

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ხაჩიძე

მუდმივი დენის ჩანართისა და სინქრონული კომპენსატორების
ენერგოსისტემასთან ერთობლივი მუშაობის რეჟიმების კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია“

შიფრი 0405

თბილისი
2017 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ელექტროენერგეტიკისა და ელექტრომექანიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი დემურ კობრეიძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2017 წლის „----“ „-----“, „-----“ საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი VIII, აუდიტორია -----

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - სტუ-ის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

სამუშაოს აქტუალურობა.

მძლავრი ენერგეტიკული სისტემების დაკავშირება ხდება მუდმივი ან ცვლადი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზებით. როდესაც საჭიროა ასინქრონული კავშირის განხორციელება. (სხვადასხვა სიხშირის სისტემების დაკავშირება და ა.შ.) მიზანშეწონილია მუდმივი დენის ჩანართის გამოყენება. მუდმივი დენის ჩანართი შეიცავს გამმართველ-ინვერტორულ ქვესადგურს, რომლებიც დაკავშირებულია უშუალოდ რეაქტორის საშუალებით.

მუდმივი დენის ჩანართის ფუნქციას წარმოადგენს ორი სხვადასხვა სისტემის ერთმანეთისგან დამოუკიდებელ მართვას და ასევე იძლევა სხვადასხვა პარამეტრებზე მუშაობის საშუალებას. შეიძლება მუდმივი დენის ჩანართის საშუალებით ერთმანეთს დაუკავშირდეს ერთნაერი სიხშირის ელექტროსისტემები მათი ურთიერთ გავლენის შემცირების მიზნით ავარიულ რეჟიმში. ჩვენს შემთხვევაში განხილულია ეს უკანასკნელი შემთხვევა. ჩანართის პარამეტრების ოპტიმალური შერჩევა უზრუნველყოფს სისტემების მდგრად მუშაობას, როგორც დამყარებულ, ისე არასტაციონარულ რეჟიმებში. ჩანართის პარამეტრების გაანგარიშება და ანალიზი საშუალებას გვაძლევს შევირჩიოთ მუშაობის საჭირო რეჟიმები.

მდრ-ის გამმართველი და ინვერტორული ქვესადგურების ელექტრომაგნიტური პროცესების ზუსტი ანალიზი აუცილებელია აღნიშნული მოწყობილობის გამართული ექსპლუატაციისთვის

მდრ-ის მოწყობილობის სისტემასთან ორგანულადაა დაკავშირებული სინქრონული კომპესატორები. რომლის დანიშნულებაცაა სიმძლავრის კოეფიციენტის გაუმჯობესება, ძაბვის დამატებითი რეგულირება და რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია. მდრ-ის და სინქრონული კომპესატორის ენერგო სისტემასთან ერთობლივი მუშაობის საკითხები არის აქტუალური და ჩატარებული ანალიზი არის ძალიან მნიშვნელოვანი ანალოგური დანადგარების გამოყენებისას.

გარდა მანქანური კომპესატორებისა გამოყენებულია სტატიკური კომპესატორი - კონდესატორებისა და რეზისტორების ბაზაზე.

ჩატარებული ჰარმონიკული ანალიზი საშუალებას გვაძლევს შერჩეულ იქნეს მოწყობილობის ოპტიმალური პარამეტრები და ცალკეული ჰარმონიკების კუთრი წილი ქსელის პარამეტრებზე.

სამუშაოს მიზანი

მუდმივი დენის ჩანართის მათემატიკური მოდელირება ჩატარებულია მისი სტატიკური და დინამიკური რეჟიმების კვლევის მიზნით. დისერტაციაში დასმული საკითხები გარდაქმნილია მოწყობილობების დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნის გზით. გამოყენებულია კოორდინატთა გარდაქმნის მეთოდი სიდიდეთა მყისი მნიშვნელობებისათვის.

გამოკვლევის ობიექტი და მეთოდები

ნაშრომში გამოყენებულია საინჟინრო გამოთვლების მეთოდები. საკითხები გადაჭრილია ელექტრული ქსელების, ელექტრული მანქანების, მათემატიკური ანალიზისა და კომპიუტერული მოდელირების თეორიათა გამოყენებით. მუდმივი დენის ჩანართის კვლევისათვის გამოყენებულია ცვლადთა კომპლექსური გარდაქმნის მეთოდი, სიდიდეთა როგორც მყისი ისე საშუალო მნიშვნელობებისათვის. განტოლებების საშუალებით ხდება სტატიკური და დინამიკური რეჟიმების კვლევა და მდჩ-ის ძირითადი მახასიათებლების გაანგარიშება.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

- დამუშავდა მუდმივი დენის ჩანართის დამყარებული და გარდამავალი რეჟიმების მათემატიკური მოდელი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვიკვლიოთ სახასიათო რეჟიმები.

- გაანგარიშებათა საფუძველზე შეიძლება შეირჩეს სქემის ელემენტების პარამეტრები, როგორც სტატიკური გარდამქმნელების, ასევე სინქრონული კომპესატორებისა და სტატიკური მფილტრავ-მაკომპენსირებელი კონდესატორთა ბატარეის ნაწილში.

პრაქტიკული ღირებულება.

მუდმივი დენის ჩანართის კვლევისათვის გამოყენებული ცვლადთა გარდაქმნის მეთოდი საშუალებას გვაძლევს ჩატარდეს სხვადასხვა ვენტილურ-ელექტრომაგნიტური სისტემების ყოველმხრივი ანალიზი ცვლადთა მყისი და საშუალო მნიშვნელობებისათვის მოწყობილობათა ოპტიმალური პარამეტრების შესარჩევად. ნაშრომში განხილულ ჩანართის სქემურ ვარიანტს ელექტრომანქანური ტიპის გამმრთველისა და ინვერტორის გამოყენებით და ზეგამტარი გრაგნილებით აქვს დიდი პერსპექტივა. ახალი ტიპის ელექტროენერგეტიკული სისტემების შექმნისას.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა.

დისერტაციის სტრუქტურა მოიცავს: სარჩევს; შესავალს; ხუთ თავს, რომელშიც მოყვანილია 42 ნახაზი და 5 ცხრილი; დასკვნებს და ლიტერატურის სიას. დისერტაციის მოცულობა შეადგენს 108 გვერდს.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები.

პირველ თავში განხილულია მუდმივი დენის ჩანართის პრინციპული სქემები.

თავდაპირველად ელექტროენერგიის გადასაცემად გამოიყენებოდა მუდმივი დენი. შემდგომში ტრანსფორმატორების გამოყენების შესაძლებლობამ უფრო მიმზიდველი გახადა ცვლადი ძაბვით ელექტროენერგიის გადაცემა. ცვლადი ძაბვის გამოყენებამ მიიღო მასიური სახე. თუმცა ამ დროის განმავლობაში არ შეწყვეტილა მუდმივი ძაბვით გადაცემის განვითარება. იზრდებოდა ელექტროენერგიის

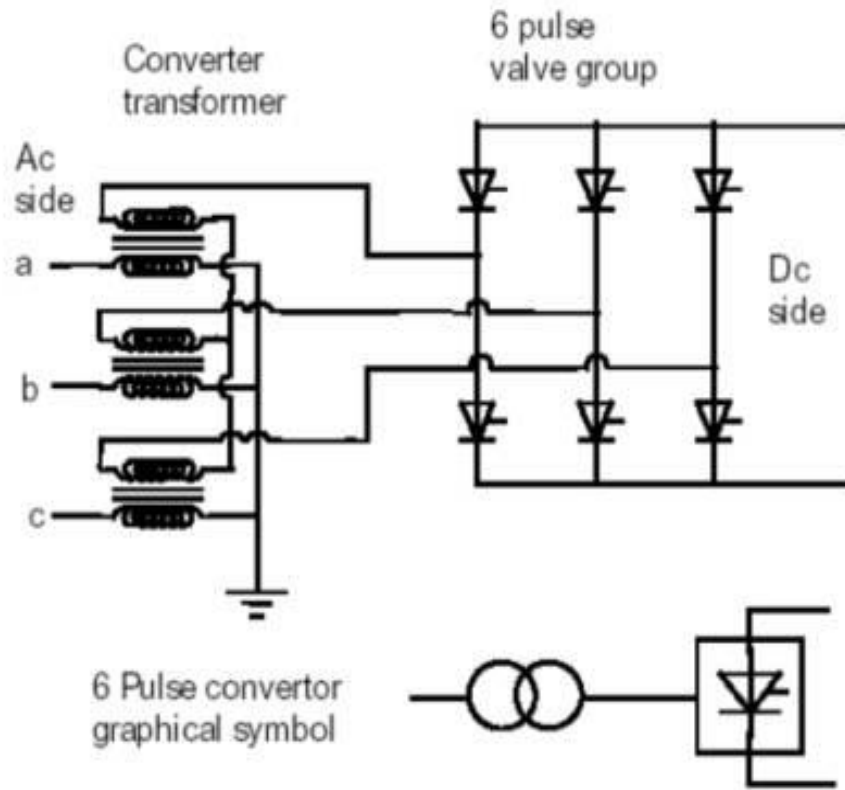
მოხმარება და ინტერესი მუდმივი ძაბვის მიმართ უფროდაუფრო ღრმავდებოდა და აშკარად იკვეთებოდა მისი უპირატესობა ცვლადი ძაბვით გადაცემასთან შედარებით.

დენის ერთი სახიდან მეორეში გარდაქმნისათვის აუცილებელია არაწრფივი ელემენტის გამოყენება. ასეთ ელემენტს წარმოადგენს ელექტრული ვენტილი, რომლის წინაღობა მკვეთრად იცვლება დენის მიმართულების მიხედვით. პირდაპირი მიმართულებით ვენტის წინაღობა უმნიშვნელოა, ხოლო უკუ მიმართულებით პრაქტიკულად უსასრულოდ დიდია.

გარდაქმნილი ქვესადგურების ვენტილებს უნდა გააჩნდეთ მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი. ამ მოთხოვნებს აკმაყოფილებს ვანტილების ორი სახეობა - იონური ვერცხლისწყლის კათოდით (ვერცხლისწყლიანი ვენტილები) და ნახევრადგამტარიანი. ადრე აგებულ მდგ -ში იყენებდნენ იონურ ვენტილებს, ხოლო შემდეგ დაიწყო ნახევრადგამტარიანი მართული ვენტილების - ტირისტორების გამოყენება. ამჟამად სერიულად გამოდის მძლავრი ნახევრადგამტარიანი ვენტილები მაღალი პარამეტრებით. (უკუ ძაბვით 6 კვ და პირდაპირი დენით 5 კა) მათი მიმდევრობით - პარალელური ჩართვით შეიძლება ავაგოთ მძლავრი ნახევრად გამტარიანი ბლოკები გარდამქმნილი ქვესადგურებისათვის.

სამფაზი ცვლადი დენის მუდამივ დენად გარდასაქმნელად და პირიქით მუდმივი დენის ცვლად დენად გარდაქმნისათვის გამოიყენება მრავალი სქემა. ეს სქემები განსხვავდება ერთმანეთისაგან ვენტილების შეერთების ხერხით, ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილების შესრულებით, ვენტილების ტრანსფორმატორთან მიერთების სქემით. ყველაზე მაღალი ტექნიკურ - ეკონომიკური მაჩვენებლები გააჩნია სამფაზა ბოგურ სქემას (ლარიონოვის სქემა) შემდგომში ამ სქემას ვუწოდებთ ერთბოგიან სქემას, ხოლო შესაბამის გარდამქმნელს

„ერთბოგიან გამმართველს“ ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ერთბოგიანი გარდამქმნელის სქემა.



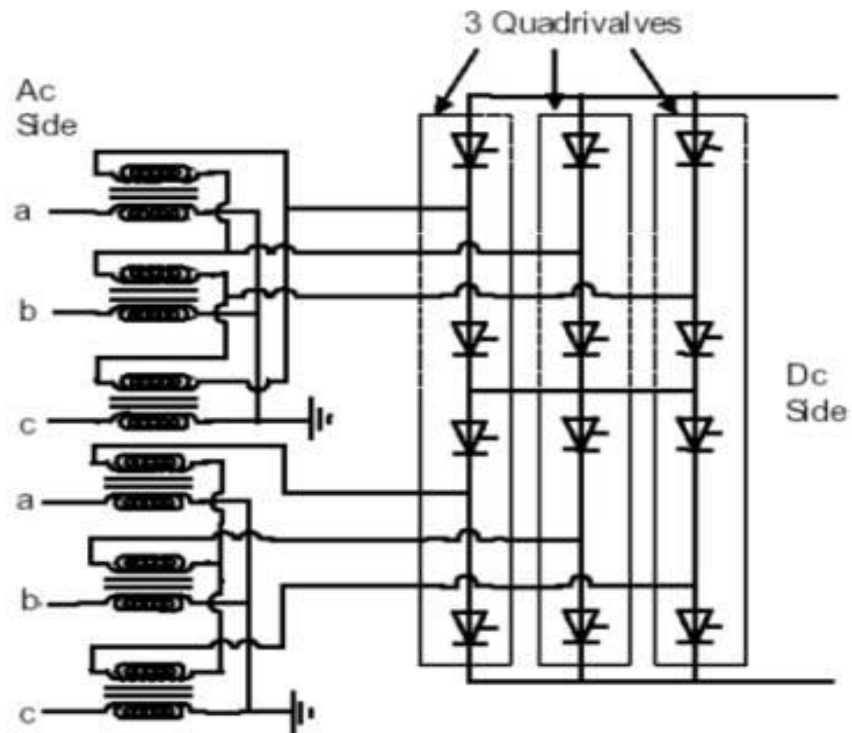
ნახ. 1. ერთბოგიანი გამმართველის სქემა

ბოგას თითოეულ მხარეში შეიძლება ჩართული იყოს ერთი ან რამოდენიმე ვენტილური ბლოკი. ბოგას ძაბვის გასაზრდელად გამოიყენება ვენტილების მიმდევრობითი შეერთება, ხოლო დიდი დენის და სიმძლავრის მისაღებად მათი პარარელური ჩართვა.

ძაბვის გაზრდის მიზნით გამოიყენება ბოგების მიმდევრობითი-კასკადური ჩართვა. ნახ.2-ზე ნაჩვენებია ბოგების კასკადური ჩართვა მუდმივი დენის მხარეს. კასკადური ჩართვა საშვალეხას იძლევა გარდამქმნელი ქვესადგურის 12- ფაზა რეჟიმში სამუშაოდ. ამ მიზანით იყენებენ სხვადასხვა შეერთების ჟგუფის მქონე ტრანსფორმატორებს.

ტრანსფორმატორების ნახევარის მეორეული გრაგნილები შეერთებულია ვარსკვლავად, ხოლო მეორე ნახევარი სამკუთხედიდან.

გამოსული გამართული ძაბვა ამ შემთხვევაში უფრო გასწორებულია ვიდრე ცალკეული ბოგას ძაბვა, ხოლო ინვერტორში ცვლადი დენი ახლოსაა სინუსოიდურთან. ტრანსფორმატორების მეორეული ძაბვები ერთმანეთის მიმართ 30° კუთხით არიან დაძრული ასეთ სქემას უწოდებენ 12-ფაზა კასკადურ ბოგურ ან ორ ბოგა სქემას.



ნახ. 2. ბოგების კასკადური ჩართვა

12 პულსიანი ვენტილური ჯგუფის კონფიგურაცია ორი კონვერტორული ტრანსფორმატორით. ერთი ტრანსფორმატორის გრაგნილები დაკავშირებულია ვარსკულავი-ვარსკულავი და მეორე ტრანსფორმატორის დაკავშირება განხორციელებულია ვარსკულავი-სამკუთხედი.

მეორე თავში განხილულია მუდმივი დენის ჩანართის მოქმედების პრინციპი და მის მიერ გენერირებული ჰარმონიკები.

ტიპიური მუდმივი დენის ჩანართი შეიცავს ორ კონვერტორს რომლებიც ერთმანეთთან ახლოს, ანუ ერთ ქვესადგურშია მოთავსებული და ერთმანეთს უკავშირდებიან მუდმივი ძაბვის სალტეებით.

მაგალითის სახით განხილული საქართველოსა და თურქეთის ელექტრული სისტემები წარმოადგენენ დამოუკიდებელ ერთეულებს და მათ შორის კავშირი გაცილებით მარტივად განხორციელდება მუდმივი დენის ჩანართის საშუალებით ტრადიციულ კავშირთან შედარებით (კავშირი ცვლადი ძაბვის ხაზით). ასეთი კავშირი იძლევა რიგ უპირატესობებს:

- ცხელ რეზერვში მონაწილეობის მიღება;
- კრიტიკული მდგომარეობის ან გაუთვალისწინებელი შემთხვევის დროს სიმძლავრის მიმოცვლა სისტემებს შორის;
- არსებული გენერაციის უკეთესი ეფექტური გამოყენება ორივე სისტემაში;
- გადადინების სწრაფი რეგულირების საშუალება ერთერთი სისტემის სიხშირით ან სიხშირის წარმოებულთ;
- და სხვა.

HVDC კონვერტორის ძირითადი დეტალი არის ვენტილი ან ვენტილური მხარი. სტანდარტული ვენტილური ხიდის ერთ ვენტილში შეიძლება იგულისხმებოდეს მიმდევრობით ჩართული რამოდენიმე ტირისტორი ან დიოდი. როდესაც ელექტრული სიმძლავრის ნაკადი მიემართება ცვლადი ძაბვის ქსელიდან ვენტილური ჯგუფისკენ (ვენტილური ხიდი), მაშინ იგი მუშაობს გამართვის რეჟიმში ხოლო, როდესაც პირიქით მაშინ ინვერსიის რეჟიმში. თითოეულ ვენტილში რამოდენიმე ელექტრონული გასაღების ჩართვა ნაკარნახებია მაღალი უკუ ძაბვით, რომელზეც ერთი ერთეული გასაღების დამზადება ჯერ-ჯერობით შეუძლებელია. ვერცხლისწყლიანი ვენტილების ეპოქაში 6 პულსიანი სქემა წარმოადგენდა ტრადიციულს, მაგრამ დღეს იგი მძლავრი კავშირებისას პრაქტიკულად არ გამოიყენება. თანამედროვე ენერგეტიკულ სისტემების

კონვერტორებში ყველაზე გავრცელებულია 12 პულსიანი სქემა. სწორედ ასეთი ტიპისაა ახალციხის მუდმივი დენის ჩანართიც.

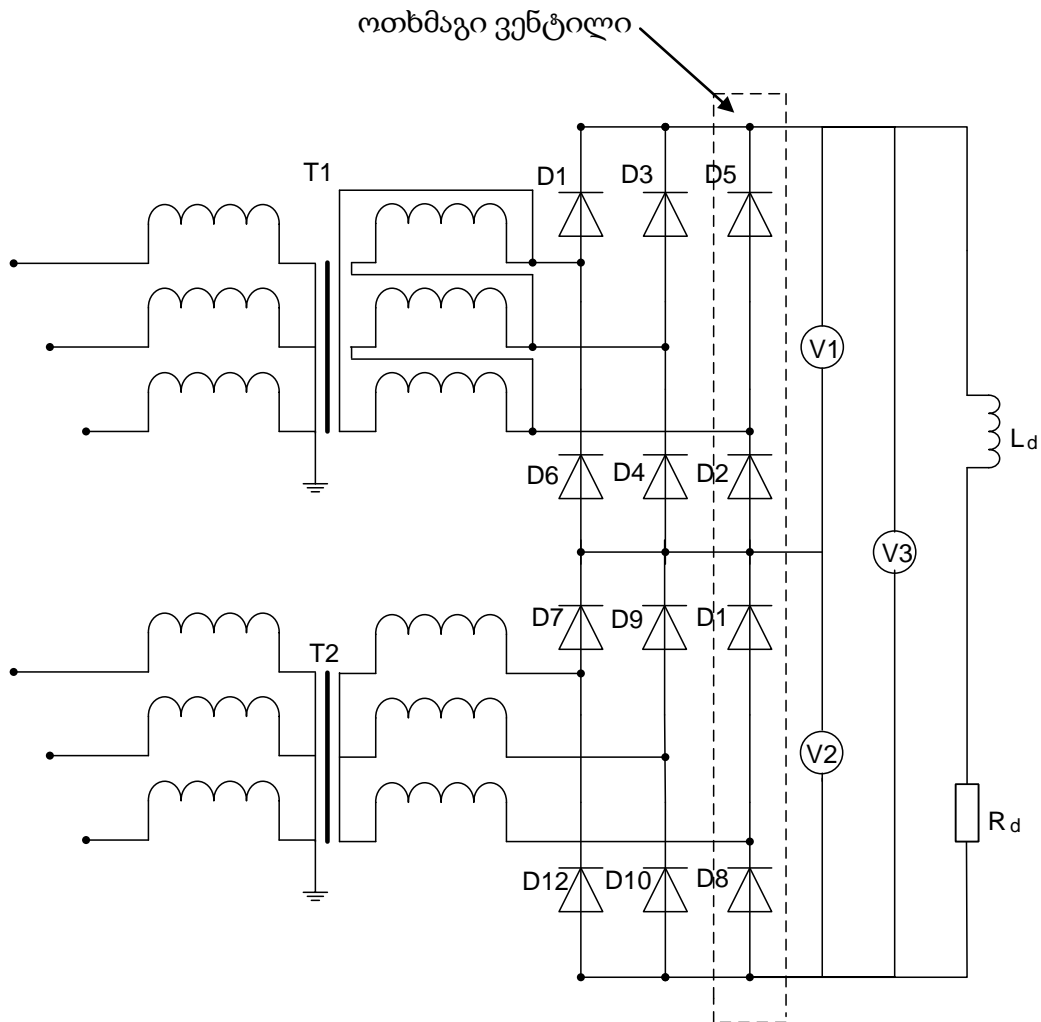
აქვე აუცილებელია აღინიშნოს, რომ როდესაც კონვერტორული კავშირი განსაკუთრებით მძლავრია და ათასობით მგვტ-ს შეადგენს, 12-პულსიანი სქემა გამოუსადეგარი ხდება და მიმართავენ 24-პულსიანი სქემის გამოყენებას. ამას აკეთებენ ჰარმონიკული თვალთახედვით, რადგან რაც მეტია სქემაში პულსების რაოდენობა ერთი და იგივე დატვირთვისას ძაბვებისა და დენების დამახინჯების კოეფიციენტები, როგორც მუდმივი, ასევე ცვლადი ძაბვის მხარეს მცირეა.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ თითქმის ყველა HVDC კონვერტორი, რომელშიც გამოყენებულია ტირისტორები, აწყობილია 12-პულსიანი ხიდის (ბოგის) სახით. ასეთი ტიპის კონვერტორებს აქვთ ორი სამფაზა მკვებავი ორგრაგნილა ტრანსფორმატორი, რომელთაგან ერთ-ერთის მეორეული გრაგნილი შეერთებულია ვარსკვლავად ხოლო მეორისა სამკუთხედად. შესაბამისად ცვლადი ძაბვები, რომლებიც უშუალოდ კვებავენ ორ სამფაზა 6-პულსიან ხიდს, დაძრულნი იქნებიან 30 გრადუსით. ორი ასეთი ხიდის მიმდევრობითი ჩართვა ქმნის 12-პულსიან სქემას. ასეთი სქემა უპირატესია, რადგან იწვევს ცვლადი ძაბვის წრედში მე-5 და მე-7 რიგის დენის ჰარმონიკების და მუდმივი ძაბვის წრედში მე-6 რიგის ძაბვის ჰარმონიკის ჩახშობას. ეს საბოლოო ჯამში აისახება ჰარმონიკული ფილტრების მნიშვნელოვან ეკონომიაში.

ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია კონტურით ვენტილთა ჯგუფის გარშემო, რომელსაც აქვს სვეტის ფორმა და შეიცავს ვერტიკალურად ჩამწკრივებულ ოთხ ვენტილს. ასეთ სვეტებს “ოთხმაგ ვენტილს” უწოდებენ და აწყობენ ერთ ვენტილურ სტრუქტურად ოთხი ვენტილის მიმდევრობით ჩალაგებით.

თანამედროვე ტირისტორების დასაშვები უკუ ძაბვა რამოდენიმე კილოვოლტის ფარგლებშია, ამიტომ 400 კვ ძაბვის ოთხმაგი ვენტილი შესაძლოა შეიცავდეს ათეულობით მიმდევრობით ჩართულ ტირისტორს, მიმდევრობითი ჯგუფების, ან ტირისტორული მოდულების სახით.

ოთხმაგი ვენტილი მაღალ ძაბვაზე ფიზიკურად საკმაოდ მაღალი გამოდის და ხშირად მისი სიმაღლე იზღუდება შენობის სიმაღლით, ან სეისმური კუთხით სეისმურად აქტიურ რეგიონებში.



ნახ. 3. ოთხმაგი ვენტის სტრუქტურა

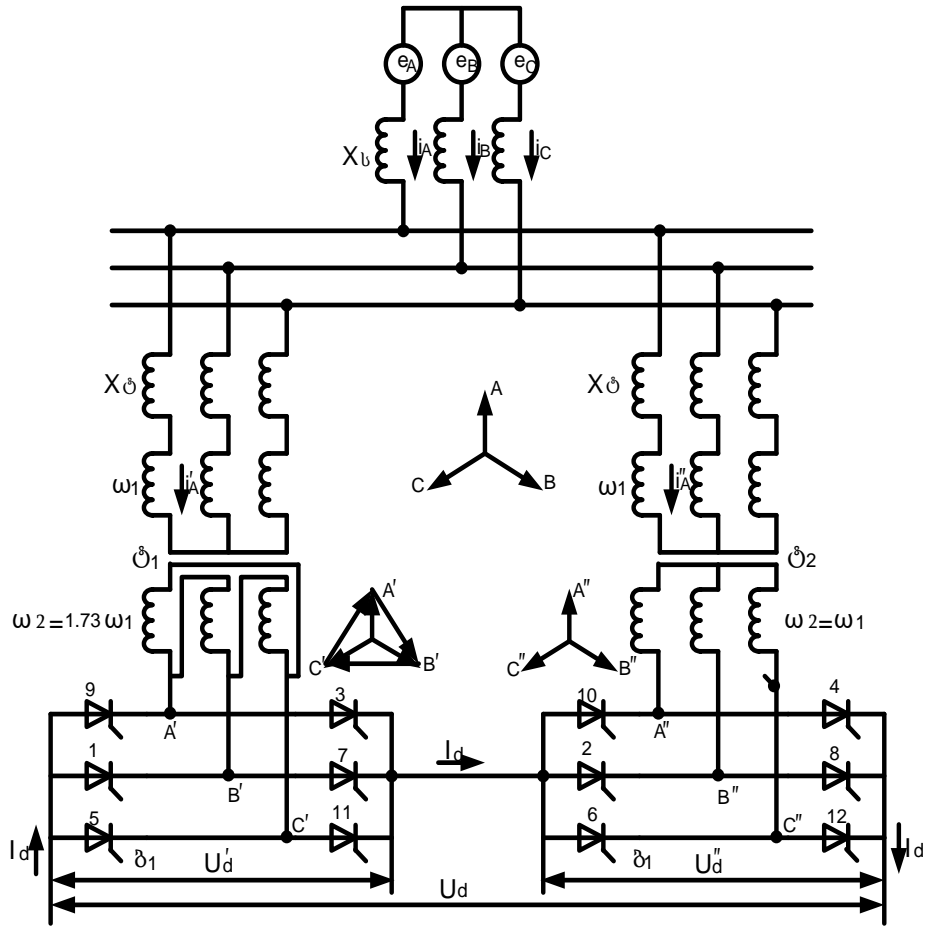
მესამე თავში განხილულია ორბოგიანი გარდამქმნელის მუშაობა გამართვისა და ინვერსირების რეჟიმში.

მუდმივი დენის ხაზზე საკმაოდ მაღალი აბვის მისაღებად გამოიყენება გარდამქმნელ ქვესადგურებზე ერთბოგიანი გარდამქმნელების მიმდევრობითი შეერთება. ეს საშუალებას იძლევა ერთდროულად განვახორციელოთ 12 - ფაზა გარდაქმნა. მიმდევრობით ჩართულ ბოგებზე

მიიყვანება სამფაზა ძაბვების სისტემა. რომლებიც ერთმანეთის მიმართ დაძრულია 30° - ით, ეს მარტივად მიიღება ტრანსფორმატორების გრაგნილების ვარსკვლავად და სამკუთხედად შეერთებით გამართული ძაბვის ხარისხი აღნიშნულ შემთხვევაში მაღალია - გამოსავალი ძაბვა მეტად გასწორებულია. ორ ბოგიანი გამართველის გამართულ ძაბვას ცვლადი დენის პერიოდის განმავლობაში გააჩნია 12 მცირე სიდიდის ძაბვის პულსაცია და ამის შესაბამისად შეიცავს 12 - ის ჯერად მაღალი რიგის ჰარმონიკებს. თითოეული ბოგას გამართულ ძაბვაში არის $n=6, 18...(2k+1)6$ რიგის ჰარმონიკები, რომლებიც თითოეულ ბოგაში ურთიერთ საწინააღმდეგო ფაზებშია და ორივე ბოგას ჯამურ ძაბვაში არ არსებობენ. გარდა აღნიშნულისა 12 ფაზა სქემის შემთხვევაში ქსელიდან მოხმარებულ (გამართველი) ან ქსელში გაცემულ დენში გვაქვს ნაკლები რაოდენობის მაღალი რიგის ჰარმონიკები 6 - ფაზა გარდამქმნელთან შედარებით. აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ სქემაში ბოგები ერთმანეთზე მოქმედებენ. განვიხილოთ ამ სქემის მუშაობის ძირითადი რეჟიმები.

ორბოგიანი გარდამქმნელის მუშაობის ანალიზი შეიძლება ჩავატაროთ მისი ეკვივალენტური სქემის მიხედვით (ნახაზი 4).

საანგარიშო სქემაზე ტრანსფორმატორის მოკლე შერთვის წინაღობა გამოტანილია პირველად მხარეზე. მიღებულია, რომ ტრანსფორმატორის გრაგნილებით „ვარსკვლავი - ვარსკვლავი“ აქვს ერთის ტოლი ტრანსფორმაციის კოეფიციენტი. ($W_2=W_1$). ორივე ტრანსფორმატორების ხაზური ძაბვები ტოლია, ამისათვის საჭიროა ($W_2 = \sqrt{3}W_1$). ვენტილის ნომერი უჩვენებს მის რიგითობას გაღების (ანთების) მიხედვით. დამყარებულ რეჟიმში ვენტილები იღებიან ცვლადი დენის პერიოდის $1/12$ - ის. შემდეგ (30°), ამ სქემაში პროცესების გამეორების ინტერვალი ტოლია 30° .



ნახ. 4. გარდამქმნელის საანგარიშო სქემა

ნახ. 4 - დან ჩანს რომ კომუტაციის კონტურში შედის წინაღობები X_{δ} და X_b ერთ ფაზაზე კომუტაციის კონტურის წინაღობა:

$$X_{\delta} = X_{\delta} + X_b \quad (3-1)$$

ბოგების ურთიერთ გავკენა განპირობებულია საერთო X_b წინაღობით:

$$A = \frac{X_b}{X_{\delta} + X_{\delta}} = \frac{X_b}{X_{\gamma}} \quad (3-2)$$

ეკვივალენტური სქემიდან გამომდინარე ტრანსფორმატორების გრაგნილების და ქსელის დენები გამოსხზა ვნტილების საშუალებით შემდეგ ნაირად.

$$\frac{i_A}{\sqrt{3}} - \frac{i_B}{\sqrt{3}} = i_{\alpha 3} - i_{\alpha 9}; \quad \frac{i'_B}{\sqrt{3}} - \frac{i'_C}{\sqrt{3}} = i_{\alpha 7} - i_{\alpha 1}; \quad (3-3)$$

გარდა ამისა გვაქვს თანაფარდობა $i'_A + i'_B + i'_C = 0$ თუ გამოვიყენებთ ტოლობას:

$$\begin{aligned}
i_{\alpha 9} + i_{\alpha 11} + i_{\alpha 5} &= i_{\alpha 3} + i_{\alpha 7} + i_{\alpha 11}, && \text{მივიღებთ} \\
i'_A &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{\alpha 3} - i_{\alpha 9} - i_{\alpha 11} + i_{\alpha 5}); \\
i'_B &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{\alpha 7} - i_{\alpha 1} - i_{\alpha 3} + i_{\alpha 9}); && (3-4) \\
i'_C &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{\alpha 11} - i_{\alpha 5} - i_{\alpha 7} + i_{\alpha 1}).
\end{aligned}$$

მეორე ტრანსფორმატორის გრაგნილებში დენები ვენტილების დენების საშუალებით ასე ჩაიწერება:

$$\begin{aligned}
i_A &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{\alpha 3} - i_{\alpha 9} - i_{\alpha 11} + i_{\alpha 5}) + i_{\alpha 4} - i_{\alpha 10}; \\
i_B &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{\alpha 7} - i_{\alpha 1} - i_{\alpha 3} + i_{\alpha 9}) + i_{\alpha 8} - i_{\alpha 2}; && (3-5) \\
i_C &= \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{\alpha 11} - i_{\alpha 5} - i_{\alpha 7} + i_{\alpha 1}) + i_{\alpha 12} - i_{\alpha 6}.
\end{aligned}$$

ზემოთ მოყვანილი ფორმულები სამართლიანი გარდამქმნელის მუშაობის ყველა შესაძლო რეჟიმისათვის დროის ნებისმიერ ინტერვალში. ნახ. 4 - ზე ეკვივალენტური სქემა შედგენილია ორი ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისთვის. ანალიზის შედეგები შეიძლება გავრცელდეს სქემაზე ერთი სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორით. ჩვენ შემოვიფარგლებით გარდამქმნელის მუშაობის ძირითადი რეჟიმების ანალიზით. ასეთ რეჟიმებს მიეკუთვნება გამმართველისა და ინვერტორის მუშაობის რეჟიმები ვენტილების რიგრიგობით მუშაობისას. რეჟიმი 4 – 5 და რეჟიმი 5 – 6, გარდა ამისა ქამართველის რეჟიმში 5 ვენტილის ერთ დროული მუშაობა (რეჟიმი 5) და 6 ვენტილის ერთ დროული მუშაობა (რეჟიმი 6).

ორბოგიანი გარდამქმნელის მუშაობის ამ საწყის რეჟიმში კომუტაციის კუთხე $\gamma < 30^\circ$ და გამეორების ინტერვალში, რომელიც შეადგენს 30° - ს გვაქვს დროის ინტერვალი, როდესაც ორივე ბოგაში ერთდროულად არ ხდება დენის კომუტაცია, ამ შუალედში ხანგრძლივობით $30^\circ - \gamma$ დენს ატარებს 4 ვენტილი, ხოლო დროის სხვა შუალედში კომუტაცია მიმდინარეობს ერთ - ერთ ბოგაში (*ამ შუალედში ხანგრძლივობით γ დენს ატარებს 5 ვენტილი შედეგად ვლეზულობთ ვენტილების მუშაობის შემდეგ მიმდევრობას.

1 – 2 – 3 – 4; 1 – 2 – 3 – 4 – 5; 2 – 3 – 4 – 5; 2 – 3 – 4 – 5 – 6;
3 – 4 – 5 – 6 და ა.შ

როცა ერთ - ერთ ბოგაში ხდება კომუტაცია, მაშინ მეორე ბოგაში კომუტაციას ადგილი არ აქვს. ერთ - ერთ ბოგაში კომუტაციური პროცესი გავლენას არ ახდენს მეორე ბოგაში მიმდინარე პროცესზე. განვიხილოთ დენის კომუტაცია 2 ვენტილიდან 6 - ზე. ამ კომუტაციურ შუალედში ღია არის ვენტილები 2 - 3 - 4 - 5 - 6; შვვიძლია დავწეროთ.

$$i_{\alpha 3} = i_{\alpha 4} = i_{\alpha 5} = I_d, \quad i_{\alpha 6} = i_k, \quad (3.6)$$

სადაც i_k მაკომუტირებელი დენია, რომელიც წარმოიშობა 2 და 6 ვენტილებით შექმნილ ორფაზა მოკლედ შექმნილ კონტურში.

მეორე ტრანსფორმატორის ფაზებში დენები:

$$i''_A = I_d, \quad i''_B = -(I_d - i_k), \quad i''_C = -i_k. \quad (3-7)$$

დენები ქსელის ფაზებში ტოლია:

$$i_A = \frac{2}{\sqrt{3}} I_d + I_d, \quad i_B = -\frac{1}{\sqrt{3}} I_d - (I_d - i_k) \quad (3-8)$$

$$i_C = -\frac{1}{\sqrt{3}} I_d - i_k.$$

კომუტაციური პროცესისათვის (ფაზები B, B'', C, C'' და ვენტილები 2 და 6 ქმნიან მოკლედ შერთულ კონტურს) გვაქვს განტოლება:

$$X_b \frac{di_B}{dt} + X_c \frac{di_{B''}}{d\theta} - X_c \frac{di_{C''}}{d\theta} - X_b \frac{di_C}{d\theta} = e_B - e_C \quad (3-9)$$

ანუ თუ მხედველობაში მივიღებთ i_B , $i_{B''}$, $i_{C''}$ და i_C დენების გამოსახულებებს და $I_d = \text{const}$, გვექნება:

$$2(X_c + X_b) \frac{di_k}{d\theta} = e_B - e_C \quad (3-10).$$

4-5 კომუტაციური პროცესი მიმდინარეობს ისევე, როგორც ერთ ბოგა სქემაში 2-3 რეჟიმში კომუტაციური დენი გვაქვს:

$$i_k = \frac{\sqrt{3}E_{2m}}{2X_\gamma} (\cos \alpha + \cos \theta);$$

$$\cos(\alpha + \gamma) = \cos \alpha - \frac{2X_\gamma I_d}{\sqrt{3}E_{2m}} = \cos \alpha - \frac{2}{\sqrt{3}} I_{d*}; \quad (3-11)$$

$$\text{სადაც: } I_{d*} = \frac{E_{2m}}{X_\gamma}.$$

ორ ბოგიანი გამმართველის გამორთული ძაბვის მუდმივი შემდგენი 4-5 რეჟიმში ტოლია:

$$U_{d*} = \cos \alpha + \cos(\alpha + \gamma) = 2\cos(\alpha + \frac{\gamma}{2})\cos\frac{\gamma}{2} \quad (3-12)$$

სადაც ძაბვა ფარდობით ერთეულებში არის:

$$u_d = \frac{U_d}{E_d}, \quad E_d = \frac{3}{\pi} \sqrt{3} E_{2m}.$$

$$U_{d*} = 2(\cos\alpha - \frac{1}{\sqrt{3}} I_{d*}) \quad (3-13)$$

ეს განტოლება გვაჩვენებს გარე მახასიათებლებს α - ს მნიშვნელობებისათვის.

ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის ვარსკულავად შეერთებისას მის ფაზებში დენი განისაზღვრება ამ ფაზასთან მიერთებული ვენტილების ანოდური დენებით.

საკომუტაციო რეჟიმში $\theta = \alpha$ და $\theta = \alpha + \gamma$ ინტერვალში გვაქვს:

$$i_2 = i_k = \frac{\sqrt{3} E_{2m}}{2 X_Y} (\cos\alpha - \cos\theta);$$

მეორადი დენი ფარდობით ერთეულებში

$$i_{2*} = \frac{\sqrt{3}}{2} (\cos\alpha - \cos\theta); \quad (3-14)$$

სადაც ბაზისური დენი $i_{ბაზ} = \frac{E_{2m}}{X_Y}$.

დროის მომდევნო შუალედში $\theta = \alpha + \gamma$ დან $\theta = \alpha + 120^\circ$

$i_{2*} = I_d$, გვექნება:

$$i_{2*} = \frac{I_d}{I_{ბაზ}} = \frac{\sqrt{3}}{2} [\cos\alpha - \cos(\alpha + \gamma)]. \quad (3-15)$$

დროის შუალედში $\theta = \alpha + 120^\circ$ -დან $\theta = \alpha + 120^\circ + \gamma$ გვაქვს;

$i_2 = i_\alpha - i_k$. ფარდობით ერთეულებში:

$$i_{2*} = \frac{\sqrt{3}}{2} [\cos(\theta - 120^\circ) - \cos(\alpha + \gamma)] \quad (3-16)$$

მეორეული დენის მოქმედი მნიშვნელობა:

$$I_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d \sqrt{1 - \frac{\gamma}{2\pi}} \quad (3-17).$$

ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის ვარსკულავად შეერთებიდან სამკუთხედზე გადასვლისას ვენტილების ანოდური დენების ფორმა უცვლელია.

სამკუთხედად შეერთებისას ხაზური დენების მიხედვით ფაზური დენები განისაზღვრება ასე:

$$i_{2\Delta A} = \frac{1}{3}(i_{2A} - i_{2C}); \quad i_{2\Delta B} = \frac{1}{3}(i_{2B} - i_{2A});$$

$$i_{2\Delta C} = \frac{1}{3}(i_{2C} - i_{2B}).$$

სამკუთხედის ფაზაში დენი, როდესაც $i_{2A} = I_d$

$i_{2B} = -I_d, \quad I_{2C} = 0$. ტოლია:

$$i_{2\Delta A} = \frac{1}{3}(i_{2A} - i_{2C}) = \frac{1}{3}I_d. \quad (3-18)$$

დროის შემდეგ შუალედში $i_{2A} = I_d, \quad I_{2C} = -I_d$ და ამიტომ

$$i_{2\Delta A} = \frac{1}{3}(I_d + I_d) = \frac{2}{3}I_d. \quad (3-19)$$

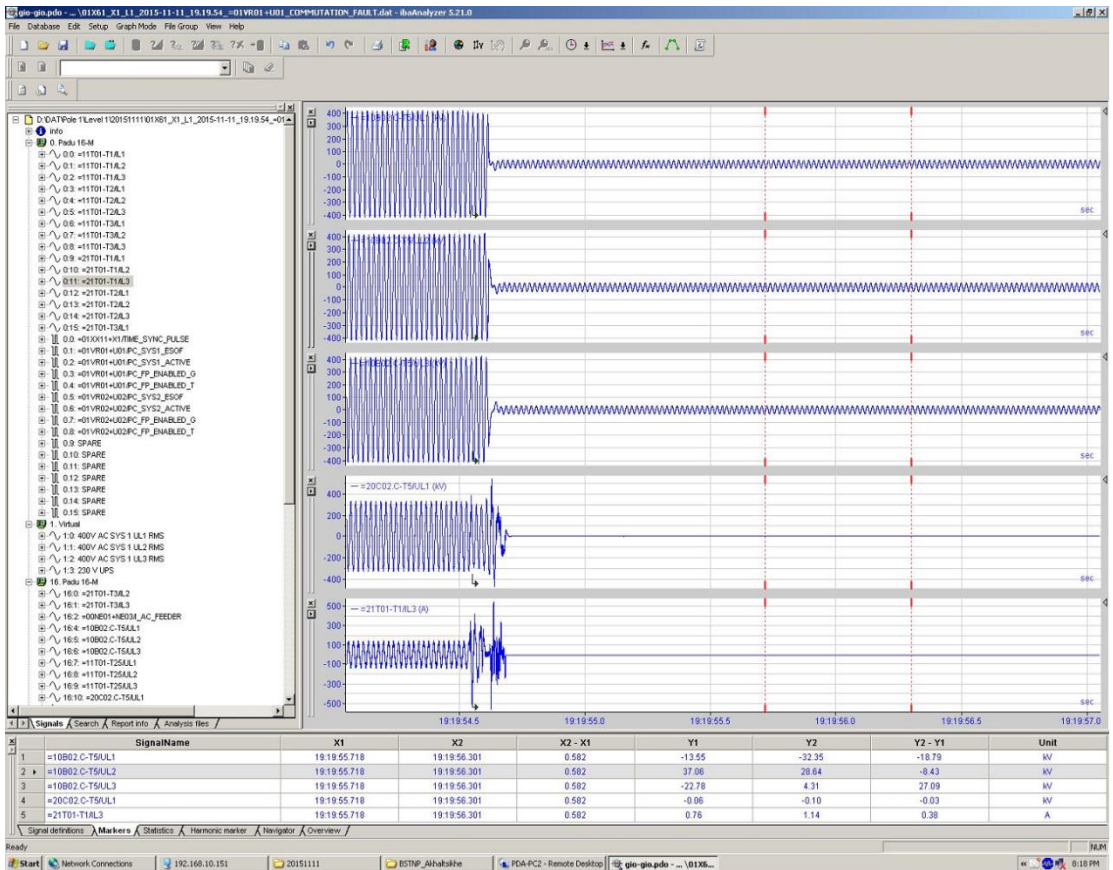
იმ შემთხვევაში, როდესაც ელექტრო სისტემებს შორის კავშირი ცვლადი დენის ხაზით დაკავშირებულია მოკლე შერთის (მ.შ.) დენების მნიშვნელოვნად გაზრდასთან გამმართველები და ინვერტორები მდგ-ის შემთხვევაში, მოკლე შერთვის წერტილში გაზრდილ დენს არ გზავნიან მოსაზღვრე ელექტრო სისტემაში.

ქვემოთ მოცემულ TFR პროგრამაში კომპიუტრული მოდელირების ბაზაზე გაკეთებულია ანალიზი იმ შემთხვევისთვის, როდესაც ე.გ.ხ. მესხეთზე ერთ-ერთ ფაზაში მოხდა მოკლე შერთვა. ამ შემთხვევაში მოკლე შერთის დენი გვაქვს C-ფაზაში.

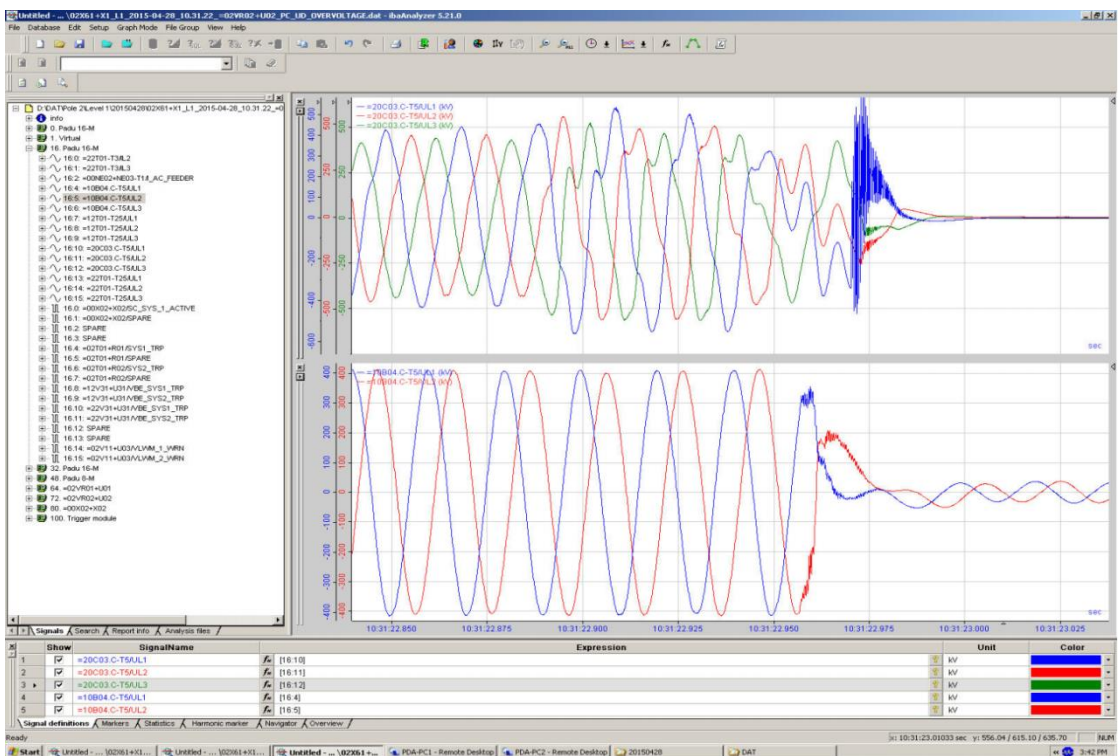
მოცემულ პროგრამაში ჩანს, რომ მდგ-ის ინვერტორის მხარეს (ე.გ.ხ. მესხეთზე) მომხდარი მოკლე შერთვის დენი არ ვრცელდება მდგ-ის გამმართველის მხარეს (საქართველოს ელექტროსისტემაში).

ამ პროგრამაში ნაჩვენებია მდგ-ის გამმართველ-ინვერტორის (კონვერტორული) ტრანსფორმატორების მაღალი ძაბვის მხარეს არსებული A, B, და C ფაზების ძაბვები.

ქვემოთ მოყვანილია ორი სისტემის შემაერთებელ ხაზზე მოკლე შერთვის ანალიზის ექსპერიმენტული შედეგი.



TFR-ის პროგრამა

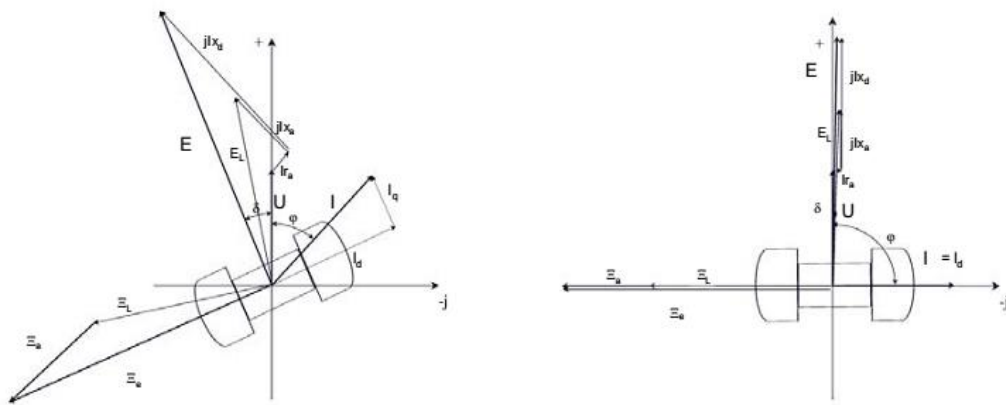


TFR-ის პროგრამა. ერთჯერა მოკლე შროვის დენების ანალიზი

მეოთხე თავში განხილულია სინქრონული კომპესატორები და მისი თეორია.

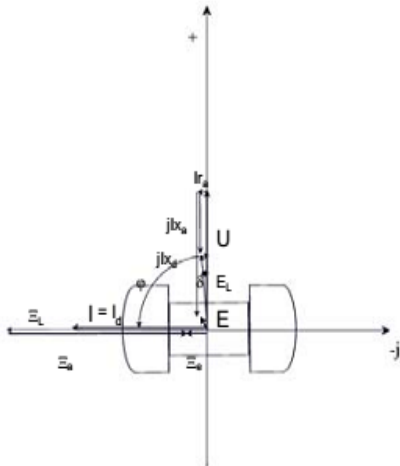
სინქრონიზირებული ელექტრო მანქანა, როგორც სინქრონული გენერატორი (ან ძრავი) ძირითადად შეიძლება გამოყენებული იყოს, როგორც სინქრონული კომპესატორი. აქტიური სიმძლავრის მიწოდების (ან მოხმარების) გარეშე მანქანა შეიძლება მუშაობდეს, როგორც კონდესატორი ან როგორც ინდუქციურობა და დამოკიდებულია აგზნების დენზე.

შევხედოთ ვექტორულ დიაგრამას, რომელი შეიძლება მარტივად ასე გამოვსახოთ. ასეთია მისი ნომენკლატურა.

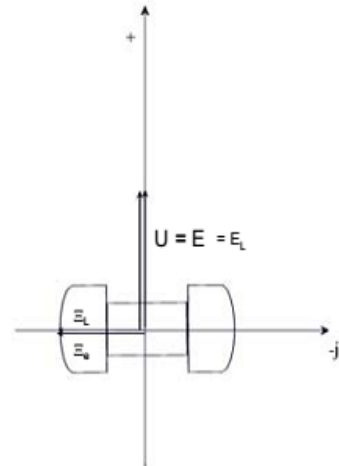


გენერატორის გადამეტაგზნებით მუშაობა

ა) აქტიური და რეაქტიული დატვირთვით (წერტილი N)



ბ) მხოლოდ რეაქტიული დატვირთვით (წერტილი A)



გენერატორის მუშაობა

ა) ქვე აგზნებით მუშაობა რეაქტიული დატვირთვით (წერტილი B)

ბ) თვირთის გარეშე მუშაობა (წერტილი C)

ნახ. 5. სინქრონული კომპესატორის თეორია.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოთ მოცემული გენერატორის სისტემის ნახაზი არის გამოყენებული მომხმარებლის დატვირთვის სისტემის ნაცვლად.

Ξ_e მთელი აგზნების მაგნიტომამოძრავებელი ძალა (დენური აგზნება);

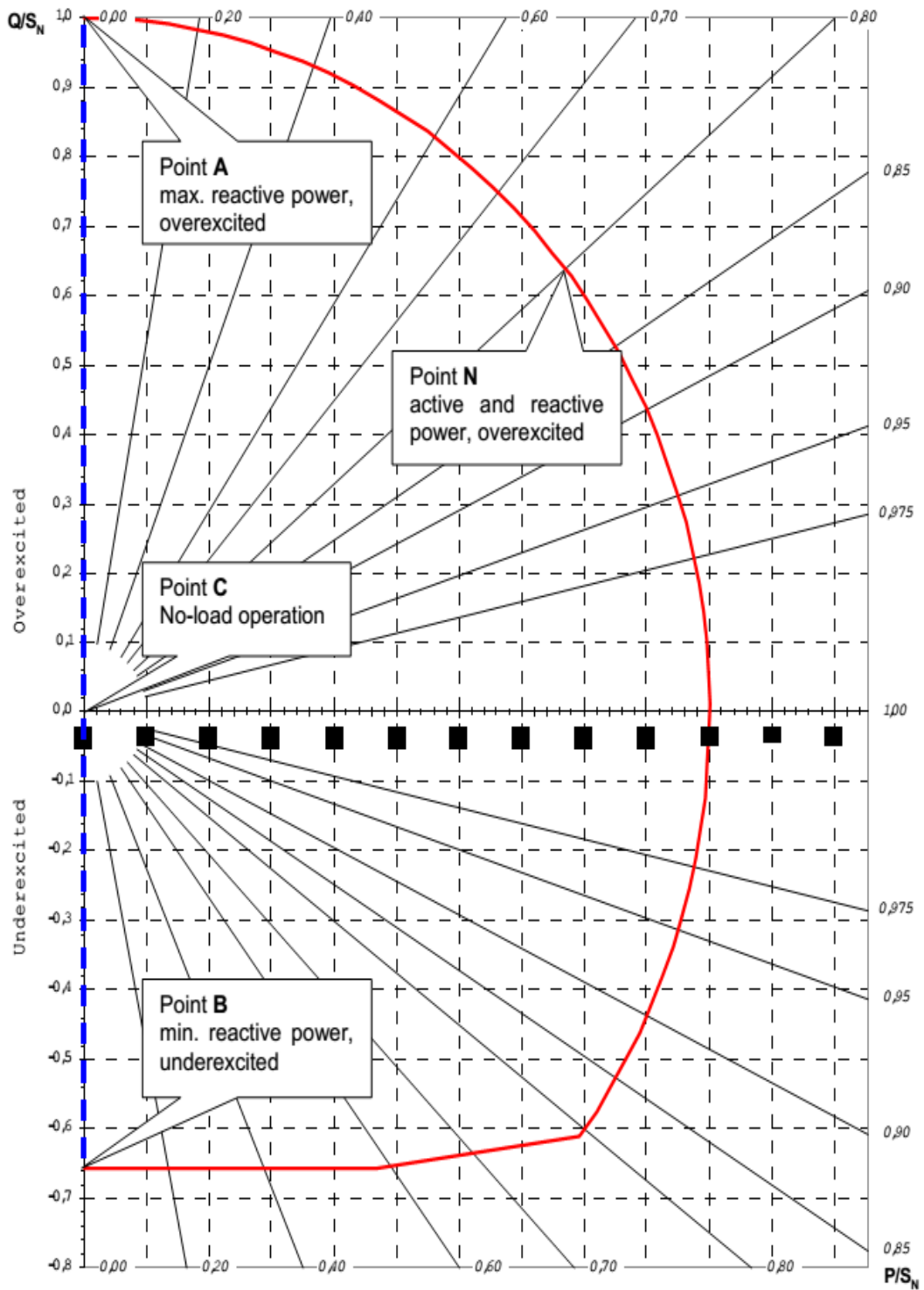
Ξ_L აგზნების ძაბვის მაგნიტომამოძრავებელი ძალა;

E ფაზური ძაბვა (ხშირად უწოდებენ U_p).

მანქანის ოპერაცია მხოლოდ რეაქტიული სიმძლავრით (წერტილები A და B) მთელი მაგნიტურიმამოძრავებელი ძალა არის ხაზში და შეიძლება იყოს დაჯამებული მუდმივად გამოყენებლ თავის დონეზე.

ქვეაგზნების ოპერაცია არის შეზღუდული a წერტილში, Ξ_e სადაც მიისწრაფის ნულისაკე. a პატარას მინიმუმი აგზნების დონე არის აუცილებელი სტაბილიზაციის მიზეზებიდან გამომდინარე (ჩვეულებისამებრ 10% დაუტვირთავი დენი). გადამეტ აგზნების შესაძლებლობა არის შეზღუდული როტორის მაქსიმალური აგზნების დენით (თერმული ზღვარით).

ზემოთ აღნიშნული წერტილები N, A, B და C წერტილები არის ნაჩვენები მრუდის შესაძლებლობებში. წერტილები A, B და C წარმოადგენს ოპერაციის პირობას, როგორც სინქრონულიკომპესატორი (ლურჯი, წყვეტილი ხაზი). სიმარტივისათვის მოხმარებული სიმძლავრე აბრუნებს სინქრონულ კომპესატორს და მოყავს მუდმივ მოძრაობაში.



ნახ. 6. სინქრონული გენერატორების რამოდენიმე შესაძლებლობების მრუდი



ნახ. 7. სინქრონული კომპესატორის როტორი



ნახ. 8. სინქრონული კომპესატორის სტატორი

სინქრონული მანქანის გარდამავალი პროცესი აღწერილია პარკი გორევის დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით [1]. განტოლების სრულ სისტემას დემპფერული კონტურების არსებობის შემთხვევაში d , q ღერძებში ფარდობით ერთეულებში (x_{ad} სისტემა) აქვს სახე.

მანქანის ნაკადუმბეობა:

$$\psi_a = L_a i_a + M_{af} i_f + m_{qD} i_D = x_a i_a + x_{ad} i_f + x_{aD} i_D;$$

$$\psi_q = L_a i_q + m_{aQ} i_Q = x_q i_q + x_{aQ} i_Q;$$

$$\psi_f = M_{af} i_f + L_f i_f + m_{fD} i_D = x_{aD} i_D + x_f i_f + x_{fD} i_D;$$

$$\psi_D = m_{qD} i_D + m_{fD} i_f + L_D i_D = x_{aQ} i_a + x_{fD} i_f + x_D i_D;$$

$$\psi_Q = m_{aQ} i_q + L_Q i_Q = x_{aQ} i_q + x_Q i_Q. \quad (4 - 1)$$

განტოლებათა სისტემა შეიძლება ჩაიწეროს ძაბვის ჩართვის რეჟიმის შემთხვევაში, როდესაც სრიალი მიიღებს დადებით მნიშვნელობას როტორის სიჩქარე ამ შემთხვევაში ნაკლებია სინქრონულ სიჩქარეზე. გვაქვს განტოლება:

$$U_d = \frac{d\psi_d}{d\tau} - (1 - s)\psi_q + r_a i_d;$$

$$U_q = \frac{d\psi_q}{d\tau} + (1 - s)\psi_d + r_a i_q;$$

$$U_f = \frac{d\psi_f}{d\tau} + r_f i_f;$$

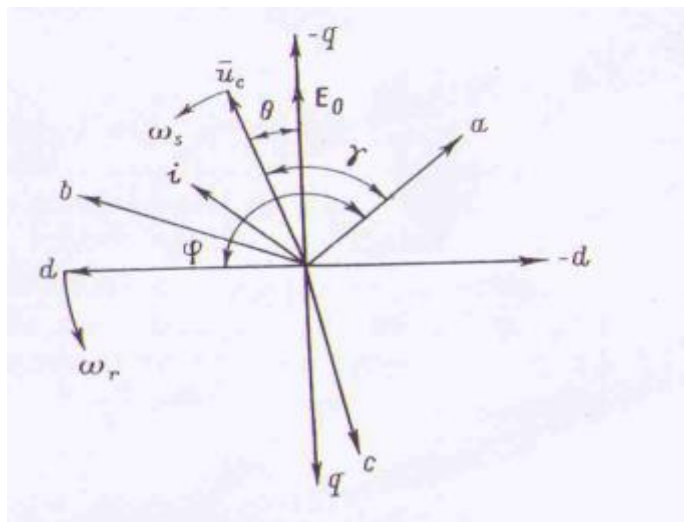
$$0 = \frac{d\psi_D}{d\tau} + r_D i_D;$$

$$0 = \frac{d\psi_Q}{d\tau} + r_Q i_Q;$$

$$T_M \frac{d^2\theta}{d\tau^2} + \psi_q i_d - \psi_d = M_H;$$

$$\frac{d\theta}{d\tau} = s. \quad (4 - 2)$$

სადაც u_d, u_q – d, გრაგნილზე მოდებული ძაბვებია.



ნახ. 9. გამომსახველი ვექტორები

განვიხილოთ კომპესატორის ხანმოკლე გამორთვა, მანქანის ბრუნვის სიჩქარე და მანქანის პარამეტრები მუდმივი სიდიდეებია და (4-2) განტოლებათა სისტემა წარმოადგენს დიფერენციალურ განტოლებებს

მუდმივი კოეფიციენტებით და მისი ამოხსნა შეიძლება ოპერატიული მეთოდით. $x_d(p)$ და $x_q(p)$ ოპერატორული პარამეტრების შემოღება ამარტივებს ანალიზს. გამოვიყენოთ ზედღების პრინციპი. დიფერენციალურ განტოლებათა სრული სისტემა გავყოთ ორ სისტემად. რომლებიც შეესაბამებიან ელექტრომაგნიტურ და ელექტრო მექანიკურ გარდამავალ პროცესებს. ელექტრო მაგნიტურ გარდამავალ პროცესებს ვიკვლევთ როტორის მუდმივი ბრუნვის სიჩქარის შემთხვევაში ვიხილავთ განტოლებათა ორ სისტემას. პირველი სისტემა აღწერს მანქნის სტატორის მიერთებას ქსელზე, როცა აგზნების გრაგნილი მოკლედ არის შერთული. განტოლებებს აქვთ სახე:

$$\begin{aligned}
 U_d &= \frac{d\psi_d}{d\tau} - (1-s)\psi_q + r_a i_d; \\
 U_q &= \frac{d\psi_q}{d\tau} - (1-s)\psi_d + r_a i_q; \\
 0 &= \frac{d\psi_f}{d\tau} + r_f i_f; \\
 0 &= \frac{d\psi_D}{d\tau} + r_D i_D; \\
 0 &= \frac{d\psi_Q}{d\tau} + r_Q i_Q.
 \end{aligned} \tag{4-3}$$

განტოლებათა სისტემა შეესაბამება სტატორის მოკლედ შერთულ გრაგნილს და მუდმივ ძბაზე ჩართულ აგზნების გრაგნილს;

$$\begin{aligned}
 0 &= \frac{d\psi_d}{d\tau} - (1-s)\psi_q + r_a i_d; \\
 0 &= \frac{d\psi_q}{d\tau} + (1-s)\psi_d + r_a i_q; \\
 U_f &= \frac{d\psi_f}{d\tau} + r_f i_f; 0 \\
 0 &= \frac{d\psi_D}{d\tau} + r_D i_D; \\
 0 &= \frac{d\psi_Q}{d\tau} + r_Q i_Q.
 \end{aligned} \tag{4-4}$$

განტოლებათა სისტემიდან ვპოულობთ სტატორის დენებს

$$i_d(p) = \frac{[U_d(p) + \psi_{d0} + [U_q(p) + \psi_{q0}]](1-s)}{[p^2 + (1-s)^2] x_d(p)}; \tag{4-5}$$

$$i_d(p) = \frac{[U_q(p) + \psi_{q0} - [U_d(p) + \psi_{d0}]](1-s)}{[p^2 + (1-s)^2] x_q(p)}. \quad (4-6)$$

u_a, u_b, u_c ფაზური ძაბვით წრფივი გარდაქმნების ფორმულებით გამოსახება სტატორის ძაბვის d, q შემდგენები:

$$U_d = \frac{2}{3} \left[U_a \cos \alpha + U_b \cos \left(\alpha - \frac{2\pi}{3} \right) + U_c \cos \left(\alpha + \frac{2\pi}{3} \right) \right];$$

$$U_q = \frac{2}{3} \left[U_a \sin \alpha + U_b \sin \left(\alpha - \frac{2\pi}{3} \right) + U_c \sin \left(\alpha + \frac{2\pi}{3} \right) \right],$$

სადაც

$$U_a = U_c \cos \gamma; \quad \gamma = \tau + \gamma_0; \quad U_b = U_c \cos \left(\gamma - \frac{2\pi}{3} \right);$$

$$\tau = \omega_s t; \quad U_c = U_c \cos \left(\gamma + \frac{2\pi}{3} \right); \quad \alpha = \varphi + \frac{\pi}{2}.$$

ძრავულ რეჟიმში მუშაობისას $\varphi = (1-s)\gamma + \varphi_0 + \varphi = -s\tau + \theta_0$ და u_d და u_q ასე გამოსახება;

$$U_d = U_c \sin(s\tau - \theta_0) = U_c \sin(-\theta);$$

$$U_q = U_c \sin(s\tau - \theta_0) = U_c \cos(-\theta),$$

ე.ი. როტორის მუდმივი კუთხური სიჩქარით ბრუნვისას $s = \text{const}$, u_d და u_q წარმოადგენენ დროის ჰარმონიულ ფუნქციებს.

θ კუთხის დადებითი მნიშვნელობა შეესაბამება გენერატორულ რეჟიმს, ხოლო უარყოფითი – ძრავულ რეჟიმს. შესაბამისად გვაქვს: $u_d = u_c \sin \theta$ $u_q = u_c \cos \theta$. ძრავული რეჟიმისთვის u_d და u_q ძაბვების:

$$U_d(p) = \frac{U_{q0}s + U_{d0}(p)}{p^2 + s^2};$$

$$U_q(p) = \frac{-U_{d0}s + U_{q0}(p)}{p^2 + s^2}.$$

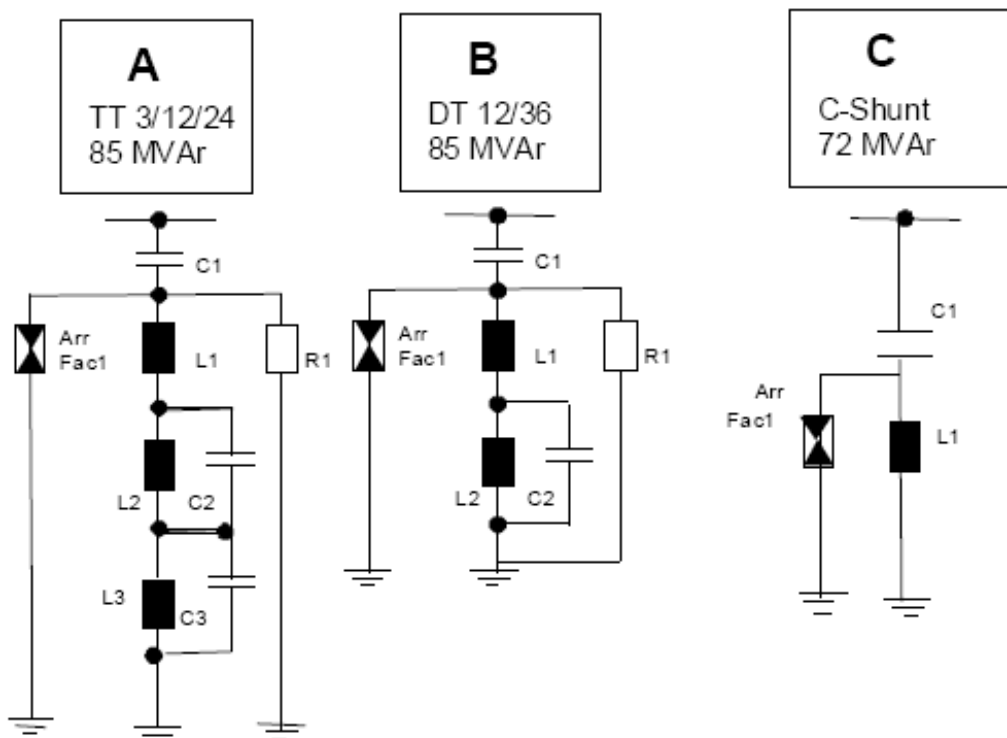
მეხუთე თავში განხილულია მდგრ-ის მიერ გენერირებული მაღალი რიგის ჰარმონიკები და შემცირების ხერხები

როგორც ვიცით, გადამცემ ხაზში მაღალი რიგის ჰარმონიკები უარყოფით გავლენას ახდენს ქსელის პარამეტრებზე. მაღალი რიგის ჰარმონიკების შემცირების მიზნით ღონისძიებებს ატარებენ შემდეგი მიმართულებით:

- 1) დენის ჰარმონიკების შეზღუდვა ხაზში;

- 2) გარდამქმნელების ფაზათა რიცხვის გაზრდას, გაღების (რეგულირების) კუთხეების შემცირებას;
- 3) ქვესადგურის გამომავალი მოწყობილობების საშუალებით უმაღლესი ჰარმონიკების ჩახშობას და ფილტრაციას;
- 4) ჰარმონიკების მიღწევის გაზრდის მიზნით ხაზის პარამეტრებზე ზემოქმედებას.

ნახ. 10 - ზე ნაჩვენებია ქვესადგურის გამოსავალი მოწყობილობის ფილტრების სქემები.



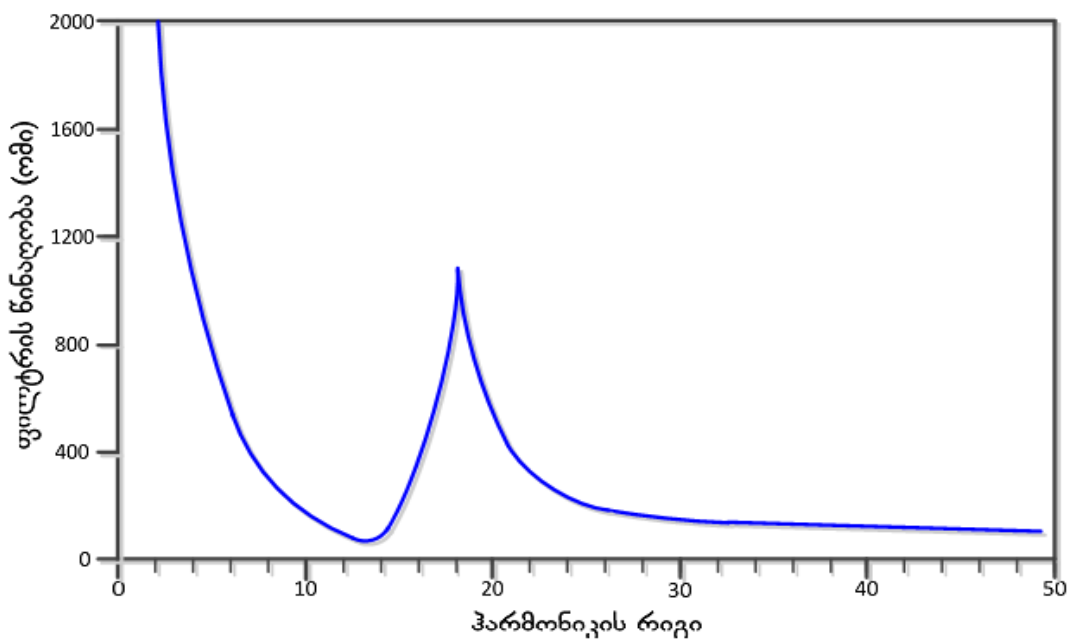
ნახ. 10 ფილტრების სქემები

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე მიღებული ჰარმონიკული დამახინჯების კოეფიციენტთა მნიშვნელობების გათვალისწინებით, ახალციხის კონვერტორული ქვესადგურისთვის შევირჩიეთ ცვლადი ძაბვის TT 3/12/24, DT 12/36 და C ფილტრების რამდენიმე ბლოკი. TT 3/12/24, და DT 12/36 ფილტრების სიხშირული მახასიათებლები (ნახ.11, 12) აღწერილია V თავის ქვეპარაგრაფებში.

A1 ბლოკი წარმოადგენს TT 3/12/24 (Triple Tuned - სამრეზონანსიანი, გათვლილი სამ სიხშირეზე) ტიპის ფილტრს, რომელიც 50 ჰერც სიხშირეზე

გენერირებს 85 მგვარ რეაქტიულ სიმძლავრეს. მისი წინაღობის სიხშირული მახასიათებლიდან (ნახ.11) კარგად ჩანს, რომ ყველაზე დაბალი წინაღობა მას აქვს მე-12 რიგის ჰარმონიკის მახლობლობაში (იგი გათვლილია, ძირითადად, მე-11 და მე-13 რიგის ჰარმონიკების ჩახშობაზე და, შესაბამისად, რეზონანსული კონტურის გაანგარიშება ხდება მე-12 ჰარმონიკის სიხშირეზე). მე-19 რიგის ჰარმონიკამდე ფილტრის წინაღობა იზრდება, შემდეგ მცირდება და 24-ე ჰარმონიკისა უფრო მაღალ სიხშირულ დიაპაზონში აქვს მცირე წინაღობა.

A2 ბლოკი წარმოადგენს A1-ის აბსოლუტურად იდენტურ მოდულს და როგორც მოდელირების რესულტატმა გვიჩვენა მისი ჩართვა საჭირო ხდება ჩანართის 50%-ზე მეტად დატვირთვისას.

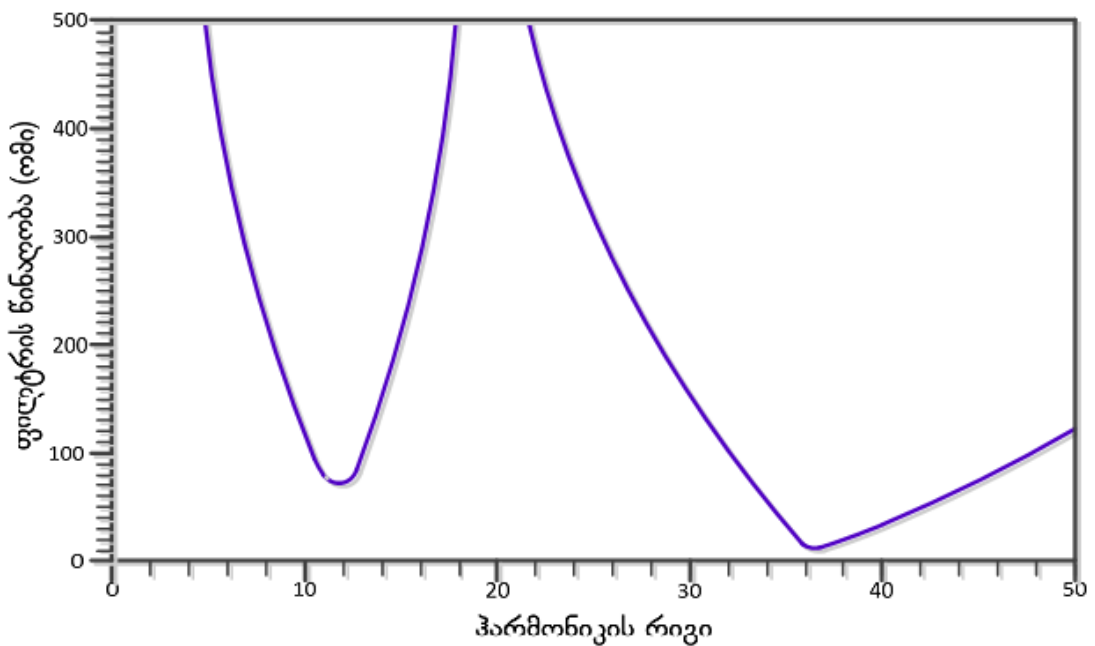


ნახ.11 TT 3/12/24 ფილტრის სიხშირული მახასიათებელი

B1 ბლოკი წარმოადგენს DT 12/36 (Double Tuned –ორრეზონანსიანი, გათვლილია ორ სიხშირულ ზოლზე) ტიპის ფილტრის მოდულს, რომლის მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე 50 ჰერცზე შეადგენს 85 მგვარ-ს. მისი წინაღობის სიხშირული მახასიათებლიდან (ნახ.12) კარგად ჩანს, რომ პირველი რეზონანსული კონტურის წარმოქმნა ხდება მე-12 რიგის ჰარმონიკაზე და იგი თითქმის თანაბრად ახშობს მის მეზობელ მე-11 და მე-

13 ჰარმონიკებსაც. მე-13 და 30-ე რიგის ჰარმონიკის სიხშირეების ჩათვლით DT 12/36 ფილტრს აქვს მაღალი წინაღობა და ამ დიაპაზონში იგი ფაქტიურად არ მონაწილეობს არმონიკების ფილტრაციაზე.

მეორე რეზონანსული კონტური წარმოიქმნება 36- რიგის ჰარმონიკის სიხშირეზე. ლოგიკა აქაც იგივეა: რეზონანსულ სიხშირედ ვიღებთ რეალურად ჩასახშობი 35-ე და 37-ე ჰარმონიკების შუაში მყოფ 36-ე ჰარმონიკის სიხშირეს.



ნახ12 DT 12/36 ფილტრის სიხშირული მახასიათებელი

ეს მიდგომა სავსებით გამართლებულია, რადგან პასიურ ფილტრებს გააჩნიათ ჩასახშობი სიხშირული ზოლის იმდენად დიდი სიგანე, რომ კონკრეტული სიხშირის არჩევისას ხდება მეზობელი სიხშირეების ჩახშობაც. B2 ბლოკი წარმოადგენს B1-ის ანალოგიას მის ჩართვას განსაზღვრავს მუდმივი დენის ჩანართის რეჟიმი. როგორც მოდელირებამ აჩვენა კონვერტორის 50-60% და უფრო მეტად დატვირთვისას აღნიშნული ბლოკის ჩართვა აუცილებელია, როგორც ჰარმონიკული დამახინჯებისას, ასევე ჩანართის რეაქტიული ენერჯის უზრუნველყოფის კუთხით.

დასკვნა

1. მუდმივი დენის ჩანართის გამმართველი და ინვერტორული ქვესადგურების აგება თანამედროვე ელემენტურ ბაზაზე - მაძლავრ დიოდებსა და სრულად მართვად ტირისტორებზე და მძლავრ IGBT ტრანზისტორებზე ოპტოელექტრონული მართვის სისტემების გამოყენებით, ამცირებს ამ დანადგარების გაბარიტებსა და მასას.
2. ჩანართის სქემური გადაწყვეტების შედარებითი ანალიზის შედეგად შეიძლება შეირჩეს ოპტიმალური ვარიანტი ყველა კონკრეტული შემთხვევისათვის. და გაანგარიშების საფუძველზე შეირჩეს სქემის ელემენტების ოპტიმალური პარამეტრები.
3. ძალურ ტრანსფორმატორებში დენების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს შეირჩეს მათი პარამეტრები ვენტილური ბლოკების სპეციფიკის გათვალისწინებით. ეს საშუალებას გვაძლევს დაგვემარდეს გარდამქმნელები მაღალი ტექნიკურ - ეკონომიკური მაჩვენებლებით.
4. ჩანართში მიმდინარე ელექტრო მაგნიტური პროცესების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ უმაღლესი რიგის ჰარმონიკები და მოვახდინოთ მათი ფილტრაცია, მოვახდინოთ სიმძლავრის კოეფიციენტისა და მარგი ქმედების კოეფიციენტის გაზრდა.
5. ჩანართის გამოყენება შეიძლება არა მარტო სისტემათა შორისი კავშირის განსახორციელებლად, არამედ ერთი სისტემის ფარგლებში მისი ორი ნაწილის ერთმანეთთან დასაკავშირებლად გეოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით.
6. სინქრონულ კომპენსატორში ელექტრომაგნიტური პროცესების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს შეირჩეს დანადგარის ოპტიმალური პარამეტრები მდგრადი მუშაობის რეჟიმისათვის.

დისერტაციის ძირითადი შედეგების აპრობაცია და პუბლიკაციები:

1. Кохреидзе Д. К. Хачидзе Г.П. векторные уравнения вставки постоянного тока На Основе сверхпроводящих трансформаторов с вращающимся магнитным полем. XI Международная научно-практическая конференция, 2015, 6(13), с-151-154.
2. ხაჩიძე გ. მუდმივი დენის ჩანართის გამმართველ-ინვერტორული ქვესადგურის რეჟიმების ანალიზი. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „ენერჯია“. 2017, 1 (81), გვ. 72-77.
3. ხაჩიძე გ. კობრეიძე დ. მუდმივი დენის ჩანართის გამმართველში ელექტრომაგნიტური პროცესების კომპლექსური განტოლებები. სამეცნიერო-ტექნიკური კომფერენცია (ქ. ქუთაისი). “ენერგეტიკა“ 2015, III გამოცემა, გვ. 13-17.
4. ხაჩიძე გ. კობრეიძე დ. სინქრონული ძრავას ჩართვის გარდამავალი პროცესის ოპერატორული განტოლებები. „ბიზნეს-ინჟინერინგი“ №1, 2017, გვ. 12-14.

Summary

In a chapter I, it is discussed HVDC technology, high voltage converters classification, their sphere of utilization and their main advantages and disadvantages. It is also considered in general environmental factors caused by HVDC system.

In a chapter II, it is considered main circuits and power constituents of back to back station. It is also described 12 pulse converter scheme and all canonical harmonics generated by it. It is shown thyristor module and its auxiliary circuits. In general it is discussed important buses of a conventional converter station.

In Akhaltsikhe HVDC system the rectification and inversion processes are done by AC system's grid voltage (natural commutation), it means, that for switching of thyristor is used systems voltage. In case of such commutation for normal operation of HVDC converter, supplied voltages must be sinusoidal and symmetrical.

In the third chapter, it has been investigated the work of converter in the regime of inversion and arrangement. It has been cited equivalent scheme of double-bridge converter and It has been explained regime of a second, starry and triangular connected scrolls. Equivalent Scheme has been composed for the two double – bridge transformer, tank. Which has results of analysis and it is possible to spread on the scheme for the one three-scroll transformer tank.

On the same chapter, it has been investigated the work of rectifier in the 4-5 regime and has been explained sequence of ventiles work. It has been analysed the regime of double – bridge converter, when it does not happen current commutation simultaneously in the double bridge.

Also it has been explained the work of inverter in the 4-5 regime and has been solved calculating formulas of the angle of switching off in the 4-5 regime of inverter work.

In the fourth chapter, it has been examined. The main currents of transformer tank, and strains, alternating current and capacity of converter. It has been investigated the meanings of starry, a second and triangular connected scrolls. Current.. It has been cited double-bridge converter scheme and has been explained 12 phases, in the case of converter, different numbers of harmonics how are they connecting inside the scheme.

In the same chapter, it has been carried out capacity analysis on the opening of converter. It has been examined the occasion, when loading current with grouping, it shortens relative meaning of high harmonics in the input current and that is why $I(1)/I$ approaches to 1. For example for the double-bridge converter, when $\alpha=0$ and $\gamma=30^\circ$ ratio $I(1)/I = 0.982$.

$\cos\gamma$ (1) carries out the important role in the coefficient of converter it has been examined the shortening ways of current harmonics in the given line of substation outlet furniture, It maybe shorten high harmonics of current.

In the same chapter it has been examined possible versions of compensation of reactive capacity. It has been shown and cited schemes and formulas according capacity compensation, where in the regime of rectifier converter works practically at the time of constant α angle and by the constant δ angle in the inverter regime.

There is discusses operator equations of grid connection of the transition process after a brief shutdown in of synchronous engine (condenser). There is received as a result of transformation of the stator currents drawn up taking into account the operational parameters for all the images of a generator. Currents camerawork images from the original dissolution occurs theorems or images and tables of correspondence from the originals