2,5$, $-2,5$, -5% -ით განსხვავდება. ტრანსფორმაციის მეორეული გრაგნილი წარმოადგენს მასზე მიერთებული ქსელის კვების ცენტრს, რის გამოც მეორეული გრაგნილის ძაბვა ქსელის ნომინალურ ძაბვაზე მაღალია: 5% -ით - მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორების, 10% -ით - დანარჩენი ტრანსფორმატორებისათვის. თუ ძირითადი განშტოების გამოყენების დროს ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილზე $U_{ნომ.ქს}$ ძაბვა მიყვანილი, და, დაბალი ძაბვის მხარეზე ძაბვა უქმი სელის დროს $1,05 U_{ნომ.ქს}$ -ის ტოლია, ძაბვის ნამატი 5% -ს შეადგენს. ტრანსფორმატორის განშტოებების ცვლილებით შეიძლება მივიღოთ ძაბვის ნამატები, რომელთა დამრგვალებული მნიშვნელობები ქვემოთაა მოცემული:

პირველადი გრაგნილის განშტოება, % 5 2,5 0 2,5 5

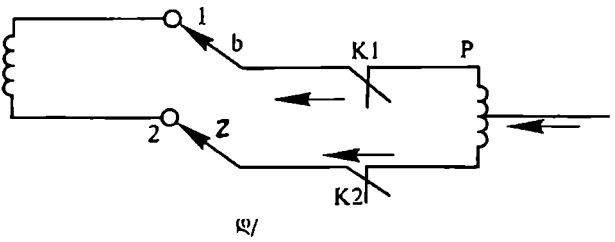
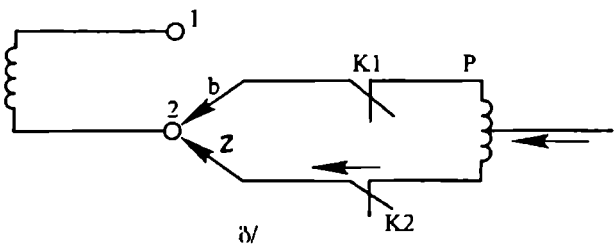
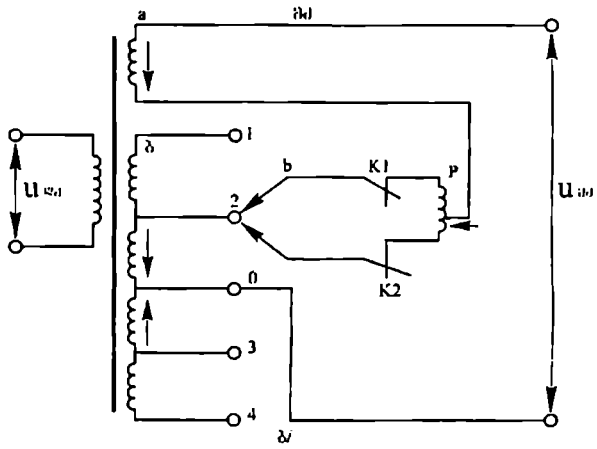
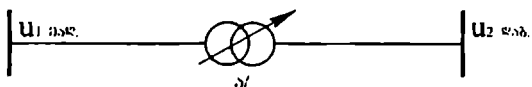
ძაბვა დაბალი ძაბვის მხარეზე ტრანსფორმატორის უქმი სელის დროს,

$U_{ტრ} / U_{ნომ.ქს}$ 1 1,025 1,05 1,075 1,1

ძაბვის ნამატი, % 0 2,5 5 1,075 1,0

ტრანსფორმატორში გაგ-ის სისტემის სარეგულაციო განშტოების გადასართავად საჭიროა მისი ქსელიდან აიორთვა. ასეთი გადართვები იშვიათად, ძირითადად სეზონების ცვლილების დროს სრულდება, როცა ქსელში ძაბვის დანაკარგები იცვლება და ძაბვის მოთხოვნილი დონის დასაკავებლად საჭირო ხდება ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ცვლილება. ამის გამო დღეღამის პერიოდში (მაგ. დღისითა და ღამით) დატვირთვის უდიდესი და უმცირესი რეჟიმების დროს დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის არმქონე ტრანსფორმატორები, რომელთაც ტრანსფორმაციის ერთნაირი კოეფიციენტი გააჩნიათ, ერთი სარეგულაციო განშტოებით მუშაობენ. ასეთ შემთხვევაში შეუძლებელია ძაბვის შემხედვარი რეგულაციის განხორციელება. შემხედვარი რეგულაცია შეიძლება განხორციელდეს ტრანსფორმატორის განშტოების ძაბვის ($U_{გან}$) ცვლილებით დღეღამის განმავლობაში, ე.ი. უდიდესი დატვირთვის რეჟიმიდან უმცირესი დატვირთვის რეჟიმზე გადასვლის დროს.

გაგ-ის სისტემის გადამრთველს განშტოებების დატვირთვის ქვეშ გადართვა არ შეუძლია. თუ ერთი გრაგნილი მაინც ძაბვის ქვეშ აღმოჩნდება, შესაძლებელია ტრანსფორმატორის მასზე დაზიანება, ეინაიდან წარმოქმნილი რკალით შეიძლება შერთული აღმოჩნდეს ორი განშტოება, რაც ხეიათაშორისი შერთვის ტოლფასი იქნება.



ნახ. 3-5. დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულაციის მოწყობილობის შქონე ტრანსფორმატორის სქემა.
 ა - პირობითი აღნიშვნა; ბ - ტრანსფორმატორის გრაგნილების სქემა.
 გ, დ - გადამრთველი განშტოებები.

ტრანსფორმატორები დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულაციის მოწყობილობით. ასეთი ტრანსფორმატორები, რომელთაც დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულაციის მოწყობილობა აქვთ (ნახ. 3-5), დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულაციის მოწყობილობის არმქონე ტრანსფორმატორებისაგან სპეციალური გადამრთველი მოწყობილობის არსებობით, აგრეთვე სარეგულაციო განშტოებების საფეხურების გაზრდილი რიცხვითა და რეგულაციის გაზრდილი დიაპაზონით განსხვავდება. მაგალითად, ტრანსფორმატორისათვის, რომლის მაღალი დაბვის გრაგნილის ძირითადი განშტოების ნომინალური ძაბვა 115 კუ-ია, გათვალისწინებულია დაბვის რეგულაციის დიაპაზონი +16%-ის ფარგლებში და რეგულაციის 18 საფეხური, რომელთაგან თითოეული 1,7%-ის ტოლია.

ნახ. 3-5 ბ-ზე მოცემულია დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორის გრაგნილის სქემა, რომლის მაღალი დაბვის გრაგნილი ორი ნაწილისაგან შედგება: არასარეგულაციო ა და ბ სარეგულაციო ნაწილისაგან. გრაგნილის სარეგულაციო ნაწილზე რიგი განშტოებებია განლაგებული, რომელიც 1 და 4 უმძიარო კონტაქტებთანაა მიერთებული. 1 და 2 განშტოებები ძირითადი გრაგნილის ხეიების მიხედვით ჩართულ ხეიათა ნაწილს შეესაბამება (დენების მიმართულება ნახ. 3-5 ბ-ზე ისრებითაა ნაჩვენები). 1 და 2 განშტოებების ჩართვის დროს ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი იზრდება. 3 და 4 განშტოებები ხეიათა იმ ნაწილს შეესაბამება, რომელიც ძირითადი გრაგნილის ხეიების შეერთებათაა შეერთებული. მათი ჩართვა ამცირებს ტრანსფორმაციის კოეფიციენტს, ვინაიდან აკომპენსირებს ძირითადი გრაგნილის ხეიათა ნაწილის მოქმედებას. ტრანსფორმატორის მაღალი დაბვის გრაგნილის ძირითად გამოყვანს 0 წერტილი წარმოადგენს. ხეიათა რიცხვი, რომელიც ძირითადი გრაგნილის ხეებთან შეთანხმებულად და შემხვედრად მოქმედებს, შეიძლება არაერთნაირი იყოს. გრაგნილის სარეგულაციო ნაწილს გადამრთველი მოწყობილობა გააჩნია, რომელიც ბ და 2 მოძრავი კონტაქტების, K1 და K2 კონტაქტორებისა და P რეაქტორისაგან შედგება. რეაქტორის გრაგნილის შუაგული ტრანსფორმატორის არასარეგულაციო ა გრაგნილის ნაწილთანაა შეერთებული. ნორმალურ რეჟიმში ტრანსფორმატორის მაღალი დაბვის გრაგნილის დატვირთვის დენი მანაბრად ნაწილდება რეაქტორის ნახევარნაწილებს შორის, რის გამოც მაგნიტური ნაკადი, და, სათანადოდ, დაბვის დანაკარგები რეაქტორში მცირდება.

დაეუშუთა საჭიროა ტრანსფორმატორის 2 განშტოების მოწყობილობის 1 განშტოებაზე გადართვა. ამ დროს ამოირთვება K1 კონტაქტორი (ნახ. 3-5გ), ხ მოძრავი კონტაქტი გადაიყვანება 1 განშტოებაზე და თავიდან ჩაირთვება K1 კონტაქტორი (ნახ. 3-5დ). ამგვარად, გრაგნილის 1 და 2 სექციები შეერთებული აღმოჩნდება P რეაქტორის გრაგნილზე. რეაქტორის მნიშვნელოვანი ინდუქტიურობა ზღუდავს მათანაბრებელ დენს, რომელიც გრაგნილის 1 და 2 სექციებზე დაბვის წარმოშობის შედეგად აღიძვრება. ამის შემდეგ ამოირთვება K2 კონტაქტორი, 2 მოძრავი კონტაქტი გადაიყვანება 1 განშტოების კონტაქტზე და ჩაირთვება K2 კონტაქტორი.

დატვირთვის ქვეშ დაბვის რეგულაციის მოწყობილობის საშუალებით შეიძლება ცვცვალთ განშტოებები და ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი დღეღამის განმავლობაში და ამგვარად შეეასრულოთ დაბვის შემხვედრი რეგულაციის მოთხოვნები.

რდქ-ს სისტემის გადამრთველები გაცილებით რთული კონსტრუქციისა გაგ-ის გადამრთველებთან შედარებით. რდქ-ს სისტემა გადასატანი ვოლტსამატი ჩაშენებული სარეგულაციო მოწყობილობის სახით მსაღდება.

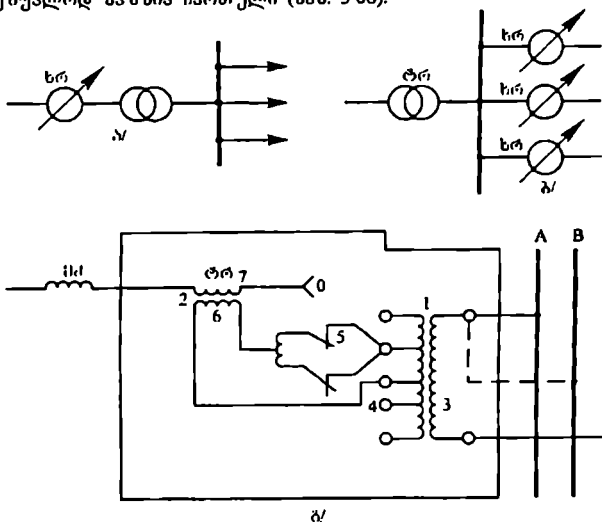
ჩაშენებული რდქ-ს შემთხვევაში განშტოებების გადამრთველი მოწყობილობა ტრანსფორმატორის ან ავტოტრანსფორმატორის ავსში

თავსდება. რქ-ს მოწყობილობა გაგ-ის სისტემასთან შედარებით, როგორც აღენიშნეთ, რეგულაციის საფეხურების გაცილებით მეტი რაოდენობით ($\pm 20\%$ -მდე) მზადდება. საფეხურების რიცხვის გაზრდა ზრდის რეგულაციის სიმძლავრეს და დატვირთვის დენის მაკომპუტირებელი კონტაქტორების მოშობას უფრო საიმედოს ხდის.

განხილული ტრანსფორმატორების გარდა ძაბვის რეგულაციისათვის გამოიყენება ხაზური ტრანსფორმატორები, ძაბვის რეგულაციის მეთოდი წინააღობის ცვლილებით, ძაბვის რეგულაცია რეაქტიული სიმძლავრის ნაკადის ცვლილებით.

ხაზური სარეგულაციო ტრანსფორმატორები (ხაზური რეგულატორები). ხაზური სარეგულაციო და მიმდევრობითი (ვოლტსამატი) ტრანსფორმატორები ძაბვის რეგულაციისათვის ცალკეული ხაზების ან ხაზების ჯგუფისათვის გამოიყენება. ისინი ისეთი ქსელების რეკონსტრუქციის დროს გამოიყენება, რომელშიც დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის არმქონე ტრანსფორმატორებია დადგმული. ასეთ შემთხვევებში ქვესადგურების საღებებზე ძაბვის რეგულაციისათვის ხაზური სარეგულაციო ტრანსფორმატორი არასარეგულაციო ტრანსფორმატორთან მიმდევრობით ირთება (ნახ. 3-6ა).

გამაველ ხაზებზე ძაბვის რეგულაციისათვის ხაზური რეგულატორები უშუალოდ ხაზშია ჩართული (ნახ. 3-6ბ).



ნახ. 3-6. ხაზური რეგულატორები.

ა, ბ - ჩართვის მეთოდები; გ - გრაფილების სქემა.

ხაზური სარეგულაციო ტრანსფორმატორი - ესაა სტატიკური ელექტრული აპარატი, რომელიც 2 მიმდევრობითი და 1 მეკვბავი ტრანსფორმატორისაგან შედგება (ნახ. 3-6გ). მეკვბავი ტრანსფორმატორის 3 პირველადი გრაგნილი A ან B და C ფაზებიდან იკვებება. 4 მეორეულ გრაგნილს დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის ისეთივე მოწყობილობა გააჩნია, როგორც მას ადგილი უქონდა დატვირთვის ქვეშ რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორის შემთხვევაში. მიმდევრობითი ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილის ერთი 6 ბოლო მიმდევრობითაა

შეერთებული 1 მკეებაე ტრანსფორმატორის 4 მეორეული გრაგნილის საშუალო წერტილთან, ხოლო მეორე - 5 გადამართაე მოწყობილობასთან. მიმდევრობითი ტრანსფორმატორის 7 მეორეული გრაგნილი მიმდევრობითაა შეერთებული ძალური ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილთან და ემპ-ის ნაზარდი 7 გრაგნილში მაღალი ძაბვის გრაგნილის ემპ-ს ემატება.

თუ მკეებაე ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილს ძაბვა A ფაზიდან მიეწოდება (მთლიანი წრფე ნახ. 3-6გ-ზე), ძალური ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ემპ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის დახმარებით რეგულირდება მოდულის მიხედვით; ამასთან, ძალური ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ემპ-ისა და ხაზური რეგულატორის 7 გრაგნილის ემპ-ის ჯამური მოდული (E_{Σ}) ტოლია:

$$E_{\Sigma} = E_A + \Delta E \quad (3-11)$$

სადაც E_A - ძალური ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ფაზის ემპ-ის მოდულია.

თუ პირველადი გრაგნილი B ფაზაზეა მიერთებული (წყვეტილი წრფე ნახ. 3-6გ-ზე), მაღალი ძაბვის გრაგნილისა და ხაზური რეგულატორის ემპ-ს ჯამური მოდული ფაზის მიხედვით იცვლება:

$$E_{\Sigma} = E_B + \Delta E \quad (3-12)$$

დიდი სიმძლავრის (16-100 მვა) ხაზური სარეგულაციო ტრანსფორმატორები სამფაზა სქემით (6,6+38,5კვ) ძაბვაზე სრულდება. ასევე სამფაზა სქემით სრულდება 90 და 240 მვა სიმძლავრის მიმდევრობითი სარეგულაციო ტრანსფორმატორები ძაბვით 35 და 150 კვ.

220-330 კვ ძაბვის ავტოტრანსფორმატორები. ასეთი ავტოტრანსფორმატორები თანამედროვე პირობებში დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობით მზადდება, რომელიც საშუალო ძაბვის გრაგნილის ხაზურ ბოლოშია ჩაშენებული. ადრე რეგულაციის მოწყობილობა ავტოტრანსფორმატორის ნეიტრალში იყო ჩაშენებული. ამასთან შეუძლებელი იყო ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ცვლილება მაღალი და საშუალო ძაბვების ან მაღალი და დაბალი ძაბვების გრაგნილებს შორის. ასევე შეუძლებელი იყო ძაბვის შემხვედრი რეგულაციის განხორციელება ერთდროულად ავტოტრანსფორმატორის საშუალო და დაბალი ძაბვის გრაგნილებზე. თანამედროვე პირობებში ავტოტრანსფორმატორის საშუალო ძაბვის გრაგნილის ხაზურ ბოლოზე ჩაშენებული ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის ცვლილებით შესაძლებელია ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის დატვირთვის ქვეშ ცვლილება მაღალი და საშუალო ძაბვის გრაგნილებისათვის. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებს შორის ერთდროულად ცვლილების მოთხოვნის შემთხვევაში ავტოტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის გრაგნილის მიმდევრობით საჭიროა დამატებითი ხაზური რეგულატორის დაყენება. ეკონომიკური თვალსაზრისით ასეთი გადაწყვეტა უფრო მიზანშეწონილია, ვიდრე ავტოტრანსფორმატორის დამზადება დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის ორი მოწყობილობით, რომელიც საშუალო ძაბვის გრაგნილის ხაზის ბოლოშია ჩაშენებული.

ძაბვის რეგულაციის ხერხების შედარება. ძაბვის რეგულაციის განხილული ხერხებიდან ყველაზე გავრცელებული და ეფექტურია ძაბვის რეგულაცია დატვირთვის ქვეშ ტრანსფორმატორებსა და ავტოტრანსფორმატორებში. ძაბვის რეგულაციის დანარჩენი ხერხები,

რომელსაც გაცილებით ნაკლები პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია, რეგულაციის დამატებით მეთოდებს წარმოადგენს.

ტრანსფორმატორები, რომელთაც არ გააჩნიათ დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობა, 35 კე-მდე ძაბვის ქსელებში გამოიყენება. მათი დახმარებით შეუძლებელია ძაბვის შემხვედრი რეგულაციის განხორციელება, ვინაიდან ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი დღეღამის განმავლობაში რეჟიმის ცვლილების დროს პრაქტიკულად უცვლელი რჩება. ძაბვის რეგულაცია ასეთი ტრანსფორმატორის საშუალებით გამოიყენება, როგორც სეზონური ღონისძიება. განშტოებების უფრო ხშირი გადართვები ძვირადღირებულ მანიპულაციას წარმოადგენს, ვინაიდან მოითხოვს მოწყობილობის ჩართვა-ამორთვას, ართულებს ექსპლუატაციასა და ოპერატიული პერსონალის რაოდენობის მნიშვნელოვან გაზრდასთანაა დაკავშირებული.

დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორის საშუალებით რაიონულ ქვესადგურებზე შეიძლება განხორციელებულ იქნეს ძაბვის შემხვედრი რეგულაცია, ვინაიდან შესაძლებელია ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტებისა და განშტოებების დატვირთვის ქვეშ ცვლილება:

$$U_{\text{უდ.}} \neq U_{\text{უმც.}} ; \quad U_{\text{გან.უდ.}} \neq U_{\text{გან.უმც.}} \quad (3-13)$$

დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორები გაცილებით ძვირია ასეთი მოწყობილობის არმქონე ტრანსფორმატორებთან შედარებით, რაც საქციალური გადამრთველი მოწყობილობის არსებობითაა განაპირობებული. აღნიშნული მოწყობილობის ღირებულება შედარებით ნაკლებადაა დამოკიდებული ტრანსფორმატორის სიმძლავრეზე, რის გამოც რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორების შედარებითი სიძვირე გაცილებით მეტ გავლენას ახდენს მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზე. აღნიშნული გაძვირება ტრანსფორმატორის ღირებულების 20-25%-ს შეადგენს, ხოლო მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებისათვის - 70-80%-ს. დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორები 35 კე და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში გამოიყენება.

მცირე სიმძლავრის სარეგულაციო ტრანსფორმატორები სამრეწველო და სასოფლო დანიშნულების ელექტრულ ქსელებში გამოიყენება, ხოლო დიდი სიმძლავრის სარეგულაციო ტრანსფორმატორები - მაღალი ძაბვის მკვებაე ქსელებში.

ტრანსფორმატორებით, ავტოტრანსფორმატორებითა და ხაზური რეგულატორებით ძაბვის რეგულაციის მონაცემები (3-1) ცხრილშია მოცემული.

სინქრონული კომპენსატორები ძაბვის რეგულაციისათვის მძლავრ ქვესადგურებზე გამოიყენება, ხოლო კონდენსატორული ბატარეები - შედარებით მცირე სიმძლავრის ქვესადგურებსა და სამრეწველო და სასოფლო დანიშნულების ქსელებში. მიუხედავად იმისა, რომ მაკომპენსირებელი მოწყობილობების გამოყენება ძაბვის რეგულაციის ერთ-ერთ ხერხს წარმოადგენს, იგი პირველ რიგში რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსის უზრუნველყოფისა და სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების შემცირებისათვის გამოიყენება.

რეგულაციის საშუალება	ძაბვა, კე	სიმძლავრე, მეა	რეგულაციის მოწყობილობის ჩართვის ადგილი	რეგულაციის დიაპაზონი, %
დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის არმქონე ტრანსფორმატორები	6, 10(20)	0,4-0,63	მაღალი ძაბვის გრაგნილის ნეიტრალში ან გრაგნილის შუალედში	$\pm 2 \times 2,5$
დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორები	35 და მეტი	10-63	მაღალი ძაბვის გრაგნილის ნეიტრალში	$\pm 8 \times 1,5$
	6, 10(20)	1-6,3	იქვე	$\pm 8 \times 1,5$
დიდი სიმძლავრის ხაზური რეგულატორები	6-35	16-100	მიმდევრობითი რეგულაციის მოწყობილობის არმქონე ტრანსფორმატორის არასარეგულაციო გრაგნილებში; უშუალოდ ხაზებში	± 15
მიმდევრობითი სარეგულაციო ტრანსფორმატორები	35, 150	92-240	მიმდევრობით 220, 330, 500 კე ძაბვის ავტოტრანსფორმატორებში	$\pm 24,2$
ავტოტრანსფორმატორები, სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	330	125-400	დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობა საშუალო ძაბვის გრაგნილში;	$\pm 6 \times 2$
	220	25-250	იგივე მაღალი ძაბვის გრაგნილის ნეიტრალში	$\pm 8 \times 1,5$

§3-9. სარეგულაციო მოწყობილობების შერჩევა

ძაბვის რეგულაცია ყველა სახის ქსელებისათვის გადასაწვევტ ამოცანას წარმოადგენს, რის გამოც მათი პროექტირების პროცესში ყოველთვის აღიქმება სარეგულაციო მოწყობილობის შერჩევის საკითხი. აღნიშნულ პროცესში წარმოებს მოწყობილობის ტიპის შერჩევა, მათი განლაგება ქსელის სიგრძეზე და ავტომატური რეგულატორებით აღჭურვა. სარეგულაციო მოწყობილობად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე მკომპენსირებელი დანადგარები, რომელიც პრაქტიკულად ყოველთვის საჭიროა ეკონომიკურობის პირობისა და ტექნიკური მოთხოვნილების უზრუნველსაყოფად.

ქვემოთ მოტანილია ძირითადი საერთო დებულებები, რომელიც გათვალისწინებული და რეალიზებული უნდა იქნეს ყველა ელექტრული ქსელის პროექტირების დროს. მათ პირველ რიგში განეკუთვნება დებულება მანაწილებელი ქსელების მკეებაე მიმდებ ქვესადგურებზე დატვირთვის ქვეშ ძაბვის სარეგულაციო ტრანსფორმატორის (რდქ) გამოყენების შესახებ.

35კვ და მეტი ძაბვის მქონე თანამედროვე დამადაბლებელი ტრანსფორმატორები, როგორც წესი, რდქის მოწყობილობითაა აღჭურვილი. ამასთან, ტრანსფორმატორებს საკმაოდ დიდი სარეგულაციო დიაპაზონი გააჩნია. ასე, მაგალითად, ტრანსფორმატორებს, რომელთა მაღალი მხარის გრაგნილის ძაბვა 110 კე-ია, რეგულაციის დიაპაზონი $\pm 16\%$ -ს ($\pm 9 \times 1,78\%$) შეადგენს, ხოლო მაღალი მხარის გრაგნილის ძაბვის 220 კე-თან ტოლობის შემთხვევაში რეგულაციის დიაპაზონი $\pm 12\%$ ($\pm 8 \times 1,5\%$)-ია.

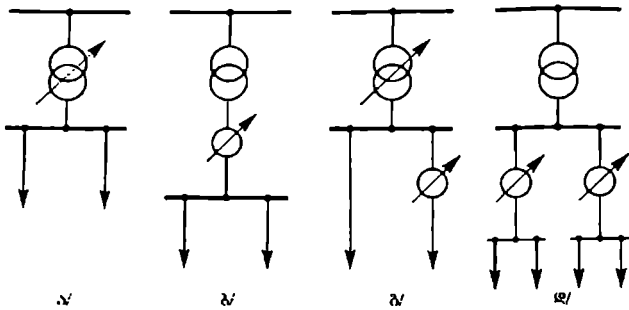
არასარეგულაციო ტრანსფორმატორები შეიძლება დადგმული იქნეს ცალკეულ შემთხვევებში, კერძოდ, საკმარისად მუდმივი დატვირთვის დროს თითქმის უცვლელი მიყვანილი ძაბვის პირობებში. არასარეგულაციო ტრანსფორმატორის დადგმის მიზანშეწონილობა ყველა შემთხვევაში საქციალურად უნდა იქნეს დასაბუთებული.

ახალი ელექტრული ქსელების პროექტირების დროს მიმდებ ქვესადგურებზე რდქის მქონე ტრანსფორმატორების დადგმა უნდა იქნეს გათვალისწინებული (ნახ. 3-7ა). ქსელების განვითარებისა და რეკონსტრუქციის პროექტირების დროს არსებულ ქვესადგურებზე ტრანსფორმატორების წრედში ჩართული ხაზური რეგულატორები უნდა დაიდგას (ნახ. 3-7ბ).

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ცენტრალიზებული რეგულაცია ყოველთვის არაა საკმარისი. მკვეთრად განსხვავებული გრაფიკების მქონე არაერთგვაროვანი დატვირთვების შემთხვევაში საჭირო ხდება ცალკეული ხაზების წრედებში ჩართული დამატებითი ხაზური რეგულატორების გამოყენება (ნახ. 3-7გ).

არავითგვაროვანი დატვირთვების მქონე ქვესადგურებზე შესაძლებლობის მიხედვით მიზანშეწონილია მიახლოებით ერთნაირი დატვირთვის გრაფიკების მქონე ხაზების ცალკეულ ჯგუფებად დაყოფა დიფერენციალური (ჯგუფების მიხედვით) ცენტრალიზებული რეგულაციის განსახორციელებლად ხაზური რეგულატორების საშუალებით. ამასთან, საკვანძო ქვესადგურებზე შეიძლება აღარ იყოს საჭირო ძაბვის საერთო რეგულაცია (ნახ. 3-7დ).

რეგულაციის მეთოდების შეთანხმება საჭიროა პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორებსა და სხვა მოწყობილობებზე დადგმული ავტომატური რეგულაციისათვის. მხედველობაში მიიღება ისეთი მოწყობილობები, როგორიცაა ხაზური რეგულატორები, მართვადი კონდენსატორების ბატარეები, სინქრონული ძრავები, მანაწილებელი ტრანსფორმატორები და სხვ.



ნახ. 3-7. შევებაჲ ქვესადგურებზე ძაბვის ცენტრალიზებული რეგულაციის სქემებო.

იმის გამო, რომ ძაბვის დანაკარგები შევებაჲ ქსელში ტრანსფორმატორის თითოეულ საფეხურზე ჩვეულებრივად 10%-ს აღემატება, სხეადასხეა ნომინალური ძაბვის შევებაჲ ქსელის დამაკავშირებელი ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები, როგორც წესი, დატვირთვის ქვეშ რეგულაციის უნარის მქონე უნდა იყოს. ეს რამდენადმე გაძნელებულია მრავალგზავნილიანი ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების შემთხვევაში, რომელიც პრაქტიკულად მხოლოდ ერთი სარეგულაციო მოწყობილობით მზადდება.

ძაბვის რეგულაციისათვის ტრანსფორმატორის თითოეულ საფეხურზე ხშირად დამოუკიდებლად საჭირო ხდება დამატებითი ვოლტსამატი ტრანსფორმატორების (აგრეგატების) გამოყენება, რომელიც შევებაჲ ქსელების მაღალი ძაბვის (35კვ და მეტი) ხაზებში ირთება.

რეაქტიული სიმძლავრის სარეგულაციო წყაროების (მაგ. სინქრონული კომპენსატორების) მქონე ქვესადგურებზე და გენერატორული ძაბვის სალტეების მქონე ელექტროსადგურებზე (თეცებზე) გათვალისწინებულ უნდა იქნეს რდქ-ის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორების დადგმა. ორი სარეგულაციო მოწყობილობის დადგმის აუცილებლობა ორი სარეგულაციო პარამეტრის არსებობითაა განპირობებული 1. სალტეების ძაბვით, რომელზეც მანაწილებელი ქსელია მიერთებული; 2. მაღალი ძაბვის ქსელში გადაცემული (ან ქსელიდან მოხმარებული) რეაქტიული სიმძლავრით.

მანაწილებელ ქსელებში, როგორც წესი, დამატებითი (ადგილობრივი) სარეგულაციო მოწყობილობის გათვალისწინება არაა აუცილებელი. მათ ფუნქციას მართვადი კონდენსატორების ბატარეები, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში - მძლავრი სარეგულაციო სინქრონული ძრავები ასრულებენ. გამონაკლისს წარმოადგენს შემთხვევა, როცა ეკონომიკურობის პირობის მიხედვით მოითხოვება ინდივიდუალური რეგულაცია ძაბვის უმცირეს საზღვრებში გადახრის უზრუნველსაყოფად. ასეთ შემთხვევებში საჭირო ხდება რდქ-ის მოწყობილობის მქონე მანაწილებელი ტრანსფორმატორების გამოყენება.

სამრეწველო ელექტრულ ქსელებში დამატებით აღიძვრება ძაბვის განცალკევებული რეგულაციის საკითხი ძალური და განათების ელექტრომიმღებებისათვის. ამისათვის შეიძლება საჭირო გახდეს ძალური და განათების ქსელის ცალ-ცალკე კება. ამჟამად განათების ქსელებში ძაბვის რეგულაციისათვის სპეციალური ტირისტორული მოწყობილობები გამოიყენება.

§3-10. რეაქტიული სიმძლავრის დანიშნულება და მისი კომპენსაცია

ზოგადი დებულებები. აქტიურ სიმძლავრეს ელექტრული ქსელი ელექტროსადგურების გენერატორებიდან იღებს, რომელიც აქტიური სიმძლავრის ერთადერთ წყაროს წარმოადგენს. აქტიური სიმძლავრისაგან განსხვავებით რეაქტიული სიმძლავრე შეიძლება გენერირებულ იქნეს არა მარტო გენერატორებიდან, არამედ სინქრონული კომპენსატორებიდან ან რეაქტიული სიმძლავრის სტატიკური წყაროებიდან, რომელიც შეიძლება ელექტრული ქსელის ქვესადგურებზე იქნეს დადგმული. ნომინალური დატვირთვის დროს გენერატორები გამოიმუშავენს მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრის მხოლოდ 60%-ს; 20% გენერირდება 110 კე და უფრო მაღალი ძაბვის გადაცემის ხაზების ტექადური გამტარობის მიერ, ხოლო დარჩენილ 20%-ს მაკომპენსირებელი მოწყობილობები გამოიმუშავენს, რომელიც ქვესადგურებზე ან უშუალოდ მომხმარებლებთანაა დადგმული.

რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია ეწოდება მის გამომუშაებას ან მოხმარებას მაკომპენსირებელი მოწყობილობის საშუალებით.

რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის ამოცანის გადაწყვეტას ქვეყნის ენერგეტიკულ სისტემაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შემდეგი მიზეზების გამო:

1. სამრეწველო სავარმოებში შეიძინევა რეაქტიული სიმძლავრის მოხმარების ზრდის ტენდენცია აქტიური სიმძლავრის მოხმარებასთან შედარებით;

2. საქალაქო ელექტრულ ქსელებში განუწყვეტლივ იზრდება რეაქტიული სიმძლავრის მოხმარება, რაც კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო დატვირთვის ზრდითაა განპირობებული;

3. იზრდება რეაქტიული სიმძლავრის მოხმარება სასოფლო დანიშნულების ელექტრულ ქსელებში.

რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია, როგორც ერთერთი ყველაზე სერიოზული ტექნიკური ღონისძიება, რამდენიმე მიზნისათვის გამოიყენება, კერძოდ: 1. რეაქტიული სიმძლავრე საჭიროა მისი ბალანსის პირობის უზრუნველსაყოფად; 2. მაკომპენსირებელი მოწყობილობა გამოიყენება ქსელში ელექტროენერგიის დანაკარგების შესამცირებლად; 3. მაკომპენსირებელი მოწყობილობა გამოიყენება ძაბვის რეგულაციისათვის.

ყველა შემთხვევაში მაკომპენსირებელი მოწყობილობის გამოყენების დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს შეზღუდვები ტექნიკური და რეჟიმული მოთხოვნების მიხედვით: 1. სიმძლავრის აუცილებელი რეზერვისათვის დატვირთვის კვანძებში; 2. რეაქტიული სიმძლავრის განსაღებლად მისი წყაროს საღებებზე; 3. ძაბვის გადახრისათვის; 4. ელექტრული ქსელების გამტარუნარიანობისათვის.

გადაცემ ხაზებსა და ტრანსფორმატორებში რეაქტიული სიმძლავრის გადადინების შესამცირებლად რეაქტიული სიმძლავრის წყაროები მათი მოხმარების სიახლოვეს უნდა იქნეს განლაგებული. ამასთან, ქსელის გადაცემის ელემენტები განიტვირთება რეაქტიული სიმძლავრისაგან, რაც აქტიური სიმძლავრისა და ძაბვის დანაკარგების შემცირებით მიიღწევა.

რეაქტიული სიმძლავრის მომხმარებლები, რეაქტიული სიმძლავრის ძირითად მომხმარებლებს ელექტრულ სისტემებში ტრანსფორმატორები, ასინქრონული ძრავები, ვენტილური გარდამსახები, ინდუქციური ელექტროღუმელები, შედუღების აპარატები წარმოადგენს. რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური აბსოლუტური და ფარდობითი დანაკარგები

ძალზე დიდია და კსელში გადაცემული სიმძლავრის თითქმის ნახევარს შეადგენს.

რეაქტიული სიმძლავრის მთლიანი დანაკარგების 70-75%-ს ტრანსფორმატორებში ძაბვის სხვადასხვა საფეხურზე მოსული დანაკარგები შეადგენს. ასე, მაგალითად, ТДТН-40000/220 ტიპის სამგრაგნილიან ტრანსფორმატორში, რომლის დატვირთვის კოეფიციენტი 0,8-ის ტოლია, რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები ნომინალური სიმძლავრის 12%-ს შეადგენს.

სამრეწველო საწარმოებში რეაქტიული სიმძლავრის ძირითად მომხმარებლებს ასინქრონული ძრავები წარმოადგენს, რომელზეც საწარმოს მიერ მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრის 65-70% მოდის. 20-25% მოდის ტრანსფორმატორებზე, ხოლო დანარჩენი 10% – სხვა დენმიმღებებსა და საპაერო გადამცემ ხაზებზე.

საერთო მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით

$$\Sigma Q_{\text{ზის}} = \Sigma Q_{\text{დაბ}} + \Sigma \Delta Q \quad (3-13)$$

სადაც $\Sigma Q_{\text{დაბ}}$ – დატვირთვის ჯამური რეაქტიული სიმძლავრეა; $\Sigma \Delta Q$ – რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგებია.

დატვირთვის ჯამური რეაქტიული სიმძლავრე ტოლია:

$$\Sigma Q_{\text{დაბ}} = \Sigma P_{\text{დაბ}, i} \cdot i \varphi_i \quad (3-14)$$

სადაც $P_{\text{დაბ}, i}$ – i -ური დატვირთვის აქტიური სიმძლავრეა; $i \varphi_i$ – სიმძლავრეების სამკუთხედის კუთხის ტანგენსია.

რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგები ტოლია:

$$\Sigma \Delta Q = \Sigma \Delta Q_{\text{ბა}} + \Sigma \Delta Q_{\text{ბაჰ}} + \Sigma \Delta Q_{\text{ტრ}} \quad (3-15)$$

სადაც $\Sigma \Delta Q_{\text{ბა}}$ – გადამცემ ხაზში რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგებია; $\Sigma \Delta Q_{\text{ბაჰ}}$ – რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური გენერაცია ხაზის ტევადურ გამტარობაში; $\Sigma \Delta Q_{\text{ტრ}}$ – რეაქტიული სიმძლავრის ჯამური დანაკარგებია ტრანსფორმატორში.

რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები გადამცემ ხაზში ტოლია:

$$\Delta Q_{\text{ბა}} = \frac{S_{\text{ბა}}^2}{U_{\text{ნომ}}^2} \cdot X_{\text{ბა}} \quad (3-16)$$

რეაქტიული სიმძლავრის გენერაცია Π -სებური ხაზის ტევადურ გამტარობაში

$$2 Q_{\text{ბაჰ}} = U_{\text{ნომ}}^2 \cdot b_{\text{ბა}} \quad (3-17)$$

სადაც $b_{\text{ბა}}$ – ხაზის ტევადური გამტარობაა.

$l = 100$ კმ სიგრძის ხაზში გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრის საშუალო მნიშვნელობა ხაზის ძაბვის მიხედვით ქვემოთაა მოცემული:

$U_{\text{ნომ}}$, კვ	110	150	220
$2 Q_{\text{ბაჰ}}$, მვარ	3	6,5	12,6

რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები გადამცემ ხაზში და მისი გენერაცია ხაზის ტევადურ გამტარობაში დაახლოებით ერთმანეთის ტოლია:

$$\Sigma \Delta Q_{გა} \approx 0,1 S_{გა}; \quad \Sigma \Delta Q_{გენ} \approx 0,1 S_{გა}. \quad (3-18)$$

რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებს ხაზის ინდუქტიურობაში და გენერაციას ხაზის ტევადურ გამტარობაში სხვადასხვა ნიშანი გააჩნია, რის გამოც

$$+ j \Delta Q_{გა} - j 2 Q_{Lგენ} = 0 \quad (3-19)$$

სათანადოდ

$$\Sigma \Delta Q_{გენ} \approx \Delta Q_{გა}. \quad (3-20)$$

რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები K პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორისათვის ტოლია:

$$\Delta Q\% = K S_{ტრ} \frac{U_{გენ}\%}{100} \quad (3-21)$$

სადაც $U_{გენ}$ - მოკლედ შერთვის ძაბვა, %.

$U_{გენ}$ -ს დამახასიათებელი მნიშვნელობების შემთხვევაში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები ტრანსფორმატორში საორიენტაციოდ ტოლია

$$\Delta Q_{ტრ} \approx 0,1 K S_{ტრ} = 0,1 S_{ტრ}, \quad (3-22)$$

სადაც $S_{ტრ} = K S_{გენ}$.

ტრანსფორმაციის m საფეხურის მქონე ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები ტოლია:

$$\Delta Q_{ტრ} = 0,1 m S_{ტრ} \quad (3-23)$$

ნებისმიერი ელექტრული ქსელის სწორად დაპროექტების შემთხვევაში დაცული უნდა იქნეს სრული სიმძლავრეების ბალანსი ნორმალური რეჟიმის დაკავების პირობების შესრულების შემთხვევაში. ამასთან, აუცილებელია რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსის უზრუნველყოფა როგორც მთლიანად სისტემისათვის, ასევე მკვებავი ქსელის ცალკეული კვანძებისათვის მათში საჭირო რაოდენობის რეაქტიული სიმძლავრის არსებობის შემთხვევაში.

რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსი ქსელის ცალკეული დამახასიათებელი რეჟიმისათვის უნდა იქნეს გათვალისწინებული. აღნიშნული რეჟიმებია:

1. უდიდესი რეაქტიული დატვირთვის რეჟიმი (რეაქტიული სიმძლავრის უდიდესი მოხმარებისა და მაკომპენსირებელი დანადგარების აუცილებელი სიმძლავრის შემთხვევაში);

2. უდიდესი აქტიური დატვირთვის რეჟიმი, რომელიც გენერატორების აქტიური სიმძლავრით მაქსიმალურ დატვირთვასთანაა დაკავშირებული მათი მინიმალური რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში;

3. უმცირესი აქტიური დატვირთვის რეჟიმი, რომელიც გენერატორების ნაწილის ამორთვასთან, და, სათანადოდ, მათ მიერ

რეაქტიული სიმძლავრის გენერირების შეუძლებლობასთანაა დაკავშირებული:

4. ავარიის შემდგომი და სარემონტო რეკონსტრუქციები, რომელიც ქსელში გადაცემული რეაქტიული სიმძლავრის მაქსიმალურ შეზღუდვასთანაა დაკავშირებული.

რეაქტიული სიმძლავრის თავისებურებები. ელექტრული ქსელების მუშა რეჟიმების გაანგარიშებებში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრე ერთობლივად მოიხმარება. ყველა გამომთვლელ ოპერაციაში რეაქტიული სიმძლავრე აქტიურის ანალოგიურად გამოიყენება. ამიტომ იქმნება შთაბეჭდილება, რომ აღნიშნული სიდიდეები იდენტურია, რაც სინამდვილეს არ შეესაბამება. ქვემოთ მოცემულია აღნიშნული სიდიდეების სხვადასხვა მანერებით შედარება.

მ ო ხ მ ა რ ე ბ ა. აქტიური სიმძლავრე ძირითადად მოიხმარება ელექტრომომღებების მიერ, რომელიც ელექტრულ ენერჯიას სხვა სახის (რეჟანიკურ, თბურ, სინათლის) ენერჯიად გარდაქმნის. ნაწილობრივ აქტიური სიმძლავრე ქსელის ელემენტების წინააღმდეგში იკარგება.

რეაქტიული სიმძლავრე არა მხოლოდ ელექტრომომღებების, არამედ ქსელის ელემენტების მიერაც მოიხმარება. ასე, მაგალითად, ენერგოსისტემის ტრანსფორმატორების მიერ მოხმარებული ჯამური რეაქტიული სიმძლავრე ხშირად აჭარბებს იმავე სისტემის ქსელებთან მიერთებული ყველა ასინქრონული ძრავას მიერ მოხმარებულ ჯამურ რეაქტიულ სიმძლავრეს.

რეაქტიული სიმძლავრის მოხმარება არსებითად არაა დაკავშირებული აქტიური სიმძლავრის მოხმარებასთან. იგი ცვლადი დენის ელექტრული წრედის ელემენტების პარამეტრებითა და მათი მუშაობის რეჟიმებითაა განპირობებული. ყველაზე სწორი იქნებოდა იმ მოსაზრების კონსტატაცია, რომ რეაქტიული სიმძლავრე მოიხმარება წრედის ნებისმიერი ელემენტის მიერ, რომელშიც დენი ჩამორჩენილია მოდებული ძაბვისაგან.

გ ე ნ ე რ ე ბ ა. აქტიური სიმძლავრე მიიღება გენერატორებისაგან, რომელიც ტურბინის საშუალებით ბრუნავს. რეაქტიული სიმძლავრე შეიძლება მიღებულ იქნეს ქსელის ნებისმიერ წერტილში. იგი გენერირდება სინქრონული ძრავების მიერ მათი გადააგზნების რეჟიმში მუშაობის დროს, ხაზების ტეფადობით, კონდენსატორებით და სხვ. შეიძლება ჩათვალოს, რომ წრედის ნებისმიერი ელემენტი, რომელშიც დენი წინ უსწრებს ძაბვას, რეაქტიული სიმძლავრის გენერატორს წარმოადგენს.

გ ა დ ა ც ე მ ა. ქსელის თითოეული ელემენტის მუშაობის რეჟიმში დენისა და ძაბვის სიდიდეებით, და, სათანადოდ, გადამცემი და მიმღები პუნქტების სრული სიმძლავრის მნიშვნელობით განისაზღვრება. სრული სიმძლავრის ნივთიერი ნაწილი აქტიურ, ხოლო წარმოსახვითი ნაწილი – რეაქტიულ სიმძლავრეს წარმოადგენს. ამასთან, გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ის გარემოება, რომ პირველი ელექტრომომარაგების მიზანს, ხოლო მეორე – თანმდევ მოვლენას წარმოადგენს.

უნდა აღინიშნოს, რომ რეაქტიული სიმძლავრე მხოლოდ ცვლადი დენის ქსელებისათვისაა დამახასიათებელი. მისი განაწილება ქსელის სიგრძეზე მართალია ქსელის პარამეტრებითაა განპირობებული, მაგრამ იოლად შეიძლება შეიცვალოს, კერძოდ, სინქრონული მანქანების აგზნების დენზე ზემოქმედების გზით. რეაქტიული სიმძლავრის განაწილების რეჟიმის უფრო მნიშვნელოვანი ცვლილება მხოლოდ მაკომპენსირებელი მოწყობილობითაა შესაძლებელი.

ქ ო მ პ ე ნ ს ა ც ი ა. აქტიური სიმძლავრისათვის აღნიშნული ტერმინი მიუღებელია, მაგრამ რეაქტიული სიმძლავრის შემთხვევაში აღიქრება დამოუკიდებელი ამოცანა – მაქსიმალური ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტის მიღება ტექნიკური მოთხოვნების შესრულების დროს. აღნიშნული

ამოცანა გარკვეულწილად იძულებით ხასიათს ატარებს, ვინაიდან გენერატორების გამომყვანებზე არსებული რეაქტიული სიმძლავრე არასაკმარისია მისზე მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად. აღნიშნულ მოთხოვნებს ასევე ვერ აკმაყოფილებს ხაზების ტევადობის მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე, რაც იმითაა გამოწვეული, რომ აღნიშნული სიმძლავრის სიჭარბეს ადგილი აქვს მცირე დატვირთვების რეჟიმებში, როცა მისი მოხმარება გაძნელებულია. რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემის არაეკონომიკურობა მისი მაკომპენსირებელი მოწყობილობის მანაწილებელ ქსელებში განლაგებას განაპირობებს. რამდენადაც მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრე იცვლება ერთი რეჟიმიდან მეორეზე გადასვლის დროს, უნდა შეიცვალოს აგრეთვე გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე. აქედან გამომდინარეობს დასკვნა იმის შესახებ, რომ მაკომპენსირებელი მოწყობილობა გარკვეულწილად რეგულირებადი ან მართვადი უნდა იყოს.

ბ ა ლ ა ნ ს ი. როგორც ცნობილია, ცვლადი დენის ნებისმიერი წრედისათვის მართებულია სიმძლავრის ბალანსი. ამასთან, პრაქტიკულად თუ არ მივიღებთ სპეციალურ ზომებს, ბალანსის აღნიშნული მოთხოვნა შეიძლება აღიძრას რეჟიმის დაუშვებელი ან მიუღებელი პარამეტრების დროს. რეჟიმი შეიძლება საერთოდ არ არსებობდეს, თუ მაგალითად, არაა უსრუნველყოფილი ქსელის საკმარისი გამტარუნარიანობა ან ელექტროსადგურების მუშაობის მდგრადობა. ყოველივე ეს იმას ნიშნავს, რომ ბალანსის პირობა აუცილებელ, მაგრამ ხშირად არასაკმარის პირობას წარმოადგენს. უმეტესწილად რეაქტიული სიმძლავრისათვის, ვიდრე აქტიური სიმძლავრისათვის, მნიშვნელოვანია ბალანსის უსრუნველყოფა არა მარტო მთლიანად სისტემისათვის, არამედ მკვებაეი ქსელის ცალკეული ეკანებისათვის, სადაც შეიძლება მისი გადაცემისათვის არსებითი შეზღუდვები აღიძრას.

მაგალითისათვის შეიძლება აღინიშნოს, რომ ძაბვის რეგულაცია დატვირთვის ქვეშ სარეგულაციო მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორების საშუალებით მხოლოდ იმ შემთხვევაში აღმოჩნდება ეფექტიანი, როცა მკვებაეი ქსელის სათანადო ეკანში რეაქტიული სიმძლავრის სათანადო რეზერვი გვექნება. აღნიშნული რეზერვის არარსებობის დროს ძაბვის რეგულაცია შეუძლებელი ხდება, ხოლო რიგ შემთხვევებში შეიძლება დატვირთვის სტატიკური მდგრადობის დარღვევაც გამოიწვიოს.

მანაწილებელ ქსელებში განლაგებული მაკომპენსირებელი მოწყობილობები (მაგ. კონდენსატორული ბატარეა) შეიძლება ძაბვის რეგულაციისათვის იქნეს გამოყენებული, რაც ამცირებს მოთხოვნებს ადგილობრივ სარეგულაციო მოწყობილობებზე. აღნიშნულის გამო მანაწილებელი ქსელების მაკომპენსირებელი მოწყობილობის მუშაობის ეკონომიკურობა ძაბვის რეჟიმზე ზემოქმედების ჭრილში უნდა იქნეს განხილული.

მანაწილებელ ქსელებში, განსაკუთრებით დაბალი ძაბვის ქსელებში განლაგებული კონდენსატორების ბატარეები სექციებად იყოფა და მართვის ავტომატური მოწყობილობით აღიჭურვება. ამასთან, კონდენსატორების მაკომპენსირებელი მოქმედება ავტომატურად ხორციელდება. პრაქტიკულად, ქსელში ძაბვის შემცირება რეაქტიული სიმძლავრის უკმარისობისაგან, ხოლო გაზრდა - მისი სიჭარბისაგანაა გამოწვეული. პირველ შემთხვევაში ადგილი აქვს ახალი კონდენსატორების მუშაობაში ჩართვას, ხოლო მეორე შემთხვევაში - მათი ნაწილის ამორთვას, რაც რეაქტიული სიმძლავრეების ბალანსის უსრუნველყოფის პირობას შეესაბამება რეჟიმის დასაშვები პარამეტრების პირობებში.

ამასთან, არაა აუცილებელი ენერჯის დანაჯარგები ქსელში მინიმალური იყოს, ისევე, როგორც ენერჯის სისტემის ელექტროსადგურებს

შორის აქტიური სიმძლავრეების განაწილების შემთხვევაში. მაქსიმალური უნდა იყოს ჯამური ეკონომიკური ეფექტი.

სხვა მდგომარეობას აქვს ადგილი სინქრონული ძრავების მიერ გენერირებულ რეაქტიული სიმძლავრის გამოყენების შემთხვევაში. სინქრონული ძრავების მიერ რეაქტიული სიმძლავრის გენერაცია ძაბვის რეგულაციის ანალოგიურ ეფექტს იწვევს, მაგრამ დაკავშირებულია აქტიური სიმძლავრის მნიშვნელოვან დანაკარგებთან, და, სათანადოდ, ენერჯის დანაკარგებთან თვით სინქრონულ ძრავებში. ამიტომ ძაბვის რეგულაცია სინქრონული ძრავების აგზნების დენის ავტომატური ცვლილებით ყოველთვის არაა ეკონომიკურად მიზანშეწონილი. ამ მიზნისათვის მცირე სიმძლავრის სინქრონული ძრავების გამოყენება ეკონომიკურად არაა გამართლებული.

რეაქტიული სიმძლავრე მანაწილებელ ქსელებში. მანაწილებელ ქსელებში, განსაკუთრებით სამრეწველო დანიშნულების ქსელებში ადგილი აქვს დიდი მოცულობის რეაქტიული სიმძლავრის მოხმარებას. რეაქტიული სიმძლავრის ძირითად მომხმარებლებს, როგორც აღენიშნეთ, ასინქრონული ძრავები წარმოადგენს. რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელოვანი ნაწილი ტრანსფორმატორების გრაგნილებში, აგრეთვე გადამცემი ხაზების რეაქტიულ წინაღობაში იკარგება. ელექტროსადგურების გენერატორები აქტიურ სიმძლავრესთან ერთად რეაქტიულ სიმძლავრესაც გამოიმუშავენს, რომელიც ელექტრული ქსელის საშუალებით მომხმარებელს გადაეცემა.

გენერატორების მიერ ქსელში გადაცემული სრული სიმძლავრე ტოლია:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = P + jQ \quad (3-24)$$

სადაც P და Q – დენმიმღებების აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეა ქსელში სიმძლავრის დანაკარგების ჩათვლით.

აქტიური სიმძლავრე ელექტრომაგნიტური ენერჯის სხვა სახის (თბურ, მექანიკურ და სხვ.) ენერჯიად გარდაქმნის საშუალო სიჩქარეს – $P = UI \cos \varphi$ ახასიათებს. რეაქტიული სიმძლავრე ახასიათებს ენერჯის დაგროვების სიჩქარეს სტატიკურ კონდენსატორებსა და ინდუქციურ კოჭებში – $Q = UI \sin \varphi$. $\cos \varphi$ – დენმიმღებების ჯამური სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომელიც აქტიური სიმძლავრის სრულ სიმძლავრესთან ფარდობას წარმოადგენს; φ – ძერის კუთხეა ძაბვისა და დენის ვექტორებს შორის.

P აქტიური სიმძლავრე სიმძლავრის კოეფიციენტის პროპორციულია. მოცემული ძაბვის შემთხვევაში ერთი და იგივე აქტიური სიმძლავრის მისაღებად მით უფრო ნაკლები დენია საჭირო, რაც მაღალია $\cos \varphi$. დენის გაზრდა იწვევს ენერჯის დანაკარგების გაზრდას გადამცემ ხაზებში, რის გამოც ფაზის ძერის კომპენსაციისა და $\cos \varphi$ – ს ასამაღლებლად მაკომპენსირებელი მოწყობილობები გამოიყენება.

ელექტროსადგურების გენერატორების მუშაობა ნომინალურ სიმძლავრის კოეფიციენტზეა გათვლილი ($\cos \varphi = 0,8-0,85$), რომლის დროსაც იგი ნომინალურ აქტიურ სიმძლავრეს გამოიმუშავენს. $\cos \varphi$ – ს შემცირება მომხმარებლებთან განსაზღვრულ მნიშვნელობაზე ქვემოთ იწვევს გენერატორების სიმძლავრის კოეფიციენტის, და, სათანადოდ, მისი აქტიური სიმძლავრის შემცირებას იგივე სრული სიმძლავრის შემთხვევაში. ამგვარად, მომხმარებლების სიმძლავრის კოეფიციენტის შემცირებულ მნიშვნელობის დროს მათთვის აუცილებელი აქტიური სიმძლავრის მიწოდებისათვის საჭიროა ელექტროსადგურების სიმძლავრეების, აგრეთვე ქსელებისა და ტრანსფორმატორების სიმძლავრისა და გამტარუნარიანობის გაზრდა, რაც დამატებით კაპიტალურ და საექსპლუატაციო ხარჯებთანაა დაკავშირებული.

იმის გამო, რომ თანამედროვე ელექტრული სისტემები მრავალრიცხოვან ტრანსფორმატორებსა და გრძელ გადაცემ ხაზებს აერთიანებს, გადაცემაში მოწყობილობების რეაქტიული წინაღობა ძალზე დიდი გამოდის, რაც ძაბვისა და რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელოვან დანაკარგებთანაა დაკავშირებული.

რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემა ელექტრული ქსელის საშუალებით ძაბვის დამატებით დანაკარგებს იწვევს.

გამოსახულებიდან

$$\Delta U = \sum_1^n \frac{PR - QX}{U} \quad (3-25)$$

ჩანს, რომ გადაცემული რეაქტიული სიმძლავრე (Q) და ხაზის რეაქტიული წინაღობა (X) არსებით გავლენას ახდენს ძაბვის დონეზე მომხმარებლებთან.

რეაქტიული სიმძლავრის სიდიდე ასევე გავლენას ახდენს ხაზში აქტიური სიმძლავრისა და ენერგიის დანაკარგებზე, როგორც ეს (3-26)-დან ჩანს:

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} \cdot R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R \quad (3-26)$$

გადასაცემა რეაქტიული სიმძლავრის დამახასიათებელ სიდიდეს სიმძლავრის კოეფიციენტი წარმოადგენს

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (3-27)$$

თუ დანაკარგების (3-26) ფორმულაში სრული სიმძლავრის ნაცვლად ჩავსვათ (3-27)-ით განსაზღვრულ ($P + Q$) სიდიდეს, მივიღებთ

$$\Delta P = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R \quad (3-28)$$

საიდანაც ჩანს, რომ აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები სიმძლავრის კოეფიციენტის კვადრატის პროპორციულია.

ქსელში ენერგიის დანაკარგების შემცირებისა და მომხმარებლებთან ძაბვის გასასრდელად საჭიროა რეაქტიული სიმძლავრის შემცირება, რაც სიმძლავრის კოეფიციენტის გაზრდით შეიძლება იქნეს მიღწეული. ამისათვის საჭიროა:

ა). მომხმარებლების ელექტრომოწყობილობის მუშაობის რაციონალიზაცია;

ბ). რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია მომხმარებლებთან.

ნახ. 3-8-ზე მოცემულია ელექტროენერგიის გადაცემის გამარტივებული სქემა A ელექტროსადგურიდან B სამომხმარებლო ქვესადგურამდე.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, გადასაცემა სიმძლავრე დანაკარგების გარეშე ($P + jQ$) ტოლია. მომხმარებლებთან Q , სიმძლავრის სტატიკური კონდენსატორის დადგმის შემდეგ (ნახ. 3-8ბ) ქსელის მიერ გადაცემული სიმძლავრე $[P + j(Q - Q_c)]$ -ს ტოლი გახდება.

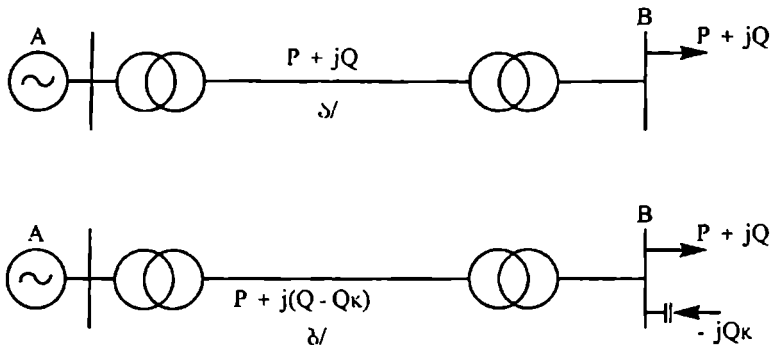
ნათქვამიდან ჩანს, რომ ელექტროსადგურების მიერ გადაცემული რეაქტიული სიმძლავრე შემცირდა ანუ კომპენსირებული გახდა. აღნიშნულ

რეაქტიულ სიმძლავრეს მომხმარებელი მიიღებს უშუალოდ. მაკომპენსირებელი დანადგარიდან ქსელში მისი გადაცემის გარეშე.

რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის დროს მცირდება ძაბვის დანაკარგები გადამცემ ხაზში. თუ ქსელის ძაბვის დანაკარგები კომპენსაციამდე (3-25) ფორმულით გამოითვლება, კომპენსაციის შემდეგ იგი შემცირდება სიდიდემდე:

$$\Delta U'_{\text{კ}} = \frac{PR(Q - Q_{\text{კ}})X}{U} \quad (3-29)$$

სადაც R და X - ქსელის აქტიური და ინდუქტიური წინაღობაა.



ნახ. 3-8. ელექტროენერჯის გადაცემის გამარტივებული სქემა.

ა - რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის გარეშე;

ბ - რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციით.

ნათქვამიდან ჩანს, რომ რაც უფრო ახლოსაა მაკომპენსირებელი დანადგარი მომხმარებელთან, ქსელის მით უფრო მეტი ნაწილი თავისუფლდება რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემისაგან და მით მეტია კომპენსაციის ეფექტურობა. ამასთან, მცირე სიმძლავრის მაკომპენსირებელი დანადგარის 1 კვარ რეაქტიული სიმძლავრის ღირებულება გაცილებით მაღალია, ვიდრე მძლავრი დანადგარების შემთხვევაში. ამიტომ საკითხი მაკომპენსირებელი დანადგარების სიმძლავრისა და განლაგების ადგილის შესარჩევად ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშების შედეგად უნდა გადაწყდეს.

§3-11. მაკომპენსირებელი მოწყობილობები და მათი შერჩევა

მაკომპენსირებელი მოწყობილობები. რეაქტიული სიმძლავრის მაკომპენსირებელ მოწყობილობებს, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სინქრონული კომპენსატორები, რეაქტორები და რეაქტიული სიმძლავრის სტატიკური კონდენსატორები წარმოადგენს.

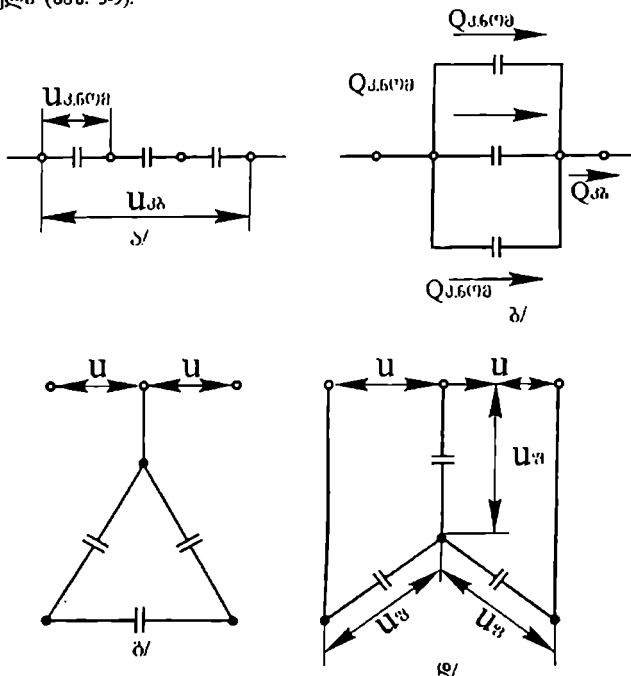
კონდენსატორების ბატარეა. კონდენსატორების ბატარეა გამოიყენება:

ა). რეაქტიული სიმძლავრის გამოსაშუშავებლად ქსელის კვანძებში განივი კომპენსაციისათვის (მშუნტაჟი კონდენსატორების ბატარეა);

ბ). ხაზის რეაქტიული სიმძლავრის შესამცირებლად – გრძივი კომპენსაციისათვის (გრძივი კომპენსაციის დანადგარები).

მშუნტაჟი კონდენსატორის ბატარეა ქვესადგურის სალტებზე, ხოლო გრძივი კომპენსაციის დანადგარები ხაზში მიმდევრობით ირთევა.

კონდენსატორების ბატარეა ცალკეული კონდენსატორებითაა დაკომპლექტებული, რომელიც მიმდევრობით ან პარალელურად არის შეერთებული (ნახ. 3-9).



ნახ.3-9. კონდენსატორების ბატარეის შეერთების პრინციპული სქემები.

ა, ბ – კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება;
 გ, დ – კონდენსატორების ბატარეის ფაზების სამკუთხედად და ვარსკვლავად შეერთების სქემა.

კონდენსატორები მზადდება ერთფაზა და სამფაზა შესრულებით 0.22-10.5 კვ ნომინალურ ძაბვაზე. კონდენსატორების ერთეული სიმძლავრე 10-125 კვარს შეადგენს. მშუნიტაი კონდენსატორების ბატარეა გამოიყენება 110 კვ-მდე ძაბვის ქსელებში. მისი მუშა ძაბვის გაზრდა მიმდევრობით ჩართული კონდენსატორების ძაბვის გაზრდის საშუალებით ხორციელდება (ნახ.3-9ა). კონდენსატორების სიმძლავრის გასაზრდელად მათი პარალელურად ჩართვის სქემა გამოიყენება (ნახ. 3-9გ). 6კვ და მეტი ძაბვის კონდენსატორების ბატარეის დასაკომპლექტებლად ფართოდ გამოიყენება ერთფაზა კონდენსატორები ნომინალური ძაბვებით: 0,66; 1,05; 6,3 კვ. 0,66 და 1,05 კვ ძაბვის ერთფაზა კონდენსატორებს დაბალი ძაბვის კონდენსატორები ეწოდება.

სამფაზა დენის ქსელში კონდენსატორების სამკუთხედად და ვარსკვლავად შეერთების სქემები გამოიყენება (ნახ. 3-9 გ, დ.). ამასთან, კონდენსატორების სამკუთხედად შეერთების სქემის შემთხვევაში მისი სიმძლავრე სამჯერ იზრდება. 6 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში კონდენსატორების ჩართვა მხოლოდ იზოლირებული ან ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ვარსკვლავის სქემით სრულდება იმ ქსელის ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმის მიხედვით, რომელშიც კონდენსატორების ბატარეა ირთება.

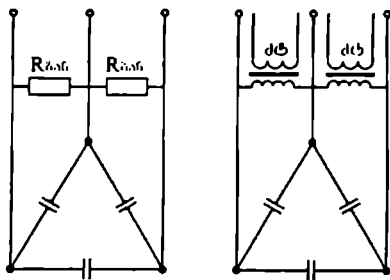
კონდენსატორების ბატარეები იყოსა სარეგულაციო (მართვად) და არასარეგულაციო ბატარეებად. არასარეგულაციო კონდენსატორების ბატარეაში კონდენსატორების რაოდენობა მუდმივია, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრე მხოლოდ ძაბვის ევადრატზეა დამოკიდებული. არასარეგულაციო ბატარეების ჯამურმა სიმძლავრემ ქსელის უმცირეს რეაქტიულ სიმძლავრეს არ უნდა გადააჭარბოს.

სარეგულაციო კონდენსატორების ბატარეებში მუშაობის რეჟიმის მიხედვით ჩართული კონდენსატორების რაოდენობის ცვლა ავტომატურად ან ხელით ხდება. ასეთი სახის კონდენსატორული ბატარეა 0,38; 6; 10 კვ ძაბვაზე მზადდება და გამშვ-სარეგულაციო მოწყობილობითაა აღჭურვილი, რომელიც საჭიროა ბატარეის სიმძლავრის აუცილებელი ცვლილებისათვის.

ნორმალურ საექსპლუატაციო პირობებში კონდენსატორების ბატარეის მიერ გამოშვებული რეაქტიული სიმძლავრის ცვლილება ბატარეის შემადგენელი კონდენსატორების ნაწილის ჩართვის ან ამორთვის გზით, ე.ი. საფეხურბრიყი რეგულაციის გზით მიიღწევა. ერთსაფეხურიანი რეგულაცია ბატარეის ყველა კონდენსატორის ჩართვაში ან ამორთვაში მდგომარეობს, ხოლო მრავალსაფეხურიანი რეგულაცია - კონტაქტორებით ან ამომრთველებით აღჭურვილი ბატარეების ცალკეული სექციების ჩართვას ან ამორთვაში. კონდენსატორების ამორთვის დროს აუცილებელია მათი ავტომატური განმუხტვა აქტიურ წინაღობაზე, რომელიც ბატარეაზეა მიერთებული. აღნიშნული წინაღობის სიდიდე ისეთი უნდა იყოს, რომ ამორთვის დროს კონდენსატორის გამომყვანებზე გადამტაბებები წარმოიშვას. განმუხტვაე ნაწილებად 6-10 კვ ძაბვის კონდენსატორულ დანადგარებზე ძაბვის ტრანსფორმატორის აქტიური წინაღობა გამოიყენება. I კვ-მდე ძაბვის კონდენსატორულ ბატარეებზე სპეციალური განმმუხტაეი წინაღობა გამოიყენება (R_{გან}, ნახ. 3-10).

კონდენსატორების დაცვა თითოეული კონდენსატორის წრედში სათითაოდ ჩართული დნიობადი მცველებით ხორციელდება. გარდა ამისა, ბატარეების დაცვა 6 კვ ძაბვის ქსელებში ამომრთველებით (ნახ. 3-11ა) ან დატვირთვის ამომრთველებით (ნახ. 3-11ბ) ხდება.

სამრეველო საწარმოთა ელექტრომომარაგების სისტემის ქსელებში კონდენსატორების ბატარეებით განხორციელებული რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის შემდეგი სახეებია შესაძლებელი:

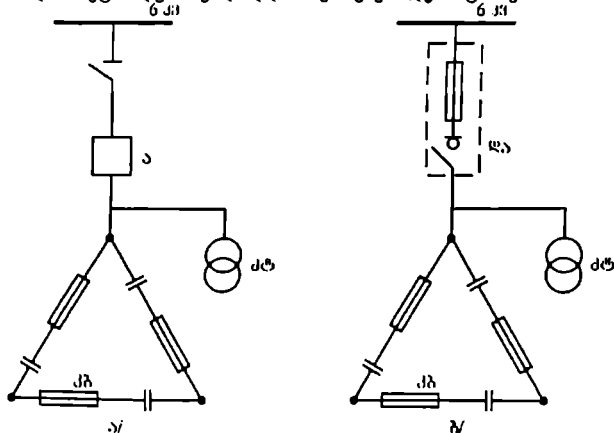


ნახ. 3-10. კონდენსატორების ბატარეის განმუხტვის სქემები.

ა - განმუხტავი წინააღობის საშუალებით; ბ - ძაბვის ტრანსფორმატორის საშუალებით.

ა). ინდივიდუალური - კონდენსატორების უშუალოდ მომხმარებლებთან განლაგებით; ბ). ჯგუფური - საამქროებში კონდენსატორების ძალურ კარადებთან და სალტესადენებთან განლაგებით; გ). ცენტრალიზებული - ქვესადგურის 0,38 და 6 კე ძაბვის შემკრებ სალტეებზე ბატარეების მიერთებით. ამომრთველი აპარატურის დანახარჯების არსებითი გაზრდის თავიდან ასაცილებლად კონდენსატორების ბატარეების სიმძლავრე არ უნდა იყოს 400 კეარ-ზე ნაკლები კონდენსატორების ძალურ ტრანსფორმატორებთან და ასინქრონულ ძრავებთან ცალკე ამომრთველებით მიერთების, და, 100 კეარ-ზე ნაკლები - საერთო ამომრთველით მიერთების შემთხვევაში.

მაკომპენსირებელ მოწყობილობებში გამოყენებულ კონდენსატორებში დიელექტრიკად მინერალური ზეთით ან სინთეტიკური სითხეებით გაჟღენთილი სპეციალური ქაღალდი გამოიყენება. ერთნაირი ნომინალური სიმძლავრის მქონე კონდენსატორების შემთხვევაში სინთეტიკური სითხეებით გაჟღენთილი სპეციალური ქაღალდის მქონე კონდენსატორებს მნიშვნელოვ-



ნახ. 3-11. კონდენსატორების ბატარეის ჩართვის სქემები.

ა - ცალკე ამომრთველის საშუალებით; ბ - დატვირთვის ამომრთველის საშუალებით.

ნად მცირე გაბარიტები გააჩნია მინერალური ზეთით გაჟღენთილი ქაღალდის მქონე კონდენსატორებთან შედარებით და მაღალი საიმედოობით ხასიათდება.

კონდენსატორების ბატარეები მუშაობის დროს ქსელის აქტიური სიმძლავრის 0,3-0,4%-ს მოიხმარენ, რაც დიელექტრიკსა და კონდენსატორის გარსაცმში წარმოქმნილ დანაკარგებზე იხარჯება.

1000 ვ-მდე ნომინალური ძაბვის მქონე კონდენსატორები 6-10 კვ ნომინალური ძაბვის მქონე კონდენსატორებზე ძვირი გამოდის. ეს იმიტია გამოწვეული, რომ ერთნაირი ნომინალური სიმძლავრის ($Q_{\text{კ}}$) შემთხვევაში ნაკლები ნომინალური ძაბვის ($U_{\text{კ}}$) კონდენსატორში $C_{\text{კ}}$ ტევადობის მაქსიმალური მნიშვნელობა უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი:

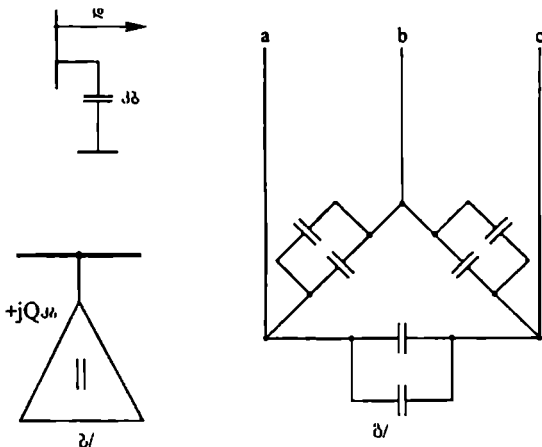
$$Q_{\text{კ}} = U_{\text{კ}}^2 \omega C_{\text{კ}} \quad (3-30)$$

სადაც ω - ცეკლადი დენის კუთხური სიხშირეა.

კონდენსატორების ბატარეა რეაქტიული სიმძლავრის გენერატორს წარმოადგენს (ნახ. 3-12). 1000 ვ-მდე ძაბვის ქსელებში ჩვეულებრივად სამკუთხედის სქემით შეერთებული კონდენსატორების ბატარეა გამოიყენება (ნახ. 3-12გ). ამასთან, ერთფაზა კონდენსატორების ნომინალური ძაბვები ქსელის ნომინალურ ძაბვას ეთანადება.

დანიშნულების მიხედვით განივად ჩართვის კონდენსატორული ბატარეები სარეგულაციო (მართვადი) ან არასარეგულაციო სახით სრულდება. არასარეგულაციო ბატარეებში ჩართული კონდენსატორების რიცხვი მუდმივია. ასეთი დანადგარის სიმძლავრე ($Q_{\text{კ}}$) მხოლოდ კონდენსატორების მომჭერებზე არსებულ U ძაბვაზე დამოკიდებული.

$$Q_{\text{კ}} = U^2 \omega C_{\text{კ}} \quad (3-31)$$



ნახ. 3-12. კონდენსატორების განივად ჩართვის დანადგარები.

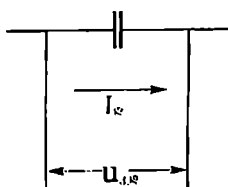
ა/. პირიქიული სქემა; ბ/. პირობითი აღნიშვნები სქემებზე; გ/. სამკუთხედის სქემით შეერთებული სამფაზა კონდენსატორების ბატარეები.

სარეგულაციო ბატარეებში ჩართული კონდენსატორების რიცხვი ავტომატურად ან ხელით იცვლება ქსელის მუშაობის რეჟიმის მიხედვით. დღევანდელ პირობებში მსადადება სპეციალური კომპლექტური კონდენსატორული დანადგარები 0,38 და 6-10 კვ ძაბვაზე. იგი შეიცავს კონდენსატორებსა და სათანადო გამშვსარეგულაციო მოწყობილობას, რომლითაც ბატარეების ჩართული ტევადობების ავტომატური ცვლილება ხორციელდება.

აღნიშნული ცვლილება შეიძლება იყოს ერთსაფეხურიანი ან მრავალსაფეხურიანი. ერთსაფეხურიანი რეგულაციის შემთხვევაში ავტომატურად ჩაირთვება ან ამოირთვება მთელი კონდენსატორული დანადგარი.

მრავალსაფეხურიანი რეგულაციის დროს ავტომატურად ამოირთვება კონდენსატორების ბატარეების ცალკეული სექციები, რომელიც საკუთარი ამომრთველებითაა აღჭურვილი.

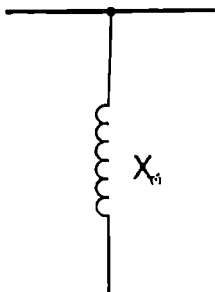
ნახ. 3-13-ზე მოცემულია KKY-0,38-III ტიპის ერთფაზა რეგულაციის მქონე კომპლექტური კონდენსატორების ბატარეა 0,38 კვ ძაბვაზე, რომელიც შიდა დანადგარებისთვისაა გათვალისწინებული.



ნახ. 3-13. ხაზში კონდენსატორული დანადგარის გრძივი ჩართვის სქემა.

6-10 კვ ძაბვის გამშვსარეგულაციო აპარატურის ღირებულება მეტია 0,38 კვ ძაბვის აპარატურასთან შედარებით, რის გამოც სხვადასხვა ძაბვის სარეგულაციო კონდენსატორების ღირებულება ანალოგიური არასარეგულაციო ბატარეების ღირებულებასთან შედარებით რამდენადმე მცირდება.

გრძივი ჩართვის დანადგარებში კონდენსატორები გადამცემ ხაზში მიმდევრობით ირთება (ნახ. 3-14). ნორმალურ რეჟიმში კონდენსატორების გაელით ნორმალური მუშა რეჟიმის შესაბამისი $I_{\text{გ}}$ დენი გაედინება. ძაბვა კონდენსატორის მომჭერებს შორის $U_{\text{კვ}} = I_{\text{გ}} X_{\text{კ}}$, რაც ქსელის ნომინალური ძაბვის 5-20%-ს შეადგენს.



ნახ. 3-14. გადამცემ ხაზში რეაქტორის ჩართვის პრინციპული სქემა.

ქსელში მოკლედ შერთვის დროს დაზიანების დენი მრავალგზის აჭარბებს დატვირთვის I_{Σ} დენს. სათანადოდ, მკვეთრად იზრდება კონდენსატორების მომჭერებზე მოდებული ძაბვა, რის გამოც გრძივი ჩართვისათვის (გრძივი კომპენსაციის) საჭირო დანადგარების კონდენსატორები გადამეტაბებების აღძერის შესაძლებლობაზე უნდა იქნეს გათვლილი. მათ უნდა გაეშლონ 3-5 – ჯერად გადამეტაბებებს 0,2 წმ-ის და 2-3 – ჯერად გადამეტაბებებს 30 წმ-ის განმავლობაში. მრავალგზის გადამეტაბებების შესაძლებლობის შემთხვევაში კონდენსატორები სპეციალური დამამოკლებელი მოწყობილობით უნდა იქნეს დაცული.

გრძივი კომპენსაციის დანადგარების კონდენსატორის ბატარეები საიმედოდ უნდა იქნეს იზოლირებული მიწისაგან ხაზის სრული ნომინალური ძაბვის პირობებში. 6-10 კვ ძაბვის გადამცემ ხაზებზე კონდენსატორები და სათანადო საკომუტაციო აპარატები უშუალოდ სპაერო ხაზის საყრდენზე უნდა იქნეს დამონტაჟებული.

330 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის ქსელებში უშუალოდ ხაზში განივად ჩართული რეაქტორები გამოიყენება (ნახ. 3-14), რომლის დანიშნულებაა ხაზის ტევადობის კომპენსაცია. რეაქტორი წარმოადგენს მცირე აქტიური წინაღობის მქონე კოჭას, რომლის ხეიბები იზოლირებულია ერთმანეთისაგან, ხოლო მთლიანად კოჭა იზოლირებულია ჩამიწებული ნაწილებისაგან და იზოლირებული მასალისაგან დამზადებულ კარკასზეა დამაგრებული. რეაქტორი ჩვეულებრივად ფოლადის გულარითა და სპაერო ღრეჩოთი მზადდება.

კონდენსატორების მთავარი ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობა სხვა სახის მაკომპენსირებელ მოწყობილობებთან შედარებით შემდეგში მდგომარეობს:

1. გამოყენების შესაძლებლობა როგორც დაბალი, ასევე მაღალი ძაბვის ქსელებში;

2. აქტიური სიმძლავრის მცირე დანაკარგები (0,0025-0,005 კვტ/კვარ).

კონდენსატორებს რეჟიმის რეგულაციის თვალსაზრისით შემდეგი ნაკლოვანებები ახასიათებს:

1. მათ მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე ძაბვაზეა დამოკიდებული;

2. რეაქტიული სიმძლავრის მოხმარების შეუძლებლობა;

3. რეაქტიული სიმძლავრის გამოშუშავების საფეხურებრივი რეგულაცია და მისი მდორედ ცვლილების შეუძლებლობა;

4. მკეებაეი ძაბვის მრუდის ფორმის დამახინჯებისადმი მგრძობიარობა.

კონდენსატორების ბატარეის ხვედრითი ღირებულება (1 კვარ-ზე) გამშესარეგულაციო აპარატურასთან ერთად დღევანდელ პირობებში მინიმალურია სხვა სახის მაკომპენსირებელი მოწყობილობების ღირებულებასთან შედარებით. კონდენსატორულ ბატარეას სხვა საექსპლუატაციო უპირატესობებიც გააჩნია, კერძოდ: ექსპლუატაციის სიმარტივე (მზრუნავი და მოხახუნე ნაწილების არარსებობა); მონტაჟის სიმარტივე (მცირე მასა, ფუნდამენტის არარსებობა); კონდენსატორის დადგმისათვის ნებისმიერი მშრალი შენობის გამოყენების შესაძლებლობა. კონდენსატორის საექსპლუატაციო ნაკლოვანებებს მიეკუთვნება ექსპლუატაციის შედარებით მცირე ხანგრძლივობა (8-10 წელი) და არასაკმარისი ელექტრული სიმტკიცე (განსაკუთრებით მოკლედ შერთვისა და ნომინალურზე მეტი ძაბვის შემთხვევაში).

სინქრონული კომპენსატორები. სინქრონული კომპენსატორი ეწოდება დატვირთვით სინქრონულ ძრავას, რომელიც აზნების სხვადასხვა დენის სიდიდისა და მიმართულების მიხედვით გამოიმუშავებს (გადააზნების

რევიმში) ან მოიხმარს (აუგზნებლობის რევიმში) რეაქტიულ სიმძლავრეს. სინქრონული კომპენსატორის თავისებურებას წარმოადგენს მისი მუშაობის შესაძლებლობა როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი აგზნებით.

რეაქტიული სიმძლავრის გამოუმუშავების გაზრდა აქტიური სიმძლავრის შემცირების ხარჯზეა შესაძლებელი. სინქრონული კომპენსატორი უკმი სელის რევიმში მუშაობს ლილეზე დატვირთვის გარეშე. მის მიერ მოხმარებული აქტიური სიმძლავრე უკმი სელის დანაკარგების უგულებელყოფის შემთხვევაში ნულის ტოლია ($P = 0$). ასეთ რევიმში სინქრონული კომპენსატორი მხოლოდ რეაქტიული დენითაა დატვირთული. ჩვეულებრივ სინქრონულ ძრავასთან შედარებით სინქრონული კომპენსატორი შემსუბუქებული ლილეით მზადდება, გააჩნია ნაკლები მასა და წონა.

სინქრონული კომპენსატორი ქსელიდან რეაქტიულ სიმძლავრეს მოიხმარს. მის მიერ გენერირებული ან მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრე აგზნების დენის მნიშვნელობაზეა დამოკიდებული.

კონსტრუქციულად სინქრონული კომპენსატორი ტურბო-გენერატორის ანალოგიურია, მაგრამ მისგან განსხვავებით ბრუნვის საშუალო სიჩქარეზე (750-1000 ბრ/წთ) სრულდება. სინქრონული კომპენსატორის როტორი ცხადმოლუსა შესრულებით, ხოლო სტატორი-ტურბოგენერატორის სტატორის ანალოგიურად მზადდება.

სინქრონული კომპენსატორი ხასიათდება ნომინალური სიმძლავრით, სტატორის ნომინალური დენითა და ძაბვით, აგრეთვე სისპირით, როტორის ნომინალური დენითა და სიმძლავრის დანაკარგებით მუშაობის ნორმალურ რევიმში. კომპენსატორის ნომინალური სიმძლავრე ($Q_{\text{სიმ}}$) გადააგზნების რევიმისთვისაა ნაჩვენები კონსტრუქციული თავისებურებების გათვალისწინებით აუგზნებლობის რევიმში $Q_{\text{სიმ}} = 0,5Q_{\text{სიმ}}$.

სინქრონული კომპენსატორის ნომინალური ძაბუა სახელმწიფო სტანდარტების მიხედვით 5-10%-ით უნდა აგზნებდეს ელექტრული ქსელის ნომინალურ ძაბუს.

სინქრონული კომპენსატორის ნომინალური სიმძლავრე (კვარ) განისაზღვრება, როგორც ხანგრძლივად დასაშვები დატვირთვა ნომინალური პარამეტრების დროს.

სინქრონული კომპენსატორის მინიმალური სიმძლავრე 10 მვარ-ს, ხოლო მაქსიმალური სიმძლავრე 320 მვარ-ს შეადგენს.

კომპენსატორის სტატორის ნომინალური დენი ნომინალური ძაბვისა და ნომინალური სიმძლავრის მიხედვით განისაზღვრება.

კომპენსატორის როტორის ნომინალური დენი - ესაა იმ დენის უდიდესი მნიშვნელობა, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია სინქრონული კომპენსატორის ნომინალური სიმძლავრე გადააგზნების რევიმში მუშაობის დროს ნომინალური ძაბვის 5-10%-ის ფარგლებში გადახარის შემთხვევაში.

აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები გაცივების სისტემის ნორმალურ პირობებში მომუშავე კომპენსატორისათვის მისი სიმძლავრის 1,5-2,5%-ს შეადგენს.

სინქრონული კომპენსატორების გაცივების სისტემა ორი სახით სრულდება: KC სერიის სინქრონული კომპენსატორისათვის გამოიყენება ირიბი საპაერო გაცივება ენტილაციის ჩაკეტილი სისტემით (ტურბოგენერატორის ანალოგიურად), ხოლო KCB სერიის სინქრონული კომპენსატორისათვის - ირიბი წყალბადური გაცივება აირის გამაცივებლებით, რომელიც სინქრონული კომპენსატორის კორპუსშია ჩამონტაჟებული.

თანამედროვე ელექტრული დატვირთვები რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელოვანი მოხმარებით ხასიათდება, რომლის ზრდა პირველ რიგში ისეთი ელექტროდანადგარების ფართო მოხმარებითაა განპირობებული, რომელშიც ენერჯის გარდაქმნისათვის მაგნიტური ველია გამოყენებული

(ელექტროძრავები, ტრანსფორმატორები და სხვ.). მნიშვნელოვანი რეაქტიული შემადგენი გააჩნია აგრეთვე ვერცხლისწყლის გარდამქმნელი მოწყობილობის დენმიძღვებებს, ლუმინესცენციურ ნათურებსა და სხვ. ყოველივე ამის გამო, ელექტრული ქსელები დენის რეაქტიული შემადგენით იტვირთება, რაც ძაბვის შემცირებასა და სიმძლავრის მნიშვნელოვან დანაკარგებს იწვევს ელექტროენერჯის გადაცემისა და განაწილების პროცესში.

თუ დატვირთვის ცენტრში ჩაერთაეთ სინქრონულ კომპენსატორს, იგი გამოიმუშავებს მომხმარებლებისათვის აუცილებელ რეაქტიულ სიმძლავრეს და საშუალებას მოგვეცემს დენის რეაქტიული შემადგენისაგან განვთავსოთ მომხმარებლებთან ელექტროსადგურების დამაკავშირებელი ელექტრული ქსელი, რაც მთლიანად გააუმჯობესებს აღნიშნული ქსელის მუშაობის პირობებს. ამასთან, სინქრონული კომპენსატორები უნდა მუშაობდეს გადატვირთვის რეჟიმში, გამოიმუშავებდეს და გასცემდეს რეაქტიულ სიმძლავრეს. სინქრონული კომპენსატორები იდგმება აგრეთვე საკეანძო ქვესადგურებზე, სადაც მათი საშუალებით ხდება ხაზებში ძაბვების უკეთესი განაწილება და გენერატორების პარალელური მუშაობის მდგრადობის გაზრდა. ამასთან, გადამცემი ხაზების მუშაობის რეჟიმის მიხედვით შეიძლება კომპენსატორების მუშაობა როგორც გენერატორის, ასევე მოხმარების რეჟიმებში.

სინქრონული კომპენსატორები ჩვეულებრივად ცხადპოლუსა როტორით სრულდება და კონსტრუქციულად პილროგენერატორების ანალოგიურია, თუმცა კომპენსატორების ლილევი პორიზონტალურადაა განლაგებული. ლილევის ასეთი შესრულების შემთხვევაში მცირდება კომპენსატორის მასა, ზომები და ღირებულება.

სინქრონული კომპენსატორების პარალელური მუშაობის მდგრადობის ასამაღლებლად ისინი ინერციის გაზრდილი მომენტით სრულდება. ამის გამო კომპენსატორის ლილევის, მცირე მბრუნავი მომენტის მიუხედავად (რაც ლილევი დატვირთვის არარსებობითაა გამოწვეული), მნიშვნელოვანი გაბარიტები გააჩნია. მექანიკური სიმტკიცის გაზრდის მიზნით კომპენსატორის ლილევი ნაჭედი ფორმით სრულდება.

ცხადპოლუსა შესრულებით დამზადებულ კომპენსატორებს დაბალი ღირებულება და ენერჯის ნაკლები დანაკარგები გააჩნია არაცხადპოლუსა შესრულებით დამზადებულ კომპენსატორებთან შედარებით. ცხადპოლუსა კომპენსატორების გაშვების პროცესის შესამსუბუქებლად ისინი გამში გრანულით მზადდება, რომელიც როტორის პოლუსებზე ნახევრად-დახურულ კილოებში ჩაწყობილი ღეროებისაგან შედგება.

სინქრონული კომპენსატორი, როგორც რეაქტიული სიმძლავრის წყარო, შემდეგი ღირსებებით ხასიათდება: ა) გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრის გაზრდის შესაძლებლობით ქსელში ძაბვის შემცირების დროს, რაც აგზნების დენის შემცირებითაა გამოწვეული; ბ) გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრის მღორე და ავტომატური რეგულაციის შესაძლებლობით.

მაკომპენსირებელი მოწყობილობის შერჩევა. მაკომპენსირებელი მოწყობილობის დადგმის მიზანს პირველ რიგში რეჟიმის პარამეტრებზე ზემოქმედება წარმოადგენს. ამასთან, გათვალისწინებულ უნდა იქნეს როგორც ტექნიკური მოთხოვნები, ასევე ეკონომიკურობის პირობები. ქსელის ცალკეულ კვანძებში გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრის ცვლილება ქსელის უბნებზე გადასაცემი რეაქტიული სიმძლავრის ცვლილებას იწვევს, რაც თავის მხრივ ქსელის ძაბვის ცვლილებასა და მის ელემენტებში დენების სიდიდის ცვლილებასთანაა დაკავშირებული.

მაკომპენსირებელი მოწყობილობის დამატებითმა ზემოქმედებამ მანაწილებელი ქსელის ძაბვის რეჟიმზე შეიძლება სარეგულაციო მოწყობილობის სარეგულაციო დიაპაზონებისა და ქსელში ძაბვის

დანაკარგების შემცირება და ძაბვის ეკონომიკური რეჟიმის გაზრდა გამოიწვიოს. ყოველივე აღნიშნულის გამო, რაც შემთხვევებში ადგილი აქვს ქსელის აქტიური წინაღობით განპირობებული ძაბვის დასაშვები დანაკარგების წილის გაზრდას, რაც საბოლოო ჯამში სადენების მოთხოვნილი კვეთებისა და ფერადი ლითონების ხარჯის შემცირებას იწვევს. ქსელის უზნებზე რეაქტიული დენების შემცირება შესაბამის უზნებზე სრული დენის შემცირებას, და, სათანადოდ, აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის, ასევე ენერჯის დანაკარგების შემცირებას იწვევს. ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება საკმარისი იქნეს ტრანსფორმატორის ნაკლები სიმძლავრე.

ეკონომიკურობის პირობების მიხედვით, როგორც წესი, მანაწილებელ ქსელებში მიზანშეწონილია ადგილებზე მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრის სრული კომპენსაცია. სხვა ნორმალური ძაბვების მქონე ქსელებიდან რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემა ჩვეულებრივად არაეკონომიკურია. გამონაკლისს წარმოადგენს შემთხვევა, როცა მანაწილებელი ქსელი ადგილობრივი ელექტროსადგურის გენერატორული ძაბვის საღებებზეა მიერთებული. ამ დროს მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელოვანი ნაწილი ($\approx 50\%$) გენერატორების ხარჯზე იყარება.

220 კვ-მდე ძაბვის მკვებავ ქსელებში რეაქტიული სიმძლავრის განაწილება ჩვეულებრივად რეჟიმის პარამეტრებითაა შეზღუდული, რის გამოც მაკომპენსირებული მოწყობილობის მოთხოვნილი ჯამური რეაქტიული სიმძლავრის განსაზღვრა რეაქტიული სიმძლავრის ბალანსის პირობის მიხედვით ძაბვის ერთი საფეხურის ქსელის სახლურებშიც კი არ შეიძლება საკმარისად ჩაითვალოს.

ჩვეულებრივად, განმსაზღვრელს ქსელის მუშაობის აუარიის შემდგომი რეჟიმი წარმოადგენს. რამდენადმე რთულდება ეკონომიკურობის პირობის გათვალისწინებაც. ამასთან, აუცილებელია რეაქტიული სიმძლავრის გაუღების გათვალისწინება ძაბვის რეჟიმზე და ძაბვის რეჟიმის ცვლილება ქსელში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებზე.

მაკომპენსირებული მოწყობილობის გამოყენების სფერო, სამრეწველო დანდაგარებში განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება კონდენსატორული ბატარეები. სინქრონული კომპენსატორების დადგმა ენერჯის სტემასთან შეთანხმებით მხოლოდ მსხვილ საწარმოებშია მიზანშეწონილი. კომპენსატორების მიზანშეწონილობა ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებით უნდა იქნეს დასაბუთებული. უმარტივეს შემთხვევაში i პუნქტში დადგმული მაკომპენსირებელი მოწყობილობის სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{\text{კმ}} = \frac{Q_{\Sigma} r_{\text{კმ}}}{r_i} \quad (3-32)$$

სადაც Q_{Σ} — მაკომპენსირებელი დანადგარის ჯამური გასანაწილებელი სიმძლავრეა; r_i — მოცემული პუნქტის მკვებავი რადიალური ხაზის წინაღობაა; $r_{\text{კმ}}$ — ქსელის ექვივალენტური წინაღობაა, რომელიც ტოლია:

$$r_{\text{კმ}} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}} \quad (3-33)$$

მაკომპენსირებელი მოწყობილობის შერჩევისა და განლაგების უფრო დასაბუთებული და ზოგადი გადაწყვეტა დაიკვანება მინიმალური დანახარჯების განსაზღვრამდე ქსელის განსახილველ კვანძში რეაქტიული სიმძლავრის ოპტიმალური სიდიდის დადგენის დროს. კონდენსატორების ბატარეების შერჩევისა და განლაგების საკითხის გადაწყვეტის, აგრეთვე

სამრეწველო საწარმოების ელექტრომომარაგების სისტემის რაციონალური მუშაობის რეჟიმის დასადგენად ოპტიმიზაციის მეთოდები გამოიყენება.

საქალაქო და სასოფლო დანიშნულების ელექტრულ ქსელებში ეკონომიკურად დასაბუთებული დამატებითი მაკომპენსირებელი მოწყობილობის დადგმით ელექტროენერჯის დანაკარგები 20-25%-ით მცირდება. ასეთ ქსელებში ოპტიმალურ ვარიანტს დატვირთვების რეაქტიული სიმძლავრის სრული კომპენსაცია წარმოადგენს უდიდესი დატვირთვების შემთხვევაში. საქალაქო და სასოფლო დანიშნულების ქსელებში მაკომპენსირებელ მოწყობილობად ძირითადად კონდენსატორების ბატარეები გამოიყენება. კომპენსაციის მოწყობილობა პირველ რიგში უნდა დაიდგას იმ ადგილებში, სადაც ძაბვის მოთხოვნილი დონის დაკავება ცენტრალიზებული რეგულაციის ხარჯზე შეუძლებელია.

§3-12. სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ელექტრულ ქსელებში

ზოგადი დებულებები. ელექტროსადგურების შემკრები საღებებიდან მომხმარებლებამდე ელექტროენერჯის გადაცემის დროს ელექტრული ქსელის ყველა კვანძში ადგილი აქვს აქტიური სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგებს. ასეთი დანაკარგები აღიძვრება როგორც სხვადასხვა ძაბვის საჰაერო და საკაბელო ხაზებში, ასევე ამამდლებელ და დამადაბლებელ ტრანსფორმატორებში.

ელექტროენერჯის დანაკარგები უცილობლად იხარჯება სადენების გახურებაზე, ელექტრომაგნიტური ველის შექმნასა და სხვა ეფექტებზე. აღნიშნულ ხარჯებს მომავალში ელექტროენერჯის დანაკარგებს უწოდებთ. ტერმინი - ელექტროენერჯის დანაკარგები გარკვეულ განმარტებას მოითხოვს, ვინაიდან ეკონომიკის სხვა დარგებში აღნიშნული ტერმინი - დანაკარგები - წუნის, ტექნოლოგიური პროცესის დარღვევისა და სხვა მიზეზებით გამოწვეულ დანაკარგებად ასოცირდება. ტერმინი "ელექტროენერჯის დანაკარგები" გაგებულ უნდა იქნეს, როგორც ელექტროენერჯის გადაცემისათვის საჭირო ტექნოლოგიური ხარჯი.

ელექტროსადგურებიდან გადაცემული აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ენერჯის სისტემის ნორმალური პარამეტრებით ექსპლუატაციის დროს 15-18%-ს შეადგენს. მათი მნიშვნელოვანი წილი ყველა ძაბვის გადაცემე ხაზებზე მოდის, შედარებით მცირე ნაწილი - ტრანსფორმატორებზე.

თუ ენერჯეტიკული სისტემის სიმძლავრე 1000 მეტ-ია, სიმძლავრის დანაკარგები 150-180 მეტ-ის ტოლი იქნება, რაც წელიწადში 1 მლრდ 300 მლნ - 1 მლრდ 500 მლნ კენტს ელექტროენერჯის დანაკარგებს იწვევს. თუ ჩაეთვლით, რომ 1 კენტს ელექტროენერჯის ღირებულება 4 ცენტია, აღნიშნული დანაკარგების ღირებულება წელიწადში 520-630 მლნ აშშ-ს დოლარს შეადგენს. ნათქვამიდან აშკარაა იმ ტექნიკური და ორგანიზაციული ხასიათის ღონიძებების განხორციელების მნიშვნელობა, რაც აქტიური სიმძლავრისა და ელექტროენერჯის დანაკარგების შემცირებასთანაა დაკავშირებული.

რაც შეეხება რეაქტიული სიმძლავრისა და რეაქტიული ენერჯის დანაკარგებს, იგი გაცილებით მცირეა აქტიური სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგებთან შედარებით. ამის მიუხედავად, ელექტრული რეჟიმების გაანგარიშების დროს აუცილებელია რეაქტიული სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების გათვლა და გათვალისწინება.

ადგილობრივი მნიშვნელობის ელექტრული ქსელების დაპროექტების ამა თუ იმ ვარიანტის განხილვის დროს, განსაკუთრებული შემთხვევების გარდა (მაგ. ძაბვის ორმაგი ტრანსფორმაციის შემთხვევაში), დანაკარგები ტრანსფორმატორების ვარიანტების შერჩევაზე არსებით გაელენას არ ახდენს და შეიძლება უგულვებელყოფილ იქნეს.

აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები R აქტიური წინაღობის მქონე სამფაზა ქსელის უბანზე ტოლია:

$$\Delta P = 3I^2 R \quad (3-34)$$

სადაც I - დატვირთვის დენია, რომელიც S სრული სიმძლავრითაა გადაცემული:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (3-35)$$

სადაც P - აქტიური სიმძლავრეა, რომელიც მომხმარებლებთან შექანიკურ, თბურ ან განათების სიმძლავრედ გარდაიქმნება; Q - რეაქტიული სიმძლავრეა, რომელიც ელექტროძრავებსა, ტრანსფორმატორებსა და გადაცემვებში ხაზებში ელექტრომაგნიტურ ველს ქმნის.

(3-34)-ში დენის მნიშვნელობის ჩასმის შემდეგ, რომელიც სიმძლავრითაა გამოსახული

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U}, \quad (3-36)$$

სადაც U - ხაზური ძაბვაა, გვექნება

$$\Delta P = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3}U} \right)^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \quad (3-37)$$

თუ სრულ სიმძლავრეს გამოვსახავთ მვა-ში, ხოლო ძაბვას კე-ებში, აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებისათვის მივიღებთ

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} R \cdot 10^3 \quad (3-38)$$

(3-38)-ის ანალოგიურად ხაზში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებისათვის გვექნება

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X \quad (3-39)$$

ამრიგად, ენერჯიის დანაკარგების განსაზღვრა თითოეული ხაზისათვის შეიძლება სიმძლავრის დანაკარგების შეჯამების გზით მოხდეს დროის უსასრულოდ მცირე პერიოდებში

$$\Delta W = \int_0^T \Delta P dt \quad (3-40)$$

თუ ΔP -ს მნიშვნელობას ჩავსევამთ (3-37)-დან, მივიღებთ

$$\Delta W = \int_0^T \frac{S^2}{U^2} R dt = \frac{R^2}{U^2} \int_0^T S^2 dt \quad (3-41)$$

სადაც S - ხაზში გადაცემული სრული სიმძლავრეა და T დროის ფუნქციას წარმოადგენს (ნახ. 3-15).

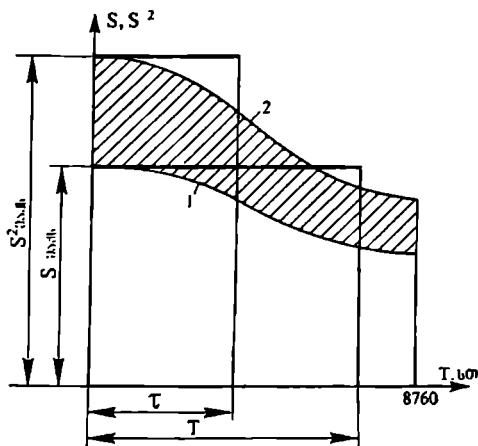
1 მრუდი ნახ. 3-15-ზე გეიჩვენებს ქსელის მუშაობის დინამიკას მოცემული დატვირთვის მიხედვით. სიმძლავრის კოეფიციენტის მუდმივობის შემთხვევაში აღნიშნული მრუდითა და კოორდინატთა ღერძებით შემოსაზღვრული ფართობი გეიჩვენებს წლის განმავლობაში გადაცემული ელექტროენერჯიის მოცულობას

$$W = \int_0^T P dt = \cos \phi_{\omega} \int_0^{T=8760} S dt \quad (3-42)$$

სადაც $\cos \phi_{\omega}$ - სიმძლავრის კოეფიციენტის საშუალო მნიშვნელობაა, რომელიც წელიწადის მანძილზე მიახლოებით მუდმივადაა მიღებული.

თუ 1 მრუდს 2 მრუდად გარდაექმნით, რომელიც $S^2 = f(T)$ ფუნქციას გამოსახავს, ენერჯიის დანაკარგები აღნიშნული მრუდების შემოსაზღვრული დაშტრიხული ფართობით გამოითვლება

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} \int_0^T S^2 dt \quad (3-43)$$



ნახ. 3-15. ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული წლიური დატვირთვის გრაფიკი.

ელექტროენერჯიის დანაკარგების განსაზღვრა წლიური დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით. აღნიშნული მეთოდით განისაზღვრება სიმძლავრისა და ენერჯიის დანაკარგები ქსელის მუშაობის თითოეული რეჟიმისათვის, მიღებული შედეგები ჯამდება და მიიღება ელექტროენერჯიის დანაკარგები წლის განმავლობაში.

განვიხილოთ წლიური დატვირთვის საშუალოეზურიანი გრაფიკი (ნახ. 3-16ა).

P_1 დატვირთვის შემთხვევაში სიმძლავრის დანაკარგები ხაზში ტოლია:

$$\Delta P_1 = \frac{S_1^2}{U_1^2} R_h \quad (3-44)$$

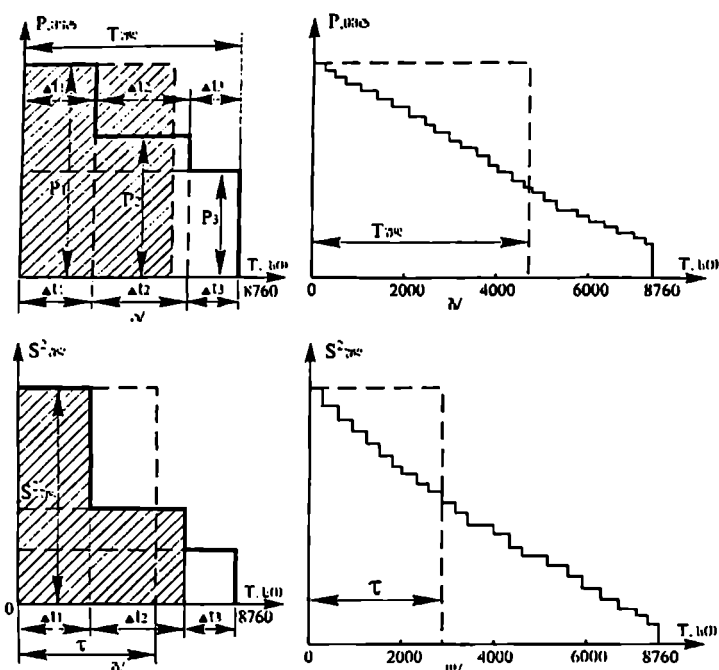
ელექტროენერჯიის დანაკარგები მიიღება სიმძლავრის დანაკარგების გამრავლებით აღნიშნული დატვირთვის ხანგრძლივობასთან:

$$\Delta W_1 = \Delta P_1 \Delta t_1 \quad (3-45)$$

ანალოგიურად გამოითვლება ელექტროენერჯიის დანაკარგები დანარჩენი დატვირთვებისათვისაც. P_2 დატვირთვის შემთხვევაში

$$\Delta P_2 = \frac{S_2^2}{U_2^2} R_h \quad (3-46)$$

$$\Delta W_2 = \Delta P_2 \Delta t_2 \quad (3-47)$$



ნახ. 3-16. ენერჯის დანაკარგების განსაზღვრა დატვირთვის გრაფიკისა და უდიდესი დანაკარგების დროს (τ) მიხედვით.
 ა, ბ - დატვირთვის სამსაფეხურიანი და მრავალსაფეხურიანი გრაფიკი;
 გ, დ - $S^2_{\text{ს(მ)}}$ -ის სამსაფეხურიანი და მრავალსაფეხურიანი გრაფიკი.

P_3 დატვირთვის შემთხვევაში

$$\Delta P_3 = \frac{S_3^2}{U^2} R_6 \quad (3-48)$$

$$\Delta W_3 = \Delta P_3 \Delta t_3 \quad (3-49)$$

n საფეხურის მქონე მრავალსაფეხურიანი გრაფიკის სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ანალოგიურად განისაზღვრება. გრაფიკის i -ური საფეხურისათვის

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U^2} R_6 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3-50)$$

დატვირთვის თითოეულ რეჟიმში სიმძლავრის დანაკარგების გაანგარიშების შემდეგ სხვადასხვა რეჟიმების დროს მიღებული დანაკარგების შეჯამების შედეგად მივიღებთ ელექტროენერჯის ჯამურ დანაკარგებს წლის განმავლობაში:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \Delta t_i \quad (3-51)$$

სადაც Δi , - დატვირთვის გრაფიკის i -ური საფეხურის ხანგრძლივობა.

დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით დანაკარგების განსაზღვრის მეთოდის მთავარ ღირსებას მისი სიზუსტე წარმოადგენს. ამასთან, ინფორმაციის არარსებობა ქსელის ყველა შტოს დატვირთვის გრაფიკების შესახებ აძნელებს აღნიშნული მეთოდის პრაქტიკულ გამოყენებას. გარდა ამისა, რეკომენდებული მეთოდი შრომატევადია გრაფიკის საფეხურების საკმარისად დიდი რაოდენობის გამო.

ელექტროენერჯიის დანაკარგების განსაზღვრა უდიდესი დანაკარგების დროს (r) მიხედვით. ელექტროენერჯიის დანაკარგების განსაზღვრის ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს ელექტროენერჯიის დანაკარგების განსაზღვრა უდიდესი დანაკარგების დროის მიხედვით. მუშაობის ყველა რეჟიმიდან შეირჩევა ის რეჟიმი, რომლის დროსაც ადგილი აქვს სიმძლავრის უდიდეს დანაკარგებს. ენერჯიის წლიური დანაკარგები მიიღება სიმძლავრის უდიდესი დანაკარგების იმ დროზე გამრავლების შედეგად, რომლის განმავლობაშიც უდიდეს დანაკარგებს აქვს ადგილი:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{ურ}} \tau \quad (3-52)$$

უდიდესი დანაკარგების დრო (r) - ესაა ის დრო (საათებში), რომლის განმავლობაშიც უცვლელი უდიდესი დატვირთვით მომუშავე ხაზს ენერჯიის იგივე დანაკარგები ექნება, რაც წლის განმავლობაში რეალური ცვლადი დატვირთვით მუშაობის შემთხვევაში. ამის გათვალისწინებით ენერჯიის წლიური დანაკარგები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta W = \Delta P_1 \Delta t_1 + \Delta P_2 \Delta t_2 + \dots + \Delta P_n \Delta t_n = \Delta P_{\text{ურ}} \tau \quad (3-53)$$

სადაც n - დატვირთვების საფეხურების რიცხვია.

კავშირი ელექტროენერჯიის დანაკარგებსა და მომხმარებლების მიერ მიღებულ ელექტროენერჯიას შორის შემდგენიარად მყარდება:

მომხმარებლების მიერ წლის განმავლობაში მიღებული ელექტროენერჯია გამოითვლება ფორმულით:

$$W = P_1 \Delta t_1 + P_2 \Delta t_2 + \dots + P_n \Delta t_n = \sum_{i=1}^n P_i \Delta t_i = P_{\text{ურ}} T_{\text{ურ}} \quad (3-54)$$

სადაც $P_{\text{ურ}}$ - დატვირთვის მიერ მოხმარებული უდიდესი სიმძლავრეა.

უდიდესი დატვირთვის წლიური ხანგრძლივობა ($T_{\text{ურ}}$) - ესაა ის დრო (საათებში), რომლის განმავლობაშიც უდიდესი დატვირთვის შემთხვევაში მომხმარებელი იმავე რაოდენობის ელექტროენერჯიას მიიღებდა, რომელსაც იგი იღებს რეალური ცვლადი დატვირთვის გრაფიკით მუშაობის დროს.

უდიდესი დატვირთვის წლიური ხანგრძლივობა წარმოადგენს იმ მართკუთხედის აბსცისას, რომლის ფართობი სამსაფეხურიანი გრაფიკის ფართობის (ნახ. 3-16) ან მრავალსაფეხურიანი გრაფიკის ფართობის (ნახ. 3-16გ) ტოლია.

აეგოთ გრაფიკი - $S^2 = f(T)$ (ნახ. 3-16გ). დაუშვათ, რომ სიმძლავრის დანაკარგები გრაფიკის i -ური საფეხურისათვის მიახლოებით განისაზღვრება ნომინალური ძაბვისათვის, ე.ი. (3-50)-ის ნაცვლად ეისარგებლოთ შემდეგი გამოსახულებით:

$$\Delta P_i = \frac{S_i^2}{U_{\text{ნომ}}^2} R_b \quad (3-55)$$

თუ ჩავთვლით, რომ $R_2/U_6 = const$, ელექტროენერჯიის

დანაკარგები ΔI , დროის მანძილზე განსაზღვრულ მასშტაბში $S_{\Sigma}^2 \Delta I$, ს. ე.ი. იმ მართკუთხედის ფართობის ტოლია, რომელსაც ΔI - ს და S_{Σ}^2 -ის ტოლი გვერდები გააჩნია (ნახ. 3-16გ).

უდიდესი დანაკარგების დრო (τ) - წარმოადგენს იმ მართკუთხედის აბსცისას, რომლის ფართობი სამსაფეხურიანი გრაფიკის ფართობის (ნახ. 3-16გ) ან მრავალსაფეხურიანი გრაფიკის (ნახ. 3-16დ) ფართობის ტოლია. (3-54)-ის ანალოგიურად

$$S_{\Sigma}^2 \tau = \sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta I, \quad (3-56)$$

უდიდესი დატვირთვის შემთხვევაში

$$T_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta I}{P_{\Sigma}} \quad (3-57)$$

მომხმარებლების ყოველ ჯგუფს მისთვის დამახასიათებელი დატვირთვის გრაფიკი და T_{Σ} -ის სათანადო მნიშვნელობები გააჩნია, ეკრძოდ:

	T_{Σ} , სთ
განათებისა და საყოფაცხოვრებო მომხმარებლებისათვის	1350-3400
ერთცელიანი საწარმოებისათვის	2000-3000
ორცელიანი საწარმოებისათვის	3000-4500
სამცელიანი საწარმოებისათვის	4500-8000

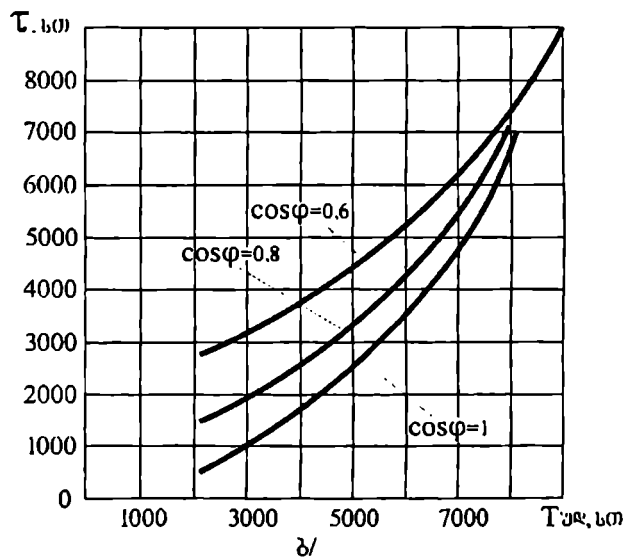
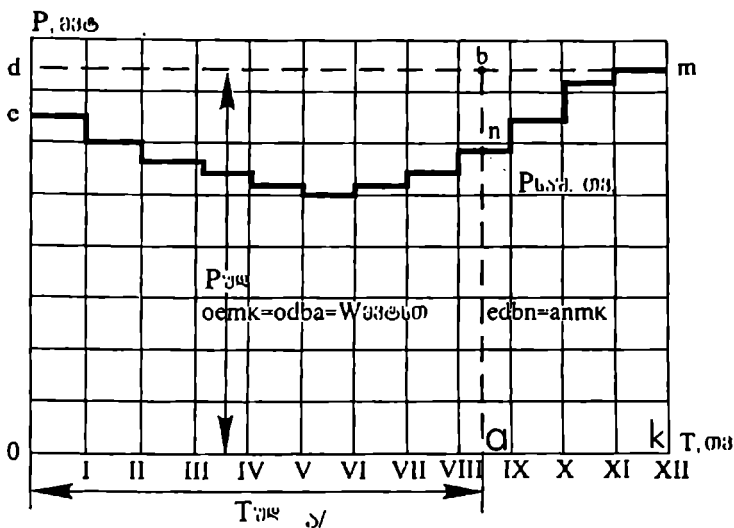
T_{Σ} -ის ცნება მნიშვნელოვნად ამარტივებს უდიდესი დანაკარგების ხანგრძლივობის განსაზღვრას. სხვადასხვა ხასიათის დატვირთვის გრაფიკისათვის შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს უდიდესი დანაკარგების დრო და მაქსიმალური სიმძლავრის გამოყენების ხანგრძლივობა. ნახ. 3-17-ზე მოცემულია ელექტროენერჯიის დანაკარგების განსაზღვრის მეთოდი უდიდესი დანაკარგების დროის მიხედვით და დამოკიდებულების მრუდები უდიდესი დანაკარგების დროსა და უდიდესი დატვირთვის გამოყენების ხანგრძლივობას შორის სიმძლავრის კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.

ნახ. 3-17 -ზე მოცემული მრუდები საშუალებას იძლევა ცნობილი T_{Σ} -ისა და $\cos \varphi$ -ის შემთხვევაში განსაზღვრულ იქნეს უდიდესი დანაკარგების ხანგრძლივობა (τ).

აღნიშნული მეთოდით დანაკარგების განსაზღვრა შემდეგი მიმდევრობით ხდება:

1. დატვირთვის წლიური გრაფიკის მიხედვით განისაზღვრება უდიდესი დატვირთვის ხანგრძლივობა (T_{Σ});

2. $\tau = f(T_{\Sigma})$ დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით გვეცოდინება რა T_{Σ} და $\cos \varphi$, განისაზღვრება უდიდესი დანაკარგების დრო;



ნახ. 3-17. ელექტროენერჯის დანაკარგების განსაზღვრის მეთოდი უდიდესი დანაკარგების დროის მიხედვით.

ა - უდიდესი დატვირთვის გამოყენების ხანგრძლივობის ($T_{\text{უდ}}$) განსაზღვრა

დატვირთვის წლიური გრაფიკის მიხედვით;

ბ - დამოკიდებულების მრუდები უდიდესი დანაკარგების დროსა და უდიდესი დატვირთვის გამოყენების ხანგრძლივობას შორის

$$I = f(T_{\text{უდ}}, \cos \varphi)$$

3. განისაზღვრება დანაკარგები უდიდესი დატვირთვის რეჟიმისათვის;
 4. (3-53)-ით განისაზღვრება ელექტროენერგიის წლიური დანაკარგები.

ნახ. 3-17ა-ზე *oemk* ფართობი გამოხატავენ წლის განმავლობაში გაცემული ელექტროენერგიის მოცულობას (W , მეტსთ).

აევაგოთ *odba* მართკუთხედი, რომლის სიმაღლე გრაფიკით მოცემული დატვირთვების უდიდეს მნიშვნელობას ($P_{\text{უღ}}$) შეესაბამება, ხოლო ფართობი რეალური გრაფიკის ფართობის ტოლია. მაშინ მისი ფუძე განისაზღვრება, როგორც

$$oa = T_{\text{უღ}} = \frac{W_{\text{წლ}}}{P_{\text{უღ}}} \quad (3-58)$$

ქსელების პერსპექტიული დაგეგმარებისათვის მოცემულია მომხმარებლების დატვირთვის უდიდესი სიმძლავრის ხანგრძლივობა, რომლის მიხედვით სათანადო მრუდებზე უდიდესი დანაკარგების დრო განისაზღვრება.

თუ ელექტრული ქსელი კეებას აწევის მსხვილ მომხმარებლებს, რომელთა უდიდესი სიმძლავრის გამოყენების ხანგრძლივობა სხვადასხვაა, საჭირო ხდება მათი საშუალოშეწონილი მნიშვნელობის განსაზღვრა:

$$T_{\text{უღ(საშუაფ)}} = \frac{P_{1\text{უღ}} T_{1\text{უღ}} + P_{2\text{უღ}} T_{2\text{უღ}} + \dots + P_{n\text{უღ}} T_{n\text{უღ}}}{P_{1\text{უღ}} + P_{2\text{უღ}} + \dots + P_{n\text{უღ}}} \quad (3-59)$$

ანალოგიურად შეიძლება განესაზღვროთ სიმძლავრის კოეფიციენტი, რომლის საშუალოშეწონილი მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\cos \varphi_{\text{საშუაფ}} = \frac{P_{1\text{უღ}} \cos \varphi_1 + P_{2\text{უღ}} \cos \varphi_2 + \dots + P_{n\text{უღ}} \cos \varphi_{n\text{უღ}}}{P_{1\text{უღ}} + P_{2\text{უღ}} + \dots + P_{n\text{უღ}}} \quad (3-60)$$

საშუალოშეწონილი $T_{\text{უღ}}$ -ისა და $\cos \varphi$ -ს მიხედვით განისაზღვრება უდიდესი დანაკარგების დრო (τ).

ელექტრულ ქსელებში ენერგიისა და სიმძლავრის დანაკარგები წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს, რომელიც გააუღენას ახდენს ქსელის ეკონომიკურობაზე.

ელექტროენერგიის დანაკარგების მნიშვნელოვანი წილი (60-70%) გადამცემ ხაზებზე მოდის, ხოლო აღნიშნული დანაკარგების ნახევარზე მეტი - 10 კვ და უფრო დაბალი ძაბვის ქსელებზე. ამის გამო დანაკარგების შემცირების ქვემოთ რეკომენდებული ღონისძიებები მნიშვნელოვანწილად ეხება ენერგიის დანაკარგებს 10 კვ-მდე ძაბვის ქსელებში და უშუალოდ სამომხმარებლო ქვესადგურების შემკრებ საღებებზე.

ქსელში ელექტროენერგიის დანაკარგების შემცირების ძირითად ღონისძიებებს წარმოადგენს:

1. უფრო მაღალი საფეხურის სტანდარტული ძაბვის გამოყენება ნომინალური ძაბვების შკალის მიხედვით (მაგ. 10 კვ ძაბვა 6 კვ-ის ნაცვლად);
2. ქსელში ძაბვის დონის გაზრდა ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობის გამოყენებით;

3. აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების რეგულაცია ქსელის ცალკეულ კვანძებში;

4. ქსელის რაციონალური სქემის გამოყენება, რომელიც ხაზებისა და ტრანსფორმატორების ყველაზე ეკონომიკური დატვირთვის საშუალებას იძლევა;

5. სამრეწველო საწარმოების ელექტრომეურნეობების რაციონალიზაცია, კერძოდ, სიმძლავრის კოეფიციენტის გაუმჯობესება, ელექტროძრავებისა და ტრანსფორმატორების სიმძლავრეებისა და ტიპების სწორად შერჩევა და სხვ.

სიმძლავრეებისა და ენერჯის დანაკარგები ტრანსფორმატორებში. სიმძლავრის დანაკარგები ტრანსფორმატორში ორ ჯგუფად იყოფა: აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებად ტრანსფორმატორის აქტიურ წინაღობაში (საილენძში) და დანაკარგებად ფოლადში.

სიმძლავრისა და ენერჯიების დანაკარგები ტრანსფორმატორში ΔI დროის განმავლობაში გამოითვლება ფორმულებით:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{სა}} \left(\frac{S_{21}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{ფ}} \quad (3-61)$$

$$\Delta W = \left[\Delta P_{\text{სა}} \left(\frac{S_{21}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 + \Delta P_{\text{ფ}} \right] \Delta t, \quad (3-62)$$

სადაც $P_{\text{სა}}$ - ნორმალური დატვირთვის დროს აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებია ტრანსფორმატორის აქტიურ წინაღობაში (საილენძში), რომელსაც მოკლედ შერთვის დანაკარგებსაც ($\Delta P_{\text{გა}}$) უწოდებენ ($\Delta P_{\text{სა}} = \Delta P_{\text{გა}}$); $\Delta P_{\text{ფ}}$ - აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებია ფოლადში, რომელიც უქმი სელის დენით ტრანსფორმატორის გახურებაზე იხარჯება და მას უქმი სელის დანაკარგებსაც ($\Delta P_{\text{სე}}$) უწოდებენ ($\Delta P_{\text{ფ}} = \Delta P_{\text{სე}}$); S_{21} - ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის დატვირთვაა გრაფიკის საფეხურზე; $S_{\text{ნომ}}$ - ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრეა.

K რაოდენობის პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორისათვის დატვირთვის გრაფიკის i -ური საფეხურის მანძილზე სიმძლავრის დანაკარგები ტოლია:

$$\Delta P_i = \frac{1}{K} \Delta P_{\text{სა}} \left(\frac{S_{21}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 + K \Delta P_{\text{ფ}} \quad (3-63)$$

ელექტროენერჯის წლიური დანაკარგები

$$\Delta W = \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{K} \Delta P_{\text{სა}} \left(\frac{S_{21}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 + K \Delta P_{\text{ფ}} \right] \Delta t, \quad (3-64)$$

ელექტროენერჯის დანაკარგები ტრანსფორმატორებში (3-64)-ის საფუძველზე შეიძლება გამოთვლილ იქნეს ფორმულით:

$$\Delta W = \frac{1}{K} \cdot \frac{\Delta P_{\text{სა}} S_{21}^2}{S_{\text{ნომ}}^2} \tau + K \Delta P_{\text{ფ}} T \quad (3-65)$$

სადაც $T=8760$ სთ - საათების წლიური რიცხვია.

(3-65) შეიძლება გამოყენებულ იქნეს იმ შემთხვევაში, როცა

$K = const$

პიკური ფორმის დატვირთვის გრაფიკის უდიდესი დანაკარგების დრო შეიძლება ემპირიული ფორმულით განისაზღვროს:

$$r = \left(0,124 + \frac{T_{\text{შლ}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760. \quad (3-66)$$

(3-66) შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მხოლოდ სრული წლის ხანგრძლივობისათვის, ე.ი როცა $T = 8760$ სთ-ს. უფრო ნაკლები ხანგრძლივობის პერიოდისათვის გაანგარიშების სიზუსტის მისაღწევად (3-66)-ის ნაცვლად მიზანშეწონილია შემდეგი ფორმულის გამოყენება:

$$r = 2T_{\text{შ}} - T + \frac{T - T_{\text{შლ}}}{1 + \frac{T_{\text{შლ}}}{T} - \frac{2P_{\text{შს}}}{P_{\text{შ}}}} \left(1 - \frac{P_{\text{შს}}}{P_{\text{შლ}}} \right)^2 \quad (3-67)$$

მკეთრად ცვალებადი დატვირთვის მქონე ქვესადგურებზე ელექტროენერჯიის დანაკარგების შესამცირებლად ხშირად მიზანშეწონილია პარალელურ მუშაობაში ტრანსფორმატორების სხვადასხვა K რაოდენობის ჩართვა, რომლის დროსაც მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმების დროს K -ს სიდიდე შეიძლება შეიცვალოს.

§3-13. ელექტრულ ქსელებში დანაკარგების აღრიცხვის მეთოდები

ქსელში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის, აგრეთვე ენერჯის დანაკარგები ენერგეტიკული სისტემის მუშაობის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მანიერებლებზე აირეკლება, რის გამოც მათი გათვალისწინება აუცილებელია ქსელის პარამეტრების შერჩევისას მისი პროექტირების პროცესში.

ქსელში აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები იზრდის ენერგოსისტემის ჯამურ აქტიურ დატვირთვას, რის გამოც სათანადო სიდიდით უნდა იქნეს გაზრდილი ელექტროსადგურების ძალური მოწყობილობის დადგმული სიმძლავრე, რის შედეგადაც იზრდება სადგურის მშენებლობისათვის საჭირო კაპიტალური ხარჯები. თბოელექტროსადგურების შემთხვევაში ხშირად აუცილებელი ხდება ნახშირის მოპოვებისათვის საჭირო ხარჯების გაზრდა.

ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრის გაზრდა პრაქტიკულად მხოლოდ იმ შემთხვევაში ხდება, თუ იზრდება ენერგოსისტემის უდიდესი ჯამური დატვირთვა. სიმძლავრის აღნიშნული ნაშატის გათვალისწინება სისტემის დატვირთვის მაქსიმუმის დროს აქტიური სიმძლავრის უდიდესი დანაკარგების ($\Delta P_{აქ}$) მოხვედრის კოეფიციენტით ($C_{აბ}$) ხდება.

დამატებითი კაპიტალური ხარჯები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta K = K_{აქ} C_{აბ} C_{აგ} \Delta P_{აქ} \quad (3-68)$$

სადაც $K_{აქ}$ - ელექტროსადგურის ხვედრითი ღირებულებაა (დადგმული სიმძლავრის ერთეულზე); $C_{აგ}$ - რეზერვის კოეფიციენტი.

ქსელში რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები ელექტრული სისტემის ჯამურ რეაქტიულ დატვირთვას ზრდის. ამასთან, სათანადო სიდიდით უნდა გაიზარდოს მაკომპენსირებელი მოწყობილობების დადგმული სიმძლავრე, რაც ელექტრული ქსელის მშენებლობისათვის საჭირო კაპიტალური დანახარჯების ზრდას იწვევს.

პრაქტიკულად, მაკომპენსირებელი მოწყობილობის დადგმული სიმძლავრე მხოლოდ იმ შემთხვევაში იზრდება, თუ სისტემის მახასიათებელ პუნქტებში იზრდება ჯამური დატვირთვის უდიდესი რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელობა. ამასთან, ხშირად განმსაზღვრელი აღმოჩნდება ელექტრული ქსელის ავარიის შემდგომ რეჟიმში მუშაობის პირობა.

თუ ანალოგიურად შემოვიტანთ რეაქტიული სიმძლავრის უდიდესი დანაკარგების ($\Delta Q_{აქ}$) მოხვედრის კოეფიციენტს ($C_{აბ}$), რომელიც ელექტრული სისტემის ცალკეულ უბნებზე რეაქტიული დატვირთვის მაქსიმუმს ითვალისწინებს, დამატებითი კაპიტალური ხარჯები განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta K = K_{რეაქ} C_{აბ} C_{აგ} \Delta Q_{აქ} \quad (3-69)$$

სადაც $K_{რეაქ}$ - მაკომპენსირებელი მოწყობილობის ხვედრითი ღირებულებაა.

ქსელში დანაკარგული ელექტროენერჯის ღირებულება. ქსელში ელექტროენერჯის დანაკარგები ზრდის ელექტროენერჯის ხარჯს მთლიანად სისტემაში. ამასთან დაკავშირებული ორგანული სათბობის ხარჯის გაზრდა დამატებით უნდა იქნეს გათვალისწინებული. მუდმივი დანახარჯების გაზრდა - მოწყობილობის ექსპლუატაციაზე, მასალაზე, ხელფასებზე - ავტომატურადაა გათვალისწინებული ადრე გაზრდილ კაპიტალურ ხარჯებში.

პირობითი სათბობის დამატებითი ხვედრითი ხარჯი (ΔB) სისტემის ჯამურ P აქტიურ დატვირთვაზეა დამოკიდებული და ხვედრითი ნამატის (b_i) სიდიდით განისაზღვრება:

$$\left(\frac{\partial B}{\partial P}\right)_i = b_i$$

რის გამოც საჭირო ხდება სისტემის მუშაობის პირობების განსაზღვრა დატვირთვის სხვადასხვა რეჟიმებში.

სისტემაში პირობითი სათბობის ჯამური დამატებითი ხარჯი წლის განმავლობაში შეჯამების გზით მიიღება:

$$\Delta B = \sum_{i=0}^{8760} b_i \Delta P_i \Delta t_i \quad (3-70)$$

სათანადოდ განისაზღვრება დამატებით დახარჯული სათბობის ღირებულება:

$$B_{\text{სათ}} = \beta_{\text{სათ}} \Delta B \quad (3-71)$$

სადაც $\beta_{\text{სათ}}$ - პირობითი სათბობის ხვედრითი ღირებულებაა მოცემულ ენერგოსისტემაში.

ამ თვალსაზრისით ენერჯის ჯამური დანაკარგები წლის განმავლობაში ნაკლებად საჩვენებელი აღმოჩნდება. ეს განსაკუთრებით ეხება, მაგალითად, ხახების სადენებზე გვირგვინის წარმოქმნის შედეგად გამოწვეულ დანაკარგებს, რომელსაც ხშირად და მაღალი ინტენსიურობით ღამის საათებში აქვს ადგილი, როცა სისტემის ჯამური დატვირთვა შედარებით მცირეა და სიმძლავრის ხვედრითი ნამატი მინიმალურია. მნიშვნელოვანწილად ეს ეხება უქმი სელის დანაკარგებსაც ტრანსფორმატორებში.

ახალი ქსელების პროექტირების პროცესში საჭირო ხდება გაანგარიშების რამდენადმე გამარტივება და ელექტროენერჯის დანაკარგების ღირებულების საშუალო მნიშვნელობით სარგებლობა. ისეთი ცალკეული საკითხების გადაწყვეტის დროს, როგორცაა სარეგულაციო მოწყობილობის გამოყენების მიზანშეწონილობა, აუცილებელია სისტემის მუშაობის კონკრეტული პირობების გათვალისწინება დატვირთვის განსახილველ რეჟიმებში.

ელექტრული ქსელების მუშა რეჟიმების ეკონომიკურობის გაზრდასთან დაკავშირებული საკითხების გადაწყვეტისას, მიყვანილი ხარჯების გამოსახულება მიზანშეწონილია შემდეგი სახით იქნეს წარმოდგენილი:

$$P = P_{\Sigma} K_{\text{კბ}} + H_{\text{სათ}} \quad (3-72)$$

სადაც P_{Σ} - წლიური დარიცხვების ჯამური წილია, რომელიც ნორმატულ კოეფიციენტსაც ითვალისწინებს.

ელექტროენერჯის გადაცემის თვითღირებულება (C) გამოითვლება, როგორც ქსელის ექსპლუატაციისათვის საჭირო წლიური ჯამური ხარჯების (H) ფარდობა ელექტროენერჯის იმ W მოცულობასთან, რომელსაც მომხმარებელი აღნიშნული ქსელიდან მიიღებს წლის განმავლობაში:

$$C = \frac{H}{W} = \frac{H}{P_{\text{მაკს}} T_{\text{მაკს}}} \quad (3-73)$$

სადაც $P_{\text{მაკს}}$ — მომხმარებლების უდიდესი დატვირთვაა, კვტ;

$T_{\text{მაკს}}$ — უდიდესი დატვირთვის გამოყენების წლიური ხანგრძლივობაა, სთ.

აშკარაა, რომ ელექტროენერჯის გადაცემის თვითღირებულება უდიდესი დატვირთვის გამოყენების ხანგრძლივობის გაზრდასთან ერთად მცირდება.

ელექტროენერჯის გადაცემის თვითღირებულების სიდიდე ქსელის ერთ-ერთ ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მახასიათებელს წარმოადგენს და ქსელის მოწყობილობის პარამეტრების გაანგარიშების შემდეგ წარმოებს ელექტროენერჯის თვითღირებულების განსაზღვრა. გაანგარიშების მომდევნო ეტაპზე ხდება მიღებული სიდიდის ანალოგიურ პირობებში აპრობირებულ მნიშვნელობასთან შედარება, რაც მიღებული გადაწყვეტილების მიზანშეწონილობის საშუალებას იძლევა.

§3-14. მომხმარებლების ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ალბათობა

ექსპლუატაციის პროცესში ელექტრული ქსელის თითოეული ელემენტი (ტრანსფორმატორი, ხაზი, ამორთველი და ა.შ.) შეიძლება დაზიანდეს. დაზიანების მიზეზი შეიძლება იყოს სტიქიური მოვლენები (ელეის დარტყმა საძაერო ხაზების სადენებზე და იზოლატორების გირლანდის გადაფარვა, საძაერო ხაზის სადენების გაწყვეტა გრიგალური ძალის ქარის ან ძლიერი ლიპყინულის შემთხვევაში).

დაზიანების - ე.წ. ავარიული რეჟიმის აღმოფხვრა, როგორც წესი, ქსელის მოცემული ელემენტის ამორთვას მოითხოვს. მხოლოდ ცალკეულ შემთხვევებში შეიძლება დაზიანების აღმოფხვრა დაზიანებული ელემენტის ამორთვის გარეშე. ავარიული რემონტის ხანგრძლივობა შეიძლება რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღემდე გაგრძელდეს.

გარდა ამისა, მოწყობილობის საიმედო მუშაობის უზრუნველყოფისა და ზედმეტი დაზიანებების თავიდან ასაცილებლად ოპერატიული პერსონალი ატარებს ქსელის ტრასის სისტემატურ დათვალეიერებასა და მისი თითოეული ელემენტის გეგმურ რემონტებს.

ყოფილ საბჭოთა სიერცეში დაგროვილ იქნა დიდი რაოდენობის სტატისტიკური მასალა სხედასხეა ტიპის ელექტროგადამცეში ხაზებისა და ელექტრომოწყობილობის სხედასხეა ხანგრძლივობების დაზიანებების, აგრეთვე ავარიული და გეგმური რემონტების შესახებ. აღნიშნული სტატისტიკური მასალების დამუშავების საფუძველზე მიღებულ იქნა მონაცემები საშუალო ხეედრითი დაზიანებებისა და ამორთვების საშუალო ხანგრძლივობების შესახებ ავარიული და გეგმურ-გამაფრთხილებელი რემონტების ჩასატარებლად.

3-2 ცხრილში მოტანილია 100 კმ სიგრძის სხედასხეა ძაბვის საძაერო ხაზების ხეედრითი დაზიანებების ზოგიერთი საშუალო მნიშვნელობები.

ცხრილი 3-2

ხაზის ტიპი და ნომინალური ძაბვა, კვ	დაზიანებების წლიური ხეედრითი რაოდენობა ხაზის 100 კმ სიგრძეზე
საძაერო ხაზები:	
330-500	0,1
220	0,15-0,25
110	0,5-0,7
35 კვ დაკიდებული იზოლატორებით	0,8-1,0
35 კვ მანჭელისებრი იზოლატორებით	1,0-1,5
6-10	3,5
6-10 კვ საკაბელო ხაზები	2-4

უმცირესი მნიშვნელობები ჭეკა-ქუხილის საშუალო ინტენსივობისა და საშუალო კლიმატური პირობების რაიონებს შეეხება, უდიდესი - ინტენსიური ჭეკა-ქუხილის, ლიპყინულებიან და გრიგალურ ქარიან რაიონებს.

მოტანილი მონაცემები შეიძლება გაერცელებულ იქნეს ერთ ტრასაზე აგებულ საერთო ან ინდივიდუალური საყრდენების მქონე ორჯაჭვა ხაზებზე. ავარიები, რომელიც ხაზის ორივე ჯაჭვის ამორთვას იწვევს, მათი

საერთო რაოდენობის 15-20%-ის შეადგენს, საიდანაც უდიდესი სიდიდე ორჯაჭვა საყრდენებზე მოდის.

საძაერო და საკაბელო ხაზების ავარიული რევიმების საშუალო ხანგრძლივობები 3-3 ცხრილშია მოტანილი:

ცხრილი 3-3

ხაზის ტიპი, ნომინალური ძაბვა, კმ	ავარიული რემონტის საშუალო ხანგრძლივობა, სთ
საძაერო ხაზები: 330-500	15
220	10
35-110 კვ დაკიდებული იზოლატორებით	8-10
6-35 კვ მანკულისებრი იზოლატორებით	4-6
6-10 კვ საკაბელო ხაზები	10-15

მოტანილი მონაცემების საფუძველზე შეიძლება განსახილველ იქნეს მომხმარებლების ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ალბათური ხანგრძლივობა დროის განსახილველი პერიოდის (1 წლის) განმავლობაში.

ელექტრული ქსელის ნებისმიერი ელემენტისათვის შესაძლებელია სამიდან ერთ-ერთ მდგომარეობაში ყოფნა: მუშა, ავარიული ამორთვის ან გეგმური რემონტის მდგომარეობაში. თუ ელემენტის მდგომარეობას დროის საკმაოდ დიდი პერიოდის განმავლობაში განვიხილავთ, დროის გარკვეულ ნაწილში იგი სამივედან თითოეულ მდგომარეობაში მოასწრებს ყოფნას. ქსელის განსახილველი ელემენტის რომელიმე მდგომარეობაში ყოფნა შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც შემთხვევითი ხ დ ო მ ი ლ ე ბ ა.

ელემენტის თითოეულ მდგომარეობაში ყოფნის ხანგრძლივობა მისი ალბათობით ან ფარდობითი ალბათური ხანგრძლივობით განისაზღვრება.

ქსელის ელემენტის რომელიმე მდგომარეობის ა ლ ბ ა თ ო ბ ა წარმოადგენს დაკვირვების ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე აღნიშნული მდგომარეობის ხანგრძლივობის ფარდობას პერიოდის ხანგრძლივობასთან. ამასთან ავარიული მოცდენის ალბათობა ტოლია:

$$P_{აჲ} = \frac{m_{აჲ} f_{აჲ} t_{აჲ}}{T} \quad (3-74)$$

სადაც $f_{აჲ}$ - ელემენტის ავარიული მოცდენის ხანგრძლივობაა დაკვირვების T პერიოდში, სთ;

$m_{აჲ}$ - დაზიანების მოსალოდნელი რაოდენობაა დროის იმავე პერიოდში;

$f_{აჲ}$ - ავარიული რემონტის საშუალო ხანგრძლივობაა, სთ.

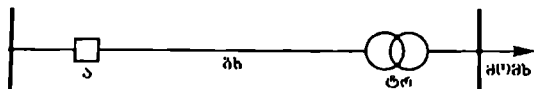
ანალოგიურად განისაზღვრება გეგმური რემონტის ფარდობითი ხანგრძლივობა:

$$P_{გგ} = \frac{f_{გგ}}{T} \quad (3-75)$$

სადაც $f_{გგ}$ - გეგმური რემონტის ხანგრძლივობაა დაკვირვების T პერიოდში, სთ.

ქსელის ცალკეული ელემენტების ავარიული მდგომარეობა განიხილება, როგორც დამოუკიდებელი ხდომილებები. ეს არაა მთლად სწორი, ვინაიდან არ არის გათვალისწინებული ავარიის განვითარების შესაძლებლობა. დამოუკიდებელ ხდომილებებად შეიძლება აგრეთვე გვეგურო რემონტები და ქსელის ელემენტების ავარიული მოცდენები ჩაითვალოს.

დაეუშვათ, მომხმარებლების ელექტრომომარაგება ერთი დაურეზერვირებელი ხაზით ხორციელდება, რომლის პრინციპული სქემა ნახ. 3-18-ზეა მოცემული.



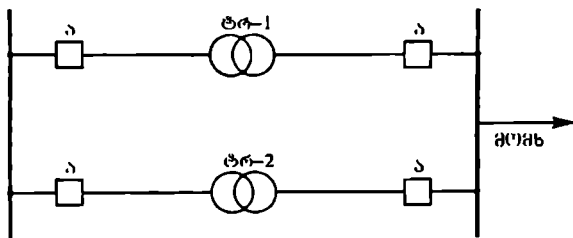
ნახ. 3-18. მომხმარებლების ელექტრომომარაგების დაურეზერვირებელი ხაზის სქემა.

აღნიშნული სქემით მომხმარებლების კვების შემთხვევაში ელექტრომომარაგების შეწყვეტას ადგილი ექნება ქსელის მიმდევრობით შეერთებული ნებისმიერი ელემენტის - ამომრთველის (ა), გადამცემი ხაზის (გხ) ან ტრანსფორმატორის (ტრ) ამორთვის შემთხვევაში.

მოცემულ პირობებში რთული ხდომილების ალბათობა გადამცემი ხაზის ყველა ელემენტის ამორთულ მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობის ჯამის ტოლი იქნება:

$$P = P_a + P_{აგ} + P_{ტრ} \quad (3-76)$$

მომხმარებლების ორტრანსფორმატორიანი ქვესადგურიდან კვების შემთხვევაში (ნახ. 3-19) ელექტრომომარაგების სრული შეწყვეტა მხოლოდ ხდომილებების თანხვედრის შემთხვევაშია შესაძლებელი.



ნახ. 3-19. ორტრანსფორმატორიანი ქვესადგურის პრინციპული სქემა.

ორი დამოუკიდებელი ხდომილების წარმოქმნის ალბათობა აღნიშნული ხდომილებების ალბათობის ნამრავლის ტოლია, რის გათვალისწინებით მოცემულ შემთხვევაში მომხმარებლების ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ალბათობა ტოლია:

$$P = 2C P_{აგ} P_{აგ} + P_{ტრ}^2 \quad (3-77)$$

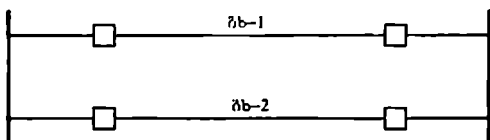
(3-77)-ში პირველი შემდეგი ითვალისწინებს პირველი ტრანსფორმატორის ავარიული მოცდენის თანხვედრას მეორის გვეგურო რემონტთან და პირიქით, ხოლო მეორე შემდეგი - ორივე ტრანსფორმატორის

აეარიული მოცდენების თანხვედრას. C კოეფიციენტი ($C < 0.5$) ხდომილებების თანხვედრის ალბათობის შემცირებას ითვალისწინებს, რაც იმითაა გამოწვეული, რომ შესაძლებელია მხოლოდ აერიის ზედდება გეგმურ რემონტზე (და არა პირიქით).

ერთ ტრასაზე გამავალი ორჯაჭვა სააერო ხაზისათვის, რომელიც ორჯაჭვა ან ერთჯაჭვა საყრდენებსა შესრულებული, ცნობილი უნდა იყოს ცალ-ცალკე თითოეული ჯაჭვის დაზიანების ალბათობა ($p_{აგ}$) და ორივე ჯაჭვის ერთდროული დაზიანების ალბათობა ($p_{აგ}^{\cdot}$). აღნიშნული პირობის მიხედვით ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ალბათობა რეზერვირებულ სქემაში (ნახ. 3-20) ამომრთველების ამორთების გაელენის გაუთვალისწინებლად ტოლია:

$$p = 2Cp_{აგ}^{\cdot}p_{აკ} + (p_{აგ}^{\cdot})^2 \quad (3-78)$$

(3-78)-ში პირველი შემდგენი ითვალისწინებს პირველი ჯაჭვის აეარიული მოცდენის თანხვედრას მეორის გეგმურ რემონტთან, ხოლო მეორე - ხაზის ორივე ჯაჭვის ერთდროულ დაზიანებას.



ნახ. 3-20. მომხმარებლების ელექტრომომარაგების რეზერვირებული ხაზის სქემა.

ორჯაჭვა სააერო გადამცემი ხაზისათვის 1 წლის განმავლობაში ($T=8760$ სთ) საშუალოდ შეიძლება მიღებულ იქნეს:

$$\left. \begin{aligned} p_{აგ}^{\cdot} &= \frac{(1-0,2)m_{აგ}t_{რგ}}{8760} \\ p_{აგ} &= \frac{0,2m_{აგ}t_{რგ}}{8760} \end{aligned} \right\} \quad (3-79)$$

აღნიშნული დებულებები ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ალბათობის მიახლოებითი განსაზღვრისათვის შეიძლება უფრო რთულ შემთხვევებშიც იქნეს გამოყენებული.

§3-15. ელექტრომომარაგების შეწყვეტით გამოწვეული ტექნიკურ - ეკონომიკური ზარალი

სამრეწველო საწარმოების ელექტრომომარაგების შეწყვეტის შეფასებისას ანსხვავებენ პირდაპირ ანუ უშუალო ზარალს და უკმარგამოშვებული პროდუქციის მოცულობით განპირობებულ ზარალს. პირდაპირი ზარალი ანუ ზარალის პირდაპირი შემდგენი შეიცავს მუშა - მოსამსახურეების მოცდენის ასანაზღაურებელ ხელფასს, პროდუქციის წუნისა და ნედლეულის, მასალების, პროდუქციის გაფუჭებისა და მოწყობილობების დაზიანებისაგან გამოწვეულ ზარალს; ტექნოლოგიური პროცესის აღდგენასა და გაწყობასთან დაკავშირებული სამუშაოების ღირებულებას; საერთოსამქრო და საერთოსაქარხნო ხარჯებს; საამორტიზაციო ანარიცხებსა და ძირითადი ფონდებიდან კელაეწარმოების გაფართოებაზე მოსულ ანარიცხებს. ეკონომიკური ზარალი და მისი დამოკიდებულების სახე მოცდენის ხანგრძლივობისაგან სთანადო გამოკელეების მონაცემებით განისაზღვრება.

ამასთან, საწარმოს გაჩერება ყოველთვის არაა დამოკიდებული აღნიშნულ ხარჯებზე. ელექტრომომარაგების შეწყვეტით გამოწვეულ მოწყობილობის დაზიანებასა და გამოშვებული პროდუქციის წუნს ადგილი არა აქვს ყველა საწარმოსა და ყველა ტექნოლოგიური პროცესის შემთხვევაში. არსებით გაელენას ზარალის სიდიდეზე ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ხანგრძლივობა ახდენს.

ასე, მაგალითად, ბამბეულის მრეწველობაში დართვისა და ქსოვის პროცესში ენერჯის მიწოდების შეწყვეტით გამოწვეულ პროდუქციის წუნსა და ნედლეულის გაფუჭებას თითქმის არა აქვს ადგილი, ხოლო სამღებრო - გამოსაყვან ფაბრიკებში ელექტრომომარაგების 30 წუთით და უფრო მეტი დროით შეწყვეტა გამოშვებული პროდუქციის გამოუსწორებელ წუნს იწვევს. ლითონდამამუშავებელ წარმოებაში ავტომატური ნაკადური ხაზების არსებობისას ენერჯის მიწოდების რამდენიმე წამით შეწყვეტამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს ტექნოლოგიური პროცესის არსებითი მოშლა, რომლის აღდგენას ხშირად რამდენიმე საათი სჭირდება.

რიგი ტექნოლოგიური პროცესებისათვის ელექტრომომარაგების შეწყვეტის შემთხვევაში ადგილი აქვს მათი ხანგრძლივობის არსებითად გაზრდას. ეს დამახასიათებელია ფოლადის წარმოებისათვის მარტენისა და ელექტროდუმელებში, ალუმინის წარმოებისათვის ელექტროლიტურ აბაზანებში, ელექტროქიმიისა და სხვ. ელექტროლიზისა და ელექტროთერმიის დროს ელექტრომომარაგების შეწყვეტა აბაზანებისა და ელექტროდუმელების გაცივებას იწვევს, რის შედეგადაც იზრდება ელექტროენერჯის ხვედრითი ხარჯი გამოშვებული პროდუქციის მოცულობაზე. ამგვარად, ელექტრომომარაგების შეწყვეტის შედეგად გამოწვეული ეკონომიკური ზარალის განსაზღვრისათვის გულმოდგინედ უნდა იქნას გაანალიზებული თითოეული საწარმოს ტექნოლოგიური პროცესი.

მომხმარებლებისათვის ელექტრომომარაგების მოთხოვნილი საიმედოობის შესაფასებლად ხშირად ზოგიერთი საშუალო ეკონომიკური მაჩვენებლებით სარგებლობენ. ეს იმ გარემოებასთანაა დაკავშირებული, რომ ელექტრულ ქსელებზე მიერთებულია სხვადასხვა პროფილის სამრეწველო საწარმოები და ენერჯის მიწოდების შეწყვეტით გამოწვეული ტექნიკურ-ეკონომიკური ზარალის ზუსტი შეფასება მნიშვნელოვან სიძნელეს წარმოადგენს.

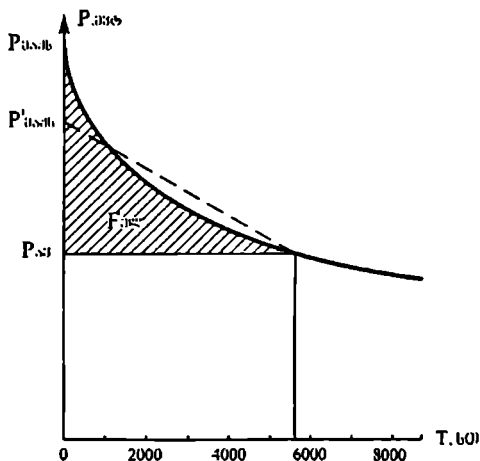
ჩვეულებრივად, ეკონომიკური ზარალის შესაფასებლად 1 კვტსთ უკმარგაცემულ ელექტროენერგიაზე ($W_{უკ}$) მოსული ხედრითი ზარალის (E_0) სიდიდე გამოიყენება

$$E = E_0 W_{უკ} \quad (3-80)$$

თუ საწარმოს ელექტრომომარაგება შეიძლება p ფარდობითი ალბათური ხანგრძლივობით იქნეს შეწყვეტილი, უკმარგაცემული ელექტროენერგიის მოცულობა ტოლი იქნება:

$$W_{უკ} = p P_{აკვ} T_{აკვ} \quad (3-81)$$

რიგ შემთხვევებში ქსელის რომელიმე ელემენტის ავარიული ამორთვის შემთხვევაში მომხმარებლების ელექტრომომარაგება მთლიანად არ წყდება, მაგრამ დატვირთვის სიმძლავრე გარკვეულ $P_{აკვ}$ სიდიდემდე მცირდება. ასეთ შემთხვევებში მომხმარებლებისათვის უკმარგაცემული ელექტროენერგიის მოცულობა ხანგრძლივობის მიხედვით აგებული დატვირთვის გრაფიკით განისაზღვრება (ნახ. 3-21).



ნახ. 3-21. ხანგრძლივობის მიხედვით დატვირთვების ცვლილების გრაფიკი.

გრაფიკის ორდინატთა ღერძზე გადაიდება $P_{აკვ}$ სიმძლავრე და გამოითვლება $F_{ელ}$ ფართობი. უკმარგაცემული ელექტროენერგიის ალბათური მოცულობა განსაზღვრული პირობებისათვის ტოლი იქნება:

$$W_{უკ} = P_{აკვ} F_{ელ} \quad (3-82)$$

თუ დატვირთვის გრაფიკის მრუდით შემოწერილ უბანს სწორი ხაზით შევცვლით (დაშტრიხული წირითაა ნაჩვენები), $F_{\text{კ}}$ ფართობი შეიძლება მიახლოებითი ფორმულით გამოითვალოს:

$$F_{\text{კ}} = \frac{1}{2}(P'_{\text{კ.კ}} - P_{\text{კ.კ}})T_{\text{კ}} \quad (3-83)$$

რეკომენდებული მეთოდის მიახლოებითი ხასიათი აეარიული მდგომარეობის დატვირთვის დროისაგან რამდენადმე დამოკიდებულებითაა განპირობებული. ამასთან, დაზიანება არ შეიძლება სრულად იქნეს განხილული, როგორც შემთხვევითი ხდომილება.

თავი IV . მოკლედ შერთვები ელექტრულ დანადგარებში და მათგან დაცვა

§4-1. რელეური დაცვისა და ავტომატიკის დანიშნულება

ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში მუშაობის ნორმალურ რეჟიმთან ერთად გეხვდება დაზიანებები და არანორმალური რეჟიმები.

დაზიანებებს უშუალოდ შემთხვევაში თან სდევს დენის მნიშვნელოვანი გაზრდა და ძაბვის მკვეთრი დაცემა სისტემის ელემენტებში.

გაზრდილი დენი გამოყოფს სითბოს დიდ რაოდენობას და წარმოქმნის ელექტრულ რკალს, რომელიც დაზიანებულ უბანზე დამანგრეველ მოქმედებას და მოწყობილობებისა და დაუზიანებელი ხაზების სახიფათო გადამტეხურებას იწვევს.

ძაბვის შემცირება არღვევს მომხმარებლების ნორმალურ მუშაობას და გენერატორებისა და ენერგეტიკული სისტემის მდგრადობას.

არანორმალური რეჟიმები იწვევს ძაბვის, დენისა და სისწირის გადახრას დასაშვები მნიშვნელობებიდან. ძაბვისა და სისწირის შემცირებისას იქმნება მომხმარებლების ნორმალური მუშაობისა და ენერგოსისტემის მდგრადობის დარღვევის საფრთხე, ხოლო გაზრდილი ძაბვა და დენი უარყოფითად მოქმედებს ელექტრომოწყობილობისა და გადამცემი ხაზების იზოლაციის თბურ ცვეთაზე.

ამგვარად, დაზიანებები არღვევს ელექტრომომარაგების სისტემისა და ელექტროენერჯის მომხმარებლების ნორმალურ მუშაობას, ხოლო არანორმალური რეჟიმები ქმნის დაზიანების წარმოშობის ან ენერგოსისტემის მუშაობის დარღვევის საფრთხეს.

ელექტროენერგეტიკული სისტემისა და ელექტროენერჯის მომხმარებლების ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად საჭიროა დაუყოვნებლივ გამოვლინდეს სისტემის დაზიანებული უბანი ან ელემენტი და განცალკევდეს ქსელის დაუზიანებელი ნაწილისაგან, რათა აღდგეს მუშაობის ნორმალური რეჟიმი.

ასევე შესაძლებელია არანორმალური რეჟიმების სახიფათო შედეგების თავიდან აცილება, თუკი გამოვლინდება გადახრები ნორმალური რეჟიმიდან და მიიღება ზომები მათ აღმოსაფხვრელად (მაგ. დენის შემცირება მისი სახიფათო მნიშვნელობამდე გაზრდის შემთხვევაში, ძაბვის შემცირება მისი მომატების პირობებში და სხვ.).

ამასთან დაკავშირებით შეიქმნა ისეთი ავტომატური მოწყობილობის შექმნის აუცილებლობა, რომელიც შეასრულებდა აღნიშნულ ფუნქციებს და დაიცავდა სისტემასა და მის ელემენტებს დაზიანებისა და არანორმალური რეჟიმების სახიფათო შედეგებისაგან.

სისტემის დაზიანებული ელემენტის გამოვლენა და მის ამოსართავად სათანადო ამომრთველზე მოქმედება სპეციალური ავტომატური მოწყობილობის საშუალებით ხდება, რომელსაც რელე ეწოდება. სხვადასხვა დანიშნულების რელეები ერთმანეთთან კონკრეტული სქემითაა დაკავშირებული, რომელსაც რელეური დაცვა ეწოდება.

რელე ავტომატური მოწყობილობაა, რომელიც მოქმედებაში მოდის მასში შემაჯალი ენერგეტიკული (დენი, ძაბვა, სიმძლავრე, წინაღობა) ან არაენერგეტიკული (წნევა, ტემპერატურა) პარამეტრების გარკვეული მნიშვნელობის დროს.

რელე რელეური დაცვის ძირითადი ორგანოა. ზოგჯერ ამომრთველი და დაცვა დაცვისა და კომუტაციის ერთ მოწყობილობაშია გაერთიანებული (მაგ. დნობადი მცველის სახით).

რელეური დაცვა ელექტრული ავტომატიკის ძირითადი სახეა, რომლის გარეშე დღევანდელი ენერგეტიკული სისტემის ნორმალური და საიმედო ექსპლუატაცია შეუძლებელია. დაცვა განუწყვეტლივ აკონტროლებს ელექტროენერგეტიკული სისტემის ელემენტების მდგომარეობასა და მუშაობის რეჟიმებს და რეაგირებს დასიანებების ან არანორმალური რეჟიმების წარმოქმნის შემთხვევაში.

ერთფაზა შერთვა მიწასთან იზოლირებული ნეიტრალის მქონე, აგრეთვე რკალჩამქრობი რეაქტორის საშუალებით ჩამიწებულ ქსელებში არ ხასიათდება დიდი დენების წარმოშობით (ტევადური დენი არ აღემატება რამდენიმე ათეულ ამპერს). მუშაობის ასეთ რეჟიმში ფაზათაშორისი ძაბვები არ იცვლება და სისტემის მუშაობა არ ირღვევა. ამასთან, ერთი ფაზის მიწასთან შერთვა არ შეიძლება ნორმალურ რეჟიმად ჩაითვალოს, ვინაიდან მუშაობაში დარჩენილი ფაზების ძაბვა იზრდება ხაზურ მნიშვნელობამდე და იქნება ერთფაზა ჩამიწების ფაზათაშორის მოკლედ შერთვაში გადაზრდის საფრთხე. ასეთ რეჟიმში აუცილებელი არაა დაცვის მყისიერი მოქმედება არანორმალურ რეჟიმში მყოფი ელემენტის ამოსართავად. საკმარისია დაცვამ იმოქმედოს სიგნალზე, რათა ოპერატიულმა პერსონალმა სათანადო ოპერაცია შეასრულოს. ამასთან, პრაქტიკაში გეხედება შემთხვევები, როცა ერთფაზა ჩამიწების პირობებში უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნების მიხედვით დაცვამ ელემენტის ამორთვაზე უნდა იმოქმედოს.

არანორმალური რეჟიმების დროს დაუზიანებელ მოწყობილობებში გადის საკმაოდ დიდი დენი, რომელსაც შეუძლია იზოლაციის გაუთვალისწინებელი თბური ცვეთა გამოიწვიოს. ზედენები, რომელიც გარე მოკლედ შერთვითაა გამოწვეული, დაზიანებული ელემენტის საკუთარი დაცვის მოქმედების შედეგად ლიკვიდირდება. რაც შეეხება გადატვირთვებს, რომელიც არანორმალურ რეჟიმებს იწვევს, მათი ლიკვიდაციისათვის დაცვამ სიგნალზე უნდა იმოქმედოს.

მოკლედ შერთვებმა და არანორმალურმა რეჟიმებმა შეიძლება დენის, ძაბვის, სიხშირისა და სიმძლავრის მიმართულების ცვლილება გამოიწვიოს. რელეურმა დაცვამ შეიძლება როგორც ერთი რომელიმე პარამეტრის, ასევე რამდენიმე პარამეტრის ცვლილებაზე იმოქმედოს. დაზიანების წარმოშობის დროს დაცვა გამოავლენს და ამორთავს დაზიანებულ უბანს და ელემენტს დაუზიანებელი ნაწილისაგან, იმოქმედებს რა სპეციალურ ძალურ ამომრთველზე, რომელიც დაზიანების დენის ამოსართავადაა განკუთვნილი.

არანორმალური რეჟიმების დროს დაცვა გამოავლენს მათ და მუშაობის დარღვევის ხასიათის შესაბამისად შეასრულებს ნორმალური რეჟიმის აღსადგენად საჭირო ოპერაციებს, მოაწოდებს რა სიგნალს ოპერატიულ პერსონალს, რომელიც განტვირთავს მოწყობილობას ან საერთოდ ამორთავს მას. მუდმივი ოპერატიული პერსონალის არარსებობის შემთხვევაში დაცვა იმოქმედებს ავტომატურ განტვირთვაზე ან ამორთვაზე.

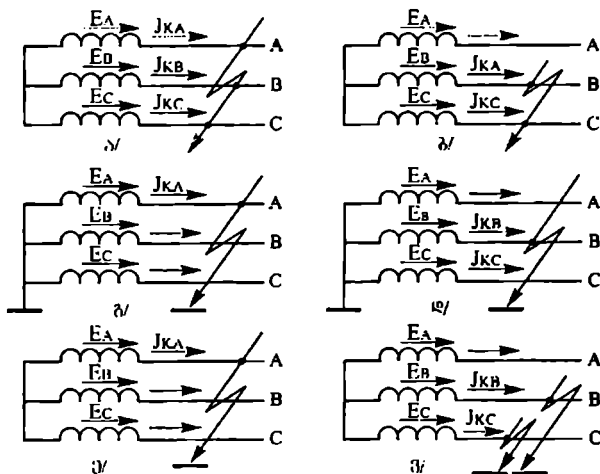
თანამედროვე ენერგეტიკულ სისტემებში რელეური დაცვა მჭიდროდაა დაკავშირებული ელექტრულ ავტომატიკასთან, რომლის დანიშნულებაცაა მუშაობის ნორმალური რეჟიმისა და მომხმარებელთა ელექტრომომარაგების სწრაფი ავტომატური აღდგენა.

ასეთი ავტომატიკის ძირითად მოწყობილობებს მიეკუთვნება: ავტომატური განმეორებითი ჩართვა (აგჩ), კვების სარეზერვო წყაროს ავტომატური ჩართვა (რაჩ), ავტომატური სიხშირული განტვირთვა (ასგ).

§4-2. დაზიანებები ელექტროდანადგარებში

დაზიანებათა უმრავლესობა ენერგეტიკულ სისტემაში იწვევს ფაზათა შორის მოკლედ შერთვას ან ფაზის მოკლედ შერთვას მიწასთან. გარდა ამისა, ელექტრული მანქანებისა და ტრანსფორმატორების გრაფიკულებში შესაძლებელია ერთი ფაზის ხვიათა შორის შერთვა.

დაზიანების სახეები ელექტრულ დანადგარებში 4-1 ნახაზზეა მოცემული.



ნახ. 4-1. დაზიანების სახეები ელექტრულ დანადგარებში.

ა, ბ, გ, დ – სამფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვა; ერთფაზა და ორფაზა მოკლედ შერთვა მიწასთან; ე, ე – მიწასთან ერთი და ორი ფაზის შერთვა იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში.

დაზიანების ძირითადი მიზეზებია:

1. დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის დაზიანება, რაც შეიძლება მისი სიძველით, გადამტებადებით ან მექანიკური დაზიანებით იყოს გამოწვეული;

2. ელექტროგადამცემი ხაზების სადენებისა და საყრდენების დაზიანება, რაც შეიძლება ლიხინულით, გრივლით ან სადენთა როკით იყოს გამოწვეული;

3. ოპერატიული პერსონალის შეცდომის შედეგად (გამთიშით მოქმედება დატვირთვის ქვეშ და სხვ.).

ამა თუ იმ სახის მოკლედ შერთვის ალბათობა სხვადასხვაა. ყველაზე ხშირად გვხვდება ერთფაზა მოკლედ შერთვა მიწასთან. 110 კვ და მეტი ძაბვის ყრუდ ჩამოწებული ნეიტრალის მქონე სისტემაში მიწასთან შერთვის წერტილში გადის მოკლედ შერთვის დიდი დენი. იზოლირებული ნეიტრალის ან რკალჩამქრობი რეაქტორის გავლით ჩამოწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში ერთი ფაზის მიწასთან შერთვა მცირე (რამდენიმე ათეული ამპერი) ტევადური დენის წარმოშობით ხასიათდება, რომელიც მიწის მიმართ ქსელის სადენების ტევადობით განისაზღვრება.

მოკლედ შერთვა (მშ) დაზიანების ყველაზე უფრო გაერცვლებული და სახიფათო სახეა. მშ-ის დროს კვების წყაროს

ელექტრომაგნიტური ძალა (ემი) „მოკლედ“ ირთება გენერატორების, ტრანსფორმატორებისა და გადაცემის ხაზების შედარებით მცირე წინაღობაზე. მოკლედ შერთული ემ-ის კონტურში აღიქვება დიდი დენი, რომელსაც მოკლედ შერთვის დენი ეწოდება.

მშ-ის შედეგად სისტემის ელემენტებში იზრდება დენი და ეცემა ძაბვა, რასაც ქსელის ყველა წერტილში ძაბვის შემცირებამდე მიეყვართ. რაც მეტადაა დაცილებული ქსელის ესა თუ ის წერტილი დაზიანების ადგილიდან, მით ნაკლებია ძაბვის შემცირება, რაც ხაზის წინააღობის გადღეობითაა გამოწვეული.

ძაბვის შემცირება და დენის გაზრდა ქსელებში მშ-ის დროს შემდეგ არასასურველ შედეგებს იწვევს:

1. მშ-ის დენი ($I_{შ}$) ჯოულ-დენცის კანონის თანახმად წრედის R აქტიურ წინააღობაში I დროის განმავლობაში გამოყოფს სითბოს Q რაოდენობას ($Q = kI_{შ}^2 R t$);

დაზიანების წერტილში აღნიშნული სითბო და წარმოქმნილი ელექტრული რკალი იწვევს დამანგრეველ მოქმედებას, რომლის მასშტაბები მით მეტია, რაც მეტია $I_{შ}$ და t .

გაივლის რა ქსელის დაუზიანებელ უბნებში, მშ-ის დენი ახერხებს მათ დასაშვებზე მეტ მნიშვნელობამდე, რაც დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის თბური ცვეთის დაჩქარებას იწვევს;

2. ძაბვის შემცირება მშ-ის დროს არღვევს მომხმარებლების ნორმალურ მუშაობას.

ელექტროენერჯის ძირითადი მომხმარებლებია ასინქრონული ძრავები, რომელთა ბრუნვის მომენტი ძაბვის კვადრატის პროპორციულია ძრავას მომგვრებზე.

ძაბვის მკვეთრი შემცირების შემთხვევაში მშ-ის დროს ძრავას ბრუნვის მომენტი შეიძლება შექანიზმის წინააღობის მომენტზე ნაკლები აღმოჩნდეს, რაც ძრავას დამუხრუჭებასა და გაჩერებას გამოიწვევს.

ძაბვის შემცირებისას ასევე ირღვევა განათების მიმღებების ნორმალური მუშაობა, რომელიც ელექტროენერჯის მომხმარებლების მეორე მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს.

სტაბილური ძაბვის მიმართ განსაკუთრებულ მგრძობიარობას ელექტრონულ-გამომთვლელი და მმართველი მანქანები ამჟღავნებს, რომელთა ნორმალური მუშაობა ძაბვის მცირე რხევების დროსაც კი ირღვევა.

ძაბვის შემცირების მეორე, განსაკუთრებით მძიმე შედეგია გენერატორების პარალელური მუშაობის დარღვევა, რამაც შეიძლება სისტემის დინამიური მდგრადობის დარღვევა და ყველა მომხმარებლისათვის კვების მიწოდების შეწყვეტა გამოიწვიოს.

აღნიშნული შედეგები გვიჩვენებს, რომ მოკლედ შერთვა ელექტროენერჯეტიკული სისტემის დაზიანების ყველაზე მძიმე და სახიფათო სახეა და აუცილებელია მისი დაუყოვნებლივ ამორთვა.

ერთი ფაზის მიწასთან შერთვა იზოლირებული ნეიტრალის მქონე სისტემებში, რომელიც ნეიტრალის დიდი ინდუქციური წინააღობის რკალჩამქრობი რეაქტორის (კოჭას) გაელითა ჩამიწებული, არ წარმოადგენს მოკლედ შერთვას, ვინაიდან მიწასთან შერთული ფაზის ემპ არ იზუნდება შერთვის წერტილში მიწასთან წარმოქმნილი შეერთებით. ამ დროს ადრული $I_{ა}$ დენი დაზიანების წერტილში ირთება სადენების C ტევადობის გაელით და როგორც წესი, მცირე სიდიდე (20-30 ა) გააჩნია. დაზიანების ასეთი სახის დროს ხაზური ძაბვები უცვლელი რჩება.

აღნიშნულის გამო ფაზის მიწასთან შერთვა იზოლირებული ნეიტრალის მქონე სისტემებში არსებითად განსხვავდება მშ-ისაგან. იგი არ ახდენს გაყვანას მომხმარებლების ნორმალურ ელექტრომომარაგებაზე და არ

არღვევს გენერატორების სინქრონულ მუშობას, თუმცა დაზიანების აღნიშნული სახე ქმნის არანორმალურ რეჟიმს და იწვევს გადამტეხაბეებს, რასაც შეიძლება მოჰყვეს მუშაობაში დარჩენილი ფაზების იზოლაციის გარღვევა, რის შედეგადაც ერთფაზა ჩამიწება ფაზათაშორის მოკლედ შერთვაში გადაიზრდება.

§4-3 . არანორმალური რეჟიმები

არანორმალური ეწოდება ისეთ რეჟიმს, რომლის დროსაც ენერგეტიკული სისტემის მდგრადობის ან ელექტრომიწობილობისათვის საჭირო დენი, ძაბვა და სიხშირე გადახრილია დასაშვები მნიშვნელობებიდან.

არანორმალური რეჟიმები შეიძლება გამოწვეული იყოს:

1. ზედენების გავლით, რომელიც მოწყობილობების გადატვირთვით ან გარე მშ-ითაა გამოწვეული;
2. ძაბვის შემცირებით;
3. სიხშირის შემცირებით;
4. ძაბვის გაზრდით;
5. რხევებისაგან ენერგოსისტემაში;

მ ო წ ყ ო ბ ი ლ ო ბ ე ბ ი ს გ ა დ ა ტ ვ ი რ თ ე ი ს ან გარე მშ-ის დროს სისტემის ელემენტებში გადის ნორმალურ მნიშვნელობაზე მეტი დენი. ასეთი დენის ხანგრძლივად გაეღა იწვევს დენგამტარი ნაწილების გადამტეხურებას და იზოლაციის თბური ცვეთის დაჩქარებას. გარე მშ-ისაგან გამოწვეული ზედენების ლიკვიდაცია დაზიანებული უბნის ამორთვით ხდება. რაც შეეხება გადატვირთვების შედეგად გამოწვეულ ზედენებს, მათი ლიკვიდაციისათვის საჭიროა დენური დაცვის მოწყობა, რომელიც სიგნალზე იმოქმედებს. ამასთან, ოპერატიულმა პერსონალმა უნდა შეასრულოს მოწყობილობის განტვირთვისა და ამორთვისათვის საჭირო ღონისძიებები. მუდმივი ოპერატიული პერსონალის არარსებობის შემთხვევაში დაცვამ უნდა იმოქმედოს ავტომატურ განტვირთვაზე ან ამორთვაზე.

ძ ა ბ ვ ი ს შ ე მ ც ი რ ე ბ ა დასაშვებ მნიშვნელობაზე ქვემოთ. ძაბვის სიდიდე ელექტროენერჯის მომხმარებლებთან კვების წყაროს ემპ-სა და ქსელში ძაბვის დანაკარგებზეა დამოკიდებული. ელექტროენერგეტიკული სისტემის მუშაობის რეჟიმის ცვლილების დროს აღნიშნული დანაკარგები იცვლება და შესაბამისად იცვლება ძაბვა მომხმარებელთან. ძაბვის დანაკარგები იზრდება კვების წყაროს სალტებზე და ქსელში როგორც მშ-ების, ასევე გადატვირთვების დროს.

ქსელის რომელიმე უბანზე მშ-ის წარმოქმნამ ქსელის დაუზიანებელ ელემენტებში შეიძლება ძაბვის ისეთი შემცირება გამოიწვიოს, რომელიც ძრავებს დაამუხრუჭებს და გააჩერებს. დაზიანების ამორთვის შემდეგ დამუხრუჭებული ძრავები თვითგაიშვება, ისინი ქსელიდან მოიხმარენ ნომინალურთან შედარებით გაზრდილ დენს, რის შედეგადაც ძაბვა ავარიის შემდგომ რეჟიმში ნომინალურზე ნაკლები აღმოჩნდება.

მომხმარებლების დატვირთვის ცვლილების დროს მათი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრე არაპროპორციულად იცვლება. ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში გამუდმებით უნდა იქნეს დაცული გენერირებული და მოხმარებული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრების ბალანსი. აღნიშნული ბალანსის დარღვევა სისტემაში სიხშირის ცვლილებასთან ერთად ძაბვის ცვლილებასაც იწვევს. ამასთან, რეაქტიული სიმძლავრის უკმარისობას თან სდევს ძაბვის შემცირება. ამგვარად, ძაბვისა და რეაქტიული სიმძლავრის მნიშვნელობები ურთიერთდაკავშირებულია.

ელექტროენერგეტიკული სისტემის დენმიმღებები განსაზღვრულ ძაბვასა და გათვლილი, რომლის დროსაც ისინი ოპტიმალური ტექნიკურ-ეკონომიკური ჩაჩვენებლებით მუშაობენ. ძაბვის დაცვმა მომხმარებლებთან არღვევს მათი ნორმალური მუშაობის პირობებს, რის შედეგადაც ზარალდება ეკონომიკა.

ასინქრონულ ძრავებში ძაბვის შემცირება დენის გაზრდასა და ხიჩქარის შემცირებას იწვევს. ძრავას დენის გაზრდა ნომინალურ მნიშვნელობაზე ზემოთ აჩქარებს დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის თბურ ცვეთას, ხოლო ბრუნთა რიცხვის შემცირება გაეღენას ახდენს სათანადო

მექანიზმების მწარმოებლობასა და გამოშვებული პროდუქციის ხარისხზე. ძაბვის შემცირება ელექტროთერმულ დანადგარებში ახანგრძლივებს ტექნოლოგიურ პროცესს, რაც ელექტროენერჯის ხარჯისა და გამოშვებული პროდუქციის თვითღირებულების გაზრდასთანაა დაკავშირებული.

ელექტროლიზისათვის საჭირო გამართული მოწყობილობები იმით ხასიათდება, რომ ელექტროლიზურ აბაზანებში უნდა გადიოდეს უცვლელი დენი, რომლის შემცირება გამართული ძაბვის დაცვის დროს აძვირებს გამოშვებულ პროდუქციას და აჩქარებს ელექტროდების ცვეთას.

ძაბვის დაცვა განათების ხელსაწყოებზე იწვევს განათებულობის შემცირებას, რაც აქვეითებს შრომის ნაყოფიერებას და ზრდის მომუშავე პერსონალის დაღლილობას. ლუმინესცენციური ნათურები ძაბვის შემცირების დროს არ საერთოდ არ ინთება, ან მათი მუშაობა კათოდების ინტენსიური გამტყვერით ხასიათდება.

ძაბვის შემცირების დროს ირღვევა ელექტრონული აპარატურის ნორმალური მუშაობა. ძაბვის რხევა აიძულებს ტელევიზორის მფლობელებს გამოიყენონ ძაბვის ინდივიდუალური სტაბილიზატორები, რომელიც, მართალია, აუმჯობესებს ტელევიზორების მუშაობას, მაგრამ იწვევს მანაწილებელი ქსელის რეაქტიული სიმძლავრით გადატვირთვას.

განხილული მაგალითები ნათლად უჩვენებს ძაბვის დასაშვებ ფარგლებში მკაცრად დაცევის აუცილებლობას როგორც ქსელში, ისე მომხმარებლებთან. აღნიშნული ამოცანა ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში ძაბვის ავტომატური რეგულაციით (ძარ) წყდება.

ს ი ხ შ ი რ ი ს შ ე მ ც ი რ ე ბ ა. თუ სისტემაში მოხმარებული სიმძლავრე გადააჭარბებს გენერირებულ სიმძლავრეს, სიხშირე შემცირდება. აღნიშნულ მოვლენას, როგორც წესი, ადგილი აქვს მომხმარებლების დიდი ჯგუფების სისტემაში ჩართვის ან კეების წყაროების ნაწილის უეცარი ამორთვის დროს.

შემცირებული სიხშირით სისტემის ხანგრძლივი ექსპლუატაციის შემთხვევაში ძრავების ბრუნთა რიცხვი მცირდება და მექანიზმების მწარმოებლობა ქვეითდება. რიგ სამრეწველო საწარმოებში სიხშირის შემცირება ტექნოლოგიური პროცესის დარღვევასა და გამოშვებული პროდუქციის წუნის გაზრდას იწვევს. შემცირებული სიხშირით მუშაობა განსაკუთრებით არასასურველია თბოელექტროსადგურებისათვის, ეინაიდან ასეთ რეჟიმში მუშაობამ შეიძლება გამოიწვიოს ტურბინის ფრთის დაზიანება. სიხშირის შემცირება იწვევს მექანიზმების ბრუნთა რიცხვისა და მწარმოებლობის შემცირებას, რაც განსაკუთრებით სახიფათოა ენერგეტიკული სისტემისათვის. სიხშირის შემცირებისას მცირდება აგრეგატების სიმძლავრე და იზრდება აქტიური სიმძლავრის დეფიციტი. აღნიშნულის შედეგად, სიხშირის ორ პერცენტამდე შემცირების შემთხვევაში ირღვევა ენერგოსისტემის დინამიკური მდგრადობა, რაც უმძიმეს შედეგებთანაა დაკავშირებული. თუ სისტემის ყველა გენერატორი აქტიური სიმძლავრით სრულადაა დატვირთული, სიხშირის აღდგენა სარეზერვო გენერატორების ჩართვით ან არასაპასუხისმგებლო მომხმარებლების დროებით ამორთვითაა შესაძლებელი.

რამდენადაც სიხშირის აუარიული შემცირება მყისიერად ხდება და ოპერატიულ პერსონალს არ ძალუძს სათანადო ღონისძიებების დაუყოვნებლივ გატარება, მომხმარებელთა ნაწილი ამოირთვება ავტომატური მოწყობილობით, რასაც ავტომატური სიხშირული განტვირთვა (ასვ) ეწოდება.

ძ ა ბ ვ ი ს გ ა ზ რ დ ა დ ა ს ა შ ე ე ბ მ ნ ი შ ე ნ ე ლ ო ბ ა ზ ე მ ო თ. ექსპლუატაციაში შესაძლებელია სინქრონული გენერატორების უეცარი განტვირთვის შემთხვევები, რაც გენერატორების ან მომხმარებლებთან დამაკავშირებელი გადაამცემი ხაზების ამოირთველების ამორთვითაა გამოწვეული. ასეთ ამორთვებს, როგორც წესი, თან სდევს აგრეგატთა ბრუნთა რიცხვის გაზრდა და ძაბვის აწვეა გენერატორების

გამომყვანებზე. სტატორის გრაგნილის იზოლაციისათვის სახიფათო ძაბვა იზრდება პიდროგენერატორებზე, რაც იმითაა განპირობებული, რომ დატვირთვის უცვარი მოხსნის დროს პიდროგენერატორების ბრუნთა რიცხვი მნიშვნელოვნად იზრდება, ვიდრე ტურბოგენერატორების შემთხვევაში. ბრუნთა რიცხვის გაზრდა თავის მხრივ იწვევს სტატორის ემპ-ის გაზრდას იზოლაციისათვის სახიფათო მნიშვნელობამდე. იზოლაციის დაზიანების თავიდან ასაცილებლად გენერატორებზე გათვალისწინებულია სპეციალური ავტომატიკა, რომელიც აგზნების დენის შემცირებაზე ან არის ქრობის ავტომატის (აქა) ამორთვაზე იმოქმედებს.

ძაბვის სახიფათო გაზრდა შეიძლება აგრეთვე დიდი ტევადური გამტარებლობის მქონე ხაზების ერთმხრივი ჩართვის ან ამორთვის დროს.

რ ხ ე ე ე ბ ი ე ნ ე რ გ ო ს ი ს ტ ე მ ა შ ი. არანორმალური რეჟიმების აღნიშნული სახე წარმოიქმნება ისეთი მშ-ების დროს, რომელიც პარალელურად მომუშავე სინქრონული მანქანების სინქრონიზმიდან გამოუარდნას იწვევს. რხევები, ისევე, როგორც მშ-ები, ზრდის დენს და ამცირებს ძაბვას, თუმცა დენისა და ძაბვის მოქმედ მნიშვნელობებს რხევის დროს იმპულსური ხასიათი აქვს. ყოველივე ამის გამო, სათანადო დაცვამ უნდა იმოქმედოს არა ამორთვაზე, არამედ სიგნალზე. რიც შემთხვევებში გათვალისწინებულია სპეციალური ავტომატიკა, რომელიც სინქრონიზმის დარღვევისა და რხევების წარმოქმნის დროს სისტემას განსასულერულ წერტილში ყოფს.

არანორმალური რეჟიმებისაგან დაცვები, ისევე როგორც მშ-ებისაგან დაცვები, საკმარისი სელექციურობით, მგრძობიარობითა და საიმედოობით უნდა ხასიათდებოდეს. რაც შეეხება სწრაფმოქმედებას, რომელიც მშ-ებისაგან დაცვებისადმი წაყენებული ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნაა, არანორმალური რეჟიმებისაგან დაცვებს, როგორც წესი, არ მოეთხოვება.

არანორმალური რეჟიმებისაგან დაცვის მოქმედების დრო რეჟიმისა და მისი შედეგების ხასიათზეა დამოკიდებული. ხშირად არანორმალურ რეჟიმებს არამდგრადი ხასიათი აქვს და თვითღიკეიდირდება. ასეთ რეჟიმებს ადგილი აქვს ავარიისშემდგომ რეჟიმში ასინქრონული ძრავების გაშვების ან თვითგაშვების დროს, როცა ისინი ნომინალურთან შედარებით გაზრდილ დენს მოიხმარენ. ასეთ შემთხვევებში არანორმალური რეჟიმის მყისიერი ამორთვა არაა მიზანშეწონილი, ეინაიდან იგი უფრო მეტ ზარალს მოუტანს მოხმარებლებს. ყოველივე ამის გამო არანორმალური რეჟიმებისაგან დაცვამ მხოლოდ მაშინ უნდა იმოქმედოს ამორთვაზე, როდესაც რეალურად შეიქმნება მოწყობილობის ნორმალური მუშაობის დარღვევის საფრთხე, ე.ი. უნდა იმოქმედოს დროის გარკვეული დაყოვნებით.

იმ შემთხვევებში, როცა არანორმალური რეჟიმის ლიკვიდაცია ოპერატიული პერსონალის ჩარევით უნდა მოხდეს, დაცვამ უნდა იმოქმედოს სიგნალზე.

§4.4. ოპერატიული დენის წყაროები

ა). დანიშნულება და ზოგადი მოთხოვნები

ოპერატიული დენი ეწოდება ამომრთველების დისტანციური მართვის, მკეპბაეი და რელეური დაციის ოპერატიული წრედების, ავტომატიკის, ტელემექანიკის, ავარიული სიგნალიზაციისა და განათების სხვადასხვა სახეობის მკეპბაე დენს.

ოპერატიული წრედების, განსაკუთრებით მისი იმ ელემენტების კეება, რომელზეც დაზიანებული ხაზებისა და მოწყობილობის ამორთეაა დამოკიდებული, მაღალი საიმედოობით უნდა გამოირჩეოდეს. ამიტომ, მთავარი მოთხოვნა, რომელიც ოპერატიული დენის წყაროს წაეყენება, ისაა, რომ მოკლედ შერთეებისა და არანორმალური რეეიმების დროს ოპერატიული დენის წყაროს ძაბეასა და სიმძლავრეს უნდა გაანდეს საკმარისი მნიშენელობა როგორც დაციისა და ავტომატიკის, ასევე შესაბამისი ამომრთველების წრედების საიმედო ჩართეისა და ამორთეისათვის.

ოპერატიული წრედების კეებისათვის გამოიყენება მუდმივი და ცეკლადი ოპერატიული დენი.

ბ). მუდმივი ოპერატიული დენი

მუდმივი ოპერატიული დენის წყაროდ გამოიყენება 110-220 ვ, ხოლო მცირე სიმძლავრის ქეეადაგურებზე - 24-48 ვ ძაბეის სააკუმულატორო ბატარეა, საიდანაც ყეელა მინავრთის ოპერატიული წრედების კეება ხორციელდება.

მუშაობის საიმედოობის ასამაღლებლად მუდმივი დენის წრედი რამდენიმე უბნად იყოფა, რომელიც დამოუკიდებლად იკეებება სააკუმულატორო ბატარეის შემკრები სალტეებიდან.

კეების საიმედოობის თეალსაზრისით ყეელაზე საპასუხისმგებლო მომხმარებლებია დაციისა და ავტომატიკის წრედები, აგრეთვე ამომრთველის ამორთეის კოჭა, რომელიც მართეის სეკციიდან იკეებება. ასევე საპასუხისმგებლო უბანია კოჭას ჩართეის წრედი, რომელიც ჩართეის სეკციიდან იკეებება. მომხმარებლების მესამე, შედარებით ნაკლებად საპასუხისმგებლო კატეგორიაა სიგნალიზაცია, რომელიც სიგნალიზაციის სეკციიდან იკეებება. მუდმივი დენის დანარჩენ მომხმარებლებს (ავარიული განათება, საკუთარი მოხმარების ძრავები) კეება მუდმივი დენის შემკრები სალტეების ცალკე სეკციიდან მიეწოდება. ოპერატიული წრედების მშეებისაგან დაციეა დნობადი მცეკელების ან საეციალური ავტომატების საშუალეობით ხდება, რომელიც დენის გაზრდის დროს მოქმედებს.

ამასთან ერთად, სააკუმულატორო ბატარეა ოპერატიული დენის სხეა წყაროებთან შედარებით გაცილებით ძეირადღირებული გამოდის. მისი მონტაეისა და ექსპლუატაციისათვის საჭიროა დამმუხტავი და შემმუხტავი აგრეგატები, საეციალური შენობა და ოპერატიული პერსონალი. გარდა ამისა, კეების ცენტრალისაციის გამო იქმნება მუდმივი დენის რთული და ძეირადღირებული ქსელი.

აღნიშნულის გამო, მუდმივი ოპერატიული დენი განსაკუთრებულ შემთხეეებში გამოიყენება. ოპერატიული წრედების კეებისათვის ძირითადად ცეკლადი ოპერატიული დენი გამოიყენება.

გ). ცვლადი ოპერატიული დენი

ცვლადი დენით ოპერატიული წრედების კვებისათვის ქსელის დენი ან ძაბვა გამოიყენება. შესაბამისად, ცვლადი ოპერატიული დენის წყაროდ იყენებენ დენისა და ძაბვის, აგრეთვე საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორებსა და დამუხტულ კონდენსატორებს.

დენის ტრანსფორმატორები ოპერატიული წრედების კვების ყველაზე საიმედო წყაროა მოკლედ შერთვების დროს. მშ-ის დროს დენი და ძაბვა დენის ტრანსფორმატორის მომჭვრებზე იზრდება, რის შედეგადაც იზრდება მისი სიმძლავრე მოქმედების მომენტში, რაც ოპერატიული წრედების საიმედო კვებას უზრუნველყოფს.

დენის ტრანსფორმატორები ვერ უზრუნველყოფს მოთხოვნილ სიმძლავრეს ისეთი დაზიანებებისა და განსაკუთრებით არანორმალური რეჟიმების დროს, როცა დასაცავ უბანზე ან ელემენტში დენი უმნიშვნელოდ იზრდება. ამიტომ დენის ტრანსფორმატორები არ გამოიყენება ისეთი დაცვების კვებისათვის, რომელიც მოქმედებს მიწასთან შერთვაზე იზოლირებული ნეიტრალის მქონე სისტემებში, ხეიათაშორის შერთვაზე ტრანსფორმატორებისა და გენერატორების გრაგნილებში, აგრეთვე ძაბვისა და სიხშირის გაზრდის ან შემცირების შედეგად გამოწვეულ არანორმალურ რეჟიმებში მოქმედი დაცვებისათვის.

ძაბვის ტრანსფორმატორები და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორები მოკლედ შერთვების დროს ოპერატიული წრედების კვებისათვის არ გამოიყენება. ეს იმიტაა განპირობებული, რომ მშ-ის დროს ქსელის დაზიანებული უბნის ძაბვა მკვეთრად მცირდება და ხშირად ნულამდე ეცემა. ამავე დროს, ისეთი დაზიანებებისა და არანორმალური რეჟიმების დროს, რომელსაც თან არ სდევს ძაბვის ღრმად შემცირება, ძაბვისა და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორები შეიძლება ისეთი დაცვების წრედების კვებისათვის იქნეს გამოყენებული, როგორცაა გადატვირთვებისაგან დაცვა, მიწასთან შერთვისაგან და ძაბვის აწვევისაგან დაცვები და სხვ.

გარდა აღნიშნული წყაროებისა, დაცვისა და ავტომატიკის ოპერატიული წრედების საკვებად გამოიყენება დამუხტული კონდენსატორი.

კონდენსატორის განმუხტვის დენმა, თუ მას მოთხოვნილი სიდიდე და ხანგრძლივობა გააჩნია, ქსელის დაზიანების ან არანორმალური რეჟიმის ხასიათის მიუხედავად, შეიძლება კვებოს დაცვისა და ავტომატიკის ოპერატიული წრედები დაცვის მოქმედების მომენტში. კონდენსატორის წინასწარი დამუხტვა ქსელის ძაბვით ხდება მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში. ქვესადგურის შემკრებ სალტებზე ძაბვის გაქრობის შემთხვევაში კონდენსატორში დაგროვილი ენერგია შენარჩუნებული რჩება, რის გამოც, დამუხტული კონდენსატორის, როგორც ოპერატიული დენის წყაროს გამოყენება შეიძლება ქსელის მუშაობის ნებისმიერი რეჟიმის დროს, ქვესადგურის შემკრებ სალტებზე ძაბვის გაქრობის შემთხვევაშიც კი.

ამომრთველების დისტანციური მართვა და მათი ავტომატური ჩართვა განხორციელებულია ჩართვის ავტომატიკისა (გჩა) და რეზერვის ავტომატური ჩართვის (რჩა) ავტომატური მოწყობილობების საშუალებით წარმოებს მინარეთის ნებისმიერი დატვირთვისა და ქვესადგურის შემკრებ სალტებზე ძაბვის გაქრობის შემთხვევებში. აღნიშნული ფუნქციების შესრულება დენის ტრანსფორმატორის მიერ შეუძლებელია, ამიტომ, დისტანციური მართვის წრედები, გჩა-სა და რჩა-ის მოწყობილობები ძაბვისა და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორიდან, აგრეთვე დამუხტული კონდენსატორიდან იკვებება. ამომრთველის ჩართვის ოპერაციის უზრუნველსაყოფად მართვის წრედების მეშვეობით ტრანსფორმატორები ქვესადგურის შემკრებ სალტებზეა მიერთებული.

ამგვარად, ოპერატიული დენის თითოეულ წყაროს გამოყენების თავისი, კონკრეტული სფერო გააჩნია. ამასთან, ოპერატიული დენის ამა თუ იმ წყაროს გამოყენების შესაძლებლობა იმ სიმძლავრით განისაზღვრება, რომელიც მას შეუძლია გასცეს მოქმედების მომენტში.

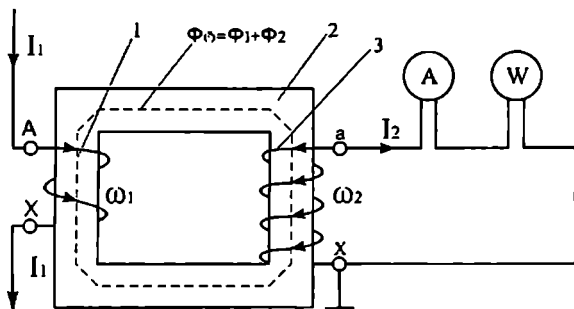
ოპერატიული დენის წყაროს სიმძლავრე გარკვეული მარაგით უნდა აჯარბებდეს მიერთებული ოპერატიული წრედების ჯამურ სიმძლავრეს, რომლის ძირითადი შემდგენია ამჟამის მიერ ამომრთველის ამორთვასა და ჩართვაზე მომხმარებელი სიმძლავრე. ამასთან დაკავშირებით, ხშირად გარკვეული სიძნელეები იქმნება დენის და ძაბვის ტრანსფორმატორების არასაკმარისი სიმძლავრის გამო. რადგან ამომრთველის ჩართვა და ამორთვა ხანმოკლე ოპერაციებია, შესაძლებელია მზომი ტრანსფორმატორების მნიშვნელოვანი გადატვირთვა მათი იზოლაციის თბური ცვეთის მოთხოვნილი დონის შენარჩუნების პირობებში.

პრაქტიკაში გამოიყენება ცველადი დენით დაცვის ოპერატიული წრედების უშუალოდ დენის ტრანსფორმატორიდან კვებისა და გამართული ცველადი დენით კვების კომბინირებული სქემები, აგრეთვე ოპერატიული წრედების კვების სქემები ძაბვისა და საკუთარი მოხმარების ტრანსფორმატორებიდან, აგრეთვე დამუხტული კონდენსატორიდან.

§4-5. დენის ტრანსფორმატორები

დენის ტრანსფორმატორის დანიშნულებაა ქსელის პირველადი დენის ისეთ მნიშვნელობამდე შემცირება, რომელიც ყველაზე მოხერხებული აღმოჩნდება მზომი ხელსაწყოებისა და რელეური დაცვის მოწყობილობის კეებისათვის, აგრეთვე მაღალი ძაბვის პირველადი წრედისაგან მზომი ხელსაწყოებისა და დაცვების წრედების განმხოლოებისათვის.

დენის ტრანსფორმატორს გააჩნია ჩაკეტილი მაგნიტოგამტარი 2 და ორი გრაგნილი - პირველადი 1 და მეორეული 3 (ნახ. 4-2).



ნახ. 4-2. დენის ტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა.

1 - პირველადი გრაგნილი ; 2 - მაგნიტოგამტარი ; 3 - მეორეული გრაგნილი

დენის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი მიმდევრობით ირთება გასაზომი I_1 დენის წრედში, ხოლო მეორეულ გრაგნილზე მიერთდება I_2 მეორეული დენით გარსშემოდენილი მზომი ხელსაწყოები და რელეური დაცვის მოწყობილობა.

დენის ტრანსფორმატორის გულარში მოთავსებულია ორი ერთმანეთისაგან იზოლირებული გრაგნილი: პირველადი-ხეიათა ω_1 რიცხვით და მეორეული-ხეიათა ω_2 რიცხვით.

I_1 დენი, რომელიც ω_1 ხეიათა რიცხვის მქონე პირველად გრაგნილში გადის და I_2 დენი, რომელიც ω_2 ხეიათა რიცხვის მქონე მეორეულ გრაგნილში დაინდუქცირდება, ქმნის დამამაგნიტებელ ძალებს, რომელიც Φ_1 და Φ_2 მაგნიტურ ნაკადებს წარმოშობს. დამამაგნიტებელი ძალები და მათ მიერ შექმნილი მაგნიტური ნაკადები გეომეტრიულად ჯამდება, რის შედეგადაც ჯამური მაგნიტური ნაკადი Φ_Σ წარმოიშეება.

დენის ტრანსფორმატორის მუშაობა ტრანსფორმაციის ნომინალური კოეფიციენტით ხასიათდება

$$K = \frac{I_{1ნა2}}{I_{2ნა3}} \quad (4-1)$$

სადაც $I_{1\text{ნაზ}}$ - ნომინალური პირველადი დენია; $I_{2\text{ნაზ}}$ - ნომინალური მეორეული დენი. ნომინალურ მეორეულ დენად მიღებულია სტანდარტული დენი, რომელიც 1 ან 5 ა-ის ტოლია.

დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი არ წარმოადგენს მკაცრად მუდმივ სიდიდეს და შესაძლებელია ნომინალური მნიშვნელობისაგან განსხვავდებოდეს, რაც დამაგნიტების დენით გამოწვეული დამახინჯებითაა განპირობებული. დენის ტრანსფორმატორის დენური დამახინჯება გამოითვლება ფორმულით

$$\Delta I\% = \frac{K_1 I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100 \quad (4-2)$$

დენის ტრანსფორმატორის დამახინჯება მის კონსტრუქციულ თავისებურებებზეა დამოკიდებული, კერძოდ, მაგნიტოგამტარის კვეთზე, მის მაგნიტურ შეღწევადაზვე, მაგნიტური გზის საშუალო სიგრძეზე, აგრეთვე I_1 და დამაგნიტებელ ძალაზე. ამ მოთხოვნების მიხედვით დენის ტრანსფორმატორები 0,2; 0,5; 1; 3; 10 სიზუსტის კლასებით მზადდება. აღნიშნული ციფრები ნომინალური დენის დენურ დამახინჯებას წარმოადგენს %-ებში პირველადი გრაგნილის 100-120 %-ის ტოლი ნომინალური დენით დატვირთვის შემთხვევაში სიზუსტის ორი უკანასკნელი კლასის დენის ტრანსფორმატორებისათვის.

დენის ტრანსფორმატორის დამახინჯება დამოკიდებულია მეორეული გრაგნილის დატვირთვაზე (ხელსაწყოების, სადენების, კონტაქტების წინააღობაზე) და პირველადი დენის ჯერადობაზე ნომინალურის მიმართ. დატვირთვისა და დენის ჯერადობის გაზრდა დამახინჯების გაზრდას იწვევს.

0,2 სიზუსტის კლასის დენის ტრანსფორმატორები გამოიყენება ზუსტი ლაბორატორიული ხელსაწყოების კვებისათვის; 0,5 კლასისა - ფულადი ანგარიშის მრიცხველების კვებისათვის; 1 კლასისა - ყველა ტექნიკური მზომი ხელსაწყო კვებისათვის; 3 და 10 კლასისა - რელეური დაცვის მოწყობილობის კვებისათვის.

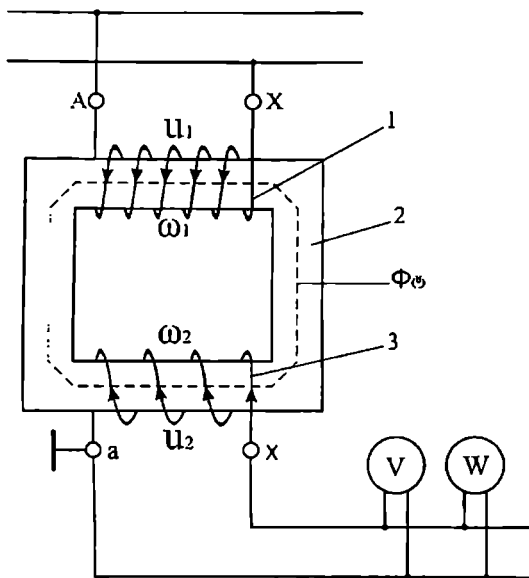
სიზუსტის აღნიშნული კლასების გარდა დენის ტრანსფორმატორები მზადდება აგრეთვე D ტიპის სიზუსტის კლასით (დიფერენციალური დაცვებისათვის); 3 ტიპის სიზუსტის კლასის (მიწასთან შერთვისაგან დაცვებისათვის) და P ტიპის სიზუსტის კლასის (სხვა რელეური დაცვებისათვის).

დენურ წრედებს, მზომ ხელსაწყოებსა და რელეებს მცირე წინააღობა გააჩნია, რის გამოც დენის ტრანსფორმატორები ნორმალურად მშენის რეჟიმთან მიახლოებულ რეჟიმში მუშაობენ. მეორეული გრაგნილის გაწყვეტის შემთხვევაში მაგნიტური ნაკადი მაგნიტოგამტარში მკვეთრად იზრდება, ეინაიდან იგი მხოლოდ პირველადი გრაგნილის მაგნიტომამომრავებელი ძალითაა განპირობებული. მუშაობის ასეთ რეჟიმში მაგნიტოგამტარი შეიძლება დასაშვებზე მეტად გახურდეს, ხოლო გახსნილ მეორეულ გრაგნილში აღმოჩნდეს მაღალი ძაბვა, რომელიც ზოგიერთ შემთხვევაში რამდენიმე ათეულ კილოვოლტს აღწევს.

აღნიშნული მოვლენების გამო არაა რეკომენდებული დენის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის გახსნა პირველად გრაგნილში დენის გაყლის დროს. მზომი ხელსაწყოს ან რელეს შეცვლის აუცილებლობის შემთხვევაში დენის ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილი წინასწარ მოკლედ ირთება ან იშუნდება.

§4-6. ძაბვის ტრანსფორმატორები

ძაბვის ტრანსფორმატორის დანიშნულებაა პირველადი ქსელის მაღალი ძაბვის შემცირება სტანდარტულ 100 ვ ან $\sqrt{3}$ 100 ვ მეორეულ ძაბვამდე და მზომი და რელეური დაცვის წრედების განმხოლოება პირველადი ძალური წრედისაგან. ერთუჯა ძაბვის ტრანსფორმატორის ჩართვის პრინციპული სქემა ნახ. 4-3-ზეა მოცემული.



ნახ.4-3. ძაბვის ტრანსფორმატორის ჩართვის სქემა.

- 1 - პირველადი გრაგნილი; 2 - მაგნიტოგამტარი;
3 - მეორეული გრაგნილი.

ძაბვის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილი ხეიათა a_1 რიცხვით ქსელის U_1 ძაბვაზეა ჩართული, ხოლო ხეიათა a_2 რიცხვის მქონე მეორეულ გრაგნილზე, რომელშიც U_2 ძაბვა გადის, მზომი ხელსაწყოები და რელეებია მიერთებული. მომსახურების უსაფრთხოებისათვის მეორეული გრაგნილის ერთ-ერთი გამოშვებანი ჩამიწებულა. დენის ტრანსფორმატორისაგან განსხვავებით ძაბვის ტრანსფორმატორი უქმი სვლის რეჟიმთან მიახლოებულ რეჟიმში მუშაობს, ვინაიდან ხელსაწყოებისა და რელეების პარალელური კოჭების წინაღობები მნიშვნელოვანია, ხოლო მათ მიერ მოხმარებული დენი - მცირე.

ძაბვის ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში U_1 ძაბვის გავლენით გაივლის დამამაგნიტებელი დენი, რომელიც გულარში Φ_{δ} მაგნიტურ ნაკადს აღძრავს. აღნიშნული ნაკადი ძაბვის ტრანსფორმატორის პირველად და მეორეულ გრაგნილში აღძრავს ელექტრომომოძრავებელ ძალებს, რომელთა მოქმედი მნიშვნელობები ტოლია:

$$E_1 = 4,44 f \omega_1 \Phi; \quad E_2 = 4,44 f \omega_2 \Phi; \quad (4-3)$$

(4-3) დან

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (4-4)$$

ფარდობას $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ეწოდება.

უქმი სელის რეჟიმში მეორეული გრაგნილის დენი $I_2 = 0$ და პირველადი გრაგნილის დენი დამამაგნიტებელი დენის ტოლია ($I_1 = I_m$). ამ პირობებში $U_2 = E_2$ და U_1 ძაბვა უმნიშვნელოდ განსხვავდება E_1 ემპ-საგან. აღნიშნულის გათვალისწინებით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ძაბვის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი ტოლია:

$$K_U = \frac{U_{1ნომ}}{U_{2ნომ}} \quad (4-5)$$

სადაც $U_{1ნომ}$ – ნომინალური პირველადი ძაბვა; $U_{2ნომ}$ – ნომინალური მეორეული ძაბვა.

მაგნიტური ნაკადის გაბნევა და გულარში დანაკარგები გაზომვის დამახინჯებას იწვევს

$$\Delta U \% = \frac{K_U U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100 \quad (4-6)$$

ნომინალური დამახინჯების მიხედვით ანსხვავებენ ძაბვის ტრანსფორმატორის სიზუსტის კლასებს: 0,2; 0,5; 1; 3.

ძაბვის ტრანსფორმატორის დამახინჯება მაგნიტოგამტარის კონსტრუქციაზე, ფოლადის მაგნიტურ შეღწევალობაზე, მეორეული გრაგნილის დატვირთვასა და სიმძლავრის კოეფიციენტზეა ($\cos \phi$) დამოკიდებული. ძაბვის ტრანსფორმატორის კონსტრუქციებში გათვალისწინებულია ძაბვის მიხედვით დამახინჯების კომპენსაცია პირველადი გრაგნილის ხეიათარიცხვის რამდენადმე შემცირების ხარჯზე.

ძაბვის ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილზე მიერთებული მზომი ხელსაწყოებისა და რეგულეების ჯამური სიმძლავრე რამდენადმე ნაკლები უნდა იყოს მის ნომინალურ სიმძლავრეზე, ეინაიდან წინააღმდეგ შემთხვევაში დამახინჯების გაზრდას ექნება ადგილი.

ძაბვის ტრანსფორმატორის დამახინჯება პროცენტებში მეორეული ძაბვის მიხედვით გამოითვლება ფორმულით

$$\Delta U = \frac{U_2 - U_1 / K_U}{U_1 / K_U} \cdot 100 \quad (4-7)$$

სადაც U_2 – რეალური მეორეული ძაბვა.

თავი V. ელექტროენერგეტიკული სისტემის ძირითადი ელექტრული დანადგარები

§5-1. სინქრონული გენერატორები

ელექტრული სადგურების ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს, რომელშიც პირველადი ძრავას მექანიკური ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნა ხდება, სინქრონული გენერატორი წარმოადგენს.

თითქმის ყველა თანამედროვე ელექტროსადგურზე ცველადი ღენის სამუაზა გენერატორები გამოიყენება. პირველადი ძრავას ტიპის მიხედვით ისინი ტურბო და პილოგენერატორებად იყოფა. ტურბოგენერატორები უშუალოდაა მიერთებული ორთქლის ან აირის ტურბინებთან და იმის გამო, რომ მათ დამახასიათებელ თვისებას სწრაფბრუნვა წარმოადგენს, მაღალი ბრუნვის სიხშირე გააჩნიათ. რამდენადაც მეტია ტურბინის ბრუნვის სიხშირე, მით ნაკლებია მისი გაბარიტები და მაღალია მ.კ., რის გამოც აშკარაა ტურბოგენერატორების სწრაფბრუნვის გაზრდის ტენდენცია. ამასთან, სწრაფბრუნვის გაზრდას გააჩნია ზღვარი, რომელიც ქსელის ნომინალური სიხშირითა ($f = 50$ კც) და გენერატორის წვეილმოღუსების მინიმალური რიცხვითა ($P = 1$) განპირობებული:

$$n = \frac{60f}{P} \text{ ბრ/წთ} \quad (5-1)$$

ამგვარად, 50 კც სიხშირის შემთხვევაში, რომელიც ჩვენთან და ევროპის ქვეყნებშია მიღებული, ტურბოგენერატორების ბრუნვის მაქსიმალური სიხშირე 3000 ბრ/წთ-ია, ხოლო აშშ-სა და იაპონიაში, სადაც $f = 60$ კც-ს, ოპოლუსიანი ტურბოგენერატორების მაქსიმალური ბრუნვის სიხშირე $n = 3600$ ბრ/წთ.

ტურბოგენერატორები წარმოადგენს სწრაფმავალ პორიზონტალურ ელექტრულ მანქანას უძრავი სტატორითა და მოძრავი ცილინდრული არა-ცხადპოლუსა როტორით.

ტურბოგენერატორის ბრუნვის მაღალი სიხშირე იმითაა განპირობებული, რომ მისი გაზრდით იზრდება ორთქლის ტურბინების მუშაობის ეკონომიკურობა და მცირდება ტურბინებისა და გენერატორების გაბარიტები.

ტურბოგენერატორთან ერთად ერთ ლილვზე განლაგებულია ტურბინა. თესებზე სატურბინო და საქებაზე აგრეგატები დამხმარე მოწყობილობასთან ერთად ქმნის დამოუკიდებელ ენერგობლოკებს, რომელთა რაოდენობა სადგურებზე 8 - 12 -ს, ხოლო სადგურის სიმძლავრე - 4000 - 6000 მეტ-ს და უფრო მეტს აღწევს.

თბოელექტროსადგურის ადგილმდებარეობა არა მარტო პირველადი ენერგორესურსების მოპოვების ადგილმდებარეობაზე, არამედ საკმარისი რაოდენობის წყლის არსებობაზეცაა დამოკიდებული.

თბოელექტროსადგურის მთავარი აგრეგატების მუშაობის უზრუნველყოფა დამხმარე მანქანების საშუალებით ხდება, რაზეც გარკვეული რაოდენობის ელექტროენერჯია იხარჯება. ენერგობლოკის საკუთარ მოხმარებაზე დახარჯული სიმძლავრე მისი სიმძლავრის 4 - 8 %-ს შეადგენს.

თესებზე ელექტროენერჯია იხარჯება სათბობის მოზადებაზე, ქებაებში წყლის მიწოდებაზე, მოწყობილობის მართვაზე და სხვ. რაც შეეხება პილოელექტროსადგურებს, მათ საკუთარ მოხმარებაზე თესებთან შედარებით გაცილებით ნაკლები ელექტროენერჯია იხარჯება. საკუთარი მოხმარების ძირითად მომხმარებლებს პესებზე წარმოადგენს ტექნიკური

წყალმომარაგება, ჰიდროტექნიკური და ელექტროტექნიკური მოწყობილობების მართვა, გენერატორების გაცივება და სხვ.

როგ შემთხვევებში ტურბოაგრეგატის ბრუნვის ზღვრული სიხშირე ტურბინის ტიპით განისაზღვრება და 3000 ბრ/წთ-ზე ნაკლები უნდა იყოს. ტურბინის ლილვის რამდენადმე დაბალი სიხშირე საშუალებას იძლევა მისი გამონაბოლქვის საფეხურებში დიდი სიგრძის ფრთები იქნეს გამოყენებული, რაც გაცივებით მეტი მოცულობის ორთქლის გატარებას უზრუნველყოფს და მაქსიმალურად ზრდის ტურბინის სიმძლავრეს, რომელიც მექანიკური გადაამტკბაბებითა და ტურბინის ფრთების ბოლო საფეხურების მასალის გეარობითაა შეზღუდული. პოლუსების წყვილთა რიცხვი არ შეიძლება იყოს წილადი, რის გამოც ბრუნვის სიხშირის მომდევნო საფეხური არის 1500 ბრ/წთ, რომელიც გენერატორის ოთხპოლუსა შესრულებას შეესაბამება.

როგ სპეციალურ შემთხვევებში მცირე სიმძლავრის ტურბო-გენერატორები ტურბინას არა უშუალოდ, არამედ რედუქტორის საშუალებით უერთდება, რაც სასურველ გაკლენას ახდენს ტურბინის კომპაქტურობასა და ეკონომიკურობაზე, რომელიც მისი სწრაფბრუნვის გაზრდაში გამოიხატება. ამასთან, ასეთი რედუქტორები არ გამოიყენება ორთქლტურბინიან თესებზე, ეინაიდან მათ შეუძლიათ მნიშვნელოვნად შეამცირონ მძლავრი ტურბო-გენერატორების მუშაობის საიმედოობა.

რაც შეეხება ჰიდროგენერატორებს, მათი ბრუნვის სიხშირე ჰიდროტურბინის ბრუნვის ყველაზე ხელსაყრელი სიხშირის ტოლდადა მიიღებული, რომელიც მდინარის წყლის მოცემული წნევისა და მის კვეთში წყლის მოცემული ხარჯის შემთხვევაში ყველაზე უკეთესად პასუხობს ტურბინის ჰიდრაულიკურ მახასიათებლებსა და ეკონომიკურობას:

$$n_{\text{ბრ}} = n_{\text{სწ}} \frac{H^{3/4}}{\sqrt{P}} \quad \text{ბრ/წთ,} \quad (5-2)$$

სადაც $n_{\text{სწ}}$ - სწრაფბრუნვის კოეფიციენტი, რომელიც ტურბინის ტიპზეა დამოკიდებული; H - წნევა, მ; P - ტურბინის სიმძლავრე, მეტ.

ლილვის მდებარეობის მიხედვით ჰიდროგენერატორები ევრტიკალურ და პორიზონტალურ მანქანებად იყოფა. საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებს ევრტიკალური, ხოლო მცირე სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებს - პორიზონტალური შესრულება გააჩნია.

ჰიდროგენერატორის სტატორი კონსტრუქციულად ტურბო-გენერატორის სტატორის ანალოგიური პრინციპით სრულდება. განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ ჰიდროგენერატორი დასაშლელი ფორმით მზადდება. გარშემოწერილობის მიხედვით იგი 2 - 6 თანაბარ ნაწილად იყოფა, რაც მის ტრანსპორტირებასა და მონტაჟს აიოლებს.

იმის გამო, რომ წყლის დაწნევა და ხარჯი მდინარის კვეთში დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა, ჰიდროგენერატორების ბრუნვის სიხშირეს ძალზე განსხვავებული სიდიდეები გააჩნია, რომელიც ფართო დიაპაზონში იცვლება - 50 ბრ/წთ-დან 750 ბრ/წთ-მდე.

როგორც (5-2)-დან ჩანს, ჰიდროგენერატორის ბრუნვის სიხშირე მით ნაკლებია, რაც მეტია მისი სიმძლავრე და ნაკლებია დაწნევა. ასეთი აგრეგატების უმრავლესობის ბრუნვის სიხშირე 50 ბრ/წთ-დან 125 ბრ/წთ-მდე იცვლება, ე.ი. ნელმავალ მანქანებს განეკუთვნება. პოლუსების წყვილთა რიცხვი ყოველთვის მთელი რიცხვითაა გამოსახული, რის გამოც ჰიდროგენერატორების ბრუნვის სიხშირე ზოგჯერ წილადი გამოდის. ასე, მაგალითად, ირკუტსკის ჰესის ჰიდროაგრეგატების ბრუნვის სიხშირე 83,3

ბრ/წთ-ია ($P = 36$), სარატოვის ქესზე - 51,5 ბრ/წთ ($P = 58$), კრასნოიარსკის ქესზე - 93,8 ბრ/წთ ($P = 32$).

ბრუნეის სიხშირის გარდა, რომელიც წყვილპოლუსთა რიცხვთან ერთად გენერატორის ნომინალურ სიხშირეს განსაზღვრავს, სინქრონული გენერატორები რიგი სხვა ნომინალური პარამეტრებით ხასიათდება, რომელთაგან ძირითადია აქტიური სიმძლავრე. გენერატორის ნომინალური სიმძლავრე, რომელზეც გათვლილია სინქრონული გენერატორი მისი ხანგრძლივად მუშაობის პირობებში. ყველა სხვა პარამეტრებს, რომელიც გენერატორს გააჩნია აღნიშნული სიმძლავრით მუშაობის დროს, ნომინალური ეწოდება. მათ მიეკუთვნება: გენერატორის სტატორის დენი და ძაბვა ($I_{სტ}$, $U_{სტ}$), როტორის აგზნების დენი და ძაბვა ($I_{აგ}$, $U_{აგ}$), გენერატორის რეაქტიული სიმძლავრე ($Q_{რ}$), სიმძლავრის კოეფიციენტი ($\cos\varphi$), მარგი ქმედების კოეფიციენტი (η) და სხვ.

სამუშაო სინქრონული გენერატორის ნომინალური ძაბვა ($U_{ნომ}$) სტატორის გრავნილის ხაზურ ძაბვას ეწოდება. აღნიშნული ძაბვები, რომელიც ელექტრული ქსელების ძაბვებთანაა შეთანხმებული, ქმნის სტანდარტული ძაბვების შკალას: 3,15; 6,3; 10,5; (13,8); (15,75); (18,0); 20,0; 21,0; 24,0 კვ. ფრჩხილებში ნაჩვენები ძაბვები ადრე გამოშვებულ ტურბო და პიდროგენერატორებს მიეკუთვნება და დღეისათვის აღარ გამოიყენება. სინქრონული გენერატორის სრული ნომინალური სიმძლავრე

$$S_{ნომ} = \sqrt{3}U_{ნომ}I_{ნომ} \quad \text{მვა,} \quad (5-3)$$

ხოლო ნომინალური აქტიური სიმძლავრე

$$P_{ნომ} = \sqrt{3}U_{ნომ}I_{ნომ} \cos\varphi \quad \text{მვტ.} \quad (5-4)$$

ტურბოგენერატორებისათვის ნომინალური სიმძლავრეების შემდეგი შკალაა დადგენილი;

S , მვა: 3,125; 5,0; 7,5; 15,0; 40,0; 78,75; 125,0; 188,0; 235,0; 353; 588,2; 941,0 ($\cos\varphi = 0.85$); 889,9 ($\cos\varphi = 0.90$);

P , მვტ: 2.5; 4,0; 6,0; 12,0; 32,0; 63,0; 100,0; 160,0; 200,0; 300,0; 500,0; 800,0; 1200,0; 1600,0; 2000,0.

გენერატორის ნომინალური რეაქტიული სიმძლავრე სიმძლავრეების შკალაში არაა ნაჩვენები. იგი სრული ან აქტიური სიმძლავრის მიხედვით განისაზღვრება:

$$Q_{რ} = S_{ნომ} \sin\varphi \quad (5-5)$$

$$Q_{რ} = P_{ნომ} \tan\varphi \quad (5-6)$$

პიდროგენერატორებისათვის ნომინალური სიმძლავრეების შკალის დადგენა შეუძლებელია, ეინაიდან მათი სიმძლავრე დამოკიდებულია წყლის დაწნევასა და მის ხარჯზე მდინარის კვეთში, რომლის მნიშვნელობა სხვადასხვა ქესებზე ფართო დიაპაზონში ცვალებადობს. ამის გამო თითოეული ქესისათვის პოდროგენერატორების ნომინალური სიმძლავრე სპეციალური პროექტით განისაზღვრება.

სიმძლავრის ნომინალური კოეფიციენტი 100 მვტ-მდე სიმძლავრის ტურბოგენერატორებისათვის 0,8-ს, ხოლო 160-500 მვტ სიმძლავრის გენერატორებისათვის 0,85-ს შეადგენს; 800-1200 მვტ სიმძლავრის გენერატორებისათვის $\cos\varphi = 0,85 - 0,90$.

რაც შეეხება პიდროგენერატორებს, სიმძლავრის ნომინალური კოეფიციენტი 125 მეტ-მდე სიმძლავრის მანქანებისათვის 0,8-ის ტოლია, 360 მეტ სიმძლავრის გენერატორებისათვის - 0,85-ის ტოლი, ხოლო 360 მეტ-ზე მძლავრი პიდროგენერატორებისათვის - $\cos\phi = 0,90$.

სახელმწიფო სტანდარტებით შეზღუდულია აგრეთვე სიმძლავრის დანაკარგები სინქრონულ გენერატორებში: 160-500 მეტ ნომინალური სიმძლავრის ტურბოგენერატორებში მ.ქ.კ. არ უნდა იყოს 98,6%-ზე ნაკლები, 800 მეტ სიმძლავრის ტურბოგენერატორებში - 98,65 - 98,75%-ზე ნაკლები (ნომინალური $\cos\phi$ -ს შემთხვევაში). პრაქტიკულად იგივე მ.ქ.კ. გააჩნიათ პიდროგენერატორებსაც.

მუშაობის პროცესში გენერატორებში ადგილი აქვს ენერჯის დანაკარგებს, რომელიც სითბოდ გარდაიქმნება და ახურებს გენერატორის ელემენტებს. იმის მიუხედავად, რომ თანამედროვე გენერატორების მ.ქ.კ. ძალზე მაღალია და დანაკარგების ფარდობითი მნიშვნელობა 1,5-2,5%-ს არ აღემატება, მისი აბსოლუტური მნიშვნელობა საკმაოდ დიდია და 100 მეტ სიმძლავრის მანქანისათვის დაახლოებით 10%-ს შეადგენს, რაც აქტიური ფოლადისა და სპილენძის ხარჯისა და იზოლაციის ტემპერატურის გაზრდას იწვევს.

გენერატორის ზღერული გახურების ტემპერატურა სტატორისა და როტორის გრავნილების იზოლაციითაა ლიმიტირებული, ეინაიდან სითბოს ზემოქმედებით უარესდება მათი ელექტროსაიზოლაციო თვისებები და მცირდება მექანიკური სიმტკიცე და ელასტურობა. იზოლაცია შრება, იფხენება და თავის ფუნქციას კარგავს.

იმისათვის, რომ გენერატორების ტემპერატურა მათი მუშაობის დროს დასაშვებ ფარგლებში დარჩეს, საჭიროა მისი ელემენტებიდან სითბოს უწყვეტი ინტენსიური ართმევა, რაც გენერატორის გაცივების სისტემით ხორციელდება. გენერატორების გამაცივებელ საშუალებად გამოიყენება აირები (ჰაერი, წყალბადი) და სითხე (წყალი, ზეთი), რომელსაც სხვადასხვა სითბოსამართმევი უნარი გააჩნია.

ტურბოგენერატორები სპაერო, წყალბადის, წყალბად-თხევადური ან სუფთა თხევადური გაცივებით მზადდება. პიდროგენერატორებს სპაერო-თხევადური გაცივების სისტემა გააჩნია.

§5-2. ძალური ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები

ელექტრულ სადგურებზე გამოიშუშებული ელექტროენერგია მომხმარებლებთან მიწოდებაში ამაღლებულ და დამადაბლებელ ტრანსფორმატორებზე მრავალჯერ ტრანსფორმაციას განიცდის. აღნიშნული ტრანსფორმატორების დანიშნულებაა მომხმარებლების საიმედო კვება და კავშირის განხორციელება ენერგოსისტემასთან.

იმის გამო, რომ ენერგოსისტემაში ადგილი აქვს ძაბვის ტრანსფორმაციის რამდენიმე საფეხურს, რაც სიმძლავრისა და ენერგიის მნიშვნელოვან დანაკარგებთანაა დაკავშირებული, ტრანსფორმატორების რაოდენობა და მათი ჯამური სიმძლავრე რამდენჯერმე აღემატება სისტემის გენერატორების რაოდენობასა და ჯამურ დადგმულ სიმძლავრეს. დღევანდელ პირობებში გენერატორული სიმძლავრის თითოეულ დადგმულ კილოვატზე 7-8 კილოვოლტამპერი (კვა) სატრანსფორმატორო სიმძლავრე მოდის. მიუხედავად ტრანსფორმატორების შედარებით მაღალი მ.კ.პ.-ისა, მათში ენერგიის ყოველწლიური დანაკარგების ღირებულება ძალზე დიდია, რის გამოც არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება სისტემის ტრანსფორმაციის საფეხურებისა და ტრანსფორმატორების დადგმული სიმძლავრეების შემცირებას, რაც მათი მუშაობის ეფექტურობასა და ეკონომიკურობას უზრუნველყოფს.

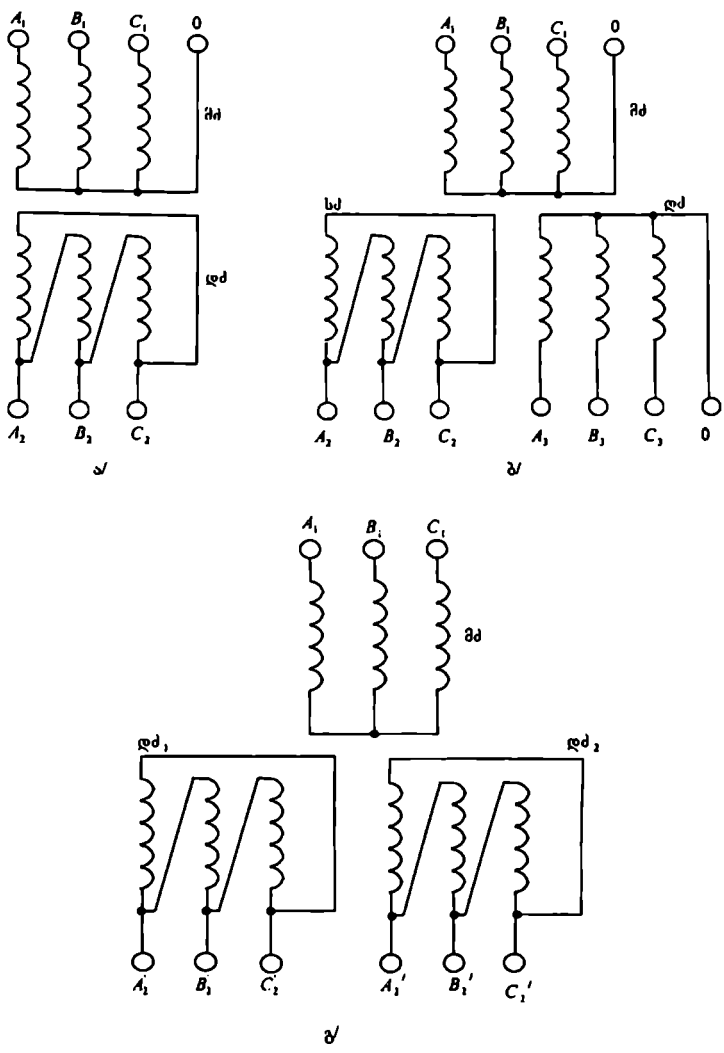
ტრანსფორმატორები სამუშაო და ერთფაზა შესრულებით ორ ან სამგრადნილიანი სქემით მზადდება. განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება სამუშაო ტრანსფორმატორები, რომელთა ეკონომიკური მაჩვენებლები გაცილებით მაღალია ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფთან შედარებით. ეგრძოდ, დანაკარგები სამუშაო ტრანსფორმატორში 12-15%-ით, ხოლო აქტიური მასალების ხარჯი და ღირებულება 25%-ით ნაკლებია იმავე ჯამური სიმძლავრის ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფთან შედარებით.

ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფისაგან შედგენილი სამუშაო ტრანსფორმატორები 500 კვ და უფრო მაღალი ძაბვის სისტემაში გამოიყენება სატრანსპორტო მასისა და გაბარიტების დანაწილებისა და შემცირების მიზნით.

ტრანსფორმატორების ერთეული ძაბვები და სიმძლავრეები განუწყვეტილად იზრდება. გამოშვებულია და 800 მეტ სიმძლავრის ბლოკში მუშაობს 1000 მევა სიმძლავრის ტრანსფორმატორები. მიმდინარეობს სამუშაოები უფრო მეტი სიმძლავრის ტრანსფორმატორების დასამზადებლად. 500 კვ ძაბვის ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფის მაქსიმალური სიმძლავრე 1600 მევა-ს აღწევს, ხოლო 750 კვ ძაბვის ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფის სიმძლავრე - 1250 მევა-ს. მზადდება ტრანსფორმატორები 1150 კვ ძაბვაზე.

ელექტროსადგურებზე დადგმული ტრანსფორმატორების რაოდენობა შედარებით მცირეა, მაგრამ ისინი არსებით გააუღნას ახდენს სისტემის მუშაობაზე.

თითოეულ ფაზაზე სხვადასხვა ძაბვის გრადნილების რიცხვის მიხედვით ტრანსფორმატორები ორ და სამგრადნილიან ტრანსფორმატორებად იყოფა (ნახ. 5-1 აბ). სამგრადნილიანი ტრანსფორმატორები იმ შემთხვევებში გამოიყენება, როცა ელექტროსადგურებზე კვება და სიმძლავრეების გადაცემა ორ ძაბვაზე ხდება - საშუალო (სმ) და მაღალ (მმ) ძაბვაზე. ორი ორფაზა ტრანსფორმატორის ნაცვლად ერთი სამუშაო ტრანსფორმატორის დადგმა ამცირებს ფართობს, მასალებსა და კაპიტალდაზღვევებს, აგრეთვე დანაკარგებს ექსპლუატაციის დროს. ორი ორგრადნილიანი ტრანსფორმატორი მსოლოდ იმ შემთხვევაში იდგმება, როცა მეორეულ ძაბვაზე პერსპექტივაში დატვირთვების განვითარება და გაზრდა არაა მოსალოდნელი.



ნახ. 5-1. ტრანსფორმატორების პრინციპული სქემები.
 ა/ ორგრაგნილიანი; ბ/ სამგრაგნილიანი; გ/. დაბალი ძაბვის
 გახლენილი გრაგნილებით.

გარდა ამისა, სამფაზა ტრანსფორმატორის ერთი და იმავე ძაბვის გრაგნილი, კერძოდ დაბალი ძაბვის (დმ) გრაგნილი შეიძლება ჩამიწებულ ნაწილებსაგან იზოლირებული ორი და მეტი შტოსაგან შედგებოდეს. ასეთ ტრანსფორმატორებს გახლენილგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები ეწოდება (ნახ. 5-1 გ). დაბალი ძაბვის თითოეული გრაგნილის სიმძლავრე ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრის ნაწილს შეადგენს. კერძოდ, ორი შტოს შემთხვევაში - ნომინალური სიმძლავრის მესამედს. გახლენილი გრაგნილის თითოეულ შტოს საკუთარი გამომყვანები გააჩნია. გრაგნილის შტოებს შორის დასაშვებია დატვირთვების ნებისმიერი პროპორციით განაწილება, კერძოდ, ორი შტოს შემთხვევაში შესაძლებელია ერთი შტოს სრულად დატვირთვა მეორის ამორთვის პირობებში ან - გრაგნილის ორივე შტოს თანაბარი დატვირთვა.

დაბალი ძაბვის გახლენილგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის ღირსებას შტოებს შორის მოკლედ შერთვის (მშ) დიდი წინაღობის არსებობა წარმოადგენს, რაც მშ-ის დენების შემცირების საშუალებას იძლევა.

დაბალი ძაბვის გახლენილგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები საშუალებას იძლევა ერთ ამამაძლებელ ტრანსფორმატორზე მიერთებულ იქნეს სადგურის რამდენიმე გენერატორი. ასეთი გამსხვილებული ბლოკები მნიშვნელოვნად ამარტივებს 330-500 კვ ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობის (მმ) ელექტრულ სქემებს.

ტრანსფორმატორის ნომინალური ძაბვა და დენი ($U_{ნომ}$, $I_{ნომ}$); მშ-ის ძაბვა ($U_{მშ}$); უქმი სელის დენი ($I_{უს}$); სიმძლავრის უქმი სელისა ($\Delta P_{უს}$) და მშ-ის ($\Delta P_{მშ}$) დანაკარგები.

ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრე ეწოდება საქარხნო პასპორტში ნაჩვენებ სრულ სიმძლავრეს, რომლითაც უწყვეტად შეიძლება იქნეს დატვირთული ტრანსფორმატორი დადგმის ადგილისა და გაცივების სისტემის ნორმალურ პირობებში ნორმალური სისხირისა და ძაბვის დროს.

ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრე - ესაა მისი თითოეული გრაგნილის სიმძლავრე. სამფაზა ტრანსფორმატორები შეიძლება შესრულებულ იქნეს როგორც თანაბარი, ასევე განსხვავებული სიმძლავრის გრაგნილებით. უკანასკნელ შემთხვევაში ნომინალურ სიმძლავრედ მიღებულია იმ გრაგნილის სიმძლავრე, რომელიც უდიდესია სხვა გრაგნილების სიმძლავრებთან შედარებით.

სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის სრული სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით:

$$S = \sqrt{3}U_{\text{მშ}}I_{\text{მშ}} = \sqrt{3}U_{\text{უს}}I_{\text{უს}}, \text{ მვა.} \quad (5-7)$$

ტრანსფორმატორის გრაგნილების ნომინალური ძაბვა - ესაა პირველადი და მეორეული გრაგნილების ძაბვა ტრანსფორმატორის უქმი სელის პირობებში. სამფაზა ტრანსფორმატორებისათვის ესაა მისი ხაზური (ფაზათაშორისი) ძაბვა. ერთფაზა ტრანსფორმატორებისათვის, რომელიც ტრანსფორმატორების სამფაზა ჯგუფშია ჩართული, ნომინალური ძაბვა $U/\sqrt{3}$ -ის ტოლია. ტრანსფორმატორის დატვირთვის ქვეშ მუშაობისა და მისი პირველადი გრაგნილის გამომყვანებზე ნომინალური ძაბვის მიყვანის შემთხვევაში მეორეული გრაგნილის ძაბვა ნომინალურზე ნაკლებია ძაბვის დანაკარგების სიდიდით ტრანსფორმატორში. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი (η), რომელიც მაღალი და დაბალი ძაბვების გრაგნილების ნომინალური ძაბვების ფარდობას წარმოადგენს, გამოითვლება ფორმულით:

$$n = \frac{U_{\text{ნომ.შ.}}}{U_{\text{ნომ.დ.}}} \quad (5-8)$$

სამგრაგნილიან ტრანსფორმატორში ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი გრაგნილების თითოეული წყვილისათვის განისაზღვრება: მძ და სძ; მძ და ღძ; სძ და ღძ;

ტრანსფორმატორის ნომინალური დენები ეწოდება საქარხნო პასპორტში ნაჩვენებ გრაგნილების დენებს, რომლის დროს დასაშვებია ტრანსფორმატორის ხანგრძლივი ნორმალური მუშაობა.

ტრანსფორმატორის ნებისმიერი გრაგნილის ნომინალური დენი განისაზღვრება მისი ნომინალური სიმძლავრის ფარდობით ნომინალურ ძაბვასთან.

მოკლედ შერთვის ძაბვა (U_{Σ}) განსაზღვრავს ძაბვის ვარდნას ტრანსფორმატორში და ტრანსფორმატორის გრაგნილების სრულ წინაღობას ახასიათებს.

სამგრაგნილიან ტრანსფორმატორში მშ-ის ძაბვა განისაზღვრება მისი გრაგნილების ნებისმიერი წყვილისათვის გახსნილი მესამეული გრაგნილის შემთხვევაში, რაც იმას ნიშნავს, რომ სამგრაგნილიან ტრანსფორმატორს U_{Σ} -ის სამი მნიშვნელობა გააჩნია.

ყველა ტრანსფორმატორისათვის მშ-ის ძაბვა ნომინალურიდან %-ებში, ტოლია:

$$U_{\Sigma} = \sqrt{U_{\Delta}^2 + U_{\kappa}^2} \quad (5-9)$$

სადაც U_{Δ} - მშ-ის ძაბვის აქტიური შემდგენია, რომელიც ტრანსფორმატორის აქტიურ წინაღობაზე და მოკიდებული; U_{κ} - მშ-ის ძაბვის რეაქტიული შემდგენია, რომელიც ტრანსფორმატორის რეაქტიულ (ინდუქტიურ) წინაღობაზე დამოკიდებული.

რამდენადაც გრაგნილების ინდუქტიური წინაღობა მნიშვნელოვნად აღემატება აქტიურს (მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებში 2-3-ჯერ, ხოლო მძლავრ ტრანსფორმატორებში -15-20-ჯერ), U_{Σ} ძირითადად რეაქტიულ წინაღობაზე დამოკიდებული. U_{Σ} სიდიდე სახელმწიფო სტანდარტებით რეგლამენტირდება ტრანსფორმატორის სიმძლავრისა და მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვის მიხედვით. რაც შეტია ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვა და სიმძლავრე, მით შეტია U_{Σ} . ასე, მაგალითად, თუ 630 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვა 10კე-ია, $U_{\Sigma}=5,5\%$ -ს; თუ მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვა 35 კე-ია, $U_{\Sigma}=6,5\%$ -ს; 80000 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორისათვის, რომლის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვა 110 კე-ია, $U_{\Sigma}=10,5\%$ -ს.

მოკლედ შერთვის ძაბვის გაზრდით შეიძლება მშ-ის დენების შემცირება ტრანსფორმატორის მეორეულ მხარეზე, მაგრამ ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად იზრდება მოხმარებული რეაქტიული სიმძლავრე და ტრანსფორმატორის ღირებულება. თუ 25 მვა სიმძლავრისა და 110 კე ძაბვის ტრანსფორმატორს ისეთნაირად დავამზადებთ, რომ U_{Σ} 10%-ის ნაცვლად 20% იქნება, მისი საანგარიშო დანახარჯები 15,7%-ით, ხოლო რეაქტიული სიმძლავრე ორჯერ (2,5 მვარ-იდან 5,0 მვარ-მდე) გაიზრდება.

უქმი სვლის დენი (i_{Σ}) ტრანსფორმატორის ფოლადში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებს ახასიათებს და ფოლადის მაგნიტურ თვისებებზე, კონსტრუქციასა და მაგნიტურ ინდუქციასზე დამოკიდებული. უქმი სვლის დენი განისაზღვრება %-ებში ტრანსფორმატორის ნომინალური

დენის მიხედვით. თანამედროვე ტრანსფორმატორებში, რომელიც ცივადნა-
გლინი ფოლადისაგანაა დაშვადებული, უქმი სელის დენს მცირე მნიშ-
ვნელობა აქვს.

სიმძლავრის უქმი სელისა (ΔP_{Σ}) და მშ-ის ($\Delta P_{\text{მშ}}$) დანაკარგები
ტრანსფორმატორის მუშაობის ეკონომიკურობას განსაზღვრავს. სიმძლავრის
უქმი სელის დანაკარგები შედგება დანაკარგებისაგან ფოლადში, რომელიც
გადამაგნიტებისა და გრიგალურ დენებზე მოდის.

მშ-ის დანაკარგები შედგება დანაკარგებისაგან გრაგნილებში მათში
დატვირთვის დენების გაელის დროს და დამატებითი დანაკარგებისაგან
ტრანსფორმატორის გრაგნილებსა და კონსტრუქციებში.

თანამედროვე ტრანსფორმატორებში სიმძლავრის აღნიშნული
დანაკარგები მნიშვნელოვნადაა შემცირებული. ეკრძოდ, 250000 კვა
სიმძლავრის ტრანსფორმატორში, რომლის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვა
110 კე-ია, $\Delta P_{\Sigma} = 200$ კვტ, ხოლო $\Delta P_{\text{მშ}} = 790$ კვტ-ს. აღნიშნული
ტრანსფორმატორის მთელი წლის განმავლობაში მუშაობის შემთხვევაში
($T_{\Sigma} = 6300$ საათს), ელექტროენერჯიის დანაკარგები ტრანსფორმატორის მიერ
გატარებული ენერჯიის 0,43%-ს შეადგენს. რაც ნაკლებია ტრანსფორმატორის
სიმძლავრე, მით მეტია მასში სიმძლავრის ფარდობითი დანაკარგები.

იძის გამო, რომ ენერჯოსიტეებში დიდი რაოდენობის მცირე და
საშუალო სიმძლავრის ტრანსფორმატორები მუშაობს, მათში სიმძლავრისა და
ენერჯიის ჯამური დანაკარგები ძალზე მნიშვნელოვანი გამოდის.

ენერჯიის დანაკარგები, რომელსაც ადგილი აქვს ტრანსფორ-
მატორების მუშაობის დროს, მისი გრაგნილების სპილენძსა და ფოლადის
მაგნიტოგამტარში სითბოდ გარდაიქმნება და დენგამტარი ნაწილების
გადამეტხურებას იწვევს. ისევე, როგორც გენერატორებში, ტრანსფორმატო-
რების ზღერული გადამეტხურება იზოლაციითაა შეზღუდული, რომლის
სამსახურის ვადები გადამეტხურების ტემპერატურასა და დამოკიდებული.
ყოველივე ამის გამო წარმოიშვება ტრანსფორმატორის გაცივების პრობლემა
მისი ტემპერატურის დასაშვებ ფარგლებში და იზოლაციის თბური ცვეთის
დადგენილი ხანგრძლივობის შესანარჩუნებლად. გენერატორებისაგან განსხვა-
ვებით ტრანსფორმატორებს არა აქვს მბრუნავი ნაწილები, რის გამოც მისი
გაცივების სისტემები განსხვავდება გენერატორის გაცივების სისტემებისაგან.

ტრანსფორმატორებში მხოლოდ ზედაპირული გაცივების სისტემები
გამოიყენება, ამასთან, გაცივების საშუალებას ზეთი ან პაერი წარმოადგენს.

ბუნებრივი საპაერო გაცივება, რომლის საშუალებით გადამეტ-
ხურებული მაგნიტოგამტარისა და გრაგნილების სითბო გარემოს კონვექციისა
და გამოსხივების გზით გადაეცემა, ნაკლებად ეფექტურია და იშვიათად
გამოიყენება. ასეთი მშრალი ტრანსფორმატორების სიმძლავრე 1600 კე-ს არ
აღმატება 15 კვ ძაბვის ქსელში მუშაობის პირობებში. აღნიშნულ ტრან-
სფორმატორებს დიდი გამართბები გააჩნიათ და იშვიათად გამოიყენება.

საშუალო და დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორების გაცივება,
როგორც წესი, ზეთის საშუალებით ხდება, რომელიც ამავე დროს
საიზოლაციო საშუალების ფუნქციას ასრულებს. ტრანსფორმატორის
ამოსაღები ნაწილი თავსდება ზეთით სავსე სპეციალური კონსტრუქციის
ავზში. მუშაობის პროცესში გრაგნილებსა და მაგნიტოგამტარში
გამოყოფილი სითბოს გაეული ზეთი ხურდება და იწვევს ზემოდ, ავზის
სახურავისაკენ. გაცხელებული ზეთის ნაცვლად ავზის კედლებსა და
რადიატორებში შემოდის ზეთის ახალი მოცულობა, რათა ტრანსფორმატორის
გახურებული ელემენტებისაგან მიიღოს სითბოს ახალი მასა. გახურებული
ზეთი, იწვევს ავზის სახურავამდე, კეტავს ცირკულაციის კონტურს, ეშვება
ქვემოთ და თავის სითბოს გადასცემს ავზის კედლებს, რომელსაც კონტაქტი
აქვს არმოსფეროსთან.

ძალური ტრანსფორმატორების მუშაობა დატვირთვისუნარიანობით ხასიათდება, რაც დასაშვები დატვირთვებისა და გადატვირთვების ერთობლიობას წარმოადგენს.

ტრანსფორმატორის დასაშვები დატვირთვა - ესაა დროში შეუზღუდავი ხანგრძლივი დატვირთვა, რომლის დროსაც გრაგნილების გახურებით გამოწვეული იზოლაციის თბური ცვეთა მუშაობის ნორმალური რეჟიმის შესაბამისი იზოლაციის ცვეთას არ აღემატება.

ტრანსფორმატორის გადატვირთვა წარმოადგენს მუშაობის რეჟიმს, რომელიც მისი დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის თბურ ცვეთას აჩქარებს. ასეთი რეჟიმი იმ შემთხვევაში აღიქმება, როცა მოცემული ტრანსფორმატორის დატვირთვა მის ნომინალურ სიმძლავრეს გადააჭარბებს ან გარემოს გამაცივებელი ტემპერატურა საანგარიშოდ მიღებულ $+20^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტი აღმოჩნდება.

ტრანსფორმატორის გადატვირთვები შეიძლება იყოს ავარიული ან სისტემური.

ავარიულ გადატვირთვებს ადგილი აქვს ავარიულ შემთხვევებში, მაგ. პარალელურად მომუშავე ერთ-ერთი ტრანსფორმატორის მწყობრიდან გამოსვლის დროს, როცა მუშაობაში დარჩენილმა ტრანსფორმატორმა უნდა აიღოს გაზრდილი დატვირთვა. ტრანსფორმატორის დასაშვები გადატვირთვა ტემპერატურის მიხედვით გრაგნილებისა ($+140^{\circ}\text{C}$) და ზეთის ($+115^{\circ}\text{C}$) მაქსიმალურად დასაშვები ტემპერატურის მიხედვით განისაზღვრება. რაც შეეხება დენის მიხედვით ტრანსფორმატორის გადატვირთვას, სახელმწიფო სტანდარტებით დასაშვებია ხანმოკლე ავარიული გადატვირთვა ნომინალური დენის მიხედვით ნაჩვენებ საზღვრებში:

ზ ე თ ი ა ნ ი ტ რ ა ნ ს ფ ო რ მ ა ტ ო რ ე ბ ი :					
გადატვირთვა დენის მიხედვით, %	30	45	69	75	100
გადატვირთვის ხანგრძლივობა, წთ	120	80	45	20	10
მ შ რ ა ლ ი ტ რ ა ნ ს ფ ო რ მ ა ტ ო რ ე ბ ი :					
გადატვირთვა დენის მიხედვით, %	20	30	40	50	60
გადატვირთვის ხანგრძლივობა, წთ	60	45	32	18	5

ტრანსფორმატორის სისტემური გადატვირთვები შესაძლებელია გამოწვეული იყოს დატვირთვის არათანაბრობით დღეღამის განმავლობაში.

ნახ. 5-2 მოცემულია ტრანსფორმატორის დღეღამური დატვირთვის გრაფიკი. გრაფიკიდან ჩანს, რომ ღამის, დილისა და დღის საათებში ტრანსფორმატორი დაუტვირთავია, ხოლო საღამოს მაქსიმუმის დროს (18-დან 22 სთ-მდე) - გადატვირთული. დაუტვირთავობის დროს იზოლაციის თბური ცვეთა მცირეა, გადატვირთვების დროს იგი მკვეთრად იზრდება.

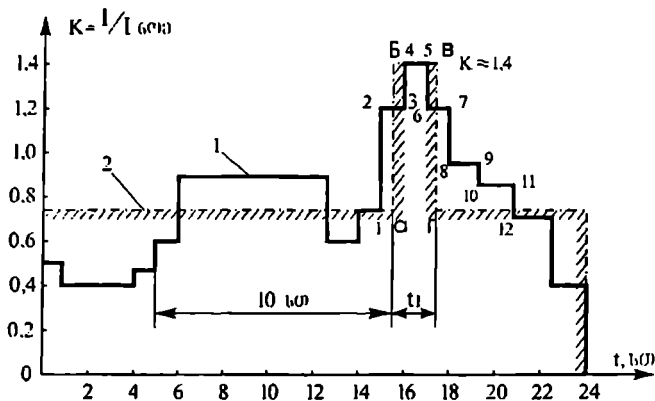
ტრანსფორმატორის დასაშვები გადატვირთვა იმ პირობით განისაზღვრება, რომლის მიხედვით იზოლაციის თბური ცვეთა მაქსიმალური დატვირთვისა, და, უკმატოვებელი ტრანსფორმატორის დაუტვირთავობის დროს ისეთივე იქნება, როგორც მისი მუდმივი ნომინალური დატვირთვის დროს, როცა გრაგნილის ყველაზე გახურებული ნაწილის ტემპერატურა $+98^{\circ}\text{C}$ -ს არ აღემატება.

ტრანსფორმატორის დასაშვები სისტემური გადატვირთვის კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$K_2 = \frac{I_{\text{მაქს}}}{I_{\text{ნომ}}} \quad (5-11)$$

სადაც $I_{\text{მაქს}}$ - დატვირთვის ექვივალენტური მაქსიმუმია დატვირთვის მაქსიმუმის პერიოდში, როცა $I > I_{\text{ნომ}}$.

დასაშვები სისტემური გადატვირთვა ტრანსფორმატორის საწყის დატვირთვაზე, გადატვირთვის ხანგრძლივობაზე, გადატვირთვის სიმძლავრესა და გაცივების სისტემაზე, აგრეთვე გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული.



ნახ. 5-2. ტრანსფორმატორის ექვივალენტური დატვირთვის გრაფიკი.
 1 - ფაქტიური დატვირთვის გრაფიკი; 2 - ექვივალენტური დატვირთვის გრაფიკი;
 t_1 - გადატვირთვის ხანგრძლივობა, სთ; K - გადატვირთვის კოეფიციენტი;
 (1-12) ფართობი (მწმრ) ფართობის ტოლია.

ტრანსფორმატორის ნორმალური მუშაობისათვის საჭიროა ქვესაღურის შემკრებ სალტებზე ძაბვის განსაზღვრულ დონეზე დაკავება. ელექტრულ ქსელში გათვალისწინებულია ძაბვის რეგულაციის სხვადასხვა მეთოდი, რომელთაგან ერთ-ერთ ძირითადს ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის ცვლილება წარმოადგენს.

ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება, როგორც პირველადი გრაგნილის ძაბვის ფარდობა მეორეული გრაგნილის ძაბვასთან:

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (5-12)$$

სადაც ω_1 , ω_2 - შესაბამისად ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორეული გრაგნილების ხეიათა რიცხვია.

(5-12)-დან

$$U_2 = U_1 \omega_2 / \omega_1 \quad (5-12a)$$

ტრანსფორმატორის გრაგნილები დამატებითი განშტოებებით სრულდება, რომელთა საშუალებით შეიძლება მივიღოთ ტრანსფორმაციის სხვადასხვა კოეფიციენტი. ძაბვის რეგულაციისათვის აღნიშნული განშტოებების გადართვა და ძაბვის რეგულაცია შეიძლება მოეახდინოთ აგზნების გარეშე (გაგ), ე.ი. ქსელიდან ყველა გრაგნილის ამორთვის შემდეგ ან დატვირთვის ქვეშ (რდქ).

გაგ-ის მოწყობილობა საშუალებას იძლევა ძაბვის რეგულაცია მოეახდინოთ $\pm 5\%$ -ის ფარგლებში, რისთვისაც მცირე სიმძლავრის ტრანსფორმატორებს ძირითადი გამომყვანის გარდა მაღალი ძაბვის გრაგნილიდან ორი განშტოება გააჩნია (+5% და -5%). თუ ტრანსფორმატორი ძირითად გამომყვანზე მუშაობს და საჭიროა მეორეული გრაგნილის U_2 ძაბვის გაზრდა, ამორთავენ ტრანსფორმატორს და გადართვას -5%-ის

განწილებაზე ატარებენ, რითაც პირველადი გრაგნილის Δ , ხეიათა რიცხვს ამცირებენ.

საშუალო და დიდი სიმძლავრის ტრანსფორმატორებზე გათვალისწინებულია ოთხი განშტოება ($\pm 2 \times \pm 2,5\%$), რომელთა გადართვა თითოეულ ფაზაზე ცალცალკე დამონტაჟებული დოლისებრი ტიპის სპეციალური გადართვლებით ხდება, რომლის სახელურის ამძრავი ტრანსფორმატორის სახურაზეა გამოტანილი.

გაგ-ის მოწყობილობა არ იძლევა ძაბვის რეგულაციის საშუალებას დღეღამის განმავლობაში, ვინაიდან ეს პროცესი გადართვების ჩასატარებლად ტრანსფორმატორის ხშირ ამორთვის მოითხოვს, რაც ექსპლუატაციის მოთხოვნებით არაა რეკომენდებული. გაგ-ის მოწყობილობა, როგორც წესი, ძაბვის სეზონური რეგულაციისათვის გამოიყენება.

ძაბვის რეგულაცია დატვირთვის ქვეშ (რდქ) საშუალებას იძლევა ტრანსფორმატორის გრაგნილის განშტოებათა გადართვა წრედის გაწვევტის გარეშე მოხდეს. რდქ-ს მოწყობილობა ითვალისწინებს ძაბვის სხვადასხვა სახედრებში რეგულაციას, რაც ტრანსფორმატორის სიმძლავრესა და ძაბვაზე დამოკიდებული (საფეხურებად $\pm 10\%$ -დან $\pm 16\%$ -მდე).

მძლავრ ტრანსფორმატორებსა და ავტოტრანსფორმატორებზე დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციისათვის გამოიყენება აგრეთვე მიმდევრობით სარეგულაციო ტრანსფორმატორები, რომელთა მოწყობილობა დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობასთან შედარებით მნიშვნელოვნადაა გართულებული, რის გამოც ისინი ძვირადღირებული გამოდის და იშვიათად გამოიყენება.

თანამედროვე მძლავრ ელექტროსადგურებზე ორი მაღალი ძაბვის გრაგნილის ურთიერთკავშირისთვის ხშირად გამოიყენება ავტოტრანსფორმატორები, რომელთაც ჩვეულებრივ ტრანსფორმატორებთან შედარებით არსებითი ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობები გააჩნია.

ავტოტრანსფორმატორმა ავტოტრანსფორმატორს, რომლის ორი გრაგნილი ერთმანეთთან ელექტრულადაა დაკავშირებული. ენერგოსისტემებში ფართო გამოყენება ჰპოვა სამგრაგნილიანმა ავტოტრანსფორმატორებმა სამფაზა ან ერთფაზა ავტოტრანსფორმატორების ჯგუფის შესრულებით.

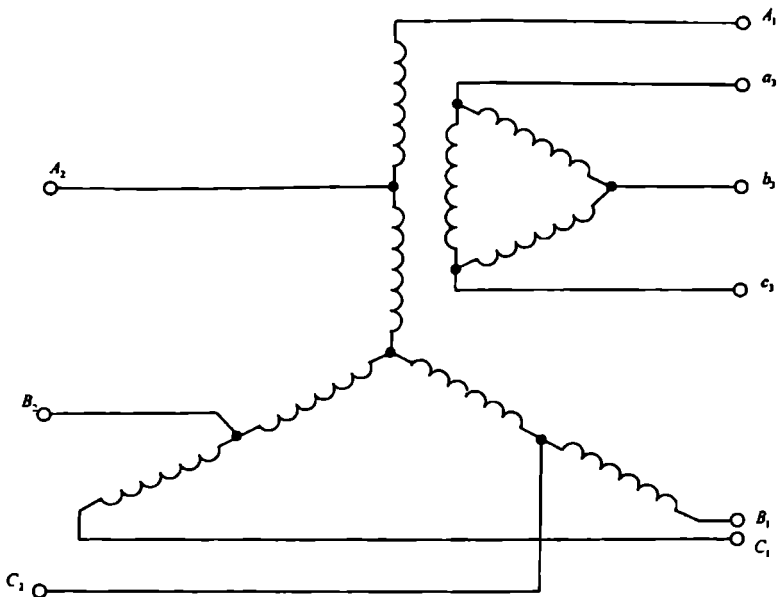
ტრანსფორმატორებისაგან განსხვავებით, რომელშიც მთელი სიმძლავრე პირველადი გრაგნილიდან ელექტრომაგნიტური ველის საშუალებით მეორეულ გრაგნილში გადაეცემა, ავტოტრანსფორმატორებში სიმძლავრის ნაწილი მეორეულ გრაგნილს გადაეცემა უშუალოდ - ტრანსფორმაციის გარეშე კონტაქტური კავშირით მიმდევრობით და სავსე გრაგნილებს შორის.

ავტოტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრე ეწოდება სრულ სიმძლავრეს, რომელიც ავტოტრანსფორმატორის საშუალებით პირველადი გრაგნილიდან გადაეცემა მეორეულ გრაგნილს. აღნიშნული სიმძლავრე, რომელსაც „გამავალ სიმძლავრეს“ უწოდებენ, შედგება პირველადი გრაგნილიდან მეორეულში ელექტრული კავშირით გადაცემული სიმძლავრისაგან ძაბვის ტრანსფორმაციის გარეშე -

$S_{\text{გლ}} = U_{\text{სა}} I_{\text{სა}}$ და ე.წ. ტრანსფორმატორული სიმძლავრისაგან $S_{\text{ტრ}} = (U_{\text{გა}} - U_{\text{სა}}) \cdot I_{\text{გა}}$, რომელიც მეორეულ გრაგნილს გადაეცემა ელექტრომაგნიტური ველის საშუალებით ჩვეულებრივი ტრანსფორმატორების ანალოგიურად:

$$S = U_{\text{გა}} I_{\text{გა}} = [(U_{\text{გა}} - U_{\text{სა}}) + U_{\text{სა}}] I_{\text{გა}} = (U_{\text{გა}} - U_{\text{სა}}) I_{\text{გა}} + U_{\text{სა}} I_{\text{გა}} \quad (5-13)$$

სამფაზა ავტოტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა ნახ. 5-3-ზეა მოცემული.



ნახ. 5-3. სამფაზა ავტოტრანსფორმატორის პრინციპული სქემა.

ტრანსფორმატორულ სიმძლავრეს (კვა) ავტოტრანსფორმატორის ნორმალურ რეჟიმში მუშაობისას ტიპური სიმძლავრე ეწოდება, ვინაიდან ავტოტრანსფორმატორის მასა და გაბარიტები ნომინალური გაზივადი სიმძლავრით $S_{გა}$ სიმძლავრის მქონე ჩვეულებრივი ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორის გაბარიტებსა და მასას შეესაბამება, რომელიც ტრანსფორმატორის N სრული სიმძლავრის მხოლოდ ნაწილს შეადგენს.

ავტოტრანსფორმატორების კონსტრუქციის თავისებურებას მაღალი და საშუალო ძაბვების გრაგნილების საერთო ნეიტრალის ყრუდ ჩამიწების აუცილებლობა მიეკუთვნება. ეს იმითაა განპირობებული, რომ თუ ეფექტურ - ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სისტემაში ჩაუმიწებული ნეიტრალის მქონე დამადაბლებელ ავტოტრანსფორმატორს ჩაერთავთ, საშუალო გრაგნილის ძაბვის ქსელში ერთი ფაზის მიწასთან შერთვის შემთხვევაში აღნიშნული ფაზის მიმდევრობით შერთებულ გრაგნილზე $(U_{გა} - U_{გა})/\sqrt{3}$ ძაბვის ნაცვლად სრული $U_{გა}/\sqrt{3}$ ძაბვა იმოქმედებს, რის გამოც საშუალო გრაგნილის გამოყვანების ძაბვა დაახლოებით $U_{გა}$ -მდე გაიზრდება, რაც დაუზიანებელი ფაზების გრაგნილების ძაბვის მკვეთრ გაზრდას იწვევს. ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი ჩაუმიწებული ნეიტრალის მქონე ამამაღლებელი ავტოტრანსფორმატორის ეფექტურ - ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სისტემაში ჩართვის შემთხვევაში.

ასეთი გადამეტძაბებრი დაუშვებელია, რის გამოც ყველა ავტოტრანსფორმატორის ნეიტრალი ყრუდაა ჩამიწებული. ასეთ შემთხვევებში

ჩამიწება ხაზოე' მაღალი და საშუალო ძაბვების მხრიდან არ იწვევს სახიფათო გადამეტძაბევებს, თუმცა აღნიშნული ძაბვების სისტემაში ერთფაზა მშ-ის დენები იზრდება.

ტრანსფორმატორებთან შედარებით აეტოტრანსფორმატორებს შემდეგი უპირატესობები გააჩნია:

- მასალების (სპილენძი, ფოლადი, საიზოლაციო მასალები) ნაკლები ხარჯი;

- ნაკლები მასა, და, სათანადოდ, ნაკლები გაბარიტები, რაც ტრანსფორმატორებთან შედარებით უფრო მეტი ნომინალური სიმძლავრეების მქონე აეტოტრანსფორმატორების შექმნის შესაძლებლობას იძლევა;

- სიმძლავრის ნაკლები დანაკარგები და უფრო მაღალი მ.კ.კ;

- გაცივების უფრო მსუბუქი პირობები.

აეტოტრანსფორმატორების მუშაობა შემდეგი ნაკლოვანებებით ხასიათდება:

- ნეიტრალის ყრუდ ჩამიწების აუცილებლობა, რაც ერთფაზა მშ-ის დენების გაზრდას იწვევს;

- ატმოსფერული გადამეტძაბევების გადასვლის საფრთხე, რაც მაღალი და საშუალო ძაბვის გრაგნილების ელექტრული კავშირითაა გამოწვეული.

აეტოტრანსფორმატორების ნაკლს მიეკუთვნება აგრეთვე მათი რელეური დაცვის სქემის შესრულებისა და ძაბვის რეგულაციის პროცესის რამდენადმე სირთულე სხედასხეა ძაბვის გრაგნილებს შორის არა მარტო ელექტრომაგნიტური, არამედ გალვანური კავშირების არსებობის გამო.

§ 5-3. ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების სქემები და ჯგუფები

ტრანსფორმატორების გრაგნილები შეერთების შემდეგი ჯგუფებით მზადდება:

- ვარსკელაი (Y);
- ვარსკელაი გამოყვანილი ნეიტრალით (Y);
- სამკუთხედი (Δ).

შეერთების ჯგუფები გრაგნილების შეერთების სქემების მარჯვნივია ნაჩვენები. ნახ. 5-1-ზე მოცემულ ტრანსფორმატორებს გრაგნილების შეერთების შემდეგი სქემები და ჯგუფები გააჩნიათ:

- Y/Δ - 11;
- Y/Y-Δ - 0 - 11;
- Y/Δ-Δ - 11 - 11.

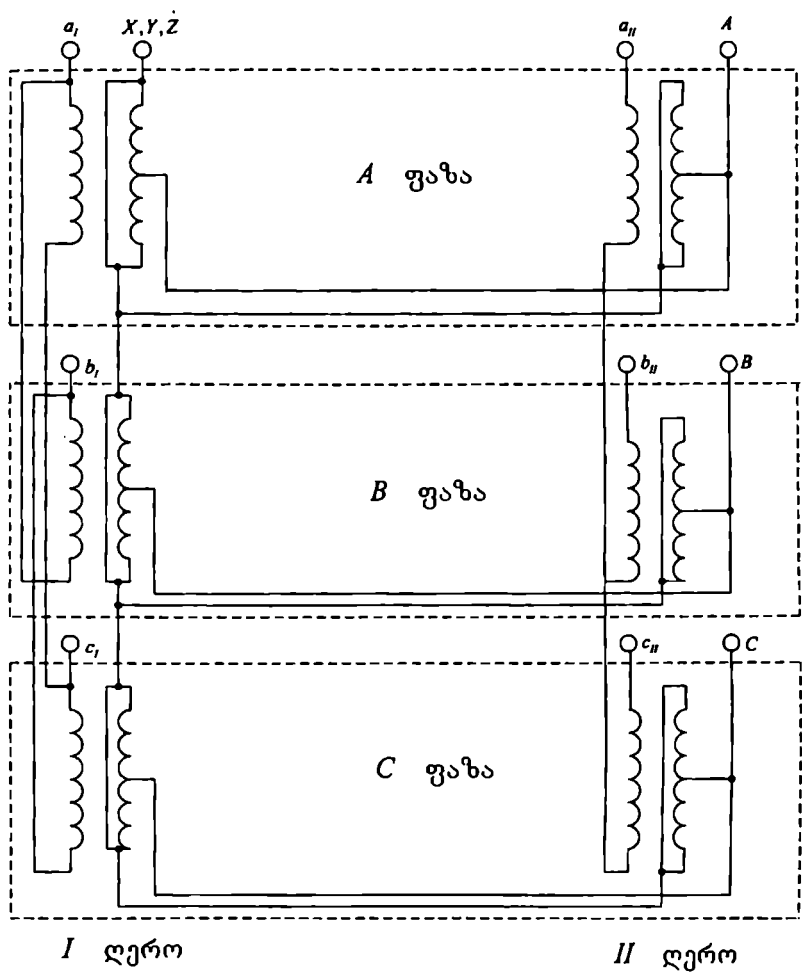
მიღებულია, რომ ფაზების ძერა პირველადი და მეორეული გრაგნილების ემძ-ებს შორის (E_1 და E_2) პირობითად შეერთების ჯგუფით გამოისახება.

სამუაზა ტრანსფორმატორში გრაგნილების შეერთების სხვადასხვა ხერხების გამოყენებით შეიძლება შეერთების თორმეტი სხვადასხვა ჯგუფი წარმოიქმნას. ამასთან, გრაგნილების ვარსკელაი - ვარსკელაეთან შეერთების სქემების შემთხვევაში შეიძლება ნებისმიერი ლუწი ჯგუფი მივიღოთ: 2; 4; 6; 8; 10; 0, ხოლო ვარსკელაი - სამკუთხედთან ან სამკუთხედი - ვარსკელაეთან შეერთების სქემების შემთხვევაში - ნებისმიერი კენტი ჯგუფი: 1; 3; 5; 7; 9; 11.

მაღალი ძაბვის (მძ) გრაგნილის ვარსკელაის სქემით შეერთება საშუალებას იძლევა გრაგნილის შიდა იზოლაცია ფაზური ემძ-ის მიხედვით შესრულდეს, რაც $\sqrt{3}$ -ჯერ ნაკლებია ხაზურ ემძ-თან შედარებით. დაბალი ძაბვის (დძ) გრაგნილები ძირითადად სამკუთხედის სქემითაა შეერთებული, რაც გრაგნილის კვეთების შემცირების საშუალებას იძლევა, ვინაიდან იგი ფაზურ დენზე ($I/\sqrt{3}$) უნდა იქნეს გათვლილი. გარდა ამისა, ტრანსფორმატორის გრაგნილების სამკუთხედის სქემით შეერთების შემთხვევაში მაღალი რიგის პარაზონიკებისათვის იქმნება ჩაკეტილი კონტური, რომელიც არ გამოდის გარე ქსელში, რის შედეგადაც უმჯობესდება ძაბვების სიმეტრია დატვირთვაზე.

ზემძლავრი გენერატორები კონსტრუქციულად სტატორის ორი სამუაზა გრაგნილით სრულდება, რომელთა ემძ 30°-თაა დაძრული. ასეთ გენერატორებთან ბლოკში მუშაობისათვის მზადდება მძლავრი ერთფაზა ტრანსფორმატორები დაბალი და მაღალი ძაბვების ორ-ორი გრაგნილით. სამუაზა ჯგუფში გენერატორის სტატორის გრაგნილის ემძ-ის ძერის საკომპენსაციოდ დაბალი ძაბვის ერთი გრაგნილი სამკუთხედის, ხოლო მეორე - ვარსკელაის სქემით სრულდება.

ნახ. 5-4-ზე მოცემულია OPL-53300/500 ტიპის ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფის გრაგნილების სქემა, რომელიც 1200 მეტ სიმძლავრის ბლოკისათვისაა განკუთვნილი.



ნახ. 5.4. ერთფაზა ტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების სქემა, რომელიც ექვსფაზა(ორი სამფაზა) გენერატორიდან იკვებება.

ტრანსფორმატორის თითოეული ფაზა ორღეროვანი
მაგნიტოგამტართაა შესრულებული, რომლის ღეროებზე გრაგნილების
შეერთების შემდეგი ჯგუფებია განლაგებული:

- პირველ ღეროზე - $\Delta/\Upsilon-0$;

- მეორე ღეროზე - $\Upsilon/\Upsilon-0$.

გრაგნილების გამოყვანილი ნეიტრალის მქონე ეარსკვლავის სქემით
შეერთება იმ შემთხვევაში გამოიყენება, როცა გრაგნილის ნეიტრალი
ჩამიწებულია. მაღალი ძაბვის გრაგნილების ნეიტრალის ეფექტური ჩამიწება
აუცილებელია 330 კე და უფრო მაღალი ძაბვის ტრანსფორმატორებისა და
ყველა ძაბვის ავტოტრანსფორმატორებისათვის. 110, 150 და 220 კე ძაბვის
სისტემები ასევე ეფექტურ - ჩამიწებული ნეიტრალით მუშაობენ, თუმცა
ერთფაზა მშ-ის დენების შემცირების მიზნით ტრანსფორმატორების ნაწილი
შეიძლება განმიწებული იქნეს. იმის გამო, რომ ნულოვანი გამომყვანების
იზოლაცია არაა გაანგარიშებული სრულ ძაბვაზე, ნეიტრალის განმიწების
რეჟიმში აუცილებელია შესაძლო გადამეტაბების შემცირება
ტრანსფორმატორის ნულოვან წერტილში ვენტილური განმმუხტეულების
მიერთების გზით. ნეიტრალის ჩამიწება საჭიროა აგრეთვე იმ
ტრანსფორმატორების მეორეული ძაბვის გრაგნილებზე, რომელიც 380/220 და
220/127 ვ ძაბვის ოთხსადენიან ქსელს ევებაეს. 10-35 კე ძაბვის შემთხვევაში
ტვეადური დენების კომპენსაციის მიზნით ტრანსფორმატორის გრაგნილების
ნეიტრალი არ მიწდება, ან მიწდება რკალჩამქრობი კოჭას გავლით.

§5-4. ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა

ორი ან რამდენიმე ტრანსფორმატორის პარალელური მუშაობის შემთხვევაში შესრულებული უნდა იქნეს შემდეგი პირობები:

1. ტრანსფორმატორის მაღალი და დაბალი ძაბვების გრაფიკების ძაბვები ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს. ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების სხვაობა დასაშვებია არაუმეტეს 0,5%-ისა;
2. ტრანსფორმატორის გრაფიკების შეერთების ჯგუფები ერთიანი უნდა იყოს;
3. გრაფიკების მოკლედ შერთვის ძაბვები ($U_{გა}$) ერთმანეთის ტოლი უნდა იყოს; გადახრა $U_{გა}$ -ის საშუალო მნიშვნელობებიდან არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 10\%$ -ს;
4. ტრანსფორმატორების გრაფიკების ნომინალური სიმძლავრეების ჯერადობა სამს არ უნდა აღემატებოდეს.

ტრანსფორმატორის გრაფიკების შეერთების ჯგუფი პირველადი და მეორეული გრაფიკების ხაზური და ფაზური ძაბვების ვექტორების ძერის კუთხით განისაზღვრება, ამასთან, განმსაზღვრელს პირველადი გრაფიკის ძაბვის ვექტორული დიაგრამა წარმოადგენს.

ტრანსფორმატორებს შეიძლება გრაფიკების შეერთების შემდეგი ჯგუფები გააჩნდეთ:

ორგრაფილიან ტრანსფორმატორებს:

ლუწი ჯგუფები----- $Y/Y-0$; $\Delta/\Delta-0$.

კენტი ჯგუფები----- $\Delta/Y-11$; $Y/\Delta-11$

სამფაზა ტრანსფორმატორებსა და ავტოტრანსფორმატორებს:

ლუწი ჯგუფები----- $\Delta/\Delta/\Delta-0-0$.

კენტი ჯგუფები----- $Y/\Delta/\Delta-11-11$; $Y/Y/\Delta-0-0$ 11;

გრაფიკების შეერთების ჯგუფი ტრანსფორმატორის კორპუსზეა აღნიშნული და შემოწმებას არ საჭიროებს. სტანდარტულიდან განსხვავებული შეერთების ჯგუფები შეიძლება ერთფაზა ტრანსფორმატორების სამფაზა ჯგუფად შეერთების შედეგად იქნეს მიღებული.

გრაფიკების შეერთების სხვადასხვა ჯგუფების მქონე ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობის შემთხვევაში ადგილი აქვს ძაბვის ვექტორების ერთმანეთისაგან 30° -ით დაცილებას, რაც სათანაბრებელი დენების გადინებას იწვევს, რომელიც ტრანსფორმატორების ნომინალურ დენებს 3-5-ჯერ აღემატება. გრაფიკების შეერთების ლუწი ჯგუფების მქონე ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა შეერთების კენტი ჯგუფების მქონე ტრანსფორმატორებთან დაუშვებელია.

პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების უტოლობას სათანაბრებელი დენები იწვევს. თუ, მაგალითად, პარალელურ მუშაობაში ტრანსფორმაციის $K_{ბა}$, და $K_{ბა II}$ კოეფიციენტების

მქონე ორი ტრანსფორმატორი ირთება, მეორეული გრაგნილის მხარეზე შემდეგი ძაბვათა სხვაობა წარმოიშება:

$$\Delta u = u_{2I} - u_{2II} = u_1 (K_{ტრი} - K_{ტრიI}). \quad (5-13)$$

ამასთან, სათანაბრებელი დენი

$$I_b = \frac{\Delta u}{z_{ტრი} + z_{ტრიI}} \quad (5.13 \text{ ა})$$

სადაც $z_{ტრი}$, $z_{ტრიI}$ - ტრანსფორმატორების გრაგნილების სრული წინაღობებია, ომი.

აღნიშნული წინაღობები შეიძლება მშ-ის ცნობილი ძაბვებით განისაზღვროს

$$z_{ტრი} = \frac{\sqrt{3} I_b \cdot u_{შ}}{100 u_b} \quad (5-14)$$

სადაც I_b , u_b - ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის ნომინალური დენი და ძაბვაა.

სათანაბრებელი დენი ინდუქტიურ დენს წარმოადგენს და რიგ შემთხვევებში იგი შეიძლება ტრანსფორმატორის ნომინალურ დენზე მეტი აღმოჩნდეს, თუმცა დასაშვებია ასეთი ტრანსფორმატორების პარალელურ მუშაობაში ჩართვა ხანმოკლე დროის მანძილზე ერთი ტრანსფორმატორიდან მეორეზე დატვირთვის გადატანის პერიოდში.

მოკლედ შერთვის ძაბვების უთანაბრობა პარალელურად ჩართულ ტრანსფორმატორებს შორის დატვირთვების ისეთ განაწილებას იწვევს, რომელიც მათი ნომინალური სიმძლავრეების უკუპროპორციული იქნება. დატვირთვების განაწილების ასეთი უთანაბრობა პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორების ტრანსფორმაციის კოეფიციენტების უტოლობის დროს აღიძვრება. საექსპლუატაციო პირობების მოთხოვნის შემთხვევაში შესაძლებელია ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის შეცვლა. ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის შესაცვლელად, როგორც 53-8-შია აღნიშნული, ტრანსფორმატორის გრაგნილებზე დამატებითი განშტოებები გათვალისწინებული.

§5-5. ელექტრული აპარატების დანიშნულება. მაღალი ძაბვის ძალური და დატვირთვის ამომრთველები

ელექტროდანადგარის ელექტრული სქემა - მოწყობილობის ელემენტების შეერთების გრაფიკული გამოსახვაა პირობითი სიმბოლოების დახმარებით, სადაც რეალობის სრული შესაბამისობაა დაცული. ამასთან, სქემის შესაბამისობა მოწყობილობის სიერცულ განლაგებასთან არაა აუცილებელი. ელექტრული სქემის დანიშნულების მიხედვით მისი დეტალიზაციის ხარისხი სხვადასხვა შეიძლება იყოს. პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება სამყაზა სისტემების ცალხაზოვანი სქემები, რომელშიც სიმარტივისათვის მხოლოდ ერთი ფაზის აპარატები და სადენებია დატანილი. მზომი ტრანსფორმატორები, მართვისა და რელეური დაცვის მოწყობილობები ასეთ სქემებში, როგორც წესი, არ დაიტანება.

ელექტრული აპარატების დანიშნულება მიზანშეწონილია განხილულ იქნეს კონკრეტული ელექტრული დანადგარისათვის, მაგ. ელექტროსადგურისათვის, რომელიც პირობითად ორი სინქრონული გენერატორის, ორი ამამალღებელი ტრანსფორმატორის, აგრეთვე ორი ძაბვის (10 და 110 კე) მანაწილებელი მოწყობილობისაგან შედგება (ნახ. 5-5). ნახაზზე ნაჩვენებია აგრეთვე 110 კე ძაბვის მანაწილებელი ქსელის უბანი ენერჯის ერთ - ერთი მომხმარებლის ქვესადგურის ჩვენებით. მანაწილებელი მოწყობილობები პირობითად შემკრები საღტვების ერთი სექციისთვისაა ნაჩვენები.

სქემაზე დაიტანება მანაწილებელი მოწყობილობების ყველა ძირითადი ელემენტი, რომელთაგან ერთ-ერთ ძირითადს ძალური ამომრთველი წარმოადგენს.

ამომრთველი წარმოადგენს ენერგეტიკული სისტემის ერთ-ერთ ძირითად ელემენტს, რომელზეც დამოკიდებულია არა მარტო მანაწილებელი მოწყობილობის, სადაც ისინია დადგმული, არამედ მთელი ენერგოსისტემის საიმეღო და შეუფერხებელი მუშაობა.

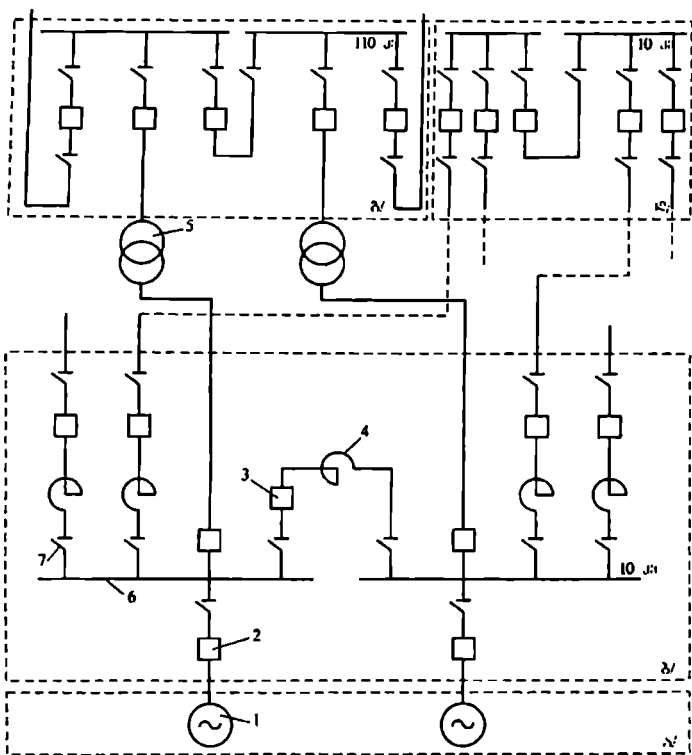
ამომრთველი არის საკომუტაციო აპარატი, რომლის დანიშნულებაა ელექტრული წრედის ჩართვა და ამორთვა მუშაობის ნებისმიერ რეჟიმში - ხანგრძლივი დატვირთვის, გადატვირთვის, მოკლედ შერთვის, უქმი სვლისა და ასინქრონული მუშაობის რეჟიმებში.

ამომრთველის ყველაზე საპასუხისმგებლო ოპერაციას მოკლედ შერთვის დიდი დენების ამორთვა წარმოადგენს, რომლის მნიშვნელობა ხშირად ათეულობით კილოამპერს აღწევს. სისტემის მუშაობის მდგრადობისათვის მშ-ის დენების ამორთვა მყისიერად უნდა მოხდეს რამდენიმე ნახევარპერიოდის განმავლობაში. ამომრთველის მუშაობა მისადაგებელი უნდა იქნეს განმეორებითი ჩართვის ავტომატური მოწყობილობის (გჩა) მუშაობასთან და მან მყისიერად უნდა იმოქმედოს ნორმალური ამორთვის პროცესში აღძრულ მშ-ის დენზე.

ამასთან ერთად, ამომრთველმა საიმეღოდ, სახიფათო საკომუტაციო გადამტეხავების აღქერის გარეშე უნდა ამორთოს მცირე ინდუქტიური და ტევადური დენები.

მაღალი ძაბვის ამომრთველებს შემდეგი მოთხოვნები წაყენება:

1. ნებისმიერი სიდიდის დენის საიმეღო ამორთვა (დატვირთვის ნომინალური დენიდან მშ-ის მაქსიმალურ დენამდე);
2. მოქმედების სისწრაფე, ე.ი. ამორთვის მინიმალური დრო;
3. ეარგისიანობა სწრაფმოქმედი ავტომატური განმეორებითი ჩართვისათვის, ე.ი. ამომრთველის სწრაფი ჩართვა მისი ამორთვის შემდეგ;



ნახ. 5-5. ელექტროსადგურისა და 10 კვ ძაბვის მანაწილებელი ქსელის უბნის ცალხაზა ელექტრული სქემა.

ა - სამაქანო შენობა; 10 (ბ) და 110 (გ) კვ ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობები; დ - 10 კვ ძაბვის მანაწილებელი ქვესადგური.

1 - სინქრონული გენერატორი; 2 - ძალური ამომრთველი; 3 - სალტეთაშორისი ამომრთველი; 4 - დენშემზღუდი რეაქტორი; 5 - ძალური ტრანსფორმატორი; 6 - შემკრები სალტები; 7 - გამთიში.

4. რკალჩაქრობი კონტაქტების გასინჯვისა და რევიზიის პროცესის გამარტივება;

5. ხანძარსაწინააღმდეგო და აფეთქებასაწინააღმდეგო უსაფრთხოების უზრუნველყოფა;

6. ექსპლუატაციისა და ტრანსპორტირების მოხერხებულობა; მაღალი ძაბვის ამომრთველმა მრავალგზის (მრავალათასჯერ) საიმედოდ უნდა ჩართოს ნომინალური დენები და ჩართულ მდგომარეობაში განუსაზღვრელად ხანგრძლივად უნდა გაუძლოს ნომინალური დენებისა და ძაბვების, აგრეთვე მშ-ის გამგოლი დენების თერმულ და დინამიკურ ზემოქმედებას.

ამომრთველი შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით ხასიათდება:

1. ამორთვის ნომინალური დენი ($I_{აშ. ნომ}$) - მშ-ის უდიდესი დენი, რომელიც ამომრთველმა უნდა ამორთოს უდიდესი მუშა ძაბვის შემთხვევაში.

ამორთვის ნომინალური დენი განისაზღვრება მშ-ის დენის პერიოდული შემდგენის მოქმედი მნიშვნელობით ამომრთველის რკალნაპქრობი კონტაქტების დაცილების მომენტში;

2. ჩართვის ნომინალური დენი ($I_{ჩარ. ნომ}$) - მშ-ის დენი, რომლის ჩართვის უნარი გააჩნია ამომრთველს სათანადო ამპრაჲის მოქმედების შედეგად კონტაქტების შედუღების და სხეა დაზიანების გარეშე ნომინალური ძაბვის შემთხვევაში;

3. ამორთვის საკუთარი დრო ($t_{აპაჲ}$) - დროის მონაკვეთი ამორთვაზე სიგნალის მიღებიდან რკალნაპქრობი კონტაქტების დაშორების პროცესის დასაწყისამდე;

4. ამორთვის დრო ($t_{ა}$) - დროის მონაკვეთი ამორთვაზე სიგნალის მიღებიდან რკალის ჩაქრობის მომენტამდე;

5. ჩართვის დრო ($t_{ჩ}$) - დროის მონაკვეთი ჩართვის სიგნალის მიღებიდან წრედში დენის გაჩენამდე.

ამომრთველის ძირითად კონსტრუქციულ ნაწილებს შეადგენს: რკალნაპქრობი მოწყობილობის მქონე საკონტაქტო სისტემა; დენგამტარი ნაწილი; კორპუსი; საიზოლაციო კონსტრუქცია; ამპრაჲის მექანიზმი.

კონსტრუქციის მიხედვით ამომრთველები იყოფა ავზიან (ზეთიანი, დიდი მოცულობის, მცირე მოცულობის), საპაერო, ელექტროაირულ, ელექტრომაგნიტურ, ავტოაირულ და ვაკუუმურ ამომრთველებად. პრაქტიკაში ძირითადად გამოიყენება ზეთიანი და საპაერო, აგრეთვე ელექტროაირული ამომრთველები. ამომრთველების განსაკუთრებულ ჯგუფს მიეუთვნება დეტორთვის ამომრთველები, რომლის დანიშნულებაა ნორმალური რეჲიმის დენის ამორთვა.

ზეთიანავზიან ამომრთველებში წრედის გაწყვეტის მომენტში ამომრთველის კონტაქტები ერთმანეთს სცილდება, მაგრამ დენური წრედი არ წყდება, ვინაიდან კონტაქტებს შორის წარმოიქმნება ელექტრული რკალი - ძლიერად იონიზებული აირის სვეტი, რომელიც მაღალი ტემპერატურის გავლენით გამტარუნარიანი ხდება. თუ ამორთვის სიმძლავრე მცირეა, კონტაქტებს შორის მხოლოდ ნაპერწყალი წარმოიქმნება, რომელიც პრაქტიკულად არაეითარ კვალს არ ტოვებს. ამ შემთხვევაში წრედის გაწყვეტა კონტაქტების დაცილების შემდეგ გართულების გარეშე ხდება.

დიდი სიმძლავრეების ამორთვის შემთხვევაში აღიძერება ელექტრული რკალი, რომლის ზემოქმედებით კონტაქტები შემოიწვება და მისი ჩაქრობისა და წრედის გაწყვეტისათვის საჭიროა სპეციალური მოწყობილობა.

განსხვავება რკალისა და ნაპერწყლის მოქმედებას შორის იმით აიხსნება, რომ მცირე დენების შემთხვევაში კონტაქტთაშორისი შუალედი ნაკლებადაა ლითონის ორთქლით გაჯერებული და სუსტად გამტარუნარიანია. ამასთან, მცირე დენების შემთხვევაში კონტაქტების ტემპერატურა არასაკმარისია მათი გადნობისა და ლითონის აორთქლებისათვის, რის გამოც ნაპერწყლური განმუხტვა არამდგრადია და სწრაფად ქრება.

დიდი დენების შემთხვევაში ამომრთველის კონტაქტების ტემპერატურა საკმარისია მათი მეტალური ნაწილის გასადნობად და კონტაქტთაშორისი შუალედის მეტალის ორთქლით გაჯერებისათვის, რაც აღნიშნულ შუალედს გამტარუნარიანს ხდის და ხელს უწყობს რკალის წარმოქმნას დაბალი ძაბვის შემთხვევაშიც კი.

ზეთიანავზიან ამომრთველებში ზეთის დანიშნულებაა რკალის ჩაქრობა და დენგამტარი ნაწილების იზოლაცია.

10 კვმდე ძაბვის სისტემებში ამომრთველს გააჩნია ერთი ავზი, რომელშიც სამივე ფაზის კონტაქტებია მოთავსებული, ხოლო უფრო მაღალი ძაბვის შემთხვევაში თითოეულ ფაზას თავისი ავზი აქვს.

ამომრთველის ავზი ზეთით არასრულად იყვება, მისი სახურავის ქვეშ რჩება ე.წ. "საპაეო ბალიში", რომლის დანიშნულებაც ამომრთველის სახურავზე რკალის ქრობის პროცესში მაღალი წნევით განპირობებული დარტყმის ძალის შემცირებაა.

თუ ზეთის დონე ავზში დაუშვებლად დაბალი იქნება, სახურავის ქვეშ მოხვედრილი აირები ძლიერად გახურდება, რამაც შეიძლება წყალბადისა და აირის ნარევის აფეთქება გამოიწვიოს.

აღნიშნული ტიპის ამომრთველში არაა გათვალისწინებული სპეციალური რკალჩამქრობი მოწყობილობა, რის გამოც მისი ამორთვისუნარიანობა შედარებით მცირეა. ასეთი კონსტრუქციის ამომრთველები 6-10 კე ძაბვის დანადგარებში გამოიყენება, თუმცა ბოლო ხანებში მათი უმრავლესობა მცირეზეთიანი ამომრთველებითაა შეცვლილი.

ზეთიანავზიანი ამომრთველები ფართოდ გამოიყენება 35 კე და უფრო მაღალი ძაბვის დანადგარებისათვის, რომელსაც მცირეზეთიანი ამომრთველებისაგან განსხვავებით სპეციალური მოწყობილობა - რკალჩამქრობი კამერები გააჩნია.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით რკალჩამქრობი მოწყობილობები სამ ჯგუფად იყოფა:

1. ავტოშებერეის მოწყობილობით, რომელშიც მაღალი წნევა და აირის მოძრაობის დიდი სიჩქარე რკალის ზონაში რკალში გამოყოფილი ენერჯის საშუალებით იქმნება;

2. იძულებითი ზეთიანი შებერეის სისტემით, რომელშიც გარღვევის ადგილას სპეციალური პიდრაველიკური მექანიზმების საშუალებით ხდება ზეთის დაჭირხნა;

3. ზეთში მაგნიტური ქრობის მოწყობილობით, რომელშიც მაგნიტური ეელის მოქმედების შედეგად რკალი ვიწრო არხებსა და ხერელებში გადაინაცვლებს.

ყველაზე ეფექტურსა და მარტივს ავტოშებერეის სისტემის მქონე რკალჩამქრობი მოწყობილობა წარმოადგენს, რომელიც მით უფრო ეფექტურად მოქმედებს, რაც დიდი დენი აღიძერება რკალში. მცირე დენების ამორთვის შემთხვევაში აირების წნევა შეიძლება უმნიშვნელო აღმოჩნდეს, რაც რკალის ჩაქრობის პროცესის გაჭიანურებას გამოიწვევს. ამ მიზეზით ავტოშებერეის სისტემის მქონე რკალჩამქრობ მოწყობილობას დამატებული აქვს იძულებითი ზეთიანი შებერეის მოწყობილობა, რომელიც მცირე დენების ქრობას უზრუნველყოფს.

რაც შეეხება მცირეზეთიან (ქოთნისებურ) ამომრთველებს, მათ უფრო ფართო გამოყენება კპოვეს ყველა ძაბვის ღია და დახურულ მანაწილებელ მოწყობილობებში. აღნიშნულ ამომრთველებში ზეთი ძირითადად რკალჩამქრობ საშუალებას წარმოადგენს და მხოლოდ ნაწილობრივ ასრულებს იზოლაციის ფუნქციას გახსნილ კონტაქტებს შორის. დენგამტარი ნაწილების ერთმანეთისაგან და ჩამიწვებული კონსტრუქციისაგან იზოლირება ფაიფურით ან სხვა მყარი მაიზოლირებელი მასალითაა შესრულებული. შიდა დანადგარებისათვის გათვალისწინებული ამომრთველების კონტაქტები ფოლადის ავზშია (ქოთანში) მოთავსებული, საიდანაც ამ ტიპის ამომრთველების სახელწოდებაა წარმოშობილი. 35 კე და უფრო მაღალი ძაბვის მცირეზეთიანი ამომრთველებს ფაიფურის კორპუსი გააჩნია. ყველაზე ფართო გამოყენება 6-10 კე ძაბვის ჩამოკიდებული ტიპის მცირეზეთიანმა ამომრთველებმა კპოვა, რომლის კორპუსი ფაიფურის იზოლატორებზეა დამაგრებული.

მცირეზეთიანი ამომრთველების გამოყენების სფეროა ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების 6, 10, 35, 110 კე ძაბვის დახურული და 35 და 110 კე ძაბვის ღია მანაწილებელი მოწყობილობები.

რაც შეეხება საპაერო ამომრთველებს, ისინი ამომრთველების მეორე ჯგუფს - აირული ამომრთველების ჯგუფს განეკუთვნება. მათში რკალის ჩაქრობა და რკალური შუალედის დეონინაცია შეჭირხნილი პაერით ხდება, რომელიც რკალის შემოქრევას გრძივი და განივი მიმართულებით აწარმოებს. რაც შეეხება ამომრთველის დენგამტარი ნაწილებისა და რკალჩამქრობი მოწყობილობის იზოლაციას, საპაერო ამომრთველებში ეს პროცესი ფაიფურის ან სხვა მყარი მაიზოლირებელი მასალით ხორციელდება.

საპაერო ამომრთველების კონსტრუქციული სქემები სხვადასხვანაირია და მათ ნომინალურ ძაბვაზე, კონტაქტებს შორის ამორთულ მდგომარეობაში არსებული მაიზოლირებელი შუალედის შექმნასა და რკალჩამქრობ მოწყობილობაში შეჭირხნილი პაერის მიწოდების მეთოდებზეა დამოკიდებული.

შეჭირხნილი პაერით რკალის ჩაქრობის პრინციპი იმაში მდგომარეობს, რომ ამომრთველის კონტაქტთაშორისი შუალედის შემოქრევა სუფთა შეჭირხნილი პაერით ხდება, რომელსაც არ გააჩნია დამუხტული ნაწილაკები. ამასთან, რკალი და მისი საყრდენი ზედაპირები ინტენსიურად ცედება, ხოლო მისი კვეთი მცირდება. ერთდროულად, პაერის აღნიშნულ ნაკადს კონტაქტთაშორისი შუალედიდან გამოაქვს რკალის ჩაქრობის პროდუქტები, რომელიც კარგ გამტარუნარიან გარემოს წარმოადგენს. აღნიშნული პროდუქტების ადგილს სუფთა არაიონიზირებული პაერი იკავებს, რომელსაც ადღგენილი ძაბვის შენარჩუნება შეუძლია. რკალჩამქრობი კამერების დანიშნულებაა იონიზირებული გარემოს სუფთა პაერით სწრაფი და სრული შეცვლა, რომელსაც მაღალი ელექტრული მდგრადობა გააჩნია.

პრაქტიკაში გაერცვლება კმოვა ორი ტიპის რკალჩამქრობმა კამერამ. პირველი ტიპის კამერაში შეჭირხნილი პაერის ნაკადი რკალის სვეტის ღერძის პარალელურად მოძრაობს. აღნიშნული ტიპის კამერას გრძივი შებერვის კამერა ეწოდება. მეორე ტიპის კამერაში ქრობა პაერის ნაკადის რკალის სვეტის ღერძის პერპენდიკულარულა და მას განივი შებერვის კამერა ეწოდება.

გრძივი შებერვის კამერებმა გამოყენება კმოვეს ძაბუების ყველა დიაპაზონში 3-დან 750 კვ-მდე, რომელზეც საპაერო ამომრთველები მზადდება, ეფინიდან იგი ისეთი აპარატის შექმნის საშუალებებს იძლევა, რომელიც ყველაზე მეაკრ მოთხოვნებს პასუხობს ამორთვის ნომინალური სიმძლავრის, ნომინალური დენისა და სწრაფმოქმედების მიხედვით. განივი შებერვის კამერების გამოყენება შეზღუდულია მათი კონსტრუქციების დიდი გაბარიტების გამო და ისინი მხოლოდ 6-20 კვ ძაბვის ამომრთველებში გამოიყენება.

რაც შეეხება დატვირთვის ამომრთველებს, ისინი იდგება მცირე სიმძლავრის ჩიხურ ქვესადგურებზე რგოლური ხაზების გასაწყვეტად, აგრეთვე მაღალი ძაბვის ძრავებისა და კონდენსატორული ბატარეის კომუტაციისათვის. ე.ი. იმ პირობებში, როცა ძალური ამომრთველების გამოყენება მოითხოვს დიდ ფართობს, უფრო ძვირადღირებული და არაეკონომიკური გამოდის.

თავისი განვითარების პირველ ეტაპზე დატვირთვის ამომრთველი წარმოადგენდა ჩვეულებრივი ამომრთველისა და დნობადი მცველის კომბინაციას. მცველი ასრულებდა გადატვირთვებისა და მოკლედ შერთვის დენებისაგან დაცვის ფუნქციას, ხოლო გამთიში - დატვირთვისა და უქმი სვლის დენის ჩართვისა და მხოლოდ უქმი სვლის დენის ამორთვის ფუნქციას.

გამუდმებით მზარდი დატვირთვებისა და უქმი სვლის დენების კომუტირების აუცილებლობამ დღის წესრიგში დააყენა საშუალო ძაბვის სიმძლავრის გამთიშის შექმნის საკითხი. იგი ერთ აპარატში აერთიანებს ამორთვის მცირე უნარის მქონე ამომრთველსა და გამთიშს. მისი

რკალჩამქრობი ელემენტი მცირე მასშტაბის ჩეულებრივი ამომრთველის რკალჩამქრობ კამერას წარმოადგენს.

აღნიშნული გამოთვი ტრანსფორმატორებისა და კონდენსატორული ბატარეის კომუტაციისათვის მშ-ის დენებისაგან დასაცავად მოითხოვდა დნობადი მცველების მიმდევრობით ჩართვას. თვით სიმპლავრის გამოთვი მხოლოდ დატვირთვის დენების კომუტაციისა და მცირე სიდიდის გადატვირთვის დენების ამოსართავად გამოიყენებოდა.

სიმპლავრის გამოთვი საიმედო, მაგრამ ძვირადღირებული აღმოჩნდა მცველი - გამოთვის კომბინაციასთან შედარებით, ვინაიდან მისი კონსტრუირების დროს ჩეულებრივი ამომრთველის კონსტრუქციები იყო გამოყენებული.

გაცილებით ნაყოფიერი აღმოჩნდა ჩეულებრივი გამოთვისა და მარტივი, იაფი რკალჩამქრობი კამერის შეხამების იდეა. აღნიშნული აპარატები, რომელმაც დატვირთვის ამომრთველის სახელწოდება მიიღო, მარტივი, საიმედო და გაცილებით იაფია სიმპლავრის გამოთვთან შედარებით.

ექსპლუატაციის გამოცდილებამ გეჩვენა, რომ დატვირთვის ამომრთველებს საკმაოდ მნიშვნელოვანი ტევადური დენების ამორთვის უნარი გააჩნია, რის გამოც ისინი გამოიყენება როგორც უქმი სელის დენების ამორთვისათვის ძალზე მაღალი ძაბვის შემთხვევაშიც კი, ასევე დიდი სიმპლავრის კონდენსატორული ბატარეის კომუტაციისათვის.

იმის გამო, რომ ძნელია აღმოუფხვრელი მშ-ის დროს ჩართვის შემთხვევების თავიდან აცილება, დატვირთვის ამომრთველმა უნდა გაუძლოს მუშაობის ასეთ რეჟიმს და შეძლოს ისეთი მშ-ის სიმპლავრის ჩართვა, რომელიც ქსელის მოცემულ წერტილში დადგმული ნორმალური ამომრთველის ამორთვის ნომინალური სიმპლავრის ტოლი იქნება.

დატვირთვის ამომრთველის ამორთვისუნარიანობა ჩეულებრივი ამომრთველის ანალოგიურად სიხშირესა და აღდგენილი ძაბვის ამპლიტუდაზეა დამოკიდებული.

პრაქტიკაში ფართო გამოყენება ჰპოვა 6-10 კე ძაბვის ქსელში მომუშავე დატვირთვის დენის ჩართვამ და ამორთვამ. ასეთი დატვირთვის ამომრთველები არ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მშ-ის დენის ამოსართავად.

თანამედროვე დატვირთვის ამომრთველებზე რკალის ჩაქრობის პრინციპი და კონსტრუქციები ისევე მრავალფეროვანია, როგორც ძალურ ამომრთველებში, რომელსაც დიდი ამორთვისუნარიანობა გააჩნია. რაც შეეხება საზღვარგარეთის მოწინავე ქვეყნების ენერგოსისტემებში გამოყენებულ დატვირთვის ამომრთველებს, მათ რკალის ჩაქრობის შემდეგი მეთოდები გააჩნია: კომუტაცია ჰაერში; კომუტაცია შეჭირხნილ ჰაერში; შეჭირხნილი ჰაერით ან აზოტით წინასწარი შებერვა; კომუტაცია ზეთით სავსე ჩამქრობ კამერაში; მაგნიტური შებერვა; რკალის ჩაქრობა ელვაირში; რკალის ჩაქრობა ვაკუუმში; რკალის ჩაქრობა მრავალსაფეხურიანი ამორთვით.

§5-6. ელექტროაირული ამომრთველები

ელექტროაირული ამომრთველები აირული ამომრთველების ჯგუფს მიეკუთვნება. მათი ფართო გამოყენება იმ უპირატესობითაა განპირობებული, რომელიც ელექტროუარყოფით აირებს გააჩნია მაღალი ელექტრული მდგრადობით ელექტრული რკალის ჩაქრობის პროცესში. ელვაირი მაღალი რკალჩამქრობი თვისებებით ხასიათდება, რომელიც მაღალი ძაბვის სხვადასხვა აპარატურაშია (მოკლედ შემრთველებში, დატეირთვის ამომრთველებში, განმხოლოებლებში) გამოყენებული.

ელვაირი SF_6 წარმოადგენს ინერტულ აირს, რომლის სიმკვრივე 5-ჯერ აღემატება აირის სიმკვრივეს, ხოლო ელექტრული მდგრადობა 0,2–0,3 მეგაპასკალი წნევის დროს ტრანსფორმატორის სუფთა ზეთის მდგრადობის თანაზომეადია. ელვაირი არ იწვის და წვას ხელს არ უწყობს, უფერულია და აბსოლუტურად არამომწამლავი. ქიმიური თვალსაზრისით სხვა ნივთიერებების მიმართ ისეთივე არააქტიურია, როგორც აზოტი. ელვაირის ტემპერატურა აფეთქებისა და ხანძრის თვალსაზრისით საშიშროებას არ წარმოადგენს.

ელვაირში ატმოსფერული წნევის დროს შესაძლებელია რკალის ჩაქრობა, რომელიც 100-ჯერ აღემატება შეჭირხნილი ჰაერით ამორთულ დენს იმავე პირობებში. ელვაირის მიერ რკალის ჩაქრობის განსაკუთრებული უნარი იმით აიხსნება, რომ მისი მოლეკულები რკალური სვეტის ელექტრონებს იჭერს და შედარებით უმოძრაო უარყოფით იონებს წარმოქმნის. ელექტრონების დანაკარგები რკალს არამდგრადს ხდის, ე.ი. აირული შებერვის დროს ელექტრონების შთანთქმა რკალური სვეტიდან უფრო ინტენსიურად ხდება.

ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკების ინტენსიური შთანთქმა სწრაფად ამცირებს ამომრთველის კონტაქტაშორისი შუალედის გამტარებლობას და რკალის ჩაქრობის შემდეგ არსებითად ზრდის მის ელექტრულ მდგრადობას. ამასთან, რკალის ჩაქრობის თანაბარი ეფექტის პირობებში საჭიროა გაცილებით ნაკლები ელვაირი და წნევა, ვიდრე საპაერო ამომრთველების შემთხვევაში.

ელვაირის ერთ-ერთ მცირერიცხოვან ნაკლს წარმოადგენს მისი თვისება მასთან შეხების დროს დაშალოს ტენშემცველი სინთეტიკური საიზოლაციო მასალები, რის გამოც ელვაირების კონსტრუქციებში რეკომენდებულია მდგრადი საიზოლაციო მასალების, მაგ. ტეფლონის გამოყენება.

ელვაირის მეორე ნაკლს წარმოადგენს წვის მაღალი ტემპერატურა. 1,5 მგაა წნევის პირობებში ელვაირის წვის ტემპერატურა სულ $6^{\circ}C$ -ს შეადგენს. მაღალი წნევის მქონე მქრობ გარემოში მომუშავე ამომრთველის ელვაირის წვის თავიდან ასაცილებლად გათვალისწინებულია ავტომატური გამახურებლები, რომელიც ელვაირს მუდმივ ტემპერატურას უნარჩუნებს.

ელვაირულ ამომრთველებში გამოიყენება ავტოანემატურ რკალჩამქრობი მოწყობილობა, რომელშიც აირი ამორთვის პროცესში დგუშისანი მოწყობილობით იკუმშება და რკალის ზონაში მიემართება. ელვაირული ამომრთველი აირის გამონაბოლქვის გარეშე მომუშავე ჩაკეტილ სისტემას წარმოადგენს.

ყველაზე ეფექტურად ელვაირული ამომრთველები იმ შემთხვევაში გამოიყენება, როცა მისი ნაკადი დიდი სიჩქარითაა მიმართული რკალურ შუალედში, რაც ინტენსიური გრძივი შებერვით ხორციელდება.

თანამედროვე პირობებში დამუშავებული და გამოყენებულია ელვაირული რკალჩამქრობი მოწყობილობის რამდენიმე კონსტრუქცია,

რომელთაგან აღსანიშნავია ინტენსიური გრძივი შებენის რკალნამქრობი კამერა. აღნიშნულ მოწყობილობაში გრძივი შებენია იქმნება მაღალი წნევის (1,5-2,0 მგ.ა) რეზერვუარიდან ელვაირის მუდმივი დაბალი წნევის (0,2-0,3 მგ.ა) მქონე რეზერვუარში გადასვლის შემთხვევაში. რკალის ჩაქრობის შემდეგ "დამუშავებული" ელვაირი შრება, სუფთაედება და კომპრესორის საშუალებით მაღალი წნევის რეზერვუარში გადაიტუმბება. ელვაირის ცირკულაციის მთელი სისტემა ჩაკეტილია.

ორი წნევის სისტემა გარკვეულ სიძნელებებს ქმნის ელვაირული ამომრთველების დამზადებისა და ექსპლუატაციის პროცესში. ჯერ ერთი, 1,5 მგ.ა წნევის დროს ელვაირის არწარმოქმნელ მდგრადობას ადგილი აქვს არანაკლებ 6°C ტემპერატურის პირობებში, რის გამოც საჭირო ხდება მუდმივი ტემპერატურის დამაკავებელი ავტომატური გამახურებლების გამოყენება; მეორე - "დამუშავებული" ელვაირის გაშრობისა და გაწმენდისათვის აუცილებელია ავტომატური კომპრესორული დანადგარისა და მოწყობილობის არსებობა. ყოველივე ეს ართულებს ორი წნევის მქონე ელვაირული ამომრთველების წარმოებასა და ექსპლუატაციას და აფერხებს მათ ფართო გამოყენებას.

არსებობს აგრეთვე ელვაირში რკალის ჩაქრობის სხვა სისტემებიც, მაგ. ელექტრომაგნიტური ჩაქრობა, რომლის დროსაც რკალი ელვაირში მაგნიტური ველის გაელენით გადაადგილდება და აირის შემხედრი ნაკადით ცივდება. ასეთი სისტემა ეფექტურია 6-10 კე ძაბვის დიდი ნომინალური დენების ამორთვის უნარის მქონე ამომრთველებში.

პრაქტიკაში გამოიყენება აგრეთვე ელვაირში ღია რკალის ჩამქრობი მოწყობილობა. ასეთ მოწყობილობებში რკალის სვეტებზე აირის ტურბულენტური ზემოქმედების გაელენა ძალზე მცირეა, რის გამოც მცირეა ასეთი კამერების ამორთვისუნარიანობა, თუმცა ისინი წარმატებით გამოიყენება მოკლედ შემრთველებში, რომელშიც ძირითად ოპერაციას კონტაქტების ჩართვა და არა ამორთვა წარმოადგენს.

წარმოება ამზადებს ელვაირულ ამომრთველებს 35, 110, 220 კე ძაბვაზე. 35 და 110 კე ძაბვის ამომრთველებს თითო პოლუსზე თითო კამერა გააჩნია, ხოლო 220 კე ძაბვის ამომრთველებს - ორი კამერა ერთ პოლუსზე. გარდა ამისა, დამუშავებულია ორი და სამი მიმართულების ამომრთველების კონსტრუქციები. ასეთ აპარატს შეუძლია შეცვალოს ორი ან სამი ამომრთველი, რაც ქვესადგურებზე მათი დადგმის შემთხვევაში მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევა.

§5-7. გამთიშები, მოკლედშემრთველები, განმხოლოებლები

გ ა მ თ ი შ ი წარმოადგენს კონტაქტურ საკომუტაციო აპარატს, რომლის დანიშნულებაც უდენო ელექტრული წრედის ჩართვა და ამორთვა და რომელსაც უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად კონტაქტებს შორის ამორთულ მდგომარეობაში საიზოლაციო შუალედი გააჩნია.

გამთიშის საშუალებით სარემონტო სამუშაოების ჩასატარებლად იქმნება ხილული გარღვევა რემონტში ჩაყენებულ ელემენტსა და სისტემის ძაბვის ქვეშ დარჩენილ ნაწილს შორის.

გამთიშით დაუშვებელია დატვირთვის დენის ამორთვა, ვინაიდან მის საკონტაქტო სისტემას არ გააჩნია რკალჩამქრობი მოწყობილობა, რის გამოც დატვირთვის დენის შეცდომით ამორთვის შემთხვევაში წარმოიშეება მდგრადი ელექტრული რკალი, რომელსაც შეუძლია სამფაზა მოკლედ შერთვა და ოპერატიულ პერსონალს შორის უბედური შემთხვევა გამოიწვიოს. გამთიშით ოპერაციის დაწყებამდე საჭიროა ელექტრული წრედი ძალური ამომრთველით იქნეს გაწყვეტილი.

ამასთან, ელექტროდანადგარების სქემების განტვირთვის მიზნით დასაშვებია გამთიშის გამოყენება შემდეგი ოპერაციების წარმოებისათვის:

1. ტრანსფორმატორებისა და რკალჩამქრობი ჩამამიწებელი რეაქტორების ჩართვა და ამორთვა ქსელში მიწასთან შერთვის არარსებობის შემთხვევაში;

2. ყველა ძაბვის შემკრები სალტებისა და მოწყობილობის დამუხტვის დენის ჩართვა და ამორთვა (კონდენსატორების ბატარეის გარდა);

3. გარე დანადგარების სამოლოუსა გამთიშის მიერ 15 ა-მდე დატვირთვის დენის ჩართვა და ამორთვა 10 კე და უფრო დაბალი ძაბვის ქსელებში;

4. გამთიშით დასაშვებია ოპერაციის წარმოება, თუ იგი საიმედოა და დაშენებული მცირემიანი პარალელური წრედით (სალტეთაშორისი ან შემოვლითი ამომრთველით).

გამთიშებითა და განმხოლოებლებით დასაშვებია ძალური ტრანსფორმატორების მცირე დამაგნიტების დენისა და საპაერო და საკაბელო ხაზების დამუხტვის დენის ჩართვა და ამორთვა.

გამთიშის ამორთვის დენი მის კონსტრუქციაზე (დანების ევრტიკალურ ან პორიზონტალურ განლაგებაზე), პოლუსებს შორის მანძილსა და დანადგარის ნომინალურ ძაბვაზე დამოკიდებული.

თუ ელექტრულ წრედში გამთიშით და განმხოლოებელია, დამაგნიტებისა და დამუხტვის დენების ჩართვა და ამორთვა უნდა მოხდეს განმხოლოებლის მიერ, რომელსაც ზამბარული ამძრავი გააჩნია და სწრაფად ასრულებს აღნიშნულ ოპერაციებს. გამთიშები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ელექტროდანადგარების სქემებში. მათი მუშაობის საიმედოობაზე დამოკიდებულია მთლიანად ელექტროდანადგარების საიმედო მუშაობა, რის გამოც გამთიშებს შემდეგი მოთხოვნები წაეყენება:

1. პაერში ისეთი ხილული გარღვევის შექმნა, რომლის ელექტრული სიმდგრადე მაქსიმალურ იმპულსურ ძაბვას შეესაბამება;

2. ელექტროდინამიკური და თერმული მდგრადობა მშ-ის დენების გაედის დროს;

3. თეიტნებური ამორთვების გამორიცხვა;

4. მკაფიო ჩართვა და ამორთვა მუშაობის ყველაზე უარესი პირობების შემთხვევაში (შემოყინულობა, თოვლი, ქარი და სხვ.).

პოლუსების რიცხვის მიხედვით გამოიშები იყოფა ერთ და სამპოლუსა გამოიშებად; დანადგარის ტიპის მიხედვით - შიდა და გარე დანადგარებად; კონსტრუქციის მიხედვით - დანების ელექტრიალური და კორიზონტალური განლაგების მქონე გამოიშებად.

მოკლედშემრთველი წარმოადგენს საკომუტაციო აპარატს, რომლის დანიშნულებაა ელექტრულ წრედში ხელოვნური მოკლედ შერთვის შექმნა.

მოკლედშემრთველები გამოიყენება ქვესადგურის გამარტივებულ სქემებში იმისათვის, რომ ხელოვნური მშ-ის შექმნის შემდეგ მკეებაუი ხაზის რელეურმა დაცვამ უზრუნველყოს დაზიანებული ტრანსფორმატორის ამორთვა.

იზოლირებული ან ტევადური წინაღობით ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე დანადგარებში 35 კე და უფრო დაბალი ძაბვის შემთხვევაში გამოიყენება მოკლედშემრთველის ორი პოლუსი, რომლის მოქმედების შემდეგ წარმოიქმნება ორფაზა ხელოვნური მშ, ხოლო 110 კე და უფრო მაღალი ძაბვის ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ელექტროდანადგარებში მოკლედ შემრთველის ერთი პოლუსი გამოიყენება.

მოკლედშემრთველის ამძრავს გააჩნია ზამბარა, რომელიც ძაბვის ქვეშ მყოფ უძრავ კონტაქტთან ჩამიწებული დანის შერთვას უზრუნველყოფს. იმპულსი ამძრავის მუშაობისათვის რელეური დაცვის მიერ მიეწოდება. ამორთვა ხელით წარმოებს. მოკლედშემრთველის ჩართვის დროს რკალის წარმოქმნისა და აპარატის დაზიანების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია დანის მოძრაობის დიდი სიჩქარის უზრუნველყოფა. არსებულ კონსტრუქციებში მოკლედშემრთველის ჩართვის დრო 0,4-0,5 წმ-ს შეადგენს. ჩართვის დაჩქარებისათვის გამოიყენება ისეთი კონსტრუქციის მოკლედშემრთველები, რომელშიც მოძრაობა დანას დენთის აფეთქების ძალით გადაეცემა.

განმხოლოებელი გარეწულად არ განსხვავდება მოკლედშემრთველისაგან, თუმცა მას ამორთვისათვის ზამბარული ამძრავი გააჩნია. განმხოლოებლის ჩართვა ხელით წარმოებს. განმხოლოებლებს, ისევე, როგორც გამოიშებს, ერთი ან ორივე მხრიდან ჩამამიწებული დანა გააჩნია. განმხოლოებლის ნაკლს ამორთვის საკმაოდ დიდი დრო (0,5-1,0 წმ) წარმოადგენს.

განმხოლოებელს შეუძლია ამორთოს უდენო წრედი ან ტრანსფორმატორის დამაგნიტების დენი, მაგრამ მოკლედშემრთველის მოქმედების შედეგად წარმოქმნილი ხელოვნური მშ-ის დენის ამორთვა მას არ შეუძლია, რის გამოც განმხოლოებლისა და მოკლედშემრთველის მართვის სქემებს გააჩნია ბლოკირება, რომელიც განმხოლოებელს არ აძლევს მოქმედების საშუალებას იმ შემთხვევაში, თუ მოკლედშემრთველის წრედში დადგმულ დენის ტრანსფორმატორებში გადის დენი.

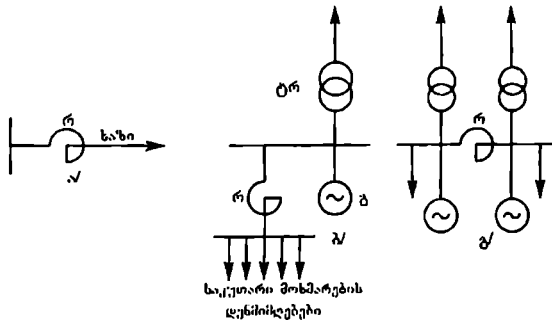
§5-8. დენშემზღუდი რეაქტორები

დენშემზღუდი რეაქტორის დანიშნულებაა მძლავრ ელექტროდანადგარებში მოკლედ შერთვის დენების შეზღუდვა და შემკრებ საღებებზე ძაბვის გარკვეული დონის დაკავება რეაქტორის მომდევნო უბანზე მშ-ის დროს.

რეაქტორების გამოყენების ძირითადი სფეროა 6-10 კე ძაბვის ელექტრული ქსელი. გარდა ამისა, რეაქტორები გამოიყენება 35 კე და უფრო მაღალი ძაბვის, აგრეთვე 1000 ე-ზე დაბალი ძაბვის ელექტროდანადგარებში.

რეაქტორი წარმოადგენს ინდუქტიურ კოჭას მაგნიტური მასალისაგან დამზადებული გულარის გარეშე, რის გამოც მას გამაველი დენისაგან დამოუკიდებელი ინდუქტიური წინაღობა გააჩნია.

რეაქტორის ჩართვის შესაძლო სქემები ნახ. 5-6-ზეა მოცემული.



ნახ.5-6. დენშემზღუდი რეაქტორის ჩართვის სქემები.

ა - ინდივიდუალური რეაქტორი; ბ - ჯგუფური რეაქტორი;
 გ - სასექციო რეაქტორი.

მძლავრი და საპასუხისმგებლო ხაზებისათვის ინდივიდუალური რეაქტირება გამოიყენება (ნახ. 5-6ა). იმ შემთხვევაში, როცა რეაქტორის გაელით ხაზების ჯგუფი (მაგ. ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარების დენმიმღებები) იკვებება, ჯგუფური რეაქტირება გამოიყენება (ნახ. 5-6ბ). მანაწილებელი მოწყობილობის სექციებს შორის ჩართულ რეაქტორს სასექციო რეაქტორი ეწოდება (ნახ. 5-6გ).

რეაქტორის ძირითად პარამეტრს მისი ინდუქტიური წინაღობა წარმოადგენს. ზოგიერთ კატალოგში რეაქტორის ინდუქტიური წინაღობა პროცენტებშია მოცემული:

$$X_r \% = \frac{X_r \sqrt{3} I_{\text{ნომ}}}{U_{\text{ნომ}}} \quad (5-15)$$

სადაც $I_{\text{ნომ}}$ - რეაქტორის ნომინალური დენია, ა; $U_{\text{ნომ}}$ - რეაქტორის ნომინალური ძაბვაა, ვ.

რეაქტორის მიერ მშ-ის დენების შეზღუდვა და შემკრებ საღებებზე დასაშვები სიდიდის ნარჩი ძაბვის შენარჩუნება კეთილნაყოფიერ გავლენას ახდენს მომხმარებლების ნორმალურ მუშაობაზე, რომელიც კვებას დენის იმავე წყაროდან იღებს, საიდანაც დაზიანებული ქსელი იკვებება. ამის

გათვალისწინებით მშპ-ის რეჟიმში მიზანშეწონილია გაგეაჩნდეს ინდუქტიური წინაღობის (X_c) შესაძლებლად ღიდი მნიშვნელობა.

ამასთან, ელექტროდანადგარების ნორმალურ რეჟიმში მუშაობის პირობების მიხედვით რეაქტორის წინაღობის უსაზღვრო ზრდა დაუშვებელია მასში მუშა დენის გავლით გამოწვეული ძაბვის დანაკარგების გაზრდის გამო. ეს მოვლენა განსაკუთრებით შესამჩნევია ჯგუფური და ინდივიდუალური რეაქტორების გამოყენების დროს.

ნორმალურ რეჟიმში ძაბვის დანაკარგების შეზღუდვა არაა აუცილებელი სასექციო რეაქტორის შემთხვევაში, რის გამოც მისი წინააღობა შეიძლება მნიშვნელოვნად აღემატებოდეს ინდივიდუალური ან ჯგუფური რეაქტორის წინააღობას. ნორმალურისაგან განსხვავებული რეჟიმების შემთხვევაში დასაშვებია რეაქტორის დროებითი დაშუნტვა.

რეაქტორის გრაგნილებში დენის გავლის დროს ადგილი აქვს აქტიური სიმძლავრის დანაკარგებს, რომელიც მასში გამაეალი სიმძლავრის 0,1-0,2%-ს შეადგენს. 1000 ა-ზე მეტი ნომინალური დენის დროს ეს დანაკარგები იმდენად იზრდება, რომ საჭირო ხდება რეაქტორის ხელოვნური გაცივება (კამერების ენტილაცია).

თავი VI. ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების მთავარი სქემები

§6-1 მთავარი სქემების სახეები და მათი დანიშნულება

ელექტროსადგურებისა და საკვანძო ქვესადგურების ელექტრული შეერთების მთავარი სქემა – ესაა ძირითადი ელექტრომწოდებლობის – გენერატორების, ძალური ტრანსფორმატორების, გადამცემი ხაზების, შემკრები სადგურების, სხვა საკომუტაციო პირველადი აპარატურის ერთობლიობა მათ შორის ნატურაში შესრულებული ყველა შეერთების ჩათვლით.

მთავარი სქემების შერჩევა ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების დაგეგმარების პროცესის არსებით ეტაპს წარმოადგენს, ვინაიდან იგი სისტემის ელემენტების სრულ შემადგენლობასა და მათ შორის კავშირს განსაზღვრავს. შერჩეული მთავარი სქემა წარმოადგენს ამოსავალს ელექტრული შეერთების პრინციპული სქემების, ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების, მეორეული კომუტაციის, სამონტაჟო და სხვა სქემების შერჩევის დროს.

ექსპლუატაციის პირობებში მთავარ სქემასთან ერთად გამოიყენება გამარტივებული ოპერატიული სქემები, რომელშიც მხოლოდ ძირითადი მოწყობილობებია ნაჩვენები.

ელექტროდანადგარების პროექტირების დროს მთავარი სქემის დამუშავებაშივე დგება ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) გადაცემის სტრუქტურული სქემა, რომელზეც დაიტანება ელექტროდანადგარების ძირითადი ფუნქციონალური ნაწილები (მანაწილებელი მოწყობილობები, ტრანსფორმატორები, გენერატორები) და კავშირი მათ შორის. სტრუქტურული სქემების დანიშნულებაა ხელი შეუწყოს უფრო სრული და ზუსტი მთავარი სქემების შერჩევასა და დამუშავებას.

§6-2. ელექტროდანადგარების მთავარი სქემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები

ელექტროსადგურების მთავარი სქემის შერჩევის დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს შემდეგი ფაქტორები:

1. ელექტროსადგურის ან ქვესადგურის მნიშვნელობა და როლი ენერგოსისტემისათვის. ენერგოსისტემაში პარალელურად მომუშავე ელექტროსადგურები თავიანთი დანიშნულებით არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ერთი - ბაზისური სადგურები თავის თავზე იღებენ სისტემის ძირითად დატვირთვას; მეორე - პიკური სადგურები მუშაობენ არასრული დღეღამის განმავლობაში მხოლოდ მაქსიმალური დატვირთვების დროს; მესამე თავის თავზე იღებენ თბური მომხმარებლების დატვირთვას (თბოელექტროცენტრალები). ელექტროსადგურების სხვადასხვა დანიშნულება განსაზღვრავს ამა თუ იმ ელექტრული შეერთების მთავარი სქემის გამოყენების მიზანშეწონილობას იმ შემთხვევაშიც კი, როცა მინაერთების რაოდენობა ერთი და იგივეა.

ქვესადგურების დანიშნულებაა ცალკეული მომხმარებლების ან მთელი რაიონის ელექტრომომარაგება, აგრეთვე ენერგოსისტემის ნაწილების ან სხვადასხვა ენერგოსისტემების ურთიერთდაკავშირება. ქვესადგურის მთავარ სქემას მისი დანიშნულება განსაზღვრავს.

ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების შემკრები საღატეები შეიძლება წარმოადგენდეს ენერგოსისტემის საკანამო წერტილებს, რომელიც რამდენიმე ელექტროსადგურის პარალელურ მუშაობას ანხორციელებს. ასეთ შემთხვევებში საღატეების გაფლით ხდება სიმძლავრეების გადადინება ელექტროენერგეტიკული სისტემის ერთი ნაწილიდან მეორეში, ე.წ. სიმძლავრის ტრანზიტი. ასეთი ელექტროდანადგარების სქემის შერჩევის დროს პირველ რიგში გათვალისწინებულ უნდა იქნეს სიმძლავრის ტრანზიტის შენარჩუნების აუცილებლობა.

ქვესადგურები იყოფა ჩიხურ, გამავალ, განატოტ ქვესადგურებად. მათი მთავარი სქემები სხვადასხვა ტრანსფორმატორების ერთნაირი რიცხვისა და სიმძლავრის შემთხვევაშიც კი.

6-10 კვ ძაბვის მანწილებელი მოწყობილობის სქემები დამოკიდებულია მომხმარებლების ელექტრომომარაგების სქემაზე - კეება განხორციელებულია ერთჯაჭვა თუ პარალელური ხაზებით, სარეზერვო გამომყვანების არსებობა მომხმარებლებთან და სხვ.

2. ელექტროსადგურების, ქვესადგურებისა და გადამცემი ხაზების განვითარების საშუალოდ ეტაპები და გაფართოვების პერსპექტივები. მანწილებელი მოწყობილობების სქემა და კომპონირება შერჩეულ უნდა იქნეს მინაერთების რაოდენობის შესაძლებელი გაზრდის გათვალისწინებით ენერგოსისტემის განვითარების შემთხვევაში. რამდენადაც მძლავრი ელექტროსადგურების მშენებლობა რიგებით მიმდინარეობს, ელექტრომოწყობილობის მთავარი სქემის შერჩევის დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს აგრეგატებისა და გამავალი ხაზების რაოდენობა მშენებლობის პირველი, მეორე, მესამე რიგისათვის და მთლიანად მისი საბოლოო განვითარებისათვის.

ქვესადგურის მთავარი სქემის შესარჩევად გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მაღალი და საშუალო ძაბვის ხაზების რაოდენობა და მათი პასუხისმგებლობის ხარისხი, რის გამოც ენერგოსისტემის განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე ქვესადგურის მთავარი სქემა შეიძლება სხვადასხვა იყოს.

მანწილებელი მოწყობილობის სქემის ეტაპობრივი განვითარება არ უნდა ხდებოდეს ძირეული ცვლილებების განხორციელებით. ეს მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, თუ ქსელის შერჩევის დროს გათვალისწინებულია მისი განვითარების პერსპექტივები.

ელექტროდანადგარების მთავარი სქემის შერჩევის დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მშ-ის დენების დასაშვები სიდიდე. აუცილებლობის შემთხვევაში წყდება ქსელის დასექციონების საკითხი, ელექტროდანადგარების დაყოფის საკითხი დამოუკიდებლად მიმუშავე ნაწილებად, სპეციალური დენშემზღუდი მოწყობილობის დაყენებისა და სხვა საკითხები.

წაყენებული მოთხოვნების სრული კომპლექსიდან, რომელიც ელექტროდანადგარების მთავარ სქემაზე ახდენს გავლენას, შეიძლება გამოიყოს სქემისადმი წაყენებული ძირითადი მოთხოვნები:

1. მომხმარებლების ელექტრომომარაგების საიმპროვოზა;
2. შეგუება სარემონტო სამუშაოების ჩატარებასთან;
3. ელექტრული სქემის ოპერატიული მოქნილობა;
4. ეკონომიკური მიზანშეწონილობა.

ს ა ი მ ე დ ო ო ბ ა - ესაა ელექტროდანადგარის, ელექტრული ქსელის ან მთლიანად ელექტროენერგეტიკული სისტემის თვისება უზრუნველყოს მომხმარებლების შეუფერხებელი ელექტრომომარაგება ნორმირებული ხარისხის ელექტროენერგიით. მოწყობილობის დაზიანებამ სქემის ნებისმიერ ნაწილში შესაძლებლობის ფარგლებში არ უნდა დაარღვიოს ელექტრომომარაგება, ელექტროენერგიის გაცემა ენერგოსისტემაში, სიმძლავრის ტრანზიტი შემკრები საღტეების გავლით. სქემის საიმედოობა უნდა შეეხებაამებოდეს მომხმარებლის ხასიათს (კატეგორიას), რომელიც კვებას მოცემული ელექტროდანადგარიდან იღებს.

საიმედოობა შეიძლება შეფასებულ იქნეს მომხმარებლების ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ხანგრძლივობითა და სიხშირით, აგრეთვე ავარიული რეზერვის ფარდობითი სიდიდით, რომელიც აუცილებელია ენერგოსისტემისა და მისი ცალკეული ელემენტების უავარიო მუშაობისათვის.

შ ე გ უ ე ბ ა ს ა რ ე მ ო ნ ტ ო ს ა მ უ შ ა ო ე ბ ი ს ჩ ა ტ ა რ ე ბ ა ს თ ა ნ განისაზღვრება რემონტების ჩატარების შესაძლებლობით მომხმარებელთა ელექტრომომარაგების დარღვევის ან შეზღუდვის გარეშე. არსებობს სქემები, რომელშიც ამომრთველის რემონტისათვის მინაერთის სრული ამორთვაა საჭირო რემონტის მთელი ხანგრძლივობის განმავლობაში; სხვა სქემებში შითხოვება ცალკეული მინაერთების მხოლოდ დროებითი ამორთვა სპეციალური სარემონტო სქემის შესადაგენად; მესამე შემთხვევაში ამომრთველის რემონტი წარმოებს ელექტრომომარაგების დარღვევის გარეშე დროის მცირე მონაკვეთშიც კი. ამრიგად, განსახილველი სქემის შეგუება სარემონტო სამუშაოების ჩატარებასთან შეიძლება რაოდენობრივად მომხმარებლებისა და კვების წყაროს ამორთვის სიხშირითა და საშუალო ხანგრძლივობით შეფასდეს.

ე ლ ე ქ ტ რ უ ლ ი ს ქ ე მ ი ს ო პ ე რ ა ტ ი უ ლ ი მ ო ჭ ე ი ლ ო ბ ა განისაზღვრება მისი შეგუებით აუცილებელი საექსპლუატაციო რეჟიმებისა და ოპერატიული გადართვების ჩატარების პროცესთან.

სქემის მაქსიმალური ოპერატიული მოქნილობის უზრუნველყოფა მაშინ ხდება, როცა მასში ოპერატიული გადართვები ამომრთველებით ან სხვა საკომუტაციო აპარატებით ხორციელდება. აღნიშნული გადართვების ჩატარება მიზანშეწონილია დისტანციურად, ან, რაც უფრო უკეთესია, ავტომატიკის საშუალებებით, რაც საგრძნობლად აჩქარებს ავარიული მდგომარეობის ლიკვიდაციას.

ოპერატიული მოქნილობა ოპერატიული გადართვების სირთულით, რაოდენობითა და ხანგრძლივობით ფასდება.

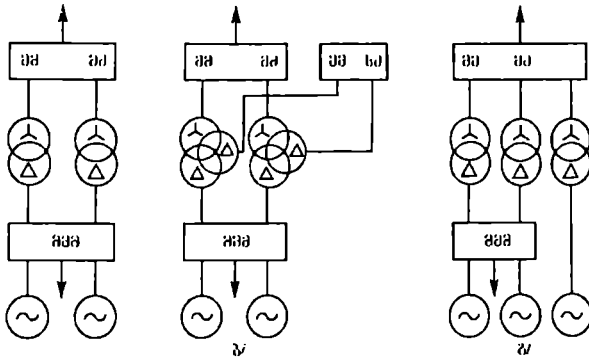
ს ქ ე მ ი ს ე კ ო ნ ო მ ი კ უ რ ი მ ი ზ ა ნ შ ე წ ო ნ ი - ლ ო ბ ა მიყვანილი დანახარჯებით ფასდება, რომელიც შეიცავს კაპიტალურ დანადგარის დამზადებაზე, აგრეთვე მისი

ექსპლუატაციისა და ელექტრომიმარაგების შეწყვეტით გამოწვეული შესაძლებელი ეკონომიკური ზარალის დანახარჯებით.

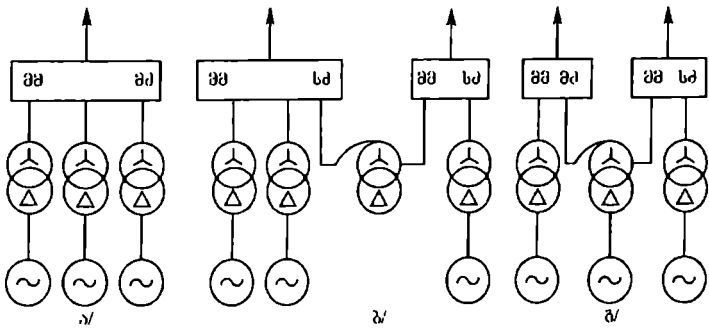
§6-3. ელექტროსადგურებსა და ქვესადგურებზე ელექტროენერჯის გადაცემის სქემები

ელექტროსადგურებისა და საკეანძო ქვესადგურების შემკრები საღტეებიდან ელექტროენერჯის გადაცემის სქემა დამოკიდებულია მოწყობილობის შემადგენლობაზე (გენერატორებისა და ტრანსფორმატორების რიცხვზე) და დატვირთვის განაწილებაზე სხვადასხვა ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობებს (მმ) შორის.

ნახ. 6-1-ზე მოცემულია თეცზე ელექტროენერჯის გადაცემის სტრუქტურული სქემები. ასეთ სადგურებს, როგორც წესი, მომხმარებლები 5-10 კვ გენერატორულ ძაბვაზეც გააჩნია, რაც აუცილებელს ხდის მთავარი ხანაწილებელი მოწყობილობის (მმ) დამონტაჟებას.



ნახ. 6-1. თეცზე ელექტროენერჯის გადაცემის სტრუქტურული სქემები.



ნახ. 6-2. მძლავრ ელექტროსადგურებზე (კვს, ჰეს, აეს) ელექტროენერჯის გადაცემის სტრუქტურული სქემები.

კავშირი ენერგოსისტემასთან განხორციელებულია 110, 220 კვ ძაბვის გადაცემი ხაზებით, რისთვისაც თეცზე მთავარი მანაწილებელი მოწყობილობის გარდა მაღალი ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობა (მმ მმ) მონტაჟდება (ნახ. 6-1ა).

თუ თეცის სიახლოვეს ენერგოტეკადი ობიექტებია განლაგებული, მათი კვება 35 კვ და უფრო მაღალი ძაბვით ხორციელდება. ასეთ შემთხვევებში თეცზე საშუალო ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობაა (სმ მმ) გათვალისწინებული (ნახ. 6-1ბ).

თეცებზე მძლავრი (100, 250 მგტ) გენერატორების დადგმის შემთხვევაში მათი მიერთება მანაწილებელი მოწყობილობის შემკრებ სალტებზე მიზანშეუწონილია, ვინაიდან ეს მშ-ის დენების გაზრდასა და მთავარი მანაწილებელი მოწყობილობების გაძვირებასა და გაბარიტების გაზრდას გამოიწვევს. ამასთან, ცნობილია, რომ მძლავრი გენერატორების ნომინალური ძაბვა 13,8-20 კე-ია, ხოლო მომხმარებლების კვება მთავარი მანაწილებელი მოწყობილობის შემკრები სალტებიდან, როგორც წესი, 6-10 კვ ძაბვით ხორციელდება. ყოველივე აღნიშნული მიზანშეუწონილს ხდის თეცის მძლავრი გენერატორების უშუალო მიერთებას მაღალი ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობასთან გენერატორ-ტრანსფორმატორის ბლოკის საშუალებით (ნახ. 6-1გ).

კავშირი სხვადასხვა ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობებს შორის ორგრაგნილიანი ან სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების ან ავტოტრანსფორმატორების საშუალებით ხორციელდება (ნახ. 6-1ბ,გ).

ნახ. 6-2-ზე მოცემულია ელექტროსადგურის შემკრები სალტებიდან ელექტროენერჯის გადაცემის სქემები კესების, ჰესებისა და აესებისათვის, რომლისთვისაც დამახასიათებელია გამომუშავებული ელექტროენერჯის უპირატესად მაღალი ძაბვით გადაცემა.

ასეთი ტიპის სადგურების სიახლოვეს მომხმარებლების არარსებობა საშუალებას იძლევა მანაწილებელი მოწყობილობა დამზადდეს და დამონტაჟდეს გენერატორულ ძაბვაზე. თითოეული გენერატორი მიერთებულია ამამაღლებელ ტრანსფორმატორთან გენერატორულ ძაბვაზე ამომრთველის გარეშე. ბლოკების - გენერატორი-ტრანსფორმატორი პარალელური მუშაობა ხორციელდება მაღალ ძაბვაზე, რომელზეც მანაწილებელი მოწყობილობაა გათვალისწინებული (ნახ. 6-2ა). თუ ელექტრო-ენერჯია მაღალი და საშუალო ძაბვებით გადაიცემა, კავშირი მათ შორის კავშირის ტრანსფორმატორით (ავტოტრანსფორმატორით) (ნახ. 6-2ბ) ან ავტოტრანსფორმატორით ხორციელდება, რომელიც გენერატორთან ბლოკშია შესრულებული (ნახ. 6-2გ).

ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების ამა თუ იმ სტრუქტურული სქემის შერჩევა ორი-სამი ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების საფუძველზე ხდება, რისთვისაც პირველ რიგში აუცილებელია ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების სიმძლავრისა და რიცხვის შერჩევა.

§6-4. თეცებზე კავშირის ტრანსფორმატორების რიცხვისა და სიმძლავრის შერჩევა

გენერატორული ძაბვის შემკრები სალტების მქონე ელექტროსადგურებზე ტრანსფორმატორების დადგმა მაღალი ძაბვის სალტებთან დასაკავშირებლად გათვალისწინებული. ასეთი კავშირი აუცილებელია ნორმალურ რეჟიმში ენერგოსისტემაში ჭარბი სიმძლავრის გადასაცემად, როცა მუშაობს ყველა გენერატორი 6-10 კვ ძაბვის დატვირთვის კვების რეზერვირებისათვის ერთ-ერთი გენერატორის გემპური ან ავარიული ამორთვის შემთხვევაში.

კავშირის ტრანსფორმატორების რიცხვი, როგორც წესი, ორს არ აღემატება და შემდეგი მოსაზრებებით შეირჩევა:

1. მთავარი მანაწილებელი მოწყობილობის (მმმ) შემკრები სალტების სამი და მეტი სექციის შემთხვევაში იდგმება კავშირის ორი ტრანსფორმატორი, რაც სიმეტრიული სქემის შედგენის საშუალებას იძლევა და ამცირებს სექციების შორის სიმძლავრეების გადადინებას ერთ-ერთი გენერატორის ამორთვის შემთხვევაში;

2. თეციდან ენერგოსისტემაში მნიშვნელოვანი სიმძლავრეების გადაცემის შემთხვევაში, რომელიც ენერგოსისტემის მბრუნავი რეზერვის თანაზომავია (სისტემის საერთო დადგმული სიმძლავრის 10-12%), მიზანშეწონილია ორი ტრანსფორმატორის დადგმა. ასეთ შემთხვევაში უსრუნველყოფილია ჭარბი გამომუშაებული სიმძლავრის ენერგოსისტემაში საიმედო და შეუფერხებელი გადაცემა;

3. სხვა შემთხვევებში, როცა მთავარი მანაწილებელი მოწყობილობა ერთი ან ორი სექციისაგან შედგება და სისტემაში გადასაცემი სიმძლავრე შედარებით მცირეა, დასაშვებია კავშირის ერთი ტრანსფორმატორის დადგმა.

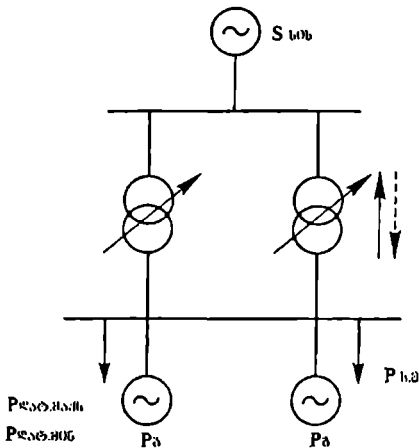
კავშირის ტრანსფორმატორებმა უნდა უზრუნველყოს გენერატორების მიერ გამომუშაებული მთელი აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეების სისტემაში გადაცემა ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარებისა და გენერატორული ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობის დატვირთვის გამოკლებით გამოსასვლელი დღეების ჩათვლით.

ნახ. 6-3-ზე მოცემულია თეცის მიერ გამომუშაებული ელექტროენერჯის გადაცემის სტრუქტურული სქემა, რომელზეც პირობითადაა ნაჩვენები გენერატორული და მაღალი ძაბვის შემკრები სალტები.

ტრანსფორმატორის გავლით გაცემული სიმძლავრე განისაზღვრება გენერატორების სიმძლავრის კოეფიციენტის ($\cos\phi$) სხვადასხვა მნიშვნელობის, დატვირთვისა და საკუთარი მოხმარების გათვალისწინებით

$$S = \sqrt{(\Sigma P_g - P_{\text{გაბ}} - P_{\text{ს.ა.}})^2 + (\Sigma Q_g - Q_{\text{გაბ}} - Q_{\text{ს.ა.}})^2} \quad (6-1)$$

სადაც ΣP_g , ΣQ_g - შემკრებ სალტებზე მიერთებული გენერატორების ჯამური აქტიური და რეაქტიული დატვირთვაა; $P_{\text{გაბ}}$, $Q_{\text{გაბ}}$ - გენერატორული ძაბვის აქტიური და რეაქტიული დატვირთვაა; $P_{\text{ს.ა.}}$, $Q_{\text{ს.ა.}}$ - სადგურის საკუთარი მოხმარების აქტიური და რეაქტიული დატვირთვა.



ნახ. 6-3. კაეშირის ტრანსფორმატორების შერჩევის საკითხისათვის.

კაეშირის ტრანსფორმატორის გაავლით გადაცემული სიმძლავრე გენერატორების მუშაობის რეჟიმისა და მომხმარებლების დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით იცვლება. აღნიშნული სიმძლავრე შეიძლება გენერატორების მიერ გამომუშავებული სიმძლავრის, მომხმარებლების დღელამური დატვირთვისა და თეცის საკუთარი მომხმარების დატვირთვის გრაფიკების საფუძველზე განისაზღვროს.

ნორმალურ რეჟიმში კაეშირის ტრანსფორმატორების გადატვირთვა დაუშვებელია.

ერთ-ერთი ტრანსფორმატორის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში მუშაობაში დარჩენილი ტრანსფორმატორის აუარიული გადატვირთვა ხანმოკლე დროის განმავლობაშია დასაშვები.

კაეშირის ტრანსფორმატორებმა შეიძლება იმუშაოს როგორც ამამაღლებელ რეჟიმში, როცა სადგურის მიერ გამომუშავებული სიმძლავრე ენერგოსისტემაში გადაიცემა, ასევე დამადაბლებელ რეჟიმში, როცა სისტემიდან მიღებულ სიმძლავრეს მომხმარებელი მოიხმარს. რევერსული მუშაობის რეჟიმის დროს აუცილებელია ისეთი ტრანსფორმატორების გამოყენება, რომელსაც დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობა გააჩნია.

თუ თეცზე 6-10 კე ძაბვის გარდა 35 კე ძაბვის მომხმარებლები არსებობს, რომელიც ტრანსფორმატორის საერთო სიმძლავრის არანაკლებ 15%-ს შეადგენს, იდგმება კაეშირის სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები (ნახ. 6-1ბ), ხოლო კაეშირი ენერგოსისტემასთან 110 კე ძაბვაზე ხორციელდება.

თუ 35 კე ძაბვის დატვირთვა ტრანსფორმატორის საერთო სიმძლავრის 15%-ზე ნაკლებია, ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები იდგმება.

სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორების სიმძლავრის შერჩევა დაბალი ძაბვის გრაგნილის დატვირთვის მიხედვით წარმოებს, რომელიც (6-1)-ითაა განსაზღვრული.

**§6-5. კესებზე, ჰესებსა და აესებზე კავშირის
ტრანსფორმატორების რიცხვისა და სიმძლავრის
შერჩევა**

მძლავრ კესებზე, ჰესებსა და აესებზე ელექტროენერჯის გადაცემა ენერგოსისტემაში ორი, და ხშირად სამი ამაღლებული ძაბვით წარმოებს (ნახ. 6-2ბ,გ).

კავშირი სხვადასხვა ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობებს შორის ავტოტრანსფორმატორის საშუალებით ხორციელდება, რომლის გამოყენების უპირატესობა ჩვეულებრივ ტრანსფორმატორებთან შედარებით ადრე იყო განხილული (§ 5-2).

ავტოტრანსფორმატორების სიმძლავრე მძალა და საშუალო ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობებს შორის სიმძლავრეთა გადაღინების მიხედვით შეირჩევა, რომელიც ექსპლუატაციის ყველაზე მძიმე რეჟიმით განისაზღვრება. საანგარიშო რეჟიმად შეიძლება მიღებულ იქნეს რეჟიმი, როცა სიმძლავრე საშუალო ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობიდან მაღალი ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობას გადაეცემა, რომელსაც კავშირი აქვს ენერგოსისტემასთან. ამასთან, მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული მინიმალური დატვირთვა სადგურის საკუთარი მოხმარების შემკრებ სალტებზე. უფრო მძიმე შეიძლება აღმოჩნდეს რეჟიმი, როცა სიმძლავრე მაღალი ძაბვის მანაწილებელი მოწყობილობიდან საშუალო ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობას გადაეცემა საკუთარი მოხმარების სალტების მაქსიმალურად დატვირთვისა და აღნიშნულ სალტებზე მიერთებული ერთ-ერთი ბლოკის ამორთვის შემთხვევაში.

კავშირის ავტოტრანსფორმატორების რიცხვი ენერგოსისტემის მიმდებარე რაიონის სქემით განისაზღვრება. ხისტემის მაღალი და საშუალო ძაბვის გადამცემ ხაზებს შორის დამატებითი კავშირების არსებობის შემთხვევაში ელექტროსადგურზე შეიძლება დაიდგას ერთი ავტოტრანსფორმატორი. თუ ენერგოსისტემაში ასეთი კავშირი არ არსებობს, საიმედოობის გაზრდის მიზნით ორი ავტოტრანსფორმატორის დადგმაა საჭირო.

შესაძლებელია ავტოტრანსფორმატორის გენერატორთან ბლოკში მუშაობა (ნახ. 6-2გ). ამ შემთხვევაში ავტოტრანსფორმატორის სიმძლავრე სარგებლიანობის კოეფიციენტის გათვალისწინებით შეირჩევა. დაბალი ძაბვის გრავნილი ავტოტრანსფორმატორის ტიპურ სიმძლავრეზეა გათვლილი.

$$S_{\text{გა}} = S_{\text{გა}} = K_{\text{სარ}} S_{\text{ნომ}} \quad (6-2)$$

სადაც $S_{\text{ნომ}}$ - ავტოტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრეა კატალოგის მიხედვით; $K_{\text{სარ}}$ - სარგებლიანობის კოეფიციენტი.

იმის გამო, რომ ავტოტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის გრავნილი გაანგარიშებულ უნდა იქნეს გენერატორის სრულ სიმძლავრეზე, შეიძლება ჩაეთვალოს

$$S_{\text{გ}} = S_{\text{გა}} = K_{\text{სარ}} S_{\text{ნომ}} \quad (6-3)$$

საიდანაც

$$S_{\text{ნომ}} = \frac{S_{\text{გ}}}{K_{\text{სარ}}} \quad (6-3a)$$

$K_{\text{სარ}}$ ავტოტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტზეა ($K_{\text{სარ}}$) დამოკიდებული და (0,33-0,667)-ის ფარგლებში იცვლება. სათანადოდ, ავტოტრანსფორმატორის სიმძლავრე გენერატორთან ბლოკში მუშაობის დროს ტოლია

$$S_{\text{გამ}} = 3 + 1,5S_{\text{აგ}}$$

(6-4)

ავტოტრანსფორმატორის სიმძლავრის გაზრდა გენერატორთან ბლოკში მუშაობის დროს ამცირებს კაეშირის სქემის ეფექტურობას, რაც ნახ. 6-2გ-ზეა ნაჩვენები. ამ სქემაში ავტოტრანსფორმატორი კომბინირებულ რეჟიმში მუშაობს, ე.ი. ელექტროენერგიას დაბალი ძაბვის მხრიდან საშუალო ან მაღალი ძაბვის მხარეზე გადასცემს და ახორციელებს სიმძლავრის გადადინებას საშუალო და მაღალი ძაბვის მანაწილებელ მოწყობილობებს შორის. მუშაობის კომბინირებული რეჟიმი გრაგნილების დატვირთვის მკაცრ კონტროლს მოითხოვს.

ავტოტრანსფორმატორის მიერთების ამა თუ იმ სქემის საბოლოო შერჩევა ტექნიკურ-ეკონომიკურად უნდა იქნეს დასაბუთებული.

§6-6. ქვესადგურებზე ტრანსფორმატორების რიცხვისა და სიმძლავრის შერჩევა

წყელაზე ხშირად ქვესადგურებზე იდგმება ორი ტრანსფორმატორი ან ავტოტრანსფორმატორი. ასეთ შემთხვევებში ტრანსფორმატორების სიმძლავრის სწორად შერჩევის პირობებში უზრუნველყოფილია მომხმარებლების საიმედო ელექტრომომარაგება ერთ-ერთი მათგანის ავარიული ამორთვის შემთხვევაში.

ორტრანსფორმატორიან ქვესადგურებზე ექსპლუატაციის პირველ წლებში, როცა დატვირთვა საანგარიშო მნიშვნელობაზე ნაკლებია, შესაძლებელია ერთი ტრანსფორმატორის დადგმა. ამ პერიოდის განმავლობაში აუცილებელია მომხმარებლების ელექტრომომარაგების რეზერვირება საშუალო ან დაბალი ძაბვის ელექტრული ქსელის საშუალებით. შემდგომში, ტრანსფორმატორის დატვირთვის საანგარიშო მნიშვნელობის მიღწევის შემდეგ იდგმება მეორე ტრანსფორმატორი. თუ ერთი ტრანსფორმატორის დადგმის დროს კეების რეზერვირება საშუალო ან დაბალი ძაბვის ქსელით შეუძლებელია, ხოლო ქვესადგურის სრული დატვირთვა მოსალოდნელია ექსპლუატაციაში მისი შეყვანიდან სამ წელიწადზე უფრო ადრე, ქვესადგური საბოლოო სქემის მიხედვით, ე.ი. ორი ტრანსფორმატორით უნდა იქნეს აშენებული.

ერთტრანსფორმატორიანი ქვესადგურები იგება არასაპასუხისმგებლო მესამე კატეგორიის მომხმარებლების ელექტრომომარაგებისათვის, თუ დაზიანებული ერთადერთი ტრანსფორმატორის შეცვლა ან რემონტი არაუგვიანეს ერთი დღეღამის განმავლობაშია შესაძლებელი.

ერთტრანსფორმატორიანი ქვესადგურების ექსპლუატაცია მეორე კატეგორიის მომხმარებლების ელექტრომომარაგებისათვის დასაშვებია მხოლოდ რეზერვის ცენტრალისებული გადასატანი ტრანსფორმატორის ან საშუალო ან დაბალი ძაბვის კეების სარეზერვო წყაროს არსებობის შემთხვევაში, რომლის ჩართვა ხელთ ან ავტომატურადაა შესაძლებელი.

თუ პირობები იძლევა როგორც ორტრანსფორმატორიანი, ასევე ერთტრანსფორმატორიანი ქვესადგურის გამოყენების საშუალებას, საბოლოო გადაწყვეტულა ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების შედეგად მიიღება, რომლის დროსაც გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ერთი ტრანსფორმატორის დადგმის შემთხვევაში ელექტრომომარაგების შეწყვეტის შედეგად გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი.

ორის ნაცვლად სამი ან ოთხი ტრანსფორმატორის ან ავტოტრანსფორმატორის დადგმა მძლავრ საკვანძო ქვესადგურებზე რიგ შემთხვევებში შეიძლება ეკონომიკურად გამართლებული აღმოჩნდეს შედარებით მცირე ჯამური სიმძლავრისა და კაპიტალდაბანდებების სხვადასხვადროულობის გამო. ექსპლუატაციის პირველ წელს, როცა დატვირთვა ჯერ კიდევ არაა მიღწეული საანგარიშო მნიშვნელობას, იდგმება ორი ტრანსფორმატორი (ავტოტრანსფორმატორი), ხოლო შემდეგ წლებში – მესამე და მეოთხე. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ოთხტრანსფორმატორიანი ქვესადგურის სქემა მნიშვნელოვნად რთული გამოდის, რის გამოც ქვესადგურების მშენებლობის ასეთი ვარიანტი იშვიათად გამოიყენება და ეკონომიკურად უნდა იქნეს დასაბუთებული.

ქვესადგურების ტრანსფორმატორების სიმძლავრე პირველი ტრანსფორმატორის ექსპლუატაციაში შეყვანის მომენტიდან მეხუთე წლის დატვირთვის მიხედვით შერჩევა. ერთტრანსფორმატორიან ქვესადგურებზე ტრანსფორმატორის სიმძლავრე შემდეგი პირობის მიხედვით იანგარიშება:

$$S_{\text{ნომ}} \geq \frac{P_{\text{აკვს}}}{\cos \varphi} \quad (6-5)$$

სადაც $P_{\text{აკვს}}$ - ქვესადგურის ჯამური აქტიური დატვირთვაა საანგარიშო ხუთი წლის პერიოდში; $\cos \varphi$ - სიმძლავრის კოეფიციენტი.

ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრის შერჩევის დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მისი სისტემური გადატვირთვების შესაძლებლობა დატვირთვის გრაფიკისა და გარემოს გამაცივებელი ტემპერატურის მიხედვით. თუ ტრანსფორმატორის სიმძლავრე მხოლოდ (6-5)-ის პირობითაა შერჩეული, მაშინ დატვირთვის მოკლე ხანგრძლივობის პიკის დროს (0,5-1,0 საათი) იგი ხანგრძლივად იქნება გადატვირთული. ასეთ რეჟიმში მუშაობა არაეკონომიკურია, ხოლო ქვესადგურის დადგმული სიმძლავრე - გაზრდილი.

თუ ტრანსფორმატორების რიცხვი - ($n > 1$), თითოეული მათგანის სიმძლავრე შეირჩევა პირობით:

$$S_{\text{ნომ}} \geq \frac{P_{\text{აკვს}} K_{1-2}}{K_{\text{კვ}} (n-1) \cos \varphi} \quad (6-6)$$

სადაც $P_{\text{აკვს}}$ იგივეა, რაც (6-5)-ში; K_{1-2} - დატვირთვაში პირველი და მეორე კატეგორიის მომხმარებლების მონაწილეობის კოეფიციენტი; $K_{\text{კვ}}$ - ტრანსფორმატორის დასაშვები ავარიული გადატვირთვების კოეფიციენტი.

თუ (6-6)-ში ჩავსვამთ $\cos \varphi$ -ს საშუალო მნიშვნელობასა და K_{1-2} კოეფიციენტის სიდიდეს, აგრეთვე გაითვალისწინებთ ტრანსფორმატორების ავარიულ ან სისტემატურ გადატვირთვებს, ორტრანსფორმატორიანი ქვესადგურისათვის მივიღებთ

$$S = 0,65 - 0,7 S_{\text{აკვს}} \quad (6-7)$$

(6-7) პირობით შერჩეული ტრანსფორმატორები ნორმალურ რეჟიმში ყველა მომხმარებლების ელექტრომომარაგებას უზრუნველყოფს ტრანსფორმატორების ოპტიმალური გადატვირთვის $[(0,6 - 0,7) S_{\text{ნომ}}]$ შემთხვევაში, ხოლო ერთ-ერთი ტრანსფორმატორის დაზიანების დროს უზრუნველყოფს მომხმარებლების კვებას ტრანსფორმატორების დასაშვები ავარიული ან სისტემატური გადატვირთვების გათვალისწინებით.

ავტოტრანსფორმატორების სიმძლავრის შერჩევის დროს, რომლის დაბალი ძაბვის გრაგნილზე სინქრონული კომპენსატორებია მიერთებული, საჭიროა ავტოტრანსფორმატორის საერთო გრაგნილის დატვირთვის შემოწმება პირობით

$$S_0 = \sqrt{(K_{\text{სარ}} P_{\text{მ}} + P_{\text{დ}})^2 + (K_{\text{სარ}} Q_{\text{მ}} + Q_{\text{დ}})^2} \quad (6-8)$$

სადაც $P_{\text{მ}}$, $Q_{\text{მ}}$ - მაღალი და საშუალო ძაბვის გრაგნილებიდან გადაცემული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეა; $P_{\text{დ}}$, $Q_{\text{დ}}$ - დაბალი ძაბვის გრაგნილიდან საშუალო ძაბვის გრაგნილში გადაცემული აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრე.

500 კვ-მდე ძაბვის ჩათვლით მაღალი ძაბვის მქონე ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები შესაძლებლად სამფაზა შესრულებით შეირჩევა.

ერთფაზა ტრანსფორმატორების ჯგუფი სათანადო სიმძლავრის სამფაზა ტრანსფორმატორის არარსებობის შემთხვევაში იდგმება. ერთფაზა ტრანსფორმატორების ერთი ჯგუფის დადგმის დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს ერთი სარეზერვო ფაზა. რიგ შემთხვევებში შეიძლება ეკონომიკური აღმოჩნდეს შეწყვილებული სამფაზა ტრანსფორმატორები (ავტოტრანსფორმატორები).

§6-7. ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარება ელექტრო- ენერჯის გადაცემის სქემის შერჩევის დროს

სქემის ეკონომიკური მიზანშეწონილობა მინიმალური მიყვანილი ხარჯებით განისაზღვრება

$$Z = p_6 K + U + Y \quad (6-9)$$

სადაც K - ელექტროდანადგარის მშენებლობის კაპიტალდაბანდება; p_6 - ეკონომიკური ეფექტურობის ნორმატიული კოეფიციენტი ($p_6 = 0,12$); U - წლიური საექსპლუატაციო ხარჯებია; Y - უკმარგაცემული ელექტროენერჯის თანაზომვადი ეკონომიკური ზარალია.

კაპიტალდაბანდება ქსელისა და ტრანსფორმატორების შერჩევის დროს ქსელის ელემენტების ღირებულების გამსხვილებული მაჩვენებლებით განისაზღვრება.

მიყვანილი ხარჯების მეორე შემდგენი - წლიური საექსპლუატაციო ხარჯები განისაზღვრება ფორმულით

$$H = \frac{P_1 + P_2}{100} K + \beta \Delta W \cdot 10^{-5} \quad (6-10)$$

სადაც P_1, P_2 - დარიცხვებია ამორტიზაციასა და მომსახურებაზე (%); ΔW - ელექტროენერჯის დანაკარგებია; β - 1 კეტს ელექტროენერჯის დანაკარგების ღირებულება.

ელექტროენერჯის დანაკარგები ორგრაფილიან ტრანსფორმატორში გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{ჯ}} T + \Delta P_{\text{გ}} \left(\frac{S_{\text{მაქს}}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 \tau \quad (6-11)$$

სადაც $\Delta P_{\text{ჯ}}$ - უქმი სელის დანაკარგებია, კეტ; $\Delta P_{\text{გ}}$ - მშ-ს დანაკარგებია, კეტ; $S_{\text{მაქს}}$ - ტრანსფორმატორის საანგარიშო (მაქსიმალური) დატვირთვაა, მვა; T - ტრანსფორმატორის წლიური მუშაობის ხანგრძლივობაა, სთ ($T=8760$); τ - მაქსიმალური დანაკარგების წლიური ხანგრძლივობაა და მაქსიმალური დატვირთვის გამოყენების წლიური ხანგრძლივობით ($T_{\text{გაკ}}$) განისაზღვრება.

$T_{\text{გაკ}}$ ქვესადგურების ძაბვის სალტების დატვირთვის გრაფიკით ან ენერგოსისტემის კავშირის ტრანსფორმატორებით გაცემული სიმძლავრით განისაზღვრება. თუ დატვირთვის გრაფიკის აგება არ წარმოებს, ქვესადგურის ტრანსფორმატორებისათვის $T_{\text{გაკ}}$ დაბალი ძაბვის შემკრები სალტების მომხმარებლების $T_{\text{გაკ}}$ -ის ტოლად მიიღება.

ელექტროენერჯის დანაკარგები სამფაზა ტრანსფორმატორში (ავტოტრანსფორმატორში) განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{შ}} T + \Delta P_{\text{შ,მალ}} \left(\frac{S_{\text{მკლ}}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 r_{\text{მალ}} + \Delta P_{\text{შ,საშ}} \times \left(\frac{S_{\text{მკლ,საშ}}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 r_{\text{საშ}} + \Delta P_{\text{შ,ღაბ}} \left(\frac{S_{\text{მკლ,ღაბ}}}{S_{\text{ნომ}}} \right)^2 r_{\text{ღაბ}}, \quad (6-12)$$

სადაც ინდექსებით - მალ, საშ, დაბ - შესაბამისად ტრანსფორმატორის (აუტოტრანსფორმატორის) მაღალი, საშუალო და დაბალი ძაბვის გრაგნილების პარამეტრებია გამოსახული; $r_{\text{მალ}}$, $r_{\text{საშ}}$, $r_{\text{ღაბ}}$ - შესაბამისად $T_{\text{მკლ}}$ -ის მიხედვით განისაზღვრება. ზოგჯერ გამარტივებისათვის იღებენ:

$$r_{\text{მალ}} = r_{\text{საშ}} = r_{\text{ღაბ}} \quad (6-12a)$$

კატალოგებში ტრანსფორმატორისათვის მოცემულია მშ-ის დანაკარგები მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილებისათვის ($\Delta P_{\text{შ,მ-ღ}}$).

თუ ტრანსფორმატორის სამივე ფაზის სიმძლავრე თანაბარია, იღებენ:

$$\Delta P_{\text{შ,მალ}} = \Delta P_{\text{შ,საშ}} = \Delta P_{\text{შ,ღაბ}} = \Delta P_{\text{შ,მ-ღ}} \quad (6-13)$$

თუ ტრანსფორმატორის რომელიმე გრაგნილის სიმძლავრე 0,67 $S_{\text{ნომ}}$ -ია, მაშინ აღნიშნული გრაგნილის $\Delta P_{\text{შ}}$ დანაკარგები 0,67-ჯერ მცირდება. ასე, მაგალითად, თუ ტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის გრაგნილი გათვლილია $S_{\text{ნომ,ღაბ}} = 0,67 S_{\text{ნომ}}$ სიმძლავრეზე, მაშინ

$$\Delta P_{\text{შ,ღაბ}} = 0,67 \cdot 0,5 \Delta P_{\text{შ,მ-ღ}} \quad (6-14)$$

ამასთან, (6-12)-ში დაბალი ძაბვის გრაგნილის დანაკარგების შემდგენში იხმება არა $S_{\text{ნომ}}$, არამედ 0,67 $S_{\text{ნომ}}$

სამფაზა აუტოტრანსფორმატორებში ელექტროენერგიის დანაკარგები იმ პირობის გათვალისწინებით, რომ

$$S_{\text{ნომ,ღაბ}} = K_{\text{სარ}} S_{\text{ნომ}} \quad (6-15)$$

(6-12)-ით განისაზღვრება, სადაც დანაკარგები მაღალი, საშუალო და დაბალი ძაბვის გრაგნილებში აუტოტრანსფორმატორის სიმძლავრეებს განეკუთვნება:

$$\Delta P_{\text{შ,მალ}} = 0,5 \left(\Delta P_{\text{შ,მ-ს}} + \frac{\Delta P_{\text{შ,მ-ღ}}}{K_{\text{სარ}}^2} - \frac{\Delta P_{\text{შ,ს-ღ}}}{K_{\text{სარ}}^2} \right) \quad (6-16)$$

$$\Delta P_{\text{შ,საშ}} = 0,5 \left(\Delta P_{\text{შ,მ-ს}} + \frac{\Delta P_{\text{შ,ს-ღ}}}{K_{\text{სარ}}^2} - \frac{\Delta P_{\text{შ,მ-ღ}}}{K_{\text{სარ}}^2} \right) \quad (6-17)$$

$$\Delta P_{\text{შ,ღაბ}} = 0,5 \left(\frac{\Delta P_{\text{შ,მ-ღ}}}{K_{\text{სარ}}^2} + \frac{\Delta P_{\text{შ,ს-ღ}}}{K_{\text{სარ}}^2} - \Delta P_{\text{შ,მ-ს}} \right) \quad (6-18)$$

თუ ტრანსფორმატორის დაბალი ძაბვის გრაგნილის ნომინალური სიმძლავრე $N_{\text{ნომ.დაბ}} \neq K$ სარ $N_{\text{ნომ. მაშინ (6-16) (6-18) ფორმულებში } K$ სარ - ის ნაცულად შეტანილი უნდა იქნეს $N_{\text{ნომ.დაბ}} / N_{\text{ნომ}}$

ელექტროენერგიის დანაკარგები რამდენიმე პარალელურად მომუშავე ტრანსფორმატორში

$$\Delta W = n \Delta W \quad (6-19)$$

სადაც ΔW (6-12)-ით განისაზღვრება.

უკმარგაცემული ელექტროენერგიის შედეგად გამოწვეული ეკონომიკური ზარალი მხოლოდ იმ შემთხვევაში განისაზღვრება, თუ შესაძარებელ ვარიანტებს კვების საიმედოობის მხრივ არსებითი განსხვავება გააჩნია. ზარალის აღრიცხვისათვის საჭიროა ავარიული ამორთვების აღბათობისა და ხანგრძლივობის, წარმოების სპეციფიკისა და რიგი სხვა ფაქტორების ცოდნა, რომელიც დაწერილებით სპეციალურ ლიტერატურაში განხილული.

თავი VII. ელექტროდანადგარების ელექტრული უსაფრთხოების საკითხები

§7-1. ჩამამიწებელი მოწყობილობების დანიშნულება და განსაზღვრებები

ადამიანის შემთხვევითი შეხება ელექტრული დანადგარის დენგამტარ ნაწილებთან მის სხეულში დენის გაელას იწვევს, რაც ხშირად სასიკედილო შედეგით მთაერდება.

ადამიანის დაზიანება შესაძლებელია აგრეთვე მოწყობილობის ისეთ ცალკეულ მეტალურ ნაწილებთან შეხების შემთხვევაშიც, რომელიც ნორმალურ პირობებში ძაბვის ქვეშ არ იმყოფება, მაგრამ დენგამტარი ნაწილების იზოლაციის დაზიანების შემთხვევაში (ელექტროძრავა, სანათები, გამშეი აპარატურის კორპუსები და სხვ.) შეიძლება ძაბვის ქვეშ აღმოჩნდეს.

შესაძლებელია ადამიანის ელექტრომოწყობილობასთან შეხების ორი სახე: ერთპოლუსა შეხება, როცა ადამიანი ერთ სადენს ეხება და ორპოლუსა, როცა ადამიანი ერთდროულად ორ ხაზურ სადენს შეეხება. ორპოლუსა შეხება გაცილებით სახიფათოა, ვინაიდან ადამიანის ორგანიზმში გაელილ დენს ($I_{ად}$) მაქსიმალური მნიშვნელობა გააჩნია

$$I_{ად} = \frac{U_b}{r_{ად}} \quad (17-1)$$

სადაც U_b - ქსელის ხაზური ძაბვაა, ვოლტი; $r_{ად}$ - ადამიანის ორგანიზმის წინაღობაა ომებში, რომელიც 800-დან 100000-მდე იცვლება და ადამიანის კანის ტენიანობაზე, ნერეული სისტემის მდგომარეობასა და სხვა ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

ადამიანის სხეულის შეხების დროს როგორც მოწყობილობის დენგამტარ, ასევე არადენგამტარ ნაწილებთან, რომელიც იზოლაციის დაზიანების შემთხვევაში შეიძლება ძაბვის ქვეშ აღმოჩნდეს, ორგანიზმში გამავალი დენის სიდიდე კვების წყაროს ნეიტრალის ჩამიწების სახეზეა დამოკიდებული. გენერატორების ან ძალური ტრანსფორმატორების ნეიტრალი ყრუდ ან მიწისაგან იზოლირებულად შეიძლება იყოს ჩამიწებული.

ელექტროდანადგარების ყველა მეტალური ნაწილი, რომელიც მუშაობის ნორმალურ რეჟიმში ძაბვის ქვეშ არ იმყოფება, იზოლაციის დაზიანების შესაძლებლობის გამო მიწასთან უნდა იყოს შერთული. ასეთ ჩამიწებას დ ა მ ც ა ე ი ჩამიწება ეწოდება, ვინაიდან მის მიზანს შეადგენს ოპერატიული პერსონალის დაცვა სახიფათო ძაბვისაგან. ჩამიწება აუცილებელია 500 ე და მეტი ძაბვის ქვეშ მომუშავე ყველა დანადგარისათვის, ხოლო უსაფრთხოების მიზნით ყველაზე საშიშ დანადგარებსა და ნაგებობებში - ცველადი დენის 36 ე-ზე მეტი ძაბვის შემთხვევაშიც კი.

ელექტრულ დანადგარებში ჩამიწებას შემდეგი ელემენტები ექვემდებარება: ელექტრული მანქანების, ძალური ტრანსფორმატორებისა და აპარატების ამძრავები, მანაწილებელი ფარების, პულტების, კარადების კარკასები, მანაწილებელი მოწყობილობების მეტალური კონსტრუქციები, სანათებისა და საკაბელო ქსოროების კორპუსები, კაბელებისა და სადენების მეტალური გარსები და ჯაფნები, ელექტრომოწყობილობების დადგმასთან დაკავშირებული ნაგებობების მეტალური კონსტრუქციები და სხვ.

ჩამიწებას, რომლის დანიშნულებაა ელექტრომოწყობილობის ნორმალური ექსპლუატაციის უზრუნველყოფა, მ უ შ ა ჩამიწება ეწოდება.

მუშა ჩამიწება - ესაა სინქრონული გენერატორებისა და ძალური ტრანსფორმატორების ნეიტრალის ჩამიწება. ნეიტრალის ჩამიწების შემთხვევაში ფაზების იზოლაცია მიწის მიმართ ფაზური ძაბვის მიხედვით შეირჩევა, ხოლო იზოლირებული ნეიტრალის შემთხვევაში - ხაზური ძაბვის მიხედვით. ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ელექტროდანადგარები და ქსელეები გაცილებით ეკონომიკური გამოდის, რასაც არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება 110 კე და უფრო მაღალი ძაბვის დანადგარებში. ნეიტრალის ჩამიწების დროს იზრდება დანადგარის ექსპლუატაციის უსაფრთხოება, ეინაიდან უზრუნველყოფილია რელეური დაცვის საიმედო მუშაობა და დაზიანების სელექციური ამორთვა.

ელეის დარტყმისაგან მოწყობილობის დასაცავად გამოიყენება მებდაცვა მცლელებისა და დეროვანი და ბაგირული მებსარიდების ნაპერწკლული შუალედების გამოყენებით, რომელიც ჩამამიწებულ მოწყობილობასთანაა მიერთებული. ასეთ ჩამიწებას მ ე ხ დ ა მ ც ა ე ი ჩ ა მ ი წ ე ბ ა ეწოდება.

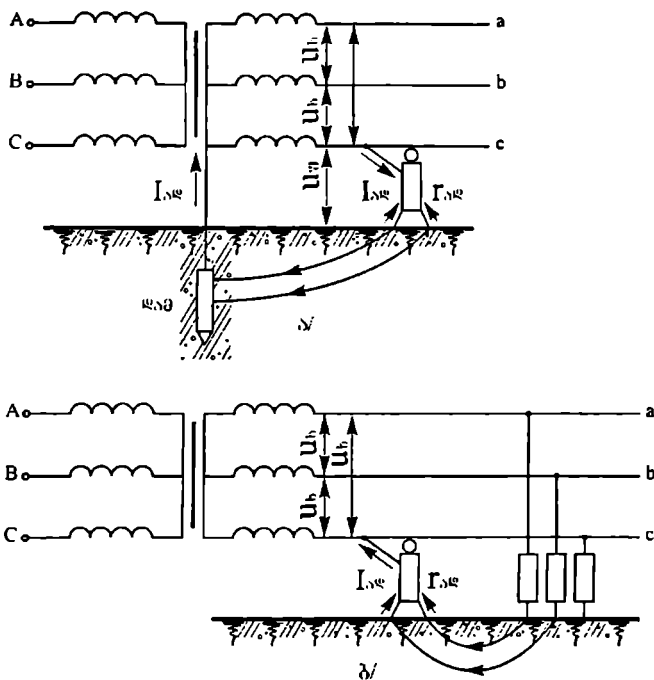
§7-2. ელექტროდანადგარების მუშა ჩამიწება

ყ რ უ დ ჩ ა მ ი წ ე ბ უ ლ ი ნეიტრალი ეწოდება გენერატორის ან ტრანსფორმატორის ნეიტრალს, რომელიც ჩამამიწებელ მოწყობილობასთან უშუალოდ ან მცირე წინაღობის (დენის ტრანსფორმატორები და სხვ.) გაელითა მიერთებული.

ი ზ ო ლ ი რ ე ბ უ ლ ი ეწოდება ნეიტრალს, რომელიც არაა მიერთებული ჩამამიწებელ მოწყობილობასთან ან მიერთებულია მასზე დიდი წინაღობის (საკომპენსაციო კოჭები, ძაბვის ტრანსფორმატორები) გაელით.

ნახ. 7-1-ზე მოცემულია ჩამიწებული და იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელების ელექტრული სქემები.

ყ რ უ დ ჩ ა მ ი წ ე ბ უ ლ ი ნეიტრალის მქონე ქსელში ერთპოლუსა შეხების დროს ადამიანის ორგანიზმში გაედილი დენი ქსელის ფაზური ძაბვით, სხეულის წინაღობითა (თუ უკულებელყოფთ გრუნტის უმნიშვნელო



ნახ. 7-1. ელექტრული ქსელების სქემა.

ა - ჩამიწებული ნეიტრალით; ბ - იზოლირებული ნეიტრალით.

წინააღმდეგობას ადამიანის ფეხის ტერფის მიერ დაკავებულ ფართობზე და ფეხსაცმლის წინააღმდეგობას და ჩამოწებული მოწყობილობის წინააღმდეგობის განისაზღვრება:

$$I_{\text{აფ}} = \frac{U_{\text{ფ}}}{r_{\text{აფ}}} = \frac{U_{\text{ს}}}{\sqrt{3}r_{\text{აფ}}} \quad (7-2)$$

იზოლირებულ ნეიტრალის მქონე სისტემაში $I_{\text{აფ}}$ დამოკიდებულია წინააღმდეგობის ჯამურ მნიშვნელობასა და ქსელის იზოლაციაზე, აგრეთვე ხაზის სადენების ტვეადობაზე მიწის მიმართ. იზოლირებული ნეიტრალის მქონე სისტემა იზოლაციის ნორმალური მდგომარეობის შემთხვევაში გაცილებით ნაკლებად საშიშია, ვიდრე ყრუდ ჩამოწებული ნეიტრალის მქონე სისტემა.

ამასთან, ასეთი სისტემის ხაზებში ოპერატიული პერსონალის შეუძნეველად შესაძლებელია ერთი ფაზის მიწასთან შერთვის დენის ხანგრძლივად გავლა. თუ ამ დროს ადამიანი მუშაობაში დარჩენილი ორი ფაზიდან ერთ-ერთს შეეხება, იგი ქსელის სრული ხაზური ძაბვის ქვეშ აღმოჩნდება, რაც ორპოლუსა შეხების ტოლფასია.

იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელები გამოიყენება უსაფრთხოების გაზრდილი მოთხოვნების (ტორფდამამუშავებელი დანადგარები, ქვანახშირის შახტები) მქონე საწარმოებში ქსელის იზოლაციის კონტროლის მოწყობილობისა და ძალური ტრანსფორმატორების გამრღვევი მცლელეების აუცილებელი არსებობის პირობებში, რომელიც ოპერატიულ პერსონალს მიწასთან შერთვის ადგილის სწრაფად აღმოჩენისა და დაზიანების აღმოფხვრის საშუალებას მისცემს.

ფიზიოლოგებისა და ექიმების მიერ დადგენილია, რომ 0,0015 ა დენის ადამიანის ორგანიზმში გავლა არასასიამოვნო შეგრძნებებს იწვევს; 0,05 ა სიდიდის დენი იწვევს სუნთქვის დაძვლას, როცა ადამიანს არ შეუძლია ელექტროქსელიდან დამოუკიდებლად გათავისუფლება, ხოლო 0,1 ა დენის გავლის შემთხვევაში ადგილი აქვს უსაფრთხოებასა და სიკვდილს. 0,015-0,02 ა დენი მიღებულია, როგორც უსაფრთხოების ზღვრული დენი. უსაფრთხოდ 1-დან 30 წმ-ის განმავლობაში გავლის შემთხვევაში სამრეწველო სიხშირის (50 კვ) პირობებში მამაკაცისათვის დასაშვებია 9 მა, ხოლო ქალებისათვის - 6 მა დენი. გაზრდილი სიხშირის დენი ადამიანის სიცოცხლისათვის გაცილებით ნაკლებად საშიშია. ასე, მაგალითად, 100000 პერცი სიხშირის დროს 3 ა დენის გავლა ადამიანის ორგანიზმში მხოლოდ სხეულის დაზიანებას იწვევს.

ელექტრული დენისაგან ადამიანის დაცვის ერთ-ერთ რადიკალურ ღონისძიებას ელექტროდანადგარების არადენგამტარ ნაწილებთან შეხებისას მათი ჩამოწება წარმოადგენს.

ელექტროდანადგარის რომელიმე ნაწილის ჩ ა მ ი წ ე ბ ა ეწოდება მის წინასწარგანზრახულ შეერთებას ჩამოწებულ მოწყობილობასთან.

ჩ ა მ ა მ ი წ ე ბ ე ლ ი მ ო წ ყ ო ბ ი ლ ო ბ ა შედგება ჩამოწებლისა და ჩამოწებული სადენებისაგან.

ჩ ა მ ა მ ი წ ე ბ ე ლ ი ეწოდება მეტალურ სადენებს ან სადენთა ჯგუფს, რომელიც უშუალოდ მიწის გრუნტთანაა შეერთებული.

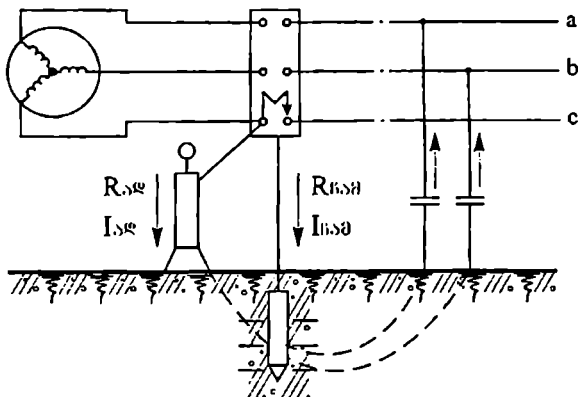
ჩ ა მ ა მ ი წ ე ბ ე ლ ი ს ა დ ე ნ ე ბ ი ეწოდება მეტალურ სადენებს, რომელიც ელექტროდანადგარების ჩასამოწებელ ნაწილებს ჩამოწებულთან აერთებს.

ჩამოწებლად გამოიყენება კუთხოვან ან მრგვალი ფოლადის ღეროები ან ფირფიტები, ასევე პორიზონტალურად ჩალაგებული ფოლადის ზოლები.

1000 ე-მდე ძაბვის მოწყობილობებში ჩამიწების მოწყობილობის შერჩევის დროს პირველ რიგში ბუნებრივი ჩამამიწებლები გამოიყენება, რომელსაც მყარი კავშირი გააჩნია მიწის გრუნტთან (შენობებისა და ნაგებობების მეტალური კონსტრუქციები, სამაგრი, წყალგაყვანილობისა და სხვა მიწები იმ მიწების გარდა, რომელშიც ცხელი სითხე ან ფეთქებადი აირი გადის), კაბელების ტყვიის გარსი და სხვ.

ხელოვნური ჩამამიწებელი მოწყობილობა მხოლოდ ბუნებრივი ჩამამიწებელი მოწყობილობის არარსებობის შემთხვევაში ან მისი დამატების სახით გამოიყენება.

ჩ ა ნ უ ლ ე ბ ა - ესაა ჩამამიწებელი ობიექტის მეტალური შეერთება გენერატორის ან ტრანსფორმატორის ჩამიწებულ ნეიტრალთან (ნახ. 7-2).



ნახ. 7-2. ელექტროძრავას კორპუსისა და სანათის არმატურის ჩანულების სქემა 380/220 ვ ძაბვის ქსელში.

ჩანულება გამოიყენება 380/220 ვ ძაბვის დანადგარებში, რომელიც ღია მოედნებზე და გაზრდილი საფრთხის მქონე შენობებშია მოთავსებული, ხოლო 220/127 ვ ძაბვის დანადგარებში - განსაკუთრებით სახიფათო პირობებში მომუშავე დანადგარებში. ჩანულება აშუნებს ადამიანს და ქმნის ერთფაზა მშ-ის დენის წრედის მცირე წინაღობას, რითაც დაზიანებული ფაზის სწრაფ ამორთვას უზრუნველყოფს.

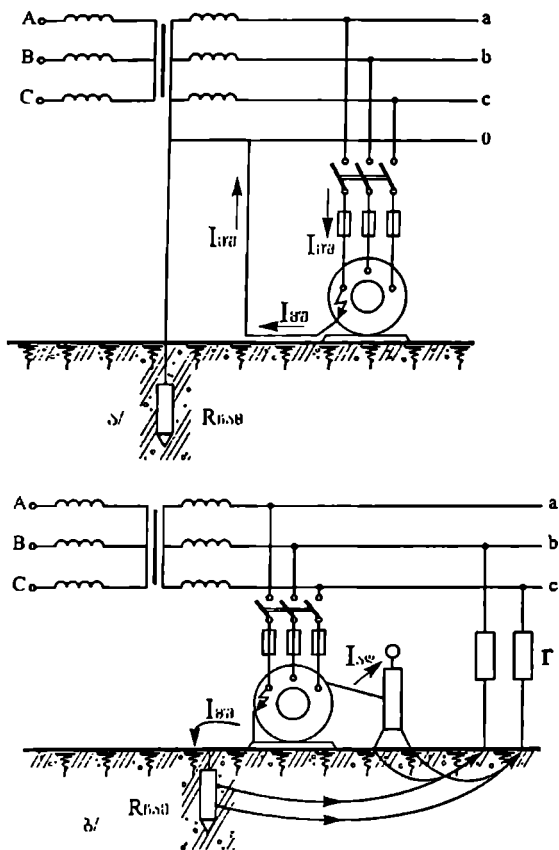
ანსხვაევენ შერთვას მიწასთან და კორპუსთან:

შ ე რ თ ე ა მ ი წ ა ს თ ა ნ ეწოდება ელექტროდანადგარის ძაბვის ქვეშ მყოფი ნაწილის შემთხვევით შერთვას უშუალოდ მიწასთან.

შ ე რ თ ე ა კ ო რ ა უ ს თ ა ნ ეწოდება ელექტრული მანქანების, აპარატებისა და გადამცემი ხაზების ელექტრულ შერთვას ელექტროდანადგარების ჩამიწების კონსტრუქციულ ნაწილებთან.

ნახ. 7-3-ზე სქემატურად მოცემულია ჩამიწების მოწყობილობა 1000 ე-მდე ძაბვის ჩამიწებელი და იზოლირებული ნეიტრალის მქონე დანადგარებში.

როგორც **ნახ. 7-3-დან** ჩანს, ჩამიწება ოთხსადენიანი ყრუდ ჩამიწებელი ნეიტრალის მქონე ქსელებში დანადგარის ჩასამიწებელი



ნახ. 7-3. ჩამიწების სქემა.

ა - ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელში; ბ - იზოლირებული ნეიტრალის მქონე ქსელში.

ნაწილის ნულოვან სადენთან მეტალური შეერთებით სრულდება. ასეთ სისტემაში მიწასთან ან კორპუსთან შერთვა ერთფაზა მშ-ს წარმოადგენს და იწვევს რელეური დაცვის დაუყოვნებლივ მოქმედებას დაზიანებული უბნის ამოსართაოდ, რაც დანადგარის უსაფრთხო მუშაობის პირობებს უსრუწველყოფს. იზოლირებული ნეიტრალის მქონე სამფაზა ქსელში ელექტროძრავას a ფაზის კორპუსთან შერთვის შემთხვევაში (ნახ. 7-3ბ) შერთვის დენი ჩამაიწებლის $R_{გაბ}$ წინალობის გაელით მიედინება მიწაში და შემდეგ მუშაობაში დარჩენილი ფაზების გაელით - კეების წყაროსაკენ (ტრანსფორმატორისაკენ).

§7-3. ელექტროდანიდგარების გადამეტაბვებისაგან დაცვა

(გადამეტაბვების შემზღუდველები)

ჭექა-ქუხილის დროს ელექტროგადამცემ ხაზებზე აღიარული გადამეტაბვების ტალღები მთელ ქსელზე ვრცელდება და ზემოქმედებას ახდენს როგორც თვით ხაზების, ასევე ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების ელექტრომოწყობილობის იზოლაციაზე.

ელექტროდანიდგარების დაცვა ჭექა-ქუხილით გამოწვეული გადამეტაბვებისაგან განმმუხტველით ხორციელდება, რომლის უმარტივეს სახეს ორი ელექტროდისაგან შედგენილი შუალედი წარმოადგენს, რომელშიც ერთ-ერთი ელექტროდი დასაცავ ობიექტზე, ხოლო მეორე – ჩამწვებაზეა მიერთებული. თუ ნაპერწკლურ შუალედში წარმოქმნილი ძაბვა იმპულსურ განმმუხტავ ძაბვაზე მეტი აღმოჩნდება, ნაპერწკლური შუალედი ირღვევა, კვეთს ხაზში გამავალი გადამეტაბვის ტალღას და ელექტროდანიდგარის მოწყობილობის გადაფარვას ან გარღვევას იწვევს. ამასთან, ნაპერწკლური შუალედის განმმუხტველი მახასიათებელი არასტაბილურია. იგი დამოკიდებულია როგორც ელექტროდების მდგომარეობაზე, ასევე გარე ამტისფერულ პირობებზე. გარდა ამისა, ნაპერწკლური შუალედის მოქმედება ქსელში სახიფათო მოკლედ შერთვებს იწვევს და ელექტრომოწყობილობის სათანადო ელემენტის გაუთვალისწინებელ ამორთვას მოითხოვს. ყოველივე ამის შედეგად ნაპერწკლური შუალედები შეზღუდულად გამოიყენება და მათი მოქმედება ძირითადად გადამეტაბვებისაგან იზოლაციის დაცვის საშუალებამდე დაიკვანება. ჭექა-ქუხილით გამოწვეული გადამეტაბვებისაგან დაცვის ძირითად საშუალებას ჭექა-ქუხილის განმმუხტველი წარმოადგენს.

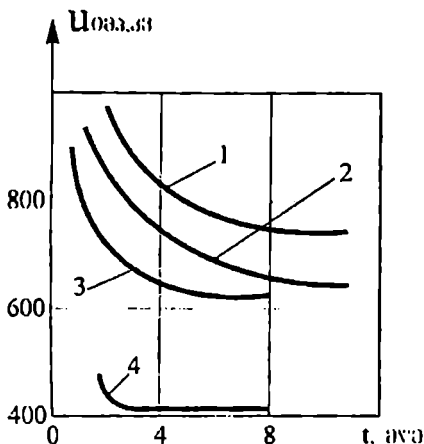
ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში ორი ტიპის განმმუხტველი გამოიყენება: მილისებრი და ვენტილური. მილისებრი განმმუხტველების კონსტრუქცია მარტივი და შედარებით იაფია. იგი იდგმება გადამცემ და ქვესადგურში შემავალ ხაზებზე და როგორც ელექტროგადამცემი ხაზების, ასევე ქვესადგურის მანაწილებელი მოწყობილობის იზოლაციის დასაცავად გამოიყენება. ვენტილური განმმუხტველი უფრო დახვეწილი და სრულყოფილი, მაგრამ გაცილებით ძვირადღირებული აპარატია. იგი გამოიყენება ქვესადგურების მანაწილებელი მოწყობილობის იზოლაციის დასაცავად და იდგმება ელექტროდანიდგარების შემკრებ სალტებზე, თუ აღნიშნულ სალტებზე საპაერო გადამცემი ხაზებია მიერთებული. ავტოტრანსფორმატორების მძლავრი და საშუალო ძაბვის გრანგილების გამოყენებზე, ძალურ ტრანსფორმატორებსა და ცალკეული ხაზების წრედებში ვენტილური განმმუხტველი იდგმება იმ შემთხვევაში, თუ შემკრებ სალტებზე დადგენილი განმმუხტველი ვერ უზრუნველყოფს ელექტრომოწყობილობის მოთხოვნილ დონეზე დაცვას.

უნდა აღინიშნოს, რომ იზოლაციის დაცვის მოთხოვნების მიხედვით 15 მეტ და მეტი სიმძლავრის გენერატორებისა და 20 მეტ სიმძლავრის სინქრონული კომპენსატორებისათვის დაუშვებელია საპაერო გადამცემ ხაზებზე უშუალო მიერთება (გამყოფი ტრანსფორმატორის გარეშე).

მილისებრი განმმუხტველი შედგება ფიბრის ან ეინეპლასტიკისაგან დამზადებული აირმაგენერირებელი მილაკისაგან, შიდა რკალნაქრობი შუალედისა და გარე ნაპერწკლური შუალედისაგან. მოქმედების დროს განმმუხტველი ატარებს არა მარტო გადამეტაბვის იმპულსურ დენს, არამედ სამრეწველო სიხშირის თანმხლებ დენსაც. განმმუხტველს გააჩნია შიდა შუალედში რკალის ჩაქრობის უნარი თანმხლები დენის ნულის გაელით

გაღინების შემთხვევაში. მილისებრი განმმუხტელების ნაკლია დასაშვები თანმხლები დენის ქვედა და ზედა ზღვრების არსებობა, რომელიც რკალის საიმედო ჩაქრობის სფეროს ზღუდავს.

ელექტროდანადგარების იზოლაციის ეფექტური დაცვისათვის საჭიროა იზოლაციის იმპულსური ელტ-წამური მახასიათებელი ყველა წერტილში განმმუხტელების შესაბამისი მახასიათებლის ზემოთ მდებარეობდეს (ნახ. 7-4), რის გამოც იგი არ გამოიყენება ისეთი ტრანსფორმატორების, ელექტრული მანქანებისა და ამომრთველების იზოლაციის დასაცავად, რომელსაც დამრეცი ელტ-წამური მახასიათებელი გააჩნია. ასეთი შემთხვევებისათვის საჭირო მახასიათებელი ენტილურ განმმუხტელებს აქვთ (ნახ. 7-5), რომელსაც მრავალჯერადი ნაპერწკლური შუალედი და მასთან მიმდევრობით ჩართული ფაიფურის პერმეტიზებულ ცილინდრში მოთავსებული არაწრფივი მუშა მახასიათებლის მქონე რეზისტორი გააჩნია.

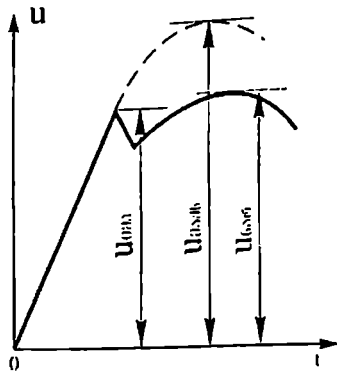


ნახ. 7-4. განმმუხტელების იმპულსური ელტ - წამური მახასიათებლები.

- 1 - ელექტრული ხაზის იზოლაციის განმმუხტელებისათვის;
 2 - მილისებრი განმმუხტელებისათვის; 3 - ძალური ტრანსფორმატორის განმმუხტელებისათვის; 4 - ენტილური განმმუხტელებისათვის.

ენტილური განმმუხტელების ძირითად პარამეტრებს წარმოადგენს: იმპულსური გამრღვევი ძაბვა ($U_{\text{გა}}$), იმპულსური დენის გაელის დროს განმმუხტელებზე დარჩენილი ძაბვა ($U_{\text{ნარ}}$) (ნახ. 7-5), თანმხლები დენის ის ზღვრული მნიშვნელობა, რომლის გაწყვეტის უნარი განმმუხტელებს გააჩნია და ჩაქრობის ძაბვა ($U_{\text{ჩ}}$). განმმუხტელების ჩაქრობის ძაბვის ქვეშ იგულისხმება სამრეწველო სისწირის ის უდიდესი ძაბვა, რომლის დროსაც განმმუხტელები საიმედოდ წყვეტს დენს.

ნარჩენი ძაბვა წარმოადგენს ქვესადგურის მანაწილებელი მოწყობილობის იზოლაციის კოორდინაციისათვის საჭირო ძირითად სიდიდეს. ჭეჭა-ჭეხილისაგან გამოწვეული გადამეტძაბებების ტალღის ამპლიტუდის საანგარიშო მნიშვნელობამ ($U_{\text{საან}}$, კე), რომელიც იზოლაციის



ნახ. 7-5. ვენტილური განმმუხტელების მუშაობის მახასიათებლები.

გარანტირებული იმპულსური მდგრადობის ($U_{\text{მა}}, K$) ტოლია, უნდა დააკმაყოფილოს პირობა:

$$U_{\text{საან}} = U_{\text{იმაგარ}} = 1,1 U_{\text{ნარ}} + 15 \quad (7-3)$$

თანხლები დენის ზღვრული მნიშვნელობა ($i_{\text{თან. გაქს}}$) განმმუხტელების ტიპების მიხედვით 100-დან 250 ა-ს ფარგლებში ცვალებადობს.

განმმუხტელების ჩაქრობის ძაბვამ ნეიტრალის მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმის მქონე ქსელებისათვის უნდა დააკმაყოფილოს პირობა:

$$U_{\text{კრ}} = K_{\text{ნაბ}} \cdot U_{\text{ნაი}} \quad (7-4)$$

უექტურად ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებისათვის ჩამიწების კოეფიციენტი $K_{\text{ნაბ}} = 0,8$, რის გამოც ასეთ ქსელებში ე.წ. 80%-იანი განმმუხტეელი იდგება. 3-35კვ ძაბვის ქსელებში, სადაც $K_{\text{ნაბ}} = 1$, 100%-იან განმმუხტელებს აყენებენ.

ელექტროდანადგარების შიდა გადამტებადგანსაგან დაცვა სხვადასხვა მეთოდებითა და საშუალებებით ხორციელდება. პირველ რიგში საჭიროა ტექნიკური ღონისძიებების გატარება შიდა გადამტებადგების შესამცირებლად, რაც შეიძლება მიღწეულ იქნეს: სქემური ღონისძიებებით (ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმის შერჩევით); ბლოკური სქემების გამოყენებით, რომელსაც მაღალი ძაბვის მხარეზე არ გააჩნია ძალური ამომრთველი; სისტემაში მუდმივად ჩართული გენერატორების რიცხვის შესაძლო მინიმუმამდე შემცირებით; განივი კომპენსაციის რეაქტორების დადგმით; რელეური დაცვისა და ავტომატიკის ისეთი სქემების გამოყენებით, რომელიც შეზღუდავს გადამტებადგების როგორც სიდიდეს, ასევე ხანგრძლივობას; ძალურ ამომრთველებში კონტაქტების მაშუნტებელი რეზისტორების დადგმით, რაც გარდამაველი პროცესების დროს შიდა გადამტებადგებს შეამცირებს. გარდამაველი პროცესების დროს ელექტროდანადგარების შიდა გადამტებადგებისაგან დასაცავად გამოიყენება აგრეთვე ვენტილური განმმუხტელები (ჩვეულებრივად მათ საკომუტაციო განმმუხტელებს

უწოდებენ), რომლის მუშაობის პირობები არსებითად განსხვავდება ჭექა-ქუხილისაგან დასაცავად განკუთვნილი განმმუხტველების მუშაობის პირობებისაგან. საკომუტაციო განმმუხტველებმა ხანგრძლივად უნდა გაატაროს, ხოლო შემდეგ გაწყვიტოს დაახლოებით 1,5 კა დენი დამყარებულ რეჟიმში (1,5-2) $U_{\text{განმ.}}$ -ის ტოლი გადამტარების შემთხვევაში. ჭექა-ქუხილის განმმუხტველებს უნდა შეეძლოს ხანმოკლე დიდი იმპულსური დენის გატარება და თანხლები დენის ჩაქრობა ქსელის ძაბვის 1,2-1,3 $U_{\text{განმ.}}$ -ის შემთხვევაში. ამრიგად, საკომუტაციო განმმუხტველებს მათი გამშვით და რკალჩამქრობი უნარიანობის მიხედვით გაცილებით მკაცრი მოთხოვნები წაეყენება, ვიდრე ჭექა-ქუხილის განმმუხტველებს.

ქვესადგურის ელექტრომოწყობილობის მაქსიმალური ძაბვა ჭექა-ქუხილისა და საკომუტაციო გადამტარების შემთხვევაში დამოკიდებულია მიმწოდომი ტალღის ფრონტის დახრილობაზე, განმმუხტველის მახასიათებელსა და მანძილზე განმმუხტველსა და დასაცავ მოწყობილობას შორის.

ელექტროდანადგარების შიდა და ჭექა-ქუხილისაგან გამოწვეული გადამტარებისაგან დასაცავად დამუშავებული და ფართოდ დანერგილია გადამტარების არაწრფივი შემზღუდელები, რომელსაც ვენტილურ განმმუხტველზე უკეთესი მახასიათებელი გააჩნია. ასეთი მოწყობილობის გამოყენება 110-750 კე ძაბვის ღია მანაწილებელ მოწყობილობებში მათ ფართობს 15-20%-ით ამცირებს. გადამტარების შემზღუდელები ასევე ფართოდ გამოიყენება დაბალი ძაბვის ქსელებში, მათ შორის ელექტროსადგურების საკუთარი მოხმარების სისტემაში ელექტრული ძრავების გადამტარებისაგან დასაცავად.

§7-4. დენის განდინების წინაღობა

წინაღობას, რომელსაც დენს მიწაში უწევს ნიადაგის უბანი ჩამამიწებელიდან ნულოვან პოტენციალამდე, დ ე ნ ის გ ა ნ დ ი ნ ე ბ ის წინაღობა ეწოდება.

ჩამამიწებლის განდინების წინაღობა განისაზღვრება, როგორც ჩამამიწებელსა და მიწის ნულოვან პოტენციალს შორის არსებული ძაბვის ($U_{ჩამ}$) ფარდობა მიწასთან შერთვის დენთან ($I_{შერ}$):

$$R_{ჩამ} = \frac{U_{ჩამ}}{I_{შერ}} \quad (7-5)$$

რამდენადაც ადამიანს არ შეუძლია 20 მ-ის მანძილზე ერთდროულად შეხვოს ჩამიწებულ კორპუსს ან ჩამამიწებელ სადენებსა (მათ წინაღობას, როგორც უმნიშვნელოს, უგულვებელყოფენ) და ნიადაგის ნულოვანი პოტენციალის მქონე წერტილს, შეხების ძაბვა ყოველთვის ნაკლებია ჩამამიწებელ ძაბვაზე. თუ დაეუშვებთ, რომ ასეთი შეხება თეორიულად მაინც მოხდა, ტანსაცმლისა და ფეხსაცმლის წინაღობის მეოხებით ძაბვა, რომლის ქვეშაც ადამიანი აღმოჩნდება, ყოველთვის ნაკლები იქნება $U_{ჩამ-ზე}$:

$$U_{სად} = K_{შეხ.} I_{ჩამ} \quad R_{ჩამ} = K_{შეხ.} U_{ჩამ} \quad (7-6)$$

სადაც $K_{შეხ.}$ - შეხების კოეფიციენტი ($K_{შეხ.} < 1$).

დენის განდინების უბანზე მიწის ზედაპირის ნებისმიერ ორ წერტილს შორის ასევე ადგილი აქვს პოტენციალთა სხვაობას. თუ ადამიანი განდინების უბანზე 0,8 მ სიგრძის ნაბიჯით გაივლის, პოტენციალთა გარკვეული სხვაობის ქვეშ აღმოჩნდება, რომელსაც ბ ი ჯ უ რ ი ძ ა ბ ვ ა ეწოდება და იწვევს დაზიანების დენს, რომელიც ძირითადად ადამიანის ფეხებში გადის.

ჩამამიწებლის დაცილების მანძილის გაზრდის შესაბამისად ბიჯური ძაბვა მცირდება. რაც ნაკლებია შეხებისა და ბიჯური ძაბვები, მით უსაფრთხოა ელექტროდანადგარის მომსახურება.

ჩამამიწებლის განდინების წინაღობის სიდიდის შემცირებით შეიძლება მიღწეულ იქნეს შეხებისა და ბიჯური ძაბვების სათანადო შემცირება, რაც თავის მხრივ ადამიანის სხეულში გავლილი დენის სიდიდეს შემცირებს.

1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის ელექტრულ დანადგარებში ბიჯური და შეხების ძაბვების დამატებითი შემცირება ჩამიწების ჩაკეტილი კონტურით მიიღწევა. კონტურის მოწყობილობა მიწაში ჩასობილი ფოლადის ღეროების ერთი ან რამდენიმე რიგისაგან სრულდება, რომელიც ფოლადის ზოლითაა შეერთებული და დასაცავი ობიექტის ზონაშია განლაგებული. ამგვარად, ადგილი აქვს ზედაპირის მომიჯნავე წერტილების გათანაბრებას, და, სათანადოდ, მცირდება პოტენციალთა სხვაობა, რომლის ქვეშაც შეიძლება ადამიანი აღმოჩნდეს.

1000 ვ-მდე ძაბვის ჩამიწებელი ნეიტრალის მქონე ელექტროდანადგარებში ჩამამიწებელი მოწყობილობის განდინების წინაღობა, რომელიც გენერატორებისა და ტრანსფორმატორების ნეიტრალზე მიერთებული, 4 ომს არ უნდა აღემატებოდეს. თუ გენერატორებისა და ტრანსფორმატორების სიმძლავრე 100 კვტ-ზე და 100 კვა-ზე ნაკლებია, აღნიშნული წინაღობა შეიძლება 10 ომამდე იქნეს გაზრდილი.

1000 ვ-მდე ძაბვის იზოლირებული ნეიტრალის მქონე დანადგარებში ჩამიწების განდინების წინააღობის სიდიდე ისეთნაირადვე შეირჩევა, როგორც ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე სისტემებში.

ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელებში კვების წყაროს ნეიტრალის ძირითადი ჩამიწების გარდა განმეორებითი ჩამიწება სრულდება. საპაერო გადაძვები ხაზებისათვის ნულოვანი სადენის განმეორებითი ჩამიწება მისი სიგრძის ყოველ არანაკლებ 200 მ-ზე უნდა შესრულდეს. ამასთან, განმეორებითი ჩამიწების წინააღობა არ უნდა იყოს 10 ომზე ნაკლები.

მიწასთან შერთვის დიდი დენების (500 ა-ზე მეტი) მქონე 1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის ელექტროდანადგარებში ჩამამიწებელი მოწყობილობის წინააღობა წელიწადის ნებისმიერ პერიოდში 0,5 ომს არ უნდა აღემატებოდეს.

მიწასთან შერთვის მცირე დენების მქონე 1000 ვ-მდე ძაბვის დანადგარებში ჩამამიწებელი მოწყობილობის წინააღობად მიღებულია:

ა) 1000 ვ-მდე ძაბვის დანადგარებში, რომელსაც საერთო ჩამამიწებელი მოწყობილობა გააჩნია

$$R_{\text{ნაგ}} \leq \frac{125}{I_{\text{შერ}}} \text{ ომი ;} \quad (7-7)$$

ბ) ჩამამიწებელი მოწყობილობის 1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის დანადგარებში გამოყენების შემთხვევაში

$$R_{\text{ნაგ}} \leq \frac{250}{I_{\text{შერ}}} \text{ ომი ,} \quad (7-8)$$

სადაც $I_{\text{შერ}}$ - ერთფაზა შერთვის საანგარიშო დენია

ყველა შემთხვევაში $R_{\text{ნაგ}}$ 10 ომზე მეტი არ უნდა იყოს. სხვადასხვა ძაბვისა და დანიშნულების ელექტროდანადგარებისათვის გამოყენებულ უნდა იქნეს საერთო ჩამამიწებელი მოწყობილობა, რომელსაც ყველა მოთხოვნილი სიდიდიდან უმცირესი განდინების წინააღობა უნდა გააჩნდეს. ცველადი დენის 36 ვ-მდე და მუდმივი დენის 110 ვ-მდე ძაბვის დანადგარებში ჩამიწება, სპეციალური მოთხოვნებით ჩამოთვლილი დანადგარების გარდა, სხვა დანადგარებს არ მოეთხოვება.

500 ვ-მდე ძაბვის სისტემებში ჩამიწება აფეთქებისა და ხანძრის მიმართ გაზრდილი საშიშროების მქონე და განსაკუთრებით საშიშ შენობებსა და ნაგებობებში მოთაესებულ ელექტროდანადგარებში ხორციელდება. გაზრდილი საშიშროების მქონე შენობებს მიეკუთვნება ტენიანი, მაღალტემპერატურიანი, დენგამტარი და ტექერგამტარი იატაკის მქონე (მეტალური, მიწიანი, რკინაბეტონის) შენობები, აგრეთვე ნაგებობები, რომელშიც ადამიანის ერთდროული შეხება ერთი მხრივ, მიწასთან შეერთებულ ლითონკონსტრუქციებთან, ტექნოლოგიურ აპარატებთან, მექანიზმებთან და სხვ., და მეორე მხრივ - ელექტრომოწყობილობის მეტალურ კორპუსებთანაა შესაძლებელი.

განსაკუთრებით საშიშ შენობებს მიეკუთვნება მაღალი ტენიანობის ან აქტიური ქიმიური გარემოს მქონე ნაგებობები, აგრეთვე შენობები, რომელსაც გაზრდილი საშიშროების ორი ან მეტი მოთხოვნა გააჩნია.

500 ვ-ზე მაღალი ძაბვის შემთხვევაში ჩამიწების მოწყობილობა ყველა შემთხვევაში აუცილებელია.

მაღალი საშიშროების მქონე შენობებში ჩამიწების მოწყობა აუცილებელია ძალური სტაციონარული ელექტრომიმღებებისათვის, მაგ. ელექტროურებისათვის, წყალმადლებლებისათვის და სხვ., აგრეთვე მეტალური მიღებისა და მათზე მიერთებული ელექტროსადენებისათვის. ამის გარდა, ჩამიწებას ექვემდებარება ელექტრომოწყობილობის მეტალური

კორპუსები და ელექტროგაყვანილობის ნაწილი კიბის უჯრედებში, აბაზანებში, ტუალეტებში და სხე.

საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობების სააბაზანო ოთახებში პოტენციალების გათანაბრების მიზნით კორპუსები მეტალური სადენებით წყალგაყვანილობის მიღებზე უნდა მიერთდეს.

ამასთან, ნორმალური საშიშროების მქონე საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში, ბინების სამზარეულოებში, აბაზანებსა და ტუალეტებში, აგრეთვე სასტუმროების ნომრებში სტაციონარულად დადგმული განათების დენმიმღებებისა და გადასატანი ელექტრომიმღებების (ელექტროუთოები, ელექტროჩაიდნები, ელექტროკურები, მაციურები, მტეერსასრუტები, სარეცხი და საკერავი მანქანები და სხე.) ჩამოწება არ მოითხოვება.

7-5. დამცავი განრთვა

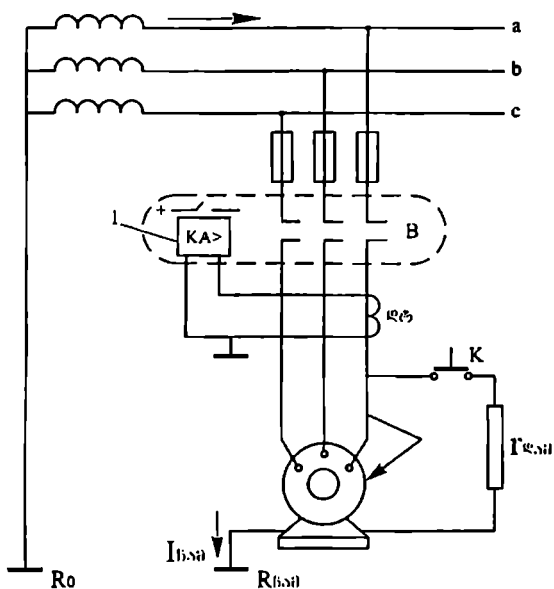
პრაქტიკაში ხშირად ადგილი აქვს შემთხვევებს, როცა დამცავი ჩამიწების მოწყობილობას არ შეუძლია ელექტროდანადგარების უსაფრთხო ექსპლუატაცია ან აღნიშნული მოწყობილობა ეკონომიკურად არახელსაყრელია. ასეთ შემთხვევებს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს იზოლირებული ნეიტრალის მქონე დანადგარებში, როცა ჩამიწების მოწყობილობა ცუდი გამტარობის (სილიან, კლდოვან, მუდმივად გაყინულ) გრუნტშია მითავსებული. ქვესადგურიდან ღიდი მანძილთ დაშორებულ ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე დანადგარებში მიწასთან ერთფაზა მოკლედ შერთვისაგან დაცვის მოქმედება დროის მნიშვნელოვანი დაყოვნებით ხდება. ასეთ შემთხვევებში, განსაკუთრებით ხანძრისა და აფეთქების მაღალი საშიშროების მქონე შენობებში მიზანშეწონილია დამცავი ჩამიწების გარდა დამატებით დამცავი განრთვის მოწყობილობა ან საერთოდ, დამცავი ჩამიწების ნაცვლად მხოლოდ დამცავი განრთვა მოეწყოს.

დამცავი განრთვის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ მიწასთან ან მოწყობილობის კორპუსთან ავარითული შერთვის დროს ან სამუშაო ქსელის გაშიშვლებულ ფაზაზე ადამიანის შეხების შემთხვევაში იმოქმედოს სპეციალურმა აპარატმა, რომელიც ელექტროდანადგარს ავტომატურად განრთავს, რითაც თავიდან იქნება აცილებული ადამიანის ელექტროდენით დაზიანება. დამცავი განრთვის მოწყობილობის მოქმედების დრო ერთფაზა ჩამიწების აღქმის მომენტიდან 0,2 წმ-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

ქსელის უზნის ან ცალკეული დანადგარის დამცავი განრთვის მოწყობილობისათვის ავტომატურ ამორთველებსა და კონტაქტორებში დამცავი განრთვის სპეციალური რელეებია ჩაშენებული, რომელიც გულარის მქონე ელექტრომაგნიტური კოჭასაგან შედგება. რელეს კონტაქტი უდენო მდგომარეობაში ჩაკეტილია. იგი მიმდევრობითაა ჩართული დასაცავი ელექტრომიმღების ავტომატური ამორთველის ან კონტაქტორის მართვის წრედში მითავსებულ საჩერებელ ღილაკთან.

ავარიული შერთვის შემთხვევაში რელეს კოჭაში გაივლის შერთვამდე არსებულ დენზე გაცილებით ღიდი დენი, კოჭას გულარი მიიზიდება და გახსნის რელეს კონტაქტს, რის შედეგადაც ავტომატური ამორთველი ან კონტაქტორი მიიღებს იმპულსს ქსელის დაზიანებული უზნის ან ელექტროდანადგარის ამორთვაზე. დამცავი განრთვის მოწყობილობა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც იზოლირებული, ასევე ყრუდ ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე დანადგარებში. ნახ. 7-6-ზე მოცემულია დამცავი განრთვის მოწყობილობის პრინციპული სქემა ჩამიწებული ნეიტრალის მქონე ქსელისათვის.

ამორთველში ჩაშენებული დენური რელე 1 ირთვება დენის ტრანსფორმატორის (დტ) წრედში, რომლის გავლითაც მიერთებულია ყველა მუშა და ნულოვანი სადენი, თუ კი ასეთი არსებობს. ამ მოთხოვნას მნიშვნელობა ენიჭება იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს აცილებული დაცვის ყაღბი მოქმედება ასიმეტრიული დატეორთვების დროს (ფაზებსა და ნულოვან სადენში დენების ვექტორების ჯამი ნულის ტოლია). ჩამიწებულ კორპუსზე შერთვის დროს წარმოიქმნება დენების უბალანსობა და რელეს კოჭაში გაივლის უბალანსობის დენი. რელე იმოქმედებს და *B* ამორთველის მართვის წრედში გახსნის თავის ნორმალურად ჩაკეტილ კონტაქტს, რის შედეგადაც მოხდება ქსელის დაზიანებული ელემენტის ამორთვა. *K* ღილაკისა და დამატებითი წინაღობის (*r* და) დანიშნულებაა რელესა და საერთოდ სისტემის მუშაობის შემოწმება.



ნახ. 7-6. დამცავი განრთვის მოწყობილობის პრინციპული სქემა ჩამოწებული ნეიტრალის მქონე კსელისათვის.

დამცავი განრთვას ჩვეულებრივ ჩამოწებასთან შედარებით შემდეგი ღირსებები გააჩნია:

1. სწრაფმოქმედება;
2. დამოუკიდებლობა ავტომატებისა და მცველების მოქმედების დენისაგან;
3. დამოუკიდებლობა კსელის ასიმეტრიული რეჟიმებისა და გადატვირთვებისაგან.

ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ დამცავი განრთვისათვის სპეციალური მოწყობილობაა საჭირო.

დამცავი განრთვა განხილულ უნდა იქნეს, როგორც ელექტროუსაფრთხოების პერსპექტიული მიმართულება.

თავი VIII. ენერჯის განახლებადი წყაროები

§8-1. ძირითადი ცნებები და განსაზღვრებები

ენერჯის ყველა წყარო ორ კლასად იყოფა:

1. ენერჯის განახლებადი წყაროები – ესაა გარემოში მუდმივად არსებული ან პერიოდულად აღძრული ენერჯის ნაკადები. ასეთი წყაროს ტიპური მაგალითია მზის გამოსხივება განმეორების 24 საათიანი პერიოდით. განახლებადი ენერჯია გარემოში იმ ენერჯის სახით არსებობს, რომელიც ადამიანის მიზანმიმართული მოქმედების შედეგს არ წარმოადგენს;

2. ენერჯის არაგანახლებადი (მიღე – ვადი) წყაროები – ესაა ნიუთიერებებისა და მასალების ბუნებრივი მარაგი (ბირთვული საწვავი, ნახშირი, აირი, ნეთობი), რომელიც ადამიანს შეუძლია ენერჯის წარმოებისათვის გამოიყენოს. განახლებადი ენერჯორესურსებისაგან განსხვავებით ენერჯის არაგანახლებადი წყაროები ბუნებასთან დაკავშირებულ მდგომარეობაში იმყოფება და ადამიანის მიზანმიმართული მოქმედების შედეგად თავისუფლდება.

ნახ. 8-1-ზე განახლებადი და არაგანახლებადი ენერჯის გამოყენების პრინციპული სქემებია მოცემული.

ბუნებაში ენერჯის შემდეგი ძირითადი წყაროები არსებობს:

1. მზის გამოსხივების ენერჯია;
2. მზის, მთვარისა და დედამიწის მოძრაობისა და მიზიდვის

ენერჯია;

3. დედამიწის ბირთვის თბური ენერჯია, აგრეთვე მის წიაღში მიმდინარე ქიმიური რეაქციებისა და რადიოაქტიური დაშლის ენერჯია;

4. ჰიდრორესურსების ენერჯია;

5. ნიუთიერებებისა და მასალების ბუნებრივი მარაგის (ბირთვული საწვავის, ნახშირის, აირის, ნეთობის) ენერჯია;

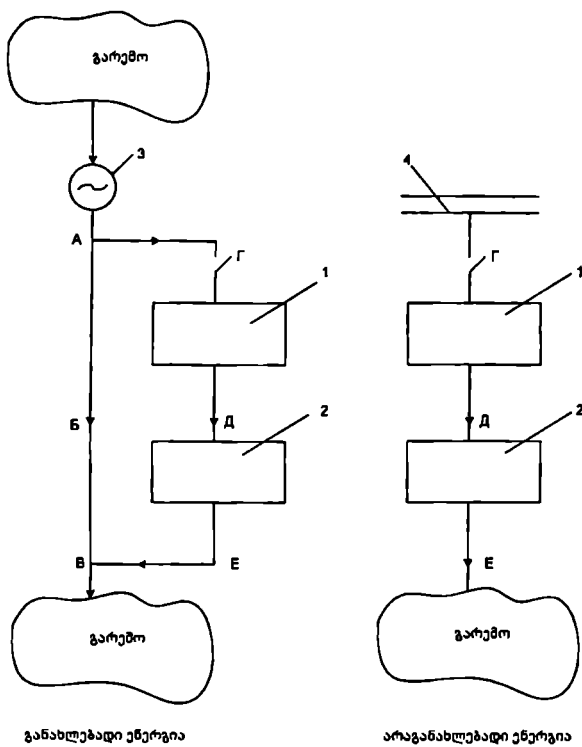
6. ბირთვული რეაქციების ენერჯია;

7. სხვადასხვა ნიუთიერებების ქიმიური რეაქციების ენერჯია.

ენერჯის 1-4 წყაროები ენერჯის განახლებად წყაროებს წარმოადგენს. არაგანახლებადი ენერჯის წყაროებს მიეკუთვნება 1-ში შემავალი გაქვავებული ორგანული ნიუთიერებების საფუძველზე მიღებული სათბობი და 3-ში შემავალი ცხელი მთიანი ქანები, აგრეთვე ენერჯის 5-7 წყაროები.

ჩვენს გარემომცველ სივრცეში ენერჯის სხვადასხვა წყაროდან განუწყვეტლივ მოძრაობს ენერჯის სხვადასხვა ნაკადი. ასე, მაგალითად, დედამიწაზე დაცემული მზის გამოსხივების სრული ნაკადი $1,2 \times 10^{17}$ ვტ-ის ტოლია, ე.ი. ერთ ადამიანზე დაახლოებით 30 მეტ სიმძლავრე მოდის, რაც 10 საკმაოდ მძლავრი დიზელ-გენერატორის სიმძლავრის ტოლფასია. მზის გამოსხივების ნაკადის მაქსიმალური სიმკვრივე 1 კვტ/მ^2 -ის ტოლია.

ენერჯის განახლებადი წყაროების კატეგორიას მიეკუთვნება მიწის წიაღის, კოსმიური და მზის გამოსხივების ენერჯიები, აგრეთვე მათი წარმოებულები გარდაქმნილი ენერჯიების სახით. განახლებადი ენერჯის ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ და პერსპექტიულ წყაროებს ჰიდროენერჯია (მდინარეების ჩამონადენის ენერჯია), აგრეთვე მზის გამოსხივების ენერჯია, გეოთერმული ენერჯია, მკენარებისა და სამრეწველო ნარჩენების ორგანული სათბობის ენერჯია წარმოადგენს.



ნახ. 8-1. განახლებადი და არაგანახლებადი ენერჯიის გამოყენების პროცესის სქემები.

- A-B - განახლებადი ენერჯიის გამოუყენებელი ნაკადი;
- Г-DE - ენერჯიის გამოყენებული ნაკადი.
- 1 - ენერჯიის დანადგარი; 2 - მომხმარებელი; 3 - განახლებადი ენერჯიის წყარო;
- 4 - არაგანახლებადი ენერჯიის წყარო.

ენერჯის მსოფლიო განახლებადი რესურსები 8-1 ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 8-1

ენერჯის პირველადი სახე	ენერჯის წყარო	რესურსი $\times 10^{15}$ კვტს/წლ.
მექანიკური	მდინარეების ჩამონადენი	0,028
	ტალღები	0,005-0,05
	მოქცევა-მიქცევის ქარი	0,09
		0,5-5,2
თბური	ტემპერატურის გრადიენტი: ზღეებისა და ოკეანეების წყლები	0,1-1,0
	ჰაერი	0,001-0,01
	წილი (ეულკანები)	0,05-0,2
სხიური	მზის გამოსხიება: დედამიწის ზედაპირზე	200-280
	მთლიანი (მზიდან დედამიწის ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე მიღებული ენერჯია)	1570
ქიმიური	მცენარეულობა და ტორფი	10

დღევანდელ პირობებში განსაკუთრებით მნიშვნელოვნადაა ათვისებული და ფართოდ გამოიყენება მდინარეების ჩამონადენების პიდრორესურსები, რომელიც პიდროელექტროსადგურებზეა რეალიზებული.

ყოფილი სსრკ-ს ზედაპირული და მდინარეების ჩამონადენის პიდროენერგეტიკული რესურსები (სიმძლავრე და ენერჯია) 8-2 ცხრილშია მოცემული.

ცხრილი 8-2

რესურსების კატეგორია	მთლიანად		მათ შორის			
			ეეროპულ ნაწილში		აზიურ ნაწილში	
	მლნ კვტ	მლრდ კვტს	მლნ კვტ	მლრდ კვტს	მლნ კვტ	მლრდ კვტს
ჩამონადენის ზედაპირული ენერჯის საერთო თეორიული პოტენციალი	727	6370	110	965	617	5405
მდინარეების ჩამონადენის საერთო თეორიული პოტენციალი	450	3942	79	692	371	3250
მათ შორის მსხვილი და საშუალო მდინარეების (2000 კვტ-ზე მეტი)	381	3338	67	588	314	2750
მსხვილი და საშუალო მდინარეების ტექნიკური პოტენციალი	240	2006	36	314	204	1792
ეკონომიკური პიდროტექნიკური პოტენციალი	125	1095	22	196	103	889

განახლებადი ენერჯის ამა თუ იმ წყაროს გამოყენების შესაძლებლობა ძალზე მჭიდროდაა დაკავშირებული ადგილობრივ პირობებთან. ასე, მაგალითად, ბარის ისეთ დამახასიათებელ რეგიონში, როგორც დანია, შეუძლებელია აქცენტი ადებულ იქნეს პიღონერგეტიკულ რესურსებზე, მაგრამ ფართოდაა განვითარებული ქარის ენერგეტიკა; მის მომიჯნავე ნორვეგიაში კი პირიქით - მას ძალზე დიდი პიღონერგეტიკული რესურსები გააჩნია. ტროპიკული ტყეები კარგი პოლიგონია ბიოენერგეტიკის განვითარებისათვის, ხოლო იმავე განედზე განლაგებულ უდაბნოებს ენერჯის ასეთი წყაროები არ გააჩნია.

ამგვარად, ენერჯის განახლებად წყაროებზე დაფუძნებული ენერგეტიკა პირველ რიგში ამა თუ იმ რეგიონის ადგილობრივ ბუნებრივ პირობებზე უნდა იქნეს ორიენტირებული.

ყველა ენერგოსისტემა შეიძლება ელექტრული წრედის სახით იქნეს წარმოდგენილი, რომელშიც ენერჯის სხვადასხვა წყაროს ენერგია მომხმარებელს მისთვის მოსახერხებელი ფორმით გადაეცემა. ენერგეტიკული სისტემის დაგეგმარების დროს დაცული უნდა იქნეს შემდეგი პირობები:

1. სრულყოფილი ენერგეტიკული სისტემა ყველაზე სრულად უნდა ითვალისწინებდეს ენერჯის წყაროებისა და მათი მომხმარებლების თავისებურებებს. სამუხაროდ, მომხმარებლების თავისებურებები ხშირად იგნორირებულია, რის გამოც ისინი ცუდად არიან დაკავშირებული ენერჯის წყაროს შესაძლებლობებთან. ასე, მაგალითად, თუ ყოფაცხოვრებაში ენერჯის დიდი ნაწილი გათბობასა და წყლის გაცხელებას ხმარდება, აშკარაა, რომ ამ მიზნებისათვის თბოელექტროსადგურის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის გამოყენება მიზანშეუწონელია. ეს იმიტოა განპირობებული, რომ ასეთ სადგურზე ელექტროენერჯის გამოიმუშავების პროცესში დიდი რაოდენობის სითბო იკარგება, რის გამოც შემდგომში აღნიშნული ენერჯის ისევე სითბოდ გარდაქმნა არარენტაბელურია. ასეთ შემთხვევებში გაცილებით ეკონომიკურია მომხმარებლების უშუალოდ სითბოთი მომარაგება. აღნიშნულ პრინციპზე დაფუძნებული კომბინირებული ელექტრომომარაგება, რომელიც თვეებზე რეალიზდება;

2. ენერგეტიკული სისტემის ეფექტურობის ან მარტი ქმედების კოეფიციენტის გაანგარიშებები ყველაზე სრულად აჩვენებს სისტემის შესაძლებლობებს და საშუალებას იძლევა თავიდან იქნეს აცილებული ენერჯის არასასურველი დანაკარგები. სისტემის ეფექტურობის ან მ.ქ.კ.-ის ქვეშ იგულისხმება სისტემის გამოსავალზე არსებული სასარგებლო ენერჯის ფარდობა მის წარმოებაზე დახარჯული ენერჯის რაოდენობასთან.

განვიხილოთ ეს ფორმულირება ისეთი ენერგოსისტემის მაგალითზე, რომელშიც თბოელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგია მხოლოდ განათებისათვის გამოიყენება. სათბობისა და განათების სანათების ხილული გამოსხივების ენერჯის გარდაქმნის ეფექტურობა ან მ.ქ.კ. შემდეგნაირად ფასდება:

ელექტროენერჯის წარმოება - 30%; ელექტროენერჯის გადაცემა და განაწილება - 90%. ელექტროენერჯის გარდაქმნა ხილული დიაპაზონის გამოსხივებად - 5%. მთლიანად სრული მ.ქ.კ. 1,4%-ის ტოლია. თუ განათებისათვის თბოელექტროცენტრალის მიერ გამოიმუშავებულ ელექტროენერჯიას (მ.ქ.კ. ≈ 80 %) და თანამედროვე ეკონომიკური განათების სანათებს (მ.ქ.კ. ≈ 20 %) გამოიყენებთ, სრული მ.ქ.კ. 14% -ის ტოლი, ე.ი. 10-ჯერ მეტი აღმოჩნდება. მიუხედავად გაცილებით მეტი კაპიტალდაბანდებისა, ეკონომიკურად უფრო სრულყოფილი ენერგოსისტემა, როგორც წესი, უფრო ხელსაყრელი გამოდის, რაც სათბობის ნაკლები ხარჯითა და ექსპლუატაციის უფრო მეტი ხანგრძლივობითაა განპირობებული;

3. ენერგოსისტემისა და მისი ეკონომიკური მანუენებლების გაზრდა მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული მისი მართვის ხელოვნებაზე. ენერჯიის არც ერთი წყაროს შემთხვევაში არაა შესაძლებელი ენერჯიის უფასოდ მიღება და პრაქტიკაში განახლებადი წყაროებიდან მიღებული ენერჯია გაცილებით ძვირია, რის გამოც მისი უსარგებლო დანაკარგები არასოდეს არ შეიძლება გამართლებული იქნეს.

§ 8-2. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების მეცნიერული საფუძვლები

როგორც § 8-1-ის განსაზღვრებებიდან ჩანს, ენერჯის განახლებად წყაროებს შორის პრინციპული განსხვავება არსებობს, რის გამოც განახლებადი ენერჯის ამა თუ იმ წყაროს გამოყენების ეფექტურობა მისი მეცნიერულად დამუშავებული პრინციპების საფუძველზეა შესაძლებელი.

ცნობილია, რომ გარემოში ყოველთვის არსებობდა და არსებობს ენერჯის განახლებადი ნაყაღები, რის გამოც განახლებადი წყაროების ენერჯეტიკა მხოლოდ არსებულ ენერჯორესურსებზე უნდა იყოს ორიენტირებული და მიზნად არ უნდა დაისახოს ახალი ენერჯორესურსების შექმნა. კერძოდ, ნახ. 8-1-ზე მოტანილ სქემაზე პირველ რიგში უნდა შეფასდეს განახლებადი ენერჯის AEB განლაგების ნაკადი, ხოლო შემდეგ განისაზღვროს მისი ის ნაწილი, რომელიც ელექტროდანადგარებში შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

ენერჯის მოხმარების მოთხოვნა, როგორც წესი, დროში ცვალებადია. ასე, მაგალითად, მოთხოვნა ელექტროენერჯის მოხმარებაზე მაქსიმალურია დღისა და საღამოს საათებში და მინიმალურია დღისა და ღამის განმავლობაში. ტრადიციულ თბოელექტროცენტრალებს სათბობის ხარჯის რეგულაციით შეუძლიათ კარგად შეეწყონ ენერჯის მოხმარების აღნიშნულ რხევებსა და ცვლილებებს. განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენების დროს კი ცვალებადობს არა მარტო მოთხოვნილება ელექტროენერჯიას, არამედ აღნიშნული წყაროების სიმძლავრეც, რის გამოც ენერჯის განახლებად წყაროებზე მომუშავე ელექტროდანადგარებმა ორივე აღნიშნული ფაქტორი უნდა გაითვალისწინოს (Γ და Δ, ნახ. 8-1), მიუხედავად იმისა, რომ ისინი ხშირად ერთმანეთს ეწინააღმდეგება.

რაც შეეხება ენერჯის ხარისხს, მისი ტერმინის ქვეშ იგულისხმება კეების წყაროს გამომუშავებული ენერჯის ის ნაწილი, რომელიც შეიძლება მექანიკურ მუშაობად იქნეს გარდაქმნილი. კერძოდ, მაღალი ხარისხი გააჩნია ელექტროენერჯიას, ეინაიდან ელექტროძრავების საშუალებით შესაძლებელია ელექტროენერჯის 95% გარდაიქმნას მექანიკურ მუშაობად. რაც შეეხება თბოელექტროსადგურებზე სათბობის დაწვის შედეგად მიღებულ თბურ ენერჯიას, მისი ხარისხი გაცილებით დაბალია, ეინაიდან საბოლოო ჯამში სათბობის თბოუნარიანობის მხოლოდ 30% გარდაიქმნება მუშაობად. აღნიშნული ნიშანთვისებების მიხედვით ენერჯის განახლებადი წყაროები შეიძლება სამ ჯგუფად დაიყოს:

1. მექანიკური ენერჯის წყაროები – ჰიდრო, ქარის, ტალღური და მოქცევის წყაროები. მთლიანობაში აღნიშნული წყაროების ენერჯის ხარისხი საკმაოდ მაღალია, რის გამოც ისინი ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად გამოიყენება. ქარის ენერჯის ხარისხი 30%-ს, ჰიდროენერჯისა – 60%-ს, ტალღური და მოქცევის ენერჯისა – 75%-ს შეადგენს;

2. თბური ენერჯის წყაროები – ბიოსათბობი და მზის თბური ენერჯია. ასეთი წყაროების სითბოს მაქსიმალური წილი, რომელიც შეიძლება მექანიკურ მუშაობად იქნეს გარდაქმნილი, თერმოდინამიკის მეორე კანონით განისაზღვრება. პრაქტიკულად, მექანიკურ მუშაობად შესაძლებელია კეების აღნიშნული წყაროების თბური ენერჯის ნახევრის გარდაქმნა. თანამედროვე ორთქლის ტურბინებისათვის ეს სიდიდე (თბური ენერჯის ხარისხი) 35%-ს არ აღემატება;

3. ფოტონურ პროცესებზე დამყარებული ენერჯის წყაროები – ესაა წყაროები, რომელიც ფოტოსინთეზსა და ფოტოელექტრულ მოვლენებს გამოიყენებს. ასე, მაგალითად, ფოტოელექტრული გარდამსახების საშუალებით განსაზღვრული

სიხშირის მზის გამოსხივება შეიძლება მაღალი ეფექტურობით გარდაიქმნას მექანიკურ მუშაობად. ენერჯის გარდაქმნის მაღალი ეფექტურობის მიღწევა მზის გამოსხივების მთელ სპექტრში ძალზე ძნელია, რის გამოც ფოტოგარდამსახების მ.კ.კ.-ის 15%-მდე აყვანა კარგ შედეგად ითვლება.

ენერჯის განახლებადი და არაგანახლებადი წყაროები ძალზე ძლიერად განსხვავდება ერთმანეთისაგან ენერჯის ნაკადების მათთვის დამახასიათებელი საწყისი სიმკერეის მიხედვით. განახლებადი წყაროებისათვის ეს სიდიდე 1 კეტ/მ²-ის ტოლია, არაგანახლებადი წყაროებისათვის - რამდენიმე რიგით მაღალი. ასე, მაგალითად, თბური დაბტირთვა ორთქლის ქვაბების მიღებში დაახლოებით 100 კეტ/მ²-ია, ბირთვული რეაქტორების თბოგადამცემებში - რამდენიმე მეტ 1 მ²-ზე. ენერჯის მომხმარებლების დიდი უმრავლესობა, ისეთი მომხმარებლების გამონაკლისის გარდა, როგორც მაგალითად, ლითონის რაფინირების პროცესია, გაცილებით ნაკლები სიმკერეის ენერჯიას მოიხმარს.

ენერჯის ნაკადების სიმკერეის იმ დიდი სხვაობის გამო, რომელიც არაგანახლებადი და განახლებადი ენერჯის წყაროების ენერჯოდანადგარებს გაანია, პირველი მათგანი ეფექტურია დიდი ერთეული სიმძლავრის მქონე ენერჯოდანადგარებისათვის, თუმცა, ამასთან, ენერჯის განაწილება მომხმარებლებს შორის დიდ დანახარჯებს მოითხოვს. ენერჯის წყაროების მეორე ჯგუფი ეფექტური გამოდის შედარებით მცირე ერთეული სიმძლავრის ელექტროდანადგარებისათვის, თუმცა ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანი დანახარჯებია საჭირო ასეთი დანადგარების ერთიან ენერჯოსისტემაში გაერთიანების ხარჯზე სიმძლავრის გასაზრდელად.

განახლებადი ენერჯორესურსების გამოყენება, როგორც გამოცდილებამ გვიჩვენა, ძირითადად სასოფლო რაიონებისა და დასახლებული პუნქტების ეკონომიკის განვითარებას აჩქარებს, რის გამოც ენერჯეტის ეს სფერო თავისი სპეციფიკით უფრო აღნიშნული კატეგორიის მომხმარებლების ცხოვრების წესს შეესაბამება, ვიდრე ქალაქისას.

ენერჯის განახლებადი წყაროები გარემოს განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს და მათი შესწავლა ერთი რომელიმე დისციპლინის, მაგ. ფიზიკის ან ელექტროტექნიკის ჩარჩოებით არ უნდა შემოიფარგლოს. ხშირად კვლევების მასშტაბები მეცნიერების დიდ სფეროს მოიცავს - სამრეწველო ბიოტექნოლოგიიდან ელექტრონიკასა და მართვის პროცესებამდე.

განახლებადი ენერჯის არც ერთი წყარო არ წარმოადგენს უნივერსალურს, რომლის გამოყენება ნებისმიერ სიტუაციაში იქნებოდა შესაძლებელი. ენერჯის ამა თუ იმ წყაროს გამოყენების შესაძლებლობა კონკრეტული ბუნებრივი პირობებითა და საზოგადოების მოთხოვნით, ე.ი. კონკრეტული სიტუაციით განისაზღვრება. ყოველივე ამის შედეგად განახლებადი რესურსების ენერჯეტის დაგეგმვის ეფექტურობისათვის პირველ რიგში აუცილებელია გარემოს სისტემატური გამოკვლევა, და, შემდეგ - კონკრეტული რეგიონის მოთხოვნილების შესწავლა სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო და სხვა სექტორებში ენერჯის მოხმარების მოთხოვნების თვალსაზრისით. კერძოდ, საჭიროა ცნობილი იყოს ენერჯის მომხმარებლის სტრუქტურა, რათა შერჩეულ იქნეს ენერჯის ყველაზე ეკონომიკური წყარო. შეუძლებელია განახლებადი წყაროების ენერჯეტის დაგეგმვის უნივერსალური მეთოდის შემუშავება არა მარტო საერთაშორისო, არამედ ერთი ქვეყნის მასშტაბებშიც კი. სამწუხაროდ, დღევანდელი ურბანიზებული და ინდუსტრიალიზებული საზოგადოება ენერჯის განახლებადი წყაროების ასეთ მრავალფეროვან განყოფნებას ცუდადაა შეგუებული.

§ 8-3. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების ტექნიკური პრობლემები

გადაწყვეტილებას ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების შესახებ საფუძვლად უდევს მრავალწლიანი დაკვირვებების (მონიტორინგის) შედეგები მოცემულ რეგიონში გარემოს მდგომარეობის შესახებ. ამასთან, ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ ინფორმაცია მონიტორინგის პროცესში კონკრეტული ენერგეტიკული სისტემის დაგეგმვისათვის საჭირო ყველა პარამეტრს მოიცავდეს. ასეთ ინფორმაციას ნაწილობრივ მეტეოროლოგიური დაკვირვებების შედეგები იძლევა, თუმცა ხშირად მეტეოსადგურებისა და ენერჯის წყაროების განლაგების ადგილმდებარეობები ერთმანეთს არ ემთხვევა, რის გამოც მეტეომონაცემების რეგისტრაციისა და ანალიზის მეთოდები განსახილველ ამოცანას არასრულად ეთანადება. ამის მიუხედავად, მეტეოსადგურის მონაცემები შესაძლებელია ბაზურ მონაცემებად იქნეს გამოყენებული მიზნობრივი მონიტორინგის შედეგების შედარებით ანალიზისათვის. ასე, მაგალითად, თუ ქარის ენერგოდანადგარის განლაგების შერჩეულ ადგილზე რამდენიმე თვის განმავლობაში ჩატარებული ქარის სიჩქარის გაზომვის შედეგებს უახლოესი მეტეოსადგურის მონაცემებს შეედარებთ, ამ უკანასკნელის გაცილებით ხანგრძლივი პერიოდის დაკვირვებების შედეგებზე დაყრდნობით შესაძლებელია ქარის სიჩქარის მონიტორინგის შედეგების ექსტრაპოლირება (მოვლენის ერთ ნაწილზე ჩატარებული დაკვირვების შედეგების იმავე მოვლენის სხვა ნაწილზე განზოგადოება).

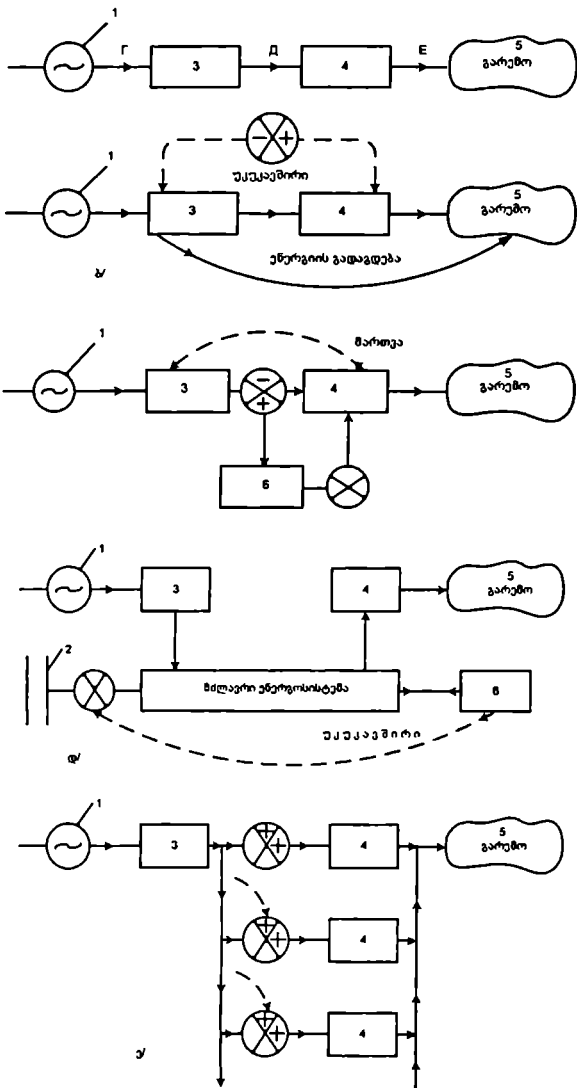
ენერჯის წარმოებას ყოველთვის წინ უნდა უსწრებდეს მასზე მოთხოვნილებების ყოველმხრივი შესწავლა. რამდენადაც ენერჯის წარმოება ყოველთვის საკმაოდ ძვირადღირებული პროცესია, რომელსაც თან სდევს გარემოზე არასასურველი ზეგავლენა, წარმოებული ენერჯის ეფექტურად და ეკონომიკურად ხარჯვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

ელექტროენერგეტიკაში მომხმარებელს დატვირთვა ეწოდება და მის მახასიათებლებზე ბევრადაა დამოკიდებული ელექტროენერჯის ამა თუ იმ წყაროს შერჩევა. ენერგეტიკის განვითარებაში კაპიტალდაბანდების ჩადების დროს საჭიროა გეახსოვდეს, რომ მომხმარებლების ეფექტურობა და ეკონომიკურობა, როგორც წესი, გაცილებით ხელსაყრელია ენერჯის წარმოების გაზრდასთან შედარებით.

ყველაზე მეტი ენერჯია სამრეწველო საწარმოებსა და ელექტრულ ტრანსპორტზე, აგრეთვე სითბოს წარმოებაზე იხარჯება. ენერჯის აღნიშნულ მომხმარებლებს, როგორც წესი, ენერჯის სხვადასხვა მაგროეული (აკუმულატორები) გააჩნია, რის გამოც ენერგოსისტემაში მათ ჩართვას შეუძლია არსებითად გაზარდოს მისი ეფექტურობა.

მომხმარებლების მახასიათებლებისა და ენერჯის პოტენციური განახლებადი წყაროების შედარებითი ანალიზის შემდეგ საჭიროა მათი ერთმანეთთან შეთანხმება, რომელიც შემდეგი პირობების შესრულებას ითვალისწინებს:

1. ენერგოდანადგარებმა მაქსიმალურად ეფექტურად უნდა გამოიყენოს განახლებადი ენერჯია. ენერჯის Γ, Δ, E ნაკადის წინაღობები (ნახ. 8-2) მინიმალური უნდა იყოს. ამ შემთხვევაში ენერგეტიკული მოწყობილობა და მისი გაბარებები მინიმალური იქნება.



ნახ. 8-2. განახლებადი ენერჯის წყაროებიდან მომხმარებლებთან შეთანხმების სქემები (განახლებადი ენერჯის ნაკადის სრული გამოყენება).

1 - ენერჯის განახლებადი წყარო; 2 - ენერჯის არაგანახლებადი (მილევადი) წყარო; 3 - ენერჯის გარდამსახი; 4 - მომხმარებელი; 5 - გარემოში გაცემა; 6 - ენერჯის მაგროუებელი.

რამდენადაც ნაკლებია ცალკეული უბნების წინაღობა ენერჯის ხარჯვის წრედში, მით ნაკლებია ენერგეტიკული მოწყობილობების გაბარბიტები (ა); უარყოფითი უკუკაეშირის მართვა ენერჯის დანაკარგებთანაა შეუღლებული (ბ); ენერჯის მაგროვებლის გამოყენება ენერჯის წარმოებისა და მისი მოხმარების დროში განრთვის საშუალებას იძლევა (გ); ენერჯის წყაროსა და მომხმარებლის განრთვა გაცილებით მძლეარი ენერჯოსისტემის საშუალებით (დ); ენერჯოდანადგარების დატვირთვისთან პირდაპირი კაეშირის მქონე მართვის სისტემა მართვის ყველაზე ეფექტური სისტემაა ენერჯის განახლებადი წყაროს გამოყენების დროს (ე). ენერჯის მომხმარებლების რიცხვი ყოველთვის შეიძლება შეთანხმებულ იქნეს ენერჯის არსებულ ნაკადთან, რომლის საფუძველზე ენერჯოდანადგარების მუშაობის მართვა წარმოებს;

2. მომხმარებელსა და ენერჯის წყაროს შორის უარყოფითი უკუკაეშირის მქონე მართვის სისტემის გამოყენება არახელსაყრელია, ეინაიდან ამ დროს ადგილი აქვს გარემოში გარდამსახის მიერ გამომუშაებული ენერჯის ნაწილის გაცემას (ნახ. 8-2ბ). ასეთი რეგულაცია მხოლოდ უკიდურესი აუცილებლობის ან ყველა შესაძლო მომხმარებლის დაკმაყოფილების შემთხვევაშია გამართლებული. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ენერჯის განახლებად წყაროსა და ენერჯოდანაკარგებს შორის უარყოფითი უკუკაეშირის რეგულაციის არაეფექტურობა გარემოს სიერცეში აღნიშნული ენერჯის ნაკადის მუდმივად არსებობის შედეგს წარმოადგენს. ენერჯის არაგანახლებადი წყაროსათვის უკუკაეშირის რეგულაცია ხელსაყრელია, ეინაიდან ამ დროს ენერჯის ხარჯი მცირდება;

3. როგორც § 8-2-ში იყო აღნიშნული, მოთხოვნილება ენერჯიაზე არასოდეს არ ირხევა, როგორც არ ირხევა მისი წარმოება განახლებადი ენერჯის ენერჯოდანადგარებზე. მოთხოვნილებისა და წარმოების ასეთნაირი შეთანხმება ენერჯის წყაროს სიმძლეარის გარედის გარეშე მხოლოდ ენერჯოსისტემაში ენერჯის მაგროვებლის ჩართვითაა შესაძლებელი (ნახ. 8-2გ). კარგი მაგროვებელი ძვირადღირებულია, განსაკუთრებით, თუ მისი დამუშაება და შექმნა უკვე მოქმედი ენერჯოსისტემისათვისაა საჭირო;

4. თუ ენერჯის განახლებადი წყაროების მომხმარებლებთან შეთანხმება ძალზე რთულია, ასეთი ამოცანის დასმა არაა საჭირო (ნახ. 8-2დ). ასეთ შემთხვევაში ენერჯოდანადგარს სისტემის უფრო მძლეარ და უნიერსალურ კეების წყაროსთან მიაერთებენ. თუ ასეთ სისტემებს ენერჯის მაგროვებელი გაანია (მაგ. პიდრაველიური ან თბერი), მათი ეფექტურობა იზრდება და შესაძლებელი ხდება მათში განახლებადი ენერჯის წყაროს ენერჯოდანადგარების ხვედრითი წილის გაზრდა;

5. ენერჯის განახლებადი წყაროს გამოყენების ყველაზე ეფექტური სქემა ნახ. 8-2ე-ზეა ნაჩვენები. ასეთი სქემის გამოყენების დროს კეების წყაროზე დროის ნებისმიერ მომენტში მიერთებული მომხმარებლების ჯამური დატვირთვა კეების წყაროს სიმძლეარის თანახომეადი უნდა იყოს. ამასთან, ცალკეულ მომხმარებლებს, თავის მხრივ, შეიძლება გააჩნდეს ენერჯის მაგროვებელი ან კეების წყაროს ცვალებად პარამეტრებთან იყოს შეთანაწყობილი.

ენერჯის განახლებადი წყაროების მომხმარებლებთან შეთანხმებისათვის მართვის სხეადასხვა მეთოდი არსებობს. განახლებადი წყაროების მქონე ენერჯოსისტემაში გამოყენება მართვის სამი მეთოდი, რომელიც ჭარბი ენერჯის გადაგდებაზე, ენერჯის აკუმულირებასა და დატვირთვის ცვლილებაზეა დაფუძნებული.

1. ენერჯოსისტემა ჭარბი ენერჯის გადაგდებით. განახლებადი წყაროების ენერჯის ნაკადები მუდმივად არსებობს და თუ მათ არ გამოიყენებთ, ისინი სამუდამოდ იქნება დაკარგული. ამის მიუხედავად, აღნიშნული ენერჯის ნაწილის გადაგდებაზე დაფუძნებული მართვის

მეთოდი შეიძლება ყველაზე მარტივი და იაფი აღმოჩნდეს. ეს მეთოდი პიდროელექტროსადგურებში (ნახ. 8-3ა), შერობების მზის გამოსხივებით გათბობის მართვადი საფარის მქონე სისტემებსა და ცვალებადი ბიჯის მქონე ქარბორბლებში გამოიყენება;

2. ენერჯის მაგროვებლების (აკუმულატორების) მქონე ენერგოსისტემები. ენერჯის მაგროვებლებს შეუძლია განახლებადი ენერჯის აკუმულირება როგორც მისი საწყისი, ასევე ენერგოდანადგარებში გაელის შედეგად გარდაქმნილი ენერჯის სახით. პირველ შემთხვევაში განახლებადი ენერჯის მარაგის მართვა ისეთნაირადვე ხორციელდება, როგორც არაგანახლებადი ენერჯის მარაგის შემთხვევაში. ასეთი მაგროვებლების რეგულაციის სისტემის ძირითადი ნაკლია მათი შედარებით ძვირი ღირებულება და გამოყენების სირთულე, განსაკუთრებით მცირე სიმძლავრის ენერგოდანადგარებში და დისტანციური მართვის რეგულაციის დროს.

ასე, მაგალითად, ნახ. 8-3ბ-ზე მოცემული წყალსაცავი, როგორც წესი, არანაკლებ 10 მეტ სიმძლავრის პიდროელექტროსადგურებზე იკება. 10 მეტ-ზე მეტი სიმძლავრის სადგურებზე წყლის ხარჯის რეგულაციის მექანიკური სისტემები დიდგაბარიტიანი და ძვირადღირებული გამოდის. წყალსაცავების ნაკლს წარმოადგენს აგრეთვე ის ზარალი, რომელსაც იგი გარემოს აყენებს. გარდაქმნილი ენერჯის მაგროვებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სააკუმულატორო ბატარეა, ელექტროლიზური დანადგარები და სხვ. ასეთი მაგროვებლები განსაკუთრებით ხელსაყრელია მცირე სიმძლავრის ენერგოდანადგარების არსებობის შემთხვევაში. ენერჯის თბური მაგროვებლები პრაქტიკულად აღარ გამოიყენება;

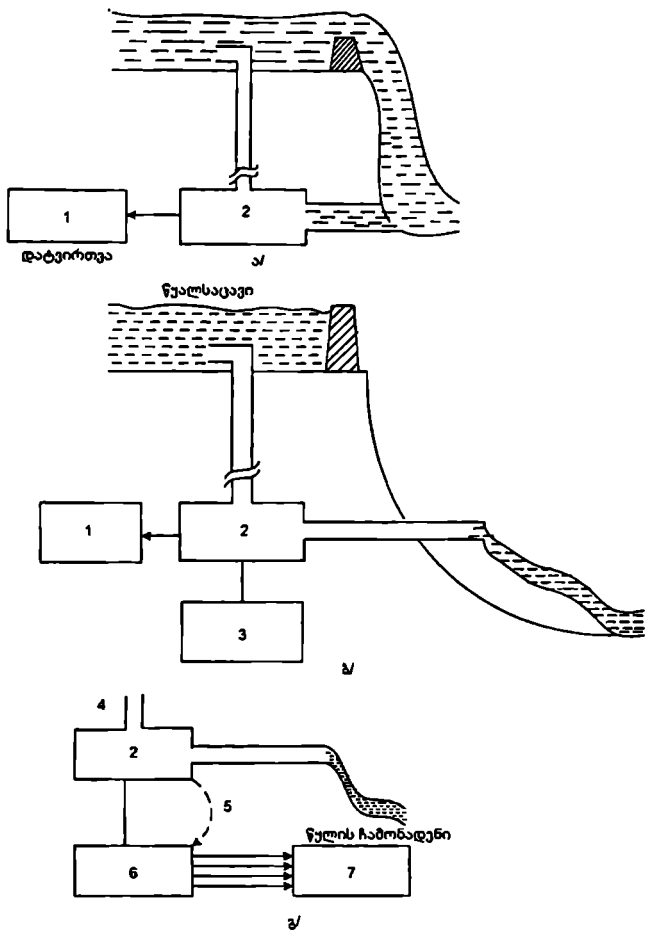
3. დატვირთვის რეგულაციის უნარის მქონე ენერგოსისტემები. ასეთი სისტემები თანაზომვადობას ენერჯის წარმოებასა და მოხმარებას შორის მომხმარებლების აუცილებელი რაოდენობის ჩართვისა და ამორთვის მანიპულირებელი საშუალებით ინარჩუნებს. ასეთი ტიპის რეგულაციის სქემა საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მომხმარებლების ელექტრომომარაგებისათვის ნახ. 8-3გ-ზეა მოცემული. რეგულაცია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერ სისტემაში, მაგრამ იგი განსაკუთრებით უფექტურია სხვადასხვაგვაროვანი მომხმარებლების არსებობის პირობებში. მისი უპირატესობა ენერჯის განახლებადი წყაროების მქონე ენერგოსისტემაში გამოყენების დროს შემდეგში მდგომარეობს:

1. მომხმარებლების ჩართვა ან ამორთვა კეების წყაროს სიმძლავრის თანაზომვადი განახლებადი ენერჯის დანაკარგების თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა;

2. რეგულაციის მრავალარხიან სისტემაში შესაძლებელია სხვადასხვა ხასიათის მომხმარებლების მოთხოვნილებებისა და მათი პრიორიტეტების გათვალისწინება. ამასთან, პირველ რიგში ამორთული დაბალი პრიორიტეტის მქონე მომხმარებლის ელექტრომომარაგებისათვის შეიძლება ენერჯის ღირებულების უფრო დაბალი ტარიფი იქნეს დაწესებული;

3. მომხმარებლები, რომელსაც თვითონ გააჩნია გარკვეული მაკუმულირებელი თვისებები (წყალგამაცხელებელი აუზები, კონდიციონერები), შეიძლება ამორთულ იქნენ იმ პერიოდში, როცა ენერჯის წარმოება განსაკუთრებით ძვირადღირებულია;

4. რეგულაციის ასეთ სისტემაში გამოყენებულ უნდა იქნეს საიმედო, ზუსტი, ნაკლებადინერციული და იაფი ელექტრონული და მიკროპროცესორული მოწყობილობა.



ნახ. მ-3. მართვის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენების მაგალითები.

ა - ზედმეტი წყლის გადაღდება საშუალებას იძლევა ტურბინის შესასვლელში შენარჩუნებულ იქნეს მუდმივი წნევა; ბ - ენერჯის ელექტრული მაგროვების გამოყენება წყალსადების არმქონე ჰიდროელექტროსადგურებზე; გ - დატვირთვით (პირდაპირი კავშირით) მართვა. რეგულაციის სისტემა ავტომატურად გადაანაწილებს ენერჯის მომხმარებლებს შორის მუდმივი ჯამური დატვირთვის ცვლილების გარეშე, რითაც გენერატორების სტაბილური მუშაობის რეჟიმს უზრუნველყოფს.

1 - დატვირთვა; 2 - ბლოკი - ტურბინა-გენერატორი; 3 - აკუმულატორი (ენერჯის მაგროვებელი); 4 - წყლის წნევით მიწოდება; 5 - მართვის არხი; 6 - ელექტრული მანაწილებელი მოწყობილობა; 7 - სხვადასხვა მომხმარებელი.

პირდაპირი კავშირის მქონე დატვირთვის რეგულატორების გამოყენება განსაკუთრებით მოსახერხებელია ავტონომიურ ქარენერგეტიკულ დანადგარებზე. ქარის სიჩქარე შეიძლება ძალზე მნიშვნელოვნად იცვლებოდეს, რის გამოც ქარენერგეტიკული დანადგარის მაქსიმალური სიმძლავრის შესანარჩუნებლად საჭირო იქნება ქარბორბალას ბრუნვის სიხშირის რეგულაცია ელექტრონული რეგულატორები, მექანიკურისაგან განსხვავებით, აღნიშნულ ამოცანას საიმედოდ და იაფად წყვეტს.

§ 8-4. მზის გამოსხივების ენერგიის გამოყენება

დედამიწაზე მოსული მზის გამოსხივების ნაკადის მაქსიმალური სიმკვრივე, როგორც აღნიშნეთ, დაახლოებით 1 კვტ/მ²-ს შეადგენს. აღნიშნულ გამოსხივებას მოკლეტალღური ენერგია და ხილულ სპექტრს მოიცავს. დასახლებული პუნქტებისათვის მათი ადგილმდებარეობის, დელამის პერიოდისა და ამინდის მიხედვით დედამიწაზე მოღწეული მზის გამოსხივების ენერგია დღეში 3-დან 30 მჯ/მ²-მდე იცვლება.

მზის, როგორც ენერგიის განახლებადი წყაროს გამოყენების ყველაზე გავრცელებული სფეროა წყლისა და ჰაერის გათბობა. ცივი კლიმატის მქონე რეგიონებში აუცილებელია საცხოვრებელი შენობების გათბობა და ცხელწყვალი მომარაგება. ასევე დიდი რაოდენობის ცხელი წყალია საჭირო მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში.

მზის ენერგია გამოიყენება წყლისა და ჰაერის გამახურებლებში, დისტილატორებში, მარცვალსაშრობებში, მზის კოშკებში (კოშკისებრ მზის ენერგეტიკულ დანადგარებში და სხვ).

მზის გამახურებელი სისტემის ძირითად ელემენტს მიმღები წარმოადგენს, რომელშიც მზის გამოსხივების შთანთქმა და სითხის ენერგიის გადაცემა ხდება. პრაქტიკაში გამოიყენება გამოსხივების ბრტყელი და მაფოკუსირებელი მიმღებები. ბრტყელი მიმღებები იღებენ როგორც პირდაპირ, ასევე გაბნეულ გამოსხივებას, რის გამოც მათ ღრუბლიან ამინდშიც შეუძლიათ იმუშაონ. აღნიშნული თვისების, აგრეთვე შედარებით ნაკლები ღირებულების გამო ბრტყელი მიმღებები ფართოდ გამოიყენება სითხეების 100°C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე გასათბობად.

მარტივი მიმღებებში გასათბობი სითხის მთელი მოცულობაა მოთავსებული. უფრო რთული კონსტრუქციის მიმღებებში გარკვეული დროის მანძილზე ათბობენ სითხის შედარებით ნაკლებ მოცულობას, რომელიც შემდეგ, როგორც წესი, ცალკე რეზერვუარში გროვდება, რაც სისტემაში სითბოს დანაკარგების შემცირების საშუალებას იძლევა.

პრაქტიკაში გამოიყენება ღია და დახურული ტიპის გამახურებლები. ღია გამახურებელს მაგალითად, წყლის ბუნებრივი რეზერვუარი წარმოადგენს, რომელშიც წყლით საესე მიწის გრუნტის ტევადობა მზის გამოსხივების შედეგად თბება (ნახ. 8-4ა). ამასთან, წყლის ტემპერატურის გაზრდა შეზღუდულია იმის გამო, რომ სითბო მიწის გრუნტს ადვილად გადაეცემა.

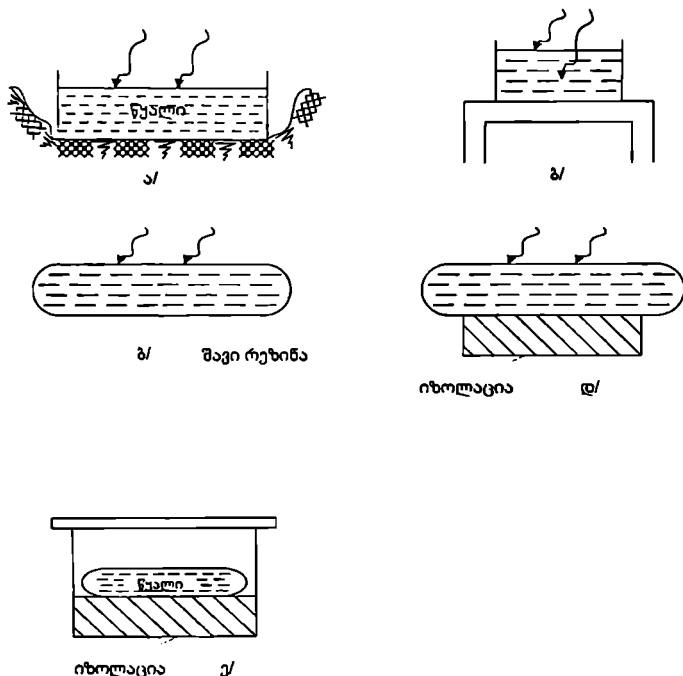
რაც შეეხება მიწისაგან იზოლირებულ ღია რეზერვუარს (ნახ. 8-4ბ), მასში თბური დანაკარგები წინა შემთხვევასთან შედარებით გაცილებით ნაკლებია, ხოლო ტემპერატურის გაზრდა წყლის შთანთქმის დაბალი კოეფიციენტითაა შეზღუდული ($\alpha < 1$). გარდა ამისა, შთანთქმული სითბოს მნიშვნელოვანი ნაწილი წყლის აორთქლებაზე იხარჯება, რაც აგრეთვე აფერხებს ტემპერატურის გაზრდას.

საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება ე.წ. შავი რეზერვუარი (ნახ. 8-4გ), რომელშიც გასათბობი სითხე შავ მქრქალ ტევადობაშია მოთავსებული, და, რომელიც, როგორც წესი, შენობის სახურავზეა დადგმული. ასეთ კონსტრუქციებში სითბოს დანაკარგები აორთქლებაზე პრაქტიკულად ნულამდეა დაყვანილი. ტევადობის შავი ზედაპირი გამოსხივებას გაცილებით უკეთ შთანთქავს, ვიდრე გამჭვირვალე წყალი ($\alpha = 0,9$). შთანთქმული სითბოს ნაწილი სითხეს გადაეცემა.

ასეთი ტიპის გამახურებლები არც თუ ძვირია, საკმაოდ მარტივი კონსტრუქციისაა და წყალს 45°C-მდე ათბობს. გამახურებლის პარამეტრები ქარიან ამინდში თბური დანაკარგების გაზრდის გამო საკმაოდ იზღუდება. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მასალა, რომლისგანაც გამახურებლის ტევადობა

მზადდება. არაა საჭირო აუცილებლად შავი ფერის იყოს, საკმარისია მას შავი ფერის საფარი გაანდეს.

მიწისაგან იზოლირებული ფსკერის მქონე შავ რეზერვუარში (ნახ. 8-4დ) სითბოს დანაკარგები თითქმის ოთხჯერ ნაკლებია წინა კონსტრუქციებთან შედარებით. იზოლატორად შეიძლება პრაქტიკულად ნებისმიერი ფორებიანი მასალა იქნეს გამოყენებული, რომლის ფორების ზომა 1 მმ-ს არ აღემატება (მაგ. ქაფპოლისტიროლი, მინაქსოვილი, მერქნის ბურბუშეულა და სხვ.). აღნიშნული მასალების თბოგამტარობა ჰაერის თბოგამტარობის თანაზომეადია. ფორების ზომები დიდი არ უნდა იყოს, წინააღმდეგ შემთხვევაში არსებითი აღმოჩნდება სითბოს კონვექციური გადაცემა. გარდა ამისა, ფორები მშრალი უნდა იყოს, ვინაიდან წყლის თბოგამტარობა ჰაერის თბოგამტარობაზე მეტია.



ნახ. 8-4. მზის გამოსხივების ენერჯის მიმღებების სახეები.

ა - ღია რეზერვუარი მიწის ზედაპირზე; ბ - მიწისაგან იზოლირებული ღია რეზერვუარი; გ - შავი რეზერვუარი; დ - მიწისაგან იზოლირებული ფსკერის მქონე შავი რეზერვუარი; ე - მინის სახურავის მქონე დახურული შავი რეზერვუარი.

დახურული შავი გამახურებლები, რომელიც მიწისგან იზოლირებული ფსკერის მქონე რესერვუარს წარმოადგენს, ღია მზიან ადგილას იდგმება. გამახურებლის ტეკადობის ქარისაგან დასაცავად იგი შეიძლება გამჭვირვალე სახურავის მქონე კონტეინერში იქნეს მოთავსებული, რომელიც ხელს უწყობს მზის გამოსხივების ენერჯის შთანთქმას (ნახ. 8-4ე).

მინა ასეთი გამახურებლის სახურავის ყველაზე უკეთეს მასალას წარმოადგენს. გამჭვირვალე პოლიეთილენის აუსკი იაფია, მაგრამ ძალზე ხშირადაა საჭირო მისი შეცვლა, ვინაიდან მზეზე იგი სწრაფად ზიანდება. მზის გამოსხივებისათვის გამოიყენება აგრეთვე სპეციალური საფარი, რომელსაც მინის მსგავსი თვისებები გააჩნია, მაგრამ იგი მინაზე მყიფეა.

გარდა წყლის გათბობისა, მზის ენერჯია შეიძლება პაერის შესათბობად და შენობის გასათბობად იქნეს გამოყენებული, რასაც ეკონომიკისათვის სერიოზული მნიშვნელობა ენიჭება. მსოფლიოში ხორბლის მნიშვნელოვანი ნაწილი ობიანი სოკოსაგან დაზიანების გამო იყარება, რომელიც შეიძლება თავიდან იქნეს აცილებული შრომის სწორი სისტემის გამოყენებით. მკაცრი კლიმატის მქონე რეგიონებში ზამთარში შენობების გათბობაზე ენერგეტიკული რესურსების ნახევარზე მეტი იხარჯება.

გამთბარი პაერი, როგორც აღენიშნეთ, საჭიროა როგორც ხორბლის გასაშრობად, ასევე საცხოვრებელი ბინების გასათბობად. ხორბლის გაშრობა მოითხოვს არა მარტო სითბოს, არამედ წყლის ორთქლის გადატანასაც. აღნიშნულ პრობლემას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აგრეთვე წყლის გასუფთავების სისტემებში, რომელშიც მზის სითბო სასმელი წყლის მისაღებად გამოიყენება.

ასევე შეიძლება მზის სითბო გამოყენებულ იქნეს თბური ძრავების ექსპლუატაციისათვის, რომლის ეფექტურობა მუშა ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად იზრდება. მაღალი ტემპერატურები შეიძლება მიღებულ იქნეს მზის გამოსხივების ნაკადის მცირე ფართობზე კონცენტრირების შემთხვევაში.

მზის გამოსხივების ენერჯის საშუალებით შეიძლება მიღებულ იქნეს გარკვეული რაოდენობის ელექტროენერჯია. მზის ენერჯის

კონცენტრაცია ისეთი ტემპერატურის ($T \geq 700^{\circ}C$) მიღების საშუალებას იძლევა, რომელიც საკმარისი იქნება მ.ქ.კ.-ის მისაღები მნიშვნელობის მქონე თბური ძრავას მუშაობისათვის. 30 მ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე პარაბოლოიდური კონცენტრატორის დამზადება საკმაოდ რთულია, თუმცა ერთი ასეთი მოწყობილობა საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს 200 კვტ-მდე სიმძლავრე, რაც საკმარისი იქნება მიკროენერჯოსისტემისათვის, მაგრამ არა სტაციონარული კომუნალური ქსელებისათვის.

იმისათვის, რომ ავაგოთ 10 მეტ სიმძლავრის მზის ელექტროსადგური, არსებობს ორი ვარიანტი: განწერტილებული კოლექტორები და მზის კოშკისებრი სისტემები.

განწერტილებული კოლექტორები მრავალი მცირე მაკონცენტრირებელი კოლექტორისაგან შედგენილ სისტემას წარმოადგენს, რომელთაგან თითოეული მზეს უთვალთვალებს. სასურველია, მაგრამ არაა აუცილებელი, რომ კონცენტრატორებს პარაბოლოიდური ფორმა ჰქონდეს. თითოეული კოლექტორი სითხის მზის ენერჯიას თბოგადამტანს გადასცემს, ხოლო ყველა კოლექტორის გამთბარი სითხე ცენტრალურ ელექტროსადგურებში იკრება. თბოშემცველი სითხე შეიძლება იყოს წყლის ორთქლი, თუ იგი უშუალოდ იქნება გამოყენებული ორთქლის ტურბინაში ან სხვა რომელიმე თერმოქიმიურ გარემოში, მაგ. დისოცირებულ ამიაკში.

ასეთი სისტემის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ ქიმიური რეაგენტების გამოყენების შემთხვევაში ადგილი არა აქვს დანაკარგებს კოლექტორსა და თბურ ძრავას შორის, ვინაიდან სითბო შეიძლება

გადაცემულ იქნეს დიდ მანძილზე ან ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (მაგ. სადამოს საათებიდან მოხელი ღამის განმავლობაში, რაც საშუალებას მოგვცემს უწყვეტად ვაწარმოოთ ელექტროენერგია). აღნიშნულ სისტემაში მზის სხივები მიმღებზე ფოკუსირდება, რომელშიც აირისმაგვარი ამიაკი მაღალი წნევის პირობებში (30 მპა-მდე) წყალბადად და აზოტად დისოცირდება.

აღნიშნული სისტემის ალტერნატიული ვარიანტი მზის ენერჯის მისაღებად მზის კოშკის გამოყენებაში მდგომარეობს. მნიშვნელოვან ფართობზე განლაგებულია მზის მიმყოლი ბრტყელი სარკეები, რომელიც მზის სხივებს კოშკის წვეროზე მოთავსებულ ცენტრალურ მიმღებზე ირეკლავს.

§ 8-5. ჰიდროენერგეტიკა

ჰიდროელექტროსადგურების მუშაობის პრინციპი I თავის § 1-3-შია განხილული.

ტერმინი „ჰიდროენერგეტიკა“ ენერგეტიკის იმ სფეროს განსახლდერაეს, რომელიც ვარდნილი წყლის ენერგიას იყენებს.

ჰიდროენერგეტიკა განახლებადი რესურსების ენერგეტიკის ყველაზე განვითარებულ სფეროს წარმოადგენს. ელექტროენერგიის წარმოება XIX საუკუნის 80-იან წლებში სწორედ ჰიდროენერგეტიკით დაიწყო, რომელშიც ძირითადად ჰიდრაულიკური ტურბინები იყო გამოყენებული. ჰიდროაგრეგატების სიმძლავრე მსოფლიოში ყოველწლიურად 5%-ით იზრდება, რაც იმას ნიშნავს, რომ ყოველ 15-20 წელიწადში აღნიშნული სიმძლავრეები ორმაგდება. 1980 წლისათვის მსოფლიოს ჰიდროელექტროსადგურების ჯამურმა დადგემულმა სიმძლავრემ 500 000 მეტ (0,5 ტვტ) შეადგინა. ჰიდროენერგეტიკული რესურსების პოტენციური სიმძლავრე 1,5 ტვტ-ს აღწევს. ამასთან, ყველაზე მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურები სამხრეთ ამერიკაში, აფრიკაში, ჩინეთშია აშენებული. უნდა აღინიშნოს, რომ მოტანილი გლობალური შეფასებები მნიშვნელოვნადაა შემცირებული, ვინაიდან არ ითვალისწინებს მცირე სიმძლავრის (10 კვტ-დან 1 მეტ-მდე) ჰიდროენერგოვანადგარებს, რომლის რიცხვის დადგენა ძალზე გაძნელებულია. გარდა ამისა, ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების დაგეგმარების ეკონომიკური მხარე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ადგილობრივი პირობების სპეციფიკაზე, რომლის გათვალისწინება გლობალური გაანგარიშებების დროს ძალზე რთულია.

ჰიდროელექტროსადგურები და მათი მოწყობილობა დიდი ხნის მანძილზე მუშაობს. ჰიდროტურბინები, მაგალითად, 50 წლის განმავლობაში მუშაობს. ეს მათი ექსპლუატაციის კეთილსასურველი პირობებით — მუშაობის თანაბარი რეჟიმით, ტემპერატურული და სხვა ექსტრემალური დატვირთვების არარსებობითაა განპირობებული. ყოველივე ამის გამო ჰიდროელექტროსადგურებზე გამოიმუშაებული ელექტროენერგიის თვითღირებულება მცირეა (დაახლოებით აშშ-ს 1 ცენტრი 1 კვტსთ-ზე) და მათი დიდი უმრავლესობა მაღალი ეკონომიკური ეფექტით გამოირჩევა. ასე, მაგალითად, ნორვეგია, რომელიც გამოიმუშაებული ელექტროენერგიის 90%-ს ჰიდროელექტროსადგურებზე აწარმოებს, ელექტროენერგიის ექსპორტით საკმაოდ დიდ მოგებას ნახულობს. 8-3 ცხრილში მოცემულია მონაცემები რიგი ქვეყნებისა და რეგიონების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალისა და 5 მეტ და მეტი სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგურების შესახებ. როგორც წესი, პირველ რიგში ხდება ყველაზე ხელსაყრელი ჰიდრორესურსების ათვისება, რის გამოც დროთა განმავლობაში ქვეყნების ახალი მაგენერირებული სიმძლავრეების ზრდა ნებისმიერ ქვეყანაში გარკვეულწილად მცირდება.

ჰიდროელექტროსადგურების მიერ გამოიმუშაებული ელექტროენერგიის რეგულაცია იოლია, რასაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ისეთი ენერგოსისტემების მუშაობის დროს, რომელთა ექსპლუატაცია დატვირთვის დიდი რხევებით ხასიათდება. ჰიდროტურბინების მ.კ.კ. 90%-ს აღწევს. ჰესებზე ორი ტიპის ჰიდროტურბინები გამოიყენება: რ ე ა ქ ტ ი უ ლ ი პ ი დ - რ ო ტ უ რ ბ ი ნ ა, რომლის მუშა თვალი მთლიანად წყალშია მოთავსებული და ძირითადად მუშა თვალამდე და მუშა თვალის შემდეგ არსებულ დაწნევათა სხვაობის საშუალებით ბრუნავს; ა ქ ტ ი უ რ ი პ ი დ რ ო ტ უ რ ბ ი ნ ა, რომლის მუშა თვალი მის ფრთებზე ვარდნილი წყლის ნაკადის გაელენით, ე.ი. ვარდნილი წყლის კინეტიკური ენერგიით ბრუნავს.

რეგიონი	პოტენციური ჰიდროენერგოსურსები, მგტ	ელექტროენერჯის წლო- ური წარმოება რესურსე- ბის 50%-ის გამოყენების შემთხვევაში, ტმცთ	ელექტროენერჯის მსოფლიო პოტენციური წარმოების წილი, %	ჰიდროენერგოსების გამოყენებული ნაწილი, %	ჰიდროენერგოსების გამოყენებული ნაწილი, %
აზია (ყოფილი სსრკ-ს გარეშე)	630	2720	28	10	90
სამხრეთ ამერიკა	440	1940	20	17	83
აფრიკა	350	1550	16	5	95
ჩრდილო ამერიკა	350	1550	16	46	54
ყოფილი სსრკ	240	1070	11	21	79
ევროპა (ყოფილი სსრკ-ს გარეშე)	150	680	7	65	35
აესტრალია და ოკეანე- თი	40	190	2	20	80
სულ მსოფლიოში	2200	9700	100	21	79

რეაქტიულ ჰიდროტურბინას გენერატორის რევერსირების დროს შეუძლია სატუმბ რეჟიმში იმუშაოს, გადაქაჩავს რა წყალს უკან, წყალსაცავში. ასეთ რეჟიმში რეაქტიული ტურბინის მუშაობის მქ.კ. 80%-ს აღწევს.

ჰიდროენერგეტიკის ყველაზე რთულ პრობლემებს წარმოადგენს: გარემოსადმი მიყენებული ზარალი; წყალსაცავების არსებობა და მათი წყლით შევსება; ჰიდროტურბინების კოროზია; თბოელექტროსადგურებთან შედარებით საგრძნობლად გაზრდილი კაპიტალური დაბანდებები მშენებლობაზე.

წყლის ენერჯის გამოყენების ძირითადი პრინციპები. თუ Q —თი აღნიშნავენ წყლის მოცულობას, რომელიც ტურბინის ფრთას ეცემა დროის ერთეულში, ხოლო ρ — თი წყლის სიმკვრივეს, მაშინ დაცემული წყლის მასა იქნება ρQ , ხოლო მისი დაკარგული ენერჯია (სიმძლავრე)

$$P_0 = \rho Q g H, \quad (8-1)$$

სადაც g — სიმძიმის ძალის აჩქარებაა; P_0 — წყლის პოტენციური ენერჯის (სიმძლავრის) ცვლილებაა დროის ერთეულში; H — წყლის ვარდნის სიმაღლეა.

ჰიდროენერგეტიკული დანადგარის დანიშნულებაა აღნიშნული ენერჯის მექანიკურ ენერჯიად გარდაქმნა. სხვა სახის ენერჯიებისაგან განსხვავებით ვარდნილი წყლის ენერჯიას არაერთი პრინციპული შეზღუდვა (თერმოდინამიკური ან დინამიკური) არ უშლის ხელს მთლიანად გარდაიქმნას მექანიკურ ენერჯიად, თუ მსხვედრობაში არ მივიღებთ ტურბინისაგან წყლის მოსაცილებლად საჭირო დანაკარგებს. ჰიდროენერჯის შესაძლებლობები აშკარად ჩანს (8-1)-დან. ჰიდროელექტროსადგურის

მოცემული ადგილმდებარეობის შემთხვევაში H არის ცნობილი მუდმივი სიდიდე და წყლის Q ხარჯი, სახეს წყალსატარის შემთხვევაში პრაქტიკულად მუდმივია. იმის გამო, რომ პიდროტურბინის რეალური სიმძლავრე ახლოსაა თეორიულთან, (8-1) განტოლება მოთხოვნილი ენერგეტიკული მოწყობილობის მაქსიმალურ სიმძლავრეს განსაზღვრავს. პიდროელექტროსადგურის ადგილმდებარეობაზე წყლის საკმაოდ მაღალი Q ხარჯი და მისი ვარდნის H სიმაღლე უნდა უზრუნველყოს. ამისათვის, ჩვეულებრივად, საჭიროა წლის განმავლობაში საკმაოდ თანაბრად განაწილებული არანაკლებ 40 სმ-ის დონის ნალექების რაოდენობის, ადგილმდებარეობის რელიეფისა და წყალსაცავის ტერიტორიის ცოდნა. აღნიშნული მოთხოვნების შესრულების შემთხვევაში პიდროენერგია მოცემული რეგიონისათვის ენერჯის თითქმის გარანტირებულად ოპტიმალური წყარო აღმოჩნდება.

ამასთან, იმისათვის, რომ წყალი მიმართული იქნეს პიდროელექტროსადგურის ტურბინისაკენ, საჭიროა დიდი მოცულობის სამშენებლო სამუშაოების (კაშხალი, წყალსატარები, სხვა პიდროტექნიკური ნაგებობები) შესრულება, რომლის ღირებულება ხშირად პიდროელექტროსადგურის პიდროენერგეტიკული დანადგარების ღირებულებას აღემატება.

პიდროენერგორესურსების შეფასება მცირე ჰესებისათვის. დაეუშვათ, გვაქვს წყლის ნაკადი, რომელიც შეიძლება ენერგეტიკაში იქნეს გამოყენებული. პირველ რიგში უხეშად მიინც (დაახლოებით 50%-ის სიზუსტით) უნდა იქნეს შეფასებული მისი პიდროენერგეტიკული პოტენციალი. თუ მიღებული შეფასება დაგეგმვაყოფილებს, აუცილებელია უფრო დეტალური კვლევის ჩატარება, რომელიც რამდენიმე წლის მონაცემებს მიიხსნება უნდა შეიცავდეს. (8-1)-დან ჩანს, რომ P_0 თეორიული სიმძლავრის შეფასებისათვის საჭიროა ნაკადის Q ხარჯისა და წყლის შესაძლო H ვარდნის სიმაღლის ცოდნა, რომელსაც წყლის დაწნევა ეწოდება. ასე, მაგალითად, თუ $Q=40$ ცხ.ძ-ს და $H=20$ მ-ს, მაქსიმალური სიმძლავრე 8 კვტ იქნება. აღნიშნული სიმძლავრე საცხებით დააკმაყოფილებს რიგი საყოფაცხოვრებო მომხმარებლების მოთხოვნილებებს.

ტურბინისაკენ მიმართული წყლის ნაკადი, როგორც წესი, მდინარის ხარჯზე ნაკლებია, რომელიც თავის მხრივ, სხვადასხვაა წყალდიდობისა და გვალვების დროს. ენერგეტიკისათვის მნიშვნელობა აქვს მდინარის მინიმალურ ხარჯს (გველვის პერიოდში) იმ ანგარიშით, რომ მასზე გაანგარიშებული ტურბინები მთელი წლის განმავლობაში ნორმალურ რეჟიმში მუშაობდნენ. აუცილებელია აგრეთვე წყლის მაქსიმალური ხარჯის ცოდნა (წყალდიდობის პერიოდში), რათა თავიდან იქნეს აცილებული პიდროელექტროსადგურის დაზიანება.

მცირე პიდროელექტროსადგურები. თანამედროვე პიდროენერგეტიკული დანადგარები ძირითადად ელექტროენერჯის წარმოებისათვის გამოიყენება. ტიპური პიდროელექტროსადგური შედგება სადგურის შენობისაგან, რომელშიც განლაგებულია წყლის ხარჯის რეგულატორი, პიდროტურბინა, ელექტროგენერატორი, გენერატორის პარამეტრების მართვისა და კონტროლის სისტემა, დახურული და ღია მანწილებელი მოწყობილობა; აგრეთვე წყალსაცავისაგან, მიმყვანი წყალსატარისა და სხვა პიდროტექნიკური ნაგებობებისაგან. წყალსაცავი, ე.ი. პოტენციური ენერჯის წყარო კაშხლის საშუალებით იქმნება, რომელიც ტურბინის გაელით წყლის სტაბილური ხარჯის გატარებას უზრუნველყოფს. გარდა აღნიშნული ძირითადი დანიშნულებისა, წყალსაცავი სხვა მიზნებისთვისაც გამოიყენება, კერძოდ, წყალმომარაგებისათვის, აგრეთვე გამსატარებელი და თევზსატარებელი დანიშნულებისათვის. შედარებით მცირე სიმძლავრის

ჰიდროელექტროსადგურებს, რომელიც მდინარის ძირითადი კალაპოტიდან მოცილებითაა განლაგებული და მასთან მიმყვანი და გამოყვანი არხებითაა შეერთებული, დერივაციული ჰიდროელექტროსადგური ეწოდება და კაშხლის ნაცვლად დაბალი სიმაღლის შემტბორი ჯებირი გააჩნია, ე.ი. არა აქვს წყალსაცავი.

მიმყვანი (სადაწნეო) წყალსატარი შესის ერთ-ერთ ყველაზე ძვირადღირებულ ნაგებობას წარმოადგენს. მისი ღირებულების შემცირება სიგრძის, დიამეტრისა და კედლების სისქის შემცირებით შეიძლება ექსპლუატაციის პირობები ამის საშუალებას ყოველთვის არ იძლევა. კერძოდ, ძალზე მცირე დიამეტრის შემთხვევაში წყალსატარში წყლის თითქმის მთელი პოტენციური ენერგია იკარგება. ამიტომ, წყალსატარის დაპროექტების დროს უნდა მოხდეს მცირე დიამეტრის შემთხვევაში მიღებული მოგებისა და დაწნევის შემცირების შედეგად მიღებული წაგების შედარება. ოპტიმალური გადაწყვეტა განისაზღვრება პირობით

$$H_f \leq 0,1H, \quad (8-2)$$

სადაც H_f - წყლის დაწნევის დანაკარგებია ხახუნზე წყალსატარებსა და არხებში წყალსაცავიდან ტურბინამდე; H - წყლის გეომეტრიული (სრული) დაწნევაა წყალსაცავიდან ტურბინამდე.

მცირე შესების ტურბინის თვალის ბრუნვის სიხშირე გენერატორის პარამეტრებთან უნდა იყოს შეთანხმებული. არსებული ჰიდროტურბინების უმრავლესობის ბრუნვის სიხშირე შედარებით მცირეა, რის გამოც მცირე შესების გენერატორების გამოყენებზე ძაბვა 400 ვოლტს არ აღემატება. მძლავრი (1 მეტ-ზე მეტი) ჰიდროგენერატორები, ჰიდროტურბინასთან, როგორც წესი, საერთო ლილეითაა დაკავშირებული, რაც მის ამძრავში დანაკარგების თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა. მცირე სიმძლავრის (10 კვტ-მდე) გენერატორები ტურბინასთან ამძრავითაა დაკავშირებული, რაც ზრდის გენერატორის ბრუნვის სიხშირეს. ამძრავად ძირითადად სოლისებრი ღვედები გამოიყენება.

მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურები, როგორც წესი, ერთიან ენერგოსისტემაში არიან გაერთიანებული, რის გამოც მათი ძირითადი ენერგეტიკული პარამეტრები (ძაბვა, სიხშირე) სისტემის პარამეტრებს უნდა ეთანადებოდეს. ენერგოსისტემის ძაბვა ელექტროენერჯის გადაცემის დროს სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების შემცირების მიზნით მრავალჯონს აღემატება გენერატორის გამოყენების ძაბვას, რის გამოც გენერატორები სისტემასთან ამამალღებელი ძალური ტრანსფორმატორებით არიან დაკავშირებული. ამასთან, მოთხოვნები ძაბვისა და სიხშირის სტანდარტიდან გადახრის შესახებ $\pm 2\%$ -ს შეადგენს. სიხშირის სტაბილიზაცია, როგორც წესი, წყლის ხარჯის რეგულაციის მექანიკური სისტემით ხორციელდება, რომელსაც უკუკავშირი გააჩნია. რაც შეეხება მცირე ჰიდროელექტროსადგურებს, რომელიც ელექტროენერჯით მიიან და სასოფლო რაიონის ამარაგებს, მათაც გააჩნიათ მართვისა და კონტროლის სისტემები, მაგრამ ვინაიდან მათ მიერ გამოიშუშავებული ელექტროენერგია ძირითადად საყოფაცხოვრებო მომხმარებლებისა და მცირე სიმძლავრის ძრავების კეებისათვისაა გათვალისწინებული ძაბვის ამამალღებელი და დამადაბლებელი მანაწილებელი მოწყობილობის გარეშე, მათთვის დასაშვებია ძაბვისა და სიხშირის დიდ დიაპაზონში ($\pm 10\%$) ცვლილება. ამასთან, მცირე შესებზე მათი შედარებით უმნიშვნელო სიმძლავრეების გამო სიხშირის ტრადიციული მექანიკური რეგულატორების ნაცვლად შესაძლებელია ელექტრონული (მაგ. ტირისტორული) რეგულატორების გამოყენება.

§ 8-6. ქარის ენერგეტიკა

ქარის ენერგეტიკა დღევანდელი ტექნიკური აღჭურვილობის პირობებში განახლებადი ენერგეტიკის ერთ-ერთ ჩამოყალიბებულ მიმართულებას წარმოადგენს. რამდენიმე კენტ-დან 2-3 მეტ-მდე სიმძლავრის ქარენერგეტიკული დანადგარები წარმატებით იწარმოება და გამოიყენება ევროპის, ამერიკისა და მსოფლიოს სხვა ქვეყნებში. აღნიშნული დანადგარების უმრავლესობა ელექტროენერჯის წარმოებისათვის როგორც ერთიან სისტემაში, ასევე ავტონომიურ რეჟიმებში გამოიყენება.

ქარენერგეტიკული დანადგარის მაქსიმალური საპროექტო სიმძლავრე ქარის რამდენიმე სტანდარტული სიჩქარისათვის განისაზღვრება. ჩვეულებრივად ეს სიჩქარე 12 მ/წმ-ის ტოლია. კეთილსასურველი საქარე პირობების მქონე რაიონებისათვის ქარენერგეტიკული დანადგარების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯის საშუალო წლიური წარმოება მაქსიმალური საპროექტო სიმძლავრის 25-33%-ს შეადგენს. ქარენერგეტიკული დანადგარის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 15-20 წელია, ხოლო 1 კვტ დადგმული სიმძლავრის ღირებულება 1000-1500 აშშ-ს დოლარს შეადგენს.

ქარის ენერჯია მექანიკურ დანადგარებში, მაგ. წისქვილებსა და წყლის ტუმბოებში რამდენიმე ასწლეულის მანძილზე გამოიყენება. გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან თანამედროვე ტექნიკურ დონეზე დაიწყო ქარენერგეტიკული დანადგარების ინტენსიური წარმოება და გამოყენება. ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა ქარენერგეტიკული დანადგარის დაპროექტებისას ქარის ძალზე ძლიერი შემთხვევითი დაბერვისაგან დაცვის უზრუნველყოფაში ჩდგომარეობს. საქარე დატვირთვები ქარის სიჩქარის კვადრატის პროპორციულია. ამასთან, 50 წელიწადში ერთხელ აღვილი აქვს ისეთი სიჩქარის ქარები, რომელიც 5-10 ჯერ მეტია საშუალო სიჩქარეზე, რის გამოც ქარენერგეტიკული დანადგარები სიმტკიცის ძალზე დიდი რეზერვით უნდა დაპროექტდეს.

ქარის გამომწვევ მიზეზს დედამიწის ატმოსფეროს მიერ მზის გამოსხივების შთანთქმა წარმოადგენს, რაც ჰაერის გაფართოებასა და კონვექციური დინების წარმოქმნას იწვევს. ქარის სიჩქარეები სიმაღლის ზრდასთან ერთად იზრდება, ხოლო მათი პორიზონტალური შემდგენი ვერტიკალურზე გაცილებით მტკია.

იმის შეფასება, ქარის ენერჯის რა ნაწილი შეიძლება იქნეს სასარგებლოდ გამოყენებული, ძალზე ძნელია, ვინაიდან იგი ქარენერგეტიკის განვითარების დონესა და მისი მომხმარებლების შემადგენლობაზეა დამოკიდებული. ამის მიუხედავად, დადგენილია, რომ გერმანიასა და დიდ ბრიტანეთში ქარენერგეტიკული დანადგარების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯია აღნიშნულ ქვეყნებში მთლიანად წარმოებული ელექტროენერჯის დაახლოებით 20%-ს შეადგენს. ავტონომიური ქარენერგეტიკული დანადგარებით შეიძლება შეცვლილ იქნეს ნათობპროდუქტებზე მომუშავე დიზელური ელექტროსადგურები და მახურებული დანადგარები, განსაკუთრებით ენერგოტრასებიდან დიდი მანძილით დაშორებულ რაიონებსა და კუნძულებზე.

ელექტროენერჯის წარმოება ქარენერგეტიკული დანადგარების საშუალებით. ელექტროენერჯის წარმოებისათვის ქარენერგეტიკული დანადგარების გამოყენება ქარის ენერჯის უტილიზაციის ყველაზე ეფექტური საშუალებაა. მექანიკური ენერჯის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნის ეფექტურობა 95%-ს აღწევს, ხოლო დანაკარგები ელექტროენერჯის გადაცემაზე 10%-ს არ აღემატება. მოთხოვნები გამოიმუშავებული ენერჯის სიხშირესა და ძაბვაზე მომხმარებლების შემადგენლობაზეა დამოკიდებული. აღნიშნული მოთხოვნები საკმაოდ მკაცრია ქარენერგეტიკული დანადგარების ერთიან ენერჯის სისტემაში მუშაობის დროს და შედარებით რბილია ავტონომიურ რეჟიმში მუშაობის პირობებში, როცა ქარენერგეტიკული

დანადგარების მიერ გამოთქმული ელექტროენერგია ძირითადად განათების დენმიმღებებისა და მახურებელი ხელსაწყოების მიერ მოიხმარება.

ქარენერგეტიკული დანადგარების პროექტირების დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნეს მისი შემდეგი თავისებურებები:

1. ქარბორბალას მუშაობის მაქსიმალური ეფექტურობის უზრუნველსაყოფად ქარის სინქარის ცვლილებასთან ერთად საჭიროა მისი ბრუნვის სიხშირის შეცვლა სწრაფბრუნვის მუდმივი კოეფიციენტის შენარჩუნების პირობებში. ამასთან, გენერატორის ეფექტური მუშაობისათვის საჭიროა მისი ბრუნვის პრაქტიკულად მუდმივი სიხშირის შენარჩუნება;

2. ქარბორბალას ბრუნვის სიხშირის მართვის მექანიკური სისტემები რთული და ძვირადღირებულია. გაცილებით ეფექტური და იაფი გამოდის ბრუნვის სიხშირის მართვა გენერატორის დატვირთვის საშუალებით;

3. ქარბორბალას ბრუნვის ოპტიმალური სიხშირე მით ნაკლებია, რაც მეტია მისი რადიუსი, რის გამოც მხოლოდ ძალზე პატარა რადიუსის (არაუმეტეს 2 მ-სა) მქონე ქარბორბლები შესაძლებელია უშუალოდ გენერატორთან გაერთიანდეს. დიდი რადიუსის ქარბორბლების გამოყენების დროს საჭირო ხდება ამამაღლებელი რედუქტორების გამოყენება, რაც აძვირებს ქარენერგეტიკულ დანადგარსა და მის მომსახურებას. რედუქტორის ალტერნატივას ახალი ტიპის მრავალპოლუსა გენერატორები წარმოადგენს, რომელიც ბრუნვის მცირე სიხშირით მუშაობს;

4. ქარენერგეტიკულ დანადგარებში, როგორც წესი, გათვალისწინებულია გენერატორის განრთვა ქარბორბალასაგან და მისი ბრუნვა ენერჯის ქიმიური ან მექანიკური აკუმულატორის საშუალებით, რის გამოც გენერატორის მართვის სისტემას არ აკავშირებენ ქარბორბალასთან. ასეთი აკუმირების არარსებობის პირობებში გენერატორის ქარბორბალასთან ე.წ. „რბილი“ შეერთების დროს აუცილებელია სპეციალური მადემპირებელი მოწყობილობა, რათა გამოირიცხოს მექანიკური დარტყმები, გადატვირთვები და ძაბვის ე.წ. „ტყორცვები“ გენერატორის გამოყენებაზე.

გარდა ამისა, საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ქარენერგეტიკული დანადგარების გამოსაეალი პარამეტრებისადმი წაყენებული სპეციფიური მოთხოვნები, სახელდობრ:

ა). ყველაზე ხელსაყრელი საქარე პირობები, როგორც წესი, მცირედ დასახლებულ რაიონებში, ზღვებში და კუნძულებზე არსებობს. ასეთ რაიონებში მოთხოვნილება ელექტროენერგიაზე ძალზე სპეციფიურია, მაგრამ გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე განვითარებულ სამრეწველო რაიონებში;

ბ). ელექტროენერჯის მომხმარებლების ჯგუფის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ მომხმარებელთა მხოლოდ 5-10% აყენებს კონკრეტულ მოთხოვნებს მისი პარამეტრების (მაგ. სიხშირის) მიმართ. ესაა ძირითადად ელექტროძრავები, ელექტრონული და განათების ხელსაწყოები. ყოველივე ამის გამო რეკომენდებულია ელექტრომომარაგების სისტემის ისეთნაირად აგება, რომ მან შეძლოს მომხმარებლის როგორც არასტაბილიზებული პარამეტრების, მაგრამ იაფი, ასევე შედარებით ძვირადღირებული, მაგრამ სტაბილიზებული პარამეტრების ელექტროენერჯით მომარაგება;

გ). სასოფლო რაიონების ელექტრომომარაგების სისტემები, როგორც წესი, შედარებით მცირე სიმძლავრითა და დაბალი ძაბვით (35 კვ-მდე) ხასიათდება, რის გამოც ენერჯის შორ მანძილზე გადაცემის შემთხვევაში მის დანაკარგებთან დაკავშირებული ბევრი პრობლემა წარმოიშევა. აღნიშნულის გამო ქარენერგეტიკული დანადგარების ასეთ სისტემებთან მიერთება მიზანშეუწონელია;

დ). იმის გამო, რომ უქარო პერიოდების არსებობა გარდაუვალია, ქარენერგეტიკული დანადგარების ელექტრომომარაგებაში შეფერხებების

თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ენერჯის აკუმულატორების ან ენერჯის სარეზერვო წყაროს არსებობა.

აშკარაა, რომ ქარენერგეტიკის განვითარება სტიმულს მისცემს მოთლიანად ელექტროენერგეტიკის პროგრესს.

ქარენერგეტიკული დანადგარების განვითარების პერსპექტივები.

ამერიკასა და ევროპის განვითარებულ ქვეყნებში სერიოზული ყურადღება ექცევა მეცნიერული კვლევების დაფინანსებას ქარენერგეტიკული დანადგარების რეგიონალურ ენერგოსისტემებში გამოყენებისათვის. წარმატებით ფუნქციონირებს 200 კეტ-მდე სიმძლავრისა და შექმნილია 3 და 4 მეტ სიმძლავრის ქარენერგეტიკული დანადგარები. თელიან, რომ ასეთი გენერატორების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 20 წელს აღემატება და მათ მიერ გამოიშუშავებული ელექტროენერგია გაცილებით იაფია თხევად სათბობზე მომუშავე თბოელექტროსადგურებზე გამოიშუშავებული ელექტროენერჯის ღირებულებასთან შედარებით. ადრეულ კვლევებში თელიდნენ, რომ ქარენერგეტიკული დანადგარების გამოყენება ამაღლებულ, მთიან ადგილებშია ხელსაყრელი, მაგრამ პრაქტიკამ გეიჩვენა, რომ მათი მუშაობა გაცილებით მეტი ეფექტით ხასიათდება ბარის ღია ტერიტორიაზე დამონტაჟების დროს, თუ კი ერთმანეთის გვერდით რამდენიმე ქარენერგეტიკული დანადგარი განლაგდება. მოგვიანებით, ქარის გენერატორების განლაგების აღნიშნული კონცეფციის მიხედვით რეკომენდაცია მიეცა ქარის მრავალდანადგარიანი სისტემის აგებას ზღეების წყალმცირე უბნებზე.

10-დან 100 კეტ-მდე სიმძლავრის ქარენერგეტიკული დანადგარები შეიძლება საცხოვრებელი სახლების, ფერმების, სხვადასხვა დაწესებულების ელექტრომომარაგებისათვის იქნეს გამოყენებული. ეკონომიკურად ეს იმითაა გამართლებული, რომ ენერჯის სხვა წყაროების, მაგ. ნავთობის, ბუნებრივი აირის გამოყენების შედეგად მიღებული ელექტროენერჯის ღირებულება დაახლოებით ერთნახევარჯერ ძვირი გამოდის. ქარენერგეტიკულ დანადგარებზე განსაკუთრებით დიდი მოთხოვნებია ცხოვრების მაღალი დონის მქონე ქვეყნებში, ძირითადად მათ სასოფლო რაიონებში, სადაც ქარის სიჩქარე 6 მ/წ-ს აღემატება.

ენერჯის განახლებადი წყაროების საფუძვლების ანალიზიდან ჩანს, რომ ისინი თვისობრივად განსხვავებულ შეზღუდვებს უყენებს საწარმოო პროცესებს, ვიდრე ტრადიციული თბური და ბირთვული ენერგეტიკა. ყოველივე ეს განსაკუთრებით თვალსაჩინოდ ელინდება ქარენერგეტიკის მაგალითზე. გაბნეული და თავისი ბუნებით ძალზე ცვალებადი ქარის ენერჯია პრინციპულად განსხვავებულ საფუძველს ეყრდნობა, ვიდრე ენერჯის სტაბილური და ინტენსიური წყაროები. აქედან ძირითადია გამოიშუშავებული ენერჯის სწორი ვარიანტის აუცილებლობა მის წარმოებასთან დამოკიდებულებაში. აღნიშნული შეზღუდვების გადასალახად საჭიროა ენერჯის აკუმულირების იაფი და ეფექტური მეთოდების გამოყენება.

§ 8-7. გეოთერმული ენერგეტიკა

ჩვენი პლანეტის ბირთვში მაქსიმალური ტემპერატურა 4000°C -ს აღწევს. სითბოს გამოსვლა დედამიწის მყარი ქანებისა და ოკეანის ფსკერის გავლით ძირითადად თბოგამტარობის (გეოთერმული სითბოს) ხარჯზე ხდება. გეოთერმული სითბოს საშუალო ნაკადი დედამიწის ზედაპირზე დაახლოებით $0,06$ ეტ/მ²-ს შეადგენს ტემპერატურული გრადიენტის $30^{\circ}\text{C}/\text{კმ}$ -ზე ნაკლები სიღრმის შემთხვევაში. ამასთან, არსებობს ტემპერატურის მაღალი გრადიენტის მქონე რეგიონები, სადაც სითბოს ხედრითი ნაკადი დაახლოებით $10-20$ ეტ/მ²-ია, რაც საშუალებას იძლევა რეალიზებულ იქნეს 100 მეტ/კმ² თბური სიმძლავრის მქონე გეოთერმული სადგურები (გეოთესი), რომლის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა 20 წელზე მეტს შეადგენს.

გეოთერმული ენერჯის ხარისხი შედარებით დაბალია და მისი გამოყენება ძირითადად საცხოვრებელი შენობებისა და სხვა ნაგებობების გასათბობადაა მიზანშეწონილი. თუ მიწის წიაღიდან მიღებული სითბოს ტემპერატურა 150°C -ს აღწევს, აზრს იქნეს მისი ელექტროენერჯიად გარდაქმნა. საქმეაიღ მძლავრი გეოთესები მუშაობს იტალიაში, ახალ ზელანდიაში, აშშ-ში და მსოფლიოს რიგ სხვა ქვეყნებში.

გეოთერმული წყაროების ნაწილი შეიძლება უშუალოდ მიუკუთვნოთ ენერჯის განახლებად წყაროებს, რადგანაც მათი სითბო ასე თუ ისე გაიბნევა გარემოში ცხელი წყაროებისა და გეოზერების სახით. გეოთერმული ენერჯის დანარჩენ წყაროებში სითბოს ნაკადები შეიძლება გაზრდილი იქნეს ცხელი წყლის ბუნებრივი მაგროვებლების ხელოვნურად გაბურღვის გზით, რომლის დროსაც ხდება ცხელი მთიანი ქანების გაცივების აქტიუიზაცია, რის გამოც მათ დიდი ხნის განმავლობაში აღარ შეუძლიათ ენერჯის განახლებად წყაროდ დარჩენა.

გეოთერმული რესურსების გამოყენება. გეოთერმულ ენერჯიას, რომელსაც მაღალი ტემპერატურის მქონე სითბოს წყაროდან იღებენ, რიგი თავისებურებები გააჩნია. ერთ-ერთი მათგანი იმაში მდგომარეობს, რომ თბოშემცველის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად დაბალია სათბობის წყის ტემპერატურასთან შედარებით. იმის მიუხედავად, რომ გეოთერმული ენერჯის ჯამური რეზერვები ძალზე დიდია, მისი თერმოდინამიკური თვისებები მაინც დაბალია. აღნიშნულ წყაროებს ბევრი საერთო გააჩნია სითბოს სამრეწველო დანიშნულებით გამოყენებულ ნაწილთან და ოკეანის თბურ ენერჯიასთან.

ენერჯის გეოთერმულ წყაროებს ყოველთვის უკავშირებენ ელექტროენერჯის, როგორც ყველაზე ძვირფასი პროდუქციის გამოუშვების ცდებს, თუმცა თბური ენერჯის უტილიზაციის ყველაზე საუკეთესო მეთოდი — ესაა კომბინირებული რეჟიმის (ელექტროენერჯის წარმოება და გათბობა) გამოყენება. რასაკვირველია, გეოთერმული წყაროების მიერ წარმოებული ელექტროენერჯია უნდა მიეწოდოს ენერგოსისტემას ენერჯის სხვა წყაროების მიერ გამოუშვებულ ელექტროენერჯისთან ერთად, თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ მოთხოვნები 100°C -მდე ტემპერატურის სითბოზე ხშირად უფრო მაღალია, ვიდრე მოთხოვნები ელექტროენერჯიაზე. ამგვარად, გეოთერმული ენერჯის სითბოს სახით გამოიყენება არანაკლებ, და, ხშირად, უფრო მეტადაა საჭირო ელექტროენერჯის სახით გამოყენებასთან შედარებით. ენერჯის გეოთერმული წყაროების ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად გამოყენება მიზანშეწონილია, თუ თბოშემცველს 300°C -ზე მაღალი ტემპერატურა გააჩნია და არაა რეკომენდებული, თუ თბოშემცველის ტემპერატურა 150°C -ზე ნაკლებია.

სითბოს გადაცემა 30 კმ-ზე შორ მანძილზე არც ისე იოლია, რის გამოც მისი გამოყენება მომხმარებლის სიახლოვესთანაა მიზანშეწონილი. მკაცრი კლიმატის რეგიონებში საცხოვრებელი სახლებისა და სამრეწველო ნაგებობების გათბობა დიდი რაოდენობის სითბოს მოითხოვს, განსაკუთრებით

ისეთ რაიონებში, სადაც მოსახლეობის სიმკვრივე 1 კვ. კმ-ზე 300-ზე მეტ ადამიანს შეადგენს (დაახლოებით 100 კარმიდამოს 1 კვ. კმ-ზე). ამგვარად, 100 მეტ სიმძლავრის თბურ ელექტროსადგურს შეუძლია მოემსახუროს დაახლოებით 20x20 კვ.კმ ფართობის საცხოვრებელ რაიონს თითოეულ კარმიდამოზე 2 კვტ სიმძლავრის თანაზომიადი სითბოს მიწოდების შემთხვევაში. ასეთი გეოთერმული სისტემები დიდი ხანია გამოიყენება ისლანდიაში, შედარებით მცირე მასშტაბებით – ახალ ზელანდიაში. სითბოს სხვა ძირითად მომხმარებლებს სათბურები, თევზის მოსაშენებელი ფერები, კეების პროდუქტების შრობისა და სხვა ტექნოლოგიების რეალიზაციის დანადგარები წარმოადგენს.

გეოთერმული ენერჯის გამოყენების მასშტაბებს რიგი ფაქტორები განსაზღვრავს. ღირებულების დომინანტი შეიძლება აღმოჩნდეს კაპიტალური დაბანდებები ჭაბურღილების მშენებლობაზე, რომლის ღირებულება მათი სიღრმის სრდის ექსპონენციალურად იზრდება. იმის გამო, რომ სიღრმის გაზრდასთან ერთად ტემპერატურა იზრდება, და, მასთან ერთად იზრდება ენერჯის განმომუშავება, უმეტეს შემთხვევებში ჭაბურღილის ოპტიმალური სიღრმით იზღუდება, რომელიც 5 კმ-ს შეადგენს. გამომდინარე აქედან, ენერგეტიკული დანადგარის სიმძლავრეს 100 მეტ-ზე მეტს ირჩევენ ელექტრულ ან თბურ დანადგარს – მაღალი ტემპერატურების, მხოლოდ თბურ დანადგარს – დაბალი ტემპერატურების შემთხვევაში.

გეოთერმული ჭაბურღილიდან ამოღებული სითბოს რაოდენობა შეიძლება გაზრდილი იქნეს გადაამუშავებული და ნაწილობრივ გაცივებული წყლის განმეორებადი გადაქანვის შედეგად, რაც საშუალებას იძლევა თავიდან იქნეს აცილებული გადაგებული წყლების ზემოქმედება, რომელიც შეიძლება ძლიერად იყოს მინერალიზებული (შეიცავდეს 25 კგ/მ³-მდე მარილებს) და გარემოს ძლიერ გამაჰუჭყიანებელს წარმოადგენს. ამასთან, აღნიშნული ღონისძიებების განხორციელება გეოთერმული სადგურების ღირებულებას მნიშვნელოვნად ზრდის.

პრაქტიკაში განსაკუთრებით ფართო გავრცელება კაოვა ჭაბურღილებმა, რომელიც უშუალოდ გეოთერმული რაიონების ბუნებრივ მიწისქვეშა კოლექტორებშია გაბურღული. ეს მეთოდი გამოიყენება გეოსერებში (კალიფორნია) და უაირაკეებში (ახალი ზელანდია), სადაც ჭაბურღილებში მაღალი წნევა არსებობს. ანალოგიური მეთოდი გამოიყენება ენერჯის მისაღებად წყლიანი ფენებიდან მაღალთერმულ რაიონებში, სადაც ბუნებრივი დაწნევა საკმარისია, რათა თავიდან იქნეს აცილებული სატუმბი სისტემის გამოყენება.

უკანასკნელ წლებში ჩატარებული კვლევები მიმართულია სითბოს მისაღებად მშრალი მთიანი ქანებისაგან, რომელიც წყლის წყაროებთან შედარებით დიდი მწარმოებლობით ხასიათდება. ქანების წინასწარი დამსხვრევის შედეგად წყალი შეეძლება ჭაბურღილის გავლით იკორხნება და იფილტრება კლდოვან ქანებზე დაახლოებით 5 კმ-ის სიღრმეზე 250°C ტემპერატურის პირობებში, რის შედეგადაც თბილი წყალი მიმღები ჭაბურღილის გავლით ბრუნდება მიწის ზედაპირზე. ორ ასეთ ჭაბურღილს შეუძლია 1 მეტ სიმძლავრის დანადგარის ენერჯით უზრუნველყოფა.

ელექტროენერჯის გენერაციის სისტემა. თბოგადამცემისა და ტურბინის შერწყვა ენერჯის წყლებში გეოთერმული წყაროებისათვის – ესაა კომპლექსური ამოცანა, რომელიც სპეციალურ ცოდნასა და გამოცდილებას მოითხოვს.

თუ ელექტროენერჯის მისაღებად დაბალი ტემპერატურის წყარო გამოიყენება, მაშინ ტურბინების მოქმედებაში მოსაყენად წყლის ნაცვლად საჭიროა სხვა მუშა სითხეების (ფერონი, ტოლუოლი) გამოყენება. წყლის მაღალი კონცენტრაციის არსებობის შედეგად განსაკუთრებული სიძნელებები შეიძლება აღიძრას თბოგადამცემებთან დაკავშირებით სხვადასხვა ქიმიური

ნივთიერებების შემცველ ტაბურღილებში. 8-4 ცხრილში მოცემულია გეოთერმული ენერჯის გამოყენების დიდი გამოცდილების მქონე სხვადასხვა ქვეყნებში მოქმედი გეოთერმული სადგურების სიმძლავრეები პერსპექტიული გაზრდის მონაცემების ჩვენებით.

ცხრილი 8-4

ქვეყანა	ძირითადი თერმული ეული	სიმძლავრე, მგტ	
		მოქმედი მნიშვნელობა	შესაძლო გაზრდილი მნიშვნელობა
აშშ	გეიზერები	700	10000
იტალია	ლარდალერო	420	—
ახალი ზელანდია	უაირაკეი	250	1000
მექსიკა	სერო პრიეტო	150	5000
იაპონია	მატსუკაჯა	250	10000
ფილიპინები	—	250	1000
ყოფილი სსრკ	პაუჟეტი	6	—
საღვადგომი	—	100	—
ისლანდია	ნიმეფუილი	40	500

ხვედრითი კაპიტალური დაბანდებები გეოთერმული ელექტროსადგურის 1 კვტ დადგმულ სიმძლავრეზე 1500-დან 2500-მდე აშშ-ს დოლარს შეადგენს, რაც დაახლოებით აესებისა და თესების ერთი კვტ დადგმული სიმძლავრის ხვედრითი ღირებულების თანაზომავია.

§ 8-8. ტალღებისა და მოქცევის ენერგია

ტალღების ენერგია. ენერგიის დიდი რაოდენობა შეიძლება ზღეებისა და ოკეანეების ტალღებიდან იქნეს მიღებული. ტალღების მიერ ღრმა წყალში გადატანილი სიმძლავრე მისი პერიოდისა და ამპლიტუდის კვადრატის პროპორციულია, რის გამოც განსაკუთრებულ ინტერესს გრძელპერიოდისანი ($T \approx 10$ წმ) და დიდი ამპლიტუდის ($a \approx 2$ მ) მქონე ტალღები იწვევს, რომელიც საშუალებას იძლევა ტალღის თხემის სიგრძის ერთეულიდან 50-დან 70-მდე კეტ/მ ხვედრითი სიმძლავრე იქნეს მოხსნილი.

ტალღების ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის შესაძლებლობა დიდი ხნის წინათ იქნა დამტკიცებული. არსებობს მრავალი ტექნიკური გადაწყვეტა, რომელიც აღნიშნული შესაძლებლობის რეალიზაციის საშუალებას იძლევა. უკანასკნელ წლებში ინტერესი ტალღური ენერგეტიკისადმი ძალზე გაიზარდა, განსაკუთრებით იაპონიაში, დიდ ბრიტანეთში, სკანდინავიის ქვეყნებში. ტალღური დანადგარების დამუშავების თანამედროვე ტენდენცია ტალღის ფრონტის გასწვრივ დაახლოებით 50 მ სიგრძის ზომიერი სიმძლავრის ($P=1$ მეტ) ერთეულ მოდულზეა ორიენტირებული. ასეთ დანადგარებს გარკვეული ეკონომიკური სარგებლიანობის მოტანა შეუძლია ენერგოტრანსებიდან დიდი მანძილით დაშორებული რაიონების, დასახლებული პუნქტების, განსაკუთრებით კუნძულების მკეებაეი დიზელური გენერატორების შეცვლის შემთხვევაში.

ტალღური ენერგეტიკის განვითარება მნიშვნელოვან სიძნელეებთანაა დაკავშირებული, რომელთაგან ძირითადია:

1. ტალღები ამპლიტუდის, ფაზისა და მოძრაობის მიმართულების მიხედვით არარეგულარული არიან, ხოლო ენერგოდანადგარების დაპროექტება ფართო დიაპაზონში ვარირებული ენერგიის ეფექტურად მისაღებად ძალზე ძნელია;

2. ყოველთვის არსებობს ექსტრემალური გრივალებისა და შტორმების წარმოქმნის შესაძლებლობა, რომლის დროსაც ძალზე დიდი ინტენსივობის ტალღები წარმოიშობება. ტალღენერგეტიკული კონსტრუქციები, ბუნებრივია ასეთ მოვლენებს წინ უნდა აღუდგეს. დაახლოებით 50 წელიწადში ერთხელ აღიძვრება ტალღები, რომელთა ამპლიტუდა 10-ჯერ აღემატება მის საშუალო მნიშვნელობას. გამომდინარე აქედან, ასეთი შტორმების დროს კონსტრუქციებმა დაახლოებით 100-ჯერ მეტ დატვირთვებს უნდა გაუძლოს ნორმალური მუშაობის რეჟიმთან შედარებით;

3. სიმძლავრეების ასეთი პიკური სიდიდეები ძირითადად ღრმა წყლის ტალღებისთვისაა დამახასიათებელი, რომელიც ღია ზღვიდანაა მიმართული. ასეთ ტალღურ რეჟიმებთან დაკავშირებული ენერგეტიკული მოწყობილობის შექმნის სიძნელეები, მისი მომსახურება, მოცემულ მდებარეობაში დაკავება და ნაპირზე ენერგიის გადაცემა გარკვეულ საფრთხესთანაა დაკავშირებული;

4. ტალღის პერიოდი $T \approx 5-10$ წმ (დაახლოებით 0,1 სე სიხშირე). აღნიშნული არარეგულარული ნელი მოძრაობა 500-ჯერ მეტ სამრეწველო სიხშირის ელექტროენერგიის გენერირებას საკმაოდ მძიმედ ეგუება;

5. ენერგიის გარდამქმნელი დანადგარის მისასადაგებელი ტიპის შერჩევა მათი მრავალსახეობიდან რთული, ხშირად გადაუწყვეტი ამოცანაა;

6. მაღალგანვითარებული მრეწველობის მქონე რაიონებისათვის მსხვილმასშტაბიანი ენერგეტიკის კატეგორიებით აზროვნებას მაღალი ტალღური პოტენციალის მქონე ადგილებში მძლავრი ტალღური ელექტროსადგურების შექმნის ტენდენციისაკენ მივყავართ. ამასთან, იგნორირებულია ზომიერი პოტენციალის მქონე რაიონები, სადაც ტალღური

ენერჯის გამოყენება ხშირად ეკონომიკურად უფრო გამართლებული გამოდის.

ტალღური ენერჯის უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ იგი საკმაოდ მძლავრად კონცენტრირებული, ხელმისაწვდომია გარდაქმნისათვის და დროის ნებისმიერ მომენტში შეიძლება პროგნოზირებადი იყოს ამინდთან დამოკიდებულებაში. იქნება რა ქარის სემოქმედების შედეგად და ვრცელდება მნიშვნელოვან მანძილზე, ტალღები კარგად ინახავენ თავის ენერჯეტიკულ პოტენციალს. ასე, მაგალითად, მძლავრი შტორმის შედეგად ევროპის სანაპიროებს მიღწეული ტალღები თავის დასაბამს ატლანტიკის ოკეანეში, და, ზოგჯერ კარიბის ზღვაშიც იღებენ.

სითხის ტალღური მოძრაობის შედეგად ტალღაში ზედაპირის დონის მდებარეობისა და დახრის ცვლილების ერთდროულად კინეტიკური და პოტენციური ენერჯების, აგრეთვე წყლისქვეშა წნევის ცვლილება ხდება. ტალღური მოძრაობის მახასიათებელი თვისებების ან მათი კომბინაციის გამოყენების საფუძველზე შექმნილია ტალღური ენერჯის შთანთქმელი და გარდაქმნელი სხვადასხვა მოწყობილობა, რომელიც ტალღური ენერჯის პოტენციურ ელექტროენერჯად გარდაქმნის შემდეგ ტალღის თხემიდან ხსნის წყალს და მას საშუალო დონეზე ან ტალღის ძირში აბრუნებს. გარდა ამისა, ტალღური ენერჯის გარდაქმნელების განლაგების ადგილებში დიფრაქციული და არხიანი ეფექტების ხარჯზე ტალღური მოძრაობის ინტენსიურობის გასაზრდელად შეიძლება სხვადასხვა სახის ნაგებობები იქნეს გამოყენებული.

მოქცევის ენერჯია. რაც შეეხება ზღეებისა და ოკეანეების დონის მოქცევის რხევებს, იგი წინასწარ შეიძლება იყოს ცნობილი. აღნიშნული რხევების ძირითადი პერიოდები – ესაა დღელამე დაახლოებით 24 საათისა და 50 წუთის ხანგრძლივობით და ნახევარდღელამე – 12 საათისა და 25 წუთის ხანგრძლივობით. სხვაობის დონეს წყლის მიმდევრობით ყველაზე მაღალ და ყველაზე დაბალ დონეებს შორის მოქცევის სიმაღლე (R) ეწოდება. აღნიშნული სიდიდის ცვლილების დიაპაზონი 0,5-10 მ-ს შეადგენს. პირველი ციფრი განსაკუთრებით დამახასიათებელია, ხოლო მეორე მხოლოდ ზოგიერთ ადგილებში, განსაკუთრებით კონტინენტის სანაპიროების სიახლოვეს მიიღწევა. მოქცევისა და მიქცევის დროს წყლის მასების გადაადგილება ქმნის მოქცევის დინებას, რომლის სიჩქარემ სანაპიროს სრუტეებში და კუნძულებს შორის შეიძლება 5 მ/წმ-ს გადააჭარბოს.

მოქცევის დროს მაქსიმალურ სიმაღლეზე აწეული წყალი შეიძლება ზღვისაგან განცალკევებულ იქნეს A ფართობის აუზში კაშხლის ან ჯებირის საშუალებით. თუ შემდგომში, მიქცევის დროს, წყლის აღნიშნულ მასას შევეშევით ტურბინებში, შეიძლება მივიღოთ საშუალო სიმძლავრე $P = \tau AR^2g/2$. მაგალითისათვის, თუ $A = 10$ კმ²-ს, $R = 4$ მ, $\tau = 12$ სთ და 25 წთ, $g = 9,8$ მ/წმ², სიმძლავრის გასაშუალებული მნიშვნელობა $P = 17$ მეგ. აშკარაა, რომ დიდი სიმაღლის მოქცევის მქონე ადგილებს მოქცევის დიდი პოტენციური ენერჯია გააჩნია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მოქცევის ენერჯეტიკის განვითარებისათვის მხოლოდ ამ ფაქტორს არა აქვს მნიშვნელობა. მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აგრეთვე როგორც კაპიტალდაბანდებები სადგურის მშენებლობაზე, ისე მოქცევის ელექტროსადგურიდან მიღებული მოგება. მოქცევის ელექტროსადგურის საკმაოდ მაღალი კაპიტალდაბანდებები მაშინ იქნება გამართლებული, თუ გამოიმუშავებული იქნება საკარო რაოდენობის ელექტროენერჯია, აგრეთვე ჯებირების გასწვრივ აშენდება გზები და სხვა ნაგებობები. გარდა ამისა, თვით სადგური უნდა აშენდეს მდინარის ესტუარიაში (მდინარის ძაბრისებრ შესართავში, რომელიც ზღვაში ან ოკეანეში ჩაედინება) და მისი აუზი გამოყენებული უნდა იქნეს ენერჯის აკუმულირებისათვის, გემთმომოსვლის

პირობების გაუმჯობესებისათვის და სხვ. გამომდინარე ზემოთქმულიდან, მოქცევის ენერგეტიკის განვითარება სადგურის მშენებლობის კონკრეტული რაიონის სპეციფიკასთან მჭიდროდაა დაკავშირებული.

მოქცევის ენერჯის გარდაქმნა შედარებით მცირე სიმძლავრის დანადგარების მოქმედებაში მოსაყვანად ინგლისსა და ჩინეთში ჯერ კიდევ შუა საუკუნეებში გამოიყენებოდა. თანამედროვე მოქცევის ელექტროსადგურებიდან განსაკუთრებით ცნობილია 240 მეტ სიმძლავრის რანსის (საფრანგეთი) მსხვილმასშტაბიანი ელექტროსადგური, რომელიც მდინარე ლა რანსის ესტუარიაშია განლაგებული და შედარებით მცირე სიმძლავრის (400 კვტ), მაგრამ გამოსავალი დანიშნულების მოქცევის ელექტროსადგური ბარენცის ზღვის სანაპიროზე (რუსეთში).

მოქცევის სიმაღლე, სელა და პერიოდულობა უმეტესი სანაპირო რაიონებისათვის კარგადაა აღწერილი და გაანალიზებული ნავიგაციისა და ოქეანოგრაფიის სამსახურების მიერ. მოქცევის საქციელი საკმარისად უსუსტად (95% სისუსტით) შეიძლება წინასწარ იქნეს ცნობილი.

ამგვარად, მოქცევის ენერჯია განახლებადი ენერჯიის ხვევებით საიმედო ფორმას წარმოადგენს.

მოქცევის ენერჯიის გარდაქმნის პროცესი რიგი სიძნელეებით ხასიათდება, სახელდობრ:

1. მოქცევის ალტერის ძირითადი პერიოდების (12 საათი და 25 წუთი და 24 საათი და 50 წუთი) არათანხედრობით, რაც მთვარის მოძრაობასთან და ადამიანისათვის შეგუებადი მზიური დღეღამის (24 საათი) პერიოდთანაა დაკავშირებული, რის გამოც მოქცევის გენერაციის ოპტიმუმი ფაზით არ ემთხვევა ენერჯიის მოხმარების პერიოდს;

2. მოქცევის სიმაღლისა და დინების სიმძლავრის ცვლილებით ორკეირიანი პერიოდის მანძილზე, რაც იწვევს რხევებს ენერჯიის გამომუშავების პროცესში;

3. დიდი ხარჯის მქონე წყლის ნაკადების შექმნის აუცილებლობით სიმაღლეების შედარებით მცირე სხეაობის პირობებში, რაც გვიაძულებს გამოვიყენოთ პარალელურად მომუშავე ტურბინების დიდი რაოდენობა;

4. მოქცევის ელექტროსადგურის მშენებლობისათვის საჭირო ძალზე მაღალი კაპიტალური დანახარჯებით;

5. პოტენციური ეკოლოგიური დარღვევებითა და საზღვაო რაიონებისა და მდინარეების ესტუარიების რეჟიმების ცვლილებით.

მოქცევის ელექტროსადგურზე ელექტროენერჯიის გამომუშავების ოპტიმიზაციისათვის საჭიროა ტურბინების სხეადასხეა რეჟიმებში მუშაობა, რომელთა შერჩევა მოცემულ მომენტში საჭირო სიმძლავრეზე, აგრეთვე ენერჯიის სხვა წყაროებზე მოთხოვნებსა და შესაძლებლობებზეა დამოკიდებული. არსებობს რეჟიმების მრავალი ვარიანტი, მაგრამ ძირითადად გამოიყენება შემდეგი:

1. თუ მოქცევის ელექტროსადგური ადგილობრივი მომხმარებლების ელექტრომომარაგებისათვისაა აგებული, საჭიროა ენერჯიის სარეზერვო წყაროს არსებობა, რომელიც ენერჯიას მიაწვდის მომხმარებელს მოქცევის ნაქრობის პერიოდებში;

2. თუ მოქცევის ელექტროსადგური ენერჯოსისტემაშია ჩართული და სისტემის მასშტაბებით ენერჯიის მცირე წყაროს წარმოადგენს, მოქცევის ენერჯიის წინასწარგანზრახული ვარიაციები ენერჯოსისტემის მოთხოვნილებებს უნდა მიესადაგოს;

3. თუ მოთხოვნილება მოქცევის ენერჯიაზე არაა მკაცრად დაკავშირებული მზიურ პერიოდთან, მაშინ მოქცევის ენერჯია ბუნებრივ რეჟიმში უნდა იქნეს გამოყენებული. ასე, მაგალითად, თუ მოქცევის ენერჯია იხარჯება ელექტროტრანსპორტზე, აკუმულატორების დამუხტვასა ან

წყალბადის წარმოებაზე, იგი ენერჯის სხვა წყაროებისაგან უნდა იქნეს განმხოლოებული.

მოქცევის ელექტროსადგურის კომერციული წარმატების საბოლოო კრიტერიუმი – ესაა დანახარჯი 1 კეტსთ გამოშუშავებულ ელექტრო-ენერჯიაზე, რომელიც შეიძლება შემცირებულ იქნეს:

1. თუ სადგურმა უნდა გადაჭრას კომპლექსური ამოცანები;

2. თუ სადგურის მშენებლობაზე დაბანდებული კაპიტალის პროცენტი მაღალი კაპიტალური დანახარჯების დროს მცირავს;

3. თუ გამოშუშავებული ელექტროენერჯია ძვირადღირებული დიზელის საწვავის მოხმარების შემცირებისათვის გამოიყენება.

აღნიშნული ეკონომიკური მაჩვენებლების შეხამების შემთხვევაში ყველაზე ოპტიმალური მსხვილმასშტაბიანი (1000 მეტ სიმძლავრის) მოქცევის ელექტროსადგური გამოდის, თუმცა, შესაძლებელია, ნაკლებად მძლავრი სადგურები ეკონომიკურად მომგებიანი აღმოჩნდეს, განსაკუთრებით ენერგოტრანსბიდან დიდი მანძილით დაშორებული რაიონების ელექტრომომარაგებისათვის.

მოქცევის დიდი მასის წყლის ნაკადების არსებობის მიუხედავად პოტენციურად მაქსიმალური სიმძლავრის მიღება პრაქტიკულად შეუძლებელია შემდეგი მიზეზების არსებობის გამო:

1. ელექტროენერჯის გენერირება შეუძლებელია უზრუნველყოფილ იქნეს მოქცევის წყლის ნაკადის მინიმალურ დონემდე, რის გამოც ვერ ხერხდება მოქცევის პოტენციური ენერჯის დიდი ნაწილის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა;

2. მოქცევის ელექტროსადგურის ტურბინები დაბალ წნეებასა და წყლის ნაკადების დიდ სიჩქარეებზე მუშაობენ, რაც ჩვეულებრივი პიდროენერგეტიკული პრაქტიკისათვის საკმაოდ უჩვეულოა;

3. როგორც წესი, აუცილებელია მეტნაკლებად სტაბილური ელექტრომომარაგება, რაც მოქცევის ენერჯის გამოყენების დროს მოქცევის აუზებში წყლის დონის ცვალებადობის გამო პრაქტიკულად შეუძლებელია.

მოქცევის ელექტროსადგურების მუშაობის ეფექტურობა შეიძლება გაიზარდოს, თუ ყველა აგრეგატი მოქცევის აუზების სრულწელიანობის პერიოდებში წყლის დონის აწევის მიზნით სატუმბ რეჟიმში იმუშავებს. რევერსირებული პიდროაგრეგატების მქონე ოპტიმალურ სადგურებს, რომელიც გენერირების გარდა სატუმბ რეჟიმშიც მუშაობენ, შეუძლიათ მოქცევის პოტენციური ენერჯის 90%-ის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა.

ზოგადად, ზღვებისა და ოკეანეების მოქცევის ჯამური ენერჯის პოტენციური სიმძლავრე 3000 გეტ-ის ტოლდაა შეფასებული, აქედან, დაახლოებით 1000 გეტ გაბნეულია მცირეწყლიან სანაპირო რაიონებში, სადაც პრინციპულად შესაძლებელია საინჟინრო ნაგებობების აშენება.

8-5 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა ქვეყნების მოქცევის ენერჯის კონცენტრაციის ადგილები ძირითადი ენერგეტიკული პარამეტრების ჩვენებით.

ცხრილი 8-5

ადგილმდებარეობა	მოქცევის საშუალო სიმაღლე, მ	აუზის ფართობი, მ ²	პოტენციალი	
			საშუალო სიმძლავრე, გეპტ	ენერჯის წლიური გამომუშაება, ტეგტსთ
ჩრდილო ამერიკა				
პასამაკეოდი	5,5	262	1,8	15,8
კობსკუკი	5,5	106	0,7	6,3
ანაპოილისი	6,4	83	0,77	6,7
მაინას-კობეკუიდი	10,7	777	19,9	175
შეპოდი	9,8	117	0,52	22,1
კამბერლენდი	10,1	73	1,7	14,7
პტიკოლიაკი	10,7	31	0,8	7,0
მემრამეკუკი	10,7	23	0,6	5,2
სამხრეთ ამერიკა				
სან ხოსე (არგენტინა)	5,9	750	5,87	51,5
დიდი ბრიტანეთი სევერნი	9,8	70	1,68	14,7
საფრანგეთი				
არჟენონი	8,4	28	0,45	3,9
რანსი	8,4	22	0,35	3,1
მონტ სენ მიშელი	8,4	610	9,7	85,1
სომმა	6,5	49	0,47	4,1
ირლანდია				
სტრანფორგ ლოხი	3,6	125	0,35	3,1
რუსეთი				
მესენის ყურე	6,0	2330	15,2	50,0
პენუინის ყურე (სამხრეთი კვეთი)	6,2	20530	87,4	190,0
ტუგურის ყურე	4,7	1800	10,3	27,6
ავსტრალია				
კიმბერლეი	6,4	600	0,6	5,6

როგორც 8-5 ცხრილის ანალიზიდან ჩანს, მოქცევის ელექტროსადგურების შესაძლო მშენებლობის ადგილების პოტენციალი დაახლოებით 150 გეპტ-ს, ე.ი. მდინარეების მსოფლიო ჰიდრაულიკური პოტენციალის 10%-ს შეადგენს.

§ 8-9. ენერჯის აკუმულირება და სხვადასხვა მანძილზე გადაცემა

აკუმულირების პროცესისა და ენერჯის გადაცემის მნიშვნელობა.

განახლებადი ენერჯის გარდაქმნის მოწყობილობები ტრადიციული თბური და ბირთვული ენერჯის გარდაქმნის დანადგარებთან შედარებით თვისობრივად განსხვავდება მისი აკუმულირებისა და გადაცემისადმი წაყენებული მოთხოვნების მიხედვით. ენერჯის განახლებადი წყაროების ისეთი თავისებურებები, როგორიცაა დაბალი ინტენსიობა და გარემოში გაბნევა, მიზანშეწონილს ხდის მათ მიერ გამოყენებული ენერჯის დეცენტრალიზებულ მოხმარებას. უფრო მეტიც, განახლებადი წყაროს ენერჯია ხშირად არც უნდა იქნეს დიდ მანძილზე გადაცემული, ვინაიდან ენერჯის აღნიშნული წყაროები ისედაც გადანაწილებულია გარემოში. ამის მიუხედავად, ენერჯის განახლებადი წყაროების ზოგიერთი სახე (მაგ. მსხვილი ჰიდროკეანბები) წარმატებით გამოიყენება ცენტრალიზებულ ენერჯის სისტემებში, რის გამოც საჭირო ხდება ენერჯის მსხვილმასშტაბიანი გადანაწილების მექანიზმების განხილვა.

იმის გამო, რომ განახლებადი ენერჯის გარდაქმნილი მოწყობილობები ენერჯის ჩვენგან დამოუკიდებელ ბუნებრივ ნაკადებზეა დაფუძნებული, წამოიჭრება ენერჯის წარმოების პრობლემა მისი დროებითი მოთხოვნების ჩარჩოებში, ე.ი. ენერჯის მოხმარების სიჩქარეების გათანაბრების პრობლემა. ეს უკანასკნელი იცვლება დროში, ეკრძოდ თვეების მასშტაბით (საცხოვრებელი ბინების გათბობისათვის ზომიერი კლიმატის რეგიონებში), დღეღამის მასშტაბით (ხელოვნური განათებისათვის) და წამის მასშტაბშიც კი მძლავრი ძრავების ჩართვის მომენტში). ტრადიციული თბური და ბირთვული ენერჯეტიკისაგან განსხვავებით ენერჯის განახლებადი წყაროების სიმძლავრეები არაკონტროლირებადია. როგორც აღვჩინეთ იყო აღნიშნული, ვდგავართ არჩევანის წინაშე – ან მოუარგოთ დატვირთვები არაგანახლებადი ენერჯის გარდაქმნისათვის მისაწევდომ ინტენსიობას ან დაეაგროვოთ ენერჯის შემდგომი გამოყენებისათვის.

პრაქტიკაში არსებობს ენერჯის აკუმულირების სხვადასხვა მეთოდები: ქიმიური, თბური, ელექტრული, პოტენციური ან კინეტიკური ენერჯის ფორმით. ქვემოთ განხილულია ენერჯის აკუმულირების აღნიშნული ფორმები, რათა მომხმარებელს მიეცეს შესაძლებლობა შეირჩიოს ენერჯის აკუმულირების ესა თუ ის ფორმა, რომელიც კონკრეტული შემთხვევისათვის ყველაზე ხელსაყრელი აღმოჩნდება.

ენერჯის აკუმულირება – არაა ახალი კონცეფცია ენერჯეტიკაში. ამ მხრივ მალაი სიმკერების მქონე წიაღისეული სითბო ეფექტურ აკუმულირატორს წარმოადგენს. ამასთან, იმის გამო, რომ სათბობის წყაროები სულ უფრო ძვირი და ნაკლებად ხელმისაწვდომი ხდება, წარმოიშევა ენერჯის აკუმულირების სხვა მეთოდების განვითარების აუცილებლობა, რომელთაგან ერთ-ერთს განახლებადი სათბობის წარმოება წარმოადგენს.

ბიოლოგიური აკუმულირება. იმას, რისგანაც ცხოველები და მცენარეები შედგება, ბიომასა ეწოდება. ბიომასის საფუძველი – ესაა ნახშირბადის ორგანული შენაერთები, რომელიც ჟანგბადთან შეერთების პროცესში წვის დროს ან ბუნებრივი მეტაბოლიზმის (მცენარეებსა, ცხოველებსა და მიკროორგანიზმებში ნივთიერებათა ცვლის) შემთხვევაში სითბოს გამოყოფს. ქიმიური ან ბიოქიმიური პროცესების შედეგად ბიომასა შეიძლება ისეთი სითბოს სახით იქნეს ტრანსფორმირებული, როგორიცაა აირისმაგვარი მეთანი, თხევადი მეთანოლი, მყარი ხის ნახშირი. ბიომასის სისტემის თავდაპირველი ენერჯია – ჟანგბადი ფოტოსინთეზის პროცესში მზის გამოსხივების ზეგავლენით წარმოიშევა, რომელიც მზის ენერჯის გარდაქმნის ბუნებრივ ვარიანტს წარმოადგენს. წვის დროს ბიოსითბობის

ენერგია გაიბნევა, მაგრამ წვის პროდუქტებს ბუნებრივი ეკოლოგიური ან სასოფლო-სამეურნეო პროცესების გზით ეკლავ შეუძლია გარდაქმნა. ამგვარად, სამრეწველო ბიოსათბობის გამოყენება, რომელიც კარგადაა მორგებული ბუნებრივ ეკოლოგიურ ციკლებს, არ იწვევს გარემოს გატუჯყიანებას და ენერჯის მიღების უწყვეტ პროცესს უზრუნველყოფს. ასეთ სისტემებს აგროსამრეწველო სისტემები ეწოდება.

ბიომასებისა და ბიოსათბობის ენერჯის აკუმულატორად გამოყენებას ფუნდამენტური მნიშვნელობა გააჩნია. სუფთა ხვედრითი ენერგია, რომელიც წვის შედეგად შეიძლება მივიღოთ, 10 მჯ/კგ-დან (ნედლი მერქანი) 40 მჯ/კგ-მდე (ცხიმები, ნაეთობისმაგვარი ნიუთიერებები) და 55 მჯ/კგ-მდე (მეთანი) იცვლება.

ბიოენერგია, როგორც აღვნიშნეთ, ბიოლოგიური და წიაღისეული საწვავი მასალების წვის შედეგად გამოიყოფა. ამის გამო, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ენერგია თვით ცხელ ნიუთიერებებში გროვდება, თუმცა ეს არაა მკაცრი მსჯელობის შედეგი.

ბიოსათბობის ზოგიერთი სახე - სითხე და აირები შეიძლება შიდაწვის ძრავებში იქნეს გამოყენებული, რის გამოც მათი ტრანსპორტში გამოყენება ძალზე ხელსაყრელია ტრანსპორტისათვის ნაეთობიდან მიღებული ჩვეულებრივი ძრავის სათბობის შემცველად გამოყენების შემთხვევაში. გარკვეულ ინტერესს იწვევს აგრეთვე აღნიშნული სათბობიდან ელექტროენერჯის მიღება მცირე სიმძლავრის დიზელურ დანადგარებში.

ბიოსათბობის წარმოება ეკონომიკურად მხოლოდ იმ შემთხვევებშია გამართლებული, როცა იაფი ნედლეულის რიტმულად შეესებადი მარაგი გამოიყენება. ანალოგი - პიდროენერჯეტიკაა, სადაც ენერჯის გამომუშავება იმ წყლის ნაკადების მოცულობის პროპორციულია, რომელიც ბუნებრივი პროცესების შედეგად წინასწარაა კონცენტრირებული. თუ ნედლეულის წინასწარ კონცენტრაციას ადგილი არა აქვს, მისი შეგროვება შეიძლება ტექნიკურად ძალზე რთული და ძვირადღირებული აღმოჩნდეს.

ჭიმური აკუმულირება. ენერგია შესაძლებელია შენარჩუნებულ იქნეს სხვადასხვა ჭიმურ ელემენტებში და გამოიყოს ეგზოთერმული რეაქციების პროცესში, რომელთაგან ყველაზე ცნობილი პროცესი წვეა. ასეთი რეაქციების მიმდინარეობისათვის ზოგჯერ საჭირო ხდება წინასწარი გახურება ან კატალიზატორების გამოყენება. ბიოლოგიური კომპონენტები განსაკუთრებულ შემთხვევას წარმოადგენს, როცა საქმე გვაქვს არაორგანულ შენაერთებთან, რომელიც ყველაზე გაერცელებული ბუნებრივი აკუმულატორია და რომლის ენერგია მათი წვის დროს ჰაერში გამოიყოფა.

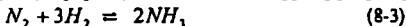
რაც შეეხება წყალბადს, იგი შეიძლება წყლის ელექტროლიზის გზით დენის ნებისმიერი წყაროს დახმარებით იქნეს მიღებული. აირის სახით იგი შეიძლება დაგროვილი და გადაცემულ იქნეს გარკვეულ მანძილზე და თბური ენერჯის მისაღებად დაიწვას. წყალბადის წვის ერთადერთი პროდუქტი წყალია, რომელიც არანაირ გამაჯუჯყიანებელ ნიუთიერებას არ წარმოადგენს.

სუფთა წყალბადის (H_2) მიღების ყველაზე გაერცელებულ მეთოდი ელექტროლიზია, თუმცა აღნიშნული პროცესის ეფექტურობა 60%-ს არ აღემატება.

წყალბადის მიღების პროცესში ელექტროლიტს თვით ზღვის წყალი წარმოადგენს. ამასთან ერთად აღიქრება რიგი ტექნიკური სიძნელეები, რომელიც ჟანგბადის ელექტროლიტზე ქლორის გამოყოფასთანაა დაკავშირებული. მიახლოებითი ჭიმური გაანგარიშებები გვიჩვენებს, რომ სუფთა წყალი შეიძლება მივიღოთ, თუ ელექტროლიზურ უჯრედებში ძაბვა 1,8 ვოლტზე ნაკლები არ იქნება. ეს ზღუდავს დენის სიმკვრივეს, რაც ელექტროლიტების ზედაპირის ფართობის გაზრდას იწვევს.

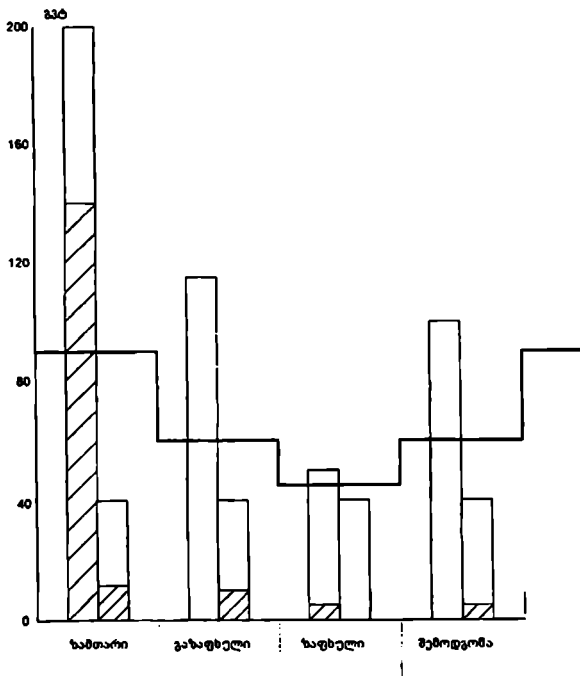
წყალბადის დიდი რაოდენობით შენახვა იოლი არ არის. შენახვის ყველაზე საიმედო მეთოდი - მიწისქვეშა კავერების (მთიანი ქანების მასებში წარმოქმნილი სიცარიელის) გამოიყენება იმის ანალოგიურად, რომელიც ბუნებრივი აირის მიღებისა და შენახვისათვის გამოიყენება. წყალბადის შენახვა დიდი წნევის ქვეშაც კი დიდ მოცულობებს მოითხოვს. წყალბადი შეიძლება დაიწვას, მაგრამ იმის გამო, რომ მისი დუღილის წერტილი 20 K -ია, შენახვის აღნიშნული მეთოდი მომსახურებისათვის ძნელია. გაცილებით მოსახერხებელია ქიმიური აკუმულირება მეტალჰიდრიდების სახით, საიდანაც წყალბადი შეიძლება გაცხელების შედეგად იქნეს მიღებული და რომელიც დიდი რაოდენობის წყალბადის შენახვის შესაძლებლობას იძლევა.

რაც შეეხება ამიაკს, წყალბადისაგან განსხვავებით იგი შეიძლება შემდეგ ელემენტებად იქნეს დაშლილი დასაშვებ ტემპერატურებზე:



თბური ძრავას მუშაობის პრინციპთან მისადაგებით აღნიშნული რეაქცია მზის სითბოს გამოყენების საფუძველზე შეიძლება ელექტროენერჯიის უწყვეტად მიღების ყველაზე ეფექტურ მეთოდად იქცეს.

სითბოს აკუმულირება. დაბალტემპერატურიანი სითბოს გამოყენება ენერჯიის მსოფლიო მოხმარების არსებით ნაწილს წარმოადგენს. ნახ. 8-5-ზე მოცემულია დიდი ბრიტანეთის მიერ ენერჯიის საერთო მოხმარების დინამიკა გათბობაზე დანახარჯების გათვალისწინებით.



ნახ.8-5. დიდი ბრიტანეთის მიერ სხვადასხვა მიზნებისათვის ენერჯიის მოხმარების სეზონური ცვლილების დინამიკა, მიყვანილი ენერგეტიკულ ექვივალენტზე, გვტ.

აღნიშნულ ნახაზზე ორ-ორი სვეტი თითოეული სეზონისათვის შეესაბამება ყველაზე ცივ დღეს (მარცხენა სვეტი) და ყველაზე ცივ ღამეს (მარჯვენა სვეტი). დაშტრიხული ფართობი წარმოადგენს დახარჯული ენერჯის რაოდენობას გათბობაზე, ცხელწყალმიმარაგებაზე (საცხოვრებელი სახლები, საზოგადოებრივი შენობები, წარმოება). გამოუქებული ტეხილი გვიჩვენებს ენერჯის მოხმარების ცვლის დინამიკას სითბოს შეიდდლიანი აკუმულირების შემთხვევაში ტექნოლოგიური და მეტეოროლოგიური ცვლილებებით გამოწყველი მონმარების რხევების გათვალისწინებით. მარჯვენა სვეტების დაშტრიხული ფართობები სითბოს აუცილებელ დანაკარგებს შეესაბამება, რის გამოც 12 საათიანი აკუმულირებაც კი არსებითად ამცირებს მოხმარების აღნიშნულ რხევებს ციკლში - დღელამე.

როგორც გრაფიკის ანალიზიდან ჩანს, ზამთარში ენერჯის ეროვნული მოხმარების ნახევარზე მეტი საცხოვრებელი ბინების გათბობაზე ($18\pm 3^{\circ}C$) მოდის.

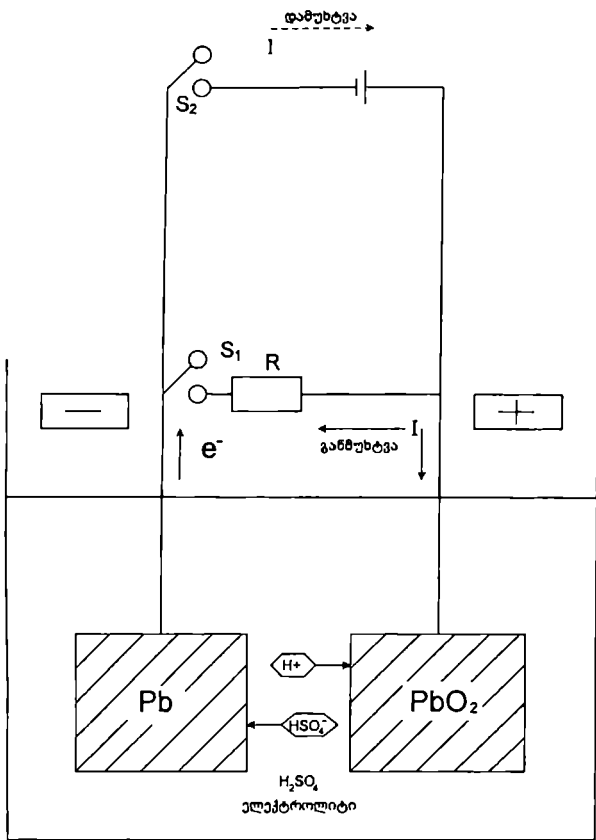
სრულიად არაა აუცილებელი გათბობის მიზნით ენერჯის მაღალ - ტემპერატურული წყაროების გამოყენება, რომელთა შენახვა სხვა მიზნებისათვის გაცილებით ხელსაყრელია. შენობების გასათბობად უფრო მომგებიანია მზის სითბოს პასიური მიმღებებისა და თბური აკუმულატორების კომპლექსის გამოყენება, რომელიც კომფორტულ პირობებს უზრუნველყოფს ღამისა და ნისლიანი ამინდის შემთხვევაში.

უფრო მეტიც, სწორედ იმ შემთხვევებში, როცა ენერჯია გარემოსათვის დამახასიათებელი დაბალი ტემპერატურების დროს გამოიყენება, განსაკუთრებით ხელსაყრელია მისი სითბოს სახით დაგროვება. თბური აკუმულირება ეფექტურია ე.წ. „ნარჩენების“ გამოყენების დროს, რომელიც სხვადასხვა დანიშნულების დანადგარების მუშაობის დროს აღიძვრება.

სითბოს აკუმულირების გამოყენება განსაკუთრებით მნიშვნელოვან ეფექტს იძლევა სახლეთა ქვეყნებში, რომელთა სითბოთი მომარაგების პრობლემა ქარენერგეტიკისა და ტალღენერგეტიკის განვითარების ხარჯზე ხდება. ენერჯის აღნიშნული წყაროები განსაკუთრებული მაღალმწარმოებლობით სწორედ ზამთრის თვეებში ხასიათდება, როცა მათი სიმძლავრე, მართალია, შემთხვევით იცვლება ყოველი საათის განმავლობაში, მაგრამ არსებითად მხოლოდ რამდენიმე დღის განმავლობაში მცირდება.

ელექტროენერჯის აკუმულირება. ტყვიან-მჟავიანი ბატარეები. ელექტრობა - ენერჯის ყველაზე დახვეწილი და მიღებული ფორმაა, რის გამოც მისი აკუმულირების იაფი და ეფექტური მეთოდების ძიებასა და გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. მოწყობილობას, რომელსაც ელექტროენერჯის როგორც დაგროვების, ასევე გაცემის უნარი გააჩნია, ელექტრული სააკუმულატორო ბატარეები ან ელექტრული აკუმულატორები ეწოდება. ელექტრული აკუმულატორები თითქმის ყველა ფორმულექტრული და მცირე ქარენერგეტიკული დანადგარების შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს. განსაკუთრებით ფართო გამოყენება ტყვიან-მჟავიანმა აკუმულატორებმა პოოვა, რომელიც პლანტემ 1860 წელს გამოიგონა. ასეთი აკუმულატორების მუშაობის პრინციპი, რომელიც ცალკეული ელემენტებისაგან შედგება, ნახ 8-6-ზეა ნაჩვენები.

როგორც ყველა ელექტროქიმიურ ელემენტში, აკუმულატორს გააჩნია ხსნარ-ელექტროლიტში მოთავსებული ორი ფირფიტა-ელექტროდი. მუხტის გადამტანები მოძრაობს მიმართულებით, რომელიც R წინალობის გაეღით განმუხტვის რეაქციის პროცესშია ნაჩვენები. რეაქციები და გადამტანების მოძრაობის მიმართულება დამუხტვის პროცესში ურთიერთსაწინააღმდეგოდ იცვლება (S_1 გადამტრთველი გახსნილია, S_2 - ჩაკეტილი).



ნახ. 8-6. ტყვია-მჟავიანი აკუმულატორის უჯრედის მოწყობილობის სქემა.

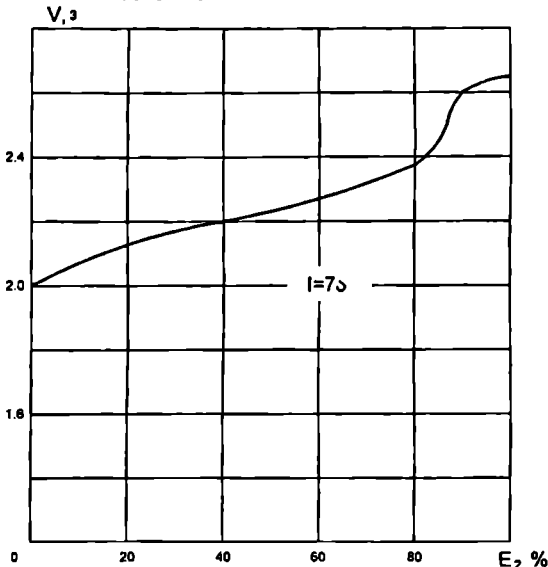
ნებისმიერ ტყვია-მჟავიან აკუმულატორში დაგროვილი ენერჯიის მარაგი ბევრჯერ ნაკლებია მის თეორიულ სიდიდეზე, რაც მისი კონსტრუქციის მასითაა განპირობებული. ამის ძირითადი მიზეზებია:

1. რეალური აკუმულატორი აუცილებლად შეიცავს არააქტიურ მასალებს, მაგ. კორპუსს, სეპარატორებს, რომელიც თავიდან გვაცილებს მოკლედ შერთვას ელექტროდებს შორის; წყალს, რომელშიც მჟავაა გახსნილი (მჟავას კონცენტრაცია არ უნდა იყოს ძალიან მაღალი, რათა აკუმულატორი თვითონვე არ განიმუხტოს თავის თავზე), რის გამოც ენერჯიის რეალური სიმკერძე იმ თეორიულ სიმკერძეზე ნაკლებია, რომელიც მხოლოდ აქტიური კომპონენტების მასას ითვალისწინებს;

2. დაუშვებელია, რომ რეაქცია აკუმულატორში სრულდამთავრებამდე მიდიოდეს. თუ მთელი ტყვია შევა რეაქციაში, აღარ გვექნება ელექტროდი, რომელზეც უკურეაქცია უნდა წაივდეს ე.ი. აკუმულატორი ციკლში ვეღარ იმუშაებს. ანალოგიურად, დაუშვებელია H_2SO_4 -ის კონცენტრაციის დაბალ მნიშვნელობამდე დაცემა - ელექტროლიტი აღარ იქნება აუცილებელი გამტარობის მქონე მასალა. პრაქტიკაში დაუშვებელია აკუმულატორის დაგროვილი ენერჯიის 50%-ზე მეტად განმუხტვა, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი დაიშლება. ასეთ განმუხტვებს „ღრმა განმუხტვები“ ეწოდება.

აკუმულატორის მუშაობის უნარი იმ დენების მნიშვნელობაზეა დამოკიდებული, რომელზეც იგი იმუხტება. გარდა ამისა, იგი აგრეთვე მისი რეგულარული დამუხტვის სიღრმეზეა დამოკიდებული.

ნახ. 8-7-ზე აკუმულატორის დამუხტვის მახასიათებელია მოცემული.

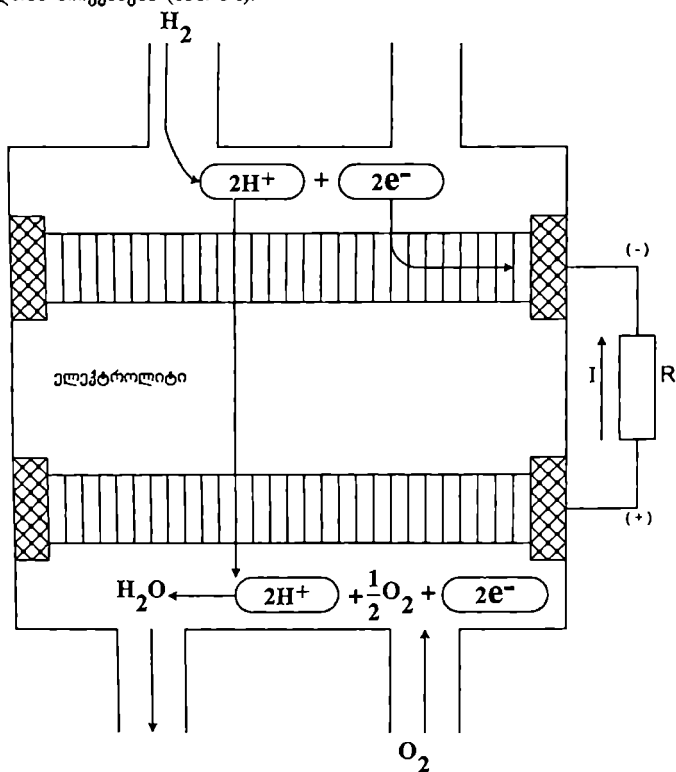


ნახ.8-7. აკუმულატორის მუდმივი დენით დამუხტვის მახასიათებლის მრუდი. E_2 - დასაგროვებელი ენერჯია; V - ელექტროდის უჯრედის ემპ.

იმისათვის, რომ აკუმულატორმა დამუხტვა დაიწყოს, საჭიროა ელემენტზე მიყვანილ იქნეს არანაკლებ 2,1 ვოლტის ტოლი ემპ. დამუხტვის პროცესის მიმდინარეობის მიხედვით ძაბვა ელემენტზე ნელნელა იზრდება, ხოლო შემდეგ აკეთებს მკვეთრ ნახტომს 2,6 ვ-ის მნიშვნელობამდე. ეს ხდება სრული დამუხტვის სიახლოვეს მუდმივი დენით მუშაობის შემთხვევაში. ძაბვის აწევა ელემენტში ელექტროლიზის დაწყებასთანაა დაკავშირებული. გადაჭარბებული დამუხტვის შემთხვევაში ელემენტში შეიძლება დიდი რაოდენობის H_2 წარმოიშვას, რომელსაც შეუძლია მისი მექანიკური დაზიანება გამოიწვიოს. ამის ერთდროულად მჟავას კონცენტრაცია შეიძლება ისეთ მნიშვნელობამდე გაიზარდოს, რომლის დროსაც იონები ელექტროლიტში მოძრაობის უნარს კარგავენ, რაც აკუმულატორის მუშაობას უუნაროს ხდის. აღნიშნული მოყლენა შეიძლება აღკვეთილ იქნეს, თუ აკუმულატორის დამუხტვას მუდმივი ძაბვით ვაწარმოებთ.

თბური ელემენტები. თბური ელემენტი ქიმიურ ენერგიას უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის წვის საშუალოდ სტადიის გარეშე. იმის გამო, რომ არ სრულდება გარდაქმნის ციკლი - სითბო - მუშაობა, თბური ელემენტის ეფექტურობა თერმოდინამიკის მეორე კანონით არაა შეზღუდული, როგორც ამას ადგილი აქვს ჩვეულებრივ სისტემებში - სათბობი - სითბო - მუშაობა - ელექტროენერგია. თეორიულად ქიმიური ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის მ.კ. 100%-ს აღწევს, თუმცა თბური ელემენტები, როგორც უკვე იყო აღნიშნული, მკაცრი მსჯელობის პირობებში სააკუმულატორო მოწყობილობებს არ მიეკუთვნება. ამ შემთხვევაში ასრის იქენს თბური ელემენტების განხილვა ელექტრულ აკუმულატორებთან მსგავსების გამო და მათი დახმარებით წყალბადის გამოყენების შესაძლებლობა.

აკუმულატორების ანალოგიურად თბურ ელემენტსაც ორი, ერთმანეთისაგან გაყოფილი ელექტროდი გააჩნია, რომელსაც გადააქვს იონები და არა ელექტროდები. წყალბადი (ან სხვა რომელიმე გარდამქმნელი კომპონენტი) უარყოფით ელექტროდთან, ხოლო ჟანგბადი ან ჰაერი - დადებით ელექტროდთან მიიყვანება (ნახ. 8-8).



ნახ. 8-8. თბური ელემენტის სქემა.

რეალური თბური ელემენტის ეფექტურობა მის თეორიულ სიდიდეზე გაცილებით ნაკლებია იმავე მიზეზის გამო, რომელსაც ელექტრული აკუმულატორების შემთხვევაში ჰქონდა ადგილი. თუმცა ეს სიდიდე — ქიმიური ენერგიის ელექტრულ ენერგიად გარდაქმნის შესაძლო ალბათობა (40%) არაა დამოკიდებული იმაზე, სრულ სიმძლავრეზე მუშაობს თბური ელემენტი, თუ მის ნაწილზე (განსხვავებით დიზელური ძრავებისაგან, აირტურბინებისაგან და სხვ.).

მსხვილმასშტაბიანი თბური ელემენტები არ იძლევა არსებით ეკონომიას. ეს იმით აიხსნება, რომ ბატარეაში შეერთებულ ცალკეულ თბურ ელემენტებს დაახლოებით იგივე მ.კ.კ. გააჩნია, რაც მთლიანად ბატარეას. ამასთან დაკავშირებით, მიზანშეწონილადია მიჩნეული შედარებით მცირე სიმძლავრის (100 კეტ-მდე) ადგილობრივი დანიშნულების სადგურების შექმნა. ძირითადი მიზეზი, რომლის გამოც თბურმა ელემენტებმა ჯერჯერობით ვერ კპოვა ფართო გამოყენება, მათი მაღალი ღირებულებაა (აშშ-ს 2000 დოლარი 1 კეტ დადგმულ სიმძლავრეზე).

სქემის ანალიზიდან ჩანს, რომ წყალბადისა და ჟანგბადის შეერთების შედეგად მიიღება წყალი და ელექტროენერგია. ფოროვანი ელექტროდები წყალბადის იონებს ატარებს.

მექანიკური აკუმულირება. წყალი, როგორც ადრე იყო აღნიშნული, პიდროენერგეტიკული სისტემები მოქმედებაში მოდის წყლის ნაკადით, რომლის სიმძლავრე $P = \rho g Q H$. იმის გამო, რომ Q ხარჯი ნალექების რაოდენობაზეა დამოკიდებული, რაც ყოველთვის არ შეესაბამება ენერგიის მოხმარების რიტმს, ყველა მსხვილ პიდროელექტროსადგურს წყალსაცავი გააჩნია, რომელიც ენერგიის აკუმულირებას უსრუწველყოფს. წყალი გროვდება H ვარდნის სიმაღლეზე და ეცემა პიდროსადგურის ტურბინის ფრთებს მისი მართვადი ხარჯის პირობებში. 100 მ სიმაღლის კაშხლის საშუალებით დაგროვილი წყლის პოტენციურ ენერგიაა გააჩნია სიმკვრივე: $W_p = 1$ მჯ/მ³. იმის მიუხედავად, რომ აღნიშნული სიმკვრივის სიდიდე შედარებით მცირეა, წყალსაცავში დაგროვილი სრული ენერგია შეიძლება დიდი აღმოჩნდეს.

ორ რეჟიმში მომუშავე პიდროაკუმულირებულ სადგურში (პაესში) როგორც 1-6-შია აღნიშნული, წყლის ორი რეზერვუარი გამოიყენება — ზედა და ქვედა. როცა ენერგოსისტემას ჭარბი სიმძლავრეები გააჩნია, წყალი ქვედა რეზერვუარიდან ზედაში გადაიქაჩება. ენერგიის მოხმარების ზრდის შემთხვევაში წყალს ზედა რეზერვუარიდან ტურბინის გაელით ქვედა რეზერვუარში უშვებენ, რომელიც ელექტროენერგიის გენერირებას უსრუწველყოფს. პაესზე გამოიყენება აგრეგატები, რომელიც ორ რეჟიმში მუშაობს — როგორც სატუმბ, ასევე სატურბინო რეჟიმებში. პაესები ენერგოსისტემაში ელექტროენერგიის მოხმარების რხევებს ათანაბრებს, რითაც ტრადიციული თესვისა და აესების მუდმივი დატვირთვებით ყველაზე ეფექტურ რეჟიმებში მუშაობას უსრუწველყოფს.

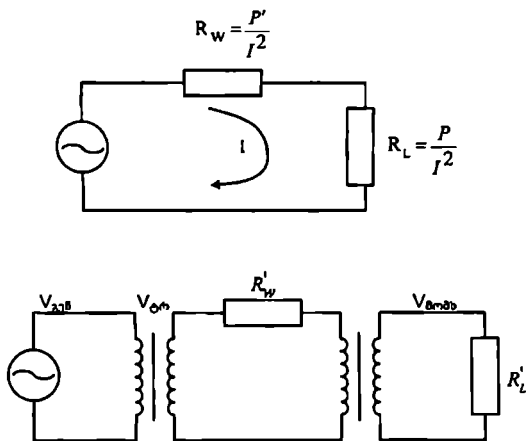
ენერგიის გადაცემა. განახლებადი ენერგიის გარდამქმნელი მოწყობილობისათვის, რომლის წყაროები გარემოშია გაბნეული და დაბალი ინტენსივობა გააჩნია, გაცილებით აქტუალურია ენერგიის მოკლე მანძილებზე გადაცემა. ბიომასების მცირე მანძილზე გადაზიდვა და შენობების შიგნით სითბოს მიწოდება განსაკუთრებით ენერგიის აღნიშნული წყაროებისათვისაა დამახასიათებელი. ისეთი მოწყობილობების ენერგია, რომელიც მოქმედებაში წყლის ნაკადით, ქარით ან ტალღებით მოდის, უმჯობესია ელექტროენერგიის სახით იქნეს გადაცემული, რომელსაც მოხმარებელი უშუალოდ მოიხმარს. თუ წყალბადის მიღება ენერგიის აკუმულირების ჩვეულებრივი მეთოდი გახდება, მისი მილსადენებით გადაცემა და მოხმარების ადგილებზე დამატებითი გარდაქმნა მსხვილმასშტაბიან ფორმას მიიღებს.

აირსადენები. აირსადენებში, რომელიც აირისმაგვარი სათბობის გადაცემისათვის გამოიყენება, საქმე გაქვს ტურბულენტურ ნაკადებთან. აირსადენში აირისმაგვარი სათბობის გადაცემის დროს მის გასწვრივ წნევა საკმაოდ სწრაფად ეცემა, რის გამოც მოთხოვნილი წნევით მიწოდების უზრუნველსაყოფად საჭირო ხდება საკომპრესორო სადგურის აგება.

ცნობილია, რომ დიდი დიამეტრის აირსადენებს შედარებით მცირე დანაკარგები გააჩნია. აირსადენების გამოყენების შესაძლებლობაზე არსებით გაელენას ახდენს ყველაზე ეკონომიკური თანაფარდობის უზრუნველყოფა აირსადენების ზომებსა (კაპიტალური დანახარჯები) და საკომპრესორო სადგურის მომსახურებაზე მოსულ დანახარჯებს შორის. ასეთი ნაგებობების ღირებულება დიდ დიაპაზონში იცვლება, მაგრამ დანახარჯები პრაქტიკულად 0.2 დოლ/გჯ. 10³ კმ-ს არ აღემატება.

აირის კუმშვადობის უნარი დამატებითი სარგებლიანობის მიღების საშუალებას იძლევა. აირსადენი თავისთავად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მასში გადაქაჩული აირის დროებით საცაყად იმ შემთხვევაში, თუ მასში შემავალი აირის მოცულობა გაცილებით მეტი იქნება გამოსავალში საჭირო მოცულობაზე. ამასთან, აირსადენში გროვდება შეჭირხნილი ჰაერი. ენერჯის აკუმულირების აღნიშნული მეთოდი ძალზე გაერცვლებულია.

ელექტროენერჯის გადაცემა. დავუშვათ, რომ ორ სხვადასხვა სისტემაში ერთნაირი აქტიური სიმძლავრეები ერთი და იმავე R წინაღობით, მაგრამ სხვადასხვა U_1 და U_2 ძაბვითა და ხაზის სიგრძის ერთეულზე მოსული ერთნაირი ძაბვის მქონე სადენებით გადაიცემა (ნახ. 8-9).



ნახ. 8-9. ელექტროენერჯის გადაცემის სქემა.

ω - გენერატორის უშუალოდ R_w წინაღობის დატვირთვასთან შეერთება R_L საბოლოო წინაღობის მქონე სადენების საშუალებით; β - გენერატორიდან ტრანსფორმატორის საშუალებით გაზრდილი ძაბვით გადაცემისა და მომხმარებლებთან ძაბვის დადაბლების გზით.

დენები სისტემაში შესაბამისად ტოლია: $I_1 = \frac{P}{U_1}$; $I_2 = \frac{P}{U_2}$, ხოლო

სიმძლავრეების დანაკარგების ფარდობა

$$\frac{P_1'}{P_2'} = \frac{I_1^2 R}{I_2^2 R} = \left(\frac{P}{U_1}\right)^2 \left(\frac{U_2}{P}\right)^2 = \frac{U_2^2}{U_1^2} \quad (8-4)$$

(8-4)-დან ჩანს, რომ გაზრდილი ძაბვის შემოხვევაში სიმძლავრის დანაკარგები სისტემაში მნიშვნელოვნად მცირდება. დაბალი ძაბვის სისტემები მაღალი ძაბვის სისტემებთან დანაკარგების სიდიდის მიხედვით შეიძლება ერთმანეთთან შედარდეს მხოლოდ დიდი კვეთების ძვირადღირებული კაბელების გამოყენების შემთხვევაში. ასე, მაგალითად, თუ ელექტროენერგია ჩვეულებრივ კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მომხმარებლების ძაბვით (220 ვ) გადაიცემა, კაბელის ღირებულება უკვე 200 მ მანძილის შემდეგ პრაქტიკულად მიუღებელი აღმოჩნდება. თუ ენერგიას კიდევ უფრო დაბალი ძაბვით (მაგ. 12 ვით) გადავცემთ, დენის მკვეთრად გაზრდის გამო კაბელის ისეთი კვეთა იქნება საჭირო, რომ სიძველეები პრაქტიკულად გადაულახავი აღმოჩნდება.

აღნიშნული ფაქტორები საფუძვლად უდევს ნებისმიერი ძალური ელექტრული ქსელის დაპროექტებას. როგორც აღრე აღვნიშნეთ, სინქრონული გენერატორები ყველაზე ეფექტურად 10 კვ ძაბვაზე მუშაობს. ის სიმარტივე, რომლითაც ცვლადი ძაბვა შეიძლება გარდაიქმნას მუდმივად, ამაღლდეს ან დადაბლდეს, გვინივებს, თუ რატომ არის ცვლადი ძაბვის სისტემები ყველაზე ოპტიმალური და გავრცელებული თითო ძალზე მცირე სიმძლავრის ენერგეტიკულ სისტემებშიც კი. როგორც ნახ. 8-9-დან ჩანს, გენერატორის ძაბვა დანაკარგების შემცირების მიზნით მალდდება ძალური ტრანსფორმატორის საშუალებით და ისევე დაბლდება მომხმარებელთან. ძაბვის სიდიდე სადენების ირგვლივ პავრის დიელექტრიკული გარღვევებითა და სადენების მეტალური საყრდენებისაგან იზოლაციის ხარისხითაა შეზღუდული, რომელსაც მიწის პოტენციალი გააჩნია.

ძაბვის უკიდურესად გაზრდის ტენდენცია ვერ უზრუნველყოფს გადამცემი ხაზების ეკონომიკური მარეწებლების არსებითად გაზრდას. იგივე ეხება მუდმივი დენის გადამცემ ხაზებს, რომელსაც დიდ მანძილზე სიმძლავრეების გადაცემის დროს გარკვეული უპირატესობა გააჩნია, მაგრამ ძვირადღირებულ გარდამსახ მოწყობილობას საჭიროებს.

ბოლო ხანებში დიდი ყურადღება ექცევა ზეგამტარულ ხაზებს, რომელსაც ნულოვანი წინაღობა გააჩნია, მაგრამ ისინი ძალზე დაბალ ტემპერატურაზე (-260°C -ზე) მუშაობენ. ასეთი დაბალი ძაბვის სისტემების მომსახურება დიდი სიგრძის მქონე ქსელებში ძალზე გაძნელებულია, თუმცა უკანასკნელ ხანებში მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის სფეროში მიღწეული აღმოჩენების შემდეგ აღნიშნული პრობლემა პრინციპულად გადაჭრილად შეიძლება ჩაითვალოს.

ცალკეული ელექტროსადგურები ჩვეულებრივად საკმაოდ მძლავრ ენერგოსისტემებშია გაერთიანებული ისე, რომ ერთ-ერთი სადგურის პროფილაქტიკური, ავარიული ან ეკონომიკური მოსაზრებით ამორთვის შემთხვევაში მის დატვირთვას თავის თავზე სხვა სადგურები იღებენ. იმის გარდა, რომ ყველა მძლავრ ენერგოსისტემას შეუძლია ენერგიის მოხმარებაში წარმოქმნილი რყევები (დაახლოებით 20%) სწრაფად დააკომპენსიროს, ასევე შეუძლია დააკომპენსიროს რყევები ენერგიის გამომუშავებაში. ამის გამო, იმ ელექტროსადგურის სიმძლავრეები, რომელიც ცვალებადი განახლებადი წყაროების ენერგიაზე მუშაობს, შეიძლება უშუალოდ იქნეს შეყვანილი ენერგოსისტემაში, რის შედეგადაც შესაძლებელი ხდება ისეთი

ელექტროსადგურის ჩართვა (მაგ. ქარენერგეტიკული დანადგარების), რომელიც ელექტროენერჯის გამოუმუშავების არაწინასწარმეტყველებით ხასიათდება. ენერჯოსისტემის მართვა ყველაზე გაიოლებულია იმ შემთხვევაში, თუ მასში მძლავრი კესები ან პავსებია ჩართული.

ბიომასის ტრანსპორტირება. ბიომასა შეიძლება მოხმარების ადგილზე სათანადო მოცულობის კონტეინერებით სახმელეთო, სარკინიგზო ან სამდინარო გზით იქნეს გადაზიდული. ამასთან, მცირე სიმკვრივის გამო ბიომასების უმრავლესი სახეების დიდ მანძილზე (1000 კმ-ზე მეტი) ტრანსპორტირება ეკონომიკურად იშვიათადაა გამართლებული. საშუალო მანძილზე (1000 კმ-მდე) გადაზიდვის დროსაც კი ბიომასის გადატანა ენერჯის მიღების მიზნით ძვირადღირებული და გაუმართლებელი გამოდის. ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად ბიომასის ნაკადების ენერგეტიკული გამოყენება მხოლოდ იმ შემთხვევაშია მიზანშეწონილი, როცა მას წინასწარ სხვა მიზნებისათვის მოიხმარენ. მაგალითად, შაქრის დერწმისაგან შაქრის მიღების შემდეგ ბიომასის ნაკადი ისევ შაქრის მწარმოებელი ქარხნის გათბობისათვის გამოიყენება. აღნიშნული სტადიის გავლის შემდეგ ბიომასას „სუფთა“ ეწოდება. თავის მხრივ ბიოსატობი ნედლი ბიომასის გარდაქმნის შემდეგ შეიძლება საშუალო და დიდ მანძილებზეც კი იქნეს გადაზიდული.

ალტერნატივის სახით ბიომასა შეიძლება მისი წყაროს სიახლოვეს იქნეს გამოყენებული, როგორც ამას ადგილი აქვს ხის მერქნის წვის შემთხვევაში, რომელიც განვითარებად ქვეყნებში ენერჯის მიღების ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან წყაროდ რჩება.

სითბო. სითბოს მოძრაობა საცხოვრებელი შენობის ან სხვა დანიშნულების ნაგებობის შიგნით სპეციალურად ჩაშენებული კალორიფერების ან ორთქლის გათბობის მიღების გავლით ენერჯის ძალზე მოკლე მანძილზე გადაცემის ყველაზე დამახასიათებელ მაგალითს წარმოადგენს. სითბოს გადაცემის ასეთი მეთოდი განსაკუთრებით აქტუალურია ცივი კლიმატის სარტყელის რეგიონებისათვის, სადაც პაერის გათბობაზე ენერჯის ძირითადი რესურსები იხარჯება. ორთქლის საშუალებით სითბოს გადაცემა ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე საწარმოო პროცესებში.

სითბოს გადაცემა მცირე მანძილებითაა შეზღუდული მილსადენების კედლებში მისი თბური დანაკარგების გამო. სითბოს დიდი ნაკადების გადაცემის შემთხვევაში მისი დანაკარგები შესაბამისად მცირდება. მსოფლიოს ბევრ ქალაქში რაიონული თბოქსელები სწორედ ამ პრინციპზე ფუნქციონირებს.

მოკლე მანძილებზე დიდი მოცულობის თბური ენერჯის ტრანსპორტირებისათვის მეორე გავრცელებული ხერხია თბური მიღების გამოყენება. ასეთ მიღებში, რომელიც ნაწილობრივ თხევადი, ხოლო ნაწილობრივ ორაქლისებრი თბოშემცველითაა შეესებოდა და რომლის მიმოქცევა ფორებიან პატრუქში წარმოქმნილი კაპილარული მოვლენების ხარჯზე ხდება, ეფექტური თბოგამტარობა სპილენძსე უფრო მეტი გამოდის.

დანართები

**დ1. ალუმინისა და ფოლადალუმინის შიშველი სადენების
მახასიათებლები**

სადენის მარკა	მასა, 1 კმ, კგ	სადენის გარე დიამეტრი, მმ	დატვირთვის ხანგრძლივად დასაშვები დენი, ა		აქტიური წინაღობა +20°C ტემპერატურის დროს, ომ/კმ
			შენობის გარეთ	შენობის შიგნით	
1	2	3	4	5	6
ა ლ უ მ ი ნ ის ს ა დ ე ნ ე ბ ი					
A-16	44	5.1	105	75	1.96
A-25	68	6.3	135	105	1.27
A-35	95	7.5	170	130	0.91
A-50	137	9.0	215	165	0.63
A-70	190	10.6	265	210	0.45
A-95	266	12.4	320	255	0.33
A-120	323	14.0	375	300	0.27
A-150	419	15.8	440	355	0.21
A-185	516	17.4	500	410	0.17
A-240	672	20.1	590	490	0.131
A-300	817	22.2	680	570	0.105
A-400	1087	25.6	815	690	0.078
A-500	1376	29.1	980	820	0.063
A-600	1658	32.0	1070	930	0.052
ფ ო ლ ა დ ა ლ უ მ ი ნ ის ს ა დ ე ნ ე ბ ი					
AC-16	62	5.4	105	75	1.96
AC-25	92	6.6	130	100	1.27
AC-35	128	8.3	175	135	0.91
AC-50	193	9.9	210	165	0.63
AC-70	269	11.7	265	210	0.45
AC-95	431	13.9	330	260	0.33
AC-120	504	15.3	380	305	0.27
AC-150	623	17.0	445	365	0.21
AC-185	781	19.1	510	425	0.17
AC-240	995	21.5	610	505	0.131
AC-300	1258	24.4	690	585	0.105
AC-400	1637	27.8	835	715	0.078
ACO-300	1098	23.5	690	580	0.108
ACO-400	1501	27.2	825	705	0.078
ACO-500	1836	30.2	975	815	0.065
ACO-600	2206	33.1	1020	855	0.055
ACY-300	1390	25.2	705	---	0.106
ACY-400	1840	29.0	850	---	0.078

**დ 2. ალუმინისა და ფოლადალუმინის სადენების მქონე საჭაერო
გადამცემი ხაზების ინდუქტიური წინაღობები და ტევადური
გამტარობები**

დ 2-1. ინდუქტიური წინაღობები (x_0), ომ/კმ

საშუალოჯივრითი მახილი სადენების შორის, მმ	ს ა დ ე ნ ის მ ა რ კ ა								
	A - 16	A - 25	A - 35	A - 50	A - 70	A - 95	A - 120	A - 150	A - 185
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
400	0333	0.319	0.308	0.297	0.283	0.274	---	---	---
600	0.358	0.345	0.336	0.325	0.309	0.300	0.292	0.287	0.280
800	0.377	0.363	0.352	0.341	0.327	0.318	0.310	0.305	0.298
1000	0.391	0.377	0.366	0.355	0.341	0.332	0.324	0.319	0.313

დანართი 2-1 (გაგრძელება)

საშუალოგეომეტრიული მანძილი სადენებს შორის, მმ	ს ა დ ე ნ ის მ ა რ კ ა									
	AC - 35	AC - 50	AC - 70	AC - 95	AC - 120	AC - 150	AC - 185	AC - 240	AC - 300	AC - 400
2000	0.403	0.392	0.382	0.371	0.365	0.358	--	--	--	--
2500	0.417	0.406	0.396	0.385	0.379	0.372	--	--	--	--
3000	0.429	0.418	0.408	0.395	0.391	0.384	0.377	0.369	--	--
3500	0.438	0.427	0.417	0.406	0.400	0.396	0.386	0.378	--	--
4000	0.446	0.435	0.425	0.414	0.408	0.404	0.394	0.386	--	--
4500	--	--	0.433	0.422	0.416	0.409	0.402	0.394	--	--
5000	--	--	0.440	0.429	0.423	0.416	0.409	0.401	--	--
5500	--	--	--	--	0.429	0.422	0.415	0.407	--	--
6000	--	--	--	--	--	--	--	0.413	0.404	0.396
6500	--	--	--	--	--	--	--	--	0.409	0.400
7000	--	--	--	--	--	--	--	--	0.414	0.406
8000	--	--	--	--	--	--	--	--	0.418	0.409
8500	--	--	--	--	--	--	--	--	0.422	0.414

დანართი 2-1 (გაგრძელება)

საშუალო - გეომეტრიული მანძილი სადენებს შორის, მმ	ს ა დ ე ნ ის მ ა რ კ ა				
	ACY-300	ACY-400	ACO-300	ACO-400	ACO-500
6000	0.402	0.393	--	--	--
6500	0.407	0.398	--	--	--
7000	0.412	0.403	--	--	--
7500	0.417	0.408	--	--	--
8000	0.421	0.412	--	--	--
8500	0.424	0.415	--	--	--
9000	0.427	0.420	0.246	0.416	0.408

№ 2-2. ფოლადალუმინის სადენების მჭორე საჭაურო გადამცემი ხაზების

ტექნიკური გამტარობები $\gamma, \frac{1}{\text{მმ}^2} \cdot 10^{-8}$

საშუალო გამტარობები მჭორე საჭაურო მჭორე	სადენების მჭორე												
	AC - 70	AC - 95	AC - 120	AC - 150	AC - 185	AC - 240	AC - 300	AC - 400	ACY - 300	ACY - 400	ACO - 300	ACO - 500	ACO - 600
3.0	2.79	2.87	2.92	2.97	3.03	3.10	---	---	---	---	---	---	---
3.5	2.73	2.81	2.85	2.90	2.96	3.02	---	---	---	---	---	---	---
4.0	2.68	2.75	2.79	2.85	2.90	2.96	---	---	---	---	---	---	---
4.5	2.62	2.69	2.74	2.79	2.84	2.89	---	---	---	---	---	---	---
5.0	2.58	2.65	2.69	2.74	2.82	2.85	---	---	---	---	---	---	---
5.5	---	---	2.67	2.70	2.74	2.80	---	---	---	---	---	---	---
6.0	---	---	---	---	---	2.76	2.81	2.88	2.84	2.91	---	---	---
6.5	---	---	---	---	---	---	2.78	2.84	2.80	2.87	---	---	---
7.0	---	---	---	---	---	---	2.74	2.78	2.77	2.83	---	---	---
7.5	---	---	---	---	---	---	2.71	2.76	2.73	2.80	---	---	---
8.0	---	---	---	---	---	---	2.69	2.73	2.70	2.77	---	---	---
8.5	---	---	---	---	---	---	2.67	2.68	2.69	2.75	---	---	---
9.0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.66	2.74	2.78

დ 3. ძალური კაბელებისა და იზოლირებული სადენების ხანგრძლივად დასაშვები დატვირთვები

დ 3-1. 1 - 10 კვ ძაბვის კაბელები სპილენძისა და ალუმინის ძარღვებით ტყვიის ან ალუმინის გარსით ჭალალდის გაუღენთილი იზოლაციით. გაიყვანება მიწაში ნიადაგის 15°C ტემპერატურის პირობებში

დენგამართების სადენის კვეთი, მმ ²	ხანგრძლივად დასაშვები დენი, ა						1 კვ ძაბვის ოთხძარღვიანი კაბელი	
	სამძარღვიანი		კაბელი სარტყულური იზოლაციით					
	3 კვ-მდე		6 კვ		10 კვ		სპილენძი	ალუმინი
	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი		
2.5	40	31	—	—	—	—	—	—
4	55	32	—	—	—	—	50	38
6	70	55	—	—	—	—	60	46
10	95	75	80	60	—	—	85	65
16	120	90	105	80	95	75	115	90
25	160	125	135	105	120	90	150	115
35	190	145	160	125	150	115	175	135
50	235	180	200	155	180	140	215	165
70	285	220	245	190	215	165	265	200
95	340	260	295	225	265	205	310	240
120	390	300	340	260	310	240	350	270
150	435	335	390	300	355	275	395	305
185	490	380	440	340	400	310	450	345
240	570	440	510	390	460	355	—	—

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა ცხრილში მოტანილი ხანგრძლივი დასაშვები დატვირთვები კაბელების ძარღვების გახურების შემდეგ დასაშვებ ტემპერატურებს შეესაბამება:

3 კვ-მდე - +80°C, 6 კვ - +65°C, 10 კვ - +60°C.

დ 3-2. 1-10 კვ ძაბვის კაბელები სპილენძისა და ალუმინის ძარღვებით, ქალაქის გაუღუნთილი იზოლაციით, ტუვის ან ალუმინის გარსით, რომელიც ღია სივრცეშია გაუვანოლი +25°C ტემპერატურის პირობებში

დენგამტარების ძარღვების კეჟი, მგ	ხანგრძლივად დასაშვები დენი, ა სამძარღვიანი კაბელი სარტყელური იზოლაციით						1კვ ძაბვის ოთხძარღვიანი კაბელი	
	3 კვ-მდე		6 კვ		10 კვ		სპილენძი	ალუმინი
	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი		
2.5	28	22	---	---	---	---	---	---
4	37	29	---	---	---	---	35	27
6	45	35	---	---	---	---	45	35
10	60	46	55	42	---	---	60	45
16	80	60	65	50	60	46	80	60
25	105	80	90	70	85	65	100	75
35	125	95	110	85	105	80	120	95
50	155	120	145	110	135	105	145	110
70	200	155	175	135	165	130	185	140
95	245	190	215	165	200	155	215	165
120	285	220	250	190	240	185	260	200
150	330	255	290	225	270	210	300	230
185	376	290	325	250	305	235	340	260
240	430	375	375	290	350	270	---	---

შ ე ნ ი შ ე ნ ა იხ. შენიშენა დ 3-1-სათვის.

დ 3-3. 20 - 35 კვ ძაბვის სამძარღვიანი კაბელები გან-
ცალკევებული ტყვიამოსილი (ან განცალკევებული დაწნეხილი)
სპილენძისა და ალუმინის ძარღვებით, ჭალადის გაულენთილი
იზოლაციით, გაუვანილი მიწაში ნიადაგის +15°C ტემპერატურის
ან ღია სივრცეში ჭაერის +25°C ტემპერატურის პირობებში

დენდრატივების ძარღვების კეფი, ვგვ	ხანგრძლივად დასაშვები დენი, ა							
	20 კვ				35 კვ			
	ბ ა რ მ ა ნ ი ს				ს ა ხ ე			
	მიწაში		კაერში		მიწაში		კაერში	
	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი	სპილენძი	ალუმინი
26	110	85	85	65	—	—	—	—
35	135	105	100	75	—	—	—	—
50	165	125	120	90	—	—	—	—
70	200	155	150	115	195	150	145	110
95	240	185	180	140	235	180	180	140
120	275	210	205	160	270	210	205	160
150	315	240	230	175	310	240	230	175
185	355	275	265	205	—	—	—	—

შ ე ნ ი შ ე ნ ა ცხრილში მოცემული დასაშვები ხანგრძლივი დენური
დატვირთვები კაბელების ძარღვების + 50°C - მდე
ტემპერატურას შეესაბამება.

დ 3-4. სპილენძის ძარღვიანი კაბელები რეზინის იზოლაციით ლითონის დამცავი გარსით და სპილენძისა და ალუმინის ძარღვიანი კაბელები რეზინის იზოლაციით ტუვის, პოლიჰროვილირებული ან უწყვადი რეზინის გარსით მოჭავშნული და არამოჭავშნული (ჰაერის საანგარიშო ტემპერატურა +25°C, მიწისა - +15°C)

დენგამტარების ძარღვების კვეთები, მმ²	ხანგრძლივად დასაშვები დენი, ა				
	ერთძარღვიანი	ორძარღვიანი	სამძარღვიანი		
	გ ა კ ე ა ნ ი ს ს ა ხ ე				
	ჰაერში	ჰაერში	მიწაში	ჰაერში	მიწაში
1.5	23	19	33	19	27
2.5	30/23	27/21	44/34	25/19	38/29
4	41/31	38/29	55/42	35/27	49/38
6	50/38	50/38	70/55	42/32	60/46
10	80/60	70/55	105/80	55/42	90/70
16	100/75	90/70	135/105	75/60	115/90
25	140/105	115/90	175/135	95/75	150/115
35	170/130	140/105	210/160	120/90	180/140
50	215/165	175/135	265/205	145/110	225/175
70	270/210	215/165	320/245	180/140	275/210
95	325/250	260/200	385/295	220/170	330/255
120	385/295	300/230	445/340	260/200	385/295
150	440/340	350/270	505/390	305/235	435/335
185	510/395	405/310	570/440	350/270	500/385
240	605/465	---	---	---	---

შ ე ნ ი შ ვ ნ ა მრიცხველში მოცემულია დატვირთვები სპილენძის ძარღვებისათვის, მნიშვნელში ალუმინის. დენური დატვირთვები განეკუთვნება კაბელებს ჩამამიწებელი ძარღვით და მის გარეშე; სადენებს - მხოლოდ ჰაერში გაყვანის შემთხვევაში.

დ 3-5. სბილუნდისა და ალუმინის ტარღვების მკონე სადუნები და ზონრები რეზინისა და ბოლქოვოლირბული იზოლაციით

'სტანდარტისა და დღეაიფიკაციისა		ერთ მილში ჩაწობილი სადუნების ხანგრძლივად დასაშვები დუნები, ა						
		ღია	ორი ერთმარღვიანი	სამი ერთმარღვიანი	ოთხი ერთმარღვიანი	ერთი ერთმარღვიანი	ერთი ერთმარღვიანი	
0.5	11	---	---	---	---	---	---	
0.75	15	---	---	---	---	---	---	
1	17	16	15	14	14	15	14	
1.5	23	19	17	16	16	18	15	
2.5	30/24	27/20	25/19	25/19	25/19	25	21	
4	42/32	38/28	35/28	30/23	30/23	32	27	
6	50/39	46/36	62/32	40/30	40/30	40	34	
10	80/55	70/90	80/47	50/39	50/39	55	50	
16	100/80	85/60	90/60	75/55	75/55	80	70	
25	140/105	115/85	100/80	90/70	90/70	100	85	
35	170/130	135/100	125/95	115/85	115/85	125	100	
50	215/165	185/140	170/130	150/120	150/120	160	135	
70	270/210	225/175	210/165	185/140	185/140	195	175	
95	330/255	275/215	255/200	225/175	225/175	245	215	
120	385/295	315/245	290/220	260/200	260/200	295	250	
150	440/340	360/275	330/255	---	---	---	---	
185	510/390	---	---	---	---	---	---	
240	605/465	---	---	---	---	---	---	
300	695/535	---	---	---	---	---	---	
400	830/645	---	---	---	---	---	---	

შენიშვნა : ერთ მილში ჩაწობილი სადუნების რიცხვის განსაზღვრისას წულოვანი მუშა სადენი ანგარიში არ მიიღება; მრიცხველში მოცემულია დატვირთვების სიღრმის ბარდვისთვის, მნიშვნელოვანი - ალუმინის.

დ 3-6. მიწისა და ჰაერის ტემპერატურის შესწორების კოეფიციენტები ძალური კაბელების, შიშვლი და იზოლირებული სადენების დატვირთვის დასაშვები დენების განსაზღვრისათვის

გარემოს ტემპერატურა, °C	შესწორების კოეფიციენტები გარემოს ფაქტური ტემპერატურის დროს, °C											
	- 5	0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 45	+ 50
80	1.14	1.11	1.08	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68
25	1.24	1.20	1.17	1.13	1.09	1.04	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74
25	1.29	1.24	1.20	1.15	1.11	1.05	1.00	0.94	0.88	0.81	0.74	0.67
15	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55
25	1.32	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.00	0.94	0.87	0.79	0.71	0.61
15	1.20	1.15	1.12	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.57	0.47
25	1.35	1.31	1.25	1.20	1.12	1.07	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66	0.54
15	1.22	1.17	1.12	1.07	1.00	0.93	0.86	0.79	0.71	0.61	0.50	0.36
25	1.41	1.35	1.29	1.23	1.15	1.08	1.00	0.91	0.82	0.71	0.58	0.41
15	1.25	1.20	1.14	1.07	1.00	0.93	0.84	0.76	0.66	0.54	0.37	---
25	1.48	1.41	1.34	1.26	1.18	1.09	1.00	0.89	0.78	0.63	0.45	---

დ 4. სამძარღვეანი კაბელების აქტიური და ინდუქტიური წინაღობები და ტევადური გამტარობები

ძარღვის ნომინალური კეფი, მმ	ძარღვის აქტიური წინაღობა +20°C ტემპერატურის დროს, ომ/კმ		ინდუქტიური წინაღობა, X ₀ , ომ/კმ						ტევადური გამტარობა, Y, $\frac{1}{\text{ომ.კმ}} \cdot 10^6$									
	აღუმენი	სიღვემისი	კაბელის ნომინალური ძაბვა, კვ															
			1-მდე	6	20	20	35	6	10	20	35	6	10	20	35			
4	7.74	4.6	0.095	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6	5.17	3.07	0.090	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10	3.1	1.84	0.073	0.11	0.122	---	---	---	---	62.8	---	---	---	---	---	---	---	---
16	1.94	1.15	0.0675	0.102	0.113	---	---	---	---	72.2	---	---	---	---	---	---	---	---
25	1.24	0.74	0.0662	0.091	0.099	0.135	---	---	---	88.0	72.2	---	---	---	---	---	---	---
35	0.89	0.52	0.0637	0.087	0.095	0.129	---	---	---	97.2	85	60	---	---	---	---	---	---
50	0.62	0.37	0.0625	0.083	0.090	0.119	---	---	---	114	91	66	---	---	---	---	---	---
70	0.443	0.26	0.0612	0.08	0.086	0.116	0.137	127	97.5	75.5	56.6	---	---	---	---	---	---	---
95	0.326	0.194	0.0602	0.078	0.083	0.110	0.126	134	110	81.5	63	---	---	---	---	---	---	---
120	0.258	0.153	0.0602	0.076	0.081	0.107	0.120	146	116	100	75.5	---	---	---	---	---	---	---
150	0.206	0.122	0.0596	0.074	0.078	0.104	0.116	162	138	110	81.5	---	---	---	---	---	---	---
185	0.167	0.099	0.0596	0.073	0.077	0.101	0.113	169	141	119	88	---	---	---	---	---	---	---
240	0.129	0.077	0.0587	0.071	0.075	---	---	---	---	185	144	132	97.3	---	---	---	---	---

შენიშვნა: 1. აქტიური და ინდუქტიური წინაღობები მოცემულია სარტყელური იზოლაციის შქმე სამძარღვეანი კაბელებისათვის.
 2. ტევადური გამტარობა სამძარღვეანი კაბელებისთვისაა მოცემული: 6-10 კვ - სარტყელური იზოლაციისათვის; 20-35 კვ - განცალკევებით ტყვიამოსილი ძარღვებისათვის.

**დ 5. მცველების დნობადი სადგმელების
ნომინალური დენების შკალა**

მცველის ტიპი	მცველების ნომინალური დენი, ა	ΠΡ-2 და ΠΗ-2 ტიპის მცველების დნობადი სადგმელების ნომინალური დენი, ა
ΠΡ-2	15	6; 10; 15;
	60	15; 20; 25; 35; 45; 60
	100	60; 80; 100
	200	100; 125; 160; 200
	350	200; 225; 260; 300; 350
	600	350; 430; 500; 600
	1000	600; 700; 850; 1000
ΠΗ-2	40	6; 10; 15; 20; 25; 30; 40
	100	30; 40; 50; 80; 100
	250	80; 100; 120; 150; 200; 250
	400	200; 250; 300; 400
	600	300; 400; 500; 600

დ 6. სინქრონული გენერატორები

დ 6-1. ტურბოგენერატორები

ტურბოგენერატორის ტიპი	ბრუნვის ნომინალური სიხშირე, ბ/წთ	ნომინალური სიმძლავრე		ნომინალური ძაბვა, კვ	cos φ _{ნაშ}	ნომინალური დენი, კა
		სრული, მვა	აქტიური, მვტ			
1	2	3	4	5	6	7
T-6-2Y3	3000	7.5	6	6.3	0.8	0.68
T-6-2Y3	3000	7.5	6	10.5	0.8	0.412
T-12-2Y3	3000	15	12	6.3	0.8	1.376
T-12-2Y3	3000	15	12	10.5	0.8	0.825
T-20-2Y3	3000	25	20	6.3	0.8	2.295
T-20-2Y3	3000	25	20	10.5	0.8	1.375
TBC-32Y3	3000	40	32	6.3	0.8	3.67
TBC-32Y3	3000	40	32	10.5	0.8	2.2
TBC-32T3	3000	31.25	25	10.5	0.8	1.718
TBΦ-63-2EY3	3000	78.75	63	10.5	0.8	4.33
TBΦ-63-2Y3	3000	78.75	63	6.3	0.8	7.21
TBΦ-63-2Y3	3000	78.75	63	10.5	0.8	4.33
T3Φ-63-2Y3	3000	78.75	63	10.5	0.8	4.33
TBΦ-120-2Y3	3000	125	100	10.5	0.8	6.875
TBΦ-110-2EY3	3000	137.5	110	10.5	0.8	7.56
TBΦ-160-2EY3	3000	188	160	18	0.85	5.67
TBB-220-2EY3	3000	258.3	220	15.75	0.85	8.625
TBB-200-2AY3	3000	235.3	200	15.75	0.85	8.625
TΓB-200-2Y3	3000	235.3	200	15.75	0.85	8.625
TΓB-200-MT	3000	235.3	200	18	0.85	7.55
TΓB-200-MT	3000	241.3	210	15.75	0.85	9.06
TΓB-200-2MY3	3000	247	210	15.75	0.85	9.06
TBB-320-2EY3	3000	375	320	20	0.85	10.9
TΓB-300-2Y3	3000	353	300	20	0.85	10.2
TBM-300Y3	3000	353	300	20	0.85	10.19
TBB-500-2EY3	3000	588	500	20	0.85	17
TΓB-500-2Y3	3000	588	500	20	0.85	17
TΓB-500-4Y3	1500	588	500	20	0.85	17
TBM-500Y3	3000	588.2	500	36.75	0.85	9.24
TΓB-800-2Y3	3000	941	800	24	0.85	22.65
TBB-800-2EY3	3000	888.9	800	24	0.9	21.4
T3B-800-2Y3	3000	941	800	24	0.85	22.65
TBB-1000-4Y3	1500	1111	1000	24	0.9	26.73
TBB-1000-2Y3	3000	1111	1000	24	0.9	26.73
TBB-1200-2Y3	3000	1330	1200	24	0.9	15.05

შ ე ნ ი შ ვ ე ე ბ ი 1. T ან TΓ - ტურბოგენერატორი; B - წალბადური გაციეება; BB ან B - გრაგნილების წალბადურ - წყლიანი გაციეება; BΦ - წალბადური დროსირებული გაციეება; BM - წალხუთიანი გაციეება; 3B - სამჯერადი წყლიანი

გაცივება (როტორის, სტატორისა და გულარის); C - სპეციალური შესრულების; რიცხვი პირველი ტირეს შემდეგ - ნომინალური სიმძლავრე, მეტ; CTBΦ -120- 2Y3 ტიპის ტურბოვენერატორებისთვის - სიმძლავრე გადატვირთვის ხანგრძლივად დასაშვებ რეჟიმში); რიცხვი მეორე ტირეს შემდეგ - პოლუსების რიცხვი; E - ერთიანი უნიფიცირებული სერიის საკუთნო; M - მოდიფიკაცია; Y ან T ასოები - კლიმატური შესრულება (Y-ზომიერი კლიმატის რაიონებში მუშაობისათვის; T - ტროპიკული კლიმატის რაიონებისათვის); ასო 3 - ბუნებრივი ენტილაციის მქონე დახურულ შერობებში მუშაობისათვის.

2. B ასოთი აღნიშნულია წყალბადური გაცივება; M - ზეთიანი გაცივება; H - უშეილო გაცივება; K - ირიბი გაცივება; B03d - სპაერო; B0dმ - წელიანი.

დ 6-2. ჰიდროგენრატორები

ჰიდროგენრატორის ტიპი	$S_{ნაშ. მუა}$	$P_{ნაშ. მუტ}$	$\cos\varphi_{ნაშ.}$	$U_{ნაშ. კვ}$	$I_{ნაშ. კა}$	$n_{ნაშ. ბრ/წთ}$
1	2	3	4	5	6	7
სერიები: ВГС ; СВГС; ВГСФ; ВГСВФ; ВГСВВ; ГСВ; ВГДС						
ВГС0-260/99-10	11.25	9	0.8	10.5	—	600
ВГС260/70-12	8.25	7	0.85	6.3	—	500
ВГС-325/89-14	12.5	10	0.8	10.5	—	428
ВГС-375/79-16СТ3	14.1	12	0.85	6.3	—	375
ВГС-4500/375-16	5.63	4.5	0.8	6.3	—	375
ВГС-325/64-18	7.5	6.4	0.85	6.3	—	333.3
ВГС-440/120-20	27.5	22	0.8	6.3	—	300
ВГС-525/150-20	51	46	0.9	10.5	—	300
ВГС-525/150-20	50	40	0.8	10.5	—	300
ВГС-525/110-24	31.25	26.5	0.85	10.5	—	250
ВГС-525/110-24	29.5	25	0.85	10.5	—	250
ВГС-527/110-24	32.25	29	0.9	10.5	—	250
ВГС-375/69-24	8.75	7	0.8	6.3	—	250
ВГС-375/79-24	11	8.8	0.8	6.3	—	250
ВГС-440/69-28	9.4	7.5	0.8	10.5	—	214
ВГС-525/125-28	26.9	21.5	0.8	10.5	—	214
ВГС-525/99-28	18.75	15	0.8	10.5	—	214
ВГС-525/99-28	18.75	15	0.8	10.5	—	214
ВГС-710/180-30ТС4	94	80	0.89	13.8	—	200
ВГСФ-930/233-30	294	250	0.85	15.75	—	200
ВГСВФ-940/235-30	353	300	0.85	15.75	—	200
ВГС-525/119-32	20.6	18.5	0.9	10.5	—	187.5
ВГС-525/84-32	13.75	11	0.8	10.5	—	187.5
ВГС-525/59-32	10	8	0.8	10.5	—	187.5
ВГС-525/100-32	15	12	0.8	10.5	—	187.5
ВГС-650/130-32	45	36	0.8	10.5	—	187.5
ВГС-440/39-40	3	2.4	0.8	6.3	—	150
СВГС-440/39-40	3	2.4	0.8	6.3	—	150
სერიები: СВ, СВФ, СВФВ						
СВ-420/60-24	10	8	0.8	6.6	0.876	250
СВ546/80-36	15	12	0.8	6.6	1.316	167
СВ546/90-40	15.6	12.5	0.8	6.3	1.43	150
СВ325/130-12	16.5	13.2	0.8	10.5	0.91	500
СВ-800/76-60	18	14.5	0.8	10.5	0.99	100
СВ-546/90-32	18.7	15	0.8	10.5	1.03	187.5
СВ-566-125-40	23.5	20	0.8	10.5	1.295	150
СВ-600/110-40	25	20	0.8	10.5	1.38	150
СВ-546/110-32	25	15	0.6	10.5	1.381	187.5
СВ-750/75-40	27	21.6	0.8	10.5	1.49	150
СВ-633/100-40Т	27	24.3	0.8	11	1.42	150
СВ-1135/90-96	28.75	23	0.8	10.5	1.58	62.5
СВ-866/70-52	28.8	23	0.8	10.5	1.58	115.4
СВ-800/105-60	30	24	0.8	10.5	1.655	100
СВ-895/170-80	30	24	0.8	10.5	1.655	75
СВ-566/125-32	30	25.5	0.85	10.5	1.655	187.5

დ 6-2 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7
CB-633/100-40YX14	31.8	26.5	0.85	10.5	1.715	150
CB-425/135-16	33	23.1	0.7	10.5	1.82	375
CB-1250/115-108	33.4	27	0.8	10.5	1.84	55.5
CB-595/100-30YX14	36.7	33	0.8	10.5	2.02	187.5
CB-570/145-32	37.5	30	0.8	10.5	2.06	100
CB-850/120-60	40	32	0.8	10.5	2.2	428.6
CB-425/135-14	40.6	32.5	0.8	10.5	---	150
CB-695/155-40	44	35	0.8	10.5	2.42	187.5
CB-655/110-32	44	37.5	0.87	10.5	2.42	500
CB-375/195-12YX14	47.5	38	0.8	10.5	2.615	166.7
CB-733/130-36	45.6	40	0.8	10	---	125
CB-1190/215-48TB4	266.7	240	0.9	15.75	9.78	250
CB-712/227-24	306	260	0.85	15.75	11.21	166.7
CBO-1170/190-36	209/228	177.6/210	0.85/0.94	15.75	---	150
CBO-1000/260-40	236	220	0.95	15	---	187.5
CBO-1120/190-32	285/290	256.5/285	0.9/1.0	15.75	---	250
CBΦ-730/230-24	306	260	0.85	15.75	11.24	166.7
CB-1100/250-36Y4	353	300	0.85	15.75	12.95	166.7
CBΦ-830225-28	353	300	0.85	15.75	13.05	214
CBΦ-1690/175-64	590	500	0.85	15.75	21.65	93.8
CBΦ-1285/275-42Y4	711	640	0.9	15.75	26.1	142.8
სერიები		CG, CGK,	CGKB			
CG-620/145-48	26.3	21	0.8	10.5	1.45	125
CGK-430/100-70	5.67	5.14	0.9	1.45	2.26	85.7
CGK3-505/150-70	13.5	13.5	1.0	3.15	2.475	85.7
CGK3-407/130-40	15	13.5	0.9	2.75	3.16	150
CGK2-538/160-70	19	17.5	0.92	3.15	3.49	85.7
CGK-538/160-70	19.9	18.5	0.93	3.15	3.65	85.7
CGKB-480/115-64	20	20	1	3.15	3.67	93.8
CGK3-560/160-76	20.25	20.25	1	3.15	3.72	78.9
CGK3-538/155-70	20.6	17.5	0.85	3.15	---	85.7
CGK3-600/160-84	23.33	21	0.9	4	---	87.5
CGKB-776/125-96	27.55	27	0.98	6.3	2.53	62.5
CGK-535/250-52	42.2	38	0.9	6.3	---	115.4
CGKB-720/140-80	45.9	45	0.98	6.3	4.2	75

შ ე ნ ი შ ე ნ ა 1. BGC - ვერტიკალური, სინქრონული (1982 წლიდან - CB); GCB - იგივე; BGCΦ ვერტიკალური პიდროგენერატორი, სინქრონული, როტორის გრაგნილის ფორსირებული საპაერო გაცივებით; BGCBB - სინქრონული, ვერტიკალური, სტატორის გრაგნილის წყალბადური და როტორის გრაგნილის ფორსირებული საპაერო გაცივებით; BGCBB - ვერტიკალური, სტატორისა და როტორის წყალბადური გაცივებით; CB - სინქრონული, ვერტიკალური, სტატორისა და როტორის პაერით გაცივებით; CBΦ - სინქრონული, ვერტიკალური, სტატორის გრაგნილის უშუალოდ წყლით გაცივებით და როტორის გრაგნილის პაერით ფორსირებული გაცივებით; CBO - სინქრონული, ვერტიკალური, შექცევადი პიდროგენერატორი - ძრავა; CG - სინქრონული, პორიზონტალური, სტატორისა და როტორის პაერით გაცივებით; CGK სინქრონული, პორიზონტალური, კაფსულური; CGKB - სინქრონული, პორიზონტალური, კაფსულური, სტატორისა და როტორის გრაგნილების წყლით გაცივებით; BFGC - ვერტიკალური, პიდროგენერატორი - ძრავა, სინქრონული. ასოები: შ - საექსპორტო შესრულების; T - ტროპიკული რეგიონებისათვის; Y - ზომიერი კლიმატის რაიონებისათვის; TB - ტროპიკული

ტენიანი რეგიონებისათვის; TC – ტროპიკული მშრალი რეგიონებისათვის; XA – ცივი კლიმატის რეგიონებისათვის.

2. СВО და ВГДС სერიის კიდროგენერატორებისათვის მრიცხველში ნაჩვენებია პარამეტრები გენერატორული რეჟიმისათვის; მნიშვნელში – ძრავული რეჟიმისათვის.

დ 7 . ძალური ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები

დ 7-1. ზოგადი ცნობები

ელექტროსადგურებსა და ქვესადგურებზე იდგმება სამფაზა და ერთფაზა, ორგრაგნილიანი და სამგრაგნილიანი ძალური ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები, აგრეთვე ძალური ერთფაზა და სამფაზა ტრანსფორმატორები დაბალი ძაბვის გახლეჩილი გრაგნილით.

გამოიყენება ზეთიანი, მშრალი, არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით შევსებული, აგრეთვე სხმული იზოლაციის მქონე ტრანსფორმატორები.

ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები ნომინალური სიმძლავრისა და კონსტრუქციის თავისებურების მიხედვით გაცივების შემდეგი სისტემებითაა აღჭურვილი:

ა. მშრალი ტრანსფორმატორები:

C – ბუნებრივი სააერო გაცივება ღია შესრულების შემთხვევაში;

CS – ბუნებრივი სააერო გაცივება დაცული შესრულების შემთხვევაში;

CF – ბუნებრივი სააერო გაცივება პერმეტული შესრულების შემთხვევაში;

CD – ბუნებრივი სააერო გაცივება პაერის იძულებითი ცირკულაციით (სააერო შებერვით).

ბ. ზეთიანი ტრანსფორმატორები:

M – პაერისა და ზეთის ბუნებრივი ცირკულაცია;

D – პაერის იძულებითი ცირკულაცია და ზეთის ბუნებრივი ცირკულაცია;

MD – პაერის ბუნებრივი ცირკულაცია და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ზეთის არამიმართული ნაკადით;

HMD – პაერის ბუნებრივი ცირკულაცია და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ზეთის მიმართული ნაკადით;

AD – პაერისა და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ზეთის არამიმართული ნაკადით;

HD – პაერისა და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ზეთის მიმართული ნაკადით;

L – წყლისა და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ზეთის არამიმართული ნაკადით;

HL – წყლისა და ზეთის იძულებითი ცირკულაცია ზეთის მიმართული ნაკადით.

გ. ტრანსფორმატორები არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით

H – ბუნებრივი გაცივება არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით;

HD – გაცივება არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით პაერის იძულებითი ცირკულაციით;

HHD – გაცივება არაწვადი თხევადი დიელექტრიკით პაერის იძულებითი ცირკულაციითა და თხევადი დიელექტრიკის მიმართული ნაკადით.

ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები ძაბვის რეგულაციის სხვადასხვა სისტემებით მზადდება: ძაბვის რეგულაციით გარეშე, ძაბვის რეგულაციით გრაგნილების ხვითა რიცხვის გადართვის გზით ალგზნების გარეშე (გაგ – ის სისტემა), ძაბვის რეგულაციით დატვირთვის ქვეშ (რდქ – ს სისტემა).

ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორების გრაგნილების შეერთების ჯგუფები და სქემები დ 7-2 – შია მოცემული.

ტრანსფორმატორისა და ავტოტრანსფორმატორის სახეობა	გრაგნილების შეერთების ჯგუფები და სქემები (პირობითი აღნიშვნები)
სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	$Y/Y-0$; $Y/Y-0$; $Y/\Delta-11$; $Y/\Delta-11$; $Y/Y-11$; $\Delta/Y-11$ $\Delta/\Delta-0$
ერთფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	$V1-0$
სამფაზა სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები	$Y/Y-\Delta-0-11$ $Y/\Delta/\Delta-11-11$
სამფაზა სამგრაგნილიანი ავტოტრანსფორმატორები	1 ავტო/ $1-0-0$
სამფაზა ორგრაგნილიანი ავტოტრანსფორმატორები	Y ავტო
ერთფაზა ორგრაგნილიანი ავტოტრანსფორმატორები დაბალი ძაბვის გახლენილი გრაგნილით	$V1-1-00$
სამფაზა ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორები დაბალი ძაბვის გახლენილი გრაგნილით	$Y/\Delta-\Delta-11-11$; $\Delta/\Delta-\Delta-0-0$

ტრანსფორმატორებისა და ავტოტრანსფორმატორებისათვის შემოღებულია აღნიშვნები, რომელშიც მიმდევრობით (მარცხნიდან მარჯვნივ) შეტანილია შემდეგი ინფორმაცია:

1. ელექტროტექნიკური დანადგარის სახეობა (A - ავტოტრანსფორმატორი, A ასოს გარეშე - ტრანსფორმატორი);
2. ფაზების რიცხვი (0 - ერთფაზა, T - სამფაზა);
3. დაბალი ძაბვის გრაგნილის გახლენის არსებობა - P;
4. გაცივების სახეობის პირობითი აღნიშვნები (იხ. დ 7-1);
5. გრაგნილების რიცხვი (აღნიშვნის გარეშე - ორგრაგნილიანი, T სამგრაგნილიანი);
6. ძაბვის რეგულაციის სისტემის არსებობა - H;
7. შესრულება (3 - დაცული, Γ - მეხგამძლე, Y - გაუმჯობესებული, Π - სხმული იზოლაციით);
8. გამოყენების სპეციფიური სფერო (C - ელექტროსადგურის საკუთარი მოხმარებისათვის; Ж - რკინიგზების ელექტროფიკაციისათვის);
9. ნომინალური სიმძლავრე, კვა;
10. დაბალი ძაბვის გრაგნილის კლასი, კვ.

თუ ციფრები გამოსახულია წილადის სახით, მრიცხველი აღნიშნავს ტრანსფორმატორის ნომინალურ სიმძლავრეს კილოვოლტამპერებში (კვა), ხოლო მნიშვნელოვანი - მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვას კილოვოლტებში (კვ) ან აღნიშნული გრაგნილის ძაბვების კლასიდან უდიდეს ძაბვას.

პირობითი აღნიშვნის მაგალითი:

ერთფაზა სამგრაგნილიანი ავტოტრანსფორმატორი Δ/Δ გაცივების სისტემით, ძაბვის რეგულაციით დატვირთვის ქვეშ, ნომინალური სიმძლავრით 250 მვა, მაღალი ძაბვის გრაგნილის ძაბვის კლასი - 500 კვ და ხაშუალო ძაბვის გრაგნილის ძაბვის - 220 კვ;

დ 7-3. 25-630 კვა სიმძლავრისა და 35 კვ-მდე (ჩათვლით) ძაბვის TM ტიპის სამფაზა ტრანსფორმატორები

ტრანსფორმატორის ნომინალური სიმძლავრე, კვა	მაღალი ძაბვის გრადინლის ნომინალური ძაბვის უკმა და დაბალი, კვ	დანაკარგები, ეტ			ნომინალური ძაბვის მოკლედ შერთვის ქაბეა, %	ნომინალური დენის უკმა სელის დენი, %
		უკმა სელის		მოკლედ შერთვის		
		A დონე	B დონე			
25	10	105	125	600-690	4.5-4.7	3.2
40	10	150	180	880-1000	4.5-4.7	3.0
63	10	220	265	1280-1470	4.5-4.7	2.8
	20	245	290	1280-1470	5.0-5.3	2.8
100	10	310	365	1970-2270	4.5-4.7	2.6
	35	390	465	1970-2270	6.5-6.8	2.6
160	10	460	540	2650-3100	4.5-4.7	2.4
	35	560	660	2650-3100	6.5-6.8	2.4
250	10	660	780	3700-4200	4.5-4.7	2.3
	35	820	960	3700-4200	6.5-6.8	2.3
400	10	920	1080	5500-5900	4.5	2.1
	35	1150	1350	5500	6.5	2.1
600	10	1420	1680	7600-8500	5.5	2.0
	35	1700	2000	7600	6.5	2.0

შ ე ნ ი შ ე ნ ე ბ ი 1. B დონე შესაბამეა ტრანსფორმატორებს, რომელშიც გამოყენებულია 3 - 330A მარკის 0,3 მმ სისქის ელექტროტექნიკური ფოლადი მხურვალედეგი საფარით. ტრანსფორმატორები მზადდება უკმა სელის დანაკარგების ნორმირებული მნიშვნელობით, რომელიც 35 % - ით მეტია B დონეზე;

2. 25 და 40 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორები მზადდება გადამრთავი მოწყობილობით აგზნების გარეშე (გაგ); 63 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორები 6 და 10 კვ ძაბვაზე მზადდება გაგ-ითა და დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობით (რდქ), ხოლო 20 კვ ძაბვაზე მხოლოდ გაგ-ით. დანარჩენი სიმძლავრეების ტრანსფორმატორები მზადდება გაგ-ითა და რდქ-ით (გაგ - $U_{\text{გ}} (\pm 2 \times 2.5\%)$ -ის საზღვრებში, რდქ $U_{\text{გ}} (\pm 6 \times 1.67\%)$ -ის საზღვრებში). $U_{\text{გ}}$ გრადინლის ნომინალური ძაბვაა.

დ 7-4 . 1000 – 80000 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორები
 დაბვიტ 35 კვ-მდე (ჩათვლით)

ნომინალური სიმძლავრე, კვა	ნომინალური ძაბვის ზედა ზღვარი, კვ		დანაკარგები, კვტ უკმნი სეულის, P _{უს}		მოკლეუდ შერთვის, P _{შვ}	ნომინალური ძაბვის მოკლეუდ შერთვის ძაბვა, P _{შვ} , %	ნომინალური დენების უკმნი სეულის დენი, I _{უს} , %
	მმ	დმ	A დონე	B დონე			
TM 1000 – 6300 კვა ტიპის ტრანსფორმატორები							
1000	10	0.69	2.1	2.45	12.5	5.5	1.4
	10	0.5	2.1	2.45	11.6	5.5	1.4
	35	0.69	2.35	2.75	12.2	6.5	1.5
	35	10.5	2.35	2.75	11.6	6.5	1.5
1600	10	0.69	2.8	3.3	18.0	5.5	1.3
	10	6.3	2.8	3.3	16.5	5.5	1.3
	35	0.69	3.1	3.65	18.0	6.5	1.4
	35	10.5	3.1	3.65	16.5	6.5	1.4
2500	10	0.69	3.9	4.6	25.0	5.5	1.0
	10	10.5	3.9	4.6	23.5	5.5	1.0
	35	0.69	4.35	5.1	25.0	6.5	1.1
	35	10.5	4.35	5.1	23.5	6.5	1.1
4000	10	6.3	5.45	6.4	33.5	6.5	0.9
	25	10.5	5.7	6.7	33.5	7.5	1.0
6300	10	10.5	7.65	9.0	46.5	6.5	0.8
	35	10.5	8.0	9.4	46.5	7.5	0.9
TMH 1000 – 6300 კვა ტიპის ტრანსფორმატორები							
1000	10	0.69	2.1	2.45	12.2	5.5	1.4
	35	0.69	2.35	2.75	12.2	6.5	1.5
	35	11.0	2.35	2.75	11.6	6.5	1.5
1600	10	0.69	2.8	3.3	18.0	5.5	1.3
	10	6.3	2.8	3.3	16.5	5.5	1.3
	35	0.69	3.1	3.65	18.0	6.5	1.4
	35	11	3.1	3.65	16.5	6.5	1.4
2500	10	0.69	3.9	4.6	25	5.5	1.0
	10	6.3	3.9	4.6	23.5	5.5	1.0
	35	0.69	4.35	5.1	25	6.5	1.1
	35	11	4.35	5.1	23.5	6.5	1.1
4000	10	6.3	5.45	6.4	33.5	6.5	0.9
	35	11	5.7	6.7	33.5	7.5	1.0
6300	10	6.3	7.65	9.0	46.5	5.5	0.8
	35	11	8.0	9.4	46.5	7.5	0.9

დ 7-4 (გაგრძელება)

ТД 10000 – 40000 კვა და ТДЦ – 80000 კვა ტიპის ტრანსფორმატორები							
10000	38.5	10.5	12.3	14.5	65	7.5	0.8
16000	38.5	10.5	17.8	21	90	8	0.75
40000	38.5	10.5	33	39	180	8.5	0.65
80000	38.5	10.5	35	65	330	9	0.6
ТДН 10000 – 25000 კვა ტიპის ტრანსფორმატორები							
10000	36.75	10.5	12.3	14.5	65	8	0.8
16000	36.75	10.5	17.8	21	90	8	0.75
25000	36.75	10.5	24.5	29	125	8	0.7
ტრანსფორმატორები გაზრდილი მოკლედ შერთვის ძაბვით							
1000(ТМ)	6.3	0.525	2.3	9.75	12.2	8	1.5
6300(ТМН)	10	3.15	8	9.4	46.5	8	0.9
10000(ТДНС)	36.75	6.3	12.3	14.5	85	8	0.8
16000(ТДНС)	36.75	6.3	17.8	21	105	10	0.75
25000(ТРДН)	36.75	10.5	24.5	29	145	მძ-დძ-9.5 დძ-დძ	0.7
32000	36.75	10.5	28	33	ემწ-ს თანახმად	არანაკლებ 15-ისა მძ-დძ-11.5 დძ-დძ არანაკლებ 20-ისა	0.7
40000	36.75	10.5	33	39	ემწ-ს თანახმად	მძ-დძ-18.5 დძ-დძ არანაკლებ 14-ისა	0.67
63000	36.75	10.5	48	55	280	მძ-დძ-11,5 დძ-დძ არანაკლებ 20-ისა	—

შ ე ნ ი შ ე წ ა : სარეგულაციო განსტოებების რიცხვი მაღალი ძაბვის გრაგნილში და აღნიშნული განსტოებების შესაბამისი რეგულაციის საზღვრებში შემდეგნაირად დგინდება:

ა) რდქ - ს მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორები

1000 – 6300 კვა - $U_{\text{გ}} (\pm 6 \times 1.5\%)$ 20 და 35 კვ ძაბვის შემთხვევაში;

$U_{\text{გ}} (\pm 8 \times 1.25\%)$ - 6 და 10 კვ ძაბვის შემთხვევაში;

10000 – 63000 კვა - $U_{\text{გ}} (\pm 8 \times 1.5\%)$;

ბ). გაგ-ის მოწყობილობის მქონე ტრანსფორმატორები - $U = U_{\text{გ}} (\pm 2 \times 2.5\%)$.

დ 7-5 . 2500 - 400 000 კვა სიმძლავრის სამფაზა ტრანსფორმატორები.
 ძაბვის კლასი 110 კვ
 ა/ორგრავნილიანი

ტრანსფორმატორის ტიპი	საწყობო კოდი	ძაბვის შესაწესება		დანაკარგები		მოკლედ შერთვის P, კმბ	წარმოების უწყისი კოდი	ნომინალური დენის უკმ სელის დენი, %
		მძ	კვ	P, კმბ				
				A	ბ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
დამატებითი რეკონსტრუქციის სახეობები - $U_{\text{გ}} \pm 9 \times 1.78\%$ - ის საზღვრებში (25000 კვა სიმძლავრის ტრანსფორმატორებისათვის საზღვრები: $U_{\text{გ}} + 10 \times 1.5\%$ და $- 8 \times 1.5\%$)								
ТМН	2.5	110	6.6; 11; 22	5	6.5	22	10.5	1.5
	6.3	115	6.6; 11; 22; 38.5	10	13	50	10.5	1.0
ТДН	10	115	6.6; 11	14	18	60	10.5	0.9
	16	115	22; 38.5	21	26	85	10.5	0.85
ТРДН	25	115	6.3/10.5**	29	36	120	10.5	0.8
	32*	115	6.3/10.5**	35	44	145	10.5	0.8
	40*	115	38.5	42	52	175	10.5	0.7
ТРДЦН	63	115	6.3/6.3**	59	73	260	10.5	0.65
	80	115	10.5/10.5**	70	89	315	10.5	0.6
ამბალტებული გაზის სისტემით $U_{\text{გ}} \pm 2 \times 2.5\%$ - ის საზღვრებში								
ТА	40	121	6.3; 10.5	42	42	175	10.5	0.7
ТА	60	121	6.3; 10.5; 13.8	70	89	315	10.5	0.6
ТАЦ	125	121	10.5; 13.8	100	120	520	10.5	0.55
ТАЦ	200	121	13.8; 15.75; 18; 20	140	170	700	10.5	0.5
ТАЦ (მარტულირებული განუტოლების გარეშე)	250	121	15.75; 20	160	200	790	10.5	0.5
400	121		20					

* - ТРДН ტიპის აღნიშნული სიმძლავრის ტრანსფორმატორები $\ell_{\text{გ}}$ -ს გაზრდილი მნიშვნელობებით ($\ell_{\text{გ}} = 16\%$) მზადდება.

** - დაბალი ძაბვის გახლეჩილი გრავნილის მქონე ტრანსფორმატორების გრავნილების სიმძლავრეები: მძ -100%; დი და დბ - 50 - 50%.

გ/სამგრაგნილიანი

დ 7-5 (გაგრესილება)

არაღივსადიანადი	მამგონის მუქამება,			დასაყარები P, კმტ		ნომინალური მაბეჭების მუშის მაბეჭა, %	ფიქსირებული ფიქსირებული ფიქსირებული ფიქსირებული
	მა	სმ	ლმ	უქმის სეკონის			
				A ლონი	B ლონი		
ტმმ	115	22,38.5	6.6;11	14	17	60	მ - სმ - 10.5 %
ტამ	115	22	6.6	19	23	80	მ - ღმ - 17 %
ტამ	115	38.5	11	26	32	105	სმ - ღმ - 6 %
ტამ	115	11	6.6	36	45	145	10, 40 და 80 გეა სომელაურის ტრანსფორმატო- რებისათვის 6-მ
ტამ	40	22,38.5 11	6.6;11 6.6	50	63	230	0.9
ტამ	63	22,38.5 38.5	6.6;11 6.6;11	70	87	310	უქმობა შეადგი- ნოს:
ტამ	80	38.5	6.6;11	82	102	390	მ - სმ - 17 % მ - ღმ - 10.5 % სმ - ღმ - 6 %

უქმობა სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორებს მდელი მამგონის გრაგნილის ნეიტრალში
გაანთა გადაერთაი მოქობილობა დატერითის ქმუ მამგონის რეგულაციისათვის საზღვრებში: U_6
± (9×1,78%), 20 და 35 კვ მამგონის საშუალო მამგონის გრაგნილებს უნდა ქონდეთ განმტობა
აგზნების ბარემ გადართვისათვის (გაგ) საზღვრებში: $U_6 \pm (2 \times 2.5 \%)$, თუ დენი არ აღემატება 700
ა-ს და $U_6 \pm 5\%$, თუ დენი 700 ა-ზე მეტია.

დ 7- 6. 150, 220, 330 და 500 კვ ძაბვის ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები დატვირთვის ქვეშ ძაბვის რეგულაციის მოწყობილობით

სერიის დასახელება	ტიპი	ძირითადი პარამეტრები	
		S მკვ	მპ-ის გრადნილის ძაბვის კლასი, კმ
ტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეითიანი, ორგრაგნილიანი, S = 2.5+10 მკვ, U _{გვ} = 150კვ, რღქ ±12%; ±8 საფეხური მაღალი ძაბვის გრაგნილში, (TMH-2 სერიის 500/150 ტიპის ტრანსფორმატორებისათვის საფეხურების რიცხვი – ტექნიკური პირობების მიხედვით).	TMH-2500/150	2.5	150
	TDH-10000/150	10	150
ტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეითიანი, სამგრაგნილიანი, S = 10-63 მკვ, U _{გვ} = 150კვ, რღქ ±12%; ±8 საფეხური მაღალი ძაბვის გრაგნილში, U _{სვ} = 38,5 კვ; გავ ±2*2.5 %;	TDH – 10000/150	10	150
	TDH – 16000/150	16	150
	TDH – 25000/150	25	150
	TDH – 40000/150	40	150
	TDH – 63000/150	63	150
ტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეითიანი, ორგრაგნილიანი, S = 32-160 მკვ, U _{გვ} = 220 კვ რღქ ±12%; ±8 საფეხური მაღალი ძაბვის გრაგნილში	TDH – 32000/220	32	220
	TDH – 63000/220	63	220
	TDH – 100000/220	100	220
	TDH – 160000/220	160	220
	TDH – 25000/220	25	220
ტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეითიანი, სამგრაგნილიანი, S = 10 – 63 მკვ, U _{გვ} = 220კვ, რღქ ±12% ; ±8 საფეხური მპ-ის გრაგნილში, გავ-ი საშუალო ძაბვის გრაგნილში – 38.5±2*2.5%	TDH – 10000/220	10	220
	TDH – 25000/220	25	220
	TDH – 40000/220	40	220
	TDH – 63000/220	63	220
ავტოტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეითიანი, U _{გვ} = 150 -220კვ, რღქ საშუალო ძაბვის გრაგნილში (ხაზში) ±12% ; ±6 საფეხური	ATDH – 100000/110*	100	150
	ATDH – 200000/220*/150*	200	220
	ATDH – 25000/220/110	25	220
	ATDH – 63000/220/110	63	220
	ATDH – 80000/220/110	80	220
	ATDH – 100000/220/110	100	220
	ATDH – 125000/220/110	125	220
	ATDH – 25000/220/110	25	220

დ 7-6 (გაგრძელება)

<p>ავტოტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეთიანი, $U_{გგ} = 150-220$ კვ, რდქ საშუალო ძაბვის გრაგნილში (ხაზში) $\pm 12\%$; ± 6 საფეხური</p>	<p>ATDCTH – 160000/220/110</p>	160	220
	<p>ATDCTH – 200000/220/110</p>	200	220
	<p>ATDCTH – 250000/220/110</p>	250	220
<p>ავტოტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეთიანი, $U_{გგ} = 330$ კვ, რდქ საშუალო ძაბვის გრაგნილში (ხაზში) $\pm 12\%$</p>	<p>ATDCTH – 63000/330/110</p>	63	330
	<p>ATDCTH – 125000/330/110</p>	125	330
	<p>ATDCTH – 200000/330/110</p>	200	330
<p>ავტოტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეთიანი, $U_{გგ} = 330$ კვ, $U_{სდ} = 158$ და 230 კვ (სპ-ის გრაგნილის მეორე ძაბვის მნი- შენელობა დროებითაა ავტოტ- რანსფორმატორის მაღალი ძაბვის გრაგნილის ნეიტრალში განცალკეებით ჩაშენებული სარეგულაციო რდქ-ს სისტემის ნაკვლად შესაბამისი გადამრთავი მოწყობილობის დამუშავებამდე)</p>	<p>ATDCT – 250000/330/150</p>	250	330
	<p>ATDCT – 400000/330/150</p>	400	330
	<p>ATDCT – 250000/330/220</p>	250	330
	<p>ATDCT – 400000/330/220</p>	400	330
<p>ტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეთიანი, ორგრაგნილიანი, $U_{გგ} = 330$ კვ, რდქ $\pm 12\%$ მაღალი ძაბვის გრაგნილის ნეიტრალში</p>	<p>TDCTH – 63000/330</p>	63	330
	<p>TDCTH – 125000/330</p>	125	330
	<p>TDCTH – 200000/330</p>	200	330
<p>ავტოტრანსფორმატორები სამფაზა, ზეთიანი, $U_{გგ} =$ 500 კვ, რდქ ნეიტრალში $\pm 12\%$</p>	<p>ATDCTH – 125000/500/110</p>	125	500
	<p>ATDCTH – 250000/500/110</p>	250	500
<p>ავტოტრან- სფორმატო- რები ერთფაზა, ზეთიანი, $U_{გგ} = 500$ კვ, რდქ ნეიტრალში $\pm 12\%$; რდქ საშუ- ალო ძაბვის გრა- გნილში (ხაზში) $\pm 12\%$ განშტოების გარეშე; ცალკე სარეგულაციო ტრანსფორმატორი ნეიტრალში</p>	<p>AOCTH – 167000/500/220</p>	167	500
	<p>AOCTH – 133000/500/220</p>	133	500
	<p>AOCTH – 210000/500/220</p>	210	500
	<p>AOCTH – 267000/500/220</p>	267	500
	<p>ODCT – 417000/500/220</p>	417	500

* რეგულაციის დიაპაზონი და საფეხურების რიცხვი – ტექნიკური პირობების მიხედვით.

**დ 8. ხაზური სარეგულაციო ავტოტრანსფორმატორების
მასსიათუბლები**

სერიის დასახელება	ტიპი	ძირითადი პარამეტრები	
		სიმძლავრე, კვა	მპ-ის გრადნილის ძაბვის კლასი, კვ
ავტოტრანსფორმატორები ხაზური, სარეგულაციო, სამფაზა,ზეთიანი, 400, 630 კვა, 6 - 35 კვ, რღქ ±10%; ±6 საფეხური	ATM-400-10	400	6 ღა1
	ATM - 630/35	630	20 ღა 35
ავტოტრანსფორმატორები ხაზური, სარეგულაციო, სამფაზა,ზეთიანი 1600 - 6300 კვა, 6 -10 კვ, რღქ ±10%; ±6 საფეხური	ATM-1600/10	1600	6 ღა10
	ATM - 4000/10	4000	6 ღა10
	ATM - 6300/10	6300	6 ღა10
ავტოტრანსფორმატორები ხაზური, სარეგულაციო, სამფაზა,ზეთიანი 16000 - 100000კვა, 6 -35კვ, რღქ ±15%; საფეხურების რიცხვი - ტექნიკური პირობების მიხეღვით	ATM-16000/10	16000	6 ღა10
	ATM - 25000/10	25000	6 ღა10
	ATM - 25000/15	25000	35
	ATM - 40000/10	40000	6 ღა10
	ATD - 63000/35	63000	35
ATD -100000/35	100000	35	
ტრანსფორმატორები (ავტოტრანსფორმატორები) ხაზური, სარეგულაციო, სამფაზა,ზეთიანი 63000 - 125000 კვა, 110 კვ, რღქ ±15%; საფეხურების რიც- ხვი - ტექნიკური პირო- ბების მიხეღვით	ATD - 63000/110	63000	ტექნიკური პირობე- ბის მიხეღვით
	ATD -125000/110	125000	

დ 9. სინქრონული კომპენსატორების ძირითადი მახასიათებლები

სინქრონული კომპენსატორის ტიპი	ნომინალური სიმძლავრე Q, მეგარ	ნომინალური ძაბვა, U _{ნომ.} , კმ
KC – 5000 - 6	5	6.3
KC – 7500 – 8	7.5	6.6
KC – 10000 – 6	10	6.6
KC – 15000 – 6	15	6.6
KC – 15000 – 11	15	10.5
KC – 30000 – 11	30	10.5
KCB – 37500 – 11	37.5	10.5
KCB – 50000 – 11	50	11
KCB – 75000 – 11	75	11
KCB – 100000 -11	100	11

შენიშვნა : KC ტიპის კომპენსატორებს საძაერო გაცეების სისტემა გააჩნია, KCB ტიპისას – ზედაპირული, წყალბადური.

დ 10. კონდენსატორული დანადგარების ძირითადი მახასიათებლები

დასახელება და ტიპი	U ნომ. კმ	შესრულება	Q, კვარ	სარეგულაციო ხაუნდების რიცხვი	სარეგულაციო საფეხურების სიმძლავრე, კვარ	გამოყენებული კონდენსატორების ტიპი
დაბალი ძაბვის კონდენსატორული დანადგარების ტიპები:						
KKY - 0.38 - I	0.38	შიდა	80	-	80	KM - I - 0.38
KKY - 0.38 - III	0.38	სა	160	1	160	KM - I - 0.38
KKY - 0.38 - V	0.38	სა	280	1	280	KM - I - 0.38
მაღალი ძაბვის კონდენსატორული დანადგარების ტიპები:						
KY - 6 - I	6.0	სა	330	1	330	KM - II - 6.3
KY - 10 - II	10.0	სა	330	1	330	KM - II - 10.5
KY - 6 - II	6.0	სა	500	1	500	KM - II - 6.3
KY - 10 - II	10.0	სა	500	1	500	KM - II - 10.5
KYH - 6	6.0	გარე	420	1	420	KMH - II - 6.3
KYH - 10	10.0	სა	400	1	400	KMH - II - 10.5
კომპლექტური კონდენსატორული დანადგარების ტიპები სიმძლავრის ავტომატური რეგულაციით:						
KKY-0.38 - 1 - 1H	0.38	შიდა	80	1	80	KM - I - 0.38
KKY- 0.38 - 3- 2H	0.38	სა	165	2	80	KM - I - 0.38
KKY- 0.38 - 5 - 3H	0.38	სა	245	3	80	KM - I - 0.38
KKY- 0.38 - 7- 4H	0.38	სა	320	4	80	KM - 0.38
KKY- 0.38 - 9 - 5H	0.38	სა	400	5	80	KM - I - 0.38
KKY- 0.38 -10 - 6H	0.38	სა	480	6	80	KM - I - 0.38

დ 11. 1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის ელექტრული აპარატები

დ 11-1. შიდა დანადგარების ამომრთველები

ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კე	უღიფესი გუნა ძაბვა, კე	ნომინალური დენი, ა	ამორთვის ნომინალური დენი, კე
1	2	3	4	5
მ ი ც რ ე ს ე თ ი ა ნ ი				
BMM – 10A – 400 – 10Y2	10	12	400	10
BMM – 10 – 630 – 10Y2	10	12	630	10
BMM – 10 – 320 – 10T3	11	12	320	10
ВПМ – 10 – 20/ 630Y3	10	12	630	20
ВПМ – 10 – 20/630Y2	10	12	630	20
ВПМ – 10 – 20/1000Y3	10	12	1000	20
ВПМП – 10 – 20/1000Y3	10	12	1000	20
ВМПЭ – 10 – 630 – 20Y3	11	---	630	20
ВМПЭ – 10 – 1000 – 20Y3	10	---	1000	20
ВМПЭ – 10 – 1600 – 20Y3	10	---	1600	20
ВМПЭ – 10 – 1250 – 20T3	11	---	1250	20
ВМПЭ – 10 – 1000 – 31.5Y3	10	12	1000	31.5
ВМПЭ – 11 – 2500 – 31.5T3	11	---	2500	31.5
ВК – 10 – 630 – 20Y2	10	12	630	20
ВК – 10 – 1000 – 20Y2	10	12	1000	20
ВК – 10 – 1600 – 20Y2	10	12	1600	20
ВК Э – 10 – 20/630Y3	10	---	630	20
ВК Э – 10 – 20/1000Y3	11	---	1000	20
ВК Э – 10 – 20/1600Y3	10	---	1600	20
ВК Э – 10 – 31.5/630Y3	10	---	630	20
ВК Э – 10 – 31.5/1000Y3	10	---	1000	20
МГГ – 10 – 3150 – 45Y3	10	12	3150/---	45/45
МГГ – 10 – 4000 – 45Y3	10	12	4000/---	45/45
МГГ – 10 – 5000 – 63KY3	10	12	---/5000	63/58
МГГ – 10 – 5000 – 63Y3	10	12	5600/5000	63-58
МГГ – 10 – 2000 – 45T3	11	12	---/2000	45/45
МГГ – 10 – 4000 – 45T3	11	12	---/4000	45/45
МГГ – 11 – 3500/1000T3	11.5	12	4000/3500	64/58
МГУ – 20 – 90/ 6300Y3	20	24	6300	90
МГУ – 20 – 90/9500Y3	20	24	9500	90
ВГМ – 20 – 9011200Y3	20	24	11200	90
ს ა კ ა ე რ ი				
ВВОА – 15-140/12500Y3	15	17.5	12500	140
ВВГ – 20-160/20000Y3	20	24	12500	160
ВВГ-20-160/11200C3	20	24	11200	160
ВВЭ-35-20/1600Y3	35	---	1600	20
ВЭМ-10Э-1000/20Y3	10	12	1000	20
ВЭ-6-40/1600Y3(T3)	6(6.6)	7.2	1600	40
ВЭС-6-40/1600 Y3(T3)	6(6.6)	7.2	1600	40
ВЭС-6-40/2000 Y3(T3)	6(6.6)	7.2	2000	40
ВЭЭ-6-40/1600 Y3(T3)	6(6.6)	---	1600	40
ВЭЭС-6-40/1600 Y3(T3)	6(6.6)	---	1600	40
ВЭЭ-6-40/3150T3	6.6	---	3150	40

დ 11-1 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5
B33C-6-40/3150 Y3	6	---	3150	40
B3-10-1250-20 Y3(T3)	10	12	1250	20
B3-10-3600-20 Y3(T3)	10	12	3600	20
B3-10-2500-31.5Y3(T3)	10	12	2500	31.5
B3-10-3600-31.5 Y3(T3)	10	12	3600	31.5
B3-10-40/1600Y3	10	---	1600	40
B3-10-40/3150Y3	10	---	3150	40
მ ა კ უ უ მ უ რ ი				
BBT3-10-10/630Y2	10	12	630	10
BBT11-10-10/630Y2	10	12	630	10
BBT3-20/630YX112	10	12	630	20
BB3-10-20/630Y3	10	12	630	20
BB3-10-20/1600Y3	10	12	1600	20
BB3-10-31.5/2000Y3	10	12	2000	31.5
BB3-10-31.5/3150Y3	10	12	3150	31.5
BB3-10-20/630T3	11	12	630	20
BB3-10-20/1250T3	11	12	1250	20
BB3-10-20/630T3	11	12	630	20
BB3-10-31.5/1250T3	11	12	1250	31.5
BB3-10-31.5/1600T3	11	12	1600	31.5
BB3-10-31.5/2500T3	11	12	2500	31.5

შ ე ნ ი შ ე ვ ე ბ ი 1. ამომრთველის ტიპის აღნიშვნებში: B - ამომრთველი, B (მეორე) - სასაერო ან ვაკუუმური; M - ზეთიანი ან მცირეზეთიანი; M (მეორე) მცირეზეთიანი (MBB); Γ - გენერატორული ან პოლუსების ქონისებური შესრულებით (MΓΓ); Π - პოლუსების დაკიდული შესრულებით (ზამბარული ამბრავით) (BΠMΠ, BMΠΠ) ან შესრულების ვარიანტი (BBTΠ); 3 - ელექტრომაგნიტური ან შესრულების ვარიანტი (BBT3); 3 (მეორე) - ელექტრომაგნიტური ამბრავით; C - სეისმომედები, K - სექტური (BK, BK3) ან დახურული მანაწილებელი მოწყობილობისათვის (დმშ); T - სამოლუსა (BBT3, BBTΠ); პირველი რიცხვი - ნომინალური ძაბვა, კვ, მეორე და მესამე რიცხვები - შესაბამისად ნომინალური დენი, ა და ამორთვის ნომინალური დენი, კა (სასაერო ამომრთველებისათვის - პირიქით); ასოები აღნიშნული რიცხვების შემდეგ: Y - ზომიერი კლიმატისათვის; T - ტროპიკული კლიმატის რეგიონებისათვის; X11 - ცივი კლიმატის რეგიონებისათვის. ბოლო ციფრი: 1 - ღია სიერცეში მუშაობისათვის; 2 - პაერის თავისუფალი შეღწევის უნარის მქონე შენობებში მუშაობისათვის; 3 - ბუნებრივი ვენტილაციის მქონე დახურულ შენობებში მუშაობისათვის.

2. MΓΓ - 10 სერიის ამომრთველებისათვის წილადის სახით მოცემულია ნომინალური დენები პაერის ეფექტური ტემპერატურების (35 და 45°C), ხოლო MΓΓ-11 - 3500/1000 T3 სერიისათვის - შესაბამისად 45 და 60°C -ის პირობებში, ამორთვის ნომინალური დენი განმეორებითი ჩართვის ავტომატის (გჩა) გარეშე მუშაობის პირობებში, ჩართვის ნომინალური დენი მუისიური დენური მოკვების მოქმედების დროს, რომლის დროის დაყოვნება 0,03 წმ-ს არ აღემატება.

3. BΓM - 20 და MΓY - 20 სერიის ამომრთველებისათვის მრიცხველში ნაჩვენებია ჩართვის ნომინალური დენი ავტომატური ამორთვით დროის დაყოვნების გარეშე; მნიშვნელში - ამომრთველის ჩართულ მდგომარეობაში შეკაეების შემთხვევაში.

4. B3, B3C, B33, B33C სერიის ამომრთველებისათვის ფრჩხილებში მოცემულია პარამეტრები ტროპიკული რეგიონებისათვის შესრულების პირობებში.

დ 11-2. გარე დანადგარების ამომრთველები

ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კვ	უღიდესი მუშა ძაბვა, კვ	ნომინალური დენი, ა	ამორტივის ნომი- ნალური დენი, კა
1	2	3	4	5
ს ა კ ა ე რ ი				
BSY-35A-40/2000Y1	35	40.5	2000	40
BBY-35A-40/2000X11	35	40.5	2000	40
BBY-35B-40/3150Y1	35	40.5	3150	40
BBY-110B-40/2000Y1	110	126	2000	40
BBBM-110B-31.5/2000Y1	110	126	2000	31.5
BBBM-110B-31.5/2000X11	110	126	2000	31.5
BBB-220B-31.5/2000Y1	220	252	2000	31.5
BBB-220B-40/2000X11	220	252	2000	40
BBB-220B-40/3150Y1	330	363	3150	40
BBB-500A-35.5/2000Y1	500	525	2000	40
BBB-500A-35.5/2000X11	500	525	2000	35.5
BBDM-330B-50/3150Y1	330	363	3150	50
BB-330B-31.5/2000Y1	330	363	2000	31.5
BBM-500B-31.5/2000 X11	500	525	2000	31.5
BBBK-110B-50/3150Y1	110	126	3150	50
BBBK-500-50/3200Y1	500	525	3200	50
BHB-220A-63/3150Y1	220	252	3150	63
BHB-220B-63/3150Y1	220	252	3150	63
BHB-220A-63/3150 X11	220	252	3150	63
BHB-220B-63/3150 X11	220	252	3150	63
BHB-330A-40/3150Y1	330	363	3150	40
BHB-330B-63/4000Y1	330	363	4000	63
BHB-500A-40/3150Y1(X11)	500	525	3150	40
BHB-500B-40/3150Y1(X11)	500	525	3150	40
BHB-750A-40/3150Y1	750	787	3150	40
BHB-750B-40/3150Y1	750	787	3150	40
BHB-750A-63/3150Y1	750	787	3150	63
BHB-750B-63/3150Y1	750	787	3150	63
BHB-750A-63/4000Y1	750	787	4000	63
BHB-750B-63/4000Y1	750	787	4000	63
BHB-1150-40/4000Y1	1150	---	4000	40
ზ ე თ ი ა ნ ი . ა ვ ზ ი ა ნ ი				
MKP-35-1000-25AY1	35	40.5	1000	25
MKP-35-1000-25BY1	35	40.5	1000	25
MKP-110B-630-20Y1	110	126	630	20
MKP-110-1000-20X11	110	126	1000	20
MKP-110B-1000-20Y1	110	126	1000	20
C-35M-630-10Y1	35	40.5	630	10
C-35M-630-10BT1	35	40.5	630	10
C-35M-630-10BX11	35	40.5	630	10
3-35-2000-50BY1	35	40.5	2000	50
Y-110A-2000-40Y1	110	126	2000	40
Y-110B-2000-40Y1	110	126	2000	40

დ 11-2(გაგრძელება)

1	2	3	4	5
BT-35-800-12.5Y1	35	40.5	800	12.5
BT-35-630-12.5T1	35	40.5	630	12.5
BTД-35-800-12.5Y1	35	40.5	800	12.5
Y-220Б-100-25Y1	220	252	1000	25
Y-220A-2000-25Y1	220	252	2000	25
Y-220Б-2000-25Y1	220	252	2000	25
Y-220-2000-25XЛ1	220	252	2000	25
Y-220A-2000-40Y1	220	252	2000	40
Y-220Б-2000-40Y1	220	252	2000	40
მ ც ი რ ე ზ ე თ ი ა ნ ი				
BMKЭ-35A-16/1000Y1	35	40.5	1000	16
BMKЭ-35Б-16/1000Y1	35	40.5	1000	16
BMYЭ-35БXЛ1	35	40.5	1250	25
BMYЭ-35Б-25/1000T1	35	40.5	1000	25
BMT-110Б-20/1000YXЛ1	110	126	1000	20
BMT-110Б-25/1250YXЛ1	110	126	1250	25
BMT-220Б-20/1000 YXЛ1	220	252	1000	20
BMT220Б-25/1250 YXЛ1	220	252	1250	25
ე ლ ე ა ი რ უ ლ ი				
ЯЭ-110Л-23(13)Y4	110	126	1250	40
ЯЭ-220Л-11(21)Y4	220	252	1250	40
ВЭК-110-40/2000Y1	111	126	2000	40
ВЭК-220-40/2000Y1	220	252	2000	40
ВГУ-330Б-40/3150Y1	330	363	3150	40
ВГУ-500Б-40/3150Y1XЛ1	500	525	3150	40
ВГУ-750Б-40/3150Y1	750	787	3150	40
ა მ ო მ რ თ ე ე ლ ი - გ ა ნ მ ხ ო ლ ო ე ბ ლ ე ბ ი				
BO-750Y1	750	787	500	40
BO-1150Y1	1150	--	600	40

შ ე ნ ი შ ე ნ ა : 1. ამომრთველის ტიპის აღნიშვნებში: **Б** - ამომრთველი; **Б** (მეორე ან მესამე ასო) - საპაერო; **Б** - ავზიანი; **Y** - გაოლიერებული; **Н** - გარე დანადგარის; **М** - მცირეგაბარიტისანი (**БMYЭ**), ზეთიანი (**МКП**), მოდერნიზებული (**БВДМ**) ან მცირეზეთიანი (**BMKЭ, BMT**); **K** - კამერული (**МКП**), სეუტური (**BMK**) ან მეტალური ქრობადი კამერა - ავზით (**БББК**); **C** - სერიის აღნიშვნა; **П** - საქეესადგურე; **T** - სამაოლუსა; **Д** - დისტანციური (**BTД**) ან გაზრდილი წნევით (**БВД**). პირველი რიცხვი - ნომინალური ძაბვა, კე; მეორე და მესამე რიცხვები - შესაბამისად ნომინალური დენი, ა, და ამორთვის ნომინალური დენი, კა (ზოგიერთი ამომრთველისათვის - პირიქით); ასოები აღნიშნული რიცხვების შემდეგ: **Y** - ზომიერი კლიმატის რეგიონებში მუშაობისათვის; **XЛ** - ცივი კლიმატის რეგიონებში მუშაობისათვის; **T** - ტროპიკული კლიმატის რეგიონებში მუშაობისათვის; ბოლო ციფრი - ღია სიერცეში მუშაობისათვის

2. ელეარული უჯრედის აღნიშვნები: **Я** - უჯრედი; **Э** - ელეარული; პირველი რიცხვი - ნომინალური ძაბვა, კე; **Л** - ხაზური (უშვებენ აგრეთვე სალტეშემამართებელ (**Ш**), სასეკციო (**C**), ძაბვის ტრანსფორმატორების (**ТН**) უჯრედების). ციფრები მეორე ტირეს შემდეგ: პირველი - შემკრები სალტეების სისტემების რიცხვი; მეორე - ერთაოლუსა ან სამაოლუსა შემკრები სალტეების.

დ 11- 3. დატვირთვის ამომრთველები

ტიპი	ძაბვა, კვ		ნომინალური დენი, ა	ამორთვის ნომინალური დენი, კა	ამორთვის უდიდესი დენი, კა
	ნომინალური	უდიდესი მუშა			
BHP-10/400-10 ₃ Y3	10	12	400	400	800
BHΠ _н -10/400-10 ₃ Y ₃ 3	10	12	400	400	800
BHΠ _н -10/400-10 ₃ Y3	10	12	400	400	800
BHΠ _н 10/400-10 _{3н} Y3	10	12	400	400	800
BHΠ _н -10/400-10 ₃ Y3	10	12	400	400	800
BHΠ _н -10/400-10 ₃ Y3	10	12	400	400	800
BHΠ _н -10/400-10 _{3н} Y3	10	12	400	400	800
KAT-24-30/30000 Y3	10	--	30000	30000	---

შ ე ნ ი შ ვ ე ნ ე ბ ი 1. ამომრთველის ტიპის აღნიშვნებში: B - ამომრთველი; H - დატვირთვის; P - ხელის ამძრავით; Π - ზამბარული ამძრავით ; П კონსტრუქციული შესრულება (ჩაშენებული მცველით); γ გაძლიერებული კონტაქტური სისტემით; K - კომპლექტური მოწყობილობა; AT - კონსტრუქციული შესრულება. BH-10 სერიის დატვირთვის ამომრთველებისათვის მრიცხველში - ნომინალური ძაბვა, კვ; მნიშვნელში - ნომინალური დენი, ა; მესამე რიცხვი - მოკლედ შერთვის (მშ) გამჭოლი დენის პერიოდული შემდგენის ნომინალური მნიშვნელობა, კა; 3 - ჩამამიწებელი დანებით ; П - ჩამამიწებელი დანები, რომელიც მცველის შემდეგაა განლაგებული ; 3 - მოწყობილობის არსებობა ამორთვაზე სიგნალის მისაცემად მცველის გადაწვის შემთხვევაში. KAT სერიისათვის პირველი რიცხვი - ნომინალური ძაბვა, კვ; მეორე რიცხვი - ამორთვის დენი, კა; მნიშვნელში - ნომინალური დენი, ა. ასო Y - ზომიერი კლიმატის რეგიონებისათვის, ასო 3 ბუნებრივი ვენტილაციის მქონე დახურული შენობებისათვის.

2. BH - 10 სერიის დატვირთვის ამომრთველებისათვის ნომინალური და დატვირთვის უდიდესი დენები მოცემულია $\cos\phi \geq 0.7$ სათვის, ხოლო ამორთვის მათანაბრებელი დენები, ეი დენები პარალელურად ჩართულ წრედებს შორის - $\cos\phi \leq 0,3$ -ის მნიშვნელობისათვის.

3. BH-10 სერიის დატვირთვის ამომრთველებისათვის გამოიყენება შემდეგი ტიპის მცველები ПКТ - 101 - 6 ; ПКТ-102 - 6 ; ПКТ-103 - 6 ; ПКТ - 101 -10 ; ПКТ-102 - 10 ; ПКТ-103 - 10.

4. KAT - 24 - 30/30000 Y3 სერიის წილადის სახით მოცემულია პარამეტრები მთავარი წრედისათვის (მრიცხველში) და ჩამამიწებლისათვის (მნიშვნელში).

დ 11-4. გამთიანების

ბანი	შენიშვნა	სტანდარტი	სტანდარტი	სტანდარტი	სტანდარტი	მთავარი დახეობის შედეგობა მშპ-ის გამოყოფის დროს	
						სტანდარტი	სტანდარტი
PB-6/400-Y3		6	7.2	400	41		16/4
PB-6/400T2		6	7.2	400	41		16/4
PBΦ-6/400IIY3		6	7.2	400	41		16/4
PBΦ-6/400IIY3		6	7.2	400	41		16/4
PBΦ-6/400IY3		6	7.2	400	41		16/4
PBΦ-6/400IIY2_XII2		6	7.2	400	41		16/4
PBΦ-6/400IIY2		6	7.2	400	41		16/4
PBΦ3-6/1000I-IIY3		6	7.2	1000	81		31.5/4
PB-10/400Y3		10	12	400	41		16/4
PB3-10/400V2(XII2)		10	12	400	41		16/4
PBΦ-10/400IIY2(MXII2)		10	12	400	41		16/4
PBΦ3-10/630I-IIY2(MXII2)		10	12	630	52		20/4
PBP-III-10/2000Y3		10	12	2000	85		31.5/4
PBP3-III-1-10/2000Y3		10	12	2000	85		31.5/4
PBK-10/2000Y1		10	12	2000	85		31.5/4
PBP-1-20/6300Y3		20	24	6300	260		100/4
PBI3-2-20/12500Y3		20	24	12500	490		180/4
PBP3-2-24/8000T3		20	24	8000	300		112/4
PB3-1-33/400T3		33	40.5	400	21		8/4
PB3-2-33/800T3		33	40.5	800	38		16/4
PB-35/630Y3		35	40.5	630	51		20/4
PB3-2-35/1000Y3		35	40.5	1000	80		31.5/4
PBK-35/2000Y3		35	40.5	2000	115		45/4

რლნა-1-10/200უ1	10	---	200	---	17/4
რლნუ-1-10/400უ1	10	---	400	---	17/4
რონ-10კ/5000უ2	10	12	5000	180	71/4
ბ). კონსტრუქციის საპროექტო ნორმები					
რლნდ-10/400უ1	10	---	400	25	10/4
რლნდ.1-10/400უ1	10	---	400	25	10/4
რლნდ.1-10უ/400უ1	10	---	400	25	10/4
რლნდ.1-10/400უ1ი	10	---	400	25	10/4
რლნდს-10/400უ1	10	---	400	---	10/4
რლნდს.1-10/400უ1	10	---	400	---	10/4
რლნდ.1-11/63ტ1	11	---	630	35.5	12.5/4
რლნდ.1-33უ/630ტ1	33	---	630	63	25/4
რლნდ3.1-35/1000უ1	35	---	1000	63	25/4
რლნდ3.2-33უ/630ტ1	33	---	630	63	25/4
რლნდ3.1-35/1000უ1	35	---	1000	63	25/4
რლნდ3.2-35უ/1000უ1	35	---	1000	63	25/4
რლნდ-35ბ/1000უ1	35	---	1000	63	25/4
რლნდ3.1-35ს/1000უ1	35	---	1000	63	25/4
რლნდ3.1-35/2000უ1ი	35	---	2000	80	25/4
რლნდ3.1-35/3200უ1	35	---	3200	125	50/4
რდ3.1-35/2000უკლ1	35	---	2000	80	31.5/4
რლნდ-66/630ტ1	66	72.5	630	80	31.5/4
რლნდ3.1-66უ/1250ტ1	66	72.5	1250	80	40/4
რლნდ3.2-110/630ტ1	110	---	630	80	31.5/4
რლნდ3.1-110/1000უ1ი	110	---	1000	80	31.5/4
რლნდ-110ბ/1000უ1	110	---	1000	80	31.5/4
რლნდ3.1-110ბ/1000უ1	110	---	1000	80	31.5/4
რლნდ3.2-110უ/1000უ1	110	---	1000	80	31.5/4
რლნდ-132/630ტ1	132	---	630	100	40/3
რლნდ3.1-132/630ტ1	132	---	630	100	40/3
რლნდ3.1-150/1000უ1	150	---	2000	100	40/3
რლნდ-150/3200უ1	150	---	3200	112	45/3

დ 11-4 (გაგრძელება)

PHD3.1-132/630T1	132	---	630	100	40/3
PHD3.1-150/1000Y1	150	---	2000	100	40/3
PHD-150/3200Y1	150	---	3200	112	45/3
PHD3.2-150/3200Y1	150	---	3200	112	45/3
PHD3.2-220/1000Y1	220	---	1000	100	40/3
PD3.1-220/1000YX11	220	---	1000	100	40/3
PHD-220/1250T1	220	---	1250	100	40/3
PHD3.1-220/1250T1	220	---	1250	100	40/3
PHD3.1-220Y/1250T1	220	---	1250	100	40/3
PHD-220/2000X11	220	---	2000	100	40/3
PHD3.1-220/2000X11	220	---	2000	100	40/3
PHB-500/2000T1	500	525	2000	45	16/2
PHB3.1-500/2000T1	500	525	2000	45	16/2
PHD-330Y/3200Y1	330	363	3200	160	63/2
PHD3.1-330Y/3200Y1	330	363	3200	160	63/2
PHD-500/3200Y1	500	525	3200	160	63/2
PHD3.1-500/3200Y1	500	525	3200	160	63/2
PHD-500/3200X11	500	525	3200	160	63/2
PHD3.1-500/3200X11	500	525	3200	160	63/2
PHB-750II/4000Y1	750	---	4000	160	63/2
PHB3.1-750II4000Y1	750	---	4000	160	63/2
PT3.1-1150/4000Y1	1150	---	4000	---	40/-
დ ა კ ი დ ე უ ლ ი					
PI-330.1/3200YX11	330	---	3200	160	63/2
PI-330 B.1/3200 YX11	330	---	3200	160	63/2
PID-500.1/3200Y1	500	525	3200	160	63/2
PID-500B.1/3200 YX11	500	525	3200	160	63/2
PID-750.1/3200Y1	750	787	3200	160	63/2
PID-750.2/3200Y2	750	787	3200	160	63/2

შ ე ნ ი შ ე ნ ე ბ ე ი I გამოშის ტიპის აღნიშვნებში: P - გამოშის, ან ჩამრასტი (თუ ასო P არა ღვას დასაწყისში); B - შიდა დანადგარის ან კვრტიკალურ - საბრუნე (PHB სერიის); H - გარე დანადგარის; L ხაზური; O - ერთობლესა; A - ორსეკუნდიანი ან ორსეკუნდიანი

საინჟინერო ტერმინები (PND სერვისი; K - კონსტრუქციული პროექტის; Ф - ფიზიკური შექმნის; 3 - ჩამოწმებული დაგეგმვა; Y - გასაღებიანი ან სიმბოლო კლასიკის რეკონსტრუქციის (თუ Y ასო ბოლო ციფრის წინ დგას); П - მთავარი დანების წინსვლითი მოხრახობით (PBN სერვისი ან დაკომპლექსირებული (PPI და PPI სერვისები); T - ტექნიკური (სერვისი PTC) ან ტროპიკული კლასიკის რეკონსტრუქციის; XJ - ციფრული კლასიკის რეკონსტრუქციის; 1 და 2, რომელიც წარმოადგენს ან პირველი ტორუს წინ დგას, ჩამოწმებული დანების რიცხვს ადრინდელ; რიცხვი წილადის მრავალჯერ (PI და PII სერვისი გამომწვევის პირველი ტორუს შექმნა) და წილადის მნიშვნელობა - შესაბამისად ნომინალური ძაბვა, კმ და ნომინალური დენი, ა: ციფრი 1 და 2 წილადის ხაზის წინ PI და PII სერვისი გამომწვევის ნომინალური ძაბვის პირდაპირი ბაგორული სისტემისათვის; ციფრი 1 და 3 ბოლოში - შესაბამისად მართვის პირდაპირი ბაგორული სისტემისათვის; ციფრი 1 და 3 ბოლოში - განლაგების კატეგორია (1 - ღია სივრცეში, 3 - ბუნებრივი ვენტულაციის მქონე დახურულ შენობებში); ციფრი II, III, IV PBF და PBF3 სერვისი გამომწვევისათვის უწყვეტს, რომ გამავალი ინჟინერები შესაბამისად სახსრული და გახსნილი კონტაქტების მხრიდან და ორივე მხრიდანაა დადგმული.

დ 11- 5 . განმხოლოებლები, ჩამამიწებლები, მოკლედ-
შემრთველები

ა). განმხოლოებლები

ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კმ	უკიდესი ნომინალური ძაბვა, კმ	ნომინალური დენი, ა	მშ-ს ზღვრული დენის ამპლიტუდა, კა	
				შთაქარი დანების	ჩამამიწებელი დანების
OD-35/630Y1	35	---	630	80	---
OD3-35/630Y1	35	---	630	80	80
OD-110B1000Y1	110	---	1000	80	---
OD-110/1000YX11	110	---	1000	80	---
OD3. 1-110/1000YX11	110	---	1000	80	---
OD-110/800T1	110	---	800	80	---
OD-150/1000Y1	150	---	1000	80	---
OD-220/1000Y1	220	---	1000	80	---
ჩ ა მ ა მ ი წ ე ბ ლ ე ბ ი					
3P-12Y3	10	12	---	235	---
3P12T3	12	12	---	235	---
3P24Y3	24	26.5	---	235	---
3P-24T3	24	26.5	---	235	---
3P-35Y3	35	40.5	---	235	---
3P36T3	36	40.5	---	235	---
3OH-110M-IY1	110	126	400	16	---
3OH-110Y-IY1	110	126	400	16	---
3OH-110Y-IIY1	110	126	400	16	---
3OH-110T-I	110	126	400	16	---
3OH-11T-II	110	126	400	16	---
3P-330-1YX11	330	363	160	---	---
3P-330-2YX11	330	363	160	---	---
3P-5001 YX11	500	525	160	---	---
3P-5002 YX11	500	525	160	---	---
3P-750-1YX11	750	787	160	---	---
3P-750-2YX11	750	787	160	---	---
მ ო კ ლ ე დ შ ე მ რ თ ე ე ლ ე ბ ი					
K3-35T1	35	40,5	---	42	---
KPH-35Y1	35	40,5	---	42	---
K3-110YXL1	110	126	---	51	---
K3-110B-T1	110	126	---	34	---
K3-110B-Y1	110	126	---	32	---
K3-150Y1	150	172	---	51	---
K3-220Y1	220	252	---	51	---

შ ე ნ ი შ ე ნ ე ბ ი : I. ტიპის აღნიშვნებში: O - განმხოლოებელი; M - ორსვეტიანი; 3 - ჩამამიწებელი დანებით; ციფრი 1 და 2 ტირებს შემდეგ ჩამამიწებელი დანების რიცხვი; წილადში: მრიცხველში - ნომინალური ძაბვა, კვ; მ - იზოლაციის კატეგორია; მნიშვნელში - ნომინალური დენი, ა; Y - ზომიერი კლიმატის რეგიონებისათვის; X1 - ცივი კლიმატის რეგიონებისათვის; T - ტროპიკული კლიმატის რეგიონებისათვის; ციფრი 1 (ბოლოში) -

ღია სიერცეში მუშაობისათვის. ჩამამიწებლისა და მოკლედშემრთველის ტიპის აღნიშვნები : 3 - ჩამამიწებელი; K3 ან K - მოკლედშემრთველი; O - ერთპოლუსა; P - ჩამრაზის ტიპის; H - გარე დანადგარის; M - მოდერნიზებული, Y ან B - იზოლაციის პირობითი შესრულება; რიცხვი ტირეს შემდეგ ნომინალური ძაბვა, კვ; I, II, 1 და 2 - შესრულების ვარიანტები; V, XII და T - შესაბამისად ზომიერი, ცივი და ტროპიკული რეგიონებისათვის. 1 და 3 (ბოლოში) - განლაგების კატეგორია (1 - ღია სიერცეში მუშაობისათვის; 3 - ბუნებრივი ვენტილაციის მქონე დახურულ შენობებში მუშაობისათვის).

2. 3P სერიის 10 -35 კვ ნომინალური ძაბვის ჩამამიწებლები ენერჯის წყაროდან ამორთული დენგამტარების ჩასამიწებლადაა განკუთვნილი; 330 - 750 კვ ნომინალური ძაბვის ჩამამიწებლები - დაკიდული გამთიშების ჩასამიწებლად; 30H სერიის ჩამამიწებლები - ძალური ტრანსფორმატორების ნეიტრალის ჩასამიწებლად.

დ 11-6 . დნობადი მცველები

ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კვ	უღიანესი მუშა ძაბვა, კვ	მცველის ნომინალური დენი, ა	აპირიფის ნომინალური დენი, კა
1	2	3	4	5
PKT-101-3-2-40Y3	3	3.6	2	40
PKT-101-6-8-40Y3	6	7.2	8	40
PKT-101-10-3.2-31.5Y3	10	12	3.2	31.5
PKT-101-35-3.2-8Y3	35	40.5	3.2	8
PKT-102-3-50-40Y3	3	3.6	50	40
PKT-102-6-31.5-31.5Y3	6	7.2	31.5	31.5
PKT-101-6.5-20Y3	6	7.2	5	20
PKT-101-10-2-12.5Y3	10	12	2	12.5
PKT-101-10-16-12.5Y3	10	12	16	12.5
PKT-101-6-3.2-40Y1	6	7.2	3.2	40
PKT-101-6-31.5-20Y1	6	7.2	31.5	20
PKT-101-10-31.5-12.5Y1	10	12	31.5	12.5
PKT-101-24-3.2-12.5T3	20	24	2	12.5
PKT-101-36-10-3.2T3	35	36	10	3.2
PKT-102-3.6-40-40T3	3	3.6	40	40
PKT-102-3.6-50-40T3	3	3.6	50	40
PKT-102-3.6-100-40T3	3	3.6	100	40
PKT-102-7.2-31.5-31.5T3	6	7.2	31.5	31.5
PKT-102-12-31.5-20T3	10	12	31.5	20
PKT-105-7.2-80-31.5T3	6	7.2	80	31.5
PKT-105-12-80-20T3	10	12	80	20
PKT-105-24-31.5-12.5T3	20	24	31.5	12.5
PKT-105-36-31.5-8T3	35	36	31.5	8
PKH001-10Y3	10	12	—	—
PKH001-20Y3	20	24	—	—
PKH001-35Y3	35	40.5	—	—
PKH001-10Y1	10	12	—	—
PKH001-20Y1	20	24	—	—
PKH001-35Y1	35	40.5	—	—
PKH001-12T3	10	12	—	—
PBT104-10-100-5Y1	10	12	100	5
PBT104-35-100-3.2Y1	35	40.5	100	3.2
PBT104-110-50-2.5Y1	110	126	50	2.5

შ ე ნ ი შ ე ნ ა მცველის ტიპის აღნიშვნებში П - მცველი; К - კვარცისა; В - გამოსაბოლქვე; Т ძალური ტრანსფორმატორებისა და გადამცემი ხაზების დასაცავად; Н - ძაბვის ტრანსფორმატორებისათვის; ციფრები ასოების შემდეგ: PKT და PKH სერიის მცველებისათვის; პირველი ციფრები აღნიშნავს დამრტემელი მოწყობილობის არსებობას (1) ან მის არარსებობას (0); მეორე და მესამე ციფრები - კონტაქტორების კონსტრუქციას, რომელშიც მცველის ვაზნაა მოთავსებული; PBT სერიის მცველებისათვის: ციფრი 1 - ერთპოლუსა შესრულება ზემირკველით (ცოკოლით); 0 - ხაჭერის (ვაზნის) უცვლელი მდგომარეობა, რომელიც ცვლის ელემენტს მოკმედეგის

შემდეგ; 4 აირების გამონაბოლქვი. რიცხვები პირველი ტირეს შემდეგ შესაბამისად აღნიშნავს ნომინალურ ძაბვას (Y კლიმატური შესრულების მცველებისათვის) ან უდიდეს მუშა ძაბვას (T კლიმატური შესრულების მცველებისათვის). კე: მცველის ნომინალურ დენს (IKT და IBT სერიის მცველებისათვის), ა: ამორთვის ნომინალურ დენს (IKT და IBT სერიის მცველებისათვის), კა: უკანასკნელი ასო და ციფრი - კლიმატურ შესრულებას (Y - ზომიერი, T - ტროპიკული კლიმატის რეგიონებისათვის) და განლაგების კატეგორიას (1 - ღია სივრცეში, 3 - ბუნებრივი ენტილაციის მქონე დახურულ შენობებში).

დ 11-7. დენის ტრანსფორმატორები

ტიპი	კლიმატური უკონუსულება და განლაგების კატეგორია	ნომინალური ძაბვა, კე	უდიდესი მუშა ძაბვა, კე	ნომინალური დენი,	
				პირველადი	მეორეული
1	2	3	4	5	6
შ ი დ ა რ ა ნ ა ლ გ ა რ ე ბ ი ს					
ТВЛМ-6	УЗ	6	—	10÷400	5
ТГЛ-10	УЗ	10	12	30÷400	5
ТГЛУ-10	УЗ	10	12	30÷400	5
ТГЛ-10	ТЗ	11	12	30÷400	5
ТГЛУ-10	ТЗ	11	12	30÷100	5
ТГЛК-10	УЗ	10	12	10÷1500	5
ТЛМ-10-1	УЗ;ТЗ	10	—	50	5
ТЛМ-10-2	УЗ;ТЗ	10	—	100÷1500	5
ТЛ 10-I	УЗ;ТЗ	10	12	50	5
ТЛ 10-II	УЗ;ТЗ	10	12	100÷3000	5
ТЛК-10 -1	У;Т;2;3;	10	12	30	5
ТЛК-10-3	У;Т;2;3;	10	12	50÷1500	5
ТЛК-10-2	У;Т;2;3	10	12	50	5
ТПОЛ-10	УЗ;ТЗ	10	12	600+1500	5
ТПШЛ-10	УЗ;ТЗ	10	12	4000;5000	5
ТОЛ-10	У2;Т2	10	12		
ТШЛ-10	ХЛЗ	10	12	50+1500	5
	УЗ;ТЗ	10	12	2000;3000 4000;5000	5
ТШЛК-10	УЗ;ТЗ	10	12	2000;3000 4000;5000	5
ТШЛГ-10	УЗ;ТЗ	10	12	1000;2000	5
ТШЛПК-10	УЗ;ТЗ	10	12	1000;2000	5
ТШВ-15	УЗ;	15	—	6000;8000	5
ТШВ-15Б	УЗ;	15	—	6000;8000	5
ТШ-20	УЗ;ТЗ ХЛЗ	20	—	8000;10000; 12000	5
ТШЛ20Б-I	—	20	—	6000;8000; 10000	5
ТШЛ20Б-II	—	20	—	12000	5
ТШЛ20Б-III	—	20	—	18000	5
ТПШЛО20	УЗ;ТСЗ	20	—	15000	5
ТПОЛ-20	УЗ;Т4.2	20	—	400+1500	5
ТВГ24-1	УЗ;ТЗ	24	—	6000;10000 12000	5

დ 11-7 (გარეკლება)

ТВГ24-2	У3	24	---	15000	5
ТШВ-24	У3	24	---	24000	5
ТПОЛ-35	У3	35	---	400+1500	5
გ ა რ ე ლ ა ნ ა დ გ ა რ ე ბ ი ს					
ТЛК-35	УХЛ2.1	35	40.5	200+1500	5
ТФ3М-35А	У1	35	40.5	15+1000	5
ТФ3М35А	ХЛ1	35	40.5	15+1000	5
ТФ3М35Б-І	У1	35	40.5	15+2000	5
ТФ3М35Б-ІІ	У1	35	40.5	500+3000	5,6 1
ТФ3М110Б-І	У1;ХЛ1	110	126	50+800	5
ТФ3М110Б-ІІІ	У1;ХЛ1	110	126	750+2000	5,6 1
ТФ3М150А	У1	150	172	600+1200	5
ТФ3М150Б-І	У1	150	172	600+1200	1
ТФ3М150Б-ІІ	У1	150	172	1000+2000	5,6 1
ТФ3М220Б-ІІІ	У1;ХЛ1	220	252	300+1200	5,6 1
ТФ3М220Б-ІV	У1;ХЛ1	220	252	500+1500	5,6 1
ТФ3М-220Б-І	Т1	220	252	300+1500	5
ТФ3М-220Б-ІІ	Т1	220	252	300+1500	1
ТФ3М-330А	У1	330	363	500+2000	5,6 1
ТФ3М-330Б	У1	330	363	1000+3000	1
ТФ3М-500Б-І	У1;ХЛ1	500	525	500+2000	1
ТФ3М-500А-ІІ	Т1	500	525	1000	1
ТФ3М-500Б-ІІ	Т1	500	525	2000	1
ТФ3М-500Б	У1	500	525	1000+4000	1
ТФ3М-750А	У1	750	787	1000+4000	1

- შ ე ნ ი შ ვ ე ნ ე ბ ი I. დენის ტრანსფორმატორის ტიპის აღნიშვნებში Т - დენის ტრანსფორმატორი; К - დახურული მანაწილებელი მოწყობილობისათვის (დმშ) (ТПЛК, ТЛК, ТШЛК.); П - გამაჟალი ან ბრტყელი სალტკების პაკეტზე დასამაგრებელი (ТШЛП); Ш - სასალტე; О - ერთხეია (დეროვანი) ან საყრდენი (ТОЛ); Ф - ფაიფურის იზოლაციით; Л - სხმული იზოლაციით; В - ჩაშენებული (ТВЛМ, ТВГ) ან მილისური ან სპაერო იზოლაციით (ТШВ); У - У სებრი პირველადი გრავნილით ან გაძლიერებული ან ზომიერი კლიმატის რეგიონებისათვის (თუ У ასო დგას ციფრის შემდეგ); Н - გარე დანადგარისათვის; Б - კორპუსის გარეშე (ТШЛ-20) ან გარე იზოლაციის კატეგორია გაუონვის გზის სიგრძეზე; З - რგოლური ტიპის გრავნილებით; Р - რგოლსარტისებრი გრავნილით; М - მოდერნიზებული ან ზეთესებული (ТФ3М ,ТФУМ,ТФРМ); Г - საგენერატორო; С -სპეციალური; ХЛ, Т შესაბამისად ცივი და ტროპიკული რეგიონებისათვის; პირველი რიცხვი ნომინალური ძაბვა, კვ; А - გარე იზოლაციის კატეგორია გაუონვის გზის სიგრძეზე; I, II, III, IV გაბარიტის ან კონსტრუქციული ვარიანტის აღნიშვნა; ციფრი I - სიზუსტის ნომინალური კლასი (ТВЛМ) ან პირველი ვარიანტი ან ღია სივრცეში მუშაობისათვის; 2 - ან მეორე ვარიანტი ან გარე პაერის თავისუფალი შეღწევალობის შენობებში მუშაობისათვის; 3 - ბუნებრივი ენტილაციის მქონე დახურულ შენობებში მუშაობისათვის;
- 10 Р გულარის მქონე დენის ტრანსფორმატორები გათვალისწინებულია რელეური დაცვების წრედებისათვის;
 1. ТШВ - 15Б, ТШВ - 20 და ТШВ - 24 სერიის დენის ტრანსფორმატორები გამოიყენება ფაზობრივ - ეკრანირებულ დენამატარებში;
 4. ТВГ24 - 1 და ТВГ24 - 2 სერიის დენის ტრანსფორმატორები გათვალისწინებულია 24 კვ - მდე ნომინალური ძაბვის ტურბოგენერატორების ნულლოვან გამოყენებულზე დასაყენებლად;
 5. ТШЛО20 სერიის დენის ტრანსფორმატორები გათვალისწინებულია ტურბო-გენერატორების განივი დიფერენციალური დაცვისათვის.

დ 11- 8 . დაბვის ტრანსფორმატორები

ტიპი	სერიალური ნომერი	ფუნქციონირების წლები	გრადუსების ნომინალური დაბვა, კ	პირველადი	მეორეული	დამატებითი მეორეული
HOCK-3Y5	3	---	---	3000	100	---
HOCK-6Y5	6	---	---	6000	127-100	---
HOM-6-77Y4	6	---	---	1385+6300	100	---
HOM-10-66Y2	10	---	---	10000	100	---
HOM-10-66T2	10	---	---	10000	100	---
HOM-10-66Y3	10	---	---	6300+11000	100	---
HOM-10-66T3	10	---	---	6300+11000	100	---
HOM-15-77Y4	15	---	---	13000+18000	100	---
HOM-35-66Y1	35	---	---	35000	100	---
HOЛ. 0.8-6YT2	6	7.2	---	6000+6900	100 ან 110	---
HOЛ. 08-6YXL3	6	7.2	---	6900	100	---
HOЛ. 08-10YT2	10	12	---	10000+11000	100	---
HOЛ. 08-10YXL3	10	12	---	10000	100 ან 110	---
3HOM-15-63Y2	15	---	---	6000/√3 +15750/√3	100/√3	---
3HOM-20-63Y2	20	---	---	18000/√3 +20000/√3	100/√3	100/3
3HOM-24-69Y1	24	---	---	24000/√3	100/√3	100/3
3HOM-35-65Y1	35	---	---	35000/√3	100/√3	100/3
3HOM-35-72Y1	35	---	---	35000/√3	100/√3	100/3
3HOЛ. 06-6Y3	3	3.6	---	3000/√3 +6900/√3	100/√3	100/3 ან 100
3HOЛ. 06-T3	3	3.6	---	3000/√3	100/√3	100/3
	3	6	---	3300/√3	100/√3	ან 100
	6	7.2	---	6000/√3 +6900/√3	100/√3	100/3 ან 100

№ 11-8 (გაგრძელება)						
ЗНОЛ. 06-10У3	10	12	$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-10Т3	10	12	$11000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-15У3	15	17.5	$10000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-15Т3	15	17.5	$13800/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-20У3	20	24	$13800/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-20Т3	20	24	$20000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-24У3	24	26.5	$18000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-24Т3	24	26.5	$24000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6 100	
ЗНОЛ. 06-6.02	3	3.6	$24000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6 100	
	3		$3000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
	6	7.2	$3300/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-20У3	20	24	$6300/\sqrt{3} + 6900/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 06-20Т3	20	24	$20000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОЛ. 09-10.02	10	12	$18000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
	10	12	$1000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
	10	12	$11000/\sqrt{3}$			
ЗНОЛ. 09-10.12	10	12	$18000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
	10	12	$11000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	$100/3$ δ 6100	
ЗНОМ. 1/15-63У2	1	---	$6000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	127-100	
	15		$1000/\sqrt{3} + 15750/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	127-100	
ЗНОМ. 1/20-63У2	20	---	$18000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	127-100	
ЗНОМ. 1/24-69У1	24	---	$24000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	127-100	
ЗНОМ. 1/35-72У1	35	---	$35000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	127-100	
НТМК-6-71У3	6	---	$3000/6000$	100	---	
НТМК-10-71У3	10	---	10000	100	---	
НТМИ-6-66У3.Т3	6	---	$3000/6000$	100	100/3	
НТМИ-10-66У3.Т3	10	---	10000	100	100/3	
НТМИ-16-66 У3.Т3	18	---	180000	100	100/3	
НКФ-110-83У1	110	---	$110000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	
НКФ-100-83ХЛ1	110	---	$110000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	
НКФ-110-83Т1	110	---	$110000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	100	

დ 11-8 (გაგრძელება)

HKΦ-220-58Y1	220	---	154000/√3	100/√3	100
HKΦ-330-73Y1	330	---	330000/√3	100/√3	100
HKΦ-220-58X 11	220	---	220000/√3	100/√3	100
HKΦ-330-83Y-1-1	330	---	330000/√3	100/√3	100
HKΦ-500-78Y1	500	---	500000/√3	100/√3	100
HKΦ-500-78X 11	500	---	500000/√3	100/√3	100
HKΦ-500-83Y1-1	500	---	500000/√3	100/√3	100
HDE-500-72Y1	500	---	50000/√3	100/√3	100
HDE-750-72Y1	750	---	750000/√3	100/√3	100
HDE-1150-78Y1	1150	---	1150000/√3	100/√3	100
3HOF-110-79Y3	110	126/√3	110000/√3	100/√3	100
3HOF-110-79T3	110	126/√3	110000/√3	100/√3	100
3HOF-220-79Y3	220	252/√3	110000/√3	100/√3	100
3HOF-220-79T3	220	252/√3	110000/√3	100/√3	100
3HOF-330-83Y3	330	363/√3	330000/√3	100/√3	100
3HOF-500-83Y3	330	363/√3	500000/√3	100/√3	100

შ ე ნ ი მ ვ ე ბ ი 1. აბების ტრანსფორმატორის ტიპის აღნიშვნაში: H აბების ტრანსფორმატორი; O - ერთფაზა; T სამფაზა; M - ბუნებრივი სეიზონი გათვლებით; J1 - სხმული ისოლაციით; Γ - აირული ისოლაციით; C - მშრალი; 3 - ჩამოჭრული მაღალი ძაბვის გრაფილის ერთი ჩამოჭრული უწყველი; H - მზომი წრედისათვის; K - კასკადური ან მაკომპენსირებული გრაფილით კუთხური დახახინჯების შესამცირებლად (HTMK და OCK სერიის აბების ტრანსფორმატორები); Φ - ფაიფურის საფარში; Δ - გამყოფი; E - ტექადური; ციფრები წერტილის შემდეგ - დამუშავების შიფრი, რიცხვები პირველი ტორუს შემდეგ: აბების კლასი, კმ-მეტრე ტორუს შემდეგ - კონსტრუქციის დამუშავების წელი; ასოები რიცხვების შემდეგ: Y, X1, T - შესაბამისად სომეხური, (იყო და ტროსკიული კლიმატის რეკონსტრუქციის, ბოლო ციფრი: 1 - ღია სივრცეში მუშაობისათვის; 2 - პერის თავისუფალი შეღწევალობის მქონე შენობებში მუშაობისათვის; 3 - ბუნებრივი ვენტაციის მქონე დახურულ შენობებში მუშაობისათვის; ციფრი 1 (შესაძებ ტორუს შემდეგ) - შესრულება დაკიდული გამოიშისა და ჩამოჭრული დასამაგრებლად;

2. **ЗНОП - 09** სურთის ძაბვის ტრანსფორმატორები გამოყენება გარე დახადებების კომპლექტურ მანქანებზე მოწყობილობებში (КРУН);
3. **ЗОМ1/15, ЗОМ1/20, ЗОМ-1/24** და **ЗОМ-1/35** სურთის ძაბვის ტრანსფორმატორები (მრეცხველში მოცემულა ნომინალური სიმძლავრე, კვ), მნიშვნელში – ძაბვის კლასი, კმ) არ წარმოადგენს საზომ ტრანსფორმატორებს, თუმცა გამოიყენება **ЗНОМ -15, ЗНОМ -20, ЗНОМ -24** და **ЗНОМ – 35** სურთის ძაბვის ტრანსფორმატორებთან ერთად (გაანჩი.ათ მათი ანალოგიური კონსტრუქცია)

**დ11-9 . დენშემზღუდი რეაქტორები
(ერთმაგი)**

ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კვ	ხანგრძლივად დასაშ- ვები დენი ბუნებრივი გაცივების პირობებში,	ნომინალური ინდუქტო- ური წინააღობა, ომი
1	2	3	4
შ ი ღ ა დ ა ნ ა დ გ ა რ ე ბ ი ს			
РБ10-400-0.35У3	10	400	0.35
РБУ10-400-0.35 У 3	10	400	0.35
РБГ10-400-0.35 У 3	10	400	0.35
РБУ10-400-0.45 У 3	10	400	0.45
РБГ10-630-0.40 У 3	10	635	0.4
РБУ10-630-0.56 У 3	10	630	0.56
РБ10-1000-0.14 У 3	10	1000	0.14
РБУ10-1000-0.35 У 3	10	1000	0.35
РБГ10-1000-56 У 3	10	1000	0.56
РБУ10-1600-0.25 У 3	10	1600	0.25
РБГ10-1600-0.35 У 3	10	1600	0.35
РБДУ10-2500-0.4У 3	10	2500	0.14
РБД10-2500-0.20 У 3	10	2500	0.2
РБГД10-4000-0.18У3	10	4000	0.18
РБНГ10-100-0.45 У 1	10	1000	0.45
РБНГ10-1600-0.35У1	10	1600	0.35
РБНГ10-2500-0.25У1	10	2500	0.25
РБНГ10-2500-0.35У1	10	2500	0.35
კ ა რ ე დ ა ნ ა დ გ ა რ ე ბ ი ს			
РБНГ10-1000-0.45У1	10	1000	0.45
РБНГ10-1000-0.56У1	10	1000	0.56
РБНГ10-1000-0.25У1	10	1000	0.25
РБНГ10-1600-0.35У1	10	1600	0.35
РБНГ10-2500-0.14У1	10	2500	0.14
РБНГ10-2500-0.2 У 1	10	2500	0.24
РБНГ10-2500-0.25У1	10	2500	0.25
РБНГ10-2500-0.35У1	10	2500	0.35

შ ე ნ ი შ ე ნ ე ბ ი 1. რეაქტორის ტიპის აღნიშვნაში: Р - რეაქტორი; ნ - ბეტონის; Д - იძულებითი გაცივება შებერვით (Д ასოს არარსებობა ბუნებრივ გაცივებას გულისხმობს); У - ფაზების საფეხურებრივი დაყენებით; Г - ფაზების პორიზონტალური დაყენებით (У ან Г ასობის არარსებობა ფაზების ვერტიკალურ დაყენებას გულისხმობს); პირველი რიცხვი ნომინალური ძაბვა, კვ; მეორე რიცხვი - ნომინალური დენი, ა; ზესამე რიცხვი ინდუქტორი წინააღობა, ომი; У (ყოფრების შემდეგ) - ზომიერი კლიმატის რეგიონებისათვის; 1 - ღია სიერცეში მუშაობისათვის; 3 - ბუნებრივი ენტილაციის მქონე შენობებში მუშაობისათვის;

2 რეაქტორები მზადდება გამოყენებას შორის კუთხეებით: φ = 90° და 180°

**დ 11-10. რეაქტორები
(გაორმაგებული)**

ტიპი	ნომინალური ძაბვა, კვ	ხანგრძლივად დასაშვები დენი ბუნებრივი გაციების ქირობებში, ა	ინდუქტიური წინაღობა, ომი		
			ნომინალური	ორი შტოს მათი მიმდევრობითი შეერთების დროს	ერთი შტოს უკმარისი დენების შემთხვევაში
1	2	3	4	5	6
შ ი დ ა დ ა ნ ა დ გ ა რ ე ბ ი ს					
РБС10-2×630-0.25У3	10	2×630	0.25	0.73	0.135
РБСУ10-2×630-0.25У3	10	2×630	0.25	0.73	0.135
РБСГ10-2×630-0.25У3	10	2×630	0.25	0.73	0.135
РБС10-2×1000-0.14У3	10	2×1000	0.14	0.417	0.071
РБСГ10-2×1000-0.22У3	10	2×1000	0.22	0.673	0.103
РБСД10-2×1000-0.35У3	10	2×1000	0.35	1.08	0.159
РБСДУ10-2×1000-0.35У3	10	2×1000	0.35	1.08	0.159
РБСУ10-2×1600-0.14У3	10	2×1600	0.14	0.436	0.062
РБСДГ10-2×1600-0.25У3	10	2×1500	0.25	0.76	0.119
РБСДГ10-2×2500-0.14У3	10	2×21000	0.14	0.43	0.067
გ ა რ ე დ ა ნ ა დ გ ა რ ე ბ ი ს					
РБСНГ10-2×1000-0.45У3	10	2×1000	0.45	1.298	1.251
РБСНГ10-2×1000-0.56У3	10	2×1000	0.56	1.581	0.33
РБСНГ10-2×1600-0.25У3	10	2×1600	0.25	0.754	0.123
РБСНГ10-2×2500-0.14У3	10	2×2500	0.14	0.15	0.056

შენიშვნა : 1. რეაქტორის ტიპის აღნიშვნაში: Р – რეაქტორი; Б – ბეტონის; С – გაორმაგებული; Д იძულებითი გაციება შებერვით (Д ასოს არარსებობა ბუნებრივ გაციებას გულისხმობს); У – ფაზების საფეხურებრივი დაყენებით; Г – ფაზების ჰორიზონტალური დაყენებით (У ან Г ასოების არარსებობა ფაზების ვერტიკალურ დაყენებას გულისხმობს); რიცხვები ასოების შემდეგ შესაბამისად აღნიშნავენ: ნომინალურ ძაბვას, კვ; შტოების რიცხვს; თითოეული შტოს ნომინალურ დენს, ა; ერთი შტოს ინდუქტიურ წინაღობას, ომი, მეორე შტოში დენის არარსებობის შემთხვევაში; У (ციურების შემდეგ) – ზომიერი კლიმატის რეგიონებისათვის; 1 – ღია სივრცეში მუშაობისათვის; 3 – ბუნებრივი ვენტილაციის მქონე შენობებში მუშაობისათვის.

2 რეაქტორები მზადდება გამოყენებას შორის კუთხეებით: $\varphi = 90^\circ$ და 180° .

დ 11-11 - კენტილური მცლელები

ტიპი	დანიშნულება	საქონლის კატეგორია	უდიდესი დასაშვები დაბეჭდვა (მოქმედი მნიშვნელობა), კმ	არაკომპლექსი		გაირკვევი დაბეჭდვა 50 კვ სიხშირის დროს (მშრალ მდგომარეობაში და წვიმის ქვეშ) (მოქმედი მნიშვნელობა), კმ
				არაკომპლექსი	არაკომპლექსი	
1	2	3	4	5	6	
PBO-3Y1	50 კვ სიხშირის (ცვლადი	3	3.8	9	11	
PBO-3T1	დენის ელექტროდანიადგარების იზოლაციის	3	3.8	9	11	
PBO-6Y1	ატმოსფერული გადატეხილობებისაგან დასაცავად	6	7.6	16	19	
PBO-6T1		6	7.6	16	19	
PBO-10Y1		10	10	26	30.5	
PBO-10T1		10	10	26	30.5	
PBPd-3Y1	ცვლადი დენის მბრუნავი	3	3.8	7.5	9	
PBPd-3T1	ელექტრული მანქანების	3	3.8	7.5	9	
PBPd-6Y1	იზოლაციის ატმოსფერული	6	7.6	15	18	
PBPd-6T1	გადატეხილობებისაგან	6	7.6	15	18	
PBPd-10Y1	დასაცავად	10	12.7	25	30	
PBPd-10T1		10	12.7	25	30	
PBM-15Y1	ცვლადი დენის ელექტრო-	15	19	35	43	
PBM-15T1	სადგურებისა და ქვესად-	15	19	35	43	
PBMF-110MY1	გურების ელექტრომოწყო-	110	100	170	195	
PBMF-110-40/70XJ1	ბოლოების იზოლაციის ატ-	110	100	170	195	
PBMF-110MT1	მოსყურული და მოკლე	110	100	170	195	
PBMF-150MT1	პერიოდული გადატეხ-	150	138	230	265	
PBMF-220-40/70MT1	საბეჭდვისაგან დასაცავად	220	200	340	390	
PBM-220T1		220	200	340	390	
PBMF-330MY1		330	290	485	500	
PBM5-500Y1		500	---	---	---	
PBMK-750MY1		750	---	---	---	
PBMK-1150Y1		1150	---	---	---	

				დ 11-11 (გაბრეკლება)
PBC-13.8T1	(ქალაქი ღვინის ულკატრო- მოწყობილობის ატმოსფერო- რული გადამკვრეპებისაგან დასაცავად	13.8	17	34
PBC-15Y1		15	19	38
PBC-15T1		15	19	38
PBC-20Y1		20	25	48
PBC-20T1		20	25	48
PBC-35Y1		35	40.5	60.5
PBC-35T1		35	40.5	60.5
PBC-60Y1		60	69	98
PBC-60T1		60	69	98
PBC-110MY1		110	100	134
PBC-110MT1		110	100	134
PBC-150MY1		150	138	200
PBC-150MT1		150	138	200
PBC-220MY1		220	200	275
PBC-220MT1		220	200	275
PBC-230MT1		230	200	400
				400
				500
				500

შ ე ნ ი შ ვ ე ბ ი 1 მცელის ტიპის აღნიშვნაში: P - მცელი; B - ენტილური; 0 - შემსუბუქებული; C - სასადგური; M - რკალის მაგნიტური ქრობით; K - კომბინირებული; M (ციფრების შემდეგ) - მოდიფიკაცია ან მოდიფიკატორი (PBC); PD - გაგვირგვინი; რიცხვები ტიპის შემდეგ: ნომინალური ძაბვა, კე; წილადი 40/70 - შესაბამისად ქარის სიჩქარე, მ/წმ და საღვინის დამატებითი ზიმა

2. PBC - 13.8T1, PBC - 15Y1, PBC - 15T1, PBC - 20Y1, PBC - 20T1, PBC - 35Y1, PBC - 35T1, PBC - 60Y1 და PBC - 60T1 ტიპის მცელეები მზადდება არაეკონომურად ჩამოწებული ქსელისათვის; PBC - 110MY1, PBC - 110MT1, PBC - 150MY1, PBC - 150MT1, PBC - 220MY1, PBC - 220MT1 ტიპის მცელეები - ეკონომურად ჩამოწებული ქსელისათვის.

დ 11-12. გადამეტებადების შემზღუდველები (OPII)

ტაბი	2	3	კაბა შემზღუდველზე (ტეშა მინიშნელობა, კე), რომელიც დასაშვებია შემდეგი დროის განმავლობაში				8	9	ნაკომუტაციო გადამეტებადების საანგარიშო დენი (1,27,5 მწკ ტალღის შემთხვევაში),	ნარჩენი ძაბვა (კე) საკომუტაციო გადამეტებადების საანგარიშო დენის შემთხვევაში (არაუმეტეს)
			20 წ9	20 წ8	3,5 წ8	1 წ8				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
OPII-110YI	110	73	88	95	100	105	112	280	180	
OPII-110XJI	110	73	88	95	100	105	112	280	180	
OPII-150YI	150	100	120	130	138	145	155	350	260	
OPII-220YI	220	146	175	190	200	210	225	420	360	
OPII-220XJI	220	146	175	190	200	210	225	420	360	
OPII-330YI	330	210	250	270	290	305	325	700	545	
OPII-500YI	500	303	365	390	420	440	470	1200	750	
OPII-500XJI	500	303	365	390	420	440	470	1200	750	
OPII-500YI	500	303	365	390	420	1200	750/630	
OPII-750YI	750	455	545	590	635	660	705	1800	1180	
OPII-750YI	750	455	545	590	635	660	705	1200	1180	

დ 11-12 (გაგრძელება)

ნარიანი ძაბვა, კვ. ძალის მქონე უმცირესი აპარატურების (ა) და ტალღის ფორმის ხანგრძლივობის 8 მკმ-თან ტოლობის შემთხვევაში	ნაკრეკული ელემენტის გარდამავალი ძაბვა, კვ (არაუმეტეს)				წონა, კგ					
	50 კვ სხშირის ძაბვის მქონე უმცირესი	50 კვ სხშირის ძაბვის მქონე უმცირესი	50 კვ სხშირის ძაბვის მქონე უმცირესი	50 კვ სხშირის ძაბვის მქონე უმცირესი						
3000	5000	7000	10000	15000	30000					
11	12	13	14	15	16		17	18	19	
230	250	...	280						115	
230	250	...	280						115	
305	330						150	
430	460	...	500						215	
430	460	...	500						215	
620	650	...	700						1300	
825	860	865	920	980					1700	
825	860	865	920	980					1700	
825	860	865/720	920	980			75	100	1900	
	1280	...	1320	1380	1550				5900	
	1300	...	1350	1420	1600				2900	

* მნიშვნელში ნაჩვენებია ОПНН -ს გადამცემ საზემთან მომიჯნავე ნაწილი.

შენიშვნები: 1. გადამცემების შემზღვევის ტიპის აღნიშვნებში: О - შემზღვეველი; П - გადამცემების; Н - არაწიფი; И - ნაკრეკული მისაღამით; О - შემზღვეველი; რიცხვი ტიპის შემდეგ - ძაბვის კლასი, კვ; У და ХИ - შესაბამისად ზომიერი და ცივი კლიმატის რეგიონებში მუშაობისათვის; 1 - ღია სივრცეში მუშაობისათვის.

დ. 12. ცვლადი დენის ელექტროძრავები

დ. 12.1. საერთო ცნობები

ელექტროტექნიკური მრეწველობა უშვებს ცვლადი დენის სხვადასხვა სერის ელექტროძრავებს:

- სინქრონულს;
 - ასინქრონულს მოკლედშერთული როტორით;
 - ასინქრონულს ფაზური როტორით.
- ელექტრულ სადგურებსა და ქვესადგურებზე ძირითადად მოკლედშერთული როტორის მქონე ასინქრონული ელექტროძრავები გამოიყენება. იშვიათად – სინქრონული ელექტროძრავები შედარებით ნელმავალი მექანიზმების ასერისათვის. უფრო იშვიათად – ფაზური როტორის მქონე ასინქრონული ელექტროძრავები.

დ. 12-2. ასინქრონული ელექტროძრავები

4A და 4AH სერის ასინქრონული ელექტროძრავები

ტიპი	P _{მომ.} კვ	U _{ნომ.} ვ	n _{წარმ.} ბრ/წთ	S _{წარმ.} %	S _{კოტ.} %	η, %	cos φ _{წარმ.}	გამწვი მახასიათებლები				ფაზ
								M _{მომ.} / M _{წარმ.}	M _{მ.კ.ს.} / M _{წარმ.}	M _{მომ.} / M _{წარმ.}	I _{მომ.} / I _{წარმ.}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4A112M2Y3	7.5	220/380/660	2900	2.5	17	87.5	0.88	2	2.8	1.8	7.5	56
4A132M2Y3	11	220/380/660	2900	2.3	19.0	88	0.9	1.7	2.8	1.5	7.5	93
4A160S2Y3	15	220/380/380/660	2940	2.1	12.	88	0.91	1.4	2.2	1.0	7.0	135
4A180S2Y3	22	220/380/380/660	2940	1.9	12.5	88.5	0.91	1.4	2.5	1.1	7.5	175
4A200L2Y3	45	220/380/380/660	2945	1.8	11.5	91	0.90	1.4	2.5	1.0	7.5	375
4A280S2Y3	110	220/380/380/660	2970	2.0	8.5	91	0.89	1.2	2.2	1.0	7.0	785
4A315S2Y3	160	380/660	2970	1.9	8.5	92	0.9	1.0	1.9	0.9	7.0	875
4A132S4Y3	7.5	220/380/660	1455	2.9	19.5	87.5	0.86	2.2	3.0	1.7	7.5	77
4A160M4Y3	18.5	220/380/380/660	1465	2.2	16.0	89.5	0.88	1.4	2.3	1.0	7.0	160

ცხრილი 12-1

ცხრილი 12-1 (აგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.4180M4Y3	30	220/380;380/660	1470	1.9	14.0	91	0.89	1.4	2.3	1.0	6.5	195
4.4250M4Y3	90	220/380;380/660	1480	1.3	9.5	93	0.91	1.2	2.3	1.0	7.0	525
4.4315S4Y3	160	380/660	1480	2.3	6.5	93.5	0.91	1.3	2.2	0.9	6.5	875
4.4355M4Y3	315	380/660	1485	1.0	4.0	94.5	0.92	1.2	2.0	0.9	7.0	1670
4.4160S6Y3	11	220;380;660	975	2.7	15.0	86	0.86	1.2	2.0	1.0	6.0	135
4.4200I6Y3	30	220/380;380/660	980	2.1	13.5	90.5	0.9	1.3	2.4	1.0	6.5	310
4.4280S6Y3	75	220/380;380/660	985	2.0	8.3	92	0.89	1.2	2.2	1.0	7.0	785
4.4355S6Y3	160	380/660	985	1.4	6.5	93.5	0.9	1.4	2.2	0.9	7.0	1420
4.4180M8Y3	15.0	220/380;380/660	730	2.6	13.0	87	0.82	1.2	2.0	1.0	5.5	195
4.4280M8Y3	55	220/380;380/660	735	2.8	8.0	92	0.84	1.2	2.0	1.0	5.5	785
4.4355S8Y3	132	380/660	740	1.3	5.5	93.5	0.85	1.2	2.2	0.9	6.5	1420
4.4280M10Y3	45	220/380;380/660	590	1.7	7.5	91.5	0.78	1.0	1.8	1.6	6.0	895
4.4H280M2Y3	200	380/660	2960	1.4	6.3	94.5	0.9	1.2	2.2	1.0	6.5	825
4.4H180M4Y3	37	220/380;380/660	1470	2.1	14	90.5	0.89	1.2	2.2	1.0	6.5	190
4.4H280S4Y3	132	380/660	1470	2.0	7.2	93	0.89	1.2	2.0	1.0	6.0	495
4.4H250S6Y3	55	220/380	985	1.3	9.5	92.5	0.87	1.2	2.0	1.0	6.5	445
4.4H180M86Y3	18.5	220/380	730	2.7	13.0	87.5	0.8	1.2	1.9	1.0	5.5	195
4.4H280S86Y3	75	220/380	735	2.5	8.3	92	0.85	1.2	1.9	1.0	5.5	715
4.4H280S10Y3	45	380/660	585	2.8	10.6	90	0.81	1.0	1.8	1.0	5.0	715
4.4H315S10Y3	75	220/380;380/660	590	2.2	7.8	91	0.82	1.0	1.8	0.9	5.5	860
4.4H355M10Y3	132	380/660	590	1.8	6.7	92.5	0.83	1.0	1.8	0.9	5.5	1280
4.4H355M12Y3	110	220/380;380/660	490	2.2	6.5	92	0.77	1.0	1.8	0.9	5.5	1280

შენიშვნა: 1. 4.4 სერიის ასინქრონული ელექტროძრავები. ცნობარი / ევ. კრაეიკი, მ. შლაფი, ვი. აფონინი, ე.ა. სობოლენსკია. მ, ენერგოგაზმომცემლობა, 1982.
 2. A - ასინქრონული; 4 - სერიის ნომერი; Y3 - კალიბრული შესრულება (ზომიერი) და განლაგების კატეგორია.

АОЗ სერვის ასინქრონული ელექტროსრაები
(ბრუნვის ღირებულება 315, 355, 400 მმ)

ცხრილი 12-2

ტიპი	$\frac{D}{d} \cdot \frac{L}{d}$	$U_{\text{ნომ}}, \text{ მ}$	$n_{\text{ნომ}}, \text{ ბრ/წთ}$	$S_{\text{ნომ}}, \%$	$\eta, \%$	$\cos \varphi_{\text{ნომ}}$	ბაზში მახასიათებლები				მასა, კგ
							$\frac{M_{\text{მ.იხ.}}}{M_{\text{ნომ}}}$	$\frac{M_{\text{გამ}}}{M_{\text{ნომ}}}$	$\frac{M_{\text{მინ.}}}{M_{\text{ნომ}}}$	$\frac{I_{\text{გამ}}}{I_{\text{ნომ}}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АОЗ – 315S – 2Y3	160	380/660	3000	1.2	92	0.9	2.0	0.9	0.8	7.0	1054
АОЗ – 315M – 2Y3	200	380/660	3000	1.2	92.5	0.9	2.0	0.9	0.8	7.0	1178
АОЗ – 315S – 4Y3	160	380/660	1500	1.4	93.5	0.92	2.3	1.3	0.8	7.0	1090
АОЗ – 315M – 4Y3	200	380/660	1500	1.4	94	0.92	2.3	1.3	0.8	7.0	1220
АОЗ – 315M – 6Y3	132	380/660	1000	1.7	93.5	0.9	2.6	1.6	0.8	7.0	1220
АОЗ – 315S – 8Y3	90	220/380	750	1.7	92.5	0.85	2.6	1.6	0.8	6.3	1090
АОЗ – 315M – 8Y3	110	220/380	750	1.7	93	0.85	2.6	1.6	0.8	6.3	1220
АОЗ – 315M – 10Y3	75	220/380	600	1.9	92	0.8	2.0	1.3	0.8	6.0	1220
АОЗ – 355S – 4Y3	250	380/660	1500	1.3	94.5	0.92	2.0	0.9	0.8	7.0	1455
АОЗ – 355M – 4Y3	315	380/660	1500	1.3	94.5	0.93	2.0	0.9	0.8	7.0	1675
АОЗ – 355M – 6Y3	200	380/660	1000	1.5	94	0.90	2.4	1.2	0.8	7.0	1675
АОЗ – 355M – 8Y3	160	380/660	750	1.5	93.5	0.86	2.2	1.2	0.8	6.0	1675
АОЗ – 355S – 10Y3	90	220/380	600	1.8	92.5	0.83	1.8	1.0	0.8	6.0	1670
АОЗ – 355M – 10Y3	110	220/380	600	1.8	93	0.83	1.8	1.0	0.8	6.0	1675
АОЗ – 355S – 12Y3	75	220/380	500	2.2	91.5	0.77	1.8	0.9	0.8	6.0	1415
АОЗ – 355M – 4Y3	400	380/660	1500	1.2	95	0.91	2.0	0.9	0.8	7.0	2220
АОЗ – 400S – 4Y2	250	380/660	1500	1.0	94	0.88	2.0	1.0	0.8	7.0	—
АОЗ – 400M – 6Y2	315	380/660	1000	1.0	95	0.9	2.5	1.2	0.8	7.0	2137

ცხრილი 12-2 (გარსკელები)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AO3-400S-6V2	250	380/660	1000	1.0	94	0.88	2.2	1.0	0.8	7.0	1915
AO3-400M-8V2	250	380/660	750	1.3	94.3	0.86	2.0	1.2	0.8	6.5	2137
AO3-400S-8V2	200	380/660	750	1.3	93.7	0.87	2.0	1.2	0.8	6.5	1915
AO3-400M-10V2	160	380/660	600	1.65	94	0.83	2.0	1.0	0.8	6.0	2137
AO3-400S-10V2	132	380/660	600	1.65	94	0.83	2.0	1.0	0.8	6.0	1915
AO3-400S-4V2	200	6000	1500	1.5	92.9	0.9	2.5	1.5	0.8	7.0	1920
AO3-400M-4V2	250	6000	1500	1.5	93.45	0.9	2.5	1.5	0.8	7.0	2140
AO3-400M-6V2	200	6000	1000	1.5	93.5	0.86	2.2	1.2	0.8	7.0	---

შ ე ნ ი შ ვ ა: 1. ძრავები გამოყენება სტაციონარული დანადგარების სხვადასხვა სახის მექანიზმების (ვენტილატორების, ცენტრიდანული ტუმბოების, ტრანსპორტიორებისა და სხვ.) ამარაგისათვის.

მე-12 და მე-13 გაბარებებს A და A3 სერის ასინქრონული ელექტროძრავები

ცხრილი 12-3

ტიპი	ფაქტობრივი სიმძლავრე	U _{ნომ.} კვ	n _{ნომ.} ბრ/წთ	η, %	cos φ _{ნომ.}	გამწეი მახასიათებლები			მუშა შეჯანბრის ინერციის მომენტი, J, კგ·მ ²		მასა, კგ
						$\frac{I_{გამ.}}{I_{ნომ.}}$	$\frac{M_{გამ.}}{M_{ნომ.}}$	$\frac{M_{გამ.}}{M_{ნომ.}}$	როტორის	შეჯანბრის, დასაშუალები	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A და A312 - 32 - 4Y4*	400	6	1480	93.5	0.89	5.1	1.0	2.1	22.5	125	2325
A და A312 - 41 - 4Y4*	500	6	1480	93.5	0.89	5.7	1.0	2.2	25.0	187.5	2660
A და A312 - 52 - 4Y4	630	6	1480	94.5	0.89	5.7	1.1	2.2	30.0	237.5	3060
A და A313 - 46 - 4Y4	800	6	1485	95	0.9	5.4	1.0	2.1	50.0	300	3760
A და A312 - 35 - 6Y4*	1000	6	1485	94.5	0.9	6.2	1.2	2.5	62.5	350	4240
A და A312 - 39 - 6Y4*	250	6	985	92	0.85	5.7	1.1	2.2	35	150	2040
A და A313 - 37 - 6Y4*	320	6	985	92.5	0.86	6.0	1.2	2.2	37.5	187.5	2490
A და A312 - 46 - 6Y4*	500	6	985	93.5	0.87	4.6	1.0	2.0	60	500	3160
A და A313 - 59 - 6Y4	630	6	985	94	0.87	4.6	1.0	2.0	70	625	3590
A და A312 - 35 - 8Y4	800	6	985	94.5	0.87	5.3	1.0	2.2	85	800	4170
A და A312 - 42 - 8Y4	200	6	740	92	0.81	5.0	1.2	2.1	36.5	375	2310
A და A312 - 52 - 8Y4	250	6	740	92.5	0.82	5.1	1.1	2.1	40	475	250
A და A313 - 42 - 8Y4	320	6	740	93	0.83	5.2	1.1	2.2	75	950	3255
A და A313 - 46 - 4Y4	400	6	735	93.5	0.83	5.1	1.2	2.1	87.5	1125	3800
A და A313 - 52 - 8Y4	500	6	735	94	0.84	5.0	1.2	2.0	87.5	1125	3800
A და A313 - 62 - 8Y4	630	6	735	94	0.84	5.3	1.3	2.1	102.5	1600	4280

ცხრილი 12.3 (აგრეგატები)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A და A312-42-10Y4	200	6	590	91.5	0.79	5.5	1.3	2.4	52.5	375	2445
A და A312-52-10Y4	250	6	590	92	0.8	5.9	1.3	2.5	62.5	500	2800
A და A313-42-10Y4	320	6	590	92.5	0.81	4.8	1.1	2.1	85	750	3320
A და A313-52-10Y4	400	6	590	93	0.82	4.7	1.1	2.0	100	112	3655
A და A313-62-10Y4	500	6	590	93.5	0.83	4.8	1.1	2.1	117.5	162	4180
A და A313-42-12Y4	200	6	490	91.5	0.75	5.5	1.2	2.3	85	125	3240
A და A313-52-12Y4	250	6	490	92	0.76	5.1	1.3	2.3	100	150	3625
A და A313-62-12Y4	320	6	490	92.5	0.77	4.8	1.3	2.1	117.5	218	4135

* ელექტროპრაგები მოხსნილია წარმოებიდან, შეცვლილია ახალი სერიების ძრავებით და შეიძლება გამოეწვევებოდეს იქნეს, როგორც სარეზერვო.

შენიშვნა: A - დაცული შესრულებით; A3 - დაზარალი შესრულებით; 12-13 გაბარიტის პირობითი აღნიშვნები; 32-62 - სტატორის გულარის სიგრძე, სმ; 4-12 პოლუსების რიცხვი; Y4 - კლიმატური შესრულება და განლაგების კატეგორია.

DA302 სერის მე-16 და მე-18 გაბარიტების ასინქრონული
ელექტროძრავები

(ცხრილი 12-4

ტიპი	P _{ნომ.} კვ	U _{ნომ.} კვ	n _{ნომ.} ბრ/წთ	cos φ _{ნომ}	η, %	გაშუქვ მახასიათებლები				j, კვ ²		მასა, კგ
						M _{კვ} M _{ნომ}	M _{კვ,ბ} M _{ნომ}	I _{კვ} I _{ნომ}	როტორის	მუქანის, დასაწყები		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DA302-16-44-6/8Y1	400 170	6	991 754	0,84 0,69	90,5 88	0,7 1,0	2,5 3,5	5,8 6,8	112,5	800	7300	
DA302-16-44-8/10Y1	250 125	6	744 597	0,77 0,53	90 86,4	0,8 1,6	2,8 5,0	6,1 7,2	112,5	1525	7300	
DA302-16-54-8/10Y1	320 160	6	743 595	0,81 0,68	91 89	0,65 1,1	2,3 3,2	5,5 6,5	137,5	1575	7700	
DA302-16-64-8/10Y1	420 200	6	742 595	0,82 0,73	91,5 89,7	0,6 0,9	2,1 2,7	5,0 6,0	162,5	1825	8400	
DA302-16-64-8/10Y1	420 200	6	743 595	0,83 0,74	92 91	0,75 1,1	2,3 3,0	5,7 6,7	162,5	2025	8400	
DA302-17-39-8/10Y1	500 250	6	741 594	0,85 0,78	91 89,5	0,65 0,85	2,1 2,6	5,2 6,1	287,5	1900	8200	
DA302-17-44-8Y1	630	6,6	742	0,88	93	0,95	2,5	6,4	312	1775	8550	
DA302-17-44-8Y1	630	6,3	741	0,87	93	0,85	2,3	5,9	312,5	1700	8550	
DA302-17-44-8/10Y1	630 320	3	742 594	0,85 0,78	92 91	0,7 0,85	2,2 2,6	5,2 5,8	312,5	2875	8650	
DA302-17-54-6/8Y1	800 400	6	990 745	0,88 0,82	91,2 90,3	0,7 1,0	2,5 3,3	5,7 7,1	387,5	1625	9600	
DA302-17-54-8Y1	800	6	744	0,87	93,5	1,05	2,6	6,8	387,5	3100	9350	

ცხრილი 12-4 (გაგრძელება)

ДА302-17-5410V1	630	3	593	0,82	93,5	1,3	2,7	6,8	387,5	3975	9350
ДА302-17-54-10/12V1	630 320	6	712 594	0,82 0,77	92,0 90,5	0,6 0,75	2,0 2,2	4,5 5,0	387,5	2525	9350
ДА302-17-64-8/10V1	800 400	6	743 594	0,86 0,79	92,5 91,5	0,85 0,95	2,5 2,8	6,4 6,7	462,5	4100	10000
ДА302-17-6V871	800	6,6	744	0,87	93,0	1,3	3,0	7,2	462,5	2775	9300
ДА302-17-64-10T1	630	6,3	594	0,81	93,5	1,2	3,0	7,0	462,5	4350	9300
ДА302-17-69-8/10T1	800 400	6	744 596	0,85 0,77	92,0 90,5	0,95 0,96	3,0 3,2	7,0 6,9	500	3725	10400
ДА302-17-69-12V1	800	6	594	0,8	94,0	1,1	2,5	5,6	500	3275	10400
ДА302-17-69-6V1	1250	6	995	0,91	93,0	0,85	2,8	6,8	625	3225	11900
ДА302-18-59-6/8V1	1600 685	6	994 746	0,85 0,78	92,0 90,5	0,7 0,95	2,3 2,6	6,3 7,0	1050	2025	18300
ДА302-18-76-8/10T1	1000 550	6,6	745 596	0,86 0,77	90,5 90,0	0,9 1,1	3,0 3,6	7,0 7,5	1350	3150	18440
ДА302-18-59-8/10V1*	1000 580	6	714 595	0,82 0,79	91,5 90,0	2,1 2,2	0,65 0,8	4,9 5,1	1000	1825	16350

* ფუნდამენტური კოტების მქონე კრავების მასა.

შ ე ი შ ე ა: 1. ძრავები განკუთვნილია უპირატესად გასუების მძიმე პირობების მქონე მექანიზმების ამპრაკისათვის; აგრეთვე ტუმბოების, ვენტორატორების, კომპლქორებისა და სხვა მექანიზმების ამპრაკისათვის, რომელსაც გასუების ანალოგიური მახასიათებლები გააჩნია.

2. ДА30 - ძრავი, ასინქრონული, დახურული, შემოკრევალი; 2 - სერიის ნომერი; 16-18 - გაბარიტის აღნიშვნები; 44-76 - სტატორის გულარის სიგრძე, სმ; 6/8, 8/12, 10/12 - პოლუსების რიცხვი; V1, T1 - კლიმატური შესრულება (სომიერი, თბილი) და განლაგების კატეგორია.

DA304 სერის ასინქრონული ელექტროძრავები

ცხრილი 12-5

ტიპი	$\frac{P}{P_{\text{მომ.}}}$	$U_{\text{ნომ.}}$ კვ	$n_{\text{ნომ.}}$ პრ/წთ	$S_{\text{ნომ.}}$ %	η %	$\cos \varphi_{\text{ნომ}}$	გარეუ მახასიათებლები			j, კვ.მ ²		ჩაბა, კვ
							$\frac{M_{\text{მომ.}}}{M_{\text{ნომ.}}}$	$\frac{M_{\text{კვამ}}}{M_{\text{ნომ.}}}$	$\frac{I_{\text{კვამ}}}{I_{\text{ნომ.}}}$	როტორის	შესანიშნის, დასა. მუები	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
DA304 - 400XK - 4Y1	315	6	1484	1.1	93.7	0.88	2.8	1.3	7.0	10	170	2190
DA304 - 400X - 4Y1	400	6	1484	1.1	94.2	0.87	2.8	1.3	7.0	12	230	2330
DA304 - 450X - 4Y1	630	6	1485	1.0	95.0	0.88	2.6	1.3	7.0	26	350	3300
DA304 - 560Y - 4Y1	2000	6	1488	--	96.0	0.88	2.3	1.1	7.0	65	---	---
DA304 - 450X - 6Y1	500	6	988	1.0	94.4	0.85	2.4	1.3	6.5	33	700	2950
DA304 - 450Y - 6Y1	630	6	988	1.0	94.7	0.85	2.4	1.3	6.5	39	850	3350
DA304 - 560Y - 6Y1	1600	6	991	--	96.0	0.86	2.2	1.3	6.5	95	---	---
DA304 - 400X - 8Y1	200	6	740	1.0	92.5	0.77	2.3	1.2	6.0	20	500	2340
DA304 - 400Y - 8Y1	250	6	740	1.2	93.0	0.79	2.4	1.2	6.0	23	600	2610
DA304 - 450YK - 8Y1	400	6	741	1.3	93.8	0.81	2.3	1.2	6.0	43	1300	3200
DA304 - 450Y - 8Y1	500	6	741	1.3	94.2	0.82	2.3	1.2	6.0	50	1500	3470
DA304 - 560X - 8Y1	630	6	744	--	94.7	0.8	2.2	1.3	6.0	87	---	---
DA304 - 400Y - 10Y1	200	6	589	1.5	92.0	0.74	2.3	1.3	6.0	23	800	2590
DA304 - 450X - 10Y1	250	6	589	1.6	92.5	0.78	2.3	1.3	6.0	38	1200	2770
DA304 - 450Y - 10Y1	315	6	589	1.7	93.0	0.8	2.3	1.3	6.0	43	1500	3100
DA304 - 560X - 10Y1	500	6	595	--	94.1	0.78	2.2	1.1	6.0	87	---	---
DA304 - 560YK - 10Y1	630	6	595	--	94.6	0.8	2.2	1.3	6.0	105	---	---
DA304 - 560Y - 10Y1	800	6	594	--	94.9	0.8	2.2	1.3	6.0	120	---	---
DA304 - 450X - 12Y1	200	6	491	1.5	91.7	0.75	2.3	1.3	5.5	41	1900	2890
DA304 - 450Y - 12Y1	250	6	491	1.6	92.2	0.75	2.3	1.3	5.5	46	2500	3200
DA304 - 560XK - 12Y1	315	6	495	--	92.8	0.74	2.2	1.3	5.5	75	---	---
DA304 - 560X - 12Y1	400	6	495	--	93.4	0.75	2.2	1.3	5.5	87	---	---

		ცხრილი 12-5 (გაგრძელება)										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
D/304 - 560V/K - 12V/1	500	6	495	---	93.9	0.75	2.2	1.3	5.5	105	---	---
D/304 - 560V - 12V/1	630	6	494	---	94.4	0.75	2.2	1.3	5.5	120	---	---
D/304 - 450V - 47'2	500	6.6	1484	1.0	94.0	0.87	2.4	1.0	7.0	22	250	2900

შ ა ნ ი შ ბ ა: 1. ძირები განკუთვნილია უპირატესად გაუმუშავებელი პირობების მსომე პირობების მქონე შექანიშების ამრავსათვის; აგრეთვე ტუმბოების, ექტელატორების, კვამლწველებისა და სხვა შექანიშების ამრავსათვის, რომელსაც გაუმუშავებლის ინალფორი მახასიათებლები გააჩნია.

2. აღნიშვნები, როგორც 12-4 ცხრილშია.

315 - 5000 კვტ სიმძლავრის ATD2 სერის ახინკრონული ელექტროძრავები

ცხრილი 12-6

ტიპი	ფრ. ზღვ. ღ	U _{ნომ.} კვ	n _{ნომ.} ბრ/წთ	η, %	cos φ _{ნომ}	გამყო მახასიათებლები				j, კვ.გ	მახ. კვ
						$\frac{M_{გაქ.}}{M_{ნომ}}$	$\frac{M_{მუხ.}}{M_{ნომ}}$	$\frac{M_{მომ.}}{M_{ნომ}}$	$\frac{I_{გაქ.}}{I_{ნომ}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2.А3М1 - 315/6000УХ/4	315	6	2980	94.7	0.9	1.3	2.4	0.8	7.0	4.0	—
2.А3М1 - 400/6000УХ/4	400	6	2980	95.3	0.91	1.3	2.4	0.8	7.0	4.5	2250
2.А3М1 - 500/6000УХ/4	500	6	2980	95.6	0.92	1.2	2.1	0.8	6.0	5.0	2390
2.А3М1 - 630/6000УХ/4	630	6	2970	95.5	0.9	1.1	1.9	0.7	5.2	8.75	3170
2.А3М1 - 800/6000УХ/4	800	6	2970	95.8	0.9	1.1	1.9	0.7	5.2	11.25	3470
2.А3М - 1000/6000УХ/4	1000	6	2970	95.8	0.89	1.1	1.9	0.7	5.0	18.25	4960
2.А3М - 1250/6000УХ/4	1250	6	2975	96.3	0.89	1.3	2.1	0.7	5.5	22.5	5540
2.А3М - 1600/6000УХ/4	1600	6	2975	96.5	0.9	1.3	2.1	0.7	5.5	25.5	6000
2.А3М - 2000/6000УХ/4	2000	6	2975	96.5	0.91	0.8	2.1	0.6	4.8	38.3	8070
2.А3М - 2500/6000УХ/4	2500	6	2975	96.5	0.92	0.9	2.3	0.6	5.3	45.0	9030
2.А3М - 3200/6000УХ/4	3200	6	2985	96.8	0.91	1.3	2.6	0.7	6.3	100.0	12150
2.А3М - 4000/6000УХ/4	4000	6	2985	96.9	0.92	1.3	2.6	0.7	6.3	117.5	13200
2.А3М - 5000/6000УХ/4	5000	6	2985	97.4	0.92	1.3	2.7	0.7	6.3	135.0	14700

შ ე ნ ი შ კ ვ ა: ელექტროძრავები განკუთვნილია ტუმბოების, კომპრესორების, საჭარხნი და სხვა სწრაფმავალი მექანიზმების ამრავლსათვის.

ATD4 სეროს ასინქრონული ელემტროძრავები

ცხრილი 12-7

ტიპი	ფერ. სივ. ρ	$U_{\text{ნომ.}}$ კვ	$n_{\text{ნომ.}}$ ბრ/წთ	$S_{\text{ნომ.}}$ %	$\eta, \%$	$\cos \varphi_{\text{ნომ.}}$	გამედი მახასიათებლები				$j, \%$	შახს. კვ
							$\frac{M_{\text{მ.კვ.}}}{M_{\text{ნომ.}}}$	$\frac{M_{\text{გამ.}}}{M_{\text{ნომ.}}}$	$\frac{M_{\text{ნომ.}}}{M_{\text{ნომ.}}}$	$\frac{I_{\text{გამ.}}}{I_{\text{ნომ.}}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4A3M - 500/6000YXJ4	500	6	2970	1.0	95.7	0.89	2.1	0.9	0.7	5.1	3.1	2070
4APM - 500/6000YXJ4	630	6	2979	0.7	95.7	0.88	2.0	1.0	0.85	5.3	5.2	2820
4A3M - 800/6000YXJ4	800	6	2979	0.7	96.0	0.88	2.0	1.0	0.85	5.3	5.8	2990
4APM - 800/6000YXJ4	1000	6	2979	0.7	96.1	0.89	2.0	1.0	0.85	5.3	6.5	3200
4A3M - 1250/6000YXJ4	1250	6	2973	0.7	96.3	0.89	2.1	0.95	0.74	5.5	13.0	4180
4APM - 1250/6000YXJ4	1600	6	2973	0.9	96.5	0.89	2.0	0.9	0.7	5.2	14.0	4480
4A3M - 2000/6000YXJ4	2000	6	2973	0.9	96.7	0.88	1.9	0.77	0.6	4.7	21	5700
4APM - 2500/6000YXJ4	2500	6	2973	0.9	97.0	0.89	2.0	0.85	0.65	5.0	24	6300
4A3M - 3150/6000YXJ4	3150	6	2976	0.8	97.2	0.9	2.1	0.9	0.7	5.3	29	7150
4APM - 4000/6000YXJ4	4000	6	2982	0.6	97.3	0.9	2.2	0.9	0.7	5.7	49	10300
4A3M - 5000/6000YXJ4	5000	6	2982	0.6	97.5	0.9	2.2	0.9	0.7	5.7	56	11200
4A3M - 6300/6000YXJ4	6300	6	2982	0.6	97.5	0.9	2.2	0.95	0.75	5.9	64	—
4A3M - 8000/6000YXJ4	8000	6	2985	0.5	97.6	0.9	2.3	0.95	0.75	6.0	148	14000

შ ე ნ ი მ ვ ა: ელემტროძრავები განკუთვნილია სტაციონარული ტუმბოებისა და სხვა სწრაფმავალი მექანიზმების ამძრავისათვის.

AB და ABK სერიის ასინქრონული ელექტროძრავები

(ცხრილი 12-8

ტიპი	ფრ. კვ. დ.	U _{ნომ.} , კვ	n _{ნომ.} , ბრ/წთ	S _{ნომ.} , %	η, %	cos φ _{ნომ.}	გამწეი მახასიათებლები			j, კვ.მ²	მასა, კგ
							I _{გამ.} I _{ნომ.}	M _{გამ.} M _{ნომ.}	M _{მ.კ.} M _{ნომ.}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AB-400-1000YX74	400	6	1000	1.5	94.3	0.87	4.7	1.0	2.1	22	3284
AB-500-1000YX74	500	6	1000	1.2	94.4	0.87	4.8	1.0	2.2	50	3471
AB-630-1000YX74	630	6	1000	1.2	94.9	0.88	4.9	1.0	2.2	36	3630
AB71-100-1500Y4	1000	6	1500	0.83	95.5	0.9	6.5	1.1	2.0	44	4770

შენიშვნა: ელექტროძრავები განკუთვნილია კონდენსატორული ტემპების ამრავისათვის

შე-14 გაბარების AOB2 ასინქრონული ელექტროძრავები

(ცხრილი 12-9

ტიპი	ფრ. კვ. დ.	U _{ნომ.} , კვ	n _{ნომ.} , ბრ/წთ	S _{ნომ.} , %	η, %	cos φ _{ნომ.}	გამწეი მახასიათებლები			მასა, კგ	j, კვ.მ²	
							I _{გამ.} I _{ნომ.}	M _{გამ.} M _{ნომ.}	M _{მ.კ.} M _{ნომ.}		როტორის	დასაშვები, მექანიზმის
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AOB2-14-41-4Y3	500	6	1485	1.0	93.6	0.9	6.5	1.0	2.3	3800	25	125

- შ ე ნ ი შ მ ნ ა: 1. ელექტროძრავა განკუთვნილია KCB500-220 ტუმბოებისა და ანალოგიური მახასიათებლების მქონე მექანიზმების ამრავისათვის.
 2. AOB - ასინქრონული, შემოკრეფადი, მეტაკალური, 2- სერიის ნომერი; 14 - გაბარების აღნიშვნები;
 41 - სტატორის ბუღარის სიგრძე, მმ; 4 - პოლუსების რიცხვი; Y3 - კლომატური შესრულება და განლაგების კატეგორია.

AO-2 სერიის ასინქრონული ელექტროძრავები

ტიპი	ფუნქციონირების სიჩქარე	$U_{\text{ნომ.}}$ კვ	$n_{\text{ნომ.}}$ ბრ/წთ	$S_{\text{ნომ.}}$ %	η %	$\cos \phi_{\text{ნომ}}$	გამწვე მახასიათებლები			მასა, კგ	ჯ. კვ. რ.	
							$\frac{M_{\text{მ.კ.}}$ $M_{\text{ნომ}}$	$\frac{M_{\text{მ.ა.}}$ $M_{\text{ნომ}}$	$\frac{I_{\text{მ.ა.}}$ $I_{\text{ნომ}}$		როტორის	დასაშვები,
												შეკნინვის
AO2-21-39-16Y1	2000	6	373	0.5	94.1	0.82	2.2	1.0	6.0	34000	1050	2250
AO2-21-49-16Y1	3150	6	372	0.6	95.0	0.85	2.0	1.0	6.5	38000	1250	2500

ცხრილი 12-10

შენიშვნა: 1. ელექტროძრავები განკუთვნილია გაშვების მიმდებარე პირობების მიხედვით შეკნინების ამრავლფერაობის.

2. AO - ასინქრონული, შემოკრეფადი; 2 - სერიის ნომერი; 21 - გაბარიტის აღნიშვნა; 39, 49 - სტატორის გულარის სიგრძე, სმ; Y1 - კლიმატური შესრულება და განლაგების კატეგორია.

AOK-2 სერიის ასინქრონული ელექტროძრავები

ტიპი	ფუნქციონირების სიჩქარე	$U_{\text{ნომ.}}$ კვ	$n_{\text{ნომ.}}$ ბრ/წთ	$S_{\text{ნომ.}}$ %	η %	$\cos \phi_{\text{ნომ}}$	როტორის $I_{\text{ნომ.}}$	როტორის $U_{\text{ნომ.}}$	მასა, კგ	
									$\frac{M_{\text{მ.კ.}}}{M_{\text{ნომ}}}$	$\frac{M_{\text{მ.ა.}}}{M_{\text{ნომ}}}$
AOK-215-52-10Y1	400	6.3	600	1.4	93.3	0.81	322	770	2.4	4810

ცხრილი 12-11

შენიშვნა: ელექტროძრავა განკუთვნილია ლენტური კონვერტების (ტრანსპორტირების) და გაშვების მიმდებარე პირობების მქონე სხვა შეკნინების ამრავლფერაობის.

AKH3-2 სერის ფასურროტორიანი ასინქრონული ელექტროძრავები

ტიპი	ფრ. წყ. რ.	U _{ნომ.} , კვ	n _{ნომ.} , ბრ/წთ	cos φ _{ნომ.}	η, %	$\frac{M_{აპმ}}{M_{ნომ}}$	როტორის პარამეტრები			j, მან, კმ	წლი, კმ
							U _{ნომ.} , ვ	I _{ნომ.} , ა	ფაზის წინაღობა, ომი		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AKH3-2-15-57-6V3	1000	6	985	0.87	95.1	2.6	875	675	0.0064	100	5250
AKH3-2-15-69-6V3	1250	6	985	0.87	95.3	2.6	1050	700	0.0071	110	5850
AKH3-2-16-57-6V3	1600	6	990	0.89	95.3	2.6	1360	690	0.0088	192.3	7850
AKH3-2-16-69-6V3	2000	6	990	0.89	95.8	2.8	1700	690	0.0097	220	8750
AKH3-2-15-57-8V3	800	6	740	0.86	94.8	2.5	965	490	0.0120	117.5	6150
AKH3-2-15-69-8V3	1000	6	740	0.87	95.0	2.5	1180	500	0.0133	135	6750
AKH3-2-16-57-8V3	1250	6	740	0.89	95.2	2.3	1200	620	0.0097	217.5	7650
AKH3-2-16-69-8V3	1600	6	740	0.88	95.5	2.3	1430	660	0.0108	250	8550
AKH3-2-16-83-8V3	2000	6	740	0.88	95.8	2.4	1780	660	0.0120	292.5	9550
AKH3-2-15-57-10V3	630	6	590	0.83	94.5	2.3	850	440	0.0125	130	5050
AKH3-2-15-69-10V3	800	6	590	0.83	94.6	2.3	1025	465	0.014	155	5650
AKH3-2-16-57-10V3	1000	6	590	0.84	94.7	2.6	1170	505	0.0135	260	7050
AKH3-2-16-69-10V3	1250	6	590	0.85	94.9	2.6	1400	530	0.015	300	8050
AKH3-2-17-57-10V3	1600	6	595	0.86	95.2	2.4	1480	635	0.011	532.3	9950
AKH3-2-17-69-10V3	2000	6	595	0.87	95.5	2.4	1770	665	0.0122	630	11050
AKH3-2-16-39-12V3	500	6	490	0.8	93.4	2.3	665	455	0.0105	197.5	5850
AKH3-2-16-48-12V3	630	6	490	0.8	93.8	2.3	810	465	0.0116	235	6450
AKH3-2-16-57-12V3	800	6	490	0.8	94.3	2.4	990	480	0.0128	257.5	7050
AKH3-2-17-48-12V3	1000	6	495	0.81	94.6	2.3	1060	560	0.0095	470	8150
AKH3-2-17-57-12V3	1250	6	495	0.82	94.8	2.3	1260	590	0.0104	540	9950
AKH3-2-17-23-16V3	315	6	365	0.78	91.3	2.3	480	400	0.0138	297.5	5650
AKH3-2-17-27-12V3	400	6	365	0.78	91.9	2.3	565	430	0.0147	325	5950

(სერი 12-12)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	ცხრილი 12-12 (გაგრძელება)		
									10	11	12
AKH3-2-17-31-16V3	500	6	365	0.78	92.6	2.3	685	440	0.0155	360	6350
AKH3-2-17-39-16V3	630	6	365	0.78	93.3	2.4	855	440	0.0172	420	6950
AKH3-2-17-31-20V3	315	6	290	0.69	91.2	2.3	535	355	0.0151	357.5	6300
AKH3-2-17-39-20V3	400	6	290	0.73	91.8	2.3	645	370	0.0168	417.5	6900

შენიშვნა: 1. ელექტროძაფები განკუთვნილია ნორმალური, მძიმე და ხშირი გაშვების მქონე მექანიზმების (ვენტილატორები, წისკილები, საშახტე ანუ მანქანები და სხვ.) ამბრაუისათვის.

2. *A* - ახინქრონული; *K* - საკონტაქტო რგოლებით; *H* - ნორმალური; 3 - დახურული; 2 - სერიის ნომერი; 15, 16, 17 - გაბარიტის აღნიშვნები; 23-83 - სტატორის გულარის სიგრძე, სმ; 6-20 - მოლუსების რიცხვი; V3 - კლიმატური პირობები და განლაგების კატეგორია.

AK და AK3 სერის ფაზურტრონიანი ასინქროული ელექტროტრანსფორმატორები

ცხრილი 12-13

ტიპი	P _{ნომ.} კვტ	U _{ნომ.} კვ	n, ბრ/წ	η, %	cos φ _{ნომ}	M _{დატ.} M _{ნომ.}	როტორის მონაცემები		მასა, კგ
							დაბეა, კვ	ღენი, კვ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AK12-32-4Y4	400	6	1500	93.5	0.89	2.3	545	460	2620
AK312-32-4Y4									
AK12-41-4Y4	500	6	1500	93.5	0.89	2.7	695	440	2940
AK312-41-4Y4									
AK12-52-4Y4	630	6	1500	94.0	0.89	2.4	855	450	3390
AK312-52-4Y4									
AK13-46-4Y4	800	6	1500	94.0	0.9	2.4	850	575	4170
AK313-46-4Y4									
AK13-59-4Y4	1000	6	1500	94.5	0.9	2.8	1095	555	4880
AK313-59-4Y4									
AK12-35-6Y4	250	6	1000	92.0	0.85	2.2	465	345	264
AK312-35-6Y4									
AK12-39-6Y4	320	6	1000	92.5	0.86	2.3	560	355	2810
AK312-39-6Y4									

Նիւմերը 12-13 (ընթացիկը, թվ.)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AK12-49-6V4									
AK312-49-6V4	400	6	1000	93.0	0.87	2.0	610	515	3560
AK13-46-6V4									
AK313-46-6V4	630	6	1000	94.0	0.88	2.0	730	540	3900
AK13-59-6V4									
AK313-59-6V4	800	6	1000	94.0	0.88	2.1	940	525	4610
AK12-35-8V4									
AK312-35-8V4	200	6	750	91.5	0.81	2.3	420	300	2600
AK12-42-8V4									
AK312-42-8V4	250	6	750	92.0	0.83	2.1	485	320	2860
AK12-52-8V4									
AK312-52-8V4	320	6	750	92.5	0.83	2.1	595	335	3230
AK13-42-8V4									
AK313-42-8V4	400	6	750	93.0	0.84	2.0	600	415	3690
AK13-52-8V4									
AK313-52-8V4	500	6	750	93.5	0.84	1.9	705	440	4140
AK13-62-8V4									
AK313-62-8V4	630	6	750	93.5	0.85	2.0	865	445	4820
AK12-42-10V4									
AK312-42-10V4	200	6	600	91.0	0.79	2.4	475	260	2720

1	(ჩხოვლი 12-13 (ვაგბეღეღა))									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
AK12-52-10V4										
AK312-52-10V4	250	6	600	91.5	0.8	2.3	560	280	3120	
AK13-42-10V4										
AK313-42-10V4	320	6	600	92.0	0.82	1.9	515	390	3690	
AK13-52-10V4										
AK313-52-10V4	400	6	600	92.5	0.83	1.8	615	410	4080	
AK13-62-10V4										
AK313-62-10V4	500	6	600	93.0	0.84	1.9	750	410	4550	
AK13-42-12V4										
AK313-42-12V4	200	6	500	91.0	0.76	2.2	455	265	3540	
AK13-52-12V4										
AK313-52-12V4	250	6	500	91.5	0.77	2.1	525	295	4040	
AK13-62-12V4										
AK313-62-12V4	320	6	500	92.0	0.78	2.0	620	320	4520	

შ ა ნ ი შ ე ნ ა: A - ახინქრონული; K - ფაზური რიტორით; 3 - დახუჯული შესრულებით; 12, 13 - გაბარიტის აღნიშვნები; 32-62 - სტატორის პულარის სიგრძე, სმ; 4-12 - მოდულაციის რიცხვი; V4 - კლიმატური შესრულება და განლაგების კატეგორია.

BAO სერიის მოკლედუმართული აფეთქებაუსაფრთხო ასინკრონული ელექტრომაქინები

ტიპი	$P_{\text{ნომ}},$ კვტ	$n,$ პრ/წთ	$\eta,$ %	$\cos\phi_{\text{სომ}}$	გამუქი მახასიათებლები		$j,$ კვ.კვ	ზღვრული დახარჯები რადიალური ძალე ღილის მუშა ბოლოზე, H	მაზა, კგ
					$\frac{M_{\text{გამ}}}{M_{\text{ნომ}}}$	$\frac{I_{\text{გამ}}}{I_{\text{ნომ}}}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
BAO-42-2	7.5	2900	86.5	0.88	2.1	2.6	6.5	1000	108
BAO-51-2	10	2920	87.0	0.88	1.7	2.2	6.4	1200	137
BAO-52-2	13	2920	88.0	0.88	1.5	2.4	6.3	1800	149
BAO-62-2	17	2940	87.0	0.9	1.3	2.2	7.0	2800	210
BAO-71-2	22	2940	87.5	0.9	1.3	2.2	7.0	2800	275
BAO-72-2	30	2940	88.5	0.9	1.3	2.2	7.0	4400	315
BAO-81-2	40	2950	89.0	0.9	1.5	2.2	7.0	4300	390
BAO-82-2	55	2950	90.0	0.9	1.5	2.2	7.0	7200	460
BAO-91-2	75	2960	90.0	0.88	1.5	2.2	6.5	7200	665
BAO-92-2	100	2960	90.5	0.88	1.5	2.2	7.0	6800	770
BAO-51-4	7.5	1460	88.0	0.86	1.4	2.2	6.5	1500	137
BAO-52-4	10	1460	88.6	0.87	1.4	2.6	6.5	1400	149
BAO-61-4	13	1460	88.0	0.86	1.5	2.2	7.0	2000	180
BAO-62-4	17	1460	89.0	0.88	1.5	2.4	7.0	2000	210
BAO-71-4	22	1460	89.5	0.88	1.5	2.4	7.0	3200	275
BAO-72-4	30	1460	90.0	0.88	1.5	2.2	7.0	3000	315
BAO-82-4	55	1470	91.0	0.88	1.8	2.2	6.5	4700	—

ცხრილი 12-14

ცხრილი 12-14 (გაგრძელება)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BAO-91-4	75	1470	90.5	0.87	1.8	2.2	6.5	1.38	8400	---
BAO-92-4	100	1470	91.5	0.88	1.8	2.2	6.5	1.8	7800	---
BAO-52-6	7.5	970	85.0	0.80	1.3	2.2	6.5	1.85	1400	---
BAO-61-6	10	970	86.0	0.85	1.3	2.2	6.5	0.22	2000	---
BAO-71-6	17	980	88.5	0.86	1.5	2.5	7.0	0.54	3500	---
BAO-72-6	22	980	89.5	0.88	1.6	2.2	7.0	1.09	5700	---
BAO-82-6	40	980	90.5	0.88	1.6	2.3	7.0	1.44	5400	---
BAO-91-6	55	980	90.5	0.83	1.8	2.2	6.5	2.38	9000	---
BAO-92-6	75	980	91.0	0.84	1.8	2.2	6.5	3.23	3000	---
BAO-61-8	7.5	730	83.0	0.76	1.3	2.2	6.0	0.22	2900	---
BAO-62-8	10	730	84.5	0.77	1.3	2.2	6.0	0.3	1900	---
BAO-71-8	13	735	87.0	0.79	1.3	2.2	6.0	0.54	3800	---
BAO-72-8	17	735	88.0	0.80	1.3	2.0	6.0	0.71	3500	---
BAO-81-8	22	735	88.5	0.83	1.5	2.2	6.0	1.09	6200	---
BAO-82-8	30	735	89.5	0.84	1.5	2.4	6.0	1.94	5800	---
BAO-91-8	40	735	89.5	0.76	1.8	2.0	6.0	2.38	10000	---
BAO-92-8	55	735	90.0	0.78	1.8	2.0	6.0	3.23	2900	---

შენიშვნა: 1. ძრავები მსაფრთხე 220 ან 380 ვოლტ კაბეზე (მე-7 და 1-ლი ტაბარეტების) და 380 ან 660 ვოლტზე (მე-2 და მე-9 ტაბარეტების);
 მომხმარებლების შეკვეთის მიხედვით 500 ე და 380/660 ე ნომინალურ კაბეზე (სველა ტაბარეტის); 127/220 ვოლტზე (მე-7 და მე-8 ტაბარეტის).
 2. BAO - ავთენტისაფრობო, ასინკრონული, შემოქმედადი.
 3. მიზომიერი მომენტის ჯერადობა - არანაკლებ 0.მ.ი.ს.

BAO სერის 132-დან 1000 კმტ-მდე სიმძლავრის მოკლედ შემოკლებული ტორიანი აფეთქებაუცხოფობხო ასინქრონული ელექტროძრავები

ცხრილი 12-15

ტიპი	$P_{\text{გამ}} \cdot$ კმძ	$U_{\text{გამ}} \cdot$ ვ	n, \cdot ბრ/წთ	η, \cdot %	$\cos \phi_{\text{გამ}}$	გამწეუ მახასიათებლები			j, \cdot კმ ²	მახო, კმ
						$\frac{I_{\text{ნამ}}}{I_{\text{გამ}}}$	$\frac{M_{\text{ნამ}}}{M_{\text{გამ}}}$	$\frac{M_{\text{ნამ}}}{M_{\text{გამ}}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BAO 315S2	132	380/660	2965	92.5	0.9	6.5	1.5	2.5	1.5	1060
BAO 355M2	200	380/660	2970	93.5	0.91	7.0	1.5	2.8	2.9	1475
BAO 355L2	250	660	2970	94.0	0.91	7.0	1.5	2.8	3.6	1645
BAO 450S2	315	660	2975	94.5	0.91	7.0	1.5	2.8	5.63	1910
BAO 315M4	160	380/660	1485	94.0	0.88	6.5	1.7	2.5	4.25	1170
BAO 355L4	250	660	1485	94.5	0.89	6.5	1.7	2.5	6.75	1645
BAO 355M6	160	380/660	990	94.0	0.87	6.0	1.6	2.2	7.0	1475
BAO 450M6	315	660	990	95.3	0.88	6.0	1.6	2.2	18.25	2250
BAO 315J8	75	660	740	92.5	0.83	5.0	1.5	2.2	3.75	1000
BAO 355L8	160	660	740	94.0	0.85	5.5	1.5	2.2	10.63	1645
BAO 450M8	250	660	745	94.5	0.85	6.0	1.5	2.2	20.25	2250
BAO 315S10	55	380/660	590	91.5	0.71	5.0	1.4	2.2	4.25	1060
BAO 355M10	90	380/660	595	93.0	0.76	5.0	1.4	2.2	7.5	1475
BAO 450S10	160	380/660	595	94.0	0.77	5.0	1.4	2.2	16.25	2000
BAO 450M10	200	380/660	595	94.5	0.78	5.0	1.4	2.2	20.25	2250
BAO 450M2	200	6000	2980	93.7	0.86	6.5	1.1	2.8	4.25	2200
BAO 500M2	315	6000	2980	94.0	0.89	6.5	1.1	2.8	9.75	2700
BAO 500L4	250	6000	1480	93.2	0.87	6.0	1.2	2.5	7.5	2700
BAO 630M4	800	6000	1490	95.0	0.9	6.5	1.3	2.5	35.25	4780

(ხრილი 12-15 (გაგრძელება))

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
BAO 710M4	1250	6000	1490	95.5	0.9	6.0	1.4	2.4	75.75	7630
BAO 710L4	1600	6000	1490	95.7	0.91	6.0	1.4	2.4	88.5	8330
BAO 500L6	315	6000	990	94.5	0.87	5.5	1.3	2.4	26.3	3410
BAO 560M6	400	6000	990	94.2	0.86	6.0	1.3	2.4	41.25	4290
BAO 630M6	630	6000	990	94.9	0.87	6.0	1.3	2.4	54.25	5680
BAO 630L6	800	6000	990	95.3	0.87	6.0	1.3	2.4	90	7150
BAO 710M6	1000	6000	990	95.5	0.88	5.5	1.3	2.4	112.3	8530
BAO 710L6	1250	6000	990	95.6	0.88	5.5	1.3	2.4	126	9980
BAO 560L8	400	6000	740	94.3	0.81	5.5	1.3	2.2	56.25	5380
BAO 710M8	800	6000	745	95.6	0.85	6.0	1.4	2.4	142.0	5380
BAO 710L8	1000	6000	745	95.6	0.84	6.5	1.4	2.4	170.5	9930

შ 3 5 ი შ 3 5 ა: 1. 380/660 კოლტი ნომინალური ასაგებს ელექტრომარაგებში სტატორის გრავნილის გვესი გამოყვანი ბოლოთი მსადაცება ფაზების სამკუთხედოდას ქორსკელაგზე და პორიქსო გადასართოკად: 500, 600, 3000 და 6000 კოლტი ასაქის ელექტრომარაგები სტატორის გრავნილის სამი გამოყვანი ბოლოთი მსადაცება.

2. მინიმალური მზრუნავი მომენტის ნომინალურთან ფარდობის მნიშვნელობა 0.9-ის ტოლია.

3. BAO - აფექტუალური, ასინქრონული, შგმოქვეალი ; 315-710 -პრუნეს ღერობის სიმაღლე 88 ; M და L - სტატორის სიდაგარის სიგრძის პორიბოთი აღნიშვნა; 2-10 - კოლუსების რიცხვი.

დ. 12-3. სინქრონული ელექტროძრავები

მე-14 და მე-16 გაბარიტების CDH და CDH3 სერიის და მე-15 გაბარიტის CDM სერიის ელექტროძრავები

ტიპი	P _{ნომ.} , კიშ	U _{ნომ.} , კვ	n, ბრ/წთ	$\frac{M_{მკმ.}}{M_{ნომ}}$	$\frac{I_{მკმ}}{I_{ნომ}}$	$\frac{M_{მკმ}}{M_{ნომ}}$	$\frac{M_{\Delta-0.05}}{M_{ნომ}}$	γ, %	მუშა		მასა, კგ
									მუხის ინერციის მომენტი, J, კგ.მ ²	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
CDH14-49-6V3	800	10	1000	2.2	7.5	1.5	1.2	94.0	550		
CDH314-49-6V3	1000	10		2.1	7.5	1.8	1.36	95.0	625		
CDH14-59-6V3	2000	10		2.0	7.0	0.8	1.3	95.8	375		
CDH314-59-6V3	2500	10		2.0	7.0	0.8	1.2	96.0	425		
CDH14-41-8V3	630	6	750	2.3	7.0	1.2	1.2	94.6	875	5400	
CDH314-41-8V3	1000	6		2.6	7.0	1.3	1.3	94.8	1200	7100	
CDH14-59-8V3	1250	6	750	2.0	7.0	0.6	1.0	94.8	1120	8100	
CDH314-59-8V3											

1	Übersicht 12-16 (Dauerbelegungs)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
CDH15-39-8V3	1250	6	750	2.0	7.0	0.6	1.0	94.8	1120	8100	
CDH315-39-8V3											
CDH14-59-8V3	630	10		2.4	7.6	1.5	1.5	95.0	1200		
CDH314-59-8V3											
CDH15-64-8V3	1600	10		2.6	7.2	1.2	1.4	95.0	1350	--	
CDH315-64-8V3											
CDH16-64-8V3	2000	10		2.1	7.0	1.3	1.5	94.8	1830	--	
CDH316-64-8V3											
CDH14-44-10V3	630	6	600	2.0	6.0	1.0	1.0	93.5	2200	5700	
CDH314-44-10V3											
CDH14-56-10V3	800	6		2.0	6.0	1.0	1.2	94.0	2250	6800	
CDH314-56-10V3											
CDH15-49-10V3	1250	6		2.2	6.5	1.0	1.2	95.0	2750	8800	
CDH315-49-10V3											
CDH16-54-10V3	2000	6		1.7	7.0	1.2	1.1	90.7	3250	13000	
CDH316-54-10V3											
CDH15-49-10V3	1000	6		2.5	7.1	1.2	1.5	94.0	2750	--	
CDH315-49-10V3											
CDH15-64-10V3	1250	6		2.2	6.6	0.9	1.5	94.7	3500	--	
CDH315-64-10V3											

Օրինակ 12-16 (ընթացակարգով)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CDH16-54-10V3	1600	10		2.2	6.0	1.0	1.3	94.6	3250	--
CDH316-54-10V3										
CDH14-36-12V3	400	6	500	2.2	5.7	0.6	1.4	92.4	1550	4600
CDH314-36-12V3										
CDH14-44-12V3	500	6		2.0	5.3	0.7	1.4	93.2	1625	5200
CDH314-44-12V3										
CDH15-39-12V3	800	6		2.0	4.9	0.7	1.1	94.0	2680	7400
CDH315-39-12V3										
CDH16-41-12V3	1250	6		2.2	6.0	0.8	1.4	94.6	4500	11000
CDH316-41-12V3										
CDH15-49-12V3	800	10		2.2	6.0	0.85	1.45	93.2	3130	--
CDH315-49-12V3										
CDH16-51-12V3	1250	10		2.0	7.5	1.0	1.5	93.8	5250	--
CDH316-51-12V3										
CDH15-21-12V3	315	6		2.0	4.6	0.6	0.9	90.0	2000	4300
CDH315-21-12V3										
CDH15-34-12V3	500	6		2.1	5.0	0.7	1.2	92.0	3250	5400
CDH315-34-12V3										
CDH15-41-16V3	630	6		2.2	5.0	0.7	1.2	92.0	4000	6300
CDH315-41-16V3										

(სხრილი 12-16 (გაგრძელება))

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CDH16-41-16V3	1000	6		2.2	6.0	0.9	1.4	94.0	7000	8700
CDH316-41-16V3	630	10		2.9	7.3	0.9	1.7	92.4	7000	
CDH16-41-16V3	315	6	300	2.0	3.6	0.6	0.7	90.2	4000	4800
CDH316-41-16V3	400	6		2.0	3.5	0.6	0.7	90.5	5000	5400
CDH15-29-20V3	1600	6	1000	2.1	7.5	1.25	1.55	99.7	800	9100
CDH315-29-20V3	2000	6	1000	2.4	8.2	1.4	1.80	95.9	250	10500
CDH15-36-20V3	1250	6	750	2.2	7.5	1.3	1.10	95.3	250	9100
CDM15-49-6V3										
CDM15-64-6V3										
CDM15-49-8V3										

შენიშვნა: 1. ყველა ელექტრომარკისათვის $\cos \varphi_{\text{საშ}} = 0.9$

2. CD - სიმქონული ელექტროძრავა (H - ნორმალური, 3 - დახურული, M - საწისქილავი;
 14-16 - გაბარიტის აღნიშვნები; 29-64 - სტატორის გულარის სიგრძე, სმ; 6-20 - პოლუსების რიცხვი; V3 - კლიმატური შესრულება და განლაგების კატეგორია.
 3. მას ნაჩვენებია CDH სერიის ელექტრომარკებისათვის.

CDM 215 და CDM112-19 სერის სინკრონული
ელექტროძრავები

ტიპი	P _{ნომ.} , კვტ	n, ბრ/წთ	η, %	გაშუქვი მახასიათებლები				როტორის j, კვ.მ ²	შახს, მმ
				$\frac{M_{ტაქს}}{M_{ნომ}}$	$\frac{I_{ტაქს}}{I_{ნომ}}$	$\frac{M_{ტაქს}}{M_{ნომ}}$	$\frac{M_{N-0.01}}{M_{ნომ}}$		
1	2	3	4				9	10	
CDM 215/26-24Y4	630	280	93.1	---	---	---	---	9.0	
CDM 215/26-30Y4	400	187.5	91.7	---	---	---	---	9.3	
CDM112-19-26-24Y4	630	250	93.7	---	---	---	---	9.0	
CDM112-19-26-32Y4	400	187.5	92.4	---	---	---	---	9.1	
CDM112-19-26-32-6YX14	400	187.5	92.6	2.9	6.6	1.2	1.6	1.8	
CDM112-19-26-24-6YX14	630	250	93.7	2.2	6.2	1.2	1.6	1.6	
CDM112-19-31-32-6YX14	500	187.5	93.0	3.0	7.0	1.2	1.7	2.1	
CDM112-19-31-24-6YX14	800	250	94.0	2.3	6.5	1.4	1.6	1.9	
CDM112-19-41-32-6YX14	630	187.5	93.5	2.9	6.9	1.2	1.6	2.8	

შენიშვნა: 1. ძრავები განკუთვნილია ბურთულაგანი და ღეროვანი წისქვილების ამბრაფისათვის.

2. ძრავები შეზღოვნებ ცვლადი ღენის 6000 კ კაბაგას და 50 კვ სინზრეზე

3. ელექტროძრავების ტიპების აღნიშვნები: CDM112 - სინკრონული ძრავა, საწისქვილე, გამოკრეკალი; 2 სერია; 19 - გაბარტიის აღნიშვნა; 26-41 სტატორის ბულოარის აქტიური სიგრძე, სმ; 24; 32 - პოლუსების რიცხვი; YXK4 - კლიმატური შესრულება (ზომიერი, ცივი) და განლაგების კატეგორია.

800 – 2000 კვბ სიმძლავრის CDB სერის მე-15 და მე-16 გაბარიტების
სინქრონული ელექტროძრავები

(ცხრილი 12-18

ტიპი	$P_{\text{სიმ. კვბ}}$	$n, \text{ ბრ/წთ}$	$\eta, \%$	გამწევი მახასიათებლები				მუშა რეჟიმების ინერციის მომენტი, $J, \text{ კგ.მ}^2$	მუშა რეჟიმის მახა, კვ
				$\frac{M_{\text{მ.იხ.}}}{M_{\text{სიმ.}}}$	$\frac{I_{\text{გ.აბ}}}{I_{\text{სიმ.}}}$	$\frac{M_{\text{ს.}}}{M_{\text{სიმ.}}}$	$\frac{M_{\text{გ.აბ}}}{M_{\text{სიმ.}}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CDB-15-39-10V3	800	600	94.3	2.2	6.5	1.0	1.5	1562.5; 987.5	7700
CDB-15-49-10V3	1000	600	94.8	1.95	6.0	0.6	1.8	887.5	9000
CDB-15-64-10V3	1250	600	95.3	2.2	7.0	1.1	1.7	887.5	10600
CDB-15-64-10V3	1600	600	95.2	2.0	6.0	0.9	1.3	887.5	10600
CDB-15-34-12V3	500	500	93.0	2.4	7.0	1.0	1.5	1562.5	7100
CDB-15-49-12V3	800	500	94.0	2.0	6.0	0.6	2.0	887.5	9400
CDB-16-41-12V3	1250	500	94.5	2.2	6.5	0.9	1.5	1862.5; 2375	11000
CDB-16-51-12V3	1600	500	95.3	2.1	6.0	0.7	1.5	1862.5	12900
CDB-16-64-12V3	2000	500	95.3	2.1	6.0	0.6	1.6	1862.5	15100
CDB-16-41-16V3	1000	378	94.1	2.4	6.5	1.0	1.0	---	9300

შ ე ნ ი შ ე ა: 1. ძრავები გამოიყენება პენტილოტორებისა და მბრუნავი ნაწილების ინერციის დიდი მომენტის შემთხვევაში; 2. ძრავების ნომინალური სიჩქარე - $U_{\text{სა}} = 6000$; $\cos \varphi_{\text{სა}} = 0.9$ (წინასწარები დენის შემთხვევაში); 3. CDB - სინქრონული ელექტროძრავა, პენტილოტორის; 15, 16 - გაბარიტის აღნიშვნები; 39-64 - სტატორის გულარის სიგრძე, სმ; 10-12 - პოლუსების რიცხვი; V3 - კლომატური შესრულება და განლაგების კატეგორია.

1250 - 12500 კმბ სიმძლავრის CTDП სერვის
არაკვანძოვლებსა სინქრონული ელემენტორბაგები

ცხრილი 12-19

ტიპი	P _{გაბ} , კმბ	U _{გაბ} , კვ	η, %	გამედი მახასიათებლები			
				$\frac{I_{გაბ}}{I_{გაბ}}$	$\frac{M_{გაბ}}{M_{გაბ}}$	$\frac{M_{გაბ}}{M_{გაბ}}$	$\frac{M_{3-005}}{M_{გაბ}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
CTDП - 1250 - 2YXП4	1250	6 10	96.5 96.2	6.48	2.07	2.24	1.27
CTDП - 1600 - 2YXП4	1600	6 10	96.7 96.6	6.79	2.16	2.37	1.37
CTDП - 2000 - 2YXП4	2000	6 10	96.7 96.6	6.91	2.22	2.45	1.4
CTDП - 2500 - 2YXП4	2500	6 10	96.8 96.6	6.16	1.75	2.11	1.34
CTDП - 3150 - 2YXП4	3150	6 10	97.1 97.8	6.63	1.85	2.32	1.49
CTDП - 4000 - 2YXП4	4000	6 10	97.2 96.9	6.69	1.92	2.38	1.5
CTDП - 5000 - 2YXП4	5000	6 10	97.3 97.2	7.22	2.07	2.62	1.64
CTDП - 6300 - 2YXП4	6300	6 10	97.4 97.4	6.28	1.62	2.05	1.65
CTDП - 8000 - 2YXП4	8000	6 10	97.6 97.6	6.93	1.76	2.29	1.83
CTDП - 10000 - 2YXП4	10000	6 10	97.7 97.7	8.1	2.06	2.75	2.14
CTDП - 12500 - 2YXП4	12500	6 10	97.7 97.7	8.86	2.24	3.04	2.35

სხრილი 12-19 (დაგრძელება)

ა ბ გ ნ ე ბ ა		ა მ გ ე ნ ე ბ ე ბ ი					მ ა მ ა,
$U_{r, a}$	$U_{r, a}$	ბ ი ბ ი	$P_{a, a, a, a, a}$	$U_{r, a, a}$	$I_{r, a, a}$	$M_{a, a, a, a}$	კ მ
9	10	11	12	13	14	15	16
45	255	ნ ბ ე ე - 1 ა 4	20	62.5	320	3000	7030
45	255						
52	276	ნ ბ ე ე - 1 ა 4	20	62.5	320	3000	7630
52	273						
59	290	ნ ბ ე ე - 1 ა 4	20	62.5	320	3000	8030
59	290						
77	256	ნ ბ ე ე - 2 ა 4	40	125	320	3000	11150
76	260						
89	269	ნ ბ ე ე - 2 ა 4	40	125	320	3000	12350
89	270						
101	289	ნ ბ ე ე - 2 ა 4	4040	125	320	3000	12970
103	294						
118	294	ნ ბ ე ე - 2 ა 4	40	125	320	3000	14750
118	294.9						
136	251	ნ ბ ე ე - 3 ა 4	80	250	320	3000	21600
137	253						
156	261	ნ ბ ე ე - 3 ა 4	80	250	320	3000	22800
156	262						
190	270	ნ ბ ე ე - 4 ა 4	80	250	320	3000	27000
182	258						
226	290	ნ ბ ე ე - 4 ა 4	80	250	320	3000	29500
220	282						

შ ა ნ ი შ ი ნ ა : 1. კლექტრონული ტექნოლოგიის განვითარების, კომპიუტერების, აირული საჭიროების ამზადების, რომელიც კვლევა კლასის ფორტადასაშიში სონების მქონე უნობაში

- განთავსებული, გარდა $B-I$, კლასისა, სადაც შესაძლებელია ნებისმიერი კატეგორიისა და ჯგუფის ორთქლისა და აირების პაერთან ნარევის წარმოქმნა.
2. ძრავების ნომინალური ბრუნთა რიცხვი – $n=3000$ ბრ/წთ; სიმძლავრის კოეფიციენტი – $\cos\phi = 0.9$ (წინსწრები დენის შემთხვევაში).
3. ტიპების აღნიშვნებში: *CDTII* სინქრონული ძრავა, საშვ.ზა, გამოქრეადი; **1250 - 12500** – ძრავას სიმძლავრე, კვტ; **2** – პოლუსების რიცხვი; *YXII4* – კლიმატური (სიომიერი, ყიფი) შესრულება და განლაგების კატეგორია.

630-12500 კმბ სიმძლავრის CTD სერვის არავცხადმოქლესა
სინქრონული ელემტრობრავები

ცხრილი 12-20
როტორის,
j, ტმ

ტიპი	P _{სერვ.} კმბ	S _{სერვ.} კმპ	U _{სერვ.} კმ	γ, %	გამში მახასიათებლები				
					$\frac{I_{\text{გაბ}}}{I_{\text{სერვ}}}$	$\frac{M_{\text{გაბ}}}{M_{\text{სერვ}}}$	$\frac{M_{\text{მაქ}}}{M_{\text{სერვ}}}$	$\frac{M_{\text{ს-0.05}}}{M_{\text{სერვ}}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CTD - 630 - 23VXJ4	630	735	6; 10	95.8	5.66	2.03	2.08	0.97	0.053
CTD - 800 - 23VXJ4	800	935	6; 10	96.0	5.58	2.01	0.07	0.97	0.056
CTD - 1000 - 23VXJ4	1000	1160	6; 10	96.3	6.7	2.41	2.49	1.2	0.06
CTD - 1000 - 23V5	1000	1160	6; 10	96.3	6.7	2.41	2.49	1.2	0.06
CTD - 1250 - 23VXJ4	1250	1450	6; 10	96.8	6.48	2.07	2.24	1.27	0.702
CTD - 1600 - 23VXJ4	1600	1850	6; 10	96.9	6.79	2.16	2.37	1.37	0.112
CTD - 2000 - 23VXJ4	2000	2870	6; 10	96.8	6.91	2.22	2.45	1.4	0.123
CTD - 2500 - 23VXJ4	2500	2870	6; 10	97.2	6.16	1.75	2.11	1.34	0.23
CTD - 3150 - 23VXJ4	3150	3680	6; 10	97.3	6.63	1.85	2.32	1.49	0.258
CTD - 4000 - 23VXJ4	4000	4580	6; 10	97.5	6.69	1.92	2.38	1.5	0.278
CTD - 5000 - 23VXJ4	5000	5740	6; 10	97.6	7.72	2.07	2.62	1.64	0.32
CTD - 630 - 2PYXJ4	630	735	6; 10	95.8	5.66	2.03	2.08	0.97	0.053
CTD - 800 - 2PYXJ4	800	935	6; 10	96.0	5.58	2.01	2.07	0.97	0.056
CTD - 1000 - 2PYXJ4	1000	1160	6; 10	96.3	6.7	2.41	2.49	1.2	0.06
CTD - 1250 - 2PYXJ4	1250	1450	6; 10	96.8	6.48	2.07	2.24	1.27	0.102
CTD - 1600 - 2PYXJ4	1600	1850	6; 10	96.9	6.78	2.16	2.37	1.37	0.112
CTD - 2000 - 2PYXJ4	2000	2300	6; 10	96.9	6.91	2.22	2.45	1.4	0.123
CTD - 2500 - 2PYXJ4	2500	2870	6; 10	97.2	6.16	1.75	2.11	1.34	0.230
CTD - 3150 - 2PYXJ4	3150	3680	6; 10	97.3	6.63	1.85	2.32	1.49	0.258
CTD - 4000 - 2PYXJ4	4000	4580	6; 10	97.5	6.69	1.92	2.38	1.5	0.278

1	12-20 (გაგრესიულობა)									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CTD - 5000 - 2PYX/J4	5000	5740	6: 10	97.6	7.72	2.07	2.62	1.64	0.320	
CTD - 6300 - 2PYX/J4	6300	7200	6: 10	97.6	6.28	1.62	2.05	1.65	0.69	
CTD - 8000 - 2PYX/J4	8000	9100	6: 10	97.9	6.93	1.76	2.29	1.83	0.77	
CTD - 10000 - 2PYX/J4	1000	11400	6: 10	97.8	8.1	2.06	2.75	2.14	—	
CTD - 12500 - 2PYX/J4	12500	14200	6: 10	97.9	8.86	2.24	3.04	2.35	—	

* გაშვება განტვირთვით შეიძლება.

შ ე ნ ი შ ვ ე ა 1. არაგვი განკუთვნილია ტუმბოების, ტურბოკომპროსორების, პასაბეჭდების, გარდამსახისისა და სხვა სწრაფვალე მქონეების ამრავისათვის, რომლებიც დახურულ შენობებში მუშაობენ.
 2. არაგვიების ბრუნთა რიცხვი - $n=3000$ ბრ/წთ; სიმძლავრის კოეფიციენტი - $\cos\phi = 0,9$ (წინასწარები დენის შემთხვევაში).

ლიტერატურა

1. Айзенберг В. Л. Городские электрические сети. М., Госэнергоиздат, 1958.
2. Афанасьев В. В., Вишневский Ю. И. Воздушные выключатели. Л-д, "Энергоиздат", 1981.
3. Афанасьев В. В. и др. Трансформаторы тока. Л-д, "Энергия", 1980.
4. Баптиданов Л. И., Тарасов В. И. Электрооборудование электрических станций и подстанций. М., Госэнергоиздат, т. I и II, 1960.
5. Блок В. М. Электрические сети и системы. М., "Высшая школа", 1986.
6. Боровиков В. А., Косарев В. К., Ходот Г. А. Электрические сети и системы. М., "Энергия", 1968.
7. Васильев А. А. и др. Электрическая часть станций и подстанций. М., "Энергоатомиздат", 1990.
8. Веников В. А., Путятин Е. В. Введение в специальность. М., "Высшая школа", 1978.
9. Глазунов А. А. Электрические сети и системы. М., Госэнергоиздат, 1960.
10. Головкин П. И. Энергосистема и потребители электрической энергии. М., "Энергия", 1979.
11. Двоскин Л. Н. Схемы электрических соединений мощных тепловых электростанций. Л., М., Госэнергоиздат, 1963.
12. Двоскин Л. И. Компонировка и конструкций распределительных устройств высокого напряжения. М., Госэнергоиздат, 1960.
13. Долин П. А. Основы техники безопасности в электрических установках. М., "Энергия", 1970.
14. Идельчик В. И. Электрические системы и сети. М., "Энергоатомиздат", 1989.
15. Карпов Ф. Ф. Расчет городских распределительных сетей. М., "Энергия", 1968.
16. Каменский М. Д. Электрические системы. М., Госэнергоиздат, 1952.
17. Керного В. В. и др. Местные электрические сети. "Высшая школа", Минск, 1972.
18. Козлов В. А. Городские распределительные электрические сети. Л-д, "Энергоиздат", 1982.
19. Козлов В. А., Волчков К. К. Эксплуатация сооружений городских электрических сетей. Л-д, "Энергия", 1979.
20. დ. ლაოშვილი. ელექტრომომარაგების სისტემების რელეური დაცვა და ავტომატიკა. სახელმძღვანელო. თბილისი, 1993.
21. დ. ლაოშვილი. ელექტრომომარაგების სისტემების საიმედოობა. მონოგრაფია. თბილისი, 1993.
22. დ. ლაოშვილი. ენერგეტიკა. სახელმძღვანელო. თბილისი, 1999.
23. დ. ლაოშვილი, ე. შებრეველი, გ. კობრიძე. ელექტრონერგეტიკული სისტემის საიმედოობისა და რეჟიმების ოპტიმიზაცია. მონოგრაფია. თბილისი, 2000.
24. დ. ლაოშვილი. ენერგეტიკა. სახელმძღვანელო. (მეორე გადამუშავებული გამოცემა) თბილისი, 2000.
25. Маркович И. М. Режимы электрических систем. М., Госэнергоиздат, 1963.
26. Мельников Н. А. Электрические сети и системы. М., "Энергия", 1975.
27. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. М., "Энергоатомиздат", 1986.

28. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. (Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования). М., "Энергоатомиздат", 1989.
29. Родштейн Л. А. Электрические аппараты низкого напряжения. М., Л-д, "Энергия", 1964.
30. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. М., "Энергия", 1980.
31. Руцкий А. И. Электрические станций и подстанций. ч. I. М., "Высшая школа", 1974.
32. Рябков А. Я. Электрические сети и системы. М., Госэнергоиздат, 1960.
33. Рябков И. С., Циперман Л. А. Электрическая часть осветительных установок. М., "Энергия", 1966.
34. Рюденберг Р. Эксплуатационные режимы электроэнергетических систем и установок. Перевод с немецкого. Л-д, "Энергия", 1981.
35. Славнин М. И. Электрооборудование электрических станций и трансформаторных подстанций. Госэнергоиздат, 1963.
36. Солдаткина Л. А. Электрические сети и системы. М., "Энергия", 1978.
37. Твайделл Дж., Уейр А. Возобновляемые источники энергии. Энергоатомиздат, 1990.
38. Усов С. В. Электрическая часть электростанций. Л., "Энергия", 1977.
39. Ульянов С. А. Короткие замыкания в электрических системах. Госэнергоиздат, 1952.
40. Федоров А. А., Ристхейн Э. М. Электроснабжение промышленных предприятий. М., "Энергия", 1981.
41. Федосеев А. М. Релейная защита электрических систем. М., "Энергия", 1976.
42. Холмский В. Г. Применение регулируемых трансформаторов в электрических сетях. М., Госэнергоиздат, 1950.
43. Церазов А. Л., Васильева А. П., Нечаев Б. В. Электрическая часть тепловых электростанций. М., "Энергия", 1980.
44. Цигельман И. Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий. М., "Высшая школа", 1977.
45. Цигельман И. Е., Тульчик И. К. Электроснабжение, электрические сети, освещение. М., "Высшая школа", 1970.
46. Чернобровов Н. В. Релейная защита. М., "Энергия", 1971.
47. Шейдин С. А. Электрические сети и освещение. Гос. научно-тех. изд-во черной и цветной металлургии, 1959.
48. Шелков Е. А. Расчеты нагрева силовых кабелей при коротком замыкании. "Электрические станции", 1974, №5.
49. Электрическая часть гидростанций. Главные схемы электрических соединений. Г. С. Лисовский, Б. С. Успенский, М. Э. Хейфиц. М., "Энергия", 1965.
50. Электрические системы. Т.8. Управление переходными режимами электрических систем. Под ред. В. А. Веникова. М., "Высшая школа", 1982.
51. ი. ქურდიანი, გ. ქურციკიძე. "ელექტრული ქსელები და სისტემები." თბილისი, 1972.

თავი I . ელექტროული ენერჯის წარმოების ტექნოლოგია

§ 1-1. ელექტროსადგურების ტიპები -----5
 § 1-2. თბური ელექტროსადგურები -----6
 § 1-3. პიდროელექტროსადგურები -----13
 § 1-4. მცირე პიდროენერჯეტიკა -----18
 § 1-5. ატომური ელექტროსადგურები -----20
 § 1-6. პიდრომააკუმულირებელი ელექტროსადგურები -----22
 § 1-7. ელექტრული სადგურებისა და ქვესადგურების საკუთარი მოხმარება -----26
 § 1-8. ელექტროსადგურების მონაწილეობა ენერჯეტიკული სისტემის მუშაობის რეჟიმებში -----30
 § 1-9. ელექტროსადგურების ეკონომიკური მასენებლები -----34

თავი II . ენერჯეტიკული სისტემებისა და ელექტროენერჯეტიკული ქსელების სტრუქტურა

§ 2-1. ელექტრული ქსელების დანიშნულება -----35
 § 2-2. ელექტრული ქსელების ძირითადი განსაზღვრებები -----36
 § 2-3. ელექტრული ქსელის ელემენტები -----41
 § 2-4. ელექტრული ქსელის მიმართ წაყენებული მოთხოვნები -----43
 § 2-5. ელექტრული ქსელებისა და სისტემების სტრუქტურა და კლასიფიკაცია -----47
 § 2-6. ელექტრული ქსელებისა და ელექტრომწვობილობის ნომინალური ძაბვები და მათი გამოყენების სფერო -----53
 § 2-7. სააერო გადამცემი ხაზების მოწყობილობა -----56
 § 2-8. გარე სააერო ქსელები -----59
 § 2-9. საკაბელო გადამცემი ხაზების მოწყობილობა -----62
 § 2-10. საკაბელო ქსელები -----64
 § 2-11. სადენებისა და კაბელების გახურების ზღერული დასაშვები ტემპერატურები -----65
 § 2-12. სადენებისა და კაბელების ხანგრძლივად დასაშვები დენური დატვირთვა გახურების პირობის მიხედვით -----67
 § 2-13. სადენების კვეთების შერჩევა ეკონომიკურობის პირობის მიხედვით (დენის ეკონომიკური სიმკვრივე: ეკონომიკური ინტერვალები) -----69
 § 2-14. შეზღუდვები სადენების კვეთების შერჩევის დროს -----74
 § 2-15. სადენების კვეთების შერჩევა ძაბვის დასაშვები დანაკარგების მიხედვით -----76
 § 2-16. სადენებისა და კაბელების კვეთების შერჩევა გახურების პირობის მიხედვით -----78
 § 2-17. ელექტრული ქსელებისა და ელექტროდანადგარების ნეიტრალის მუშაობის რეჟიმები -----81
 § 2-18. ელექტრული დატვირთვის გრაფიკები -----91
 § 2-19. სიმძლავრის კოეფიციენტი და მისი გაუმჯობესების საშუალებები -----104

თავი III . ელექტროენერჯის ხარისხი და მისი უზრუნველყოფა

§ 3-1. ელექტრული ენერჯის ხარისხის მნიშვნელობა -----	107
§ 3-2. ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლები -----	108
§ 3-3. სიხშირის გადახრა -----	110
§ 3-4. სიხშირის რხევა -----	112
§ 3-5. ძაბვის გადახრა -----	114
§ 3-6. ძაბვის რხევა -----	116
§ 3-7. ძაბვის ვარდნა და დანაკარგები გადამცემ ხაზებში -----	119
§ 3-8. ძაბვის დონის რეგულაცია ელექტრულ ქსელებში -----	121
§ 3-9. სარეგულაციო მოწყობილობების შერჩევა -----	131
§ 3-10. რეაქტიული სიმძლავრის დანიშნულება და მისი კომპენსაცია -----	133
§ 3-11. მაკომპენსირებელი მოწყობილობები და მათი შერჩევა -----	141
§ 3-12. სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგები ელექტრულ ქსელებში -----	151
§ 3-13. ელექტრულ ქსელებში დანაკარგების აღრიცხვის მეთოდები -----	161
§ 3-14. მომხმარებლების ელექტრომომარაგების შეწყვეტის ალბათობა -----	164
§ 3-15. ელექტრომომარაგების შეწყვეტით გამოწვეული ტექნიკურ - ეკონომიკური ზარალი -----	168

თავი IV. მოკლედ შერთვები ელექტრულ დანადგარებში და მათგან დაცვა

§ 4-1. რელეური დაცვისა და ავტომატიკის დანიშნულება -----	171
§ 4-2. დაზიანებები ელექტროდანადგარებში -----	173
§ 4-3. არანორმალური რეჟიმები -----	176
§ 4-4. ოპერატიული დენის წყაროები -----	179
§ 4-5. დენის ტრანსფორმატორები -----	182
§ 4-6. ძაბვის ტრანსფორმატორები -----	184

თავი V. ელექტროენერგეტიკული სისტემის ძირითადი ელექტრული დანადგარები

§ 5-1. სინქრონული გენერატორები -----	186
§ 5-2. ძალური ტრანსფორმატორები და ავტოტრანსფორმატორები -----	190
§ 5-3. ტრანსფორმატორების გრაფილების შეერთების სქემები და ჯგუფები -----	200
§ 5-4. ტრანსფორმატორების პარალელური მუშაობა -----	203
§ 5-5. ელექტრული აპარატების დანიშნულება. მაღალი ძაბვის ძალური და დატვირთვის ამომრთველები -----	205
§ 5-6. ელექტროაირული ამომრთველები -----	211
§ 5-7. გამთიშები, მოკლედ შემრთველები, განმხოლოებლები -----	213
§ 5-8. დენშემზღუდი რეაქტორები -----	215

თავი VI . ელექტროსადგურებისა და ქვესადგურების მთავარი სქემები

6-1. მთავარი სქემების სახეები და მათი დანიშნულება	217
6-2. ელექტროდანადგარების მთავარი სქემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები	218
6-3. ელექტროსადგურებსა და ქვესადგურებზე ელექტროენერჯის გადაცემის სქემები	221
6-4. თიკებზე კაეშირის ტრანსფორმატორების რიცხვისა და სიმძლავრის შერჩევა	223
6-5. კესებზე, პესებსა და აესებზე კაეშირის ტრანსფორმატორების რიცხვისა და სიმძლავრის შერჩევა	225
6-6. ქვესადგურებზე ტრანსფორმატორების რიცხვისა და სიმძლავრის შერჩევა	227
6-7. ტექნიკურ - ეკონომიკური შედარება ელექტროენერჯის გადაცემის სქემის შერჩევის დროს	230

თავი VII . ელექტროდანადგარების ელექტრული უსაფრთხოების საკითხები

7-1. ჩამამიწებელი მოწყობილობების დანიშნულება და განსაზღვრებები	233
7-2. ელექტროდანადგარების მუშა ჩამიწება	235
7-3. ელექტროდანადგარების გადამეტაბეებისაგან დაცვა (გადამეტაბეების შემზღვევლები)	239
7-4. დენის განდინების წინააღობა	243
7-5. დამცავი განრთვა	246

თავი VIII . ენერჯის განახლებადი წყაროები

8-1. ძირითადი ცნებები და განსაზღვრებები	248
8-2. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების მეცნიერული საფუძვლები	253
8-3. ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების ტექნიკური პრობლემები	255
8-4. მზის გამოსხივების ენერჯის გამოყენება	261
8-5. პილროენერგეტიკა	265
8-6. ქარის ენერგეტიკა	269
8-7. გეოთერმული ენერგეტიკა	272
8-8. ტალღებისა და მოქცევის ენერჯია	275
8-9. ენერჯის აკუმულირება და სხვადასხვა მანიძლზე გადაცემა	280

დ ა ნ ა რ თ ე ბ ი	291
ზ ი ტ ე რ ა ტ უ რ ა	379
ს ა რ ჩ ე ე ი	381

იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით

რედაქტორი ბ. ჭუნაშვილი

კომპიუტერული უზრუნველყოფა დ. კარანაძის

პასუხისმგებელი გამოცემისთვის ლ. კასრაძე

ფასი სახელშეკრულებო

გამომცემლობა “ტექნიკური უნივერსიტეტი”,
თბილისი, კოსტაეას ქ. №77

გამომცემლობა “მერანის” სტამბა
თბილისი, რუსთაველის გამზ. №42