

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი ბენაშვილი

ტექნოლოგიური პროცესის მონიტორინგისა და მართვის SCADA სისტემის
დამუშავება და კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2013

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: სრ. პროფ. ლევან იმნაიშვილი

რეცენზენტები: სრ. პროფ. სერგო ცირამუა
ასოც. პროფ. ცისანა ხოშტარია

დაცვა შედგება 2013 წლის 2 აგვისტოს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
სრული პროფესორი:

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

სამუშაოს აქტუალობა. დისპეტჩერული მართვა და მონაცემების შეგროვება (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) რთული, დინამური სისტემების (პროცესების) ავტომატიზირებული მართვის ერთ-ერთი ძირითადი და დღესდღეობით ყველაზე პერსპექტიული მეთოდია. ეს მეთოდი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია სფეროებში, სადაც უსაფრთხოება და საიმედოობა კრიტიკულად აუცილებელია. დასავლურ ქვეყნებში SCADA-სისტემების საფუძველზე ტექნოლოგიური პროცესების მართვა გასული საუკუნის 80-იანი წლებიდან დაიწყო. დღესდღეობით სწორედ დისპეტჩერული მართვის პრინციპებს ეფუძნება მსხვილი ავტომატიზირებული სისტემები მრეწველობაში, ენერგეტიკაში, სატრანსპორტო, კოსმოსურ და სამხედრო სფეროებში, აგრეთვე სხვადასხვა სახელმწიფო სტრუქტურებში.

SCADA-სისტემების კონცეფციის პოპულარიზაციას განაპირობებს ზოგადად მართვის სისტემების განვითარების მიმართულება და სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი. SCADA-ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს მივაღწიოთ ავტომატიზაციის მაღალ დონეს, როდესაც მუშავდება მართვისა და ინფორმაციის შეგროვების, დამუშავების, გადაცემის, შენახვისა და ასახვის სისტემა.

SCADA-სისტემის მიერ შემოთავაზებული HMI (Human-Machine Interface) ინტერფეისის მეგობრულობა, ეკრანზე გამოსახული ინფორმაციის სისრულე და გასაგებობა, მართვის "ბერკეტების" იოლი ხელმისაწვდომობა, მინიშნებებისა და საცნობარო სისტემის მოხერხებულად გამოყენების შესაძლებლობა ამაღლებს დისპეტჩერისა და სისტემის ურთიერთქმედების ეფექტურობას და მინიმუმამდე დაყავს კრიტიკული შეცდომების რაოდენობა. აქედან გამომდინარე, ნათელი ხდება, რომ ამგვარი სისტემების დამუშავებისას ახალი მიდგომაა საჭირო. ახალი მიდგომა Hardware-Centered ანუ ტექნიკურ საშუალებებზე აქცენტის გაკეთების მეთოდის

Human-Centered ანუ პირველ რიგში ადამიან-ოპერატორებზე ორიენტირებული მეთოდით ჩანაცვლებას გულისხმობს.

SCADA სისტემები ფართოდ გამოიყენება ნებისმიერი პროფილის წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში. ძირითადად ეს არის მონიტორინგისა და მართვის ციფრული სისტემები და ა.შ. ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაციის სისტემებში გამოყენებული გადაამწოდების ინტელექტუალურიზაციამ, კომუნიკაციების, ინფორმაციის ციფრული დამუშავების და კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ შექმნა SCADA სისტემების როგორც ფართო გამოყენების საფუძველი, ასევე მისი აგებისადმი ახალი მიდგომებისა და მეთოდების დამუშავების აუცილებლობა.

პარამეტრების გაზომვა ერთ-ერთი რთული რგოლია პროდუქციის შექმნის ტექნოლოგიურ პროცესში. ამასთან პარამეტრების გაზომვის პროცესი დაკავშირებულია აგრეთვე გაზომვის შედეგების მიწოდებასთან პერსონალისადმი.

გამზომი სისტემის აგებას ციფრული ინტელექტუალური გადაამწოდების გამოყენებით დიდი უპირატესობა გააჩნია ანალოგურ გამზომ სისტემებთან მიმართებაში. ტრადიციულად ასეთი სისტემის აგების დროს ცალკეული პარამეტრის გაზომვისათვის იყენებენ ინდივიდუალურ ციფრულ გამზომ მოწყობილობებს. შედეგად მიიღება რთული და მკირად-ღირებული. გამზომი სისტემა

ბოლო დროს ფართოდ გამოიყენება მრავალფუნქციური გამზომი ციფრული მოწყობილობები, რომლებიც აიაფებენ გამზომ სისტემებს, მაგრამ მათში ინტეგრირებული დისპლეები მიუღებენ არიან პერსონალისთვის, რადგან ვერ აკმაყოფილებენ ერგონომიულ მოთხოვნებს. გარდა ამისა, მრავალფუნქციური გამზომი ხელსაწყოს დისპლეიზე მოცემულ მომენტში აისახება მხოლოდ ერთი ან რამდენიმე (ხელსაწყოს ტიპიდან გამომდინარე) ელექტრული პარამეტრი, რაც ძალიან მცირეა და შესაბამისად, მიუღებელია ტექნოლოგიური პროცესის მართვისას.

ამდენად დგება ამოცანა ისეთი SCADA სისტემის აგებისა, რომელშიც წარმოჩინებული იქნება ციფრული გამზომი ხელსაწყოების უპირატესობანი და ასევე ერგონომიული თვალსაზრისით მისაღები იქნება მომსახურე პერსონალისთვის. გამოკვლეული უნდა იქნას რეალურ დროში ფუნქციონირებადი SCADA სისტემის არქიტექტურა როგორც განაწილებული ციფრული სისტემა და მონაცემთა ეკრანზე ასახვის ერგონომიული თავისებურებანი. სამუშაოს აქვს SCADA სისტემების აგების როგორც თეორიული, ასევე გამოყენებითი სახის კვლევის ხასიათი.

აქედან გამომდინარე, სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის მიზანს წარმოადგენს SCADA სისტემაში მულტიფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოებიდან მიღებული მონაცემების ასახვის ერგონომიულობის გაუმჯობესებისათვის მიდგომების, მეთოდების და ალგორითმების დამუშავება. სადისერტაციო ნაშრომში დასახული ძირითადი მიზნის მიღწევისათვის გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

1. გამოკვლეულია რეალურ დროში ფუნქციონირებადი SCADA სისტემის არქიტექტურა როგორც განაწილებული ციფრული სისტემა და მონაცემთა ეკრანზე ასახვის ერგონომიული თავისებურებანი.
2. გამოკვლეულია SCADA სისტემის მრავალფუნქციური გამზომი ციფრული ხელსაწყოების ფუნქციური შესაძლებლობები პარამეტრების ინდიკატორზე ასახვასთან მიმართებაში.
3. ახალი მიდგომით შემუშავებულია მრავალფუნქციური გამზომი ციფრული ხელსაწყოების მონაცემების მონიტორზე ასახვის სისტემის კონცეფცია.
4. დამუშავებულია ციფრული ხელსაწყოების მონაცემების მონიტორზე ასახვის სისტემის არქიტექტურა.
5. დამუშავებულია სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმები.
6. შეფასებულია SCADA სისტემის მონაცემების მონიტორზე ასახვის სისტემის ეფექტურობა.

კვლევის ობიექტები და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს მულტიფუნქციურ ციფრულ გამზომ ხელსაწყოებზე დაყრდნობილი SCADA სისტემების არქიტექტურები და მათი ეფექტურობის მაჩვენებლები.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლეს წარმოადგენს სისტემური ანალიზის საფუძველზე მაღალი ეფექტურობის მქონე SCADA სისტემების ახალი მიდგომებით სინთეზის მეთოდების, მოდელების, არქიტექტურების და ალგორითმების დამუშავება.

სამუშაოში მიღებულია შემდეგი თეორიული შედეგები. დადგენილია SCADA სისტემების ეფექტურობის კრიტერიუმები; დამუშავებულია მაღალი ეროგონომიულობის მქონე SCADA სისტემის მოდელი; დამუშავებულია SCADA სისტემის ეროგონომიულობის გაზრდის მეთოდები, არქიტექტურები და ალგორითმები.

სამუშაოს თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა. სამუშაოს თეორიული მნიშვნელობა მდგომარეობს SCADA სისტემების ინტეგრაციის მეთოდების განვითარებაში, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ამალდეს SCADA სისტემების ეფექტურობა ეროგონომიულობის კუთხით. SCADA სისტემების დამუშავებული არქიტექტურები და ალგორითმები შესაძლებელია გამოყენებული იქნან სხვადასხვა დანიშნულების, განსაკუთრებით კიტექნოლოგიური პროცესების მონიტორინგისა და მართვის SCADA სისტემების სინთეზისათვის.

სამუშაოს აპრობაცია. დისერტაციასთან დაკავშირებული საკითხები ასახულია 4 სამეცნიერო პუბლიკაციაში და განხილული იქნა შემდეგ სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე:

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია "ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები". 2008. თბილისი, საქართველო
2. Georgian Technical University. International Scientific Conference "Nanosensory Systems and Nanomaterials", June 6-9, Tbilisi, Georgia.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. დისერტაცია შედგება:

- შესავლისგან, რომელიც მოიცავს ნაშრომის ზოგად დახასიათებას, საკითხის აქტუალობას, ამოცანის დასმას, დაცვაზე გასატანი დებულებების ფორმულირებას და კვლევის მიმართულებათა მიმოხილვას;
- შინაარსის შემცველი ორი თავისაგან;
- უმნიშვნელოვანეს შედეგთა შემაჯამებელი დასკვნებისაგან;
- ლიტერატურის სიისაგან.

დისერტაციის სრული მოცულობა შეადგენს 112 გვერდს. ის მოიცავს 6 ცხრილს, 44 ნახაზს და 60 დასახელების ლიტერატურის სიას.

რეზიუმე

დისპეტჩერული მართვა და მონაცემების შეგროვება (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) რთული, დინამიური სისტემების (პროცესების) ავტომატიზირებული მართვის ერთ-ერთი ძირითადი და დღესდღეობით ყველაზე პერსპექტიული მეთოდია. ეს მეთოდი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია სფეროებში, სადაც უსაფრთხოება და საიმედოობა კრიტიკულად აუცილებელია. SCADA სისტემები ფართოდ გამოიყენება ნებისმიერი პროფილის წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში. ძირითადში ეს არის მონიტორინგისა და მართვის ციფრული სისტემები და ა.შ.

პარამეტრების გაზომვა ერთ-ერთი რთული რგოლია პროდუქციის შექმნის ტექნოლოგიურ პროცესში. ამასთან პარამეტრების გაზომვის პროცესი დაკავშირებულია აგრეთვე გაზომვის შედეგების მიწოდებასთან პერსონალისადმი. ბოლო დროს ფართოდ გამოიყენება მრავალფუნქციური გამზომი ციფრული მოწყობილობები, რომლებიც აიაფებენ გამზომ სისტემებს, მაგრამ მათში ინტეგრირებული დისპლეები მიუღებელნი არიან პერსონალისადმი, რადგან ვერ აკმაყოფილებენ ერგონომიულ მოთხოვნებს. გარდა ამისა, მრავალფუნქციური გამზომი ხელსაწყოს დისპლეიზე მოცემულ მომენტში აისახება მხოლოდ ერთი ან რამოდენიმე (ხელსაწყოს ტიპიდან გამომდინარე) ელექტრული პარამეტრი, რაც ასევე მიუღებელია ტექნოლოგიური პროცესის მართვისას. ამდენად დგება ამოცანა ისეთი SCADA სისტემის აგებისა, რომელშიც წარმოჩინებული იქნება ციფრული გამზომი ხელსაწყოების უპირატესობანი და ასევე ერგონომიული თვალსაზრისით მისაღები იქნება მომსახურე პერსონალისათვის.

ნაშრომის პირველ თავში გამოკვლეულია რეალურ დროში ფუნქციონირებადი SCADA სისტემის არქიტექტურა, როგორც განაწილებული ციფრული სისტემა. კონკრეტულად შესწავლილია ჰიდროელექტროსადგურის ელექტრული პარამეტრების გაზომვისა და ასახვის SCADA სისტემა. გამოკვლეულია SCADA სისტემის და მისი კომპონენტების ერგონომიულობის საკითხები და დადგენილია ერგონომიული ეფექტურობის კრიტერიუმები. ამ თვალსაზრისით აღსანიშნავია, რომ ოპერატორს ინფორმაციის აღქმისა და განზოგადებისთვის სჭირდება ტექნიკური საშუალებები, რომლებსაც ინფორმაციის ასახვის საშუალებები ეწოდება. ადამიანი-ოპერატორის საქმიანობაში ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქცია აკისრია ინფორმაციის ვიზუალური ასახვის საშუალებებს და მათ შორის უპირველეს ყოვლისა დისპლეებს. დადგენილია ის ძირითადი ფაქტორები, რაც ხელს უწყობს დისპლეიზე გამოსახული ვიზუალური ინფორმაციის აღქმას.

ნაშრომის პირველ თავში აგრეთვე განხილულია მრავალფუნქციურობის პრინციპი და პირობა, რომლის დაკმაყოფილების შემთხვევაში ციფრული სისტემის ელემენტი შეგვიძლია მივიჩნიოთ მრავალფუნქციურად.

ნაშრომის მეორე თავში გამოკვლეულია SCADA სისტემებში გამოყენებული მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოები. დადგენი-

ლია, რომ ისინი ფუნქციონალური შესაძლებლობებით მკვეთრად აღემატებიან ტრადიციულ ციფრულ გამზომ ხელსაწყოებს. მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოების ნაკლოვანებად შეიძლება ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ მათ ეკრანებზე აისახება გასაზომი პარამეტრების შეზღუდული რაოდენობა, ხოლო თავად ეკრანის ფუნქციონალური შესაძლებლობა არ აკმაყოფილებს ერგონომიულობის მოთხოვნებს. აქედან გამომდინარე, ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლისა და მართვის სისტემებში შეუძლებელია მხოლოდ გამზომი ხელსაწყოების ეკრანზე გამოსახულ ინფორმაციაზე დაყრდნობა და აუცილებელი ხდება ინფორმაციის ასახვის თანამედროვე და უფრო ერგონომიული საშუალებების გამოყენება, რაშიც უპირველეს ყოვლისა იგულისხმება თანამედროვე LCD მონიტორები.

მონიტორს ან დისპლეის და ვიდეოადაპტერს ერთმანეთთან აკავშირებს ვიდეოინტერფეისი. გამოკვლეულია დღეისათვის არსებული ვიდეოინტერფეისები და შერჩეულია თანამედროვე ციფრული ინტერფეისი DVI. გამოკვლეულია DVI ინტერფეისის მონაცემთა გადაცემის TMDS პროტოკოლი. ნაჩვენებია, თუ რა უპირატესობა აქვს ციფრულ ვიდეოინტერფეისებს და მათ შორის DVI ინტერფეისს ანალოგურ ვიდეოინტერფეისებთან შედარებით.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია SCADA სისტემებში გამოყენებული მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოების ერგონომიულობის ამალღების მეთოდი თანამედროვე ციფრული ვიდეოინტერფეისისა და მონიტორის გამოყენებით. დადგენილია, რომ მფცხ-ის ფუნქციური შესაძლებლობები ($CardF=n$) წინ უსწრებს მის მონიტორზე ასახული მონაცემების m რაოდენობას ($n>m$). იდეალურ შემთხვევაში $n=m$, რაც ვერ კმაყოფილდება მფცხ-ების შემთხვევაში, ვინაიდან მფცხ-ების მონიტორები არ არის მაღალი ხარისხის, აქვთ დაბალი ხედვის კუთხე, დაბალი კონტრასტულობა, დაბალი სიკაშკაშე და ა.შ. იმისათვის, რომ მომხმარებელმა შეძლოს მფცხ-ს ყველა ფუნქციის შედეგის ნახვა, უნდა ისარგებლოს ხელსაწყოს მენიუში გადაადგილების ღილაკებით.

მომხმარებელს ხელსაწყოს ეკრანზე პარამეტრის აღქმისათვის ესაჭიროება ღილაკზე თითის დაჭერა გადაადგილებისათვის და შემდეგ უშუალოდ აღქმა. ორივე ამ ქმედებას სჭირდება გარკვეული დრო. ამასთან, მხედველობაშია მისაღები მფცხ-ს შიგთავსის (ელექტრონიკის) სწრაფქმედებაც. თუ მფცხ აღჭურვილია მონიტორით, რომელზეც ერთდროულად გამოიტანება მომხმარებლისათვის საჭირო k პარამეტრი, მაშინ ყოველგვარი მენიუში გადაადგილებისა და პარამეტრების ამოწერის გარეშე k პარამეტრის აღქმისთვის დაიხარჯება ბევრად უფრო ნაკლები დრო. ჩვენს მიერ გამოყვანილია თანაფარდობა, რომლითაც გამოითვლება დროში მოგება. მაგალითად, გამოთვლილია, რომ თუ მფცხ განკუთვნილია 50 ფუნქციის შესასრულებლად, მაშინ მომხმარებელი დროში მოიგებს დაახლოებით 100-ჯერ.

მფცხ-ის k პარამეტრის ერთდროული ასახვისათვის შემოთავაზებულია ფართოეკრანიანი მონიტორის გამოყენება. უმარტივეს შემთხვევაში სისტემა მოიცავს ერთ მფცხ-ს, კონტროლერს და მონიტორს. კონტროლერის

დანიშნულებაა მფცხ–დან მიიღოს k რაოდენობის პარამეტრი და მოამზადოს ეს ინფორმაცია მონიტორზე გამოტანისათვის. ამ მიზნით ის მფცხ–ს უკავშირდება სამრეწველო ქსელით. შედეგად ვიღებთ მაღალი ერგონომიულობის მქონე ინფორმაციის ასახვის სისტემას (კონტროლერს), რომლის დანიშნულებაა მფცხ–დან k რაოდენობის პარამეტრის ამოკითხვა, მისი გადამუშავება წინასწარ ცნობილი პირობების შესაბამისად, მომზადება მონიტორზე გასატანად და მონიტორზე ასახვა. ჩვენს მიერ დამუშავებულია აღნიშნული სისტემის არქიტექტურა და ფუნქციონირების ალგორითმები.

ნაშრომის მიწურულს მოტანილია მაღალი ერგონომიულობის მქონე ინფორმაციის ასახვის სისტემის (კონტროლერის) არქიტექტურა, რომელიც გამოყენებადია ენერგეტიკული ობიექტის მონიტორინგისა და მართვის SCADA სისტემაში. აღწერილია მოდიფიცირებული SCADA სისტემის ფუნქციონირება და ნაჩვენებია დამუშავებული არქიტექტურის მაღალი ერგონომიულობა.

Abstract

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) is one of the most perspective and basic techniques of automated management of complex, dynamic systems (processes). This technique is useful in the fields, where security and reliability have critical importance. SCADA systems are widely-used in technological processes of any kind of industry. Basically, they are digital systems of monitoring, management, etc.

Measurement of parameters is a complex stage of technological process of production. Besides, measurement of parameters is related to the process of supply of measurement results to the personnel. In the recent period multifunction digital measuring devices are widely-used. They make measuring systems cheaper, but their integrated displays are unacceptable for personnel, because they don't satisfy ergonomic demands. Besides, only one or several electric parameters are displayed simultaneously on the screen of multifunction measuring device. It's also unacceptable for the management of technological process. Therefore, it's important to develop SCADA systems, which use the advantages of digital measuring devices and make them ergonomically acceptable for personnel.

The first chapter of work studies the design of SCADA system (as distributed digital system) operating in real time. Particularly, SCADA system of measurement and representation of hydroelectric power station's electric parameters is studied. The ergonomic issues of SCADA system and its components are studied and the criteria of ergonomic efficiency are established. It must be noted that operator needs technical means of information representation to perceive and generalize any information. Means of visual representation of information, including displays, have one of the most important functions in the activities of human-operator. The main factors are established, which contribute to perception of visual information displayed on the screen.

In the first chapter of work two principles and one condition of multifunctioning are established. If this condition is met, then element of digital system may be considered multifunction.

The second chapter of work studies the multifunction digital measuring devices used in SCADA systems. It's established that such devices have many functional advantages over the traditional digital measuring devices. The disadvantage of multifunction measuring devices is limited quantity of measured parameters displayed on the screen. Besides, functional possibilities of screen don't satisfy the ergonomic demands. Therefore, it's impossible to rely solely on the information displayed on the screen of measuring devices in the systems of control and management of technological process. It's necessary to use modern and more ergonomic means of representation of information, such as modern LCD displays.

Display and video adapter are connected via video interfaces. We have studied modern video interfaces and selected digital interface DVI. Besides, we have studied TMDS protocol of DVI interface. Advantages of digital video interfaces, including DVI interface, over analog video interfaces are shown.

We offer the technique of ergonomic improvement of multifunction digital measuring devices of SCADA systems using modern digital video interface and display. It's established that quantity of functional possibilities ($CardF=n$) of digital measuring devices is more than m quantity of parameters displayed on the screen ($n>m$). Ideally, $n=m$, but this condition isn't met for the multifunction digital measuring devices, because their screens have low quality, low contrast, low

luminosity, small visual angle, etc. If consumer wants to see all parameters of digital measuring device, he/she must push the buttons of displacement in the menu.

Consumer must push the buttons of displacement and then watch the information to perceive the parameters displayed on the device's screen. Both actions require certain time. Besides, speed of internal electronics of multifunction digital measuring device should be taken into account. If several k parameters are shown simultaneously on the screen of multifunction digital measuring device, then consumer spends much less time to perceive these parameters. In this case consumer doesn't need the buttons of displacement or writing out the parameters. We offer equation to calculate the gain of time. For example, if multifunction digital measuring device has 50 functions, then coefficient of gain of time is over 100.

We use wide-screen display to represent k parameters of multifunction digital measuring device simultaneously. In the simplest case, the system includes one multifunction digital measuring device, controller and display. Controller gets k parameters from multifunction digital measuring device and prepares this information for displaying on the screen. Controller and multifunction digital measuring device are connected via production network. As a result, we get the system (controller) of information representation with better ergonomic characteristics. The system reads k parameters from multifunction digital measuring device, transforms them according to pre-selected conditions, prepares them for displaying on the screen and then displays information on the screen. We have developed the design and algorithms of operation of above-mentioned system.

Finally, the design of system (controller) of information representation with high ergonomic characteristics is described. This system can be integrated in the SCADA system of monitoring and management of power object. We describe the operation of modified SCADA system and show the improved ergonomic characteristics of such design.

დისერტაციის შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია სადისერტაციო ნაშრომის თემის აქტუალობა, ჩამოყალიბებულია კვლევის მიზნები და მათი მიღწევისთვის გადაწყვეტილი ამოცანები; აღწერილია კვლევის ობიექტები და მეთოდები; ჩამოყალიბებულია სადისერტაციო ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე და მისი როგორც თეორიული შედეგები, ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობა; საუბარია კვლევის შედეგების რეალიზაციასა და სადისერტაციო ნაშრომის აპრობაციაზე.

პირველ თავში მიმოხილულია ტექნოლოგიური პროცესის მართვაში გამოყენებული SCADA სისტემები; აღწერილია SCADA სისტემების არქიტექტურა და მათი რეალიზაციის განზოგადებული სქემა. ჩამოთვლილია SCADA სისტემების მიმართ წაყენებული მოთხოვნები და გამოყენების ძირითადი სფეროები. საუბარია, რომ თანამედროვე დისპეტჩერულ სისტემებში და მათ შორის SCADA სისტემებში, მართვის პროცესის თავისებურებები შემდეგში მდგომარეობს:

- SCADA პროცესი გამოიყენება სისტემებში, სადაც აუცილებელია ადამიანის (ოპერატორის, დისპეტჩერის) ყოფნა;
- SCADA პროცესი დამუშავებულია სისტემებისთვის, რომლებშიც ნებისმიერმა არასწორმა მოქმედებამ მართვის ობიექტის მტყუნება (დაკარგვა), ზოგიერთ შემთხვევაში კი კატასტროფული შედეგები შეიძლება გამოიწვიოს;
- ოპერატორი პასუხისმგებელია მხოლოდ სისტემის ზოგადად მართვაზე. ჩვეულებრივ პირობებში სისტემა ოპტიმალური წარმადობისთვის პარამეტრების სპეციალურ დაყენებას იშვიათად საჭიროებს;
- ოპერატორი მართვის პროცესში აქტიურად იშვიათად და არაპროგნოზირებად მომენტებში მონაწილეობს, როდესაც კრიტიკული მდგომარეობა იქმნება (მტყუნება, არასაშტატო სიტუაციები და სხვ.).

- ოპერატორის მოქმედება კრიტიკულ სიტუაციებში ხშირად დროში მკაცრად შეზღუდულია (მოქმედების დრო შეიძლება რამდენიმე წუთი, ან სულაც წამი იყოს).

ჩვენს მიერ გამოკვლეულია რეალურ დროში ფუნქციონირებადი SCADA სისტემა, კერძოდ ჰიდროელექტროსადგურზე მოქმედი გენერატორის ელექტრული პარამეტრების გაზომვის და ასახვის სისტემა, რომლის დანიშნულება შემდეგში მდგომარეობს:

- გენერატორის ელექტრული პარამეტრების გაზომვა;
- გაზომილი ძირითადი პარამეტრების ასახვა სამანქანო დარბაზში და მართვის ფარზე;
- გაზომილი პარამეტრების ასახვა ციფრული და ანალოგური სახით;
- გაზომილი პარამეტრების რეალურ დროში დაგროვება მონაცემთა ბაზაში და არქივირება;
- მონაცემთა ბაზაში დაგროვილი პარამეტრების რანჟირება და დამუშავება ცხრილების და გრაფიკების სახით.

აღნიშნული SCADA სისტემის აღწერისა და მისი როგორც უპირატესობების, ასევე ნაკლოვანებების ჩამოთვლის შემდეგ საუბარია ერგონომიკის, როგორც დისციპლინათაშორისი დარგის, კვლევისა და პროექტირების მეთოდებზე. ერგონომიკა სამეცნიერო დისციპლინაა, რომელიც კომპლექსურად შეისწავლის ადამიანს (ადამიანთა ჯგუფს) მექანიზმების (ტექნიკური საშუალებების) გამოყენებასთან დაკავშირებული საქმიანობის კონკრეტულ პირობებში. ერგონომიკაში ადამიანი, მანქანა და გარემო რთული, ფუნქციონირებადი, ერთიანი სხეულია, რომელშიც წამყვან ფუნქციას ასრულებს ადამიანი. ერგონომიკა ერთდროულად სამეცნიერო და პროექტირებისთვის განკუთვნილი დისციპლინაა, რადგან მის ამოცანებში შედის ადამიანური ფაქტორების გათვალისწინების მეთოდების დამუშავება, როდესაც ხდება არსებული ტექნიკის მოდერნიზაცია ან ახალი ტექნიკის თუ ტექნოლოგიების შემუშავება.

რაც შეეხება "ადამიანი-მანქანა" სისტემაში და მათ შორის SCADA სისტემებში გამოყენებული კომპონენტების ერგონომიულობას, ამ თვალსაზრისით პირველ რიგში აღსანიშნავია, რომ ოპერატორს ინფორმაციის აღქმისა და განზოგადებისთვის სჭირდება ტექნიკური საშუალებები, რომლებსაც ინფორმაციის ასახვის საშუალებები ეწოდება. ინფორმაციის ასახვის საშუალებები აღქმის ორგანოების მიხედვით განსხვავდება და შესაბამისად, არსებობს ვიზუალური, ხმოვანი, ტაქტილური და სხვა სახის საშუალებები. ადამიანი-ოპერატორის საქმიანობაში ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქცია აკისრია ინფორმაციის ვიზუალური ასახვის საშუალებებს და მათ შორის უპირველ ყოვლისა დისპლევს. აქედან გამომდინარე, ჩვენ ძირითად ყურადღებას ვუთმობთ ინფორმაციის ვიზუალური ასახვის საშუალებების ერგონომიული პროექტირების მეთოდებსა და პრინციპებს, რაც ოპერატორს უადვილებს წარმოდგენილი ინფორმაციის აღქმას.

პირველი თავის დასასრულს განხილულია ციფრული სისტემა-ების და მათ შორის SCADA სისტემების ელემენტების მრავალფუნქციურობის პრინციპი. ფუნქცია არის ციფრული სისტემის (ცს)-ის (მათ შორის SCADA სისტემის) ან მისი ელემენტის, როგორც ობიექტის, მოქმედება, ქცევა, მოღვაწეობა. იმისათვის, რომ ცს-ის ნებისმიერი იერარქიული ელემენტი განვიხილოთ როგორც მრავალფუნქციური, აუცილებელი და საკმარისია, რომ მისთვის შესრულდეს შემდეგი უტოლობანი:

$$Card F \geq 2;$$

$$L_{\theta\theta\theta} = \sum_{i=1}^{CardF} L_{\theta\theta\theta}^i$$

$$E_{\theta\theta\theta}^i \geq E_{\theta\theta\theta}^j$$

სადაც $L_{\theta\theta\theta}$ არის მრავალფუნქციური ელემენტის სირთულე, $L_{\theta\theta\theta}^i$ - i -ური ერთფუნქციონალური ელემენტის სირთულე, ხოლო $E_{\theta\theta\theta}^i$ და $E_{\theta\theta\theta}^j$ მრავალფუნქციური და ერთფუნქციური ელემენტის ტექნიკური ეფექტურობის j -ური მაჩვენებელი ($i = \overline{1, k}$, $CardF = k$, $j = \overline{1, k}$). ნაჩვენებია,

რომ SCADA სისტემის ელემენტები შეიძლება განხილული იქნას, როგორც მრავალფუნქციური.

მეორე თავში გრძელდება პირველი თავის მიწურულს დაწყებული მსჯელობა მრავალფუნქციურობის პრინციპზე და საუბარია მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოების გამოყენებაზე SCADA სისტემებში. მრავალი ათეული წლის განმავლობაში უამრავ დარგში იყენებდნენ და იყენებენ კონტროლისა და მართვის ანალოგურ სისტემებს. მიუხედავად ამისა, დღეს წარმოების თითქმის ყველა სფეროში წინა პლანზე იწევს გამოყენების თვალსაზრისით საიმედო, მოქნილი და მოხერხებული ციფრული მართვის ტექნოლოგიები. დღეისათვის სადავო არ არის ის ამბავი, რომ „დაპირისპირებაში“ ინფორმაციის დამუშავების ანალოგურ და ციფრულ ფორმებს შორის სრული გამარჯვება მოიპოვა ციფრულმა ტექნოლოგიამ. ციფრულ სისტემებს აქვს რიგი უპირატესობანი ანალოგურ სისტემებთან შედარებით, კერძოდ:

- დიდი ფუნქციური შესაძლებლობები;
- მაღალი საიმედოობა;
- ექსპლუატაციის უფრო დაბალი ღირებულება;
- მცირე გაზარიტები;
- დიდი საექსპლუატაციო მოქნილობა;
- აღჭურვილობის უფრო მაღალი ხანგამძლეობა;
- ინფორმაციის რეალურ დროში არქივირების უნარი;
- უფრო მარტივი ტექნიკური მომსახურება;
- სისტემის გადაწყობის უნარი პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით;
- დისტანციური კონტროლი და მართვა;
- და მრავალი სხვა.

როდესაც საუბარია ტექნოლოგიური პარამეტრების უწყვეტ მონიტორინგზე, უკანასკნელ პერიოდში მკვეთრად გაიზარდა მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოების (მფცხ-ების) წარმოება და მრავალფ-

როვნება. ისინი ფუნქციონალური შესაძლებლობებით მკვეთრად აღემატებიან ტრადიციულ ციფრულ გამზომ ხელსაწყოებს, რის გამოც:

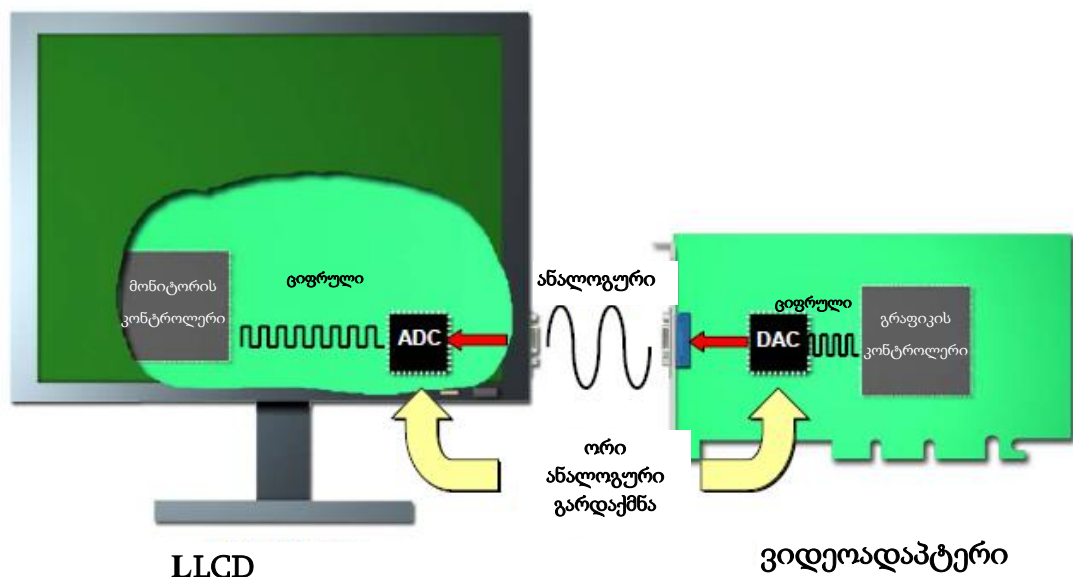
- გამზომ სისტემაში მნიშვნელოვნად იზრდება გაზომილი პარამეტრების რაოდენობა;
- მნიშვნელოვნად მცირდება გამზომი სისტემის ღირებულება, რადგან გასაზომი პარამეტრების რაოდენობის გადათვლა ნაკლებად ხარჯიანია;
- გამზომ სისტემაში შესაძლებელი ხდება RS-485 ინტერფეისის და Modbus პროტოკოლის გამოყენება, რაც მნიშვნელოვნად ამაღებს სისტემის სწრაფქმედებას, ვინაიდან აღნიშნული პროტოკოლი ეფუძნება კლიენტი-სერვერი არქიტექტურას და მასში შემცირებულია ამოკითხვადი ციფრული მოწყობილობების რაოდენობა.

მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოების ნაკლოვანებად შეიძლება ჩაითვალოს ის ფაქტი, რომ მათ ეკრანებზე აისახება გასაზომი პარამეტრების შეზღუდული რაოდენობა, ხოლო თავად ეკრანის ფუნქციური შესაძლებლობა არ აკმაყოფილებს ერგონომიულობის მოთხოვნებს. აქედან გამომდინარე, ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლისა და მართვის სისტემებში შეუძლებელია მხოლოდ გამზომი ხელსაწყოების ეკრანზე გამოსახულ ინფორმაციაზე დაყრდნობა და აუცილებელი ხდება ინფორმაციის ასახვის თანამედროვე და უფრო ერგონომიული საშუალებების გამოყენება, რომელთა შორის უპირველეს ყოვლისა იგულისხმება თანამედროვე LCD მონიტორები.

მონიტორების ბაზარი გასული წლების განმავლობაში მნიშვნელოვნად შეიცვალა, ჩაენაცვლა რა დიდ და მოუხერხებელ CRT მონიტორებს LCD მონიტორები. დღესდღეობით LCD მონიტორები გაყიდვების თვალსაზრისით მკვეთრად აღემატება CRT მონიტორებს. ჯერ კიდევ 2007 წლისთვის LCD მონიტორების წილი ბაზარზე დაახლოებით 80%-ს შეადგენდა. LCD მონიტორები, CRT მონიტორებისგან განსხვავებით, ციფრული მოწყობილობებია, რის გამოც მოძველებულ ანალოგურ ვიდეოინტერფეისებს (უპირველეს ყოვლისა VGA ინტერფეისს) ანაცვლებს

თანამედროვე ციფრული ვიდეოინტერფეისები და მათ შორის უპირველეს ყოვლისა DVI ინტერფეისი. ამ უკანასკნელს საფუძვლად უდევს Transition Minimized Differential Signaling (TMDS) პროტოკოლი.

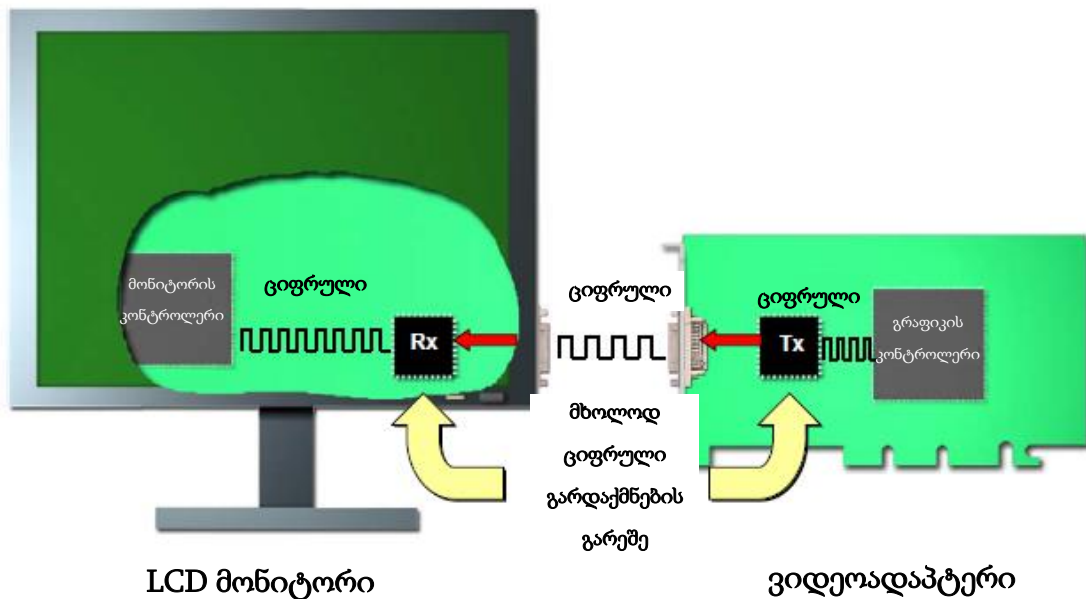
ციფრული ინტერფეისი მრავალი თვალსაზრისით უმჯობესია ანალოგურ ინტერფეისზე, ძირითადი კი გახლავთ ის, რომ ნებისმიერი ვიდეოადაპტერი და LCD მონიტორი არსებითად ციფრული მოწყობილობაა. რაც შეეხება CRT მონიტორს, მას ანალოგური შესასვლელები აქვს, რის გამოც პერსონალური კომპიუტერის ვიდეოადაპტერი იძულებულია ციფრული მონაცემები, ანუ 0-ებისა და 1-ების ერთობლიობა ანალოგურ ძაბვებად გარდაქმნას და ისე მიაწოდოს CRT მონიტორს. აღნიშნულ გარდაქმნას ასრულებს DAC (Digital-To-Analog Converter) მიკროსქემა. თუ LCD მონიტორსაც ანალოგური შესასვლელები გააჩნია, მაშინ გარდაქმნის პროცესი კიდევ უფრო გართულდება, კერძოდ პერსონალური კომპიუტერი იძულებული იქნება ციფრული მონაცემები ანალოგურ მონაცემებად გარდაქმნას, ხოლო ანალოგური მონაცემების მიმღები LCD მონიტორი იგივე მონაცემებს ADC (Analog-To-Digital Converter) მიკროსქემის მეშვეობით კვლავ 0-ებად და 1-ებად (ციფრულ მონაცემებად) გადააქცევს (ნახ. 1).



ნახ. 1. ციფრული სიგნალების ანალოგურად და საპირისპირო მიმართულებით გარდაქმნა

ამ მიდგომის მთელი ნაკლოვანება ის გახლავთ, რომ გარდაქმნების პროცესში გამოსახულების ხარისხი უარესდება. მაგალითად, ტექსტი ან რაიმე სხვა უძრავი გამოსახულება შეიძლება აციმციდეს ან ამოძრავდეს. გარდა ამისა, ანალოგური ინტერფეისი ნაკლებად არის დაცული შეცდომებისა და ხმაურისგან. და ბოლოს, ანალოგურიდან ციფრულზე და საპირისპირო მიმართულების გარდაქმნები მონიტორს დამატებით და სრულიად არასაჭირო ღირებულებას მატებს.

ვითარება მკვეთრად მარტივდება, თუ ვიყენებთ TMDS გადამცემს (Tx), TMDS მიმღებს (Rx) და ციფრულ მონაცემებს ვიდეოადაპტერიდან პირდაპირ LCD მონიტორის ციფრულ შესასვლელს ვაწვდით (ნახ. 2). ამ შემთხვევაში მონაცემების გარდაქმნა აუცილებელი არ არის და ხარვეზების ალბათობაც იკლებს

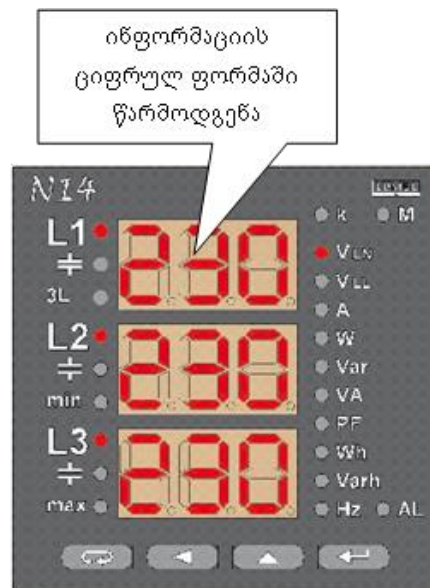


ნახ. 2. ციფრული ინტერფეისის მოქმედების სქემა

ციფრული გამზომი ხელსაწყოების და მათთვის გამოყენებული ციფრული ვიდეოინტერფეისებისა და ასეთივე მონიტორების უპირატესობების დასაბუთების შემდეგ განხილულია SCADA სისტემებში გამოყენებული მრავალფუნქციური ციფრული გამზომი ხელსაწყოების (მფცხ-ების)

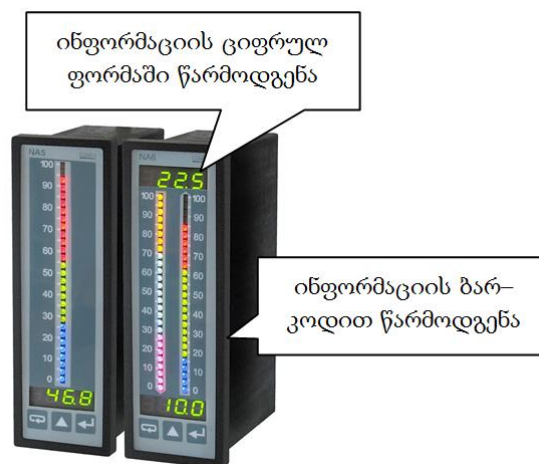
ერგონომიულობის ამალეების მეთოდი. მრავალფუნქციური ციფრული ხელსაწყოები გამოირჩევიან შესასრულებელი ფუნქციების დიდი რაოდენობით, რაც მეტად აფართოებს მათი დანიშნულების და გამოყენების სფეროებს. მრავალფუნქციური ციფრული ხელსაწყოები, როგორც წესი, აიგებიან მიკროპროცესორების გამოყენებით, რაც მეტად კომპაქტურს ხდის მათ კონსტრუქციებს. ამდენად ასეთი კონტროლერების გამოყენება მეტად ეფექტურია ისეთი SCADA სისტემების აგებისათვის, სადაც არ მოითხოვება ტექნოლოგიურ პროცესებზე დაკვირვება უშუალოდ ობიექტზე. ისეთი SCADA სისტემების შემთხვევაში, როცა დამატებით საჭიროა ტექნოლოგიური პროცესების უშუალოდ ობიექტზე კონტროლიც, მრავალფუნქციური კონტროლერების გამოყენება ნაკლებად ერგონომიულია, რამდენადაც მათი კონსტრუქციული კომპაქტურობიდან გამომდინარე ვერ ხერხდება ყველა საჭირო ინფორმაციის ასახვა კონტროლერის დისპლეიზე. ამდენად, მფცხ-ის ფუნქციური შესაძლებლობები ($CardF=n$) წინ უსწრებს მის მონიტორზე ასახული მონაცემების m რაოდენობას ($n>m$). იდეალურ შემთხვევაში $n=m$, რაც ვერ კმაყოფილდება მფცხ-ების შემთხვევაში.

დღეისათვის ყველაზე მეტად გავრცელებულია მფცხ-ები ინფორმაციის ციფრულ ფორმაში წარმოდგენით. ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია მულტიფუნქციური გამზომი ხელსაწყოს პანელი, სადაც გამოყენებულია ინფორმაციის ციფრულ ფორმაში წარმოდგენა.



ნახ. 3. მფცხ ინფორმაციის ციფრული წარმოდგენით

ინფორმაციის ანალოგური ფორმით წარმოდგენაში, უპირველეს ყოვლისა, იგულისხმება ინფორმაციის ბარ-კოდით წარმოდგენა. როგორც წესი, ინფორმაციის ბარ-კოდით წარმოდგენა კომბინირებულია ინფორმაციის ციფრულ ფორმაში წარმოდგენასთან (ნახ. 4). ინფორმაციის კომბინირებული წარმოდგენის დროს მომხმარებელი ასოციატიურად აღიქვამს მონაცემს ანალოგური ინდიკატორიდან, მაგრამ დაზუსტებისათვის მიმართავს ციფრულ ინდიკატორს.



ნახ. 4. მფცხ ინფორმაციის კომბინირებული წარმოდგენით

LCD მონიტორების ტექნოლოგიების დახვეწამ და გაიაფებამ სტიმული მისცა მათ გამოყენებას მფცხ-ებში. შესაბამისად გაიზარდა ასახული ინფორმაციის მოცულობა, მაგრამ შემცირდა ხელსაწყოს ერგონომიულობა LED დისპლეისთან შედარებით, რადგან ასეთი LCD მონიტორები მაღალი ხარისხის არაა (სიიაფის გამო) და აქვთ დაბალი ხედვის კუთხე, დაბალი კონტრასტულობა და დაბალი სიკაშკაშე (ნახ. 5).

როგორც ზემოთ ვნახეთ, $n > m$. იმისათვის, რომ მომხმარებელმა შეძლოს მფცხ-ს ყველა ფუნქციის შედეგის ნახვა, უნდა ისარგებლოს ხელსაწყოს მენიუში გადაადგილების ღილაკებით.

როგორც წესი, მფცხ-ების მენიუ აიგება „წრიული მენიუს“ სახით. ამასთან ზოგიერთ (ან ყველა) პარამეტრს შეიძლება ქონდეს ქვემენიუები.

ამასთან, როგორც მფცხ-ების გამოყენების პრაქტიკა გვიჩვენებს, ხელსაწყოს F ფუნქციათა სიმრავლიდან კონკრეტულ SCADA სისტემაში გამოიყენება მხოლოდ $F \subset F$ ფუნქციები. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ $Card F' \ll Card F$.



ნახ. 5. მფცხ LCD მონიტორით

ამდენად, სასურველ პარამეტრზე ფიქსირებისათვის მომხმარებელს ესაჭიროება სხვადასხვა დრო, გამომდინარე იქედან, თუ მოცემულ მომენტში რომელ პარამეტრზეა დაფიქსირებული ხელსაწყო ჩვენება.

დავუშვათ, რომ ხელსაწყო გამიზნულია $Card F = n$ ფუნქციის შესასრულებლად და ერთი პარამეტრის ასახვისათვის. ხელსაწყოს ეკრანზე პარამეტრის აღქმისათვის საჭიროა ორი მოძრაობის განხორციელება: დილაკზე თითის დაჭერა გადაადგილებისათვის და უშუალოდ აღქმა. ორივე ამ ქმედებას სჭირდება გარკვეული დრო. ამასთან, მხედველობაშია მისაღები აგრეთვე მფცხ-ს შიგთავსის (ელექტრონიკის) სწრაფქმედებაც. ამდენად, მენიუში გადაადგილებისათვის საჭირო დროის შეფასება შეიძლება აღწერილი იქნას ჰიკის კანონის მიხედვით:

$$T_{ჰიკი} = a + b \cdot \log_2(n+1),$$

სადაც გამოყენებული a და b კოეფიციენტები ზოგადად ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მაგრამ რასკინის მიერ იგი განმარტებულია როგორც ელექტრონიკის სწრაფქმედების (a) და გადაადგილებისათვის საჭირო ქმედების (ამ შემთხვევაში დილაკზე თითის დაჭერა) (b) დროის კოეფიციენტებად. მაგალითად, მომხმარებლის მიერ ინტერფეისის გამოყენების ჩვევების

შეძენა ამცირებს b კოეფიციენტის მნიშვნელობას და ა.შ. ამავდროულად, იმავე რასკინის მიერ a და b მიჩნეულია შესაბამისად $a=50$ მლწმ და $b=150$ მლწმ.

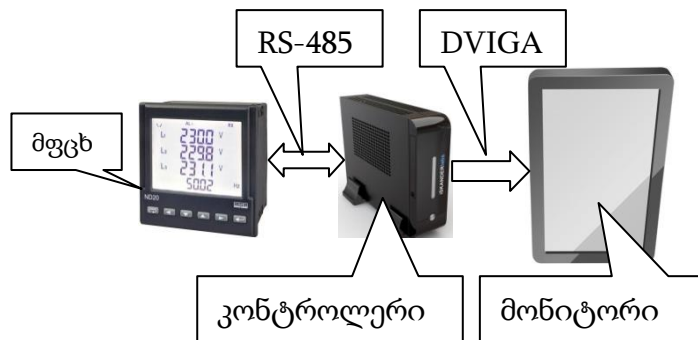
დავუშვათ, მფცხ-ის ერთ პარამეტრზე გადაადგილებისათვის საჭირო იქნება $t_{\text{გადაადგ-დრო}}$. ვინაიდან გვაქვს n პარამეტრი, ამიტომ გარკვეული მიახლოებით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ერთ პარამეტრზე გადაადგილება და მისი აღქმა დაიჭერს $((t_{\text{გადაადგ-დრო}}+t_{\text{აღქმა}})*n)/2$ გასაშუალებულ დროს.თუ საჭიროა ერთდროულად რამდენიმე k პარამეტრის გაანალიზება, მაშინ მომხმარებელი იძულებულია ამოიწეროს ცალკეული პარამეტრის მნიშვნელობა. შესაბამისად, ერთი პარამეტრის აღქმასა და გაანალიზებაზე დაიხარჯება დრო: $((t_{\text{გადაადგ-დრო}}+t_{\text{აღქმა}})*n)/2 + t_{\text{ამოწერა}}$, ხოლო k პარამეტრის აღქმისა და გაანალიზებისთვის მას დასჭირდება $((t_{\text{გადაადგ-დრო}}+t_{\text{აღქმა}})*n)/2 + t_{\text{ამოწერა}}*k$ დრო.

თუ მფცხ აღჭურვილია მონიტორით, რომელზეც ერთდროულად გამოიტანება მომხმარებლისათვის საჭირო k პარამეტრი, მაშინ ყოველგვარი მენიუში გადაადგილებისა და პარამეტრების ამოწერის გარეშე მომხმარებელი k პარამეტრის აღქმისთვის დახარჯავს მხოლოდ $t_{\text{აღქმა}}*k$ დროს. შესაბამისად, მოგება დროში იქნება:

$$\alpha = (((t_{\text{გადაადგ-დრო}}+t_{\text{აღქმა}})*n)/2 + t_{\text{ამოწერა}}*k) / (t_{\text{აღქმა}}*k) = ((t_{\text{გადაადგ-დრო}}+t_{\text{აღქმა}})*n)/2 + t_{\text{ამოწერა}} / t_{\text{აღქმა}}$$

დავუშვათ, მფცხ განკუთვნილია $n=50$ სხვადასხვა ფუნქციის შესასრულებლად. $t_{\text{გადაადგ-დრო}}=a+b*\log_2(n+1)=50+150*\log_2(50+1)\approx 900$ მლწმ, ხოლო $t_{\text{აღქმა}}\approx 200-300$ მლწმ. რაც შეეხება $t_{\text{ამოწერა}}$ დროს, ის უაღრესად ცვალებადია, მომხმარებელზეა დამოკიდებული და უკიდურესად ფართო დიაპაზონში ექცევა, რის გამოც მას უგულვებელყოფთ. საბოლოო ჯამში, $n=50$ შემთხვევაში $\alpha\approx 100$. ფუნქციების რაოდენობის ზრდასთან ერთად დროში მოგება კიდევ უფრო იზრდება.

მფცხ-ის k პარამეტრის ერთდროული ასახვისათვის შემოთავაზებულია ფართოეკრანიანი მონიტორის გამოყენება. ამგვარი სისტემის არქიტექტურა ნაჩვენებია ნახ. 6-ზე.



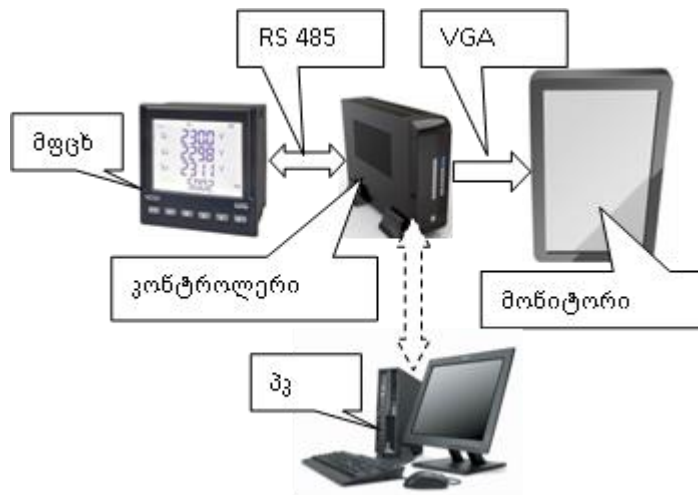
ნახ. 6. მფცხ-დან ინფორმაციის ასახვის სისტემა

უმარტივეს შემთხვევაში სისტემა მოიცავს ერთ მფცხ-ს, კონტროლერს და მონიტორს. კონტროლერის დანიშნულებაა მფცხ-დან მიიღოს k რაოდენობის პარამეტრი და მოამზადოს ეს ინფორმაცია მონიტორზე გამოტანისათვის. ამ მიზნით ის მფცხ-ს უკავშირდება სამრეწველო ქსელით.

როგორც კონტროლერის ფუნქციიდან ჩანს, მას პრაქტიკულად უწევს კომპიუტერის ფუნქციის შესრულება. შესაბამისად ის აღჭურვილია ოპერაციული სისტემით. მოტანილი არქიტექტურა კარგად მუშაობს პრაქტიკაში. მის ძირითად ნაკლად უნდა ჩაითვალოს კონტროლერში ოპერაციული სისტემის არსებობა, რომელიც რეალურ დროში მომუშავე SCADA სისტემებისათვის ითვლება არასაიმედოდ.

შემოთავაზებული ინფორმაციის ასახვის სისტემის (კონტროლერის) (იაკ) დანიშნულებაა მფცხ-დან k რაოდენობის პარამეტრის ამოკითხვა, მისი გადამუშავება წინასწარ ცნობილი პირობების შესაბამისად, მომზადება მონიტორზე გასატანად და მონიტორზე ასახვა.

პირობები, რომლის მიხედვითაც უნდა მოხდეს კონტროლერში მიღებული პარამეტრის გარდაქმნა, მასში ჩაიწერება პერსონალური კომპიუტერიდან და მის გადაპროგრამირებად მეხსიერებაში დაიმახსოვრება. შესაბამისად პერსონალური კომპიუტერი აღჭურვილი უნდა იყოს სათანადო პროგრამული უზრუნველყოფით. აქედან გამომდინარე ინფორმაციის ასახვის სისტემის არქიტექტურა წარმოიდგინება შემდეგნაირად (ნახ. 7):



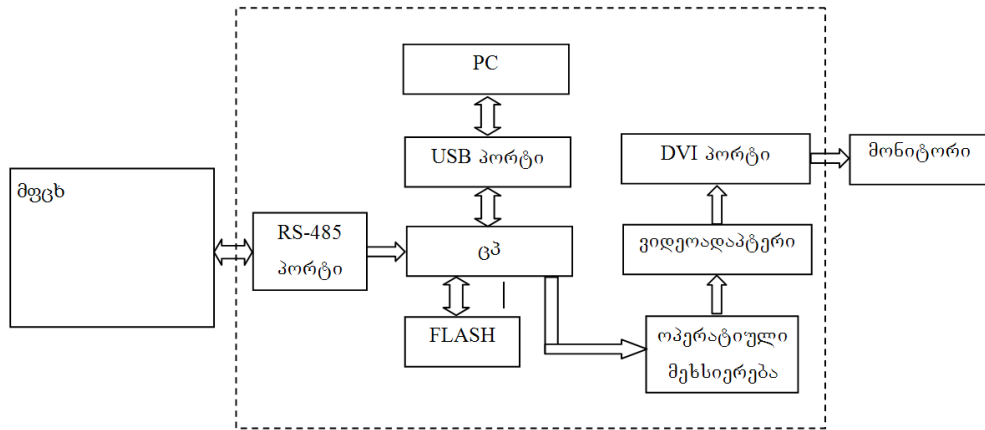
ნახ. 7. ინფორმაციის ასახვის სისტემის არქიტექტურა

როგორც ვხედავთ, შემოთავაზებული არქიტექტურა წინა არქიტექტურისგან იმით განსხვავდება, რომ დამატებით პერსონალურ კომპიუტერს მოიცავს, რომელიც სისტემას იმ შემთხვევაში მიუერთდება, როდესაც საჭიროა კონტროლერში ინფორმაციის დამუშავების პირობების შეცვლა.

ინფორმაციის დამუშავების პირობები შემდეგია:

- მონიტორზე ინფორმაციის გამოტანის სახე: ანალოგური, ციფრული, კომბინირებული;
- მონიტორზე გამოტანილი სიმბოლოების მოხაზულობა;
- მონიტორზე გასატანი სიმბოლოებისა და პიქტოგრამების ფერთა გამა;
- მონიტორზე სიმბოლოებისა და პიქტოგრამების ასახვის რეჟიმები: სტატიური, დინამიური;
- მფცხ-ში წასაკითხი რეგისტრების მისამართები;
- ინფორმაციის მონიტორზე გატანის დროითი პარამეტრები.

ნახ. 8-ზე ნაჩვენებია ინფორმაციის ასახვის კონტროლერის (იაკ) სტრუქტურა, რომლის ძირითადი ელემენტი ცენტრალური პროცესორია (ცპ-ია).



ნახ. 8. ინფორმაციის ასახვის კონტროლერის (იაკ) სტრუქტურა

მოცემული სქემის მიხედვით, ცპ იღებს ინფორმაციას მფცხ-დან, ამუშავებს მას და გამოაქვს მონიტორზე. ცპ-სა და მფცხ-ს შორის ინფორმაციის გაცვლა ხდება RS-485 ინტერფეისის მეშვეობით და Modbus პროტოკოლის საფუძველზე. მონიტორზე გასატანი გამოსახულების (მათ შორის ციფრების, სიმბოლოების, ბარ-კოდების, ფერების და ა.შ.) კოდირებული ინფორმაცია ინახება კონტროლერის Flash-მეხსიერებაში. კონტროლერის დაპროგრამება, ისევე როგორც Flash-მეხსიერებაში ჩასატვირთი ინფორმაციის მომზადება ხდება პერსონალური კომპიუტერიდან, ხოლო ჩატვირთვა ხორციელდება USB პორტის მეშვეობით. აქედან მოყოლებული სისტემა ავტომატურ რეჟიმში ფუნქციონირებს და პერსონალური კომპიუტერი (თავისი ოპერაციული სისტემით) მხოლოდ მაშინ ერთვება საქმეში, თუ აუცილებელია სისტემის რაიმე პარამეტრის ან პროგრამული უზრუნველყოფის შეცვლა.

უფრო ზუსტნი რომ ვიყოთ, Flash-მეხსიერებაში ინახება მონიტორზე გასატანი გამოსახულების შაბლონი. ეს ინფორმაცია იტვირთება ვიდეო-ადაპტერის ოპერატიულ მეხსიერებაში, საიდანაც ხდება ინფორმაციის ამოკითხვა, შესაბამისი გარდაქმნების შესრულება და DVI პორტის მეშვეობით მონიტორზე გატანა. მონიტორზე გასატანი ერთი სრული კადრის (მონიტორის ეკრანის სრული გამლა) მისაღებად აუცილებელია Flash-

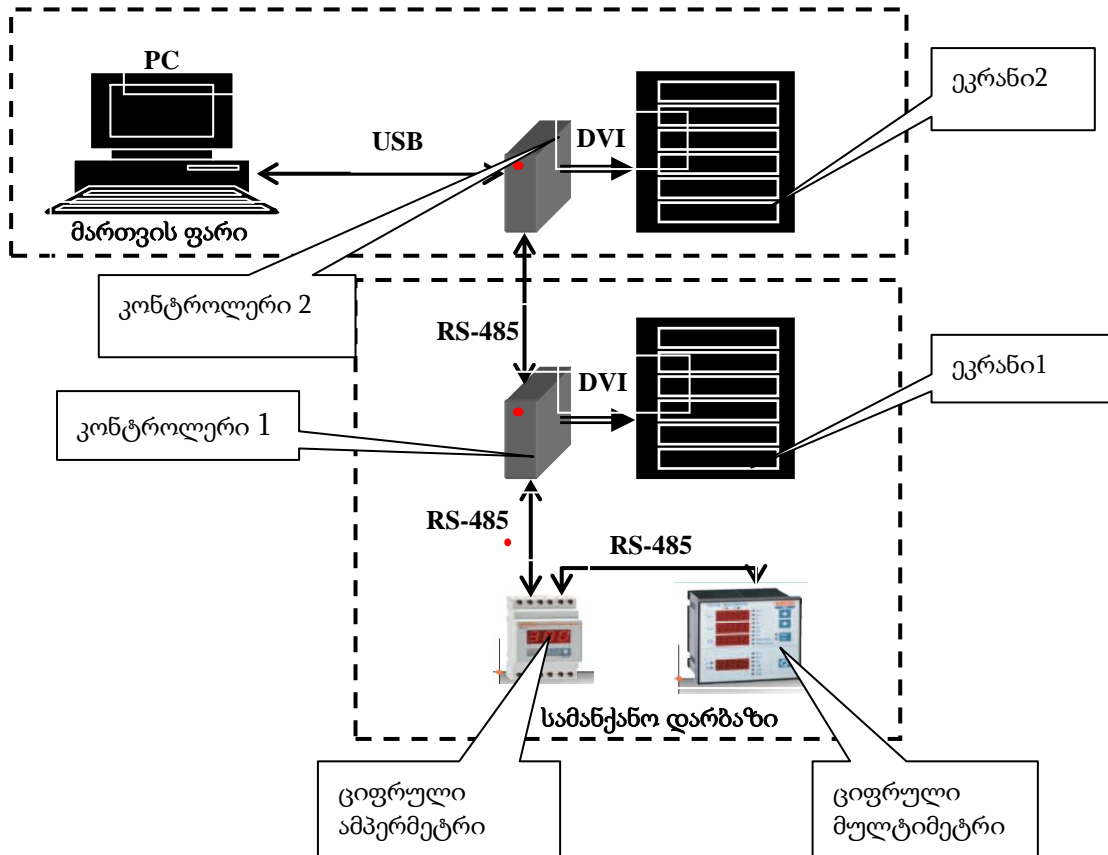
მეხსიერებიდან ვიდეოადაპტერის ოპერატიულ მეხსიერებაში ჩატვირთულ შაბლონს დაემატოს ცპ-ის მიერ მფცხ-დან მიღებული და შესაბამის ფორმატში გარდაქმნილი ინფორმაცია, მაგალითად, რომელიმე გასაზომი პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობა. ამ პროცედურის შემდეგ ვიდეო-ადაპტერი ოპერატიული მეხსიერებიდან ამოიკითხავს სრულ კადრს, შეასრულებს შესაბამის გარდაქმნებს და გამოსახულებას გაიტანს მონიტორზე მომხმარებლისთვის მისაღებ ფორმაში.

ინფორმაციის გაცვლა მფცხ-სა და კონტროლერს შორის, როგორც უკვე ითქვა, მიმდინარეობს RS-485 ინტერფეისის მეშვეობით Modbus პროტოკოლის საფუძველზე. ქსელში კონტროლერი წამყვანია, მფცხ – დაქვემდებარებული. მფცხ მის მიერ „მოპოვებულ“ პარამეტრის მნიშვნელობებს ინახავს შესაბამის რეგისტრებში და ელოდება კონტროლერის ბრძანებას.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული, მაღალი ერგონომიულობის მქონე ინფორმაციის ასახვის ქვესისტემა (ნახ. 7) შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ენერგეტიკული ობიექტის მონიტორინგისა და მართვის SCADA სისტემაში. აღნიშნული სისტემა ზომავს და ასახავს ელექტრულ პარამეტრებს. მისი არქიტექტურა ნაჩვენებია სურ. 9-ზე.

სისტემა შედგება მართვის ფარის და სამანქანო დარბაზის ქვესისტემებისგან. მართვის ფარის ქვესისტემა მოიცავს კონტროლერ 2-ს და ეკრან 2-ს, ხოლო სამანქანო დარბაზის ქვესისტემა - კონტროლერ 1-ს, ეკრან 1-ს, მრავალფუნქციურ ციფრულ მულტიმეტრს და ციფრულ ამპერმეტრს. კონტროლერები წარმოადგენს ციფრულ მოწყობილობებს, რომლებიც აგებულნი არიან მიკროპროცესორის ბაზაზე, გააჩნიათ მიმდევრობითი პორტები და ერთმანეთს უკავშირდებიან სამრეწველო მიმდევრობითი ინტერფეისის, RS-485-ის მეშვეობით. გარდა ამისა, კონტროლერებს არ გააჩნიათ ოპერაციული სისტემები, რაც კიდევ უფრო ამაღლებს სისტემის საიმედოობას, ვინაიდან ერთის მხრივ ოპერაციული სისტემის "ჩამოკიდების" შემთხვევაში კონტროლერის გადატვირთვას სულ მცირე

რამდენიმე წამი სჭირდება, ხოლო მეორეს მხრივ სისტემა დაცულია ვირუსებისგან.



ნახ. 9. მაღალი ერგონომიულობის მქონე ინფორმაციის ასახვის ქვესისტემის გამოყენება ენერგეტიკული ობიექტის მონიტორინგის და მართვის SCADA სისტემაში

სისტემა მუშაობს 24-საათიან რეჟიმში. კონტროლერი 1, რომელიც ამ შემთხვევაში წამყვანი მოწყობილობაა, მუდმივად წამოიღებს ელექტრულ მონაცემებს მრავალფუნქციური ციფრული მულტიმეტრიდან და ამპერმეტრიდან და ციფრულ ვიდეოინტერფეის DVI-ის მეშვეობით ასახავს ეკრანზე. გარდა ამისა, კონტროლერი 1 ელექტრულ მონაცემებს RS-485 ინტერფეისის მეშვეობით უგზავნის კონტროლერ 2-ს, საიდანაც მონაცემები იმავე ციფრული ვიდეოინტერფეისის მეშვეობით აისახება ეკრან 2-ზე და ხვდება პერსონალურ კომპიუტერში. პერსონალურ კომპიუტერში ხდება მონაცემების დაგროვება და რანჟირება სხვადასხვა ჭრილში.

ამავდროულად, პერსონალური კომპიუტერი მაშინ ერთვება საქმეში, თუ აუცილებელია რომელიმე კონტროლერის ხელახლა დაპროგრამება ან მის Flash-მეხსიერებაში ჩატვირთული პარამეტრების შეცვლა.

სისტემის დანიშნულება მდგომარეობს შემდეგში:

- გენერატორის ელექტრული პარამეტრების გაზომვა;
- გაზომილი ძირითადი პარამეტრების ასახვა სამანქანო დარბაზში და ეკრანებზე;
- გაზომილი პარამეტრების ასახვა ციფრული და ანალოგური სახით;
- გაზომილი პარამეტრების რეალურ დროში დაგროვება მონაცემთა ბაზაში და არქივირება;
- მონაცემთა ბაზაში დაგროვილი პარამეტრების რანჟირება და დამუშავება ცხრილებისა და გრაფიკების სახით.

ძირითადი დასკვნები

1. განზოგადოებულია არსებული SCADA სისტემების ერგონომიული მაჩვენებლები და გაკეთებულია დასკვნა, რომ რიგ შემთხვევებში ვერ ხერდება მოთხოვნილი პირობების დაკმაყოფილება
2. დადგენილია SCADA სისტემების ერგონომიული ეფექტურობის კრიტერიუმები;
3. ნაჩვენებია მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენების პერსპექტიულობა SCADA სისტემებში;
4. დამუშავებულია მაღალი ერგონომიულობის მქონე SCADA სისტემის მოდელი;
5. დამუშავებულია SCADA სისტემის ერგონომიულობის გაზრდის მეთოდები;
6. დამუშავებულია მაღალი ერგონომიულობის მქონე SCADA სისტემის არქიტექტურა და ფუნქციონირების ალგორითმები;

7. ნაჩვენებია SCADA სისტემის დამუშავებული არქიტექტურის მაღალი ერგონომიულობა.

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებულ ძირითად ნაშრომთა ნუსხა

1. L. Imnaishvili. G. Benashvili. About the particular problem of usage of multi-function digital measuring devices in scada-systems. Georgian Technical University. International Conference Nanosensory Systems and Nanomaterials. Tbilisi. 2013.
2. გ. ბენაშვილი. მონაცემების კოდირება ციფრულ ვიდეოინტერფეისებში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, მართვის ავტომატიზებული სისტემები. შრომები #1(14). თბილისი 2013. გვ. 131-134.
3. გ. ბენაშვილი. თხევადკრისტალური მონიტორის ინტერფეისი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, „განათლება“, 2013, #1(7), გვ. 151-155.
4. ა. ბენაშვილი. გ. ბენაშვილი. სისტემური პლატის სამჩიპიანი არქიტექტურის მოდიფიკაცია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, „განათლება“, 2013, #2(8), გვ. 146-151.
5. ა. ბენაშვილი. გ. ბენაშვილი. სისტემური პლატის ორჩიპიანი არქიტექტურა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, „განათლება“, 2013, #1(7), გვ. 147-150.
6. ა. ბენაშვილი. გ. ბენაშვილი. თანამედროვე ტენდენციები ინტერფეისების განვითარების სფეროში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ვერბალური კომუნიკაციური ტექნოლოგიები”. მოხსენებათა კრებული. II ტომი. თბ. 2010. გვ. 15-18.