

გოგილიძე ემელიანე

ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის მიკროკონტროლერული  
სისტემის გამოკვლევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის  
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
თებერვალი, 2015 წელი

საავტორო უფლება © 2015 წელი, “გოგილიძე ემელიანე“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

“ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი“

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით გოგილიძე ემელიანეს მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის მიკროკონტროლერული სისტემის გამოკვლევა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის საგამოცდო კომისიაში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი:

რეცენზენტი:

ხარისხის უზრუნველყოფის

სამსახურის უფროსი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2015 წელი

ავტორი: გოგილიძე ემელიანე

დასახელება: “ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის

მიკროკონტროლერული სისტემის გამოკვლევა”

ფაკულტეტი : ენერგეტიკა და ტელეკომუნიკაცია

ხარისხი: აკადემიური დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემომოყვანილი დასახელების ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის სისტემებში უკაბელო სენსორული ქსელების (უსქ) და პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცების (პლმ) გამოყენება. დამუშავებულია პროექტი, რომელშიც უსქ-ის და პლმ-ის მეშვეობით, ენერგობიექტის ელექტროდანადგარების და მოწყობილობების მდგომარეობის შესახებ, შესაძლებელი იქნება დროული, სრული და ობიექტური მონაცემების მიღება, შერჩეული პარამეტრების გაზომვის და მონაცემების დამუშავების ახალი მეთოდის და ახალი დიაგნოსტიკური აღჭურვილობის გამოყენების გზით.

უსქ-ის ტექნოლოგია გამოიყენება ობიექტების, პროცესების და სისტემების სუპერვიზორული კონტროლისათვის, და შორ მანძილზე, გასაზომ წერტილებში მდგომარეობის იდენტიფიცირებისათვის.

უკაბელო სენსორული ქსელის კვანძებს შორის მონაცემების გაცვლა, წარმოებს კავშირის უკაბელო არხებით – ZigBee-ის პროტოკოლით. ეს პროტოკოლი წარმოადგენს უკაბელო კავშირის რეალიზაციის შესაძლებლობას დაბალი ენერგომომხმარებით, და გამოიყენება იმ სისტემებში, რომლებიც ასრულებს მეთვალყურეობის ან/და მართვის ფუნქციებს.

პროექტის მიხედვით უკაბელო სენსორული ქსელის კვანძები განთავსდებიან მართვის ობიექტის შიგნით და მის ირგვლივ. ისინი ქმნიან ქსელს, და მიღებულ მონაცემებს გადასცემენ მონიტორინგის სისტემას. სისტემაში მონაცემები ინახება მონაცემთა ბაზაში და წარმოადგენენ რესურსს, დიაგნოსტიკური მონაცემების სინთეზისათვის, ფაქტორული ანალიზის უზრუნველსაყოფად.

დამუშავებულ სისტემაში, ჩასაშენებელი კვანძის გამოყენებით, დიაგნოსტიკური ამოცანის შესრულების დროს, ფაქტორული ანალიზის მეშვეობით, გამომჟღავნდება ლატენტური ცვლადები, მართვის ობიექტის ფუნქციონირებაში, და ჩამოაყალიბდება ამ ობიექტის დიაგნოსტიკური მოდელი, რომელშიც აისახება ობიექტის უწყესივრობების ფარული ფაქტორული სტრუქტურა, რაც იძლევა პროგნოზირების საშუალებას. ასეთი, ახალი ტიპის ინტეგრირებული დიაგნოსტიკური სისტემა წარმოადგენს, პროგნოზირების და სწრაფი რეაგირების ახალ ინსტრუმენტს.

პლმ-ის საშუალებით, ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის სისტემებში, უფრო ეფექტური გახდება ტექნიკური დიაგნოსტიკა. ენერგობიექტების ტექნიკური დიაგნოსტიკა ტარდება იმისათვის, რათა დადგინდეს ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა. ენერგობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა, ხასიათდება დროის განსაზღვრულ მომენტში და გარკვეულ გარემო პირობებში, იმ პარამეტრების მნიშვნელობებით, რომლებიც დადგენილია ენერგობიექტის საექსპლუატაციო დოკუმენტაციით.

ნაშრომში განხილული დიაგნოსტიკური უზრუნველყოფის თანამედროვე მეთოდები, ეყრდნობა კომპლექსურ მიდგომას – კომპლექსურ დიაგნოსტიკებას, რომლის მეშვეობითაც ხორციელდება, აღჭურვილობის დიაგნოსტიკური გამოკვლევა, ენერგობიექტის გათიშვის და რემონტზე გაყვანის გარეშე. პროექტში ექსპრეს-დიაგნოსტიკა არის ენერგობიექტის

დიაგნოსტიკა ინტეგრალური პარამეტრების გამოყენებით, წინასწარ დადგენილ დროში.

კომპლექსური მეთოდოლოგიის და ექსპრეს-დიაგნოსტიკის ერთობლივი გამოყენება უზრუნველყოფს, ხარისხობრივად ახალ – სინერგეტიკულ ეფექტს, დიაგნოსტიკური მონაცემების სინთეზის და ენერგობიექტის დიაგნოსტიკური მოდელის შექმნისას. დიაგნოსტიკური მოდელი არის ობიექტის ფორმალიზირებული აღწერა, აუცილებელი ტექნიკური დიაგნოსტიკის ამოცანების შესასრულებლად.

შედეგად, სადისერტაციო ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ პროექტის განხორციელებით და ახალი ინსტრუმენტის – **უკაბელო სენსორული ქსელის და პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცის** გამოყენებით, ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის სისტემებში მოხდება არამხოლოდ ტექნიკური დიაგნოსტიკის ხარისხის გაუმჯობესება, არამედ სისტემის ფინანსური მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი დაზოგვაც.

## Abstract

The current dissertation deals with using of wireless sensor networking (WSN) and programmable logic arrays (PLA) in protection systems of power producing facilities. A project has been designed that enables obtaining full timely and objective data about the running machinery implementing WSN and PLA with the measurement of selected parameters and new methods of data processing and modern diagnostic equipment.

WSN technology is employed for the control of power facilities, their processes and systems, and for identifying state of distant points.

Data transfer between nodes of WSN goes through wireless channels using ZigBee protocol. This protocol allows wireless communication with lower power consumption and is used in the systems of surveillance and/or control.

According to the project, the nodes of wireless sensor networks are placed within and around the object to be controlled. They constitute a network and feed received data to the monitoring system. The data is stored in a database and represents a resource for synthesizing diagnostic data and for factorial analysis.

In a worked out system, during the execution of a diagnostic task with the use of built-in node and factorial analysis latent variables will be disclosed in the functioning of control object that will mirror hidden factorial structure of the object faults, which allows for predicting. Integrated diagnostic system of such a new type represents a new instrument for forecasting and rapid intervention.

The use of WSN in power facility protection systems will ease technical diagnosis. Technical diagnosis of power facilities are carried out for the purpose of determining technical condition of an object. Technical condition of a power facility is characterized by technical parameters at certain time and surrounding which are defined by the power object documentation.

Modern methods of diagnostic tools discussed in this study are based on complex diagnostic approach which allows for complete diagnostics without the need for the power facility to halt operating for the purpose of maintenance. In this project express diagnostics is diagnostics of a power facility using integral parameters in a set time.

Concurrent utilization of complex methodology and express diagnostics promotes synergic effects during the synthesis of diagnostic data and creation of the diagnostic model of the power facility. The diagnostic model is a formal description of an object which is essential for carrying out technical diagnostics.

The dissertation shows that implementation of the project using the new instruments – WSN and PLA in power facility protection systems will not only improve the quality of technical diagnostics but also decrease the cost of the system.

## შინაარსი

შესავალი.....	11
თავი 1. ენერგობიექტების მონიტორინგის პრობლემები.....	16
1.1. ენერგობიექტების ტექნიკური დიაგნოსტიკა.....	16
1.2. ენერგობიექტების დაცვასთან და ტექნიკურ მონიტორინგთან დაკავშირებული საკითხები.....	19
1.3. ენერგობიექტების მონიტორინგის ტექ-აღჭურვილობის შერჩევა და ოპტიმიზაცია.....	22
1.4. სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემები.....	24
1.4.1. სისტემის ფუნქციონირება და მართვის პროცესის თავისებურებები.....	24
1.4.2. კონტროლერების ურთიერთდაკავშირების ორგანიზება.....	41
1.4.3. ტრენდების მონიტორინგი და სისტემის ორი საბაზისო მოდელი.....	46
თავი 2. უკაბლო სენსორული ქსელების (უსქ) გამოყენება ენერგობიექ- ტების მონიტორინგისას.....	54
2.1. მონიტორინგი უსქ-ის გამოყენებით.....	54
2.2. უსქ-ის გამოყენების სფეროები.....	57
2.3. დაბალი სიმძლავრის უსქ-ის სტანდარტები.....	63
2.4. უკაბლო სენსორული ქსელის სტრუქტურა და ტოპოლოგიები.....	73
2.5. ZigBee-ის მოწყობილობის გამოყენება მონიტორინგის სისტემებში.....	77
თავი 3. ენერგობიექტების მონიტორინგის სისტემა.....	82
3.1. სისტემის აღწერა .....	82
3.2. სისტემის გადამწოდები (სენსორები).....	90
3.3. სისტემის ლოკალური ქსელი და მისი პროგრამული უზრუნველყოფა.....	94
3.4. „ინტელექტის“ ჩასაშენებელი კვანძი .....	100
3.5. პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცა – Zynq® –7000.....	102
თავი 4. ენერგობიექტების მონიტორინგის და მართვის ავტომატიზირე- ბული სისტემები.....	119
4.1. ენერგობიექტების ავტომატიზაციის მახასიათებლები, თანამედროვე საინფორმაციო საშუალებების გამოყენებით.....	119
4.2. საინფორმაციო-გამზომი პროგრამულ-ტექნიკური კომლექსი.....	126
4.3. პროგრამულ-ტექნიკური კომლექსი A2.....	135
4.4. ენერგობიექტების დაცვისა და ავტომატიზაციის სისტემის შექმნა, უნივერსალური პროგრამული მოდულების საფუძველზე.....	143
4.5. დაცვის ალგორითმი.....	162
დასკვნა.....	164
ლიტერატურა.....	168

დისერტაციის ტექსტში და ნახაზებზე არსებული ინგლისური და რუსული ტერმინები და აბრევიატურები განმარტებულია დანართ 1-ში და დანართ 2-ში.

## ცხრილებისა და გრაფიკების ნუსხა

ცხრ.1. ტემპერატურის და ციფრული სიდიდის დამოკიდებულება.....	91
გრაფ.1. გამოსაცდელი მაღალი ძაბვის იმპულსების გადამაბეჭდვის იმიტაცია.....	154
გრაფ.2. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქცია — „ობობა“ .....	155



## ნახაზების ნუსხა

სურ.1.1. კონტროლისა და მართვის სისტემის ზოგადი სქემა.....	26
სურ.1.2. კონტროლისა და მართვის სისტემის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტები.....	32
სურ.1.3. მონაცემების გაცვლა InTouch-ის გამოყენებასა და ტექნოლოგიურ პროცესს შორის.....	44
სურ.1.4. View კვანძების ქსელი საკუთარი I/O სერვერებით.....	45
სურ.1.5. საარქივო სისტემის განაწილება.....	50
სურ.1.6. ენერგობიექტის ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა, პროცესის სალტის გარეშე.....	51
სურ.1.7. სისტემის არქიტექტურა პროცესის სალტის გამოყენებით.....	52
სურ.2.1. უკაბელო სენსორული ქსელის ტიპიური არქიტექტურა.....	55
სურ.2.2. უსქ-ის გამოყენების მაგალითი.....	58
სურ.2.3. „ჭკვიანი სახლის“ სტრუქტურა.....	60
სურ.2.4. „ჭკვიანი სახლის“ გამოყენება საცხოვრებელ სახლში.....	60
სურ.2.5. ZigBee ერთ-ერთ საამქროში.....	62
სურ.2.6. უკაბელო კავშირების სტანდარტები.....	63
სურ.2.7. ZigBee-ის სტანდარტის მრავალდონიანი მოდელი.....	64
სურ.2.8. IEEE 802.15.4-ის პროტოკოლი.....	68
სურ.2.9. IEEE 802.15.4-ის კასეტური ხე.....	68
სურ.2.10. ZigBee-ის ბლოკსქემა.....	70
სურ.2.11. ZigBee-ის მუშაობის სპეციფიკა.....	71
სურ.2.12. ZegBee-ის მუშაობის სტრუქტურა.....	74
სურ.2.13. უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგიების ტიპები.....	75
სურ.2.14. ZigBee-ის ქსელების ტოპოლოგიების მუშაობის სქემა.....	76
სურ.2.15. თანამედროვე სიხშირის კონვერტორის სტრუქტურა.....	77
სურ.2.16. სიხშირის კონვერტორის კონტროლის მექანიზმის სტრუქტურა, ZigBee-ის ინტერფეისის სხვადასხვა ვარიანტის რეალიზაციით...78	
სურ.2.17. სიხშირის კონვერტორის მართვის სტრუქტურა, ZigBee-ის მზა მოდულებით.....	79
სურ.3.1. სისტემის სტრუქტურული სქემა.....	86
სურ.3.2. SPI ინტერფეისი, ერთი მთავარი და ერთი დაქვემდებარებული...86	
სურ.3.3. მონაცემთა გადაცემის რეგისტრები.....	87
სურ.3.4. დროითი დიაგრამა საათის პოლარობითა და ფაზით.....	88
სურ.3.5. ZigBit ATZB-24-A2 მოდულის ბლოკ-სქემა.....	89
სურ.3.6. ZigBit მოდულის სამონტაჟო სქემა.....	90
სურ.3.7. Dallas DS18B20 სენსორის ბლოკ-სქემა.....	91
სურ. 3.8. HAUBER 648 სენსორი.....	92
სურ. 3.9. DFRobot DFR0034 სენსორი.....	92
სურ.3.10. MMA7361L სენსორის ბლოკ-სქემა.....	93
სურ.3.11. DS18B20 სენსორის სამონტაჟო სქემა.....	94
სურ.3.12. HAUBER 648 სენსორის სამონტაჟო სქემა.....	95
სურ. 3.13. DFRobot DFR0034 სენსორის სამონტაჟო სქემა .....	96

სურ.3.14. MMA7361L სენსორის სამონტაჟო სქემა.....	96
სურ.3.15. IEEE 802.15.4-ის არქიტექტურა.....	97
სურ.3.16. Zynq®-7000 AP SoC-ის ბლოკ-სქემა.....	105
სურ.3.17. APU.....	106
სურ.3.18. ARM Cortex-A9 MPCore-ის პროცესორის ბლოკ-სქემა.....	106
სურ.3.19. მეხსიერების ინტერფეისი (DDR SDRAM კონტროლერი).....	107
სურ.3.20. ტიპური SPI: 1 მთავარი და 3 დაქვემდებარებული.....	108
სურ.3.21. I/O-ის სტრუქტურა.....	109
სურ.3.22. მოწყობილობის შემადგენელ ნაწილებს შორის კავშირი.....	112
სურ.3.23. ZedBoard-ის ბლოკ-სქემა.....	117
სურ.3.24. ZedBoard-ის პლატა.....	118
სურ.4.1. PRP რეზერვირებული ქსელის აგებულება, პროცესის სალტეში და სტაციონარულ სალტეში.....	130
სურ.4.2. კომპლექსის ინტეგრაციის შესაძლებლობები.....	132
სურ.4.3. ენერგობიექტის ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა.....	133
სურ.4.4. ავტომატიზირებული სისტემის ტიპური არქიტექტურა A2-ის ბაზაზე.....	139
სურ.4.5. სქ/გქ ავტომატიზირებული სისტემების არქიტექტურა.....	141
სურ.4.6. იმგს/ეკაასს-ის კომბინირებული ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა.....	143
სურ.4.7. აპარატურულ-დამოუკიდებელი სისტემა, ფუნქციის თავისუფალი გაფართოვებით.....	145
სურ.4.8. დაცვისა და მართვის სისტემის პრინციპის შექმნა.....	147
სურ.4.9. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქციის დემონსტრირება.....	151
სურ.4.10. ენერგობიექტზე ჭეჭა-ქუხილის ელექტრული განმუხტვის გავლენა.....	153
სურ.4.11. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის სტრუქტურული ფუნქციონირება.....	157
სურ.4.12. მაღალი სიხშირის 4 ტერმინალის რელეური დაცვის და ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის კავშირი, ერთ, მაღალი სიხშირის გადაცემის ტრაქტთან.....	161
სურ.4.13. დაცვის ალგორითმი.....	162

## შესავალი

დღევანდელ დღეს, ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის სისტემებში უაღრესად მნიშვნელოვანი ამოცანაა – უკაბელო სენსორული ქსელების (უსქ) და პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცების (პლმ) გამოყენება. ენერგობიექტის ელექტროდანადგარების და მოწყობილობების მდგომარეობის შესახებ დროული, სრული და ობიექტური მონაცემების მიღებისათვის, მიზანშეწონილია, პარამეტრების გაზომვის და მონაცემების დამუშავების ახალი მეთოდის და ახალი დიაგნოსტიკური აღჭურვილობის დანერგვა და გამოყენება, უსქ-ის და პლმ-ის მეშვეობით.

უსქ-ის ტექნოლოგია გამოიყენება ობიექტების, პროცესების და სისტემების სუპერვიზორული კონტროლისათვის, და შორ მანძილზე გასაზომ წერტილებში მდგომარეობის იდენტიფიცირებისათვის.

უკაბელო სენსორული ქსელის კვანძებს შორის მონაცემების გაცვლა, წარმოებს კავშირის უკაბელო არხებით – ZigBee-ის პროტოკოლით. ეს პროტოკოლი წარმოადგენს უკაბელო კავშირის რეალიზაციის შესაძლებლობას დაბალი ენერგომოხმარებით, და გამოიყენება იმ სისტემებში, რომლებიც ასრულებს მეთვალყურეობის ან/და მართვის ფუნქციებს.

უკაბელო სენსორული ქსელის შექმნის უალტერნატივო პროგრამული საშუალებაა – Open MAC (Open Media Access Control), რომელიც წარმოადგენს MeshNetics-ის მიერ შექმნილ პროგრამულ უზრუნველყოფას, სადაც გათვალისწინებულია Peer-to-Peer და ვარსკვლავური ტოპოლოგიების უკაბელო სენსორული ქსელი.

უკაბელო სენსორული ქსელის კვანძები განთავსდებიან მართვის ობიექტის შიგნით და მის ირგვლივ. ისინი ქმნიან ქსელს, პლატებზე გათვალისწინებული კომპიუტერული უზრუნველყოფის სისტემის საშუალებით და მონაცემებს გადასცემენ მონიტორინგის სისტემას. სისტემაში მონაცემები ინახება მონაცემთა ბაზაში და წარმოადგენენ რესურს დიაგნოსტიკური მონაცემების სინთეზისათვის, ფაქტორული ანალიზის უზრუნველსაყოფად.

დამუშავებულ სისტემაში, ჩასაშენებელი კვანძის გამოყენებით, დიაგ-

ნოსტიკური ამოცანის შესრულების დროს, ფაქტორული ანალიზის მეშვეობით, გამომჟღავნდება ლატენტური ცვლადები, მართვის ობიექტის ფუნქციონირებაში, და ჩამოაყალიბდება ამ ობიექტის დიაგნოსტიკური მოდელი, რომელშიც აისახება ობიექტის უწესივრობების ფარული ფაქტორული სტრუქტურა, რაც იძლევა პროგნოზირების საშუალებას. ასეთი, ახალი ტიპის ინტეგრირებული დიაგნოსტიკური სისტემა წარმოადგენს, პროგნოზირების და სწრაფი რეაგირების ახალ ინსტრუმენტს.

ამოცანის განხორციელება და დიაგნოსტიკური გამოკვლევების ექსპრეს-დიაგნოსტიკური მეთოდებით პროგრამის დანერგვა, ზრდის ენერგოობიექტების ექსპლუატაციის ეფექტურობას.

პლმ-ის საშუალებით, ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის სისტემაში, უფრო ეფექტური ხდება ტექნიკური დიაგნოსტიკა. ენერგო-ობიექტების ტექნიკური დიაგნოსტიკა ტარდება იმისათვის, რათა დადგინდეს ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა. ენერგოობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა, ხასიათდება დროის განსაზღვრულ მომენტში და გარკვეულ გარემო პირობებში, იმ პარამეტრების მნიშვნელობებით, რომლებიც დადგენილია ენერგოობიექტის საექსპლუატაციო დოკუმენტაციით. ტექნიკური დიაგნოსტიკების სისტემა, წარმოადგენს ქმედებების ერთობლიობას, ტექნიკურ ექსპლუატაციაში მყოფი დიაგნოსტიკების და ენერგო-ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის განსაზღვრისათვის, რომლებიც ითვალისწინებენ ადამიანური და მატერიალური რესურსების გამოყენებას და ურთიერთქმედებენ მიღებული ორგანიზაციული სტრუქტურის მიხედვით. ტექნიკური დიაგნოსტიკების საშუალებებია ის აღჭურვილობა და კომპიუტერული პროგრამები, რომელთა დახმარებითაც ხდება ენერგო-ობიექტის კონტროლი და დიაგნოსტიკა.

ელექტროდანადგარების და მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკებისათვის ტრადიციულად, გამოყენებულია ისეთი მეთოდები, როგორცაა: ვიზუალური კონტროლი, ულტრაბგერითი დეფექტოსკოპია, მაგნიტური დეფექტოსკოპია, კაპილარული დეფექტოსკოპია, სიმყარის გაზომვა

და სტილოსკოპირება – მაგრამ აღნიშნული მეთოდები ვერ უზრუნველყოფენ დროულ და სრულ მონაცემებს გამოსაკვლევ ი ობიექტის მდგომარეობის შესახებ.

დიაგნოსტიკური უზრუნველყოფის თანამედროვე მეთოდები ეყრდნობა კომპლექსურ მიდგომას – კომპლექსურ დიაგნოსტიკურებას, რომლის მეშვეობითაც ხორციელდება, აღჭურვილობის დიაგნოსტიკური გამოკვლევა, ენერგობიექტის გათიშვის და რემონტზე გაყვანის გარეშე.

ექსპრეს-დიაგნოსტიკება, ეს არის ენერგობიექტის დიაგნოსტიკება ინტეგრალური პარამეტრების გამოყენებით, წინასწარ დადგენილ დროში.

კომპლექსური მეთოდოლოგიის და ექსპრეს-დიაგნოსტიკების ერთობლივი გამოყენება უზრუნველყოფს ხარისხობრივად ახალ – სინერგეტიკულ ეფექტს, დიაგნოსტიკური მონაცემების სინთეზის და ენერგობიექტის დიაგნოსტიკური მოდელის შექმნის დროს.

დიაგნოსტიკური მოდელი, ეს არის ობიექტის ფორმალიზირებული აღწერა, აუცილებელი ტექნიკური დიაგნოსტიკების ამოცანების შესასრულებლად.

ამდენად, აუცილებელია აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ ახალი ინსტრუმენტის – პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცის გამოყენებით, ენერგეტიკული ობიექტების დაცვის სისტემებში, ხდება არამხოლოდ ტექნიკური დიაგნოსტიკების ხარისხის გაუმჯობესება, არამედ ფინანსების მნიშვნელოვანი დაზოგვაც.

### **საკითხის მნიშვნელობა და აქტუალობა**

ენერგობიექტებზე როგორც წესი, ტარდება გეგმიური დიაგნოსტიკება, რომლის მიზანია მოწყობილობების დეფექტების და ხარვეზების დროული გამოვლენა, ობიექტის მუშაობის უნარის შენარჩუნება და ტექნიკის ექსპლუატაციის ვადის გახანგრძლივება. არის შემთხვევები, როცა ელექტროდანადგარების გამოკვლევისათვის გამოყენებული თანამედროვე მეთოდებით, ხშირ შემთხვევებში, მნიშვნელოვანი დეფექტებისა და ტექნოლოგიური გადახრების გამომჟღავნება ვერ ხერხდება. კერძოდ, ეს ეხება

შიდა დაზიანებებს, რომლებიც ყოველთვის არ შეიმჩნევა ვიზუალურად. ხოლო ახალ მეთოდოლოგიაზე – პროგრამირებად ლოგიკურ მატრიცაზე, დაფუძნებული, მაღალი მგრძობელობის ექსპრეს–დიაგნოსტიკა, იძლევა დეფექტების იდენტიფიცირების საშუალებას, ობიექტის ან სისტემის მუშაობის პროცესში. ასეთი მონაცემების ვიზუალიზაცია და კომპიუტერული დამუშავება განსაზღვრავს, სწორი და დროული გადაწყვეტილებების მიღებას, რაც პირდაპირ გავლენას ახდენს ენერგობიექტების ფუნქციონირების გაუმჯობესებაზე.

**პროგრამირებად ლოგიკურ მატრიცაზე** დაფუძნებული თანამედროვე მეთოდოლოგია, ითვალისწინებს ელექტრო და ელექტროქსელურ ობიექტებზე მიღებული ყველა დიაგნოსტიკური მონაცემების შენახვას. ამის საფუძველზე იქმნება ენერგობიექტის დიაგნოსტიკური მონაცემთა ბაზა, რომელიც წარმოადგენს სტრუქტურირებული მონაცემების კომპლექსს, რომელიც გამოიყენება და ფორმირდება ენერგობიექტის მოწყობილობების და ნაგებობების ტექნიკური დიაგნოსტიკებისას. მოპოვებული მონაცემები ინახება მეხსიერების ციფრულ მოწყობილობებში და გამოიყენება შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით.

ხანგრძლივი პერიოდით, ენერგომოწყობილობების ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირებისათვის, გამოიყენება მონიტორინგის საექსპერტო–დიაგნოსტიკური საინფორმაციო სისტემა. ასეთი სისტემა ავტომატურად უზრუნველყოფს, პერიოდიული შემოწმებებისას, მიღებული მონაცემების შენახვას, ახდენს ელექტრომოწყობილობების მდგომარეობების ტესტირებას და მონიტორინგს, მათი ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

### **ნაშრომის მიზანი**

ნაშრომის მიზანია – ენერგობიექტების დიაგნოსტიკების ახალი ინსტრუმენტების და მეთოდოლოგიის დამუშავება და ადეკვატური სადიაგნოსტიკო სისტემის შექმნა. ისეთი დიაგნოსტიკური ავტომატიზებული სისტემის შექმნა, რომელიც მინიმალური პერსონალით ჩაატარებს ენერგობიექტის პერიოდულ ექსპრეს–დიაგნოსტიკებას, ექნება ენერგობიექტის

საკუთარი მონაცემთა ბაზა, რომლის საფუძველზე შეიქმნება ენერგობიექტის დიაგნოსტიკური მოდელი და მოხდება ენერგობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირება.

დიაგნოსტიკის მონაცემების მისაღებად, მოხდება უკაბელო სენსორული ქსელის დაგეგმარება. ამისათვის შეიქმნება მცირე ზომის გამზომი მოწყობილობები, რომლებიც უკაბელო სენსორული ქსელის დახმარებით დაუკავშირდებიან ერთმანეთს, და ამ გზით გადაცემენ ერთმანეთს მართვის სიგნალებს. ხოლო გაზომილი სიდიდეების მნიშვნელობები, უკაბელო სენსორული ქსელის მეშვეობით გადაიცემა სისტემის მთავარ პლატაზე (პროგრამირებად ლოგიკურ მატრიცაზე) და შემდეგ სადიაგნოსტიკო სისტემაში გადაწყვეტილების მისაღებად.

## თავი 1. ენერგობიექტების მონიტორინგის პრობლემები

### 1.1. ენერგობიექტების ტექნიკური დიაგნოსტიკა

**ტექნიკური დიაგნოსტიკა** – შეიცავს ინფორმაციას, რომელიც საჭიროა დანადგარების, მექანიზმების, აღჭურვილობების, კონსტრუქციებისა და სხვა ობიექტების ტექნიკური მდგომარეობის შეფასებისათვის.

**ტექნიკური დიაგნოსტიკის ამოცანები** – ტექნიკური დიაგნოსტიკის ძირითადი ამოცანებია: ობიექტის ტექნიკური მომსახურების ხარჯების მინიმუმამდე დაყვანა და მტყუნებების მაქსიმალური შემცირება [1].

#### მტყუნებების კლასიფიკაცია და თავისებურებები

მტყუნებები შემდეგ ტიპებად იყოფა:

- ფუნქციური მტყუნებები (ენერგობიექტი წყვეტს ძირითადი ფუნქციების შესრულებას, მაგ.: აგრეგატის მოძრავი კბილანების მწყობრიდან გამოსვლა);

- პარამეტრული მტყუნებები (ენერგობიექტის ზოგიერთი პარამეტრი, იცვლება მიუღებელ ზღვრამდე, მაგ.: ჩარხის სიზუსტის დაკარგვა).

მტყუნებები შეიძლება იყოს:

- შემთხვევითი, გაუთვალისწინებელი გადატვირთვა, მასალის ხარვეზები, პერსონალის შეცდომა, მართვის სისტემების მწყობრიდან გამოსვლა და სხვ.;

- სისტემატური, კანონზომიერი, გარდაუვალი მოვლენები: ლითონის გადაღლა, ცვეთა, დაძველება, კოროზია და სხვ..

#### მტყუნებების კლასიფიკაციის ძირითადი მახასიათებლები

1. მტყუნებების გამოვლენა:

- მოულოდნელი მტყუნება – ვლინდება ობიექტის მოულოდნელი (მყისიერი) ცვლილებების შედეგად;

- ეტაპობრივი მტყუნება – ვლინდება ობიექტის ხარისხის, ნელი და ეტაპობრივი გაუარესების შედეგად.



2. მტყუნებების გამოვლენის მიზეზები:
  - სტრუქტურული მტყუნება – გამოწვეულია ობიექტის გაუმართავი კონსტრუქციის და სტრუქტურული დეფექტების შედეგად;
  - წარმოების მტყუნება – დაკავშირებულია ობიექტის დამზადებასთან (ტექნოლოგიური შეუსაბამობა);
  - ექსპლუატაციური მტყუნება – გამოწვეულია ექსპლუატაციის წესების დარღვევით.
3. მტყუნებების აღმოფხვრა:
  - მდგრადი მტყუნება;
  - წყვეტილი მტყუნება (გამოჩენა/გაქრობის).
4. მტყუნებების შედეგები:
  - მსუბუქი მტყუნება (ადვილად აღმოფხვრადი);
  - საშუალო მტყუნება (არ იწვევს მიმდებარე კვანძების მტყუნებას – მეორადი მტყუნება);
    - მძიმე მტყუნება (გამოწვეულია მეორადი მტყუნებებით ან ისეთი სახის მტყუნებით, რომელიც საფრთხეს უქმნის ადამიანის სიცოცხლეს).
5. ობიექტის შემდგომი გამოყენება:
  - სრული მტყუნებები, გამორიცხავს ობიექტის ამუშავებას, მათ აღმოფხვრამდე;
  - ნაწილობრივი მტყუნება, რომლის დროსაც შესაძლებელია ობიექტი გამოყენებულ იქნას ნაწილობრივ.
6. მტყუნებების აღმოჩენის სიმარტივე:
  - აშკარა (ცხადი) მტყუნება;
  - ფარული (არაცხადი) მტყუნება.
7. მტყუნებების გამოვლენის დრო:
  - ობიექტის ექსპლუატაციის დასაწყისში გამოვლენილი მტყუნებები;
  - ობიექტის ნორმალური ექსპლუატაციისას გამოვლენილი მტყუნებები;

➤ ცვეთის მტყუნებები გამოწვეულია შეუქცევადი პროცესებით: ობიექტის დეტალების ცვეთა, დაძველება და სხვ..

მტყუნებებთან ერთად, განასხვავებენ ასევე დაზიანებების ხარისხს. უმნიშვნელო დაზიანება არ არღვევს ობიექტის მუშაობას (მაგ.: გადაიწვა სასიგნალო ნათურა). მტყუნებების შედეგებია:

- წარმოების მითითებული მახასიათებლების შეუსრულებლობა;
- არაგეგმიური რემონტი;
- კვანძის ნაადრევი ჩანაცვლება;
- უფრო მეტი მოცულობის სარემონტო სამუშაოების შესრულება, ვიდრე გეგმიური რემონტისას [2].

### **დიაგნოსტიკის ფუნქციები**

ტექნიკური ობიექტების დიაგნოსტიკა, შეიცავს შემდეგ ფუნქციებს:

- ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის შეფასება;
- გაუმართავობების, აღმოჩენა და ლოკალიზირება;
- ობიექტის ნარჩენი რესურსის პროგნოზირება;
- ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის მონიტორინგი.

### **ტექნიკური დიაგნოსტიკის პრობლემები**

ტექნიკური დიაგნოსტიკისას ვლინდება 2 ძირითადი პრობლემა:

- გაუმართავობების გაპარვის ალბათობა;
- „ცრუ განგაშის“ ალბათობა.

რაც უფრო მაღალია „ცრუ განგაშის“ ალბათობა, მით უფრო ნაკლებია გაუმართავობების გაპარვის ალბათობა, და პირიქით. ტექნიკური დიაგნოსტიკის მიზანს წარმოადგენს ამ ორ პრობლემას შორის „ოქროს შუალედის“ პოვნა [1].

### **ენერგობიექტების ტექნიკური დიაგნოსტიკა**

ენერგობიექტებზე აგრეგატების გაცდენა 2 სახისაა:

- 1) არაგეგმიური და 2) გეგმიური.

პირველი მათგანი იწვევს სერიოზულ, ხოლო მეორე შედარებით ნაკლები მამტაბების მტყუნებებს. ამიტომ ტექნიკური დიაგნოსტიკის გზით,

აუცილებელია მტყუნებების წინასწარი პროგნოზირება, რომელიც საშუალებით, მინიმუმამდეა დაყვანილი აღჭურვილობის მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა. ამდენად, საჭიროა, როგორც ტექ-მომსახურების სისტემის ოპტიმიზაცია, ასევე მოძველებული აღჭურვილობის მოდერნიზაცია.

არცერთი თანამედროვე ტექნიკური აღჭურვილობა არ არის მუდმივი. ადრე თუ გვიან, მისი დეტალები ცვდება და შედეგად აგრეგატი წყვეტს მუშაობას. მაგრამ ერთია, როცა აგრეგატის მუშაობის შეწყვეტა ხდება გეგმიურად (მაგ.: აგრეგატის ტექნიკური გამართვისას), და სულ სხვაა არაგეგმიურად მუშაობის შეწყვეტა, როდესაც აგრეგატი მწყობრიდან გამოდის ავარიის შედეგად. მსგავსი არაგეგმიური გაცდენები იწვევს სერიოზულ მტყუნებებს [3,4].

## **1.2. ენერგობიექტების დაცვასთან და ტექნიკურ მონიტორინგთან დაკავშირებული საკითხები**

**მონიტორინგი** – ენერგობიექტზე, პროცესის დაკვირვების და მონაცემთა რეგისტრაციის პროცედურები, მჭიდროდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული დროის ინტერვალებით, რომელთა დროსაც მონაცემთა მნიშვნელობები, არსებითად არ იცვლება. განასხვავებენ პარამეტრების და ობიექტის მდგომარეობის მონიტორინგებს:

➤ **პარამეტრების მონიტორინგი** – სხვადასხვა სახის პარამეტრებზე დაკვირვება. პარამეტრების მონიტორინგის შედეგია – გაზომილი მნიშვნელობები, რომლებიც მიღებულია დროის გარკვეულ ინტერვალში, რომლის დროსაც, პარამეტრების მნიშვნელობები არსებითად არ იცვლება. პარამეტრების მონიტორინგისას, განასხვავებენ პირდაპირ და არაპირდაპირ დიაგნოსტიკურ პარამეტრებს. პირველი, პირდაპირ ახასიათებს ობიექტის მდგომარეობას, ხოლო მეორე დაკავშირებულია პირდაპირი პარამეტრების ფუნქციურ დამოკიდებულებასთან.

➤ **მდგომარეობის მონიტორინგი** – ობიექტის მდგომარეობაზე დაკვირვება, ზღვრულ მდგომარეობაზე გადასვლის, განსაზღვრისა და პროგნოზირებისათვის. ობიექტის მდგომარეობის მონიტორინგი გულისხ-

მობს, ობიექტის დანადგარების მუშაობის პროგნოზირებას, დროის გარკვეულ ინტერვალში, რომლის დროსაც ობიექტის მდგომარეობა, არსებითად არ იცვლება.

ძირითადი განსხვავება, მდგომარეობის მონიტორინგსა და პარამეტრების მონიტორინგს შორის არის ინტერპრეტატორის გაზომილი პარამეტრების არსებობა – სამაშველო, საექსპერტო სისტემაში, რომელიც განსაზღვრავს ობიექტის მდგომარეობას და მის სამომავლო მართვას.

**მონიტორინგის მეთოდები** – გამოიყენება ტექნიკურ საშუალებებში დიაგნოსტიკისათვის. მათ განეკუთვნება:

- **ორგანოლექტიკური მეთოდი** – დაფუძნებულია ადამიანის გრძნობის ორგანოების გამოყენებაზე;
- **ვიბრაციული მეთოდი** – დაფუძნებულია ტექნიკური ობიექტების ვიბრაციის პარამეტრების ანალიზზე;
- **აკუსტიკური მეთოდი** – დაფუძნებულია პარამეტრების ანალიზის ხმოვან ტალღებზე, გენერირებულ ტექნიკურ ობიექტებზე, და მათ შემადგენელ ნაწილებზე;
- **თერმული მეთოდი** – ეფუძნება თბოვიზორის გამოყენებას;
- **სპეციფიკური მეთოდები** – განკუთვნილია ტექნიკის თითოეული სფეროსათვის (მაგ.: ჰიდრავლიკური ამძრავის დიაგნოსტიკისას, ფართოდ გამოიყენება ჰიდროსტატიკური მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია, სითხის ნაკადის რეგულირებაზე; ელექტროტექნიკაში გამოიყენება მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება პარამეტრების ანალიზის ელექტრულ სიგნალებს და სხვ.) [5].

### **მტყუნებების პრევენცია**

შესაძლებელია მტყუნებების წინასწარი პროგნოზირება. ამისათვის არსებობს ტექნიკური აღჭურვილობის სხვადასხვა სქემები. ესენია: პრევენციული, პროფილაქტიკური, სარემონტო და ა.შ. ყველა ეს სქემა ემსახურება ერთადერთ მიზანს – **აღკვეთოს ავარია ენერგოობიექტზე**. ამ ეტაპზე, კომპლექსური ტექნიკური დიაგნოსტიკა – ტექ-მომსახურების სისტემის,

ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია. სწორედ კომპლექსური ტექნიკური დიაგნოსტიკების საშუალებით, განისაზღვრება აღჭურვილობის ტექნიკური მდგომარეობის და ცვეთის ხარისხის განსაზღვრა, ასევე პოტენციურად საშიში დეფექტების გამოვლენა (განსაზღვრავს რა, ტექ-აღჭურვილობის არსებული სტანდარტებიდან გადახვევას). ამ „გადახრების“ საფუძველზე, შესაძლებელია მოხდეს ტექ-აღჭურვილობის მტყუნებების პროგნოზირება და დაიგეგმოს პრევენციული ღონისძიებების ჩატარება. ტექნიკური დიაგნოსტიკების საშუალებით, ენერგობიექტის მფლობელმა იცის, შეძლებს თუ არა ენერგობიექტი, გეგმიურ შეჩერებამდე მუშაობას. თუ ვერ შეძლებს, მაშინ მოხდება ენერგობიექტის არაგეგმიური შეჩერება, ტექ-აღჭურვილობის რემონტისათვის, მაგრამ მხოლოდ იმ მომენტში, როდესაც ენერგობიექტი გადატვირთულია მუშაობით (როდესაც არაგეგმიური შეჩერება ყველაზე „ნაკლებდანაკარგიანი“ იქნება).

სარემონტო სამუშაოები უკეთესი იქნება, რომ ჩატარდეს ენერგობიექტის გეგმიური შეჩერებისას. თუმცა, მთელ რიგ შემთხვევებში, ენერგობიექტების მფლობელები, საერთოდ უგულველყოფენ სარემონტო სამუშაოებს, და ტექნიკურ დიაგნოსტიკებას ანხორციელებენ, მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც ჩნდება ეჭვი, რომ ენერგობიექტი აღარ მუშაობს ჩვეულებისამებრ. არც ასეთ შემთხვევაშია ტექნიკური დიაგნოსტიკება, მთლად მაინც და მაინც სწორი, რადგან თუ არსებობს ეჭვი, მაშინ მტყუნება უკვე „ამუშავებულია“, და ადრე თუ გვიან – „გაისვრის“. ამიტომ თუ ენერგობიექტზე ტექნოლოგიური პროცესი შეუფერხებლად მიდის, მაშინ აუცილებლად უნდა არსებობდეს აღჭურვილობის მუშაობის მონიტორინგის სისტემა. ეს შესაძლებელია იყოს საკუთარი მონიტორინგის სისტემა, დაფუძნებული სადგურის ავტომატიზაციის სისტემებზე (ან სახელშეკრულებო), რომელიც პერიოდულად (მაგ.: კვარტალში ერთ-ხელ) ჩაატარებს დიაგნოსტიკებას, და ტექ-აღჭურვილობის მდგომარეობის მონიტორინგს. თუმცა, არსებობს ისეთი მძიმე შემთხვევებიც, როდესაც ტექ-პერსონალიც ვერ ხვდება რა სჭირს აღჭურვილობას. პრობლემების უმრავლესობის

გადაჭრა შესაძლებელია მყისიერად. მაგრამ იმ შემთხვევაში თუ წვრილმანი პრობლემაც კი უყურადღებოდ იქნა დატოვებული და არ გადაიჭრება დროულად, მაშინ წვრილმანი პრობლემები გადაიქცევა მსხვილმან პრობლემებად. და შედეგად – **ენერგობიექტი შეწყვეტს მუშაობას!** ამიტომ თუ არსებობს ექვი ენერგობიექტის ტექ-პერსონალის კომპეტენციაში, მაშინ ენერგობიექტის ტექნიკური დიაგნოსტიკის საკითხებს, პროფესიონალებმა უნდა მიხედონ, რომლებიც მიაკვლევენ და გადაჭრიან იმ პრობლემებს, რომლებიც აფერხებს ენერგობიექტის მუშაობის პროცესს.

### **მტყუნებების მიზეზების ანალიზი**

ტექნიკური მომსახურების კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტი – ტექ-აღჭურვილობის მტყუნებების მიზეზების ანალიზი. თუ ტექ-აღჭურვილობა გამოვიდა მწყობრიდან, საჭიროა დადგინდეს მიზეზი. მიზეზის დადგენა ხდება წვრილმანების „ჩაძიების“ გზით. პრაქტიკამ აჩვენა, რომ დანაკარგების ძირითადი მიზეზებია:

- 1) ადამიანური ფაქტორი და 2) აღჭურვილობის ცვეთა.

პირველი მიზეზის აღმოფხვრა მარტივია: აუცილებელია თანამშრომლების მოტივირება, სწავლება, ტექნიკური სპეციალისტებისათვის ხელფასის მომატება, რადგან ხშირ შემთხვევაში, ავარიის მიზეზი მექანიკოსების დაუდევრობაა. ისინი ან საკმარისად არ არიან მოტივირებულნი ან თავიანთი საქმე არ იციან სათანადო დონეზე. მეორეს მხრივ, თუ აღჭურვილობა მოძველებულია, მაშინ იმის და მიუხედავად, თუ როგორი ტექ-მომსახურება და რემონტია ენერგობიექტზე, აღჭურვილობის მწყობრიდან გამოსვლა გარდაუვალია. ასეთ შემთხვევაში, აუცილებელია ობიექტის ტექ-აღჭურვილობის მოდერნიზაცია.

### **1.3. ენერგობიექტების მონიტორინგის ტექ-აღჭურვილობის**

#### **შერჩევა და ოპტიმიზაცია**

ენერგობიექტებზე აუცილებელია ტექ-მომსახურების სისტემის გაუმჯობესება და ოპტიმიზაცია. გაუმჯობესებასა და ოპტიმიზაციაში იგულისხმება, რომ უნდა არსებობდეს:

1) **მთლიანი აღჭურვილობის რეესტრი.** იგი ენერგობიექტზე დაყენებული და ექსპლუატაციაში გაშვებული იქნება: ექსპლუატაციის დროის, სიმძლავრის, ბრენდებისა და მოდელების მიხედვით. თუ ეს ყველაფერი არ არის, მაშინ ენერგობიექტის მფლობელს წარმოდგენა არა აქვს, რას ფლობს, არ იცის რომელი აღჭურვილობისათვის, რა სათადარიგო ნაწილები უნდა შეიძინოს.

2) **პერსონალი.** ტექნიკური სპეციალისტების და ხელმძღვანელების კვალიფიკაცია უნდა იყოს მაღალი. შესაძლებელია ეს შემოწმდეს, და საჭიროების შემთხვევაში, პერსონალი გაიგზავნოს შესაბამის კურსებზე.

3) **აღჭურვილობის „ავადმყოფობის ისტორია“, დანაკარგების სტატისტიკა** – ანუ საწყისი მასალის ანალიზი.

4) **სიმძლავრეების რეზერვირება.** თუ ენერგობიექტი მუშაობს წარმოების უწყვეტ რეჟიმში, აქვს საწარმოო ხაზი, რომელიც უწყვეტად აწარმოებს პროდუქტს, მაშინ აუცილებელია სიმძლავრეების რეზერვირება. ეს ცნება, ხშირად, პირდაპირი მნიშვნელობით აღიქმება, და ენერგობიექტების მფლობელები, იწყებენ სარეზერვო მოწყობილობის დამონტაჟებას, მისი აუცილებლობის გააზრების გარეშე. იმისათვის რათა, თავიდან იქნას აცილებული შეუსაბამო ტექნიკის შესყიდვა/დამონტაჟება, საჭიროა ამ პუნქტის სწორად გათვლა.

5) **ბიუჯეტი** – ტექ-მომსახურების, რემონტისა და სათადარიგო ნაწილების შეძენისათვის.

ამ ხუთი პუნქტის შესრულება აუცილებელია, რათა ენერგობიექტზე დაინერგოს ტექ-აღჭურვილობის ოპტიმალური სქემები. აღსანიშნავია, რომ ენერგობიექტებზე სიმძლავრეების რეზერვირება პანეცია არ არის, რადგან რეზერვირებული აღჭურვილობა, თუ არ იმუშავებს, ის აუცილებლად მწყობრიდან გამოვა. რეზერვირებული აღჭურვილობისათვის, არსებობს ტექ-მომსახურების განსხვავებული წესები. ენერგობიექტის მფლობელს უნდა ჰქონდეს მკაფიო წარმოდგენა იმის შესახებ, რომ თუ დროულად არ ჩაუტარდა აღჭურვილობას სარემონტო სამუშაოები, მაშინ დანაკარგები

მიიღებს სისტემატიურ ხასიათს. ამიტომ რეკომენდაციები მხოლოდ რეკომენდაციებად არ უნდა დარჩეს, ისინი უნდა შესრულდეს.

### **აღჭურვილობის შერჩევა**

აღჭურვილობის შექმნისას, ენერგობიექტების მფლობელები, ხშირად უპირატესობას ანიჭებენ იაფ პროდუქციას, არ ფიქრობენ იმაზე, თუ რამდენ ხანს იმუშავებს იაფი აღჭურვილობა, რამდენად ხშირად იქნება საჭირო მისი რემონტი და რა თანხა დაჯდება ეს ყველაფერი. განვიხილოთ, მაღალი სიმძლავრის სამრეწველო ტუმბოების მაგალითი. დანახარჯის სტრუქტურა ასე გამოიყურება: შესყიდვის ფასი, არის მხოლოდ 10%, ელექტროენერჯის დანახარჯი – 32%, მომსახურება და რემონტი – 20%. დანარჩენი დანახარჯი შეადგენს ტუმბოების კომპონენტებს და მონტაჟის ხარჯებს. გამოდის, რომ იაფი და უხარისხო ტუმბოს ყიდვის შემთხვევაში, მოხდება 50%-ის ეკონომია, ხოლო ექსპლუატაციისას ეკონომია იქნება 5%. მაგრამ თუ იქნება ხარისხიანი ტუმბო, რომელიც იმუშავებს 10 წლის განმავლობაში, მაშინ იგივე სერვისზე ეკონომია იქნება 30%, იმ შემთხვევაშიც, თუ შესყიდვის ფასი მაღალია.

ენერგოეფექტურობა და აღჭურვილობის საიმედოობა არ უნდა იყოს ურთიერთგამომრიცხავი ცნებები. ენერგობიექტებზე, სწორედ საიმედოობისა და უსაფრთხოების (და არა ეკონომიის) ფაქტორები უნდა იყოს უპირველესი. ყველაზე მთავარი, ნებისმიერი დიაგნოსტიკური სტრუქტურული რგოლის მუშაობაში, არის ენერგობიექტის პარამეტრების, დამოუკიდებელი ექსპრეს-ანალიზი [3].

## **1.4. სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემები**

### **1.4.1. სისტემის ფუნქციონირება და მართვის პროცესის**

#### **თავისებურებები**

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – პროგრამული პაკეტი, რომელიც შემუშავებულია რეალურ დროში, ობიექტიდან მიღებული მონაცემების შეგროვების, დამუშავების, ასახვის, არქივიზაციისა და

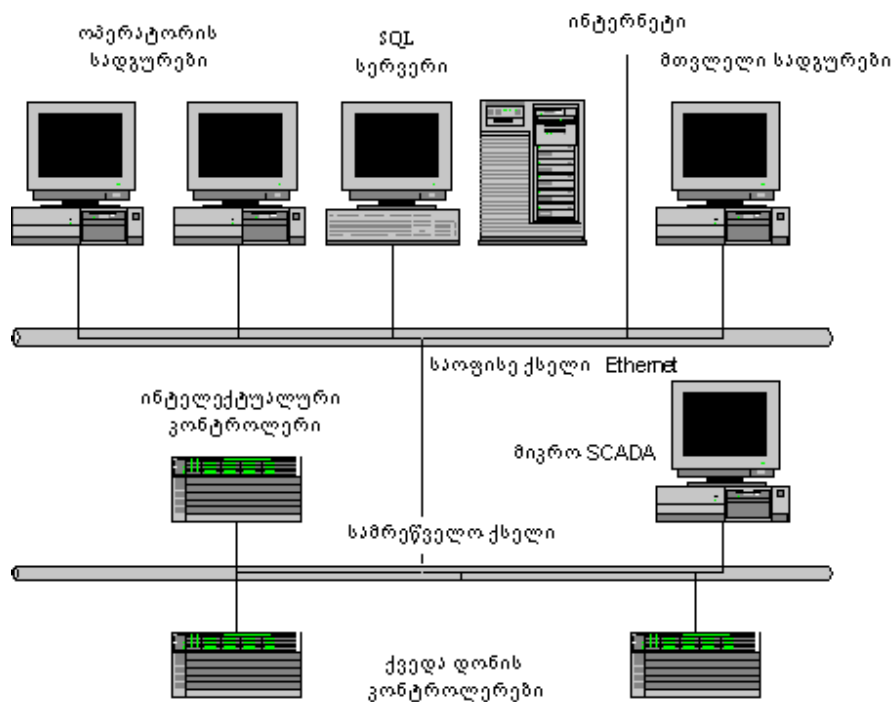


მართვისათვის. სწორედ სამეთვალყურეო მართვის პრინციპებზე იგება, უმსხვილესი ავტომატური სისტემები: ენერგეტიკაში, სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში, კოსმოსურ და სამხედრო სფეროებსა და სხვადასხვა სახელმწიფო სტრუქტურებში.

უკანასკნელი 10-15 წლის განმავლობაში, მსოფლიოში, მკვეთრად გაიზარდა ინტერესი მაღალი ხარისხის და მაღალი საიმედოობის სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემებზე. ერთის მხრივ, აღნიშნული ინტერესი, დაკავშირებულია კომპიუტერული ტექნიკის, პროგრამული უზრუნველყოფის და ტელეკომუნიკაციის პროგრესთან, რაც ზრდის ავტომატიზირებული სისტემების გამოყენების შესაძლებლობებს და აფართოვებს, მათი გამოყენების ფარგლებს. ხოლო მეორეს მხრივ, ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებამ, ავტომატიზაციის ხარისხის ზრდამ და ფუნქციების გადანაწილებამ, ადამიანსა (ოპერატორსა) და აპარატურას შორის, გაამძაფრა ოპერატორის და მართვის სისტემის ურთიერთქმედების პრობლემა. უმრავლესობა ავარიების კვლევამ და ანალიზმა, რომლებიც მოხდა საავიაციო, სახმელეთო და წყლის ტრანსპორტში, ასევე მრეწველობისა და ენერგეტიკის სფეროებში, რომელთა ნაწილიც სავალალო შედეგებით დასრულდა, ცხადყო, რომ 90-იან და შემდგომ წლებში, ადამიანის შეცდომებმა გამოიწვია კატასტროფების 80%. ავარიების პარალელურად, ტექნოლოგიების, ელექტრონული აღჭურვილობების და დანადგარების სრულყოფის დონე, უფრო და უფრო იზრდება. ავარიის გამომწვევი ძირითადი მიზეზი არის ძველი, ტრადიციული მიდგომა რთული, ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისა და მათი მართვისა. ამჟამად, ეს სისტემები, ორიენტირებულია, პირველ რიგში, უახლესი ტექნოლოგიური მიღწევების გამოყენებაზე, სისტემების ავტომატიზაციური და ფუნქციონალური შესაძლებლობების ხარისხის გაუმჯობესებაზე, და ამავე დროს, ეფექტური ადამიანურ-მანქანური ინტერფეისის შექმნაზე, რომელიც ორიენტირებულია ოპერატორზე. მიწოდებული ინფორმაციის სისწორე და მონიტორზე მისი სრულყოფილად წარმოდგენა,

მართვის „ბერკეტების“ ხელმისაწვდომობა, სისტემის რჩევების „გამოყენება“ და სხვ. – ეს ყველაფერი ამაღლებს მეთვალყურისა და სისტემის ურთიერთ-თანამშრომლობის ხარისხს, ხოლო კრიტიკული შეცდომები სისტემის მართვისას, უტოლდება ნულს.

მასალების შესწავლამ, რომელიც ეხება ეფექტური და საიმედო, სამეთვალყურეო მართვის სისტემების შექმნას, ცხადყო, რომ ასეთი სისტემების შექმნისას საჭიროა ახალი მიდგომა, რომელიც პირველ რიგში, ორიენტირებულია ოპერატორზე და მის მიზნებზე. თუ ადრე, სისტემის შექმნისას, ძირითადი ყურადღება ეთმობოდა ტექნიკური საშუალებების შერჩევასა და შემუშავებას (აღჭურვილობას და პროგრამულ უზრუნველყოფას), ახალი მიდგომის გამოყენების შემდეგ, დადასტურდა მისი ეფექტურობა, რომლის საშუალებითაც იზრდება ოპერატორების პროდუქტიულობის დონე, ხოლო პროცედურული და კრიტიკული (გამოუსწორებელი შეცდომა, რომელსაც უშვებს ოპერატორი) შეცდომების მაჩვენებელი, უტოლდება ნულს. სურ.1.1-ზე, ნაჩვენებია კონტროლისა და მართვის სისტემის ზოგადი სქემა.



სურ. 1.1. კონტროლისა და მართვის სისტემის ზოგადი სქემა

### **კონტროლისა და მართვის სისტემის მუშაობის პროცესის თავისებურებები:**

- სისტემის მუშაობისათვის აუცილებელია ოპერატორი;
- სისტემაში, ნებისმიერმა არასწორმა ქმედებამ, შეიძლება გამოიწვიოს მტყუნება ან კატასტროფული შედეგები;
- ოპერატორი პასუხისმგებელია სისტემის მუშაობაზე. ნორმალური მუშაობის პირობებში, დროის განსაზღვრულ მომენტში, ოპერატორი ცვლის სისტემის პარამეტრებს, ობიექტის ოპტიმალური მუშაობისათვის;
- ოპერატორის ჩართვა პროცესის მიმდინარეობაში, იშვიათად ხდება. როგორც წესი, კრიტიკული მოვლენების (მტყუნებები, საგანგებო სიტუაციები და ა.შ.) დროს.
- ოპერატორის მოქმედების დრო კრიტიკულ სიტუაციებში, შეზღუდულია (რამდენიმე წუთი ან თუნდაც წამი).

### **კონტროლისა და მართვის სისტემის ფუნქციონალური სტრუქტურა**

პროცესები სისტემაში მიმდინარეობენ რეალურ დროში: დისტანციური წერტილებიდან ინფორმაციის შეგროვება, დამუშავება, ანალიზი და ობიექტის მართვა. რეალურ დროში ხდება ყველა აუცილებელი შეტყობინების დამუშავება და ოპერატორის ცენტრალური ინტერფეისისათვის მიწოდება. რეალური დროის კონცეფცია, სხვადასხვა სისტემებისათვის სხვადასხვაა. თანამედროვე სამეთვალყურეო კონტროლის სისტემების დანერგვაში, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შემდეგი ამოცანების გადაჭრას:

- სისტემების შერჩევა ტექნოლოგიური პროცესის მოთხოვნებისა და თვისებების საფუძველზე;
- ადამიანური რესურსების ორგანიზება.

სისტემის შერჩევა საკმაოდ რთული ამოცანაა, რადგან არსებობს კრიტერიუმების ჩამონათვალი, რომლებიც აუცილებლად უნდა დაკმაყოფილდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, სისტემა არ იმუშავებს. საჭიროა სისტემების ადაპტაცია მართვის ობიექტზე.

პროგრესმა, საინფორმაციო ტექნოლოგიების სფეროში, განაპირობა, სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემების სამი ძი-

რითადი სტრუქტურული ერთეულის ჩამოყალიბება, ესენია:

1) **RTU (Remote Terminal Unit)** – რეალური დროის რეჟიმში, ასრულებს მონაცემების დამუშავებას (კონტროლს). **RTU**-ს განხორციელების სპექტრი ძალიან ფართოა – დაწყებული ობიექტის პრიმიტიული სენსორებიდან, რომლებიც ანხორციელებენ ობიექტიდან მონაცემების შეგროვებას, დამთავრებული – სპეციალიზირებული მრავალპროცესორიანი კომპიუტერული კომპლექსებით, რომლებიც ანხორციელებენ მონაცემების დამუშავებასა და გადაგზავნას, მკაცრად განსაზღვრული დროის რეჟიმში. **RTU**-ს კონკრეტული რეალიზაცია, განისაზღვრება კონკრეტული პროგრამით. მონაცემების დამუშავებისას, დაბალდონიანი მოწყობილობების გამოყენებით, მცირდება მოთხოვნის სიჩქარე, საკომუნიკაციო არხებსა და ცენტრალურ სამეთვალყურეო პუნქტს შორის. **RTU**-ს განვითარებისათვის საჭიროა: მონაცემების დამუშავების სიჩქარის და შემადგენელი კვანძების ინტელექტუალური პოტენციალის გაზრდა. თანამედროვე **RTU**-ები ეფუძნება, მიკროპროცესორულ ტექნიკას. ისინი ექვემდებარებიან ოპერაციულ სისტემებს. ურთიერთქმედებენ ობიექტის მართვის ინტელექტუალურ, ელექტრონულ მრიცხველებთან და ზედა დონის კომპიუტერებთან. **RTU**-ს რეალიზაცია დამოკიდებულია გამოყენების სფეროებზე. ეს შესაძლებელია იყოს: სპეციალიზირებული კომპიუტერები, მულტიპროცესორული სისტემები, ჩვეულებრივი მიკრო ან პერსონალური კომპიუტერები, სამრეწველო და სატრანსპორტო სისტემებისათვის. **RTU**-ს ტექნიკაში, არსებობს ორი კონკურენტი მიმართულება, ესენია: 1) **PC (Personal Computer)** და 2) **PLC (Programmable Logic Controller)**.

**PC** – წარმოადგენენ, პროგრამულ თავსებადობას, ჩვეულებრივ კომერციულ **PC**-თან, მაგრამ ადაპტირება ხდება მკაცრ გარემო-პირობებში. მოწყობილობის მონტაჟი ხორციელდება: საწარმოებში, ქარხნებში, გაზის საკომპრესორო სადგურებში და სხვ.. ადაპტაცია ეხება არამხოლოდ მოწყობილობის სწორ კონსტრუირებას, არამედ მის არქიტექტურას და სქემოტექნიკას, რადგან გარემოს ტემპერატურის ცვლილება, იწვევს ელექტრონული

პარამეტრების შეცვლას. ობიექტის მართვის სისტემის, მოწყობილობების ინტერფეისი, კომპლექტდება გაფართოვების დამატებითი პლატებით, რომელთა ფართო სპექტრი, წარმოდგენილია სამომხმარებლო ბაზარზე და იწარმოება სხვადასხვა მწარმოებლების მიერ. სამრეწველო PC-ში, დისტანციური ტერმინალების როლში მომუშავე ოპერაციულ სისტემებად, ყველაზე ხშირად იყენებენ – **Windows NT**-ს.

**PLC** – წარმოადგენენ სპეციალიზირებულ გამომთვლელ მოწყობილობებს, რომლებიც განკუთვნილია, რეალურ დროში, პროცესების (ობიექტების) მართვისათვის. მათ აქვთ მთვლელი მოწყობილობა **CPU (Central Processing Unit)** და **I/O (Input/Output Ports)**-ები, რომლებიც იღებენ მონაცემებს: სენსორებიდან, გადამრთველებიდან, კონვერტორებიდან, კონტროლერებიდან და სხვა მოწყობილობებიდან და ანხორციელებენ ობიექტის მუშაობის პროცესის კონტროლს, გადასცემენ რა, კონტროლის სიგნალებს, ვენტილებს, გადამრთველებს და სხვა გამოყენებით მოწყობილობებს. თანამედროვე **PLC**-ი, ხშირად, გაერთიანებულია ქსელში, ხოლო პროგრამული საშუალებები, რომლებიც მათთვის მუშავდება, ოპერატორს, რომელიც იმყოფება სისტემის ცენტრალურ სამეთვალყურეო პუნქტში, აძლევს საშუალებას, დააპროგრამოს და **PLC**-ები მართოს, კომპიუტერის საშუალებით. იქ, სადაც საჭიროა, მკაცრად განსაზღვრულ დროში, მაღალი საიმედოობის და კონტროლის დონე, გამოიყენება **PLC**-ი. **PLC**-ის აპარატურული საშუალებები, იძლევა საშუალებას, აშენდეს მცირე-დანაკარგიანი სისტემები, რთული გამოყენებებისათვის, მრავალჯერადი რეზერვირების საფუძველზე.

**2) MTU (Master Terminal Unit)** – მაღალ დონეზე უზრუნველყოფს მონაცემების დამუშავებას და მართვას, რეალური დროის მონაკვეთში. მისი ერთ-ერთი მთავარი ფუნქციაა – ინტერფეისის უზრუნველყოფა, ოპერატორსა და სისტემას შორის. **MTU**-ის სისტემის მეშვეობით, შესაძლებელია ყველაზე მრავალფეროვანი სახით, დაწყებული ერთი კომპიუტერის, დამატებითი მოწყობილობების არხებზე მიერთებით, დამთავრებული

მძლავრი კომპიუტერული სისტემებით, რეალიზება და მომუშავე ობიექტების და სერვერების, ლოკალურ ქსელში გაერთიანება. **MTU**-ის დაგეგმარებისას, როგორც წესი, გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები, საიმედოობის და უსაფრთხოების სისტემის მუშაობის გასაუმჯობესებლად. **MTU**-ი შედგება შემდეგი ფუნქციონალური კომპონენტისაგან, ესენია:

➤ **User Interface.** მისთვის დამახასიათებელია:

ა) რამდენიმე პლატფორმის ირგვლივ მომხმარებლის ინტერფეისის სტანდარტიზაცია;

ბ) **GUI (Graphical User Interface)** გამოყენება;

დ) ობიექტ-ორიენტირებული პროგრამირების ტექნოლოგიები;

ე) გამოყენებების განვითარების სტანდარტული საშუალებები;

ვ) კომერციული პროგრამული პარამეტრების დანერგვა, ამოცანათა ფართო სპექტრისათვის. ობიექტური დამოუკიდებლობა, მომხმარებლის ინტერფეისის, საშუალებას აძლევს, უზრუნველყოს ვირტუალური ობიექტები, რომლებიც შექმნილია სხვა სისტემების მიერ. შედეგად მიიღება: **HMI (Human Mashine Interface)**-ის შესაძლებლობების გაფართოვება, ოპტიმიზაციის კუთხით.

➤ **Data Management** – ხორციელდება სპეციალიზირებული მონაცემთა ბაზების, კორპორატიული მონაცემთა ბაზების ჩანაცვლებით. მონაცემთა მართვისა და ანგარიშგების პროცედურები ხორციელდება სტანდარტული **SQL (Structured Query Language)**-ისა და **4GL(A Fourth-Generation Programming Language)**-ის მეშვეობით. მონაცემების დამოუკიდებლობა ფუნქციის ხელმისაწვდომობას და სისტემის სამიზნეების მონაცემების მართვას ზღუდავს, რაც იძლევა საშუალებას, მარტივად შემუშავდეს დამატებითი გამოყენებები და პროგრამები, მონაცემთა მართვის ანალიზის მიხედვით.

➤ **Networking & Services** – ხორციელდება გადასვლა სტანდარტის ქსელის ტექნოლოგიებისა და პროტოკოლების გამოყენებაზე. ქსელის მართვის სერვისები, დაცვის, წვდომის კონტროლის, ტრანზაქციების

მონიტორინგი, ელექტრონული შეტყობინებების გადაცემა და წვდომის რესურსების (პროცესების) სკანირება, შესაძლებელია შესრულდეს, სისტემის პროგრამის მთავარი კოდისაგან დამოუკიდებლად, რომელიც შექმნილია სხვა მწარმოებლის მიერ.

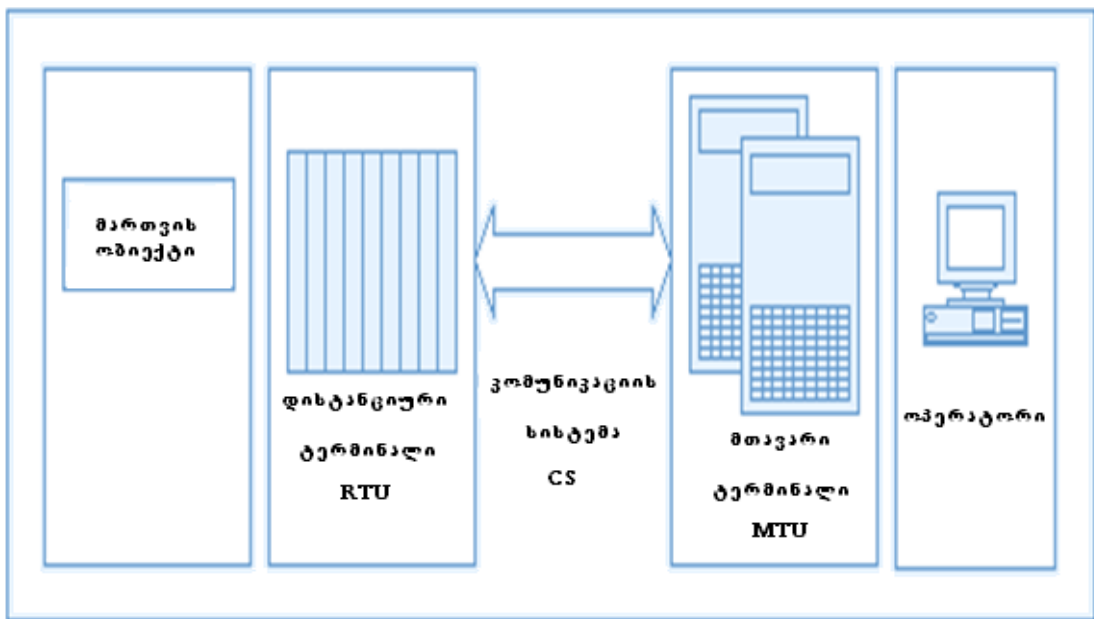
➤ **Real-Time Services** – ხორციელდება MTU-ის განთავისუფლება, ზემოთჩამოთვლილი კომპონენტებისაგან, რაც იძლევა საშუალებას, მოხდეს კონცენტრირება, წარმოების მოთხოვნების ამოცანების შესრულებაზე, რეალურ დროში და კვაზი-რეალურ დროში. აღნიშნული მომსახურებები, წარმოადგენენ სწრაფმოქმედ პროცესორებს, რომლებიც ახდენენ ინფორმაციის გაცვლას, RTU-სა და სისტემის პროცესებს შორის. ანხორციელებენ რა, მონაცემთა ბაზების რეზიდენტული ნაწილის მართვას, მოვლენების შეტყობინებას, მოქმედებებს სისტემის სამართავად. საბოლოო მონაცემები კი, ოპერატორის ინტერფეისზე იტვირთება.

**3) CS (Communication System)** – გამოიყენება მონაცემთა გადასაცემად, დისტანციური წერტილებიდან (ობიექტები, ტერმინალები), ცენტრალურ ინტერფეისსზე, ოპერატორთან და ასევე, მართვის სიგნალების RTU-ზე (ან დისტანციურ ობიექტზე, რომელიც დამოკიდებულია სისტემის კონკრეტულ გამოყენებაზე) გადასაცემად.

თანამედროვე SCADA-ს სისტემებში, კომუნიკაციის სისტემები ძალიან მრავალფეროვანია; არჩევანი დამოკიდებულია: სისტემის არქიტექტურაზე, MTU-ის და RTU-ის პუნქტებს შორის მანძილზე, საკონტროლო წერტილების რაოდენობაზე, მონაცემთა გადაცემის სიჩქარეზე, არხის საიმედოობაზე და კომერციულად ხელმისაწვდომ საკომუნიკაციო კავშირებზე. CS-ებში, გამოიყენება არამხოლოდ კლასიკური საკომუნიკაციო არხები, არამედ კორპორატიული კომპიუტერული ქსელები და სპეციალიზირებული სამრეწველო მანქანების სალტები.

თანამედროვე სამრეწველო, ენერგეტიკულ და სატრანსპორტო სისტემებში, დიდი პოპულარობით სარგებლობს სამრეწველო მანქანების სალტები, რომლებიც სპეციალიზირებულია, სწრაფმოქმედ საკომუნიკაციო არხე-

ბზე, რომელთა საშუალებითაც ეფექტურად იჭრება საიმედოობისა და ხმაურის ჩახშობის პრობლემა, ავტომატიზაციის სხვადასხვა იერარქიულ დონეზე. არსებობს სამრეწველო მანქანების სალტეების 3 ძირითადი კატეგორია, მათი დანიშნულების (ადგილი სისტემაში) და გადასაცემი მონაცემების სირთულის მიხედვით. ესენია: 1) სენსორი 2) მოწყობილობა და 3) არეალი. ბევრი სამრეწველო მანქანის სალტე, შეიცავს ორ, ან თუნდაც სამივე კატეგორიას. (იხ.სურ.1.2)



სურ. 1.2. კონტროლისა და მართვის სისტემის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტები

### ოპერაციული სისტემები

სამომხმარებლო ბაზარმა არჩევანი **Windows NT**-ს სასარგებლოდ გააკეთა, რადგან მას აქვს ღია არქიტექტურა და ეფექტური საშუალებები გამოყენებების (პროგრამების) შექმნისათვის, რამაც მწარმოებლებს გაუადვილა პროგრამული პროდუქციის შექმნა აღნიშნულ ოპერაციულ სისტემაში. მომხმარებლები **Windows NT**-ს იყენებენ ავტომატიზირებულ სისტემებში და ჩაშენებად კონფიგურაციებში, როგორც პლატფორმას, რეალური დროის, რთული გამოყენებების შექმნისათვის. აღსანიშნავია, რომ სისტემების მუშაობაში, რეალური დროის მოთხოვნა (მონაცემების რეაგირება/დამუშავების და განსაზღვრის უნარი, დროის გარანტირებული ინტერვალები)



ეხება მხოლოდ, დისტანციურ ტერმინალებს; MTU-ში ხორციელდება, ობიექტის პროცესების დამუშავება/მართვა, კვაზი-რეალურ დროში.

**ძირითადი მოთხოვნები სამეთვალყურეო სისტემების მართვისათვის:**

- სისტემის საიმედოობა (ტექნოლოგიური და ფუნქციონალური);
- მართვის უსაფრთხოება;
- მონაცემების ზუსტი დამუშავება და ასახვა;
- სისტემების გაფართოების სიმარტივე.

**სისტემის ძირითადი კომპონენტებია:**

- **შემყვან/გამომყვან სერვერები** – პროგრამები, რომლებიც უზრუნველყოფენ კავშირს სისტემისა და საწარმოო კონტროლერებს, მრიცხველებს, ADC (Analog-to-Digital Converter)-სა და სხვა მონაცემების შემყვან/გამომყვან მოწოდებლობებს შორის;
- **RTS (Real-Time Strategy)** – პროგრამა, რომელიც დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში, პრიორიტეტების გათვალისწინებით, უზრუნველყოფს მონაცემების დამუშავებას;
- **HMI** – ინსტრუმენტი, რომლის საშუალებითაც ოპერატორი აკონტროლებს და მართავს პროცესს.
- **ლოგიკური მართვის სისტემა** – პროგრამა, რომელიც სისტემაში უზრუნველყოფს, სამომხმარებლო პროგრამების შესრულების ლოგიკურ მართვას.
- **რეალური დროის მონაცემების ბაზა** – პროგრამა, რომელიც უზრუნველყოფს პროცესის ისტორიის შენახვას, რეალური დროის რეჟიმში.
- **განგაშის სიგნალების მართვის სისტემა** – პროგრამა, რომელიც უზრუნველყოფს, ტექნოლოგიური მოვლენების ავტომატურ კონტროლს, მათ კატეგორიების მიხედვით დაყოფას: ნორმალური, გამაფრთხილებელი, ან ავარიული.
- **ანგარიშების გენერატორი** – პროგრამა, რომელიც უზრუნველყოფს, ტექნოლოგიურ მოვლენათა შესახებ, სამომხმარებლო ანგარიშების

ჩამოყალიბებას.

➤ **გარე ინტერფეისები** – მონაცემების გაცვლის სტანდარტული ინტერფეისები, სისტემასა და სხვა პროგრამებს შორის.

სისტემაში მართვის განსახორციელებელი ქმედებების უმრავლესობა, სრულდება ავტომატურად, **RTU**-ის ან **PLC**-ის მეშვეობით. პირდაპირი კონტროლის პროცესი, როგორც წესი, ხორციელდება **RTU**-ის ან **PLC**-ის მეშვეობით, ხოლო სისტემა მართავს მუშაობის რეჟიმებს. (მაგ.: **PLC**-ი წარმოების პროცესის შიდა ნაწილში, აკონტროლებს წყლის ნაკადის გაციებას, ხოლო სისტემა ოპერატორებს აძლევს საშუალებას, შეცვალონ: ნაკადის პარამეტრები და მიმართულებები; შეავსონ წყლის კონტეინერები; ყურადღება მიექცეს განგაშის სიგნალებს, ისეთებს, როგორცაა – ნაკადის დაკარგვა და მაღალი ტემპერატურა, რომლებიც უნდა იყოს ასახული, ჩაწერილი, და რომლებზედაც ოპერატორმა უნდა მოახდინოს დროული რეაგირება). ციკლის მართვა, უკუკავშირთან ერთად, ხორციელდება **RTU**-ის ან **PLC**-ის მეშვეობით, იმ დროს, როდესაც სისტემა აკონტროლებს ციკლის მთლიან შესრულებას. მონაცემთა შეგროვება იწყება **RTU**-ში ან **PLC**-ში, რომელიც ასევე მოიცავს, გამზომი მრიცხველის ჩვენებას. შემდეგ მონაცემები გროვდება და ფორმატირდება, ისე, რომ ოპერატორმა, გამოიყენებს რა, **HMI**-სს, იღებს გადაწყვეტილებას – მოახდინოს კორექტირება ან შეაჩეროს სტანდარტული მართვა, **RTU/PLC**-ის მეშვეობით. მონაცემები ასევე შესაძლებელია ჩაიწეროს არქივში, ტრენდების აგებისა და შეგროვებული მონაცემების სხვადასხვა ანალიტიკური დამუშავებისათვის. სისტემის მეშვეობით, შესაძლებელია გადაწყდეს შემდეგი საკითხები:

➤ სერვერების მეშვეობით მონაცემების გაცვლა, საწარმოო კონტროლერებსა და პლატების შემყვან/გამომყვან დრაივერებს შორის;

➤ მონაცემების დამუშავება რეალურ დროში;

➤ ლოგიკური მართვა;

➤ რეალურ დროში, ტექნოლოგიური მონაცემთა ბაზის შენარჩუნება;

- ავარიული სიგნალიზაციისა და განგაშის სიგნალების მართვა;
- მოხსენებითი ანგარიშების მომზადება და გენერირება, ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობაზე;
- სისტემასა და პერსონალურ კომპიუტერს შორის ქსელის განხორციელება;
- სისტემის შიდა კომპონენტებს შორის კავშირის უზრუნველყოფა: მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა; ელექტრონული ცხრილები; ტექსტური პროცესორები და სხვ.. ობიექტის მართვის სისტემაში ასეთი კომპონენტები ყველაზე ხშირად გვხვდება **MES (Manufacturing Execution Systems)**-ის დონეზე.

სისტემების მართვის, უსაფრთხოებისა და საიმედო კონტროლისათვის, საჭიროა, რომ:

- ობიექტის მუშაობისას, არცერთმა დანაკარგმა არ გამოიწვიოს ცრუ-განგაშის (ბრძანების) სიგნალი;
- ობიექტის მუშაობისას, ოპერატორის არცერთმა შეცდომამ არ გამოიწვიოს ცრუ-განგაშის სიგნალი.
- სისტემებში ასევე შესაძლებელია, სხვა სახის საფრთხეებიც, მაგ.: „ჰაკერული შემოტევები“. ამდენად, სისტემებში ინფორმაციული კომპლექსების დაცვისათვის, საჭიროა საინფორმაციო უსაფრთხოების ზოგადი მოთხოვნების შესრულება.

### **გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფა**

სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემებში, ყველაზე ცნობილია – **FactorySuite 2000**-ის პროგრამების პაკეტი, რომელიც უზრუნველყოფს: პროცესების ვიზუალიზაცია/მართვას, თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერის დახმარებით; რეალურ დროში პროცესების მონაცემების არქივიზაციას; **Internet/Intranet**-ის ქსელში ჩართვას და სერვერების ბიბლიოთეკების **I/O** პორტების ქვესისტემებთან მიერთებას; ასევე, სამრეწველო ობიექტის, პროგრამული კომპონენტების მართვას. ყველა კომპონენტის მართვას აერთიანებს სიმარტივე და მჭიდრო ინტეგ-

რაცია ერთმანეთთან. **FactorySuite 2000**-ი მუშაობს **Windows NT 4.0**-ის სისტემის მეშვეობით. მის შემადგენლობაში შედის შემდეგი კომპონენტები:

- **InTouch** – შემუშავების **HMI**-ის პაკეტის და სამეთვალყურეო მართვის პროცესების ვიზუალიზაციის სისტემა;
- **InControl** – პროგრამული სისტემების პირდაპირი მართვა რეალურ დროში, **WindowsNT**-ის ბაზაზე;
- **Industrial SQL Server** – რეალური დროის რელაციური მონაცემთა ბაზა;
- **Scout** – მონაცემების ასახვის პაკეტი და პროცესის ვიზუალიზაცია, **Internet/Intranet**-ის მეშვეობით;
- **InTrack** – მოდელირების ობიექტ-ორიენტირებული სისტემა, რესურსების მართვა და წარმოების სამეთვალყურეო ოპერატიული მართვა;
- **InBatch** – პროგრამა, პროცესების მოქნილი მართვისათვის. დოზირება და შერევა (ქიმიური, ფარმაცევტული და კვების მრეწველობა);
- **I/O** პორტების დამაკავშირებელი სერვერების სრული ნაკრები.

**FactorySuite 2000**-ის დაინსტალირების რიცხვმა მთელს მსოფლიოში, უკვე 10000-ს გადააჭარბა [6,7,8,9].

### **პროგრამულ-აპარატურული პლატფორმები სისტემებისათვის**

ასეთი პლატფორმების ჩამონათვალის ანალიზი აუცილებელია, რადგან მასზეა დამოკიდებული პასუხი კითხვაზე, შესაძლებელია თუ არა სხვადასხვა კლასის სისტემების რეალიზაცია, არსებულ კომპიუტერულ სისტემებზე; ასევე სისტემის ექსპლუატაციის ღირებულების შეფასება. სხვადასხვა კლასის სისტემებში ეს საკითხი გადაწყვეტილია სხვადასხვაგვარად. სისტემების უმრავლესობა **MS Windows**-ის პლატფორმაზე მუშაობს. სწორედ ასეთი სისტემები ანხორციელებენ სრულ და მარტივ მუშაობას **HMI**-თან. ოპერაციული სისტემების ბაზარზე, **Microsoft**-ის პოზიციების გათვალისწინებით, უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალპლატფორმიანი სისტემების შემქმნელებიც კი მიიჩნევენ, რომ სისტემების შემდგომი განვითარებაში, პროირიტეტი ენიჭება **Windows NT**-ს. რეალური დროის, ამ ოპერა-

ციული სისტემის გამოყენება ხდება ძირითადად ჩაშენებად სისტემებში, სადაც აღნიშნული სისტემა, ძალიან კარგად მუშაობს.

### **ქსელის მხარდაჭერის და ხელმისაწვდომობის საშუალებები**

ავტომატიზირებული სისტემების ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია, მათი მაღალი ინტეგრაციის დონე. ნებისმიერი მათგანი შეიძლება ინტეგრირებულ იქნეს ობიექტების მართვაში, შემსრულებელ მოწყობილობებში, ინფორმაციის რეგისტრაციის და დამუშავების აპარატურაში, ოპერატორების სამუშაო ადგილებში, მონაცემთა ბაზების სერვერებში და ა.შ. ცხადია, რომ ამ ჰეტეროგენულ გარემოში, ეფექტური მუშაობისათვის, სისტემამ უნდა უზრუნველყოს ქსელური სერვისის მაღალი ხარისხი. სასურველია, რომ მან მხარი დაუჭიროს სტანდარტული ქსელური გარემოს მუშაობას (**ARCNET, ETHERNET** და სხვ.) სტანდარტული პროტოკოლების გამოყენებას (**NETBIOS (Network Basic Input/Output System), TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)** და სხვ.), ასევე უზრუნველყოს ყველაზე პოპულარული, ქსელური სტანდარტების სამრეწველო ინტერფეისების მხარდაჭერა (**PROFIBUS, CANBUS, LON, MODBUS** და სხვ.). ეს მოთხოვნები აკმაყოფილებს სისტემის თითქმის ყველა დონეს, იმ განსხვავებით, რომ ქსელური ინტერფეისები სხვადასხვაგვარია.

### **მონაცემთა ბაზების მხარდაჭერა**

სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემების ძირითადი ამოცანებია: მონაცემების დამუშავება/შენახვა/შეკუმშვა/გადაცემა, ოპერატიული ანალიზი და სხვ.. ამდენად, სისტემაში უნდა ფუნქციონირებდეს მონაცემთა ბაზები. პრაქტიკულად ყველა სისტემა, მათ შორის **Genesis, InTouch, Citect** და **ANSI SQL**-ი, შეიცავს სინტაქსს, რომელიც მონაცემთა ბაზების ტიპებისაგან დამოუკიდებელია. ამდენად, გამოყენებები, პრაქტიკულად იზოლირებულია, რაც იძლევა საშუალებას, შეიცვალოს გამოყენების მონაცემთა ბაზა, შეიქმნას დამოუკიდებელი პროგრამები, ინფორმაციის ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნეს უკვე შემუშავებული

პროგრამული უზრუნველყოფები, რომლებიც ორიენტირებულია მონაცემების დამუშავებაზე.

### **გრაფიკული ინტერფეისი**

ვიზუალიზაციის საშუალებები სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი თვისებაა. თითოეულ მათგანში არის, გრაფიკული ობიექტ-ორიენტირებული რედაქტორი, განსაზღვრული ანიმაციური ფუნქციებით. გამოიყენება ვექტორული გრაფიკა, რომელიც ანხორციელებს ოპერაციების ფართო სპექტრს ობიექტზე. ობიექტები შეიძლება იყოს მარტივები (ხაზები, ოთხკუთხედები, ტექსტური ობიექტები და სხვ.) და რთულები. სისტემებში რთული ობიექტების აგრეგაცია სხვადასხვაგვარია. ყველა სისტემა შეიცავს, სტანდარტული გრაფიკული სიმბოლოების და რთული გრაფიკული ობიექტების ბიბლიოთეკებს, რომელთაც აქვთ მთელი რიგი სხვა ფუნქციური შესაძლებლობები. მაგრამ მიუხედავად ამისა, თითოეული სისტემა უნიკალურია და სტანდარტული ფუნქციების მხარდაჭერის მიუხედავად, მას აქვს მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი, განსაკუთრებული თვისებები. სისტემების – **InTouch**-სა და **Citect**-ის გრაფიკული შესაძლებლობების ანალიზისას, ყურადღება უნდა მიექცეს არამხოლოდ ინსტრუმენტების შესაძლებლობებს, არამედ სხვა მომსახურებებსაც, რომლებიც ამარტივებს და აჩქარებს გამოყენებების პროცესის შემუშავებას.

### **InTouch-ის გრაფიკული საშუალებები**

**InTouch**-ის კომპონენტებია:

- **Window Maker** – გამოყენების შემუშავების ინსტრუმენტი;
- **Application Explorer** – იერარქიული ფორმის გამოყენება, მისი

ნებისმიერი კომპონენტის ხელმისაწვდომობით და **WindowMaker**-ის ხშირად გამოყენებადი ბრძანებებით და ფუნქციებით.

პროექტი, რომელიც შექმნილია **InTouch**-ში, შეიცავს ფანჯრების ნაკრებს, სხვადასხვა გრაფიკულ და ტექსტურ ობიექტებთან ერთად.

### **ფანჯრები InTouch-ში**

თითოეული ფანჯრის თვისებები (ხელმისაწვდომობის უფლება, ფონის

ფერი ზომები და სხვ.) განისაზღვრება მისი შექმნისას. ახალი ფანჯრის შექმნა ხდება **WindowMaker**-ში, **General** ან **File/New Window**-ის ბრძანების გამოძახებით. თითოეულ ფანჯარას უნდა ერქვას სახელი, გამოყენებაში მისი იდენტიფიცირებისათვის. შესაქმნელი ფანჯრის ფონის ფერი ირჩევა ფერების პალიტრიდან, რომელიც **Window Color**-ის ბრძანებით ხორციელდება. **Comment**-ის გრაფაში იწერება ამ ფანჯარასთან დაკავშირებული კომენტარი. ეს ინფორმაცია საჭიროა მხოლოდ დოკუმენტირებისათვის და არ გამოიყენება პროგრამაში. **InTouch**-ში არის ფანჯრების სამი ტიპი:

1) **Replace** – ეკრანზე გამოჩენისთანავე ხურავს ყველა არსებულ ფანჯარას.

2) **Overlay** – ჩნდება კონკრეტულ მომენტში ასახული ყველა ფანჯრის თავზე. როდესაც **Overlay**-ის ფანჯარა იხურება, ჩნდება ის ფანჯრები, რომლებსაც **Overlay**-ის ფანჯარა ფარავდა.

3) **Popup** – **Overlay**-ის ფანჯრის მსგავსი, იმ განსხვავებით, რომ იგი ყოველთვის ყველა გახსნილ ფანჯარაზე მაღლა რჩება. ფანჯარა იხურება შესაბამისი ბრძანების გამოძახების შემდეგ.

ფანჯრის ტიპის არჩევა ხდება **Window Type**-ის გრაფაში არსებული ღილაკების მეშვეობით. **Frame Style**-ის გრაფაში, ირჩევა ერთ-ერთი, ქვემოთ ჩამოთვლილი შესაძლო ვარიანტებიდან:

- **Single** – ფანჯარა რაფით, დასაშვებია სათაური;
- **Double** – ფანჯარა რაფით, სათაურის გარეშე;
- **None** – ფანჯარა, რაფისა და სათაურის გარეშე.

ფანჯარას რომ ჰქონდეს სათაური ზოლებით, სადაც ჩანს ფანჯრის სახელი, საჭიროა **Title Bar**-ის ბრძანების გამოძახება. ამ ხაზით ასევე შესაძლებელია ფანჯრის გადაადგილება „თაგუნას“ მეშვეობით. **Title Bar**-ის ბრძანების გამოძახებით, ავტომატურად ითიშება **Double**-ი და **None**-ი, ჩარჩოში ჩასმის ვარიანტები. ფანჯრის ზომების შესაცვლელად, როდესაც იგი გაიხსნება **WindowMaker**-ში, უნდა აირჩეს **Size Controls**-ის ბრძანება. **Dimensions**-ის გრაფაში განსაზღვრულია ფანჯრის მიმდინარე ზომები და ფანჯრის პო-

ზიცია სამუშაო მაგიდაზე:

- **X Location** – მანძილი პიქსელებში, **WindowMaker**-ის სამუშაო მაგიდისა და ფანჯრის მარცხენა კიდეებს შორის;
- **Y Location** – მანძილი პიქსელებში, **WindowMaker**-ის სამუშაო მაგიდისა და ფანჯრის ზედა კიდეებს შორის;
- **Window Width** – ფანჯრის სიგანე პიქსელებში;
- **Window Height** – ფანჯრის სიმაღლე პიქსელებში.

ახალი ფანჯრის შექმნის შემთხვევაში, პარამეტრები მიიღებენ წინა ფანჯრის მნიშვნელობებს.

ბრძანება **Scripts**-ი – იძლევა საშუალებას, **Window Script**-ის მეშვეობით შემუშავდეს ფანჯრის შექმნის სცენარი. ეკრანის დასაწყისში, განლაგებულია მენიუს ბრძანებები: რედაქტირება და ობიექტების გასწორება ფანჯარაში, ასევე, ინსტრუმენტების, ტექსტის, ხაზების სისქე და სტილი და ა.შ.

### **ობიექტები და მათი თვისებები**

#### **მარტივი ობიექტები**

**WindowMaker**-ი მხარს უჭერს, მარტივი ობიექტების 4 ძირითად ტიპს: ხაზებს, შევსებულ კონტურებს, ტექსტებს და ღილაკებს.

#### **რთული ობიექტები**

➤ **სიმბოლო** – წარმოადგენს მარტივი ობიექტების კომბინაციას, რომელიც განიხილება, როგორც ერთი ობიექტი. სიმბოლოს ნებისმიერი სტატიკური ან დინამიური ცვლილება, გავლენას ახდენს სიმბოლოს ყველა კომპონენტზე.

➤ **კომპონენტი** – წარმოადგენს ორი ან მეტი ობიექტის ერთობლიობას, სიმბოლოებს ან სხვა კომპონენტებს, რომელიც ქმნიან ერთ მთლიანობას, **Arrange/Make Cell**-ის ბრძანების მეშვეობით. კომპონენტები ანხორციელებენ სივრცით კავშირს, მათ შესაბამის გრაფიკულ ელემენტებთან. კომპონენტის თითოეულ შესაბამისობას, შეიძლება ჰქონდეს საკუთარი დინამიური თვისებები.

➤ **მთავარი ობიექტი** – წარმოადგენს წინასწარ შექმნილ ობიექტს,



განსაზღვრული სტატიკური და დინამიური თვისებებით, რომლიც არის შესაბამის მთავარი-ობიექტების ბიბლიოთეკაში (**Wizards**), და ხელმისაწვდომია მრავალჯერადი გამოყენებისათვის. მთავარი-ობიექტის დინამიური თვისებები, სწრაფად ფორმირდება სპეციალიზირებული ფანჯრის მეშვეობით. ყველა მთავარი-ობიექტი, დაყოფილია დიდი რაოდენობის ჯგუფებში და მოთავსებულია შესაბამის ბიბლიოთეკაში.

#### 1.4.2. კონტროლერების ურთიერთდაკავშირების ორგანიზება

თანამედროვე სისტემები არ ზღუდავენ ქვედა დონის აპარატურის (კონტროლერების) არჩევას, რადგან აქვთ დრაივერების ან შემყვან/გამომყვანი სერვერების დიდი ნაკრები, და აქვთ კარგად განვითარებული საშუალებები, საკუთარი პროგრამული მოდულების ან დრაივერების შესაქმნელად, ქვედა დონის მოწყობილობებისათვის.

ამჟამად, შემყვან/გამომყვანი დრაივერების სისტემასთან დასაკავშირებლად შემდეგი მექანიზმები გამოიყენება:

- **DDE (Dynamic Data Exchange Standard);**
- სისტემების დეველოპერების პროტოკოლები, რეალური უზრუნველყოფა, ყველაზე სწრაფი მონაცემთა გაცვლა;
- **OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control)),**

რომელიც ერთის მხრივ სტანდარტულია და სისტემების უმრავლესობა მხარს უჭერს, და მეორეს მხრივ არ აქვს DDE-ს მსგავსი ხარვეზები.

თავდაპირველად, DDE-ის პროტოკოლი გამოიყენებოდა, პირველ HMI-ში, როგორც მონაცემების დაყოფის მექანიზმი, გამოყენების სისტემებსა და PLC-ების ტიპის მოწყობილობებში.

OPC-ის სტანდარტის ძირითადი მიზანია – მონაცემების დაყოფის მექანიზმის განსაზღვრა, ნებისმიერი მოწყობილობის პროგრამისათვის. OPC-ის მეშვეობით, მოწყობილობების მწარმოებლები იყენებენ პროგრამულ კომპონენტებს, რომლებიც სტანდარტული გზით, მომხმარებლებს უზრუნველყოფენ PLC-ის მონაცემებით. OPC-ს სტანდარტის ფართო გავრცელებას შემდეგი უპირატესობები აქვს:

➤ OPC-ის საშუალებით განისაზღვრება, ობიექტების სხვადასხვა მართვისა და კონტროლის სისტემები, რომლებიც მუშაობენ განაწილებულ, ჰეტეროგენულ გარემოში.

➤ OPC-ის საშუალებით აღმოიფხვრება სხვადასხვა არასტანდარტული მოწყობილობების, და შესაბამისი კომუნიკაციური და პროგრამული დრაივერების გამოყენების აუცილებლობა.

➤ მომხმარებელს ექნება პროგრამის შემუშავების უფრო დიდი არჩევანი.

OPC-ის გადაწყვეტები და მართვის სისტემის ჰეტეროგენულ გარემოში ინტეგრაცია, საკმაოდ მარტივია. სისტემებში OPC-ის სერვერები, არის ობიექტის მართვის სისტემის ყველა კომპიუტერში, რომლებიც სტანდარტული გზით, აჩვენებენ მონაცემებს ვიზუალიზაციის პროგრამაში.

#### შეტან/გამოტანის მოწყობილობების კავშირების აპარატურული რეალიზაცია

კონტროლერების ერთმანეთთან დასაკავშირებლად, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას, შემდეგი აპარატურული საშუალებები:

➤ **Communication Ports** – კონტროლერი ან კონბინირებული ქსელის კონტროლერები, ერთმანეთს უკავშირდებიან **RS-232, RS-422, RS-485** პროტოკოლების საშუალებით.

➤ **ქსელური პლატები** – მათი გამოყენება შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ შესაბამისი კონტროლერები აღჭურვილნი არიან, **Ethernet**-ზე გამომყვანი ინტერფეისით.

➤ **ჩაშენებული პლატები** – კომუნიკაციის პროტოკოლი განისაზღვრება პლატის მიერ. ამჟამად, გამოიყენება **PCI (Protocol Control Information)** და **CompactPCI (Compact Protocol Control Information)** რეალიზაციის სტანდარტები.

#### შემყვან/გამომყვანი სერვერები InTouch-ში

**InTouch**-ის ფუნქციონირებისას, რეალური დროის გამოყენების ინფორმაცია ყველა ცვლადზე ინახება მონაცემთა ბაზაში. ასეთი ინფორმაციებია: ცვლადის სახელი და ტიპი, მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობა,

წინასწარი "დაყენება", ასახვის უნარი (დისპლეი, ჟურნალი) და ა.შ. ასევე ინფორმაცია კომუნიკაციურ არხებზე, რომელთა მეშვეობითაც ხდება მონაცემთა გაცვლა, ტექნოლოგიურ პროცესებსა და გამოყენებებს შორის. **InTouch**-ი მხარს უჭერს **DDE**-სა და **OPC**-ის სერვერებს.

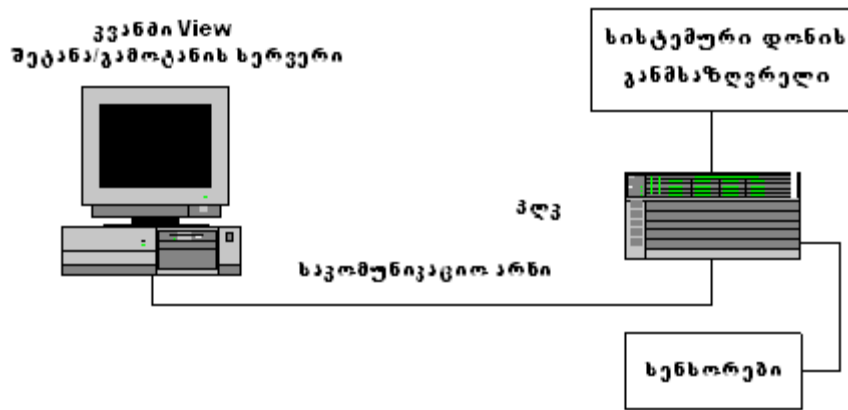
### **მხარდამჭერი კომუნიკაციური ოქმები**

**DDE** – **Microsoft**-ის მიერ შემნილი კომუნიკაციური პროტოკოლი, რომლის საშუალებითაც ხდება მონაცემების გაცვლა სხვადასხვა **Windows**-ის გამოყენებებს შორის. კომპანია **Wonderware**-ი, მომხმარებელს სთავაზობს ინსტრუმენტალურ საშუალებებს, **DDE**-სერვერების შემუშავებისათვის, მათ შორის **Windows**-ის პლატფორმებისათვის. კომპანია **Wonderware**-ის მიერ, შემუშავებულ იქნა **SuiteLink** პროტოკოლი, რათა დაკმაყოფილებულიყო ისეთი მოთხოვნები, როგორცაა: მონაცემების მთლიანობა, მაღალმწარმოებლურობა და დიაგნოსტიკის სიმარტივე. მისი საფუძველია **TCP/IP**-ის პროტოკოლი. **SuiteLink**-ი იგი შექმნილია სწრაფმოქმედი, სამრეწველო სისტემების მხარდასაჭერად.

### **ადრესაციის თვისებები InTouch-ში**

**InTouch**-ში ზემოაღნიშნული მექანიზმები განკუთვნილია, მონაცემების გაცვლისათვის, **InTouch**-ის გამოყენებებს, **DDE**-სა და **SuiteLink**-ის სერვერებს შორის, რომლებიც თავის მხრივ დაკავშირებულია, ქვედა დონის მოწყობილობების (კონტროლერების) საკომუნიკაციო არხებთან. **InTouch**-ი განკუთვნილია, მონაცემთა შეკრების და სამეთვალყურეო მართვის ინტერფეისის, შემუშავებისა და მხარდაჭერისათვის. **WindowViewer**-ის შესრულების გარეშე, გვევლინება კონტროლერებთან დამაკავშირებელ დონედ, როგორც წესი გამოყენების კლიენტის როლშია – **კვანძი-View**, რომელიც ითხოვს მონაცემებს, გამოყენების **I/O**-ის სერვერიდან.

**I/O**-ის სერვერის მეშვეობით, **InTouch**-ს აქვს შესაძლებლობა, მონაცემები წაიკითხოს კონტროლერიდან ან მასში ჩაწეროს მონაცემები. **InTouch**-ში ინფორმაციის გაცვლის პროცესიც – გამოყენებასა და კონტროლერს შორის, ხდება შემდეგი სხემის მიხედვით. (იხ. სურ.1.3).



სურ. 1.3. მონაცემების გაცვლა InTouch-ის გამოყენებასა და ტექნოლოგიურ პროცეს შორის

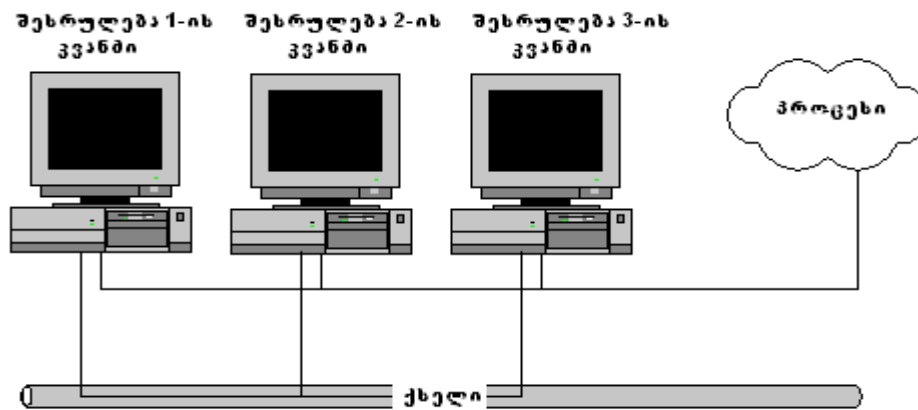
აქვე, ისმის ერთ-ერთი ყველაზე მთავარი შეკითხვა, I/O-ის სერვერების ინფორმაციის გაცვლის თაობაზე: რა გზით უნდა მიეწოდოს კლიენტს მოთხოვნილი ინფორმაცია? ინფორმაციის გაცვლის ორგანიზებისათვის, გამოყენებებში განისაზღვრება საკომუნიკაციო არხები ან ხელმი-საწვდომობის არხები, რომლებიც ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით:

- კვანძის სახელი (Node Name);
- გამოყენების სახელი (Application Name);
- მონაცემთა ჯგუფის სახელი ან თემა (Topic Name);
- ელემენტის სახელი (Item Name).

#### წვდომის სახელის განსაზღვრა InTouch-ის ცვლადების ლექსიკონში

InTouch-ის გამოყენებებში, მთლიანი ინფორმაცია გამოყენებების ცვლადებზე, ინახება Tagname Dictionary-ში. ეს არის რეალური დროის მონაცემთა ბაზა – InTouch-ის ერთ-ერთი ცენტრალური კომპონენტი. მონაცემთა ბაზაში, თითოეული ცვლადის განსაზღვრისას, InTouch-ი ითხოვს გარკვეულ ინფორმაციას, მაგ.: ცვლადის სახელს, მის ტიპს, წვდომის სახელს და ა.შ.

InTouch-ის განაწილებულ სისტემებში, წვდომის სახელი შეიძლება განისაზღვროს როგორც ლოკალური ისე გლობალური მისამართით. ლოკალური მისამართები გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც View-კვანძებს აქვთ საკუთარი I/O-ის სერვერები (იხ. სურ.1.4).



სურ. 1.4. View კვანძების ქსელი საკუთარი I/O სერვერებით

აქედან გამომდინარე, წვდომის საკომუნიკაციო არხის განსაზღვრისას, I/O-ის სერვერებისათვის საკმარისია სამდონიანი მისამართის ინფორმაცია: **Application**-ი, **Topic**-ი და **Item**-ი. **Access Name**-ის დილაკზე დაჭერით, ეკრანზე ჩნდება ერთსახელიანი ფანჯარა. ეს ფანჯარა განკუთვნილია ახალი საკომუნიკაციო არხის (**Add**-ის) არსებული მოდიფიკაციისა და წაშლისათვის. **Add**-ის დილაკზე დაჭერით ხორციელდება, ახალი საკომუნიკაციო არხის ფანჯრის გახსნა. საკომუნიკაციო არხის დასახელებად, რეკომენდირებულია **Topic Name**-ის არჩევა. აღსანიშნავია, რომ **Node Name**-ის ველი ცარიელია.

2 **View-კვანძი**, უზრუნველყოფს, ერთი და იგივე გამოყენების იდენტური ასლების შექმნას და მათ მიერთებას ერთსა და იმავე I/O-ის სერვერის წყაროზე. ამიტომ I/O-ის სერვერების, საკომუნიკაციო არხის განსაზღვრისას, აუცილებელია ოთხდონიანი მისამართის გამოყენება (**Node**, **Application**, **Topic** და **Item**).

**Access Name**-ის შერჩევისას, მოქმედებს ისეთივე წესები, როგორებიც ლოკალური ადრესაციისას. რეკომენდირებულია, რომ ეს სახელი ემთხვეოდეს, **Topic Name**-ს. **Node Name**-ის შევსება აუცილებელია. გლობალურ ადრესაციაში, ამ სახელის როლში ირჩევენ კვანძის სახელს, რომელზეც დაყენებულია სხვადასხვა გამოყენებებისათვის განკუთვნილი, მონაცემთა წყაროების I/O-ის სერვერები. თითოეული I/O-ის ცვლადისათვის, განკუთვნილი **Access Name**-ის წვდომის ერთ არხთან, როგორც წესი დაკავშირებულია ბევრი ცვლადი. ცვლადების განაწილება **Topics**-ში – ინდივიდუალურია. მაგრამ სერვერების ფუნქციონირების ოპტიმიზაციისათვის რეკო-

მენდირებულია, ცვლადების ერთი **Topic**-ის მიკუთვნება, განახლების იგივე სიხშირისათვის. წინააღმდეგ შემთხვევაში, **Topic**-ის კონფიგურაციის სიხშირე სერვერში, უნდა შეესაბამებოდეს, დროის მინიმალურ განაკვეთს. სერვერის კონფიგურაციის ეტაპზე, სასურველია **Topic**-ის განსაზღვრა, სიხშირის თითოეული დიაპაზონისათვის და ამ **Topics**-ების შესაბამისად შეიქმნას **Access Name**-ები **InTouch**-ში (უმჯობესი იქნება თუ ჯგუფების სახელები დაემთხვევა წვდომის სახელებს). ხოლო შემდეგ, უნდა მოხდეს თითოეული **I/O**-ის ტიპის ცვლადების აღსაწერი გამოყენებების დაკავშირება, **Access Name**-თან, მონაცემთა რაციონალური პაკეტირების უზრუნველყოფისათვის.

### 1.4.3. ტრენდების მონიტორინგი და სისტემის ორი საბაზისო

#### მოდელი

ტექნოლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობების გრაფიკური სახით წარმოდგენა, ხელს უწყობს საწარმოს ტექნოლოგიური პროცესის უკეთესად აღქმას. ტრენდების ქვესისტემის შექმნა და პარამეტრებზე ინფორმაციის შენახვა, მისი სამომავლო ანალიზირებისა და მართვის შესრულების მიზნით, ნებისმიერი სისტემის განუყოფელი ნაწილია.

რეალური დროის ტრენდები ასახავენ მიმდინარე დროში, პარამეტრის დინამიურ ცვლილებებს. როდესაც ტრენდის ფანჯარაში, პარამეტრის ახალი მნიშვნელობა ჩნდება, ხდება გრაფიკის ამოძრავება, მარჯვნიდან მარცხნივ. ამდენად, პარამეტრის მიმდინარე მნიშვნელობა, ჩნდება ყოველთვის ფანჯრის მარჯვენა მხარეს. ტრენდები ხდება საარქივო, მას შემდეგ, რაც მონაცემები ჩაიწერება დისკზე, და შესაძლებელი გახდება, წინა მნიშვნელობების ამოძრავების რეჟიმის გამოყენება, წინა მნიშვნელობების ნახვის მიზნით. ასეთ რეჟიმში, ტრენდის მონაცემები, ასახული და დაფიქსირებული იქნება, გარკვეული პერიოდის განმავლობაში.

#### ტრენდები InTouch-ში

**InTouch**-ი მოხმარებელს სთავაზობს რთული ობიექტების, ტრენდების ორივე ტიპს: რეალური დროის ტრენდი და საარქივო ტრენდი. ეს ობიექტები იძლევა საშუალებას, გრაფიკების სახით, აისახოს რეალური

დროის მონაცემების მნიშვნელობები. ორივე ტიპის ტრენდები, იქმნება **WindowMaker**-ის, სპეციალური ინსტრუმენტალური ხატვის პანელის თანმიმდევრული კონფიგურაციით. რეალური დროის ტრენდების საშუალებით, იქმნება 4 ცვლადის ცვლილების გრაფიკი, მაშინ, როდესაც საარქივო ტრენდების მეშვეობით, ერთ ობიექტზე იქმნება 8 ცვლადის ცვლილების გრაფიკი. გამოყენებაში, ობიექტების ტიპების „ტრენდების“ რაოდენობა შეუზღუდავია, მათ შორის ერთ ფანჯარაშიც.

ტრენდების ორივე ტიპი იქმნება **WindowMake**-ის სპეციალური, გრაფიკული ობიექტების, ინსტრუმენტალური პანელის გამოყენებით. **InTouch**-ი, ასევე უზრუნველყოფს სრულ კონტროლს ტრენდების კონფიგურაციაზე. მაგალითისთვის, შესაძლებელია განისაზღვროს დროისა და მნიშვნელობების დიაპაზონი, ქსელის გაფართოება, დროული აღნიშვნების განთავსება, ცვლადების რიცხვი, ფერის ატრიბუტები და ა.შ.

#### **ცვლადების მნიშვნელობების არქივირება (რეგისტრაცია)**

**WindowViewer**-ის რეჟიმში სისტემის მუშაობისას, **InTouch**-ის რეგისტრაციის ფაილში, შესაძლებელია განხორციელდეს ცვლადების მნიშვნელობების ჩაწერა. ცვლადების არქივირებისათვის აუცილებელია **Log Data**-ის ბრძანების გამოძახება, ცვლადის განსაზღვრისათვის **Tagname Dictionary**-ის ფანჯარაში. რეგისტრაციის ფანჯარაში ჩანაწერის განხორციელება ხდება ყოველთვის, როცა ხდება ცვლადის მნიშვნელობის სიდიდის შეცვლა – **Log Deadband**-ი და საათში ერთხელ, ცვლადის მნიშვნელობის უცვლელად დატოვება. **LogDeadband**-ის შემდეგ, გრაფაში არის მთლიანი ან უძრავი ცვლადის დეტალური აღწერა. ცვლადების ის მნიშვნელობები, რომლებისთვისაც **Log Data**-ის ბრძანება შესრულებულია, და დაფიქსირებულნი არიან რეგისტრაციის ფაილებში, აუცილებელია რეგისტრაციის ფუნქციის ნებართვა. მისი მოთხოვნა ხდება **Historical Logging Properties**-ის ფანჯარაში, **Special/ Configure/ HistoricalLogging**-ის ბრძანების გამოძახებით. ამ ფანჯარაში შესასვლელად, ასევე შესაძლებელია, **Application Explorer**-ის გამოყენება.

## ტრენდების ასახვა

რეალური დროის ტრენდები არის დინამიური ობიექტები. მათი მეშვეობით ხდება ცვლადების მნიშვნელობების ცვლილებების ასახვა. რეალური დროის ტრენდის შესაქმნელად, აუცილებელია:

- **WindowMaker**-ის ინსტრუმენტების პანელში შეირჩეს რეალური დროის ტრენდის ინსტრუმენტი;
- „თაგუნას“ დახმარებით მოხდეს სასურველი ზომის მართკუთხედის ფორმირება, ტრენდის ვიზუალიზაცია.

ტრენდის კონფიგურირებისათვის, საჭიროა „თაგუნას“ ორჯერ დაწკაპუნება შექნილ ობიექტზე, ან წინასწარ შეირჩეს ობიექტი **Special/Animation Links**-ის ბრძანების მეშვეობით. ეკრანზე გამოჩნდება **Real Time Trend Configuration**-ის ფანჯარა. ამ ფანჯრის პარამეტრებში აღსანიშნავია **Time Span**-ი, რომელსაც შეიცავს ტრენდი (**Interval; Value Division; Color**). სისტემის მუშაობის გაუმჯობესებისას, ტრენდის მონაცემების განახლება მოხდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც ფანჯარა გამოისახება დისპლეიზე. არსებობს კიდევ სხვა გზები, რათა გაიზარდოს სისტემის მუშაობის ეფექტურობა, რეალურ დროის ტრენდების მუშაობით (გრაფიკის ხაზის სისქის, და ცვლადის მნიშვნელობის გამოტანის სიხშირის შემცირება). საარქივო ტრენდები დინამიური არ არის. ისინი მომხმარებელს, დროთა განმავლობაში დაგროვილ ინფორმაციას აწვდიან, მონაცემების მდგომარეობაზე (საარქივო მონაცემები). რეალური დროის ტრენდებისაგან განსხვავებით, საარქივო ტრენდები განახლდება მხოლოდ სკრიპტის ბრძანების გამოძახებისას ან გამოსახულების მნიშვნელობის ცვლილებისას. საარქივო ტრენდის კონფიგურაციისას, შესაძლებელია „სამიზნეების“ (მორბენლების, მცოცავების) შექმნა, რომელთა მეშვეობითაც მოსახერხებელია ყველა ასახული ცვლადების მნიშვნელობების მიღება, ერთი და იგივე დროის მონაკვეთში. საარქივო ტრენდის მორბენლები წარმოადგენენ პოზიციურ ინდიკატორებს, დროის ღერძზე, რომელთა პოზიცია განსაზღვრავს, გასაზომი მონაცემების მოცულობას. „მომრავი რეგულიატორის“ მორბენლის



ველთან შეერთებით, შესაძლებელია საარქივო ტრენდის გასწვრივ მოძრაობა. გარდა ამისა, არსებობს მორბენლების ფუნქციების გამოთვლის საშუალო, მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები. შესაძლებელია შეიქმნას მარჯვენა და მარცხენა მორბენლები და მოხდეს მრუდე მონაცემების დამუშავება, რომლებიც მორბენლებს შორის მდებარეობენ. გამოითვლება შემდეგი სიდიდეები: საშუალო, მინიმალური და მაქსიმალური თანაფარდობა, მინიმალურ, მაქსიმალურ და სტანდარტულ გადახრასთან. დერძზე არსებული მორბენლების პოზიციის მიხედვით, შესაძლებელია სხვა ფუნქციების რეალიზება (გრაფიკში, მორბენლებს შორის არსებული სივრცის გადიდება და შემცირება). სისტემით, რომლის საშუალებითაც არქივები განლაგებულია ერთსა და იმავე გრაფიკზე, ინფორმაციის გამოტანა შესაძლებელია რამდენიმე მონაცემთა ბაზიდან.

### საარქივო ტრენდების პარამეტრების ცვლილება შესრულების რეჟიმში

რეალური დროის რეჟიმის მართვისას, ოპერატორი ანალიზებს სააქრივო ინფორმაციას. ინფორმაციის მოცულობა, მისი დროის დიაპაზონები და სტატისტიკური მონაცემების მოცულობა, აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესის მართვის გადაწყვეტილებების მისაღებად, რომლებიც წინასწარ უცნობია. ამიტომ ოპერატორს უნდა ჰქონდეს, საარქივო ტრენდების პარამეტრების შეცვლის შესაძლებლობა, **Runtime**-ის რეჟიმიდან გამოუსვლელად. ამისათვის საჭიროა, საარქივო ტრენდის კონფიგურაციის ფანჯარაში, **Allow runtime changes**-ის ბრძანების გამოძახება. ხოლო შემდეგ **WindowViewer**-ის რეჟიმში, საარქივო ტრენდზე „თაგუნას“ დაწკაპუნებით, ეკრანზე გამოჩნდება **Historical Trend**-ის ფანჯარა. საარქივო ტრენდის ჩვენება შესაძლებელია შემდეგ 3 რეჟიმში:

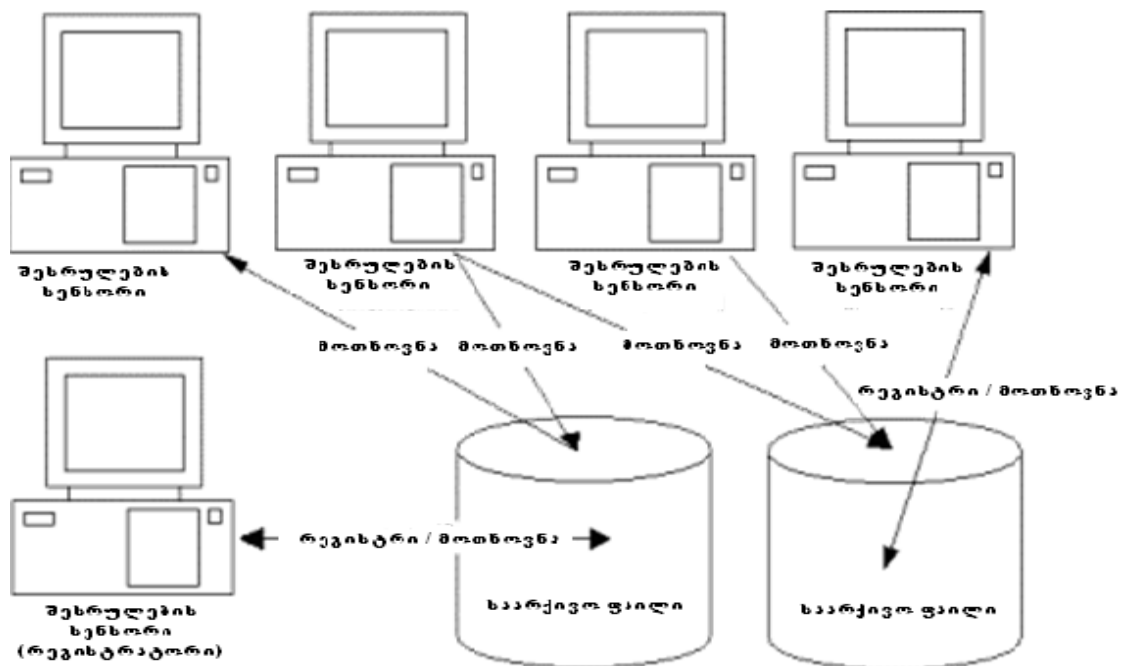
- **Min/Max** – შეცვლილი მნიშვნელობების გრაფიკი, მთელი დიაპაზონის პროცენტების, ვერტიკალური ხაზით ფორმით, რომლითაც ფასდება ცვლადის ცვლილების სისწრაფე;
- **Average/Scatter** – ცვლადების ფრაფიკის საშუალო მნიშვნელობები;
- **Average/Bar Chart** – ცვლადების გფრაფიკის საშუალო მნიშვნელობები,

ჰისტოგრამის სახით.

რეჟიმების არჩევა ხდება **Display Mode**-ის ველში.

### განაწილებული არქივების სისტემა

**InTouch**-ში განაწილებული არქივების სისტემა, უზრუნველყოფს საარქივო მონაცემების მოძებნას, **InTouch**-ის ნებისმიერ გამოყენებაში. ეს სისტემა აფართოვებს **InTouch**-ის სტანდარტული არქივების შესაძლებლობებს, იღებს რა ერთდროულად ინფორმაციას, რამდენიმე წაშლილი მონაცემთა ბაზიდან, რომლებსაც ამ შემთხვევაში, არქივების პროვაიდერები ეწოდებათ. ერთდროულად შესაძლებელია 8 პროვაიდერთან დაკავშირება. თითოეულ კვანძს, რომელიც ასრულებს რეგისტრაციის ფუნქციას, შეუძლია მხოლოდ ერთი არქივის შექმნა. (იხ.სურ.1.5).



სურ. 1.5. საარქივო სისტემის განაწილება

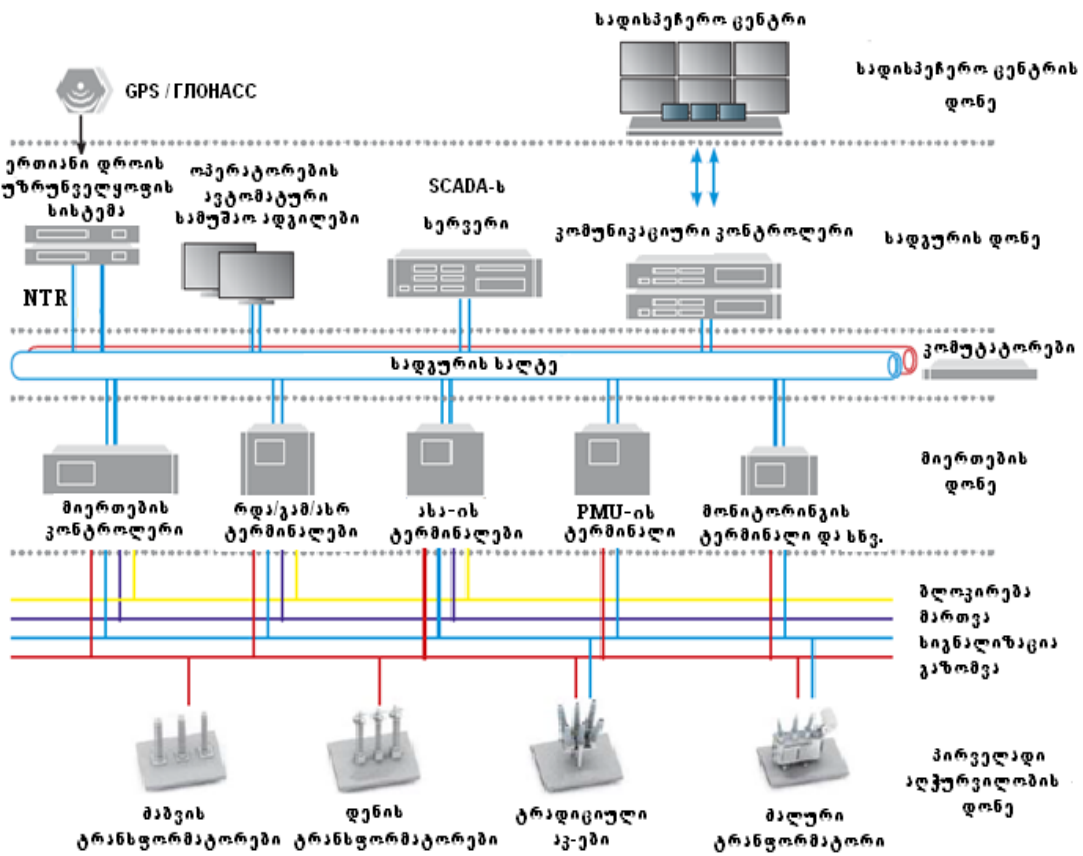
1.5. სურათზე წარმოდგენილ სისტემას, აქვს 2 არქივის პროვაიდერი. მარცხენა პროვაიდერი არეგისტრირებს მხოლოდ კვანძის ინფორმაციას, განთავსებულს ქვემო – მარცხენა მხარეს. მარჯვენა პროვაიდერი არეგისტრირებს კვანძის ინფორმაციას, განთავსებულს ქვემო – მარჯვენა მხარეს. საარქივო ფაილებიდან ინფორმაციის წაკითხვა, შეუძლია სისტემის თითოეულ კვანძს. სისტემის შექმნა მოითხოვს შემდეგ მოქმედებებს:

- პროვაიდერების არქივების სიის შექმნა;

- „საარქივო ტრენდის“ ობიექტის შექმნა და პარამეტრების განსაზღვრა;
- გამოყენების კონფიგურირება, ობიექტის საარქივო მონაცემებზე.
- გამოყენების კოპირება ყველა კვანზე [10,11,12,13].

**მონიტორინგისა და მართვის სისტემების ორი საბაზისო მოდელი**

დღევანდელ დღეს, ენერგობიექტების მონიტორინგისა და მართვის სისტემების შექმნის ორი ძირითადი მიდგომა არსებობს. პირველი მათგანი დაფუძნებულია სეკ 61850 (საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის 61850 სტანდარტი)-ის სტანდარტზე. (იხ.სურ.1.6).

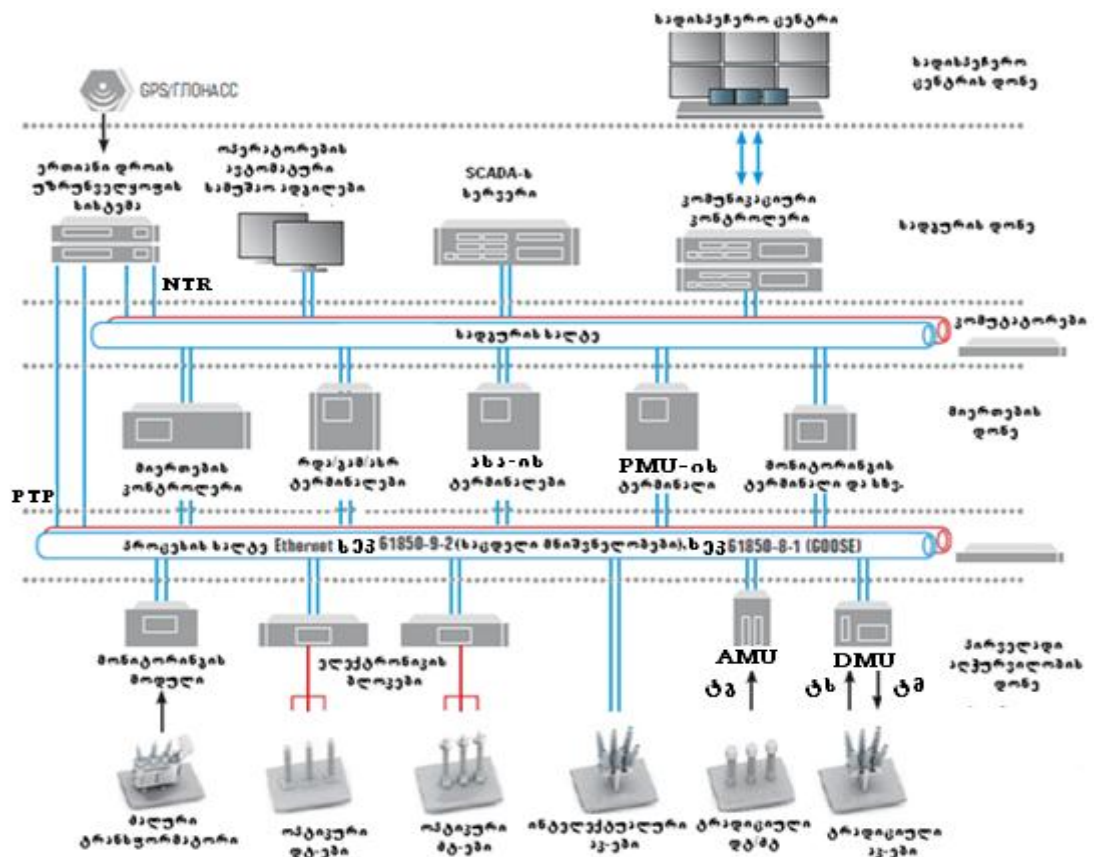


**სურ. 1.6. ენერგობიექტის ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა, პროცესის სალტის გარეშე**

ეს მიდგომა გამოიყენება როგორც წესი, საშულო და მძლავრი ენერგობიექტებისათვის. არქიტექტურა მოიცავს ავტომატიზირებული სისტემების შექმნის განაწილებულ სტრუქტურას. მათში მთავარ ელემენტებად გვევლინება IED-ები (Intelligent Electronic Device), ესენია: მიერთების კონტროლერები, რდატ (რელეური დაცვისა და ავტომატიკის ტერმინალები)-ები ტერმინალები და სხვ.. ყველა IED-ი, დაკავშირებულია ლოკა-

ლურ ქსელთან და ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ განსაზღვრული წესების მიხედვით. სპეციალური კომუნიკაციური კონტროლერები ქმნიან სისტემის საშუალო დონეს და ახდენენ ყველა IED-ის ინტეგრირებას მონიტორინგის სისტემაში. ასეთი ტიპის სისტემები ხასიათდებიან სიგნალების დიდი რაოდენობით (ათასობით ან ათიათასობით), ინტეგრირდებიან სხვადასხვა მოწყობილობების და ქვესისტემების ერთ მთლიან ინფორმაციულ სივრცეში. უზრუნველყოფენ ობიექტების მოსახერხებელ დაკვირვებას და მართვას, პროგრამული პაკეტების დახმარებით.

უკანასკნელ წლებში, სპეციალისტები მსჯელობენ „ციფრული ქვესადგურების“ შექმნაზე. ამ ტერმინში იგულისხმება ავტომატიზირებული სისტემების შექმნა, დაფუძნებული სეკ 61850 სტანდარტზე, ე.წ. პროცესის სალტის გამოყენებით. (იხ.სურ.1.7).



სურ. 1.7. სისტემის არქიტექტურა პროცესის სალტის გამოყენებით

ამ შემთხვევაში გამოიყენება სპეციალური მოწყობილობები – AMU (Auxiliary Memory Units)-ები, გასაზომი მიზნებისათვის, რომლებიც ზომავენ და ახდენენ გაზომილი მონაცემების ციფრულ ფორმატში გადაყ-

ვანას და ამ მონაცემებს გადასცემენ განსაზღვრულ პროცესის სალტეში. ეს ქსელი ასევე შეიცავს ინფორმაციას კომუტაციური აპარატების მდგომარეობის შესახებ. ინფორმაცია პროცესის სალტეში არის პირველადი და საერთო, ყველა IED-ისთვის. IED-ები არ უკავშირდებიან გაზომვებს და აძგ (ავარიული ძალური გადამრთველები)-ების კონტაქტებს. ასეთი მიდგომა ამარტივებს კაბელური კავშირების სისტემას და უზრუნველყოფს ერთიან გაზომვას, ქვესადგურის ყველა მოწყობილობისათვის.

მცირე ავტომატიზირებული სისტემები, როგორც წესი შენდება ცენტრალიზირებული სტრუქტურის საფუძველზე. ცენტრალიზირებული (კლასიკური) არქიტექტურა გულისხმობს ორი ძირითადი დონის ხელმისაწვდომობას: ცენტრალურ კონტროლერს და ომმ (ობიექტთან მაკავშირებელი მოწყობილობები)-ებს, ასევე ინდივიდუალურ საზომ მოწყობილობებს. ამ არქიტექტურაში, საზომი მონაცემების და სიგნალიზაციის მონაცემების შეგროვება, სრულდება მსგ (მრავალფუნქციური საზომი გადამცემები)-ების დახმარებით.

ამ არქიტექტურაში, გასაზომი მონაცემების და სიგნალიზაციის მონაცემების შეგროვება, სრულდება მსგ-ებით. მართვის ბრძანებების და უნიფიცირებული ანალოგური სიგნალების გაცემა ხორციელდება დისკრეტული შემყნ/გამომყნი მოდულების და ანალოგური შეტანის დახმარებით. ცენტრალური კონტროლერით მართული არქიტექტურა მარტივია განსახორციელებლად, მაგრამ გააჩნია მთელი რიგი, ფუნქციონალური და ტექნიკური შეზღუდვები. ესენია:

- მოდულების კავშირების და მსგ-ების დაბალსიჩქარიანი თანმიმდევრული არხები;
- მძლავრი ენერგობიექტისათვის ცენტრალური კონტროლერის მწარმოებლურობა;
- სისტემაში ცენტრალური პროცესორის მწყობრიდან გამოსვლა, მთლიანობაში იწვევს ავტომატიზირებული სისტემის მტყუნებას, ამიტომ საჭიროა მისი რეზერვირება [14,15].

## თავი 2. უკაბელო სენსორული ქსელების (უსქ) გამოყენება ენერგობიექტების მონიტორინგისას

### 2.1. მონიტორინგი უსქ-ის გამოყენებით

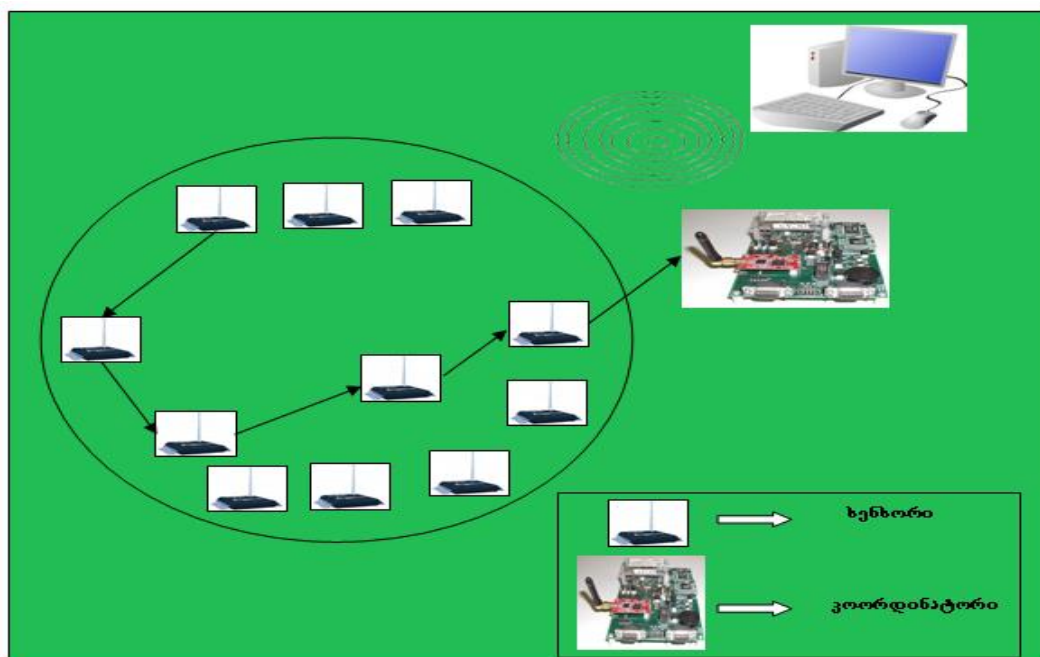
დღევანდელ დღეს, უდიდესი მნიშვნელობა შეიძინა უსქ-მა. უკაბელო ქსელით მართვა და მონიტორინგი – რევოლუციური ნაბიჯია, თანამედროვე ტექნოლოგიების განვითარების კუთხით. უსქ-ის აქტიური განვითარება დაიწყო მე-20-ე საუკუნის 90-იან წლებში. ხოლო 21-ე საუკუნის დასაწყისში, მიკროელექტრონიკის განვითარებამ განაპირობა უსქ-ის ელემენტული ბაზის შექმნა. უკანასკნელი მიღწევებით, **MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)**-ების სფეროში, უკაბელო კომუნიკაციებისა და ციფრული ელექტრონიკის საშუალებით, შესაძლებელი გახდა **LPWSN (Low-Power Wireless Sensor Network)**-ის შექმნა.

ჩვენი მიზანია უკაბელო სენსორული ქსელის სისტემური და პროგრამული დაგეგმარება, რომელიც გამოყენებას ჰპოვებს ენერგობიექტების ექსპრეს-დიაგნოსტიკისათვის. ამ მიზნის მისაღწევად, შეიქმნება მცირე ზომის გამზომი მოწყობილობები, რომლებიც უკაბელო სენსორული ქსელის დახმარებით, დაუკავშირდებიან ერთმანეთს და ამ გზით გადაცემენ ერთმანეთს გაზომილი შედეგების მნიშვნელობებს.

ზემოაღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ენერგეტიკაში, სწორი და წარმატებული მუშაობისათვის საკვანძო პარამეტრების ექსპრეს-ანალიზი და მათი კონტროლი. **გასაზომი წერტილების სიმრავლე**, წარმოშობს აუცილებლობას შეიქმნას სპეციალური მოწყობილობა უკაბელო სენსორული კავშირის განვითარებისთვის, რომელიც უზრუნველყოფს სასურველ ადგილას საჭირო ინფორმაციის მიწოდებას, ადამიანის თითოეულ გასაზომ წერტილში, მუდმივი სტუმრობისა და ადგილზე გაზომვების ჩატარების გარეშე, რაც უფრო ეფექტურს გახდის ამა თუ იმ საწარმოს საქმიანობას. უკაბელო სენსორული ქსელი შედგება დიდი რაოდენობის კვანძებისაგან, რომლებიც კომპაქტურად არიან განლაგებულნი დასაკვირვებელი ობიექტის წინასწარ მოცემულ წერტილებში. კვან-

მების მუშაობისათვის საჭირო ოქმებს და ალგორითმებს, შეუძლიათ განახორციელონ თვითორგანიზების პროცესი. უსქ-ის კიდევ ერთი უნიკალური თვისებაა: ცალკეული, ინდივიდუალური კვანძების ერთობლივი მუშაობა. უსქ-ის მეშვეობით, ხდება მონაცემების შეგროვება და ინფორმაციის გადაცემა მონაცემთა სერვერში, წინასწარ განსაზღვრული დროის ინტერვალში. უსქ-ს პირველადი მონაცემების გადაცემამდე, შეუძლიათ ამ მონაცემების დამუშავება, მარტივი გამოთვლების შესრულების გზით, ხოლო ამის შემდეგ, მხოლოდ აუცილებელი და ნაწილობრივ დამუშავებული მონაცემების გადაცემა.

უკაბელო სენსორული ქსელი, დიდ მასშტაბზე გავრცელებული თვითორგანიზებადი ქსელია, უამრავი სენსორებით და შემსრულებელი მოწყობილობებით, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია რადიო გამაძვრით. ფართობი, რომელიც ასეთი ქსელითაა დაფარული, რამდენიმე მეტრიდან, რამდენიმე კილომეტრამდე მერყეობს, ასეთი დიდი მასშტაბის დიპაზონი იმ სარალეო შეტყობინებების დამსახურებაა, რომელთა საშუალებითაც შეტყობინებები გადაიცემა, ერთი ელემენტიდან მეორეში. უკაბელო სენსორული ქსელის ტიპური არქიტექტურა ნაჩვენებია სურ.2.1-ზე.



სურ. 2.1. უკაბელო სენსორული ქსელის ტიპური არქიტექტურა

არსებობს განცალკავებული სენსორების ორი ძირითადი მახასიათებელი. ესენია:

1) სენსორები განლაგებულია დასაკვირვებელი ობიექტისაგან მოშორებით. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა ბევრი სენსორი, რომლებიც გამოიყენება იმისათვის, რომ ობიექტიდან მიღებული ინფორმაცია, დაცული იყოს დამახინჯებებისაგან.

2) შესაძლებელია განთავსდეს მრავალი სენსორი, რომლებიც შეასრულებენ მხოლოდ მონაცემების შეგროვებას. საფუძვლიანად მუშავდება სენსორების პოზიციების განლაგება და ტოპოლოგია. ზედამხვედლობის სენსორები, არსებულ მონაცემებს გადასცემენ ცენტრალურ კვანძებს, სადაც შესრულდება მონაცემების შეგროვება და გადამუშავება.

უსქ-ს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი უპირატესობები, განცალკავებული ერთრანგიანი სენსორების ნაკრებთან შედარებით:

- მართვის ბრძანებები უფრო დიდ მანძილებს მოიცავს ვიდრე ტრადიციული ერთრანგიანი ქსელების ბრძანებები;
- კვანძები მჭიდროდ არიან განლაგებულნი და ნაკლებად განიცდიან ამოვარდნებს;
- ტოპოლოგია შეიძლება მარტივად შეიცვალოს;
- კვანძებში ძირითადად გამოიყენება სამაუწყებლო შეტყობინებები, მაშინ როდესაც ტრადიციულ ერთრანგიან ქსელებში გამოიყენება **Peer-to-Peer**-ის კავშირი;
- კვანძების რაოდენობა შეზღუდულია კვების, გენერაციის და მეხსიერების პარამეტრებით;
- კვანძებს არ აქვთ გლობალური საიდენტიფიკაციო ნომერი.

უსქ-ში, ერთმანეთის „მეზობელი“ კვანძები ძალიან მჭიდროდ არიან განლაგებულნი. შესაბამისად, უკაბელო კავშირის განხორციელებისას, უფრო ნაკლებ ელექტროენერგიას მოიხმარენ, ვიდრე პირდაპირი კავშირის ქსელები. უსქ-ს, შეუძლიათ ეფექტურად დაძლიონ ის სირთულეები, რომლებიც წარმოიშვება უკაბელო კავშირის დიდ მანძილზე კომუ-

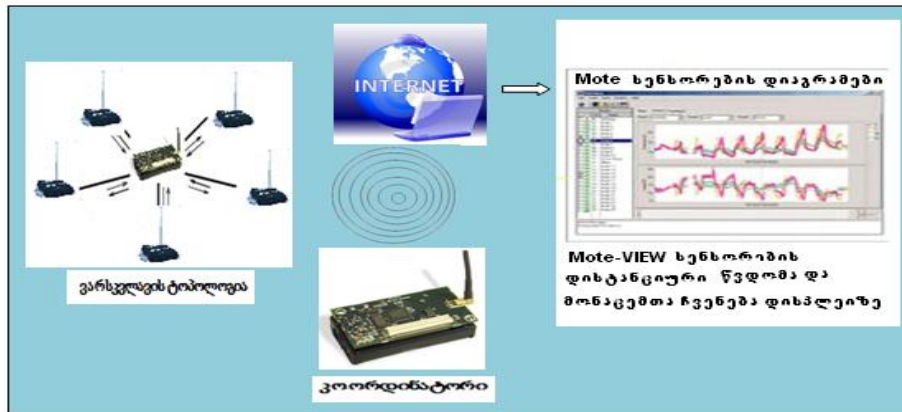


ნიკაციისას. უსქ-ის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი უპირატესობაა – დაბალი ენერგომომხარება. უსქ-ის ქსელურ პროტოკოლებს გააჩნიათ მთელი რიგი მექანიზმებისა, რომლებიც მომხმარებელს საშუალებას აძლევს გაახანგძლივოს კვანძების მუშაობა – მონაცემთა გამტარ-უნარიანობის სიჩქარის შემცირებით ან მონაცემთა გადაცემის დაყოვნების გზით. უსქ-ი შეიძლება შედგებოდეს სხვადასხვა ტიპის სენსორებისაგან, მაგ.: სეისმური, მაგნიტური ველის განმსაზღვრელი, თერმული, ინფრაწითელი და აკუსტიკური სენსორები, რომელთაც შეუძლიათ განახორციელონ, სენსორული გარემო პირობების, სხვადასხვა სახის ცვლილებების პროგნოზირება. მაგ.:

- ტემპერატურა;
- ტენიანობა;
- ობიექტების გეომეტრიული ზომები;
- ელვა, მეხი;
- წნევა;
- ნიადაგის შემადგენლობა;
- ხმაურის და ვიბრაციის დონეები;
- მექანიკური დატვირთვა;
- მოძრაობა; დინამიური მახასიათებლები: სიჩქარე, მიმართულება.

## 2.2. უსქ-ის გამოყენების სფეროები

უსქ-ი გამოიყენება უწყვეტი ზონდირებისათვის, მოვლენების დაფიქსირებისა და იდენტიფიცირებისათვის. ასეთი ქსელების გამოყენების ძირითადი სფეროებია: სამხედრო სფერო, გარემოსდაცვითი კვლევები, ჯანდაცვა, საცხოვრებელი სახლები და სხვადასხვა კომერციული ფართები. შესაძლებელია ამ სფეროების გაფართოება და სხვა კატეგორიების დამატება, მაგ.: კოსმოსური სივრცის კვლევა, ქიმიური დამუშავება და სხვ.. 2.2 სურათზე ნაჩვენებია უსქ-ის გამოყენების მაგალითი.



სურ. 2.2. უსქ-ის გამოყენების მაგალითი

### უსქ-ის გამოყენება სამხედრო სფეროში

უსქ-ი განუყოფელი ნაწილია სამხედრო მართვის და კონტროლის, კომუნიკაციის, დაზვერვის და სხვა სამხედრო საქმეებზე ორიენტირებული სისტემების, ისეთების, როგორცაა მაგ.: იარაღისა და საბრძოლო მასალის მონიტორინგი; სამხედრო მოქმედებებზე დაკვირვება; საბრძოლო ველის დაკვირვება/შესწავლა; ბრძოლების შედეგად მიყენებული ზარალის შეფასება; ბირთვული, ბიოლოგიური და ქიმიური თავდასხმების გამოვლენა (ასეთ შემთხვევებში, უსქ-ს აკისრიათ გაფრთხილების ფუნქცია, მოსალოდნელ თავდასხმასთან დაკავშირებით, მონაცემები გროვდება უმოკლეს დროში, რაც მკვეთრად ამცირებს მსხვერპლის რაოდენობას) და სხვ.. სწრაფი გაშლა, თვითორგანიზება და სიმტკიცე ის მახასიათებლებია, რომლებიც უსქ-ს პერსპექტიულს ხდის, არსებული ამოცანების გადასაჭრელად.

### ეკოლოგია

ეკოლოგიაში უსქ-ი, შემდეგ მიმართულებებში გამოიყენება: ფრინველების, პატარა ცხოველების და მწერების მოძრაობის თვალთვალი; გარემოს მონიტორინგი, მისი გავლენა სასოფლო/სამეურნეო კულტურებზე და პირუტყვზე; ირიგაცია; დედამიწის ფართომასშტაბიანი მონიტორინგი და პლანეტების კვლევა; ქიმიური და ბიოლოგიური გავლენა გარემოზე; მეტეოროლოგიური და გეოფიზიკური კვლევები; დაბინძურების შესწავლა; წყალდიდობის და ტყის ხანძრის (ასეთ შემთხვევაში, კვანძები ტყეში სტრატეგიულად და მჭიდროდ უნდა იყვნენ განლაგებულნი, რათა დროულად მოხდეს აალების ზუსტი ადგილის მონაცემის გადაცემა,

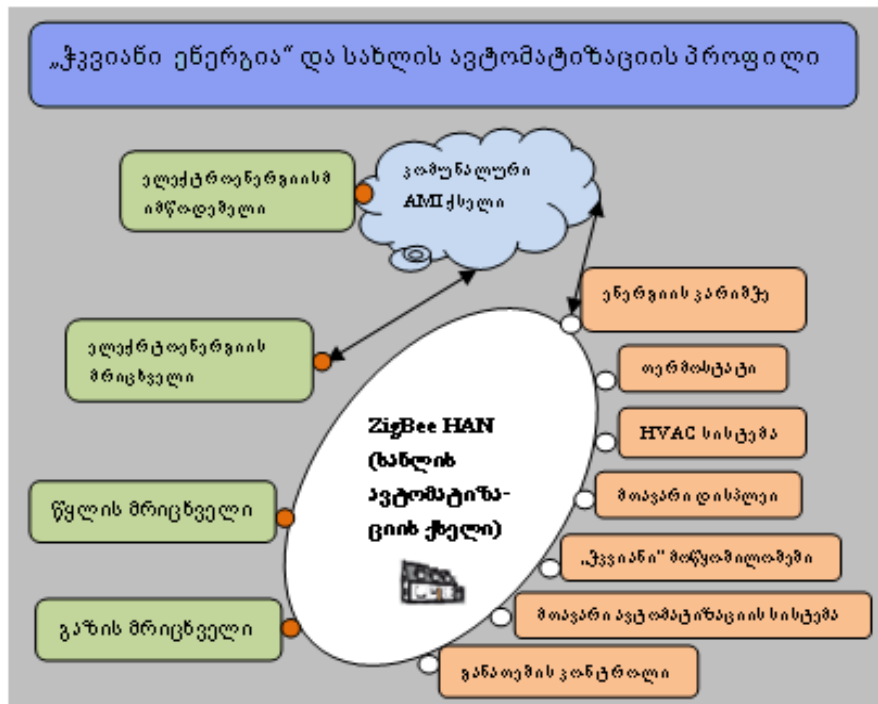
მონიტორინგის კომპანიის სერვერისთვის, მანამ სანამ ცეცხლი უმართავი არ გახდება) გამოვლენის საკითხები.

## **მედიცინა**

მედიცინაში უსქ-ი შემდეგ მიმართულებებში გამოიყენება: ინვალიდების მოწყობილობები; პაციენტების დიაგნოსტიკა; ადამიანის ფიზიოლოგიური მონაცემების შეგროვება და ექიმების და პაციენტების მონიტორინგი საავადმყოფოებში. ასევე ადამიანის ფიზიკური მდგომარეობის მონიტორინგი. უსქ-ის მიერ შეგროვებული ფიზიოლოგიური მონაცემები, შესაძლებელია შენახულ იქნას, ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში და გამოყენებულ იქნას სამედიცინო კვლევის დროს. სენსორულ კვანძებს ასევე შეუძლიათ აკონტროლონ მოხუცების მოძრაობა, რათა გამაფრთხილებელი სიგნალის მეშვეობით, თავიდან იქნას აცილებული, მოხუცი ადამიანის დაცემა. სენსორები მცირე ზომის არიან. ისინი უზრუნველყოფენ პაციენტის თავისუფალ გადაადგილებას, ამავე დროს, ექიმებს სენსორები ეხმარება, ავადმყოფობის სიმპტომების წინასწარ გამოვლინაში.

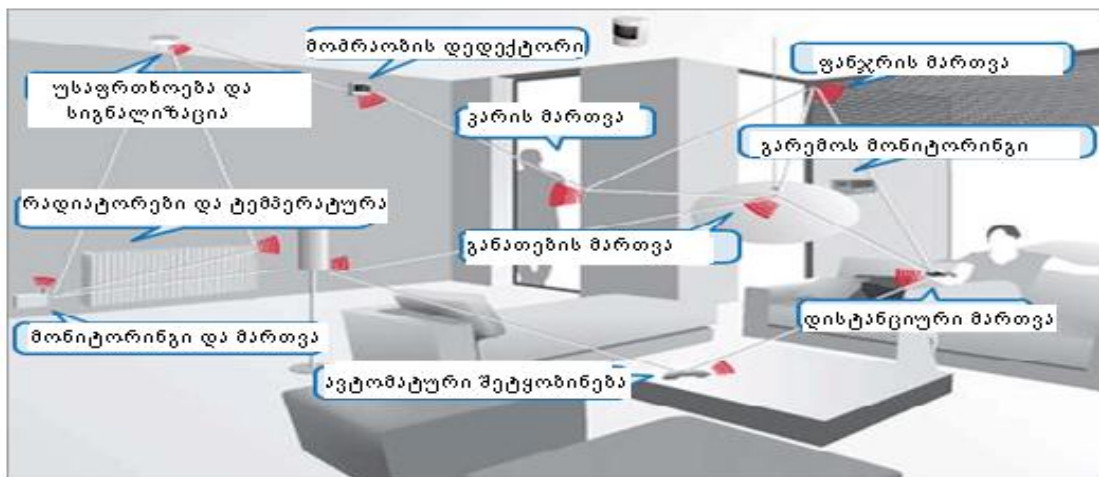
## **გამოყენება საცხოვრებელ სახლში**

სახლის ავტომატიზაციისათვის უსქ-ის „ჭკვიანი“ სენსორების ინტეგრირება (ჩაშენება) შესაძლებელია საყოფაცხოვრებო ტექნიკაში, მაგ.: მტვერსასრუტებში, მიკროტალღურ ღუმელებში, მაცივრებში, კომპიუტერებში. მათ ერთმანეთთან ურთიერთქმედება შეუძლიათ გარე ქსელით, ინტერნეტის ან თანამგზავრის საშუალებით. კვანძები ერთმანეთთან და ოთახის სერვერთან ურთიერთობენ. ოთახის სერვერს ასევე შეუძლია კომუნიკაცია სხვა ოთახების სერვერებთან, რათა მოხერხდეს სხვადასხვა მომსახურებების შესრულება. მაგ.: ბეჭდვა, სკანირება და ფაქსთან მუშაობა. უკაბელო სენსორული ქსელი საბოლოო ჯამში, მომხმარებელს საშუალებას აძლევს ადვილად მართოს სახლში არსებული მოწყობილობები, როგორც ლოკალურად, ისე დისტანციურად. (იხ.სურ.2.3).



სურ. 2.3. „ჭკვიანი სახლის“ სტრუქტურა

„ჭკვიან“ სენსორებს შეიძლება გააჩნდეს 2 მიმართულების ორიენტირი: 1) ადამიანი და 2) ტექნოლოგია. პირველი ორიენტირის შემთხვევაში, „ჭკვიან მოწყობილობას“ სჭირდება ადაპტირება, იმ მომხმარებელთან (ადამიანთან), რომელთანაც მას „ეწევა ურთიერთობა“ (იხ.სურ.2.4) [16,17,18,19,20,21,22].



სურ.2.4. „ჭკვიანი სახლის“ გამოყენება საცხოვრებელ სახლში

### შენობის მონიტორინგი ვარდნაზე

თითოეული უკაბელო სენსორი აღჭურვილია RF (Radio Frequency)-ით და MCU (MicroController Unit)-ით, რომელთა საშუალებითაც, ხორციელდება ალგორითმის მართვა, მონაცემთა შეგროვებისათვის და ინფორმაციის

გადაცემისთვის, წინასწარ განსაზღვრული დროის ინტერვალში. ტიპიური უკაბელო კვანძი აერთიანებს – PCB (Printed Circuit Board)-ს და MCU (Multipoint Control Unit)-ს, GPRS(General Packet Radio Service)-თან, ანტენასთან და სენსორთან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია მაკავშირებელი ინტერფეისის (RS232, RS-422, RS-485) საშუალებით, და ყველა მათგანი განთავსებულია დამცავი ყუთის შიგნით.

### **ZigBee-ზე დამყარებული საამქროს სრტუქტურული ერთიანობის მონიტორინგი**

ZigBee-ის მონიტორინგისათვის საჭირო სტანდარტული მოთხოვნებია:

➤ უკაბელო კვანძები, რომლებიც დამახასიათებელია დახრილი სენსორისათვის, უნდა მომდინარეობდეს თვითორგანიზებადი და თვითშეკეთებადი ZigBee ქსელიდან;

➤ მონაცემთა შეგროვება უნდა მოხდეს GPRS-ის მთავარი შესასვლელიდან;

➤ უკაბელო სენსორული ქსელი უნდა აკმაყოფილებდეს ელექტროენერჯის მოხმარების სტაბილურ მოთხოვნებს. ენერჯის წლიური მაქსიმალური შთანთქმა არის 2500 მა/სთ თითოეულ კვანძზე, გარანტიით, რომ წელიწადში, თითოეული ტესტი არ უნდა გაგრძელდეს 30 წუთზე მეტ ხანს;

➤ ბატარეა ისე უნდა იყოს ჩადებული, რომ ტექნიკოსს შეეძლოს ბატარეების ამოღება და ჩადება, სისტემის სხვა კომპონენტების ჩარევის გარეშე;

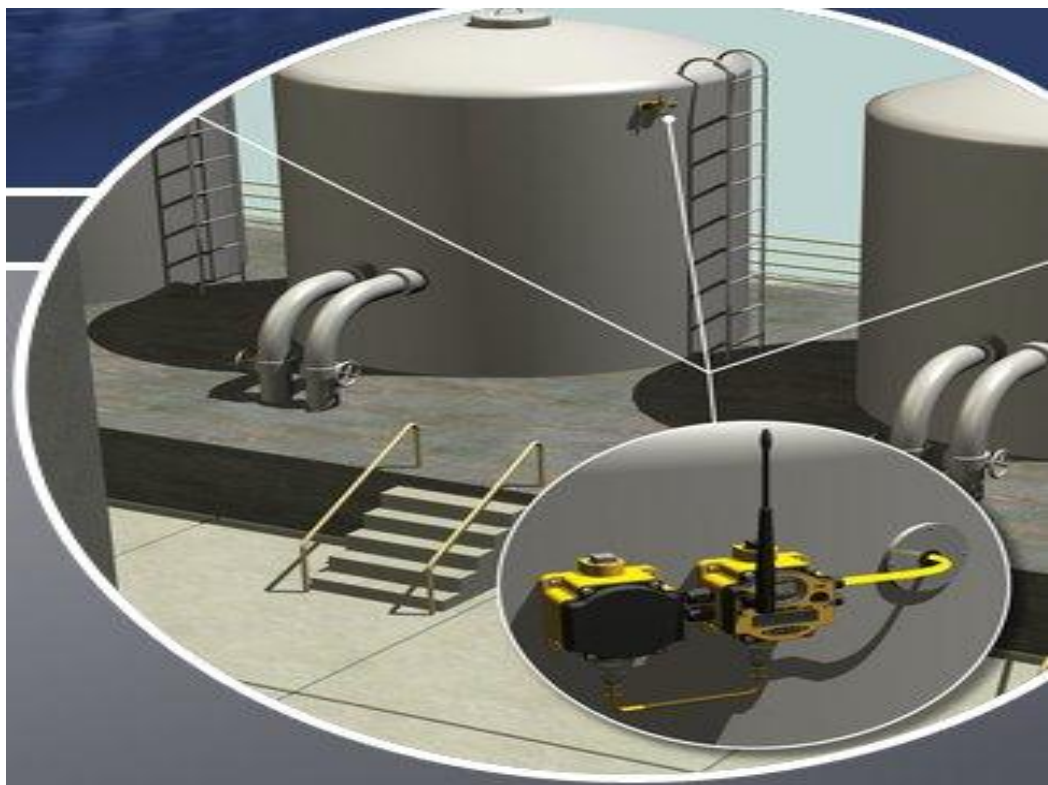
➤ ბატარიის მოქმედების ვადა უნდა აჭარბებდეს 12 თვეს;

➤ მასშტაბურობა: 50 და მეტი კვანძი.

უკაბელო სენსორული კვანძები განთავსებულია დასაკვირვებელი ობიექტის შიგნით და მის ირგვლივ. ისინი ქმნიან Ad-hoc გადაბმის ქსელს, ZigBee-ში ჩამაგრებული, კომპიუტერული უზრუნველყოფის სისტემით, და მონაცემებს გადასცემენ მონიტორინგის კომპანიის სერვერს, GPRS-ის მთავარი შესასვლელის საშუალებით. მონაცემები ინახება მონაცემთა ბაზაში და შემდეგ ხდება, მოხსენებითი ანგარიშების ჩამოყალიბება. მთელი

პროცესი სრულად ავტომატიზირებულია. გაზომვა ხდება წინასწარ განსაზღვრული დროის ინტერვალში. შენობის სტრუქტურული ერთიანობის მონიტორინგის ამოცანა, ჩვეულებრივ არ ითხოვს უწყვეტ გაზომვებს – საკმარისია საათობრივი გაზომვები. არსებობს მოსახერხებელი ვებ.პორტალი, რომელიც უზრუნველყოფს შენახული ინფორმაციის, ადვილად ხელმისაწვდომობას.

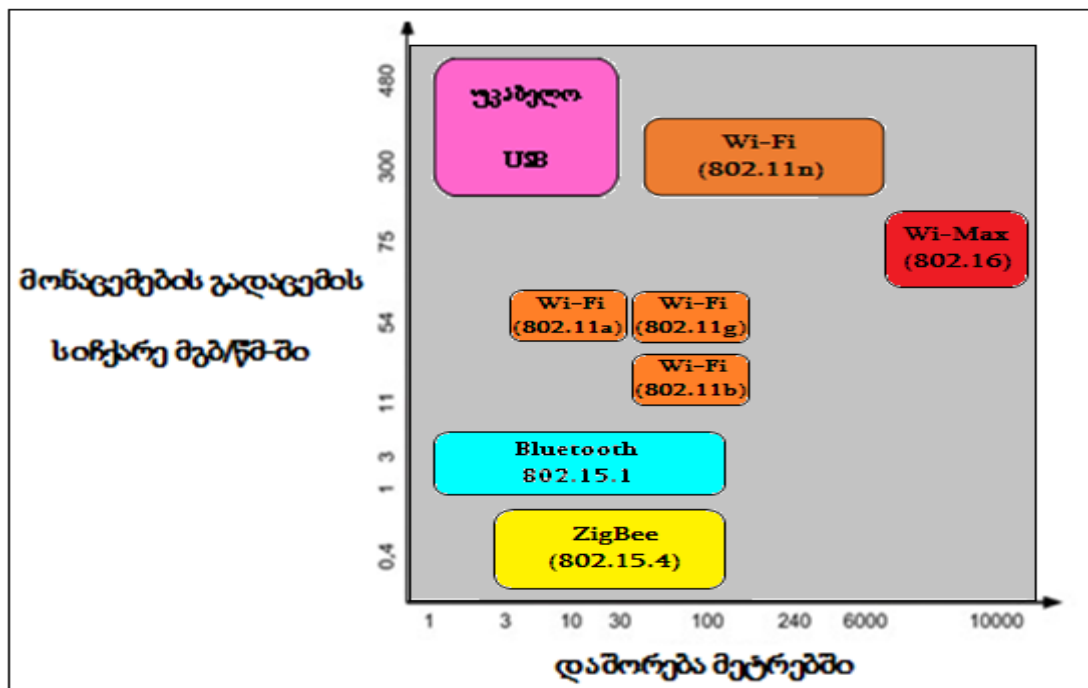
საინფორმაციო მასალების ანალიზმა აღნიშნული საკითხის ირგვლივ, გვიჩვენა, რომ მომავალში უსქ-ი იქნება ჩვენი ცხოვრების განუყოფელი ნაწილი, უფრო მეტად ვიდრე თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერები. უსქ-ის ტექნიკაზე ორიენტირებული სისტემებისათვის, საჭიროა განვითარდეს ახალი აპარატურული ტექნოლოგიები, ქსელური გადაწყვეტილებები და შუალედური პროგრამები. ეს სერვერები და სენსორული კვანძები შესაძლებელია ინტეგრირებულ იქნას არსებულ ჩამენებად მოწყობილობებში, რათა მოხდეს თვითორგანიზებადი, თვითრეგულირებადი და ადაპტური სისტემების შექმნა, დაფუძნებული კონტროლის მოდელზე [23]. სურათ 2.5-ზე ნაჩვენებია ZigBee ერთ-ერთ საამქროში.



სურ. 2.5. ZigBee ერთ-ერთ საამქროში

### 2.3. დაბალი სიმპლავრის უსქ-ის სტანდარტები

ყველაზე ცნობილი უკაბელო ტექნოლოგიებია: **Wi-Fi**, **Wi-Max**, **Bluetooth**, **Wireless USB** და შედარებით ახალი ტექნოლოგია **ZigBee**, რომელიც თავდაპირველად შემუშავდა სამრეწველო მიმართულებებისათვის. (იხ. სურ.2.6).



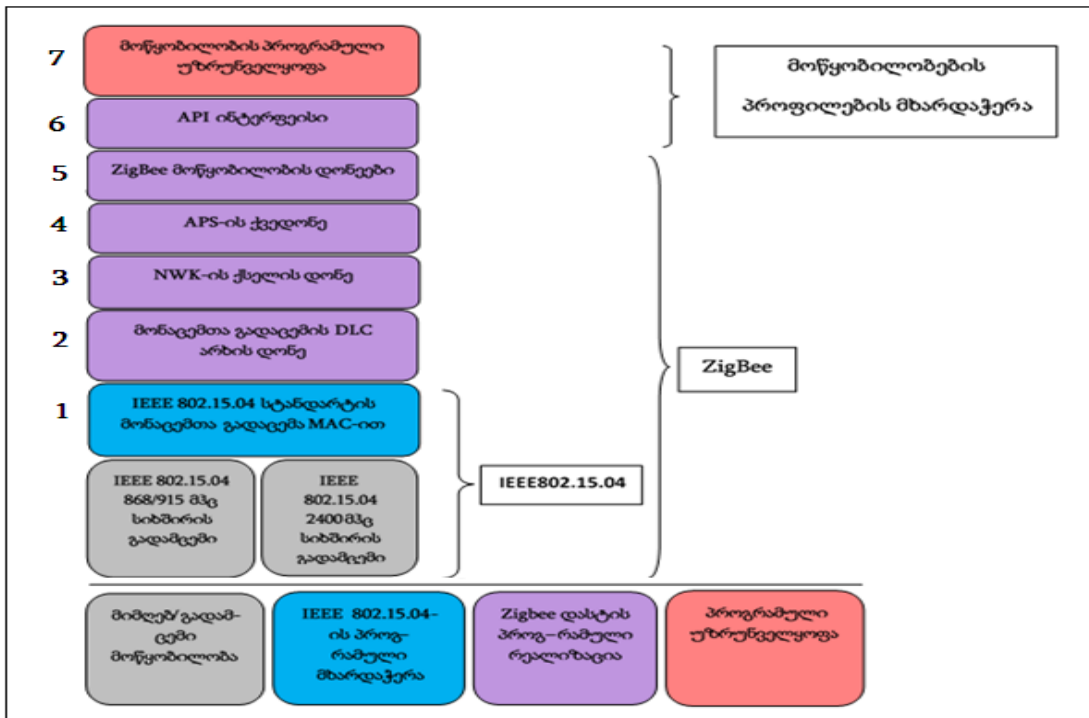
სურ. 2.6. უკაბელო კავშირების სტანდარტები

უკაბელო ტექნოლოგიების ანალიზმა აჩვენა, რომ მაღალსიჩქარიანი ტექნოლოგიები **Wi-Fi**-ი, **Wi-Max**-ი, **Bluetooth**-ი და **Wireless USB**-ი, განკუთვნილნი არიან პირველ რიგში, კომპიუტერული პერიფერიის და მულტიმედიური მოწყობილობების მომსახურებისათვის. ხსენებული ტექნოლოგიები ოპტიმიზირებულნი არიან იმისათვის, რომ დიდი მოცულობის ინფორმაცია გადასცენ მაღალი სიჩქარით. ეს ტექნოლოგიები, ძირითადად მუშაობენ „წერტილი-წერტილზე“ (**Point-to-Point**) და „ვარსკვლავი“ (**Star**) ტოპოლოგიებზე, და ნაკლებად გამოსადეგნი არიან დიდი რაოდენობის, კომპლექსურად რთული სამრეწველო ქსელების რეალიზაციისათვის.

#### **ZigBee მოწყობილობის სტანდარტი**

მსოფლიოში უსქ-ის სტანდარტებიდან ყველაზე გავრცელებულია საშუალებაა – **ZigBee**, რომელიც შეიქმნა **ZigBee Alliance**-ის მიერ გერმანიაში,

2003 წელს. **ZigBee** – უკაბელო სენსორული ქსელის, დაბალი ენერგომოხმარების სტანდარტია, რომელიც თავდაპირველად შემუშავდა მოკლე მანძილებზე, პატარა მოცულობის მონაცემების გადასაცემად. ფაქტობრივად, ეს სტანდარტი აღწერს პროგრამულ-აპარატურული კომპლექსის მუშაობის წესებს. (იხ. სურ.2.7).



სურ. 2.7. ZigBee-ის სტანდარტის მრავალდონიანი მოდელი

**ZigBee** ტექნოლოგია ფლობს მნიშვნელოვან უპირატესობებს სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით:

- ორიენტირებულია მულტი-მიკროპროცესორული სისტემების მართვაზე, „ჭკვიანი“ სენსორების ნაკრებთან ერთად;
- მოიხმარს მცირე რაოდენობის ელექტროენერგიას;
- უზრუნველყოფს თვითმმართველი ქსელების, რთული ტოპოლოგიების ორგანიზებას, სადაც შეტყობინების მიმართულება ავტომატურად განისაზღვრება, არა მხოლოდ საჭირო რიცხვით ან კვანძების ჩართვა /გამორთვით კონკრეტულ მომენტში, არამედ კვანძებს შორის კავშირების ხარისხით, რაც ავტომატურად განისაზღვრება აპარატურულ დონეზე;
- უზრუნველყოფს მამტაბურობას – ავტომატურ შესვლას კვანძის მუშაობაში ან კვანძებისათვის ენერჯის მიწოდებას;



➤ უზრუნველყოფს ქსელის მაღალ საიმედოობას, ალტერნატიული მარშრუტით შეტყობინების გადაცემას, ინდივიდუალური კვანძების მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში;

➤ მხარს უჭერს ჩაშენებულ აპარატურულ შეტყობინებებს **AES-128** დამიფვრის მექანიზმებს და გამორიცხავს ქსელის არასანქცირებული წვდომის შესაძლებლობას.

**ZigBee** არის მაღალსიხშირული უსქ-ის კვანძების ერთობლიობა, რომელშიც ჩამონტაჟებულია **RF**-ი. თითოეული უკაბელო სენსორული კვანძი, აერთიანებს **PCB**-ს და **MCU**-ს, დაბალი დენის **RF**-თან, ანტენასთან და სენსორთან, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია, **RS232**-ის მაკავშირებელი ინტერფეისის საშუალებით და ყველა მათგანი განთავსებულია დამცავი ყუთის შიგნით. **ZigBee**-ის ქსელის ყველა ეს ტექნიკური მახასიათებელი, დაფუძნებულია **IEEE802.15.4**-ის სტანდარტზე. **ZigBee**-ის ტექნოლოგია იძლევა ქსელების გადაბმის, თვითორგანიზების და თვითაღდგენის საშუალებას.

#### **IEEE802.15.4-ის სტანდარტი**

უსქ-ის სტანდარტი – **IEEE802.15.4**-ი, განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, წვდომის კონტროლს და დაბალ სიჩქარეს. **IEEE802.15.4**-ის სტანდარტი წარმოადგენს **ZigBee**-ის, **WirelessHART**-ის და **MiWi**-ის პროტოკოლების ძირითად ბაზისს, რომელთაგანაც თითოეული თავის მხრივ გვთავაზობს: ქსელის აგებას და ზედა ფენების მარშრუტიზაციას, რომელიც სტანდარტით არ რეგულირდება. **IEEE802.15.4**-ის სტანდარტი, შეიძლება ასევე გამოყენებულ იქნას **6LoWPAN**-ის პროტოკოლისათვის და ინტერნეტის პროტოკოლების სტანდარტებისათვის, რომელთა მეშვეობითაც ხდება, უკაბელო ინტერნეტით კომუნიკაცია. **ZigBee**-ის სტანდარტი აღწერს ყველა დონეს, რომელთა მეშვეობითაც ხდება ინფორმაციის ნაკადის გადინება, დაწყებული ფიზიკური ფენიდან, დამთავრებული მოწყობილობების პროფილების მხარდაჭერით.

**IEEE802.15.4**-ის სტანდარტის ქვედა პირველი და მეორე ფენები განსაზღვრავს: გადამცემის ფიზიკურ პარამეტრებს, **RF**-ის გზავნილის სტრუქ-

ტურას, დამისამართებელი პუნქტების რაოდენობას, მიღებული მონაცემების მართებულობის გადამოწმება/დადასტურების მექანიზმებს, ქსელებს შორის კავშირის ხარისხის შეფასებას და ალგორითმების შეჯახების პრევენციის პროცედურებს. **IEEE802.15.4**-ის სტანდარტისათვის განკუთვნილ გადამცემის მოწყობილობებს, აქვთ შემდეგი ძირითადი მახასიათებლები:

- ტრანსივერი (გადამცემი) მუშაობს 2,4 გჰ სიხშირეზე, 16 არხზე და არხებს შორის, 5 მგჰ-ის დაშორებით, (ასეთი სიხშირის გადამცემის გამოყენება ნებადართულია მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში). ამას გარდა, ევროპისათვის დამატებით იწარმოება 868 მგჰ-ის ტრანსივერები, მომუშავე 1 არხზე, ხოლო ამერიკაში – 915 მგჰ-იანი ტრანსივერები, მომუშავე 10 არხზე, 2 მგჰ-ის დაშორებით არხებს შორის.

- პრიორიტეტულია მხოლოდ ის ტრანსივერები, რომლებიც მუშაობენ 2,4 გჰ სიხშირეზე. რადიო გადამცემით, მონაცემების გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 250 კბიტ/წ.

- ქსელის გამლის სივრციდან, კავშირის მაქსიმალური დაშორება უნდა იყოს არანაკლებ 100 მეტრი.

**IEEE802.15.4**-ის სტანდარტის მესამე, მეოთხე, მეხუთე და მეექვსე ფენები აღწერს თავად **ZigBee**-ს პროტოკოლს. ამ დონეებზე განისაზღვრება, თუ რა თვისებები უნდა ჰქონდეთ **ZigBee**-ს ქსელში შემავალ მოწყობილობებს, როგორ ხდება ინფორმაციის გადაცემა ერთი კვანძიდან მეორეში, როგორ არის უზრუნველყოფილი ინფორმაციის გადაცემის უსაფრთხოება, როგორ ერთდება ახალი მოწყობილობა და მისი ტოპოლოგია ქსელში, რომელი კვანძია ქსელში მთავარი (პირველი) და რომელი დაქვემდებარებული (მეორე).

**ZigBee**-ის ქსელში გათვალისწინებულია 3 ტიპის მოწყობილობა: კოორდინატორი; როუტერი და დამაბოლოებელი მოწყობილობა (ტერმინალი – კვანძი, რომელიც მომხმარებელს აერთებს კავშირგაბმულობის ქსელთან).

კოორტინატორი ანხორციელებს ქსელის ინიციალიზაციას, ქსელს მართავს კვანძებით, ინახავს ინფორმაციას თითოეული კვანძის შესახებ, გან-

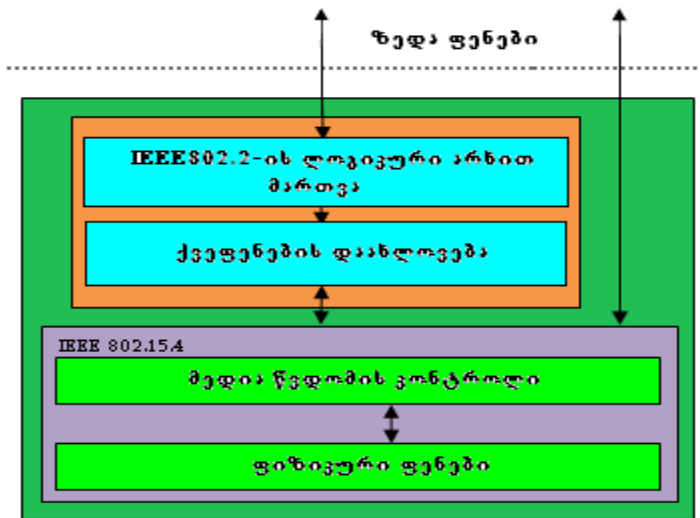
საზღვრავს არხების სიხშირეთა რაოდენობას და ქსელის საიდენტიფიკაციო ნომერს. ხოლო მუშაობის პროცესში, შესაძლებელია მოგვევლინოს წყაროდ, რომელიც მიიღებს და გადასცემს სარელეო შეტყობინებებს.

როუტერი ირჩევს იმ გზას, რომლითაც ქსელში უნდა გადაიცეს შეტყობინება, ერთი კვანძიდან მეორეში. ხოლო მუშაობის პროცესში, როუტერი შეიძლება მოგვევლინოს წყაროდ, რომელიც მიიღებს ან გადასცემს სარელეო შეტყობინებებს.

ტერმინალი არ მონაწილეობს ქსელის მართვაში და სარელეო შეტყობინებების გადაცემაში, გვევლინება მხოლოდ შეტყობინებების წყაროდ და გადამცემად.

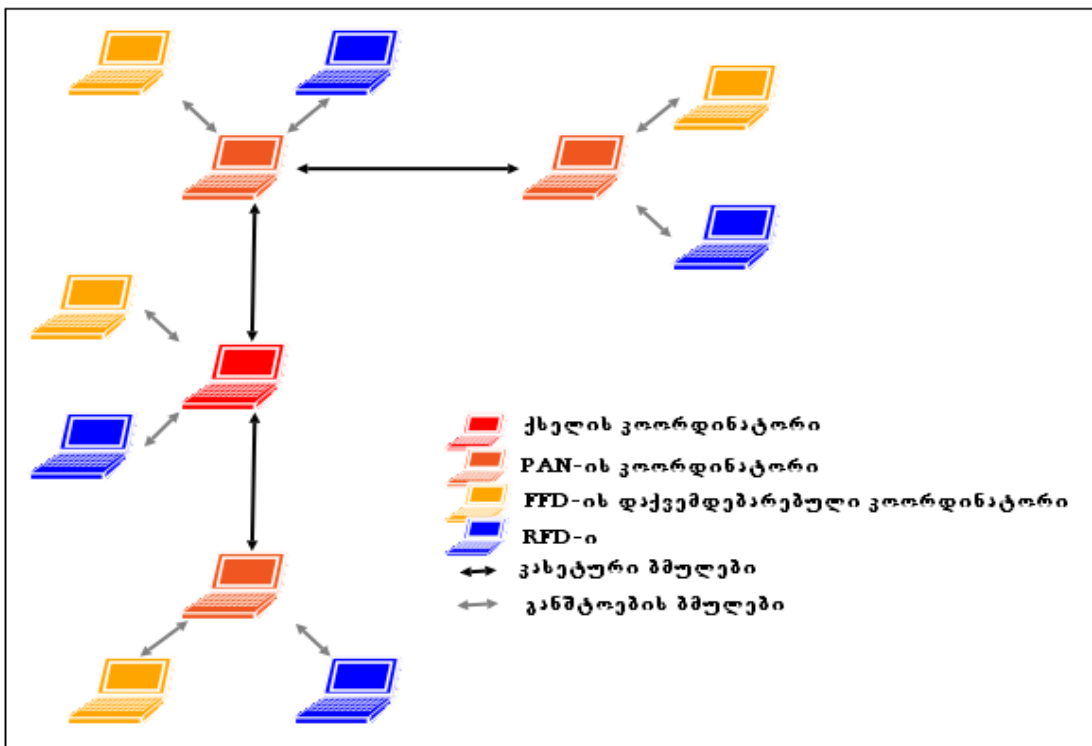
### პროტოკოლის არქიტექტურა

**IEEE802.15.4**-ის სტანდარტში, მოწყობილობები დამუშავებულია იმისათვის, რომ მოხდეს მათ შორის ურთიერთქმედება, კონცეპტუალურ უკაბელო სენსორულ ქსელში. უკაბელო სენსორული ქსელის ფენები დაფუძნებულია **OSI(Open Systems Interconnection Model)**-ის ქსელურ მოდელზე, თუმცა, მხოლოდ ქვედა ფენებია განსაზღვრული **IEEE802.15.4**-ის სტანდარტში, ზედა ფენების განსაზღვრა დამოკიდებულია ქვედონის მართვის, ლოგიკური კავშირის გამოყენების შესაძლებლობაზე და ექვემდებარება **MAC**-ის ქვედონეს. **MAC**-ის მექანიზმის ფენების ხელმისაწვდომობა იძლევა საშუალებას, მონაცემები გადაიცეს ფიზიკური არხის გამოყენებით. ინფორმაციული მომსახურებების გარდა **MAC**-ი უზრუნველყოფს: ინტერფეისის კონტროლს და ავტომატურად აკონტროლებს რადიო-სიგნალების განლაგებას ფენებზე, რომელთა საშუალებითაც ხდება კოორდინატების მიმართულების განსაზღვრა. ასევე კვანძების მეშვეობით, მონაცემების გადაცემას, წინასწარ განსაზღვრულ დროის ინტერვალში. (იხ. სურ.2.8).



სურ. 2.8. IEEE 802.15.4-ის პროტოკოლი

2.9 სურათზე ნაჩვენებია IEEE 802.15.4-ის კასეტური ხე.



სურ. 2.9. IEEE 802.15.4-ის კასეტური ხე

### კვანძების ტიპები

IEEE 802.15.4-ის სტანდარტი განსაზღვრავს უკაბელო სენსორული ქსელის კვანძების 2 ტიპს:

1) FFD (Fully Function Device) – სრულფუნქციური მოწყობილობა, ქსელის კოორდინატორი. მას შეუძლია შეასრულოს უკაბელო სენსორული ქსელის კოორდინატორის და ქსელში საერთო კვანძის ფუნქცია. FFD-ი

ახდენს ქსელის საერთო მოდულის რეალიზაციას, რისი საშუალებითაც ხდება დაკონტაქტება სხვა მოწყობილობებთან (კვანძებთან), და შეტყობინებების გადაცემა. (ამ შემთხვევაში **FFD**-ი, ასრულებს ქსელის კოორდინატორის ფუნქციას და პასუხისმგებელია მთელი ქსელის მუშაობაზე).

2) **RFD (Reduced Function Device)** – მოწყობილობა შემცირებული ფუნქციებით. უკაბელო სენსორული ქსელის მოწყობილობებია, რომელთაც აქვთ ძალიან მცირე რესურსები. მათ შეუძლიათ მხოლოდ **FFD**-ის მოწყობილობებთან დაკავშირება.

### **მონაცემთა გადაცემის არქიტექტურა**

მონაცემების ფრაგმენტები დაფუძნებულია, მონაცემების გადაცემაზე, რომელიც ხორციელდება შემდეგი 4 ძირითადი ეტაპით:

- 1) მონაცემები;
- 2) დადასტურება;
- 3) რადიოსიგნალები;
- 4) ფრაგმენტების ბრძანებების ხელმისაწვდომობა.

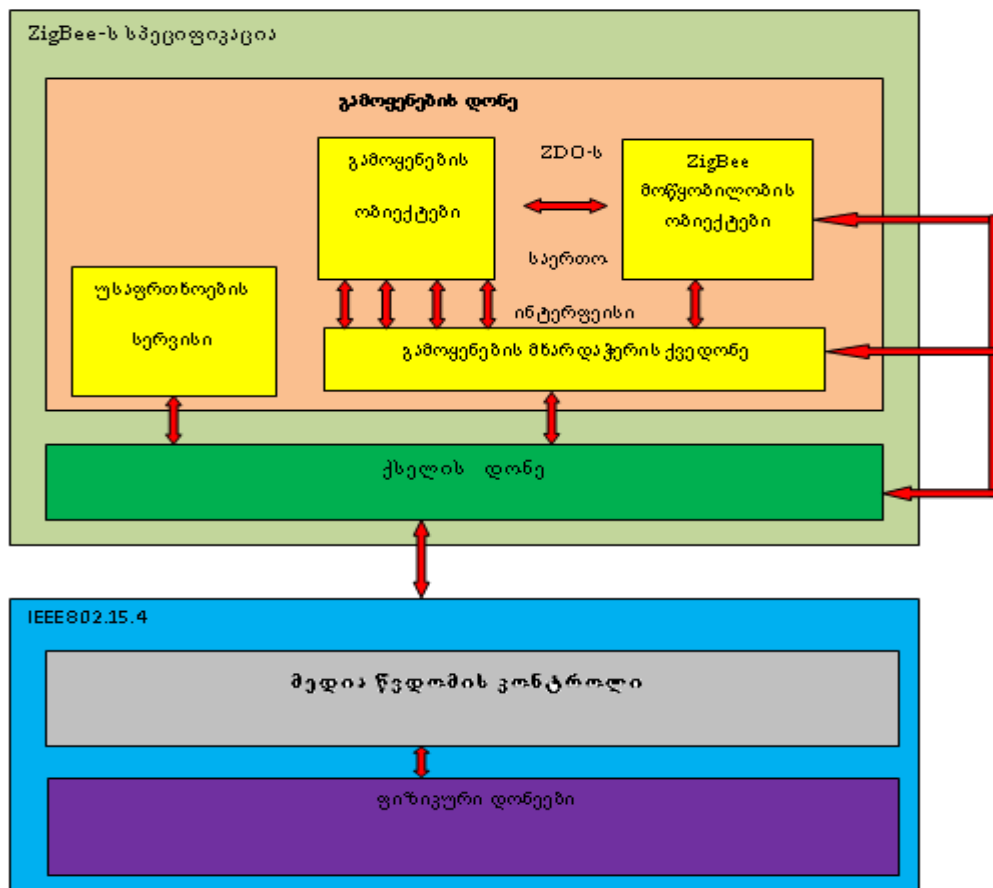
ეს 4 ეტაპი უზრუნველყოფს ბალანსს, სიმარტივესა და სირთულეს შორის. ასევე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას, კოორდინატორის მიერ განსაზღვრული, სუპერფრაგმენტული სტრუქტურა, რა დროსაც 2 რადიოსიგნალი ექვემდებარება ამ სტრუქტურის ფარგლებს. ისინი უზრუნველყოფენ: 2 მოწყობილობის, სინქრონულ მუშაობას და ინფორმაციის კონფიგურაციას. სუპერფრაგმენტი შედგება ერთი სიგრძის 16 გამოყოფილი ადგილისაგან (სლოტისაგან), რომლებიც შემდგომ იყოფა, აქტიურ და პასიურ ნაწილებად, სადაც კოორდინატორს შეუძლია გადავიდეს ენერგოდაზოგვის რეჟიმში. ამ დროს ქსელის კონტროლი საჭირო არ არის.

სუპერფრაგმენტების ფარგლების დაფიქსირება ხდება **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)**-ის სისტემით. მონაცემის ყოველი გადაცემა მთავრდება, მომავალი რადიოსიგნალის გამოჩენამდე. მონაცემების კოორდინატორთან გადასაცემად, საჭიროა რადიოსიგნალების ფაზების სინქრონიზაცია, **CSMA/CA**-ის გადაცემის რეჟიმის

მეშვეობით. ზოგადად, ყველა შემდგომ პროცედურებს ახლავს ჩვეულებრივი შეკითხვა/დადასტურების და ინდიკაცია/კლასიფიკაციის პასუხი.

### ZigBee-ის ბლოკ-სქემა, მიკროსქემები და მოდულები ZigBee-ის სტანდარტის კავშირის უზრუნველსაყოფად

დღეს ბაზარზე არსებობს ZigBee-ის ტექნოლოგიის 2 ძირითადი მოწყობილობა. პირველი – დეველოპერი დამოუკიდებლად ქმნის მოწყობილობის აპარატურულ მხარეს, იყენებს რა სხვადასხვა სახის მიკროს-ქემის რადიოსიხშირის ჩიპებს, რომლებიც მუშაობს IEEE 802.15.4-ის სტანდარტზე. დეველოპერებისათვის ხელმისაწვდომია დოკუმენტაცია, რომელიც შეიცავს უკაბელო სენსორული ქსელის მოწყობილობის დიზაინის კონსტრუირების წესებს და უკვე არსებული მოდელების დიზაინების მაგალითებს.

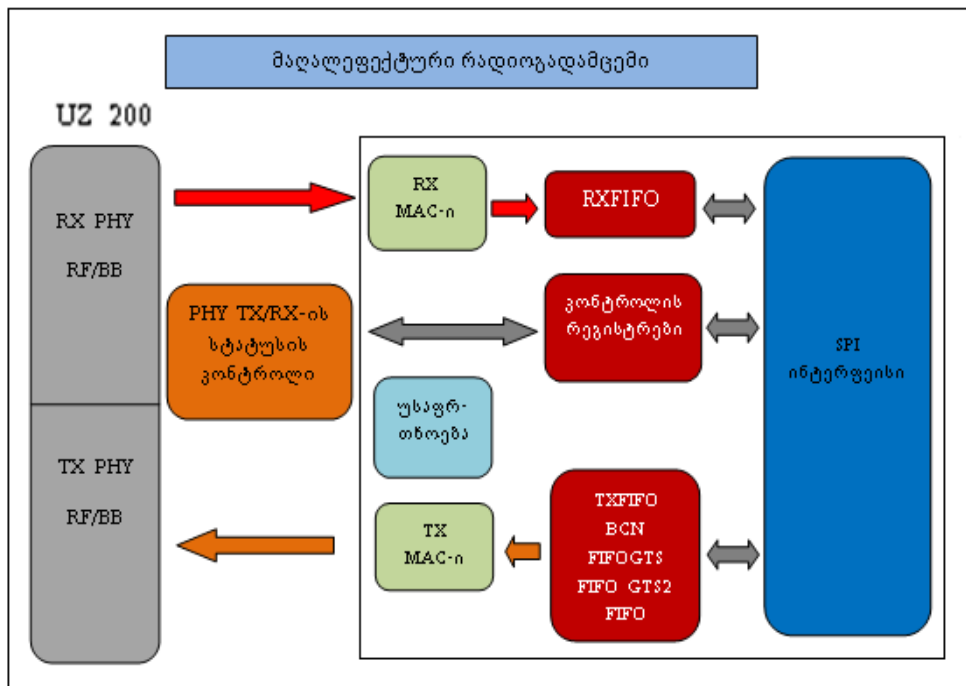


სურ. 2.10. ZigBee-ის ბლოკ-სქემა

მეორე – დეველოპერი ასევე დამოუკიდებლად ქმნის, უკაბელო სენსორული ქსელის მოწყობილობის პროგრამულ ნაწილს, იყენებს რა, პროტოკოლების სპეციფიკაციებს ან სტანდარტულ ქსელურ პროტოკოლებს, რომ-

ლებიც შემუშავებული და გამართულია მიკროსქემების მწარმოებლების მიერ. ამ პროტოკოლებს აქვთ სტანდარტის თავსებადობის სხვადასხვა დონეები და მიწოდება ხდება ბიბლიოთეკების ან **SDK (Software Development Kit)**-ის სახით. (იხ. სურ.2.10).

2.11 სურათზე ნაჩვენებია **ZigBee**-ის მუშაობის სპეციფიკა.



სურ. 2.11. ZigBee-ის მუშაობის სპეციფიკა

დღესდღეისობით ბაზარზე არსებობს მიკროსქემების 5 ძირითადი ტიპი, რომლებიც რადიოარხის საშუალებით ასრულებენ მონაცემების მიღება/გადაცემის ფუნქციებს **IEEE 802.15.4**-ის სტანდარტში. ესენია:

1. **IEEE 802.15.4-ის სტანდარტის „კლასიკური“ რადიოგადამცემი.**

ასრულებს მხოლოდ რადიოარხით ინფორმაციის მიღება/გადაცემის ფუნქციებს, და არ შეიცავს **ZigBee**-ის პროტოკოლის პროგრამული უზრუნველყოფის დასტას. **ZigBee**-ის დასტის პროგრამული რეალიზაცია ევალება გარე მიკროკონტროლერს, რომელთანაც გადამცემის (ტრანსივერის) მიკროსქემა უკავშირდება **SPI (Serial Peripheral Interface)**-ს. ამას გარდა, გადამცემის მუშაობისთვის საჭიროა შემოკვრა, რომელშიც შედის: ანტენა, კრისტალური რეზონატორი და მცირე რაოდენობის პასიური კომპონენტები.

2. **ინტეგრალური ჰიბრიდული მიკროსქემები.** იგი საერთო დანიშ-

ნულების „კლასიკურ“ რადიოგადამცემს და მიკროკონტროლერს, აერთიანებს კრისტალის ერთ კორპუსში. ეს გადაწყვეტა საშუალებას იძლევა, მიკროკონტროლერის ჩაშენებულ მეხსიერებაში განთავსდეს **ZigBee**-ის პროგრამული დასტა, შედეგად დატვირთვა მნიშვნელოვნად მცირდება გარე მიკროკონტროლერზე, რომელიც უზრუნველყოფს კონკრეტული გამოყენების დანართის ამოცანების გადაჭრას. ეს მიკროსქემები საჭიროებენ მინიმალურ შემოკვრას, რომელიც ასევე შეიცვს ანტენას.

**3. SOC (System-on-a-Chip).** ამ ტიპის მიკროსქემა ფაქტიურად იგივე ფუნქციებს იმეორებს რასაც **ინტეგრალური ჰიბრიდული მიკროსქემის ტიპი**, იმ განსხვავებით, რომ **SOC** -ში, გადამცემი და ჩაშენებული მიკროკონტროლერი, დაშენებულია ერთ კრისტალზე. ასეთი კრისტალები, ურთიერთქმედებენ გამოყენების გარე კონტროლერის, ერთ-ერთი სტანდარტული ინტერფეისით (**SPI, UART (Universal asynchronous receiver/transmitter)**) და ახდენენ, მეხსიერებაში სხვადასხვა სირთულის ქსელური პროტოკოლების ჩატვირთვას, რეალიზებადი ქსელის მოსალოდნელი სირთულის და სტრუქტურის გათვალისწინებით.

**4. ZigBee-ის აქსელერატორები.** **SOC**-ის ანალოგიური მიკროსქემები, რომლებშიც ჩაშენებულია **ZigBee**-ის დასტის პროტოკოლი. მიკროსქემების ეს ტიპი, იდეალურია იმ დეველოპერებისათვის, რომლებსაც მუშაობა ურჩევნიათ მათთვის ჩვეულ მიკროკონტროლერზე და უნდათ „**ZigBee** ფუნქციონალის“ დამატება მიკროკონტროლერზე, **ZigBee**-ის დასტის პროტოკოლების, რთული ნაკრების შესწავლის გარეშე. მცირე სახის გარე შემოკვრა, საჭიროა ამ შემთხვევაშიც.

**5. პლატფორმები ერთ პაკეტში.** საუკეთესო ფუნქციონალური გადაწყვეტაა, გულისხმობს: მაღალმწარმოებლური მიკროკონტროლერის გაერთიანებას, ჩაშენებული პერიფერიული მოდულების ფართო სპექტრთან (ტაიმერები, **ADC (Analog-to-Digital Converter)** და ა.შ.) და **IEEE 802.15.4**-ის სტანდარტის გადამცემთან, ერთ კრისტალზე. ამ შემთხვევაში, ჩაშენებული მიკროკონტროლერის გამოთვლითი შესაძლებლობები და ჩაშენებული



პერიფერიის ნაკრები, საკმარისია არა მხოლოდ ZigBee-ის დასტის რეალიზაციისათვის, არამედ კონკრეტული გამოყენების მხარდაჭერისათვის. დამატებითი პროცესორი არ არის საჭირო.

აღსანიშნავია, რომ ZigBee-ის მიკროსქემების სხვადასხვა მწარმოებელს აქვს სხვადასხვა დამხმარე პერიფერიული მოდული, რითაც შესაძლებელი ხდება, გაიზარდოს მათი მუშაობის სისწრაფე და ფუნქციონირების ხარისხი. ასეთი მოდულები შეიძლება იყოს:

- 1) აპარატურული მხარდაჭერის მოდული, MAC-ის ფუნქციით;
- 2) აპარატურული მხარდაჭერის მოდული, გადასაცემი მონაცემების დაშიფვრის ფუნქციით (AES-128).

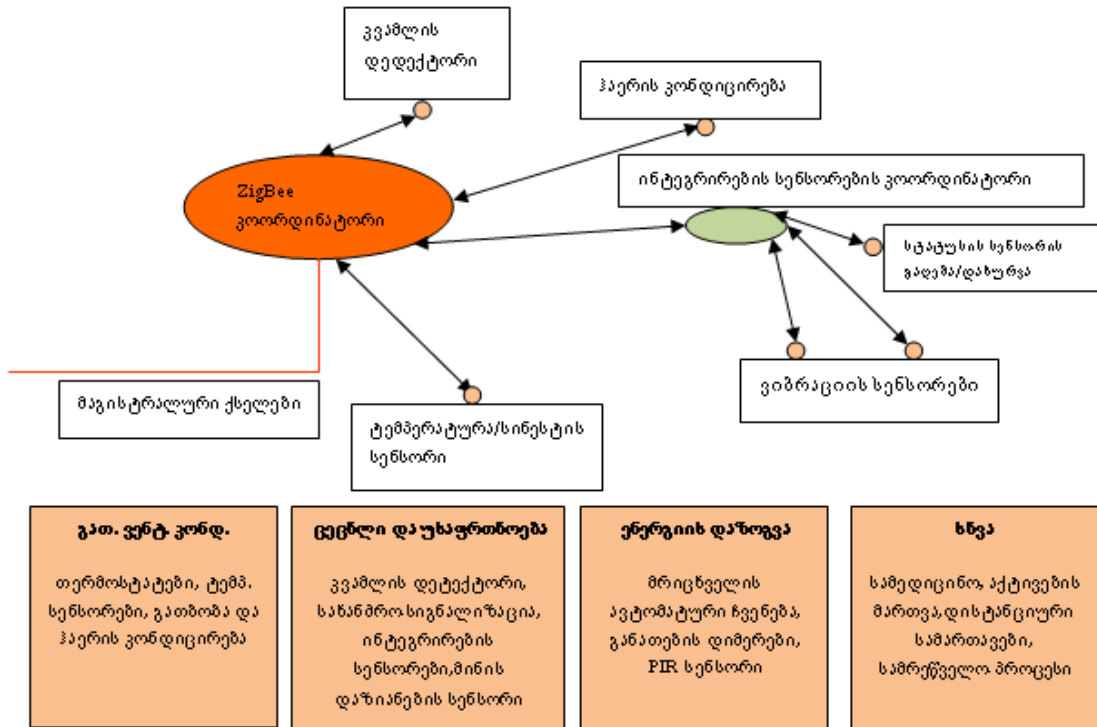
მეორე შემთხვევაში, საბოლოო მოწყობილობის დეველოპერებს საშუალება ეძლევათ გამოიყენონ ZigBee-ის მზა მოდულები, რომლებიც არ საჭიროებენ არც რაიმე დამატებით დამუშავებას და არც შემოკვრას.

ასეთი მოდულები განთავსებულია IEEE802.15.4-ის სტანდარტის პლატებზე, რომლებიც შეიცავენ: IEEE 802.15.4-ის სტანდარტის გადამცემს, ZigBee-ის დასტის პროტოკოლების შემცველ მიკროკონტროლერს და შემოკვრისათვის აუცილებელ გარე ელემენტებს (ანტენა, დენის წრედები, ტაქტირება და ა.შ.). ყველა ეს საჭირო მოწყობილობა იწარმოება მცირე კომპანიების მიერ, რომლებიც სპეციალიზირებულნი არიან ამ სახის პროდუქციის წარმოებაზე.

## 2.4. უკაბელო სენსორული ქსელის სტრუქტურა და ტოპოლოგიები

ელექტრონულ ინდუსტრიაში, ZigBee-ის უკაბელო სენსორული ქსელის გამოყენება პრიორიტეტულია, რადგან ის გაცილებით უფრო მარტივი გამოსაყენებელია და დაბალი ღირებულების მქონეა. მას შეუძლია: დისტანციური მონიტორინგი, ხვადასხვა შენობების მართვა და ავტომატიზაცია. დეველოპერებს, აქვთ სხვადასხვა გზები ZigBee-ის განვითარების კუთხით, რაც გულისხმობს, რთული გზების თავიდან აცილებას და საბოლოოდ ვიღებთ უკაბელო ქსელის გამარტივებულ და განვითარებულ კონსტრუქციას. ყოვლისმომცველი პლატფორმა, მათ შორის: მიკროკონტროლერი,

RF-ი, შუალედური და პროტოკოლის დასტები, რომელთაც თან ახლავს თანამედროვე ინსტრუმენტების კომპლექტი, დეველოპერებს აძლევს საშუალებას, უფრო ადვილად შექმნან ZigBee-ის GUI-ი. 2.12 სურათზე ნაჩვენებია ZigBee-ის მუშაობის სტრუქტურა.



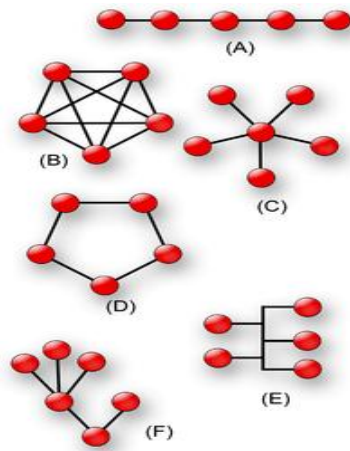
სურ. 2.12. ZigBee-ის მუშაობის სტრუქტურა

### ტოპოლოგიები

ქსელის ტოპოლოგია – ქსელის კონფიგურაციის აღწერის მეთოდი. ქსელის განლაგება სქემატურად და ქსელური მოწყობილობების კავშირი. ქსელური ტოპოლოგიები შეიძლება იყოს:

- ფიზიკური – აღწერს ქსელის ადგილმდებარეობას და კვანძებს შორის კავშირებს;
- ლოგიკური – აღწერს სიგნალის მოძრაობას, ფიზიკური ტოპოლოგიის ფარგლებში;
- ინფორმაციული – აღწერს ინფორმაციის ნაკადის მიმართულებას ქსელში;
- გაცვლითი კონტროლი – ეს არის მინიჭებული უფლების გადაცემის პრინციპი ქსელის გამოყენებაზე.

2.13-ე სურათზე ნაჩვენებია უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგიების ტიპები.



**სურ. 2.13. უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგიების ტიპები**  
**განმარტება:** A – „ხაზი“; B – Mesh ქსელი; C – „ვარსკვლავი“; D – „რგოლი“; E – „სალტე“; F – „ხე“

არსებობს ქსელური მოწყობილობების დაკავშირების უამრავი გზა. განასხვავებენ 3 ძირითად ტოპოლოგიას:

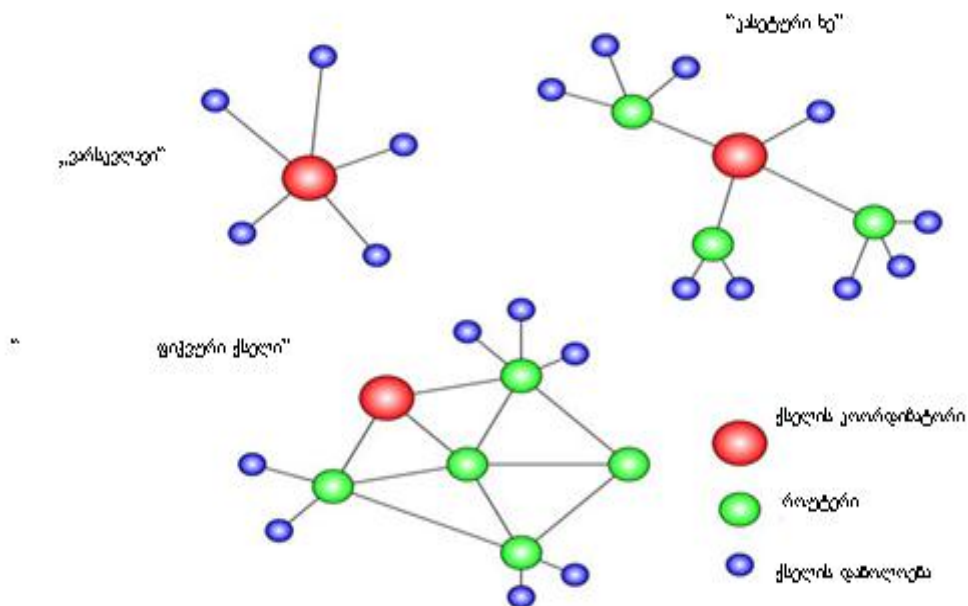
1) სალტე – ტოპოლოგიის ტიპი, როდესაც საერთო კაბელთან (სალტე ან მაგისტრალი) დაკავშირებულია სისტემაში მომუშავე ყველა ელემენტი. კაბელის ბოლოში განლაგებულია ტერმინატორები [(ენერჯის შთანთქმელი (ჩვეულებრივ რეზისტორი) გრძელი ხაზის ბოლოში, რომლის წინააღმდეგობა უდრის ხაზის ტალღურ წინააღმდეგობას], სიგნალის თავიდან ასახვის (გამეორების) პრევენციისათვის.

2) რგოლი – ტოპოლოგიის ტიპი, როდესაც უკაბელო ქსელის თითოეული კვანძი დაკავშირებული ორ სხვა კვანძთან: ერთი კვანძისგან ხდება ინფორმაციის მიღება, ხოლო მეორეში ამ ინფორმაციის გადაგზავნა.

3) ვარსკვლავი – უკაბელო სენსორული ქსელის ბაზისური ტოპოლოგია, როდესაც ქსელის ყველა კვანძი დაკავშირებულია ცენტრალურ კვანძთან (კომპუტატორთან), რომელიც ახდენს ქსელის ფიზიკური სეგმენტის ფორმირებას.

უკაბელო სენსორულ ქსელში, კვანძები შეიძლება ერთმანეთთან დაკავშირდეს, „სალტეს“, „რგოლის“, „ვარსკვლავის“ ან სხვა მეთოდებით,

მაგრამ ნებისმიერ ქსელს უნდა გააჩნდეს ერთი **FFD** მაინც, რომელიც იმუშავებს, როგორც ქსელის კოორდინატორი. ქსელები ფორმირდება მოწყობილობების (კვანძების) ჯგუფებისაგან, რომლებიც ერთმანეთისგან დაშორებულნი არიან გარკვეული მანძილით. თითოეულ კვანძს აქვს 64 ბიტისანი იდენტიფიკატორი, ზოგიერთ შემთხვევაში, ეს შეიძლება იყოს 16 ბიტისანი, შიდა შეზღუდული არეალით. ამრიგად, უკაბელო სენსორულ ქსელის კვანძების დასაკავშირებლად გამოიყენება პატარა იდენტიფიკატორები. **ZigBee**-ის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი თვისებაა – ქსელების რთული ტოპოლოგიების მხარდაჭერა. სწორედ ამ თვისების გამო, მაქსიმალურად დაახლოებულ ორ კვანძს შორის, შესაძლებელია ქსელის დაფარვის არეალის გაფართოვება. ეს თვისება ასევე ხელს უწყობს 16 ბიტისან ადრესაციას, რომელიც იძლევა საშუალებას, ერთ ქსელში გაერთიანდეს 65 000-ზე მეტი კვანძი. (იხ.სურ. 2.14).



**სურ. 2.14. ZigBee-ის ქსელების ტოპოლოგიების მუშაობის სქემა**

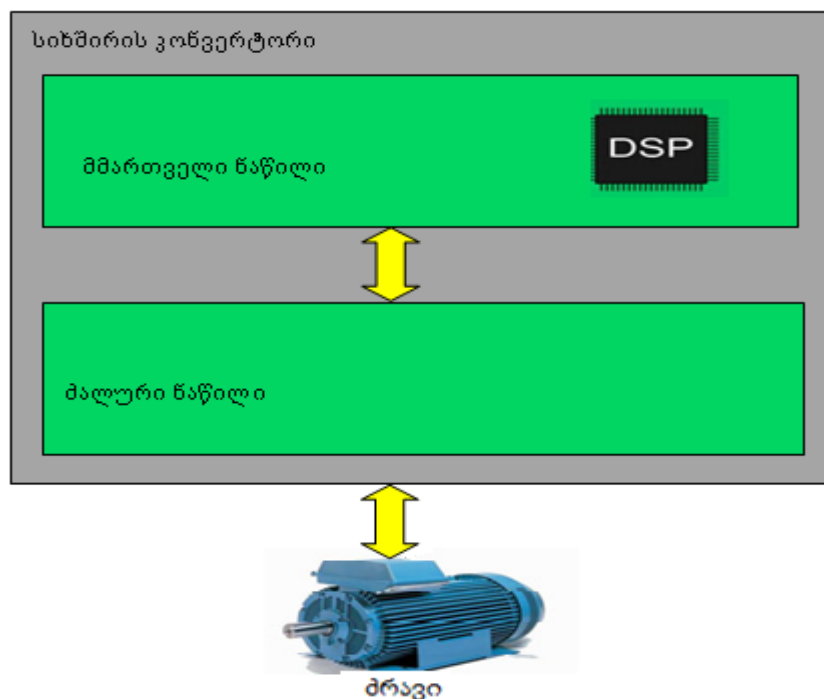
**ZigBee**-ის სტანდარტის კიდევ ერთი გამორჩეული თვისებაა – ქსელის მაღალი საიმედოობა, ცალკეული კვანძების მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში. **ZigBee**-ის სტანდარტი დაფუძნებულია იმაზე, რომ ქსელის თითოეული კვანძი ახდენს, მეზობელი კვანძების მონიტორინგს, ანახლებს რა, მუდმივად მარშრუტიზაციის ცხრილებს, გამავალი დენის და მარშრუ-

ტიზაციის ცხრილებისაგან მიღებული სიგნალების, შეფასების საფუძველზე.

შედეგად, სივრცითი მეზობლების (კვანძების) ადგილმდებარეობის ცვლილებისას ან ქსელიდან ერთი კვანძის ამოვარდნისას, გამოითვლება შეტყობინების ახალი მარშრუტი. ZigBee-ის სტანდარტის ეს უპირატესობა, უმნიშვნელოვანესია სამრეწველო ობიექტებზე მომუშავე ქსელებში, მძიმე პირობებში არსებული ობიექტის ექსპლუატაციისათვის (მაგ.: სამრეწველო ხმაური), ასევე იმ შემთხვევებში, როდესაც ნაწილი კვანძებისა, განლაგებულია მოძრავ მოწყობილობებზე (მაგ.: ელექტრომანქანებზე).

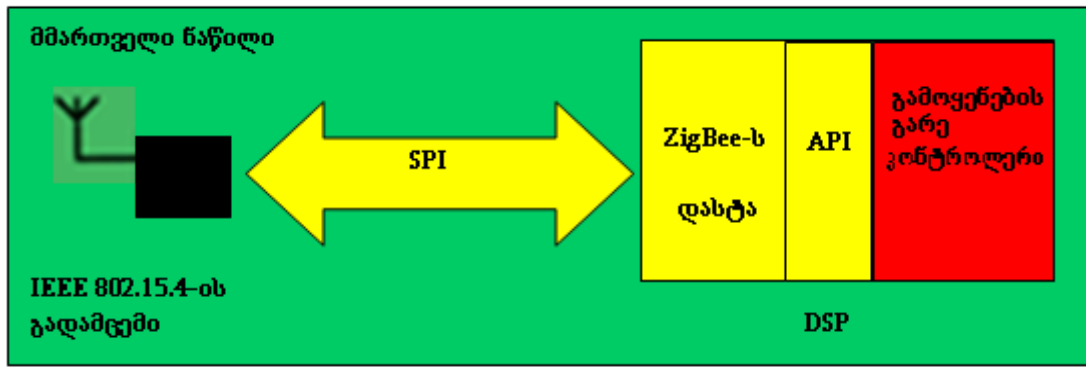
## 2.5. ZigBee-ის მოწყობილობის გამოყენება მონიტორინგის სისტემებში

სიხშირის კონვერტორის მოწყობილობის კონტროლის შექმნის მოდელები, დაფუძნებულია ZigBee-ის მიკროსქემების ბაზაზე. (იხ. სურ. 2.15).

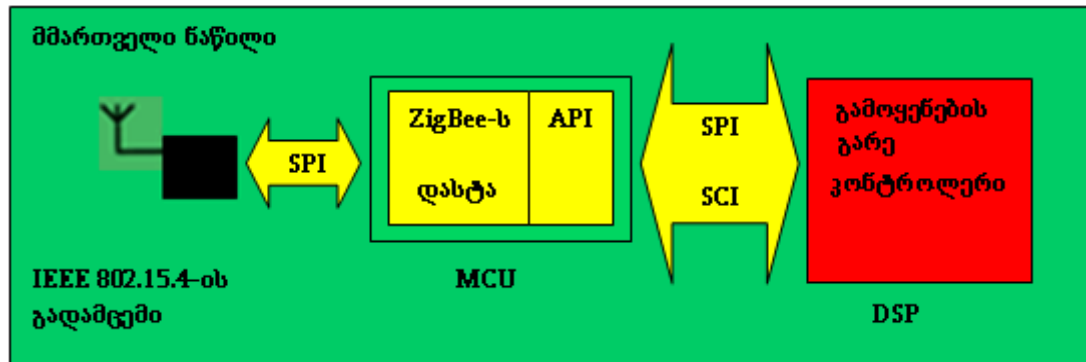


სურ. 2.15. თანამედროვე სიხშირის კონვერტორის სტრუქტურა

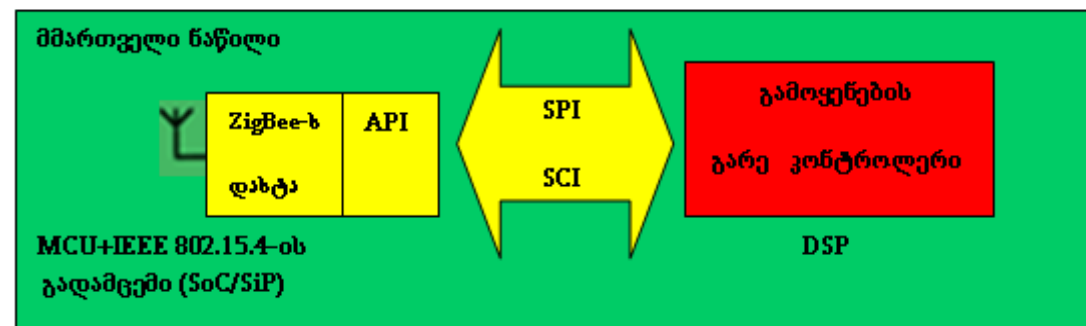
2.16a სურათზე ნაჩვენებია, რომ DSPM (Digital Signal Processing Microcontroller)-ის რესურსები, საკმარისია არამხოლოდ გამოყენების მთავარი ფუნქციების რეალიზაციისათვის, არამედ ZigBee-ის დასტისთვისაც.



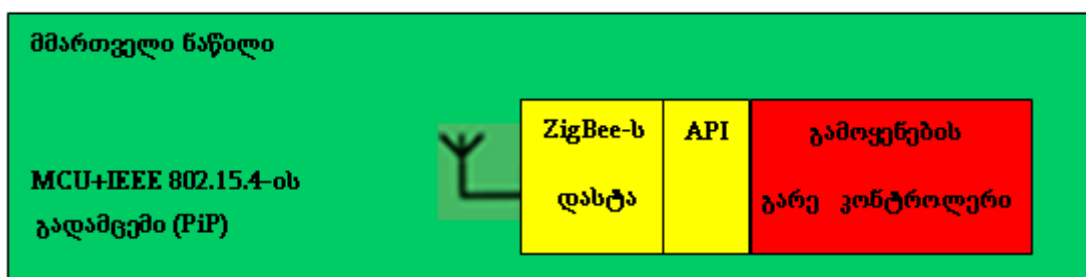
ა)



ბ)



გ)

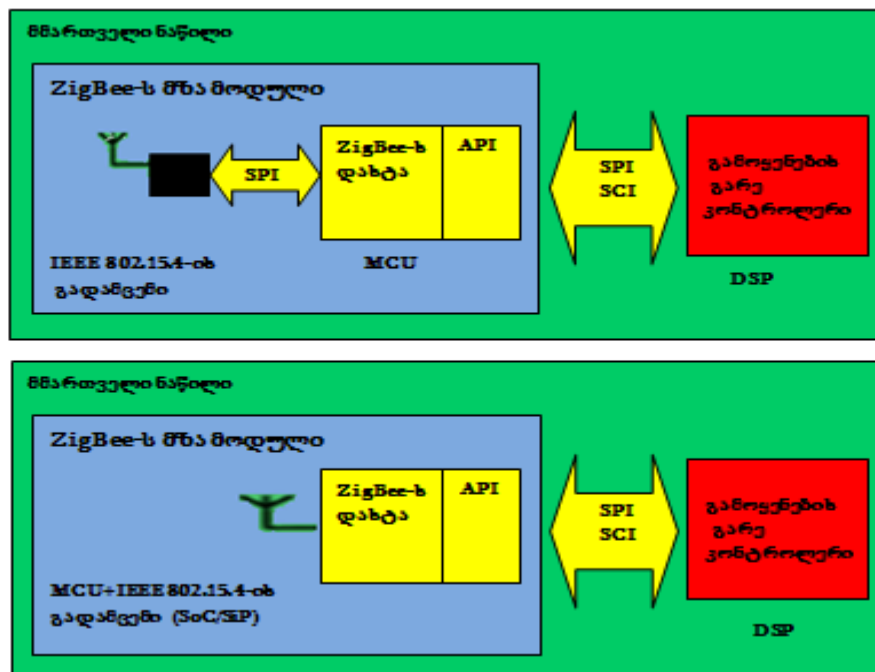


სურ. 2.16. სიხშირის კონვერტორის კონტროლის მექანიზმის სტრუქტურა, ZigBee-ის ინტერფეისის სხვადასხვა ვარიანტის რეალიზაციით

სიხშირის კონვერტორის კონტროლერის სქემაში, დამატებულია IEEE802.15.4-ის სტანდარტის ტრანსივერი, რომელსაც აქვს ბაზური პროცესორის SPI-ინტერფეისი. ZigBee-ის დასტის რეალიზაციის მთელი დატვირთვა მოდის მოწყობილობების დეველოპერებზე.

როგორც წესი, თანამედროვე სისტემებში, მოწყობილობების ვექტორული მართვისას, CPU-ი მნიშვნელოვნადაა დატვირთული გამოყენების ამოცანებით. ამ შემთხვევაში, უკაბლო სენსორული ქსელის ინტერფეისის რეალიზაციისათვის, უფრო გამოსადეგია 2.16ბ ან 2.16გ სქემები. ZigBee-ის დასტის რეალიზაცია, ხდება სხვა დამატებით მიკროკონტროლერზე, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს დატვირთვას მთავარ – DSPM-ზე. 2.16გ სურათზე გამოსახული სქემა, ეფუძნება ZigBee-ის პროცესორს.

ელექტრომოწყობილობებში ეს არის საუკეთესო გადაწყვეტა, როდესაც საქმე ეხება, სერიული პროდუქციის და არა საცდელი სამრეწველო ნიმუშების შექმნას. იმ შემთხვევაში, თუ ძირითად DSPM-ს არ გააჩნია სპეციალური მოთხოვნა სწრაფ მუშაობაზე, მაშინ FC (Frequency Converter)-ის მართვა შესაძლებელია 2.15 სქემის მიხედვით. ასეთ შემთხვევაში, სისტემის კონტროლი ხორციელდება ერთი მიკროსქემით. მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი გადაწყვეტა შეიძლება რეკომენდირებული იყოს შედარებით მარტივი მოწყობილობების სისტემებისათვის. ზოგიერთი მოდიფიკაციის ZigBee-ის მზა მოდულების გამოყენებისას, FC-ი საერთოდ არ არის საჭირო. (იხ. სურ.2.17).



სურ. 2.17. სიხშირის კონვერტორის მართვის სტრუქტურა, ZigBee-ის მზა მოდულებით

**ZigBee**-ის დასტის რეალიზაცია ხდება მოდულის შიგნით. უკაბელო სენსორულ ქსელში, უკაბელო კავშირის დასამყარებლად აუცილებელია საჭირო მოდულის ინტერფეისის ხელმისაწვდომობა, ქსელის მთავარ მიკროკონტროლერთან. ამ გადაწყვეტით მნიშვნელოვნად მცირდება, უკაბელო სენსორული ქსელის საბოლოო მოწყობილობის შექმნის დრო.

**ZigBee SDK – უკაბელო სენსორული ქსელის ტექნოლოგიების რეალიზაციის და აპარატურული პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების ნაკრები**

**ZigBee**-ის **SDK**-ის და **GUI**-ის საშუალებით ხორციელდება ფიქსური ქსელების კონფიგურაცია. **SDK**-ი ასევე მხარს უჭერს დიაგნოსტიკასა და ქსელების გამართვას.

**ZigBee**-ის უკაბელო სენსორული ქსელების შემუშავება და განვითარება, ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული, ესენია: მდგრადობის ფაქტორი, მასშტაბურობა, წარმოების დანახარჯები, საოპერაციო გარემოს გაცნობა/შესწავლა, ქსელის ტოპოლოგია, აპარატურული შეზღუდვები, ინფორმაციის გადაცემის მოდელი და ენერგომომხმარება.

**ZigBee**-ის მოქნილი არქიტექტურა, მოიცავს ინტელექტუალურ (ჭკვიან) სენსორებს, რომლებიც საჭიროა სხვადასხვა მოწყობილობებს შორის, ინფორმაციის გაცვლისათვის, განსაკუთრებით, მაშინ როდესაც საქმე ეხება უამრავი მოწყობილობის ერთმანეთთან დაკავშირებას. **ZigBee**-ის „თვისებები“ იძლევა საშუალებას, რომ **ZigBee**, უკაბელო კავშირიდან გადავიდეს ტელემეტრიული მონაცემების გადაცემაზე და დისტანციური, დიაგნოსტიკური ხელსაწყოების ინფორმაციის გაცვლაზე.

**IEEE802.15.4/ZigBee**-ის უკაბელო სენსორული ქსელის ტექნოლოგია არის ერთ-ერთი თვითმმართვედი და თვითორგანიზებადი გარემო და არამხოლოდ გარემო პროცესების მონიტორინგის სისტემა. დღევანდელ დღეს, **ZigBee**-ის ტექნოლოგია, არის ერთადერთი ყველაზე გამოცდილი, უკაბელო ტექნოლოგია, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია მონიტორინგის და მართვის ამოცანების გადაჭრა, რომლებიც კრიტიკულნი არიან გადამწოდების მუშაობის დროის მიმართ. **ZigBee**-ის სენსორები ტერიტორიულ



მონაკვეთზე, ქმნიან განაწილებული მონაცემების მიღების, შეკრების, დამუშავებისა და გადაცემის თვითორგანიზებად სისტემას. მის მთავარ მიზანს წარმოადგენს ფიზიკურ გარემოში არსებული ობიექტების პარამეტრების გაზომვა, მართვა და მონიტორინგი. **ZigBee**-ის „კლასიკური“ არქიტექტურა დაფუძნებულია ტიპიურ კვანძზე **RC2200AT-SPPIO**-ზე, რომელიც შეიცავს:

- რადიოტრაქტს;
- **CPU**-ის მოდულს;
- კვების ელემენტს;
- დამატებით სენსორებს.

ტიპიური კვანძის შეიძლება წარმოდგენილ იქნას სამი სახის მოწყობილობით:

1) **ქსელის კოორდინატორი** – უზრუნველყოფს გლობალურ კოორდინაციას, ორგანიზაციას და ქსელის პარამეტრების მონტაჟს; მოითხოვს დიდ მეხსიერებას და დენის წყაროს.

2) **FFD** – უზრუნველყოფს **IEEE802.15.4**-ი სტანდარტის მხარდაჭერას; დამატებითი მეხსიერებით და ენერგომომხმარებით ხდება ქსელის კოორდინირება; ქსელის ყველა ტიპის ტოპოლოგიის მხარდაჭერა, მათ შორის „ფიჭვური“ ქსელის; შეუძლია ქსელის სხვა მოწყობილობებთან კომუნიკაცია.

3) **RFD** – იყენებს **IEEE802.15.4**-ის სტანდარტის გარკვეულ ფუნქციებს. ტოპოლოგიები: «წერტილი-წერტილი», «ვარსკვლავი»; არ ასრულებს კოორდინატორის ფუნქციებს; უკავშირდება ქსელის კოორდინატორს და როუტერს (მარშრუტიზატორს) [24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34].

## თავი 3. ენერგობიექტების მონიტორინგის სისტემა

### 3.1. სისტემის აღწერა

განვიხილოთ უკაბელო სენსორული ქსელის გამოყენება ენერგობიექტების ექსპრეს-დიაგნოსტიკისათვის. ამ მიზნის მისაღწევად, შეიქმნება მცირე ზომის გამზომი მოწყობილობები, რომლებიც უკაბელო სენსორული ქსელის დახმარებით დაუკავშირდებიან ერთმანეთს და ამ გზით გადაცემენ ერთმანეთს გაზომილი შედეგების მნიშვნელობებს.

ზემოთნათქვამიდან ნათლად ჩანს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია ენერგეტიკაში სწორი და წარმატებული მუშაობისათვის საყვანძო პარამეტრების ექსპრეს-ანალიზი და მათი კონტროლი. **გასაზომი წერტილების სიმრავლე წარმოშობს აუცილებლობას შეიქმნას სპეციალური მოწყობილობა უკაბელო სენსორული კავშირის განვითარებისთვის, რომელიც უზრუნველყოფს სასურველ ადგილას საჭირო ინფორმაციის მიწოდებას, ადამიანის თითოეულ გასაზომ წერტილში, მუდმივი სტუმრობისა და ადგილზე გაზომვების ჩატარების გარეშე, რაც უფრო ეფექტურს გახდის ამა თუ იმ საწარმოს საქმიანობას.**

ამ იდეის საფუძველზე, გრაფიკულ პროგრამა **EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor)**-ში მოხდება ხუთი მცირე ზომის პლატის ტრასირების დაპროექტება. ეს ხუთი პლატა არის: ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების, დახრილობის გამზომი პლატები და ინტერფეის-პლატა. ისინი აღჭურვილი იქნება **ZigBit ATZB-24-A2**-ის მოდულით, რომელშიც ჩაშენებულია **ATmega1281**-ის ტიპის მიკროკონტროლერი და **AT86RF230**-ის ტიპის რადიო მიმღებ-გადამცემი, რისი საშუალებითაც ხორციელდება მონაცემების გადაცემა ქსელში, ყოველგვარი კაბელის გარეშე.

**ტემპერატურის გამზომ პლატას** შეუძლია, მასზე დამონტაჟებული ორი **DS18B20**-ის სენსორის გამოყენებით ჩაატაროს გაზომვები ორ განსხვავებულ გარემოში. პირველი გარემო არის პლატის მდებარეობის ადგილი, ხოლო მეორე გარემოს კი არის ადგილი, სადაც იმყოფება

სპეციალურ სამწვერა კაბელზე მიერთებული მეორე **DS18B20**-ის სენსორი. გაზომილი სიდიდის გამოსახვა ხდება ცელსიუსებში.

**ვიბრაციის გამზომი პლატის** საშუალებით, შესაძლებელია გაზომვების ჩატარება პლატის მდებარეობის ადგილას, და მინიმალური რელაციური ვიბრირების დადგენა.

**აკუსტიკური სიგნალების გამზომ პლატას** კი შეუძლია ხმაურის გამზომი სენსორის დახმარებით **3D** რეჟიმში - **X, Y** და **Z** დერძებზე გაზომოს აკუსტიკური სიგნალების კონფიგურაცია სივრცეში.

**დახრილობის გამზომ პლატას** კი შეუძლია შესაბამისი სენსორის საშუალებით გაზომოს ობიექტის კედლების და ფუნდამენტის მდგომარეობა.

**ინტერფეის-პლატას** უკაბელო ქსელში აქვს კოორდინატორის ფუნქცია, და უკავშირდება ზემოთჩამოთვლილ სენსორულ პლატებს, რომლებიც ამ ქსელში **End Device**-ების როლს ასრულებენ. ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომი პლატები, ანუ **End Device**-ები, უკაბელო ქსელის გამოყენებით, ყოველ საათში, უგზავნიან სენსორების მიერ გაზომილ სიდიდეებს ინტერფეისპლატას, ანუ კოორდინატორს.

სპეციალური **EDD (Express Diagnostics Device)**-ის სქემის, **SPI**-ის დახმარებით ხორციელდება კავშირი **EDD**-სა და ინტერფეის-პლატას შორის. ამ კომუნიკაციაში, მასზედ დამონტაჟებული **ATmega88**-ის ტიპის მიკროკონტროლერი ასრულებს "დაქვემდებარებულის" ფუნქციებს, ხოლო ინტერფეისპლატაზე დამონტაჟებული **ATmega1281** კი – "მთავარის". სადაც, **ATmega88** – ანუ "დაქვემდებარებული" დებულობს ინფორმაციას, რომელსაც ინტერფეის-პლატა – ანუ "მთავარი" აგზავნის, ხოლო მიღებული ინფორმაციის გამოსახვა კი ხდება **ATmega88**-ის 2x16 ზომის **LCD (Liquid Crystal Display)**-ზე. სქემების ექსპლუატაციისათვის, პროგრამა **AVR Studio 4**-ის გამოყენებით დაიწერება სპეციალური პროგრამები. პროგრამირების ენად არჩეულ იქნა **C** ენა.

EDD-სთვის დაიწერება პროგრამა "Slave\_EDD"-ი, რომლის საშუალებითაც ATmega88-ის ტიპის მიკროკონტროლერზე მოხდება SPI-ის გამომყვანების დაპროგრამება ისე, რომ ATmega88 მიკროკონტროლერს SPI-ის კომუნიკაციაში, მიენიჭება "დაქვემდებარებულის"-ის ფუნქცია.

Open MAC-ის სააპლიკაციო პროგრამა Star\_Nobeacon-ში კი გარკვეული ცვლილებისა და კორექტივების შეტანის შედეგად (რომლებიც აუცილებელი იქნება პროექტში გამოყენებული ინტერფეისპლატის, ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომი პლატებისათვის) მიღებული იქნება უკაბელო კავშირის ქსელი. Star\_Nobeacon-ის სააპლიკაციო პროგრამაშივე გაერთიანდნენ ყველა ის პროგრამული კოდები, რომლებიც საჭიროა სენსორული პლატებისათვის, მათზე დამონტაჟებული სენსორების გამოყენებით, გაზომვების შესასრულებლად, ხოლო ინტერფეის პლატისათვის კი პროგრამული კოდი, რომლის საშუალებითაც ინტერფეის პლატა, SPI-ით, EDD-სთან კომუნიკაციისას, ასრულებს "მთავარის" როლს.

პროექტირების შედეგად, მიღებულ იქნა შემდეგი სურათი: EDD-ებზე, იგივე ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომ პლატებზე დამონტაჟებული, შესაბამისი სენსორების მიერ წარმოებული გაზომვების შედეგები, უკაბელო ქსელის საშუალებით გადაეცემა კოორდინატორს, ანუ – ინტერფეისპლატას, რომლისგანაც SPI-ის გამოყენებით ინფორმაცია იგზავნება "დაქვემდებარებულზე" ანუ – EDD-ზე (ATmega88), რომლის დისპლეიზეც ხდება ამ ინფორმაციის გამოსახვა.

განხილულია ATmega88 და ATmega1281 მიკროკონტროლერებზე დაფუძნებული სისტემა, რომლის საშუალებითაც ვლერობობთ მრავალარხიან გამზომ მოწყობილობას. გამზომ პლატებს წარმოადგენენ ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომი პლატები, ხოლო ინტერფეის პლატა კი იღებს მონაცემებს თითოეული ზემოთხსენებული სენსორული პლატისაგან და SPI-ის საშუალებით აგზავნის EDD-ზე. EDD-ზე დამონტაჟებულია ATmega88 მიკროკონტროლერი,

ხოლო დანარჩენი პლატები კი იყენებენ **ATmega1281** მიკროკონტროლერს, რომელიც ჩამონტაჟებულია **ZigBit ATZB-24-A2** მოდულში. პროექტის პროგრამული უზრუნველყოფის ძირითადი ნაწილი, აგებულია **MAC**-ზე, რომელიც რეკომენდირებულია **MeshNetics**-ის მიერ. იგი გათვალისწინებულია "თანასწორული" და ვარსკვლავური ტოპოლოგიების ქსელისათვის. ამ პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით მოხდა უკაბელო ქსელის განვითარება სენსორულ პლატებს შორის.

### სისტემის აღწერა

სისტემაში გამოყენებულია ერთი **EDD**-ი (რომელზეც დამონტაჟებულია **ATmega88**) და ხუთი მცირე ზომის პლატა. რომელთაგან ერთი გამოიყენება ტემპერატურის, მეორე – ვიბრაციის, მესამე – აკუსტიკური სიგნალების და მეოთხე – დახრილობის გასაზომად, მეხუთე ინტერფეის-პლატა კი ასრულებს კოორდინატორის ფუნქციას. ეს ხუთი პლატა ქმნის უკაბელო სენსორულ ქსელს, რომელშიც კავშირი ხორციელდება თითოეულ პლატაზე დამონტაჟებული **ZigBit ATZB-24-A2**-ის მოდულის დახმარებით. იგი უზრუნველყოფს ინფორმაციის გაცვლას ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომ პლატებსა და ინტერფეის-პლატას შორის.

ინტერფეის-პლატიდან მონაცემების გადაცემა ხდება **EDD**-ზე, ბრტყელი 10 წვერიანი კაბელის საშუალებით, რომელიც მოიცავს **Vcc**-ის, **GND**-ის და **SPI**-ის ინტერფეისის სიგნალებს. სწორედ **EDD**-ის (**ATmega88**) დისპლეი გამოიყენება გაზომვების შედეგების წასაკითხად. ტემპერატურის, ტენიანობის და დახრილობის გაზომვა ხდება შესაბამისად სენსორების დახმარებით, რომლებიც სავსებით საკმარისია ენერგობიექტებზე შესაბამისი ფიზიკური სიდიდეების მნიშვნელობების აღსაწერად. საბოლოო ჯამში, სტრუქტურულად, სისტემა ასე გამოიყურება (სურ. 3.1).



სურ. 3.2. სისტემის სტრუქტურული სქემა

### SPI ინტერფეისი

SPI-ი არის მონაცემთა სინქრონული სერიალური რგოლი. მისი საშუალებით, მოწყობილობებს შორის კომუნიკაცია ხორციელდება მთავარი/დაქვემდებარებულის რეჟიმში, სადაც „მთავარი“ მოწყობილობა განაგებს მონაცემთა აგებულებას. ამ ინტერფეისში შესაძლებელია მრავალი „დაქვემდებარებული“ მოწყობილობის გამოყენება, რომელთა განსხვავებაც შესაძლებელია **slave select (chip select)** ხაზით. ვინაიდან SPI-ი შედგება ოთხი ხაზური სიგნალისგან, მას ხშირად უწოდებენ "ოთხ ხაზიან" სერიულ ინტერფეისს. (იხ. სურ. 3.2).



სურ. 3.2. SPI-ი, ერთი მთავარი და ერთი დაქვემდებარებული

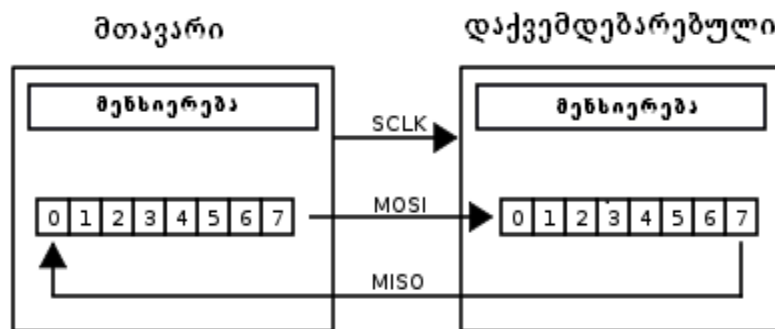
SPI-სთვის დამახასიათებელია ოთხი ლოგიკური სიგნალი:

- **SCLK – Serial Clock** (გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“);
- **MOSI – Master Out Slave In** (გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“);
- **MISO – Master In Slave Out** (გამოსასვლელი სიგნალი დაქვემდებარებულიდან);
- **SS – Slave Select** (active low, გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“).

SPI-ში კომუნიკაციის წამოწყება „მთავარს“ და „დაქვემდებარებულს“ შორის ხდება „მთავარი“ მოწყობილობის ინიციატივით. „მთავარი“ მოწყობილობის საშუალებით ხდება **clock**-ის კონფიგურაცია, რომლის სიდიდეც უნდა იყოს ნაკლები ან ექვივალენტური „დაქვემდებარებული“ მოწყობილობის მაქსიმალური სიხშირისა. ეს სიხშირე საშუალოდ მერყეობს 1-70 მჰც-ს შორის. თითოეული **SPI-clock**-ის ციკლის დროს, მონაცემთა გადაცემის მიმდევრობა შემდეგნაირია:

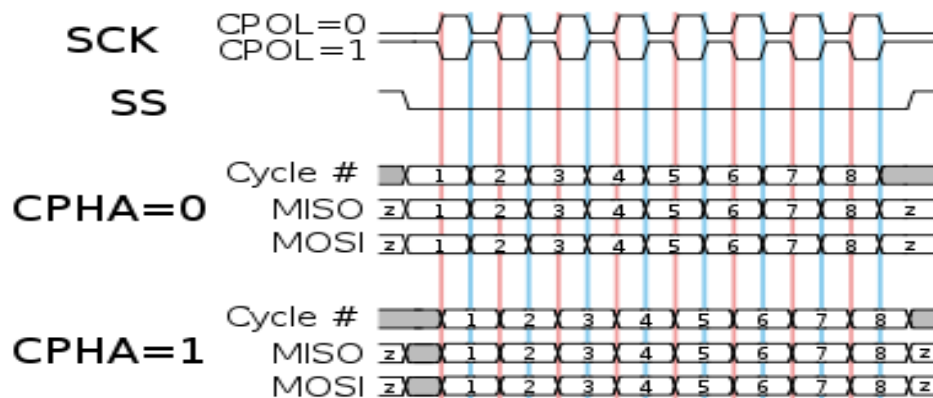
- „მთავარი“ მოწყობილობა აგზავნის ბიტს **MOSI**-ის ხაზზე, ხოლო „დაქვემდებარებული“ მოწყობილობა კი კითხულობს ამ ბიტს იგივე ხაზიდან.
- „დაქვემდებარებული“ მოწყობილობა აგზავნის ბიტს **MISO**-ის ხაზზე, ხოლო „მთავარი“ მოწყობილობა კი კითხულობს ამ ბიტს იგივე ხაზიდან.

როგორც წესი, მონაცემთა გადაცემა ხდება ორ რეგისტრში, ერთი „მთავარის“ და ერთი „დაქვემდებარებულის“, რომლებიც შედგება რვა ბიტისაგან. ამ რეგისტრებიდან პირველ რიგში გადაიცემა ყველაზე მაღალი ბიტი, ანუ მეშვიდე ბიტი შემდეგ მეექვსე, მეხუთე და ა.შ. მას შემდეგ, რაც რეგისტრებიდან ყველა რვა ბიტის გადაცემა დასრულდება, ხდება „მთავარი“ და „დაქვემდებარებული“ რეგისტრის მნიშვნელობების შეცვლა. ციკლში მონაცემთა გადაცემა შესაძლებელია უსასრულოდ. ხოლო როცა ყველა მონაცემი გადაცემულია, მაშინ „მთავარი“ მოწყობილობა აკეთებს „დაქვემდებარებული“ მოწყობილობის "დესელექტს". (იხ. სურ. 3.3).



სურ. 3.3. მონაცემთა გადაცემის რეგისტრები

ხოლო დროითი დიაგრამა კი შემდეგი სახისაა (იხ. სურ. 3.4), სადაც, CPOL (Clock Polarity) არის საათის პოლარობის კონფიგურაცია, ხოლო CPHA (Clock Phase) საათის ფაზის კონფიგურაცია.



სურ. 3.4. დროითი დიაგრამა საათის პოლარობითა და ფაზით

### ZigBit მოდული

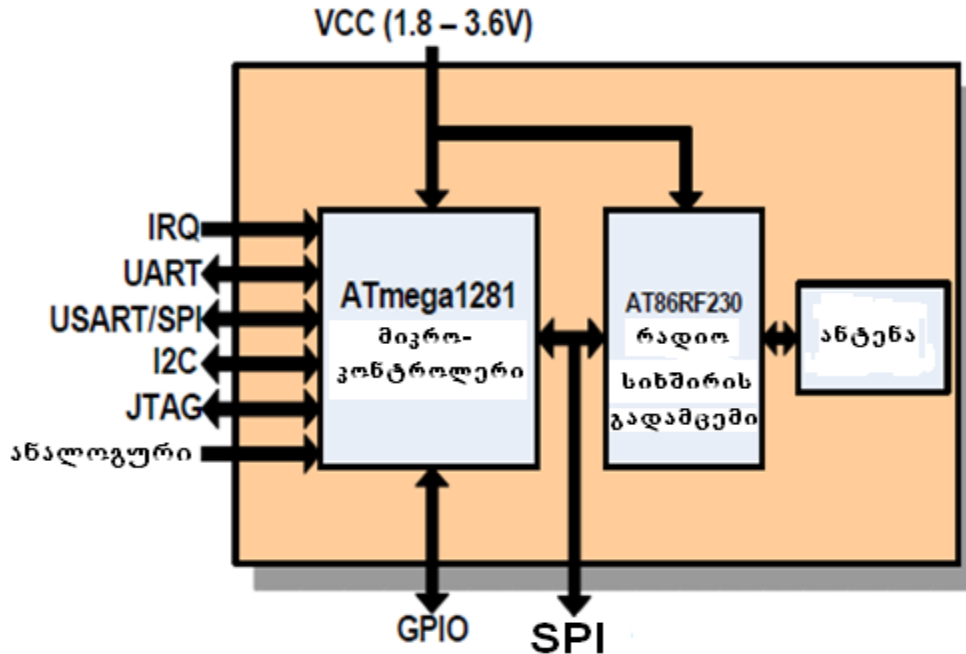
ZigBit-ის მოდული დუალური ანტენის ჩიპით წარმოადგენს საუკეთესო მოდულს IEEE 802.15.4/ZigBee-ის კლასში. იგი არის კვადრატულ დიუმიანი მოწყობილობა, რომელსაც შეუძლია უკაბელო კავშირის გზით, მონაცემთა მართვის სისტემებისათვის, უამრავი ფუნქციის შესრულება.

ATmega1281-ის მიკროკონტროლერზე და ATMEL-ის AT86RF230-ის მიმღებ-გადამცემით, ZigBit-ის ეს ვერსია, მომხმარებელს სთავაზობს შესანიშნავ რადიო წარმადობას. ZigBit-ის მოდული აგებულია უახლეს Atmel 802.15.4-ის მოწყობილობის პლატფორმაზე, რომელსაც გააჩნია 8კბ-იანი RAM (Random-Access Memory)-ი და 128კბ-იანი ფლეშ მეხსიერება. ZigBit-ის AT86RF230 RF-ის ძირითადი ტექნიკური მახასიათებ-ლებია:

- სამუშაო ძაბვა: 1.8 - 3.6ვ
- სიხშირული დიაპაზონი: 2.400 - 2.483გჰც
- ელექტროენერგიის მოხმარება: მიღების რეჟიმში 19მა და  
გადაცემის რეჟიმში 18მა
- არხების რაოდენობა: 16
- მონაცემის გადაცემის სიჩქარე: 250კბ/წმ-ში
- მაშტაბი: 24.0 x 13.5 x 2.0მმ



ZigBit ATZB-24-A2-ის მოდულის ბლოკ-სქემას შემდეგი სახე აქვს (იხ. სურ. 3.5):



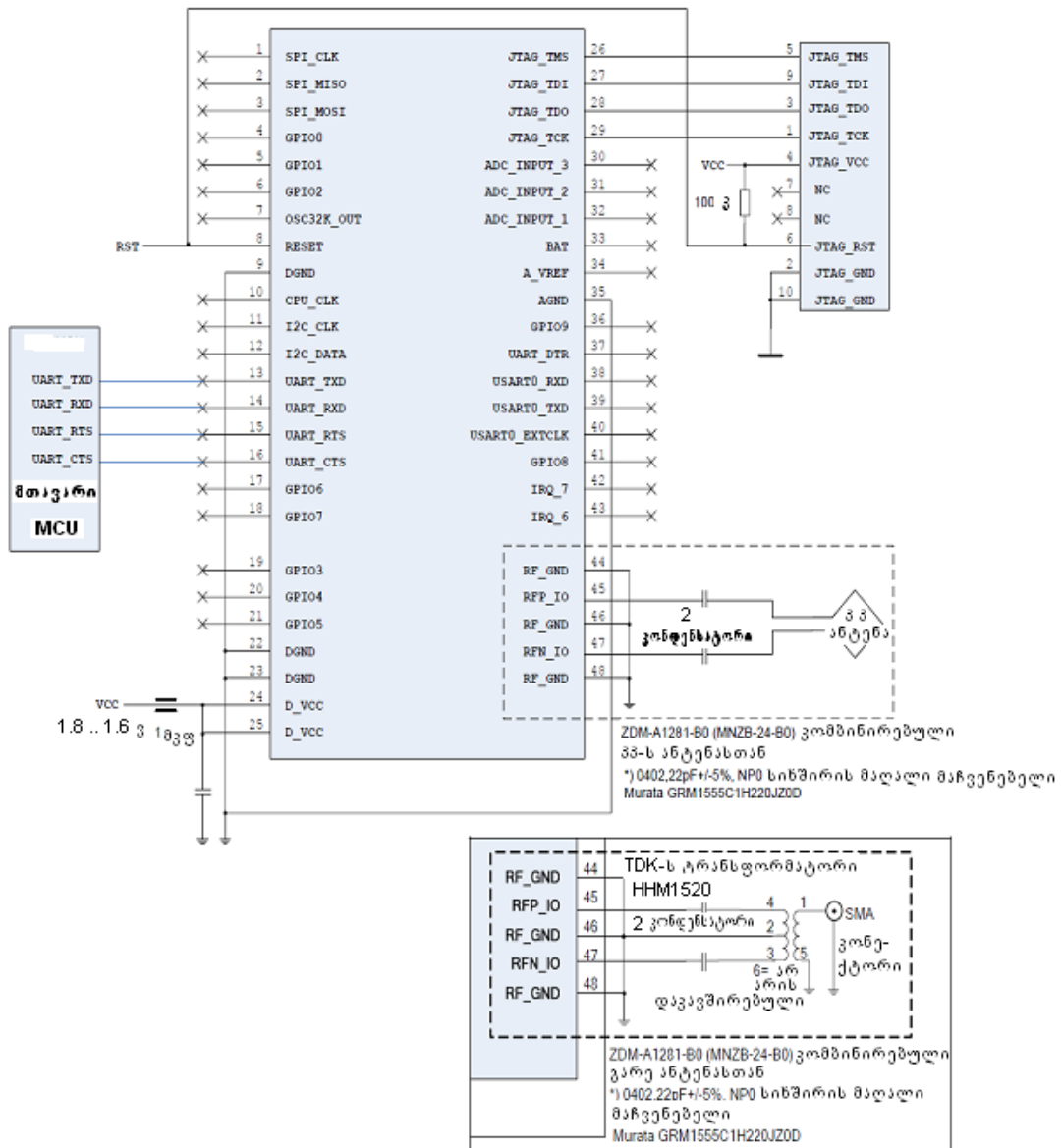
სურ. 3.5. ZigBit ATZB-24-A2 მოდულის ბლოკ-სქემა

რეკომენდირებული გარე მოწყობილობებია:

- JTAG ინტერფეისი;
- UART-ი, CTS/RTS (Request to Send and Clear to Send, flow control signals)-თან ერთად;
- USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver /Transmitter) /SPI, I<sup>2</sup>C;

ZigBit ATZB-24-A2 მოდულის პროექტირებისას, გამოყენებული უნდა იყოს შემდეგი სამონტაჟო სქემა (იხ. სურ. 3.6):

ამას გარდა, პროექტში გამოიყენება შემდეგი გამომყვანები SPI-ის კომუნიკაციისათვის – UART0\_RXD, UART0\_TXD, UART0\_EXTCLK და GPIO8 (General Purpose Input/Output); დილაკებისათვის – IRQ\_7 (Interrupt Request) და IRQ\_6; ხოლო LCD-ებისთვის – GPIO 0, GPIO 1 და GPIO 2.



სურ. 3.6. ZigBit ATZB-24-A2 მოდულის სამონტაჟო სქემა

### 3.2. სისტემის გადამწოდები (სენსორები)

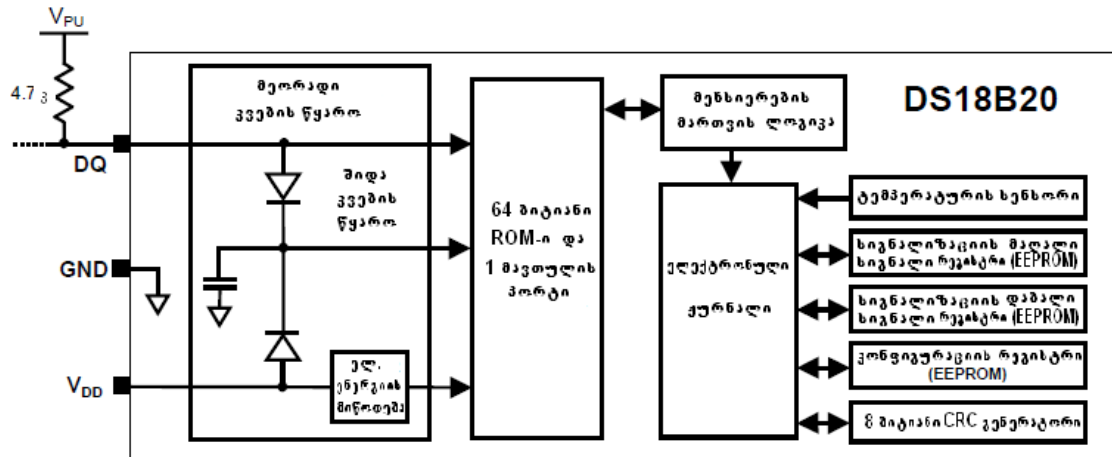
სენსორი, ანუ გადამწოდი არის მგრძობიარე ელემენტი, რომელიც ატარებს განსაზღვრული ფიზიკური ან ქიმიური სიდიდის მახასიათებელს, რომელიც შემდეგში ელექტრულ სიგნალად გარდაიქმნება. განვიხილოთ პროექტში გამოყენებული თითოეული სენსორი:

#### DS18B20

**DS18B20** წარმოადგენს ტემპერატურის გამზომ სენსორს, რომელიც შექმნილია ფირმა **MAXIM**-ის მიერ. მისი სამუშაო ძაბვა შეადგენს 3.0 ვ-დან 5.0 ვ-მდე. გასაზომი ტემპერატურის დიაპაზონი კი მოქცეულია  $-55^{\circ}\text{C}$ -სა და  $+125^{\circ}\text{C}$ -ს შორის. შეცდომის ალბათობა კი, როცა ტემპერატურა მერყეობს -

10°C-დან +85°C-მდე არის მხოლოდ  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ . სენსორის კომუნიკაციისთვის, ცენტრალურ მიკროპროცესორთან, საჭიროა მხოლოდ ერთი გამომყვანი ამ მიკროპროცესორის პორტზე. სენსორს გააჩნია სამი გამომყვანი (იხ.სურ. 3.7):

- 1 – GND (დამიწება);
- 2 – DQ (მონაცემთა შესასვლელ/გამოსასვლელი);
- 3 – V<sub>DD</sub> (კვების წყარო);



სურ. 3.7. DS18B20 სენსორის ბლოკ-სქემა

სენსორის თვისებიდან გამომდინარე, ტემპერატურის სიდიდე გარდაიქმნება ელექტრულ სიდიდედ. ამ სიდიდეთა ურთიერთდამოკიდებულება კი მოცემულია შემდეგ ცხრილში, რომელიც გამოიყენება ტემპერატურის გამზომი სქემის პროგრამული უზრუნველყოფისათვის. (იხ. ცხრ. 1).

ტემპერატურა	ციფრული გამოსასვლელი (ორბითი)	ციფრული გამოსასვლელი (თექვსმეტობითი)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

ცხრ. 1. ტემპერატურის და ციფრული სიდიდის დამოკიდებულება

### HAUBER 648

**HAUBER 648**-ი არის მრავალფუნქციური ვიბრაციის სენსორი, გამოიყენება 4-20 მა დენის დიაპაზონით. მისი სიხშირეების დიაპაზონია: 5ჰც - 1კჰც (ვიბროსიჩქარე) ხოლო 100 ჰც - 6 კჰც (ვიბროაჩქარება). **HAUBER 648**-ის სენსორის სამუშაო ძაბვა შეადგენს 24ვ-ს. (იხ. სურ. 3.8).



სურ. 3.8. HAUBER 648 სენსორი

### DFRobot DFR0034

**DFRobot DFR0034**-ი არის აკუსტიკური სიგნალების გამზომი სენსორი. ინტერფეისის ტიპი: ანალოგური. მისი სამუშაო ძაბვა შეადგენს 5ვ-ს.

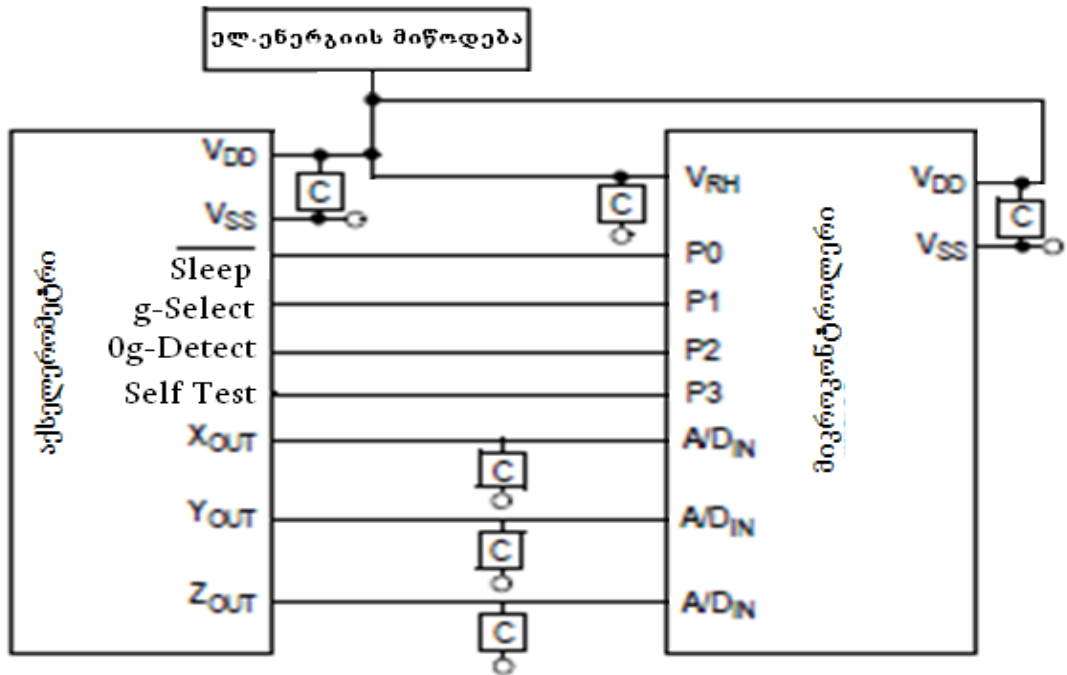


სურ. 3.9. DFRobot DFR0034 სენსორი

### MMA7361L

**MMA7361L**-ი წარმოადგენს ძალიან მცირე ზომის **MEMS** ტიპის აჩქარების გამზომ სენსორს, რომელიც შექმნილია ფირმა **Freescale Semiconductor**-ის მიერ. თუმცა იგი სისტემაში გამოიყენება ადგილმდებარეობის დახრილობის 3D გაზომვებისთვის X, Y და Z ღერძებზე. მისი სამუშაო ძაბვა არის 2.2ვ-დან 3.6ვ-მდე. ნებისმიერ ღერძზე გასაზომი თავისუფალი ვარდნის აჩქარების დიაპაზონის მაქსიმუმი მნიშვნელობა აღწევს  $\pm 5000g$ -ს. ხოლო სენსორის მგრძობაირობის განსაზღვრა შესაძლებელია **g-Select**-ის გამოი-

ყვანზე ბიტის სიდიდის არჩევით. იმ შემთხვევაში თუ ავირჩევთ 1-ს, მაშინ მისი მგრძნობიარობა იქნება  $\pm 6g$ -ი, ხოლო თუ დავტოვებთ 0-ს, მაშინ მგრძნობიარობა ტოლი იქნება  $\pm 1,5g$ -ი. სენსორს გააჩნია 14 გამომყვანი, რომლიდანაც ხუთი არ არის საკონტაქტო, დანარჩენები კი საჭიროებს მიერთებას (იხ. სურ. 3.10).



სურ. 3.10. MMA7361L სენსორის ბლოკ-სქემა

ეს საკონტაქტო გამომყვანებია:

- 1 - N/C (No Internal Connection) (არ არის შიდა კავშირი);
- 2 - X<sub>OUT</sub> (X direction output voltage) (X მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
- 3 - Y<sub>OUT</sub> (Y direction output voltage) (Y მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
- 4 - Z<sub>OUT</sub> (Z direction output voltage) (Z მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
- 5 - V<sub>SS</sub> (Power Supply Ground) (კვების წყაროს დამიწება);
- 6 - V<sub>DD</sub> (Power Supply Input) (კვების წყაროს შესასვლელი);
- 7 -  $\overline{\text{Sleep}}$  (Logic input pin to enable product or Sleep Mode) (ლოგიკური შესასვლელი ჩართვისათვის ან „ძილის“ რეჟიმისთვის);
- 8 - N/C (No Internal Connection) (არ არის შიდა კავშირი);
- 9 - 0g-Detect (Linear Freefall digital logic output signal) (ხაზოვანი თავისუფალი ვარდნის ციფრული ლოგიკური გამომავალი სიგნალი);

10 - **g-Select** (Logic input pin to select g level) (ლოგიკური შესასვლელი g-ის დონის ასარჩევად);

11 - **N/C** (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოუყენებელი გამომყვანი);

12 - **N/C** (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოუყენებელი გამომყვანი);

13 - **Self Test** (შემავალი კონტაქტი თვითტესტირებისთვის).

14 - **N/C** (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოუყენებელი გამომყვანი);

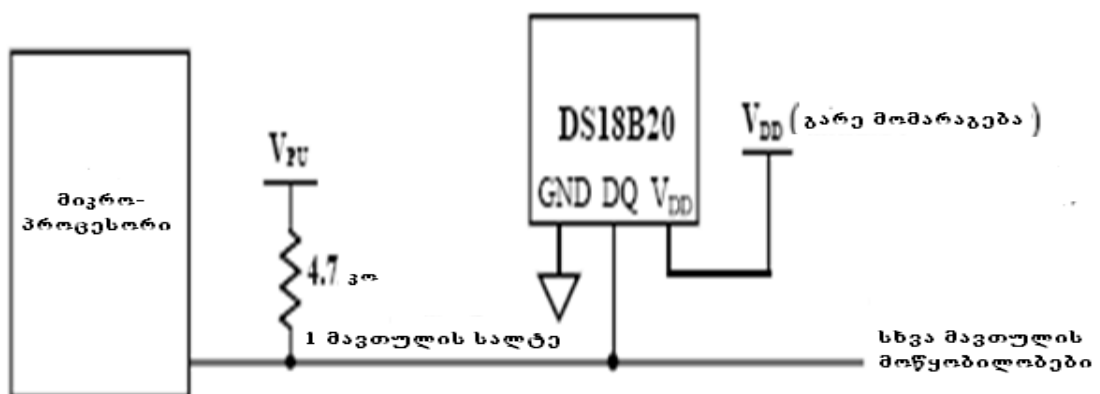
### 3.3. სისტემის ლოკალური ქსელი და მისი პროგრამული

#### უზრუნველყოფა

ამ თავში აღწერილია ყველა ის სქემა, რომელიც გამოიყენება სენსორული სიგნალების უკაბელო გადაცემისას. კერძოდ, **S1(Core)** და ოთხი პლატა. ესენია: ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალებისა და დახრილობის გამზომი პლატები და **S1**-თან მაკავშირებელი პლატა, ანუ ინტერფეის-პლატა.

#### ტემპერატურის გამზომი პლატა

ტემპერატურის გამზომი **DS18B20**-ის სენსორის აღწერილობაში ნათლად არის მოცემული, თუ როგორ უნდა მოხდეს ამ სენსორის სქემაზე დაგეგმარება, როდესაც იგი იკვებება კვების გარე წყაროთი. მის სამონტაჟო სქემას გრაფიკულად, შემდეგი სახე აქვს (იხ. სურ 3.11):

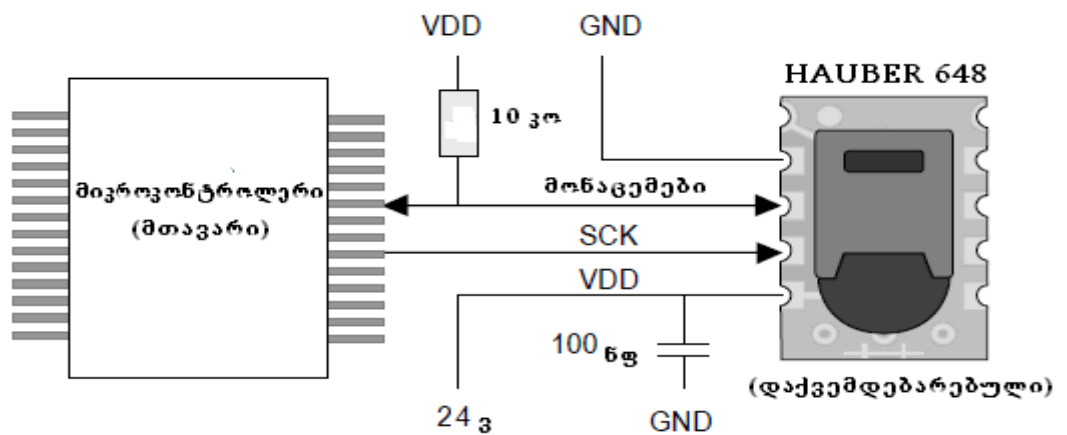


სურ. 3.11. DS18B20 სენსორის სამონტაჟო სქემა

თითოეული პლატის შექმნისათვის გამოყენებული იქნება **EAGLE 5.6.0.**-ის ვერსია. თითოეული სენსორული პლატის კვება წარმოებს **CR2032**-ის ტიპის ბატარეადან. კვების მიწოდების კონტროლი კი ხდება მცირე ზომის გადამრთველის საშუალებით. ტემპერატურის გაზომვისთვის, პლატაზე დამონტაჟებულია ორი **DS18B20**-ის სენსორი. ერთი ემსახურება ტემპერატურის გაზომვას, პლატის მდებარეობის ადგილას, ხოლო მეორე, იძლევა ტემპერატურის გაზომვის საშუალებას, სპეციალური კაბელის დახმარებით. მაგალითად, თუ გვინდა გავიგოთ იმ ოთახის ტემპერატურა სადაც ჩვენ ვიმყოფებით და როგორი ტემპერატურაა გარეთ, მაშინ უშუალოდ პლატაზე დამონტაჟებული სენსორით შეგვიძლია გავზომოთ ტემპერატურა ოთახში. ხოლო სენსორი, რომელიც პლატასთან დაკავშირებულია კაბელით დავამაგ-როთ ოთახის ფანჯრის გარეთ და გავზომოთ გარე ტემპერატურა.

#### ვიბრაციის გამზომი პლატა

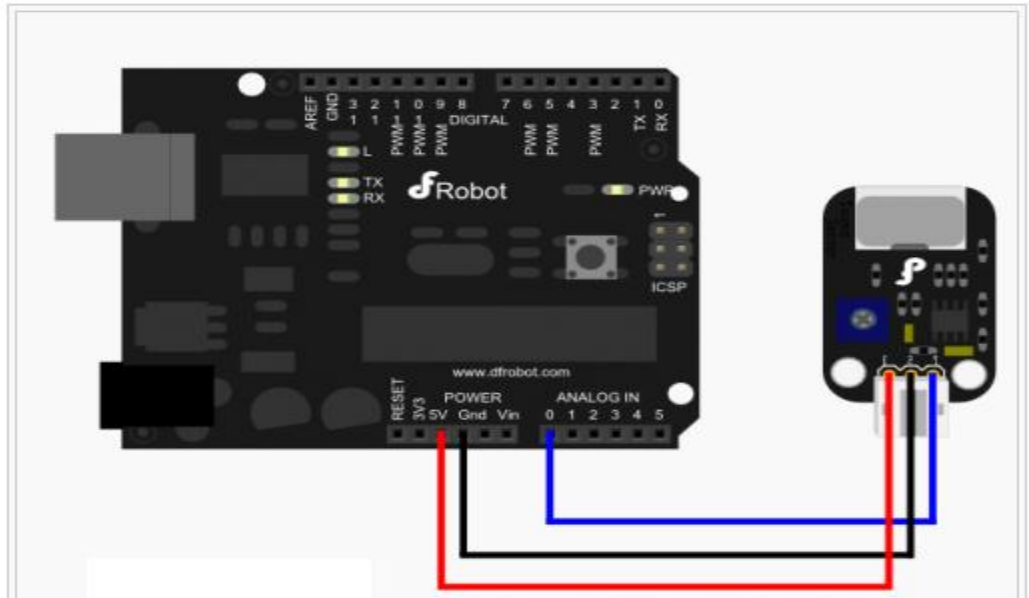
ვიბრაციის გამზომი პლატის **HAUBER 648**-ის ელექტრული ჩართვის სქემის შექმნა ნაჩვენებია სურ. 3.12-ზე. ამ პლატისთვისაც კვების წყარო არის **CR2032**-ის ტიპის ბატარეა. მისი რეგულირებაც ხდება ასევე გადამრთველის დახმარებით.



სურ. 3.12. HAUBER 648 სენსორის სამონტაჟო სქემა

#### აკუსტიკური სიგნალების გამზომი პლატა

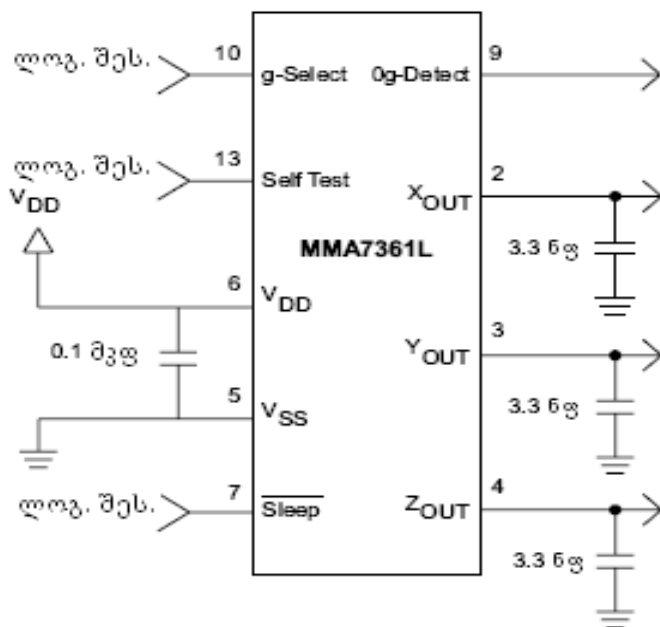
აკუსტიკური სიგნალების გამზომი პლატის **DFRobot DFR0034**-ის ელექტრული ჩართვის სქემა ნაჩვენებია სურ. 3.13-ზე.



სურ. 3.13. DFRobot DFR0034 სენსორის სამონტაჟო სქემა

### დახრილობის გამზომი პლატა

დახრილობის გამზომი MMA7361L-ის სენსორის აღწერილობის მიხედვით სქემის დაგეგმარება უნდა მოხდეს შემდეგნაირად (იხ.სურ. 3.13).



სურ. 3.14. MMA7361L სენსორის სამონტაჟო სქემა

### S1-სთან მაკავშირებელი პლატა (ინტერფეისპლატა)

ინტერფეისპლატა გამოიყენება უკაბელო სენსორული ქსელიდან მოპოვებული სენსორული სიგნალების S1-ზე გადასაცემად. ამ პლატასაც,



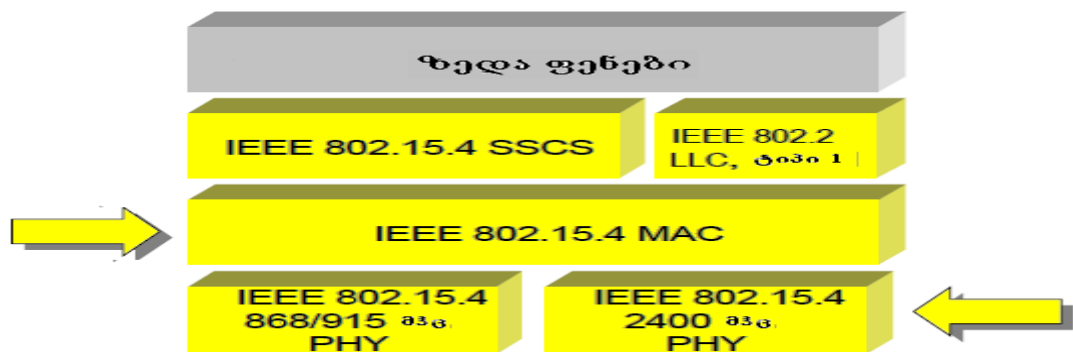
როგორც ზემოაღნიშნულ პლატებს, გააჩნიათ ქვედა მხარეზე დამონტაჟებული ZigBit-ის მოდული, რომლის საშუალებითაც იგი უკავშირდება დანარჩენ 4 სენსორულ პლატას. იგი, ამ უკაბელო ქსელში ასრულებს კოორდინატორის ფუნქციას. გარდა ამისა, ინტერფეისპლატა 10-წვერიანი ბრტყელი კაბელის საშუალებით უკავშირდება S1-ს, რომლისგანაც იგი იკვებება 5ვ სიდიდის ძაბვით. ვინაიდან ZigBit-ის მოდულის კვებისათვის საჭიროა 3,3ვ სიდიდის ძაბვა და ამ პლატას კი არ გააჩნია დამატებითი კვების წყარო, კერძოდ კი ბატარეა CR2032-ი, რომელიც ოთხივე სენსორულ პლატაზეა გამოყენებული, ამიტომ ინტერფეისპლატაზე ZigBit-ის მოდულის 3,3ვ-ით მომარაგებისათვის, დამონტაჟებულია ძაბვის მარეგულირებელი LF33CV-ი, რომელიც 5ვ ძაბვას გარდაქმნის 3,3ვ ძაბვად.

**პროგრამული უზრუნველყოფა**

პროექტის პროგრამული უზრუნველყოფა შედგება ორ ნაწილისაგან: OpenMAC-ის სპეციალურ სააპლიკაციო პროგრამის Star\_Nobeacon-გან, რომელშიც გაერთიანებულია პროგრამული კოდები ინტერფეისპლატისა და ყველა სენსორულ პლატებისათვის, და S1-სთვის დაწერილ Slave\_S1 პროგრამისგან.

**Open MAC**

ზემოაღნიშნული ZigBit-ის მოდულების სქემებს შორის უკაბელო სენსორული კავშირის განხორციელებისთვის, ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომ პლატებსა და ინტერფეის-პლატას შორის ინფორმაციის გაცვლისათვის, გამოყენებულ იქნა Open MAC-ი (სურ. 3.14).



სურ. 3.15. IEEE 802.15.4-ის არქიტექტურა

Open MAC-ის მრავალი აპლიკაციებიდან პროექტისათვის გამოყენებულ იქნა აპლიკაცია **Star Nobeacon**, რომელიც გამოიყენებს ორ კვანძს: PAN-ის კოორდინატორს და **End Device**-ებს.

#### აპლიკაცია **Star\_Nobeacon**

**Star\_Nobeacon** არის **OpenMAC**-ის ერთ-ერთი აპლიკაცია. სახელიდან გამომდინარე ნათლად ჩანს, რომ ეს აპლიკაცია განკუთვნილია ე.წ. "ვარსკვლავური" ტოპოლოგიისთვის. პროექტში გვაქვს, ერთი **PAN-კოორდინატორი** და ოთხი **End Device**-ი. **PAN-კოორდინატორის** როლს ასრულებს ინტერფეის-პლატა. ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომი პლატები კი წარმოადგენენ **End Device**-ებს. **Star\_Nobeacon**-ის სააპლიკაციო პროგრამა მოითხოვს თითოეულ პლატაზე დამატებით სამ შუქდიოდს, სასურველია რომ ისინი იყოს სხვადასხვა ფერის. ჩვენს შემთხვევაში აღებულია მწვანე, ყვითელი და წითელი შუქდიოდები.

პლატაზე ამ სააპლიკაციო პროგრამის გაშვების შემდეგ ინთება მწვანე **LED (Light-Emitting Diode)**-ი, შემდეგ მოწყობილობა 12 წამის განმავლობაში ეძებს ქსელს, რა დროის განმავლობაშიც ყვითელი **LED**-ი ციმციმებს. თუ ქსელი ვერ მოიძებნა მაშინ მოწყობილობა იღებს კოორდინატორის ფუნქციას, ხოლო ყვითელი **LED**-ი გადადის მუდმივი ნათების რეჟიმში. ქსელის მოძებნის შემთხვევაში კი წითელი **LED**-ი იწყებს ციმციმს 2 წამის ტაქტით, ხოლო პლატა კი ითვისებს **End Device**-ის მნიშვნელობას და იწყებს მონაცემების მიწოდებას კოორდინატორისათვის. ვინაიდან, ეს სააპლიკაციო პროგრამა წარმოადგენს სტანდარტულ პროგრამას სხვადასხვა პლატფორმებისთვის, საჭიროებამ მოითხოვა გარკვეული ცვლილებების განხორციელება პროგრამის დეკლარაციის ნაწილში. კერძოდ კი მოცემულ ფაილებში შემდეგი ნაწილების დამატება. ესენია:

#### პროგრამის მთავარი ანუ "**Main**" ნაწილი

**Star\_Nobeacon** პროგრამის მთავარ ნაწილში ხორციელდება პროექტისთვის დაწერილი იმ ქვეპროგრამების გამოძახება, რომლებიც საჭიროა

ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გაზომვისათვის და "მთავარიდან", ანუ ინტერფეის-პლატიდან "დაქვემდებარებულზე", ანუ S1-ზე, მონაცემების გაგზავნისათვის. გარდა ამისა, პროგრამის მთავარ ნაწილში, უნდა მოხდეს IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)-ის სტანდარტის მისამართის ჩაწერა EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)-ის რეგისტრში. ამისათვის, უნდა გამოვიძახოთ Debugging-ის რეჟიმი, სადაც შესაძლებელია რეგისტრებში მონაცემების ხელით ჩაწერა.

### მოდული „Temperature“

მოდული "Temperature" შექმნილია DS18B20-ის სენსორის მიერ ტემპერატურის გაზომვისთვის. ფუნქციის დასაწყისში ხდება მიკროკონტროლერ ATmega1281-ის იმ გამომყვანზე ბიტის დასმა, რომელთანაც დაკავშირებულია DS18B20-ის სენსორის DATA-ის სიგნალი. ამის შემდეგ, კი ციკლში ხდება გაზომილი მონაცემების ამოკითხვა და მთელი ქვეპროგრამის გამოძახება. ქვეპროგრამის გამოძახება ციკლში, ემსახურება იმას, რომ სენსორის მიერ შესრულებული გაზომვები არ იყოს ერთჯერადი.

### მოდული Display\_Init

ამ მოდულში ხდება ორი ქვეპროგრამის გამოძახება: USART\_Init() და Umrechnung\_DS18B20\_Buffer() ქვეპროგრამებისა. პირველი ქვეპროგრამის საშუალებით ხდება "მთავარის" ინიციალიზაცია SPI-ის კომუნიკაციაში, ხოლო მეორე ქვეპროგრამის გამოძახებით ხდება ნებისმიერი სენსორული პლატის მიერ გაზომილი სიდიდის სპეციალურ ბუფერში გადატანა, რომლიდანაც შემდეგში მონაცემები გადაიგზავნება კიდევ ერთ სპეციალურ ბუფერში, და შემდეგ უკვე ამ უკანასკნელიდან S1-ის დისპლეიზე.

### მოდული Buffer\_Send

ეს მოდული ემსახურება "მთავარიდან", ანუ ინტერფეის-პლატიდან S1-ზე, ანუ "დაქვემდებარებულზე" მონაცემების გადაგზავნას. თითოეული გაგზავნილ ბიტს შორის დროითი ინტერვალი არის 20მკწ-ი. ქვეპროგრამის

გამოძახება ხდება `display_data()` ქვეპროგრამის საშუალებით. მოდულის კოდი და ბლოკ-სქემა შემდეგნაირად გამოიყურება:

### პროგრამა `Slave_S1`

პროექტის მიზნის მისაღწევად, დამატებით, `S1`-თვის დაიწერა პროგრამა `Slave_S1`-ი. ამ პროგრამის საშუალებით `S1`, `SPI`-ის კომუნიკაციაში ასრულებს "დაქვემდებარებულის" როლს. ამასთან ერთად, `S1`-ის დისპლეიზე ხდება "მთავარის" მიერ გამოგზავნილი ინფორმაციის ასახვა.

### პროგრამის მთავარი ანუ `"Main"` ნაწილი

პროგრამის მთავარ ანუ `"Main"` ნაწილში ხდება ბლოკ-სქემაზე ასახული ქვეპროგრამების გამოძახება, კერძოდ კი `S1`-ზე დამონტაჟებულ მიკროკონტროლერ `ATmega88`-ზე, `SPI`-ის გამომყვანების ინიციალიზაციის და დისპლეისტვის განკუთვნილი ქვეპროგრამებისა.

### მოდული `SPI_SlaveInit`

პროგრამის ამ ნაწილში ხდება `S1`-ზე დამონტაჟებულ მიკროკონტროლერ `Atmega88`-ზე, `SPI` კომუნიკაციისთვის საჭირო გამომყვანების კონფიგურაცია. ისე რომ, ამ მიკროკონტროლერმა შეასრულოს "დაქვემდებარებულის" ფუნქცია.

### მოდული `SPI_SlaveReceive`

პროგრამის მოცემულ ნაწილში ხდება `S1`-ის `Atmega88` მიკროკონტროლერის, ანუ "დაქვემდებარებულის" მომზადება "მთავარის" მიერ გამოგზავნილი ინფორმაციის მისაღებად.

### მოდული `Display`

ამ ქვეპროგრამის საშუალებით ხდება "დაქვემდებარებულის" ანუ `S1`-ზე დამონტაჟებული მიკროკონტროლერის `ATmega88`-ის მიერ მოპოვებული ინფორმაციის დისპლეიზე გამოსახვა.

## 3.4. „ინტელექტის“ ჩასაშენებელი კვანძი

„ინტელექტის“ ჩასაშენებელ კვანძი, შორეული ტერმინალებიდან მიღებული აქტუალური ინფორმაციაა, რომელიც არ შეიცავს სემანტიკური სახის დიდი მოცულობის მონაცემებს, მონაცემთა ბაზების დამუშავებისა და

მართვის პროგრამაში – MS Access (Microsoft Access)-ში, სადაც ურთიერთ-დაკავშირებული მონაცემების ერთობლიობა ასახავს კონკრეტული მართვის ობიექტის მდგომარეობას და მასში მიმდინარე პროცესებს.

აღნიშნული მონაცემთა ბაზა, შესაძლოა წარმოვიდგინოთ, როგორც მონაცემთა სათავსო, რომელშიც მომხმარებელი თავს უყრის გადასამუშავებელ მონაცემებს, საიდანაც მათი შემდგომი სინთეზით, ფილტრაციითა და დამუშავებით, მომხმარებელს შესაძლებლობა ეძლევა, დროის გარკვეულ შუალედში მიიღოს მისთვის აუცილებელი ინფორმაცია. აქტიურად გამოიყენება მონაცემთა ბაზის ისეთი მთავარი თვისებები, როგორიცაა:

- მონაცემების შენახვა, განახლება, გადამუშავება, ძიება და მონაცემთა გადაცემა საექსპერტო სისტემიდან, მოთხოვნების შესაბამისად;
- მონაცემთა ბაზის უწყვეტი გაფართოება და მუდმივი განახლება.

მონაცემთა ბაზის ორგანიზება, ბევრად არის დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორ არის რეალიზებული კავშირები მონაცემების ელემენტებსა და შედგენილ ერთეულებს შორის. მონაცემთა ბაზის შექმნის დროს გათვალისწინებულია ყველა არსებული და მომავალში დასაშვები კავშირები, მონაცემთა ბაზის ერთეულებს შორის.

მონაცემთა ბაზის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს ცხრილი, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას ერთი ტიპის მართვის ობიექტებზე. რელაციური მონაცემთა ბაზის ცხრილი შედგება მრავალი სტრიქონისა და სვეტისაგან. თითოეული სტრიქონი შეიცავს ინფორმაციას ერთ დიაგნოსტიკის ერთეულზე. ყველა ჩანაწერს აქვს ერთგვაროვანი სტრუქტურა. იგი შედგება ველებისაგან, რომლებშიც ინახება ობიექტის ატრიბუტები. ყველა ჩანაწერს აქვს იდენტური ველი, ამიტომ ცხრილის თითოეული სვეტი შეიცავს ცხრილში წარმოდგენილი ერთეულების ერთი და იგივე თვისებას. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ერთი და იგივე სვეტის ნებისმიერ უჯრაში, უნდა იყოს ერთი ტიპის მნიშვნელობები. შექმნილი მონაცემთა ბაზა საშუალებას გვაძლევს, სხვა დამოუკიდებელი პლატფორმების გამოყენების გარეშე,

მონაცემთა კონვერტაცია მოვახდინოთ სხვა MS Access-ის პროგრამების პაკეტებთან, და მიღებული ინფორმაცია გამოვიყენოთ პროგრამული კოდისა და ალგორითმის შედგენისას.

მონაცემთა ბაზებში შენახული მონაცემების დამუშავება ხდება სპეციალური პროგრამის გამოყენებით. პროგრამა ასრულებს საზომი მონაცემების დამუშავებას და გამოყენებას. პროგრამის ალგორითმი უზრუნველყოფს ბაზაში არსებული მონაცემების მართვას და ფაქტორული ანალიზის ჩატარებას. მართვის ობიექტის მდგომარეობის შესაბამისად, ალგორითმი ითვალისწინებს ორფაქტორიანი, სამფაქტორიანი და საჭიროების შემთხვევაში ოთხფაქტორიანი ანალიზის ჩატარებას, ფაქტორების გავლენის არსებითობის დადგენას და მათი გავლენის ეფექტის შეფასებას.

შედეგად, „ინტელექტის“ ჩასაშენებელი კვანძი შეძლებს ლატენტური დიაგნოსტიკური პარამეტრების მიღებას და გაანალიზებას, რასაც აქვს ფუნდამენტალური მნიშვნელობა და რაც განსაზღვრავს ასეთი კვანძების აქტუალურობას [35,36,37,38,39].

### 3.5. პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცა –XilinxZynq® –7000

XilinxZynq®-7000-ი – არის პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცის ტიპი, რომელიც ინტეგრირდება ორბირთვიან ARM® Cortex™-A9 MPCore™ პროცესორზე, PS (Processing System)-ის და PL (Programmable Logic)-ის საფუძველზე. ARM® Cortex™-A9 MPCore™-ის პროცესორი, გვევლინება PS-ის ცენტრად, რომელიც ასევე მოიცავს SoC-ზე, მეხსიერების გარე ინტერფეისებს და პერიფერიული მოწყობილობების I/O-ის სიგნალების მდიდარ ნაკრებს. XilinxZynq-7000-ის გამოყენების სფერო არის „ჩაშენებული სისტემები“.

XilinxZynq-7000-ი უზრუნველყოფს FPGA (Field-Programmable Gate Array)-ს მოქნილობას და მამუტაბურობას. ხოლო მაღალი წარმადობა, სიმძლავრე და გამოყენების სიმარტივე, როგორც წესი დაკავშირებულია – ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)-სა და ASSPs (Application-Specific Standard Products)-ზე. მოწყობილობების მოქმედებების დიაპაზონი,

**XilinxZynq-7000 AP SoC**-ში, ინჟინრებს საშუალებას აძლევს, ისე დააპროექტონ მოწყობილობა, რომ ტექნოლოგიური თვალსაზრისით, ხარისხი იყოს მაღალი, ხოლო ენერგომომხმარება დაბალი. ამის მიზეზია ის, რომ **XilinxZynq-7000 AP SoC**-ში არსებული **PS, PL** და **I/O** რესურსების ვარიირება ხდება, მოწყობილობებს შორის. შედეგად – **XilinxZynq-7000 AP SoC**-ში შემავალ მოწყობილობებს, შეუძლიათ მოემსახურონ გამოყენების ფართო სპექტრს, მაგ.:

- მძლღისთვის საავტომობილო დახმარება და საჭირო ინფორმაციის მიწოდება;
- ტრანსლირების კამერა;
- სამრეწველო დანადგარების და ქსელების კონტროლი;
- **LTE (Long Term Evolution)** რადიო და მთავარი სიხშირე;
- სამედიცინო დიაგნოსტიკა და ვიზუალიზაცია;
- მრავალფუნქციური პრინტერები;
- ვიდეო და ღამის ხედვის მოწყობილობები.

**XilinxZynq-7000**-ის არქიტექტურა ძალიან კარგად ასახავს გამოყენებით ლოგიკას და პროგრამულ უზრუნველყოფას **PL**-სა და **PS**-ში. ეს ყოველივე იძლევა საშუალებას, მოხდეს რეალიზება სისტემის უნიკალური და დიფერენცირებული ფუნქციებისა. **PS**-ის ინტეგრაცია **PL**-თან უზრუნველყოფს წარმოებულობის მაღალ დონეს.

**Xilinx**-ში, **ISE (Integrated Software Environment)@Design Suite**-ის საშუალებით, ხდება პროდუქტის სწრაფი განვითარება, პროგრამული უზრუნველყოფის თვალსაზრისით.

პროცესორები **PS**-ში, ყოველთვის იტვირთება პირველ რიგში, რაც იძლევა **PL**-ის სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფის და კონფიგურაციის საშუალებას. **PL**-ის კონფიგურირება შესაძლებელია, როგორც ნაწილი, ჩატვირთვის პროცესისა ან ჩაშენდეს მომავალში. ამას გარდა, **PL**-ი შესაძლებელია მთლიანად შეიცვალოს ან გამოყენებულ იქნას ნაწილობრივ დინამიური რეკონფიგურაცია **PR (Programmable Reconfiguration)**. **PR**-ის

საშუალებით კონფიგურირდება PL-ის ნაწილი, რაც იძლევა, დამატებითი კონსტრუქციული ცვლილებების საშუალებას, ისეთების როგორცაა: კოეფიციენტების განახლება ან საჭიროების შემთხვევაში, PL-ის რესურსების მულტიპლექსირება, ახალი ალგორითმების ცვლილების გზით. PL-ის კონფიგურაციის მონაცემებს უწოდებენ ბიტების ნაკადს.

### **SoC-ი, XilinxZynq-7000-ის მუშაობის აუცილებელი კომპონენტი**

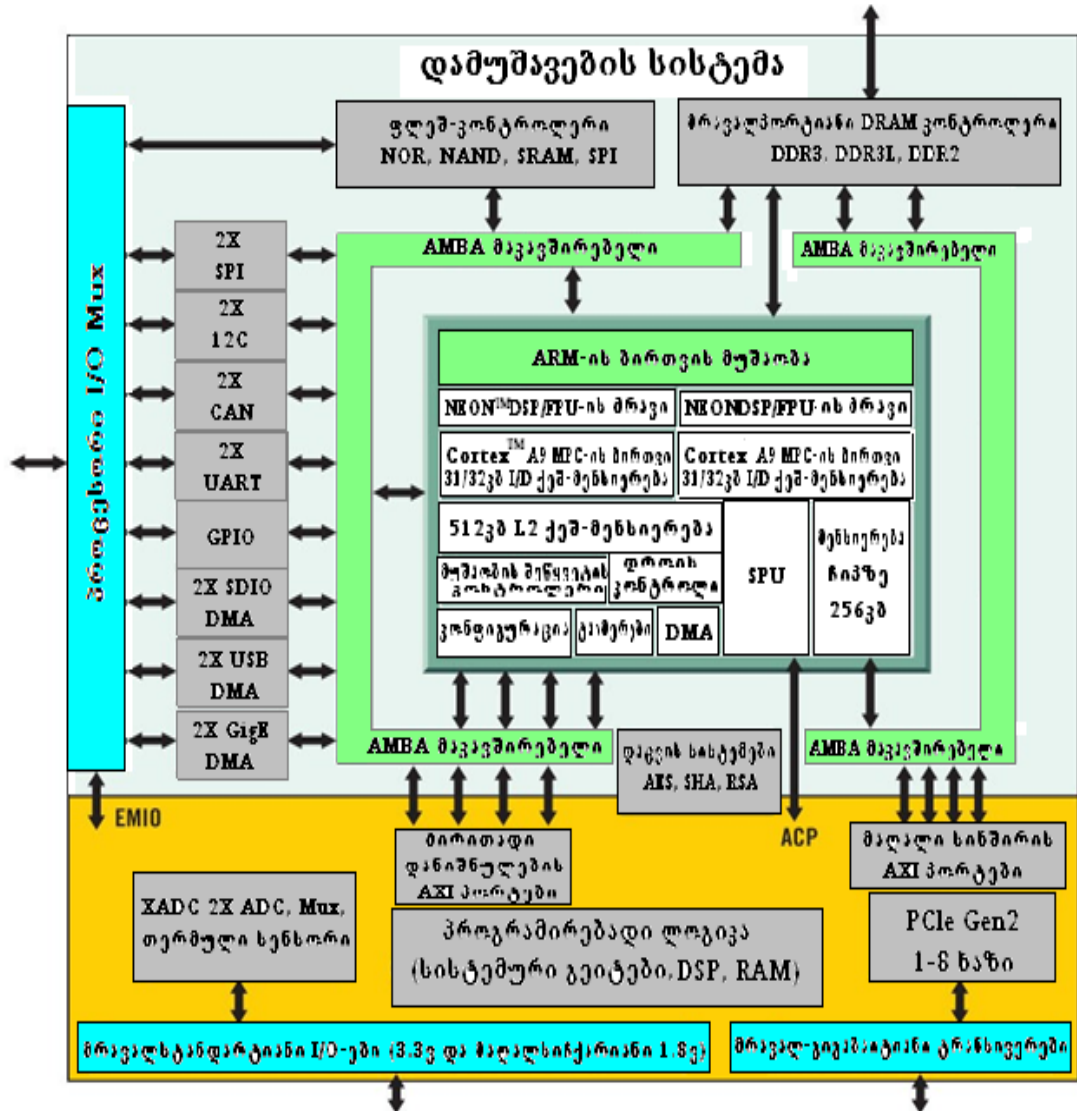
**SoC (System On Chip)** –“სისტემა-ჩიპზე” არის ინტეგრირებული სისტემა, რომელიც კომპიუტერის ყველა კომპონენტს და ელექტრონული სისტემის ყველა კომპონენტს ერთ ჩიპზე უკეთებს ინტეგრირებას. სფერო, რომელიც მას იყენებს არის ჩაშენებული სისტემები. ტიპური **SoC**-ი, შეიცავს:

- მიკროკონტროლერის, მიკროპროცესორის ან **DSP**-ის ბირთვებს. ზოგ **SoC**-ს ჰქვია მულტიპროცესორული სისტემა ჩიპზე და შეიცავს ერთბირთვიან პროცესორზე მეტს;
- მეხსიერების ბლოკებს: **ROM(Read-only memory), RAM, EEPROM** და **USB (Universal Serial Bus, Flash Memory) Memory**;
- დროის წყაროებს: ოსცილოგრაფები და ფაზა-ჩაკეტილი წრედები;
- პერიფერიულ ნაწილებს: რეალური დროის ტაიმერები და სიმძლავრის გადამტვირთავი გენერატორები;
- გარე ინტერფეისებს: **USB, FireWire, Ethernet, UART, SPI**;
- ანალოგურ ინტერფეისებს: **ADCs, DACs (Digital-to-Analog Converter)**;
- ძაბვის რეგულატორებს.

**Xilinx Zynq@-7000**-ის **SoC**-ზე დაპროგრამება, იძლევა სისტემის დონეზე, ფართო დიფერენციაციის, ტექნიკის ინტეგრირებულობის, მოქნილობის, პროგრამული უზრუნველყოფის და **I/O**-ის სიგნალების დაპროგრამების საშუალებას; **Zynq@-7000**-ის გამოყენებით, შესაძლებელია ინტელექტუალური სისტემების შექმნა, რომლებიც მჭიდროდ არიან დაკავშირებულნი პროგრამულ უზრუნველყოფასთან, რომელიც დაფუძნებულია კონტ-



როლზე, ანალიზზე, რეალურ დროში აპარატურულ დამუშავებაზე, და ოპტიმიზირებულ სისტემურ ინტერფეისებზე. 3.15 სურათზე გამოსახულია Zynq®-7000 AP SoC-ის ინფორმაციის დამუშავების, სისტემის მუშაობის ბლოკ-სქემა.

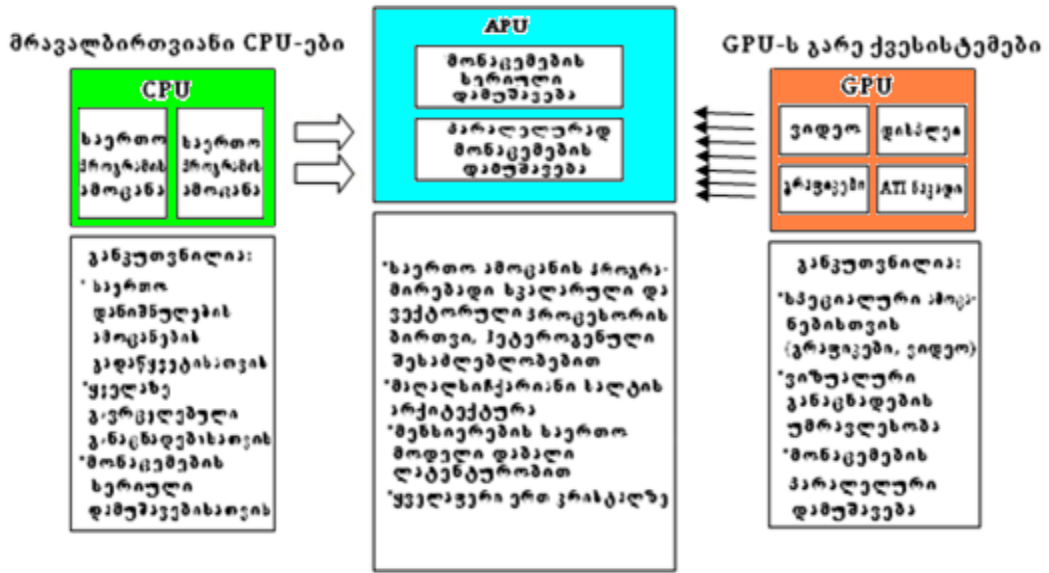


სურ. 3.16. Zynq®-7000 AP SoC-ის ბლოკ-სქემა

Zynq-7000 AP SoC-ი შედგება შემდეგი ძირითადი ფუნქციონალური ბლოკებისაგან:

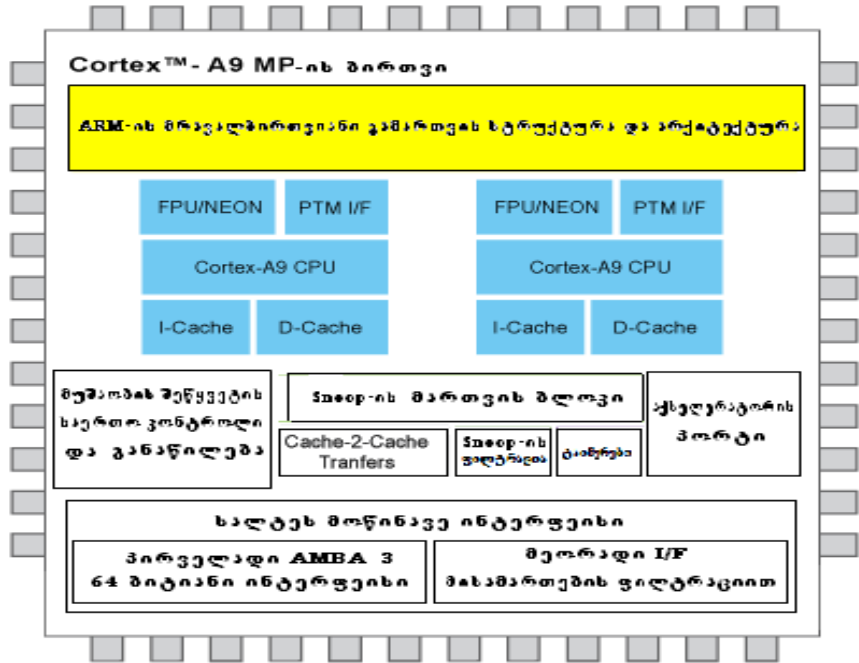
1. PS (Processing System) – ინფორმაციის მიღება/დამუშავების საშუალებების და მეთოდების ერთობლიობა, რომელთა მეშვეობითაც, საწყისი მონაცემების საფუძველზე, შესაძლებელია ერთიანი გამომავალი მაჩვენებლების მიღება, აუცილებელი ანალიზისთვის, კონტროლისთვის, დაგეგმვისა და მართვისათვის.

2. ARM Cortex-A9 MPCore-ის ტიპის APU (Application Processor Unit) (იხ.სურ. 3.16) – 4 ბირთვიანი 32 ბიტანი პროცესორის ბლოკი, რომელიც შედგება 2, ორ-ბირთვიანი Cortex-A9 ბირთვისგან. თითოეული ბირთვი ანხორციელებს ARMv7-ის არქიტექტურის ინსტრუქციას (ქემ-მეხსიერების პირველი დონე – L1). 512 კილობაიტი (ქემ-მეხსიერების მეორე დონე – L2).



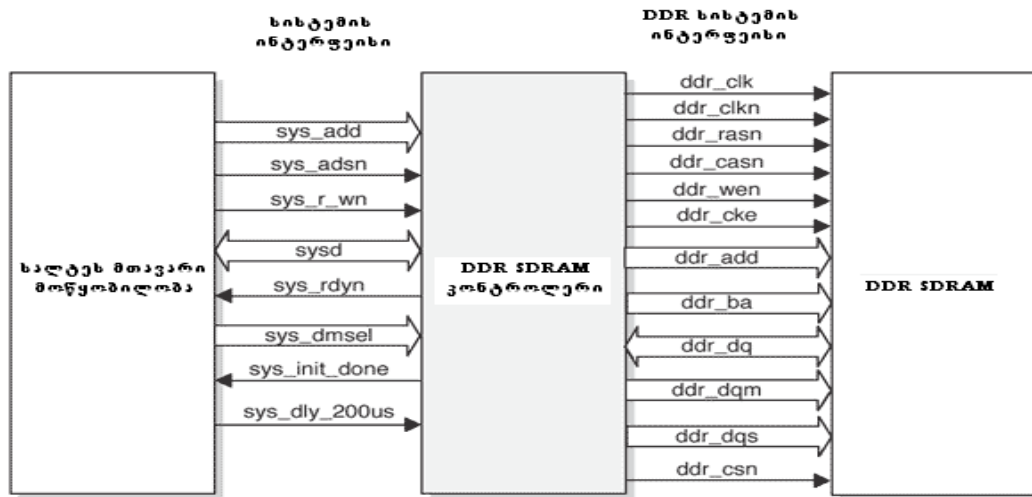
სურ. 3.17. APU

3.17 სურათზე ნაჩვენებია ARM Cortex-A9 MPCore პროცესორის ბლოკ-სქემა.



სურ. 3.18. ARM Cortex-A9 MPCore-ის პროცესორის ბლოკ-სქემა

3. **MI (Memory Interfaces)** – მეხსიერების ინტერფეისები. სალტეს პროტოკოლები, მიკროპრცესორის დასაკავშირებლად მოწყობილობის გარე მეხსიერებასთან). მეხსიერების ინტერფეისები შეიცავენ შემდეგ მეხსიერების სტანდარტებს, ესენია (იხ. სურ. 3.18):



სურ. 3.19. მეხსიერების ინტერფეისი (DDR SDRAM კონტროლერი)

➤ **DRAM (Dynamic Random-Access Memory) Controller** – ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტის კონტროლერი, რომელიც მონაცემების თითოეულ ბიტს ინახავს ინტეგრალური სქემის ცალკე გამოყოფილ ნაწილში. DRAM Controller-ი შეიცავს:

- **DDR3 SDRAM (Double Data Rate Type Three Synchronous Dynamic Random Access Memory)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტს, მონაცემთა გადაცემის „სამმაგი სიჩქარით“.

- **DDR3L (DDR3 Low Voltage)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების დაბალი ძაბვის (1.35 ვ) სტანდარტს.

- **DDR2** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტს, მონაცემთა გადაცემის „ორმაგი სიჩქარით“.

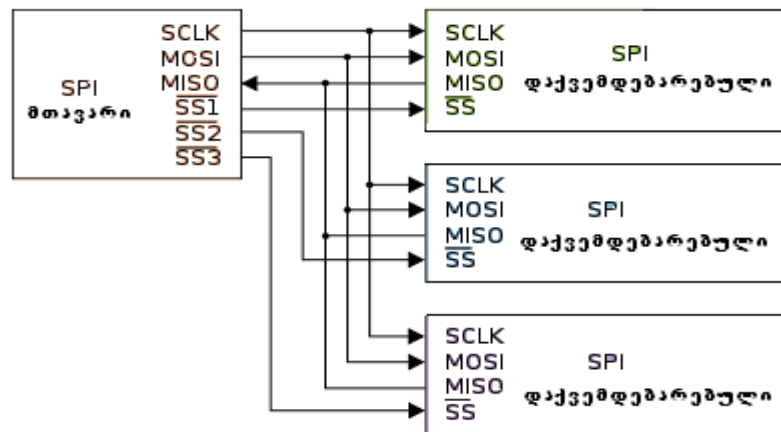
**DRAM Controller**-ი მხარს უჭერს **DDR3**-ს, **DDR2**-ს; ფასი განისაზღვრება მოწყობილობის მუშაობის სისწრაფისა და ტემპერატურის დონით. **DRAM Controller**-ის ფუნქციური მახასიათებლებია:

- ტევადობა: 16 ან 32 ბიტიანი;
- იყენებს 73 კონტაქტს (პინს);

- კვების ავტომატური გამორთვა, პროგრამირებად ბაზებზე პერიოდული შესვლა/გამოსვლა;
- წაკითხული მონაცემების ავტომატური კალიბრაცია;
- თითოეული წაკითხული ბაიტი, მხარს უჭერს შესაბამისი მონაცემის ბიტს;
- თითოეული პორტისთვის სპეციალური, სწრაფი სიგნალიზაცია;
- ექსკლუზიური შესვლის ნებართვა პორტზე, 2 სხვადასხვა იდენტიფიკატორისათვის;

**4. Quad-SPI Controller – SPI-ის ინტერფეისსზე მომუშავე კონტროლერი.**

3.19 სურათზე ნაჩვენებია ტიპური SPI-ი (იხ. სურ. 3.19).



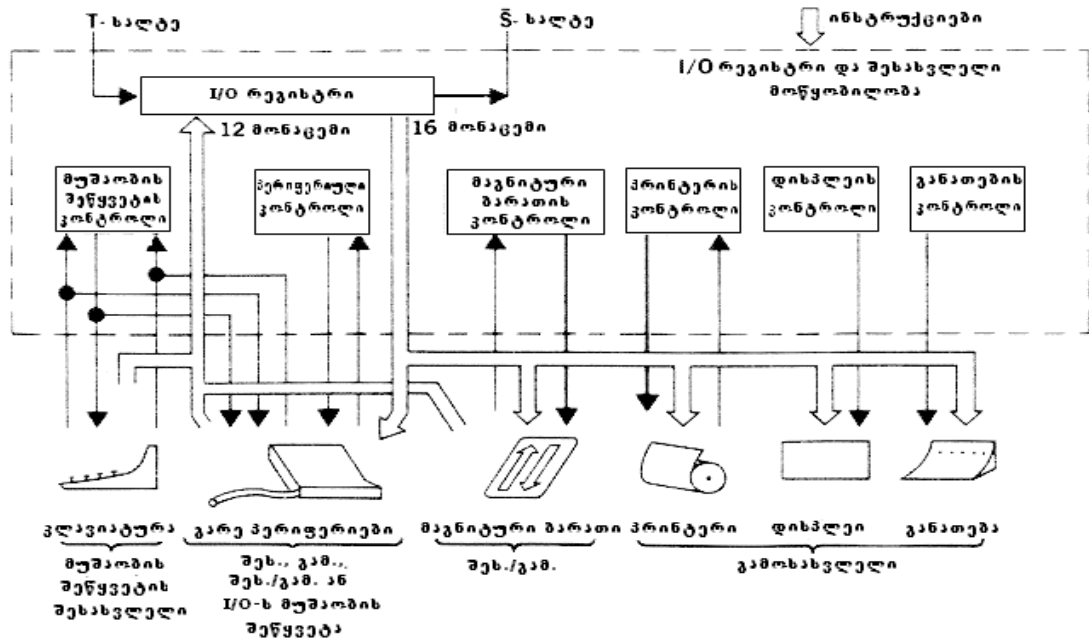
სურ. 3.20. ტიპური SPI: 1 მთავარი და 3 დაქვემდებარებული

Quad-SPI Controller-ის კონტროლერის ძირითადი მახასიათებლებია:

- 1x და 2x წაკითხვის მხარდაჭერა;
- ASI (Asynchronous Serial Interface)-ის 32 ბიტისანი გამოსახულების ინტერფეისი, მონაცემების წაკითხვის ოპერაციისათვის;
- ერთჩიპიანი მიკროსქემის მხარდაჭერა;
- 4 ბიტისანი I/O სიგნალები;
- მონაცემების წაკითხვის სიჩქარე x1, x2 და x4;
- მონაცემების წერის სიჩქარე x1 და x4;
- 252 ბიტისანი FIFO (First In First Out), მონაცემების წაკითხვის ეფექტურობის გასაუმჯობესებლად;

➤ მაქსიმუმ 16 მეგაბაიტი, ერთი მეხსიერების მისამართების სივრცისათვის და 32 მეგაბაიტი, ორი მეხსიერებისათვის;

5. IOP (I/O peripherals) – წარმოადგენენ სტანდარტული ინტერფეისების ნაკრებს, გარე მონაცემების გაცვლისათვის. (იხ. სურ. 3.20).



სურ. 3.21. I/O-ის სტრუქტურა

შემავალ/გამომავალი სიგნალებია:

➤ **GPIO** – ძირითადი დანიშნულების შემყვან/გამოყვანი პინი ინტეგრალურ მიკროსქემაში.

➤ **2 GigE (Gigabit Ethernet) Controllers with DMA** – კომპიუტერულ ქსელში, **Gigabit Ethernet**-ი არის ტერმინი, რომელიც აღწერს სხვადასხვა ტექნოლოგიების გადამცემებს **Ethernet**-ის ფარგლებში, კურსით 1 გიგაბაიტი წამში, როგორც განსაზღვრული **IEEE802.3-2008**-ის სტანდარტი. **DMA(Direct Memory Access)**-სთან ერთად.

➤ **USB Controllers: Each as Host, Device or OTG (2)** – 2 მაღალი სიჩქერის **USB OTG (On-The-Go)**-ი;

➤ **MIO (Multiuse I/O)** კონტაქტები;

➤ **USB** რეგისტრებში მთავარი კონტროლერი და მონაცემების **EHCI (Enhanced Host Controller Interface)**-ის სტრუქტურა თავსებადია;

- გარე მხარე OSI-ის PHY (Physical layer)-ი;
- **2 SDIO (Secure Digital Input Output) with DMA – I/O** ფუნქციების ციფრული უზრუნველყოფის ინტერფეისი, DMA-სთან ერთად.
- **UART;**
- **I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit, referred to as I-squared-C, I-two-C, or IIC)** – მრავალდონიანი სერიული, არასიმეტრიული, ნახევრადდამტარული მონაცემთა სალტე, ინტეგრალური სქემების კავშირისათვის. I<sup>2</sup>C-ის მოწყობილობა გამოიყენება დაბალსიჩქარიანი პერიფერიული კომპონენტების დასაკავშირებლად მთავარ პლატასთან, მობილურ ტელეფონებში და სხვა ციფრულ ელექტრონულ მოწყობილობებში.

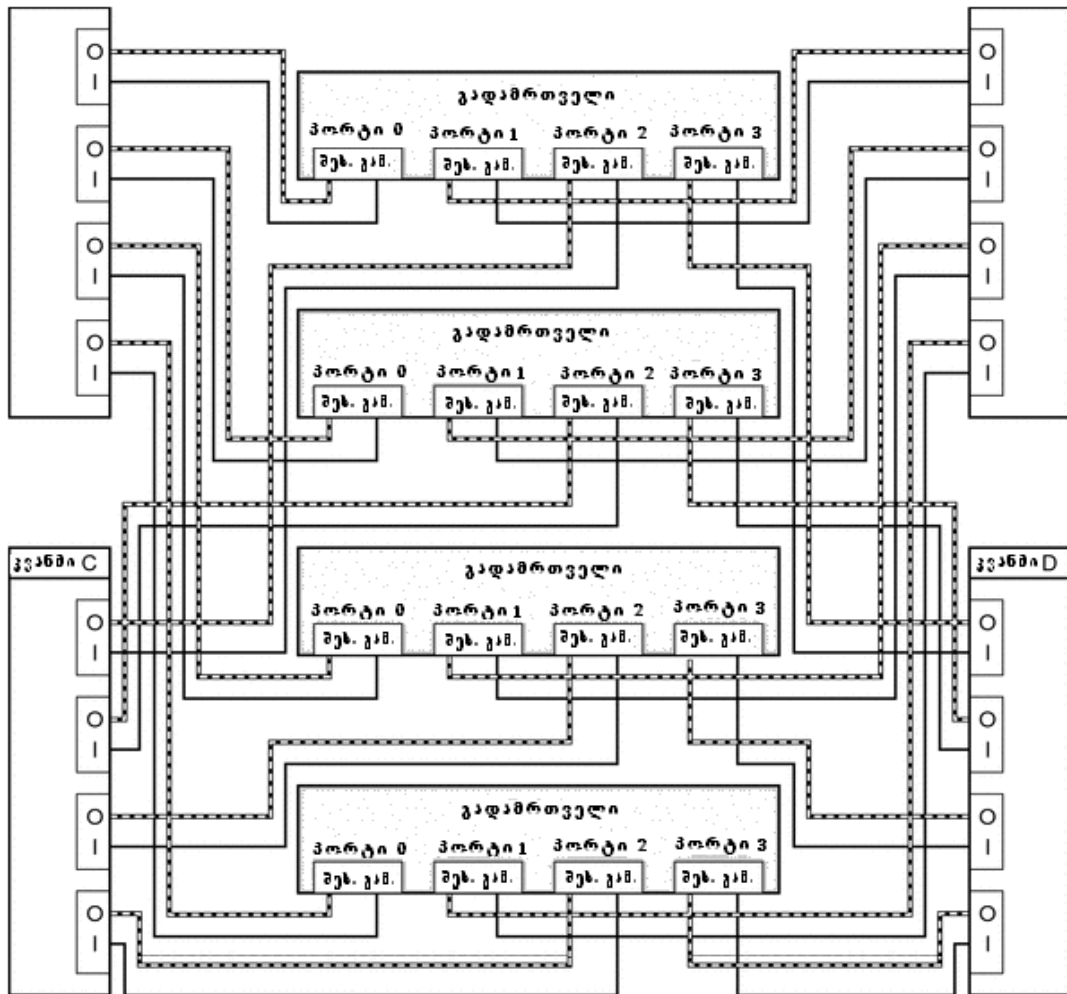
**6. PLA (Programmable Logic Array)** – გამოიყენება კომბინაციური ლოგიკური სქემების რეალიზაციისათვის. შეიცავს ფუნქციების მდიდარ არქიტექტურას:

- **კონფიგურირებადი ლოგიკური ბლოკები;**
  - 6-შესასვლელიანი LUT (Lookup Table);
  - მეხსიერების შესაძლებლობები, LUT-ის ფარგლებში;
  - მოძრავი რეგისტრის ფუნქციონირება;
  - მისამართების კასკადირება.
- **36 კბ-იანი RAM-ის ბლოკი;**
  - ორმაგი პორტი;
  - მაქსიმუმ 72 ბიტის ტევადობა;
  - კონფიგურირება, როგორც ორმაგი 18კბ;
  - პროგრამირებადი FIFO-ლოგიკა;
  - ჩაშენებული შეცდომის გასწორების სქემა.
- **DSP – DSP48E1;**
  - 25×18-ზე 48 ბიტისანი, ციფრული სიგნალის პროცესორი, კომპლემენტი ორის დამატებით, აღჭურვილი გამრავლება/შეგროვების ოპერაციით;
  - ენერგოდაზოგვა 25 ბიტისანი წინასწარი ამჯამველით, გამოყენების სიმეტრიული ფილტრის ოპტიმიზაციისათვის;

- დამატებითი მახასიათებლები: **ALU (Arithmetic Logic Unit)**-ს და კასკადირებისათვის განკუთვნილი სპეციალური მოწყობილობები.
  - დროის ტაიმერის მართვა;
  - მაღალი სიჩქარის ბუფერები და მარშრუტიზაცია დროის განაწილებისათვის;
  - სიხშირის სინთეზი და ფაზის ცვლილება;
  - **Low-jitter** საათი;
  - კონფიგურირებადი **I/O** სიგნალები;
  - მაღალი ხარისხის **I/O**-ტექნოლოგია;
  - კონდენსატორების მაღალსიხშირული შედეგიანობა პაკეტის შიგნით, სიგნალის მთლიანობის შენარჩუნებისათვის;
  - ციფრულად კონტროლირებადი წინაღობა, **I/O** სიგნალების ოპერაციებისათვის;
  - **I/O**-ის მაღალი სიხშირის დიაპაზონი: 1.2 ვტ-დან 3.3 ვტ-მდე;
  - მაღალმწარმოებლური **I/O**-ი, 1.2 ვტ-დან 1.8 ვტ-მდე (**Z-7030** და **Z-7045** მოწყობილობები);
    - დაბალი სიმპლავრის გიგაბიტისანი გადამცემები (**Z-7030** და **Z-7045** მოწყობილობები);
    - მაღალი ხარისხის გადამცემები: 12.5 გბ/წ;
    - ანალოგურ/ციფრული კონვერტორი **XADC (Xilinx Analog-to-Digital Converter)**;
    - ორმაგი 12 ბიტისანი **ADC**-ები;
    - მოქნილი და მომხმარებლისათვის მისაღები ანალოგური პორტი;
    - ტემპერატურის სენსორები ჩიპზე ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$  შეცდომების მაქსიმუმი) და კვების წყარო ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$  შეცდომების მაქსიმუმი);
    - **PCI Express (Peripheral Component Interconnect Express)** დიზაინის ინტეგრირებული ინტერფეისის ბლოკები (**Z-7030** და **Z-7045** მოწყობილობები);
    - **Gen1** (2,5 გბიტ/წ) და **Gen2** (5,0 გბიტ/წ) სიჩქარის მხარდაჭერა;

- კონფიგურაციის დამატებითი პარამეტრები, ანგარიშგების მოწინავე შეცდომის AER (Advanced Error Reporting).

7. **Interconnect** – მოწყობილობის შემადგენელ ნაწილებს შორის კავშირის უზრუნველყოფა. მოწყობილობებს შორის კავშირი, ხორციელდება სხვადასხვა ტექნოლოგიებით, რომლებიც განკუთვნილია კონკრეტული, კომუნიკაციური და ფუნქციონალური ბლოკებისათვის. (იხ. სურ. 3.21).



სურ. 3.22. მოწყობილობის შემადგენელ ნაწილებს შორის კავშირი

PS კავშირი, ASI პორტების მეშვეობით

- OCM (On-Chip Memory) კავშირი;

- უზრუნველყოფს 256 კბ მეხსიერების წვდომას, ცენტრალურ კავშირს და PL-ს;

- პროცესორებს აქვთ ყველაზე ნაკლები შეყოვნება, OCM-სა და SCU (Snoop Control Unit)-ში;



➤ ცენტრალური კავშირი;

- ცენტრალური კავშირი არის 64 ბიტი; PL-თვის ხდება I/O-სა და DMA-ს დაკავშირება DDR-ში და RAM-ში;

- DMA უკავშირდება Ethernet-ს, ხოლო USB და SD/SDIO (Secure Digital Card/Secure Digital Input Output) ცენტრალური კავშირის მეშვეობით უკავშირდება ერთმანეთს;

Zynq®-7000-ის მოწყობილობა ასევე შეიცავს შემდეგ კომპონენტებს:

➤ **Flash Controller** – მართავს მონაცემებს, რომლებიც ინახება ფლეშ-მეხსიერებაში და ურთიერთქმედებს კომპიუტერთან ან ელექტრონულ მოწყობილობასთან. ფლეშ-მეხსიერების კონტროლერები განეკუთვნება დაბალი ენერგომომხმარების მოწყობილობებს, ისეთებს, როგორცაა SD და CompactFlash ბარათები, ან სხვა მსგავსი მასობრივი საინფორმაციო საშუალებების მოწყობილობები, რომლებიც გამოიყენება ციფრულ კამერებში, მობილურ ტელეფონებში და ა.შ. **Flash Controller** იშეიცავს:

- NOR და NAND ლოგიკური ელემენტებს;

- SRAM (Static Random Access Memory)-ს – სტატიკურ ოპერატიულ მეხსიერებას. ნახევარგამტარული მეხსიერების ერთ-ერთი სახეობაა, რომელიც იყენებს ბისტაბილურ ბლოკირებას, თითოეული ბიტის შენახვისათვის;

➤ **AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) Interconnect** – მიკროკონტროლერის არქიტექტურის გაფართოვებულ კავშირს; გამოიყენება SOC-ზე და ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)-ზე. დღევანდელ დღეს, აღნიშნული „ჩაშენება“ ყველაზე ხშირად გვხვდება თანამედროვე პორტატულ მობილურ მოწყობილობებში (მაგ.: სმარტფონებში);

➤ **Processor I/O Mux** – მულტიპლექსორის I/O სიგნალებს პროცესორში;

➤ **ARM Architecture** – კომპიუტერების პროცესორების ინსტრუქციების ნაკრებია, დაფუძნებული შემცირებულ ბრძანებათა ნაკრებზე (RISC). ARM-ი შეიცავს:

• **CoreSight-ს, Multi-Core Debug-ს და Trace-ს** – ARM-ის ამ ელემენტების მეშვეობით, ყველაზე სრულყოფილად შეიძლება SoC-ზე გადაწყვეტილებების მიღება, რისი საშუალებითაც ARM-ზე დაფუძნებული პროცესორი, უფრო გამართულად მუშაობს.

➤ **NEON DSP/FPU Engine** – ნეონის DSP / FPU (Floating-Point Unit)-ის ძრავს;

• **DSP** – სპეციალური მიკროპროცესორი, რომელიც ოპტიმიზირებულია ციფრული სიგნალის დამუშავებაზე.

• **FPU** – კომპიუტერული სისტემის ნაწილი, რომელიც სპეციალურად შემუშავებულია, მცოცავმდომიან რიცხვებზე მათემატიკური ოპერაციების ჩასატარებლად. ხშირად მათემატიკურ პროცესორს უწოდებენ.

➤ **GIC (General Interrupt Controller)** – მუშაობის შეწყვეტის კონტროლერს;

➤ **WDT (Watchdog Timer)** – მაკონტროლებელ, ელექტრონულ ტაიმერს, რომელიც გამოიყენება, რათა დადგინდეს კომპიუტერის ესა თუ ის გაუმართავობა.

➤ კონფიგურაცია;

➤ ტაიმერები;

➤ SCU;

➤ 256 კბ-იანი OCM-ი;

➤ უსაფრთხოება (AES, SHA, RSA):

• **AES (Advanced Encryption Standard)** – შიფრაციის გაფართოვებული (128, 192 ან 256) ბიტანი სტანდარტი.

• **SHA (Secure Hash Algorithm)** – კრიპტოგრაფიკული ქემ-ფუნქციების სტანდარტი (შეიცავს: SHA-0-ს, SHA-1-ს, SHA-2-ს და SHA-3-ს).

• **RSA** – კომპიუტერული და ქსელური უსაფრთხოების სტანდარტი.

➤ **EMIO (Extendable multiplexed I/O)** – გაფართოვებული მულტიპლექსირებული შემავალ/გამომავალი სიგნალების პროტოკოლს, რომელიც დაკავშირებულია PL-თან.

- **High Performance AXI slave Ports** – მაღალი ხარისხის AXI-ის დაქვემდებარებულ პორტებს;
- **ACP (Accelerator Coherency Port)** – მიმდევრობითი პორტის დამაჩქარებელს;
- **XADC-ს;**
- **Multi-Standard I/Os** – მრავალ-სტანდარტულ I/O სიგნალებს (3.3ვ და მაღალი სიჩქარის 1.8ვ);
- **PCIe Express Gen2 (Peripheral Component Interconnect Express)-ს;**
- **Multi-Gigabit Transceivers** – მრავალ-გიგაბაიტიან გადამცემებს;
- **PL (System Gates, DSP, RAM)** – პროგრამულ ლოგიკას (სისტემის გეიტები, DSP, RAM).

#### სისტემის პროგრამული უზრუნველყოფა

პროგრამა **Xilinx**-ი უზრუნველყოფს დრაივერების მუშაობას, მოწყობილობის ყველა პერიფერიული I/O-თვის.

პროგრამა **Xilinx**-ის დახმარე ენაში – **VHDL (Very -Hardware Description Language)**-ში, ხორციელდება პროგრამის დაწერა, შემდგომ მისი პროგრამირება **ZedBoard**-ის პლატაზე და **ZigBee**-ის უკაბელო სენსორული ქსელის მეშვეობით ენერგობიექტის მართვა, დაზიანებების პროგნოზირება. **VHDL** – პროგრამრების ენა, **Hardware**-ის აღწერილობისთვის. **VHDL**-ის მეშვეობით ხდება ტექსტურად სქემების აღწერა. ასევე შესაძლებელია მისი სტრუქტურული აღწერა. სქემის არწერა შესაძლებელია, როგორც ცალკეულ სტრუქტურებად, ასევე კომპონენტებად, და ამ კომპონენტების ერთმანეთთან დაკავშირება. **VHDL**-ში შესაძლებელია მრავალფუნქციური რეგისტრების აღწერა, როგორც პროცესებისა და დაკავშირება ერთმანეთთან, რისი მეშვეობითაც შესაძლებელი ხდება პროგრამული სინთეზის უზრუნველყოფა.

#### **ZedBoard**-ის პლატა

**ZedBoard**-ის პლატა შეიცავს პროგრამირებად ლოგიკურ მატრიცას – **XilinxZynq-7000 AP SoC**-ს და ყველა საჭირო ინტერფეისს და დამხმარე

ფუნქციებს, მასზე პროგრამის გაშვებისათვის. ZedBoard-ი ასევე შეიცავს შემდეგ ელემენტებს:

- Avnet ZedBoard 7020 baseboard-ს;
- 12 ვ AC/DC (Alternating Current/Direct Current) კვების წყაროს;
- 4 გიგაბაიტანი SDC-ს;
- Micro-USB კაბელს;
- USB ადაპტერი: Male Micro-B to Female Standard-A (ჩანგალი Micro-B to შტეფსელი Standard-A)-ს;
- ISE®WebPACK™-ს, ავტომატური ჩაშენების ლიცენზიასთან ერთად.

მახასიათებლები:

- Zynq-7000 AP SoC XC7Z020-CLG484;
- ARM Cortex A9;

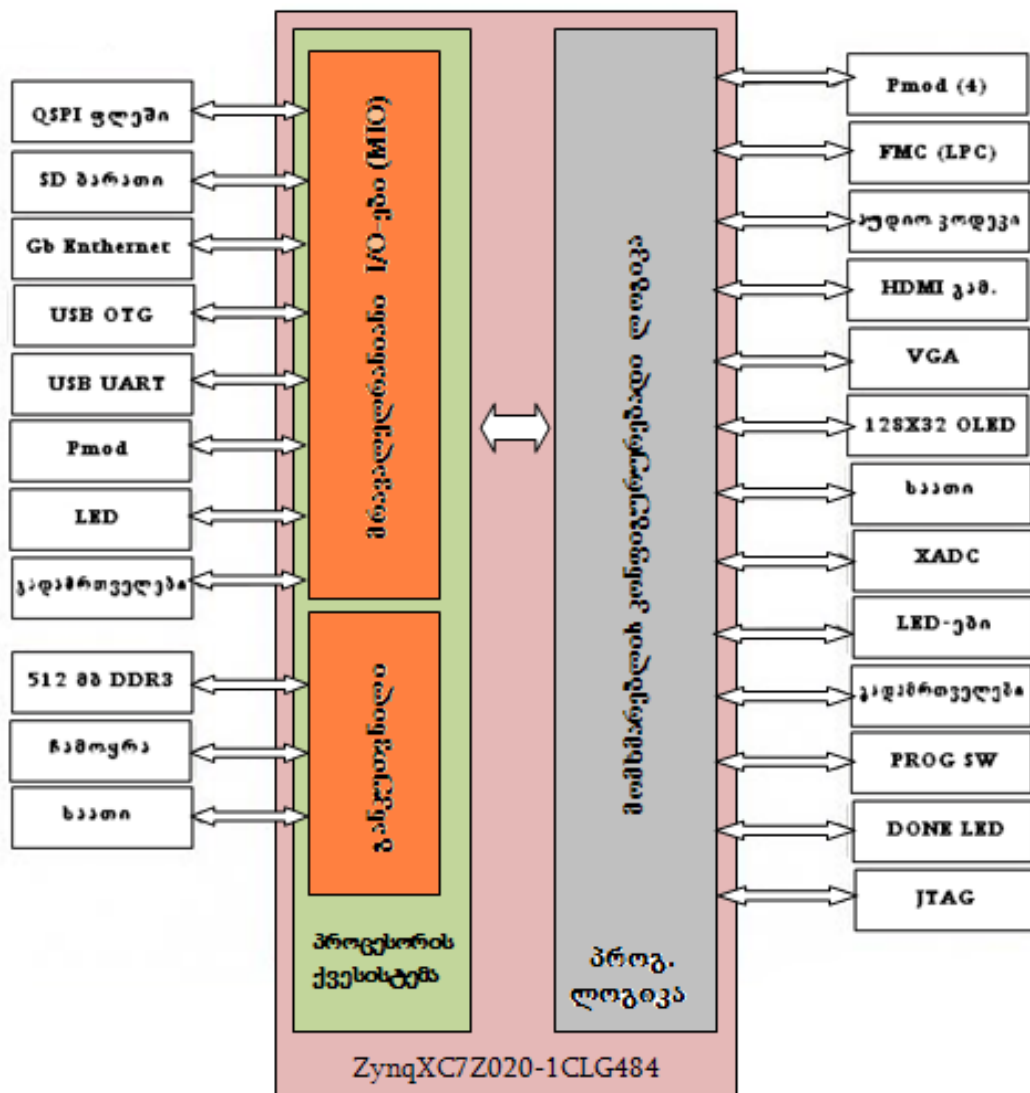
მეხსიერება:

- 512 მეგაბაიტი DDR3;
- 256 მეგაბაიტი Quad-SPI Flash;
- 4 გიგაბაიტი SDC-ი;
- USB-JTAG კაბელი;
- 10/100/1000 Ethernet;
- USB OTG 2.0 და USB-UART;
- PS & PL I/O გაფართოვება (Pmod (Peripheral Module interface), XADC);
- მრავალფუნქციური დისპლეები (1080p HDMI, 8-bit VGA (Video Graphics Array), 128 x 32 OLED (Organic Light-Emitting Diode));
- I<sup>2</sup>S (Inter-IC Sound, Integrated Interchip Sound) Audio CODEC .

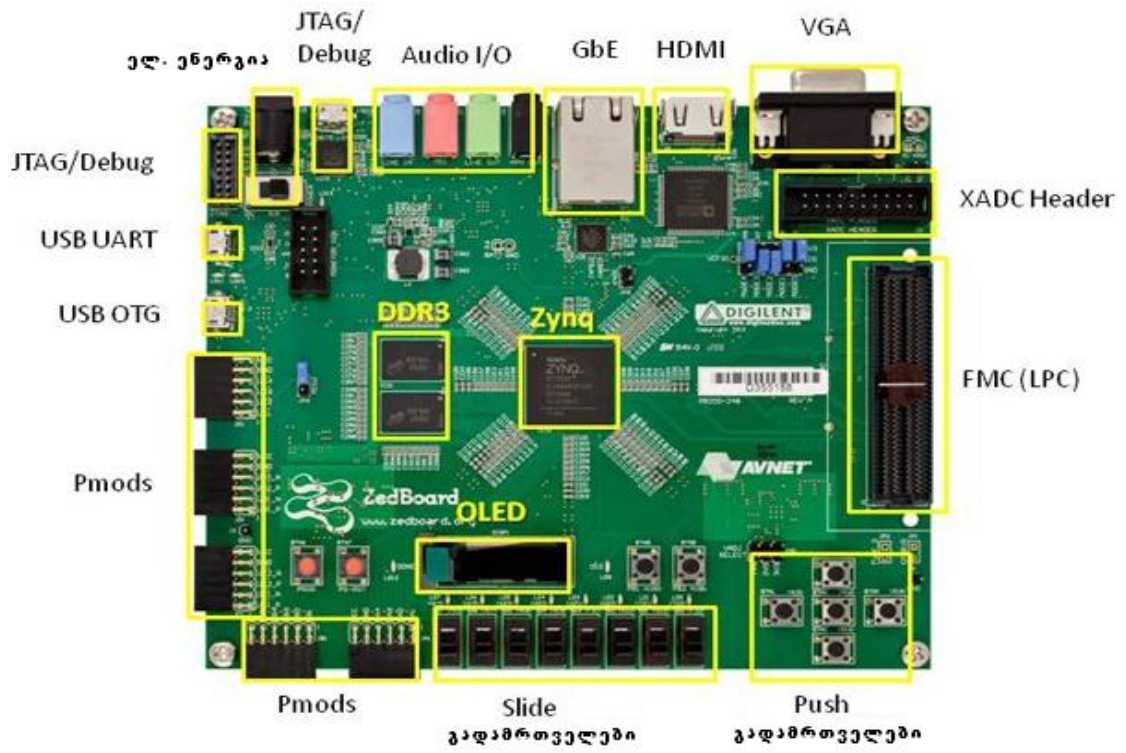
გამოყენების მიზანი:

- ვიდეო დამუშავება;
- ძრავის მართვა;
- პროგრამული უზრუნველყოფის დაჩქარება;
- ჩაშენებული ARM-ის დამუშავება;

3.22-ე სურათზე გამოსახულია ZedBoard-ის ბლოკ-სქემა. 3.23-ე სურათზე გამოსახულია ZedBoard-ის პლატა [40,41,42,43,44,45,46,47,48].



სურ. 3.23. ZedBoard-ის ბლოკ-სქემა



სურ. 3.24. ZedBoard-ის პლატა

## თავი 4. ენერგობიექტების მონიტორინგისა და მართვის

### ავტომატიზირებული სისტემები

#### 4.1. ენერგობიექტების ავტომატიზაციის მახასიათებლები,

##### თანამედროვე საინფორმაციო საშუალებების გამოყენებით

ენერგობიექტების ავტომატიზაცია მოიცავს მთელი რიგი საკითხების გადაწყვეტის კომპლექსს, ესენია: მონაცემთა შეგროვება, ინფორმაციის დამუშავება და ასახვა, ასევე ზედა დონის მოწყობილობებიდან ინფორმაციის გადაცემა სამეთვალყურეო ცენტრში. **ტპმას (ტექნოლოგიური პროცესის მართვის ავტომატიზირებული სისტემა)**-ში ასეთი სახის ინფორმაციის წყაროებია: **ომმ**-ები, მიერთების კონტროლერები, მრიცხველები, სარელეო დაცვის ტერმინალები, ავარიის საწინააღმდეგო კომპლექსები, რეგულირების სისტემები და აღჭურვილობის მონიტორინგი.

მაგისტრალური ქვესადგურების, ინტეგრირებული მართვის სისტემების პროექტირება, ტრადიციული მეთოდების გამოყენებით, რთული შრომატევადი ამოცანაა, თანაც რთულია მათი ავტომატიზაცია. ამ პრობლემის მოსაგვარებლად, ახალი საერთაშორისო სტანდარტებისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიებით, შესაძლებელია თანამედროვე მეთოდების გამოყენება. სხვადასხვაგვარი ინფორმაციის ინტეგრაციის ოპტიმიზაცია, ენერგობიექტის ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმებზე, ერთიან საინფორმაციო კომპლექს – **ტპმას**-ში, უზრუნველყოფილია **სეკ**-ის სპეციალური სტანდარტებით. **სეკ**-ის სტანდარტებით, მოწყობილობებსა და მონიტორინგის სისტემას შორის, შესაძლებელია მონაცემთა გადაცემა, ისევე, როგორც მოწყობილობებს შორის. ასე მაგალითად, არსებობს რამდენიმე ოპერაციის ერთდროულად შესრულების შესაძლებლობა. ესენია:

- ნორმალური რეჟიმის მონიტორინგი;
- მოვლენების რეგისტრაცია;
- ინფორმაცია საავარიო მდგომარეობის შესახებ;
- ოსცილოგრაფების ფაილების წაკითხვა;
- მოწყობილობების პარამეტრიზაცია.

ასეთი ოპერაციების შესრულებისას, სტანდარტის მხრიდან არ წარმოიქმნება შეზღუდვები, იმ მოწყობილობების წვდომაზე, რომლებიც მონაწილეობენ ინფორმაციის გაცვლაში. ელექტროენერგეტიკულ სისტემებში, შემუშავებულია კომუნიკაციის შემდეგი სტანდარტები:

- სექ 60870-5-101 – ტელემართვის ძირითადი ამოცანების თანმხლები სტანდარტი. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი **RS-485**;
- სექ 60870-5-103 – აპარატურის დაცვის ინფორმაციული ინტერფეისის თანმხლები სტანდარტი. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი **RS-485**;
- სექ 60870-5-104 – ტელემექანიკის ძირითადი ამოცანების თანმხლები სტანდარტი. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი **Ethernet**;
- სექ 61850 – კომუნიკაციური ქსელების და ქვესადგურის სისტემების სტანდარტი. აღწერს მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მუშაობის წესებს. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი **Ethernet** (10/100 მბ/წ).

სექ 101-ის სტანდარტი, შემუშავებულ იქნა საიმედო, მონაცემთა გადაცემის ვიწროზოლიანი სერვისული არხებისათვის, მართვის ცენტრებში დამონტაჟებულ სერვერებსა და ქვესადგურებზე დამონტაჟებულ, ტელემექანიკის გადამცემ მოწყობილობებს შორის.

სექ 103-ის სტანდარტი, განკუთვნილია ქვესადგურის მოწყობილობების დაცვის ინფორმაციული ინტერფეისებისათვის. სტანდარტი ორიენტირებულია სისტემის რადიალურ ტოპოლოგიაზე, დაცვაზე და ტერმინალებს შორის იზოლირებულ არხებზე. გადაცემის პროცედურა ხორციელდება მთავარი და დაქვემდებარებული მოწყობილობის სქემის მიხედვით.

სექ 104-ის სტანდარტი, არის სექ 101-ის კომუნიკაციური სტანდარტის გაგრძელება, **TCP/IP**-ის ქსელური წვდომის პროტოკოლის გამოყენებით. ეს უპირატესობა, სექ 104-ის პროტოკოლს, საშუალებას აძლევს გამოიყენოს **Ethernet**-ის უპირატესობა, და უზრუნველყოს ინფორმაციის გადაცემის სისწრაფე – 10 და 100 მბ/წ. სექ 101 და სექ 104 სტანდარტებში გამოიყენება ტელემექანიკაში მიღებული, გაზომილი მონაცემების გადაცემის პრინციპი. ეს ნიშნავს, რომ, ანალოგურ საზომ წყაროებად (მრიცხველის ჩვენება, ტელე-



მეტრია და ა.შ.) გვევლინება – არხის ნომერი ან ტელემექანიკის მოწყობილობის კონტროლის წერტილი.

სეკ 60870-5-ის სერიის სტანდარტები ძალიან ფართოდ გამოიყენება, თუმცა გამოყენებაში გააჩნიათ შეზღუდვები, განსაკუთრებით ეს ეხება სეკ 60870-5-103-ის სტანდარტს, რომელიც იყენებს „მთავარი – დაქვემდებარებული“-ის არქიტექტურას. ამ არქიტექტურას აქვს რამდენიმე შეზღუდვა. ესენია:

- ფუნქციების რაოდენობა;
- სტანდარტიზირებული ციფრული მონაცემების რაოდენობა;
- ინფორმაციის გადაცემის სისწრაფე.

თუმცა, სეკ 60870-5-103-ის სტანდარტი, მხოლოდ ამ შეზღუდვებით არ შემოიფარგლება. სხვადასხვა ფირმების მიერ, ერთიდაიგივე პროტოკოლის, პროტოკოლების პროფილების და ინტეგრირებული მოწყობილობების გამოყენება, განსხვავებულია. მონაცემების ადრესაცია, ანუ პროტოკოლის პროფილი, მუშავდება სპეციალურად, მწარმოებლის თითოეული, ცალკეული მოწყობილობის, პროგრამული უზრუნველყოფისათვის, რაც შეუთავსებელია ტპმას-ის გამოყენებაში. დღესდღეისობით, ბევრ მოწყობილობაში არ არის ინტეგრირებული, მოვლენების უწყისის ფუნქცია (პროცესში არსებული ყველა, ავარიული მონაცემის გაშიფვრის შემდეგ, უცნობი რჩება, მაგალითად, დაცვის რომელი საფეხური დაიდრა ოპერაციის შესასრულებლად, შესრულდა თუ არა ეს ოპერაცია და რა დროს). სხვადასხვაგვარი მოწყობილობების დაკავშირების სირთულე, იმაში მდგომარეობს, რომ ერთი ფირმის წარმოებულ პროფუქციასაც კი, შესაძლებელია დასჭირდეს რამდენიმე პროგრამული მოდულის დამუშავება. ეს იმის გამო ხდება, რომ მწარმოებელი ფირმები, ხშირად ცვლიან თავიანთი მოწყობილობების პროგრამულ გაჭოლვას, რაც თავის მხრივ, იწვევს დრაივერის შეცვლის აუცილებლობას, რომელიც ემსახურება მოწყობილობას. ამიტომ, მოწყობილობაში ჩნდება კონფიგურაციის ფაილის, გამოყენების მოთხოვნილება. კონფიგურაციის ფაილით, შესაძლებელია კონკრე-

ტული მოწყობილობის პროგრამის, ავტომატური გადაყენება.

**სეკ 61850**-ის სტანდარტი გამოიყენება ქვესადგურის ავტომატიზაციის სისტემებში. ამ სტანდარტის განსხვავება, **სეკ**-ის წინა სტანდარტებისაგან მდგომარეობს იმაში, რომ ამ შემთხვევაში, მხოლოდ მონაცემთა გადაცემის, ახალი პროტოკოლის დანერგვაში არ არის საქმე. სტანდარტის ძირითადი მიმართულებაა, ქვესადგურის ინფორმაციული სისტემატიზაცია. ამ ეტაპზე, მთელს მსოფლიოში, **სეკ 61850**-ის სტანდარტი იმყოფება დანერგვის ადრეულ სტადიაში ეს ჩანს, სტანდარტისათვის მომუშავე ინსტრუმენტების განვითარების დონით. სტანდარტის ცენტრალური ნაწილია – **სეკ 61850-6**-ი, რომელიც ეძღვნება ქვესადგურის კონფიგურაციის აღწერის ენას **SCL (Substation Configuration Language)**-ს. **SCL**-ის დახმარებით, შესაძლებელია შეფასდეს:

- ქვესადგურის ერთხაზიანი სქემა;
- ლოგიკური (ფუნქციური) სენსორები, დაკავშირებული ელექტრო მოწყობილობებთან;
- ინტელექტუალური ელექტრონული მოწყობილობები (ინფორმაციის სრული გადაცემა, რომელიც განსაზღვრულია მოწყობილობისათვის);
- ენერგობიექტის ლოკალური ქსელი.

**აპს (ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემა)**-ის არსებობა, ხელს უწყობს **სეკ 61850**-ის სტანდარტის, მაშტაბის მნიშვნელოვან გაფართოვებას და **SCL**-ის ენისა და **GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events)**-ის შეტყობინებების შესაძლებლობების გამოყენებას, ენერგობიექტების ავტომატიზაციისათვის. ასევე შესაძლებელია, სტანდარტის მეთოდოლოგიის შექმნა, რომელიც ხელმისაწვდომი და გასაგები იქნება, არა მხოლოდ პროგრამისტებისათვის, არამედ ინჟინრებისთვისაც. მნიშვნელოვანი მოთხოვნა, ასეთი ინსტრუმენტისათვის არის, ტექნიკური დამოუკიდებლობა მოწყობილობის მწარმოებლებისაგან. სამწუხაროდ, შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის არარსებობის გამო, სტანდარტის ნაწილი,

რომელიც ეფუძნება SCL-ის ენას, ნაკლებად გამოიყენება: როგორც წესი, გამოიყენება მხოლოდ ICD (Interface Control Document)-ის ფორმატი, ცალკეული იედ (იზოტოპიური ენერგეტიკული დანადგარი)-ის შესაძლებლობების აღწერისათვის, შესაბამისად, სრულიად აუთვისებელი რჩება ქვესადგურის ერთხაზიანი სქემის, ძლიერი ფუნქციონალური ნაკრები და მასზე განაწილებული ლოგიკური კვანძები – SSD (Solid-State Drives)-ები. შემდგომი გაფართოვება, რომ არ იყოს დამოკიდებული კონკრეტულ მიმწოდებელზე, უცილებელია პროექტის კონფიგურაცია SCL-ის ერთიან ფორმატში, რომელიც მოიცავს სრულ ინფორმაციას, არა მხოლოდ მოწყობილობების, არამედ ქვესადგურის ერთხაზიანი სქემისაც. SCL-ის ფაილი ასევე, მოიცავს ელექტრული კავშირების და აღჭურვილობის აღწერას, რაც იძლევა ამ აღწერის შესაძლებლობების ფართოდ გამოყენების საშუალებას, სხვადასხვა გამოთვლითი ამოცანებისათვის, ასევე მოცემული ობიექტის ჩართვის შესაძლებლობას, ენერგოსისტემის ერთიან მოდელში. თუმცა, ქვესადგურის აღწერა SCL-ის ფაილში, არ არის საკმარისი ობიექტის ტჰმას-ის აგებისათვის. აღწერა შევსებული უნდა იყოს მომუშავე ალგორითმების დაცვით, და მათი ურთიერთქმედებით.

სეკ 61850-ის სტანდარტში მოწყობილობებს შორის, არსებული ურთიერთქმედების სქემის მიხედვით, პროექტირების ავტომატიზირებულმა სისტემამ, თითოეული მოწყობილობისათვის, უნდა მოახდინოს, საჭირო მონაცემების ფაილის (Data Set) ჩამოყალიბება, ასევე მოწყობილობებს შორის დაგეგმოს GOOSE-ის შეტყობინებების გადაცემა.

ამ ეტაპზე, სეკ 61850-ის სტანდარტის დანერგვა, კონცენტრირებულია MMS (Manufacturing Message Specification) ISO 9506-ის ოქმზე, რომელიც განკუთვნილია მონაცემების გადაცემაზე, SCADA სისტემასა და მოწყობილობებს შორის. MMS-ის პროტოკოლი, ეფუძნება OSI-ის შვიდდონიან მოდელს და ASN.1(Abstract Syntax Notation One)-ის პროტოკოლების აღწერის აბსტრაქტულ სისტემას.

სპეციალისტების მიერ ჩატარებულია სამუშაო OSI-ის და MMS-ის

პროტოკოლების დასტის, რეალიზაციის კუთხით. რეალიზაციისას, შემუშავებულ იქნა ინსტრუმენტი, მოწყობილობებიდან კონფიგურაციის მისაღებად – მონაცემების წაკითხვა/ჩაწერის, ასევე მონაცემების ნაკრებებთან მუშაობის და **RCB (Report Control Block)** სამართავად. ამჟამად, სპეციალისტების მიერ დასრულებულია მუშაობა **MMS**-ის პროტოკოლის ინტეგრირების კუთხით, როგორც სისტემის მხარდამჭერი, უამრავი მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლებიდან, ერთ-ერთზე. ძირითადი ყურადღება ეთმობა სისტემის არქიტექტურას: მონაცემების საბაზისო მოდელის **სეკ 61850**-ის დანერგვას, რომლის საშუალებითაც ხდება **სეკ 57**-ის კომიტეტის ნამუშევრების გამოყენება, **ტკმას**-ის სიგნალების კლასიფიკაციისათვის. ამასთან, სისტემა არ კარგავს თავის უნივერსალურობას, რადგან შეუძლია მუშაობა პროტოკოლების ფართო სპექტრთან. სისტემის საფუძველია წარმოდგენილი ინფორმაციის ერთიანობა, ინტეგრირებული მოწყობილობებისაგან დამოუკიდებლად. **სეკ 61850**-ის სტანდარტის საშუალებით, ხდება ერთიანი მონაცემების წარმოდგენა სხვა სისტემებისათვის, ასევე დიდი რაოდენობით, მონაცემების ფილტრაციის მექანიზმების ინტეგრირება, **ტკმას**-ის თითოეული მომხმარებლის მოთხოვნების დაკმაყოფილებისათვის. **სეკ 61850**-ის დანერგვამდე, **NPT Expert**-ში, არსებობდა **მას (მართვის ავტომატიზირებული სისტემა)**-ის სიგნალებისა და ტექნიკური მოწყობილობების სტრუქტურული პარამეტრების განცალკევების ფუნქცია, რომელთა შორის კავშირიც ხორციელდებოდა დამაკავშირებელი ინსტრუმენტის მეშვეობით. **სეკ 61850**-ის სტანდარტში არსებობს მსგავსი მექანიზმი, რომელიც ანხორციელებს კავშირს, ელექტროტექნიკაზე დამონტაჟებულ, ლოგიკურ კვანძებსა და **იედ**-ის ლოგიკურ კვანძებს შორის. ასეთი კავშირის განხორციელება, სავარაუდოდ, შესაძლებელი იქნება **NPT Expert**-ის ახალ ვერსიაშიც. **NPT Expert**-ის სტრუქტურას, ბევრი საერთო აქვს **SCL**-ის ფაილის შესაბამისი სექციის ქვესადგურის აღწერასთან. ერთადერთი განსხვავება, ქვესადგურის **NPT Expert**-ის აღწერის სტრუქტურაში, არის ელექტრული კავშირების არარსე-

ბოზა, ელექტროტექნიკის მოწყობილობებს შორის. **NPT Expert**-ის ახალ ვერსიაში, სავარაუდოდ იქნება ელექტრული კავშირების მექანიზმი, რომელიც **სეკ 61850 (ტერმინალის და კავშირის კვანძების)**-ის ანალოგიური იქნება. საბოლოოდ, ამ ყველაფრის გათვალისწინებით, შესაძლებელი იქნება **SCL**-ის ფორმატში, ქვესადგურის აღწერის, სრულყოფილი ფაილის ჩამოყალიბება, რაც აუცილებელი წინაპირობაა სადგურის დონეზე, **სეკ 61850**-ის სტანდარტის ინტეგრირებისათვის.

**NPT Expert**-ის განვითარების კიდევ ერთი მიმართულებაა – ფუნქციის ლოგიკური დამუშავების გაფართოვება. არსებულ სისტემას უკვე აქვს, სიგნალების ლოგიკური დამუშავების მძლავრი ინსტრუმენტი, რომლის საშუალებითაც ხდება ბლოკირებების ფუნქციის რეალიზება, ენერგო-ობიექტის სქემის და აღჭურვილობის მდგომარეობის შეფასება. სისტემის ახალ ვერსიაში, ალგორითმული დამუშავების შედეგები, შესაძლებელი იქნება წარმოდგენილ იქნეს ლოგიკური კვანძების სახით, **სეკ 61850**-ის სტანდარტის მიხედვით. ამ ეტაპზე, სისტემაში უკვე არსებობს ალგორითმების მუშაობის შესაძლებლობა, როგორც სისტემის ზედა, ასევე ქვედა – ფუნქციონალური კონტროლერების დონეზე. ქვედა დონეზე ალგორითმების გადაცემით, შესაძლებელი იქნება ლოგიკური ქვესისტემის მუშაობის, დინამიური მახასიათებლების გაუმჯობესება. ასევე, **GOOSE**-ის ტექნოლოგიის სრულყოფილად გამოყენებება.

საერთაშორისო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ **სეკ 61850**-ის დანერგვა, ექსპერიმენტულ ხასიათს ატარებს და თან ახლავს, ზოგიერთი სირთულე. მთავარი სირთულე იმაშია, რომ ამ სტანდარტს მხარს არ უჭერს, ასეთი აღჭურვილობის, ბევრი მწარმოებელი. ასევე, როგორც უკვე აღინიშნა, ავტომატიზირებული პროექტირების ინსტრუმენტების ნაკლებობა, რომელთა არსებობის შემთხვევაში, ინჟინრები ისარგებლებდნენ სტანდარტის ყველა უპირატესობით.

**სეკ 61850**-ის სტანდარტის ახალ ვერსიაში, რომელშიც გამოსწორებულია ზემოთ ჩამოთვლილი ხარვეზები, დანერგილი იქნება დიდი რაოდე-

ნობით ლოგიკური კვანძები, რაც მნიშვნელოვნად გააფართოვებს სტანდარტის გამოყენების ფარგლებს. შესაბამისად, სტანდარტზე გაიზრდება დაინტერესება, მოწყობილობების მწარმოებლების მხრიდან. მნიშვნელოვანია, რომ სტანდარტის დარეგვისას, ყურადღება გამახვილდეს არა მხოლოდ მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლებზე (MMS, GOOSE), არამედ პროექტირებაზე, მონაცემების მოდელებზე, მოწყობილობებს შორის თავსებადობაზე და გამოცდის ჩატარების რეგლამენტზე.

## 4.2. საინფორმაციო-გამზომი პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი

აღნიშნული კომპლექსი, პროგრამული და აპარატურული საშუალებებისა, განკუთვნილია ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისათვის. კომპლექსის შემადგენლობა შემდეგნაირია:

- მიერთების კონტროლერები;
- მრიცხველი;
- მოწყობილობა ეხმმ (ელექტროენერჯის ხარისხის მაკონტრო-

ლებელი მოწყობილობა) ARIS PQ-ი;

- კომუნიკაციური კონტროლერები;
- სერვერები და ოპერატორების სამუშაო ადგილები.

სისტემა სამდონიანია:

**ზედა დონე** – სერვერები დაცული შესრულებით;

**საშუალო დონე** – ქვესადგურის კომუნიკაციური კონტროლერები;

**ქვედა დონე** – მიერთების კონტროლერები, ელექტროენერჯის ხარისხის კონტროლის ხელსაწყო; ციფრული მულტი-ფუნქციური ელექტრომრიცხველი, მონაცემების მიმღებით;

### ფუნქციური შესაძლებლობები

კომპლექსის ძირითადი ფუნქციებია:

- ანალოგური სიგნალების შეგროვება და პირველადი დამუშავება;
- დისკრეტული სიგნალების შეგროვება და დამუშავება;
- დისტანციური და ადგილობრივი მართვა;

- ტექნოლოგიური და დაცული ოპერატიული ბლოკირება;
- გამაფრთხილებელი და ავარიული სიგნალიზაცია;
- რეგისტრაცია და ტექნოლოგიური პროცესის არქივირების ღონისძიებები, 1 მლწმ-ის სიზუსტით;
- ავარიული სიტუაციების რეგისტრაცია, 1 მლწმ-ის სიზუსტით;
- გამოყენებული ავტონომიური სისტემების ინტეგრაცია: მუშაობის კონტროლი, მუშაობის რეჟიმების დისტანციური ცვლილება ("დაყენებების" ჯგუფების შეცვლა, სიგნალიზაციის გათიშვა და ა.შ.);
- რეგისტრაცია და ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრების განსაზღვრა, არსებული სტანდარტების შესაბამისად;
- ენერგობიექტის მთავარი და დამხმარე მოწყობილობების ოპერატიული დიაგნოსტიკა, რესურსის გაანგარიშება, გაუმართავობების გამოვლენა;
- მეორადი და კომუნიკაციური მოწყობილობების მდგომარეობის ოპერატიული დიაგნოსტიკა;
- ინფორმაციის ჩვენება ოპერატიული ჯგუფისა და დამხმარე პერსონალისათვის;
- მონაცემების გადაცემა სამეთვალყურეო და ქსელების მართვის ცენტრებში.

### **ოპერატიული ბლოკირება მართვის დროს**

პერსონალის არასწორი ქმედებებისას, კომპლექსის საშუალებით ხორციელდება ოპერატიული ბლოკირება. კომპლექსი ასრულებს ოპერატიული ბლოკირებების ალგორითმებს, სისტემის რამდენიმე დონეზე:

- სისტემის დონეზე არ არის ნებადართული მართვის ბრძანების გაცემა, ბლოკირების სიგნალის არსებობა/არარსების შემთხვევაში;
- მიერთების კონტროლერის დონეზე, აკრძალულია ზედა დონიდან მართვის ბრძანების გაშვება, და კონტროლერის ლოკალური მართვა.

ამრიგად, სრულდება მართვის კონტროლი, გამთიშველებსა და დამიწების "დანებზე". მაზვის არსებობისას, იკრძალება მათი ერთობლივი მუშაო-

ბა, ანუ მათი მართვისას, ხორციელდება გადართვის სქემის კონტროლი. ოპერატიული ბლოკირებების ალგორითმები იქმნება სისტემის პროექტირების პროცესში, და კონფიგურირდება სისტემის გაშვების პროცესში. მსგავსი სქემების გამანაწილებელ მოწყობილობებს გააჩნიათ ოპერატიული ბლოკირების მომზადებული და გამოცდილი პროგრამული მოდულები, რომლებიც შესაძლებელია ადაპტირებულ იქნას, ენერგობიექტის პერსონალის მიერ, კონკრეტული პირობების შესაბამისად. სიგნალები გამოყენებული, ოპერატიული ბლოკირებების ალგორითმებში, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას, როგორც ფიზიკური სიგნალები, დაწესებული კომპლექსის მიერთების კონტროლერში, სადენიანი კავშირების და ინფორმაციული სიგნალების გამოყენებით, მიღებული შეტყობინებების გაცვლით, მეზობელ მოწყობილობებსა და/ან პროცესის სალტეს შორის.

#### **დროის სინქრონიზაცია**

კომპლექსი იძლევა საშუალებას, ზუსტად მოხდეს სისტემის ყველა მოწყობილობის სინქრონიზაცია. მოწყობილობის სინქრონიზაცია, სტაციონარული სალტის დონეზე, სრულდება **NTP (Network Timing Reference)**-ის პროტოკოლის მიხედვით. დროის წყაროებად გამოიყენება, ზუსტი დროის სერვერები, რომლებიც იღებენ სიგნალს სატელიტური სისტემებიდან, **GPS**-დან ან **ГЛОНАСС**-დან. უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად, ზუსტი დროის **NTP**-ის სერვერებს, შეუძლიათ რეზერვირება, ასევე შესაძლებელია შეიქმნას სინქრონიზაციის დამოუკიდებელი, სპეციალიზირებული სალტე, **PPS (Pulse Per Second)**-ის სინქრონიზაციის პერიოდული იმპულსების საფუძველზე. მოწყობილობების სტაციონარული სალტის, სინქრონიზაციის სიზუსტე შეადგენს 1 მლწმ-ს. **PTP (Precision Time Protocol)** და **NTP** სერვერები, შესაძლებელია კომბინირებულ იქნეს ერთ მოწყობილობაში. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ **NTP**-ის სერვერის როლში, შესაძლებელია იყოს კომპლექსის ერთ-ერთი კონტროლერი, აღჭურვილი **GPS**-ის მიმღებით.

პროცესის სალტის დონეზე, მოწყობილობების სინქრონიზაცია სრულდება **IEEE1588v2(PTP)**-ის პროტოკოლის მიხედვით. დროის წყაროებად



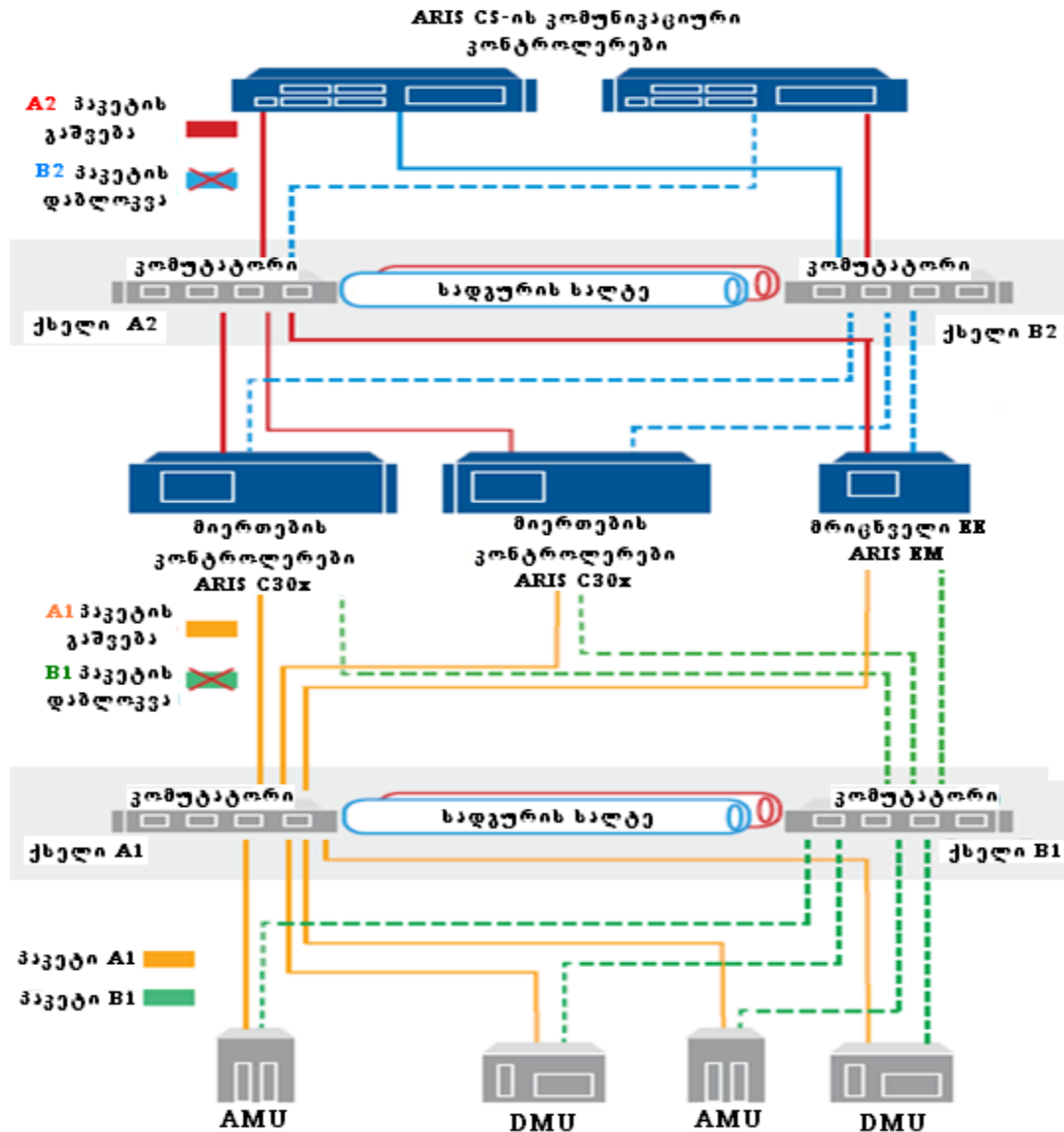
გამოიყენება ზუსტი დროის სერვერები, რომლებიც იღებენ სიგნალს სატელიტური სისტემებიდან, GPS-დან ან ГИОЛАСС-დან. პროცესის სალტის კომპუტატორები ასევე მხარს უნდა უჭერდნენ IEEE588v2(PTP)-ის პროტოკოლს. საიმედოობისათვის, ზუსტი დროის PTP-ის სერვერებს, შეუძლიათ რეზერვირება. ასევე შესაძლებელია შეიქმნას სინქრონიზაციის დამოუკიდებელი, სპეციალიზირებული სალტე, PPS-ის სინქრონიზაციის პერიოდული იმპულსების საფუძველზე. მოწყობილობების პროცესის სალტის სინქრონიზაციის სიზუსტე, შეადგენს 10 მკრწმ-ზე მეტს.

### რეზერვირებული ქსელების აგებულება

კომპლექსის მიერთების კონტროლერები, მრიცხველები და კომუნიკაციური კონტროლერები, მხარს უჭერენ PRP (Parallel Redundancy Protocol) პარალელური რეზერვირების პროტოკოლს, რომელიც უზრუნველყოფს ქსელის ტოპოლოგიის "უწყვეტ" აღდგენას, მისი ერთ-ერთი ელემენტის დაზიანების შემთხვევაში (ქსელში მონაცემების გაცვლის შეფერხების შემთხვევაში, აღდგენის დრო უტოლდება ნულს). PRP-ის პროტოკოლი იყენებს მოწყობილობების ქსელური ინტერფეისების და ლოკალური ქსელების სრულ დუბლირებას (იხ. სურ. 4.1). ტოპოლოგია შიდა ქსელებში, შეიძლება იყოს სხვადასხვა.

PRP-ის პროტოკოლის მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: გამგზავნი-კონტროლერი აგზავნის პაკეტს, ორივე დამოუკიდებელ ქსელში დუბლირებული პორტების გავლით. კონტროლერი-მიმღები იღებს პაკეტს ორივე პორტიდან, ადარებს მათ არხის დონეზე და წარმოადგენს სტეკში (დასტაში), როგორც ერთიან პაკეტს. ამრიგად, ერთ-ერთი ქსელის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაშიც კი, არ ირღვევა კავშირი, კონტროლერებსა და ნულოვანი გადასვლის დროს შორის. კომპლექსის კონტროლერები და მრიცხველები მხარს უჭერენ PRP-ის პროტოკოლს, როგორც პროცესის სალტესთვის (Process Bus), ასევე "სადგურის" სალტესთვის (Station Bus). გარდა PRP-ის პროტოკოლისა, კომპლექსში რეზერვირებული ქსელები, შესაძლებელია შეიქმნას სპეციალიზირებული კომპუტატორების ბაზაზე,

რომლებიც მხარს უჭერენ რეზერვირების, როგორც სტანდარტულ, ისე სპეციალურ ტექნოლოგიებს. ქსელურ მოწყობილობებად გამოიყენება კონტროლირებადი სამრეწველო Ethernet-ის კომპუტატორები.



სურ. 4.1. PRP რეზერვირებული ქსელის აგებულება, პროცესის სალტეში და სტაციონარულ სალტეში

გადაწყვეტილება რეზერვირების აუცილებლობაზე, მეთოდზე და ქსელის არქიტექტურის რეზერვირებაზე, დამოკიდებულია ავტომატიზირებული სისტემის ტექნიკურ მოთხოვნებზე.

#### საშუალო და ზედა დონის მოწყობილობების რეზერვირების აგებულება

კომპლექსის საშუალო დონის კონტროლერები და ზედა დონის სერვერები, მხარს უჭერენ რეზერვირების რეჟიმში მუშაობას. რეზერვირება ხორ-

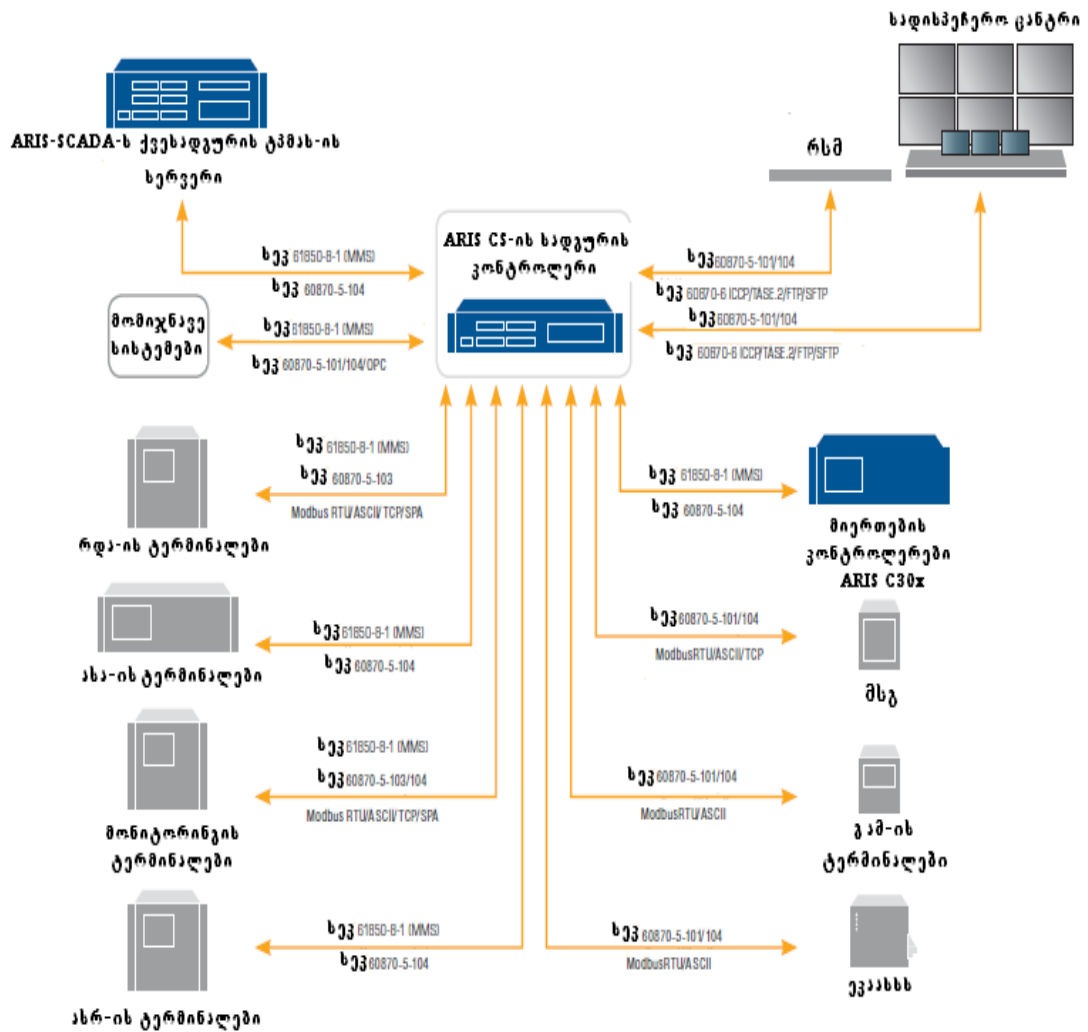
ციელდება ორი, ერთნაირი მოწყობილობის გამოყენებით, რომლებიც პარალელურად მუშაობენ და ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან, სპეციალური ალგორითმის მიხედვით. ალგორითმი ავტომატურად უთითებს მთავარ და სარეზერვო მოწყობილობას, საზღვრავს გაუმართავობის გამოვლენის თარიღს, და საჭიროების შემთხვევაში, ცვლის მოწყობილობების როლებს. ძირითადი კომპონენტების გაუმართავობების განსაზღვრის დრო შეადგენს 1,5 წამს, ხოლო ტრანსლირებული მონაცემების აღდგენის დრო – 30 წამს.

### **ინტეგრაციის შესაძლებლობები**

კომპლექსს აქვს მოწყობილობების ინტეგრირების ფართო შესაძლებლობები, სხვადასხვა ავტომატიზირებულ სისტემებში. ინტეგრაცია სრულდება კომუნიკაციური კონტროლერის დონეზე. პროგრამული უზრუნველყოფა მოიცავს პროტოკოლისაგან დამოუკიდებელ ბირთვს და ინდივიდუალური კომპონენტების (სერვერულის და სამომხმარებლოს) კომპლექტს, რომელიც რეალიზდება მონაცემების გაცვლით, სხვადასხვა პროტოკოლების მიხედვით. მონაცემების გაცვლის პროტოკოლები, ქვედა დონის მოწყობილობებთან და მიმდებარე სისტემებთან შეიძლება იყოს მწარმოებლების საფირმო პროტოკოლები. სისტემის ზედა დონეზე, მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლები განისაზღვრება სტანდარტებით. მხარდამჭერი პროტოკოლების ფართო სპექტრი, იძლევა საშუალებას, სისტემების შემადგენლობაში მარტივად ჩართოს, როგორც ახალი, ისე ადრე დამონტაჟებული ტექნიკა, და სისტემა შექმნას, მომხმარებლის კონკრეტული მოთხოვნების შესაბამისად. ჩაშენებული ტიპური პარამეტრების ნიმუშების არსებობა, უფრო გავრცელებული მოწყობილობებისათვის, იძლევა საშუალებას, სწრაფ ტემპში მოხდეს სისტემის ინტეგრირება და მისი ექსპლუატაციაში გაშვება.

### **ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრების აგებულება**

კომპლექსის მიერთების კონტროლერებს და მრიცხველებს შეუძლიათ გამოთვალონ ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრები (იხ. სურ.4.2).



სურ. 4.2. კომპლექსის ინტეგრაციის შესაძლებლობები

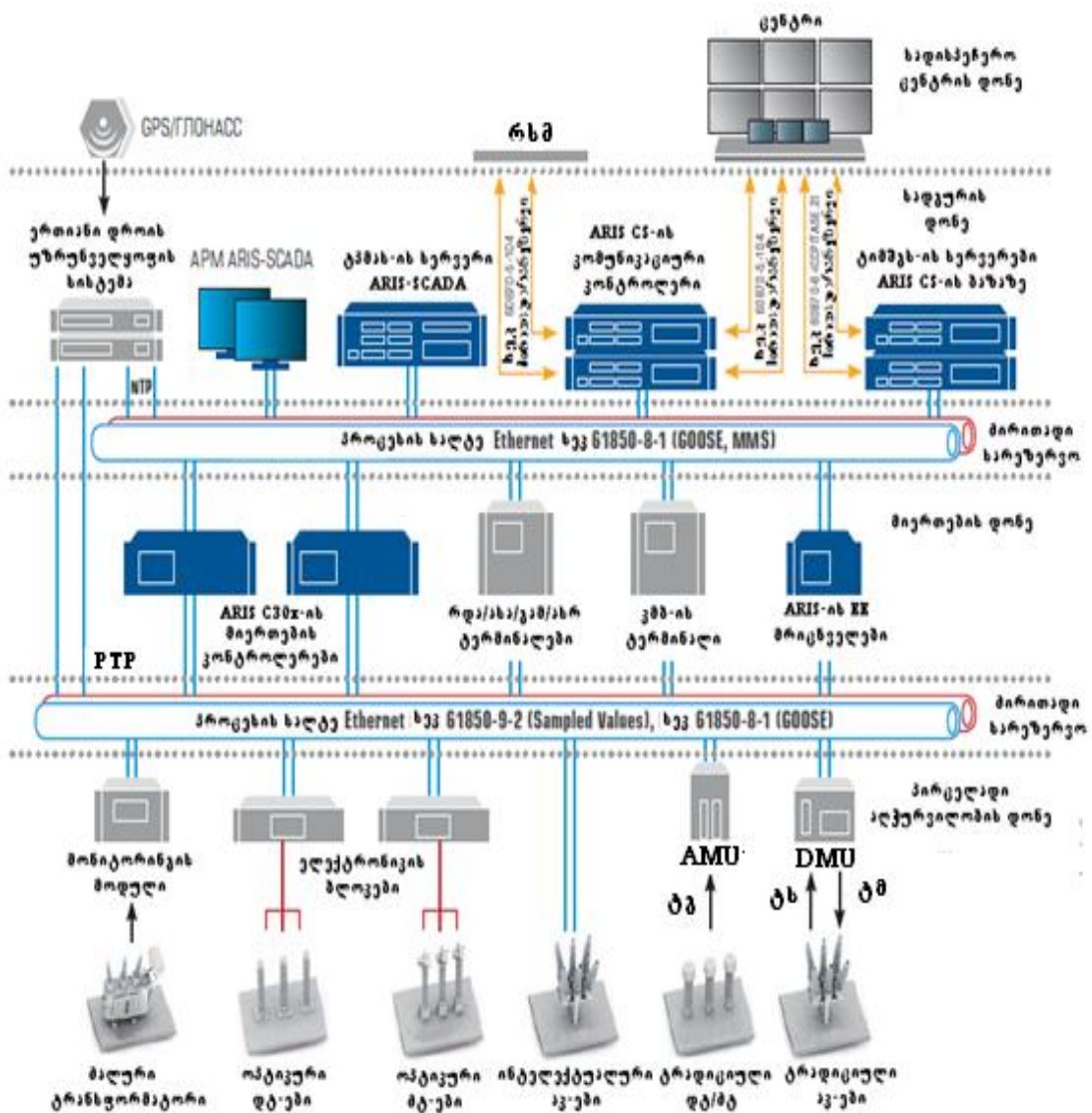
კომპლექსის შესაბამისი მოწყობილობა სერთიფიცირებულია და შედის SI (LeSystème International d'Unités - International System of Units)-ის საერთაშორისო სისტემაში, როგორც ელექტროენერჯის ხარისხის მაკონტროლებელი მოწყობილობა. ამ მოწყობილობის კონტროლერების გამოყენება იძლევა საშუალებას, დამატებითი მოწყობილობების გამოყენების გარეშე, ერთჯერადად განხორციელებული გაზომვების საფუძველზე, გამოთვალოს ელექტროენერჯის ხარისხის შემდეგი მახასიათებლები:

- ნულოვანი, პირდაპირი და უკუ თანმიმდევრულობების ძაბვის მნიშვნელობები;
- ნულოვანი, პირდაპირი და უკუ თანმიმდევრულობების დენის მნიშვნელობები;
- ძაბვის ჰარმონიკების კოეფიციენტების მნიშვნელობები, თითოეული ფაზისათვის;

➤ დენის ჰარმონიკების კოეფიციენტების მნიშვნელობები, თითოეული ფაზისათვის;

➤ სპექტრალური ძაბვისა და დენის ფაზები, 40 ჰარმონიკამდე.

კომპლექსის ბაზაზე შესაძლებელია ავტომატიზირებული სისტემების შექმნა, როგორც პროცესის სალტით, ისე მის გარეშე. პროცესის სალტით, კომპლექსის ბაზაზე შექმნილი ავტომატიზირებული სისტემის მაგალითი ნაჩვენებია 4.3 სურათზე.



სურ. 4.3. ენერგობიექტის ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა

ეს მაგალითი შედგება 3 დონისაგან, ესენია:

1. პირველადი აღჭურვილობის დონე – შედგება დენის ოპტიკური გასაზომი ძაბვის ტრანსფორმატორებისაგან და ელექტრონიკის ბლოკებისაგან,

ობიექტებთან კავშირების მოდულებისაგან და სხვადასხვა მწარმოებლების მიერ წარმოებული, ინტელექტუალური კომპუტაციური აპარატებისაგან.

**2. მიერთების დონე** – შედგება კომპლექსის მიერთების კონტროლერებისაგან, მრიცხველებისაგან და ავტომატიზირებული სისტემების ციფრული ტერმინალებისაგან, რომლებიც წარმოებულია სხვადასხვა მწარმოებლების მიერ.

**3. სტაციონარული დონე** – შედგება კომპლექსის კომუნიკაციური კონტროლერებისაგან, სერვერებისა და **APM**-ისგან, რომელიც თანხვედრ-შია პროგრამულად.

ამ მაგალითში, კომპლექსის მიერთების კონტროლერები, მრიცხველები და ტერმინალები დაკავშირებულია პროცესის სალტესთან და საზომი ცენტრებიდან (ელექტრონიკის ოპტიკური ბლოკებიდან, **დტ (დენის ტრანსფორმატორი)/ძტ (ძაბვის ტრანსფორმატორი)**-დან ან **AMU (Auxiliary Memory Units)**-ის მოდულებიდან), შესაბამის ფორმატში, იღებენ მონაცემებს საზომი ნაკადიდან. სიგნალიზაციის მონაცემების შეგროვება, ბრძანებების და მართვის ნებართვის გაცემა, ხორციელდება უშუალოდ ჩაშენებული ელექტრონული ბლოკებით ინტელექტუალური **აკ (ავტომატიკის კონტროლერი)**-ით ან **ომმ**-ით, სტანდარტული პროტოკოლის მიხედვით. მიღება/გადაცემის მთავარი, ფიზიკური საშუალება, დაწყებული პირველადი აღჭურვილობის დონიდან, მიერთების აღჭურვილობის დონით დამთავრებული, არის ოპტიკური ბოჭკო. მიღებული მონაცემების საფუძველზე, ყველა **IED**-ი ახდენს დენის და ძაბვის მოქმედი მნიშვნელობების გამოთვლას, და მონაცემების გაცვლას სადგურის სალტის პროტოკოლს შორის, ასევე ახდენს მონაცემების ტრანსლირებას ზემდგომ დონეზე. ამ არქიტექტურაში ციფრული მოწყობილობების სინქრონიზაციის დრო გათვალისწინებულია, როგორც პროცესის სალტესთვის, **IEEE1588v2(PTP)**-ის პროტოკოლში, ასევე სტაციონარული სალტესთვის, **NTP**-ის პროტოკოლში.

### 4.3. პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი A2

A2 – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისათვის. კომპლექსი შედგება სხვადასხვა წარმოების ცენტრალური კონტროლერებისაგან და შეტანა/გამოტანის დისტანციური მოდულებისაგან. კომპლექსის მთავარი ფუნქციებია:

- ანალოგური სიგნალების შეგროვება და პირველადი დამუშავება;
- დისკრეტული სიგნალების შეგროვება და დამუშავება;
- დისტანციური მართვა (ტელემართვა);
- ტექნოლოგიური და უსაფრთხოების ოპერატიული ბლოკირება;
- გამაფრთხილებელი და განგაშის სიგნალიზაცია;
- ავტონომიური სისტემების ინტეგრაცია და მათი მოქმედებების კონტროლი;
- ტექნოლოგიური პროცესის მიმდინარეობის რეგისტრაცია და არქივირება, 1 მკრწმ-ის სიზუსტით;
- ინფორმაციის ასახვა ოპერატიული და მომსახურე პერსონალისათვის;
- მონაცემების გადაცემა სამეთვალყურეო და ქსელების მართვის ცენტრებში (მაქსიმუმ 5 მიმართულებით).

#### ოპერატიული ბლოკირება

A2 კომპლექსის საშუალებით, ხორციელდება ოპერატიული ბლოკირება, როგორც პროგრამული, მართვის მიზანზე ზემოქმედების გარეშე, ასევე აპარატურული, აკ-ის მართვის მიზანზე ზემოქმედებით, ბრძანების გაცემით – "მართვის ნებართვა", სისტემის სქემების მართვის მიზნით. ოპერატიული ბლოკირებების დამუშავება, მართვის ყველა არხის დონეზე, კომპლექსში, ხორციელდება რეალურ დროში. ცენტრალური კონტროლერი აწარმოებს პირობების უწყვეტ ანალიზს, შესასვლელელების მდგომარეობის და

შექმნილი ლოგიკური სქემის საფუძველზე. სისტემის ზედა დონიდან (ARM-ის ოპერატიული პერსონალი), მართვის ბრძანების გამოჩენისას, ხდება ოპერატიული ბლოკირების შემოწმება (ნებადართულია, აკრძალულია), მოცემული მართვის არხის მეშვეობით. შემდეგ, კონტროლერი, შემოწმების შედეგების საფუძველზე იღებს გადაწყვეტილებას, მოდულის შემსრულებელ მექანიზმზე ბრძანების გადაცემის შესახებ, ხოლო ამ პროცედურის შემდეგ, ბრძანება გადაიცემა კომუტაციური მოწყობილობის შემსრულებელ მექანიზმზე. ცენტრალური კონტროლერი აწარმოებს პირობების უწყვეტ ანალიზს, შესასვლელების მდგომარეობის და შექმნილი ლოგიკური სქემის საფუძველზე, და აჩერებს მოდულების გამომავალ სამიზნეებს, ერთ-ერთ მდგომარეობაში – ნებადართულია/აკრძალულია. ნებისმიერი შიდა სიგნალის ცვლილებისას, რომელიც მონაწილეობს ოპერატიული ბლოკირების ლოგიკურ სქემაში, ხდება ოპერატიული ბლოკირების გადაანგარიშება და არხის გამომავალი სამიზნეების მდგომარეობის შეცვლა (მართვა ნებადართულია). მძლავრი ობიექტების ავტომატიზაციისას, რომლებიც დიდი, ინფორმაციული მოცულობის მონაცემებს შეიცავენ, საჭიროა მოხდეს ოპერატიული ბლოკირების ფუნქციის გამოყოფა, ცალკეულ ცენტრალურ კონტროლერებზე.

### **დროის სინქრონიზაცია**

A2-ის საშუალებით, ზუსტად ხდება სისტემის ყველა მოწყობილობის სინქრონიზირება. ზუსტი დროის წყაროდ, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს, როგორც მრავალფუნქციურ კონტროლერებში ჩაშენებული GPS/ГНОВЛACC-ის მიმღები, ასევე ცალკეული დროის NTP-ის სერვერი. სინქრონიზაციის სიზუსტე, GPS-ის ჩაშენებული დროის წყაროს მიხედვით, შეადგენს 1 მკრწმ-ს.

### **საიმედოობა**

A2-ში შემავალი ყველა კომპონენტი განკუთვნილია მრავალწლიანი უწყვეტი მუშაობისათვის, ელექტრომაგნიტური ჩარევის ყველაზე მკაცრ პირობებში და ტემპერატურის დიდ დიაპაზონში. საიმედოობის საჭირო



დონის უზრუნველყოფისათვის, შეიცავს სპეციალურ გადაწყვეტებს:

- აპარატურული ნაწილის და პროგრამული უზრუნველყოფის თვითდიაგნოსტიკა;
- კავშირის ხაზის მთლიანობის დიაგნოსტიკა;
- ცენტრალური კონტროლერების და კვების წყაროების რეზერვირება;
- ყველაზე მკაცრი მოთხოვნების თავსებადობა **ემთ (ელექტრო-მაგნიტური თავსებადობა)**-თან.
- გალვანური დაბოლოებები და ინტერფეისების ვარისტორული დაცვა.

### რეზერვირება

**A2**-ში რეზერვირებული ელემენტია – ცენტრალური კონტროლერი. ამისათვის რეალიზებულია სპეციალური პროგრამულ-აპარატურული სქემა. მთავარ და რეზერვის ცენტრალურ კონტროლერებს შორის ურთიერთქმედება ხორციელდება, ორი მაკონტროლებელი ხაზის მეშვეობით (**RS-232**-ი და **Ethernet**-ი). დაბალი დონის მოწყობილობებს შორის კავშირისათვის გამოიყენება, კავშირის საერთო ხაზები, რომელთა განშტოებაც ხდება ტერმინალის ველში. ხორციელდება შემდეგი ფუნქციების რეზერვირება:

- **TM32**-ის მოდულებით ტელეგაზომების მონაცემების შეგროვება;
- **TS 32**-ის მოდულებით ტელესიგნალიზაციის მონაცემების შეგროვება;
- **TC 32**-ის მოდულით, ტელესიგნალიზაციის ბრძანების გაცემა;
- წინასწარ გაანგარიშებული ფუნქციები;
- ინფორმაციის გადაცემა ზედა დონეზე, ზოგიერთ სისტემაში, სერიული პროტოკოლის და **Ethernet**-ის მეშვეობით.

**A2**-ის ცენტრალური კონტროლერების რეზერვირებისას გამოვლენილი ნებისმიერი გაუმართავობის შემთხვევაში, ხდება ცენტრალური კონტ-

როლერის სპეციალურ რეჟიმში გადაყვანა, რომელშიც კონტოლერი სრულეებით წყვეტს გარე აბონენტებთან ურთიერთქმედებას და ხორციელდება რეზერვის კონტროლერის გადაყვანა, ძირითადის რეჟიმში.

### **თვითდიაგნოსტიკა**

ცენტრალური კონტროლერი ახდენს კვანძების გაუმართავობების დიაგნოსტიკას:

- პროგრამული უზრუნველყოფის სტაბილური ფუნქციონირება;
- გარე მოდულების არასტაბილური ფუნქციონირება;
- **RS 485**-ის პორტების ფუნქციონირება;
- კავშირის მაკონტროლებელი ხაზების ფუნქციონირება;
- **GPS**-ის მიმღებების ფუნქციონირება.

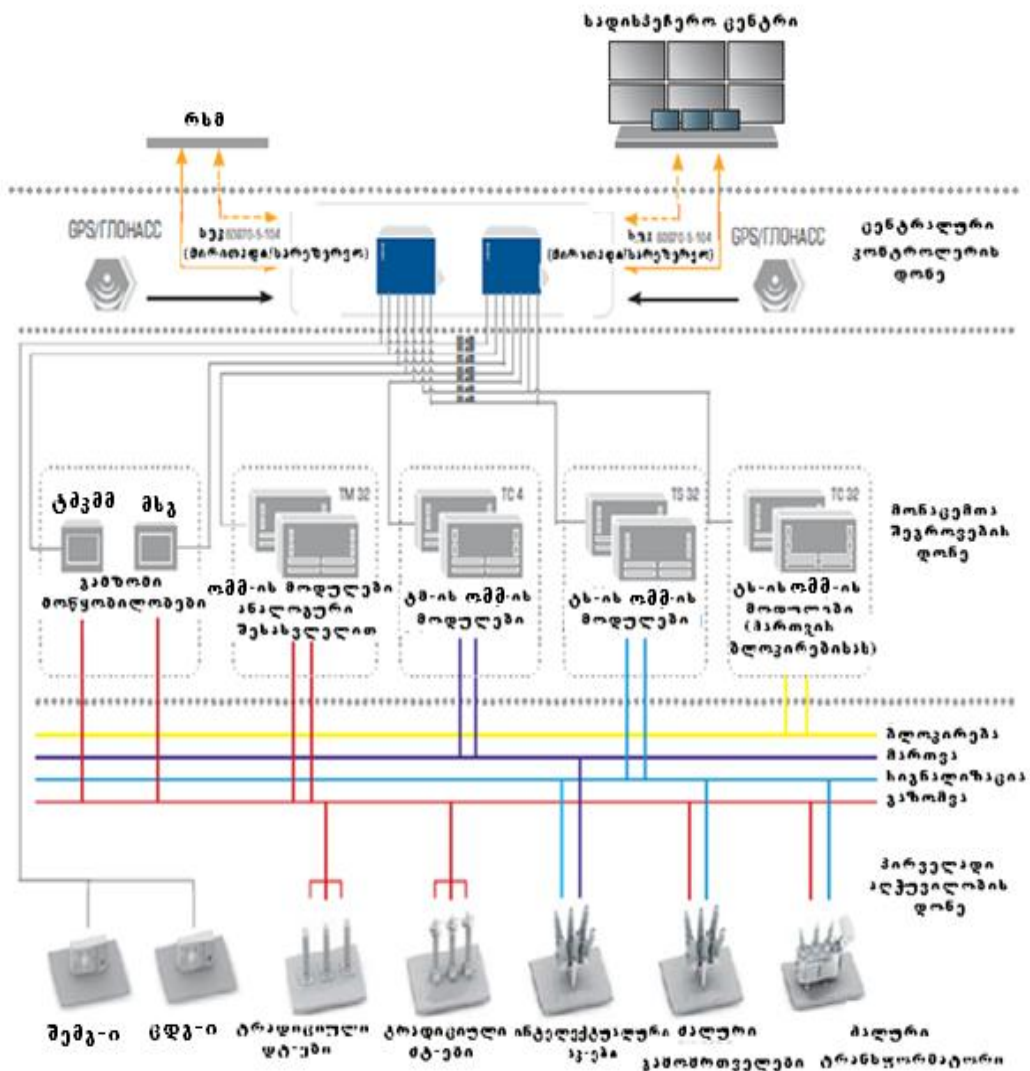
ჩამოთვლილთაგან, ნებისმიერი გაუმართავობის გამოვლენის შემთხვევაში, **ARIS MT**-ი გადადის სპეციალურ რეჟიმში და ზედა დონეს გადასცემს სიგნალს, გაუმართავობის შესახებ.

### **ინტეგრაციის შესაძლებლობები**

**A2**-ის ცენტრალური კონტროლერები, მხარს უჭერს დაბალი დონის მოწყობილობებს და მათ მომიჯნავე სისტემების მონაცემთა გაცვლის პროტოკოლებს. სისტემის ზედა დონეზე გამოიყენება მონაცემთა გადაცემის სტანდარტული პროტოკოლები. ასევე გამოიყენება მრავალფუნქციური საზომი გარდამქმნელები. შესაძლებელია ასევე ელექტროენერჯის მრიცხველების გამოყენება, ტელემეტრიის წყაროებად და კომბინირებულ სისტემებში, მონაცემების აღმრიცხველებად.

### **სისტემები A2-ის ბაზაზე**

ავტომატიზირებული სისტემის ტიპიური არქიტექტურა, **A2**-ის ბაზაზე, ნაჩვენებია 4.4 სურათზე.



სურ. 4.4. ავტომატიზირებული სისტემის ტიპური არქიტექტურა A2-ის ბაზაზე ეს არქიტექტურა შედგება 3 დონისაგან:

1. **ქვედა დონე.** ქვედა დონის შემადგენლობაში შედის: მიკროპროცესორული საზომი გარდამქმნელები, ტელესიგნალიზაციის მოდულები TS 32-ი, მართვის მოდულები TC 4-ი და TC 32-ი, უნიფიცირებული ანალოგური სიგნალის შეტანის მოდულები, ტმკ (ტრანსფორმატორის ძაბვის კონტროლი)-ის მდგომარეობის მაჩვენებლები, ჰაერის ტემპერატურის სენსორი, საკომუნიკაციო ხაზები, ტელესიგნალიზაციის, ტელემართვის, მსგ-ის მიერთების კონტროლერის, ტმკ-ის მდგომარეობის მაჩვენებლებსა და ცენტრალური კონტროლერის მოდულებს შორის. ეს დონე უზრუნველყოფს: მიერთების ელექტრული პარამეტრების გაზომვას, დისკრეტული სიგნალების შეგროვებას, მართვის სიგნალების გაცემას შემსრულებელ სქემებზე, არაელექტრული სიდიდეების გაზომვას, მონაცემების შეგროვებას

ტკ-ის მდომარეობის შესახებ; ყველა მოვლენა სრულდება განსაზღვრულ დროში.

**2. საშუალო დონე.** საშუალო დონის შემადგენლობაში შედის კონტროლერი. ეს დონე უზრუნველყოფს საკომუნიკაციო ციფრული არხების, მსმ-თან კავშირის მონაცემების შეგროვებას, შეტან/გამოტანის მოდულებს, მომიჯნავე სისტემების მოწყობილობების ურთიერთქმედებას, ზუსტი დროის სიგნალების გაცემას, ოპერატიულ-ტექნოლოგიური მონაცემების გადაცემას და სამეთვალყურეო ცენტრიდან, მართვის ბრძანებების ტრანსლიაციას.

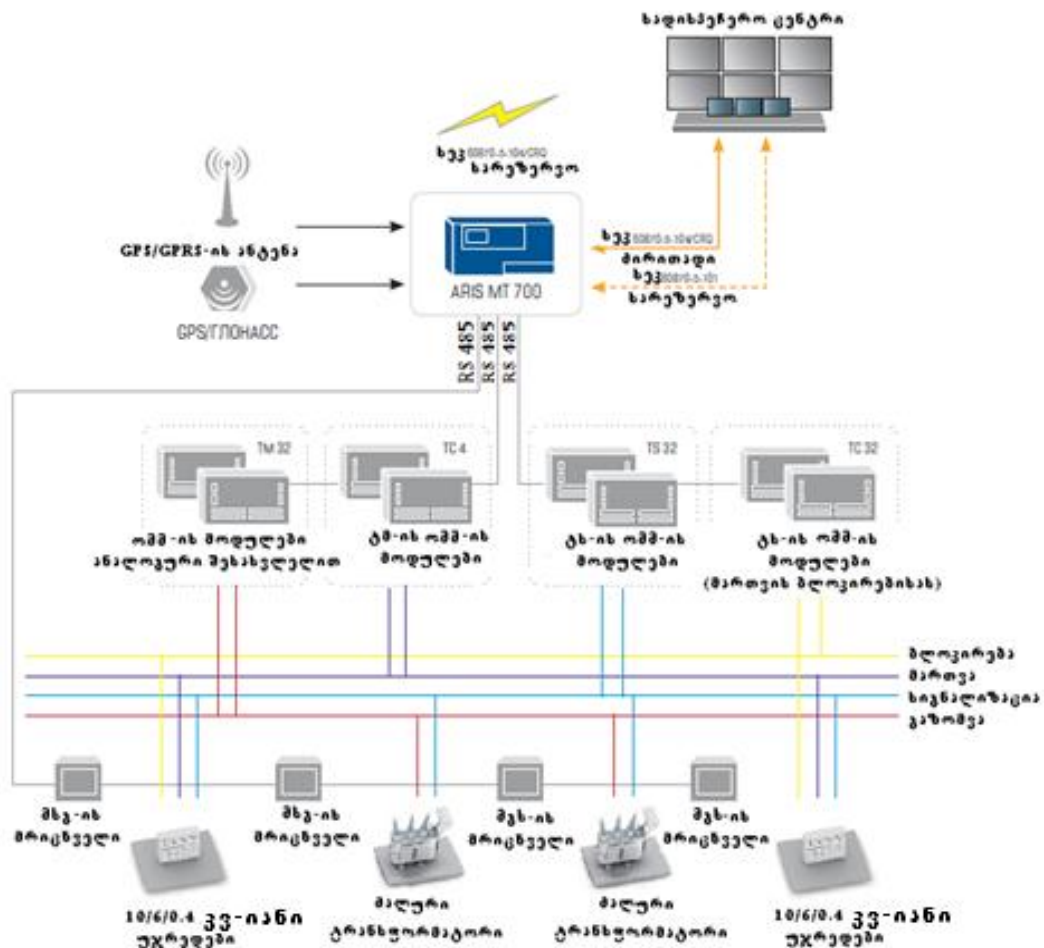
**3. ზედა დონე.** ზედა დონე შეიცავს სერვერებს. ეს დონე უზრუნველყოფს ინფორმაციის დამუშავებას, დაცვას და ვიზუალიზაციას მომხმარებლების ARM-ის სადგურებზე.

**მცირე სიმძლავრის ენერგობიექტების სქ (სატრანსფორმატორო ქვესადგური)-ის და გქ (გამანაწილებელი ქვესადგური)-ის ავტომატიზაცია A2-ის ბაზაზე**

მცირე სიმძლავრის ენერგობიექტების (სქ-ის და გქ-ის) მახასიათებლებია:

- კომუნიკაციის არხების ნაკლებობა;
- ენერგობიექტზე დამონტაჟებული მოწყობილობების მინიმალური რაოდენობა;
- გადაწყვეტის მინიმალური ფასი.

კომპლექსის ცენტრალური კონტროლერები სპეციალურად შემუშავებულია მცირე სიმძლავრის ენერგობიექტების კომპლექსური ავტომატიზაციისათვის (იხ. სურ. 4.5).



სურ. 4.5. სექსიონალური ავტომატიზირებული სისტემების არქიტექტურა

მათი მეშვეობით ხორციელდება:

- ელექტროენერჯის აღრიცხვითი მონაცემების შეგროვება და ასახვა;
- საზომი და სიგნალიზაციის (ტელემეტრია) მონაცემების შეგროვება და ასახვა;
- კომუტაციური აპარატებით მართვა, ბლოკირების ფუნქციით;
- რდა (რელეური დაცვა და ავტომატიკა)-ის მოწყობილობის ინტეგრაცია;
- ტრანსფორმატორის მონიტორინგი;
- სიგნალიზაციის მუშაობა;
- ჩაშენებული GPS (Global Positioning System)/ГЛОЛАСС-ის მიმღების მეშვეობით, მოვლენების 1მკრწმ-ის სიზუსტით ასახვა;
- სამეთვალყურეო ცენტრის დონეზე მონაცემების გადაცემა,

საკომუნიკაციო არხებით (**Ethernet**-ი და სერიული) გავლით, სეკ-ის სტანდარტულ პროტოკოლებში.

➤ უკაბელო კავშირის არხების ორგანიზება, სამეთვალყურეო ცენტრამდე, ჩაშენებული მოდელების გავლით, **GSM/GPRS**-ის არხების მეშვეობით.

**იშგს (ინფორმაციის შეგროვებისა და გადაცემის სისტემა)/ეკაასსს (ელექტროენერჯის კომერციული აღრიცხვის ავტომატიზირებული საინფორმაციო საზომი სისტემა)-ის კომბინირებული სისტემები**

**A2-ის** ფუნქციური შესაძლებლობები, ყველა აუცილებელი სერტიფიკატებისა და ატესტატების არსებობა, იძლევა საშუალებას შეიქმნას, შეგროვებისა და გადაცემის კომბინირებული სისტემები, ოპერატიულ-ტექნოლოგიური ინფორმაციის (**იშგს-ის**) და ელექტროენერჯის კომერციული აღრიცხვისათვის (**ეკაასსს-თვის**), **A2-ის** პროგრამულ-ტექნიკური საშუალებების ერთიან ბაზაზე. (იხ. სურ. 4.6).

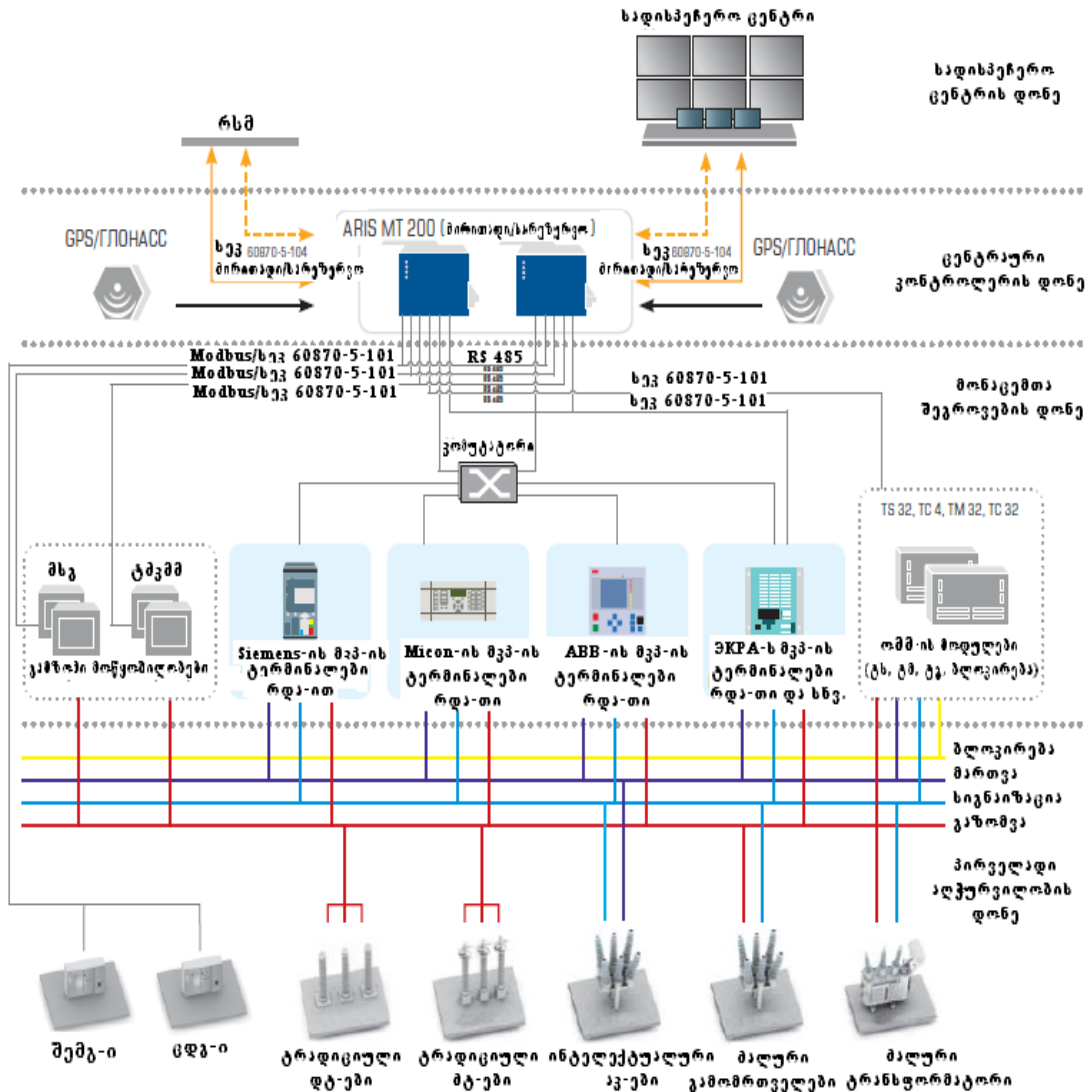
**A2-ის** ცენტრალური კონტროლერები უზრუნველყოფენ მონაცემთა შეგროვება/გადაცემას, და ასრულებენ:

➤ მიწოდებული (მოთხოვნილი) ელექტროენერჯის კომერციულ აღრიცხვას;

➤ ელექტროენერჯის (სიმძლავრის და დენის ერთდროულად მიმდინარე მნიშვნელობების პროფილები, ძაბვის, სიმძლავრის, სიხშირის და ა.შ.) მიკროპროცესორული მრიცხველებიდან მონაცემთა შეგროვებას და გადაცემას;

➤ ხუთი ტიპის არქივის ფორმირებას: მოკლე (პირველი წუთიდან), ძირითადი (მოკლე არქივის ინტერვალიდან – 24 საათამდე), ყოველდღიური, ყოველთვიური, ყოველწლიური ტელემეტრიული არქივები, რომელთაგანაც თითოეული ფორმირდება ოპერატორის მიერ, სასურველი არქივირების სიღრმეზე;

➤ ელექტროენერჯის მრიცხველების დროის სინქრონიზაციას.



სურ. 4.6. იშგს/ეკაასსს-ის კომბინირებული ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა

ამრიგად, A2-ის გამოყენებით შესაძლებელია შეიქმნას სრულიად ლეგიტიმური კომბინირებული სისტემები – იშგს-ი და ეკაასსს-ი, რომელთა მეშვეობითაც მიიღება რეალური ეკონომია [14,15].

#### 4.4. ენერგობიექტების დაცვისა და ავტომატიზაციის სისტემის შექმნა, უნივერსალური პროგრამული მოდულების საფუძველზე

იმ პროექტების გაანალიზების შემდეგ, რომლებიც დაფუძნებულია პროცესის სალტის გამოყენებაზე, გამოვლინდა ის პრობლემები, რომლებიც იდგა ინჟინრების და დამკვეთების წინაშე. ესენია:

1. პროექტების რეალიზაციისას, პროცესის სალტის გამოყენებით, მართვისა

და დაცვის სისტემის შექმნისათვის, აუცილებელი მოწყობილობების რაოდენობა იზრდება 1,5-2 ჯერ. რადგან მონაცემების დამუშავების მოწყობილობებზე, გამოიყენება უკვე გამოცდილი, ტრადიციული ტერმინალები, რომლებიც ადაპტირებულია პროცესის სალტესთან, ამიტომ მათი რაოდენობა უცვლელი რჩება, ტრადიციული გადაწყვეტებიდან გამოდინარე. ასევე, დამატებით საჭიროა მოწყობილობები, რომლებიც დაკავშირებულია პროცესის სალტესთან ან ციფრული ტრანსფორმატორების ელექტრონულ ბლოკებთან, პროცესის სალტის ქსელის კომუტატორებთან, **IEEE1588**-ის ან **1PPS**-ის მიხედვით, დროის ინსტრუმენტალური სინქრონიზაციის მოწყობილობებთან, კომუტაციური აპარატურის მართვის მოწყობილობებთან, და ყველაფერი ეს სრულდება რეზერვირების რეჟიმში. რაც გულისხმობს, სისტემის ფინანსური ღირებულების მნიშვნელოვან გაზრდას და საიმედოობის დონის შემცირებას. ამ პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია, მოწყობილობებში ტექნოლოგიური ფუნქციების განაწილებისადმი მიდგომის ცვლილებით. უნდა მოხდეს მათი გაერთიანება – ერთ მოწყობილობაში, ფუნქციების და მოქმედების ფარგლების გაზრდის თვალსაზრისით.

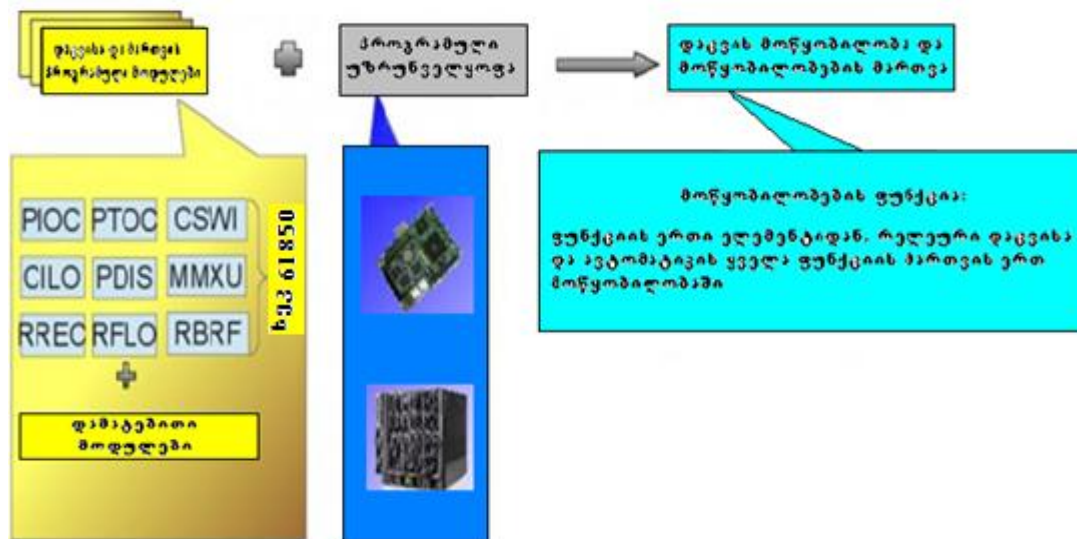
**2.** მოწყობილობებში ფიქსირებული ფუნქციების ნაკრები, იწვევს ფუნქციების დუბლირების რამდენჯერმე განმეორებას სხვადასხვა მოწყობილობებში. ასევე დამატებითი მრავალფუნქციური მოწყობილობების დამონტაჟებას, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ ერთ ფუნქციას, ხოლო დანარჩენი უმოქმედო ან უარეს შემთხვევაში, თუ მათ ვერ ამჩნევენ (პერსონალი), მაშინ ეს შეცდომა სისტემის გაშვებისას, იწვევს მის არასწორ ფუნქციონირებას.

ამრიგად, ჩვენ გვაქვს ორი ურთიერთგამომრიცხავი ამოცანა: ერთის მხრივ საჭიროა ფუნქციონალური მოწყობილობების რაოდენობის გაზრდა, ხოლო მეორეს მხრივ – გადაწყვეტის მოქნილობისა და ოპტიმალური ფასის შენარჩუნება. ამას გარდა, სისტემის ავტომატიზაციის და დაცვის, მნიშვნელოვნად გაზრდილი სირთულეების გათვალისწინებით, ენერგობიექტზე მომუშავე პერსონალი უნდა ფლობდეს სიღრმისეულ ცოდნას არა მხოლოდ ელექტროტექნიკის სფეროში, არამედ **IT (Information Technologies)**-ების



სფეროშიც. ამ მხრივ, მწიფდება პერსონალის დაყოფის საჭიროება – სისტემის დაცვის ტექნიკური საშუალებების ფუნქციონირების და მართვისა და ტექნიკური ალგორითმების ექსპლუატაციის კუთხით.

ზემოაღნიშნული პრობლემების გადაჭრა შესაძლებელია აპარატურული ნაწილისაგან დამოუკიდებელი, პროგრამული კომპლექსის საშუალებით, რომელიც ასრულებს მართვისა და დაცვის ტექნიკურ ფუნქციებს. მომხმარებელი ყიდულობს „შიშველ“ აპარატურულ უზრუნველყოფას, წინასწარ გათვლილი მწარმოებლობისა და ექსპლუატაციის მოთხოვნების გათვალისწინებით, ხოლო შემდეგ მასზე აინსტალირებს ოპერაციულ სისტემას, და იმ პროგრამულ პაკეტს, რომლებიც თავად მომხმარებელს სჭირდება. იგივე შეიძლება ითქვას, ქვესადგურის ავტომატიზაციისა და დაცვის შემთხვევაშიც. ამისათვის საჭიროა, მოდულური არქიტექტურის პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავება: თითოეული მოდული – ერთი მინიმალური ფუნქციაა. აუცილებელ მოდულების ნაკრებს შეიცავს სექ 61850-5-ი და 7-4-ი. ეს ნაკრები შესაძლებელია გაფართოვდეს, დამატებითი ლოგიკური სენსორებით, სექ 61850-5-ის მოთხოვნების შესაბამისად. (იხ. სურ. 4.7).



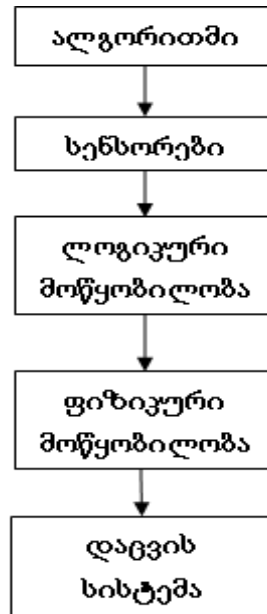
სურ. 4.7. აპარატურულ-დამოუკიდებელი სისტემა, ფუნქციის თავისუფალი გაფართოვებით

ფაქტობრივად, ეს არის ვირტუალური რელეს ნაკრები, რომლისგანაც კომპლექტდება ფუნქციები, ხოლო ფუნქციებიდან – ტერმინალები, რომლებსაც შეუძლიათ განლაგდნენ, როგორც გამოყოფილ აპარატურულ პლატ-

ფორმებზე, ასევე ყველა ერთად, ქვესადგურის მართვისა და დაცვის ერთ სერვერში. ასეთი მოდულების სხვადასხვა ნაკრების დაყენებით (მხოლოდ იმ მოდულების, რომლებიც საჭიროა კონკრეტულ შემთხვევაში), შესაფერის ნაკრებზე, პლატფორმის აპარატურული მწარმოებლურობის მიხედვით, მიიღება დაცვისა და ავტომატიზაციის სისტემის აგების ინსტრუმენტი, მოქნილობის და ეფექტურობის მაღალი ხარისხით.

ასეთი მიდგომით, სისტემის მართვისა და დაცვის პროექტირებისას, ინჟინერი ფოკუსირებას ახდენს ერთიანი სისტემის მუშაობის ლოგიკის სინთეზზე, ხოლო მოწყობილობებზე ფუნქციონალური მოდულების განლაგება, არის სამუშაოს დასკვნითი ეტაპი და დამოკიდებულია საიმედოობის ხარისხის დონეზე და დამკვეთის სურვილზე. ამ კონცეფციიდან გამომდინარე, არსებობს 2 პოლარული, არსებითად არქიტექტურული გადაწყვეტილება: **პირველი** – ცენტრალიზებული. ყველა ტექნოლოგიური მოდული მოთავსებულია ერთ, მძლავრ სერვისულ სისტემაში, სასურველი სიმრავლის დუბლირებით. ეს ვარიანტი აშკარად იაფია, მოთხოვნილი აპარატურული უზრუნველყოფის მიხედვით. განთავსებისათვის ნაკლებ სივრცეს მოითხოვს და მნიშვნელოვნად ამარტივებს, ელექტროენერგეტიკული სისტემის, ავტომატიზირებული მოწყობილობების მართვას. თუმცა, ჩვეულებრივი სერვერების, აპარატურულ პლატფორმებად გამოყენებისას, საჭიროა სპეციალური სერვერის აგება, კლიმატ-კონტროლით და გარე ელექტრომაგნიტური მოვლენების ეკრანიზებით. **მეორე** – მაქსიმალურად განაწილებული არქიტექტურა, როდესაც თითოეული ფუნქციური მოდული მოთავსებულია ცალკეულ მოწყობილობაში. სისტემის აგების ასეთ ვარიანტს აქვს მაღალი ხარისხის „სიცოცხლისუნარიანობა“. ყველაზე ეფექტურია ჰიბრიდული არქიტექტურა, სადაც ძირითადი ფუნქციები სრულდება ცენტრალიზებული მოწყობილობის მიერ, ხოლო ყველაზე საპასუხისმგებლო და კრიტიკული ფუნქციების რეზერვირდება, ხორციელდება ასევე, ცალკეული მოწყობილობებით, მათ შორის ისეთებით, რომლებიც არ არის შექმნილი პროგრამული რეალიზაციის პრინციპებზე. ამგვარად, ფიზიკური მოწყობი-

ლობების შემადგენლობების და მათი ფუნქციური შესაძლებლობების ვარიაციით, მარტივად მიიღება, სისტემის საიმედოობისა და ღირებულების ოპტიმალური მაჩვენებლები. 4.8 სურათზე ნაჩვენებია დაცვისა და მართვის სისტემის შექმნის პრინციპი.



სურ. 4.8. დაცვისა და მართვის სისტემის პრინციპის შექმნა

სეკ 61850-ში განსაზღვრულია კავშირ-ბის მოდელირების მექანიზმები, ლოგიკურ სენსორებსა და გამოყენების მონაცემების ობიექტებს შორის, ასევე გამოწერის მოდელირება SMV (Sampled Measured Values)-ის და GOOSE-ის შეტყობინებებზე, რაც იძლევა საშუალებას, ცალსახად განისაზღვროს, სისტემის დაცვისა და მართვის კონცეფცია, როგორც ლოგიკური კვანძების თანმიმდევრობა. თუმცა, კვანძების მუშაობის შიდა ლოგიკის მოდელირებისათვის, სასურველია Matlab (Matrix Laboratory)-ის მსგავსი სისტემების გამოყენება, რადგან Matlab-ს აქვს ალგორითმების გამართვის კარგი საშუალებები. Matlab-ის მოდელების შესასრულებლად, დაცვის და მართვის სისტემაში, გამოიყენება MDL-ფაილების ინტერპრეტატორი ან Matlab-ის კოდის. ალგორითმის მოდელი არის კვანძის ცალკე პარამეტრი და კონფიგურაციის ნაწილი, შესაბამისად, შესაძლებელია ოპერატორის მიერ მისი შეცვლა, სისტემის კოდის ცვლილების გარეშე (არსებობს გარკვეული შეზღუდვები, მაგ.: შეტანა/გამოტანის რიცხვი და მონაცემთა ტიპები, ალგო-

რითმის მოდელში და ლოგიკური კვანძის გარსში, ერთმანეთს უნდა ემთხვეოდეს).

**LSV (Laser Surface Velocimeter)**-ის კვანძი არის მაკონტროლებელი მოდული **SMV**-ის ერთ ნაკადზე, სეკ **61850-9-2LE**-ის ფორმატში. ეს მოდული ამოწმებს შემავალი სიგნალების მოქმედების ვადას, მათი სინქრონიზაციის ხარისხს გამოტოვების არარსებობას და ა.შ. პაკეტის მნიშვნელობების ამონაწერები გადაეცემა გასაზომ მოდულში, სადაც ხდება საწარმოო მნიშვნელობების გამოთვლა, რის შემდეგაც, რეალიზებული დაცვის ალგორითმები, გადაი-ცემა მოდულში, სადაც ხორციელდება მათი ამ მნიშვნელობების შედარება დადგენილ მნიშვნელობებთან და ამუშავების შემთხვევაში, შედეგი აისახება **GOOSE**-ის შეტყობინებებში, ხოლო შემდეგ ხორციელდება სისტემის გამორთვა.

დღევანდელ დღეს, დაცვისა და მართვის სისტემის ალგორითმებით, შესაძლებელია 100 მიერთების მოწყობილობის კონფიგურაცია. აღსანიშნავია, რომ ასეთი პროგრამული კომპლექსის კონფიგურაცია ხდება **CID**-ის ერთი ფაილით (შეკ **61850-6**-ის მიხედვით), აღწერილი სენსორების და სტრუქტურის საფუძველზე, ხორციელდება შესაბამისი მოდულების გაშვება, შესაბამისი პარამეტრების მიხედვით, და მათ შორის კავშირის უზრუნველყოფა. ამას გარდა, სისტემის მუშაობისათვის საჭიროა **Matlab**-ის ფორმატში ალგორითმების მოდულების ფაილები.

ფიზიკური მოწყობილობების და მათი ფუნქციური შესაძლებლობების ვარიაციებისთვის, საჭიროა შესაბამისი გათვლების გათვალისწინება. ერთის მხრივ, მოწყობილობებში ფუნქციების ცენტრალიზაციისას, ხდება მოწყობილობების რაოდენობის შემცირება, ხოლო მეორეს მხრივ – პროგრამული უზრუნველყოფის გართულება. რაც იწვევს:

- მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობის შემცირებას (რაც უფრო ნაკლებია მოწყობილობა, მით უფრო ნაკლებია მათი მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა);

- მეორეს მხრივ, მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლისას,

➤ მეორეს მხრივ, მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლისას, იკარგება უფრო მეტი ფუნქცია, ვიდრე ცალკეულ მოწყობილობებში, ფუნქციების განაწილებით;

➤ სისტემის საერთო ღირებულების შემცირებას, რადგან ნაკლები მოწყობილობა გამოიყენება;

➤ იზრდება მოწყობილობის პროგრამული უზრუნველყოფის მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა (რაც უფრო რთულია პროგრამული უზრუნველყოფა, მით უფრო მაღალია პროგრამის მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა).

საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობისას, განსაკუთრებით, პროცესის სალტეზე გადასვლისას, შემდეგი ვითარებაა:

➤ იზრდება მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა (რაც უფრო მეტია მოწყობილობა, მით უფრო მეტია მათი მწყობრიდან გამოსვლის ალბათობა);

➤ მთლიან სისტემაზე, მცირდება მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლის გავლენა;

➤ იზრდება ცალკეული მოწყობილობის, პროგრამული უზრუნველყოფის საიმედოობა;

➤ იზრდება სისტემის ფინანსური ღირებულება (მოწყობილობების რაოდენობა მატულობს);

➤ მნიშვნელოვნად რთულდება სისტემის **LAN (Local Area Network)**-ი, რაც თავის მხრივ, ნეგატიურ ზეგავლენას ახდენს სისტემის სავარაუდო მწყობრიდან გამოსვლაზე, კომუტატორის მუშაობის შეწყვეტის მიზეზიდან გამომდინარე.

ყველა ამ ფაქტორის, გათვალისწინებით და მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით, უნდა მოხდეს სისტემის საიმედოობის, მზაობისა და ფინანსური ღირებულების შეფასება.

### **უსაფრთხოების მოდელი**

უსაფრთხოების მოდელი განკუთვნილია ენერგობიექტზე არსებული ავა-

რიული სიტუაციების აღსაკვეთად. როგორც წესი, უსაფრთხოების მოდელის მუშაობა წარმოდგენილია: გამომრთველების გამორთვების, მაჩვენებლების ამოვარდნის, ტაბლოსა და ელექტრონული მაკეტის ნათურების სახით. სახიფათო სიტუაციისას, მთავარ მიზანს წარმოადგენს – დაზიანებული ნაწილის გამორთვა, რათა მოხდეს დაზიანების ლოკალიზება. უსაფრთხოების მოდელის ჩამოყალიბება ხდება ავტომატურად, ენერგობიექტის სქემის ტოპოლოგიის ანალიზის საფუძველზე. ამასთან, იქმნება ენერგობიექტის სქემის, უსაფრთხოების სენსორების (ქსელის სქემაზე, ენერგობიექტების ქვესდგურების შესაბამისად), უსაფრთხოების ზონების და ურთიერთბლოკირებების ჩანაწერები.

სიმულატორში უსაფრთხოების მოდელის აქტივიზირებისათვის, საკმარისია გრაფიკულ რედაქტორში ენერგობიექტის სქემის მომზადება. ავტომატურად ყალიბდება, უსაფრთხოების მოწყობილობების კომპლექტი, რომელიც ახდენს ქსელის ელემენტების მდგომარეობის და რეჟიმის პარამეტრების მონიტორინგს. მისი ამოცანაა – აღმოაჩინოს დარღვევები, და გამორთოს დაზიანებული ნაწილი, განსაზღვრული გამომრთველების საშუალებით. ზონებისათვის, კომპუტაციური გამომრთველების საშუალებით, იქმნება უსაფრთხოების მოწყობილობების და ავტომატიზაციის ელემენტების წინასწარ შერჩეული კომპლექტი, რომელიც დამახასიათებელია, ამ ძაბვის კლასის მოწყობილობისათვის [49].

**დკს (დაცვისა და კოორდინაციის სისტემა), ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის საჰაერო გადამცემი ხაზებით**

**1. ტერმინალების კოორდინაცია, ენერჯის მაღალი სიხშირის საჰაერო გადამცემი ხაზებით**

ელექტროენერჯის მაღალსიხშირის საჰაერო გადამცემი ხაზების მახასიათებლები სხვადასხვაგვარი არსებობს. ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის შემავალმა წინაღობამ, სამუშაო სიხშირის 16-1000კჰც-ის დიაპაზონით, შესაძლებელია შეადგინოს 25 ომი-დან 350 ომი-მდე. რამდენიმე მაღალი სიხშირის ტერმინალის მუშაობა, ერთ საჰაერო გადამ-

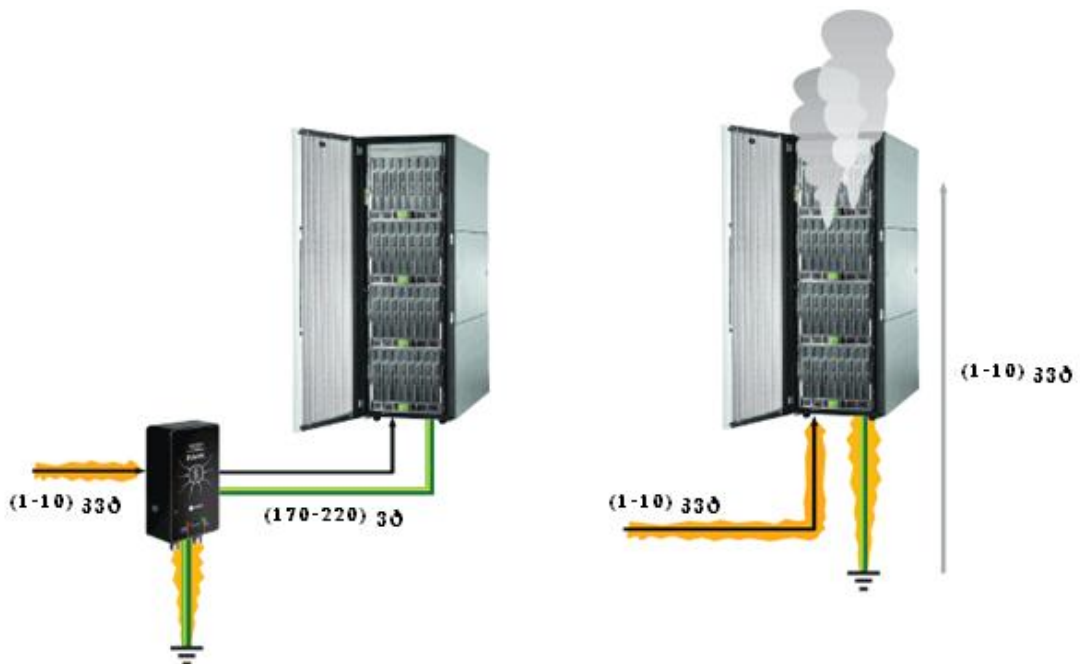
ცემზე, აუარესებს კოორდინაციას. ტერმინალების არათანმიმდევრული დატვირთვით მუშაობა იწვევს:

1. სარეზერვო მოწყობილობების ბიძგების შემცირებას 12 დბ-მდე, ელექტროენერჯის, ნორმაზე მაღალი სიხშირის შემავალი წინააღობისას.

2. ელექტროენერჯის, მაღალი სიხშირის ტერმინალების ძალური მოდულების გადატვირთვას და ემთ-ის წესების დარღვევას, ელექტროენერჯის, ნორმაზე მაღალი სიხშირის შემავალი წინააღობისას.

3. იმ სიგნალების ასახვას, რომლებიც ამცირებენ სისტემაში ინფორმაციის გადაცემის მქკ (მარგი ქმედების კოეფიციენტი)-ს, ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის საჭაერო გადამცემი ხაზებიდან, მაღალი სიხშირის ციფრულ არხებამდე.

დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის გამოყენების ეფექტურობამ, ელექტროენერჯის, მაღალი სიხშირის ტერმინალის კოორდინაციის ხარჯზე, ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის საჭაერო გადამცემ ხაზებთან, შესაძლებელია შეადგინოს 12 დბ-მდე. სურათ 4.9-ზე, გამოსახულია დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქციის დემონსტრირება.



სურ. 4.9. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქციის დემონსტრირება

## **2. კომუტაციური გადამაბვისა და ჭექა-ქუხილის ელექტრული განმუხტვისაგან დაცვა**

დროებითი გადამაბვა – ეს ძაბვის პიკის (მილიწამზე ნაკლები დროის განმავლობაში) გარე ზემოქმედებაა, ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის ტერმინალზე, რომლის ამპლიტუდა შესაძლებელია 1000 ჯერ აღემატებოდეს, სასურველი სიგნალის ნომინალურ დონეს. გადამაბვის გამომწვევი მიზეზი სხვადასხვაა, მაგრამ ეფექტური დაცვის არარსებობის მიზეზი, ჩამოთვლილთაგან ერთ-ერთი შეიძლება იყოს:

- საკომუნიკაციო არხის დაკარგვა, განუსაზღვრელი ვადით;
- ძვირადღირებული მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლა;
- ელექტროსადენის დაზიანების საფრთხე, ენერგობიექტის

მომსახურე პერსონალის და მომხმარებლების მხრიდან.

## **3. დაცვა მაღალი ძაბვის პოტენციალის გამოტანისაგან**

ენერგობიექტებზე უხარისხო დამიწება, სატელეკომუნიკაციო ქსელების არასწორი გაყვანა და მოწყობილობების მუშაობის ავარიული რეჟიმები, იწვევს მაღალი ძაბვის პოტენციალის გამოტანის ალბათობას, აღჭურვილობის ოთახში, სადაც დამონტაჟებულია მაღალი სიხშირის არხების მოწყობილობები. მაღალი ძაბვის პოტენციალის გამოტანისაგან, ეფექტური დაცვის არარსებობა, იწვევს:

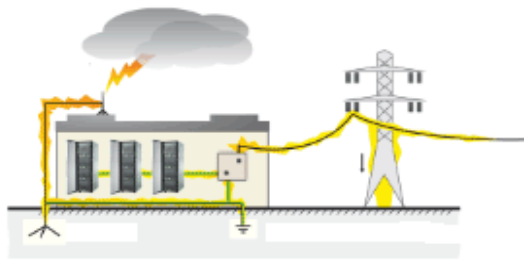
- ძვირადღირებული მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლას;
- ელექტროსადენის დაზიანების საფრთხეს, ენერგობიექტის

მომსახურე პერსონალის და ოპერატორების მხრიდან.

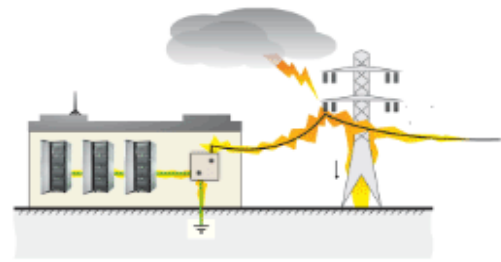
4.10-ე სურათზე ნაჩვენებია, ენერგობიექტზე ჭექა-ქუხილის ელექტრული განმუხტვის გავლენა.



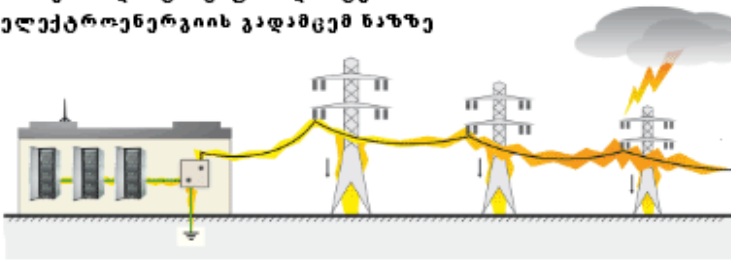
მენის პირდაპირი დარტყმა მენამრინზე



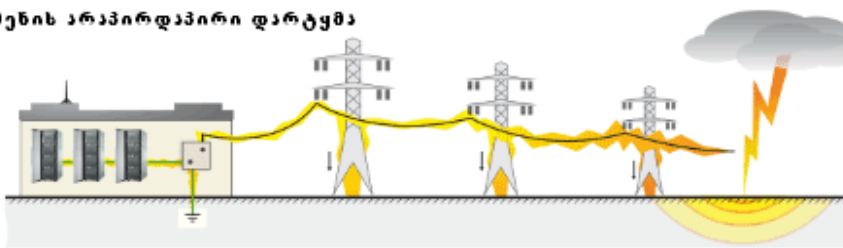
მენის ანლო დარტყმა ელექტროენერგიის გადამცემ ნაზზე



მენის დისტანციური დარტყმა ელექტროენერგიის გადამცემ ნაზზე



მენის არაპირდაპირი დარტყმა

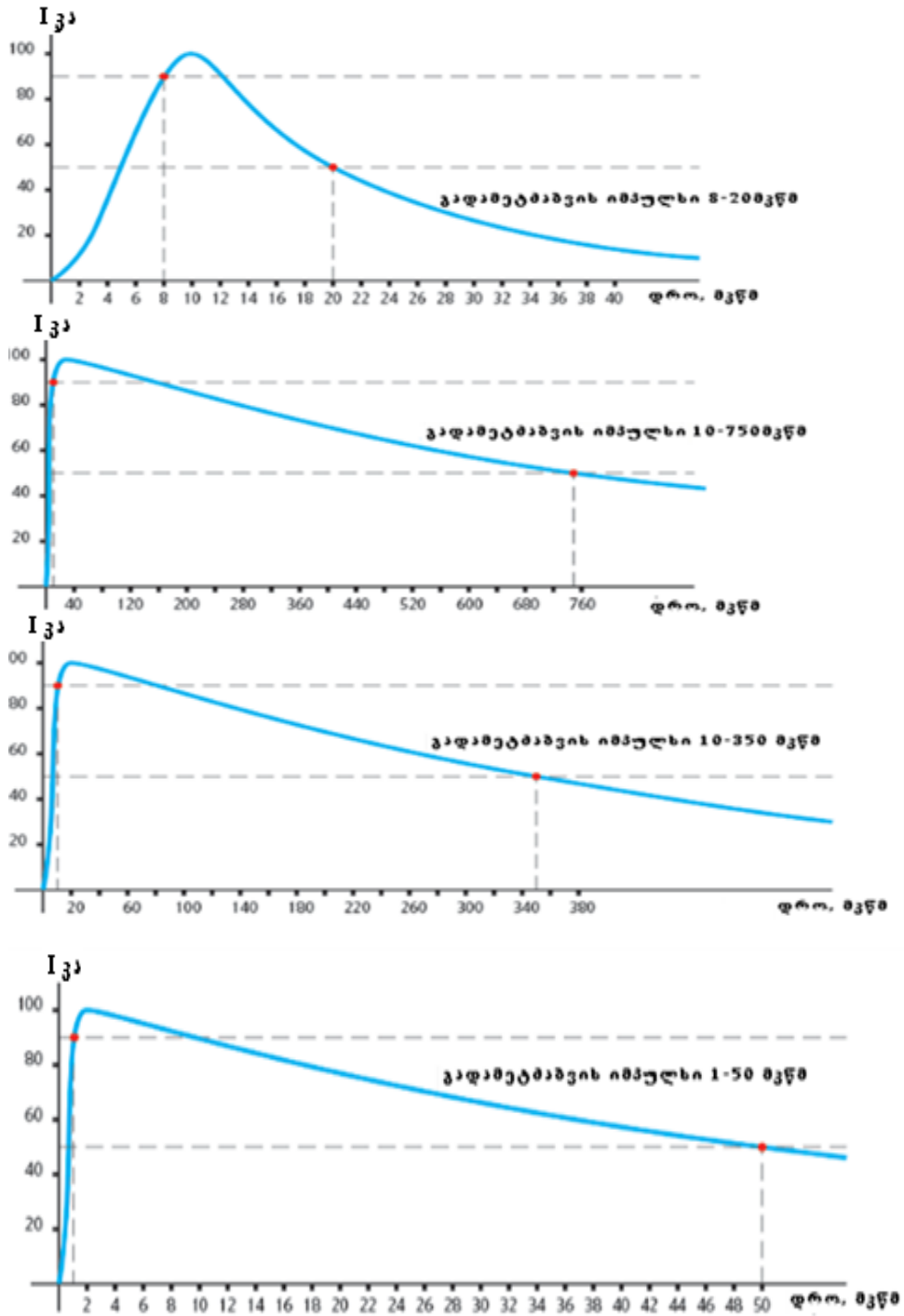


მენის არაპირდაპირი დარტყმა



სურ. 4.10. ენერგობიექტზე ჭექა-ქუხილის ელექტრული განმუხტვის გავლენა უსაფრთხოების მნიშვნელობა

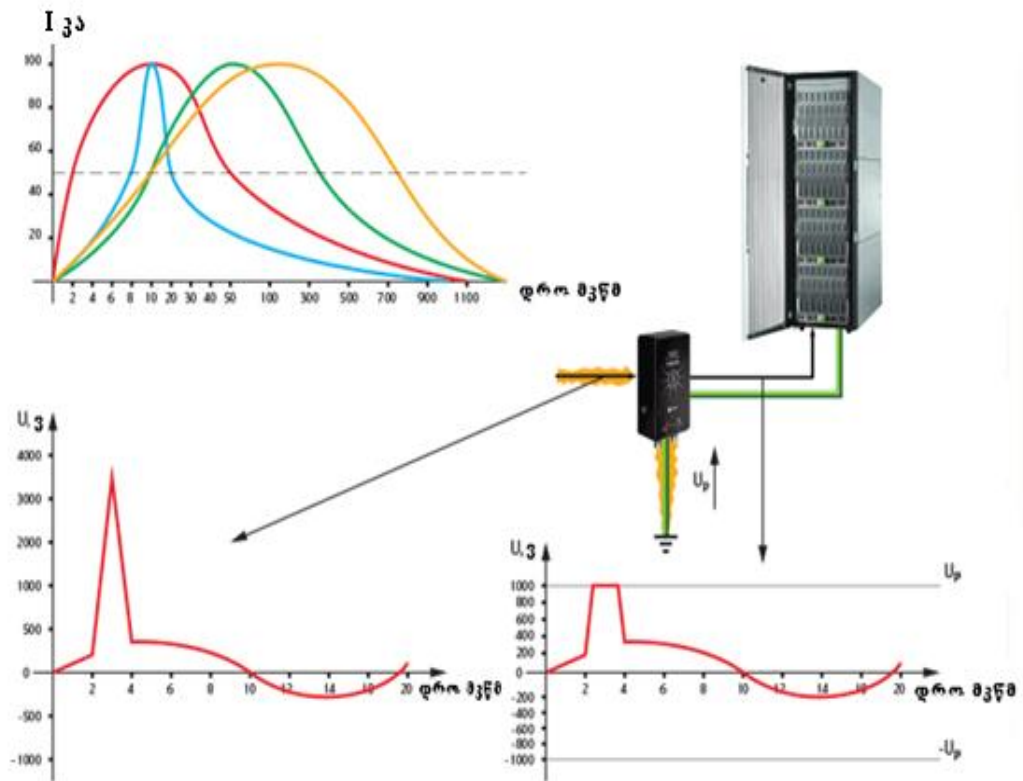
დაცვის მოწყობილობა გამოიყენება მაღალი ძაბვის იმპულსების, გადამაბვის ამპლიტუდის შეზღუდვისათვის, ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის საჰაერო გადამცემი ხაზების მოწყობილობის შესაბამის მახასიათებლებამდე. გადამაბვისგან დაცვის მოწყობილობის ძირითადი მახასიათებლებია – მაღალი სიდიდის დენის დამიწების უნარი, დაცვის მოწყობილობაზე ძაბვის შეზღუდვა და ამ ფუნქციების მოკლე დროში შესარულება.



გრაფ. 1. გამოსაცდელი მაღალი ძაბვის იმპულსების გადამაბევის იმიტაცია

აღჭურვილობის მდგრადობის შემოწმებისას, რომელზედაც გავლენას ახდენს მაღალი ძაბვა, მიზანშეწონილია იმ მოქმედებების იმიტაცია, რომლებიც ჩამოყალიბებულია ენერგიის მაღალი ძაბვის იპულსებით და სხვადასხვა ფორმებით. გრაფიკ 1-ზე ნაჩვენებია, გამოსაცდელი მაღალი ძაბვის იმპულსების გადამაბევის იმიტაცია.

მე-2-ე გრაფიკზე ნაჩვენებია, დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქცია – „ობობა“.



გრაფ. 2. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქცია — „ობობა“

დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის – „ობობა“-ს მეშვეობით შესრულებადი ფუნქციები

დაცვისა და კოორდინაციის სისტემა განკუთვნილია მოწყობილობის არხების ფორმირების მიერთებისათვის, ელექტროენერჯის, მაღალი სიხშირის ელექტროგადამცემ ხაზებთან და ასრულებს შემდეგ ფუნქციებს:

- ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის ელექტროგადამცემი ხაზების შემავალი ძაბვის რეგულიაციას;
- უზრუნველყოფს რამდენიმე ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის ტერმინალის არხების ფორმირების აღჭურვილობის მიერთებას, ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის, ერთ საჰაერო ხაზთან;
- რამდენიმე არხების ფორმირების მოწყობილობის (400 ვტ-მდე) ტერმინალის, ელექტრომაგნიტური შესაბამისობის უზრუნველყოფას, ელექტროენერჯის მაღალი სიხშირის, ერთ საჰაერო ხაზთან;

➤ უზრუნველყოფს არხების ფორმირების აღჭურვილობის სამსაფეხუროვან დაცვას, მაღალი ძაბვის იმპულსური გაუმართავობებისა და ჭექა-ქუხილის ელექტრული განმუხტვისაგან;

➤ ელექტრომაგნიტური თავსებადობის უზრუნველყოფას, არხების ფორმირების აღჭურვილობისა და მათთან ურთიერთქმედებაში კავშირის სისტემებისა.

➤ მაღალსიხშირული გაუმართავობების ჩახშობის უზრუნველყოფას, 1000კჰც-ის და მეტი სიხშირის დიაპაზონში;

➤ არხების ფორმირების აღჭურვილობის მუშაობის უნარის ინდიკაციას.

➤ ელექტროენერგიის საჰაერო ხაზების მაღალი სიხშირის არხის, მუშაობის გაწყვეტის ინდიკაციას.

სურათ 4.11-ზე ნაჩვენებია დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის – „ობობის“, სტრუქტურული ფუნქციონირება.

#### **მუშაობის პრინციპი**

ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის ტერმინალის გამომავალი წინაღობის კოორდინირების სისტემა, ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის საჰაერო გადამცემ ხაზთან, ეფუძნება ტრანსფორმატორულ სქემას და მისი საშუალებით ხდება 16–1000 კჰც-ის სიხშირის დიაპაზონში, და ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის საჰაერო გადამცემი ხაზის, შემავალი წინაღობის 25-350 ომის დიაპაზონში, კოორდინირების პროცესი.



**1. ალგორითმის პირველი საფეხურის მუშაობა, გადაძაბვისაგან დასაცავად:**

იმპულსი როდესაც მიაღწევს გადაძაბვის დონეს 170ვ, „შმიტის“ ტრიგერს გადაჰყავს დაცვის პირველი საფეხური, მუშა მდგომარეობაში, 25 ნანოწამის განმავლობაში. ასევე ხორციელდება შემდეგი მოქმედებები:

➤ დაცვის პირველი საფეხური, უკუკავშირის რეჟიმიდან გადადის დაცვის რეჟიმში რომლის ელექტრული განმუხტვის დენი აღწევს 450 ამპერამდე.

➤ ირთვება იმპულსური ხმაურის ჩამხშობი ფილტრი –  $t \geq 1,2$  მკწმ;

➤ ირთვება ზოლური ფილტრი, ათვლის სიხშირეებთან ერთად – 8კჰც, 100კჰც;

დაცვის პირველი საფეხური აფორმატებს და დაცვის მეორე საფეხურში გადასცემს, დაცვის მეორე საფეხურის მუშაობის დაჩქარების ბრძანებას. ამ ბრძანების ხანგძლივობაა – არანაკლებ 1,2 მიკროწამისა. თუ ხანგძლივობა 1,2 მიკროწამს გადასცდა, ელექტროენერგიის მაღალი სისხშირის ტერმინალი ითიშება, დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის შესაბამისი ტრანსფორმატორის მიერ.

**2. ალგორითმის მეორე საფეხურის მუშაობა, გადაძაბვისაგან დასაცავად:**

50 ნანოწამის განმავლობაში ბრძანების მიღებიდან, მეორე საფეხურის მუშაობის დაჩქარებისა, ხორციელდება დაცვის მეორე საფეხურის განმუხტველის გადასვლა წვის რეჟიმში განმუხტვის მუშა დენით 1000 ამპერამდე, ჩაფერფვლის რეჟიმის გვერდის ავლით. ამ მომენტისათვის, იმპულსის გადაძაბვის დონე, დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის შესასვლელზე შეადგენს 175 ვოლტს. ასევე ხორციელდება შემდეგი მოქმედებები:

➤ დაცვის მეორე საფეხური აფორმატებს და გადასცემს დაცვის მესამე საფეხურის მუშაობის დაჩქარების ბრძანებას.

➤ იმპულსის გადაძაბვის ამპლიტუდა, დაცვის მეორე საფეხურის გამოსასვლელთან, ეცემა 175 ვ-დან 30 ვ-მდე.

**3. ალგორითმის მესამე საფეხურის მუშაობა, გადაძაბვისაგან დასაცავად:**

230 ნანოწამის შემდეგ ბრძანების მიღებიდან, მეორე საფეხურის მუშაო-

ბის დაჩქარებისა, ირთვება დაცვის მესამე საფეხური, რომელიც გადადის დაცვის რეჟიმში, სამუშაო დენის 1000 ამპერამდე განმუხტვით. ამასთან, გადაძაბვის დონე, მესამე საფეხურის გამოსასვლელთან, შეადგენს 50ვ-ს.

#### **4. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის – „ოზობა“-ს, დაცვის სისტემის, სამუშაო რეჟიმის აღდგენის ალგორითმი**

იმპულსის 2/10 მკწმ, 1/50 მკწმ, 8/20 მკწმ,, 8/80 მკწმ, გადაძაბვისას, მდგომარეობა შემდეგია:

- როდესაც იმპულსის გადაძაბვის დონეა – 50ვ, დაცვის მესამე საფეხური გადადის სამუშაო რეჟიმის მდგომარეობაში;
- 30 ვ – დაცვის მეორე საფეხური გადადის სამუშაო რეჟიმის მდგომარეობაში;
- 10 ვ – დაცვის პირველი საფეხური გადადის სამუშაო რეჟიმის მდგომარეობაში; ამასთან **დკს** გადადის მუშაობის საშტატო რეჟიმში.

იმპულსის 10/350 მკწმ, 10/750 მკწმ-ის გადაძაბვისას, მდგომარეობა შემდეგია:

- 100 მკწმ-ის შემდეგ, პირველი საფეხურის დაცვის რეჟიმში გადასვლის მომენტიდან, ბოლო საფეხური, გადადის მეორე და მესამე საფეხურების სამუშაოს დასრულების მოლოდინის რეჟიმში.
- გადაძაბვის იმპულსის 50 ვ-მდე ვარდნისას, დაცვის მესამე საფეხური გადადის სამუშაო რეჟიმის მდგომარეობაში;
- გადაძაბვის იმპულსის 30 ვ-მდე ვარდნისას, დაცვის მეორე საფეხური გადადის სამუშაო რეჟიმის მდგომარეობაში; ამასთან, **დკს**, გადადის მუშაობის საშტატო რეჟიმში.

#### **➤ TX (Texas Instruments) PLC-სა და ALARM LINE-ის კონტროლის ლოგიკა**

ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის TX-ის ტერმინალის კონტროლის სისტემის არსებობა და ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის საჰაერო გადამცემი ხაზების აღჭურვილობის მდგრადობა, ეფუძნება ტრანსფორმატორების დენის და ძაბვის, ინფორმაციის ანალიზს. შესაბამისად:

➤ მწვანე შუქდიოდის ანთებით, **TX PLC**-ის კონტროლის სისტემა, იუწყება, რომ დონე, სიგნალის გადაცემის ტრაქტში, აღემატება 18დბ-ს.

➤ მწვანე შუქდიოდის ანთებით, **ALARM LINE**-ის კონტროლის სისტემა, იუწყება, ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის ტაქტური სიგნალის მიერთებას, საჭაერო გადამცემ ხაზებთან და მის შემავალ წინაღობასთან, 25 — 350ომის ფარგლებში.)

➤ წითელი შუქდიოდის ანთებით, **ALARM LINE**-ის კონტროლის სისტემა, იუწყება ელექტროენერგიის მაღალი სიხშირის გადაცემის მიმართულების მიერთების, ტრაქტის გაწყვეტის შესახებ, საჭაერო გადამცემ ხაზებთან.

### დაცვა მაღალი ძაბვის პოტენციალის გამოტანისაგან

დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის — „ობობა“-ს, წრფივი შესასვლელის მაღალი ძაბვის პოტენციალის ამოქმედებისას, ბოლო საფეხური, გადადის გადაძაბვისაგან დაცვის რეჟიმში.

დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის — „ობობა“-ს, წრფივი შესასვლელის მაღალი ძაბვის პოტენციალის 6 წმ-ზე მეტის დროით ამოქმედებისას, დაცვისა და კოორდინაციის სისტემა ითიშება ელექტროენერგიის მაღალი ძაბვის კავშირის საჭაერო ხაზებიდან, მაღალი ძაბვის პოტენციალის ზემოქმედების მიზეზის აღმოფხვრამდე.

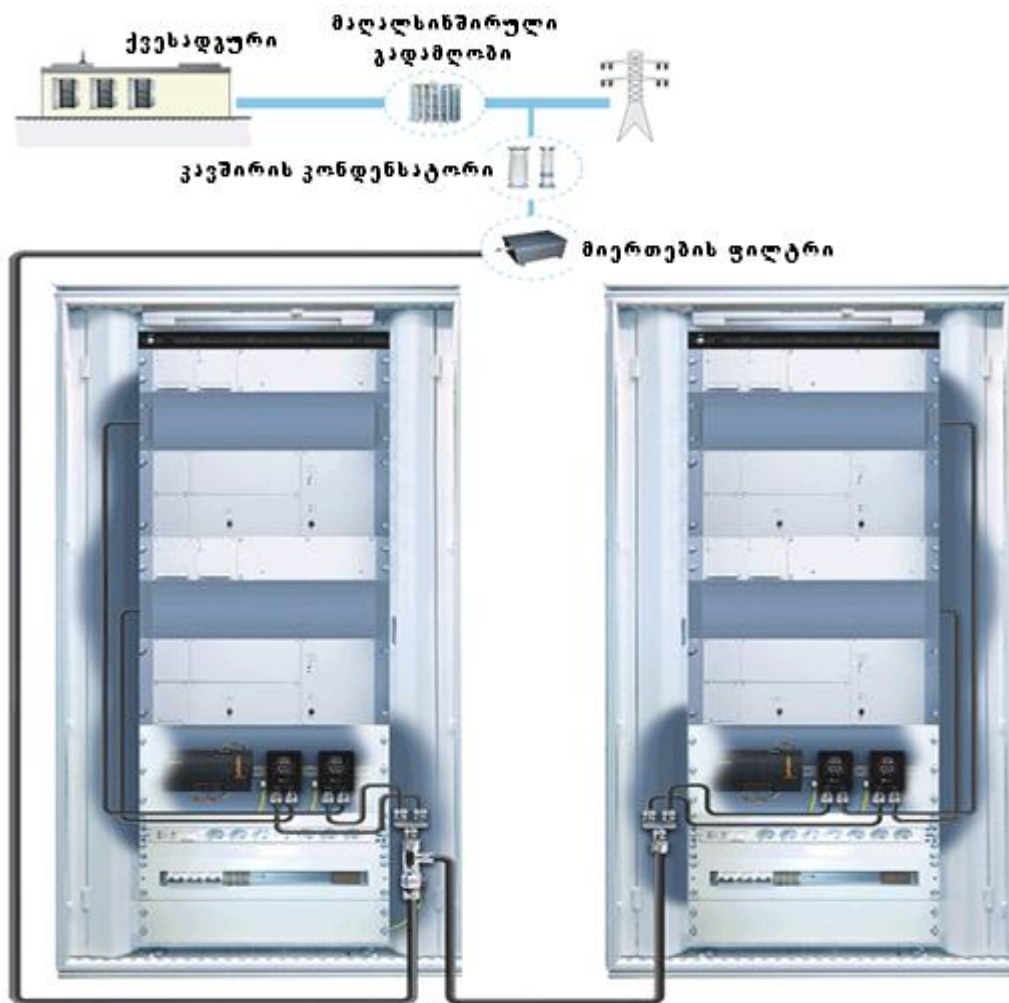
დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის – „ობობა“-ს, წრფივი შესასვლელის მაღალი ძაბვის პოტენციალის ამოქმედებისას, ეს უკანასკნელი, 5 წუთის განმავლობაში, ავტომატურად გადადის სამუშაო რეჟიმში. გამოსასვლელის სამუშაო რეჟიმის დაჩქარებისათვის, საჭიროა **RESET**-ის დილაკის გამოყენება. მაღალი ძაბვის პოტენციალი, მოქმედი რადიოსიხშირული კაბელის ეკრანზე, აერთიანებს ელექტროენერგიის მაღალი ძაბვის კავშირის, დამუშავებას საჭაერო ხაზებთან, დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის – „ობობა“-ს, მეშვეობით, ანხორციელებს რა, მოკლე ჩართვას, დამიწების სალტეზე, დაცვის მესამე საფეხურის დამიწების კონტაქტის მეშვეობით.



## მაღალი სიხშირეების ფილტრი

მაღალი სიხშირეების ფილტრი გამორიცხავს ზეგავლენას მაღალი სიხშირის ტერმინალებზე 1000კჰც-ზე მეტი სიხშირეების სპექტრისა.

4.12 სურათზე ნაჩვენებია მაღალი სიხშირის 4 ტერმინალის რელეური დაცვის და ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის კავშირი, ერთ, მაღალი სიხშირის გადაცემის ტრაქტთან.



სურ. 4.12. მაღალი სიხშირის 4 ტერმინალის რელეური დაცვის და ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის კავშირი, ერთ, მაღალი სიხშირის გადაცემის ტრაქტთან

თითოეული მოწყობილობა მოდელირდება შემდეგნაირად:

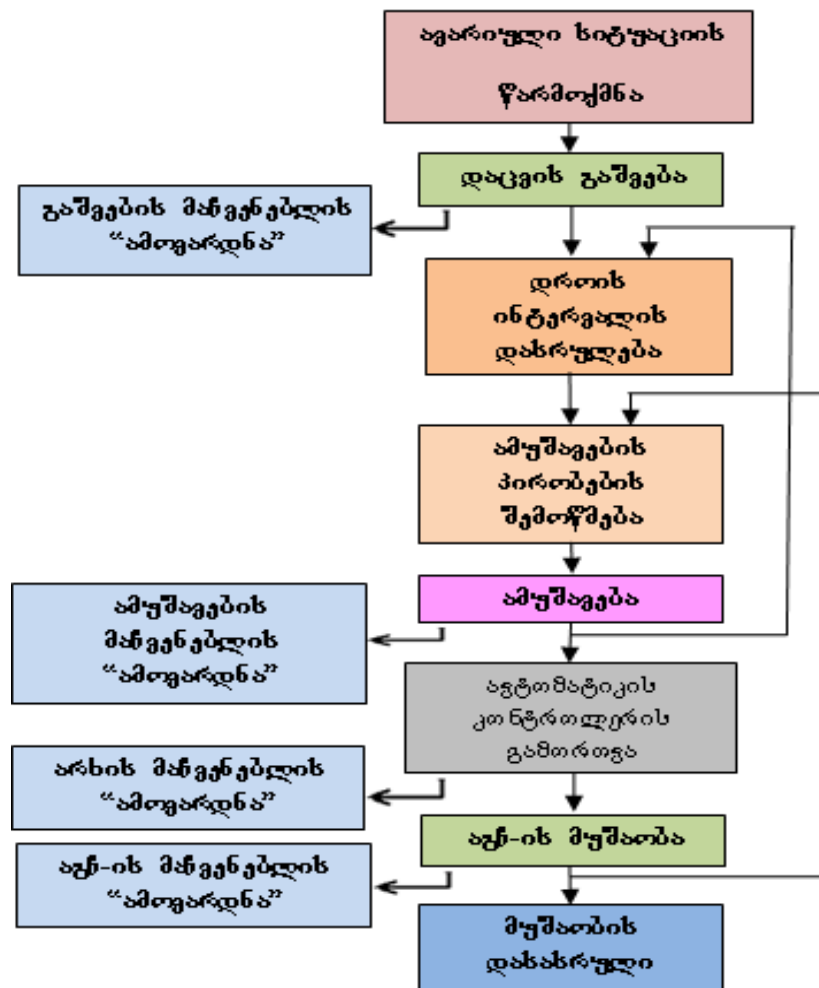
- ერთი მგრძნობიარე ორგანო, რომელიც შეიცავს მართვისა და ინდიკაციის ორგანოებს, წარმოდგენილია „მართვის“ სექციაში;
- გამომავალი სქემები, მმართველი გამომრთველების რაოდენების

შესაბამისად, რომლებიც შეიცავენ მართვისა და ინდიკაციის ორგანოებს, წარმოდგენილია „მოქმედების“ სექციაში;

დაცვის მოდელი აყალიბებს დაცვის ტიპური მოწყობილობების კომპლექსს. შესაძლო ხარვეზების აღმოსაფრხველად, პროგრამა – „ანიმატორში“, არსებობს შესაძლებლობა, მოწყობილობების დაცვის კომპლექტის ხელით შესავსებად. შესაძლებელია განსაზღვრული ტიპის, ნაკლული მოწყობილობების დამატება, გამოუყენებლების ბლოკირება, მგრძობელობის ტერიტორიის მოწყობა, მოქმედების არხების დამატება ან წაშლა, ოპერაციის თანმიმდევრობის შეცვლა, დროის პარამეტრების დაყოვნების ხარჯზე და ა.შ. [50].

#### 4.5. დაცვის ალგორითმი

დაცვის ალგორითმი შემდეგნაირად გამოიყურება, (იხ. სურ. 4.13).



სურ. 4.13. დაცვის ალგორითმი

მოწყობილობის დაცვის პროგრამულ კომპლექსში, დიფერენცირებულია მოკლე ჩართვის სახეობები: დაცვის, მიწისთვის განკუთვნილი, ფაზებს-შორისი და უნივერსალური დაცვის, განკუთვნილი ნებისმიერი სახეობის მოკლე ჩართვისთვის. ამას გარდა, დაცვის სისტემა ასრულებს ავტომატურ ოპერაციებს, კვების აღდგენის კუთხით. ამიტომ, გარდა დამცავი მოწყობილობებისა, პროგრამაში გათვალისწინებულია ავტომატიზირებული მოწყობილობა – ავტომატური ხაზის ჩართვით (ერთჯერადი) და სხვა წყაროდან, სარეზერვო კვების ავტომატური შეტანა [49].

## დასკვნა

დღევანდელ დღეს, კომპიუტერული ტექნიკის და კომუნიკაციური ტექნოლოგიების განვითარება, მათი შედარებით ტექნიკის ყველა სფეროში, მათ შორის, ენერგობიექტების ავტომატიზაციაში, იწვევს ცვლილებებს არამხოლოდ ენერგობიექტების დაცვის სისტემების ტექნიკური საშუალებების მართვაში, არამედ ელექტროქსელური კომპლექსის ამენების წესებშიც, რადგან ხორციელდება გადასვლა, **ინტელექტუალურ ენერგოსისტემაზე**, რომელიც ეფუძნება აქტიურ-ადაპტურ ქსელს. ეს გარემოება უფრო სრულყოფილს ხდის, ენერგობიექტების მოწყობილობების დაცვასა და მართვას. ასევე, ენერგობიექტებს აყენებს ახალი გამოწვევების წინაშე.

სამომხმარებლო დონეზე, არატრადიციული და გავრცელებული გენერაციის, სწრაფი განვითარების თვალსაზრისით, ასევე იმის გათვალისწინებით, რომ მაგისტრალური ელექტროგადამცემი ხაზების მშენებლობის ტემპები, მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ელექტროენერჯის მოხმარების, გაზრდილ ტემპებს (ხოლო, ზოგიერთ შემთხვევაში, ქსელის ზომები ახლოსაა მდგრადობის ზღვართან), ავტომატიზაციის, დაცვისა და მართვის სისტემებს შეუძლიათ უზრუნველყონ, ელექტროენერჯის ტრანსპორტირება მოთხოვნის შესაბამისად, და მთლიანი ენერგოსისტემის საიმედო მუშაობა. არსებული ტენდენციების გათვალისწინებით, არსებობს ენერგობიექტების დაცვის მშენებლობის, ლოკალური და ავარიის საწინააღმდეგო სისტემის, მომველებული მეთოდების განახლების საჭიროება, რადგან ახალი სისტემები, დღევანდელ დღეს, ძალიან პერსპექტიულია და გამოიყენება, თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკაში და კომუნიკაციის სისტემებში.

ენერგობიექტებზე ავტომატიზაციის მოწყობილობების მოთხოვნამ, მათმა ფუნქციონირებამ, ძლიერი ელექტრომაგნიტური ველების პირობებში, ასევე, მაღალი დენის და ძაბვის წყაროებთან პირდაპირი კავშირის აუცილებლობამ, და ამ მოწყობილობის პირდაპირმა ზეგავლენამ, გამომრთველების ჩართვის და გამორთვის ინდუქციის კოჭებზე, განსაზღვრა, ასეთი ტერმინალების ცალკე კლასში გამოყოფის აუცილებლობა.

ციფრული ქვესადგურის ტექნოლოგიები იძლევა საშუალებას მოიხსნას შეზღუდვები და გამოყენებულ იქნას უფრო იაფი, მრავალ-პროცესორიანი კომპიუტერული პლატფორმები, რომლებიც დღესდღეისობით, გამოიყენება IT-ინფრასტრუქტურის და ზოგადად, სამრეწველო ავტომატიზაციის შექმნისათვის.

სამუშაოს პირველ ეტაპზე, 1 და 2 თავებში მოხდა საკვლევი თემის როლის გაშუქება და ანალიზი თანამედროვე მეცნიერებაში. უსქ-ის დანერგვა/გამოყენების საკითხი არამხოლოდ მეცნიერებისთვისაა მნიშვნელოვანი, არამედ საყოფაცხოვრებო კუთხითაც უაღრესად მნიშვნელოვანია.

მე-3 თავში დამუშავდა მონიტორინგის სისტემის რეალიზაციის სრული გეგმა-გრაფიკი. სამუშაოს პირველ ეტაპზე სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით, დაპროექტდა ელექტრული ჩართვის სქემები და შეიქმნა პლატების ესკიზები. პლატების დაბეჭდვის შემდეგ მოხდება მათი ელექტრულად შემოწმება, რათა შემდგომში დაზღვეული ვიყოთ მოკლე ჩართვებისგან. ამის შემდეგ კი აიწყობა თითოეული პლატა, რაც ფაქტობრივად სამუშაოს პირველი ეტაპის დასასრულს ნიშნავს.

მეორე ეტაპი, ემსახურება ამ პლატების პროგრამულ უზრუნველყოფას. **OpenMAC**-ის სააპლიკაციო პროგრამის ბაზაზე, რომელიც წარმოადგენს **ZigBee**-ის მოდულებს შორის, უკაბელო კავშირისთვის დაგეგმარების ერთ-ერთ საუკეთესო პროგრამულ პაკეტს, მოხდება შექმნილ პლატებს შორის ქსელის ჩამოყალიბება. ქსელში კოორდინატორის ფუნქციის შემსრულებლად არჩეულ იქნება ინტერფეის-პლატა, ხოლო ტემპერატურის, ვიბრაციის, აკუსტიკური სიგნალების და დახრილობის გამზომ პლატებს მიენიჭებათ **"End Device"**-ს როლი. შედეგად მივიღებთ ქსელს, რომელშიც დამზადებული პლატები ერთმანეთს უკაბელოდ დაუკავშირდებიან. თუ რომელი პლატა შეასრულებს კოორდინატორის ფუნქციას და რომელი **"End Device"**-სა, ამის გასარკვევად მოხდება პლატების ელექტრული ჩართვის სქემაში მწვანე, ყვითელი და წითელი **LED**-ების დამატება, რის შემდეგაც დამზადდება ახალი, სახეცვლილი პლატები. ამ ცვლილებით შესაძლებელი

გახდება დავინახოთ ქსელში მიმდინარე მოვლენები. ნებისმიერი პლატაზე, მისი 3,3ვ-ით მომარაგების შემდეგ ჩაერთვება მწვანე LED-ი, ხოლო ყვითელი LED-ი კი 12 წამის მანძილზე ე.ი. ქსელის ძეზნის პროცესში იციმციმებს; ქსელის პოვნისას, პლატას მიენიჭება "End Device"-ის ფუნქცია და ჩაერთვება წითელი LED-ი, ამავე დროს იგი დაიწყებს მონაცემების გადაგ-ზავნას კოორდინატორისთვის. თუ ქსელი არ იქნება ნაპოვნი მაშინ, პლა-ტაზე ყვითელი LED-ი გადავა მუდმივი ნათების რეჟიმში და პლატა შეას-რულებს კოორდინატორის ფუნქციას. შემდეგ ეტაპზე, ინტერფეის-პლატასა და სისტემას შორის SPI-ის ინტერფეისით კომუნიკაციისათვის, დაიწერება პროგრამები, რისი საშუალებითაც ინტერფეისპლატაზე არსებული მიკროკონტროლერი შეასრულებს "მთავარის" როლს, ხოლო სისტემა – "დაქვემდებარებულის".

სამუშაოს ბოლო ეტაპზე კი დაიწერება პროგრამები, რომელიც მოემსა-ხურება თითოეულ სენსორულ პლატაზე გაზომვების შესრულებას. პროგრამების დაწერისათვის გამოყენებული იქნება პროგრამირების ენა C-ი, ხოლო პროგრამულ უზრუნველყოფად კი AVR Studio 4-ი.

სამუშაოს დასკვნით ეტაპზე, ნაშრომის მე-4-ე თავში არსებული დაცვის ალგორითმის საფუძველზე, დაიწერება პროგრამა, რომელიც მოახდენს კონკრეტული ენერგობიექტის დანადგარების ტექნიკურ დიაგნოსტიკას. საკვლევი თემის სიახლე კი მდგომარეობს იმაში, რომ ZigBee-ის უკაბელო სენსორული ქსელის ტრანსლატორის გამოყენებით (პროგრამის ამუშავების შემდეგ) მოხდება ენერგობიექტის დანადგარების ტექნიკური დიაგნოსტიკების გაუმჯობესება და შესაძლებელი დაზიანებების პროგნოზირება.

მოდულური პრინციპის და ლოგიკური სენსორების გამოყენებით, ZigBee-ის სტანდარტზე დაფუძნებული დაცვის მოდელის ინტეგრირება ენერგობიექტებზე, მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ენერგობიექტების მუშაობას დაცვის კუთხით.

ზემოაღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით, მომხმარებელი მიი-

ღებს მზა და საიმედო სისტემას, რომელშიც სამუშაო პარამეტრები, შესაბამისობაში იქნება მის ოპტიმალურ ღირებულებასთან.

## ლიტერატურა

გლობალური ქსელი:

- 1.[http://ru.wikipedia.org/wiki/Техническая\\_диагностика](http://ru.wikipedia.org/wiki/Техническая_диагностика), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 6.11.2014.
- 2.<http://ru.wikipedia.org/wiki/Отказ>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 3.[http://www.mashportal.ru/technologies\\_service-22928.aspx](http://www.mashportal.ru/technologies_service-22928.aspx), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 4.გოგილიძე ე.რ., დადუნაშვილი ს.ა., ენერგობიექტების ტექნიკური დიაგნოსტიკა. - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, სტუდენტთა მე-80-ე საიუბილეო ღია საერთაშორისო კონფერენცია.
- 5.<http://ru.wikipedia.org/wiki/Мониторинг>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 6.[https://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA#cite\\_note-1](https://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA#cite_note-1), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 7.<http://www.mka.ru/?p=41524>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 8.<http://www.mka.ru/?p=40463>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 9.გოგილიძე ე.რ., დადუნაშვილი ს.ა., ენერგეტიკული ობიექტების სამეთვალყურეო მართვისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემა. - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, სტუდენტთა 81-ე ღია საერთაშორისო კონფერენციის თეზისების კრებული, გვ. 54.
- 10.Кузнецов А., GenesisforWindows – графическая scada-система для разработки АСУ ТП. // Современные технологии автоматизации, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 11.Рекламные материалы по «Trace Mode» (AdAstra). Москва. 2003–2004, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 12.Рекламные материалы по «Master SCADA» (НПФ «ИнСАТ»). Москва. 2003–2004, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 13.Рекламные материалы по «Круг-2000». Пенза. 2004, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 14.[https://www.google.com/search?q=автоматизация+энергообъектов+прософт+системы&client=opera&oe=UTF-8&oq=автоматизация+энергообъектов+прософт+системы&gs\\_l=heirloom-serp.3...42271.52050.0.53071.16.2.0.14.0.0.156.299.0j2.2.0...0...1ac.1.34.heirloom-serp..15.1.155.nhVR2kXAMTw](https://www.google.com/search?q=автоматизация+энергообъектов+прософт+системы&client=opera&oe=UTF-8&oq=автоматизация+энергообъектов+прософт+системы&gs_l=heirloom-serp.3...42271.52050.0.53071.16.2.0.14.0.0.156.299.0j2.2.0...0...1ac.1.34.heirloom-serp..15.1.155.nhVR2kXAMTw), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 6.11.2014.
- 15.გოგილიძე ე.რ., დადუნაშვილი ს.ა., ენერგობიექტების მონიტორინგისა და მართვის ავტომატიზირებული სისტემები. - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, სტუდენტთა 82-ე ღია საერთაშორისო კონფერენცია. (თეზისების კრებული ჯერ არ არის გამოცემული).
- 16.<http://masters.donntu.edu.ua/2011/fknt/levzhinsky/library/translate.htm>,



უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 8.11.2014.

17.Akyildiz I.F., Su\* W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., Wireless sensor networks: a survey, Broadband and Wireless Networking Laboratory, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA, 2001, 393-397.

18.დადუნაშვილი ს.ა., გოგილიძე ე.რ., უკაბელო სენსორული ქსელების ტექნოლოგიის თავისებურებანი. – „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, No.1, 2013, გვ. 36-42.

19.Dadunashvili S., On the assessment of the extent of centralization in network structures. /Proceedings of the International Conference on COMPUTER NETWORKS. - Bratislava. 1986., pp.16-19.

20.Дадунашвили С., Методы структурного анализа сетей ЭВМ и их применение к разработке автоматизированных систем НТИ – ОИ. -Тбилиси, ГрузНИИНТИ,1988, 60с.

21.Дадунашвили С., Состояние и развитие теледоступа к информационным ресурсам в Грузии – ОИ. -Тбилиси, Груз.НИИНТИ, 1991, 64с.

22.Dadunashvili Sergo, Petriashvili Lili, Khartishvili Maka., Wireless Networks for Offline Sensors: Informational and Communication Technologies – Theory and Practice. /Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC - Imprint Nova, New York, 2011, pp. 89-94.

23. Leonov A., ZigBee™ Networks Guard Buildings against Subsidence Threat. – international newsletter on micro-nano integration mst news, No.2, 2007, Germany, pp.36-38.

24.<http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/40498/doc/44411/>,

უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 8.11.2014.

25.[http://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15.4-2006](http://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4-2006), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 8.11.2014.

26.[http://ru.wikipedia.org/wiki/Сетевая\\_топология](http://ru.wikipedia.org/wiki/Сетевая_топология), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 8.11.2014.

27.ZigBee Industrial Solutions: ZigBee wireless made simple. NEC ELECTRONICS, New edition 2009 .

28. Abowd G.D., Sterbenz, J.P.G., Final report on the interagency workshop on research issues for smart environments, IEEE Personal Communications (October 2000) 36–40.

29. Agre J., Clare L., An integrated architecture for cooperative sensing networks, IEEE Computer Magazine (May 2000) 106–108.

30.Akyildiz I.F., Su W., A power aware enhanced routing (PAER) protocol for sensor networks, Georgia Tech Technical Report, January 2002, submitted for publication.

31.Bakre, B.R. Badrinath, I-TCP: indirect TCP for mobile hosts, Proceedings of the 15th International Conference on Distributed Computing Systems, Vancouver, BC, May 1995, pp. 136–143.

32.Bauer P., Sichitiu M., Istepanian R., Premaratne K., The mobile patient: wireless distributed sensor networks for patient monitoring and care, Proceedings

- 2000 IEEE EMBS International Conference on Information Technology Applications in Biomedicine, 2000, pp. 17–21.
33. Bhardwaj M., Garnett T., Chandrakasan A.P., Upper bounds on the lifetime of sensor networks, IEEE International Conference on Communications ICC'01, Helsinki, Finland, June 2001.
34. Bonnet P., Gehrke J., Seshadri P., Querying the physical world, IEEE Personal Communications (October 2000) 10–15.
35. დადუნაშვილი ს.ა., გოგილიძე ე.რ., კეკელიძე ვ.მ., სესაძე ვ.კ., ჩაშენებული კვანძები მონაცემთა შეგროვებისა და მართვის სისტემებისათვის. – „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, No.2, 2013, გვ. 14-19.
36. Dadunashvili S.A., Definition of structure of multilevel «Embedded System» - Proceedings of the international scientific conference “Information Technologies 2008”, Tbilisi 2008. pp. 252-256.
37. Dadunashvili S.A., Modeling of Processes of Consciousness and Thinking - Georgian Engineering News, 2012, No.3, p. 22-28.
38. Dadunashvili Sergo Perceptual control in ambient intelligence – The International Scientific Conference “Information and Computer Technologies, Modeling, Control”. Book of Abstracts. Tbilisi, Georgia, 2010. pp. 128-129.
39. <http://www.xilinx.com/products/silicon-devices/soc/zynq-7000/>, კანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
40. [http://en.wikipedia.org/wiki/System\\_on\\_a\\_chip](http://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
41. [http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerated\\_processing\\_unit](http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerated_processing_unit), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
42. [http://en.wikipedia.org/wiki/ARM\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/ARM_architecture), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
43. [http://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose\\_input/output](http://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
44. <http://en.wikipedia.org/wiki/USB>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
45. [http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable\\_logic\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_device), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
46. [http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_processing\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_processing_system), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
47. <http://zedboard.org/product/zedboard>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.
48. Zynq-7000 All Programmable SoC Technical Reference Manual (UG585 (v1.4) November 16, 2012) p. 23-38.
49. დადუნაშვილი ს.ა., გოგილიძე ე.რ., ენერგობიექტების დაცვის სისტემების აგება მოდულური პრინციპის მიხედვით. – „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“, No.2, 2014, გვ. 58-65.
50. [http://energo-s.ru/sistema\\_zashhity\\_pauk.html](http://energo-s.ru/sistema_zashhity_pauk.html), უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 9.11.2014.

გამოყენებული აბრევიატურების ნუსხა

1. უსქ (Wireless Sensor Networks) – უკაბელო სენსორული ქსელები.
2. პლმ (Programmable Logic Matrices) – პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცები.
3. ZigBee – IEEE802.15.4-ის სტანდარტზე დაფუძნებული უკაბელო სენსორული ქსელი.
4. Open MAC (Open Media Access Control) – ღია სისტემების მედია წვდომის კონტროლი.
5. MeshNetics – უსქ-ების მოწყობილობების მწარმოებელი კომპანია.
6. Peer-to-Peer – ერთრანგიანი, თანაბარი უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგია.
7. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემა.
8. RTU (Remote Terminal Unit) – დისტანციური ტერმინალი. რეალური დროის რეჟიმში, ასრულებს მონაცემების დამუშავებას (კონტროლს).
9. PC (Personal Computer) – პერსონალური კომპიუტერი.
10. PLC (Programmable Logic Controller) – პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი.
11. Windows (NT, NT 4.0 MS), – ოპერაციული სისტემები, შექმნილი კომპანია Microsoft-ის მიერ.
12. CPU (Central Processing Unit) – ცენტრალური პროცესორი.
13. I/O (Input/Output Ports) – შემყვან/გამომყვანი პორტები.
14. MTU (Master Terminal Unit) – მთავარი ტერმინალი. სამეთვალყურეო მართვის პუნქტი. მაღალ დონეზე უზრუნველყოფს მონაცემების დამუშავებას და მართვას, რეალური დროის მონაკვეთში.
15. User Interface – სამომხმარებლო ინტერფეისი.
16. GUI (Graphical User Interface) – გრაფიკული სამომხმარებლო ინტერფეისი.
17. HMI (Human Mashine Interface) – ადამიანურ-მანქანურ ინტერფეისი.
18. ინსტრუმენტი, რომლის საშუალებითაც ოპერატორი აკონტროლებს და მართავს პროცესს.
19. Data Management – მონაცემების მართვა.
20. SQL (Structured Query Language) – პროგრამირების ენა, რომელიც განკუთვნილია მონაცემთა ბაზების სამართავად.
21. 4GL (A Fourth-Generation Programming Language) – მე-4-ე გენერაციის პროგრამირების ენა.
22. Networking & Services – ქსელური მართვა და მომსახურებები.
23. Real-Time Services – მომსახურებები რეალურ დროში.
24. CS (Communication System) – საკომუნიკაციო სისტემა. გამოიყენება მონაცემთა გადასაცემად, დისტანციური წერტილებიდან, ცენტრალურ ინტერფეისსზე.

25. **ADC (Analog-to-Digital Converter)** – ანალოგურ/ციფრული კონვერტორი.
26. **RTS (Real-Time Strategy)** – პროგრამა, რომელიც დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში, პრიორიტეტების გათვალისწინებით, უზრუნველყოფს მონაცემების დამუშავებას.
27. **MES (Manufacturing Execution Systems)** – წარმოების მართვის სისტემები. კომპიუტერიზებული სისტემები, რომლებიც გამოიყენება წარმოებაში.
28. **FactorySuite 2000** – კომპანია Wonderware-ის მიერ შექმნილი პროგრამების პაკეტი, რომელიც გამოიყენება სამრეწველო ავტომატიზაციის სისტემის სამართავად.
29. **Internet** – გლობალური, კომპიუტერული „მსოფლიო-ქსელი“. ერთმანეთთან დაკავშირებული კომპიუტერების საჯაროდ ხელმისაწვდომი ქსელი.
30. **Intranet** – კომპიუტერული ქსელი, რომელიც იყენებს ინტერნეტ პროტოკოლის ტექნოლოგიას ინფორმაციის გაცვლისათვის, ოპერაციული სისტემებისათვის და გამოთვლითი ოპერაციებისათვის.
31. **InTouch** – შემუშავების HMI-ის პაკეტის და სამეთვალყურეო მართვის პროცესების ვიზუალიზაციის სისტემა.
32. **InControl** – პროგრამული სისტემების პირდაპირი მართვა რეალურ დროში, WindowsNT-ის ბაზაზე.
33. **Industrial SQL Server** – რეალური დროის რელაციური მონაცემთა ბაზა.
34. **Scout** – მონაცემების ასახვის პაკეტი და პროცესის ვიზუალიზაცია, Internet/ Intranet-ის მეშვეობით.
35. **InTrack** – მოდელირების ობიექტ-ორიენტირებული სისტემა, რესურსების მართვა და წარმოების სამეთვალყურეო ოპერატიული მართვა.
36. **InBatch** – პროგრამა, პროცესების მოქნილი მართვისათვის. დოზირება და შერევა (ქიმიური, ფარმაცევტული და კვების მრეწველობა);
37. **Microsoft** – კომპიუტერული სისტემების ამერიკული კომპანია.
38. **ARCNET** – ტექნოლოგია ლოკალური ქსელების კავშირისათვის.
39. **ENTHERNET** – კომპიუტერული ქსელების ტექნოლოგია, რომელიც განკუთვნილია ლოკალური და უფრო დიდი მანძილის ქსელებისათვის.
40. **NETBIOS (Network Basic Input/Output System)** – ქსელის ძირითადი შემყვან/გამომყვანი სისტემა. უზრუნველყოფს ლოკალური ქსელის მომსახურების პროცესს.
41. **TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)** – მონაცემთა გადაცემის ინტერნეტ-პროტოკოლი.
42. **PROFIBUS, CANBUS, LON, MODBUS** – ქსელური სტანდარტების სამრეწველო ინტერფეისები
43. **Genesis, InTouch, Citect, ANSI SQL** – სამრეწველო ობიექტების ავტომატიზირებული მართვისა და მონაცემთა გადაცემის სისტემები.
44. **InTouch-ის კომპონენტები:**
  - **WindowMaker** – გამოყენების შემუშავების ინსტრუმენტი InTouch-ში.
  - **Application Explorer** – იერარქიული ფორმის გამოყენება, მისი ნებისმიერი კომპონენტის ხრლმისაწვდომობით და WindowMaker-ის ხშირად გამოყენებადი ბრძანებებით და ფუნქციებით.

- **General, File/New Window** – ახალი ფანჯრის შექმნის ბრძანება Window Maker-ში.
- **Window Color** – ფერების პალიტრის ბრძანება.
- **Comment** – კომენტარისთვის განკუთვნილი ბრძანება.
- **Replace (შემცვლელი), Overlay (დამფარავი), Popup (მცოცავი)** – ფანჯრების ტიპები.
- **Window Type** – ფანჯრის ტიპის გამოძახების ბრძანება.
- **Frame Style** – ჩარჩოს სტილის გამოძახების ბრძანება.
- **Single (ერთი), Double (ორივე), None (არცერთი), Title Bar (სათაური)** – ფანჯრის ვიზუალიზაციის ბრძანებები.
- **Size Controls** – ზომების მართვის ბრძანება.
- **Dimensions** – ზომების ამ ბრძანებით განისაზღვრება ფანჯრის მიმდინარე ზომები და ფანჯრის პოზიცია სამუშაო მაგიდაზე.
- **X Location** – მანძილი პიქსელებში, WindowMaker-ის სამუშაო მაგიდისა და ფანჯრის მარცხენა კიდეებს შორის.
- **Y Location** – მანძილი პიქსელებში, WindowMaker-ის სამუშაო მაგიდისა და ფანჯრის ზედა კიდეებს შორის.
- **Window Width** – ფანჯრის სიგანე პიქსელებში.
- **Window Height** – ფანჯრის სიმაღლე პიქსელებში.
- **Script** – სკრიპტი ანუ სცენარი, არის ბრძანებების და ზოგჯერ ასევე ოპერატორების კრებული რომელიც შემდეგ სრულდება რაიმე პროგრამის მიერ. (მაგ.: Javascript).
- **Window Script** – ფანჯრის შექმნის სცენარის ბრძანება. მისი მენიუ მოიცავს შემდეგ ბრძანებებს რედაქტირება და ობიექტების გასწორება ფანჯარაში, ასევე, ინსტრუმენტების, ტექსტის, ხაზების სისქე და სტილი და ა.შ.
- **Arrange/Make Cell** – პროგრამაში არსებული კომპონენტების სივრცითი კავშირის განხორციელების ბრძანება, მათ შესაბამის გრაფიკულ ელემენტებთან.
- **Wizards** – მთავარი-ობიექტების გრაფის ბიბლიოთეკა.
- **WindowViewer** – კონტროლერებთან დამაკავშირებელ დონის ბრძანება.
- **View** – კვანძი, რომლის მეშვეობით მონაცემები გადაიცემა პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერიდან გამოყენების I/O სერვერში.
- **Node Name** – კვანძის სახელი.
- **Application Name** – გამოყენების სახელი.
- **Topic Name** – მონაცემთა ჯგუფის სახელი ან თემა.
- **ItemName** – ელემენტის სახელი.
- **Tagname Dictionary (ცვლადების ლექსიკონი)** – გრაფა InTouch-ში, სდაც ინახება მთლიანი ინფორმაცია გამოყენების ცვლადებზე.
- **Application (გამოყენება), Topic (ობიექტი), Item (ელემენტი)** – წვდომის საკომუნიკაციო არხის განსაზღვრისას, I/O სერვერების სამდონიანი მისამართის ინფორმაცია.
- **Access Name** – კვანძის წვდომის სახელის განსაზღვრის ფანჯარა.
- **Add** – ახალი საკომუნიკაციო არხის არსებული მოდიფიკაციისა და

- წამლისათვის განკუთვნილი ფანჯარა.
- **Log Data** – მონაცემთა რეგისტრაციის ბრძანება.
  - **Log Deadband** – არქივირების ბარიერის გადამეტება.
  - **Historical Logging Properties** – საარქივო მონაცემების ფანჯარა.
  - **Special/Configure/Historical Logging** – სპეციალური/კონფიგურაციის/საარქივო მონაცემების ბრძანება.
  - **Special/Animation Links** – სპეციალური/ანიმაციური ლინკების ბრძანება.
  - **Real Time Trend Configuration** – რეალური დროის ტრენდის კონფიგურაციის ფანჯარა.
  - **Time Span** – დროის დიაპაზონი, რომელსაც შეიცავს ტრენდი.
  - **Interval** – ცვლადის მნიშვნელობის გამოტანის სიხშირე.
  - **Value Division** – ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ღერძის მნიშვნელობების, პატარა და დიდი დაყოფების მეშვეობით, ქსელის გაფართოვების ბრძანება.
  - **Color** – ფონისა და გრაფიკის ჩარჩოსთვის ფერის მინიჭების ბრძანება.
  - **Runtime** – შესრულების დროის რეჟიმი.
  - **Allow runtime changes** – შეცვლის ნებართვის ბრძანება, შესრულების დროის რეჟიმში.
  - **Historical Trend** – საარქივო ტრენდების ფანჯარა.
  - **Min/Max (მინიმალური/მაქსიმალური მნიშვნელობები), Average/Scatter (საშუალო/გრაფიკი), Average/Bar Chart (საშუალო/ჰისტოგრამა)** – საარქივო ტრენდის რეჟიმები.
45. **DDE (Dynamic Data Exchange Standard)** – მონაცემთა გაცვლის დინამიური სტანდარტი. Microsoft-ის მიერ შემნილი კომუნიკაციური პროტოკოლი, რომლის საშუალებითაც ხდება მონაცემების გაცვლა სხვადასხვა Windows-ის გამოყენებებს შორის.
46. **OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control)** – ობიექტების დაკავშირებისა და მათში სისტემების ჩაშენების მართვის პროტოკოლი.
47. **RS-232 (Recommended Standard 232)** – ტელეკომუნიკაციაში რეკომენდირებული, სერიული მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.
48. **RS-422 (Recommended Standard 422)** – ტელეკომუნიკაციაში რეკომენდირებული, ციფრული სიგნალების შემცველი მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.
49. **RS-485 (Recommended Standard 485)** – ტელეკომუნიკაციაში რეკომენდირებული, ციფრული მრავალწერტილიანი სიგნალების შემცველი მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.
50. **Communication Ports** – საკომუნიკაციო პორტები.
51. **PCI (Protocol Control Information)** – ინფორმაციის მართვის პროტოკოლი.
52. **CompactPCI (Compact Protocol Control Information)** – კომპაქტური ინფორმაციის მართვის პროტოკოლი. სალტე, რომელიც აკავშირებს სამრეწველო კომპიუტერებს, Eurocard (პროგრამირებადი ლოგიკური პლატა)-ს და PCI პროტოკოლს.
53. **Wonderware** – სამრეწველო პროგრამული გამოყენებების მწარმოებელი

- კომპანია.
54. **SuiteLink** – კომპანია Wonderware-ის მიერ შექმნილი მონაცემთა მართვის პროტოკოლი.
  55. **სეკ 61850-ის სტანდარტი (МЭК-Международная электротехническая комиссия 61850 стандарт)** – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის 61850 სტანდარტი. კომუნიკაციური ქსელების და ქვესადგურის სისტემების სტანდარტი. აღწერს მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მუშაობის წესებს. სეკ 61850-ი, იყენებს MMS(Manufacturing Message Specification) ISO 9506-ს.
  56. **IED (Intelligent Electronic Device)** – ინტელექტუალური ელექტრონული მოწყობილობა.
  57. **რდატ (РЗАТ - Терминалы Релейной Защиты и Автоматики)** – რელეური დაცვისა და ავტომატიკის ტერმინალები;
  58. **Process Bus** – პროცესის სალტე.
  59. **აძგ (КАА - Переключатели Кулачковые Секционные Аварийного Типа)** – ავარიული ძალური გადამრთველები.
  60. **ომმ (УСО -Устройства Связи с Объектом)** – ობიექტთან მაკავშირებელი მოწყობილობები.
  61. **მსგ (МИП - Многофункциональный Измерительный Преобразователи)** – მრავალფუნქციური საზომი გადამცემები
  62. **MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)** – მიკროელექტრო-მექანიკური სისტემები.
  63. **LPWSN (Low-power wireless sensor network)** – დაბალი სიმძლავრის უკაბელო სენსორული ქსელი.
  64. **RF (Radio Frequency)** – რადიო სიხშირის გადამცემი.
  65. **MCU (MicroController Unit)** – მიკროკონტროლერი.
  66. **PCB (Printed Circuit Board)** – პროგრამირებადი პლატა.
  67. **MCU (Multipoint Control Unit)** – მრავალმისამართიანი მართვის ბლოკი.
  68. **GPRS (General Packet Radio Service)** – რადიო სიხშირული მონაცემთა გადაცემის პაკეტი. გამოიყენება კავშირგაბმულობის, ფიჭვურ ქსელებში. ასევე გლობალურ ქსელებში (მაგ.: ინტერნეტი).
  69. **Ad-hoc (ადგილობრივი)** – უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგიის ერთ-ერთი ტიპი.
  70. **Wi-Fi (Wireless Fidelity)** – IEEE 802.11 სტანდარტზე დაფუძნებული, უკაბელო სენსორული ქსელი.
  71. **Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access)** – IEEE 802.16 სტანდარტზე დაფუძნებული, უკაბელო სენსორული ქსელი.
  72. **Bluetooth** – IEEE 802.15.1 სტანდარტზე დაფუძნებული, უკაბელო სენსორული ქსელი.
  73. **Wireless USB** – უკაბელო USB, დაფუძნებული UWB (Ultra-Wide Band) სტანდარტზე.

74. **Point-to-Point** („წერტილი–წერტილზე“), **Star** („ვარსკვლავი“) – უკაბელო სენსორული ქსელების ტოპოლოგიის ტიპები.
75. **ZigBee Alliance** – უკაბელო სენსორული ქსელების მოწყობილობების მწარმოებელი, გერმანული კომპანია.
76. **AES-128 (Advanced Encryption Standard)** – შიფრაციის გაფართოვებული 128 ბიტიანი სტანდარტი.
77. **IEEE 802.15.04** – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი, რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს და დაბალ სიჩქარეს.
78. **Wireless HART (Highway Addressable Remote Transducer)** – მაგისტრალური დამისამართების, IEC 62591 და IEEE 802.15.4 სტანდარტებზე დაფუძნებული, უკაბელო სენსორული ქსელი.
79. **MiWi** – IEEE 802.15.4 სტანდარტზე დაფუძნებული, მიკროჩიპის ტექნოლოგიისათვის განკუთვნილი, უკაბელო სენსორული ქსელი.
80. **6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks)** – IPv6 პროტოკოლის უკაბელო სენსორული ქსელი, დაფუძნებული IEEE 802.15.4 სტანდარტზე.
81. **OSI (Open Systems Interconnection model)** – ღია სისტემების ურთიერთკავშირი მოდელი.
82. **FFD (Fully Function Device)** – სრულფუნქციური მოწყობილობა, ქსელის კოორდინატორი.
83. **RFD (Reduced Function Device)** – მოწყობილობა შემცირებული ფუნქციებით.
84. **CSMA/CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance)** – მრავალჯერადი წვდომისას მონაცემთა შეჯახების თავიდან აცილების სისტემა.
85. **SDK (Software Development Kit)** – პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავების ნაკრები.
86. **SPI (Serial Peripheral Interface)** – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი.
87. **SOC (System-on-a-Chip)** – “სისტემა-ჩიპზე”არის ინტეგრირებული სისტემა, რომელიც კომპიუტერის ყველა კომპონენტს და ელექტრონული სისტემის ყველა კომპონენტს ერთ ჩიპზე უკეთებს ინტეგრირებას.
88. **UART (Universal asynchronous receiver/transmitter)** – უნივერსალური ასინქრონული მიმღებ/გადამცემი.
89. **ADC (Analog-to-Digital Converter)** – ანალოგურ/ციფრული კონვერტორი.
90. **DSPM (Digital Signal Processing Microcontroller)** – ციფრული სიგნალების დამუშავების მიკროკონტროლერი.
91. **FC (Frequency Converter)** – სიხშირის კონვერტორი.
92. **RC2200AT-SPPPIO – ZigBee-ის კვანძი.**
93. **Mesh** – „ფიჭვური“ ქსელი.
94. **EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor)** – გრაფიკული პროგრამა.
95. **ZigBit ATZB-24-A2** – ZigBee-ის ზედა დონის მოდელი.
96. **ATmega1281** – ATMEL-ის ტიპის მიკროკონტროლერი.



97. **AT86RF230** – ATMEL-ის ტიპის ZigBit-ის რადიო მიმღებ-გადამცემი.
98. **DS18B20** – ტემპერატურის მზომი სენსორი.
99. **End Device** – ქსელის დამაბოლოვებელი მოწყობილობა.
100. **EDD (Express Diagnostics Device)** – ექსპრეს დიაგნოსტიკის მოწყობილობა.
101. **ATmega88** – ATMEL-ის ტიპის მიკროკონტროლერი.
102. **LCD (Liquid Crystal Display)** – თხევადკრისტალური დისპლეი.
103. **AVR Studio 4** – დამხმარე პროგრამა, რომლის საშუალებითაც მიკროკონტროლერზე პროგრამირდება ასემბლერზე ან C ენაზე დაწერილი პროგრამა.
104. **C** – პროგრამირების ერთ-ერთი ენა.
105. **"Slave\_EDD"** – დაქვემდებარებული ქსელის დამაბოლოვებელი მოწყობილობისათვის განკუთვნილი პროგრამა.
106. **Star\_Nobeacon** – ღია სისტემების მედია წვდომის კონტროლის (Open MAC) სააპლიკაციო პროგრამა.
107. **Vcc (Virtual Channel Connection)** – ვირტუალური არხის კავშირი (კვების წყარო).
108. **GND (Ground)** – კვანძი (დამიწება), რომლის მნიშვნელობა, პირობითად უტოლდება ნულს.
109. **SPI-ის ოთხი ლოგიკური სიგნალი:**
- **SCLK – Serial Clock** (გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“);
  - **MOSI – Master Out Slave In** (გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“);
  - **MISO – Master In Slave Out** (გამოსასვლელი სიგნალი დაქვემდებარებულიდან);
  - **SS – Slave Select (active low, გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“).**
110. **CPOL** – მონაცემთა გადაცემის რეგისტრების დროითი დიაგრამაში, საათის პოლარობის კონფიგურაცია.
111. **CPHA** – მონაცემთა გადაცემის რეგისტრების დროითი დიაგრამაში, საათის ფაზის კონფიგურაცია.
112. **Atmel** – მიკროკონტროლერების მწარმოებელი ამერიკული კომპანია.
113. **RAM (Random-access memory)** – ოპერატიული მეხსიერება.
114. **JTAG (Joint Test Action Group)** - სამუშაო ჯგუფის დასაღებება, რომელმაც **IEEE1149.1**. სტანდარტზე შექმნა რთული ციფრული მიკროსქემების ინტერფეისი.
115. **CTS/RTS (Request to Send and Clear to Send, flow control signals)** – სიგნალების გაგზავნისა და მიღების მოთხოვნა.
116. **USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver /Transmitter)** – უნივერსალური სინქრონული/ასინქრონული მიმღები/გადამცემი.
117. **I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit, referred to as I-squared-C, I-two-C, or IIC)** – მრავალდონიანი სერიული, არასიმეტრიული, ნახევრადგამტარული მონაცემთა სალტე, ინტეგრალური სქემების კავშირისათვის.
118. **სერიულ პერიფერიული ინტერფეისის კომუნიკაციის გამოყვანები:**
- **UART0\_RXD;**

- UART0\_TXD;
- UART0\_EXTCLK;
- GPIO8.

დილაკებისთვის:

- IRQ\_7;
- IRQ\_6;

თხევადკრისტალური დისპლეისთვის:

- GPIO 0;
- GPIO 1;
- GPIO 2.

119. **GPIO(General Purpose Input/Output)** – ძირითადი დანიშნულების შემყვან/გამოყვანი პინი.
120. **IRQ (Interrupt Request)** – მუშაობის შეწყვეტის მოთხოვნის აპარატურული სიგნალი.
121. **MAXIM** – ელექტრული მოწყობილობების მწარმოებელი კომპანია.
122. **DQ** – მონაცემთა შესასვლელ/გამოსასვლელი.
123. **V<sub>DD</sub>** – კვების წყარო.
124. **HAUBER 648** – ვიბრაციის გამზომი სენსორი.
125. **DFRobot DFR0034** – აკუსტიკური სიგნალების გამზომი სენსორი.
126. **MMA7361L** – დახრილობის გამზომი სენსორი.
127. **SCK (Serial Clock Input)** – მიმდევრული დროის შესასვლელი.
128. **Freescale Semiconductor** – ელექტრული მოწყობილობების მწარმოებელი კომპანია.
129. **MMA7361L-ის სენსორის საკონტაქტო გამომყვანები:**
- 1 - N/C (No Internal Connection) (არ არის შიდა კავშირი);
  - 2 - X<sub>OUT</sub> (X direction output voltage) (X მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
  - 3 - Y<sub>OUT</sub> (Y direction output voltage) (Y მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
  - 4 - Z<sub>OUT</sub> (Z direction output voltage) (Z მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
  - 5 - V<sub>SS</sub> (Power Supply Ground) (კვების წყაროს დამიწება);
  - 6 - V<sub>DD</sub> (Power Supply Input) (კვების წყაროს შესასვლელი);
  - 7 - Sleep (Logic input pin to enable product or Sleep Mode) (ლოგიკური შესასვლელი ჩართვისათვის ან „ძილის“ რეჟიმისთვის);
  - 8 - N/C (No Internal Connection) (არ არის შიდა კავშირი);
  - 9 - 0g-Detect (Linear Freefall digital logic output signal) (ხაზოვანი თავისუფალი ვარდნის ციფრული ლოგიკური გამომავალი სიგნალი);
  - 10 - g-Select (Logic input pin to select g level) (ლოგიკური შესასვლელი g -ის დონის ასარჩევად);
  - 11 - N/C (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოყენებული გამომყვანი);
  - 12 - N/C (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოყენებული გამომყვანი);

- 13 - Self Test (შემაჯავალი კონტაქტი თვითტესტირებისთვის).
- 14 - N/C (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოუყენებელი გამომყვანი);
130. **S1 Core (Sirocco)** – 64 ბიტისანი მიკროპროცესორი, რომელიც მუშაობს SPARC V9-ის სისტემაზე.
131. **CR2032** – ბატარეის ტიპი.
132. **SMD (Surface Mounted Device)** – ზედაპირზე დამონტაჟებული მოწყობილობა.
133. **LF33CV** – ძაბვის მარეგულირებელი მოწყობილობა.
134. **Star\_Nobeacon** – Open MAC-ის სპეციალური სააპლიკაციო პროგრამა, რომელიც განკუთვნილია "ვარსკვლავური" ტოპოლოგიისთვის.
135. **PAN (Personal Area Network)** – მონაცემთა გადაცემის პერსონალური ქსელი.
136. **LED (Light-Emitting Diode)** – შუქდიოდი.
137. **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** – ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის ინსტიტუტი.
138. **EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)** – ელექტრულად წაშლადი გადაპროგრამირებადი დამმახსოვრებელი მოწყობილობა.
139. **Debugging** – პროგრამის კორექტირების ბრძანება.
140. **Temperature** – **DS18B20** სენსორის მიერ ტემპერატურის გაზომვის მოდული.
141. **Display\_Init** – ამ მოდულში ხდება ორი ქვეპროგრამის გამოძახება: `USART_Init()` და `Umrechnung_DS18B20_Buffer()` ქვეპროგრამებისა. პირველი ქვეპროგრამის საშუალებით ხდება "მთავარის" ინიციალიზაცია SPI-კომუნიკაციაში, ხოლო მეორე ქვეპროგრამის გამოძახებით ხდება ნებისმიერი სენსორული პლატის მიერ გაზომილი სიდიდის სპეციალურ ბუფერში გადატანა.
142. **Buffer\_Send** – ეს მოდული ემსახურება "მთავარიდან", ანუ ინტერფეის-პლატიდან **S1**-ზე, ანუ "დაქვემდებარებულზე" მონაცემების გადაგზავნას. თითოეული გაგზავნილ ბიტს შორის დროითი ინტერვალი არის 20მკწ-ი. ქვეპროგრამის გამოძახება ხდება `display_data()` ქვეპროგრამის საშუალებით.
143. **Slave\_S1** – ამ პროგრამის საშუალებით **S1**, SPI-კომუნიკაციაში ასრულებს "დაქვემდებარებულის" როლს. ამასთან, **S1**-ის დისპლეიზე ხდება „მთავარის“ მიერ გამოგზავნილი ინფორმაციის ასახვა.
144. **SPI\_SlaveInit** – ამ მოდულში ხდება **S1**-ზე დამონტაჟებულ მიკროკონტროლერ **Atmega88**-ზე, SPI კომუნიკაციისთვის საჭირო გამომყვანების კონფიგურაცია. ისე რომ, ამ მიკროკონტროლერმა შეასრულოს „დაქვემდებარებულის“ ფუნქცია.
145. **SPI\_SlaveReceive** – ამ მოდულში ხდება **S1**-ის **Atmega88** მიკროკონტროლერის, ანუ "დაქვემდებარებულის" მომზადება "მთავარის" მიერ გამოგზავნილი ინფორმაციის მისაღებად.
146. **Display** – ამ მოდულში ხდება "დაქვემდებარებულის"- **S1**-ზე

- დამონტაჟებული მიკროკონტროლერის ATmega88-ის მიერ მოპოვებული ინფორმაციის დისპლეიზე გამოსახვა.
147. **S1** – მრავალფუნქციური მოწყობილობა, მასში ჩამონტაჟებულია 8-ბიტის AVR მიკროკონტროლერი ATmega88. მისი პროგრამირება ხდება სპეციალური AVR-USB-PROG პროგრამატორით.
  148. **MS Access (Microsoft Access)** – მონაცემთა მართვის სისტემა.
  149. **Xilinx** – დამხმარე პროგრამა, რომლის საშუალებითაც მიკროკონტროლერზე პროგრამირდება VHDL ენაზე დაწერილი პროგრამა.
  150. **XilinxZynq® -7000** – პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცა.
  151. **ARM® Cortex™-A9 MPCore™** – 4 ბირთვიანი 32 ბიტის პროცესორის ბლოკი, რომელიც შედგება 2, ორ-ბირთვიანი Cortex-A9 ბირთვისგან. თითოეული ბირთვი ანხორციელებს ARMv7-ის არქიტექტურის ინსტრუქციას (ქემ-მეხსიერების პირველი დონე – L1). ხოლო 512 კილობაიტი (ქემ-მეხსიერების მეორე დონე – L2).
  152. **PS (Processing System)** – გენერირების სისტემა.
  153. **PL (Programmable Logic)** – პროგრამირებადი ლოგიკა.
  154. **FPGA (Field-Programmable Gate Array)** – ვენტილური მატრიცის პლატა.
  155. **ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)** – გამოყენების სპეციფიური ინტეგრალური მიკროსქემა.
  156. **ASSPs (Application-Specific Standard Products)** – გამოყენების სპეციფიური სტანდარტული პროდუქტები.
  157. **XilinxZynq-7000 AP SoC** – XilinxZynq-7000-ის სრული პროგრამული პაკეტის სისტემა ჩიპზე.
  158. **LTE (Long Term Evolution)** – მონაცემთა მაღალი სიჩქარით გადაცემის უკაბელო კავშირი, მობილური ტელეფონებისა და ტერმინალების მონაცემთა გადაცემისათვის.
  159. **ISE (Integrated Software Environment) @Design Suite** – ინტეგრირებული პროგრამული გარემო.
  160. **PR (Programmable Reconfiguration)** – პროგრამირებადი რეკონფიგურაცია.
  161. **ROM (Read-only memory)** – მუდმივი მეხსიერება.
  162. **USB (Universal Serial Bus, Flash Memory)** – ფლემ მეხსიერების მოწყობილობა.
  163. **FireWire** – IEEE 1394-ის სტანდარტის მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.
  164. **DACs (Digital -to- Analog Converter)** – ციფრულ/ანალოგური კონვერტორი.
  165. **APU (Accelerated Processing Unit)** – კომპიუტერის ძირითადი დამუშავების ერთეული, რომელიც მოიცავს დამატებით დამუშავების შესაძლებლობებს, გამოთვლითი ოპერაციების დაჩქარებისათვის.
  166. **MI (Memory Interfaces)** – მეხსიერების ინტერფეისები. სალტეს პროტოკოლები, მიკროპროცესორის დასაკავშირებლად მოწყობილობის გარე მეხსიერებასთან).
  167. **DRAM (Dynamic Random-Access Memory) Controller** – ოპერატიული

მეხსიერების სტანდარტის კონტროლერი, რომელიც მონაცემების თითოეულ ბიტს ინახავს ინტეგრალური სქემის ცალკე გამოყოფილ ნაწილში.

168. **DDR3 SDRAM (Double Data Rate Type Three Synchronous Dynamic Random Access Memory)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტი, მონაცემთა გადაცემის „სამმაგი სიჩქარით“.
169. **DDR3L (DDR3 Low Voltage)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების დაბალი ძაბვის (1.35 ვ) სტანდარტი.
170. **DDR2 – DRAM** ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტი, მონაცემთა გადაცემის „ორმაგი სიჩქარით“.
171. **Quad-SPI Controller** – SPI-ის ინტერფეისზე მომუშავე კონტროლერი.
172. **ASI (Asynchronous Serial Interface)** – ასინქრონული სერიული ინტერფეისი.
173. **FIFO (First In First Out)** – I/O სიგნალების მონაცემების რიგითობა.
174. **IOP (I/O peripherals)** – პერიფერიული შემავალ/გამომავალი სიგნალები.
175. **ASI (Asynchronous Serial Interface)** – ასინქრონული სერიული ინტერფეისი.
176. **2 GigE (Gigabit Ethernet)** – კომპიუტერულ ქსელში, GigabitEthernet-ის არის ტერმინი, რომელიც აღწერს სხვადასხვა ტექნოლოგიების გადამცემებს Ethernet-ის ფარგლებში, კურსით 1 გიგაბაიტი წამში, როგორც განსაზღვრული IEEE802.3-2008-ის სტანდარტი.
177. **DMA (Direct Memory Access)** – მეხსიერების პირდაპირი წვდომა. თანამედროვე კომპიუტერების თვისება, რომელიც განსაზღვრულ აპარატურულ ქვესისტემებს, აძლევს სისტემური მეხსიერების წვდომის საშუალებას, CPU-საგან დამოუკიდებლად.
178. **USB Controllers: Each as Host, Device or OTG (2)** – USB კონტროლერები: თითოეული, როგორც მთავარი, მოწყობილობა ან OTG (2).
179. **USB (Universal Serial Bus) OTG(On-The-Go)** – ფუნქციონალურ მზადყოფნაში მყოფი USB.
180. **MIO (Multiuse I/O)** – მრავალფუნქციური I/O სიგნალები.
181. **EHCI (Enhanced Host Controller Interface)** – გაუმჯობესებული მთავარი კონტროლერის ინტერფეისი.
182. **PHY (Physical layer)** – ფიზიკური ფენა.
183. **SDIO (Secure Digital Input Output)** – I/O ფუნქციების ციფრული უზრუნველყოფის ინტერფეისი.
184. **PLA (Programmable Logic Array)** – პროგრამირებადი ლოგიკური მატრიცა.
185. **LUT (Lookup Table)** – გარდაქმნის ცხრილი.
186. **DSP (Digital Signal Processor) 48E1** – ციფრული სიგნალის პროცესორის ტიპი.
187. **ALU (Arithmetic Logic Unit)** – არითმეტიკულ-ლოგიკური მოწყობილობა.
188. **Low-jitter clock** - დაბალი ვიბრაციის საათი.
189. **Z-7030 და Z-7045** – XilinxZynq-7000 AP SoC-ის მოდულები.

190. **XADC (Xilinx Analog-to-Digital Converter)** – პროგრამა Xilinx-ის ანალოგურ-ციფრული კონვერტერი. შეიცავს: 2 ADC-ს, მულტიპლექსორს და თერმულ სენსორს.
191. **PCIe Express (Peripheral Component Interconnect Express)** – პერიფერიული კომპონენტების დაკავშირება, მაღალი სიჩქარის სერიული კომპიუტერული მოწყობილობის გაფართოვებული სტანდარტი.
192. **Gen1 და Gen2** – PCIe-ის სტანდარტის მოდულები.
193. **AER (Advanced Error Reporting)** – PCIe Express-ის დამხმარე მექანიზმი, შეცდომების გამოსასწორებლად.
194. **Interconnect** – მოწყობილობის შემადგენელ ნაწილებს შორის კავშირის უზრუნველყოფა.
195. **OCM (On-Chip Memory)** – მეხსიერება ჩიპზე.
196. **SCU (Snoop Control Unit)** – 4 ბირთვიან Cortex-A9 პროცესორებს აკავშირებს მეხსიერების სისტემასთან ASI ინტერფეისების გავლით.
197. **SD/SDIO (Secure Digital CARD/Secure Digital Input Output)** – ციფრული მეხსიერების ბარათის I/O ფუნქციების ციფრული უზრუნველყოფის ინტერფეისი.
198. **Flash Controller** – მართავს მონაცემებს, რომლებიც ინახება ფლეშმეხსიერებაში და ურთიერთქმედებს კომპიუტერთან ან ელექტრონულ მოწყობილობასთან.
199. **SDC (Source Digital Card) და CompactFlash – Flash Controller-ის** მოდულები.
200. **NOR და NAND** – ლოგიკური ელემენტები ციფრულ ელექტრონიკაში.
201. **SRAM (Static Random Access Memory)** – სტატიკური ოპერატიული მეხსიერება. ნახევარგამტარული მეხსიერების ერთ-ერთი სახეობაა, რომელიც იყენებს ბიტაბილურ ბლოკირებას, თითოეული ბიტის შენახვისათვის.
202. **AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture)** – მიკროკონტროლერის არქიტექტურის გაფართოვებული კავშირი.
203. **ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)** – გამოყენების სპეციფიკური ინტეგრალური მიკროსქემა.
204. **Processor I/O Mux** – მულტიპლექსორის I/O სიგნალები პროცესორში.
205. **ARM Architecture** – კომპიუტერების პროცესორების ინსტრუქციების ნაკრები, დაფუძნებული შემცირებულ ბრძანებათა ნაკრებზე (RISC).
206. **CoreSight, Multi-Core Debug და Trace-ს** – ARM-ის ელემენტები. ამ ელემენტების მეშვეობით, ყველაზე სრულყოფილად შეიძლება SoC-ზე გადაწყვეტილებების მიღება, რისი საშუალებითაც ARM-ზე დაფუძნებული პროცესორი, უფრო გამართულად მუშაობს.
207. **NEON DSP/FPU Engine** – ნეონის DSP/FPU-ს ძრავი.
208. **FPU (Floating-Point Unit)** – კომპიუტერული სისტემის მოწყობილობა, რომელიც სპეციალურად შემუშავებულია, მცოცავ-მძიმე რიცხვებზე მათემატიკური ოპერაციების ჩასატარებლად.
209. **GIC (General Interrupt Controller)** – მუშაობის შეწყვეტის კონტროლერი.
210. **WDT (Watchdog Timer)** – მაკონტროლებელი ტაიმერი, რომელიც

- გამოიყენება, რათა დადგინდეს კომპიუტერის ესა თუ ის გაუმართავობა.
211. **AES (Advanced Encryption Standard)** – შიფრაციის გაფართოვებული (128, 192 ან 256) ბიტის სტანდარტი.
  212. **SHA (Secure Hash Algorithm)** – კრიპტოგრაფიკული ქეშ-ფუნქციების სტანდარტი (შეიცავს: SHA-0-ს, SHA-1-ს, SHA-2-ს და SHA-3-ს).
  213. **RSA** – კომპიუტერული და ქსელური უსაფრთხოების სტანდარტი.
  214. **EMIO (Extendable multiplexed I/O)** – გაფართოვებული მულტი-პლექსირებული შემავალ/გამომავალი სიგნალების პროტოკოლი, რომელიც დაკავშირებულია PL-თან.
  215. **High Performance AXI slave Ports – Flash Controller**-ის მაღალი ხარისხის AXI-ის დაქვემდებარებული პორტები.
  216. **AXI** – გამოსახულების ინტერფეისი, მონაცემების წაკითხვის ოპერაციისათვის.
  217. **ACP (Accelerator Coherency Port)** – მიმდევრობითი პორტის დამაჩქარებელი.
  218. **Multi-Standard I/Os** – მრავალ-სტანდარული I/O სიგნალები (33.3 და მაღალი სიჩქარის 1.8ვ).
  219. **Multi-Gigabit Transceivers** – მრავალ-გიგაბაიტის გადამცემები.
  220. **VHDL (Very Hardware Description Language)** – პროგრამირების ენა, Hardware აღწერილობისთვის. VHDL-ის მეშვეობით ხდება ტექსტურად სქემების აღწერა. ასევე შესაძლებელია მისი სტრუქტურული აღწერა.
  221. **Hardware** – აპარატურა.
  222. **ZedBoard** – Xilinx Zynq-7000 AP SoC-ზე მომუშავე მიკროკონტროლერი.
  223. **AC/DC (Alternating Current/Direct Current)** – ცვლადი მუდმივი დენი.
  224. **ISE@WebPACK™** – Xilinx-ის პროგრამების პაკეტი.
  225. **USB Adapter, Micro B Male / Standard A Female** – USB-ის კაბელის მოდული.
  226. **Zynq-7000 AP SoC XC7Z020-CLG484** – Zynq-7000 AP SoC-ის მოდული.
  227. **10/100/1000 Ethernet** – Ethernet-ის ქსელში, მონაცემების გადაცემის სიჩქარე მეგაბიტ/წმ-ში.
  228. **Pmod (Peripheral Module interface)** – პერიფერიული ინტერფეისი, გამოიყენება FPGA პლატებში.
  229. **1080p HDMI, 8-bit VGA (Video Graphics Array), 128 x 32 OLED (Organic Light-Emitting Diode)** – დისპლეების მოდულები.
  230. **I<sup>2</sup>S (Inter-IC Sound, Integrated Interchip Sound)** – სერიული სტანდარტული ინტერფეისი, რომელიც გამოიყენება ციფრული აუდიო მოწყობილობების დასაკავშირებლად.
  231. **ტპმას (АСУ ТП-Автоматизированная Система Управления Технологическим Процессом)** – ტექნოლოგიური პროცესის მართვის ავტომატირებული სისტემა.
  232. **სეკ 60870-5-101 (МЭК - 60870-5-101)** – ტელემართვის ძირითადი ამოცანების თანხლები სტანდარტი. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი RS-485.
  233. **სეკ 60870-5-103 (МЭК-60870-5-103)** – სეკ 60870-5-103 – აპარატურის

- დაცვის ინფორმაციული ინტერფეისის თანმხლები სტანდარტი. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი RS-485.
234. სეკ 60870-5-104 (МЭК - 60870-5-104) – ტელემექანიკის ძირითადი ამოცანების თანმხლები სტანდარტი. მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი Etherne-ი.;
235. SCL (Substation Configuration Language) – ქვესადგურის კონფიგურაციის აღწერის ენა.
236. აპს (САПР - Система Автоматизированного Проектирования) – ავტომატიზირებული პროექტირების სისტემა.
237. GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events) – ქვესადგურის МЭК 61850-6-ის სტანდარტის, მოვლენების ამსახველი შეტყობინებები.
238. ICD (Interface Control Document) – საინჟინრო სისტემებსა და პროგრამულ უზრუნველყოფებში კონტროლის დოკუმენტი, რომელიც აღწერს სისტემისა და ქვესისტემის მაკავშირებელ ინტერფეისს.
239. იედ (ИЭУ-Изотопная Энергетическая Установка) – იზოტოპური ენერგეტიკული დანადგარი.
240. SSD (Solid-State Drive) – მყარი დისკი. მონაცემთა შენახვის მოწყობილობა, ელექტრონულ მოწყობილობებში.
241. SCD (Slowly Changing Dimension) – ცვალებადი მნიშვნელობების ფორმატი.
242. Data Set – მონაცემთა ფაილი.
243. MMS (Manufacturing Message Specification) – საერთაშორისო (ISO 9506)-ის სტანდარტი, SCADA-ში რეალურ დროში შეტყობინებების გადასაცემად.
244. ASN.1 (Abstract Syntax Notation One) – ტელეკომუნიკაციაში და კომპიუტერულ ქსელებში მონაცემების აბსტრაქტული სინტაქსის აღწერის სტანდარტი, რომელიც იყენებს OSI-ის.
245. Report Control Block – მოვლენების მმართველი ბლოკი.
246. სეკ 57(МЭК 57) – საერთაშორისო ელექტროტექნიკის კომისიის 57-ე კომიტეტი. ეს კომიტეტი მუშაობს ენერგობიექტებზე მონაცემთა გაცვლისთვის საჭირო სტანდარტებზე.
247. NPT Expert – SCADA სისტემის ციფრული ქვესადგურის მოდული.
248. მას (АСУ-Автоматизированная Система Управления) – მართვის ავტომატიზირებული სისტემა.
249. ეხმმ (ПКЭ - Прибор Контроля Качества Электроэнергии) ARISPQ – ელექტროენერგიის ხარისხის მაკონტროლებელი მოწყობილობა - ARISPQ-ი.
250. NTR (Network Timing Reference) – ქსელში მონაცემების გადაცემის დრო.
251. 1PPS (Pulse Per Second) – სიგნალის იმპულსი წამში (მაღალი სიზუსტის კომპიუტერული დრო, მაგ.: Network Time Protocol. დროის სიგნალიზაციის მოდული.
252. PTP (Precision Time Protocol) – კომპიუტერულ ქსელში, დროის სინქრონიზაციის პროტოკოლი. ლოკალურ ქსელში დროის სიზუსტე აღწევს 1 მიკროწამს.



253. **IEEE1588v2 (PTP)** – PTP-ის ერთ-ერთი მოდული.
254. **PRP (Parallel Redundancy Protocol)** – პარალელური რეზერვირების პროტოკოლი, რომლის საშუალებითაც ქსელში ნებისმიერი ერთჯერადი მტყუნება არ ახდენს გავლენას ქსელში მონაცემების გადაცემაზე.
255. **Process Bus** – პროცესის სალტე.
256. **Station Bus** – სადგურის სალტე.
257. **SI (Le Système International d'Unités – International System of Units)** – ერთეულთა საერთაშორისო სისტემა.
258. **ТТ (Трансформатор Тока)** – დენის ტრანსფორმატორი.
259. **ТН (Трансформатор Напряжения)** – ძაბვის ტრანსფორმატორი.
260. **AMU (Auxiliary Memory Units)** – დამხმარე მეხსიერების ბლოკები.
261. **აკ (КА - Контроллер Автоматики)** – ავტომატიკის კონტროლერი.
262. **A2** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისათვის. კომპლექსი შედგება სხვადასხვა წარმოების ცენტრალური კონტროლერებისაგან და შეტანა/გამოტანის დისტანციური მოდულებისაგან.
263. **ემთ (ЭМС -Электромагнитная Совместимость)** – ელექტრომაგნიტური თავსებადობა.
264. **ТМ 32** – ანალოგური მზომი სიგნალების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან МЭК 870-5-101-ის პროტოკოლით.
265. **TS 32** – ტელესიგნალების სენსორებიდან გამომავალი მონაცემების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან სეკ 870-5-101-ის პროტოკოლით.
266. **TC 32** – ტრანსფორმატორების, სისტემების სალტეების ტექნოლოგიური და ავარიული სიგნალიზაციის სიგნალების გამოცემისათვის განკუთვნილი მოდული.
267. **ARIS (Architecture of Integrated Information Systems)MT** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.
268. **TC 4** – ობიექტებზე ნიადაგის, მილსადენებისა და კაბელების პროფილების სტრუქტურირების მოდული.
269. **ტძკ (РНТ-Регулирование Напряжения Трансформатора)** – ტრანსფორმატორის ძაბვის კონტროლი.
270. **სქ (ТП - Трансформаторная подстанция)** – სატრანსფორმატორო ქვესადგური.
271. **გქ (РП - Распределительная Подстанция)** – გამანაწილებელი ქვესადგური.
272. **რდა (РЗА-Релейная Защита и Автоматика)** – რელეური დაცვა და ავტომატიკა.
273. **GPS (Global Positioning System)** – გლობალური სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.

274. **GPS/ГЛОНАСС** – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
275. **იშგს (ССПИ- Система сбора и передачи информации)** – ინფორმაციის შეგროვებისა და გადაცემის სისტემა.
276. **ეკასსს (АИИС КУЭ - Автоматизированная Информационно Измерительная Система Коммерческого Учёта Электроэнергии)** – ელექტროენერგიის კომერციული აღრიცხვის ავტომატიზირებული საინფორმაციო საზომი სისტემა.
277. **IEEE1588 – PTP (Precision Time Protocol)** – დროის სინქრონიზაციის პროტოკოლი კომპიუტერულ ქსელებში.
278. **IT (Information Technologies)** – საინფორმაციო ტექნოლოგიები.
279. **SMV (Sampled Measured Values)** – ქვესადგურის МЭК 61850-6-ის სტანდარტის, საცდელი მზომი მნიშვნელობები.
280. **Matlab (Matrix Laboratory)** – პროგრამების პაკეტი, რომელიც გამოიყენება ტექნიკური, გამოთვლითი ოპერაციების შესასრულებლად.
281. **MDL** – ფაილების ფორმატი, ინფორმაციის შენახვისათვის.
282. **LSV (Laser Surface Velocimeter)** – ველოსიმეტრი ლაზერული ზედაპირით. ოპტიკური სენსორი (არაკონტაქტური საზომი) სიჩქარისა და სიგრძის მოძრავ ზედაპირებზე. ველოსიმეტრის ლაზერული ზედაპირები იყენებენ ლაზერულ დოპლერის ეფექტს (პრინციპს), ლაზერული სინათლის სხივების შეფასებისას, რომლებიც მიმოფანტულია უკან მოძრავი ობიექტიდან. ის ფართოდ გამოიყენება პროცესებისა და ხარისხის კონტროლისათვის საწარმოო პროცესებში.
- ველოსიმეტრი** – ელექტრომექანიკური საზომი მოწყობილობა მყარი ზედაპირების რხევების სიჩქარის გასაზომად, ულტრაბგერითი სიხშირეების სპექტრში. გამოიყენება რხევების (ვიბრაციის) შესასწავლად მანქანებში და შენობა ნაგებობებში.
283. **სეკ 61850-9-2LE (МЭК 61850-9-2LE)** – ციფრული ქვესადგურის მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.
284. **CID** – შრიფტების სტრუქტურის ფაილი, МЭК61850-6-ის სტანდარტში.
285. **LAN (Local Area Network)** – ლოკალური ქსელი.
286. **დკს (СЗиС - Система Защиты и Согласования)** – დაცვისა და კოორდინაციის სისტემა.
287. **მქკ (КПД-Коэффициент Полезного Действия)** – მარგი ქმედების კოეფიციენტი.
288. **TX (Texas Instruments) PLC** – კომპანია Texas Instruments-ის მიერ წარმოებული პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერები.
289. **ALARM LINE** – განგაშის სიგნალის ხაზი.
290. **RESET** – გადატვირთვის ღილაკი.

**ნახაზების, ცხრილების და გრაფიკების აბრევიატურების ნუსხა**

1. სურ. 1.1. კონტროლისა და მართვის სისტემის ზოგადი სქემა.....26
  - **SQL (Structured Query Language)** – პროგრამირების ენა, რომელიც განკუთვნილია მონაცემთა ბაზების სამართავად.
  - **Ethernet** – კომპიუტერული ქსელების ტექნოლოგია, რომელიც განკუთვნილია ლოკალური და უფრო დიდი მანძილის ქსელებისათვის.
  - **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** – სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემა.
2. სურ. 1.2. კონტროლისა და მართვის სისტემის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტები.....32
  - **RTU (Remote Terminal Unit)** – დისტანციური ტერმინალი. რეალური დროის რეჟიმში, ასრულებს მონაცემების დამუშავებას (კონტროლს).
  - **MTU (Master Terminal Unit)** – მთავარი ტერმინალი. სამეთვალყურეო მართვის პუნქტი. მაღალ დონეზე უზრუნველყოფს მონაცემების დამუშავებას და მართვას, რეალური დროის მონაკვეთში.
  - **CS (Communication System)** – საკომუნიკაციო სისტემა. გამოიყენება მონაცემთა გადასაცემად, დისტანციური წერტილებიდან, ცენტრალურ ინტერფეისსზე.
3. სურ. 1.3. მონაცემების გაცვლა InTouch-ის გამოყენებასა და ტექნოლოგიურ პროცესს შორის.....44
  - **View** – კვანძი, რომლის მეშვეობით მონაცემები გადაიცემა პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერიდან გამოყენების I/O სერვერში.
  - **პლკ (PLC -Programmable Logic Controller)** – პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერი.
4. სურ. 1.6. ენერგობიექტის ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა, პროცესის სალტის გარეშე.....51
  - **GPS (Global Positioning System)** – გლობალური სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
  - **GPS/ГЛОНАСС** – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
  - **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** – სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემა.
  - **NTR (Network Timing Reference)** – ქსელში მონაცემების გადაცემის დრო.
  - **რდა (РЗА - Терминалы Релейной Защиты и Автоматики)** – რელეური დაცვისა და ავტომატიკის ტერმინალი.
  - **გამ (ОМП - Устройство Определения Места Повреждения)** – გაუმართავობების აღმომჩენი მოწყობილობა.
  - **ასრ (РАС - Регистраторы Аварийных Событий)** – ავარიული სიტუაციების რეგისტრატორები.

- ასა (ПА - Противоаварийная Автоматика) – ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა.
  - PMU (Power Management Unit) – კვების წყაროს მმართველი მიკრო-კონტროლერი.
  - აკ (КА - Контроллер Автоматики) – ავტომატიკის კონტროლერი.
5. სურ. 1.7. სისტემის არქიტექტურა პროცესის სალტის გამოყენებით.....52
- GPS/ГЛОНАСС – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
  - SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემა.
  - NTR (Network Timing Reference) – ქსელში მონაცემების გადაცემის დრო.
  - PTP (Precision Time Protocol) – კომპიუტერულ ქსელში, დროის სინქრონიზაციის პროტოკოლი.
  - რდა (РЗА - Терминалы Релейной Защиты и Автоматики) – რელეური დაცვისა და ავტომატიკის ტერმინალი.
  - გამ (ОМП - Устройство Определения Места Повреждения) – გაუმართავობების აღმომჩენი მოწყობილობა.
  - ასრ (РАС - Регистраторы Аварийных Событий) – ავარიული სიტუაციების რეგისტრატორები.
  - ასა (ПА - Противоаварийная Автоматика) – ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა.
  - PMU (Power Management Unit) – კვების წყაროს მმართველი მიკრო-კონტროლერი.
  - Ethernet – კომპიუტერული ქსელების ტექნოლოგია, რომელიც განკუთვნილია ლოკალური და უფრო დიდი მასშტაბის ქსელებისათვის.
  - სეკ (МЭК -Международная Электротехническая Комиссия 61850-9-2) – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (სეკ-ის) კომუნიკაციური ქსელებისა და ქვესადგურის სისტემის, პროცესის სალტის მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მოდული.
  - სეკ (МЭК 61850-8-1(GOOSE)) – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (სეკ-ის) კომუნიკაციური ქსელებისა და ქვესადგურის სისტემის, პროცესის სალტის GOOSE-ის მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მოდული.
  - AMU (Auxiliary Memory Unit) – დამხმარე მეხსიერების ბლოკი. კომპიუტერის კომპონენტი (მოწყობილობა), სადაც ინახება ციფრული მოწყობილობები.
  - ტგ (ТИ –Телеизмерение) – ტელეგამზომი (ტელემეტრია). ინფორმაცია გასაზომი მნიშვნელობების (ძაბვა, დენი, წნევა, ტემპერატურა და სხვ.) შესახებ.
  - DMU (Decision Making Unit) – გადაწყვეტილების მიმღები მოწყობილობა.
  - ტს (ТС – Телесигнализация) – ტელესიგნალიზაცია. ინფორმაცია ობიექტის დისტანციური მართვის, დისკრეტული გასაზომი მნიშვნე-

- ლობებისა (ჩართვა /გამორთვის, ნორმა/ავარიის და ა.შ.).
- ტმ (ТУ – Телеуправление) – ტელემართვა. ოპერატორის მიერ, დისტანციურად ობიექტის მართვის მართვის პროცესი.
  - დტ (ТТ -Трансформаторы Тока) – დენის ტრანსფორმატორები.
  - მტ (ТН - Трансформаторы Напряжения) – ძაბვის ტრანსფორმატორები.
  - აკ (КА - Контроллер Автоматики) – ავტომატიკის კონტროლერი.
6. სურ. 2.2. უსქ-ის გამოყენების მაგალითი.....58
- Mote-View – კვანძი, რომლის მეშვეობით მონაცემები გადაიცემა პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერიდან გამოყენების I/O სერვერში.
7. სურ. 2.3. „ჭკვიანი სახლის“ სტრუქტურა.....60
- AMI (Advanced Metering Infrastructure) – მოწინავე კომუნალური აღრიცხვის ინფრასტრუქტურა. ე.წ. ჭკვიანი კომუნალური მრიცხველი.
  - ZigBee HAN (Home Automation Network- სახლის ავტომატიზაციის ქსელი) – ZigBee-ის უკაბელო სენსორული ქსელით, სახლის ავტომატიზაციის განხორციელება. ე.წ. ჭკვიანი სახლი.
8. სურ. 2.6. უკაბელო კავშირების სტანდარტები.....63
- Wireless USB (Universal Serial Bus) – უკაბელო ქსელის USB, დაფუძნებული UWB (Ultra-Wide Band) სტანდარტზე.
  - WiFi (Wireless Fidelity) – IEEE 802.11-ის სტანდარტზე დაფუძნებული უკაბელო ქსელის სტანდარტი.
  - Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – IEEE 802.16-ის სტანდარტზე დაფუძნებული უკაბელო ქსელის სტანდარტი.
  - Bluetooth – IEEE 802.15.1-ის სტანდარტზე დაფუძნებული უკაბელო ქსელის სტანდარტი.
9. სურ.2.7. ZigBee-ის სტანდარტის მრავალდონიანი მოდელი.....64
- API (Application Programming Interface) – განაცხადის პროგრამირების ინტერფეისი.
  - APS (Advanced Planning and Scheduling) – წარმოების სინქრონულად დაგეგმარების სისტემა.
  - NWK (Network Equipment Technologies) – ქსელის აპარატურა ტექნოლოგიები.
  - DLC (Data Link Control) – მაღალი დონის, მონაცემთა გადაცემისა და მართვის პროტოკოლი.
  - IEEE 802.15.04 – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი, რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს (MAC) და დაბალ სიჩქარეს.
10. სურ. 2.8. IEEE 802.15.4-ის პროტოკოლი.....68
- IEEE 802.2 – IEEE 802 სტანდარტის ქვედონე, რომელიც აღწერს კომპიუტერული ქსელის პროგრამულ კომპლექტს.
  - IEEE 802.15.04 – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი,

რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს (MAC) და დაბალ სიჩქარეს.

11. სურ. 2.9. IEEE 802.15.4-ის კასეტური ხე.....68
- PAN (Personal Area Network) – პერსონალური ქსელი.
  - FFD (Fully Function Device) – სრულფუნქციური მოწყობილობა, ქსელის კოორდინატორი. მას შეუძლია შეასრულოს უკაბელო სენსორული ქსელის კოორდინატორის და ქსელში საერთო კვანძის ფუნქცია.
  - RFD (Reduced Function Device) – მოწყობილობა შემცირებული ფუნქციებით. უკაბელო სენსორული ქსელის მოწყობილობებია, რომელთაც აქვთ ძალიან მცირე რესურსები. მათ შეუძლიათ მხოლოდ FFD-ის მოწყობილობებთან დაკავშირება.
12. სურ. 2.10. ZigBee-ს ბლოკ-სქემა.....70
- ZDO (ZigBee Device Object) – ZigBee-ის მოწყობილობა.
  - IEEE 802.15.04 – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი, რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს (MAC) და დაბალ სიჩქარეს.
13. სურ. 2.11. ZigBee-ის მუშაობის სპეციფიკა.....71
- UZ 200 – ZigBee-ის რადიო მიმღებ/გადამცემის მოდული.
  - RX (Receiver) PHY – რადიო-მიმღები მოწყობილობის ფიზიკური ფენები.
  - TX (Transmitter) PHY – რადიო-გადამცემი მოწყობილობის ფიზიკური ფენები.
  - RF/BB(Branch and Bound) – რადიო გადამცემის დისკრეტული სიგნალების გადაცემის ლგორითმის მოდული.
  - RXFIFO TXFIFO BCN FIFO GTS FIFO – UZ 200-ის მოდულის კომპონენტები.
  - SPI (Serial Peripheral Interface) – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი.
14. სურ. 2.12. ZigBee-ის მუშაობის სტრუქტურა.....74
- PIR (Passive Infrared Sensor) – პასიური ინფრაწითელი სენსორი. ელექტრული სენსორი, რომელიც ზომავს ინფრაწითელ გამოსხივებას. ყველაზე ხშირად გამოიყენება მოძრაობის დეტექტორებზე.
15. სურ. 2.13. უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგიების ტიპები.....75
- Mesh – უკაბელო სენსორული ქსელის ტოპოლოგიის მოდული.
16. სურ. 2.15. თანამედროვე სიხშირის კონვერტორის სტრუქტურა.....77
- DSP (Digital Signal Processing) – ციფრული სიგნალების პროცესის მიკროკონტროლერი.
17. სურ. 2.16. სიხშირის კონვერტორის კონტროლის მექანიზმის სტრუქტურა, ZigBee-ის ინტერფეისის სხვადასხვა ვარიანტის რეალიზაციით.....78
- IEEE 802.15.04 – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი, რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს (MAC) და დაბალ სიჩქარეს.

- **SPI (Serial Peripheral Interface)** – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი.
- **API (Application Programming Interface)** – გამოყენების პროგრამირების ინტერფეისი.
- **DSP (Digital Signal Processing)** – ციფრული სიგნალების პროცესის მიკროკონტროლერი.
- **SCI (Scalable Coherent Interface)** – მასშტაბური სინქრონული ურთიერთკავშირი. კომპიუტერული ქსელი, რომელიც გამოიყენება კლასტერების შექმნისთვის.
- **MCU (Microcontroller Unit)** – კრისტალზე დაფუძნებული მოწყობილობა, განკუთვნილი ჩაშენებადი გამოყენებებისათვის.
- **SOC (System-on-a-Chip)** – “სისტემა-ჩიპზე”არის ინტეგრირებული სისტემა, რომელიც კომპიუტერის ყველა კომპონენტს და ელექტრონული სისტემის ყველა კომპონენტს ერთ ჩიპზე უკეთებს ინტეგრირებას.
- **SiP (Session Initiation Protocol)** – მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლი, რომელიც აღწერს მულიმედიის, აუდიო და ვიდეო სიგნალების მონაცემებს.
- **PiP (Picture-in-Picture)** – მაღალმწარმოებლური მიკროკონტროლერის გაერთიანება, ჩაშენებული პერიფერიული მოდულების ფართო სპექტრთან (ტაიმერები, ADC (Analog-to-Digital Converter) და ა.შ.) და IEEE 802.15.4-ის სტანდარტის გადამცემთან, ერთ კრისტალზე.

**18. სურ. 2.17. სიხშირის კონვერტორის მართვის სტრუქტურა, ZigBee-ის მზა მოდულებით.....79**

- **SPI (Serial Peripheral Interface)** – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი.
- **API (Application Programming Interface)** – გამოყენების პროგრამირების ინტერფეისი.
- **SCI (Scalable Coherent Interface)** – მასშტაბური სინქრონული ურთიერთკავშირი. კომპიუტერული ქსელი, რომელიც გამოიყენება კლასტერების შექმნისთვის.
- **IEEE 802.15.04** – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი, რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს (MAC) და დაბალ სიჩქარეს.
- **MCU (Microcontroller Unit)** – კრისტალზე დაფუძნებული მოწყობილობა, განკუთვნილი ჩაშენებადი გამოყენებებისათვის.
- **DSP (Digital Signal Processing)** – ციფრული სიგნალების პროცესის მიკროკონტროლერი.
- **SOC (System-on-a-Chip)** – “სისტემა-ჩიპზე”არის ინტეგრირებული სისტემა, რომელიც კომპიუტერის ყველა კომპონენტს და ელექტრონული სისტემის ყველა კომპონენტს ერთ ჩიპზე უკეთებს ინტეგრირებას.
- **SiP (Session Initiation Protocol)** – მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლი, რომელიც აღწერს მულიმედიის, აუდიო და ვიდეო სიგნალების მონაცემებს.

19. სურ. 3.1. სისტემის სტრუქტურული სქემა.....86
- Vcc (Virtual Channel Connection) – ვირტუალური არხის კავშირი (კვების წყარო).
  - GND (Ground) – კვანძი (დამიწება), რომლის მნიშვნელობა, პირობითად უტოლდება ნულს.
  - SPI (Serial Peripheral Interface) – სერიულ-პერიფერიული ინტერფეისი.
20. სურ. 3.2. SPI ინტერფეისი, ერთი მთავარი და ერთი დაქვემდებარებული.....86
- SPI (Serial Peripheral Interface - Master and Slave) – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი. მთავარი და დაქვემდებარებული. SPI-სთვის დამახასიათებელია ოთხი ლოგიკური სიგნალი:
  - SCLK (Serial Clock ) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - MOSI (Master Out Slave In) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - MISO (Master In Slave Out) – გამოსასვლელი სიგნალი „დაქვემდებარებულიდან“.
  - SS (Slave Select active low) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
21. სურ. 3.3. მონაცემთა გადაცემის რეგისტრები.....87
- SCLK (Serial Clock ) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - MOSI (Master Out Slave In) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - MISO (Master In Slave Out) – გამოსასვლელი სიგნალი „დაქვემდებარებულიდან“.
22. სურ. 3.4. დროითი დიაგრამა საათის პოლარობითა და ფაზით.....88
- SCLK (Serial Clock ) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - MOSI (Master Out Slave In) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - MISO (Master In Slave Out) – გამოსასვლელი სიგნალი „დაქვემდებარებულიდან“.
  - SS (Slave Select active low) – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - CPOL (Clock Polarity) – საათის პოლარობის კონფიგურაცია.
  - CPHA (Clock Phase) – საათის ფაზის კონფიგურაცია.
23. სურ. 3.5. ZigBit ATZB-24-A2 მოდულის ბლოკ-სქემა.....89
- Vcc (Virtual Channel Connection) – ვირტუალური არხის კავშირი (კვების წყარო).
  - IRQ (Interrupt Request) – მუშაობის შეწყვეტის მოთხოვნის აპარატურული სიგნალი.
  - UART(Universal asynchronous receiver/transmitter) – უნივერსალური ასინქრონული მიმღებ/გადამცემი.
  - USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver /Transmitter) – უნივერსალური სინქრონული/ასინქრონული მიმღები/გადამცემი.
  - SPI (Serial Peripheral Interface - Master and Slave) – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი.
  - I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit, referred to as I-squared-C, I-two-C, or IIC) – მრავალდონიანი სერიული, არასიმეტრიული, ნახევრადგამტარული მონა-ცემთა სალტე, ინტეგრალური სქემების კავშირისათვის.



- **JTAG (Joint Test Action Group)** - სამუშაო ჯგუფის დასაღედება, რომელმაც **IEEE1149.1** სტანდარტზე შექმნა რთული ციფრული მიკროსქემების ინტერფეისი.
  - **Analog** – ანალოგური სიგნალის შესასვლელი.
  - **GPIO(General Purpose Input/Output)** – ძირითადი დანიშნულების შემყვან/გამოყვანი პინი.
  - **ATmega1281** – ATMEL-ის ტიპის მიკროკონტროლერი.
  - **AT86RF230** – ATMEL-ის ტიპის **ZigBit**-ის რადიო მიმღებ-გადამცემი.
- 24. სურ. 3.6. ZigBit მოდულის სამონტაჟო სქემა.....90**
- **MCU (Microcontroller Unit)** – კრისტალზე დაფუძნებული მოწყობილობა, განკუთვნილი ჩაშენებადი გამოყენებებისათვის.
- 25. სურ. 3.7. Dallas DS18B20 სენსორის ბლოკ-სქემა.....91**
- **V<sub>PU</sub> (Visual Processing Unit)** – პროცესების ვიზუალური ასახვის მოწყობილობა.
  - **V<sub>DD</sub> (Virtual Device Driver)** – ვირტუალური მოწყობილობის დრაივერი, (კვების წყარო).
  - **GND (Ground)** – კვანძი (დამიწება), რომლის მნიშვნელობა, პირობითად უტოლდება ნულს.
  - **ROM (Read-only memory)** – მუდმივი მეხსიერება.
  - **DS18B20** – ტემპერატურის მზომი სენსორი.
  - **EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)** – ელექტრულად წაშლადი გადაპროგრამირებადი დამმახსოვრებელი მოწყობილობა.
  - **CRC (Cyclic Redundancy Check) Generator** – ციკლური გადამეტების (შეცდომების) მაკონტროლებელი გენერატორი.
- 26. სურ. 3.10. MMA7361L სენსორის ბლოკ-სქემა.....93**
- MMA7361L-ის სენსორის საკონტაქტო გამომყვანები:**
- 1 - N/C (No Internal Connection) (არ არის შიდა კავშირი);
  - 2 - X<sub>OUT</sub> (X direction output voltage) (X მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
  - 3 - Y<sub>OUT</sub> (Y direction output voltage) (Y მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
  - 4 - Z<sub>OUT</sub> (Z direction output voltage) (Z მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა);
  - 5 - V<sub>SS</sub> (Power Supply Ground) (კვების წყაროს დამიწება);
  - 6 - V<sub>DD</sub> (Power Supply Input) (კვების წყაროს შესასვლელი);
  - 7 - Sleep (Logic input pin to enable product or Sleep Mode) (ლოგიკური შესასვლელი ჩართვისათვის ან „ძილის“ რეჟიმისთვის);
  - 8 - N/C (No Internal Connection) (არ არის შიდა კავშირი);
  - 9 - 0g-Detect (Linear Freefall digital logic output signal) (ხაზოვანი თავისუფალი ვარდნის ციფრული ლოგიკური გამომავალი სიგნალი);
  - 10 - g-Select (Logic input pin to select g level) (ლოგიკური შესასვლელი g -ის დონის ასარჩევად);
  - 11 - N/C (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოყენებული)

გამომყვანი);

12 - N/C (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოყენებელი გამომყვანი);

13 - Self Test (შემაჯალი კონტაქტი თვითტესტირებისთვის).

14 - N/C (Unused for factory trim Leave unconnected) (გამოყენებელი გამომყვანი);

**27. სურ. 3.11. DS18B20 სენსორის სამონტაჟო სქემა.....94**

- **V<sub>PU</sub> (Visual Processing Unit)** – პროცესების ვიზუალური ასახვის მოწყობილობა.
- **DS18B20** – ტემპერატურის მზომი სენსორი.
- **GND (Ground)** – კვანძი (დამიწება), რომლის მნიშვნელობა, პირობითად უტოლდება ნულს.
- **DQ** – მონაცემთა შესასვლელ/გამოსასვლელი.
- **V<sub>DD</sub> (Virtual Device Driver)** – ვირტუალური მოწყობილობის დრაივერი, (კვების წყარო).

**28. სურ. 3.12. HAUBER 648 სენსორის სამონტაჟო სქემა.....95**

- **V<sub>DD</sub> (Virtual Device Driver)** – ვირტუალური მოწყობილობის დრაივერი, (კვების წყარო).
- **SCK (Serial Clock Input)** – მიმდევრული დროის შესასვლელი.
- **GND (Ground)** – კვანძი (დამიწება), რომლის მნიშვნელობა, პირობითად უტოლდება ნულს.

**29. სურ. 3.14. MMA7361L სენსორის სამონტაჟო სქემა.....96**

- **g-Select (Logic input pin to select g level)** – ლოგიკური შესასვლელი g -ის დონის ასარჩევად.
- **0g-Detect (Linear Freefall digital logic output signal)** – ხაზოვანი თავისუფალი ვარდნის ციფრული ლოგიკური გამომავალი სიგნალი.
- **Self Test** – შემაჯალი კონტაქტი თვითტესტირებისთვის.
- **X<sub>OUT</sub> (X direction output voltage)** – X მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა.
- **Y<sub>OUT</sub> (Y direction output voltage)** – Y მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა.
- **Z<sub>OUT</sub> (Z direction output voltage)** – Z მიმართულების გამოსასვლელი ძაბვა.
- **V<sub>SS</sub> (Power Supply Ground)** – კვების წყაროს დამიწება.
- **V<sub>DD</sub> (Power Supply Input)** – კვების წყაროს შესასვლელი.
- **Sleep (Logic input pin to enable product or Sleep Mode)** – (ლოგიკური შესასვლელი ჩართვისათვის ან „ძილის“ რეჟიმისთვის).

**30. სურ. 3.15. IEEE 802.15.4-ის არქიტექტურა.....97**

- **IEEE 802.15.04** – უკაბელო პერსონალური ქსელების სტანდარტი, რომელიც განსაზღვრავს: ფიზიკურ ფენას, მედია წვდომის კონტროლს (MAC) და დაბალ სიჩქარეს.
- **SSCS (Solid-State Circuits Society)** – მიკროსქემების დამამზადებელი კომპანია.
- **IEEE 802.2 LLC (Logical Link Control)** – IEEE 802-ის სტანდარტის

ქვედონე, რომელიც აღწერს კომპიუტერული ქსელის პროგრამულ კომპონენტს. განსაზღვრავს ლოგიკური არხის მართვას (LLC), რაც OSI-ის მოდელის ზედა ფენაა.

- **IEEE 802.2 MAC (Media Access Control)** – IEEE 802.2-ის სტანდარტის მედია წვდომის კონტროლი.
- **PHY (Physical Layer)** – OSI-ის მოდელის ფიზიკური ფენა.

### 31. სურ. 3.16. Zynq®-7000 AP SoC-ის ბლოკ-სქემა.....105

- **Flash Controller** – მართავს მონაცემებს, რომლებიც ინახება ფლემ-მეხსიერებაში და ურთიერთქმედებს კომპიუტერთან ან ელექტრონულ მოწყობილობასთან. (SD-ბარათები, CompactFlash ბარათი).
- **NOR, NAND** – ციფრულ ელექტრონიკაში ლოგიკური ელემენტები.
- **SRAM (Static Random-Access Memory)** – სტატიკური ოპერატიული მეხსიერება. ნახევარგამტარული მეხსიერების ერთ-ერთი სახეობაა, რომელიც იყენებს ბისტაბილურ ბლოკირებას, თითოეული ბიტის შენახვისათვის.
- **QUAD SPI (Serial Peripheral Interface)** – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი 4 ლოგიკური სიგნალით.
- **DRAM (Dynamic Random-Access Memory) Controller** – ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტის კონტროლერი, რომელიც მონაცემების თითოეულ ბიტს ინახავს ინტეგრალური სქემის ცალკე გამოყოფილ ნაწილში.
- **DDR3 SDRAM (Double Data Rate Type Three Synchronous Dynamic Random Access Memory)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტი, მონაცემთა გადაცემის „სამმაგი სიჩქარით“.
- **DDR3L (DDR3 Low Voltage)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების დაბალი ძაბვის (1.35 ვ) სტანდარტი.
- **DDR2 – DRAM** ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტი, მონაცემთა გადაცემის „ორმაგი სიჩქარით“.
- **I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit, referred to as I-squared-C, I-two-C, or IIC)** – მრავალდონიანი სერიული, არასიმეტრიული, ნახევრადგამტარული მონაცემთა სალტე, ინტეგრალური სქემების კავშირისათვის.
- **CAN (Controller Area Network)** – მიკროკონტროლერსა და სხვა მოწყობილობებს შორის კავშირის სტანდარტი.
- **UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)** – უნივერსალური ასინქრონული მიმღებ/გადამცემი.
- **SDIO (Secure Digital Input Output)** – I/O ფუნქციების ციფრული უზრუნველყოფის ინტერფეისი.
- **DMA (Direct Memory Access)** – მეხსიერების პირდაპირი წვდომა. თანამედროვე კომპიუტერების თვისება, რომელიც განსაზღვრულ აპარატურულ ქვესისტემებს, აძლევს სისტემური მეხსიერების წვდომის საშუალებას, CPU-საგან დამოუკიდებლად.
- **MIO (Multiuse I/O)** – მრავალფუნქციური I/O სიგნალები.
- **AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) Interconnect** – მიკროკონტროლერის არქიტექტურის გაფართოვებული კავშირი,

გამოიყენება SOC-ზე და ASIC-ზე. დღევანდელ დღეს, აღნიშნული „ჩაშენება“ ყველაზე ხშირად გვხვდება თანამედროვე პორტატულ მობილურ მოწყობილობებში.

- **ARM არქიტექტურა** – კომპიუტერების პროცესორების ინსტრუქციების ნაკრები, დაფუძნებული შემცირებულ ბრძანებათა ნაკრებზე (RISC). შეიცავს: CoreSight-ს, Multi-Core Debug-ს და Trace-ს - ARM-ის ამ ელემენტების მეშვეობით, ყველაზე სრულყოფილად შეიძლება SoC-ზე გადაწყვეტილებების მიღება, რისი საშუალებითაც ARM-ზე დაფუძნებული პროცესორი, უფრო გამართულად მუშაობს.
- **NEON DSP/FPU Engine** – ნეონის DSP/FPU-ს ძრავი.
- **FPU (Floating-Point Unit)** – მცოცავ-მძიმისანი მოწყობილობა, ხშირად მათემატიკურ პროცესორს უწოდებენ, არის კომპიუტერული სისტემის ნაწილი, რომელიც სპეციალურად შემუშავებულია, მცოცავ-მძიმისანი რიცხვებზე მათემატიკური ოპერაციების ჩასატარებლად.
- **ARM Cortex-A9 MPCore-ის ტიპის APU (Application Processor Unit)** – 4 ბირთვიანი 32 ბიტისანი პროცესორის ბლოკი, რომელიც შედგება 2, ორ-ბირთვიანი Cortex-A9 ბირთვისგან. თითოეული ბირთვი ანხორციელებს ARMv7-ის არქიტექტურის ინსტრუქციას (ქემ-მეხსიერების პირველი დონე – L1). ხოლო 512 კილობაიტი (ქემ-მეხსიერების მეორე დონე – L2).
- **GIC (General Interrupt Controller)** – მუშაობის შეწყვეტის კონტროლერი.
- **WDT (Watchdog Timer)** – მაკონტროლებელი ტაიმერი, არის ელექტრონული ტაიმერი, რომელიც გამოიყენება, რათა დადგინდეს კომპიუტერის ესა თუ ის გაუმართავობა.
- **SCU (Snoop Control Unit)** – 4 ბირთვიან Cortex-A9 პროცესორებს აკავშირებს მეხსიერების სისტემასთან AXI ინტერფეისების გავლით.
- **OCM (On-Chip Memory)** – მეხსიერება ჩიპზე.
- **AES (Advanced Encryption Standard)** – შიფრაციის გაფართოვებული (128, 192 ან 256) ბიტისანი სტანდარტი.
- **SHA (Secure Hash Algorithm)** – კრიპტოგრაფიკული ქემ-ფუნქციების სტანდარტი (შეიცავს: SHA-0-ს, SHA-2-ს, SHA-2-ს და SHA-3-ს).
- **RSA** – კომპიუტერული და ქსელური უსაფრთხოების სტანდარტი.
- **EMIO (Extendable multiplexed I/O)** – გაფართოვებული მულტიპლექსირებული შემავალ/გამომავალი სიგნალების პროტოკოლი, დაკავშირებულია PL-თან.
- **XADC (Xilinx Analog-to-Digital Converter)** – პროგრამა Xilinx-ის ანალოგურ-ციფრული კონვერტერი. შეიცავს: 2 ADC-ს, მულტიპლექსორს და თერმულ სენსორს.
- **ADC (Analog-to-Digital Converter)** – ანალოგურ-ციფრული კონვერტორი.
- **AXI** – გამოსახულების ინტერფეისი, მონაცემების წაკითხვის ოპერაციისათვის.
- **General Purpose AXI Ports** – საერთო დანიშნულების AXI პორტები.

- **High Performance AXI slave Ports** – Flash Controller-ის მაღალი ხარისხის AXI-ის დაქვემდებარებული პორტები.
- **ACP (Accelerator Coherency Port)** – მიმდევრობითი პორტის დამაჩქარებელი.
- **DSP (Digital Signal Processor)** – ციფრული სიგნალის პროცესორი.
- **RAM (Random Access Memory)** – ოპერატიული მეხსიერება.
- **PCIe Express Gen2 (Peripheral Component Interconnect Express)** – პერიფერიული კომპონენტების დაკავშირება. მაღალი სიჩქარის სერიული კომპიუტერული მოწყობილობის გაფართოვებული სტანდარტი, რომელიც შემუშავდა უფრო ძველი სტანდარტების (PCI, PCI-X და AGP) ჩასანაცვლებლად. (1-8 Lanes).
- **Multi-Standard I/Os** – მრავალ-სტანდარული I/O სიგნალები (33.3 და მაღალი სიჩქარის 1.8ვ).
- **Multi-Gigabit Transceivers** - მრავალ-გიგაბაიტისანი გადამცემები.

**32. სურ. 3.17. APU.....106**

- **APU (Accelerated Processing Unit)** – კომპიუტერის ძირითადი დამუშავების ერთეული, რომელიც მოიცავს დამატებით დამუშავების შესაძლებლობებს, გამოთვლითი ოპერაციების დაჩქარებისათვის.
- **CPU (Central Processing Unit)** – ცენტრალური პროცესორი.
- **GPU (Graphics Processing Unit)** – გრაფიკული პროცესორი, სპეციალური ელექტრონული სქემა, რათა სწრაფად მოხდეს გამოსახულების ასახვა დისპლეიზე.

**33. სურ. 3.18. ARM Cortex-A9 MPCore პროცესორის ბლოკ-სქემა.....106**

- **ARM Cortex-A9 MPCore-ის ტიპის APU (Application Processor Unit)** – 4 ბირთვიანი 32 ბიტის პროცესორის ბლოკი, რომელიც შედგება 2, ორ-ბირთვიანი Cortex-A9 ბირთვისგან. თითოეული ბირთვი ანხორციელებს ARMv7-ის არქიტექტურის ინსტრუქციას (ქემ-მეხსიერების პირველი დონე – L1). ხოლო 512 კილობაიტი (ქემ-მეხსიერების მეორე დონე – L2).
- **ARM არქიტექტურა** – კომპიურეტერების პროცესორების ინსტრუქციების ნაკრები, დაფუძნებული შემცირებულ ბრძანებათა ნაკრებზე (RISC). შეიცავს: CoreSight-ს, Multi-Core Debug-ს და Trace-ს - ARM-ის ამ ელემენტების მეშვეობით, ყველაზე სრულყოფილად შეიძლება SoC-ზე გადაწყვეტილებების მიღება, რისი საშუალებითაც ARM-ზე დაფუძნებული პროცესორი პროცესორი, უფრო გამართულად მუშაობს.
- **NEON DSP/FPU Engine** – ნეონის DSP/FPU-ს ძრავი.
- **FPU (Floating-Point Unit)** – მცოცავ-მძიმისანი მოწყობილობა, ხშირად მათემატიკურ პროცესორს უწოდებენ, არის კომპიუტერული სისტემის ნაწილი, რომელიც სპეციალურად შემუშავებულია, მცოცავ-მძიმისანი რიცხვებზე მათემატიკური ოპერაციების ჩასატარებლად.
- **PTM I/F (Program Trace Macrocell)** – მიკროუჯრედის ტრასირების პროგრამა.
- **SCU (Snoop Control Unit)** – 4 ბირთვიან Cortex-A9 პროცესორებს

აკავშირებს მეხსიერების სისტემასთან AXI ინტერფეისების გავლით.

- **Cache** – მონაცემთა ბაზების იერარქიულობის მოდელი.
- **I-Cache, D-Cache** – Cache-ის მოდულები.
- **AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) Interconnect** – მიკროკონტროლერის არქიტექტურის გაფართოვებული კავშირი, გამოიყენება SOC-ზე და ASIC-ზე. დღევანდელ დღეს, აღნიშნული „ჩაშენება“ ყველაზე ხშირად გვხვდება თანამედროვე პორტატულ მობილურ მოწყობილობებში.
- **CPU (Central Processing Unit)** – ცენტრალური პროცესორი.

**34. სურ. 3.19. მეხსიერების ინტერფეისი (DDR SDRAM კონტროლერი).....107**

- **BUS MASTER** – სალტეს მთავარი მოწყობილობა.
- **DDR3 SDRAM (Double Data Rate Type Three Synchronous Dynamic Random Access Memory) Controller** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტის კონტროლერი, მონაცემთა გადაცემის „სამმაგი სიჩქარით“.
- **DDR3 SDRAM (Double Data Rate Type Three Synchronous Dynamic Random Access Memory)** – DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტი, მონაცემთა გადაცემის „სამმაგი სიჩქარით“.

**35. სურ. 3.20. ტიპური SPI: 1 მთავარი და 3 დაქვემდებარებული.....108**

- **SPI (Serial Peripheral Interface - Master and Slave)** – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი. მთავარი და დაქვემდებარებული. SPI-სთვის დამახასიათებელია ოთხი ლოგიკური სიგნალი:
  - **SCLK (Serial Clock)** – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - **MOSI (Master Out Slave In)** – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.
  - **MISO (Master In Slave Out)** – გამოსასვლელი სიგნალი „დაქვემდებარებულიდან“.
  - **SS (Slave Select active low)** – გამოსასვლელი სიგნალი „მთავარიდან“.

**36. სურ. 3.21. I/O-ს სტრუქტურა.....109**

- **I/O** – მონაცემების შემყვან/გამომყვანი რეგისტრები.

**37. სურ. 3.23. ZedBoard-ის ბლოკ-სქემა.....117**

- **QSPI (Serial Peripheral Interface) Flash** – სერიულ პერიფერიული ინტერფეისი. ფლემ მეხსიერებით.
- **SD (Secure Digital Memory Card)** – ციფრული მეხსიერების ბარათი.
- **Gigabit Ethernet (GbE ან 1 GigE)** – ტერმინი, რომელიც აღწერს სხვადასხვა ტექნოლოგიების გადამცემებს Ethernet ფარგლებში, კურსით Gigabit წამში (1,000,000,000 ბიტი წამში), როგორც განსაზღვრული IEEE 802.3-2008 სტანდარტი.
- **USB (Universal Serial Bus) OTG(On-The-Go)** – ფუნქციონალურ მზადყოფნაში მყოფი USB.
- **USB (Universal Serial Bus) UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)** – უნივერსალური სერიული სალტის უნივერსალური ასინქრონული მიმღებ/გადამცემი.
- **Pmod (Peripheral Module interface)** – პერიფერიული ინტერფეისი, გამოიყენება FPGA პლატებში.

- **LED (Light-Emitting Diode)** – შუქდიოდი.
- **512 მბ-იანი DDR3** – 512 მბ-იანი DRAM ოპერატიული მეხსიერების სტანდარტი, მონაცემთა გადაცემის „სამმაგი სიჩქარით“.
- **FMC (Fixed Mobile Convergence)** – ფიქსირებული და მოილური თავსებადობა. ტექნოლოგიური გადაწყვეტის მოდული სხვადასხვა ქსელებში.
- **LPC (Low Pin Count)** – სალტე, რომელიც გამოიყენება IBM-ის პერსონალურ კომპიუტერებში, მოწყობილობების ერთმანეთთან დაკავშირებლად.
- **HDMI (High-Definition Multimedia Interface) Out** – აუდიო/ვიდეო ინტერფეისის გამოსასვლელი, განკუთვნილი ვიდეოსიგნალების გადაცემისთვის.
- **VGA (Video Graphics Array)** – ვიდეო ინტერფეისი, რომელიც გამოიყენება მონიტორებსა და ვიდეოადაპტერებში.
- **128 X 32 OLED (Organic Light-Emitting Diode)** – 128 X 32 სიდიდის ორგანული შუქდიოდი.
- **XADC (Xilinx Analog-to-Digital Converter)** – პროგრამა Xilinx-ის ანალოგურ -ციფრული კონვერტერი. შეიცავს: 2 ADC-ს, მულტიპლექსორს და თერმულ სენსორს.
- **PROG SW** – პროგრამული უზრუნველყოფა.
- **DONE LED** – სისტემის მუშაობის აღმნიშვნელი სუქდიოდი.
- **JTAG (Joint Test Action Group)** – სამუშაო ჯგუფის დასაღეღება, რომელმაც IEEE1149.1. სტანდარტზე შექმნა რთული ციფრული მიკროსქემების ინტერფეისი.
- **MIO (Multiplexed I/O)** – მულტიპლექსირებული შემავალ/გამომავალი სიგნალები-ის პროტოკოლი, რომელიც დაკავშირებულია PL-თან.
- **Zynq XC7Z020-1CLG484** – ZedBoard-ის პროგრამირებადი ლოგიკური ინტეგრალური სქემის მოდული.

**38. სურ. 3.24. ZedBoard-ის პლატა.....118**

- **JTAG (Joint Test Action Group)** – სამუშაო ჯგუფის დასაღეღება, რომელმაც IEEE1149.1. სტანდარტზე შექმნა რთული ციფრული მიკროსქემების ინტერფეისი.
- **Debugging** – პროგრამის კორექტირების ბრძანება.
- **USB (Universal Serial Bus) UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)** – უნივერსალური სერიული სალტის უნივერსალური ასინქრონული მიმღებ/ გადამცემი.
- **USB (Universal Serial Bus) OTG(On-The-Go)** – ფუნქციონალურ მზადყოფნაში მყოფი USB.
- **Pmod (Peripheral Module interface)** – პერიფერიული ინტერფეისი, გამოიყენება FPGA პლატებში.
- **Audio I/O** – აუდიო შემყვან/გამომყვანი სიგნალები.
- **Gigabit Ethernet (GbE ან 1 GigE)** – ტერმინი, რომელიც აღწერს სხვადასხვა ტექნოლოგიების გადამცემებს Ethernet ფარგლებში,

კურსით Gigabit წამში (1,000,000,000 ბიტი წამში), როგორც განსაზღვრული IEEE 802.3-2008 სტანდარტი.

- **HDMI (High-Definition Multimedia Interface) Out** – აუდიო/ვიდეო ინტერფეისის გამოსასვლელი, განკუთვნილი ვიდეოსიგნალების გადაცემისთვის.
- **VGA (Video Graphics Array)** – ვიდეო ინტერფეისი, რომელიც გამოიყენება მონიტორებსა და ვიდეოადაპტერებში.
- **XADC (Xilinx Analog-to-Digital Converter) Header** – პროგრამა Xilinx-ის ანალოგურ-ციფრული კონვერტერის შტეფსელი. შეიცავს: 2 ADC-ს, მულტიპ-ლექსორს და თერმულ სენსორს.
- **FMC (Fixed Mobile Convergence)** – ფიქსირებული და მოილური თავსებადობა. ტექნოლოგიური გადაწყვეტის მოდული სხვადასხვა ქსელებში.
- **LPC (Low Pin Count)** – სალტე, რომელიც გამოიყენება IBM-ის პერსონალურ კომპიუტერებში, მოწყობილობების ერთმანეთთან დაკავშირებლად.
- **Slide Switches** – მცოცავი გადამრთველი.
- **Push Switches** – ღილაკი გადამრთველი.

**39. სურ. 4.1. PRP რეზერვირებული ქსელის აგებულება, პროცესის სალტეში და სტაციონარულ სალტეში.....130**

- **ARIS CS** – კომუნიკაციური კონტროლერის მოდული.
- **A2** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისათვის. კომპლექსი შედგება სხვადასხვა წარმოების ცენტრალური კონტროლერებისაგან და შეტანა/გამოტანის დისტანციური მოდულებისაგან.
- **B2** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსის მოდული.
- **ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) MT** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.
- **ARIS C30x** – მიერთების კონტროლერის მოდული.
- **ARIS EM** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსის მოდული.
- **ARIS EM 33** – ARIS EM-ის მრიცხველის მოდელი.
- **AMU (Auxiliary Memory Unit)** – დამხმარე მეხსიერების ბლოკი. კომპიუტერის კომპონენტი (მოწყობილობა), სადაც ინახება ციფრული მოწყობილობები.
- **DMU (Decision Making Unit)** – გადაწყვეტილების მიმღები მოწყობილობა.

**40. სურ. 4.2. კომპლექსის ინტეგრაციის შესაძლებლობები.....132**

- **ტპმას (АСУ ТП - Автоматизированная Система Управления Технологическим Процессом)** – ტექნოლოგიური პროცესის მართვის ავტომატიზირებული სისტემა.
- **ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) MT SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგრო-



ვების სისტემით, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.

- რდა (РЗА - Терминалы Релейной Защиты и Автоматики) – რელეური დაცვისა და ავტომატიკის ტერმინალი.
- ასა (ПА - Противоаварийная Автоматика) – ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა.
- ასრ (РАС - Регистраторы Аварийных Событий) – ავარიული სიტუაციების რეგისტრატორები.
- ARIS CS – კომუნიკაციური კონტროლერის მოდული.
- რსმ (РДУ-Региональные Диспетчерские Управления) – რეგიონალური სამეთვალყურეო მართვა.
- ARIS С30х – მიერთების კონტროლერის მოდული.
- სეკ (МЭК -Международная Электротехническая Комиссия 61850-9-2 ) – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (სეკ-ის) კომუნიკაციური ქსელებისა და ქვესადგურის სისტემის, პროცესის სალტის მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მოდული.
- Modbus – ღია კომუნიკაციური პროტოკოლი, დაფუძნებული მთავარი/დაქვემ-დებარებულის არქიტექტურაზე.
- მსგ (МИП - Многофункциональный Измерительный Преобразователи) – მრავალფუნქციური საზომი გადამცემები.
- გამ (ОМП - Устройство Определения Места Повреждения) – გაუმართავობების აღმომჩენი მოწყობილობა.
- ეკაასსს (АИИС КУЭ - Автоматизированная Информационно Измерительная Система Коммерческого Учёта Электроэнергии) – ელექტროენერჯის კომერციული აღრიცხვის ავტომატიზირებული საინფორმაციო საზომი სისტემა.

41. სურ. 4.3. ენერგობიექტის ავტომატიზირებული სისტემის არქიტექტურა.....133

- GPS/ГЛОНАСС – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
- რსმ (РДУ-Региональные Диспетчерские Управления) – რეგიონალური სამეთვალყურეო მართვა.
- ARM Architecture – კომპიურეტერების პროცესორების ინსტრუქციების ნაკრები, დაფუძნებული შემცირებულ ბრძანებათა ნაკრებზე (RISC).
- ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) MT SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი, სამეთვალყურეო კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების სისტემით, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.
- ARIS CS – კომუნიკაციური კონტროლერის მოდული.
- ტიმზგს (ССПТИ - Система Сбора и Передачи Технологической Информации) – ტექნოლოგიური ინფორმაციის მონაცემთა შეგროვე-

ბისა და გადაცემის სისტემა.

- **NTR (Network Timing Reference)** – ქსელში მონაცემების გადაცემის დრო.
- **PTP (Precision Time Protocol)** – კომპიუტერულ ქსელში, დროის სინქრონიზაციის პროტოკოლი.
- **Ethernet** – კომპიუტერული ქსელების ტექნოლოგია, რომელიც განკუთვნილია ლოკალური და უფრო დიდი მანძილის ქსელებისათვის.
- **სეკ (МЭК 61850-8-1(GOOSE))** – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (სეკ-ის) კომუნიკაციური ქსელებისა და ქვესადგურის სისტემის, პროცესის სალტის GOOSE-ის მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მოდული.
- **MMS (Manufacturing Message Specification)** – სტანდარტული შეტყობინების სპეციფიკაცია.
- **ARIS C30x** – მიერთების კონტროლერის მოდული.
- **სსა (ПА - Противоаварийная Автоматика)** – ავარიის საწინააღმდეგო ავტომა-ტიკა.
- **გამ (ОМП - Устройство Определения Места Повреждения)** – გაუმართავობების აღმომჩენი მოწყობილობა;
- **ასრ (РАС - Регистраторы Аварийных Событий)** – ავარიული სიტუაციების რეგისტრატორები;
- **PMU (Power Management Unit)** – კვების წყაროს მმართველი მიკროკონტროლერი.
- **ARIS EM ЭЭ** – ARIS EM-ის მრიცხველის მოდული.
- **სეკ (МЭК -Международная Электротехническая Комиссия 61850-9-2)** – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (სეკ-ის) კომუნიკაციური ქსელებისა და ქვესადგურის სისტემის, პროცესის სალტის მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მოდული.
- **დტ (ТТ -Трансформаторы Тока)** – დენის ტრანსფორმატორები.
- **ძტ (ТН - Трансформаторы Напряжения)** – ძაბვის ტრანსფორმატორები.
- **აკ (КА - Контроллер Автоматики)** – ავტომატიკის კონტროლერი.
- **AMU (Auxiliary Memory Unit)** – დამხმარე მეხსიერების ბლოკი. კომპიუტერის კომპონენტი (მოწყობილობა), სადაც ინახება ციფრული მოწყობილობები.
- **ტგ (ТИ –Телеизмерение)** – ტელეგამზომი (ტელემეტრია). ინფორმაცია გასაზომი მნიშვნელობების (ძაბვა, დენი, წნევა, ტემპერატურა და სხვ.) შესახებ.
- **DMU (Decision Making Unit)** – გადაწყვეტილების მიმღები მოწყობილობა.
- **ტს (ТС – Телесигнализация)** – ტელესიგნალიზაცია. ინფორმაცია ობიექტის დისტანციური მართვის, დისკრეტული გასაზომი მნიშვნელობებისა (ჩართვა /გამორთვის, ნორმა/ავარიის და ა.შ.).
- **ტმ (ТУ – Телеуправление)** – ტელემართვა. ოპერატორის მიერ, დისტანციურად ობიექტის მართვის მართვის პროცესი.

42. სურ. 4.4. ავტომატიზირებული სისტემის ტიპური არქიტექტურა A2-ის ბაზაზე.....139

- რსმ (РДУ-Региональные Диспетчерские Управления) – რეგიონალური სამეთვალყურეო მართვა.
- GPS/ГЛОНАСС – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
- ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) MT 200 – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსის მოდული, განკუთვნილი ენერგობიძებების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.
- ტკკმ ((УП-Указатель Положения) (РНТ-Регулирование Напряжения Трансформатора)) – ტრანსფორმატორის ძაბვის კონტროლის მდგომარეობის მაჩვენებელი.
- მსგ (МИП - Многофункциональный Измерительный Преобразователи) – მრავალფუნქციური საზომი გადამცემები.
- ТМ 32 – ანალოგური მზომი სიგნალების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან МЭК 870-5-101-ის პროტოკოლით.
- ომმ (УСО -Устройства Связи с Объектом) – ობიექტთან მაკავშირებელი მოწყობილობები.
- ТС 4 – ობიექტებზე ნიადაგის, მილსადენებისა და კაბელების პროფილების სტრუქტურების მოდული.
- ტმ (ТУ – Телеуправление) – ტელემართვა. ოპერატორის მიერ, დისტანციურად ობიექტის მართვის პროცესი.
- ТS 32 – ტელესიგნალების სენსორებიდან გამომავალი მონაცემების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან МЭК 870-5-101-ის პროტოკოლით.
- ტს (ТС – Телесигнализация) – ტელესიგნალიზაცია. ინფორმაცია ობიექტის დისტანციური მართვის, დისკრეტული გასაზომი მნიშვნელობებისა (ჩართვა /გამორთვის, ნორმა/ავარიის და ა.შ.).
- ТС 32 – ტრანსფორმატორების, სისტემების სალტეების ტექნოლოგიური და ავარიული სიგნალიზაციის სიგნალების გამოცემისათვის განკუთვნილი მოდული.
- მდგ (Щит Постоянного Тока) – მუდმივი დენის გამანაწილებელი.
- შემგ (Щит Собственных Needs) – შიდა ელექტრო მოხმარების გამანაწილებელი.
- დტ (ТТ -Трансформаторы Тока) – დენის ტრანსფორმატორები.
- მტ (ТН -Трансформаторы Напряжения) – ძაბვის ტრანსფორმატორები.
- აკ (КА-Контроллер Автоматики) – ავტომატიკის კონტროლერი.

43. სურ. 4.5. ТП/ПП ავტომატიზირებული სისტემების არქიტექტურა.....141

- GPRS (General Packet Radio Service) – საერთო სამომხმარებლო პაკეტური რადიოკავშირი.

- **GSM (Global System for Mobile Communications)** – ფიჭვური კავშირის საკომუნიკაციო გლობალური ციფრული სტანდარტი.
- **GPS/ГЛОНАСС** – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
- **ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) MT 700** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსის მოდული, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.
- **RS-485 (Recommended Standard 485)** – ტელეკომუნიკაციაში რეკომენდირებული, ციფრული მრავალწერტილიანი სიგნალების შემცველი მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.
- **TM 32** – ანალოგური მზომი სიგნალების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან МЭК 870-5-101-ის პროტოკოლით.
- **ომმ (УСО -Устройства Связи с Объектом)** – ობიექტთან მაკავშირებელი მოწყობილობები.
- **TC 4** – ობიექტებზე ნიადაგის, მილსადენებისა და კაბელების პროფილების სტრუქტურების მოდული.
- **ტმ (ТУ – Телеуправление)** – ტელემართვა. ოპერატორის მიერ, დისტანციურად ობიექტის მართვის მართვის პროცესი.
- **TS 32** – ტელესიგნალების სენსორებიდან გამომავალი მონაცემების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან МЭК 870-5-101-ის პროტოკოლით.
- **ტს (ТС – Телесигнализация)** – ტელესიგნალიზაცია. ინფორმაცია ობიექტის დისტანციური მართვის, დისკრეტული გასაზომი მნიშვნელობებისა (ჩართვა /გამორთვის, ნორმა/ავარიის და ა.შ.).
- **TC 32** – ტრანსფორმატორების, სისტემების სალტეების ტექნოლოგიური და ავარიული სიგნალიზაციის სიგნალების გამოცემისათვის განკუთვნილი მოდული.

**44. სურ.4.6. იშგს/ეკაასსს-ის კომბინირებული ავტომატიზირებული**

**სისტემის არქიტექტურა.....143**

- **რსმ (РДУ-Региональные Диспетчерские Управления)** – რეგიონალური სამეთვალყურეო მართვა.
- **GPS/ГЛОНАСС** – საბჭოთა/რუსული სატელიტური ნავიგაციის სისტემა.
- **ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) MT 200** – პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსის მოდული, განკუთვნილი ენერგობიექტების ავტომატიზირებული სისტემების შექმნისთვის.
- **Modbus** – ღია კომუნიკაციური პროტოკოლი, დაფუძნებული მთავარი/დაქვემდებარებულის არქიტექტურაზე.
- **RS-485 (Recommended Standard 485)** – ტელეკომუნიკაციაში რეკომენდირებული, ციფრული მრავალწერტილიანი სიგნალების შემცველი მონაცემთა გადაცემის სტანდარტი.

- მსგ (МИП - Многофункциональный Измерительный Преобразователи) – მრავალფუნქციური საზომი გადამცემები.
- ტკმმ ((УП-Указатель Положения) (РНТ-Регулирование Напряжения Трансформатора)) – ტრანსფორმატორის ძაბვის კონტროლის მდგომარეობის მაჩვენებელი.
- მკპ რდა (Микро Процессор Релейной Защиты и Автоматики) Siemens – Siemens-ის ფირმის მიკროპროცესორი, რელეური დაცვითა და ავტომატიკით.
- მკპ რდა (Микро Процессор Релейной Защиты и Автоматики) Micom – Micom-ის ფირმის მიკროპროცესორი, რელეური დაცვითა და ავტომატიკით.
- მკპ რდა (МикроПроцессор Релейной Защиты и Автоматики) АВВ – АВВ-ის ფირმის მიკროპროცესორი, რელეური დაცვითა და ავტომატიკით.
- მკპ რდა (Микро Процессор Релейной Защиты и Автоматики) ЭКРА – ЭКРА-ის ფირმის მიკროპროცესორი, რელეური დაცვითა და ავტომატიკით.
- Siemens, Micom, АВВ, ЭКРА – ფირმები, რომლებიც ორიენტირებულნი არიან რელეური დაცვისა და ავტომატიკის მოწყობილობების შემუშავებაზე.
- TS 32 – ტელესიგნალების სენსორებიდან გამომავალი მონაცემების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან სეკ 870-5-101-ის პროტოკოლით.
- TC 4 – ობიექტებზე ნიადაგის, მილსადენებისა და კაბელების პროფილების სტრუქტურების მოდული.
- TM 32 – ანალოგური მზომი სიგნალების შეგროვებისათვის განკუთვნილი მოდული. დამოუკიდებელი მიკროპროცესორული მოდული, რომელიც ურთიერთქმედებს ზედა დონის მოწყობილობებთან სეკ 870-5-101-ის პროტოკოლით.
- TC 32 – ტრანსფორმატორების, სისტემების სალტეების ტექნოლოგიური და ავარიული სიგნალიზაციის სიგნალების გამოცემისათვის განკუთვნილი მოდული.
- ომმ (УСО -Устройства Связи с Объектом) – ობიექტთან მაკავშირებელი მოწყობილობები.
- ტს (ТС – Телесигнализация) – ტელესიგნალიზაცია. ინფორმაცია ობიექტის დისტანციური მართვის, დისკრეტული გასაზომი მნიშვნელობებისა (ჩართვა /გამორთვის, ნორმა/ავარიის და ა.შ.).
- ტმ (ТУ – Телеуправление) – ტელემართვა. ოპერატორის მიერ, დისტანციურ-რად ობიექტის მართვის მართვის პროცესი.
- ტგ (ТИ –Телеизмерение) – ტელეგამზომი (ტელემეტრია). ინფორმაცია გასაზომი მნიშვნელობების (ძაბვა, დენი, წნევა, ტემპერატურა და სხვ.) შესახებ.
- მდგ (Шит Постоянного Тока) – მუდმივი დენის გამანაწილებელი.

- შემგ (Щит Собственных Needs) – შიდა ელექტრო მოხმარების გამანაწილებელი.
  - დტ (ТТ -Трансформаторы Тока) – დენის ტრანსფორმატორები.
  - ძტ (ТН -Трансформаторы Напряжения) – ძაბვის ტრანსფორმატორები.
  - აკ (КА-Контроллер Автоматики) – ავტომატიკის კონტროლერი.
45. სურ. 4.7. აპარატურულ-დამოუკიდებელი სისტემა, ფუნქციის თავისუფალი გაფართოვებით.....145
- სეკ 61850-ის სტანდარტი (МЭК-Международная электротехническая комиссия 61850 стандарт) – საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის 61850 სტან-დარტი. კომუნიკაციური ქსელების და ქვესადგურის სისტემების სტანდარტი. აღწერს მონაცემთა გადაცემის პროტოკოლის მუშაობის წესებს. სეკ 61850-ი, იყენებს MMS (Manufacturing Message Specification) ISO 9506-ს.
  - სეკ 61850-ის სტანდარტის (МЭК-Международная электротехническая комиссия 61850 стандарт) მოდულები: PIOC ; PTOC ; CSWI; CILO; PDIS; MMXU; RREC; RFLO; RBRF.
46. გრაფ. 1. გამოსაცდელი მაღალი ძაბვის იმპულსების გადაძაბვების იმიტაცია.....154
- I kA – კილო ამპერი.
47. გრაფ. 2. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის, დაცვის ფუნქცია — „ობობა.....155
- I kA – კილო ამპერი.
  - U<sub>p</sub>– მუშა ძაბვა.
  - -U<sub>p</sub>– უარყოფითი ძაბვა.
48. სურ. 4.11. დაცვისა და კოორდინაციის სისტემის სტრუქტურული ფუნქციონირება.....157
- Bypass – შემოვლითი გზა, შუნტირება. ფუნქცია ელექტრომოწყობილობაში (სიგნალის დამუშავება, ძაბვის სტაბილიზირება და სხვ.), რომლის საშუალებითაც ხორციელდება შემავალი სიგნალის კომუტაცია პირდაპირ გამოსასვლელზე, ყველა ფუნქციონალური ბლოკის გვერდის ავლით.
  - TX (Texas Instruments) PLC (Programmable Logic Controller) – კომპანია Texas Instruments-ის მიერ წარმოებული პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერები.
49. სურ. 4.12. მაღალი სიხშირის, 4 ტერმინალის რდ-ისა და ასა-ს კავშირი, ერთ, მაღალი სიხშირის კავშირთან.....161
- მგ (ВЗ - Высокочастотный Заградитель) – მაღალსიხშირული გადამღობი. ელექტროტექნიკური მოწყობილობა, რომლის ჩაშენება ხდება ელექტროგადამცემი ხაზის ფაზის მავთულში და რომელსაც აქვს მაღალი წინააღმდეგობა, მაღალსიხშირული კავშირის მუშაობის სიხშირეზე და დაბალი წინააღმდეგობა სამრეწველო სიხშირეზე (50ჰც).

50. სურ. 4.13. დაცვის ალგორითმი.....162

- აგზ (АПВ - Автоматическое Повторное Включение) – ავტომატური განმეორებითი ჩართვა. ელექტროავტომატიკის ერთ-ერთი საშუალებაა, რომელიც განმეორებით რთავს გამორთულ გამომრთველს, განსაზღვრული დროის შემდეგ. არსებობს ერთჯერადი, ორჯერადი და სამჯერადი მოქმედება (ზოგიერთ თანამედროვე სქემებში შესაძლოა ავტომატური განმეორებითი ჩართვის 8 ციკლიც).