

620.9(05)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კავშირი
"მეცნიერება და ენერგეტიკა"

ენერგეტიკა

სამეცნიერო-ტექნიკური რევირეზიული
ჟურნალი

3-4(103-104)/2022

თბილისი

ISSN 1512-0120

სარედაქციო კოლეგია:

მთავარი რედაქტორი – მერაბ ლორთქიფანიძე

მთავარი რედაქტორის მოადგილე – შალვა გაგოშიძე

სარედაქციო კოლეგიის წევრები: რ.არველაძე, გ.არაბიძე, ი.ბიჯამოვი, გ.ქაჯაია, ვ.კინკლაძე, ი.კალანდაძე, გ.ლეკიშვილი, ნ.მელაძე, ა.ნადირაძე, დ.ნამგალაძე, ა.ყუბანიშვილი, ა.ჭითანავა, გ.ხელიძე, ე.შატაკიშვილი, ა.ჩიქოვანი, ივ.ჩოლოყაშვილი, ნ.ჩახვაშვილი (პასუხისმგებელი რედაქტორი), ვ.ტრასკინი (რუსეთი), ზ.სკვორცოვა (რუსეთი), ა.ალექსეევი (უკრაინა), კ.სეიხანი (თურქეთი), პ.პსაროპულოსი (საბერძნეთი), ა.სარუხანიანი (სომხეთი), ა.კულიევი (აზერბაიჯანი).

EDITORIAL BOARD:

The editor-in-chief – Merab Lordkipanidze

Deputy of the editor-in-chief - Shalva Gagoshidze

Editorial board members: R.Arveladze, G.Arabidze, Y.Bijamov, I.Kalandadze, G.Kajaia, V.Kinkladze, A.Kubaneishvili, G.Lekishvili, N.Meladze, A.Nadiradze, D.Namgaladze, G.Khelidze, E.Shatakishvili, A.Tshitana, A.Chikovani, Iv.Cholokashvili, N.Chakhvashvili (managing -editor- in-chief), V.Traskin (Russia), Z.Skvortsova (Russia), A.Alekseev (Ukraine), K.Seyhan (Turkey), P.Psaropoulos (Greece), A.Sarukhian (Armenia), A.Kuliev (Azerbaijan).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – Мераб Лордкипанидзе

Заместитель главного редактора – Шалва Гагошидзе

Члены редакционной коллегии: Р.Арвеладзе, Г.Арабидзе, Я.Биджамов, Г.Каджая, А.Кубанейшвили, В.Кинккладзе, И.Каландадзе, Г.Лекишвили, Н.Меладзе, А.Надирадзе, Д.Намгаладзе, Г.Хелидзе, Е.Шатакишвили, А.Читанава, А.Чиковани, И.Чолокашвили, Н.Чахвашвили (ответственный редактор), В.Траскин (Россия), З.Скворцова (Россия), А.Алексеев (Украина), К.Сейхан (Турция), П.Псаропулос (Греция), А.Саруханян (Армения), А.Кулиев (Азербайджан).

ნომრის მომზადებაში მონაწილეობდნენ:

ტექნ. მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ნ.ბარაბაძე, ე.ზამბახიძე, ბ.ბურჭულაძე (ნომრის კომპიუტერული აწყობა-დაკავშირება), ი.თუმანიშვილი (ტექსტის რედაქტირება), ს.ბერიძე (ინგლისური ტექსტის მომზადება).

ჟურნალ "ენერჯის" რედაქციის მისამართი: 0179 თბილისი, ი.აბაშიძის 40. ტელ. 218-09-51

The address of the editorial office of journal "Energy": 40, I.Abashidze str., Tbilisi, 0179, Georgia, tel. 218-09-51

Адрес редакции журнала "Энергия": 0179 Грузия, Тбилиси, ул. И.Абашидзе, 40.

тел. 218-09-51

რეგისტრაციის ნომერი № 5^ა / 4 - 645

© "ენერჯია". 2011

www.Energyonline.ge

სარჩევი – CONTENTS - СОДЕРЖАНИЕ

გვ. P. Стр.

დ.რომანოვი, ა.ცინცაძე. ს მ მ მ კ ი – 25 წლისაა!	5
ბრ.ხელიძე, ბ.ფიფია, ნ.კვიციანი. ჰიდრომაკულური ელექტროსადგურების განხორციელების შესაძლებლობები საქართველოში. . . .	12
ლ.შატაპიშვილი, ნ.კიკაჩიშვილი, მ.მარდალაშვილი, ჯ.კვაჭანტირაძე. მინაბოჭკოვანი არმირებული პლასტიკის მილების (GRP) მონტაჟის თავისებურებები ჰესების სადაწნეო სისტემებში.....	20
ბ.ფიფია, მ.მარდალაშვილი, ბ.ციციქოშვილი, ნ.კიკაჩიშვილი, თ.შოშიაშვილი. გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშება მდ. ცხენისწყლის მაგალითზე.	28
თ.კოსრიძე, დ.მაქანდარაშვილი. ასინქრონული ძრავების კონტროლისა და მართვის ხარისხისათვის ავტომატიზებული გამოსაცდელ-დიაგნოსტიკის სისტემები კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით.....	35
თ.კოსრიძე, დ.მაქანდარაშვილი. ასინქრონული ძრავების მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით ნომინალური მაჩვენებლების შესაბამისობის განსაზღვრა სტანდარტულ მოთხოვნებთან.	42
თ.კოსრიძე, დ.მაქანდარაშვილი. ასინქრონული ძრავების გამოცდების შედეგების მიხედვით ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევების დიაგნოსტიკა.	52
ბ.მირინაშვილი. ჰიდროლოგიის პროგნოზირების ანალიზი მდინარე რიონზე. .	61
ლ.კაკაპა, თ.ისაკაძე, მ.რაზმაძე, გ.გუგულაშვილი. ინტრაკავიტარული ჰიპოთერმიის ინოვაციური თერმულექტრული მოწყობილობის გამოცდის შედეგები.	65
მ.კვინტრაძე. ფიზიკა და საინჟინრო სპეციალობები.	72
მ.ფიცხელაური. მრეწველობაში ენერგომენეჯმენტის სისტემის დანერგვის მაგალითები.	78
N. JAIANI. Research in the Scada System.	86
B. JINTCHVELEISHVILI. In Order to Increase the Stability of the Electric Power System, Installation of Energy Storage Near 500 Kv Substations and Justification of its Need.	90
სტატიების შემოტანის წესები.	96

ვ უ ლ ო ც ა ვ თ ! ! !

25 წელია, რაც საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია (სემეკი) შრომობს ენერგეტიკის სექტორის განვითარების დარეგულირების გადაწყვეტაში. ვულოცავთ მათ ამ ღირსშესანიშნავ თარიღს და ვუსურვებთ მრავალი წელი წარმატებულ შრომით საქმიანობას.

სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალ "ენერჯის" რედაქცია

ს ე მ ე კ ი – 25 წლისაა!

ელვენება სემეკის პირველი თავმჯდომარის ელიზბარ პრისტავის ნათელ ხსნოვნას

25 წელი გავიდა საქართველოს ენერგეტიკის და წყალმომარაგების ეროვნული კომისიის შექმნიდან. მეოთხედი საუკუნე თითქოს არც ისე ბევრია, მაგრამ არც ისე ცოტაა, რომ მისი შექმნის ისტორია არ გავიხსენოთ და პირველი შეფასებები არ გავაკეთოთ.

და მაინც, რატომ და როგორ შეიქმნა სემეკი და რა მოიტანა მან საქართველოს ენერგეტიკის და მთლიანად ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების თვალსაზრისთვის. ამ კითხვებზე პასუხი, რომ გავცეთ საჭიროა გავიხსენოთ საქართველო გასული საუკუნის 90-იან წლების პირველი ნახევარში.

ქვეყანამ 1991 წ. მოიპოვა ასე ნანატრი თავისუფლება, თუმცა სსრკ-ის დაშლას და დამოუკიდებლობის მოპოვებას ბევრი პრობლემაც მოჰყვა. 1992 წლის სამოქალაქო ომმა უამრავი პოლიტიკური, ეკონომიკური და სოციალური პრობლემა შექმნა. გამონაკლისი არც ენერგეტიკის სექტორი აღმოჩნდა. ქვეყანაში, რომელიც სსრკ-ის შემადგენლობაში ყოფნისას 18.4 მლრდ. კვტ.სთ ელექტროენერგიას და თითქმის 6.0 მლრდ.მ³ ბუნებრივ გაზს მოიხმარდა, უეცრად ეკონომიკის პარალიზების გამო, ელექტროენერგიის წარმოება და მოხმარება 8.0 მლრდ. კვტ.სთ-მდე შემცირდა. ბუნებრივი გაზის მოწოდება კი პრაქტიკულად სრულიად შეწყდა. ელექტროენერგეტიკის სექტორის ძირითად მომხმარებლად მოსახლეობა გადაიქცა, რომელთა დიდი უმრავლესობა სიღარიბის ზღვარს მიღმა იყო და ელექტროენერგიის საფასურის გადახდა უჭირდა, რის გამოც სექტორში ფულადი ნაკადების შემოდინება მიწოდებული ელექტროენერგიის საფასურის 10% შეადგენდა. ამას დაემატა ელექტროენერგიის აღურიცხავი მოხმარების მასშტაბური ზრდა. სიტუაცია კიდევ უფრო დაამძიმა 1994 წ. ელექტროენერგიის დისტრიბუციის დეპარტამენტ საქენერგოდან რაიონული გამგეობების დაქვემდებარებაში გადატანამ. საიდანაც ელექტროენერგიის საფასურის მიღება საქენერგოსთვის პრაქტიკულად შეუძლებელი გახდა. ქვეყანაში შემოდებული იქნა ელექტროენერგიის მიწოდების ქაოტური გრაფიკები, რასაც მოსახლეობის დიდი უკმაყოფილება მოჰყვა. ისინი თვითნებურად უერთდებოდნენ ელექტროენერგიის მეტნაკლებად სტაბილურ წყაროებს, რაც იწვევდა ელექტროენერგიის დატაცებას და ელექტროქსელების და ელექტროსადგურების გადატვირთვას. ელექტროენერგიის სიხშირე ხშირად 42 ჰერცამდეც კი მცირდებოდა, რაც თავის მხრივ იწვევდა

ელექტრომოწყობილობების, მათ შორის ელექტროგენერატორების მწობრიდან გამოსვლას. ქვეყანაში თარეშობდა სამოქალაქო ომის შემდეგ დარჩენილი შეიარაღებული ფორმირებები. უმოწყალოდ იძარცვებოდა ელექტროგადამცემი და გამანაწილებელი ქსელები და მათი უდიდესი ნაწილი ჯართის სახით, უკონტროლოდ გადიოდა ქვეყნის გარეთ. ერთი სიტყვით, ელექტროენერგეტიკული სექტორი სულს ღაფავდა და მისი სასწრაფო გადარჩენა გახდა საჭირო.

ამ რთულ დროს, როგორც ეს არაერთხელ მომხდარა იმ პერიოდში, მხსნელებად მოგვევლინენ აშშ-ის საერთაშორისო განვითარების სააგენტო (USAID), მსოფლიო ბანკი, ევროკავშირი და სხვა დონორი ორგანიზაციები. განსაკუთრებით აღსანიშნავია USAID-ის როლი. მათ კარგად ესმოდათ, რომ ახალგაზრდა სახელმწიფოს დახმარება სჭირდებოდა და ამ საქმეში ერთ-ერთ მთავარი მისი ენერგეტიკული სექტორის აღდგენა და მოდერნიზება იყო.

დარგს სჭირდებოდა უზარმაზარი ფინანსები, რომლის ერთ-ერთი მთავარი წყარო უცხოური ინვესტიციები უნდა გამხდარიყო, მაგრამ მათ მოსაზიდად საჭირო იყო ისეთი საინვესტიციო გარემოს შექმნა, რომელიც გასაგები და მისაღები იქნებოდა უცხოელი ინვესტორებისთვის. ეს კი დაკავშირებული იყო სექტორის ძირეულ ინსტიტუციურ რეფორმასთან და მის გადაწყობას დასავლურ, აპრობირებულ მოდელზე.

1994 წლიდან დაიწყო პირველი ნაბიჯების გადადგმა, ვერტიკალურად ინტეგრირებული დეპარტამენტის საქენერგოს დაშლა და მის ბაზაზე ელექტროენერჯის გადაცემის, დისპეტჩერიზაციისა და გენერაციის დამოუკიდებელი საწარმოების შეიქმნა. თავისი მნიშვნელობით კი უპირველესი რეფორმა, რომელიც იმ ხანად გატარდა საქართველოს ენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემეკი) შექმნა იყო.

საუკუნეზე მეტი ხნის პრაქტიკულმა გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ენერგეტიკის დარგის განვითარებისთვის და მომხმარებელთა მოთხოვნილების ყველაზე ეფექტური დაკმაყოფილებისთვის, სადაც ერთდროულად არსებობს კონკურენტული გარემოც და ბუნებრივი მონოპოლიებიც ყველაზე გამართლებული მოდელია, მათი რეგულირება დამოუკიდებელი მარეგულირებელი ორგანოების მიერ.

რამდენიმე სიტყვა მარეგულირებელი ორგანოების ისტორიიდან პირველი მარეგულირებელი ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში შეიქმნა აშშ. მისი შექმნის ისტორია დაკავშირებულია ტრანსპორტთან, კერძოდ რკინიგზასთან. იმ ხანათ რკინიგზის განვითარება აშშ-ში სწარაფი ტემპით მიმდინარეობდა და რაც ძირითადად გამოწვეული იყო, ე.წ. „ველური დასავლეთის“ ათვისებასთან. დილიჟანსები წარსულს ბარდებოდა და მათ

ადგილს რკინიგზა იკავებდა. რკინიგზა ბუნებრივ მონოპოლიად ჩამოყალიბდა და ტვირთების გადაზიდვაში უზარმაზარ ტარიფებს აწესებდა, რაც ბუნებრივია ტვირთების მფლობელების უკმაყოფილებას იწვევდა. ამ საკითხის მოგვარებისთვის მათ მთავრობას მიმართეს, ამ უკანასკნელმა კი რკინიგზას და ტვირთების მფლობელებს, შესთავაზა ერთობლივად შეექმნათ დამოუკიდებელი მარეგულირებელი ორგანო (კომისია), რომელიც დაარეგულირდება გადაზიდვის ტარიფებს, ორივე მხარის ინტერესების გათვალისწინებით. ამ ნაბიჯმა გაამართლა და მოგვიანებით მარეგულირებლები შეიქმნა ენერგეტიკის, ტელეკომუნიკაციების, წყალმომარაგების და ფასიანი ქაღალდების სფეროებშიც.

საქართველოში სემეკი პრეზიდენტის ბრძანებულებით 1996 წელს შეიქმნა ეკონომიკის სამინისტროსთან. 1997 წ. ივნისში საქართველოს პარლამენტმა მიიღო კანონი ელექტროენერგეტიკის შესახებ, სადაც დეტალურად იყო გაწერილი ენერგეტიკის სამინისტროს და სემეკის ფუნქციები, უფლებები და მოვალეობები. სემეკი ჩამოყალიბდა როგორც დამოუკიდებელი საჯარო სამართლის იურიდიული პირი. მის ფუნქციებში შევიდა: ენერგეტიკული კომპანიების ლიცენზირება, მათთვის და ელექტროენერჯის მომხმარებლებისთვის ტარიფების დადგენა და მათ შორის წარმოშობილი დავების მოგვარება. ენერგეტიკის სამინისტროს ჩამოშორდა დარგში მარეგულირებელი და მმართველობითი ფუნქციები და ჩამოყალიბდა ენერგეტიკული პოლიტიკის შემმუშავებელ და მის გამტარებელ უწყებად.

1997 წ. აგვისტოში დაინიშნენ სემეკის პირველი შემადგენლობის წევრები: ელიზბარ ერისთავი, დემურ ჩომახიძე და პაატა ცინცაძე. სემეკის აღმასრულებელ დირექტორად დაინიშნა რ.უშვერიძე, რომელიც მოგვიანებით შეცვალა ა. ფირცხალაიშვილმა. აპარატის თანამშრომლების ნაწილი გადმოყვანილები იქნენ ეკონომიკის სამინისტრიდან. პირველ წლებში სემეკის აპარატში სულ 17 თანამშრომელი მუშაობდა.

სემეკს თავიდანვე მიენიჭა მაღალი დამოუკიდებლობა. კერძოდ, კომისია გახდა მუდმივმოქმედი საჯარო სამართლის იურიდიული პირი, რომელიც თავის საქმიანობაში არ ექვემდებარებოდა არც ერთ სხვა სახელმწიფო უწყებასა და ორგანიზაციას. კომისია თავის კომპეტენციის ფარგლებში გამოსცემდა გადაწყვეტილებებს და დადგენილებებს, რომლებიც წარმოადგენდა სამმართველო, ნორმატიულ აქტებს ელექტროენერგეტიკის სფეროში. სემეკის დამოუკიდებლობის გარანტიები ჩადებული იყო ელექტროენერგეტიკის შესახებ კანონში. მაგალითად, მისი გადაწყვეტილებების და დადგენილებების კონტროლის უფლება არ ჰქონდა მთავრობას, პარლამენტს და არც ერთ მაკონტროლებელ, თუ სამართალდამცავ სტრუქტურას და მათი გასაჩივრება შესაძლებელი იყო მხოლოდ სასამართლოში. უფრო

მეტიც, კომისიის წევრების გათავისუფლება შესაძლებელი იყო მხოლოდ მათი პირადი სურვილით, ან თუ სასამართლო მიიჩნევდა ქმედითუუნაროდ ან ძალაში შევიდოდა მათ მიმართ სასამართლოს მიერ გამოტანილი გამამტყუნებელი განაჩენი.

ამგვარი დამოუკიდებლობის და ხელშეუხებლობის გარანტიები არ ჰქონდა არც ერთ სხვა სახელმწიფო უწყებას. ეს კი გარკვეული პროტესტის გრძნობას უჩენდა ზოგიერთ მათგანს და პოლიტიკურ ძალებს, ხშირი იყო სემეკზე თავდასხმები, რაც გამოიხატებოდა სემეკის გადაწყვეტილებების და დადგენილებების კონტროლის განძრახვებში, საპროტესტო აქციებში, სასამართლო პროცესებში და სხვა მსგავს ქმედებებში. მიუხედავად ყოველივე ამისა სემეკი ინარჩუნებდა დამოუკიდებლობას და დღესაც ასე გრძელდება.

სემეკის საქმიანობის დადებითი შედეგები პირველივე წლებიდან გამოჩნდა. შეიქმნა ენერგეტიკული კომპანიების ლიცენზირების წესები და გაიცა პირველი შუალედური ლიცენზიები, რითაც მოხდა ამ კომპანიების ელექტროენერგეტიკის შესახებ საქართველოს კანონის მოქმედების არეალში შეყვანა. დამუშავდა ელექტროენერჯის ყველა სახის (წარმოების, გადაცემა-დისპეტჩერიზაციის, განაწილება და მოხმარების) ტარიფების დადგენის მეთოდოლოგია და მის საფუძველზე დადგინდა ტარიფები.

ყოველივე ეს გახდა სიგნალი ინვესტორებისთვის და მათ დაიწყეს საქართველოში ინვესტიციების განთავსება. მათ შორის, აღსანიშნავია 1999 წლის ბოლოს ამერიკული კომპანიის AEC -ის მიერ სს თელასის პრივატიზება, რაც გადაუჭარბებლად შეიძლება ითქვას, რომ გარდამტეხი მოვლენა იყო ელექტროენერგეტიკული სექტორში. AEC-მა 2 წელიწადში 300 მილიონი აშშ დოლარის ინვესტიციები განახორციელა სს თელასის კუთვნილ ელექტროქსელში, მოწესრიგდა მომხმარებლებისთვის ელექტროენერჯის მიწოდება და აღრიცხვა. ამან თბილისის ელექტროენერჯის წლიური მოხმარება 2.5 მლრდ. კვტ.სთ-დან 1.7 მლრდ. კვტ.სთ-მდე შეამცირა, ანუ 800 მლნ. კვტ.სთ ელექტროენერჯია, რომელიც აღურიცხავად, უყაირათოდ მოიხმარებოდა თბილისში, გამოთავისუფლდა, გადანაწილდა რეგიონებზე და 2003 წლის ბოლოდან პრაქტიკულად აღმოიფხვრა ელექტროენერჯის გრაფიკით მიწოდება და დაიძლია ენერგეტიკული კრიზისი.

1999 წ. საქართველოს პარლამენტმა ცვლილებები შეიტანა ელექტროენერგეტიკის შესახებ კანონში სემეკს დაემატა ბუნებრივი გაზის სექტორის რეგულირებაც, ასევე ამ ცვლილებებით შეიქმნა ელექტროენერჯის საბითუმო ბაზრის სამართლებრივი საფუძვლები და 2000 წ. ჩამოყალიბდა ელექტროენერჯის საბითუმო ბაზარი, რომელიც მოგვიანებით 5 წლით, მართვაში გადაეცა ესპანური კომპანიის Iberdrola, S.A. და ამერიკული PA Consulting-ის კონსორციუმს. ასევე სახელმწიფო ელექტროსისტემის მართვის კონტრაქტი

5 წლის ვადით გაფორმდა ირლანდიულ კომპანიასთან ESBI International-თან. 2006 წ. ჩეხური კომპანიის „ენერგო-პროს“ მიერ მოხდა საქართველოს ელექტროენერჯის გაერთიანებული სადისტრიბუციო კომპანიის პრივატიზება. ასე დაინერგა ელექტროენერჯეტიკის პრაქტიკულად ყველა საკვანძო რგოლში დასავლური მენეჯმენტი. მოგვიანებით სემეკს დაემატა წყალმომარაგების რეგულირების ფუნქცია და ეწოდა საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია.

საქართველოს ენერჯეტიკის სექტორი გამოჩნდა საერთაშორისო ასპარეზზე. სემეკი არის ენერჯეტიკის რეგულირების ევროპის რეგიონული ასოციაციის (ERRA) ერთ-ერთი დამფუძნებელი (2000 წ.), სადაც ამჟამად გაერთიანებულია 48 ქვეყანა. ამ ორგანიზაციის პრეზიდიუმის წევრები იყვნენ ე.ერისთავი (2000-2003 წწ.), გ.შონია (2015-2017 წწ.), მ.მელიქიძე (2018-2019 წწ.). ეს უკანასკნელი 2020 წლიდან ERRA თავჯდომარეა, რომელიც ახალა უკვე მეორედ აირჩიეს ამ თანამდებობაზე. 2017 წელს საქართველოს პარლამენტმა მოახდინა ევროპის ენერჯეტიკული თანამეგობრობის დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს მიერთების რატიფიცირება, რომლის შედეგადაც საქართველო გახდა ენერჯეტიკული თანამეგობრობის წევრი სახელმწიფო. ამ თანამეგობრობის მარეგულირებელი საბჭოს პრეზიდენტი 2017-2019 წლებში იყო სემეკის წევრი გ.ფანგანი; სემეკში 2020 წელს წარმატებით დაინერგა მენეჯმენტის სისტემის ხარისხის საერთაშორისო სტანდარტი ISO: 9001:2015.

ზოგადად მარეგულირებელი ორგანოების სამოქმედო პრინციპები, რითაც ხელმძღვანელობდა და ხელმძღვანელობს, სემეკი არის:

- დამოუკიდებლობა;
- გამჭვირვალობა (საჯაროობა);
- კომპეტენტურობა;
- მოქმედებების თანმიმდევრულობა;
- კომუნიკაბელობა;
- მომხმარებლების და კომპანიების ინტერესებს შორის ბალანსის დაცვა.

ამ პრინციპების დაცვა უზრუნველყოფილია, მარეგულირებელი ორგანოს მაღალ პროფესიონალიზმით, ავტორიტეტით და მისდამი არსებული საზოგადოებრივი ნდობით.

როგორც ამერიკელი კომისიონერები ამბობენ, მარეგულირებელი ორგანოს საქმიანობით უკმაყოფილები უნდა იყვნენ: მომხმარებლები, კომპანიები და მთავრობა. თუ ერთ-ერთი მათგანი მაინც კმაყოფილია, ეს ნიშნავს, რომ მარეგულირებელი ორგანო ცუდად მუშაობს.

ეს თეზა აიხსნება იმით, რომ მომხმარებელს ყოველთვის უნდა ჰქონდეს რაც შეიძლება მცირე ტარიფი, კომპანიებს რაც შეიძლება დიდი, ხოლო მთავრობას მუდამ აქვს

პოლიტიკური ინტერესები, რომელიც შესაძლოა წინააღმდეგობაში მოვიდეს მომხმარებლების და კომპანიების ინტერესებთან. ამიტომაც არის აუცილებელი მათ შორის ბალანსის დაცვა და ამიტომაც არის „როცა ბალანსი დაცულია“ სემეკის მთავარი სამოქმედო პრინციპი და ლოზუნგი.

სემეკის შექმნით მიღებული შედეგები შეიძლება მოკლედ ასე ჩამოყალიბდეს:

- დაწესდა ნათელი და სამართლიანი „თამაშის“ წესები სექტორში შემავალი ყველა სუბიექტისათვის;

- სტიმული მიეცა დარგში კერძო ინვესტიციების განხორციელებას, ჩატარდა მსხვილი ენერგეტიკული საწარმოების პრივატიზება;

- ერთმანეთისაგან გაიმიჯნა სახელმწიფო, სამეურნეო და მარეგულირებელი ფუნქციები. დამოუკიდებელი მარეგულირებელი ორგანოს ჩამოყალიბების შემდეგ მთავრობას ჩამოსცილდა მარეგულირებლის ფუნქციები და მას ენერგეტიკული პოლიტიკის და სტრატეგიის დამუშავება და მათი პრაქტიკაში გატარება დაევალა, ხოლო კომერციული ფუნქციები უშუალოდ სამეურნეო სუბიექტებს დაეკისრა;

- გაცილებით უკეთესი შესაძლებლობები შეიქმნა სექტორში არსებული პრობლემების გამოვლენისა და გადაჭრისთვის, ამაღლდა და სრულყოფილი გახდა ლიცენზიატა მომსახურების საფასურის ამოღების მაჩვენებელი და ამით საფუძველი ჩაეყარა დარგის თვითდაფინანსებას;

- განისაზღვრა ლიცენზიატა უფლებები და ვალდებულებები, პროდუქციის (მომსახურების) აღრიცხვის, მიწოდების, შეწყვეტის და აღდგენის წესები და პროცედურები;

- ამაღლდა მომხმარებელთა მომსახურების ხარისხი, წესები. შეიქმნა პირობები დარგში კონკურენციის განვითარებისათვის;

- მნიშვნელოვანი ღონისძიებები განხორციელდა კომისიის საკანონმდებლო-ნორმატიული და მეთოდოლოგიური ბაზის სრულყოფის, აგრეთვე საზოგადოებასთან და საერთაშორისო ორგანიზაციებთან ურთიერთობის განმტკიცების მიმართულებით;

- მუდმივად ტარდება ღონისძიებები ტარიფების ზრდის შეჩერებისა და სტაბილურობისათვის. ამ მიზნით სტიმული მიეცა ადგილობრივი რესურსების ათვისებასა და რაციონალურ გამოყენებას, ენერგიაშემცველების მოწოდების დივერსიფიკაციას;

- დარგი დიდწილად გათავისუფლდა პოლიტიკური ჩარევისაგან და ტარიფებზე პოლიტიკური ზეწოლისაგან;

- შეიქმნა ქვეყნის ეკონომიკის საერთაშორისო ორგანიზაციებში ინტეგრირების ხელსაყრელი პირობები;

- სემეკთან დააარსდა მომხმარებელთა უფლებების დაცვის დამოუკიდებელი სამსახური;

• დაარსდა და წარმატებით ფუნქციონირებს ელიზბარ ერისთავის სახელობის სასწავლო ცენტრი.

სემეკი უკვე 25 წლის გახდა. განვლილ პერიოდში სემეკ-ს 5 თავჯდომარე ჰყავდა- ელ.ერისთავი, დ.მირცხულავა, გ.თავაძე, გ.ჩალაგაშვილი, ირ.მილორავა. ამჟამად სემეკის ხელმძღვანელია დ. ნარმანია. სემეკის წევრები იყვნენ: დ.ჩომახიძე, პ.ცინცაძე, ი.ქავთარაძე, ზ.გაბელაია, მ.ნადირაძე, ვ.როინიშვილი, ს.მესხი. ამჟამად კომისიის წევრები არიან: გ.შონია, გ.ფანგანი, მ.მელიქიძე, გ.ფრუიძე.

სემეკ-ს წინ კიდევ ბევრი სამუშაო აქვს საქართველოში დარგის რეგულირების ინსტიტუციური შესაძლებლობის გაძლიერებისათვის, ახალი, თანამედროვე ტექნოლოგიებით ენერგეტიკული და წყალმომარაგების სისტემის კომპლექსური მართვის ეფექტიანობის ზრდისათვის, მომხმარებელთა ინტერესების დაცვის საქმეში და სხვა. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ენერგორესურსების მოპოვება სულ უფრო რთულ პირობებში ხდება. ამასთან სულ უფრო მკაცრდება ეკოლოგიური მოთხოვნები, რის გამოც საჭირო ხდება მეტი ინვესტიციების მოზიდვა, რომელიც ტარიფების განსაზღვრის მთავარი კომპონენტია.

დღევანდელი სემეკი წარმოადგენს წინამორბედთა მიერ ჩაყრილი ტრადიციების საუკეთესო ფორმით გამგრძელებელ, გამორჩეული პროფესიონალების გუნდს, რომელსაც შეუძლია ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების წინაშე მდგარი და მის კომპეტენციაში შემავალი ნებისმიერი ამოცანის გადაწყვეტა. ვუსურვოთ მას შემდგომი წარმატებები ჩვენი ქვეყნის საკეთილდღეოდ.

ლიტერატურა

1. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები. წიგნი 1. 2000.
2. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერგეტიკის რეგულირების საფუძვლები/ წიგნი 2. 2001.
3. სემეკის წლიური ანგარიშები. პირადი არქივები.

სემეკის პირველი შემადგენლობის წევრები:

დემურ ჩომახიძე

პაატა ცინცაძე

E-mail: p.tsintsadze@gae.org.ge

**ჰიდრომააკუმულირებაელი ელექტროსადგურების
განხორციელების შესაძლებლობები საქართველოში**

გრიგოლ ხელიძე - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

E-mail: giakhelidze@mail.ru;

ბაჩანა ფიფია - აკადემიური დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: Bachana.phiphia@gmail.com;

ნესტორ კვიციანი - მაგისტრანტი

E-mail: nkvirkvelia2@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ჰიდრომააკუმულირებული ელექტროსადგურები (ჰმესი) დიდი ხანია მუშაობენ მთელს მსოფლიოში როგორც ერთ-ერთი საუკეთესო ენერჯის შემნახველი ტექნოლოგიები. საქართველოში ჰმესი ჯერჯერობით არ არსებობს, თუმცა მიმდინარეობს წინასწარი საპროექტო-კვლევითი სამუშაოები მისი განხორციელები-სათვის, რაც მნიშვნელოვანია პიკურ ენერჯიაზე მოთხოვნილების დაფარვის საკუთარი ძალებით უზრუნველყოფის ასპექტში. განხილულია ჰმესების განვითარების დინამიკა და ტენდენციები, ენერგეტიკულ სისტემაში ჰმესის მუშაობის რეჟიმები, ასევე ჰმესების როლი არასტაბილური განახლებადი ენერჯის მწარმოებლების ენერგოსისტემაში ინტეგრაციის კუთხით. გარდა ამისა, საქართველოში ელექტროენერგეტიკული ბაზრის სამიზნე მოდელის გათვალისწინებით გამოკვლეულია ჰმესების განხორციელების პერსპექტივები.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდრომააკუმულირებული ელექტროსადგური, ენერგეტიკა, ქარის ენერჯია, მზის ენერჯია, ჰიდროენერგეტიკა, ელექტროენერგეტიკული ბაზარი.

ტექნოლოგიურმა განვითარებამ დიდი გავლენა მოახდინა ელექტროენერჯის მოხმარებაზე. მთელ მსოფლიოში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა მუდმივად მზარდია და გამონაკლისი არც საქართველოა. განსაკუთრებით გაზრდილია პიკურ ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა, რომლის დასაფარადაც შეიქმნა სწორედ ჰიდრომააკუმულირებული ელექტროსადგურები (ჰმესი).

ჰიდრომააკუმულირებული ელექტროსადგურები დიდი ხანია მუშაობენ მთელს მსოფლიოში როგორც საუკეთესო ენერჯის შემნახველი ტექნოლოგიები.

ჰიდრომააკუმულირებული ელექტროსადგური არის ჩვეულებრივი ჰიდროენერგეტიკული ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება ელექტროენერჯის/ენერჯის შენახვისა და მართვისთვის. ამ მიზნით ჰმესს გააჩნია ორი წყალსაცავი. როდესაც ელექტროსისტემაში მცირე დატვირთვებია, ამ დროს ჰიდრომააკუმულირებული სადგური მუშაობს ტუმბოს რეჟიმში და, შესაბამისად, წყალს ტუმბავს ქვედა ბიეფში არსებული აუზიდან ზედა ბიეფში არსებულ აუზში/წყალსაცავში. ზედა აუზში შექმნილ

წყლის მარაგს ხშირად „წყლის ბატარეას“ უწოდებენ [1].

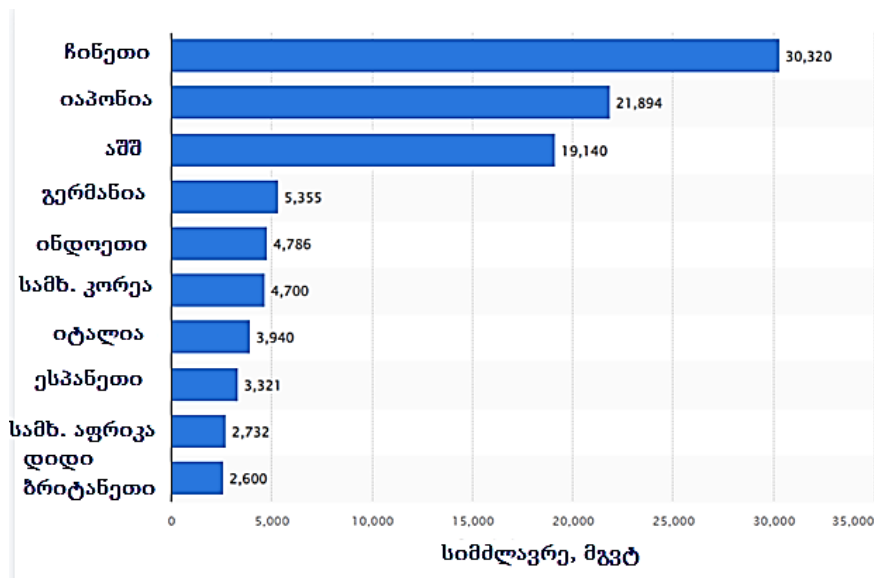
ელექტროენერჯის მაღალი მოთხოვნის პერიოდში ზედა წყალსაცავში შენახული წყალი გამოიყენება ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად. შესაბამისად, ელექტროენერჯის გამომუშავების პრინციპი ჰიდრომაკუმულირებელ სადგურებში და ჰიდროელექტროსადგურებში ერთნაირია.

დღეისათვის ფართოდ გამოიყენება ჰიდრომაკუმულირებელი ელექტროსადგურები როგორც ენერჯის შემნახველი ყველაზე ეფექტური ტექნოლოგია, რომელიც გამოცდილია მრავალი წლის განმავლობაში. ჰმესის საერთო ეფექტურობა 80%-ს აღწევს და ამასთან ერთად, აღსანიშნავია, რომ ამ ტექნოლოგიით გამომუშავებული ელექტროენერჯია სხვა ენერჯის შემნახველი ტექნოლოგიებისგან განსხვავებით იაფია [2,3].

თანამედროვე პირობებში ჰმესების მშენებლობისადმი ინტერესი გამოწვეულია, ერთი მხრივ, ენერჯეტიკული სისტემის მდგრადობის უზრუნველყოფით თბოელექტროსადგურების სიმძლავრის რეგულირების შეზღუდული დიაპაზონიდან გამომდინარე და პიკური ენერჯის წარმოებისა და ამასთან დაკავშირებით ეკონომიკური სარგებელის მიღებით. ხოლო, მეორე მხრივ, ჰმესების უდავო გარემოსდაცვითი ეფექტით, რაც გამომდინარეობს ცირკულაციური სისტემის პირობებში მდინარის ჩამონადენის პირველად ერთჯერადი და შემდგომში არაარსებითი დოზით გამოყენებაში. ეკონომიკური და ტექნიკური თვალსაზრისით, განსაკუთრებით ხელსაყრელია ჰმესის მოწყობა არსებულ წყალსაცავებთან. საქართველოში ჰმესი ჯერჯერობით არ არსებობს, თუმცა მიმდინარეობს წინასწარი საპროექტო-კვლევითი სამუშაოები მისი განხორციელებისათვის, რაც მნიშვნელოვანია პიკურ ენერჯიაზე მოთხოვნილების დაფარვის საკუთარი ძალებით უზრუნველყოფის ასპექტში.

ჰიდრომაკუმულირებელი ელექტროსადგურები დიდი ხანია გამოიყენება როგორც ელექტროენერჯეტიკული სისტემის მნიშვნელოვანი კომპონენტი. ეს ტექნოლოგია პირველად 1882 წელს შვეიცარიაში იქნა გამოყენებული. 1900-იანი წლების დასაწყისიდან რამდენიმე მცირე ჰიდრომაკუმულირებელი ელექტროსადგური იქნა აშენებული ევროპაში, ძირითადად - გერმანიაში. პირველი ფართომასშტაბიანი ჰიდრომაკუმულირებელი სადგურის პროექტი ჩრდილოეთ ამერიკაში განხორციელდა, რომელიც მშენებლობაც 1928 წელს დასრულდა. ეს სადგური იყენებდა ფრენსისის ტიპის ჰიდროტურბინას და ორ ტუმბოს. Rocky River-ის ჰმესის სიმძლავრე 24 მგვტ იყო და 1980 წლამდე გამოიმუშავებდა ელექტროენერჯიას.

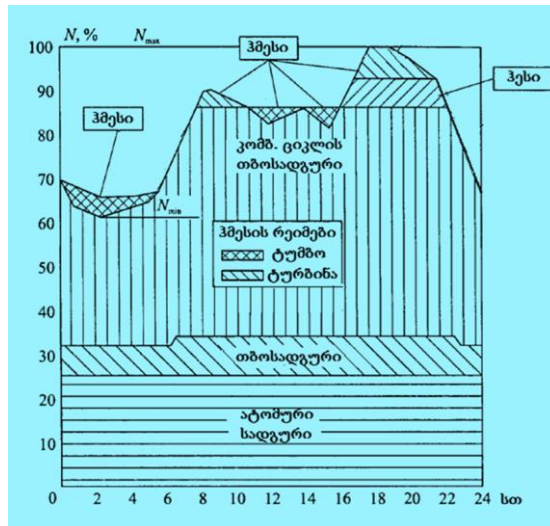
ჰიდრომააკუმულირებელმა ელექტროსადგურებმა როგორც მანევრული სიმძლავრის წყაროებმა, მთელს მსოფლიოში სწრაფი განვითარება ჰპოვა. ამჟამად მსოფლიოში ექსპლუატაციაშია ან მშენებლობის ეტაპზეა 400-ზე მეტი ჰიდრო-მააკუმულირებელი სადგური, რომელთა ჯამური სიმძლავრე 150 გვტ-ს აჭარბებს [4]. მსოფლიოში ჰიდრომააკუმულირებელი ელექტროსადგურების სიმძლავრის მიხედვით ლიდერობენ ჩინეთი, იაპონია, აშშ, გერმანია, ინდოეთი (ნახ. 1). ამერიკის შეერთებული შტატების ენერჯეტიკის დეპარტამენტის მონაცემებით [5], ქვეყანაში ამჟამად 43 ჰიდრომააკუმულირებელი სადგური მუშაობს ჯამური სიმძლავრით დაახლოებით 20000 მგვტ-მდე და აღსანიშნავია, რომ აშშ-ს კიდევ აქვს პოტენციალი ეს სიმძლავრეები გააორმაგოს [6].



ნახ. 1. ჰიდრომააკუმულირებელი ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრე ქვეყნების მიხედვით 2020 წლის მონაცემებით

ჰმესის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები ძირითადად დამოკიდებულია მის დადგმულ სიმძლავრეზე და დაწნევაზე, სამშენებლო მოედნის ტოპოგეოლოგიურ პირობებზე, ბუნებრივი ან ხელოვნური რეზერვუარების არსებობაზე, ასევე ელექტროსისტემის კონკრეტულ სამუშაო პირობებზე - დატვირთვის გრაფიკების კონფიგურაციაზე, სისტემაში შემავალი (მომუშავე) ელექტროსადგურების ტიპზე და სიმძლავრეზე, სარეზერვო სიმძლავრეების ხელმისაწვდომობაზე.

ისეთ სისტემებში, სადაც დომინანტი ადგილი თბოელექტროსადგურებს უჭირავს, ოპტიმალური მუშაობისთვის აუცილებელია ჰმესების ჯამური დადგმული სიმძლავრე სისტემის მთლიანი სიმძლავრის არანაკლებ 10-12% იყოს.



ნახ. 2. ელექტროსისტემის დღე-ღამური დატვირთვის გრაფიკი

XX საუკუნის მეორე ნახევარში ჰიდრომაკუმულირებელი ელექტროსადგურების მშენებლობის ბუმი განაპირობა იმან, რომ უკვე არსებობდა მძლავრი ატომური და თბოელექტროსადგურები, რომლებიც მუშაობენ ბაზისურ რეჟიმში და შეიქმნა ელექტროენერჯის მოხმარების პიკური ნაწილის დაფარვის პრობლემა. მხოლოდ ჰმესებს შეუძლიათ, მათი ორმაგი რეგულირების შესაძლებლობიდან გამომდინარე, მოახდინონ მოხმარების გაზრდა დატვირთვის გრაფიკის ჩავარდნილ ნაწილში, ე.ი. ხელოვნურად შეუძლიათ გაზარდონ მოხმარება (სატუმბ რეჟიმში მუშაობით) და შეასრულონ მოხმარებელ-მარეგულირებლის ფუნქცია. ჰიდრომაკუმულირებელი სადგურის მარეგულირებელი სიმძლავრე სისტემაში გამოითვლება ტურბინისა და სატუმბ რეჟიმში დაყენებული სიმძლავრეების ჯამით. სწორედ აქედან გამომდინარე, შეუძლია ჰიდრომაკუმულირებელ სადგურს ორმაგი რეგულირების განხორციელება.

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ბევრ ქვეყანაში (მაგ., ევროპის ქვეყნები) ჰიდრომაკუმულირებელი სადგურების განვითარებამ ძალიან დიდი როლი ითამაშა ელექტროსისტემაში არასტაბილური ენერჯის წყაროების ინტეგრაციის კუთხით, რადგანაც, როგორც ცნობილია არასტაბილური განახლებადი ენერჯის წყაროების, როგორებიცაა მზე და ქარი, განვითარებასთან ერთად დღის წესრიგში დადგა მანევრული სარეზერვო სიმძლავრეების არსებობის აუცილებლობა. ამ კუთხით უნდა აღინიშნოს, რომ ე.წ. შემნახველი ტექნოლოგიები ფოკუსირებული არ უნდა იყოს მარტო ელექტროენერჯის რაოდენობრივ დაგროვებაზე (კვტ.სთ-ებზე), არამედ მნიშვნელოვანი და აუცილებელია მისი ხარისხი, წარმოების სტაბილურობა და მანევრულობა. ჩამოთვლით მოთხოვნებს ყველაზე ოპტიმალურად აკმაყოფილებს

ჰმესები, რომლებსაც ახასიათებთ ერთი მხარი სტაბილური ელექტროენერჯის გამომუშავება, აგრეთვე ელექტროენერჯის გენერაციის მონილობა (მანევრულობა).

ბოლო პერიოდში საქართველოში ისევე, როგორც მთელს მსოფლიოში, განსაკუთრებით გაიზარდა ინტერესი მზისა და ქარის ელექტროსადგურების განხორციელების მიმართ. აღნიშნული გამოწვეულია იმით, რომ უკანასკნელ პერიოდში ქარისა და მზის ენერგოტექნოლოგიების ფასები მუდმივად მცირდება. გარდა ამისა, ტრადიციული გენერაციის ობიექტებისგან განსხვავებით, ამ ტიპის ელექტროსადგურების განხორციელებას შედარებით ნაკლები დრო სჭირდება.

საქართველოში ელექტროენერჯის მოხმარების ზრდიდან გამომდინარე, ძალიან მნიშვნელოვანია ადგილობრივი რესურსების ათვისება და ამ კუთხით მზისა და ქარის სადგურებს შეუძლიათ მნიშვნელოვანი წვლილის შეტანა, მაგრამ ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული ენერჯის წყაროები მიეკუთვნება არასტაბილურ ენერჯის წყაროებს და მათი ქსელში ინტეგრაცია სარეზერვო, სწრაფად მანევრირებადი სიმძლავრეების გარეშე წარმოუდგენელია.

აღსანიშნავია, რომ მზისა და ქარის სადგურებს ახასიათებთ ისეთი თავისებურებები, რაც უარყოფითად აისახება ენერგოსისტემის საიმედოობაზე და მის მდგრად მუშაობაზე. დამახასიათებელი თავისებურებებიდან უნდა აღინიშნოს ამ წყაროების გენერაციის ცვალებადობა. მაგ., ქარის სადგურების შემთხვევაში მათი გამომუშავება არსებითად დამოკიდებულია ამინდზე, ანუ ქარზე. ამ კუთხით უნდა აღინიშნოს ძლიერი ქარების დროს სადგურის გაჩერების აუცილებლობა, რომლის დროსაც ენერგოსისტემაში შეიქმნება სიმძლავრის დეფიციტი. აქედან გამომდინარე აღსანიშნავია, რომ მოხმარებაზე ორიენტირებული ელექტროენერჯის გამომუშავება ქარის ელექტროსადგურებით პრაქტიკულად შეუძლებელია [7].

ევროპის ქვეყნების გამოცდილებაც გვიჩვენებს, რომ ის სისტემები, რომლებიც თავიანთ ქსელში ახორციელებენ მზისა და ქარის სადგურების დიდი მოცულობის სიმძლავრეების ჩართვას, უნდა ხასიათდებოდნენ მანევრულობით, ასევე გააჩნდეს საკმარისი სარეზერვო სიმძლავრეები, რაც შეიძლება განხორციელდეს წყალსაცავიანი, მარეგულირებელი ტიპის ჰიდროელექტროსადგურების ან ჰიდრომააკუმულირებელი სადგურების დახმარებით.

არასტაბილური განახლებადი ენერჯის ათვისება საქართველოში უკვე დაწყებულია. 2016 წლის ბოლოს ექსპლუატაციაში შევიდა პირველი ქარის ელექტროსადგური (ქართლის ქარის ელექტროსადგური) დადგმული სიმძლავრით 20,7

მგვტ, ხოლო ელექტროენერჯის წლიური საშუალო გამომუშავებით - 84 მლნ. კვტ.სთ.

საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემის მიერ ჩატარებული კვლევით, 2030 წლისთვის საქართველოს ელექტროსისტემაში შესაძლებელია 520 მგვტ მზისა და 1330 მგვტ ქარის სიმძლავრის ინტეგრაცია [7]. ეს ძალიან დიდი გამოწვევაა სისტემისთვის და ამ გამოწვევის საპასუხოდ საჭიროა დაგეგმილი წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობა და ჰიდრომთავრების სადგურების განვითარება. ამ უკანასკნელი მიმართულებით საქართველოში პირველი ნაბიჯების გადადგმა ახლა იწყება. განიხილება 570 მგვტ დადგმული სიმძლავრის ჰიდრომთავრების სადგურის პროექტის განხორციელება დასავლეთ საქართველოში, ენგურჰესის წყალსაცავის ბაზაზე [8]. აღნიშნული საშუალებას იძლევა, რომ ზამთრის პერიოდში, როდესაც ელექტროენერჯის მოხმარების პიკებია, ჰმესმა შესაძლებელია დამატებით 600 მლნ. კვტ.სთ ელექტროენერჯია გამოიმუშაოს.

ენგურის ჰმესის გარდა, ასევე განიხილება ჰიდრომთავრების სადგურების მოწყობა მდინარეების ფარავნისა და ხრამის რეგიონში. მაგ., წინასწარი პროექტით ხრამის რეგიონში ჰმესის სქემა ითვალისწინებს ხრამი 1 ჰესის რეზერვუარის და ბარეთის ტბის გამოყენებას. აღნიშნული სქემით განხორციელებული ჰმესის სავარაუდო სიმძლავრე 100 მგვტ, ხოლო ელექტროენერჯის საშუალო წლიური გამომუშავება 438 მლნ. კვტ.სთ იქნება.

ჰიდრომთავრების სადგურების განხორციელებისთვის ასევე ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ელექტროენერჯეტიკულ სექტორში არსებულ ბაზრის მოდელს. საქართველოს ელექტროენერჯეტიკულ სექტორში დღეს მოქმედი ბაზრის მოდელით გენერაციის ობიექტებისთვის, ასევე მომხმარებლებისთვის არ არის უზრუნველყოფილი ელექტროენერჯის გამომუშავებისა და მოხმარების დიფერენცირებული ტარიფები. ჰიდრომთავრების სადგური არის გენერაციის ობიექტი, როდესაც ის მუშაობს ტურბინის რეჟიმში და გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას, ასევე ის არის ელექტროენერჯის მომხმარებელი, როდესაც მუშაობს ტუმბოს რეჟიმში (წყალს ტუმბავს ქვედა რეზერვუარიდან ზედა რეზერვუარში). შესაბამისად ჰმესმა ეკონომიკურად გამართლებულად რომ იფუნქციონიროს, აუცილებელია დიფერენცირებული ტარიფების არსებობა (მაგალითად, საათობრივი ტარიფები). დიფერენცირებული ტარიფების (საათობრივი ტარიფები) არსებობის შემთხვევაში, ჰმესი ტუმბოს რეჟიმში იმუშავებს იმ საათების განმავლობაში, როდესაც იქნება ელექტროენერჯიაზე ყველაზე დაბალი ფასი, რომლის დროსაც სისტემაში ჭარბი

ენერგია იქნება. ხოლო მაღალი ტარიფის პერიოდში, რომელსაც სისტემაში ელექტროენერჯის დეფიციტის პერიოდი ემთხვევა, ჰმესი იმუშავებს ტუმბოს რეჟიმში და მისი გამომუშავებული ელექტროენერჯით მოხდება დატვირთვის გრაფიკში დეფიციტის დაფარვა.

საქართველოში ელექტროენერგეტიკული ბაზრის რეფორმა დღეს უკვე აქტიურად მიმდინარეობს. 2022 წლის 1 სექტემბრიდან დაგეგმილია ენერგეტიკული ბირჟის ამოქმედება [9] და ელექტროენერჯის საათობრივ ვაჭრობაზე გადასვლა, რომლის დროსაც ტარიფის ფორმირება საათობრივ ჭრილში მოხდება. ახალ ბაზრის მოდელზე გადასვლა ხელს შეუწყობს საქართველოში ჰიდრომაკუმულირებელი ელექტრო-სადგურების განხორციელებას.

ლიტერატურა

1. The world's water battery: Pumped hydropower storage and the clean energy transition. IHA working paper, December 2018.
2. Mohammadi-Ivatloo B., Shotorbani A.M. Anvari-Moghaddam A. "Energy Storage in Energy Markets. Uncertainties, Modelling, Analysis and Optimization.", 2021. Copyright © 2021 Elsevier Inc.
3. White Paper: Implementing Sustainable Business Models for Hydro Storage., GE RENEWABLE ENERGY. 2019 General Electric Company.
4. Pumped Storage Report, NHA - National Hydropower Association., 601 New Jersey Ave NW, Suite 660 Washington. 2018.
5. U.S. Department of Energy. <https://bit.ly/3tcXI57>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 3.06.2022.
6. István T., Pumped Storage Hydroelectric Power Plants: Issues and Applications. Short Research Paper to assist the ERRA Licensing and Competition Committee. 1074 Budapest, Hungary. July. 2016.
7. საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2021-2031, საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა., თბილისი. 2021.
8. მიწოდების უსაფრთხოების ანგარიში ელექტროენერგეტიკულ სექტორში., საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო., თბილისი. 2021.
9. საქართველოს ენერგეტიკული ბირჟა - პირველი წლის შეჯამება. თბილისი. 2020.

POSSIBILITIES OF IMPLEMENTING HYDRO-ACCUMULATING POWER PLANTS IN GEORGIA.

G. Khelidze, B. Pipia, N. Kvirkvelia.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 12-19. geo. sum geo. engl. rus.

Hydro-accumulated power plants (HAPP) have long been operating around the world as one of the best energy-saving technologies. There is no HAPP in Georgia yet, however preliminary design and research works are being carried out for its implementation which is important for ensuring that the peak energy demand is met with one's own resources. The dynamics and trends of HAPP development, operations modes of HAPP in the energy system as well as the role of HAPPs in terms of integration of unstable renewable energy producers into the energy system are discussed. In addition, the prospects for the implementation of HAPP considering the target model of the electric energy market in Georgia are investigated.

Ил. 2, bibl. 9.

ВОЗМОЖНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ГРУЗИИ.

Г.Хелидзе, Б.Пипия, Н.Квирквелия.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 12-19. груз. реф. груз. англ. рус.

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) давно работают в мире, являясь одними из лучших энергоохраняющих технологий. В настоящее время в Грузии не функционирует ГАЭС, однако ведутся предварительные проектно-исследовательские работы для их создания, что имеет важное значение для обеспечения покрытия собственными силами потребности в пиковой энергии. Рассмотрены вопросы динамики и тенденции развития ГАЭС, режимов работы в энергетической системе, а также роли ГАЭС в интеграции производителей нестабильной, возобновляемой энергии в энергетическую систему. Исследованы перспективы внедрения ГАЭС в стране с учётом целевой модели электроэнергетического рынка.

Илл. 2, лит. 9 назв.

**მინაბოჭკოვანი არმირებული პლასტიკის მიღების (GRP)
მონტაჟის თავისებურებები ჰესების სადაწნევო სისტემებში**

ლენა შატაკიშვილი - ტექნ. მეცნ. კანდიდატი, პროფესორი

E-mail: lshatakishvili@gtu.ge

ნათია კიკაჩიშვილი - ტექნ. მეცნ. კანდიდატი, ასოც. პროფესორი

E-mail: natia_kikach@yahoo.com

მარბალიტა მარდალეიშვილი - აკად. დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: M.mardaleishvili@gtu.ge

ჯონი კვაჭანტირაძე - მაგისტრანტი

E-mail: kvachantiradzejoni@gmail.com.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ჰესების სადაწნევო სისტემებში მინაბოჭკოვანი არმირებული პლასტიკის (GRP) მიღების გამოყენება უკვე ორ ათეულ წელზე მეტია დაიწყეს მსოფლიო მასშტაბით და დღეს აღნიშნული მიღების გამოყენების კიდევ უფრო მზარდი ტენდენცია შეინიშნება, მათ შორის საქართველოს ჰიდროენერგეტიკულ ობიექტებზე. სადაწნევო მილსადენები მეტად საპასუხისმგებლო ნაგებობებია, ამიტომ აქტუალურია GRP მიღების ჰესების სატურბინო მილსადენებად გამოყენებისა და ამ ტიპის მიღების მონტაჟის თავისებურებების საკითხების შესწავლა. განხილულია სამონტაჟო სამუშაოების კორექტულად წარმართვის საკითხები, რაც უზრუნველყოფს აღნიშნული მიღების საიმედო ექსპლუატაციას ხანგრძლივ პერიოდში.

საკვანძო სიტყვები: GRP მიღები, ჰესები, მონტაჟი, სადაწნევო მილსადენები, გრუნტი.

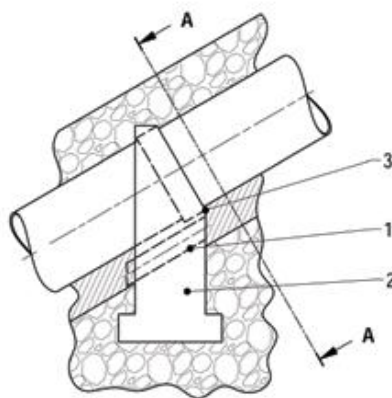
მინაბოჭკოვანი არმირებული პლასტიკის მიღებისათვის (GRP) დამახასიათებელი ძირითადი პრობლემური ადგილები მათი გამოყენების დაწყებასთან ერთად გამოიკვეთა. მიუხედავად იმისა, რომ ამ ტიპის მიღების გამოყენების დროს ავარიების შემთხვევაში შედეგები კატასტროფული იყო, იმდენად მარტივი და იაფი არის აღნიშნული მიღების წარმოება, ტრანსპორტირება და მონტაჟი, რომ მათზე უარის თქმის ნაცვლად მოხდა პრობლემური ადგილებისა და მათი გამომწვევი ფაქტორების იდენტიფიცირება და გადაწყვეტის გზების ძიება [1].

GRP მიღების წარმოების, ტრანსპორტირების, მონტაჟისა და ექსპლუატაციის პირობები უნდა იყოს დაცული მკაცრად ინსტრუქციის ზედმიწევნით მიყოლით, რასაც განსაზღვრავს მსოფლიოში აღიარებული სხვადასხვა სტანდარტი, როგორც არის, მაგალითად, ISO 9001.

GRP მიღების რეალიზების დროს ჰესების სადაწნევო სისტემებში ადგილი აქვს დროის დანაზოგს, ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ სარგებელს, რადგან მინაბოჭკოვანი

არმირებული პლასტიკის მილები (GRP) 4-ჯერ მსუბუქია ფოლადის მილებთან შედარებით და 12-ჯერ მსუბუქია ბეტონის მილებთან შედარებით, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ტრანსპორტირების სიმარტივეს და, შესაბამისად, ატმოსფერო ნაკლებად ბინძურდება გამონაბოლქვით, რაც დადებითად აისახება გლობალურ დათბობაზე, დროის დანაზოგი, თავის მხრივ, ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან გარდა ფინანსური სარგებლისა, სწრაფად ხდება ელექტროენერჯის დეფიციტის შევსება პროექტების სწრაფად განხორციელების პირობებში. ასევე, თუკი სადაწნევო მილსადენების შეცვლა არის საჭირო უკვე არსებულ ჰესებზე კარგი გადაწყვეტილებაა GRP მილების გამოყენება, რადგან სათანადო ყურადღებით ჩატარებული სამუშაოები ექსპლუატაციის პროცესში ავარიებს გამორიცხავს და მარტივი მონტაჟიდან გამომდინარე სწრაფად მოხდება ელექტროენერჯის დეფიციტის შევსება, ასევე აღნიშნულ მილებს აქვთ გლუვი ზედაპირი, რაც ამცირებს ხახუნზე ჰიდრავლიკურ დანაკარგებს, შესაბამისად იზრდება ჰესის ნეტო დაწნევა და გამომუშავება.

დერივაციული ტიპის ჰესები, სადაც სადაწნევო მილსადენის სიგრძე საკმაოდ დიდია, ხშირ შემთხვევაში მთაგორიან და რთულ რელიეფებზე არის განლაგებული, შესაბამისად მილების მოწყობა ციკაბო ზედაპირებზე ხდება, ასევე შესაძლებელია მილსადენმა შეიცვალოს დახრა და არ იყოს სწორხაზოვანი მთლიან სიგრძეზე.



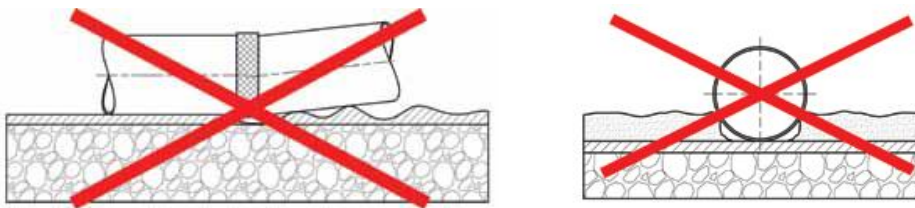
ნახ. 1. საყრდენი ციკაბო რელიეფზე, გვერდზე:

- 1 - დრენაჟირების მილი; 2 - ბეტონის საყრდენი კონსტრუქცია; 3 - მლის ფიქსაცია ბეტონის საყრდენში

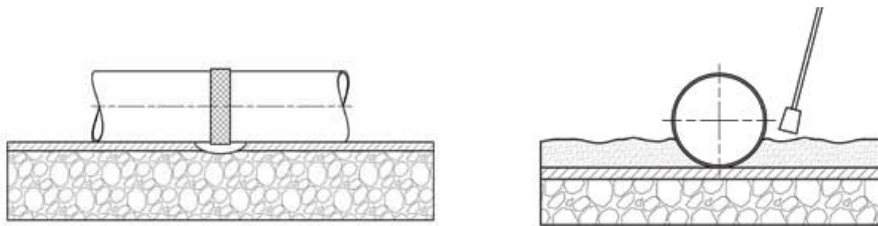
ციკაბო ზედაპირებზე მილსადენების დამონტაჟების დროს უნდა მოეწყოს ბეტონის საყრდენები და მილსადენები დაფიქსირდეს (იხ. ნახ. 1), რათა თავიდან ავიცილოთ მილების წანაცვლება. მილები უნდა დაყენდეს რაც შეიძლება სწორ ზედაპირზე, რადგან ნებისმიერი მიმართულებით გადახრა ხახუნზე ჰიდრავლიკური დანაკარგების რიცხვის ზრდას იწვევს.

მილების მიწისქვეშ გაყვანის შემთხვევაში არსებობს დედლაინები და ინსტრუქციები მსოფლიო სტანდარტების მიხედვით, რომელთა რეკომენდაციითაც უნდა ვიხელმძღვანელოთ. ასეთია, მაგალითად, ISO/TS 10465-1 [2]. მიუხედავად ამისა, GRP მილების მონტაჟის სამუშაოები მაინც მოითხოვს გარკვეულ ინდივიდუალურ მიდგომებს ადაპტირებულს არსებულ პირობებთან. კერძოდ, ვინაიდან თითოეული ჰესი ინდივიდუალურია, განსხვავებულია გრუნტები, რელიეფი, ნიადაგის შემადგენლობა, კლიმატის თავისებურებები, პროექტის თავისებურებები.

მილის მიწისქვეშ გაყვანის დროს მნიშვნელოვანი არის სწორად შევარჩიოთ თხრილის ზომები, კერძოდ, სიგანე (სიღრმე პროექტიდან გამომდინარე ცნობილი იქნება მილსადენის ხელსაყრელი გაყვანისათვის) უნდა იძლეოდეს საშუალებას, რომ სათანადოდ დაიტკეპნოს ნიადაგი, რათა მილი სწორ ზედაპირზე განთავსდეს. დატკეპნა უნდა განხორციელდეს სპეციალური მანქანით. ნახ. 2-ზე მოცემულია არასწორად დატკეპნილ თხრილში დამონტაჟებული მილი, რაც დაუშვებელია, ნახ. 3-ზე კი - სწორად დატკეპნილ თხრილში დამონტაჟებული მილი.



ნახ. 2. არასწორად დატკეპნილ თხრილში დამონტაჟებული მილი



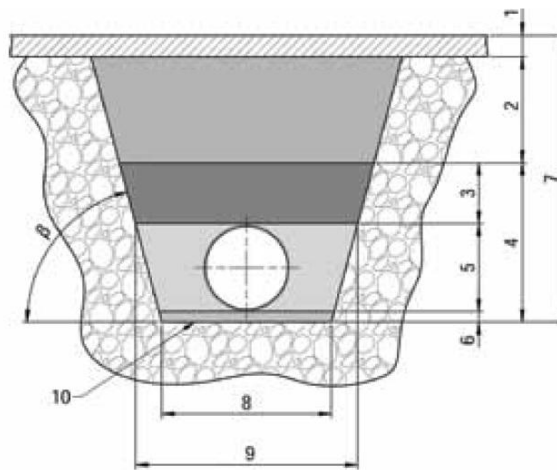
ნახ. 3. სწორად დატკეპნილ თხრილში დამონტაჟებული მილი

GRP მილებს განსაკუთრებული თვისებების გამო სხვადასხვა შემადგენლობის ნიადაგში თავისუფლად იყენებენ, რადგან საკმაოდ მედეგია გარე ზემოქმედების მიმართ მათი მსუბუქი წონის გამო ხელსაყრელია რბილ ნიადაგზე დაყენება, თუმცა თავიდან რომ ავიცილოთ გრუნტის ჯდომის შედეგად მილის თავდაპირველი მდებარეობის შეცვლა, უნდა გავატაროთ რიგი ღონისძიებები:

ტორფიან და თიხის შემცველ ნიადაგებში GRP მილების მონტაჟისას უნდა მოხდეს

ნიადაგის შეცვლა ან ხრემის ჩაყრა და ა.შ. გასატარებელი ღონისძიებები დამოკიდებული არის გრუნტის კვლევის შედეგად მიღებულ მონაცემებზე და ამის შესაბამისად ჩატარდება გამაგრების სამუშაოები.

მიწისქვეშა მილსადენების მონტაჟისას გრძელვადიანი ექსპლუატაციის გათვალისწინებით უნდა მომზადდეს თხრილი, კერძოდ 15 სანტიმეტრის სიღრმეზე უნდა მოხდეს მყარი ქვეშაგები ზედაპირის მოწყობა (მაგალითად, ხრემის ჩაყრით), შემდეგ საყრდენებზე მოეწყოს მილსადენი, მაქსიმალურად უნდა მოვერიდოთ თხრილის ფსკერის ნიადაგის გაფხვიერებას, თუ ვერ აღიკვეთა ნიადაგის გაფხვიერება, უნდა მოეწყოს გამაგრების ფენები (ქვეშაგები ფენა) დატვირთვების თანაბრად გადასანაწილებლად, როგორც ნახ. 4-ზე არის ნაჩვენები.



ნახ. 4. გაფხვიერებული ნიადაგის შემთხვევაში მილის თხრილის გამაგრების სქემა:

- 1 - ზედაპირი; 2 - საბოლოო შევსება; 3 - მილის დაფარვა; 4 - მილსადენის ზონა;
- 5 - პირველადი შევსება; 6 - მილის ქვეშაგები ფენა; 7 - თხრილის სიღრმე; 8 - თხრილის სიგანე ბოლო კვეთში; 9 - თხრილის სიგანე მილის გვირგვინით; 10 - თხრილის ფსკერი;
- α - თხრილის კედლის კუთხე.

თუ გრუნტი შედგება თიხისგან, ან ქვიშისგან, ამ შემთხვევაში უნდა მოეწყოს სადრენაჟო სისტემა. ქვეშაგებ ფენებს შეკუმშვის შემთხვევაში უნდა ქონდეს მინიმალური სისქე: მილის დიამეტრის 10%, ან მინიმუმ 15 სმ (ნახ. 4), თუ გრუნტი რბილია და ვერ უძლებს ზეწოლას, მაშინ დამატებით კიდევ 15 სანტიმეტრზე უნდა შეიცვალოს 1 ან 2 ჯგუფის გრუნტით [3].

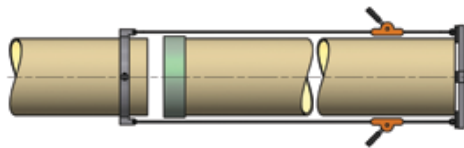
მილსადენის თხრილში ჩაშვებამდე უნდა გადამოწმდეს ყველა მოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობა, მილის ჩაშვების პროცესი უნდა იყოს მაქსიმალური სიფრთხილით წარმართული, რომ არ მოხდეს მილის დაზიანება ამწე მექანიზმის კაკვებით, ჯაჭვებით, რკინის ბასრი ნივთებით. მაგალითად, 6 მ-იანი მილის ჩაშვების

შემთხვევაში რეკომენდებულია მინიმუმ 2 ტექსტილის ღვედის გამოყენებით ჩავუშვათ მილის თხრილში და ასევე სიფრთხილვა საჭირო, რომ არ მოხდეს მილის დაცურება და პერსონალის ჯანმრთელობისთვის საფრთხის შექმნა.

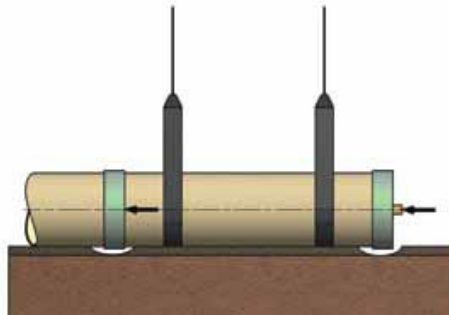
თხრილში მილსადენების ჩამონტაჟების შემდეგ, ხდება თხრილის შევსება ფენებად ისე რომ შესაძლებელი იყოს შემდეგ დატკეპნის სამუშაოების ჩატარება და ამ პროცესის შედეგად არ მოხდეს მილების გადაადგილება ან დაზიანება.

დატკეპნა უნდა განხორციელდეს ვიბრაციული დამჭერებით მაქსიმუმ 0,6 კნ ძალით, ან ბრტყელზედაპირიანი სატკეპნით მაქსიმუმ 5 კნ ძალით. უფრო ძლიერი მოწყობილობებით დატკეპნა შეიძლება 1 მეტრზე მეტი სისქის საფარის შემთხვევაში. მძიმე ტექნიკით ნიადაგის დატკეპნა მილსადენების თავზე დაუშვებელია.

განვიხილოთ GRP მილების შეერთების თავისებურებები. ჩვეულებრივ, სადაწნევო მილსადენები საკმაოდ გრძელია, ამიტომ ცალკეული მილების შეერთების ადგილებს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს. სურ. 1-ზე მოცემულია მილების შეერთების სახეობა და სურ. 2-ზე - შესაერთებელი აღჭურვილობა.



სურ. 1. მილების მექანიკური შეერთება მიმწვნი მიწის ფენებით



სურ. 2. მილების შესაერთებელი აღჭურვილობა

სურ. 3,ა-ზე წარმოდგენილია მილსადენების მექანიკური შეერთება, რომლის საშუალებით მილების შეერთება იმ შემთხვევაშიც კი შესაძლებელია, თუ მათი ნომინალური დიამეტრები მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისგან, ამ ტიპის შეერთების დროს შესაძლებელია სხვადასხვა მასალის მილსადენების ერთმანეთთან შეერთება. ასევე ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა ადვილად შეიცვალოს საჭიროების შემთხვევაში მილსადენის მცირე მონაკვეთი, რადგან ამ ტიპის შეერთება მარტივად შეგვიძლია

დავშალოთ მილების დაზიანების გარეშე. მიწისზედა მილსადენებში მექანიკური შეერთება შედგება უჟანგავი ფოლადის მილტუჩისაგან, რომელიც მაგრდება ჭანჭიკებით.

სურ. 3,ბ-ზე წარმოდგენილია მილების შეერთება GRP მასალით. ამ ტიპის გადაბმა დასაშვებია 300 მმ-მდე ნომინალური დიამეტრების დროს; სურ. 3,გ-ზე წარმოდგენილი შეერთება არტახებიან მილებში გამოიყენება, ასევე ერთნაირი მასალისაგან დამზადებული მილების შესაერთებლად.



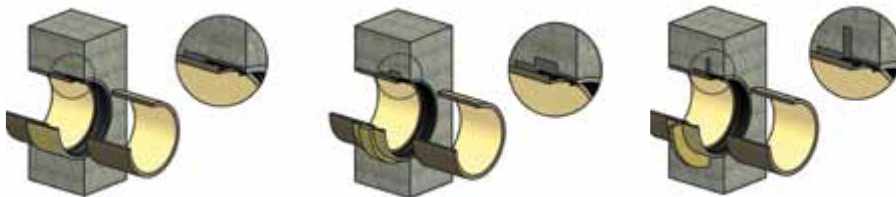
სურ. 3.

ა) მექანიკური შეერთება

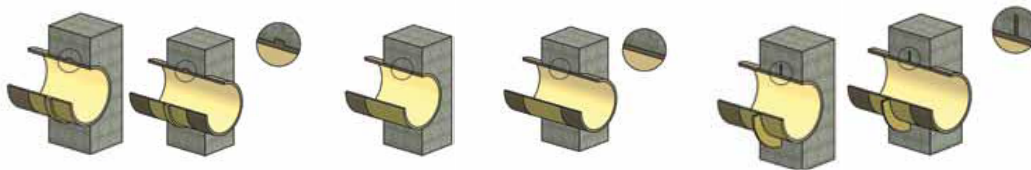
ბ) GRP შეერთება

გ) გილზით შეერთება

ბეტონთან GRP მილების შეერთების სახეები წარმოდგენილია სურ. 4-ზე და სტრუქტურული გადამყვანები კი - სურ. 5-ზე.



სურ. 4. ბეტონის საყრდენებში მილსადენების შეერთების სახეები

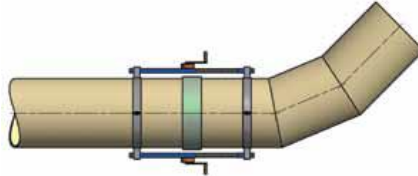


სურ. 5. სტრუქტურული გადამყვანები

ფიტინგების მონტაჟის სამუშაოები ანალოგიურია მილსადენების მონტაჟის სამუშაოებისა. მილსადენი და ფიტინგი ერთიდაიგივე მასალისგან მზადდება. მთავარი პრობლემა არის შეერთების ადგილზე ჭანჭიკების გადაჭერა, რაც ძალიან საყურადღებოა, რადგან შესაძლოა ზედმეტი ძალით გადაჭერის შემთხვევაში დაზიანდეს ფიტინგი, ამიტომ ზუსტად საჭირო ძალით უნდა მოხდეს გადაჭრა.

სურ. 6-ზე წარმოდგენილია ფიტინგის მონტაჟის სამუშაო დამხმარე მოწყობილობებით [4].

მიღების დამონტაჟის შემდეგ საჭიროა მათი ტესტირება, რადგან დადგინდეს, რომ მიღები, მიღების სახსრები და სხვა შეერთების და გამაგრების ნაწილები მჭიდროდ არის განხორციელებული და არ ხდება წყლის გაჟონვა. დამონტაჟებული მილსადენი უნდა აკმაყოფილებდეს საერთაშორისო სტანდარტს, მაგალითად, EN805 (მოთხოვნები გარეთა სისტემების წყალგაყვანილობების მიმართ) [5].



სურ. 6. ფიტინგის სამონტაჟო მოწყობილობა

GRP მილები ამჟამად ფართოდ არის გამოყენებული ჰესების მშენებლობის დროს მსოფლიო მასშტაბით და ზოგიერთი ჰესის რეაბილიტაციის შემდეგ ლითონის მილები ჩანაცვლეს GRP მილებით, მაგალითად, პოლონეთში მდებარე პორაბკა ჰესი (სიმძლავრე 12,5 მგვტ) [6]. აღნიშნულ ჰესში რეაბილიტაციის შემდეგ სამი ფოლადის სადაწნევო მილსადენი სრულიად ჩანაცვლდა GRP მილებით. ამ ტიპის მიღების გამოყენების მაგალითები არსებობს საქართველოშიც, რომლებიც არც თუ მრავალრიცხოვანია, მაგ., ახმეტაჰესის და რაჭაჰესის სადაწნევო სისტემებში.

აღსანიშნავია, რომ სასურველია GRP მიღების ფართოდ გამოყენება ჰესების სადაწნევო სისტემებში, ძირითადად მცირე ჰესებში, რადგან ამ ტიპის ჰესების მშენებლობა ერთ-ერთ პერსპექტიულ მიმართულებად მოიაზრება ქვეყნის ჰიდროენერგეტიკის განვითარების გზაზე ადგილობრივი ბუნებრივი და გარემოსდაცვითი პირობების გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. Mohamed S., Al-Madani R., Jarnaz M.. Past Experience for Defect Causes In GRP Pipe Manufacturing., Composite Materials and Structure. December 2018.
2. <https://www.iso.org/standard/33353.html#:~:text=ISO%20FTS%2010465%2D1%3A2007%20-describes%20the%20procedures%20for,installation%20of%20other%20GRP%20pipes.>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 12.07.2022.
3. https://www.hobas.com/wp-content/uploads/1712_HOBAS-Installation-Man-ual_E_web-pdf , უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 12.07.2022.
4. Stephen R.Swanson. Introduction to design and analysis with advanced composite materials, Prentice Hall. 1997.
5. <https://standards.globalspec.com/std/679872/DIN%20EN%20805>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 12.07.2022.
6. <https://www.flowtite.com/flowtite-grp-pipes-boost-hydropower-plant-porabka/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 12.07.2022.

PECULIARITIES OF INSTALLATION OF FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC PIPES (GRP) IN HYDRO POWER PLANT (HPP) PRESSURE SYSTEMS

L. Shatakishvili, N. Kikacheishvili, M. Mardaleishvili, J. Kvachantiradze.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 20-27. geo. sum geo. engl. rus.

Use of the fiberglass reinforced plastic (GRP) pipes in the pressure systems of HPPs has been started for more than two decades worldwide, and even an increasing trend of using these pipes, including at the hydropower facilities of Georgia, is observed at present. Pressure pipelines are highly responsible structures therefore it is relevant to study the issues of the use of GRP pipes as turbine pipelines of HPPs and the peculiarities of the installation of this type of pipes. The issues of correctly conducting the installation works ensuring a long-term reliable operation of the mentioned pipes are reviewed.

Ил. 10, bibl. 6.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ В НАПОРНЫХ СИСТЕМАХ ГЭС.

Л. Шатакишвили, Н.Кикачеишвили, М.Мардалеишвили, Дж.Квачантирадзе.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 20-27. груз. реф. груз. англ. рус.

Применение стеклопластиковых труб (GRP) в мировом масштабе началось более 20 лет назад. Сегодня отмечается все возрастающая тенденция их использования, в том числе на гидроэнергетических объектах Грузии. Напорные трубопроводы очень ответственные сооружения, поэтому актуально изучение вопросов специфичности монтажа GRP труб в качестве турбинных водоводов ГЭС. Рассмотрены вопросы корректного ведения работ при монтаже GRP труб, обеспечивающих их надёжную эксплуатацию на долгосрочный период.

Илл. 10, лит. 6 назв.

გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის
გაანგარიშება მდ. ცხენისწყლის მაგალითზე

ბაჩანა შიშია - აკად. დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: B.phiphia@gtu.ge

მარგალიტა მარდალეიშვილი - აკად. დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: M.mardaleishvili@gtu.ge

გიორგი ცივკარაშვილი - აკად. დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: giorgi.tsivkarashvili@gmail.com

ნატია კიკაჩიშვილი - აკად. დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი

E-mail: natia.kikach@yahoo.com

თამარ შოშიაშვილი - აკად. დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი

E-mail: t.shoshiashvili@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გამოთვლისას მნიშვნელოვანია გათვალისწინებული იყოს ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან ქვედა ბიეფში ეკოლოგიური წყალგაშვების სიდიდე. აღნიშნული საშუალებას იძლევა დადგინდეს ფაქტობრივი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელი იქნება გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გათვალისწინებით. ამ მიზნით ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდით ჩატარებულია მდ. ცხენისწყლის ჰ/ს რეგულაციის კვეთში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯისა და მისი შესაბამისი ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გაანგარიშება.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი, ეკოლოგიური ხარჯი, გარემოს დაცვა.

მდგრადი განვითარება, ეკონომიკის ზრდასთან ერთად, გულისხმობს გარემოსდაცვითი პირობების დაცვასაც. მდგრადი განვითარების ნაწილად ენერგეტიკული უსაფრთხოებაც მოიაზრება, რაც მოიცავს ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის განახლებადი სახეობების, მათ შორის ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენებას [1]. აღსანიშნავია, რომ ჰიდროენერგეტიკა განიხილება როგორც ქვეყნის ეკონომიკის საბაზო დარგი. ამასთან ჰიდროენერგია არის მნიშვნელოვანი განახლებადი ენერგორესურსი, მაგრამ ის ქმნის ადგილობრივი ეკოლოგიური ზემოქმედებების რისკებს.

ელექტროენერგიაზე მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილება თანამედროვე საზოგადოების ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა, რაც განსაკუთრებით იჩენს თავს არაგანახლებადი ენერგეტიკული რესურსების შემცირების კვალობაზე. ამ პირობებში დიდი მნიშვნელობა აქვს განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების შესაძლო სრულად ათვისებას.

მდინარეების წყალენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება მნიშვნელოვანია ნებისმიერი ქვეყნის ჰიდროგენერაციის განვითარების შესაძლებლობების პროგნოზირებისათვის. ამჟამად მდინარეების ჰიდროენერგეტიკული მარაგი ფასდება პოტენციალური, ტექნიკური და ეკონომიკური რესურსის მიხედვით [2, 3].

ჰიდროენერგეტიკის განვითარება საქართველოში დაკავშირებულია არა მხოლოდ წყალსაცავიანი ჰესების მშენებლობასთან, არამედ ჩამონადენის რეჟიმში მომუშავე სადგურების განხორციელებასთან, რომლებიც არ საჭიროებს წყალსაცავებს და რომლებიც ძირითადად, ხორციელდება დერივაციული სქემით. ამ შემთხვევაში გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით პრობლემას წარმოადგენს დერივაციის გასწვრივ არსებული მდინარის მონაკვეთის სათანადო რაოდენობის წყლით უზრუნველყოფა, რაც აუცილებელია ფლორისა და ფაუნის ძირითადი სასიცოცხლო პირობების შენარჩუნებისათვის, ასევე წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა (წყალმომარაგება, მელიორაცია) წყალ-მოთხოვნილების დაკმაყოფილების ჩამდინარე წყლების დაბინძურების დასაშვები ნორმების ფარგლებში შენარჩუნებისთვის.

აღსანიშნავია, რომ ზემოთ ნახსენები გარემოსდაცვითი, სამეურნეო და ჰიდროენერგეტიკული მოთხოვნების ერთდროულად შესრულება რთულ ამოცანას წარმოადგენს და, შესაბამისად, აღნიშნული განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს გამკაცრებული გარემოსდაცვითი მოთხოვნების ფონზე.

ყოველივე თქმული აუცილებელს ხდის ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან ქვემო ბიეფში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მიწოდებას, რომლითაც უზრუნველყოფილი იქნება მდინარის გაუწყლოებულ უბანზე ტექნიკური და ეკოლოგიური მოთხოვნილებები.

ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გარემოსდაცვითი წყალგაშვების აუცილებლობა ზემოქმედებას ახდენს მოცემულ წყალაღების კვეთში მდინარის ფაქტობრივი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის განსაზღვრაზე, ანუ ჰიდროელექტროსადგურის ენერგეტიკულ და ეკონომიკურ მახასიათებლებზე.

უნდა ითქვას, რომ საქართველოში ამჟამად არ არის შემუშავებული საკანონმდებლო რეგულაციები ჰიდროკვანძების წყალაღების გასწორიდან ქვედა ბიეფში აუცილებლად მისაწოდებელი წყლის ხარჯების განსაზღვრის შესახებ. თანამედროვე ეკოლოგიური მოთხოვნებისა და მოსახლეობის ნაწილის ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების მშენებლობისადმი უარყოფითი დამოკიდებულების ფონზე მნიშვნელოვანი დაბრკო-

ლებები ექმნება ახალი ჰესების მშენებლობის განხორციელებას. აღნიშნული არსებითად ამცირებს ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ტემპს, ხელოვნურად ზრდის ელექტროენერჯის დეფიციტს და უარყოფითად აისახება ქვეყნის ეკონომიკაზე. მნიშვნელოვანია იმ ზღვრული გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა, სამდინარო ქსელის თავისებურების გათვალისწინებით, რაც უზრუნველყოფს მაქსიმალურ ენერგეტიკულ ეფექტს მდინარის მონაკვეთის პოტენციალის ათვისებით [4].

ჰიდროელექტროსადგურების დაპროექტებისას გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის სიდიდედ მიღება წყალმიმღები ნაგებობის კვეთში მდინარის საშუალო მრავალწლიური წყლის ხარჯის 10%, რომელიც ვერ ჩაითვლება კორექტულად, რადგან არ არის მხედველობაში მიღებული ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: მდინარის საზრდოობის ტიპი და წყლიანობის რეჟიმი, გაუწყლოების არეალში ბიოლოგიური სისტემების და წყალსამეურნეო სუბიექტების მოთხოვნილება წყალზე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოთავაზებულია მდინარის ცალკეული წყალაღების გასწორისათვის გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენა ინდივიდუალურად მითითებული ფაქტორების გათვალისწინებით. მსგავსი მიდგომა საშუალებას მოგვცემს დაცული იყოს გარემოსდაცვითი წყალგაშვების პირობა ყველა გარემოსდაცვითი ფაქტორისა და ჰესის ეფექტური ფუნქციონირების პირობების ერთობლივი თანაბარი ხარისხით გათვალისწინებით, რაც ხელს შეუწყობს პერსპექტიული ჰიდროენერგეტიკული ობიექტების შედარებითი ეკოლოგიური ეფექტურობის დადგენას [5, 6].

გამომდინარე ზემოთ აღნიშნულიდან, შესაძლებელია შემოღებული იქნეს მდინარის „გარემოსდაცვითი ენერგეტიკული პოტენციალის“ ცნება, რომელიც ასახავს ფაქტობრივ ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს, რაც, თავის მხრივ, ძალიან მნიშვნელოვანია როგორც ტექნიკური, ისე საინვესტიციო მიმზიდველობის ასპექტში.

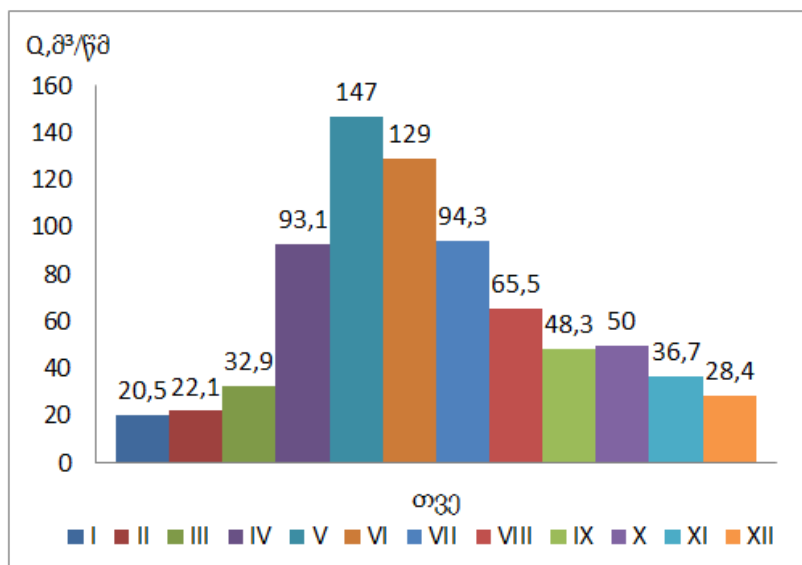
გარემოსდაცვითი პოტენციალის განსაზღვრის მიზნით ჩვენ მიერ მაგალითის სახით განხილულია მდ. ცხენისწყალის ჰ/ს რცხმელურის კვეთი. ამ კვეთის შერჩევა მოხდა ანთროპოგენური ზემოქმედების არარსებობის პირობიდან გამომდინარე, რადგანაც, როგორც ცნობილია, მოცემული კვეთის შემდეგ მდ. ცხენისწყლიდან ხდება წყლის გადაგდება/მიწოდება ლაჯანურჰესის წყალსაცავში და, შესაბამისად, ირღვევა ბუნებრივი პირობები.

ჰ/ს რცხმელურის კვეთისთვის ხელმისაწვდომია 1935-1937; 1939-1941; 1949-1955; 1959-1980 წლების ჰიდროლოგიური დაკვირვების მონაცემები. აღსანიშნავია, რომ ჰ/ს

რცხმელურის ჰიდროლოგიური რიგი აკმაყოფილებს რეპრეზენტატულობის (წარმომადგენლობითობის) მოთხოვნებს.

ჰ/ს რცხმელურის კვეთში მდ. ცხენისწყლის წყალშემკრები აუზის ფართობია $F = 1450 \text{ კმ}^2$, საშუალო სიმაღლე — $H_{საშ} = 2040 \text{ მ}$. 35-წლიანი ჰიდროლოგიური დაკვირვებების რიგის თანახმად ყველაზე წყალუბვი საშუალოთვიური ხარჯია მაისში (147 მ³/წმ), ხოლო წყალმცირე — იანვარში (20,5 მ³/წმ) (ნახ. 1). საშუალო წლიური წყლის ხარჯი (ნორმა) შეადგენს 64 მ³/წმ. საშუალო წლიური ჩამონადენი — 1439,7 მლნ.მ³.

მდ. ცხენისწყლის (ჰ/ს რცხმელურის კვეთი) კვებაში მონაწილეობს თოვლის (39,3%), წვიმისა (27,1%) და გრუნტის წყლები (33,6%) [7].



ნახ. 1. მდ. ცხენისწყლის ჰიდროგრაფი (ჰ/ს რცხმელური)

საქართველოს მდინარეებისათვის დამახასიათებელი არის საზრდოობის განსხვავებული სახეობები, რაც განაპირობებს 8 განსხვავებული წელიწადის რეჟიმის მქონე მდინარეთა ჯგუფს [8]. როგორც მდინარე ცხენისწყლის ამ კვეთის ჰიდროგრაფიდან ჩანს, აღნიშნული მდინარე მიეკუთვნება მე-2 ტიპის მდინარეთა ჯგუფს, კერძოდ მდინარეებს გაზაფხული-ზაფხულის წყალდიდობებით, რომლის შემთხვევაშიც წყალუბვი პერიოდის ჩამონადენი შეადგენს წლიური ჩამონადენის არანაკლებ 60%-ს და კონცენტრირებულია გაზაფხულ-ზაფხულში და, ამასთან, წყალუბვობის პერიოდის წყლის ხარჯები მნიშვნელოვნად აღემატება წლის დანარჩენი პერიოდის წყლის ხარჯებს. ჩვენ მიერ შემუშავებული მეთოდის შესაბამისად მე-2 ტიპის მდინარეებისთვის წყალმცირობის პერიოდში გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი შესაძლებელია მიღებულ იქნეს დაკვირვებული

მინიმალური წყლის ხარჯის საშუალო მნიშვნელობაზე (არსებული დაკვირვებების რიგის შესაბამისად), ხოლო წყალუხვობის პერიოდში - ამავე პერიოდის თითოეული თვის საშუალო თვიური წყლის ხარჯის 10%-ზე არანაკლები [9], აღნიშნული მეთოდით ეკოლოგიური წყლის ხარჯის დადგენის დროს გაუწყლოებულ უბანზე შენარჩუნებულია მდინარისთვის დამახასიათებელი ბუნებრივი წყლიანობის რეჟიმი, რაც პოზიტიურად აისახება მდინარის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

ჰ/ს რცხმელურის კვეთისათვის დაკვირვებული მინიმალური საშუალო წლიური ხარჯი 17,9 მ³/წმ-ს შეადგენს [8]. შესაბამისად იანვარ-მარტისა და აგვისტო-დეკემბრის პერიოდში სწორედ ეს ხარჯი უნდა იქნეს მიღებული როგორც გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდე, ხოლო წყალუხვობის (აპრილი-ივლისი) პერიოდში გარემოსდაცვით ხარჯად მიღებული იქნება საშუალო თვიური ხარჯების 10%. აღნიშნული მეთოდით გამოთვლილი გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯები მდ. ცხენისწყლის ჰ/ს რცხმელურის კვეთისთვის მოცემულია ცხრ. 1-ში.

ცხრილი 1

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშუალო
გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	17,9	17,9	17,9	9,31	14,7	12,9	9,43	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	15,8

ჩვენ მიერ მდ. ცხენისწყლის გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი გამოთვლილია ჰ/ს რცხმელურის კვეთისთვის. მიღებული გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

მდ. ცხენისწყლის ენერგეტიკული პოტენციალის ანგარიში

ცხრილი 2

ჰ/ს	წყალმ. აუზის ფართობი, კმ ²	აბს. ნიშნული, მ	მდ. ფსკერის ვარდნა უბანზე, მ	წყლის საშ. წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის საშ. ხარჯი უბანზე, გარემოსდაცვითი ხარჯის გათვალისწინებით, მ ³ /წმ	სიმძლავრე, ათასი კვტ
მდ. ხოფურის შენაკადის შემდეგ	1386,8	600	80	62,5	15,8	47,45	37,23
ჰ/ს რცხმელური	1450	520		64			

გაანგარიშებებით დადგინდა, რომ მდ. ცხენისწყლის ჰ/ს რცხმელურის კვეთის გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი 37,23 მგვტ-ს შეადგენს. აღნიშნული

სიდიდე დაახლოებით 25%-ით ნაკლებია 1987 წელს გამოქვეყნებულ შედეგთან შედარებით (აკადემიკოს გივი სვანიძის ხელმძღვანელობით გამოთვლილი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი) [10] და 16,6%-ით ნაკლები საშუალო მრავალწლიური ხარჯის 10%-ის გათვალისწინებით გამოანგარიშებულ გარემოსდაცვით ენერგეტიკულ პოტენციალზე.

აუცილებელია იმის აღნიშვნაც, რომ მომავალში, როდესაც შემუშავებული იქნება და საკანონმდებლო აქტით გაფორმდება გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის განსაზღვრის მეთოდოლოგია, გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის მხედველობაში მიღება უნდა მოხდეს კონკრეტული მდინარის კონკრეტული გასწორისათვის ხარჯის სიდიდეზე მოქმედი ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით.

ლიტერატურა

1. ფიფია ბ. მარდალეიშვილი მ. ხელიძე გ., საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის შესახებ. „ენერჯია“. №1(93). 2020. თბილისი.
2. IEC - International Electrotechnical Commission <http://www.iec.ch/>
3. Khelidze G, Shatakishvili L, Pipia B. Quantitative Assessment of Hydropower Potential by the Impacts of Climate Transformation on the Example of the Rivers of Georgia. World Science. 2019 Oct 31;1(10 (50)):4-9. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31102019/6712
4. ხელიძე გ., მარდალეიშვილი მ. გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის შეფასება საქართველოს განსხვავებული წყლიანობის რეჟიმის მდინარეებისათვის. „ენერჯია“. 2019. №1(89).
5. ლომიძე ი., ხელიძე გ., პატარაია კ., მარდალეიშვილი მ., საქართველოს მდინარეების გარემოსდაცვითი წყლის ხარჯის დადგენის პრინციპები ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებისათვის. „ენერჯია“. 2018. №2(86).
6. ლომიძე ი., ხელიძე გ., ჩოხელი ხ., მარდალეიშვილი მ., ეკოლოგიური წყლის ხარჯი და მისი განსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები. „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“. 2017. №3.
7. Владимирова Л А , Шакарашвили Д И , Габричидзе Т И. Водный баланс Грузии. Мецниереба: Тбилиси. 1974.
8. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.VI. Груз. ССР. Л.: Гидрометеоиздат. 1987.
9. მარდალეიშვილი მ., ჰიდროენერგეტიკული ობიექტებიდან გარემოსდაცვითი ხარჯის სიდიდის განსაზღვრა ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით. დისერტაცია. , საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2021.
10. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Л.: Гидрометеоиздат. 1987.

CALCULATION OF ENVIRONMENTAL HYDROPOWER POTENTIAL ON THE EXAMPLE OF THE TSKHENISTSKALI RIVER.

B. Pipia, M. Mardaleishvili, G. Tsivkarashvili, N. Kikacheishvili, T. Shoshiashvili.
"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 28-34. geo. sum geo. engl. rus.

When calculating the hydropower potential of rivers, it is important to consider the amount of ecological flow from the hydropower facilities downstream. This creates opportunity to determine the actual hydropower potential, which can be used in line with environmental requirements. For this purpose, according to the method developed by us, the calculation of environmental water consumption and its corresponding ecologically appropriate hydropower potential at the intersection of river Tskhenistskali Rtskhmeluri HS has been carried out.

Ill. 1, tabl. 2, bibl. 10.

РАСЧЕТ ПРИРОДООХРАННОГО ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ Р. ЦХЕНИСЦКАЛИ.

Б. Пипия, М. Мардалеишвили, Г. Цивкарашвили, Н. Кикачеишвили, Т. Шошиашвили.
"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 28-34. груз. реф. груз. англ. рус.

При расчете гидроэнергетического потенциала рек важно учитывать величину экологического попуска воды в нижний бьеф из гидроэнергетических объектов. Это позволяет определить реальный гидроэнергетический потенциал, который может быть использован при соблюдении природоохранных требований. С этой целью по разработанному нами методу проведен расчет экологического расхода воды и соответствующего ему экологически целесообразного гидроэнергетического потенциала р.Цхенисцкали в створе Рцхмелури.

Илл. 1, табл. 2, лит. 10 назв.

**ასინქრონული პრაქტიკის კონტროლისა და მართვის
ხარისხისათვის ავტომატიზებული გამოსაცდელ-
დიაგნოსტიკის სისტემები კომპიუტერული ტექნიკის
გამოყენებით**

თამაზ კოსტაძე - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი
E-mail: kthamaz@gmail.com
დათო მამანდარაშვილი - დოქტორანტი
E-Mail: datomaqandarashvili@gmail.com

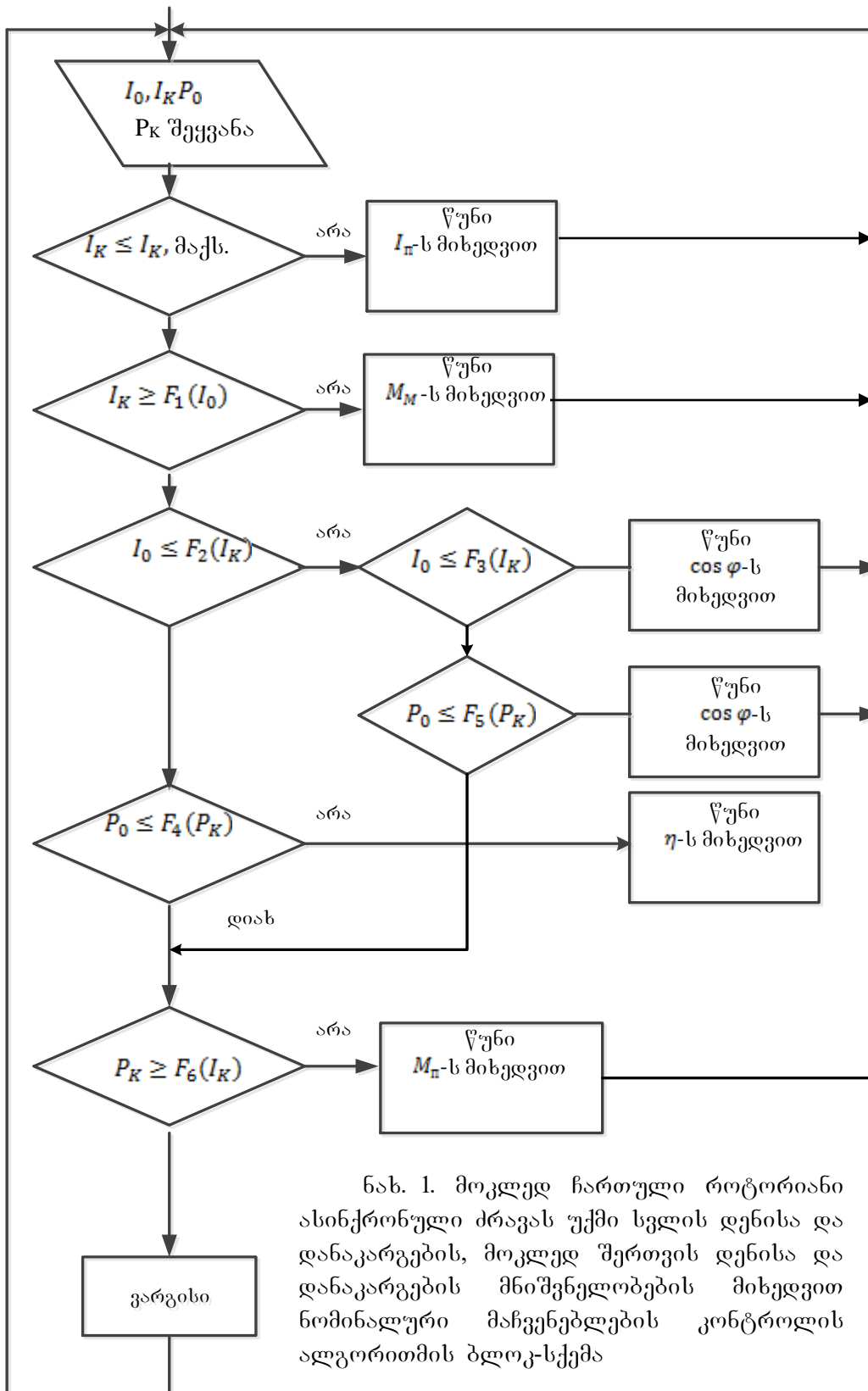
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია ასინქრონული პრაქტიკის კონტროლისა და მართვის ხარისხისათვის ავტომატიზებული გამოსაცდელ-დიაგნოსტიკის სისტემები კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით. დამუშავებულია: მოკლედ ჩართული როტორიანი ასინქრონული პრაქტიკის ნომინალური მაჩვენებლების კონტროლის ალგორითმის ბლოკ-სქემა უქმი სვლის დენისა და დანაკარგების, მოკლედ შერთვის დენისა და დანაკარგების მნიშვნელობების მიხედვით; ასინქრონული პრაქტიკის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის მიზეზების დიაგნოსტიკის ალგორითმის ბლოკ-სქემა. დამუშავებული ბლოკ-სქემების მიხედვით ხორციელდება ასინქრონული პრაქტიკის წუნდება და დიაგნოსტიკა, უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის რეჟიმების გაზომვის პარამეტრების შედეგების დამუშავების გზით.

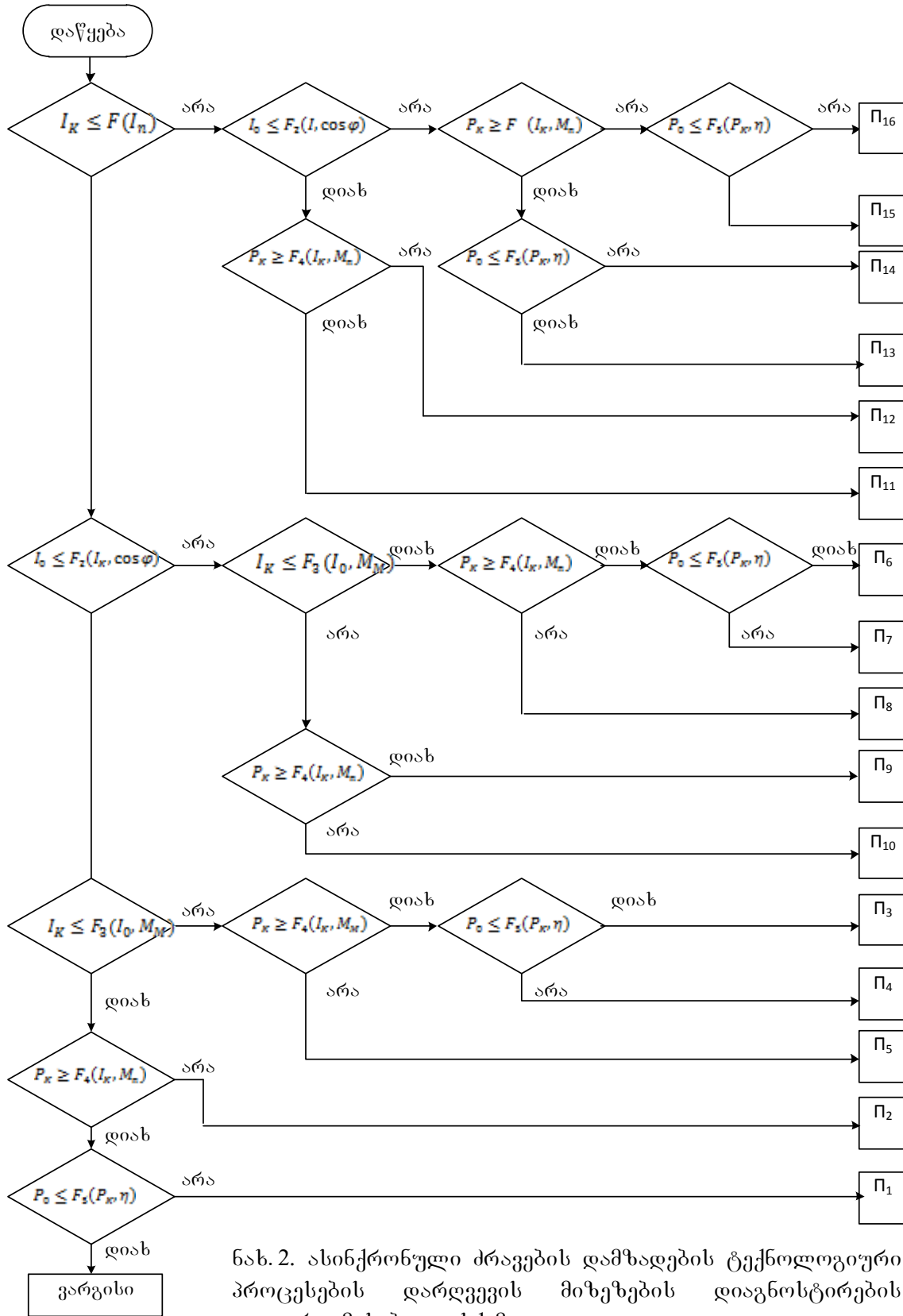
საკვანძო სიტყვები: ასინქრონული პრაქტიკა, კონტროლი, მართვა, გამოსაცდელ-დიაგნოსტიკის სისტემები, უქმი სვლა, მოკლედ შერთვა, ტექნოლოგიური პროცესები.

მთელ რიგ ელექტრომანქანათმშენებლობის ქარხნებში ხორციელდება ავტომატიზებული გამოსაცდელ-დიაგნოსტიკის სისტემები კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებით [1].

ნახ. 1-ზე მოცემულია მოკლედ ჩართული როტორიანი ასინქრონული პრაქტიკის ნომინალური მაჩვენებლების კონტროლის ალგორითმის ბლოკ-სქემა (I_o, P_o, I_k, P_k) უქმი სვლის დენისა და დანაკარგების, მოკლედ შერთვის დენისა და დანაკარგების მნიშვნელობების მიხედვით. ასინქრონული პრაქტიკის წარმოების პროცესში უქმი სვლის დენისა და დანაკარგების, მოკლედ შერთვის დენისა და დანაკარგების გადახრების მიზეზების დიაგნოსტიკის მეთოდიკა დადის დასაშვებ ზონაში წერტილების გადაადგილების მიმართულების განსაზღვრაზე. ეს მიმართულებები უჩვენებს 16 წუნის ნიშნებს (Π1 – Π16) [2,3].



ნახ. 2-ზე მოცემულია ასინქრონული ძრავას დამზადების ტექნოლოგიური პროცესის დარღვევის მიზეზების დიაგნოსტიკის ალგორითმის ბლოკ-სქემა.



ნახ. 2. ასინქრონული ძრავების დამზადების ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის მიზეზების დიაგნოსტიკის ალგორითმის ბლოკ-სქემა

ლოგიკური ანალიზის საფუძველზე გამოყოფილი აღნიშნული ალგორითმის მიხედვით, წუნის ნიშნები ედარება წუნის ტექნოლოგიურ მიზეზებს.

ავტომატიზებული გამოსაცდელი-დიაგნოსტიკის სისტემა “ტესტ-2” ეფუძნება კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენებას. ციფრული გაზომვა გამოიყენება სისტემებში უქმი სვლის დენისა და დანაკარგების, მოკლედ შერთვის დენისა და დანაკარგების ხორციელდება განსაკუთრებული ალგორითმით. შესაბამისი არხები გამოიყენება სისტემების გარდამქმნელების აწყობილია ანალოგიურ მაინტეგრირებელ გარდამქმნელებზე ცვლადი დენის (E 824 ტიპის) და სამფაზა წრედის სიმპლავრეზე (E 848 ტიპის) უნიფიცირებული გამოსავალი მუდმივი დენის სიგნალებით (0-5 მ.ა).

E 824 და E 848 ანალოგიურ-ციფრული გარდამქმნელები (აცგ) გამოსავალი სიგნალების სახით გამოიყენება აცგ 7077/1 ტიპის გარდამქმნელის არხების სივრცული დაყოფის გამოყენებით.

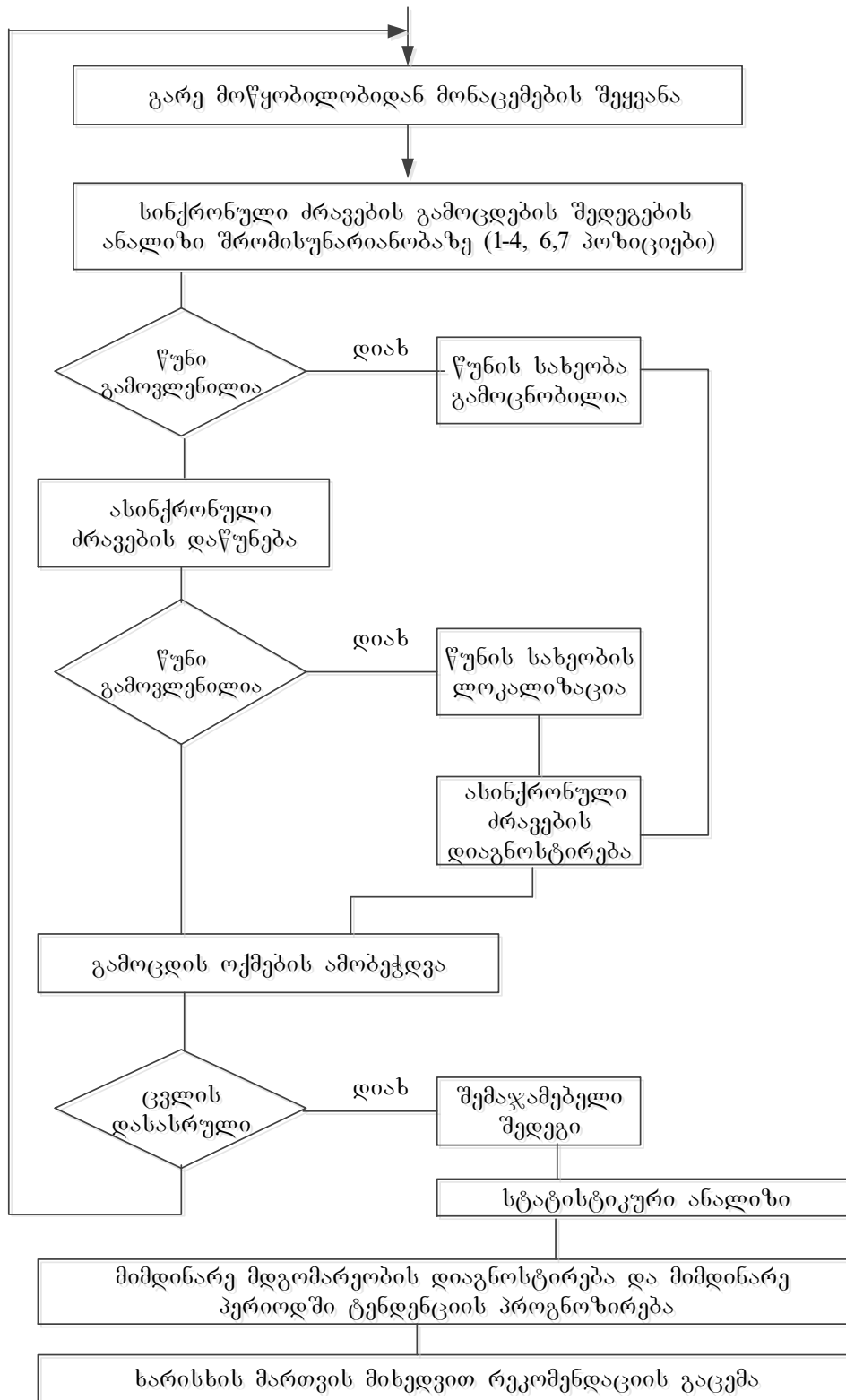
გარდა ამისა, გამოიყენება სისტემა “ტესტ-2” შეიცავს გარდამქმნის არხებს და ბინარულ (ორობითი) სიგნალებს, რომლებიც შეესაბამება სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით შესაბამის დაშვებას, რომელიც შეესაბამება ასინქრონული ძრავების გამოცდის შედეგებს.

სისტემა “ტესტ-2” ფუნქციონირებს გამოსაცდელ კონვეიერთან ერთად, რომელსაც აქვს ასინქრონული ძრავების გამოცდის შვიდი ძირითადი პოზიცია. გამოსაცდელი კონვეიერის პირველ პოზიციაზე მოწმდება ფაზის გაწყვეტა, მეორე პოზიციაზე მოწმდება გრაგნილის იზოლაციის წინაღობა ძრავას კორპუსის მიმართ და გრაგნილებს შორის. მესამე და მეოთხე პოზიციაზე ხორციელდება გრაგნილის ხვიათაშორისი იზოლაციის გამოცდა ელექტრულ მედეგობაზე. მეხუთე პოზიციაზე ელექტრული ძრავები გადის გამოცდებს მოკლედ შერთვისა და უქმი სვლის რეჟიმში. მეექვსე პოზიციაზე ხორციელდება გრაგნილის იზოლაციის გამოცდა კორპუსის მიმართ და გრაგნილებს შორის ელექტრულ მედეგობაზე, ხოლო მეშვიდე პოზიციაზე ელექტრული ძრავები გადის ვიბრაციულ გამოცდას.

გამოცდების დროს 1-4, 6 და 7 პოზიციებიდან, გამოიყენება სისტემის გავლით, წინაღობის ბლოკის შესასვლელზე მიეწოდება ბინარული სიგნალები. თუ შესაბამის პოზიციაზე ელექტროძრავა ვერ უძლებს გამოცდას, მაშინ გამოიმუშავებს “0” (დაბალ პოტენციალს), თუ უძლებს გამოცდას, მაშინ გამოიმუშავებს “1” (მაღალ პოტენციალს).

ასინქრონული ძრავას მეხუთე პოზიციაზე გამოცდის დროს, ე.ი. უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის რეჟიმში, გამოიყენება სისტემის დახმარებით ზომავენ დენს და დანაკარგებს.

ასინქრონული ძრავების პარამეტრების ციფრულ ეკვივალენტებს ანიჭებენ “BPO”



ნახ. 3.. “ტესტ-2” სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმის ბლოკ-სქემა

ნიშნებს და ისინი მიეწოდება წინააღმდეგობის ბლოკის შესასვლელზე. მოკლედ შერთვის რეჟიმში სიგნალ “BPO”-ს გააჩნია მაღალი პოტენციალი (“1”), ხოლო უქმი სვლის რეჟიმში – დაბალი პოტენციალი (“0”).

“ტესტ-2” სისტემის შეუღლების ბლოკი ახორციელებს გაცვლას გამზომი და მართვადი ინფორმაციების მართვადი გამომთვლელი მოწყობილობისა და გარე მოწყობილობებს შორის არხების დროს დაყოფის გზით. ასინქრონული ძრავების წუნდება და დიაგნოსტიკა ხორციელდება 1 და 2 ნახაზებზე გამოსახული ალგორითმების მიხედვით, გამოსაცდელი ელექტროძრავებისათვის უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის რეჟიმების გაზომვის პარამეტრების შედეგების დამუშავების გზით.

შემდეგ უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის პარამეტრების გაზომვის შედეგების დამუშავების გზით $(I_o, P_o, I_K, P_K, i = \overline{1, N})$ ვარგის ასინქრონულ ძრავებისათვის ახორციელებენ მათ სტატისტიკურ ანალიზს და საწარმოო პროცესის მოშლის პროგნოზირებას.

აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტა ხორციელდება უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის პარამეტრების გაზომვის შედეგების შედარებით – საკონტროლო ზონებთან გამოთვლილი მოცემული ტიპური ზომების ელექტროძრავებისათვის.

თითოეული ვარგისი ასინქრონული ძრავისათვის აფორმებენ გამოცდების ოქმს ძრავას რეკვიზიტებსა და პარამეტრების მნიშვნელობების ჩვენებით.

ასევე, ფიქსირდება გამოცდების სპეციალურ ოქმში დაწუნებული ასინქრონული ელექტროძრავების მონაცემები.

მიღება-ჩაბარების გამოცდების მასალების მიხედვით, დაგროვილი გარკვეული დროის ინტერვალში (ცვლა, დღე, კვირა, თვე და ა.შ) გამოიმუშავებენ რეკომენდაციებს გამოშვებული ელექტროძრავების ხარისხის მართვის მიხედვით.

“ტესტ-2” სისტემის ფუნქციონირების ალგორითმის ბლოკ-სქემა ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე. აღნიშნული მიმართულებით დიდი ყურადღება ენიჭება სტრუქტურულ-ალგორითმული მეთოდების გამოყენებას გამზომი სისტემების სიზუსტის ამაღლებისათვის.

ლიტერატურა

1. კობხრიძე თ. ელექტრომოწყობილობების გამოცდებისა და კონტროლის მეთოდები და საშუალებები. თბილისი:საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2013.
2. Вольдек А.И. Попов В.В. Электрические машины. Изд.-во Питербург. 2010.
3. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин. М.: Высшая школа. 2000.

AUTOMATED TEST-DIAGNOSTIC SYSTEMS FOR QUALITY AND MANAGEMENT CONTROL OF ASYNCHRONOUS MOTORS USING COMPUTER EQUIPMENT.

T. Kokhreidze, D. Makandarashvili.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 35-41. geo. sum geo. engl. rus.

Automated test-diagnostic systems for quality and management control of asynchronous motors using computer equipment are reviewed. The following have been processed: block diagram of the algorithm for controlling the nominal indicators of the asynchronous motors with short-circuited rotor according to the values of the idle current and losses, short-circuit current and losses; block diagram of the algorithm for diagnosing the causes of disruptions in the technological processes of manufacturing asynchronous motors. Tuning and diagnosis of the asynchronous motors are carried out according to the processed block diagrams by processing the results of measurement parameters of idle and short-circuit modes.

Ill. 3, bibl. 3.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ.

T. Кохреидзе, Д. Макандарашвили.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 35-41. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассматриваются автоматизированные испытательно-диагностические системы для контроля и управления качеством асинхронных двигателей с использованием компьютерной техники. Разработаны: блок-схема алгоритма контроля номинальных показателей асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором по значениям токов и потерь холостого хода и короткого замыкания; блок-схема алгоритма диагностирования причин нарушения технологического процесса изготовления асинхронных двигателей. На основе логического анализа выделены по этому алгоритму признакам брака сопоставляются технологические причины брака.

Илл. 3, лит. 3 наз.

**ასინქრონული ძრავების მიღება-ჩაბარების გამოცდების
შედეგების მიხედვით ნომინალური მაჩვენებლების
შესაბამისობის განსაზღვრა სტანდარტულ მოთხოვნებთან**

თამაზ კონრაძე - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

E-mail: kthamaz@gmail.com

დათო მაქანდარაშვილი - დოქტორანტი

E-Mail: datomaqandarashvili@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. დამუშავებულია ასინქრონული ძრავების მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით, ნომინალური მაჩვენებლების შესაბამისობის განსაზღვრა სტანდარტულ მოთხოვნებთან. დადგენილია კავშირი ნომინალური მაჩვენებლების, მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებთან. განსაზღვრულია მოკლედ შერთვისა და უქმი სვლის დენისათვის დასაშვები სიდიდეების არე, რომელიც მეტად მნიშვნელოვანია ასინქრონული ძრავების გამოცდების შედეგების მიხედვით ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის დიაგნოსტიკა.

საკვანძო სიტყვები: ასინქრონული ძრავები, უქმი სვლა, მოკლედ შერთვა, გამოცდები, ტექნოლოგიური პროცესები, დიაგნოსტიკა.

ასინქრონული ძრავების ნომინალური მაჩვენებლები, რომლის მნიშვნელობები დადგენილია სახელმწიფო სტანდარტის ან ტექნიკური პირობებით, შემდეგია: მ.კ. η , სიმძლავრის კოეფიციენტი $\cos \varphi$, მაქსიმალური მომენტი M_M . ხოლო მოკლედ ჩართული როტორიანი ასინქრონული ძრავისათვის, გარდა ამისა, საწყისი ამუშავების მომენტისა M_{II} და საწყისი ამუშავების დენის I_{II} .

აღნიშნულ მაჩვენებლებს განსაზღვრავენ მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით. აღნიშნოთ პარამეტრები მიღება-ჩაბარების გამოცდების მიხედვით: უქმი სვლის დენი და დანაკარგები ნომინალური ძაბვის დროს არის I_{σ}, P_{σ} ; მოკლედ შერთვის დენი და დანაკარგები მოკლედ შერთვის ძაბვის დროს $-U_K - I_K, P_K$. უქმი სვლისა და მოკლედ შერთვის გამოცდების მონაცემებს იყენებენ წრიული დიაგრამის ასაგებად, რომლის მიხედვით განისაზღვრება ნომინალური მაჩვენებლები [1].

ფუნქციონალური კავშირი ნომინალურ მაჩვენებლებთან და მიღება-ჩაბარების გამოცდის შედეგებთან შეიძლება გამოისახოს მიახლოებით (იმ სიზუსტით, რა სიზუსტითაც იგება წრიული დიაგრამა). ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ წრიულ დიაგრამას ამახინჯებს შემდეგი ფაქტორები: ამუშავების დროს როტორის გრაგნილებიდან დენის გამოდევნა; ელექტროძრავას ამუშავების დროს მაბრუნე მომენტის შესაბამისი დენის განზნევის ნაკადების გზის გაჟღენთვა; ფერომაგნიტური გულარას დამაგნიტების არახაზოვანი მახასიათებლები.

განსახილველი თანაფარდობის მიახლოებით განსაზღვრა სავსებით მისაღებია, თუ აუცილებელია განისაზღვროს დასაშვები სიდიდეების არე, მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებისათვის ნომინალური მაჩვენებლების მნიშვნელობის დროს. განვიხილოთ რა კავშირში იმყოფება ნომინალური მაჩვენებლები მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებთან.

საწყისი გამშვი დენი I_n შეიძლება მიღებული იქნას გაზომილი მოკლედ შერთვის I_K დენისაგან.

საწყისი გამშვი მომენტი M_n განისაზღვრება ძირითადად დანაკარგებით P_K და I_K დენით.

ელექტროძრავას მ.კ.კ. წარმოადგენს დანაკარგების ფუნქციას, რომელიც განისაზღვრება ძირითადად უქმი სვლისა P_n და მოკლედ შერთვის P_K დანაკარგებით.

სიმძლავრის კოეფიციენტი $\cos \varphi$ და მაქსიმალური მომენტი არის ფუნქცია მიღება-ჩაბარების გამოცდების ყველა პარამეტრების I_o, I_K, P_o, P_K . ამოცანის გადაწყვეტისათვის შეიძლება მივიღოთ $\cos \varphi_K = const$, როდესაც P_K იცვლება I_K -ს პროპორციულად. ასეთი დაშვება, როგორც ექსპერიმენტი აჩვენებს, ახლოსაა რეალობასთან და მცირე გავლენას ახდენს მიღებული შედეგების სიზუსტეზე.

ამგვარად, ნომინალურ მაჩვენებლებსა და მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებს შორის დამოკიდებულების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ

$$I_n = f(I_K); M_n = \varphi(I_K, P_K); \eta = F(P_o, P_K);$$

$$\cos \varphi \text{ და } M_M \approx \phi(I_o, I_K)$$

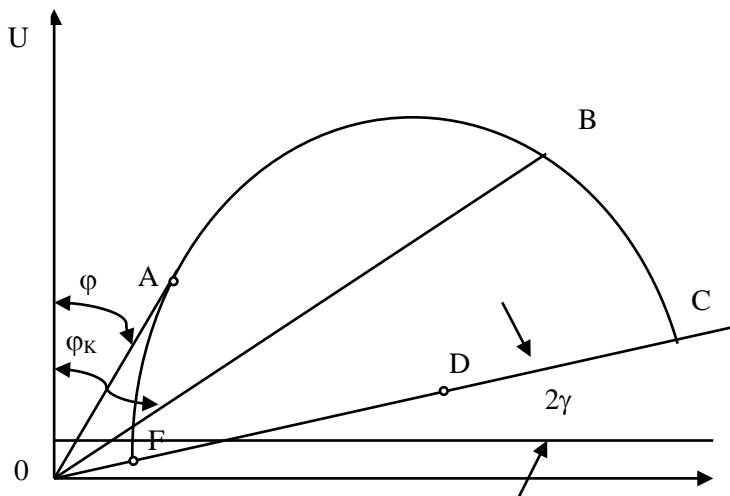
კოორდინატებში $I_o - I_K; P_o - P_K; I_K - P_K$ ავსგოთ დასაშვები სიდიდეების არეში, ელექტროძრავას ნომინალური მაჩვენებლები.

$I_o - I_K$ ზონის საზღვრები განისაზღვრება მინიმალური დასაშვები მნიშვნელობებით $\cos \varphi$, M_M და მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობით I_n .

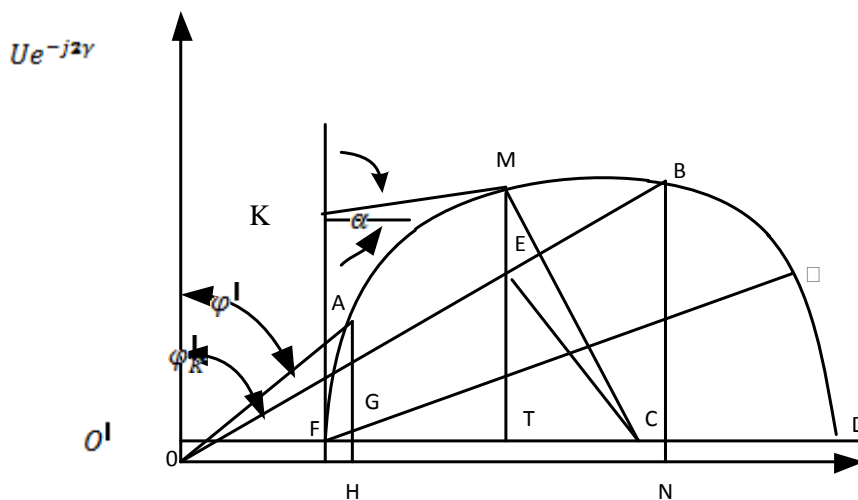
ფუნქციონალური კავშირის დამყარებისათვის $\cos \varphi = \phi(I_o, I_K), M_M = \phi(I_o, I_K)$ განვიხილოთ წრიული დიაგრამა (ნახ.1.) ძრავას მუშა რეჟიმისათვის. მოხერხებულობისათვის კოორდინატთა სისტემა მოვაბრუნოთ 2γ კუთხით, საათის ისრის ბრუნვის საწინააღმდეგოდ. მაშინ წრიული დიაგრამას ახალ კოორდინატთა სისტემაში ექნება შემდეგი სახე (ნახ. 2).

წრიულ დიაგრამაზე უქმი სვლის დენს I_o შეესაბამება OF მონაკვეთი, მოკლედ შერთვის დენს $I_n - OB$, ნომინალურ დენს I-OA, მანძილი კოორდინატთა სისტემის საწყისიდან წრიული დიაგრამის ცენტრამდე C-OC, წრიული დიაგრამის რადიუსი R-FD. ყველა ჩამოთვლილი სიდიდეები გამოსახულია დენის მასშტაბში, ამიტომ მოხერხებულია თანაფარდობის განსაზღვრისათვის მაქსიმალური მომენტის სიდიდესა

და წრიული დიაგრამის რადიუსს შორის პირობითად გამოვსახოთ მაქსიმალური მომენტი M_M , რომელსაც შეესაბამება KF მონაკვეთი. α - მომენტის ხაზის დახრის კუთხე.



ნახ. 1. ასინქრონული ძრავას წრიული დიაგრამა დენის გამოდევნისა და გაჟღენთვის მოვლენის გათვალისწინების გარეშე



ნახ. 2. ასინქრონული ძრავას წრიული დიაგრამა მობრუნებული 2γ კუთხით კოორდინატთა სისტემაში

ცნობილია, რომ

$$\operatorname{tg} \alpha = r_1 / X_K, \quad (1)$$

სადაც r_1 – სტატორის გრაგნილის წინაღობა; X_K – მოკლედ შერთვის ინდუქციური წინაღობა, რომელიც ტოლია

$$X_K = U / 2R, \quad (2)$$

სადაც U არის ფაზური ძაბვა; R – წრიული დიაგრამის რადიუსი.

წრიული დიაგრამიდან (ნახ.2) (1) და (2) გათვალისწინებით არაა ძნელი მივიღოთ თანაფარდობა მაქსიმალურ მომენტსა M_M (მონაკვეთი KF) და რადიუსს R (მონაკვეთი FC) შორის:

$$R = \frac{M_M}{\sqrt{1 - 4M_M r_1 / U}} \quad (3)$$

ჩაწერის მოხერხებულობისათვის ავღნიშნოთ:

$$I_{\Pi} \cos \varphi_K^I = I_{\Pi A}; I_1 \cos \varphi^I = I_A; \quad (4)$$

$$I_{\Pi} \sin \varphi_K^I = I_{\Pi R}; I_1 \sin \varphi^I = I_R; \quad (5)$$

მივიღოთ $I_o = OF \approx O^I F$

ვიპოვოთ $I_o = \varphi(C, R);$

$$I_o = C - R \quad (6)$$

თუ მხედველობაში არ მივიღებთ P_o სიდიდეს I_A და $I_{\Pi A}$ სიდიდეებთან შედარებით, მაშინ შეიძლება დავამყაროთ მიახლოებითი კავშირი $I_n = f(R, C);$

$$I_n = c \sin \varphi_K^I + \sqrt{R^2 - C^2 \cos^2 \varphi_K^I} \quad (7)$$

A და B წერტილებიდან თანაბრად დაშორებულ წერტილისათვის შევადგინოთ განტოლება:

$$\sqrt{(X - I_R)^2 + (Y - I_A)^2} = \sqrt{(X - I_{\Pi R})^2 + (Y - I_{\Pi A})^2}.$$

გარდაქმნის შემდეგ მივიღებთ

$$I_{\Pi}^2 - I_1^2 - 2(I_{\Pi R} - I_R)X - 2(I_{\Pi A} - I_A)Y = 0 \quad (8)$$

როდესაც ვიპოვით წრიული დიაგრამის აბსცისის ცენტრს $X_c = C$

$$C = \frac{0,5(I_{\Pi}^2 - I_1^2)}{I_{\Pi R} - I_R} \quad (9)$$

განვსაზღვროთ:

$$R = f(I_1, C); \quad (10)$$

$$AC^2 = (O^I C - O^I G)^2 + AG^2 \quad (11)$$

მივიღოთ, რომ $AG \approx AH = I_A$, მაშინ

$$R^2 = (C - I_R)^2 + I_A^2 \quad (12)$$

მიღებული დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ ზონის საზღვრები $I_o - I_K$ დასაშვები მნიშვნელობებისათვის $I_{\Pi}, \cos \varphi, M_M$.

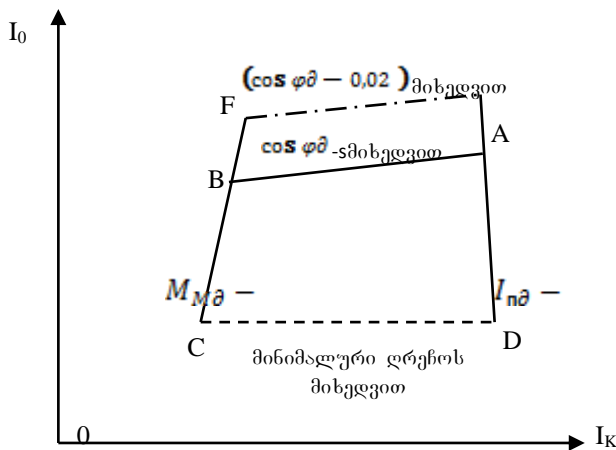
პირველ რიგში განვსაზღვროთ ეს საზღვრები გამარტივებული წრიული დიაგრამის მიხედვით.

მაქსიმალური დასაშვები გამშვი დენის $I_{\Pi A}$ ზღვარი განისაზღვრება ფორმულით:

$$I_{K.A} = I_{n.A} \frac{U_K}{U_n}, \quad (13)$$

სადაც $I_{K.A}$ არის მოკლედ შერთვის დენის მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობა; U_n – ძრავას ნომინალური ხაზური ძაბვა; U_K – მოკლედ შერთვის ძაბვა, რომლის მნიშვნელობის დროს იზომება I_K დენი.

მიღებული მოკლედ შერთვის დენის მნიშვნელობის მიხედვით, $I_{K.A}$ კოორდინატებში $I_0 - I_K$ შეიძლება გავატაროთ ზღვარი $I_0 - I_K$ ზონის მაქსიმალური დასაშვები გამშვი დენის მიხედვით (ხაზი EД, ნახ. 3) შემდეგში ნაჩვენები იქნება, როგორ გავითვალისწინოთ გაჟღერება $I_{K.A}$ სიდიდეზე [2,3].



ნახ. 3. $I_0 - I_K$ ცვლილების დასაშვები ზონა

განვსაზღვროთ ზონის საზღვარი სიმძლავრის კოეფიციენტის $\cos \varphi_A$ მაქსიმალური დასაშვები მნიშვნელობისათვის. ეს მნიშვნელობა განისაზღვრება ГОСТ183-74-ის მიხედვით სიმძლავრის კოეფიციენტის შესახებ. განვსაზღვროთ მაქსიმალური დასაშვები მუშა დენი I_{1M} , $\cos \varphi_A$ და მინიმალური მ.კ.კ. მნიშვნელობის დროს.

$$I_{1M} = \frac{P}{3U\eta_H \cos \varphi_A} \quad (14)$$

საზღვარი $I_0 - I_K$ ზონაში, $\cos \varphi_A$ -ს მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს, თუ ვიპოვით თანაფადრობას I_0 და I_K შორის, როდესაც $I_1 = I_{1M}$ და $\cos \varphi = \cos \varphi_A$. ამისათვის უნდა მიეწოდოს I_K დენის რიგი მნიშვნელობები და ვიპოვოთ შესაბამისი მნიშვნელობები I_0 , გამოვიყენოთ ფორმულები (6), (9) და (12).

დავუშვათ $I_K = I_{K.A}$. მანძილი C_1 -დან წრიული დიაგრამის ცენტრამდე, გავლილი $I_{n.A}$ და I_{1M} ვექტორების ბოლოების გავლით, განისაზღვრება (9) როდესაც $I_n = I_{n.A}$; $I_1 = I_{1M}$; $\varphi^I = \varphi_A$

$$C_1 = \frac{0,5(I_{\text{н.д}}^2 - I_{1M}^2)}{I_{\text{н.д}} \sin \varphi' - I_{1M} \sin \varphi'}. \quad (15)$$

(12) ფორმულის მიხედვით – წრის რადიუსი R_1

$$R_1 = \sqrt{(C_1 - I_{1M} \sin \varphi')^2 + I_{1M}^2 \cos^2 \varphi'}. \quad (16)$$

(6)-ის მიხედვით გამოითვლება უქმი სვლის დენი I_{01} , რომელსაც შეესაბამება $I_{K.д}$:

$$I_{01} = C_1 - R_1. \quad (17)$$

მოძებნილი წერტილი კოორდინატებით $(I_{K.д}, I_{01})$ წარმოადგენს სიდიდეების არეს საზღვრების გადაკვეთის წერტილს (წერტილი A, ნახ. 3). ($I_0 - I_K$) არე $I_{\text{н.д}}$ -ს და $\cos \varphi_{\text{д}}$ -ს მიხედვით).

$\cos \varphi_{\text{д}}$ -ს მიხედვით არეს სხვა წერტილების მიღებისათვის შეიძლება მიეწოდოს რიგი I_K მნიშვნელობა (ნაკლები $I_{K.д}$) და განისაზღვროს შესაბამისი I_0 მნიშვნელობა წრიული დიაგრამისათვის, გავლილი I_{1M} დენის ვექტორის ბოლოში (ნახ.4), მეორე მხრივ, შევამციროთ I_K დენის მნიშვნელობა წრისათვის, გამავალი A წერტილში, განსაზღვრულ ზღვრამდე, რომელიც ადგენს მაქსიმალური მომენტის მინიმალურ დასაშვებ სიდიდეს.

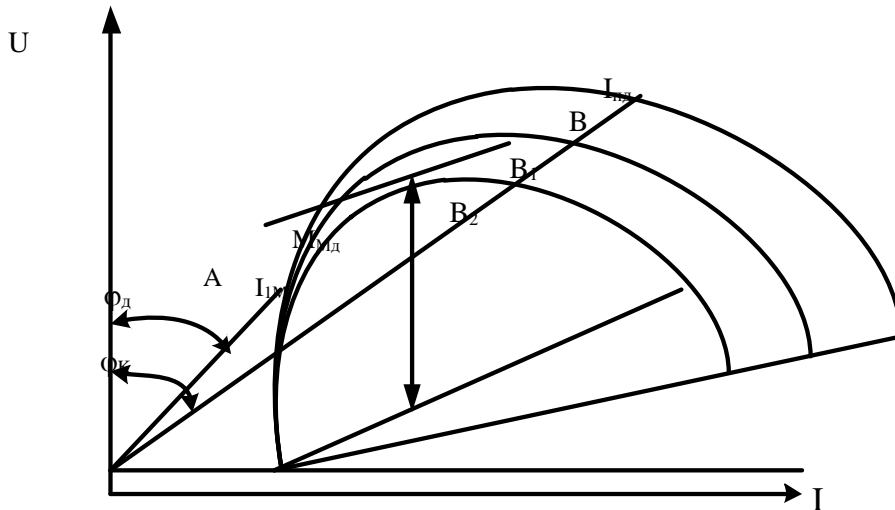
განვსაზღვროთ ეს ბოლო წერტილი $\cos \varphi_{\text{д}}$ -ს არეს მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს, აგრეთვე, წერტილს არეს გადაკვეთისა $\cos \varphi_{\text{д}}$ და $M_{M.д}$ -ს მიხედვით. ვინაიდან საძიებელი წერტილი იმყოფება ზღვარზე $M_{M.д}$ -ს მიხედვით, მაშინ (3)-ის მიხედვით პოულობენ მოცემული ელექტროძრავისათვის წრიული დიაგრამის მინიმალურ დასაშვებ $R_{M_{\text{ინ}}}$ რადიუსს, როდესაც მაქსიმალური მომენტის $M_{M.д}^A$ უმცირესი დასაშვები სიდიდე პირობითად გამოსახულია დენის მასშტაბში.

მანძილი C_2 წრიული დიაგრამის ცენტრამდე, $R_{M_{\text{ინ}}}$ რადიუსით და გამავალი A და B₂ წერტილებში (ნახ. 4), განისაზღვრება (12).

(6), (7) გამოყენებით შესაბამის I_{02} და I_{K2} მნიშვნელობებით, რომლის კოორდინატები განისაზღვრება წერტილით ზღვარის გადაკვეთით $\cos \varphi_{\text{д}}$ და $M_{M.д}$ -ს მიხედვით $I_0 - I_K$ არეში (წერტილი B, ნახ. 3).

ამგვარად, განსაზღვრულია საძიებო ზღვარის ორი წერტილი $\cos \varphi_{\text{д}}$ მიხედვით.

(6), (7), (9 და (12) ფორმულებიდან ჩანს, რომ ზღვარი $\cos \varphi_{\text{д}}$ -ს მიხედვით არახაზოვანია, ამიტომ აუცილებელია კიდევ ერთი წერტილის საძიებო ზღვარის პოვნა. ამისათვის უნდა მიეწოდოს მნიშვნელობა $I_{K2} (I_{K2} < I_{K2} < I_{K.д})$ და ფორმულების(15), (16) და (17) გამოყენებით “1” ინდექსის შეცვლით “3”-ით, C, R და I₀ შემთხვევაში



ნახ. 4. I_o და I_K შორის თანაფარდობის განსაზღვრა, გამომდინარე $\cos \varphi_d$ -დან

ვიპოვოთ I_{03} .

სამი ნაპოვნი წერტილით, პრაქტიკისათვის საკმარისი სიზუსტით, კოორდინატებში $I_o - I_K$ შეიძლება აიგოს ზღვარი $\cos \varphi_d$ -ს მიხედვით (ხაზი AB ნახ. 3).

სტანდარტი ГОСТ 183-74 იძლევა საშუალებას გვეკონდეს $\cos \varphi$ მნიშვნელობა 0,02-ზე ქვემოთ დასაშვები $\cos \varphi_d$, თუ

$$(\cos \varphi_d - 0,02) \eta \geq \cos \varphi_d \eta_d. \quad (18)$$

(18)-ის გათვალისწინებით, ვადგენთ დამატებით ზღვარს ზონაში $I_o - I_K$ მიხედვით $(\cos \varphi_d - 0,02) = \cos \varphi_{d,d}^1$.

განვსაზღვროთ მაქსიმალური დასაშვები მუშა დენი, როცა გვაქვს მინიმალური დასაშვები $\cos \varphi$ და მ.ქ.კ.

$$I_{1M}^1 = \frac{P}{3U \cos \varphi_{d,d} \eta_d}. \quad (19)$$

ახლა მარტივად შეიძლება ვიპოვოთ თანაფარდობა I_o და I_K შორის, რომლის დროსაც $I_1 = I_{1M}^1$ და $\cos \varphi = (\cos \varphi_d - 0,02)$. ამისათვის მიღებულია მივაწოდოთ რიგი მნიშვნელობები I_K დენის და ვიპოვოთ შესაბამისი I_o მნიშვნელობა, გამოვიყენოთ ფორმულები (15)-(17), როდესაც $I_1 = I_{1M}^1$, $\cos \varphi' = \cos \varphi_{d,d}^1$. დასაშვები არეს ანგარიშებმა გვიჩვენეს, რომ ზღვრები $(\cos \varphi_{d,d} - 0,02)$ და $\cos \varphi_d$ -ს მიხედვით პრაქტიკულად ეკვივალენტურია. ამიტომ არეს საზღვრების ანგარიშის $(\cos \varphi - 0,02)$ მიხედვით, შეიძლება გავამარტივოთ, ვიანგარიშოთ მხოლოდ ერთი წერტილი საძიებელი ზღვარის, რომლის შემდეგ გავატაროთ მრუდი, ეკვივალენტური ზღვრის $\cos \varphi_d$ -ის მიხედვით. ანგარიში მოსახერხებელია ჩავატაროთ მნიშვნელობისათვის $I_K = I_{K,d}$, საძიებელ

მნიშვნელობას შესაბამის უქმი სვლის დენის I_{01}^I განსაზღვრავენ იმის ანალოგიურად, როგორც ეს განხორციელებული იყო I_{01} -ის აგების დროს.

განვსაზღვროთ ზღვარი $M_{M.დ}$ -ს მიხედვით. რადგანაც ელექტროძრავას, მინიმალური დასაშვები მაქსიმალური მომენტი შეესაბამება განსაზღვრულ დიამეტრს ($R_{M.ინ}$ რადიუსი) წრიული დიაგრამის, მაშინ შეიძლება განისაზღვროს თანაფარდობა I_0 და I_K -ს შორის, რომლის დროსაც წრიული დიაგრამის რადიუსი იქნება $R_{M.ინ}$. ერთი წერტილი ზღვარის $M_{M.დ}$ მიხედვით განსაზღვრულია (გადაკვეთის წერტილი ზღვარის $\cos \varphi_d$ და $M_{M.დ}$ მიხედვით I_{02}, I_{K2} კოორდინატებთან).

მეორე წერტილის განსაზღვრისათვის ვაწოდებთ მნიშვნელობას $I_0 = I_{0M.ინ}$ (6)-ის გამოყენებით, ვიპოვით

$$C_{M.ინ} = R_{M.ინ} + I_{0M.ინ}, \quad (20)$$

ხოლო (7)-ის მიხედვით შესაბამისი მნიშვნელობა $I_{K.M.ინ}$:

$$I_{K.M.ინ} \frac{U_n}{U_k} = C_{M.ინ} \sin \varphi_K^I + \sqrt{R_{M.ინ}^2 - C_{M.ინ}^2 \cos^2 \varphi_K^I}. \quad (21)$$

ანგარიშები გვიჩვენებს, რომ ჩვენთვის საინტერესო მონაკვეთზე ზღვარის $M_{M.დ}$ -ს მიხედვით პრაქტიკულად არ განსხვავდება ხაზოვანისაგან. ამიტომ ანგარიშის გამარტივების მიზნით შეიძლება არ განვსაზღვროთ ზღვარის მესამე წერტილი $M_{M.დ}$ -ს მიხედვით, მხოლოდ გავატაროთ ზღვარი $M_{M.დ}$ -ს მიხედვით ორი წერტილით კოორდინატები $I_{02}, I_{K2}, I_{0M.ინ}, I_{K.M.ინ}$.

ამგვარად, კოორდინატთა სისტემაში (I_0-I) შეიძლება აიგოს დასაშვები ზონა (ნახ.3), შემოფარგლული სამი მხრიდან: მოკლედ შერთვის დენების მინიმალური და მაქსიმალური, უქმი სვლის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა. უქმი სვლის დენის მინიმალური დასაშვები მნიშვნელობა განისაზღვრება ორი პარამეტრით: საჰაერო ღრეჩოსა და მაგნიტომამოძრავებელი ძალის სიდიდის დასაშვები მინიმალური მნიშვნელობით, გამავალი მაგნიტური წრედის ფერომაგნიტურ მონაკვეთზე. საჰაერო ღრეჩოს საშუალო მნიშვნელობის ნორმის სტანდარტით არ ადგენენ, მას განსაზღვრავენ კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური დაშვებით. ჩვეულებრივად ის შეადგენს -10%. მაგნიტომამოძრავებელი ძალის (მ.მ.ძ) მინიმალური სიდიდე, მოსული ფერომაგნიტური უბანზე, ბუნებრივად, არაა შეზღუდული. ამიტომ არეს I_0-I მეოთხე გვერდი ($I_{0M.ინ}$ სიდიდის მიხედვით) შეიძლება შეზღუდული იქნას პირობითად.

მივიღოთ, რომ მ.მ.ძ ფერომაგნიტურ უბანზე შეიძლება იყოს ანგარიშთან შედარებით 30%-ით ნაკლები. მაშინ დასაშვები მინიმალური სიდიდის უქმი სვლის დენი შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი სახით: უქმი სვლის დენი დავშალოთ ორ მდგენელად:

მმ-ისგან მოსული საჰაერო ღრეჩოზე, I_o/K_μ (სადაც K_μ არის გაჟღენთვის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია ფარდობისა ჯამური მმ-ის საჰაერო ღრეჩოსთან მმ-თან) და მმ-ისგან მოსული ფერომაგნიტურ უბანზე, $I_o \left(1 - \frac{1}{K_\mu}\right)$, როდესაც

$$I_{\text{ომინ}} = 0,9 \frac{I_o}{K_\mu} + 0,7 I_o \left(1 - \frac{1}{K_\mu}\right) = I_o \left(0,7 + \frac{0,2}{K_\mu}\right). \quad (22)$$

სიდიდეები I_o და K_μ (4.5)-ში შეიძლება აღებული იქნას ელექტროძრავას ანგარიშიდან.

ასე განისაზღვრება არეს $I_o - I_K$ ზღვარი უქმი სვლის მინიმალური დენის მიხედვით. მეორე მხრივ, მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ მითითებული ზღვარი არ არის გარანტია მინიმალური საჰაერო ღრეჩოსი, რადგან ზღვარის მდგომარეობა დამოკიდებულია არა მარტო საჰაერო ღრეჩოს სიდიდეზე. ამიტომ უქმი სვლის დენის ზღვარი, მინიმალური მნიშვნელობის მიხედვით (ხაზი **CD** ნახ. 3) განვიხილოთ როგორც პირობითი.

ლიტერატურა

1. კობრეიძე თ. ელექტრომომწყობილობების გამოცდებისა და კონტროლის მეთოდები და საშუალებები. თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2013, გვ.178.
2. Котеленец Н.Ф., Акимова Н.А. Антонов М.В. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин. М.: Академия. 2003.
3. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин. М.: Высшая школа. 2000.

DETERMINATION OF COMPLIANCE OF NOMINAL INDICATORS WITH STANDARD REQUIREMENTS ACCORDING TO THE RESULTS OF THE ACCEPTANCE-TRANSFER TESTS OF ASYNCHRONOUS MOTORS.

T. Kokhreidze, D. Makandarashvili.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 42-51. geo. sum geo. engl. rus.

Determination of the compliance of nominal indicators with standard requirements according to the results of the acceptance-transfer tests of asynchronous motors is elaborated. Relationship of the nominal indicators with the acceptance-transfer test parameters is established. The range of the permissible values for the short-circuit and idle current is defined, which is very important for diagnosing the violation of technological processes according to the results of asynchronous motor tests.

Ill. 4, bibl. 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ НОМИНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕБОВАНИЯМ СТАНДАРТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ.

Т. Кохреидзе, Д. Макандарашвили.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 42-51 груз. реф. груз. англ. рус.

Разработано определение соответствия номинальных показателей асинхронных двигателей требованиям стандартов по результатам приемо-сдаточных испытаний. Установлена связь с номинальными показателями с параметрами приемо-сдаточных испытаний. Определены допустимые зоны для токов холостого хода и короткого замыкания, которые очень важны для диагностирования нарушений технологического процесса по результатам приемо-сдаточных испытаний асинхронных двигателей.

Илл. 4, Лит. 3 наз.

**ასინქრონული ძრავების გამოცდების შედეგების მიხედვით
ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევების დიაგნოსტიკა**

თამაზ კონრაძე - ტექ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი
E-mail:kthamaz@gmail.com;

დათო მაქანდარაშვილი - დოქტორანტი
E-Mail:datomaqandarashvili@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია ასინქრონული ძრავების გამოცდების შედეგების მიხედვით მისი ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის დიაგნოსტიკა. ნაჩვენებია, რომ ასინქრონული ძრავების გამოცდამ უნდა არა მხოლოდ გამოავლინოს ელექტროძრავების მაჩვენებლების შესაბამისობა ტექნიკურ მოთხოვნებთან, არამედ შექმნას საფუძველი დამზადების ხარისხის მართვაში. რადგან მიღება-ჩაბარების გამოცდის შედეგები ფასდება ამ გამოცდების სამი წყვილი პარამეტრის შერწყმით, უნდა ჩავატაროთ ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევების საორიენტაციო დიაგნოსტიკა.

საკვანძო სიტყვები; ასინქრონული ძრავები, ტექნოლოგიური პროცესები, დარღვევების დიაგნოსტიკა, დამზადების ხარისხი.

მიღება-ჩაბარების გამოცდების (I_o, I_K, P_o და P_K) პარამეტრებზე ზონები გათვლილია ელექტროძრავების ნომინალურ მაჩვენებლებზე აღნიშნული დაშვებების გათვალისწინებით, რომლებიც მოგვიწოდებენ განვახორციელოთ შემოწმება ელექტროძრავების ნომინალურ მაჩვენებლებზე მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით.

ამ მიზნით მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით, უნდა დავიტანოთ $I_o - I_K$; $P_o - P_K$ და $I_K - P_K$ კოორდინატებში წერტილები, რომლებიც შეესაბამება მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრების მნიშვნელობებს, სადაც I_o -უქმი სცვლის დენი; I_K -მოკლედ შერთვის დენი, P_o -დანაკარგები ნომინალური ძაბვის დროს, P_K -დანაკარგები მოკლედ შერთვის ძაბვის დროს. წერტილების მოხვედრა ყველა დასაშვები ზონის შიგნით მეტყველებს შესაბამისობაზე გამოცდილი ძრავების ნომინალური მაჩვენებლების სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით, ტექნიკური პირობების მოთხოვნებთან. თუ თუნდაც ერთი წერტილი გამოდის ნებისმიერი ზონის ზღვრიდან, ეს მოწმობს იმაზე, რომ ელექტროძრავას ერთი ნომინალური მაჩვენებელი ვერ აკმაყოფილებს სახელმწიფო სტანდარტის მოთხოვნებს.

წერტილების მდებარეობის მიხედვით ზონებში (იმ შემთხვევაში, თუ ყველა ისინი აღმოჩნდა ზონის შიგნით) შეიძლება წარმოდგენა მივიღოთ გამოცდილი ძრავას

ნომინალური პარამეტრების სიდიდეზე. ამისათვის უნდა გვექონდეს ზონაში შერჩეული მასშტაბი ნომინალური მაჩვენებლების გასაზომად.

ამგვარად, აღწერილი დასაშვები ზონის საშუალებით შეიძლება შემოწმდეს და განისაზღვროს ელექტრული ძრავების ნომინალური მაჩვენებლები მხოლოდ მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით.

ასინქრონული ძრავების გამოცდამ არა მხოლოდ უნდა გამოავლინოს ელექტროძრავების მაჩვენებლების შესაბამისობა ტექნიკურ მოთხოვნებთან, არამედ შექმნას საფუძველი დამზადების ხარისხის მართვაში. რადგან მიღება-ჩაბარების გამოცდის შედეგები ფასდება ამ გამოცდების სამი წყვილი პარამეტრის შერწყმით, უნდა ჩავატაროთ ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის საორიენტაციო დიაგნოსტიკა. თუ არჩეულ კოორდინატებში $I_o - I_K$; $P_o - P_K$ და $I_K - P_K$ შემოწმებისათვის შევიტანთ წერტილებს მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით, მაშინ მდგრადი ტექნოლოგიური პროცესების დროს ისინი ზონის შიგნით გამოსახავს ელიფსს. მეორე მხრივ, ტექნოლოგიური პროცესების აღდგენის დროს, წერტილები დაიწყებს გადაადგილებას გარკვეული მიმართულებით. ამ დროს მიმართულება განისაზღვრება ტექნოლოგიური გადახრების ხასიათით. როდესაც წერტილები გადაადგილდება დასაშვები ზონის შიგნით, მაშინ შეიძლება აღმოფხვრათ დარღვევა, რომელიც მიმდინარეობს ტექნოლოგიურ პროცესში. ამისათვის საჭიროა წინასწარ განვსაზღვროთ და მოვნიშნოთ $I_o - I_K$; $P_o - P_K$ და $I_K - P_K$ კოორდინატებში მიმართულება, რომელშიც შეიძლება შეერიოს წერტილები საწარმოო პროცესის ამა თუ იმ დარღვევაზე [2-4].

ასე, მაგალითად, საჰაერო ღრეჩოს საშუალო სიდიდის ცვლილების დროს შეიძლება ჩავწეროთ ანალიზური გამოსახულება, რომელიც აკავშირებს მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრების ფარდობით ცვლილებას, საჰაერო ღრეჩოს საშუალო სიდიდის ფარდობითი ცვლილებისაგან $(\Delta\delta/\delta)$:

$$\Delta I_o / I_o = K_{I_o} \Delta\delta / \delta; \quad (1)$$

$$\Delta P_o / P_o = K_{P_o} \Delta\delta / \delta; \quad (2)$$

$$\Delta I_K / I_K = K_{I_K} \Delta\delta / \delta; \quad (3)$$

$$\Delta P_K / P_K = K_{P_K} \Delta\delta / \delta; \quad (4)$$

$$K_{I_o} = I_{oR} C_\delta (1 - \tau_1) / I_o K; \quad (5)$$

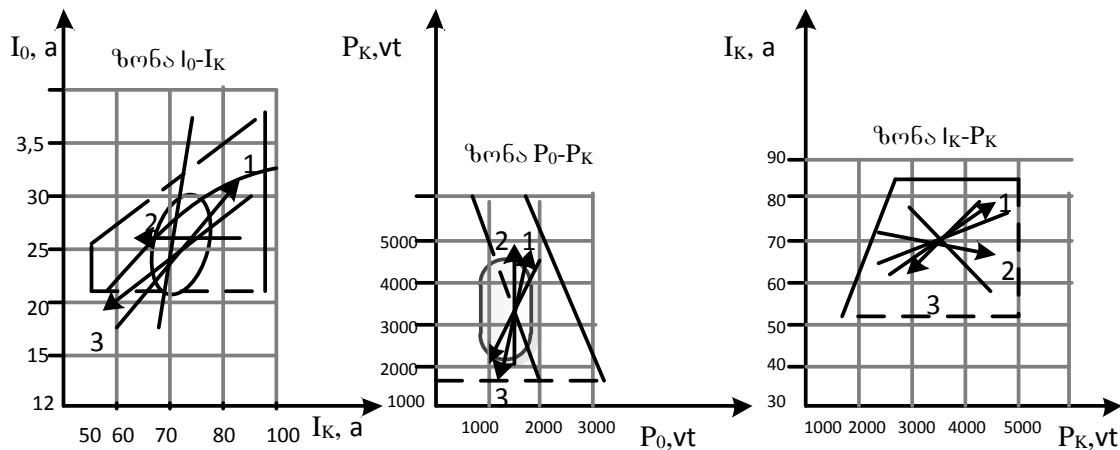
$$C_\delta = 1 - 5\delta [t_1 (K_{c1} - 1)^2 / b_{m1}^2 + t_2 (K_{c2} - 1)^2 / b_{m2}^2]; \quad (6)$$

$$K_{P_o} = 2P_{\mu_o} C_\delta (1 - \tau_1) / P_o K_\mu; \quad (7)$$

$$K_{I_K} = I'_{2K} X_K C_\delta / I_K Z_K'^2 [X'_1 \lambda_{\theta 1} / \lambda_1 + X''_2 \lambda_{\theta 2} / \lambda_2 (1 + \beta_{cK}^2 / K_\mu)]; \quad (8)$$

$$K_{PK} = 2X'_K C_\delta / Z_K'^2 [X'_1 \lambda_{\beta 1} / \lambda + X'_2 \lambda_{\beta 2} (1 + \beta_{cK}^2 / K_\mu / \lambda_2)]. \quad (9)$$

განვსაზღვრავთ მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრების ფარდობით ცვლილებას, საჭაერო ღრეჩოს საშუალო სიდიდის ფარდობითი ცვლილებისგან შეიძლება აიგოს ზონაში ხაზები, რომლებიც გვიჩვენებს მიმართულებას, რომელშიც იქნება წერტილების გადაადგილება ზონაში δ -ს ცვლილების გავლენის ქვეშ (ისარი 1, ნახ. 1).



ნახ. 1. ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის დიაგნოსტიკა

საჭაერო ღრეჩოს ცვლილება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა მიზეზის გამო, მეორე მხრივ, როდესაც გვაქვს სიგნალი საჭაერო ღრეჩოს ცვლილების შესახებ, მაშინ სირთულეს არ წარმოადგენს გამომწვევი მიზეზის დადგენა.

ანალოგიურად შეიძლება ჩავატაროთ ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის დიაგნოსტიკა, რომელიც დაკავშირებულია როტორის გრაგნილის აქტიური წინაღობის გაზრდასთან ($\Delta r_2'' / r_2''$). დენისა და უქმი სვლის დანაკარგების ცვლილება ამ შემთხვევაში არ განხორციელდება ($\Delta I_o = 0; \Delta P_o = 0$), ხოლო დენი და მოკლედ შერთვის დანაკარგები იცვლება შემდეგი სახით:

$$\Delta I_K / I_K = K_{IK} \Delta r_2'' / r_2''; \quad (10)$$

$$\Delta P_K / P_K = K_{PK} \Delta r_2'' / r_2''; \quad (11)$$

$$K_{IK}' = I_K'' r_2'' r_K'' / I_K Z_K'^2; \quad (12)$$

$$K_{PK}' = r_2'' / r_K' - 2 r_2'' r_K' / Z_K'^2. \quad (13)$$

მოცემული ფორმულების მიხედვით განვსაზღვრავთ ფარდობით ცვლილებას $\Delta I_K / I_K$ და $\Delta P_K / P_K$, შეიძლება ავაგოთ ხაზები, რომლებიც აჩვენებს წერტილების გადაადგილების მიმართულებას ტექნოლოგიური პროცესების დარღვევის დროს, რომელიც დაკავშირებულია როტორის გრაგნილის აქტიური წინაღობის გაზრდასთან (ისარი 2, ნახ. 1) ისარი 3, ნახ. 1 აჩვენებს წერტილების გადაადგილების მიმართულებას

სტატორის გრაგნილში ხვიათა რიცხვების გაზრდის გავლენით. ე.ი. კილოებში დიდი რაოდენობის ხვიების შეცდომით ჩაწყობის გამო.

მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგად ერთი და იგივე ტიპის ელექტროძრავებისათვის პარამეტრების განსაზღვრა საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ ნომინალური მაჩვენებლების ცვლილებაზე. ამისათვის ცნობილი უნდა იყოს ფორმულები, რომლებიც საშუალებას იძლევა საშუალო არითმეტიკული და საშუალო კვადრატული პარამეტრების გადახრების მიხედვით, მიღებული მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგად (I_o, P_o, I_K და P_K) განსაზღვროთ ნომინალური მაჩვენებლების საშუალო არითმეტიკული და საშუალო კვადრატული გადახრები.

მათემატიკის სტატისტიკის თეორიიდან ცნობილია, რომ თუ სიდიდეები იმყოფება ფუნქციონალურ კავშირში, მაშინ არგუმენტების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობის მიხედვით შეიძლება ვიპოვოთ ფუნქციის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა. ამისათვის ფორმულაში უნდა ჩავსვათ არგუმენტის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა.

ამოცანის გადასაწყვეტად ფორმულის სახით უნდა გამოვსახოთ არსებული ფუნქციონალური კავშირი ნომინალურ მაჩვენებლებსა და მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებს შორის. ეს კავშირი შეიძლება გამოვსახოთ მიახლოებით, ვინაიდან ასინქრონული ძრავას წრიული დიაგრამა, რომლისგანაც შეიძლება დადგინდეს აღნიშნული კავშირი, ამახინჯებს მთელ რიგ ფაქტორებს. ისინი გათვალისწინებულია კოეფიციენტებით: K, K_B, K_T, K_M, K_n . ეს კოეფიციენტები მიიღება მუდმივი მოცემული ტიპური ზომების ყველა ელექტროძრავისათვის.

მოცემული ამოცანის გადასაწყვეტად სავსებით მისაღებია მიახლოებითი ფუნქციონალური კავშირი, რადგან მის მიხედვით განსაზღვრავენ არა ნომინალურ მაჩვენებლებს თითოეული ძრავისათვის მისი მიღება-ჩაბარების გამოცდების შედეგების მიხედვით, არამედ ნომინალური მაჩვენებლების საშუალო არითმეტიკულ მნიშვნელობას. შესაბამისად, სავსებით დასაშვებია გათვალისწინებულ იქნას ყველა ფაქტორი საშუალოდ, რომელიც ამახინჯებს წრიულ დიაგრამას.

ფუნქციონალური კავშირები $I_n = f(I_K), M_n = \varphi(I_K, P_K)$ და $\eta = \psi(P_o, P_K)$ გამოსახული იყო წინა საკითხებში. შეიძლება გამოვიყენოთ I_n, M_n და η სიდიდეების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობის გასაგებად:

$$\bar{I}_n = U_n K_T \bar{I}_K / U_K; \tag{14}$$

$$\bar{M}_n = U_n^2 9,55 \left(\bar{P}_K K_n - 3 \bar{I}_K^2 r_{1K} K_T^2 - P_c U_K^2 / U_n^2 \right) / (U_K^2 n_c), \tag{15}$$

სადაც \bar{M}_n არის გამშვიდების მომენტის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა, ნ.მ;

$$\bar{\eta} = P / (P + A + \bar{P}_o + B\bar{P}_K), \quad (16)$$

სადაც A და B - მუდმივები მოცემული ტიპური ზომების ელექტროძრავებისათვის:

$$A = P_{M1} + P_{\alpha} + P_{M0} + P_{M2} P_{K.M1} / P_{K.M2}; \quad (17)$$

$$B = P_{M2} / P_{K.M2}. \quad (18)$$

მაქსიმალური მაბრუნე მომენტი და სიმძლავრის კოეფიციენტი შეიძლება გამოვსახოთ როგორც ფუნქცია საკონტროლო გამოცდების სამი პარამეტრის (I_o, I_K, P_K). მეორე მხრივ $I_o - I_K$ ზონის შესაბამისი ზღვარის განსაზღვრის დროს $\cos \varphi_K$ პარამეტრიც მიღებულია მუდმივი; გარდა ამისა, დამოკიდებულებაში $\cos \varphi = f(I_o, I_K)$ შედიოდა არა სასარგებლო სიმძლავრე, არამედ მაქსიმალური დასაშვები დენი I_{1M} . ამიტომ ადრე დადგენილი ფუნქციონალური კავშირი მაქსიმალური მომენტისა და სიმძლავრის კოეფიციენტისათვის მოცემული ამოცანისათვის გამოუყენებელია. ვიპოვოთ საჭირო დამოკიდებულება მაქსიმალური მომენტისა და სიმძლავრის კოეფიციენტისა მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებისა ასინქრონული ძრავას წრიული დიაგრამისგან სიმძლავრის არ წარმოადგენს.

ამისათვის განვიხილავთ ასინქრონული ძრავას მუშა რეჟიმებისათვის წრიულ დიაგრამას (ნახ.2). კავშირი წრიული დიაგრამიდან I'_o, I'_n და P_n სიდიდეებსა და I_o, I_K და P_K პარამეტრებს შორის შეიძლება გამოისახოს შემდეგი სახით, ადრე მითითებული ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით, რომელიც ამახინჯებს წრიულ დიაგრამას:

$$I'_n = U_n K_r I_K / U_K; \quad (19)$$

$$P_n = U_n^2 K_r^2 K_T P_K / U_K^2; \quad (20)$$

$$I'_o = I_o / K, \quad (21)$$

სადაც K_r არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მოკლედ შერთვის დანაკარგების შემცირებას, მოკლედ შერთვის ძაბვასა და დენს შორის კუთხის გაზრდასთან დამოკიდებულებით, როტორის უჯრედისაგან დენის გამოდევნის გათვალისწინებით; K_r - კოეფიციენტს განვსაზღვრავთ შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$K_r = r'_K / r'_{K.B}, \quad (22)$$

სადაც r'_K არის მოკლედ შერთვის საანგარიშო აქტიური წინაღობა როტორში დენის გამოდევნის გათვალისწინების გარეშე; $r'_{K.B}$ - მოკლედ შერთვის საანგარიშო აქტიური წინაღობა როტორში დენის გამოდევნის გათვალისწინებით.

ვიპოვოთ წრიული დიაგრამის რადიუსი. ნახ.2,ბ-დან გამომდინარეობს

$$R = 0,5 \left[\sqrt{I_n'^2 - P_{n1}^2} - I_{oa}' + P_{01}^2 / \left(\sqrt{I_n'^2 - P_{n1}^2} - I_{oa}' \right) \right], \quad (30)$$

სადაც $I_{oa}' = I_o' \sin \varphi_o$ (31)

ვიპოვოთ $tg\beta$.

ნახ.2,ბ-დან გამომდინარეობს

$$tg\beta = P_{n1} / \left(\sqrt{I_n'^2 - P_{n1}^2} - I_{oa}' \right). \quad (32)$$

ეხლა შეიძლება ვიპოვოთ კავშირი სიმძლავრის კოეფიციენტსა და მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებს შორის.

X'', y'' კოორდინატა სისტემაში

$$\cos \varphi = Y_c'' / \sqrt{x_c''^2 + y_c''^2}, \quad (33)$$

სადაც X_c'' და Y_c'' - C წერტილის კოორდინატებია.

გავითვალისწინოთ კოორდინატა გარდაქმნის ფორმულები

$$X'' = X_1 \cos 2\gamma - y_1 \sin 2\gamma; \quad y'' = x_1 \sin 2\gamma - y_1 \cos 2\gamma$$

$$x_1 = x + I_{oa}'; \quad y_1 = y + P_{01}.$$

მივიღებთ

$$\cos \varphi = [(x_c + I_{oa}') \sin 2\gamma + (y_c + P_{01}) \cos 2\gamma] / \sqrt{(X_c + I_{oa}')^2 + (y_c + P_{01})^2}. \quad (34)$$

მიღებული ფორმულები გამოსახავს კავშირს სიმძლავრის კოეფიციენტსა და მიღება-ჩაბარების გამოცდებს პარამეტრებს შორის.

ელექტროძრავებისათვის მცირე 2γ კუთხით ფორმულები (24), (25) და (34) შეიძლება გამარტივდეს:

$$P_{01} = P_0 / 3U; \quad (35)$$

$$P_{n1} = P_n = U_n^2 K_B^2 K_r P_K / U_K^2 3U; \quad (36)$$

$$\cos \varphi = (y_c + P_{01}) / \sqrt{(X_c + I_{oa}')^2 + (y_c + P_{01})^2}. \quad (37)$$

სიმძლავრის კოეფიციენტის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობის გასაგებად ფორმულებში, რომლებიც გამოხატავენ კავშირს $\cos \varphi = f(I_o, I_k, P_K)$, უნდა ჩაისვას შესაბამისი საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობები მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრების. შეიძლება მივიღოთ ფორმულები, რომლებიც გამოსახავს ფუნქციონალურ კავშირს მაქსიმალურ მომენტსა და მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებს შორის.

$$M_M = 1 / \left(c \sqrt{1 + 1 / (CR)^2} + 1 \right), \quad (38)$$

სადაც $C = 2r_1 / U$.

იმისათვის, რომ მივიღოთ M_M სიდიდე (ნ.მ) განზნევის ნაკადების გზის გაჟღენთვის გათვალისწინებით, (38)-ში უნდა შევიყვანოთ A კოეფიციენტი:

$$A = 9,55K_M 3U/n_c . \quad (39)$$

მაშინ მაქსიმალური მომენტი (ნ.მ)

$$M_M = A/C(\sqrt{1 + 1/C^2 R^2} + 1). \quad (40)$$

კავშირი წრიული დიაგრამის R რადიუსსა და მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრებს შორის გამოსახება (30) ფორმულით.

ამგვარად, ფორმულები (30) და (40) გამოსახავს საძიებო დამოკიდებულებებს $M_M = \varphi(I_o, I_K, P_K)$.

მაქსიმალური მომენტების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობის გასაგებად მოცემულ ფორმულებში უნდა შევიტანოთ მიღება-ჩაბარების გამოცდების პარამეტრების საშუალო არითმეტიკული შესაბამისი მნიშვნელობები.

ლიტერატურა

1. კობრიძე თ. ელექტრომწობილობების გამოცდებისა და კონტროლის მეთოდები და საშუალებები. თბილისი. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2013.
2. Вольдек А.И. Попов В.В. Электрические машины. Изд. Питер. 2010.
3. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин. М.: Высшая школа. 2000.
4. Котеленец Н.Ф., Акимова Н.А., Антонов М.В. Испытания, эксплуатация и ремонт электрических машин. М. Академия. 2003.

DIAGNOSIS OF VIOLATIONS OF TECHNICAL PROCESSES ACCORDING TO TEST RESULTS OF ASYNCHRONOUS MOTORS.

T. Kokhreidze, D. Makandarashvili.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p.52-60. geo. sum geo. engl. rus.

Diagnosis of the violation of the technological processes according to the results of asynchronous motor tests is reviewed. It is shown that the asynchronous motor test should not only reveal the compliance of the electric motor indicators with technical requirements but should also form the basis for managing the manufacturing quality. Since the acceptance-transfer test results are evaluated by combining three pairs of the parameters of these tests, we should conduct an indicative diagnosis of the violations of the technological process.

Ill. 4, bibl. 4.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

T. Кохреидзе, Д. Макандарашвили

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 52-60. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассматривается диагностирование нарушения технологического процесса по результатам приемо-сдаточных испытаний асинхронных двигателей. Показано, что при испытании асинхронных двигателей необходимо не только выявлять соответствие показателей электродвигателей техническим требованиям. Они являются основой управления качеством их изготовления. То обстоятельство, что результаты приемо-сдаточных испытаний оцениваются сочетанием трех параметров этих испытаний, позволяет проводить ориентировочное диагностирование нарушений технологического процесса.

Илл. 4, лит. 4 назв.

ჰიდროლოგიის პროგნოზირების ანალიზი მდინარე რიონზე

გურამი მირინაშვილი - დოქტორანტი

E-mail: guram.mirinashvili@gse.com.ge

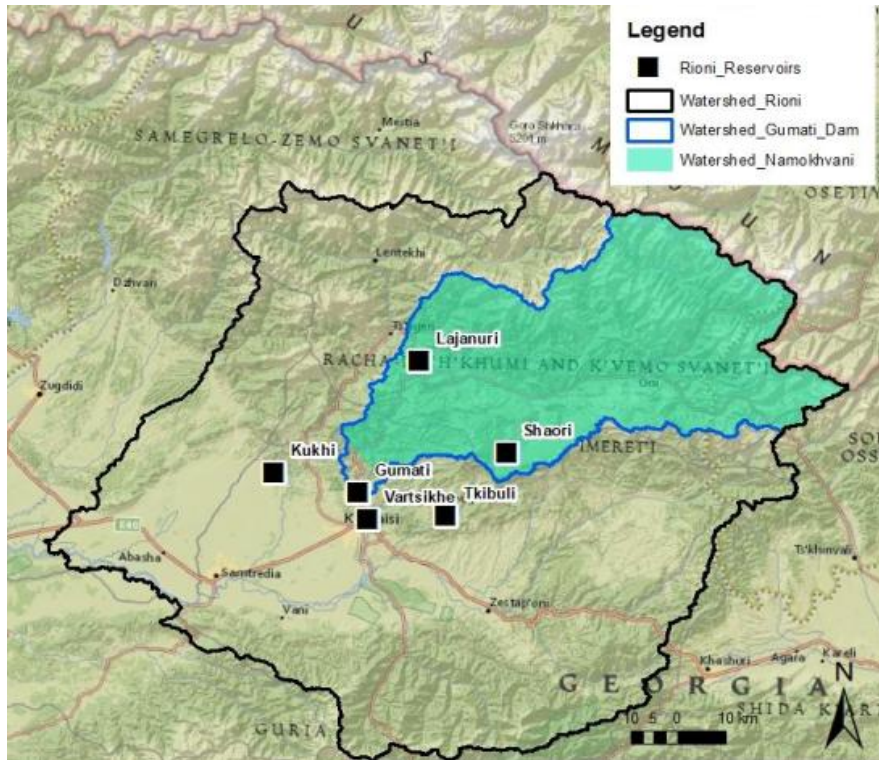
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია მდინარე რიონის აუზზე ჰიდროლოგიის პროგნოზირების შესაძლებლობა. აღნიშნული ანალიზი ჩატარებული არის მოდულ MORDOR-SD-ში. აღწერილია პროგნოზირების მოდელში შემავალი ელემენტები. ნაჩვენებია მიღებული შედეგები. მოდელირებამ აჩვენა რომ მდინარე რიონის აუზზე წყლის ხარჯის შემონადენის პროგნოზირება შესაძლებელი არის მაღალი სიზუსტით, დასაშვები გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს 10% დღით ადრე პროგნოზირებისას.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროლოგია, პროგნოზირება, ანალიზი, ნაჭარბი ენერგია.

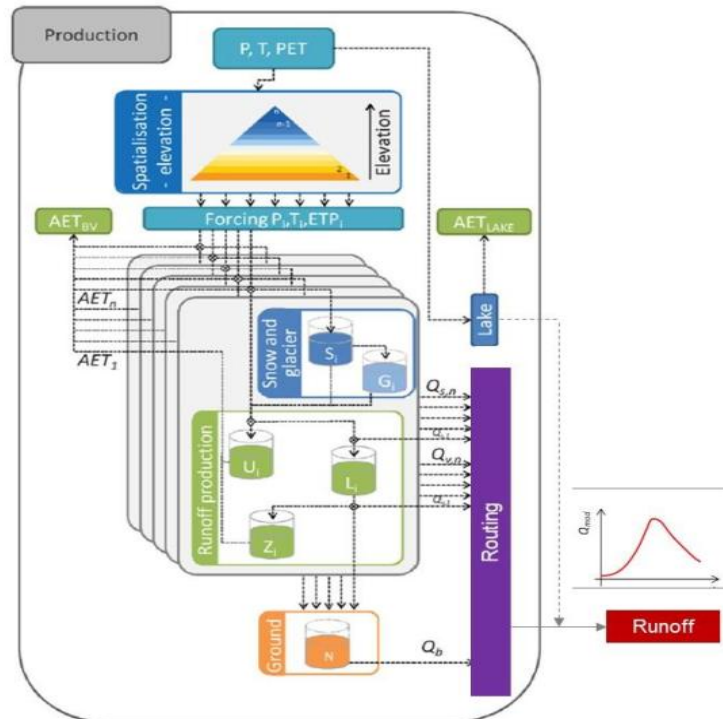
საქართველო მსოფლიოში ერთ-ერთ წამყვან პოზიციაზე არის განახლებადი წყაროებიდან ელექტროენერჯის წარმოებით. საშუალოდ ქვეყანაში ელექტროენერჯის მოთხოვნის 75-85% ჰიდროსადგურებიდან გამომუშავებული ენერჯით კმაყოფილდება. თუმცა ჰიდროლოგიის თავისებურიდან გამომდინარე, გაზაფხული-ზაფხულის პერიოდში გვაქვს წყალუხვობა, შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში კი - წყალმცირობა. მოხმარების თავისებურებიდან გამომდინარე, პირიქით, გაზაფხულზე გვაქვს მცირე მოხმარება, რაც კომფორტული ტემპერატურით არის გამოწვეული, რადგან ადამიანები ნაკლებად იყენებენ გათბობა-გაგრილების მოწყობილობებს აღნიშნულ პერიოდში. სეზონური უბალანსობა მოხმარება-გენერაციას შორის პირველ რიგში უნდა დაბალანსდეს წყალსაცავების შევსებით, რადგან წყალსაცავებში შენახული ენერგია დეფიციტურ პერიოდში გამოვიყენოთ, ხოლო დამატებით ნაჭარბი ენერჯის ექსპორტით. ამის საპირისპიროდ შემოდგომა-ზამთრის პერიოდი დეფიციტურია რა დროსაც ვახდენთ როგორც ელექტროენერჯის, ასევე პირველად სათბობის იმპორტს ელექტროენერჯის მისაღებად.

ზემოთ მოყვანილი მსჯელობიდან გამომდინარე სსე(საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა) აქტიურად მუშაობს ევროპულ კოლეგებთან იმისათვის, რომ მაქსიმალურად ზუსტად დაგეგმვოს ჰიდროსადგურების გამომუშავება, რათა თავიდან ავიცილოთ რესურსების გაფლანგვა და მოვახდინოთ ენერჯოსისტემის ოპტიმიზება. ამისათვის ფრანგ კოლეგებთან ერთად ჩავატარეთ მდინარე რიონის აუზის ჰიდროლოგიის პროგნოზირების შესაძლებლობის ანალიზი.



ნახ. 1. მდინარე რიონის აუზი

ნახ. 1-ზე ცისფერად ნაჩვენებია არის მდინარე რიონის აუზის არსებული ჰიდროსადგურები.



ნახ. 2. ჰიდროლოგიის პროგნოზირების მოდელი

MORDOR-SD მოდელი შეიცავს შემდეგ ელემენტებს:

- 1 – P-precipitation - ნალექები.
- 2 – T-temperature - ტემპერატურა.
- 3 – S-snow - მოსული თოვლის რაოდენობა.
- 4 – G -glacier - ყინულის სისქე.
- 5 – AET – evapotranspiration - აორთქლება.
- 6 – Ground - მიწისქვეშა წყლები.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია არის ის პარამეტრები, რომლებიც გავლენას ახდენენ წყლის ხარჯის/შემონადენის ფორმირებაში.

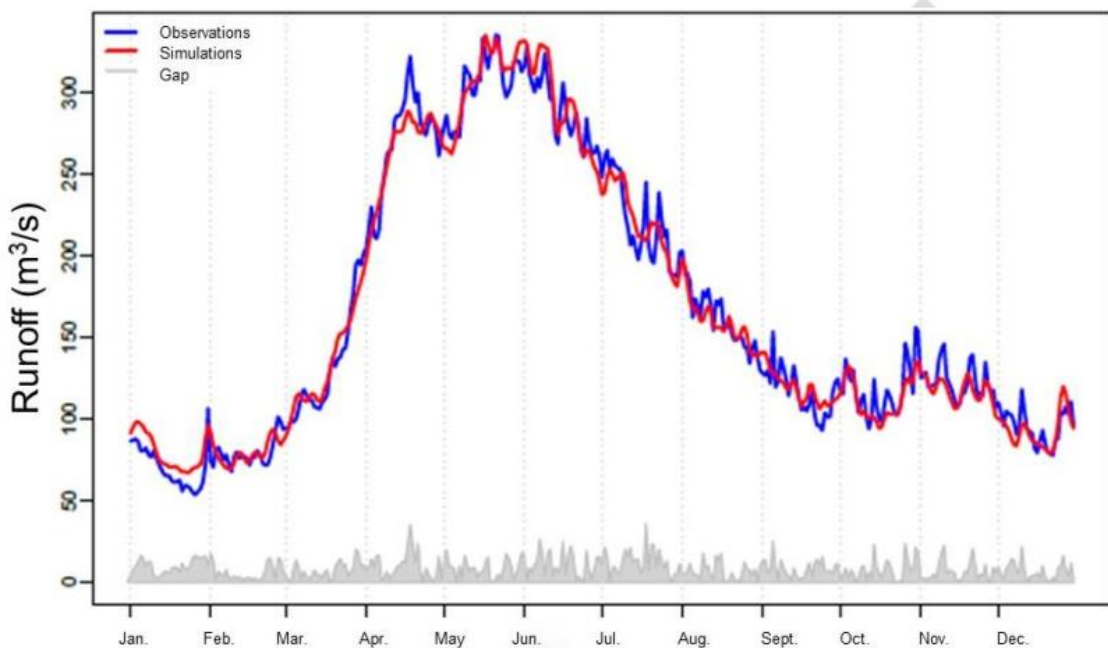


Figure 11 : Daily regime of Rioni river at Namokhvani for model calibration period (1982-1998). In blue run-off/discharge observations for Namokhvani hydrological station. In red run-off/discharge simulations of the hydrological model MORDOR-SD Rioni@Namokhvani.

ნახ. 3. ჰიდროლოგიის პროგნოზირების შედეგები

ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია არის ჰიდროლოგიის პროგნოზირების შედეგები. სადაც ცისფერი არის ფაქტური მონაცემები ხოლო წითელი ფერის პროგნოზირების შედეგად მიღებული მონაცემები. როგორც ვხედავთ ცდომილება საკმაოდ მცირე არის და პროცენტული მნიშვნელობა 10%-ზე დაბალი არის ყველაზე ცუდ შემთხვევაშიც კი. ჰიდროლოგია მოხმარებისგან განსხვავებით მკვეთრი დინამიურობით გამოირჩევა. შესაბამისად მიღებული შედეგები აკმაყოფილებს ჩვენ მოთხოვნას და შეიძლება ჩაითვალოს საქართველოს პირობებში მაღალ სიზუსტედ.

ANALYSIS OF FORECASTING HYDROLOGY ON THE RIVER RIONI.

G.Mirinashvili.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 61-64. geo. sum geo. engl. rus.

The article discusses the possibility of forecasting the hydrology of the Rioni river basin. The mentioned analysis is carried out in the module MORDOR-SD. The elements included in the prediction model are described. The results obtained are shown. Modeling showed that it is possible to forecast the inflow of water consumption on the Rioni river basin with high accuracy, the permissible deviation should not exceed 10% when forecasting day ahead.

Илл. 3.

АНАЛИЗ ПРОГНОЗНОЙ ГИДРОЛОГИИ НА РЕКЕ РИОНИ.

Г.Миринашвили.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 61-64. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассматривается возможность прогнозирования гидрологии бассейна реки Риони. Проведенный анализ выполняется в модуле МОРДОР-СД. Описаны элементы, входящие в модель предсказания. Приведены полученные результаты. Моделирование показало, что прогнозировать приток водопотребления по бассейну реки Риони можно с высокой точностью. Допустимое отклонение не должно превышать 10% при прогнозировании на сутки вперед.

Илл. 3.

**ინტრაკავიტარული ჰიპოთერმიის ინოვაციური
თერაპიულექტრული მოწყობილობის გამოცდის შედეგები**

ლუიზა პაპავა - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: Papava1949@gmail.com

თამაზ ისაკაძე - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: tamazisakadze@gmail.com

მარინე რაზმაძე - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: marina.razmadze30@mail.ru

გივი გუგულაშვილი - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: g.gugulashvili@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. დაავადებების მკურნალობის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდი გინეკოლოგიაში, ოტორინოლარინგოლოგიაში, პროქტოლოგიაში, უროლოგიასა და სტომატოლოგიაში არის ინტრაკავიტარული ჰიპოთერმია. ამ მეთოდის რეალიზება შეიძლება განხორციელდეს თერმოელექტრული მოწყობილობების როგორც სიცივის წყაროს, გამოყენებით. თერმოელექტრულ მოწყობილობებს ახასიათებს მაღალი ეფექტურობა, საიმედოობა, უბმურობა, შეუზღუდავი მომსახურების ვადა. ამავდროულად ისინი წარმოადგენს ეკოლოგიურად უსაფრთხო მოწყობილობებს.

წარმოდგენილია ინოვაციური კონსტრუქციის თერმოელექტრული მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენება ინტრაკავიტარულ ჰიპოთერმიაში. მოწყობილობა შედგება ერთმანეთთან ლითონის თბოგამტარით დაკავშირებული და სითხის თბომცვლელითა და აპლიკატორით აღჭურვილი ორი თერმოელექტრული ბატარეისაგან. მოწყობილობის ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ დატვირთვის გარეშე აპლიკატორის ტემპერატურა სტაბილიზებას განიცდის 4-4,5 წუთის შემდეგ. ამასთან ერთად, დენის ძალის გაზრდა 5-დან 12 ამპერამდე დამატებით თერმოელექტრულ ბატარეაზე, როდესაც ძირითად თერმოელექტრულ ბატარეაზე მოდის 23 ამპერი, ამცირებს ტემპერატურას 237 K-დან 224 K-მდე. პროცედურების ჩატარებისას ობიექტის ტემპერატურის დაწევის აუცილებელი დონის მიღწევა ძირითად და დამატებით თერმოელექტრულ მოწყობილობებზე შესაძლებელია 2,5 წუთის შემდეგ, თუ მათზე მოდის შესაბამისად 23 და 12 ამპერი დენის ძალა.

საკვანძო სიტყვები: ჰიპოთერმია, თერმოელექტრული მოწყობილობა, თერმოელექტრული ბატარეა, გაცივების ეფექტი, ტემპერატურა.

შესავალი

დღეისათვის სამედიცინო პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება პროცედურების ჩატარების არაფარმაკოლოგიური მეთოდები. ერთ-ერთ ასეთ მეთოდს წარმოადგენს თერმული ზემოქმედების მეთოდი, რომელიც გულისხმობს ადამიანის სხეულის ცალ-

კეული უბნების ლოკალურ გაცივებას – ლოკალური ჰიპოთერმია. მას იყენებენ ორგანიზმის შიგა ღრუებში. ეს მეთოდი დანერგილია რინოლარინგოლოგიაში, გინეკოლოგიაში, პროქტოლოგიაში, უროლოგიაში, სტომატოლოგიაში, კოსმეტოლოგიაში და სხვ. ამჟამად ინტრაკავიტარულ ჰიპოთერმიაში გამოყენებული საშუალებები თხევადი თბომატარებლის გამოყენებას გულისხმობს და მოიცავს თხევადი აზოტით ან ჟანგბადით (ე.წ. პასიური კრიოზონდები) წინასწარ გაცივებულ ლითონის ხუნდებს, ასევე თხევადი მაცივარ-აგენტის ღია ან დახურულ სისტემებს. ეს ტექნიკური საშუალებები ყოველთვის ვერ აკმაყოფილებს უსაფრთხოების მოთხოვნებს კომპრესორული სისტემების ჰერმეტიულობის დარღვევის, გამოყენებული მაცივარ-აგენტების ბიოლოგიური აგრესიულობის, მუშა პროცესების ინერციის და გაცივებით ზემოქმედების დოზირების დაბალი სიზუსტის გამო. ასეთ მოწყობილობებში თხევადი მაცივარი აგენტების გამოყენება ართულებს მათ კონსტრუქციას და მომსახურებას, ამცირებს მუშაობის ხანგრძლივობას (მაცივარ-აგენტების შეზღუდული მოცულობის გამო), არ იძლევა ტემპერატურის კონტროლის და რეგულირების აუცილებელი დონის მიღწევის შესაძლებლობას, ვერ წყვეტს ადგილობრივ ეფექტის პრობლემას. ეს განაპირობებს გახურებისათვის დამატებითი მოწყობილობების გამოყენების აუცილებლობას. აღნიშნული ნაკლოვანებები ხელს უშლის ინტრაკავიტარულ ჰიპოთერმიაში ეფექტური მეთოდების ფართო დანერგვას.

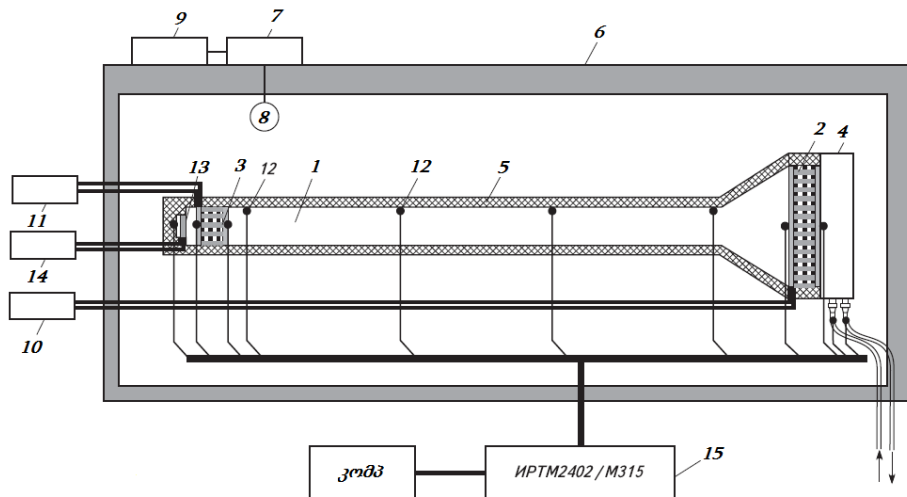
სტატიაში წარმოდგენილია ინოვაცია: ორგანიზმის შიგა ღრუების ჰიპოთერმიისათვის სიცივის წყაროდ გამოიყენება თერმოელექტრული ბატარეები. ამ მეთოდის გამოყენების უპირატესობებს შეიძლება მივაკუთვნოთ: გამორიცხულია თხევადი მაცივარი აგენტის გამოყენების აუცილებლობა (ეს ხელსაწყოს ხდის კრიოაგენტებისაგან დამოუკიდებელს), უზრუნველყოფილია მუშაობის განუსაზღვრელი რესურსი, მოწყობილობა ხდება ეკოლოგიურად უსაფრთხო, უხმაურო, უზრუნველყოფილია მუშაობის რეჟიმის რევერსიულობა (გაცივებიდან გაცხელებაზე გადასვლა) კვების წყაროს პოლუსების შეცვლის გზით.

ძირითადი ნაწილი

ინოვაციური თერმოელექტრული მოწყობილობის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე, ხოლო ვიზუალურად კი - ნახ. 2-ზე.

ხელსაწყო შეიცავს ძირითად 2 და დამატებით 3 თერმოელექტრულ ბატარეებს, რომლებიც კონტაქტში არიან სპილენძისაგან დამზადებულ ტორსულ თბომატარებელთან: 1. თერმოელექტრული ბატარეების ცხელი ზედაპირებიდან სითბოს ართმევა

ხდება სითხის თბომცვლელი აპარატის 4 მეშვეობით. დამატებითი თერმოელექტრული ბატარეის 3 ცივი ზედაპირი კონტაქტშია აპლიკატორთან. აპლიკატორის გაცივების პროცესზე გარემოს ტემპერატურის არასასურველი ზემოქმედების აღმოფხვრის მიზნით თერმოელექტრულ ბატარეებს 2, 3 გვერდის მხრიდან გაკეთებული აქვთ თბო-იზოლაცია 5.



ნახ. 1. ინტრაკავიტარული ჰიპოთერმიისათვის საჭირო მოწყობილობის ექსპერიმენტული სტენდის სტრუქტურული სქემა:

- 1 - სპილენძის თბომატარებელი; 2 - ძირითადი თერმოელექტრული ბატარეა;
- 3 - დამატებითი თერმოელექტრული ბატარეა; 4 - სითხიანი თბომცვლელი;
- 5 - თბოიზოლაცია; 6 - კლიმატური კამერა; 7 - ტემპერატურის გადამწოდი;
- 8 - ტენიანობის გადამწოდი; 9 - დისპლეი; 10, 11 - თერმოელექტრული ბატარეის კვების წყარო;
- 12 - თერმოწყვილი; 13 - აპლიკატორზე დახვეული მავთული;
- 14 - ნიქრომის მავთულის კვების წყარო; 15 - ტემპერატურის საზომი

ექსპერიმენტები ტარდებოდა თბოიზოლირებულ კლიმატურ კამერაში 6. კამერის ჰაერის პარამეტრები განისაზღვრება ტემპერატურის გადამწოდებით 7 და ტენიანობის გადამწოდებით 8. მათგან მიღებული მონაცემები აისახება დისპლეიზე 9.

თერმოელექტრული ბატარეების კვება ხორციელდება ენერგიის წყაროებიდან 10, 11. აპლიკატორზე დატვირთვის მოდელირება ხდება მასზე დახვეული ნიქრომისაგან დამზადებული მავთულით 13, რომელიც მიერთებულია კვების ინდივიდუალურ წყაროსთან 14. ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მონაცემები ავტომატურად აიღება ტემპერატურის საზომი IPTM 2402.M3 15 ტიპის თერმოწყვილის 12 საშუალებით. ანალოგიური თერმოწყვილებით იზომება გარემო ჰაერის ტემპერატურა და ტემპერატურები საცდელი ადგილის სხვადასხვა წერტილებზე. თერმოწყვილები განთავსებულია აგრეთვე აპლიკატორის დაბოლოებაზე, თერმოელექტრული ბატარეის

რეების ცხელ და ცივ ზედაპირებზე, ასევე სითხიანი თბომცვლელი აპარატის 4 გამოსასვლელზე და თბომატარებლის 1 ზედაპირზე.



ნახ. 2. ინტერაკატიული ჰიპოთერმიისათვის საჭირო მოწყობილობის ვიზუალური ხედი

გადამწოდების რეგისტრაცია და მონაცემების აღება ხორციელდება ყოველ 2 წმ-ში ტექსტურ ფაილში ჩაწერით. კვლევა ტარდება როგორც ცალკე ძირითადი თერმობატარეის შემთხვევაში, ისე ორივე (ძირითადი და დამხმარე) თერმოელექტრული ბატარეების მონაწილეობით. ორივე მოდიფიკაციის მოწყობილობებისათვის კვლევები ჩატარდა როგორც უქმი სვლის შემთხვევისათვის, ასევე თბური დატვირთვით მუშაობის პირობებშიც. ძირითადი და დამხმარე თერმოელექტრული ბატარეების გამოყენებით მოწყობილობის ტესტირება ჩატარდა ძირითად თერმოელექტრულ ბატარეაზე მოსული ოთხი ნომინალის დენის ძალაზე: 10, 15, 20 და 23 ამპერი, ხოლო დამატებით თერმოელექტრულ ბატარეაზე მოსული სამი ნომინალის დენის ძალაზე: 5, 10 და 15 ამპერი. მოწყობილობის ექსპლუატაციის ტექნიკური მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მიწოდებოდა შემდეგი პარამეტრები:

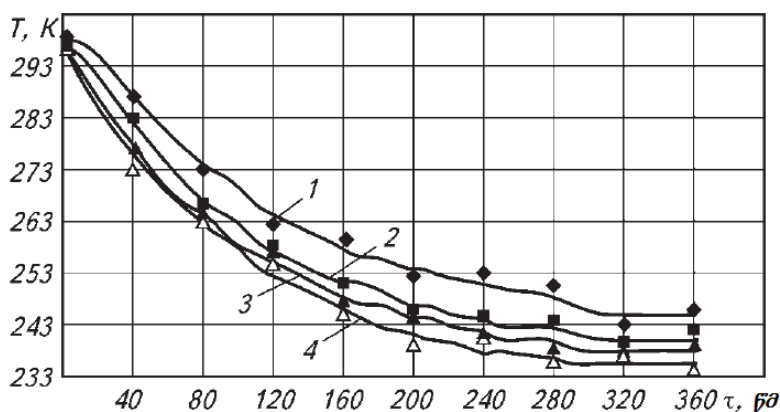
- თემპერატურის ზემოქმედების დიაპაზონი 223–248 K;
- გარემო ჰაერის ტემპერატურა 298–300 K;
- ტემპერატურის შენარჩუნების სიზუსტე 0,5 K.

ძირითადი თერმოელექტრული ბატარეის ზედაპირის გაცივება ხდება სითხის თბომცვლელი აპარატით 4.

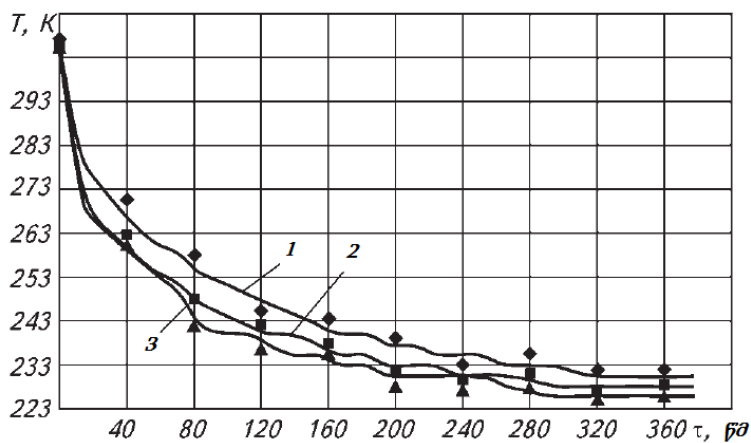
ნახ. 3 და 4-ზე წარმოდგენილია აპლიკატორის ბოლოზე ტემპერატურის ცვლილების გრაფიკები თერმოელექტრულ ბატარეაზე მოდებული სხვადასხვა დენის ძალის და დატვირთვის შემთხვევაში. ცდებმა გვიჩვენა, რომ მოწყობილობის სტაციონარულ რეჟიმზე გასვლას დასჭირდა 4,5–5 წუთი. ამასთან მიწოდებული დენის ძალის მატებასთან ერთად აპლიკატორის დაბოლოების ტემპერატურა ეცემა.

მხოლოდ ძირითად თერმოელექტრულ ბატარეაზე მუშაობის შემთხვევაში ტემპერატურის შემცირების მაქსიმალური დონე 23 ამპერი მაქსიმალურ დენის ძალაზე შეადგენს 237 K. ამ შემთხვევაში ტემპერატურა იზრდება 2, 4 და 8 K-ით შესაბამისად 20, 15 და 10 ამპერი დენის ძალების შემთხვევაში (ნახ. 3).

როდესაც ხელსაწყო მუშაობს ორივე (ძირითად და დამატებით თერმოელექტრულ) ბატარეაზე და ძირითად ბატარეაზე მოდის 23 ამპერი დენის ძალა, ხოლო დამატებით თერმობატარეაზე დენის ძალა იზრდება 5 ამპერიდან 12 ამპერამდე, მაშინ აპლიკატორის ზედაპირის ტემპერატურა ეცემა 237-დან 224 K-მდე (ნახ. 4).



ნახ. 3. მოწყობილობა მუშაობს ერთ თერმოელექტრულ ბატარეაზე



ნახ. 4. მოწყობილობა მუშაობს ორივე თერმოელექტრულ ბატარეაზე

დასკვნა

ინტრაკავიტარულ ჰიპოთერმიაში გამოყენებული ინოვაციური თერმოელექტრული მოწყობილობა ეკოლოგიურად უსაფრთხოა და გამორჩევა მაღალი ეფექტურობით, საიმედოობით, მუშაობს უხმაურდ და აქვს მომსახურების შეუზღუდავი ვადა. ასეთი მოწყობილობის გამოყენება მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს მრავალი დაავადების მკურნალობის ეფექტურობის გადიდებას რინოლარინგოლოგიაში, გინეკოლოგიაში, პროქტოლოგიაში, უროლოგიაში და მედიცინის სხვა დარგებში.

ლიტერატურა

1. Meyer. Training Manual Refrigeration-AC, ICCT. 2004.
2. System Trouble Shooting Measuring Instruments. Danfoss A/S (RC-SM/MWA). 09-2002.
3. Refrigerant Properties Honeywel. Honeywell International Inc., USA. 2006.
4. Bernshtein A.S. Thermoelectric Generators.
5. A. Rege. Thermoelectric Generators.
6. Karchevsky A. I. Thermoelectric materials.
7. Samoilevich A. G. Thermoelectric and thermomagnetic methods of energy conversion.
8. Iordanishvili E.K. Thermoelectric Power Sources.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THERMOELECTRIC DEVICE FOR INTRACAVITARY HYPOTHERMIA.

L.Papava, T.Isakadze, M.Razmadze, G.Gugulashvili.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 65-71. geo. sum geo. engl. rus.

One of the effective methods of treatment of diseases in otorhinolaryngology, gynecology, proctology, urology and dentistry is intracavitary hypothermia. The implementation of this technique can be carried out through the use of thermoelectric device as a source of cold. These devices are characterized by high efficiency, reliability, environmental friendliness, quietness, accuracy of the dosage of thermal effects, unlimited service life. The design of the thermoelectric device for intracavitary hypothermia, consisting of two thermoelectric batteries (TEB), interconnected by means of an all-metal heat pipe, equipped with an acting applicator and a liquid heat exchanger. Full-scale tests of the device on the experimental stand were carried out. As a result of experimental studies it was found that without load the temperature of the applicator is stabilized after about 4–4,5 min. At the same time, the increase in the current of the additional TEB from 5 to 12 A when the main TEB current is 23 A, reduces the temperature from 237 to 224 K. In the process of carrying out the necessary procedures reducing the temperature of the biological object can be achieved at the supply current of the main and additional TEB, respectively, 23 and 12 A after 2,5 min.

Ill. 4, bibl. 8.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНУТРИПОЛОСТНОЙ ГИПОТЕРМИИ.

Л.Папавა, Т.Исакадзе, М.Размадзе, Г.Гугулашвили

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 65-71. груз. реф. груз. англ. рус.

Одним из эффективных методов лечения заболеваний в оториноларингологии, гинекологии, проктологии, урологии и стоматологии является внутриполостная гипотермия. Реализация данной методики может быть осуществлена за счет использования термоэлектрического устройства в качестве источника холода. Эти устройства характеризуются высокой эффективностью, надежностью, экологичностью, бесшумностью, точностью дозирования теплового воздействия, неограниченным сроком службы. Разработана конструкция термоэлектрического аппарата для внутриполостной гипотермии, состоящего из двух термоэлектрических батарей (ТЭБ), соединенных между собой посредством металлического теплопроводящего элемента, снабженных действующим аппликатором и жидкостным теплообменником. Проведены испытания устройства на экспериментальном стенде. В результате экспериментальных исследований установлено, что без нагрузки температура аппликатора стабилизируется примерно через 4–4,5 мин. В то же время увеличение тока дополнительного ТЭБ с 5 до 12 А при токе основного ТЭБ 23 А снижает температуру с 237 до 224 К. В процессе проведения необходимых процедур снижение температуры биологического объекта можно достичь при токе питания основного и дополнительного ТЭБ соответственно 23 и 12 А через 2,5 мин.

Илл. 4, лит. 8 назв.

ფიზიკა და საინჟინრო სპეციალობები

ვახტანგ კვინტრაძე - პროფესორი

E-mail: yakho710@gmail.com;

მაია ჟრენტო - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: maijgenti@mail.ru.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. სტატია ეხება კავშირს საინჟინრო სპეციალობებსა და ფიზიკას შორის. ცალკეულ მოყვანილია საინჟინრო სპეციალობათა მცირე ჩამონათვალი და მათი ზოგადი არსი, ასევე განხილულია ფიზიკის როგორც საბუნებისმეტყველო მეცნიერების, საჭიროების საკითხები საინჟინრო სპეციალობებისათვის (თანამედროვე მასალები, ამ მასალების ფიზიკური თვისებები, რომლებიც შეიძლება საფუძველი გახდეს ახალი ტექნოლოგიებისათვის საინჟინრო საქმეში). განხილულია გზები, თუ რა უნდა გაკეთდეს ტექნიკური დარგის მაღალი დონის სპეციალისტების (პროფესიონალების) აღსაზრდელად.

საკვანძო სიტყვები: ახალი ტექნოლოგიები, ნანომასალები, ზეგამტარები, განათლება, საინჟინრო სპეციალობები, ფიზიკა.

განათლება წარმოადგენს საზოგადოებრივი თვითშეგნების ზრდის და ზნეობრივი ფასეულობების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს. ნებისმიერი ადამიანური გაერთიანების განვითარების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ არა აყვავებული ეკონომიკა წარმოადგენს განათლების წარმატებული განვითარების საფუძველს, არამედ განათლება და მეცნიერება არის ნებისმიერი ეკონომიურად აყვავებული ქვეყნის საფუძველი [1].

ინჟინრის პროფესია ყოველთვის იყო მსოფლიო განვითარების საფუძველი. ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე ტექნიკური აღჭურვილობის დონე განსაზღვრავდა ერთი ცივილიზაციის უპირატესობას დანარჩენებზე. დღესაც სახელდობრ ტექნიკური სიახლეები უზრუნველყოფენ ცივილიზაციის განვითარებას. დღეს საინჟინრო პროფესიები მაღალკვალიფიციური შრომის (საქმიანობის) ყველაზე მრავალრიცხოვანი პროფესიებია. ინჟინერი მონაწილეობას იღებს საზოგადოების მატერიალური კეთილდღეობის წარმოების ყველა პროცესში-კვების პროდუქტებიდან და ყოველდღიური მოთხოვნილების საქონლიდან რთულ გამოთვლით მანქანებამდე.

თანამედროვე ინჟინერი - ეს არის სპეციალისტი, რომელიც კარგად იცნობს თანამედროვე ტექნიკას და ტექნოლოგიებს, ეკონომიკას და წარმოების ორგანიზაციას, შეუძლია ინჟინრული მეთოდების გამოყენება საინჟინრო ამოცანების გადაწყვეტისას და ამასთან ერთად გააჩნია გამომგონებლობის უნარი. ინჟინრის სამუშაო წარმოადგენს შემაკავშირებელ რგოლს მეცნიერულ აღმოჩენებსა და მათ პრაქტიკულ გამოყენებას შორის. ინჟინრები

ხელმძღვანელობენ სამრეწველო ობიექტების საწარმოო უბნებს მშენებლობაში, სოფლის მეურნეობასა და სხვა დარგებში, მუშაობენ საკონსტრუქტორო ბიუროებში, ლაბორატორიებში და სამეცნიერო-საკვლევ დაწესებულებებში, დაკავებული არიან წარმოების ორგანიზაციის საკითხებით, დაგეგმვით და ეკონომიკით. ისინი აპროექტებენ საწარმოო დანადგარებს, მანქანებს, წარმოების ავტომატიზაციას, მართვის პროცესებს და ა.შ. [2].

მაგალითისთვის მოვიყვანოთ საინჟინრო სპეციალობათა მოკლე ჩამონათვალი და ამ სპეციალისტების მოვალეობების ზოგადი მიმოხილვა:

ინჟინერი-ენერგეტიკოსი დაკავებულია სითბური და ელექტროენერჯის მომარაგების, წარმოების და საექსპლუატაციო სისტემების შემუშავებით, საწარმოთა ელექტროქსელების დაპროექტებით მათზე ზედამხედველობითა, მათი აღდგენით და ა. შ.

ინჟინერ-კონსტრუქტორი ქმნის მატერიალური კულტურის ახალ ობიექტებს, ახდენს კონსტრუქციათა პროექტების ანგარიშს, ამოწმებს და რედაქტირებას უწევს ნახაზებს, ეწევა პროექტის ტექნიკურ და საავტორო ზედამხედველობის შესრულებას და ა.შ.

ინჟინერ-მექანიკოსი დაკავებულია ტექნიკური მოწყობილობის პროექტირებით, კონსტრუქციებითა და ექსპლოატაციით. მის ვალდებულებებში შედის მანქანა-მოწყობილობათა რემონტის დაგეგმვა, მისი ჩატარება და ა.შ. ამ სპეციალობის ინჟინერს უნდა გააჩნდეს ელექტროტექნიკის თეორიული საფუძვლების, ავტომატური რეგულირების თეორიის, სამრეწველო ელექტრონიკის და გამოთვლითი ტექნიკის ღრმა ცოდნა.

ინჟინერ-მშენებელი ანხორციელებს სამრეწველო-ტექნოლოგიურ, ორგანიზაციულ-მმართველობით, საპროექტო-საკონსტრუქტორო და კვლევით საქმიანობას მშენებლობის დარგში. იგი ხელმძღვანელობს სამშენებლო, სამონტაჟო და გამართვით სამუშაოებს, ახდენს მათი ხარისხის კონტროლს, ანხორციელებს ტექნიკურ კონტროლს საპროექტო გადაწყვეტილებათა რეალიზება და სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოთა შესრულებაზე და ა.შ.

ინჟინერ-მეტალურგი სწავლობს და ნერგავს სხვადასხვა ლითონების წარმოების ტექნოლოგიებს. მის მოვალეობაში შედის შენადნობის ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრა, შენადნობის დამუშავების ტემპერატურისა და დროის შერჩევა, მის ჩამოსხმაზე და დამუშავებაზე კონტროლი. მისი მოქმედების სფეროში შედის მეტალურგიული მრეწველობის ტექნოლოგიური პროცესები და ა.შ.

ინჟინერ-ტექნოლოგი ხელმძღვანელობს საწარმოო პროცესების ორგანიზაციას ან გარკვეული ტექნოლოგიების შემუშავებას სამრეწველო საწარმოში. იგი არჩევს დანადგარების ნაკრებს ტექნოლოგიური პროცესისათვის, მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმს, შედეგების შეფასების მეთოდებს და ხარისხის კონტროლს და ა.შ.

სამთო-ინჟინერი (მარკშიდერი) აწარმოებს სივრცულ-გეომეტრიულ აზომვებს როგორც მიწის ზედაპირზე, ასევე მიწისქვეშა უბნებზე, რომელიც შემდგომ აისახება გეგმებზე და რუკებზე და ა.შ.

ინჟინერ-პროგრამისტი ახორციელებს პროგრამების შემუშავებას სამეცნიერო, გამოყენებითი, ეკონომიური და სხვა ამოცანების გადასაწყვეტად მათემატიკური მოდელების და ალგორითმების საფუძველზე გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებებით და ა.შ.

აქ ჩვენ მაგალითისთვის მოვიყვანეთ საინჟინრო სპეციალობის ზოგიერთი მიმართულება (თუმცა მათი რაოდენობა გაცილებით მეტია) იმისათვის, რომ გვეჩვენებინა თუ ზოგადად რასთან აქვს საქმე ინჟინერს.

ხარისხიანი და სრულყოფილი საქმიანობისთვის ინჟინერს ესაჭიროება ტექნიკური უნარები; ანალიტიკური გონება; ყურადღების კონცენტრაცია; აბსტრაქტული აზროვნება; კვლევითი საქმიანობისადმი მიდრეკილება; ხაზვის უნარი.

რომ გახდეს მაღალი კლასის სპეციალისტი ტექნიკური განათლების დარგში, აუცილებელია ზუსტ მეცნიერებათა ღრმა ცოდნა, მათ შორის: მათემატიკის, ფიზიკის, ქიმიის, ინფორმატიკის და ა.შ. დღეს ყოველმა სპეციალისტმა უნდა იცოდეს მოცემულ სპეციალობასთან დაკავშირებულ ტექნიკასთან მუშაობა და ამასთან ესმოდეს ტექნოლოგიური პროცესების არსი.

ამ და სხვა დისციპლინათა ჩამონათვალში არც ერთი არ არის უმნიშვნელო, თუმცა საინჟინრო საქმეში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ფიზიკას. ფიზიკა ახლო კონტაქტშია ტექნიკასთან და წარმოადგენს რა მის საფუძველს იგი წარმოადგენილია ინდუსტრიის ყველა მიმართულებაში (დარგში) და ზოგჯერ ქმნის მათ.

ფიზიკა ეს არის ფუნდამენტური მეცნიერება. ყველა ტექნიკურ მეცნიერებათა საფუძველს, ასე თუ ისე, წარმოადგენს ფიზიკის კანონები და ფიზიკური მოვლენები. ფიზიკა მჭიდროდ არის დაკავშირებული საინჟინრო საქმესთან, პროგრამირებასთან, რადიოტექნიკასთან, მეტალურგიასთან, მანქანათმშენებლობასთან, ენერგეტიკასთან, სამთო საქმესთან და ა.შ. ფიზიკის მცოდნე სპეციალისტები მოთხოვნადი არიან სამშენებლო სფეროში, მედიცინაში, ავტომატიკაში და ელექტრონიკაში, მექანიკაში, უმაღლეს ტექნოლოგიებში და სხვა მრავალ სფეროში.

ფიზიკა გვეხმარება ჩვენს გარშემო არსებული სამყაროს შემეცნებაში, ვარვარების ნათურიდან დაწყებული, მობილური ტელეფონით, ფილტვებითა და ტვინით, მანქანებით და შენობებით, მიწისძვრებით და ცუნამებით, შავი ხვრელებით და ა. შ. გაგრძელებული...

ფიზიკა გვეხმარება სამყაროს გაგებაში და ორგანიზებაში. იგი გვეხმარება დავინახოთ კავშირი მსგავს მოვლენებს შორის. ფიზიკა გვაძლევს ძლიერ ინსტრუმენტებს, რითაც გვეხმარება გამოვამჟღავნოთ ჩვენი კრეატიულობა (შემოქმედება) დავინახოთ სამყარო სხვადასხვანაირად და ჩვენდა სასიკეთოდ შევცვალოთ ის.

ფიზიკა სასარგებლოა. ფიზიკა გვამარაგებს რაოდენობრივი და ანალიტიკური უნარებით, რაც საჭიროა მონაცემების ანალიზისთვის და სამეცნიერო, ინჟინრული, სამედიცინო, ასევე ეკონომიკური, საფინანსო, მართვის და ა.შ. პრობლემების გადასაწყვეტად.

ფიზიკა თანამედროვე ტექნოლოგიების უმრავლესობის საფუძველია. თანამედროვე მედიცინა, ფიზიკაზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების გარეშე, წარმოუდგენელია. სასწავლებლები, კვალიფიციური ფიზიკის პედაგოგების გარეშე, ვერ შეუქმნიან მომავალ სტუდენტებს წარმატებულ კარიერას.

ფიზიკაში სპეციალიზება განაპირობებს საუკეთესო მომზადებას უმაღლესი სასწავლებლის დამთავრებისათვის არა მხოლოდ ფიზიკის, არამედ ყველა საინჟინრო დისციპლინებში, მოლეკულურ ბიოლოგიაში, გენეტიკაში და ნეირობიოლოგიაში, ატმოსფერულ მეცნიერებებში და ა.შ.

ვინაიდან ფიზიკა აძლიერებს ანალიტიკურ აზროვნებას, ფიზიკოსები უფრო წარმატებული მმართველები ხდებიან, როგორც მენეჯმენტში, ასევე პოლიტიკურ პოზიციებზე, ვიდრე ტექნიკური დარგის პროფესიონალები, შესაბამისად მათზე მოთხოვნილება დიდია. მაგალითად, აშშ-ს მთავრობაში, მეცნიერებასთან დაკავშირებულ პოზიციებზე სამი ფიზიკოსი მუშაობდა [3].

ფიზიკა ეს გამოწვევაა. ეს ერთი ასპექტია, რაც აშინებს ბევრ სტუდენტს. მაგრამ ეს ზუსტად ის უმნიშვნელოვანესი მიზეზია, თუ რატომ უნდა ისწავლო ფიზიკა, რადგან მისი უნარები ასეთი ფასეულია ფართო სპექტრის მიმართულებებისათვის. რასაკვირველია, ფიზიკის სწავლა ძალიან ძნელია, მაგრამ თუ ფიქრობ მომავალზე და პროფესიულ ზრდაზე (წინსვლაზე), ეს ბარიერი უნდა დაძლიო.

ალბათ ძნელია იმის უარყოფა, რომ ფიზიკის თანამედროვე კვლევების დონე ნებისმიერი ქვეყნის ტექნოლოგიური დონის განმსაზღვრელია. საინტერესოა, რომ არავინ კამათობს, ტექნიკურ მეცნიერებათა სფეროში, მომავალი ექსპერტებისთვის ფიზიკის სწავლების საჭიროებაზე. თუმცა ისეთებიც მოიძებნებიან, რომლებიც ამის საჭიროებას ვერ ხედავენ და, პირიქით, ფიზიკისათვის გამოყოფილი საათების შემცირებაზეც კი მსჯელობენ და ახერხებენ კიდევ ამის განხორციელებას. განვითარებულ ქვეყნებში (საუბარია საინჟინრო

სპეციალობებზე) ფიზიკისადმი დამოკიდებულება დიამეტრალურად განსხვავებულია. ასეთი დამოკიდებულება აიხსნება ფიზიკის თანამედროვე მიღწევების საფუძველზე აღმოცენებულ ახალ ტექნოლოგიებზე და მასალებზე, რომელთაც შეუძლიათ ბევრი რამ შეცვალონ ტექნიკური პროგრესის განვითარების საქმეში. მაგალითისათვის – ნანოტექნოლოგიების საფუძველზე მიღებული მასალების (გრაფენი, ბოროფენი, სტანენი) თემა. მოცემული მასალები გამოირჩევიან განსაკუთრებული ფიზიკური თვისებებით (კარგი ელექტრო- და სითბოგამტარობა, მექანიკური თვისებები). ზეგამტარობის მოვლენის გამოყენებით მიღებული და შემდგომში სავარაუდოდ მისაღები მასალები, რომლებიც კვანტური კომპიუტერების შექმნის საფუძველს ქმნის თავისი უდიდესი შესაძლებლობებით და ა.შ.

ინჟინერი, რომელსაც სურს წარმატებული იყოს თავის დარგში, ღრმად უნდა ერკვეოდეს ფიზიკის თანამედროვე მიღწევების საკითხებში, რათა ეს მიღწევები გამოიყენოს თავის საქმიანობაში.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, საინჟინრო სამყარო თითქმის მთლიანად განისაზღვრება ფიზიკის კანონებით. ფიზიკა წარმოადგენს სამეცნიერო ბაზას, რომელზეც უმაღლესმა ტექნიკურმა განათლებამ უნდა ააგოს ზოგადი ინჟინერია.

და თუ ჩვენ გვინდა განვითარებული ქვეყნების გზის არჩევა, მაშინ ამას უნდა მოჰყვებოდეს ამ არჩევანის ადეკვატური განათლების კონტენტიც. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ფიზიკის სწავლებას საშუალო სკოლებში. ამ ამოცანის შესრულება შეუძლიათ მხოლოდ კვალიფიციურ, გამოცდილ პედაგოგებს. ფიზიკა უფრო ფართოდ უნდა იყოს ჩართული ერთიანი ეროვნული გამოცდების პროგრამაში. უნდა გაიზარდოს ფიზიკის სწავლების საათები უმაღლეს სასწავლებლებში (უპირველეს ყოვლისა ეს ეხება ტექნიკურ სასწავლებლებს). გასაგებია, რომ ამ საკითხების გადაწყვეტა დაკავშირებულია ფინანსებთან და ეს ნამდვილად მტკივნეული თემაა, მაგრამ წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩვენ გვექნება ჩამორჩენა მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებთან მიმართებაში და ეს ჩამორჩენა სულ უფრო მეტად გაიზრდება.

ლიტერატურა

1. Балашова Т.А. Нужна ли физика инженеру?//Современные наукоемкие технологии. 2008. № 7.
2. National Technical University of Ukraine. 2017.
3. Quantum Science & Engineering @ Cornell <https://t.co/LIt1PSYmgs>.

PHYSICS AND ENGINEERING SPECIALITIES.

V. Kvintradze, M. Zhgenti.

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. 72-77. geo. sum geo. engl. rus.

The article is concerned to the link between physics and engineering specialities. There are given small number of the engineering specialities and their common senses. Also considered some items of physics as a fundamental science which is necessary for the engineering specialities (new materials and their properties for applying them of the modern technologies in the field of engineering business). There are considered the ways of what we have to do for growth the high level professionals in the field of technical brunches.

Bibl. 3.

ФИЗИКА И ИНЖЕНЕРНЫЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ.

В. Квинтрадзе, М. Жгенти.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 72-77. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассмотрены вопросы связи физики с инженерными специальностями. Приведено некоторое количество инженерных специальностей с их рабочими обязанностями. Рассмотрены вопросы необходимости физики, как фундаментальной науки для инженерных специальностей (современные материалы, которые могут стать основой для современных технологий в инженерном деле). Рассмотрены пути воспитания специалистов высокого уровня технического направления.

Лит. 3 назв.

მრეწველობაში ენერგომენეჯმენტის სისტემის დანერგვის მაგალითები

მაია შიცხელაური - დოქტორანტი

E-mail: maya.pitskhelauri@gopa-intec.de

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ინდუსტრიული განვითარების მიზნით ეკონომიკური ზრდა ენერჯის მოხმარებიდან და მასთან დაკავშირებული გარემოს და კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შემცირებასთან ერთად, მრეწველობამ არსებითად უნდა გაზარდოს ენერგოეფექტურობა და თანდათან გადაინაცვლოს ნახშირბადის ინტენსიური ტექნოლოგიებიდან ნახშირბადის დაბალ ემისიის შემცველ ტექნოლოგიებზე. ნებისმიერ ორგანიზაციას, რომელსაც სურს გააუმჯობესოს თავისი ენერგოეფექტურობა, შეუძლია ისარგებლოს ISO 50001:2018 სტანდარტით. სტანდარტი მოიცავს გარემოსდაცვითი ინდიკატორების (EnPIs) და მათთან დაკავშირებული ენერგეტიკული საბაზისო მაჩვენებლების (EnB) გამოყენებას.

ნაშრომში აღწერილია ენერგომენეჯმენტის სისტემის დანერგვის ISO 50001-ის უპირატესობები და შესწავლილია მრეწველობაში ენერგომენეჯმენტის სისტემის დანერგვის მაგალითები. კვლევამ აჩვენა, რომ მრეწველობაში შესაძლებელია წლიური ენერჯის მოხმარება და მათი ხარჯების შემცირება ენერჯის უკეთესი მართვის გზით ხშირად მხოლოდ ოპერაციული ცვლილებების შეტანით მინიმალური ან ნულოვანი ინვესტიციით.

საკვანძო სიტყვები: მრეწველობა, ენერგომენეჯმენტის სისტემა, ISO 50001:2018 სტანდარტი.

შესავალი

გლობალური ენერჯის მოხმარებისა და სათბურის გაზების მესამედზე მეტი მრეწველობის ხვედრით წილად მოდის. სხვადასხვა პროგნოზით ის გააგრძელებს ენერჯის გლობალური მოთხოვნის ზრდას მომდევნო ათწლეულების განმავლობაში, განსაკუთრებით განვითარებად და განვითარებადი ქვეყნების ეკონომიკაში. ინდუსტრიული განვითარების მიზნით, ეკონომიკური ზრდა ენერჯის მოხმარებიდან და მასთან დაკავშირებული გარემოს და კლიმატის ცვლილებების ზემოქმედების შემცირებასთან ერთად, მრეწველობამ არსებითად უნდა გაზარდოს ენერგოეფექტურობა და თანდათან გადაინაცვლოს ნახშირბადინტენსიური ტექნოლოგიებიდან ნახშირბადის დაბალ ემისიის შემცველ ტექნოლოგიებზე. მიუხედავად იმისა, რომ გამოწვევა რთულია, არსებობს პოლიტიკა, ტექნოლოგიები, საუკეთესო პრაქტიკა და სხვა ინსტრუმენტები, რომლებიც ხელმისაწვდომია მრეწველობისათვის, პოლიტიკის შემქმნელებისთვის და საერთაშორისო საზოგადოებისთვის. არსებული საუკეთესო ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიებისა და პრაქტიკის დანერგვის გზით შესაძლებელია მრეწველობამ გლობალური ენერჯის მოხმარება 25 პროცენტით შეამციროს [1].

კვლევის მიზანი

ნებისმიერ ორგანიზაციას, რომელსაც სურს გააუმჯობესოს თავისი ენერგოეფექტურობა, შეუძლია ისარგებლოს ISO 50001:2018 სტანდარტით. სტანდარტი მოიცავს გარემოსდაცვითი ინდიკატორების (EnPIs) და მათთან დაკავშირებული ენერგეტიკული საბაზისო მაჩვენებლების (EnB) გამოყენებას, ენერგეტიკული მონაცემების შეგროვების გეგმების მოთხოვნების განმარტებას და უფრო მეტ ყურადღებას იმაზე, თუ როგორ ვრცელდება სტანდარტი მცირე და საშუალო ბიზნესისთვის [2].

თემატური ნაწილი

მსოფლიოში ბევრი ორგანიზაცია აღიარებს ენერგომენეჯმენტის სისტემის ISO 50001 სერთიფიკატს მრავალი სარგებლის გამო, რაც მას შეუძლია უზრუნველყოს როგორც ორგანიზაციისთვის, ასევე სხვა დაინტერესებული მხარეებისთვის [3].

შემცირებული ენერგიის ხარჯები

EnMS ეხმარება ორგანიზაციას შეაფასოს, თუ როგორ იყენებს ენერგიას და გამოავლინოს ენერგიის მოხმარების შემცირების შესაძლებლობები. ის ასევე ეხმარება ენერგიის მოხმარების მართვისა და ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესების კონტროლის განხორციელებაში. ნარჩენებისა და ენერგიის მოხმარების შემცირება იწვევს ენერგიის ნაკლებ ხარჯებს [4]. ბიზნესისთვის, რომელიც იყენებს დიდი რაოდენობით ენერგიას, შედეგად შეიძლება მიიღოს მნიშვნელოვანი დანაზოგი.

დადასტურებული ბიზნეს რწმუნებათა სიგელები

ISO 50001 არის საერთაშორისოდ აღიარებული სტანდარტი. ორგანიზაციებსა და ინდივიდებს მთელი მსოფლიოდან ესმით მისი ღირებულება. როდესაც ვინმე ხედავს, რომ ორგანიზაცია სერტიფიცირებულია, მათი ნდობა ამ ორგანიზაციის მიმართ იზრდება. მათ იციან, რომ ორგანიზაციამ გადადგა ნაბიჯები ენერგოეფექტურობის გასაუმჯობესებლად და რომ მესამე მხარემ ჩაატარა მისი პროცესების აუდიტი [5].

გაძლიერებული გამძლეობა რისკების მიმართ

ენერგიის ფასი ისევე როგორც ხელმისაწვდომობა, შეიძლება მერყეობდეს. როდესაც ორგანიზაცია ამცირებს ენერგიის მოხმარებას, ის ნაკლებად დამოკიდებული ხდება ენერგიის მომწოდებლებზე და ნაკლებად მგრძნობიარე ხდება ენერგიის ხარჯების მატებაზე. სტანდარტი ეხმარება ორგანიზაციებს გააუმჯობესონ ენერგეტიკული დაგეგმვა, რაც მათ ასევე ნაკლებად დაუცველს ხდის რისკების მიმართ [6].

შემცირებული ზემოქმედება გარემოზე

ნაკლები ენერგიის გამოყენება ხელს უწყობს ორგანიზაციის გარემოზე ზემოქმედების შემცირებას. ეს ხელს უწყობს რესურსების დაზოგვას და წიაღისეული საწვავის მოხმარების შემცირების შემთხვევაში, ხელს უწყობს ემისიების შემცირებას, რაც ხელს უწყობს კლიმატის

ცვლილებას. სწორედ ამიტომ სტანდარტი განიხილება როგორც კლიმატის მოქმედების მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტი.

გაუმჯობესებული რეპუტაცია

სერტიფიცირებამ შეიძლება გააუმჯობესოს ორგანიზაციის რეპუტაცია მომხმარებლებში, მომწოდებლებში, ინვესტორებსა და სხვა დაინტერესებულ მხარეებში. გარემოზე ზემოქმედების შემცირება, ენერჯის დანახარჯების დაზოგვა და გაძლიერებული სანდოობა, რაც გამოწვეულია ამ სტანდარტის სერტიფიცირების მიღწევით, ასევე შეიძლება წვლილი შეიტანოს ამ გაუმჯობესებულ აღქმაში [7].

ბიზნესის მოგების უნარიანობის გაზრდა

ამ გაუმჯობესებულმა რეპუტაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მეტი ბიზნეს შესაძლებლობები. ზოგიერთი ორგანიზაცია მოითხოვს კონკრეტულ სერთიფიკატებს, სანამ ისინი იმუშავებენ კომპანიასთან. ენერგეტიკული მენეჯმენტის სერტიფიცირებას ასევე შეუძლია განაპირობოს ორგანიზაციის უპირატესობა კონკურენტებთან შედარებით. ორივე შემთხვევაში ISO 50001 შეიძლება დაეხმაროს ორგანიზაციას მეტი ბიზნესის მოგებაში.

დახმარება სამართლებრივი კუთხით

სტანდარტი მოითხოვს, რომ გათვალისწინებული იყოს სამართლებრივი მოთხოვნები EnMS-ის დანერგვისას და შესრულდეს ყველა მარეგულირებელი მოთხოვნა. ასევე ეხმარება კომპანიას უფრო სწრაფად მოარგოს სამართლებრივი მოთხოვნების ცვლილებებს [8].

დახმარება გარემოსდაცვითი მიზნების მისაღწევად

ბევრი ორგანიზაცია ასევე ადგენს გარემოსდაცვით მიზნებს, როგორცაა ენერგოეფექტურობა ან სუფთა ენერჯის გამოყენება, რომლებიც კანონით არ არის მოთხოვნილი. ISO 50001-ის სერთიფიკატი შეიძლება დაეხმაროს ორგანიზაციებს ამ მიზნების მიღწევაში და თვალყური ადევნონ მათ პროგრესს მათ მიღწევისკენ. EnMS-ის არსებობამ ასევე შეიძლება გახადოს ორგანიზაცია უფრო მზად ასეთი მიზნების მისაღებად ან მომავალში მათი მიზნების განახლებისთვის [9].

ენერგომენეჯმენტის სისტემის დანერგვის მოთხოვნები

ორგანიზაციის ენერგეტიკული გაუმჯობესება შეიძლება მიღწეული იყოს შესყიდვების გზით: პირველ რიგში, უფრო ენერგოეფექტური პროდუქტებისა და სერვისების გამოყენებით, და მეორე ზეგავლენა მიწოდების ჯაჭვზე მისი ენერგეტიკული ქცევის გასაუმჯობესებლად, რამაც შეიძლება ირიბად გააუმჯობესოს ორგანიზაციის ენერგეტიკული მაჩვენებლები. ISO 50001 მოითხოვს ორგანიზაციამ აცნობოს მიმწოდებლებს, რომ ენერგოეფექტურობა შეფასდება შესყიდვების შეფასების პროცესის ფარგლებში, როდესაც შეარჩევს სერვისებს, პროდუქტებს და აღჭურვილობას, რომლებსაც აქვთ ან შეიძლება ჰქონდეს გავლენა მის მნიშვნელოვან ენერჯის გამოყენებაზე. ეს მოთხოვნა უზრუნველყოფს,

რომ მომწოდებლები შეესაბამება ორგანიზაციის ენერგეტიკულ პოლიტიკას და მიზნებს, გარდა ღირებულებისა და მომსახურების ან პროდუქტის ხარისხის გათვალისწინებით. ამ მიზნით ორგანიზაციებმა უნდა დაადგინონ ენერგეტიკასთან დაკავშირებული კრიტერიუმები, რათა ხელი შეუწყონ ენერგოეფექტურობის შეფასებას დაგეგმილი ან მოსალოდნელი საოპერაციო ვადის განმავლობაში შესყიდვის პროცესის განმავლობაში. ეს მოთხოვნები უნდა იყოს შეტანილი ტენდერში [10].

ქვემოთ მოცემულია ძირითადი საკითხები, რომელიც ორგანიზაციამ უნდა განიხილოს:

➤ ენერჯის შესყიდვისას პროდუქტების, აღჭურვილობისა და სერვისების გამოყენებით, რომლებიც მოსალოდნელია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ენერგოეფექტურობაზე:

✓ როგორ არიან მიმწოდებლები ინფორმირებული, რომ შესყიდვები ნაწილობრივ ფასდება ენერგოეფექტურობის საფუძველზე?

✓ რა კრიტერიუმებია ენერჯის მოხმარების, მოხმარებისა და ეფექტურობის შესაფასებლად დაგეგმილი ან მოსალოდნელი საოპერაციო ვადის განმავლობაში?

✓ როგორ განვსაზღვროთ ენერჯის შესყიდვის სპეციფიკაციები ენერჯის ეფექტური გამოყენებისთვის? ენერჯის შესყიდვის სპეციფიკაციის ელემენტები შეიძლება მოიცავდეს ენერჯის ხარისხს, ხელმისაწვდომობას, ღირებულების სტრუქტურას, გარემოზე ზემოქმედებას და განახლებად წყაროებს.

➤ განათების სისტემისთვის ენერჯის შესყიდვის სპეციფიკაციების განსაზღვრისას გასათვალისწინებელი კრიტერიუმების მაგალითები:

✓ ერთეულის ღირებულება და მთლიანი ღირებულება;

✓ საჭირო განათების მოწყობილობების რაოდენობა;

✓ სიმძლავრე;

✓ სიმძლავრის კოეფიციენტი;

✓ ენერჯის დაზოგვის პროცენტი (ე.ი. ტრადიციულ ნათურებთან შედარებით) და მისი ანაზღაურების პერიოდი;

✓ ხანგრძლივობა (ე.ი. ჩანაცვლების სიხშირე);

✓ ლუქსის დონე;

✓ ფერის გადაცემის ინდექსი;

✓ ფერის ტემპერატურა;

✓ მანათობელი ეფექტურობა (ლუმენი/ვატი) განზომილებაში;

✓ ზედაპირის ტემპერატურა (ანუ გავლენა კონდიციონერის სისტემის საოპერაციო ღირებულებაზე);

✓ თუ არის რაიმე საჭიროება, განადგურება განხორციელდეს სპეციალური ღონისძიებით (როგორც ცნობილია, საქართველოში სახიფათო ნარჩენების მართვასთან

დაკავშირებით შემოღებულია გარკვეული რეგულაციები), თუ შეიცავს რაიმე საშიშ მასალას ან მძიმე ლითონებს აღჭურვილობაში;

- ✓ გაყიდვის შემდგომი მოვლა და მომსახურება [11].

შემთხვევების შესწავლა (Case Study)

Case 1. ენერჯის მენეჯმენტის პირდაპირი ეფექტების მაგალითია ერთერთი ქარხანა, რომელმაც შეამცირა შეკუმშული ჰაერის გამოყენება 50 პროცენტზე მეტით გაჟონვის შემცირების გზით. ამან მათ საშუალება მისცა შეეჩერებინათ 75 კვტ. სიმძლავრის კომპრესორი, რომელიც მუდმივად მუშაობდა და მნიშვნელოვნად შეამცირა მოხმარებული ელექტროენერჯის ხარჯები. ეს მაგალითი გვიჩვენებს, რომ ძვირადღირებული პროექტები ყოველთვის არ ზოგავს ყველაზე მეტ ენერჯის.

Case 2. ავსტრიაში ყველაზე დიდი რძის ქარხნის წვის ჰაერის ვენტილატორი მუშაობდა ნომინალური სიმძლავრის 30 კვტ. ძრავით, რომელსაც ამუშავებდა ვარსკვლავის დელტა გაშვება. ვენტილატორი იწვევდა წლიური ენერჯის მოხმარებას დაახლოებით 152 400 კვტ.სთ. სიხშირის გადამყვანის დაყენებით სიჩქარე შემცირდა და ჰაერის რეალური ნაკადი ადაპტირებული იყო საჭირო ჰაერის ნაკადზე. ამ ქმედებამ გამოიწვია ენერჯის დაზოგვა დაახლოებით 86 პროცენტით. 8000 დოლარის საინვესტიციო ხარჯებით, ანაზღაურებადი პერიოდი იყო 9 თვე [12].

Case 3. ავსტრიულ რძის ქარხანაში, ერთ-ერთ უმსხვილეს ხაჭოს მწარმოებელს ევროპაში, შეკუმშული ჰაერი მიეწოდებოდა სამი კომპრესორით, რომლებიც კონტროლდებოდა რეგულირებადი წნევის დონეებით. არ იყო მთავარი კონტროლერი და არ იყო ნარჩენი სითბოს გამოყენება. კომპრესორების ძლიერ მერყევმა დატვირთვამ და მუშაობის მეთოდმა გამოიწვია მაღალი მოხმარება. მაღალეფექტური ძრავის დამონტაჟებამ და სამაგისტრო კონტროლის ოპტიმიზაციამ ოპტიმიზებს თანაფარდობას კომპრესორების სრულ დატვირთვას, ნაწილობრივ დატვირთვას და უმოქმედო სიჩქარეს შორის, ნარჩენი სითბოს გამოყენებას მეზობელი დარბაზის გასათბობად და გაჟონვის შემცირება გამოიწვია 50 000 ევრომდე. 24 975 ევროს დაზოგვა წელიწადში. ამრიგად, ორი წლის განმავლობაში საინვესტიციო ხარჯები დაბრუნდა.

Case 4. რძის ქარხანამ „ნამდალსმეიერიტმა“ ინვესტიცია მოახდინა სითბოს აღდგენისა და გამწმენდის კომბინირებულ ქარხანაში. წვის ჰაერი წინასწარ თბება აირებით და გოგირდის დიოქსიდი გამოიყენება ტუტე ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად. გამონაბოლქვი აირებში SO₂ შემცველობის დაახლოებით 91 პროცენტი შეიწოვება ჩამდინარე წყალში. ენერჯის ხარჯები მცირდება დაახლოებით €25 000 წელიწადში და ქიმიური ხარჯები დაახლოებით 17000 ევრო წელიწადში.

Case 5. დიდ საოფისე შენობას ჰქონდა წინადადება განახლებულიყო LED განათება ექვს წელზე მეტი ანაზღაურებით, ყოველწლიურად 40000 დოლარის დაზოგვით. განათების სისტემის ალტერნატიულმა სისტემატურმა მიმოხილვამ მოიტანა 50 000 დოლარზე მეტი დანაზოგი თითქმის ყოველგვარი ხარჯის გარეშე, მრავალი განათების ფიტინგების აღმოფხვრა და ინვესტიციების თავიდან აცილება. განათების დონეები შენარჩუნებული იყო საჭირო მნიშვნელობებზე. უსაფრთხოება და კომფორტი არ დაირღვა. ეს არის როგორც ხარჯების თავიდან აცილების, ასევე ენერჯის დაზოგვის მაგალითი დაბალი ღირებულების ღონისძიების საშუალებით [13].

Case 6. მწარმოებელმა კომპანიამ შეამცირა გათბობის, ვენტილაციისა და კონდიციონერების ხარჯები \$50 000-ზე მეტით უდანახარჯოდ, ანუ ოთახის პირობების დაზუსტების სისტემატური შემოწმებით. ეს ძალიან გავრცელებული შედეგია. სამხედრო დაწესებულებამ შეამცირა შენობების გათბობის მოთხოვნები 30 პროცენტზე მეტით გათბობის სისტემების მუშაობისა და კონტროლის არ ქონის გამო. ეს მიღწეული იქნა ყოველგვარი ფასის გადახდის გარეშე.

Case 7. საწარმოო ქარხანამ დიდი ინვესტიცია მოახდინა ვენტილატორის ძრავების ცვლადი სიჩქარის დისკებში და ანაზღაურების ტიპური დრო შეიძლება იყოს მინიმუმ 1 წელი. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ხშირად მართალია, ეს არ იყო ამ შემთხვევაში. არ იყო დანაზოგი, რადგან ვენტილატორის ჰაერის ნაკადები მათ ყოველთვის სრული სიჩქარით ამუშავებდნენ. მნიშვნელოვანია, რომ მოქმედება ცვლადია და რომ ძრავები შეიძლება შენელდეს. იგივე ეკონომიის მიღწევა შესაძლებელია ღვედის კოეფიციენტების შეცვლით, ან ტუმბოებზე იმპულსური დიამეტრის შემცირებით, რაც გაცილებით დაბალ ფასად იქნება [14].

Case 8. ენერგეტიკული აუდიტის შედეგად ერთერთმა რძის ქარხანამ აღჭურვა 1216 კვტ სიმძლავრის 203 ელექტროძრავა სიხშირის გადამყვანებით. 5,5 კვტ სიხშირის გადამყვანის ფასი დაახლოებით 600 ლარია. საინვესტიციო ხარჯები შეფასებულია 311 000 ლარად. ანაზღაურების ვადა 3,4 წელია. შედეგად ქარხანამ გააკეთა წლიური დანაზოგი 90000 ლარის რაოდენობით (1325 მგვტ.სთ).

დასკვნა

სამრეწველო ენერჯის მენეჯმენტის სისტემებისა (EnMS) და სტანდარტების დანერგვის მასშტაბური გაზრდით, კომპანიებს შეუძლიათ დაზოგონ დაახლოებით 10-20% მათი წლიური ენერჯის მოხმარება და მათი ხარჯების შემცირება ენერჯის უკეთესი მართვის გზით ხშირად მხოლოდ ოპერაციული ცვლილებების შეტანით მინიმალური ან ნულოვანი ინვესტიციით. ენერგომენეჯმენტის სისტემის დანერგვა სამრეწველო საწარმოებსა და სხვა

ტიპის ობიექტებში განაპირობებს ისეთ უპირატესობებს, როგორცაა: ენერჯის მოხმარების შემცირება, გარემოსდაცვითი მუშაობის გაუმჯობესება და სანდოობის ამაღლება [15].

ლიტერატურა

1. Jishkariani M. (2019). Electricity Tariffs in Georgia. Warsaw, Poland: World Science 9(49), Vol.1. doi:10.31435/rsglobal_ws/30092019/6697;
2. Jishkariani M., Dvalishvili N., Kurakhchishvili L. (2020). Evaluation of Calorific of Municipal Solid Waste (MSW). In: Ghosh S.(eds) Sustainable Waste Management: Policies and Case Studies. Springer, Singapore. doi.org/10.1007/978-981-13-7071-7_23;
3. Jishkariani M.(2019). Establish of Energy Efficiency Passports for Private Property Owners, Small and Medium Businesses. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/335620279_Establish_of_Energy_Efficiency_Passports_for_Private_Property_Owners_Small_and_Medium_Businesses;
4. Jishkariani M.(2020). Safety Rules for Power Engineering Companies. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/342233298_Safety_Rules_for_Power_Engineering_Companies;
5. Jishkariani M. (2020). Failure Mode and Effect Analysis in Energy Companies. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/341914208_Failure_Mode_and_Effect_Analysis_in_Energy_Companies;
6. Jishkariani M.(2020). Fault Tree Analysis (FTA) For Energy Enterprises. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/341494947_Fault_Tree_Analysis_FTA_For_Energy_Enterprises;
7. Jishkariani M.(2020). Risk Management and Losses Calculation in Energy Enterprises. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/341130738_Risk_Management_and_Losses_Calculation_in_Energy_Enterprises;
8. Jishkariani M.(2020). Load Measurement Forms and Reliability of Power Supply Systems. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/340234067_Load_Measurement_Forms_and_Reliability_Of_Power_Supply_Systems;
9. Jishkariani M. Tsotskhalashvili S. (2020). Features of Electricity Pricing in Georgia. „Energy”#4(96),part2.Pp.188-190. URL:https://www.researchgate.net/publication/348975571_Features_of_Electricity_Pricing_in_Georgia;
10. Jishkariani M. (2021). Prerequisites for Hydro Power Plant Design. Journal „Energy”#2(98) the thematic issue „Modern Problems of Energy and Ways of Their Solution” 1 part. Pp.167-171. Retrieved from URL: https://www.researchgate.net/publication/352855182_Prerequisites_for_Hydro_Power_Plant_Design;
11. Jishkariani M.(2021). Criteria for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Transport. Georgian Technical University Proceedings #3(521). Pp.59-68. <https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-59-68>;
12. Jishkariani M., Ghosh S.K., Didbaridze K. (2021). Energy and Economic Indicators Influencing Circular Economy in Georgia. In: Ghosh S.K., Ghosh S.K. (eds) Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0913-8_11;
13. Jishkariani M. (2021). Assessment of Global Warming Potential of Perspective HPPs in Georgia. 11th IconSWM-CE & IPLA GLOBAL FORUM: 1-4 Dec. 2021, Jadavpur University, Kolkata, India. Retrieved from URL: https://www.researchgate.net/publication/357604620_Assessment_of_Global_Warming_Potential_of_Perspective_HPPs_in_Georgia;
14. Pitskhelauri M., Jishkariani M. (2021). Preconditions for Implementing Energy Management Systems in Georgia. 11th IconSWM-CE & IPLA GLOBAL FORUM: 1-4 Dec. 2021, Jadavpur

University, Kolkata, India. Retrieved from :
<https://www.researchgate.net/publication/358226844> Preconditions for Implementing Energy Management Systems in Georgia;

15. Jishkariani M., Pitskhelauri M. (2022). Renewable Resources Role in the Transition to a Circular Economy Model. 10th International Scientific-Practical conference „Modern Directions of Scientific Research Development” 23-25 March, 2022, Chicago, USA . ISBN 978-1-73981-126-6. Retrieved from URL:
<https://www.researchgate.net/publication/359496916> Renewable Resources Role in the Transition to a Circular Economy Model.

EXAMPLES OF IMPLEMENTATION OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN INDUSTRY *M.Pitskhelauri.*

"Energy". №3-4(103-104). 2022. Tbilisi. p. . 78-85. geo. sum geo. engl. rus.

For industrial development is advisable to increase economic growth by reducing energy consumption and related environmental and climate change impacts. Industry must substantially increase energy efficiency and gradually move from carbon-intensive technologies to low-carbon technologies. Any organization that wants to improve its energy efficiency, can use ISO 50001: 2018 standard. The standard covers the use of Environmental Indicators (EnPIs) and related Energy Baseline Indicators (EnB). The paper describes the advantages of ISO 50001 for the introduction of an energy management system and examines examples of the introduction of an energy management system in industry. Research has shown that industry can consume annual energy and reduce their costs through better energy management, often only by making operational changes with minimal or zero investment.

Bibl. 15.

ПРИМЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ.

М.Пицхелаури.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 78-85. груз. реф. груз. англ. рус.

Для промышленного развития целесообразно увеличить экономический рост за счет снижения потребления энергии и связанных с этим воздействий на окружающую среду и изменение климата. В промышленности необходимо существенно повысить энергоэффективность и постепенно переходить от углеродоемких технологий к низкоуглеродным. В целях повышения эффективности любая организация может использовать стандарт ISO 50001:2018, охватывающий использование экологических индикаторов (EnPI) и связанных с ними базовых показателей энергопотребления (EnB). Описаны преимущества ISO 50001 для внедрения системы энергетического менеджмента и рассмотрены примеры внедрения этой системы в промышленность. Исследования показали, что промышленность может ежегодно потреблять энергию и снижать свои затраты за счет более эффективного управления энергопотреблением зачастую только путем внесения операционных изменений с минимальными или нулевыми инвестициями.

Лит. 15 назв.

RESEARCH ON THE SCADA SYSTEM

NIKOLOZI JAIANI – Master’s Student

E-mail: jaianinick@gmail.com

Georgian Technical University

Abstract. *With the rapid development of information technology, People become more and more dependent on the automatic technology in some special industries like oil, electricity and chemistry. As a novel technology, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) provides core functionality of Energy Management Systems (EMS) and Distribution Management Systems (DMS) in combination with base system services, the data engineering system, the user interface, and the front-end.*

Keywords: *Supervisory control and data acquisition, service oriented architecture, enterprise service bus (ESB).*

Introduction

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) is a system to automate industrial control and monitoring. SCADA includes field sensors, Programmable Logic Controllers (PLC) and Remote Telemetry Units (RTU). SCADA systems are used in all industry sectors where it is required to provide operator control over technological processes in real time. This software is installed on computers and uses I/O drivers or OPC/DDE servers to communicate with an object. Program code can be either written in one of the programming languages or generated in a design environment. Functions of SCADA are: Data Processing, Supervisory Control, Network Modification (Online), Selection Management, General Summary, Multi Phase, Display Open Lines, Redundant Data Sources, Topology Analysis and Network Coloring and Area of Control (AOC).

Review of SCADA

SCADA plays a vital part in providing means for upgrading their operating productivity, reducing maintenance costs, minimizing the number of outages, helping to avoid problems and leading to safer operation of the entire infrastructure. GSE reported improved reliability of supply with stable frequency and voltage because of implementation SCADA system across the country of Georgia [1]. They reported safe integration of increasing renewable generation because of implementation of SCADA system.

GSE Georgian State Electricity Transmission System Operator implemented SCADA in 2007, below I am providing which challenges they had before, and which benefits they gained after implementation:

Challenges:

- **Annual Conceptions Growth.**

- **Integration of Renewables into the Grid.**
- **Maintain power system stability despite increasing grid dynamics through volatile electricity flows.**
- **Manage cross-border interconnections.**
- **Enable inter-area energy exchange with Europe, meet the ENTSO-E requirements.**

Solution:

- **Network reliability improvement by SCADA/EMS Spectrum 7, Siguard DSA and other APPs.**
- **Following approved development plan.**

Benefits:

- **Improved reliability of supply with Stable frequency and voltage.**
- **Safe integration of increasing renewable generation.**
- **Harmonization with the standards of the European Network of Transmission System Operators (ENTSO-E) .**

An important part of most SCADA implementations is alarm handling [2]. The system monitors whether certain alarm conditions are satisfied, to determine when an alarm event has occurred. Once an alarm event has been detected, one or more actions are taken (such as the activation of one or more alarm indicators, and perhaps the generation of email or text messages so that management or remote SCADA operators are informed). In many cases, a SCADA operator may have to acknowledge the alarm event; this may deactivate some alarm indicators, whereas other indicators remain active until the alarm conditions are cleared.

Above review of literature can be summarized as, SCADA (supervisory control and data acquisition) is a system, which can monitor and control the process remotely. SCADA operates on signals over communication channels. SCADA system offers variety of advantages over conventional monitoring and data collection systems. The most important aspect of SCADA is one can monitor the process from any remote place. Real time data is available for processing. Quick actions can be taken once the fault is detected. SCADA system can be successfully implemented in variety of application which includes Industrial applications, Infrastructure applications, Energy Applications, Defense, Space etc.

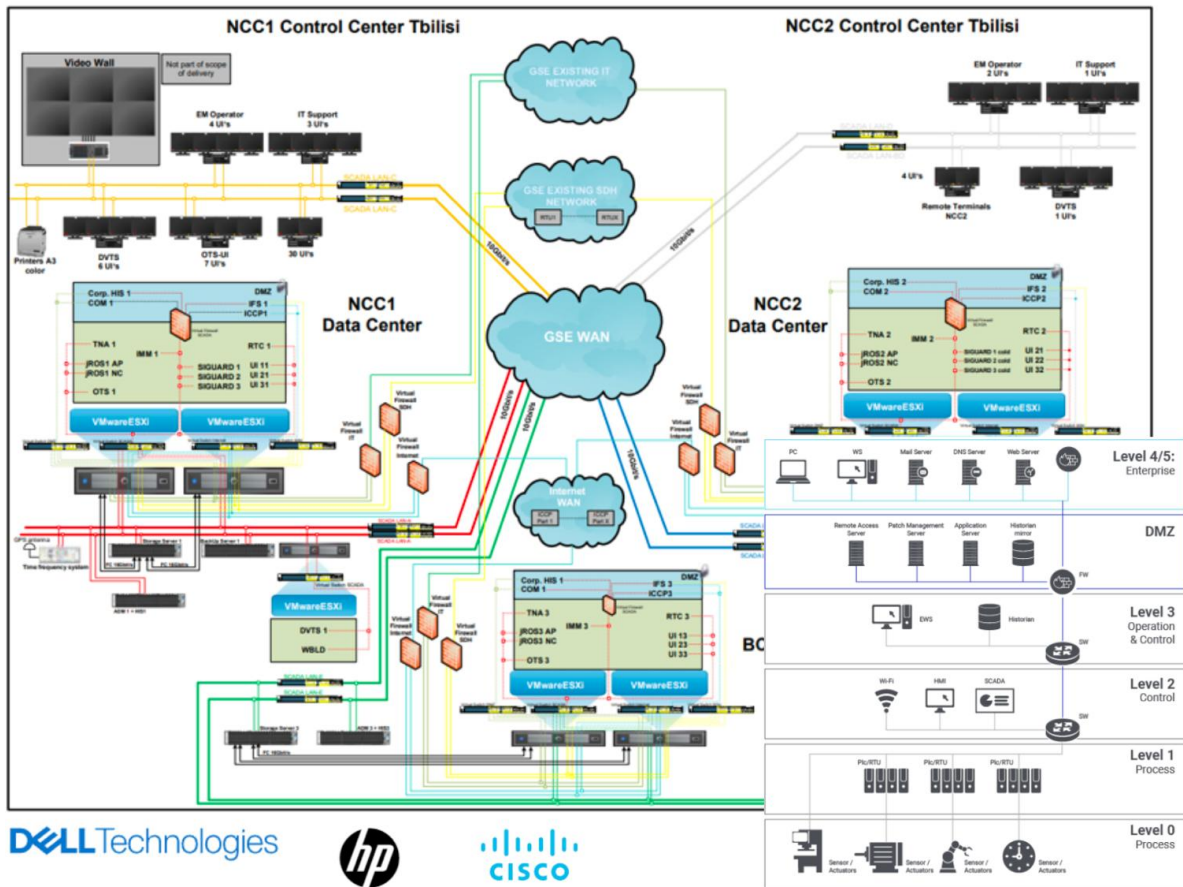
Cybersecurity

Typical Cyber Security principles are Confidentiality, Integrity, and Availability (CIA).

Cyber Security for control systems changes the priorities to Availability, Integrity, and Confidentiality (AIC).

SCADA developers understands the need to ensure that customer systems are secure. The measures taken to meet this obligation cover a wide range – from background checks on employees through restricting and digitally recording access to facilities. It includes employee

training, restricting access to in-house customer systems, documents and data, safeguarding any remote access capability, and protecting information about security vulnerabilities.



HW Architecture and Cyber Security in GSE [1]

Three Tier 2 Data Centers

- Physical HW: 13 Servers, 10 Switches and 3 Firewalls.
- Virtual: 65 Virtual and 9 Virtual Firewalls.

Main and Reserve Dispatch Centers

- 40 Active workplaces.

Cyber Security

- Segregated Network, Purdue Model.
- There is no route from internet, servers, users.
- or any other networks to SCADA Network.
- Any Information exchange between SCADA and IT Network happens through the DMZ.
- Any routes from SCADA or outside networks terminated in DMZ.
- Privileged Access Management (PAM).
- Web Application Firewall (WAF).
- Integration of SCADA logs in SIEM in progress.

Conclusion

As SCADA network are more and more popular for the industry, the data fusion and analyzing problem become more and more prominent. The Intelligent Alarm Processor provides information about the kind of the fault, the fault location and possibly failures of protective devices after a network disturbance, as well as an explanation of its consequences. Traditional method paid much attention on the reliability and security of SCADA network, yet some factors like convenience and usability are neglected. This paper introduced the concept and described live example of benefits and solutions SCADA can provide to industry sector.

REFERENCES

1. GSE (Georgian State Electrosystem). Tbilisi. Georgia.
2. Boyer, Stuart A. SCADA Supervisory Control and Data Acquisition. USA: ISA – International Society of Automation. 2010.

კვლევა SCADA სისტემის შესახებ.

ნ.ჯაიანი.

"ენერჯია". №3-4(103-104). 2021. თბილისი. გვ. 86-89. ინგლ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

საინფორმაციო ტექნოლოგიების სწრაფი განვითარებით ხალხი სულ უფრო და უფრო დამოკიდებული ხდება ავტომატურ ტექნოლოგიაზე ზოგიერთ ინდუსტრიაში, როგორცაა ნავთობი, ელექტროენერჯია და ქიმიკა. როგორც ახალი ტექნოლოგია, საზედამხედველო კონტროლი და მონაცემთა შეგროვება (SCADA) უზრუნველყოფს ენერჯის მართვის სისტემების (EMS) და განაწილების მართვის სისტემების (DMS) ძირითად ფუნქციონირებას საბაზო სისტემის სერვისებთან, მონაცემთა ინჟინერიის სისტემასთან, მომხმარებლის ინტერფეისთან და წინა ნაწილთან ერთად.

ილ. 1, ლიტ. 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ SCADA.

Н.Джаиани.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 86-89. англ. реф. груз. англ. рус.

В связи с быстрым развитием информационных технологий люди становятся все более и более зависимыми от автоматических технологий в некоторых специальных отраслях таких, как нефть, электричество и химия. В качестве новой технологии Диспетчерское управление и сбор данных (SCADA) обеспечивают основные функциональные возможности систем управления энергопотреблением (EMS) и систем управления распределением (DMS) в сочетании с базовыми системными службами, системой обработки данных, пользовательским интерфейсом и интерфейсом пользователя.

Илл. 1, лит. 2 назв.

IN ORDER TO INCREASE THE STABILITY OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM, INSTALLATION OF ENERGY STORAGE NEAR 500 KV SUBSTATIONS AND JUSTIFICATION OF ITS NEED

BORIS JINTCHVELEISHVILI - Phd Student

E-mail: borjinchvel@gmail.com

Georgian Technical University

Annotation. *The results of the conducted investigations are obtained based on the day-to-day observations of the country's electric energy regimes, on the basis of which the need for Energy storage is substantiated, which is why the real regime images of the energy system are presented, measures necessary for continuous balancing of the country's consumption and supply and mode aspects of parallel operation with neighboring energy systems are also outlined.*

Key words: *energy storage, Hydroelectric power station (Hpps), voltage, electric power system, installation of energy*

Most of the hydro generation of Georgia's energy system is located in Western Georgia, while a relatively larger share of consumption comes from Eastern Georgia (especially the Tbilisi - Rustavi junction), today's energy security largely depends on it, meaning the only 500 kV power transmission line that connects the main source of hydro generation with the eastern part of Georgia. The 500 kV power transmission lines coming from Zestafoni to the east are insured, which is why electricity transportation from Zestafoni to the east is safer and more reliable.

During the period of water abundance, approximately from May to August, when thermal plants are stopped or some are under repair, the energy system works in parallel mode with the neighboring country and energy flows from west to east, or the energy system of Georgia works in autonomous mode and at this time exports are carried out with a HVDC (High-voltage direct current), then the country's maximum consumption is in the morning and evening. During peak times, the 500 kV transmission line in West Georgia may become overloaded or the line load may approach operating limits.

For example, in the event of an emergency shutdown of the 500 kV power transmission line in the western part of the country, when there is a total load on the 500 kV power line and the autotransformers of the 500 kV substations, that the 500 kV power line is the condition for the operation of the emergency automation system, the operation of the emergency automation system will shut down the generation and the corresponding customer in the eastern part of the country, which will avoid a complete blackout, because the connection between western and eastern Georgia will remain with 220 kV power lines, and the said 220 kV voltage network will not be overloaded. Also, if we work in autonomous mode in case of frequency drop, which can be caused by emergency shutdown of generation or if we work parallel mode with a neighboring country, import is in progress (>50MW) and emergency shutdown of the interconnection transmission line, at this time due to malfunction of the emergency automation system, not enough consumers to disconnect because automatic frequency unloading is possible to operate, automatic frequency unloading in summer setting mode will start tripping users from 49.2 Hz and disconnect users when the frequency drops to 47 Hz, with a step of 0.1 Hz for each step of 40 MW, while in winter setting

mode it will start tripping users at 49 Hz and disconnect if the frequency drops to 47 Hz, consumers will receive 40 MW in each step with a range of 0.1 Hz, and if the frequency drops below 47 Hz, the generators will be protected against falling frequency and will turn off the generator. Also, due to the malfunctioning of the emergency automation system, due to the disconnection of unnecessary consumers, if the frequency in the system exceeds 51 Hz, then the protection against the increase in frequency will work on the generators and turn off the generators.

During the planned or emergency shutdown of the internal system 500 kV power transmission line, when there is so much load on the line that the emergency automation system operation condition is not met, a reactive power deficit is created in the system in proportion to the length of the power transmission line multiplied by 0.9, for example, if a 500 kV power transmission line The length is 128 km, if it is turned off, the deficit of reactive power is $128 \times 0.9 = 115$ Mvar, at this time the voltages in the system drop and the country's consumption also decreases, which during parallel operation during the current import with the neighboring country will reduce the flow of electricity (import) and increase the electricity during export. The flow (export) is proportional to the change in the reduction of the country's consumption, then it will be regulated and the export-import schedule with the neighboring country will be restored by the generator with automatic generation control (AGC). e.g. In the event of a planned shutdown of the 500 kV transmission line in the western part of the country, a regime is prepared in advance, which means the active power loading of the hydroelectric power stations in eastern Georgia and especially in the Zestafon junction, in order to reduce the load on the 500 kV power line in the eastern direction, and the reactive power of the generators is maximally loaded in the power stations in order to increase the voltage.

It is also important to note that the 500 kV power transmission line, the length of which is 165 km, should be turned off along with the 500 kV reactor in case of a planned shutdown of the line, because the reactive power deficit ($165 \times 0.9 = 149$ mvar) caused by the line shutdown should be compensated by the shutdown of the 500 kV reactor. By turning off the 500 kV reactor, an excess of reactive energy of 180 mvar will be created in the system, which will compensate for the deficit of reactive energy obtained by turning off the line.

The shutdown of the 500 kV shunt reactor occurs during the peak of country's consumption (during the maximum consumption of electricity in the country), because during the peak of the country's demand increases as much as a possible and the user consumes reactive energy along with active energy, a deficit of reactive energy is created in the system and the voltages drop, because of this it is also possible to add reactive energy to the generators, then the shunt reactor is turned off or the shunt reactors that have Tap changer, it is possible to move the Tap changer to increase the voltage. 500 kV shunt reactors have 35 positions of Tap changer. The minimum reactive power consumption of a 500 kV shunt reactor is 115 mvar and the maximum reactive power consumption is 180 mvar, therefore it can be adjusted up and down within the range of 65 mvar. In this case, we will move the Tap changer in such a way that the 500KV shunt reactor consumes the minimum reactive energy. With the shutdown of the 500 kV shunt reactor, the voltages increase and the country's consumption also increases. If the energy system of Georgia works in parallel with the neighboring country and the import is in progress, by turning off the 500 kV shunt reactor, the current import will increase by about 50 MW, which will be adjusted by the generator on which automatic generation control (AGC) is entered and will adjust the import according to the schedule.

In the autonomous mode, during shutdown of the 500 kV shunt reactor, the mode is prepared in advance, the frequency must be artificially increased to 50.5 Hz, for this, the active power on the most powerful generator increases the frequency in the system quickly, and when the frequency reaches 50.5, we turn off the 500 kV shunt reactor, at this time the reactive energy released by turning off the shunt reactor is 180 Mvar will increase the voltage, increasing the voltage will increase the consumption of the country by about 50 MW and the frequency will momentarily decrease to 49.5 Hz, then the frequency will be adjusted by the frequency regulator, which is fed to one of the generators.

The 500 kV shunt reactor is turned on at the time of the country's minimum consumption, because at this time the consumption is reduced as much as possible, along with the reduction of the active energy consumption, the reactive energy consumption also decreases and an excess of reactive energy is created in the system and the voltages increase, because of this it is also possible to reduce the reactive energy on the generators, then the 500 kV shunt reactor is turned on or moving the Tap changer on the shunt reactor in order to reduce the voltage, in this case we will move the Tap changer to the position so that the 500 kV shunt reactor consumes the maximum reactive energy. By turning on the 500 kV shunt reactor, voltages decrease and the country's consumption also decreases, If the energy system of Georgia works in parallel with the neighboring country and imports are in progress, by turning on the 500 kV shunt reactor, the current import will decrease by about 50 MW, which will be regulated by the generator on which automatic generation control (AGC) is entered and will be corrected Imports according to schedule.

In the autonomous mode, during turned on the 500 kV shunt reactor, the mode is prepared in advance, the frequency must be artificially lowered to 49.5 Hz, for this, by quickly reducing the active power on the most powerful generator, the frequency in the system will decrease, and when the frequency reaches 49.5 Hz, we will turn on the 500 kV shunt reactor, at this time, by turning on the 500kV shunt reactor by the reactor The absorbed energy (180 mvar) will reduce the voltage, the reduction of the voltage will reduce the country's consumption by about 50 MW and the frequency will increase momentarily to 50.5 Hz, then the frequency will be adjusted by the frequency regulator, which is fed to one of the generators.

According to the regime, large-capacity hydro-generators and thermal power units have the ability to automatically partially regulate the deficit or excess of reactive power in the power system, this is immediately effective when the 500 kV shunting reactor and the internal system 500 kV power transmission line are turned on or off, as well as during parallel operation with other countries, the change in the flow of reactive power is automatically reflected on the inter-system line .

During the parallel operation of the Georgian energy system with the neighboring country, one of the generators is equipped with AGC (automatic generation control), which regulates export-import on the inter-system line according to the pre-approved schedule entered in the SCADA (supervisory control and data acquisition), and also one of the generators is equipped with a frequency regulator, which will adjust the frequency in the system in the event of an emergency shutdown of the inter-system line. For this, the load on the generator, on which the frequency regulator is inserted, should be approximately half of the nominal one, so that the generator has a range of regulation both for increasing and decreasing power.

During the operation of the Georgian energy system in autonomous mode, a frequency regulator is installed on one of the most powerful generators, which continuously adjusts the frequency in the system.

The most reliable mode is to operate the Georgian energy system in parallel mode with the neighboring energy system, from which the internal 500 kV power transmission network in Western Georgia will not be overloaded during the import, in the case of, at this time exports are carried out with a HVDC (High-voltage direct current), and the Georgian energy system will be connected to the neighboring energy system from which the import is carried out by at least two inter-system lines. . It is desirable that the neighboring power system works in parallel mode with another neighboring power system in order to improve the frequency quality.

The emergency shutdown of 500 kV autotransformers in substations is also a big threat to the energy system of Georgia:

1. In 500 kV substations, when there is a consumer of more than 50 MW, i.e. a load of more than 50 MW from the 500kv voltage network to the 220 kv voltage network arrives at the autotransformer;

2. In 500 kV substations where the generation of more than 50 MW is included, that is, the load from the 220 kv voltage network to the 500kv voltage network is more than 50 MW on the autotransformer.

For example, emergency shutdown of 500 kV autotransformer in a 500 kV substation causes additional load on autotransformers in adjacent 500 kV substations (which are directly connected to 500 kV transmission lines). Whatever load was falling on the 500 kV autotransformer in the 500 kV to 220 kV network before the emergency shutdown, a little less load will be distributed and added to the autotransformers of the adjacent substations. This is especially undesirable during times of low water inflow into HPPs, when HPPs have small loads in the region of an autotransformer that has been turned off by accident. It should also be noted that if we are talking about the 500 kV autotransformers of Eastern Georgia, the same picture is when the thermal stations are not working, because at that time the load coming from the 500 kV to 220 kV network will be as large as possible. Also, during the shutdown of the 500 kV autotransformer, the voltages in the 500kV substation drop a lot in the 220 kV network, for example, before the emergency shutdown of the 500 kV autotransformer in the 220 kV network, if the voltage was 220 kV, then after the shutdown the voltage drops to 190 kV, while the voltages in the 500 kV network increase a lot. For example, if the voltage was 500 kV before turning off the 500 kV autotransformer, after turning off it even increases to 530 kV.

During the planned shutdown of the 500 kV autotransformer, the following mode is prepared: the generation sources in the node must be connected to the system and after connecting to the system, they must take the maximum active and reactive power, also the user must be transferred to the autotransformers of the neighboring region as much as possible, and all measures must be taken to reduce the load on the 500 kV autotransformer as much as possible before turning it off., the aforementioned can be implemented only at night, when the country's consumption is minimal, precisely during the shutdown of the 500 kV autotransformer, it is important to have an energy storage in the 500 kV substation, so that the 220 kV voltage network in the node is not overloaded during the shutdown period of the 500 kV autotransformer, and also at this time in the said node

Stabilization of the voltages in the 220 kV and 110 kV voltage networks and planned shutdown of the 500 kV autotransformer should be possible at any time during the day and night.

In order to lower the voltage in the system, it is possible to turn off the 500 kV back-to-back shunt capacitor, the said shunt capacitor generates about 70 mvar of reactive power.

It is also important to note that the 220 kV voltage network connecting the 500 kV substations to the 220KV substations and the 220 kV voltage network connecting the 220 kV substations to each other must not be paralleled with the 110 kV voltage network connecting the same substations, in the case of paralleling with the 220KV network, if the 220 kV power line is switched off in an emergency, then the 110 kV power line will be paralleled with the 500 kV power line, which may cause emergency shutdowns of the 110KV lines as a result of overloading the 110KV network.

The most noteworthy from the point of view of the regime is the moment when there is an undesirable fact of a complete blackout or partial blackout of the system, when it is not possible to supply electricity to a part of the countrys consumers due to damage to the power transmission lines. It will be very important to have an Energy Storage and its role in restoring the power system from zero in the event of a complete blackout of the power system, because in the case of starting a hydroelectric power plant from zero, when the hydroelectric power plant does not have voltage even for its own consumption, the chances of fully restoring the power system and maintaining the stability of the energy system are fragile, in which the system will be greatly assisted by an Energy Storage.

The hourly modes of the energy system of Georgia are different from each other and the energy modes are also different according to seasonality. For example, if the evening peak is fixed at 22:00 in summer, the evening peak is fixed at 18:00 in winter, the energy regime in every hour is different both in terms of active energy consumption and in terms of reactive energy consumption, and also the daytime energy regime is different on holidays and working days.

Consider the variation of the countrys consumption during the day, the evening peak lasts for about 2 hours, afters that the consumption starts to decrease and the minimum consumption is fixed at about 5 am, then the countrys consumption slowly starts to increase again until dawn, when the outdoor lights of country are turned off, the consumption decreases again for a while and then the consumption starts the increase to the morning peak, the morning peak lasts from about 12:00 to 14:00, then between the morning peak and the evening peak there is again a process of decreasing consumption and then increasing it.

During the day, the snow melts in the mountains, and by the evening, the water inflow to some hydroelectric power stations increases.

Based on the above, the need for energy storage is important, especially during times of water abundance.

REFERENCE

1. <https://www.electricaltechnology.org/2018/08/shunt-reactor.html>.
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630719308672>.
3. <https://ieeexplore.ieee.org/document/127046>.
4. <https://www.gse.com.ge>.
5. <https://www.sakrusenergo.ge>.
6. <https://www.energo-pro.ge>.

7. <http://www.telasi.ge>
8. <https://www.gogc.ge>
9. <https://www.esco.ge>
10. <https://www.genex.ge>
11. <https://www.fund.ge>
12. <https://www.engurhesi.ge>
13. <https://gedf.com.ge/project/4-qartlis-qaris-eleqtrosadguri>
14. <https://gnerc.org>
15. <https://www.telmico.ge>
16. <https://www.gwp.ge>
17. <https://www.ag.ge>
18. <https://www.trianglemicroworks.com>

ელექტროენერგეტიკული სისტემის მდგრადობის ამაღლების მიზნით ელექტროენერჯის დამაგროვებლის მონტაჟი 500კვ ქვესადგურების მიმდებარედ და მისი საჭიროების მნიშვნელობის დასაბუთება.

ბ.ჯინჭველიშვილი.

"ენერჯია". №3-4(103-104). 2022. თბილისი. გვ. 90-95. ინგლ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

წარმოებული გამოკვლევების შედეგები მიღებულია ქვეყნის ელექტროენერგეტიკულ რეჟიმებზე დღეღამური დაკვირვებებიდან გამომდინარე, რომლის საფუძველზე დასაბუთებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების საჭიროება, რის გამოც მოყვანილია ენერგოსისტემის რეალური რეჟიმული სურათები, ასევე ასახულია ქვეყნის მოხმარება მიწოდების უწყვეტი დაბალანსებისთვის საჭირო ღონისძიებები და მეზობელ ენერგოსისტემებთან პარალელური მუშაობის რეჟიმული ასპექტები.

ლიტ. 18.

УСТАНОВКА ХРАНИЛИЩА ЭНЕРГИИ РЯДОМ С ПОДСТАНЦИЯМИ 500 КВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ОБОСНОВАНИЯ ЕЕ| ВАЖНОСТИ.

Б.Джинчвеленишвили.

"Энергия". №3-4 (103-104). 2022. Тбилиси. с. 90-95. англ. реф. груз. рус.

Результаты проведенных исследований получены на основе повседневных наблюдений за режимами электроэнергетики страны для обоснования потребности в хранилище энергии. Представлены реальные режимные картины энергосистемы и намечены меры, необходимые для постоянного балансирования потребления и снабжения страны, а также аспекты режима параллельной работы с соседними энергосистемами.

Лит. 18 назв.

რედაქციაში სტატიების შიმოტანის წესები

1. ჟურნალის რედაქციაში შემოსატანი მასალა უნდა შეიცავდეს:
 - საკუთრივ სტატიას - 1 ეგზ. (სტატია და რეფერატი უნდა იყოს სტრუქტურირებული და შედგებოდეს შემდეგი ნაწილებისგან:
 - მეცნიერების დარგი;
 - სამუშაოს საგანი, თემა, მიზანი;
 - სამუშაოს შესრულების მეთოდი ან მეთოდოლოგია;
 - სამუშაოს შედეგები;
 - შედეგების გამოყენების სფერო;
 - დასკვნები.
 - ანოტაციას ქართულ ენაზე - 1 ეგზ.
 - ანოტაციას რუსულ ენაზე - 1 ეგზ.
 - ანოტაციას ინგლისურ ენაზე - 1 ეგზ.
 - დისკეტაზე ჩაწერილ სტატიასა და სამივე ანოტაციას (სათაურებით ქართულ, რუსულ და ინგლისურ ენებზე).
2. რედაქციაში შემოტანილი სტატიის გვერდის მოცულობა განისაზღვრება 1,5 ინტერვალით. შრიფტის ზომაა 12; გვერდის ველები – ზევიდან, ქვევიდან, მარცხნიდან და მარჯვნიდან – 25 მმ. შრიფტები: ქართული – Sylfaen, ინგლისური და რუსული – Times New Roman.
3. სტატია შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ქართულ, რუსულ ან ინგლისურ ენაზე. მისი მოცულობა არ უნდა იყოს 3 გვერდზე ნაკლები.
4. გრაფიკული (ნახაზი, ფიგურა, სქემა, დიაგრამა, ნომოგრამა) და ფოტო მასალა აღირიცხება ტექსტის შემადგენლობაში ისევე, როგორც ციტირებული ლიტერატურის ნუსხა და, თანაც აუცილებელია უახლესი. აუცილებელია ციტირებული ლიტერატურის რიგითი თანმიმდევრობის ნუმერაციის განთავსება ტექსტში. წარმოდგენილი გრაფიკული ან ფოტო მასალა იბეჭდება შავ-თეთრი გამოსახულებით. ფერად გამოსახულებაში მათი შესრულების შესაძლებლობა ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში დგინდება გამომცემლობა "ენერჯია" ხელმძღვანელობასთან შეთანხმებით. ყველა გრაფიკულ ან ფოტო მასალას უნდა ჰქონდეს დასახელება.
5. სტატიის ქართული, რუსული და ინგლისური ანოტაცია თითოეული უნდა შეიცავდეს 500 ნიშანს (დაახლოებით ხელნაწერი ტექსტის 10 სტრიქონს). ქართული, რუსული და ინგლისური ტექსტები უნდა ემთხვეოდეს ერთმანეთს.
6. ფიზიკური სიდიდეები უნდა იყოს წარმოდგენილი საერთაშორისო SI სისტემასთან შესაბამისობაში. ფორმულებში შემავალი სიდიდეები და აღნიშვნები უნდა გამოისახოს ქართული, ბერძნული ან ლათინური ანბანის შესაბამისად. როგორც გამონაკლისი, დასაშვებია რუსული ანბანის ასოების გამოყენება ეკონომიკური ხასიათის სტატიის წარმოდგენისას.
7. აუცილებელია სტატიის ავტორის (ავტორების) სახელის, სამეცნიერო ხარისხის, წოდების ან სპეციალობის მოყვანა. ავტორის (ავტორების) ხელმოწერის გარეშე სტატია არ მიიღება. საჭიროა ბინის ან სამუშაო ადგილის ტელეფონის მითითება.