

620.9(05)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კავშირი
"მეცნიერება და ენერგეტიკა"

ენერგეტიკა

სამეცნიერო-ტექნიკური რევირეზიული
ჟურნალი

1(101)/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.Sarukhanian (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.

ბარაბიძე, მარაბიძე. ელექტროენერგიაზე სამომხმარებლო ტარიფების ცვლილების დინამიკა 2006-2021 წწ. 5

მ.მპარაბაძე. ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედება ქვესადგურების პერსონალის ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების მომსახურების დროს. 14

ნ.ასკანიძე, ივ.ტაბატაძე. ელექტროენერგიის ხარისხი, მისი მონიტორინგი და სტანდარტიზაცია. 20

ნ.ასკანიძე, ო.ბურღიაშვილი. ელექტროენერგიის ხარისხის პარამეტრები. 25

З.ГОБИАНИДЗЕ, Г.ХАРШИЛАДЗЕ, Н.ГОГОЛИДЗЕ. Электромеханические преобразователи без лобовых частей. 30

ივ.ტაბატაძე. მზის ელექტროსადგურის გავლენა ენერგიის ხარისხის პარამეტრებზე. 34

ივ.ტაბატაძე. ფოტოელექტრული სისტემების საერთაშორისო სტანდარტების ზოგადი მიმოხილვა. 38

რ.ჩიხლაძე, ქ.ჩიხლაძე, ზ.ჯანიაშვილი. მაღალი ძაბვის ძრავის საიზოლაციო სისტემის წინაღობის დამოკიდებულება ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე. 42

ბ.ხურცილაკა, ო.კილურაძე. მეტროპოლიტენის ენერგომომხმარებლის კორელაციურ-რეგრესიული ანალიზი. 48

რ.ბურბუნაძე. შუალედურსაყრდენიანი ქანქარისებრი კიდული ბაგირგზების ელექტროამძრავის მაღალი დინამიკური მახასიათებლების მქონე მოძრაობის ტაქოგრაფის დამუშავება. 57

ბ.თურმანიძე. ოპტიკური ჰოლოგრაფიის გამოყენება ბეტონის რღვევის მექანიკაში. 64

სტატიების შემოტანის წესები. 72

**ელექტროენერგიაზე სამომხმარებლო ტარიფების ცვლილების
დინამიკა 2006-2021 წწ.**

ტექნ. მეც. დოქტორი, პროფესორი ბია არაბიძე

აკადემიური დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი მარბალიტა არაბიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. მოცემულია საქართველოში ელექტროენერჯის იმპორტისა და თბოგენერაციის წილი 2021 წლის საერთო მოხმარებაში. წარმოდგენილია ელექტროენერჯიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა 2006-2021 წლებისათვის თეთრებში და აშშ ცენტრებში. ჩატარებულმა კვლევამ ცხადყო, რომ ტარიფის ზრდის ძირითადი კომპონენტი ეროვნული ვალუტის გაუფასურებაა და არა საინვესტიციო პაკეტის გაუმჯობესება. სტატისტიკური მონაცემების ანალიზით დადგენილია, რომ დღეს არსებული ტარიფი ეროვნულ ვალუტაში $\approx 41\%$ -ით მეტია 2006-2012 წლების, $\approx 60\%$ -ით მეტია 2013-2015 წლების და $\approx 16\%$ -ით მეტია 2016-2020 წლების ტარიფებთან შედარებით. აშშ დოლარებში ტარიფის ცვლილების დინამიკა ასეთია: 2006-2012 წლებთან შედარებით შემცირებულია $\approx 28\%$ -ით, ხოლო 2013-2015 და 2016-2020 წლებთან შედარებით გაზრდილია ≈ 18 და $\approx 15\%$ -ით.

საკვანძო სიტყვები: ტარიფი, იმპორტირებული ენერჯია, მოგების მარჟა, ეროვნული ვალუტა, იმპორტის წილი, თბოგენერაციის წილი, სს „თელასი“, სს „ენერგო-პრო გორჯია“.

შესავალი

ტარიფი არაბული წარმოშობის სიტყვაა და ნიშნავს ზოგიერთი სახის გადასახადის ან საფასურის დადგენილი ოდენობას. ტარიფი არის გადასახადი, რომელიც დაწესებულია კონკრეტული საქონელზე ან საქონლის ნაკრებზე.

ენერჯიაშემცველებზე სამომხმარებლო ტარიფის ზრდა განსაკუთრებით დაბალ-შემოსავლიანი მოსახლეობისათვის, მკვეთრად უარყოფიდად აისახება მოსახლეობის სოციალურ მდგომარეობაზე, რადგან დანახარჯებს ენერჯია შემცველებზე სამომხმარებლო კალათაში, საკმაოდ დიდი ხვედრითი წილი უკავიათ. ენერჯიაშემცველების ხარჯი, დიდ წილად, საწარმოო ხარჯებიცაა და ტარიფის ზრდა პროდუქციის წარმოების დანახარჯების და, შესაბამისად, მისი საბაზრო ფასების ზრდასაც იწვევს [1].

ეროვნული ვალუტის რყევები ტარიფებზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს. საქართველოში გენერირებული ელექტროენერჯის $\approx 20-25\%$ იმპორტირებული ბუნებრივი აირით იწარმოება, ხოლო იმპორტირებული ელექტროენერჯის წილი, წლიურ ჭრილში კი - $\approx 10-15\%$ -ია. ჩვენი ჰიდროელექტროსადგურების სეზონურობიდან გამომდინარე, ზამთრის ცალკეულ თვეებში იმპორტზე დამოკიდებულება (გაზი+ელექტროენერჯია) 70%-საც აღწევს.

ცხრ. 1-ში მოცემულია საქართველოში ელექტროენერჯის იმპორტისა და თბოგენერაციის წილი 2021 წლის საერთო მოხმარებაში [2].

ცხრილი 1

2021 წ., თვე	იმპორტის წილი,%	თბოგენერაციის წილი, %	ჯამური წილი,%
იანვარი	34	29	63
თებერვალი	37	32	69
მარტი	48	15	63
აპრილი	24	6	30
მაისი	0	0	0
ივნისი	0	1	1
ივლისი	0	0	0
აგვისტო	1	14	15
სექტემბერი	0	13	13
ოქტომბერი	1	17	18
ნოემბერი	6	35	41
დეკემბერი	15	37	52
საშუალო წლიური,%	14	17	31

ბუნებრივი აირის და იმპორტირებული ელექტროენერჯის შეძენა უცხოურ ვალუტაში ხდება. საქართველომ 2021 წელს მხოლოდ ელექტროენერჯის იმპორტში 47,9 მლნ. აშშ დოლარი გადაიხადა. ეს რიცხვი გაცილებით მეტი იყო წინა წლებში, 2020 წელს ≈64 მლნ. აშშ დოლარი, ხოლო 2019 წელს ≈78 მლნ. აშშ დოლარი [3,4].

იმპორტზე დამოკიდებულების რისკების შესამცირებლად საკუთარი რესურსებით წარმოებული ენერჯის გაზრდაა აუცილებელი. ამის განხორციელება მსხვილი ინვესტიციების მოზიდვის გარეშე შეუძლებელია. ინვესტიციების მოზიდვის ერთ-ერთი პირობა ქვეყნის განვითარების სტაბილურობასთან ერთად, ტარიფების სტაბილურობაა. ეროვნული ვალუტის რყევები ტარიფებზე და, შესაბამისად, ინვესტორების მოზიდვაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს. აღნიშნული სტატიის მიზანია ვაჩვენოთ ელექტროენერჯის ტარიფების ცვლილების დინამიკა, უცხოურ ვალუტასთან მიმართებაში.

სტატისტიკური მონაცემები და ანალიზი

ცხრ. 2-ში მოცემულია ელექტროენერჯიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების დინამიკა დღგ-ის გარეშე, სს „თელასის“ და სს „ენერგო-პრო ჯორჯიისათვის“ (თეთრი/ცენტი), მომხმარებელთა კატეგორიის (საფეხურის) მიხედვით 2006-2021 წწ. [5-9].

ცხრილი 2

კატეგორია	2006 წ.		2007 წ.		2008 წ.		2009 წ.		2010 წ.		2011 წ.	
	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო
	კურსი 1\$ ≈1,81 ლ		კურსი 1\$ ≈1,65 ლ		კურსი 1\$ ≈1,62 ლ		კურსი 1\$ ≈1,67 ლ		კურსი 1\$ ≈1,755 ლ		კურსი 1\$ ≈1,735 ლ	
101 კვტ. სთ-მდე	11,424/6,31	11,0/6,08	11,424/6,92	11,0/6,67	11,424/7,05	11,0/6,79	11,424/6,84	11,0/6,59	11,424/6,51	11,0/6,27	11,424/6,58	11,0/6,34
301 კვტ. სთ-მდე	13,56/7,49	14,0/7,73	13,56/8,22	14,0/8,48	13,56/8,37	14,0/8,64	13,56/8,12	14,0/8,38	13,56/7,73	14,0/7,98	13,56/7,82	14,0/8,07
301 კვტ. სთ და ზემოთ	14,998/8,29	14,83/8,19	14,998/9,09	14,83/8,99	14,998/9,26	14,83/9,15	14,998/8,98	14,83/8,88	14,998/8,55	14,83/8,45	14,998/8,65	14,83/8,55

ცხრ. 2-ის გაგრძელება

კატეგორია	2012 წ.		2013 წ.		2014 წ.		2015 წ.		2016 წ.		2017 წ.	
	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო
	კურსი 1\$ ≈1,655 ლ		კურსი 1\$ ≈1,7 ლ		კურსი 1\$ ≈1,7578 ლ		კურსი 1\$ ≈2,27 ლ		კურსი 1\$ ≈2,3667 ლ		კურსი 1\$ ≈2,5086 ლ	
101 კვტ. სთ-მდე	11,424/6,9	11,00/6,65	8,034/4,72	7,63/4,49	8,034/4,57	7,63/4,34	8,034/3,54	7,63/3,36	11/4,65	10,978/4,64	11/4,34	10,978/4,38
301 კვტ. სთ-მდე	13,56/8,19	14,0/8,46	10,56/6,21	11,0/6,47	10,56/6,01	11,0/6,26	10,56/4,65	11,0/4,85	14,4/6,08	14,348/6,06	14,4/5,74	14,348/5,72
301 კვტ. სთ და ზემოთ	14,998/9,06	14,83/8,96	14,998/8,82	14,83/8,72	14,998/8,53	14,83/8,44	14,998/6,61	14,83/6,53	18,2/7,69	18,178/7,68	18,2/7,26	18,178/7,25

ცხრ.2 გაგრძელება

კატეგორია	2018 წ.		2019 წ.		2020 წ.		2021 წ.	
	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო	თელასი	ენერგო-პრო
	კურსი 1\$ ≈2,5345 ლ		კურსი 1\$ ≈2,8192 ლ		კურსი 1\$ ≈3,1097 ლ		კურსი 1\$ ≈3,2129 ლ	
101 კვტ. სთ-მდე	12,325/4,86	12,065/4,76	12,325/4,37	12,065/4,28	12,325/3,96	12,065/3,88	15,289/4,76	15,026/4,68
301 კვტ. სთ-მდე	15,725/6,2	15,435/6,09	15,725/5,58	15,435/5,47	15,725/5,06	15,435/4,96	18,689/5,82	18,396/5,73
301 კვტ. სთ და ზემოთ	19,525/7,7	19,265/7,6	19,525/6,93	19,265/6,83	19,525/6,28	19,265/6,2	22,489/7	22,226/6,92

საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის (სემეკის) გადაწყვეტილებით, 2013 წლის 1 იანვრიდან ტარიფი ელექტრო-ენერგიაზე შემცირდა. როგორც ცხრ. 2-დან ჩანს, „თელასის“ პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის იგი შემცირდა 3,39 თეთრით (≈30%), ხოლო მეორე კატეგორიის *ჟურნალი "ენერგია" №1(101). 2022*

მომხმარებლებისათვის - 3 თეთრით ($\approx 22\%$). რაც შეეხება „ენერგო-პრო ჯორჯიას“, შემცირება შესაბამისად ტოლი იყო 3,37 ($\approx 30,6\%$) და 3 თეთრის ($\approx 21,4\%$). როგორც განვლილმა წლებმა დაგვანახე, ტარიფების ხელოვნური გაიაფება პრობლემატური გამოდგა, როგორც ენერგო-კომპანიების, ასევე დარგის შემდგომი განვითარებისათვის. ტარიფების შემცირებამ ენერგოკომპანიების მოგების მარჟა შეამცირა. როდესაც მოგების მარჟა მცირდება, სექტორი ინვესტორებისთვის ნაკლებად მიმზიდველი ხდება.

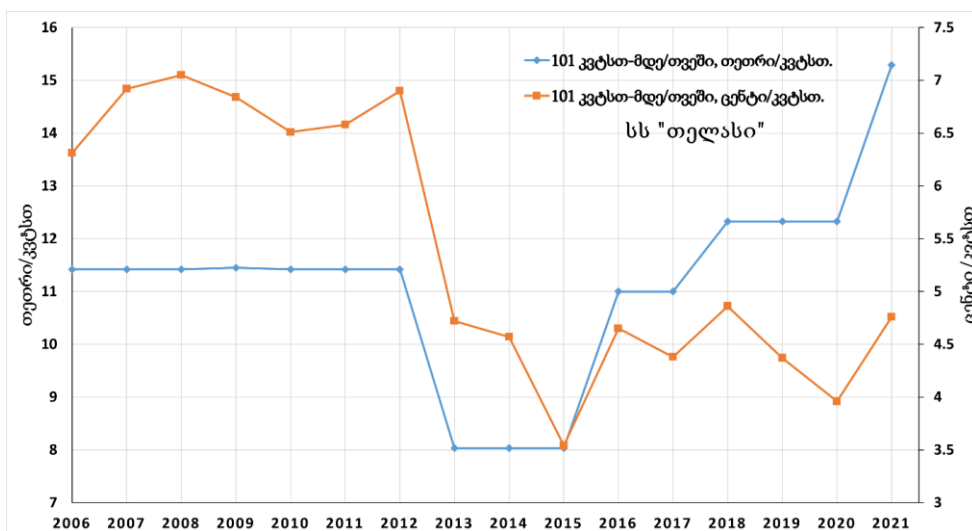
ნახ. 1 და 6-ზე მოცემულია ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა, დღგ-ის გარეშე, სს „თელასისა“ და სს „ენერგო-პრო ჯორჯიისათვის“ თეთრებში და აშშ ცენტებში, მომხმარებელთა კატეგორიების მიხედვით 2006-2021 წწ.

როგორც გრაფიკების ანალიზიდან ჩანს, ტარიფების ცვლილების დინამიკა შეიძლება დავყოთ სამ პერიოდად.

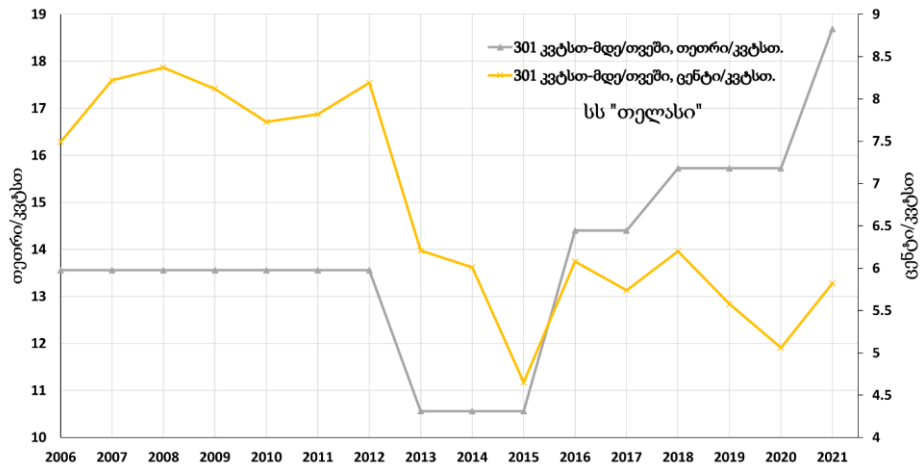
1. 2006-2012 წწ. ტარიფი სამივე კატეგორიის მომხმარებლისათვის, როგორც სს „თელასის“ ასევე სს „ენერგო-პრო ჯორჯიისათვის“ თეთრებში სტაბილურია. რაც შეეხება მის მნიშვნელობას აშშ დოლარებში, იგი ვალუტის კურსის ცვლილებასთან ერთად იცვლება. მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა ფიქსირდება 2008 წელს და $\approx 11,7\%$ -თა გაზრდილი 2006 წელთან შედარებით. 2012 წელს, 2008 წელთან შედარებით, ტარიფის მნიშვნელობა შემცირებულია $\approx 2,1\%$ -ით, ხოლო 2006 წელთან შედარებით კი - გაზრდილია $\approx 9,3\%$ -ით. (ამ პერიოდში, მცირე რყევების მიუხედავთ, ლარი მყარდებოდა).

2. 2013-2015 წწ., როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, სემეკის გადაწყვეტილებით 2013 წლის იანვრიდან, სს „თელასისა“ და სს „ენერგო-პრო ჯორჯიის“ პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის ტარიფი საშუალო გაიაფდა $\approx 30\%$ -ით, ხოლო მეორე კატეგორიის მომხმარებლებისათვის კი - $\approx 22\%$. მესამე კატეგორიის მომხმარებლებს ტარიფის ცვლილება არ შეხებია. ვალუტის კურსის მცირე ცვლილებისა და თეთრებში ტარიფების გაიაფების გამო, ტარიფი აშშ ცენტებში იმავე 2013 წელს, პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის საშუალოდ შემცირებულია $\approx 31,5\%$ -ით, მეორე კატეგორიისათვის $\approx 23,4\%$ -ით, ხოლო მესამე კატეგორიისათვის კი $\approx 2,6\%$ -ით. მცირე ცვლილებების მიუხედავთ, 2013-2015 წწ. ტარიფი ეროვნულ ვალუტაში შეგვიძლია ჩავთვალოთ მუდმივად. რაც შეეხება აშშ ცენტებში, იგი 2015 წელს 2013 წელთან შედარებით შემცირებულია $\approx 25\%$ -ით ყველა კატეგორიის მომხმარებლებისათვის. 2012 წელთან შედარებით კი - პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის საშუალოდ შემცირებულია $\approx 49\%$ -ით, მეორე კატეგორიისათვის $\approx 43\%$ -ით, ხოლო მესამე კატეგორიისათვის კი - $\approx 27\%$ -ით.

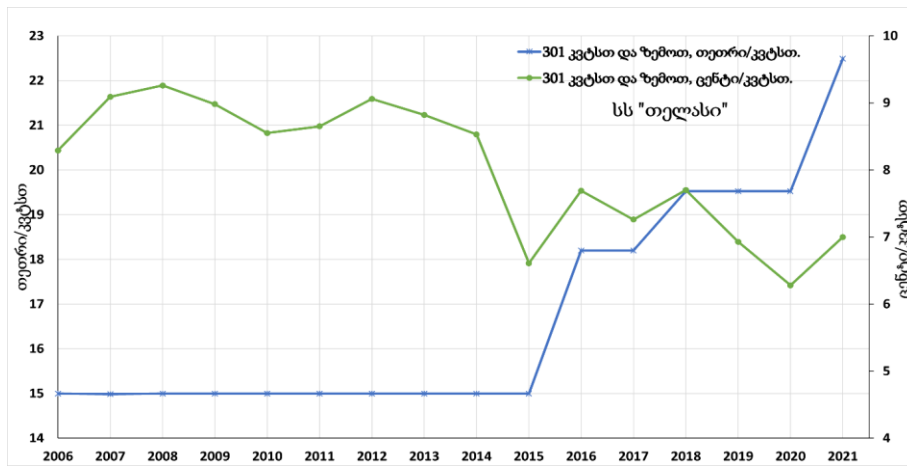
3. 2016-2020 წწ. 2016 წელს სს „თელასის“ პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის, ტარიფი გაიზარდა ≈ 3 თეთრით, მეორე კატეგორიის მომხმარებლებისათვის $\approx 3,84$ თეთრით, მესამე კატეგორიის მომხმარებლებისათვის კი - $\approx 3,2$ თეთრით. სს „ენერგო-პრო ჯორჯიის“ სამივე კატეგორიის მომხმარებლებისათვის კი $\approx 3,348$ თეთრით. ტარიფის მცირედი მატება მოხდა 2018 წელსაც. სს „თელასის“ სამივე კატეგორიის მომხმარებლებისათვის მატებამ შეადგინა 1,325 თეთრი, ხოლო სს „ენერგო-პრო ჯორჯიისათვის კი - 1,087 თეთრი. 2015-2020 წლები ხასიათდება ეროვნული ვალუტის მკვეთრი გაუფასურებით და შესაბამისად, აშშ ცენტრებში ტარიფის მნიშვნელობის შემცირებით. 2020 წელს 2015 წელთან შედარებით, ელექტროენერგიის ტარიფი ეროვნულ ვალუტაში სს „თელასის“ პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის გაზრდილია $\approx 53\%$ -ით, მეორე კატეგორიისათვის $\approx 49\%$ -ით, მესამე კატეგორიისათვის კი $\approx 30\%$. სს „ენერგო-პრო ჯორჯიისათვის“ ეს ციფრები ასეთია: $\approx 58\%$; $\approx 40\%$; $\approx 30\%$. აშშ ცენტრებში კი ასეთი სურათია: სს „თელასის“ პირველი კატეგორიის მომხმარებლებისათვის გაზრდილია $\approx 12\%$ -ით; მეორე კატეგორიის $\approx 9\%$ -ით, ხოლო მესამე კატეგორიის მომხმარებლებისათვის შემცირებულია $\approx -5\%$. ასეთივე სურათია სს „ენერგო-პრო ჯორჯიისათვის“: $\approx 15\%$; $\approx 2\%$; $\approx -5\%$. საშუალოდ, დასაშვები ცდომილებით, ამ პერიოდში ელექტროენერგიის ტარიფი ეროვნულ ვალუტაში გაზრდილია $\approx 43\%$ -ით, ხოლო აშშ ცენტრებში კი $\approx 5\%$ -ით. სამწუხაროთ ტარიფის ზრდის ძირითადი კომპონენტი ეროვნული ვალუტის გაუფასურებაა და არა ინვესტიციები.



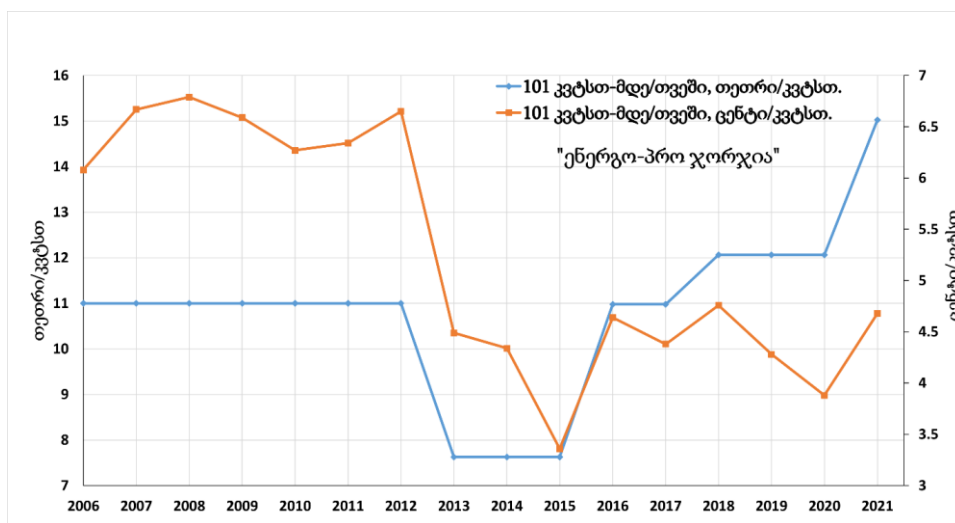
ნახ. 1. ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა



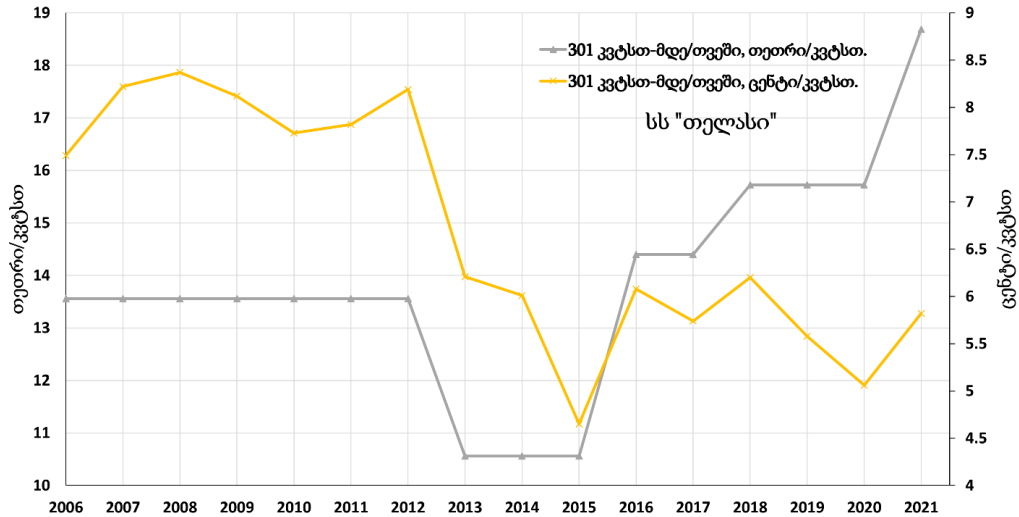
ნახ. 2. ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა



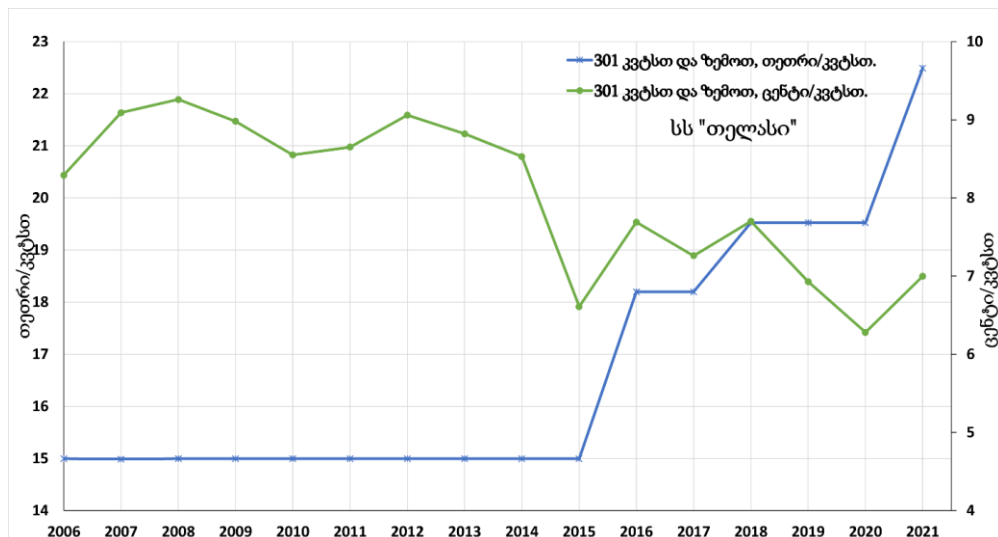
ნახ. 3. ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა



ნახ. 4. ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა



ნახ. 5. ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა



ნახ. 6. ელექტროენერგიაზე საყოფაცხოვრებო ტარიფების ცვლილების დინამიკა

ელექტროენერგიაზე ტარიფების შემდეგი კორექცია 2021 წელს მოხდა. ორივე ენერგოკომპანიის სამივე კატეგორიის მომხმარებლებს ეროვნულ ვალუტაში ≈ 3 თეთრი/კვტსთ-ით მოემატათ ელექტროენერგიის გადასახადი. აშშ ცენტებში კი - $0,72 \pm 0,8$ ცენტი/კვტსთ ფარგლებში.

ელექტროენერგიის სამომხმარებლო ტარიფების ცვლილების ხასიათის დასადგენად, დღეს არსებული ტარიფი შევადაროთ წინა წლების ტარიფებს როგორც ეროვნულ ვალუტაში, ასევე აშშ ცენტებში. დასაშვები ცდომილების ფარგლებში სს „თელასისა“ და სს „ენერგო-პრო ჯორჯიის“ სამივე კატეგორიის მომხმარებლის ტარიფები გადაანგარიშებულია საშუალო არითმეტიკულის პრინციპით.

ელექტროენერჯის დღეს არსებული ტარიფი ეროვნულ ვალუტაში $\approx 41\%$ -ით მეტია, 2006÷2012 წლების ტარიფთან შედარებით. 2013-2015 და 2016-2020 წწ. შედარებით კი $\approx 60\%$ და $\approx 16\%$ -ით მეტია. აშშ დოლარებში ტარიფის ცვლილების დინამიკა ასეთია: 2006÷2012 წლებთან შედარებით, შემცირებულია $\approx 28\%$ -ით, ხოლო 2013-2015 და 2016-2020 წლებთან შედარებით გაზრდილია ≈ 18 და $\approx 15\%$ -ით.

როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, გარკვეულ პერიოდში, ეროვნულ ვალუტაში ტარიფის 41% -იან ზრდას, აშშ დოლარებში 28% -იანი შემცირება მოყვა. 60 და 16% ზრდას კი - მხოლოდ 18 და 15% ზრდა.

დასკვნა

1. ჩატარებულმა ანალიზმა ცხადყო, რომ ელექტროენერჯიაზე ტარიფის ზრდის ძირითადი კომპონენტი ეროვნული ვალუტის გაუფასურებაა და არა საინვესტიციო პაკეტის გაუმჯობესება.

2. ელექტროენერჯიაზე დღეს არსებული ტარიფი ეროვნულ ვალუტაში $\approx 41\%$ -ით მეტია 2006÷2012 წლების ტარიფთან შედარებით. 2013-2015 და 2016-2020 წწ. შედარებით კი - $\approx 60\%$ და $\approx 16\%$ -ით მეტია.

3. აშშ დოლარებში ელექტროენერჯიაზე დღეს არსებული ტარიფის ცვლილების დინამიკა ასეთია: 2006÷2012 წლებთან იგი შემცირებულია $\approx 28\%$ -ით. 2013-2015 და 2016-2020 წლებთან შედარებით გაზრდილია ≈ 18 და $\approx 15\%$ -ით.

4. ლარის კურსის ცვლილებიდან გამომდინარე, დარგში ინვესტიციების შემოდინების შემცირების ერთ-ერთი მიზეზი - ტარიფების დაბალი მნიშვნელობაცაა აშშ დოლარებში.

ლიტერატურა

1. <https://www.transparency.ge/ge/blog/elektroenergiis-taripebi-elektrosistemis-gamotsvevbi-sakartveloshi>.
2. office@esco.ge
3. <https://www.bpn.ge> › author › 521-elza-ciklauri
4. <https://www.bpn.ge/article/87217-sakartvelo-qvelaze-zvirad-dens-rusetshi-qidulobs-ra-ujdeba-kveqanas-elektroenergiis-importi>
5. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №33. 2008 წლის 4 დეკემბერი.
6. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №3. 2013 წლის 3 აპრილი.
7. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №26. 2015 წლის 3 სექტემბერი.
8. <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/92/monetaruli-statistika>
9. <https://www.lari.ge> › chart

ELECTRICITY CONSUMER TARIFFS CHANGE DYNAMICS IN 2006-2021.

G.Arabidze, M.Arabidze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 5-13. geo. sum geo. engl. rus.

The paper presents the share of electricity imports and thermal generation in the total consumption in Georgia in 2021. The change dynamics in household tariffs for electricity for 2006-2021 are presented in Georgian tetri and US cents. The study revealed that the main component of tariff growth is the devaluation of the national currency and not the improvement of the investment environment. Analysis of statistical data shows that the current tariff in the national currency is $\approx 41\%$ higher than in 2006 ÷ 2012, $\approx 60\%$ higher than in 2013-2015 and $\approx 16\%$ higher than in 2016-2020. The dynamics of tariff changes in US dollars is as follows: decreased by $\approx 28\%$ compared to 2006 ÷ 2012, and increased by $\approx 18\%$ and $\approx 15\%$ compared to 2013-2015 and 2016-2020 respectively. *Ill. 6, tabl. 2, bibl. 9.*

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ 2006-2021 ГГ.

Г.Арабидзе, М.Арабидзе.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 5-13. груз. реф. груз. англ. рус.

В работе представлена доля импорта электроэнергии и теплогенерации в общем потреблении в 2021 году в Грузии. Динамика изменения тарифов на электроэнергию для населения за 2006-2021 годы представлена в тетри и в центах США. В ходе исследования выявлено, что основной составляющей роста тарифов является девальвация национальной валюты, а не улучшение инвестиционного пакета. Анализ статистических данных показал, что действующий тариф в национальной валюте на $\approx 41\%$ выше, чем в 2006 ÷ 2012 гг., на $\approx 60\%$ выше, чем в 2013-2015 гг. и на $\approx 16\%$ выше, чем в 2016-2020 гг. Динамика изменения тарифа в долларах США следующая: тариф снизился на $\approx 28\%$ по сравнению с 2006 ÷ 2012 гг. и увеличился на $\approx 18\%$ и $\approx 15\%$, по сравнению с 2013-2015 и 2016-2020 гг. соответственно. *Илл. 6, табл. 2, лит. 9 назв.*

**ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედება ქვესადგურების
კარსონალის ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების
ომსახურების დროს**

დოქტორანტი მარინე გვარამაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ანოტაცია. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ქვესადგურის ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების მომსახურე პერსონალზე მოქმედებს მთელი რიგი მავნე ფაქტორები, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დაძაბულობა. პერსონალის ჯანმრთელობის დაზიანების რისკის შემცირებისათვის საჭიროა ქვესადგურის ღია გამანაწილებელ მოწყობილობების მომსახურე პერსონალის ყოფნის ზონაში ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე უნდა იყოს სახელმწიფო სტანდარტებით დადგენილი დასაშვები დონის საზღვრებში.

საკვანძო სიტყვები: *ელექტრომაგნიტური ველი, ელექტრული ველის დაძაბულობა, მაგნიტური ველის დაძაბულობა, ღია გამანაწილებელი მოწყობილობა.*

საქართველოს ენერგოსისტემა წარმოადგენს უნიკალურ ორგანიზაციულ-ტექნიკურ ობიექტს, რომელიც უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის გენერაციის, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარების დაბალანსებულ ერთიანობას და განაპირობებს მთლიანად ქვეყნის ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას. საქართველოს ენერგოსისტემის ძირითად სტრუქტურულ ელემენტებს წარმოადგენენ ელექტროგადაცემის ხაზები და ელექტროქვესადგურები.

ელექტროქვესადგურების დანიშნულებაა ელექტროენერჯის მიღება, გარდაქმნა და განაწილება და შედგებიან ძალური ტრანსფორმატორებისაგან, გამანაწილებელი მოწყობილობებისაგან, ტელემეჟანიკის, ტელემართვისა და ტელესიგნალიზაციის სისტემებისაგან.

ელექტროენერგეტიკის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა ელექტროქსელური კომპლექსის ობიექტების უსაფრთხო ექსპლუატაცია. გამომდინარე იქედან, რომ ელექტროგადაცემის ხაზებისა და ქვესადგურების უმეტესობა მიეკუთვნება 110–500 კვ ძაბვას. ამიტომ მომსახურე პერსონალზე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების შეფასება უნდა მოხდეს სწორედ ამ კლასის ძაბვებზე.

ქვესადგურებში სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის გამოსხივების წყაროებს წარმოადგენენ ძალური ტრანსფორმატორები, მაღალი ძაბვის

განმამხოლოებლები, ამომრთველები, მოქნილი და ხისტი სალტეები, საჰაერო ხაზები (ნახაზი).

მაღალი ძაბვის მოწყობილობების ექსპლუატაციის პროცესში ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების შემოვლის დროს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების ტერიტორიაზე ტრანსფორმატორებამდე გამავალი სალტეები.

მაღალი ძაბვის დანადგარების მომსახურე ელექტროტექნიკური პერსონალის სამუშაო ადგილებზე საშიში და მავნე საწარმოო ფაქტორების შეფასება ხდება სახელმწიფო-თაშორისო გოსტ 12.0.003–2015. უსაფრთხო შრომის სტანდარტების სისტემა. საშიში და მავნე საწარმოო ფაქტორები. კლასიფიკაცია [1].

საშიში და მავნე ფაქტორების ფიზიკური ბუნების ერთ-ერთი ძირითადი საწარმოო ფაქტორია სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი. ელექტროდანადგარების მოწყობის წესების [2] თანახმად, მომსახურე პერსონალის უსაფრთხოება უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ელექტროდენით დაზიანებისაგან დაცვის ღონისძიებების შესრულებითა და ელექტრული და მაგნიტური ველების დამაბულობების დასაშვებ დონემდე შემცირებით. ასევე ელექტრომომარაგების სისტემების ექსპლუატაცია უნდა შეესაბამებოდეს გარემოს დაცვის ნორმატიულ მოთხოვნებს.



ნახაზი. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროები ქვესადგურებში

წინამდებარე ნაშრომის მიზანია ქვესადგურებში ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების ინტენსიურობის მაჩვენებლების შეფასება ელექტრომაგნიტური ველის მინიმალური ზემოქმედების თვალსაზრისით ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების

ტერიტორიაზე ყველაზე უფრო უსაფრთხო ზონების განსაზღვრისათვის, რაც საშუალებას მოგვცემს შემდგომში მომსახურე პერსონალის მიერ ქვესადგურის ტერიტორიაზე ძაბვის სიდიდის გათვალისწინებით შედგენილ იქნას ყველაზე უფრო უსაფრთხო შემოვლის გზა. ის ფაქტი, რომ ელექტრომაგნიტური ველი ზიანს აყენებს ადამიანსა და გარემოს დამტკიცებულია ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის, ყველა განვითარებული ქვეყნის ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროებისა და მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო გამოკვლევებით. ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის ელექტრომაგნიტური პროექტი შექმნილ იქნა მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე ელექტრული და მაგნიტური ველების ზემოქმედების პოტენციური შედეგების სამეცნიერო ახსნისათვის [3]. ყველა სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს მსოფლიო მოსახლეობის მთელი ჯგუფისა და გარემოსათვის ყველაზე უფრო გავრცელებულ და სწრაფად მზარდ ზემოქმედებას. გამოთქმული იქნა შეშფოთება იმისთან დაკავშირებით, რომ 50/60 ჰც სიხშირეებზე მაგნიტური ველების ზემოქმედებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ლეიკემიით დაავადების ზრდასა და ჯანმრთელობისათვის სხვა არასასურველ შედეგებამდე. ცოდნაში მნიშვნელოვანი ხარვეზების შევსებისა და ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების შემზღუდველი საერთაშორისო დონის მისაღები სტანდარტების შემუშავებაში დახმარებისათვის აღნიშნული პროექტი ახალისებს მიზანმიმართულ კვლევებს, რომელთა შედეგები ჩართული იქნება ეკოლოგიური ჯანმრთელობის კრიტერიუმებში და რომლებშიც გაკეთდება ჯანმრთელობისათვის ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების რისკების ოფიციალური შეფასება.

ულტრადიბალი სიხშირის ველების შესახებ ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის ანგარიშის თანახმად, კვლევის ანალიზმა აჩვენა ელექტრომაგნიტური ველის გავლენა ნერვულმოქმედებაზე, ენდოკრინოლოგიურ სისტემაზე, გულ-სისხლძარღვთა დაავადებაზე, იმუნოლოგიაზე, ჰემატოლოგიაზე, ონკოლოგიურ დაავადებაზე; ჩატარებული იქნა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის რისკის შეფასება და გამოყოფილ იქნა ელექტრული და მაგნიტური ველების მწვავე და ქრონიკული ბიოლოგიური ეფექტების მოქმედება ადამიანზე.

ნაშრომის [4] თანახმად, ელექტრომაგნიტური ველი არასასურველ გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე და განსაზღვრული პირობების დროს შეიძლება გამოიწვიოს მოსახლეობას შორის პათოლოგიური მდგომარეობის ფორმირება, რომელიც დაექვემდებარება ამ გამოსხივების ქრონიკულ ზემოქმედებას.

ნაშრომში [5] მოყვანილია, რომ ქვესადგურისა და 220, 330 და 500 კვ საჰაერო ხაზების მომსახურე პერსონალის გამოკვლევების დროს აღნიშნული იყო ცვლილებები ჯანმრთელობაში. 500 კვ ძაბვის დროს პერსონალს ჰქონდა ნევროლოგიური ხასიათის ჩივილები (დაღლილობა, გაღიზიანება, თავის ტკივილი, მახსოვრობისა და ყურადღების დაქვეითება. ასევე ჩივილები იყო გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე (ტაქიკარდია, არტერიული ჰიპერტენზია, გულის რიტმისა და სიხშირის შემცირება, მკვეთრად გამოხატული ცვლილებები სისხლში) და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტზე.

სამრეწველო სიხშირის 110 და 220 კვ ძაბვის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების პირობებში მომუშავეთა პერიოდული სამედიცინო შემოწმების შედეგებში პროფესიული დაავადებები გამოვლენილი ვერ იქნა [6], მაგრამ უდიდეს კუთრ წონას იკავებს სისხლის მიმოქცევის სისტემის ავადმყოფობა, შემდეგ თვალის ტკივილი და საჭმლის მომნელებელი ორგანოების დაავადებები.

ელექტრული ველის ბიოლოგიური ზემოქმედება ვლინდება ელექტრულ ველში ადამიანის ხანგრძლივი ყოფნის დროს. ადამიანის ორგანიზმის რეაქცია ვლინდება შედარებით დიდი პერიოდის (2–3 თვის) გავლის შემდეგ, აქვს გამოხატული კომპლათური ეფექტი და ძლიერ არის დამოკიდებული ორგანიზმის ინდივიდუალურ თავისებურებებზე მას მიყვავართ ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციონალურ ცვლილებამდე, სისხლის შედგენილობისა და სხვა პათოლოგიურ ცვლილებამდე.

ნაშრომში [6] მოყვანილი კვლევები გვიჩვენებს, რომ 500 კვ ძაბვის ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების ტერიტორიაზე მაგნიტური ველის დაძაბულობა 2–ჯერ მცირეა ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობაზე. ანალიზმა აჩვენა, რომ ზონის ფართობი, რომელზეც დაძაბულობა აღემატება 5 კვ/მ შეადგენს ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების მთელი ტერიტორიის 40 %-ზე ნაკლებს. აღსანიშნავია, რომ ელექტრული ველის დაძაბულობა იზრდება მოწყობილობებს შორის და მცირდება მათთან მიახლოებისას. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ელექტრული ველის ძალხაზები იკვრებიან მოწყობილობების ჩამიწებულ კორპუსების გავლით მიწაში. გამომდინარე იქედან, რომ ქვესადგურის ტერიტორიაზე მაგნიტური ველის დაძაბულობას აქვს მცირე მნიშვნელობები, ამიტომ ელექტრომაგნიტური ველის გავლენის ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს ელექტრული ველი დაძაბულობის ზემოქმედება.

სანიტარულ ნორმებსა და წესებში 2.2.4.3359–16 „სანიტარულ –ეპიდემიოლოგიური მოთხოვნები სამუშაო ადგილებზე ფიზიკური ფაქტორების მიმართ“ მოყვანილია სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დაძაბულობის დასაშვები მნიშვნელობები.

50 ჰც სიხშირის ელექტრული ველის დაძაბულობის დასაშვები ნორმები დადგენილია ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდის მიხედვით და შეადგენს სამუშაო ადგილზე მთელი წლის განმავლობაში 5 კვ/მ. თუ ელექტრული ველის დაძაბულობა აღემატება 25 კვ/მ, მაშინ საჭიროა ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენება.

ამრიგად, გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ქვესადგურის ღია გამანაწილებელი მოწყობილობების მომსახურე პერსონალზე მოქმედებს მთელი რიგი მავნე ფაქტორები, რომელთა შორის მნიშვნელოვანია სამნრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დაძაბულობა. პერსონალის ჯანმრთელობის დაზიანების რისკის შემცირებისათვის საჭიროა ქვესადგურის ღია გამანაწილებელ მოწყობილობების მომსახურე პერსონალის ყოფნის ზონაში ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე უნდა იყოს სახელმწიფო სტანდარტებით დადგენილი დასაშვები დონის საზღვრებში.

ლიტერატურა

1. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. Правила устройства электроустановок (VII издание).
3. World Health Organization/ Electromagnetic fields(EMF).-URL.:http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_Project/en/ (უკანასკნელად გადახედილი იქნა 01.12.2021)
4. Довгуша В.В. Влияние естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности// Экология человека. 2009. № 12.
5. Измерова Н.Ф., Кириллова В.Ф. Гигиена труда/Учебник. М. 2010.
6. Красногорский Н.В. Электромагнитные поля в биосфере. (В 2-х томах). Т.1. Электромагнитные поля в атмосфере земли и их биологическое значение. М.:Наука. 1984.

IMPACT OF ELECTROMAGNETIC FIELD DURING SERVICING OPEN DISTRIBUTION EQUIPMENT BY SUBSTATION PERSONNEL.

M. Gvaramadze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 14-19. geo. sum geo. engl. rus.

Studies have shown, that number of harmful factors have impact on the personnel servicing open distribution equipment of the substation among which electric field voltage of the industrial frequency is most important. In order to reduce the risk of the personnel health deterioration, it is necessary that magnitude of the electric field voltage within the service area of the distribution equipment where the personnel is present falls within the permissible level set by the state standards.

Ill. 1, bibl. 6.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПЕРСОНАЛ ПОДСТАНЦИИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ.

М.Гварамадзе.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 14-19. груз. реф. груз. англ. рус.

Исследованиями установлено, что на персонал, занятый обслуживанием открытых распределительных устройств подстанций, действует целый ряд вредных факторов, в которых напряженность электрического поля промышленной частоты является наиболее значимой. Для снижения риска здоровья пребывания обслуживающего персонала, напряженность на открытых распределительных устройствах подстанций в зонах электрического поля должна быть в пределах допустимых уровней, установленных государственными стандартами.

Илл. 1, лит. 6 назв.

ელექტროენერჯის ხარისხი, მისი მონიტორინგი და სტანდარტიზაცია

დოქტორანტი *ნიკა ასკანიძე*
დოქტორანტი *ივანე ტაბატაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია ზოგადად ელექტროენერჯის ხარისხი. უშუალოდ რას წარმოადგენს, განვითარების ეტაპები და რატომ ჩამოყალიბდა ელექტროენერჯეტიკის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან დარგად. ჩამოთვლილია ელექტროენერჯის ხარისხის გაუარესების გამოძწევი მიზეზები. წარმოდგენილია ხარისხის სამონიტორინგო მეთოდები. აგრეთვე ასახულია სტანდარტიზაციის სახე რომელიც დღეისათვის არსებობს საქართველოში. უშუალოდ რა ზღვრული ნორმებია განსაზღვრული საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის მიერ. ქვემოთ წარმოდგენილი ზღვრული ნორმები გამოიყენება ელექტრო ენერჯის ხარისხის პარამეტრების კონტროლისა და ანალიზისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროენერჯის ხარისხი, სტანდარტიზაცია, ხარისხის კონტროლი.

ელექტროინდუსტრიის განვითარების პირველ ეტაპზე ელექტროენერჯის ხარისხის მაჩვენებლებად განიხილებოდა მხოლოდ ორი პარამეტრი: სიხშირე ქსელში და ძაბვა ქსელის თითოეულ კვანძში. დროთა განმავლობაში ელექტროენერჯეტიკული სისტემის განვითარებასთან ერთად ელექტრომომხმარებელთა შორის გამოჩნდნენ არასიმეტრიული, არასინუსოიდური და მკვეთრად ცვალებადი მოხმარების მქონე მომხმარებლები. შესაბამისად საჭირო გახდა მხედველობაში მიგვეღო ელექტროენერჯის ხარისხის შესაფასებლად დამატებითი მაჩვენებლები [3].

ელექტროენერჯის ხარისხის მონიტორინგი წარმოადგენს საჭირო (სასარგებლო) ინფორმაციის შეგროვებას, ანალიზსა და გაზომილი მონაცემების დამუშავებულად ინტერპრეტაციას. მონაცემთა შეგროვების პროცესი, როგორც წესი, ხორციელდება ძაბვისა და დენის უწყვეტი გაზომვებით შესაძლო მაქსიმალური დისკრეტულობით [2]: მაგ. EN 50160 სტანდარტის მიხედვით ეს დისკრეტულობა წარმოადგენს 512 მცისა მნიშვნელობის გაზომვას პერიოდის ჭრილში (0,02 წამში). აგრეთვე შესაძლებელია შეგვხდეს უფრო ღრმა გაზომვები კონკრეტული მოთხოვნებიდან გამომდინარე, შესაბამისად არსებობს 1024 მცისა მნიშვნელობის გაზომვა პერიოდის ჭრილში (0,02 წამში) ან/და 5000 მცისა მნიშვნელობის გაზომვა პერიოდის ჭრილში (0,02 წამში). გაზომვის, ანალიზისა და ინტერპრეტაციის პროცესი ტრადიციულად ხორციელდებოდა კონკრეტული ხელით მართვადი მოწყობილობების ინფორმაციის, ადამიანის მიერ დამუშავებით. მაგრამ ბოლო დროს მიღწეული პროგრესით

შემუშავებულმა ავტომატურმა და ინტელექტუალურმა სისტემებმა შესაძლებელი გახადა დაუმუშავებელი მონაცემების ავტომატური ანალიზი და ინტერპრეტაცია, რადგან მოხდეს დაუმუშავებელი ინფორმაციის სასარგებლო ინფორმაციად გარდაქმა ადამიანის მინიმალური ჩარევით.

მრავალ სამრეწველო და კომერციულ მომხმარებელს გააჩნიათ აღჭურვილობა, რომელიც განსაკუთრებით მგრძობიარეა ელექტროსისტემის დამახინჯებებზე. აქედან გამომდინარე, წარმოიშვება პირობა, რომელიც გულისხმობს ხარისხიანი ენერგიით მომარაგებას. ეს ყველაფერი ფართოდ არის დამოკიდებული გდამცემ და დისტრიბუციის სისტემებში ხარისხიანი ელექტროენერჯის არსებობაზე და მიმოცვლაზე, რომელიც თავისთავად დამოკიდებულია ელექტროსადგურების მიერ გამოუმუშავებული ელექტრო-ენერჯის ხარისხზე. შესაბამისად დგება აუცილებლობა, რომ ნებისმიერ კვანძურ წერტილში, რომლებშიც ხდება ელექტროენერჯის მიმოცვლა, განხორციელდეს ხარისხის მონიტორინგი და კონტროლი.

ელექტროენერჯის ხარისხის კონტროლისა და მონიტორინგისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ელექტრულ ქსელში ხარისხის დამახინჯებელი წერტილების აღმოჩენა. მიუხედავად იმისა, ელექტროქსელის რომელ ნაწილს წარმოადგენს გამომუშავებელს, მომხმარებელს, თუ გადამცემს. შესაბამისად ელექტროქსელში გვხვდება მრავალი კომპონენტი, რომელიც თავის მხრივ, გარკვეულ გავლენას ახდენს ქსელის საერთო ხარისხის დაბინძურების დონეზე [4].

ელექტროენერჯის ხარისხის კონტროლის მიზნებს წარმოადგენს:

1. ელექტროსისტემის გამართულად და მდგრადად მუშაობა.
2. ახალი მომხმარებლებისათვის საიმედო და მდგრადი ქსელის შეთავაზება მათი მოწყობილობების სტაბილურად მუშაობისათვის.
3. მოკლევადიანი მონიტორინგი გამოიყენება სპეციფიური მომხმარებლების სადგურების თვისებების განსასაზღვრად. შემდგომი ნომინალური ექსპლუატაციის შესაქმნელად.
4. ელექტროენერჯის ხარისხის მონიტორინგი საშუალებას გვაძლევს უკვე არსებული ელექტროენერჯის მომხმარებლებსა და ენერჯის მიმწოდებელს შორის ნორმალური მუშაობის პირობების შესაქმნელად.
5. ელექტროენერჯის ხარისხის მონიტორინგით დამახინჯებების აღმოჩენა და მათ გამოსწორებაზე მუშაობის დაწყება.
6. ელექტროსისტემის მოწყობილობების ნაადრევი დაბერების თავიდან არიდება.

ელექტროენერჯის ხარისხის (PQ) მონიტორინგის მნიშვნელობა და მიზნები ხშირად განსაზღვრავს სამონიტორინგო მოწყობილობის არჩევანს, აყალიბებს ზღვრებს, მონაცემთა

შეძენისა და შენახვის მეთოდებსა და ანალიზისა და ინტერპრეტაციის მოთხოვნებს. ელექტროენერჯის ხარისხის მონიტორინგის პროგრამები ხშირად განპირობებულია სისტემური სიმძლავრის ხარისხის ფართოდ გაუმჯობესების მოთხოვნების გამო [3].

ელექტროენერჯის ხარისხის კონტროლის სტანდარტიზაცია

ელექტროენერჯის ხარისხის ანალიზისათვის და დარღვევის ზღვრების დასაფიქსირებლად შემოღებული იქნა სხვადასხვა სტანდარტები. შესაბამისად დროთა განმავლობაში მოხდა სტანდარტების და მათში დაფიქსირებული ზღვრების დამუშავება და ოპტიმალურად მორგება ელექტროქსელის ნორმალური მუშაობისათვის. საბოლოო ჯამში მოქმედებაში შევიდა და დამყარდა რამდენიმე სახის სტანდარტი, რომლებიც გამოცდილია და მიღებულია მოწინავე ქვეყნების მიერ. ესენია: IEEE, IEC და EN [5]. საქართველოში მოქმედ ელექტროქსელის წესებში ამჟამად არცერთი მოცემული სტანდარტი არ არის მიღებული. მაგრამ არსებობს გარკვეული ზღვრული შეზღუდვები კონკრეტული ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრების მიმართ, რომლებიცაა:

სიხშირის ზღვრები

ელექტროგადამცემ ქსელში ნომინალური სიხშირე უნდა იყოს 50 ჰც. ამასთან, ქვემოთ მოყვანილ გაუთვალისწინებელ შემთხვევაშიც 53.0 ჰც-ზე მაღალი სიხშირე დაუშვებელია. სიხშირე შენარჩუნებული უნდა იყოს შემდეგ ფარგლებში [1]:

1. პარალელურ, სინქრონულ რეჟიმში მუშაობის პირობებში $f=50\pm 0.5$ ჰც დღე-ღამის არანაკლებ 95%-ის განმავლობაში.

2. იზოლირებულ რეჟიმში მუშაობის პირობებში $f=50\pm 1$ ჰც დღე-ღამის არანაკლებ 95%-ის განმავლობაში.

3. ავარიის შემდგომ დამყარებულ რეჟიმში: 49.0-51 ჰც ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე; 48.0-49.0 ჰც არაუმეტეს 15 წუთისა; 47.5.0-48.0 ჰც არაუმეტეს 2 წუთისა; 50.5-51.0 ჰც არაუმეტეს 20 წუთისა; სიხშირის ნომინალური მაჩვენებლიდან მდგრადი მაქსიმალური გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს ± 0.3 ჰც-ს; სიხშირის მაქსიმალური დინამიური გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს ± 0.8 ჰც-ს.

ძაბვის ზღვრები

ნორმალურ და ავარიულ რეჟიმში ძაბვის სიდიდეების ცვლილება დასაშვებია შემდეგ ზღვრებში:

ნორმალურ პირობებში ძაბვის დასაშვები გადახრა სხვადასხვა ნომინალური ძაბვისათვის მოცემულია ცხრილში.

ნომინალური ძაბვა(კვ)	110	220	330	400	500
დასაშვები ზღვრები	-5%/+0%	- 5%/+7%	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$

ავარიული სიტუაციის შემდგომ ძაბვის დასაშვები გადახრა სხვადასხვა ნომინალური ძაბვისათვის მოცემულია ცხრილში.

ნომინალური ძაბვა(კვ)	110	220	330	400	500
დასაშვები ზღვრები	-10%/+15%	± 10%	± 10%	± 10%	± 10%

ჰარმონიკული დამახინჯების ზღვრები

გადამცემ ქსელზე მიერთებული არც ერთი ელექტრომოწყობილობა-დანადგარი არ უნდა იწვევდეს გადამცემ ქსელში ძაბვის ჰარმონიკულ დამახინჯებას 1.5%-ზე მეტით, ხოლო რიგობრივი ჰარმონიკების შემთხვევაში - 1%-ზე მეტით.

ძაბვის ასიმეტრიის ზღვრები

ელექტროენერჯის მომხმარებელმა ელექტრომოწყობილობა-დანადგარმა არ უნდა გამოიწვიოს გადამცემ ქსელზე მიერთების წერტილებში, უქმი სვლიდან ნომინალურ დატვირთვამდე ფაზათაშორისი ძაბვის ასიმეტრია ერთ პროცენტზე (1%) მეტით.

ძაბვის რხევისა და სინათლის ციმციმის ზღვრები

ელექტროენერჯის მომხმარებელმა უნდა უზრუნველყოს, რომ:

1. ძაბვის რხევა მისი ელექტრომოწყობილობა-დანადგარის მიერთების ნებისმიერ წერტილში დატვირთვის ცვლილების დროს არ აღემატებოდეს ძაბვის ნომინალური სიდიდის ერთ პროცენტს (1%).

2. მიერთების წერტილში ძაბვის ციმციმი არ უნდა აღემატებოდეს $P_{st}=0.8$ და $Plt=0.6$ ზღვრებს, 95%-ის სანდოობის ინტერვალით, გაზომვების ერთი კვირის განმავლობაში.

ლიტერატურა

1. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის 2014 წლის 17 აპრილს № 10 დადგენილებით მიღებული „ქსელის წესები“.
2. Power Systems Harmonics, second additions. J. Arrilaga/N. R. Watson. copyright. 2003.
3. Power Quality and EMC issues with future electricity networks. JWG C4.24/CIRED. Copyright. 2018.
4. Electrical Power Systems Quality, Second Edition. R. C. dudan/S. santoso. Copyright. 2004.
5. <http://www.powerqualityworld.com/>

POWER QUALITY, ITS MONITORING AND STANDARTIZATION.

N.Asanidze, I.Tabatadze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 20-24. geo. sum geo. engl. rus.

The article discusses the power quality in general. What exactly is it, the stages of development and why it has emerged as one of the most important fields of electricity. The reasons for the deterioration of power quality are listed. Quality monitoring methods are presented. It also reflects the type of standardization that currently exists in Georgia. What are the threshold norms set by the Georgian Energy and Water Supply Regulatory Commission. The thresholds below are used to control and analyze power quality parameters.

Tabl. 2, bibl. 5.

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ЕЕ МОНИТОРИНГ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ.

Т.Аспанидзе, И.Табатадзе.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 20-24. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассматривается качество электроэнергии в целом. Что это такое, этапы развития и почему они стали одной из важнейших областей электричества?. Перечислены причины ухудшения качества электроэнергии. Представлены методы контроля качества. Это также отражает тип стандартизации, который в настоящее время существует в Грузии. Какие пороговые нормы устанавливает Комиссия по регулированию энергетики и водоснабжения Грузии?

Приведенные ниже пороговые значения используются для контроля и анализа параметров качества электроэнергии.

Табл. 2, лит. 5 назв.

ელექტროენერგიის ხარისხის პარამეტრები

დოქტორანტი ნიკა ასკანიძე
დოქტორანტი ოპარი ბურღიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია ელექტროენერგიის ხარისხის პარამეტრიზაცია. აღწერილია ელექტროენერგიის მთავარი პარამეტრები, რომლებიც თავს იჩენს დენის, ძაბვის და სიხშირის მნიშვნელობების ნომინალურიდან გადახრით გამოვლენილ ნებისმიერ პრობლემას, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს მოწყობილობებისა და დანადგარების გაუმართავობა და დაზიანება. თითოეული პარამეტრის შემთხვევაში განხილულია მათი აღწერა და მნიშვნელობა. ქვემოთ წარმოდგენილი პარამეტრები სრულად გამოიყენება ელექტროენერგიის ხარისხის კონტროლისა და ანალიზისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროენერგიის ხარისხი, პარამეტრები, პარამეტრების კლასიფიკაცია.

დენის, ძაბვის და სიხშირის მნიშვნელობების ნომინალურიდან გადახრით გამოვლენილი ნებისმიერი პრობლემა, რომელმაც შესაძლოა გამოიწვიოს მოწყობილობებისა და დანადგარების გაუმართავობა და დაზიანება [1].

ჰარმონიკები

იდეალურ შემთხვევაში ელექტროსისტემაში შემავალი გენერატორები უზრუნველყოფენ 50/60 ჰც სიხშირის სინუსოიდური ძაბვის გენერაციას და ძლიერი დატვირთვის რაჟიმშიც კი, გენერატორში გამავალი დენის ფორმა არ უნდა განსხვავდებოდეს სინუსოიდისაგან. 50/60 ჰც ძაბვას ვუწოდებთ ძირითად შემდგენს, ანუ ფუნდამენტურ (ძირითად) ჰარმონიკას. ელექტროსისტემა ძაბვის ფუნდამენტური ჰარმონიკის გარდა შეიცავს განსხვავებული სიხშირის მქონე კომპონენტებსაც. იგი არა არის სუფთა სინუსოიდა და გააჩნია დამახინჯებული მონაკვეთები. მოცემულ შემთხვევაში დამახინჯებული სინუსოიდა ფუნდამენტური შემდგენის გარდა, შეიცავს 50/60 ჰც-ისგან განსხვავებულ უფრო მაღალი რიგის შემდგენებს.

ჰარმონიკები კლასიფიცირდებიან შემდეგ ნაწილებად [2]:

1. ინდივიდუალური ჰარმონიკები წარადგენს ნომინალურზე (50/60 ჰც) მეტი სიხშირის მქონე კომპონენტებს. ისინი იყოფიან კენტი და ლუწი რიგის ჰარმონიკებად. როგორც წესი, მათი სიხშირე გამოითვლება ინდივიდუალური ჰარმონიკის რიგისა და ნომინალური სიხშირის ნამრავლით.

2. ჰარმონიკული გავლენით სინუსოიდური ტალღის დამახინჯების ხარისხის მანსაზღვრისათვის გამოიყენება კოეფიციენტი, რომელსაც ჯამური დამახინჯების კოეფიციენტს THD ვუწოდებთ.

$$THD = \frac{\sqrt{f_2^2 + f_3^2 + f_4^2 + \dots + f_n^2}}{f_1}$$

3. ინტერჰარმონიკები წარმოადგენს ჰარმონიკულ დამახინჯებებს, რომლებსაც გააჩნიათ არამთელი 1-ზე მეტი ინდივიდუალური რიგი. შესაბამისად მათი სიხშირე არაკანონზომიერია და შეიძლება იყოს 70, 80, 130 ჰც და ა. შ.

4. საბჰარმონიკები წარმოადგენს ჰარმონიკულ დამახინჯებებს, რომელთა ინდივიდუალური რიგი მოთავსებულია 0-დან 1-მდე შუალედში. შესაბამისად საბჰარმონიკების სიხშირე მოთავსებულია (50 ჰც ნომინალური სიხშირის დროს) 0 ჰც-დან 50 ჰც-მდე.

ძაბვის უბალანსობა

ძაბვის უბალანსობა (ან დისბალანსი) განსაზღვრება როგორც უარყოფითი ან ნულოვანი მიმდევრობის კომპონენტის თანაფარდობა დადებითი მიმდევრობის კომპონენტის მიმართ. მარტივი თვალსაზრისით, ეს არის ძაბვის ცვალებადობა ელექტროსისტემაში, სადაც ძაბვის სიდიდე ან ფაზური ძვრის კუთხეები არ არის თანაბარი. ძაბვის დისბალანსი შეიძლება გამოიწვიოს სამფაზა ქსელში სხვადასხვა ფაზაზე დატვირთვის არათანაბარმა განაწილებამ. აგრეთვე ელექტროსისტემაზე მიერთებული ძრავები შეიძლება თავად გახდნენ ძაბვის უბალანსობის წყარო. აქტიური და ინდუქტიური დატვირთვების უბალანსობა ელექტროძრავის აღჭურვილობაში იწვევს დენისა და ძაბვის უბალანსობას. ელექტროძრავების წრედში, მომჭერებზე ან სტატორისა და როტორის გრაგნილებში, შეიძლება დეფექტები გამოიწვიოს ფაზებში უბალანსობის პირობებმა [5].

$$U_{\text{უბ}} = \frac{U_{\text{max/min}} - (U_A + U_B + U_C/3)}{U_A + U_B + U_C/3} * 100\%$$

სინათლის ციმციმი (Flicker PST; PLT;)

ელექტრო- და ელექტრონიკის ინჟინერთა ინსტიტუტის აღწერით, ძაბვის ხშირი გადაბმული რხევათა სერია ზღვრული მნიშვნელობებიდან, როდესაც ძაბვის ცვალებადობა მერყეობს ნომინალური ძაბვის 0,1%-დან და 7%-მდე 25 ჰც-ზე ნაკლები სიხშირით [5]. არაარსებითად შეიძლება განისაზღვროს ყველაზე მნიშვნელოვან ელექტროენერჯის ხარისხის პრობლემად სხვადასხვა განათების წყაროების სინათლის გამომუშავებისას. რომელსაც ეწოდება ციმციმი. ზოგადად შეგვიძლია აღვწეროთ როგორც გამოხატულება ვიზუალური აღქმის არასტაბილურობის, განხორციელებული სინათლის წყაროს ცვალებადი, ციმციმი-

სებური ნათების ზეგავლენით, რომლის სიკაშკაშეც დროთა განმავლობაში იცვლება. ძირითადი პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს სინათლის ციმციმს არის მოკლევადიანი ციმციმი, რომელიც მოიცავს 10 წუთიანი გაზომვების ანალიზს (PST) და გრძელვადიანი ციმციმი, რომელიც მოიცავს 60 წუთიანი გაზომვების ანალიზს (PLT). ეს პარამეტრები გულისხმობს ძაბვის რხევის ეფექტს განათებაზე და მის გავლენას ადამიანის მხედველობაზე.

სიხშირის ფარდობითი გადახრა

ელექტროსისტემაში სიხშირის გადახრა წარმოადგენს ელექტრომომარაგების ქსელში სხვაობას რეალურ სიხშირესა f და მის ნომინალურ $f_{\text{ნომ}}$ მნიშვნელობებს შორის და განისაზღვრება ტოლობით $\delta f = f - f_{\text{ნომ}}$ [5].

ელექტროსისტემაში ცვლადი დენის სიხშირე განისაზღვრება ელექტროსადგურების გენერატორების ბრუნვის სიჩქარით. საქართველოს ელექტროსისტემაში სიხშირის ნომინალური მნიშვნელობა 50 ჰც შეიძლება უზრუნველყოფილი იყოს აქტიური სიმძლავრის რეზერვის არსებობის პირობებში. ელექტროსისტემაში დროის ყოველ მომენტში უნდა იყოს უზრუნველყოფილი ელექტროსადგურის გენერატორების სიმძლავრეებსა და დატვირთვების მიერ მოხმარებულ სიმძლავრეებს შორის ტოლობა (ბალანსი) ელექტრო-ქსელში გადაცემაზე სიმძლავრის დანაკარგების გათვალისწინებით.

ძაბვის ცვლილება (ვარიაცია) (voltage variation)

ძაბვის ცვლილებები ხდება მრავალ ფორმით და თითოეულ მათგანს გააჩნია თავისი შესაბამის ტექნოლოგია. ძაბვის ცვლილება არის გადახვევა ნომინალური ძაბვის მნიშვნელობიდან, რომელიც მიმდინარეობს მცირე პერიოდის (მილიწამებიდან წამებში) ან დიდი პერიოდის განმავლობაში (უფრო მეტი ვიდრე ერთი წუთი) [6]. მოკლევადიანი ძაბვის ცვლილება უმეტესად თავს იჩენს როგორც ძაბვის სინუსოიდის რამდენიმე პერიოდიანი ჩაზნექვა ან ამოზნექვა და ძაბვის სინუსოიდის მყისიერი ჩაზნექვა ან ამომნექვა. ხოლო გრძელვადიანი ძაბვის ცვალებადობა თავს იჩენს, როგორც ძაბვის რხევები, ძაბვის ვარდნები, გადაძაბვა და ძაბვის შეწყვეტა. ძაბვის ცვლილება წარმოადგენს შედეგს გადამცემი და განაწილების ქსელის ხარვეზებისა და დატვირთვის პრობლემებს.

ძაბვისა და დენის სინუსოიდის ანომალიები (sag, swell, notch)

ძაბვის სინუსოიდის ღრიჩოები (notch) შეიძლება აღიწეროს როგორც გარემოება, როდესაც ცვლადი ძაბვის სიდიდე ეცემა ნულამდე მცირე პერიოდის განმავლობაში (ჩვეულებისამებრ მიკროწამების განმავლობაში) [3].

ძაბვის უეცარი მატება რამოდენიმე პერიოდის განმავლობაში (Voltage swell) წარმოადგენს ნომინალური მნიშვნელობიდან მყისიერ ზრდა მცირე ხანგრძლივობით. ეს

ჩვეულებრივ გამოწვეულია ამომრთველებისა და გამთიშველების მოქმედების შედეგად გამოწვეული რკალის ანთებით.

ძაბვი უეცარი ჩავარდნა რამდენიმე პერიოდის განმავლობაში (Voltage sag) წარმოადგენს გარკვეულ მცირე პერიოდიდან ძაბვის მნიშვნელობის საშუალო მნიშვნელობის ჩავარდნას, რომლის ჩავარდნის დონე მერყეობს ნომინალური მნიშვნელობის 10%-დან 90%-მდე. ძაბვი უეცარი ჩავარდნის ხანგრძლივობა მერყეობა 1/2 პერიოდიდან (0,01 წამი) 1 წუთამდე. შესაბამისად ძაბვი ჩაზნექვის ხანგრძლივობას ყოველ სამ კატეგორიად [3]:

1. მყისიერი - 1/2 პერიოდიდან 30 პერიოდის ხანგრძლივობის.
2. წუთიერი - 30 პერიოდიდან 3 წამამდე ხანგრძლივობის.
3. დროებითი - 3 წამიდან 1 წუთამდე ხანგრძლივობის.

ძაბვის წყვეტა (Voltage interruptions)

კონკრეტულ წერტილებში ძაბვის წყვეტა იჩენს თავს, როდესაც მნიშვნელობა ეცემა ნომინალურის 10%-მდე და უფრო ნაკლებზე პერიოდიდან (0,02 წმ) 60 წმ-მდე ინტერვალში [5]. წარმოქმნის მიზეზებია: იზოლაციის გარღვევა, გაუმართავი დამიწება და იზოლატორების გარღვევა.

K ფაქტორი

K ფაქტორი წარმოადგენს საზომ ერთეულს ჰარმონიკული დატვირთვის დენების ეფექტს ტრანსფორმატორების გადახურებაზე. რომლის მნიშვნელობაც მერყეობს 1-დან 50-მდე და დასაშვები ნორმაა 1 [4]. როდესაც არასიმეტრიული დატვირთვა მიწოდებელია ტრანსფორმატორიდან, საჭიროა მისი განტვირთვა მისი გადახურებისა და იზოლაციის გარღვევისაგან თავის ასარიდებლად. გრიგალური დენების და ტრანსფორმატორში ჰარმონიკული დანაკარგების ზრდა იწვევს დამატებით სითბოს გამოყოფას გრაგნილებში, რომლის ინდიკაცია ხდება K ფაქტორით. ტრანსფორმატორების მწარმოებელ ქარხანაში განისაზღვრება ტრანსფორმატორების ნომინალურ სიმძლავრეს, რომლის დროსაც K ფაქტორი ტოლი იქნება ერთის. შესაბამისად K ფაქტორის გაზრდის შემთხვევაში შეუძლებელია ტრანსფორმატორის ნომინალურად დატვირთვა, რადგან იწვევს გადახურებას და იზოლაციის დარღვევას.

ლიტერატურა

1. სემეკის 2014 წლის 17 აპრილს № 10 დადგენილებით მიღებული „ქსელის წესები“.
2. Power Systems Harmonics, second additions, J. Arrilaga/N. R. Watson, copyright. 2003.
3. Power Quality and EMC issues with future electricity networks, JWG C4.24/CIREN, copyright 2018.
4. Electrical Power Systems Quality, Second Edition, R. C. dukan/S. santoso, copyright. 2004.
5. <http://www.powerqualityworld.com/>
6. <https://www.eng-tips.com/>

POWER QUALITY PARAMETERS.

N.Asanidze, O.Burdiashvili.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 25-29. geo. sum geo. engl. rus.

The article discusses the parameterization of power quality. Describes the main parameters of electrical energy that cause any problems detected by deviating from the nominal values of current, voltage and frequency, which may lead to malfunctions and damage to devices and equipment. In the case of each parameter, their description and meaning are discussed. The parameters below are fully used for power quality control and analysis.

Bibl. 6.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

Н.Аспанидзе, О.Бурдиашвили.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 25-29. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассматривается параметризация качества электроэнергии. Описаны основные параметры электричества, вызывающие выявленные проблемы при отклонении от номинальных значений тока, напряжения и частоты, которые могут привести к сбоям в работе и повреждению приборов и оборудования. Дано описание и значение каждого параметра, которые полностью используются для контроля и анализа качества электроэнергии.

Лит. 6 назв.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ БЕЗ ЛОБОВЫХ ЧАСТЕЙ

Профессор *ЗУРАБ ГОБИАНИДЗЕ*
профессор *ГЕОРГИЙ ХАРШИЛАДЗЕ*
магистр *НИКО ГОГОЛИДЗЕ*

Грузинский технический университет

Аннотация. *Предложена новая конструкция электромеханических преобразователей энергии с минимальным расходом токопроводящего материала. На самые распространенные в практике электромеханических преобразователей лобовые части затрачивается примерно 30% полной массы токопровода. В лобовых частях процесс преобразования энергии не происходит; по большому счету он является лишним грузом данного изделия, вызывающим лишние электрические потери и нагрев.*

Ключевые слова: *электромеханический преобразователь энергии, токопровод, магнитопровод, электрические потери, постоянные магниты.*

Известно, что магнитное поле вокруг лобовых частей электромеханического преобразователя классического исполнения слабое, так как они находятся в воздушном пространстве, и магнитное сопротивление велико. В основном преобразование энергии происходит в той части токопровода, которая находится в магнитопроводе там, где магнитное поле в несколько тысяч раз сильнее, чем в воздушном пространстве вокруг лобовых частей.

Если создать преобразователь без лобовых частей, то расход материала на токопровод уменьшится примерно на 30, а порой и более процентов, уменьшатся массо-габаритные показатели и увеличится коэффициент полезного действия.

На рис. 1-3 приводятся возможные формы электромеханических преобразователей энергии с разными выходными параметрами и технологическими приемами изготовления.

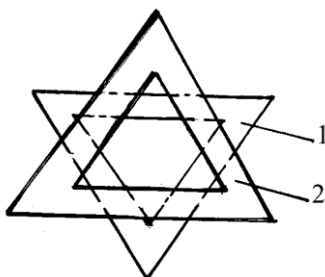


Рис. 1. Электромеханический преобразователь энергии треугольной формы:
1 – подвижный магнитопровод; 2 – неподвижный магнитопровод

В классических исполнениях преобразователей подвижный магнитопровод может быть изготовлен из постоянного магнита или из электротехнической стали [1].

На рис. 4, 5 показаны разновидности конструкции магнитной системы преобразователей в разрезе. Если сравнить преобразователи, представленные на рис. 1 и 2, можно заметить, что они отличаются тем, что в первом случае период источника энергии будет равен 3, а во втором – 4.

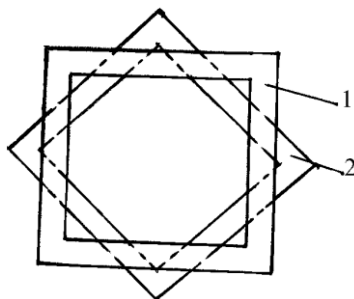


Рис. 2. Электромеханический преобразователь энергии прямоугольной формы:
1 – подвижный магнитопровод; 2 – неподвижный магнитопровод

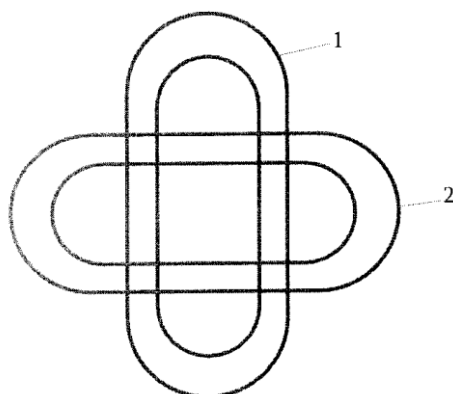


Рис. 3. Электромеханический преобразователь энергии эллиптической формы:
1 – подвижный магнитопровод; 2 – неподвижный магнитопровод

В зависимости от сторон многоугольника период источника энергии будет увеличиваться или уменьшаться.

На рис. 4, 5 приведены магнитные системы преобразователей без лобовых частей.

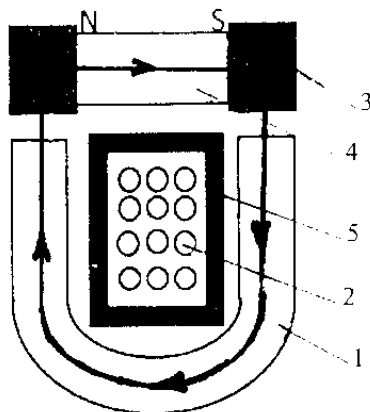
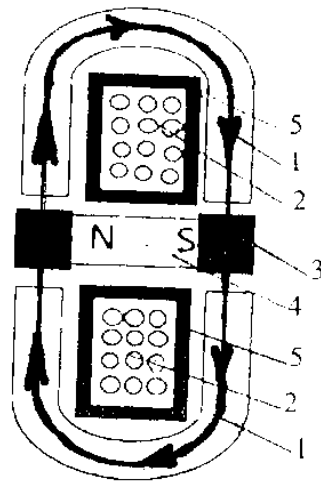


Рис. 4. Магнитная система преобразователя с асимметричной магнитной цепью:
1 – неподвижный магнитопровод; 2 – токопровод; 3 – подвижный магнитопровод;
4 – постоянный магнит; 5 – изоляционный материал



**Рис. 5. Магнитная система преобразователя с симметричной магнитной цепью:
 1 – неподвижный магнитопровод; 2 – токопровод; 3 – подвижный магнитопровод;
 4 – постоянный магнит; 5 – изоляционный материал**

В настоящее время проектирование и создание электромеханических преобразователей немислимо без априорных сведений, которые преподносятся в виде таблиц, кривых, эмпирических, аналитических выражений и т.д.

Рассмотренное в данной работе изделие не имеет аналога. Следовательно, исследование представляет трудоемкий процесс и весьма затруднительно [3]. Так, например, известно, что мощность электромеханического преобразователя энергии классического исполнения зависит от длины магнитопровода и внутреннего диаметра статора, возведенного во вторую степень, а рассмотренное изделие не имеет цилиндрическую форму (треугольную, многоугольную, эллиптическую и др.), т.е. не имеет диаметра.

В электрических машинах классического исполнения магнитное поле в воздушном зазоре квазистационарное.

В рассмотренном изделии при повороте подвижного магнитопровода все взаимоотношения геометрических параметров меняются. Следовательно, расчет магнитного поля в воздушном зазоре крайне затруднителен.

Рассмотрим два крайних взаиморасположения - подвижного и неподвижного магнитопроводов.

В первом случае, когда рабочая поверхность подвижного магнитопровода полностью совпадает с поверхностью неподвижного магнитопровода в воздушном зазоре, магнитный поток взаимной индукции максимальный, а электродвижущая сила – минимальная. Во втором случае, когда рабочая поверхность подвижного магнитопровода крайне расходится с поверхностью неподвижного магнитопровода в воздушном зазоре, магнитный поток взаимной индукции минимальный, а электродвижущая сила - максимальная.

Одним из целесообразных методов исследования данного типа электромеханического преобразователя является использование комбинаций планирования эксперимента и

оптимизации, входными параметрами которых в основном будут геометрические размеры магнитопроводов и электромагнитные нагрузки. По предварительным экспериментальным данным подобные электромеханические преобразователи займут почетное место в маломощных вибраторах.

Выводы

Представлены разные виды исполнения электромеханических преобразователей энергии без лобовых частей.

Рассмотрены магнитные цепи, обеспечивающие минимальный расход токопровода и максимальный коэффициент полезного действия.

Намечены пути исследования и проектирования данного изделия принятыми методами. Предложена сфера использования данного преобразователя на практике.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Копылов И.П. Электрические машины. М.:Высшая школа. 2006.
2. Копылов И.П. и др. Проектирование электрических машин. М.:Высшая школа. 2005.
3. Иванов-Смоленский Н. Электрические машины. М.:Энергия. 1980.

Electromechanical Converters Without Frontal Parts.

Z. Gobianidze, G. Kharshiladze, N. Gogolidze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 30-33. rus. sum geo. engl. rus.

New construction of electromechanical converters with minimum costs of the conductive parts is reviewed. The practice shows that almost 30% of the total conductive winding mass is spent on the frontal parts of the most common electromechanical converters. Electromechanical energy is not converted in the frontal parts, it is an unnecessary burden for this item because it causes additional losses and overheating.

Ill. 5, bibl. 3.

ელექტრომექანიკური გარდამქმნელების შუბლური ნაწილების გარეშე.

ზ.გობიანიძე, გ.ხარშილაძე, ნ.გოგოლიძე.

"ენერჯია". №1(101). 2022. თბილისი. გვ. 30-33. რუს. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

განხილულია ელექტრომექანიკური გარდამქმნელების ახალი კონსტრუქცია დენგამტარი ნაწილის მინიმალური დანახარჯებით. პრაქტიკაში ყველაზე გავრცელებული ელექტრომექანიკური გარდამქმნელების შუბლურ ნაწილებზე იხარჯება დენგამტარი გრაგნილების მთლიანი მასის თითქმის 30%. შუბლურ ნაწილებში ელექტრომექანიკური ენერჯიის გარდაქმნა არ ხდება. იგი წარმოადგენს ზედმეტ ტვირთს მოცემული ნაკეთობისათვის, რადგანაც იწვევს დამატებით კარგვებს და გახურებას.

ოლ. 5, ლიტ. 3.

მზის ელექტროსადგურის გავლენა ენერჯის ხარისხის პარამეტრებზე

დოქტორანტი *ივანე ტაბატაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

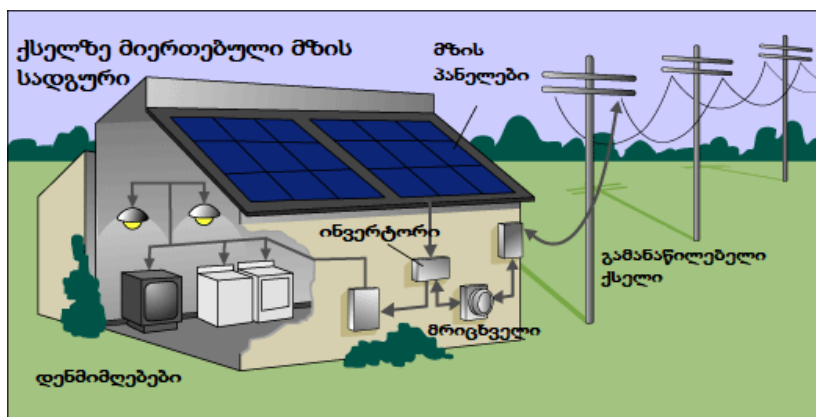
ანოტაცია. განხილულია მზის ფოტოელექტრულ სისტემებზე გავლენა გამანაწილებელ ელექტრიქსელზე. მზის ენერჯია პერსპექტიული დარგია ეკოლოგიური და ეკონომიკური თვალსაზრისით, თუმცა მზის სადგურების ქსელში ინტეგრაციისას არსებობს გვერდითი ელექტრული პროცესები, რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენს ქსელის ენერჯის ხარისხის პარამეტრებზე. აუცილებელია, რომ დაცული იყოს ელექტრულ ქსელში მზის არასტაბილური ენერჯის დასაშვებობის დონე, რათა შენარჩუნებული იყოს ენერჯის ხარისხის და უსაფრთხოების მოთხოვნები.

საკვანძო სიტყვები: *ფოტოელექტრული სისტემები, ენერჯის ხარისხი, გამანაწილებელი ელექტროქსელი.*

21-ე საუკუნის ბოლო ათწლეულში მსოფლიოში მზის ენერჯის მნიშვნელობა საგრძნობლად გაიზარდა. მეცნიერების განვითარებამ მზის ენერჯის გარდაქმნა შესაძლებელი გახადა. მზის ენერჯიდან ელექტროენერჯის მიღებას უამრავი დადებითი ასპექტი გააჩნია. უპირველესად იგი სუფთა ენერჯიას წარმოადგენს, განახლებადია და არ აქვს ემისია გარემოში. ტექნოლოგიების დახვეწამ მზის სადგურების ფასზე დადებით ეფექტი მოახდინა, რამაც ყოფა-ცხოვრებაში შემოაღწია. მზის სადგურების მსოფლიო წილი ელექტროენერჯის გამომუშავებაში 3%-ს შეადგენს. მზის სადგურებმა მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს მაღალმთიანი ტიპის დასახლებებში, სადაც არ არსებობდა ელექტრული ქსელი. ამასთანავე მზის სადგურები გამოჩნდნენ სასოფლო და საქალაქო ტიპის დასახლებებში, სადაც მოახდინეს ინტეგრაცია ელექტროენერჯის არსებულ გამანაწილებელ ქსელზე. მზის ენერჯია ცვალებადი და არასტაბილური ენერჯიაა, რომელიც მხოლოდ მზის ნათებაზეა დამოკიდებული [1].

ზოგადად ქსელზე მიერთებულ ფოტოელექტრული სისტემების დანიშნულება ელექტრული ქსელის გაუმჯობესება უნდა იყოს, რადგან მოდულები დამონტაჟებულია იქ, სადაც არის ელექტრომომხმარებელი. ეს, თავის მხრივ, განტვირთავს მანაწილებელ ქსელს აქტიური ენერჯისგან, რაც გააუმჯობესებს ძაბვის დონეს სამომხმარებლო სალტეზე. სწორად დამონტაჟებულმა მზის სადგურებმა შესაძლოა შეამცირონ დანაკარგები ელექტრულ ქსელებში, დააკმაყოფილონ გაზრდილი მოხმარების დონე და ენერჯოდამაგროვებელი ბატარეებით შეძლონ ელექტროენერჯის ხანგრძლივი დროით შენახვა. მზის ელექტროსადგურის ერთერთი ძირითადი კომპონენტი არის ინვერტორი,

რომელიც მიერთებულია ქსელის კონკრეტულ ფაზაზე და გარდაქმნის იმდენ ენერგიას, რამდენიც შეუძლია მიიღოს ფოტოელექტრული პანელების გამომუშავების შედეგად მოცემული მზის ნათების და ტემპერატურის პირობებში. ინვერტორი არის დენის წყარო, რომელიც წარმოქმნის სინუსოიდურ გამომავალ დენს, ის გამანაწილებელი ქსელისგან ამომრთველით და მრიცხველითაა განმხოლოებული და ჭკვიანი ტექნოლოგიის დახმარებით ზღუდავს ქსელიდან ელექტროენერჯის მიღებას, ხოლო ენერჯის სიჭარბის შემთხვევაში შეუძლია ქსელში გასცეს ზედმეტი ენერჯია.



ნახაზი. ქსელზე მიერთებული მზის ელექტროსადგურის მარტივი მოდელი

ფოტოელექტრული ტიპის სადგურების ტრადიციულ ელექტროქსელში ინტეგრაციისას შესაძლოა თან ახლდეს გარკვეული ტიპის სირთულეები, რომელიც შესაძლოა აუარესებდეს მანაწილებელი ქსელის ენერჯის ხარისხის პარამეტრებს. საკითხის აქტუალურობა იზრდება, რაც განპირობებულია მზის სადგურების მრავალრიცხოვნობით. დიდი ყურადღება ეთმობა მზის სადგურების ინტეგრაციის უსაფრთხოებას და საჭიროებს სხვადასხვა ანალიზს. რაც უფრო მეტი ფოტოელექტრული მოდული და ინვერტორია ჩართული მანაწილებელ ქსელში, მით მეტი უარყოფითი ზეგავლენა შეიძლება გამოიწვიოს, ასევე დამოკიდებულია მზის სადგურის ზომაზე. გამოყოფენ მზის სადგურების ტიპებს: მცირე სიმძლავრის სადგურები 10 კვტ-მდე, საშუალო ტიპის სადგურები 10-დან 500 კვტ-მდე და დიდი სიმძლავრის სადგურები კი - 500 კვტ. და ზემოთ. ეს უკანასკნელი დაკავშირებულია არა მანაწილებელ, არამედ გადამცემ მაღალი ძაბვის ქსელზე.

სტატიამში განხილული საკითხები შეეხება მხოლოდ მცირე და საშუალო სიმძლავრის ელექტროსადგურებს.

გამანაწილებელ სისტემაში ენერჯის ნაკადი მიედინება საშუალო ძაბვის მხრიდან დაბალი ძაბვის მიმართულებით. მზის ელექტროსადგურებით გაჯერებულ ელექტროქსელში, როდესაც გენერაციის სიჭარბე აღემატება მოთხოვნას, განსაკუთრებით შუადღისას,

ენერჯის ნაკადის მიმართულება იცვლება. მზის სადგურები ნეტო-აღრიცხვაში¹ არიან ჩართული და შეუძლიათ ქსელს მიაწოდონ ჭარბი ენერჯია [2]. ენერჯის შებრუნებული ნაკადი იწვევს მანაწილებელი ქსელის დაბალი ძაბვის მინაერთების დატვირთვას, რასაც შესაძლოა არასასიკეთო ზემოქმედება ჰქონდეს ქვესადგურებში არსებული ტრანსფორმატორებზე და ძაბვის რეგულატორებზე. ენერჯის შებრუნებული ნაკადი იწვევს მინაერთებზე ძაბვის აწევას. სხვადასხვა კვლევის თანახმად, როდესაც გამანაწილებელ ელექტროქსელში მზის სადგურების დონე 5%-მდეა, მაშინ ელექტრული დანაკარგები მინიმალურია. როდესაც სადგურები ამ რაოდენობას აჭარბებს, მაშინ ტექნიკური დანაკარგები პროპორციულად იზრდება.

მზის სადგურების არსებობა ქსელში ასევე ართულებს ძაბვის რეგულირების მექანიზმს, რადგან არსებული ძაბვის რეგულატორები და კონდენსატორული ბატარეები უმეტესწილად გათვლილია სასისტემო ცალმხრივად მიმართული კვების ქსელებისთვის. მზის სადგურების დიდი რაოდენობით არსებობა იწვევს ფაზების უბალანსობას [3]. მცირე ტიპის საცხოვრებელი ტიპის დასახლებებში ინვერტორი უმეტესად მიერთებულია ერთ ფაზაზე. შესაძლოა მოხდეს ფაზის გადატვირთვა, რაც იწვევს დაუტვირთავ ფაზებზე ძაბვის აწევას. უბალანსობის პრევენციის მიზნით აუცილებელია ინვერტორების თანაბრად გადანაწილდნენ სხვადასხვა ფაზებზე. რაც შეეხება ენერჯის ხარისხს, ეს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია. ცნობილია, რომ ინვერტორები მუშაობისას წარმოქმნიან ჰარმონიული შემდგენების დენისა და ძაბვის მრუდებს. ეს ჰარმონიკები მაღალი რიგის ჰარმონიკებს მიეკუთვნება, რომელთაც გააჩნიათ მცირე ამპლიტუდა. ინვერტორების სიჭარბის შემთხვევაში შესაძლოა მაღალი რიგის ჰარმონიკებმა გადააჭარბონ სრული ჰარმონიკული დამახინჯების დაშვებულ ნორმას (THD-Total Harmonic Distortion) და შევიდნენ რეზონანსში ქსელის ჰარმონიკებთან, რაც დამაზიანებლად მოქმედებს ქსელის ინფრასტრუქტურაზე.

მზის ელექტროსადგურები გავლენას ახდენენ ქსელის რეაქტიულ ენერჯიაზე. მცირე სიმძლავრის ინვერტორები არსებული სტანდარტების მიხედვით აგენერირებენ აქტიურ ენერჯიას. შედეგად, მომხმარებლის აქტიური ენერჯიით დაკმაყოფილება ხორციელდება არა ქსელის, არამედ მზის სადგურის მიერ. რაც შეეხება მოთხოვნილ რეაქტიულ ენერჯიას, მომხმარებელი მას იღებს ქსელიდან მზის სადგურის დამოუკიდებლად. ქსელში რეაქტიული ენერჯიის სიჭარბისას ტრანსფორმატორები მუშაობენ დაბალი სიმძლავრის კოეფიციენტით, რაც ზრდის გამანაწილებელ ქსელში ელექტრულ დანაკარგებს და ამცირებს სისტემის ეფექტურობას. მზის სადგურების ჩართვამ შესაძლოა გამოიწვიოს ქსელში ინტერფერენცია ახლომდებარე წრედებთან, კონდენსატორთა ბატარეასთან, გამოიწვიოს

¹ ნეტო აღრიცხვა არის მიკროსიმძლავრის ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ქსელში გადადინებისა და ქსელიდან მიღებული ელექტროენერჯის ორმხრივად (რევერსულად) აღრიცხვის პროცესი, რა დროსაც წარმოებული და მოხმარებული ელექტროენერჯია ერთმანეთს ქვითავს.
წყარო: საქართველოს ენერჯეტიკის და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია.

დაცვის მოწყობილობების არამიზნობრივი ამოქმედება. ზოგიერთ ქვეყანაში მოქმედებს შესაბამისი სტანდარტი, რომლის თანახმად არ არის დაშვებული ქსელისგან დამოუკიდებლად მზის სადგურის ოპერირება. უსაფრთხოების მაღალი მოთხოვნების გამო, ელექტროქსელის გათიშვის შემთხვევაში უნდა გაითიშოს ელექტროსადგური.

მზის ელექტროსადგურების რიცხვი უფრო და უფრო იზრდება, თუმცა მათ დადებითი თვისებების და ეკოლოგიურობის გარდა, ქსელში ბევრი უარყოფითი ზეგავლენაც ახასიათებთ. აუცილებელია განისაზღვროს ელექტროქსელში მზის სადგურების დასაშვებობის დონე, რადგან არსებული ინფრასტრუქტურა არ არის მზად ბოლომდე აითვისოს განუწყვეტლივ ცვალებადი ელექტროენერჯიის გენერაცია. იმისათვის, რომ მაქსიმალურად დიდი სარგებელი იქნეს მიღებული მზის ენერჯიიდან, საჭიროა მზის სადგურების ოპტიმალური განაწილება. აღნიშნული საკითხის ირგვლივ საჭიროა ბევრი კვლევა ჩატარდეს და შედეგები აისახოს საერთაშორისო სტანდარტებში.

ლიტერატურა

1. <https://www.iea.org/reports/solar-pv>
2. The Impacts Of Grid-Connected Photovoltaic System On Distribution Networks. 2016. Davud Mostafa Tobnaghi and Rahim Vafaei.
3. <https://gnerc.org/>

INFLUENCE OF SOLAR POWER PLANT ON ENERGY QUALITY PARAMETERS.

Iv. Tabatadze. "Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 34-37. geo. sum geo. engl. rus.

The article discusses the impact of solar photovoltaic systems on the electricity distribution network. Solar energy is a promising field from an ecological and economic point of view, it describes the side electrical processes that negatively affect the energy quality parameters of the grid. It is necessary to maintain the level of unstable solar energy in the electricity network in order to maintain energy quality and safety requirements.

Ill. 1, bibl. 3.

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ЭНЕРГИИ.

И. Табатадзе. "Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 34-37. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассматривается влияние солнечных фотоэлектрических систем на распределительную сеть электроснабжения. Солнечная энергетика является перспективной областью с экологической и экономической точек зрения. Она характеризует побочные электрические процессы, негативно влияющие на параметры качества энергии в сети. Необходимо поддерживать уровень нестабильной солнечной энергии в электросети в целях сохранения качества энергии и требований безопасности.

Илл. 1, лит. 3.

ფოტოელექტრული სისტემების საერთაშორისო სტანდარტების ზოგადი მიმოხილვა

დოქტორანტი *ივანე ტაბატაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია მზის ფოტოელექტრულ სისტემებზე ორიენტირებული მოქმედი ძირითადი საერთაშორისო სტანდარტები. მზის ენერგეტიკა მუდმივად განვითარებადი დარგია, სადაც აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ნებისმიერი ფოტოელექტრული პროექტისთვის და მასთან დაკავშირებული მოწყობილობისთვის საერთაშორისო ნორმები გამოსაცდელ და საექსპლუატაციო დონეზე. სტატია წარმოადგენს გზამკვლევს და იძლევა საშუალებას თემატიკის მიხედვით შეირჩეს საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (IEC) სტანდარტების მაგალითზე ნებისმიერი სიმძლავრის და ტიპის მზის ელსადგურების დაპროექტების შემთხვევაში. სტანდარტების დაცვა უზრუნველყოფს სისტემის გამართულად მუშაობას, მინიმუმამდე დაყავს ელექტრული, მექანიკური, თერმული, ქიმიური და სხვა დაზიანებები.

საკვანძო სიტყვები: *ფოტოელექტრული სისტემები, საერთაშორისო სტანდარტები, საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია.*

მსოფლიოში განახლებადი ენერჯია უფრო და უფრო აქტუალური ხდება. მსოფლიო ეკონომიკის და მოსახლეობის ზრდასთან ერთად ელექტროენერჯიის მოთხოვნა ყოველწლიურად იზრდება. ყოველივე ეს კი ყოველწლიურად მოითხოვს უზარმაზარი ოდენობის ენერჯიას. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ დედამიწის ბუნებრივი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსები (ნავთობი, ქვანახშირი, ბუნებრივი აირი და ა.შ.) ამოწურვადია, რაც ხაზს უსვამს განახლებადი ენერჯიის მნიშვნელობას. სუფთა ენერჯიაზე სრული დამოკიდებულება რეალობასთან ახლოსაა. სუფთა ენერჯიაზე გადასასვლელად საჭიროა ენერჯიის ისეთი წყაროები, რომლებიც არ იქნება ამოწურვადი და მათი ათვისება მარტივად იქნება შესაძლებელი. ასეთი ენერჯიის წყაროს ერთ-ერთი ვარიანტი მზეა, რომელიც უხვად ასხივებს დიდი ოდენობით ენერჯიას დედამიწის ზედაპირზე. მზე საშუალო ზომის ვარსკვლავია, რომელიც სიცოცხლის ხანგრძლივობა 10 მლრდ. წელს უდრის. მეცნიერული კვლევების თანახმად, მზე კიდევ რამდენიმე მილიარდი წელი უხვად მოგვამარებს სითბოთი და ენერჯიით [1]. მსოფლიოს განვითარებული ქვეყნები თანდათანობით გადადიან განახლებადი ენერჯიის წყაროებზე, რითიც ცდილობენ გაუფრთხილდნენ პლანეტის ეკოლოგიას და ექნებათ ენერჯიის სტაბილური წყარო. მზის ენერჯიის მოპოვებას თან ახლავს სირთულეებიც. პირველ რიგში, ასეთი სადგურების აშენება ნებისმიერ ლოკაციაზე შეუძლებელია, რადგან საჭიროა ისეთი ადგილი, სადაც წლის განმავლობაში უმეტესი დღეები მზიანია. მზის სადგურებს დიდ საფრთხეს უქმნის ბუნებრივი მოვლენები,

მაგალითად, ძლიერი ყინვა, ქარიშხალი, ძლიერი წვიმა, და ა.შ. პანელები გარკვეული დროის შემდეგ ხდება გამოუსადეგარი და საჭიროებს გამოცვლას ან შეკეთებას, რაც მოითხოვს დამატებითი ხარჯების გაწევას. მზის სადგურის აშენებამდე აუცილებელია ყველანაირი რისკი წინასწარ განისაზღვროს, რისთვისაც აუცილებელია პროექტი შესრულდეს საერთაშორისო სტანდარტების სრული დაცვით.

სტანდარტები არის კომპეტენტური ორგანოს მიერ საყოველთაოდ მიღებული ნორმები ან მოთხოვნები, რომლებიც აყალიბებენ ზოგად წესებს და პრინციპებს საწარმოო მასალების, პროდუქტებისა და პროცესების მართვისა და წარმოების მიზნით. სტანდარტები არის აუცილებელი ინსტრუმენტი ინდუსტრიაში და ბიზნესში, რადგან ისინი აუმჯობესებენ ბიზნეს პრაქტიკას და ქმნიან თანაბარ პირობებს ბიზნესის პროდუქტებისა და სერვისების განვითარებისთვის. სტანდარტები უზრუნველყოფენ, რომ პროდუქტები და სერვისები უსაფრთხო იყოს მომხმარებლებისთვის და გარემოსთვის.

თანამედროვე მზის ენერჯეტიკა მთლიანად სტანდარტირებული სფეროა. მსოფლიოში მრავალი სასტანდარტო ორგანიზაცია არსებობს, თუმცა მათ შორის უმნიშვნელოვანესია საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია (IEC), წამყვანი მსოფლიო ორგანიზაცია, რომელიც ავითარებს და ქმნის ელექტრო- და ელექტრონული პროდუქტების, სისტემებისა და სერვისების შეთანხმებულ სტანდარტებს [2]. ორგანიზაციის შტაბ-ბინა მდებარეობს შვეიცარიის ქალაქ ვენევაში. კომისიას გააჩნია 110 ტექნიკური კომიტეტი (TC) და 102 ქვეკომიტეტი (SC). კომისიის 82-ე ტექნიკური კომიტეტი, რომელიც დაფუძნდა 1981 წელს, ორიენტირებულია მზის ფოტოელექტრული სისტემების საერთაშორისო დონის სტანდარტიზაციაზე. კომიტეტს არსებობის მანძილზე შემუშავები აქვს შემდეგი სტანდარტები [3]:

- IEC 62093:2005: ფოტოელექტრული სისტემების კომპონენტების ბალანსირება და დიზაინის განსაზღვრა ბუნებრივი გარემოსთვის.
- IEC 62109-1:2010 ენერჯის გადამქმნელების უსაფრთხოება ფოტოელექტრულ სისტემებში - ნაწილი 1: ზოგადი მოთხოვნები.
- IEC 62109-2:2011 ენერჯის გადამქმნელების უსაფრთხოება ფოტოელექტრულ სისტემებში გარდაქმნა ნაწილი 2: სპეციფიკური მოთხოვნები ინვერტორის მიმართ.
- IEC 60269-6 ed1.0 დაბალი ძაბვის ელექტრული მცველები ნაწილი 6: ფოტოელექტრული ენერჯის სისტემების ელექტრული მცველების დამატებითი მოთხოვნები.
- IEC 61727 ed2.0 ფოტოელექტრული სისტემების მახასიათებლები.
- IEC 62446-1:2016 ფოტოელექტრული სისტემები - მოთხოვნები ტესტირების, დოკუმენტაციისა და ტექნიკური მომსახურებისთვის - ნაწილი 1: ქსელთან დაკავშირებული

სისტემები - დოკუმენტაცია, ტესტირება და შემოწმება.

- IEC 62124 ed1.0 ფოტოელექტრული ცალკეული სისტემები, დიზაინის (პროექტის) ვერიფიცირება.

- IEC 62253 ed1.0 ფოტოელექტრული სატუმბი სისტემები, დიზაინის კვალიფიკაციისა და შესრულების გაზომვები.

- IEC 60364-1 ed5.0 დაბალი ძაბვის ელექტროდანადგარები - ნაწილი 1: ფუნდამენტური პრინციპები, ზოგადი მახასიათებლების შეფასება, განმარტებები.

- IEC 60364-7-712:2017 დაბალი ძაბვის ელექტროდანადგარები - ნაწილი 7-712: მოთხოვნები სპეციალური დანადგარების ან ლოკაციებისთვის - მზის ფოტოელექტრული (PV) ელექტრომომარაგების სისტემები.

- IEC 61724-1:2017 ფოტოელექტრული სისტემების შესრულება - ნაწილი 1: მონიტორინგი.

- IEC TS 61724-2:2016 ფოტოელექტრული სისტემების შესრულება - ნაწილი 2: მოცულობითი შეფასების მეთოდი.

- IEC TS 61724-3:2016 ფოტოელექტრული სისტემების შესრულება - ნაწილი 3: ენერჯის შეფასების მეთოდი.

- IEC 62509 ed1.0 ფოტოელექტრული სისტემებისთვის ბატარეის დამმუხტავი კონტროლერების წარმადობა და ფუნქციონირება.

- IEC TS 62257-1:2015 რეკომენდაციები განახლებადი ენერჯისა და სოფლის ელექტრიფიკაციის ჰიბრიდული სისტემებისთვის - ნაწილი 1: ზოგადი შესავალი.

- IEC 61730-1:2016 ფოტოელექტრული (PV) მოდულის უსაფრთხოების კვალიფიკაცია - ნაწილი 1: სამშენებლო მოთხოვნები.

- IEC 61730-2:2016 ფოტოელექტრული (PV) მოდულის უსაფრთხოების კვალიფიკაცია - ნაწილი 2: ტესტირების მოთხოვნები.

- IEC TS 61836:2016 მზის ფოტოელექტრული ენერჯის სისტემები - ტერმინები, განმარტებები და სიმბოლოები.

- IEC 61215-1:2016 დიზაინის კვალიფიკაცია და ტიპის დამტკიცება ნაწილი 1: ტესტირების მოთხოვნები.

- IEC 61215-2:2016 დიზაინის კვალიფიკაცია და ტიპის დამტკიცება ნაწილი 2: ტესტირების მოთხოვნები.

- IEC 62116:2014 ურთიერთდაკავშირებული ფოტოელექტრული ინვერტორების სატესტო პროცედურები.

როგორც ვხედავთ, ფოტოელექტრული სისტემების სტანდარტები მეტად ვრცელი და მრავალფეროვანია. მსოფლიოში სხვადასხვა ქვეყნები IEC სტანდარტის გარდა, ხელმძღვა-

ნელობენ სხვადასხვა სტანდარტებით, მათ შორის აღსანიშნავია IEEE (აშშ-ის პროფესიული ასოციაცია, ელექტროტექნიკის და ელექტრონიკის ინსტიტუტი), DIN (გერმანიის სტანდარტების ორგანიზაცია) და სხვა ორგანიზაციების სტანდარტები. სტანდარტები ფასიანი დოკუმენტებია. შეძენა შესაძლებელია მფლობელი ორგანიზაციების პორტალებზე. სტანდარტები პერიოდულად განახლებადი ინსტრუმენტებია, რომლებიც იხვეწება და ფებს უწყობს თანამედროვე ტექნიკურ მიღწევებს. აუცილებელია, რომ ნებისმიერი ფოტო-ელექტრული და ტექნოლოგიური პროექტი მსოფლიოში მოქმედი მიმდინარე სტანდარტების მიხედვით უნდა იყოს გამოცდილი და დამუშავებული.

ლიტერატურა

1. <https://www.usaid.gov/energy/>
2. <https://www.iec.ch/homepage>
3. ჩხაიძე ბ. ენერჯის განახლებადი წყაროები. 2011.

GENERAL OVERVIEW OF INTERNATIONAL STANDARDS FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS.

Iv. Tabatadze. "Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 38-41. geo. sum geo. engl. rus.

The main international standards applicable to solar photoelectric systems are discussed. Solar energy is a constantly evolving field, where it is necessary to take into account the international norms for any photoelectric project and related equipment at the test and operating level. The article is a guide and allows the International Electrotechnical Commission (IEC) standards to be selected by topic in case of designing any power and type of solar power plants. Adherence to the standards ensures the system works properly, minimizes electrical, mechanical, thermal and other damage.

Bibl. 3.

ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

И. Табатадзе. "Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 38-41. груз. реф. груз. англ. рус.

Обсуждаются основные международные стандарты, действующие на солнечные фотоэлектрические системы. Солнечная энергетика - это постоянно развивающаяся область, в которой необходимо учитывать международные нормы для любого фотоэлектрического проекта и связанного с ним оборудования на уровне испытаний и эксплуатации. Статья является справочной и позволяет выбирать стандарты Международной электротехнической комиссии (МЭК) по темам при проектировании солнечных электростанций любой мощности и типа. Соблюдение стандартов обеспечивает нормальную работу системы, минимизирует электрические, механические, термические и другие повреждения.

Лит. 3 назв.

**მაღალი კაბვის კრავის საიზოლაციო სისტემის წინააღობის
დამოკიდებულება კაბვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე**

პროფესორი რამინ ჩიხლაძე
ასისტენტ-პროფესორი ქეთევან ჩიხლაძე
დოქტორანტი ზურაბ ჯანიაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია მაღალი კაბვის კრავის სტატორის საიზოლაციო სისტემის კორპუსის მიმართ წინააღობის დამოკიდებულება გაზომვის ძაბვაზე და კაბვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე. დადგინდა, რომ თუ საიზოლაციო სისტემა დაძველებული არ არის და დაძველების პროდუქტები ელექტროგამტარებლობაში არ მონაწილეობენ, მაშინ პოლარიზაციის ინდექსის მნიშვნელობა ოთხს აღემატება. ეს იმას ნიშნავს, რომ საიზოლაციო სისტემა საუკეთესო მდგომარეობაში იმყოფება. გაზომვის ძაბვის სიდიდის 4-ჯერ გაზრდით აღნიშნული კანონზომიერება უცვლელია, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ კარგ მდგომარეობაში მყოფი საიზოლაციო სისტემის პოლარიზაციის ინდექსის სიდიდე ძაბვაზე დამოკიდებული არ არის. განსაზღვრულია აბსორბციის კოეფიციენტი და პოლარიზაციის ინდექსი. მიღებული შედეგებით გაკეთებულია შესაბამისი დასკვნები და შეფასებულია კრავის საექსპლუატაციო მდგომარეობა.

საკვანძო სიტყვები: *იზოლაციის წინააღობა, პოლარიზაციის ინდექსი, აბსორბციის კოეფიციენტი.*

ელექტრული ძაბვის საიზოლაციო სისტემა იზოლაციას ქმნის კორპუსის მიმართ, რადგან სტატორში ფაზები სამკუთხედად ან ვარსკვლავურად არიან შეერთებული. ამის გამო საიზოლაციო სისტემის საერთო მდგომარეობის შეფასების მიზნით მახასიათებლების გაზომვას ახდენენ გაერთიანებული სამივე ფაზის კორპუსის მიმართ. თუ გაზომილი მახასიათებლების მნიშვნელობა ნორმის მოთხოვნას აკმაყოფილებს, მაშინ ცალკეული ფაზის საიზოლაციო სისტემის მახასიათებლების განსაზღვრა კორპუსის მიმართ სავალდებულო არ არის.

ცნობილია, რომ თუ საიზოლაციო სისტემის მუშა ძაბვა 35 კილოვატს არ აღემატება, მაშინ საიზოლაციო სისტემის მახასიათებლების მდგომარეობის შეფასება წინააღობის მიხედვით წარმოებს და სხვა მახასიათებლების განსაზღვრა საჭირო არ არის [1].

იზოლაციის წინააღობას მასზე მუდმივი ძაბვის მოქმედებით გამავალი დენი განსაზღვრავს, რომელიც ზოგადად პოლარიზაციის და გამჭოლი გამტარობის დენების ჯამს წარმოადგენს. როგორც ცნობილია, პოლარიზაციის დენს პოლარიზაციის მექანიზმი განსაზღვრავს და დროის მიხედვით სწრაფად იცვლება. პოლარიზაციის დამყარების შემდეგ

ის ნულის ტოლია და დიელექტრიკში მხოლოდ გამჭოლი გამტარობის დენი გადის, რომლის სიდიდეს დენის მატარებლების კონცენტრაცია და ტიპი განაპირობებს [2]. თუ ეს დენი მინარევების იონებით ან წყლის მოლეკულებით არის განპირობებული, მაშინ მათი გარკვეული რაოდენობა, რომლებიც ელექტროდს (სტატორს ან გრანდის) მიაღწევს, მისგან იღებს მუხტს და ნეიტრალური ხდება (ელექტროგაწმენდა), ე.ი. არ მონაწილეობს ელექტროგამტარობაში. როდესაც საწყის მდგომარეობაში დენის მატარებლების კონცენტრაცია მცირეა, მაშინ ნეიტრალურ მდგომარეობაში გადასული იონების ან წყლის მოლეკულები ამცირებენ საერთო დენის მატარებლებს, მცირდება დენი და, შესაბამისად, იზრდება წინაღობა. თუ საწყის ეტაპზე დენის მატარებლების კონცენტრაცია დიდია, მაშინ ელექტროგაწმენდის მოვლენა გამჭოლი დენის და, შესაბამისად, წინაღობის სიდიდეზე უმნიშვნელო გავლენას ახდენს [1].

სწრაფად მიმდინარე პოლარიზაციის პროცესები ძაბვის მოქმედებიდან რამოდენიმე წმ-ის განმავლობაშია დამყარებული. მაგრამ წინაღობის განსაზღვრა პირველი 5 წმ-ის განმავლობაში მისი არასტაბილურობის გამო მოუხერხებელია. ამასთან ამ ეტაპზე უკვე თავს იჩენს წყლის მოლეკულების მოძრაობით გამოწვეული მიგრაციული პოლარიზაცია [3].

წყლის მოლეკულების მცირე კონცენტრაციის შემთხვევაში პოლარიზაციის ეს მექანიზმი 30-40 წმ-ის განმავლობაში დამყარებულია, ე.ი. წყლის მოლეკულების რაოდენობის შესაფასებლად მოხერხებულია წინაღობის განსაზღვრა ძაბვის მოქმედების დაწყებიდან 15 და 60 წმ-ის შემდეგ, R_{15} და R_{60} . მათი თანაფარდობით შესაძლებელია წყლის როლის შეფასება, რომელსაც დიელექტრიკული აბსორციის კოეფიციენტს უწოდებენ:

$$K_{\text{აბს.}} = \frac{R_{60}}{R_{15}}. \quad (1)$$

თუ პირველი 60 წმ-ის განმავლობაში გამჭოლი დენის სიდიდეს 30-40%-ით მცირდება წყლის მოლეკულების ელექტროგაწმენდის მექანიზმით, მაშინ ითვლება, რომ წყლის მოლეკულების რაოდენობა ძალიან მცირეა (იზოლაცია ნაკლებად ტენიანია).

გამჭოლ გამტარებლობაში მონაწილე მინარევების რაოდენობა კი 60 წმ-ის შემდეგ ძირითადად შემცირებულია და დენი შედარებით ნაკლებად იზრდება. მაგრამ თუ დიელექტრიკი დაძველებულია, მაშინ გამჭოლი გამტარობის დენში მონაწილე მინარევების რაოდენობას დაძველებული მოლეკულებიდან წარმოქმნილი იონების და ელექტრონების რაოდენობა ემატება, რომლის სიდიდე 300-600 წმ-ის განმავლობაში არ მცირდება. ამის გამო იზოლაციის მდგომარეობას პოლარიზაციის ინდექსის საშუალებით ახდენენ (PI, Polarization Index):

$$K_{\text{პოლ}} = \frac{R_{600}}{R_{60}} \cdot \quad (2)$$

ეს მოვლენა იზოლაციაში ხანგრძლივად მიმდინარე პროცესებს მიეკუთვნება და მისი ხანგრძლივობა ზოგჯერ 5000 წამს აჭარბებს [4]. მინარევების რაოდენობის შემცირების პროცესის შესაფასებლად წინალობას ძაბვის მოქმედების დაწყებიდან 600 წამის შემდეგ საზღვრავენ (R_{600}).

პოლარიზაციის ინდექსი გვიჩვენებს ველის მოქმედებით დიელექტრიკში დამუხტული ნაწილაკების გადაადგილების შესაძლებლობას და წარმოქმნის მექანიზმს [5]. მისი სიდიდე დიდ დიაპაზონში იცვლება: თუ პოლარიზაციის ინდექსის სიდიდე ≤ 1 , ანუ R_{60} და R_{600} პრაქტიკულად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან ან ზოგჯერ, $R_{600} < R_{60}$. ეს ნიშნავს, რომ დიელექტრიკი იმდენად დაძველებულია, რომ ველის მოქმედებით დენის ახალი ნაწილაკები წარმოიქმნება. მათი წარმოქმნა დაძველებული მოლეკულებიდან იონების ან „თავისუფალი“ ელექტრონების მოწყვეტით აიხსნება. ასეთ საიზოლაციო სისტემას საექსპლუატაციო რესურსი ამოწურული აქვს და მისი ექსპლუატაცია დიდ რისკთან არის დაკავშირებული, რადგან ექსპლუატაციისას შესაძლებელია იზოლაციის მდგომარეობის კიდევ გაუარესება.

ამ შემთხვევაში შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მყარი იზოლაციის (ელექტროტექნიკური ქაღალდი) პოლიმერიზაციის საშუალო ხარისხი 100 ერთეულზე ნაკლებია და სავარაუდოდ მყარმა იზოლაციამ თავისი საექსპლუატაციო რესურსი ამოწურა. ეს მოსაზრება ღრმა შესწავლას მოითხოვს და შეიძლება გახდეს პოლიმერიზაციის ხარისხით ნარჩენი საექსპლუატაციო რესურსის დადგენის არსებული მეთოდის ალტერნატივა:

- როდესაც პოლარიზაციის ინდექსის სიდიდე 1-დან 2-მდეა, მაშინ დენი თითქმის 2-ჯერ მცირდება, მაგრამ დენის სიდიდეზე დაძველების პროდუქტებით წარმოქმნილი დენის მატარებლების გავლენაც ჩანს და შესაძლებელია არსებობს ელექტროგაწმენდით გამოწვეული მინარევების კონცენტრაციის შემცირება, მაგრამ ასევე დენის მატარებლები წარმოიქმნება დაძველებული იზოლაციისგანაც. ამასთანავე წინალობის მაქსიმუმ 2-ჯერ ზრდა იმის მიმანიშნებელია, რომ ორივე მექანიზმი მიმდინარეობს და აქ რაიმეს ცალსახად მტკიცება შეუძლებელია. გაძნელებულია იმის გარკვევა იზოლაცია კარგ თუ ცუდ მდგომარეობაში იმყოფება. ამიტომ ამ მდგომარეობას ზოგჯერ, „გაურკვეველ მდგომარეობასაც“ უწოდებენ.

- კარგ მდგომარეობაში მყოფ დიელექტრიკში ძაბვის მოქმედებიდან 600 წმ-ის შემდეგ მინარევებით წარმოქმნილი დენის მატარებლების რაოდენობა საგრძნობლად შემცი-

რებულია, ხოლო დაბეღელების პროდუქტებით წარმოქმნილი დენის მატარებლების რაოდენობა თითქმის ნულის ტოლია. ამ შემთხვევაში პოლარიზაციის ინდექსი 2-დან 4-მდე იცვლება.

- საუკეთესო მდგომარეობაში მყოფი საიზოლაციო სისტემაში ძაბვის მოქმედების დაწყებიდან 600 წამისთვის მინარევების რაოდენობა მნიშვნელოვნადაა შემცირებული. ამასთანავე იზოლაციის დაბეღელებას ადგილი არ აქვს, შესაბამისი დენის სიდიდეც ნულის ტოლია და პოლარიზაციის ინდექსის სიდიდე 4-ს აღემატება.

აღსანიშნავია, რომ პოლარიზაციის ინდექსის სიდიდე დამოკიდებული არ არის საიზოლაციო სისტემის ტემპერატურაზე, მაგრამ ცნობილია, რომ თუ საიზოლაციო სისტემის ტემპერატურა 10°C-ზე ნაკლებია, მაშინ წყლის მოლეკულები წყალბადური კავშირით შედარებით ძლიერ კავშირს ამყარებენ დიელექტრიკის მოლეკულასთან და წინაღობის სიდიდის ცალსახად განსაზღვრა გამწელებულია. ამ მოვლენის გამორიცხვის მიზნით მიზანშეწონილია გაზომვები საიზოლაციო სისტემის t=20°C-ზე მეტ ტემპერატურაზე ან ნომინალურ მუშა ტემპერატურაზე ჩავატაროთ. ამ შემთხვევაში მიღებული შედეგები და შესაბამისი დასკვნები დიდი სიზუსტით ხასიათდება.

მაგალითისთვის განვიხილოთ კომპანია CHONCONG ELECTRIC MACHINE-ს მიერ 2015 წელს დამზადებული 1600 კვტ. სიმძლავრის და 10000 ვ-ის ძაბვის ძრავის სამივე ფაზის საიზოლაციო სისტემის წინაღობის კორპუსის მიმართ დამოკიდებულება ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე.

გაზომვები ჩატარდა 6212AIN ტიპის მეგერიტ 2500 და 10000 ვოლტ ძაბვაზე, როდესაც საიზოლაციო სისტემის ტემპერატურა 34°C-ის ტოლი იყო, ხოლო გარემოს t = 28°C-ზე და გარემოს ფარდობითი ტენიანობა 52%. ძაბვის შემყვანი იზოლატორები გასუფთავებული და მშრალი იყო.

ცხრილი

ძაბვა, ვოლტი	წინაღობა, მეგაომი					$K_{ს.ბ.}$		პოლარიზაციის ინდექსი	
	R_{15}	R_{160}	R_{200}	R_{400}	R_{600}	შედეგი	ნორმა	შედეგი	ნორმა
2500	610	1150	2020	4020	5720	1,88	≥1,3	4,97	≥2
10 000	605	1160	2030	4010	5702	1,9	≥1,3	4,92	≥2

ცდის შედეგები მოყვანილია ცხრილში, სადაც ჩანს, რომ გაზომვის ძაბვის 4-ჯერ გაზრდით:

1. საიზოლაციო სისტემის წინაღობა ძაბვის მოქმედების ერთი და იმავე მომენტისთვის გაზომვის ცდომილების ფარგლებში თითქმის ტოლია.

2. ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობის გაზრდით საიზოლაციო სისტემის წინაღობა მონოტონურად იზრდება.

ეს ორი დამოკიდებულება იმის მაჩვენებელია, რომ საიზოლაციო დაძველების პროცესი არ მიმდინარეობს და მინარევების რაოდენობა ძალიან მცირეა. ამ მოსაზრებას ამტკიცებს მიღებული შედეგებით გამოთვლილი აბსორბციის კოეფიციენტის და პოლარიზაციის ინდექსის მნიშვნელობები.

საბოლოოდ შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თუ მაღალი ძაბვის ძრავის იზოლაცია კარგ მდგომარეობაში იმყოფება, მასში არ არის შეღწეული ტენი და მცირეა მინარევები, არ მიმდინარეობს საიზოლაციო სისტემის დაძველება. მაშინ საიზოლაციო სისტემის წინაღობა კორპუსის მიმართ არ არის დამოკიდებული მოქმედი ძაბვის სიდიდეზე და ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე. ასევე აბსორბციის კოეფიციენტის და პოლარიზაციის ინდექსის მნიშვნელობები ნორმას აღემატებიან.

ლიტერატურა

1. РД 34. 45-51. 300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. Изд-НЦ ЭНАС. 2002.
2. ჩიხლაძე რ. იზოლაციის ელექტრული გამოცდა და დიაგნოსტიკა. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2010.
3. ჩიხლაძე რ., ნაცვლიშვილი კ. ელექტროტექნიკური მასალები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 2007.
4. Вайда Д. Исследования повреждений изоляции. М.: Энергия. 1968.
5. Чернов В.А. Разработка и исследование методов диагностики маслонаполненного энергетического оборудования на основе измерения токов поляризации/Автореферат диссертации. Московский энергетический институт. 2009.

RESISTANCE OF AN INSULATION SYSTEM OF HIGH-VOLTAGE ENGINE ACCORDING TO THE VOLTAGE DURATION.

R.Chikhladze, K.Chikhladze, Z.Janiashvili.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 42-47. geo. sum geo. engl. rus.

This paper discusses the resistance dependence of the high voltage motor stator insulation system housing to the measurement voltage and the duration of the voltage action. It has been established that if the insulation system is not obsolete and aging products do not participate in electrical conductivity, then the value of the polarization index will exceed four. This means that the insulation system is in an excellent condition. By increasing the magnitude of the measurement voltage four times, this consistent pattern remains unchanged, which indicates that the magnitude of the polarization index of the insulation system being in a good condition does not depend on the voltage. The absorption ratio and the polarization index are determined. Based on the results obtained, appropriate conclusions are drawn and the operating condition of the engine is evaluated. *Tabl. 1, bibl. 5.*

ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ НАПРЯЖЕНИЯ.

Р.Чихладзе, К.Чихладзе, З.Джаниашвили.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 42-47. груз. реф. груз. англ. рус.

Рассмотрена зависимость сопротивления по отношению корпуса изоляционной системы статора высоковольтного двигателя от измеряемого напряжения и длительности действия. Установлено, что если система изоляции не устарела и продукты старения не участвуют в электропроводности, то значение индекса поляризации превышает четыре. Это означает, что система изоляции находится в лучшем состоянии. При четырехкратном увеличении величины измеряемого напряжения эта закономерность остается неизменной, что указывает на то, что величина индекса поляризации изоляционной, системы находящейся в хорошем состоянии, не зависит от напряжения. Определен коэффициент поглощения и индексе поляризации. По полученным результатам сделаны соответствующие выводы и оценено эксплуатационное состояние двигателя.

Табл. 1, лит. 5 назв.

მეტროპოლიტენის ენერგომომხარაგბის კორელაციურ-რეგრესიული ანალიზი

დოქტორანტი *გიორგი ხურცილავა*
ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი *ოპარ კილურაძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. საქართველოს სატრანსპორტო კომპანიაში (მეტროპოლიტენი) ჩატარებულია ფოკუსირებული ენერგოაუდიტი, რომლის მიზანია კორელაციური კავშირის დადგენა გადაყვანილ მგზავრების რაოდენობასა და მოხმარებულ ელექტროენერგიას შორის. საბაზისო წლის მონაცემების საფუძველზე რეგრესიის სტატისტიკის გამოყენებით დამუშავებულია ელექტროენერგიის მოხმარების მოდელი, რომელიც გამოყენებულია მონიტორინგის წლის შესაბამისი მონაცემების საანალიზოდ.

ენერგიის მაქსიმალური დანაზგის მნიშვნელობა (სამიზნე დანაზოგი) ტოლია 2092 მგვტ.სთ/წ. მონიტორინგის წელს კი ფაქტობრივად დაიზოგა -1923 მგვტ.სთ/წ. მონიტორინგის წელს ობიექტში არ განხორციელებულა მნიშვნელოვანი ენერგოეფექტური ღონისძიება და დანაზოგიძირითადად მიღებულია ენერგიის მომხმარებლების - მოწყობილობა-დანადგარების საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესებით.

საკვანძო სიტყვები: *კორელაცია, რეგრესიული მოდელი, სტანდარტული განუსაზღვრელობა, მონიტორინგი.*

საქართველოს სატრანსპორტო კომპანია (მეტროპოლიტენი) ელექტროენერგიის ერთ-ერთი მსხვილი მომხმარებელია (70 ათასი მგვტ.სთ/წ), რომლის ძირითადი ნაწილი (55-60%) მოდის წევის აგრეგატებზე, ხოლო დანარჩენი ხმარდება ესკალატორების, წყალსაქაჩების, ვენტილატორების, განათების და სხვა მომხმარებლებს. ენერგიის მოხმარების ანალიზის საფუძველზე ენერგოეფექტური ღონისძიებების გატარებასთან ერთად, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტრანსპორტის საიმედოობა და მგზავრების გადაყვანის კომფორტის ამაღლება.

ჩატარებულია ფოკუსირებული ენერგოაუდიტი, რომლის მიზანია კორელაციური კავშირის დადგენა გადაყვანილ მგზავრების რაოდენობასა (დამოუკიდებელი ცვლადი-პრედიქტორი, M) და მოხმარებულ ელექტროენერგიას (დამოკიდებული ცვლადი, E) შორის და სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით ელექტროენერგიის მოხმარების რეგრესიული მოდელის დამუშავება.

ცხრ. 1-ში მოცემულია საბაზისო და მონიტორინგის წლებში გადაყვანილი მგზავრებისა დამომხმარებელი ელექტროენერგიების ნედლი მონაცემები.

საბაზისო და მონიტორინგის წლებში გადაყვანილი მგზავრებისა
დაშესაბამისიმოხმარებული ელექტროენერჯის ნედლი მონაცემები

ცხრილი 1

თვე	საბაზისო წელი		მონიტორინგის წელი	
	გადაყვანილ მგზავრთა რაოდენობა	ჯამური ელექტრო- მოხმარება, მგვტ.სთ/თვე	გადაყვანილ მგზავრთა რაოდენობა	ჯამური ელექტრო- მოხმარება, მგვტ.სთ/თვე
	M ₁	E ₁	M ₂	E ₂
1	8617861	5560.0	9648409	5700.2
2	8510834	5350.5	9421612	5681.7
3	10074382	5434.3	11092912	6008.7
4	9086141	5050.5	10294992	5781.8
5	10067881	5623.9	11568562	5769.5
6	9623134	5005.0	9429023	5355.6
7	8308241	4857.4	9072702	5551.2
8	6710592	4260.0	7792065	5131.6
9	9001031	4744.0	10274432	5387.9
10	10978550	5659.7	12728132	6676.8
11	11172312	6335.1	11920222	6404.8
12	11676755	6087.2	12463734	6662.9
ჯამი	113827714	63967.6	125706797	70112.7

პრედიქტორსა და მოხმარებულ ენერჯიას შორის მკაცრი კავშირის დადგენა შეუძლებელია, რადგან მოხმარებული ენერჯიის მნიშვნელობა განისაზღვრება არა მარტო პრედიქტორის მნიშვნელობით, არამედ სხვა (გაუთვალისწინებელი ან არაკონტროლირებადი) ფაქტორებით, აგრეთვე იმით, რომ ცვლადების სიდიდეების გაზომვა დაკავშირებულია შემთხვევითი ხასიათის ცდომილებებთან.

რადგან ჩვენ შემთხვევაში აღებულია მხოლოდ ერთი პრედიქტორი, ამიტომ ვიხილავთ წყვილი რეგრესიის შემთხვევას. რეგრესიის განტოლების შედგენა მოიცავს 2 ეტაპს [1]:

1. ცვლადებს შორის დამოკიდებულების სახის დადგენა (სპეციფიკაციის ეტაპი).
2. რეგრესიის კოეფიციენტების განსაზღვრა (იდენტიფიკაციის ეტაპი).

რეგრესიის კოეფიციენტების განსაზღვრა ხდება უმცირესი კვადრატების მეთოდით, რომლის თანახმადაც ენერჯიის მოხმარების E ღერძის მიმართ წრფიდან

“წერტილების” (მონაცემების) გადახრის კვადრატების ჯამის მნიშვნელობა არის მინიმუმი.

სხვადასხვა ერთეულებში გაზომილ მონაცემთა (გადაყვანილი მგზავრები და მოხმარებული ენერჯია) ორი სიმძრავლის გაფანტულობის ხარისხის, ანუ ცვალებადობების შესადარებლად ვიყენებთ ორივე ცვლადისათვის ვარიაციის კოეფიციენტებს $CVar = S/\bar{X}$, სადაც S არის მონაცემების სტანდარტული გადახრა, ხოლო \bar{X} - ცვლადის საშუალო მნიშვნელობა.

საბაზისო და მონიტორინგის წლებშიწედილი მონაცემების ვარიაციების შეფასებები მონაცემების გაბნევის ხარისხის (ერთგვაროვნების) დასადგენად მოცემულია ცხრ.2-ში.

საბაზისო და მონიტორინგის წლებში წედილი მონაცემების ვარიაციების შეფასება

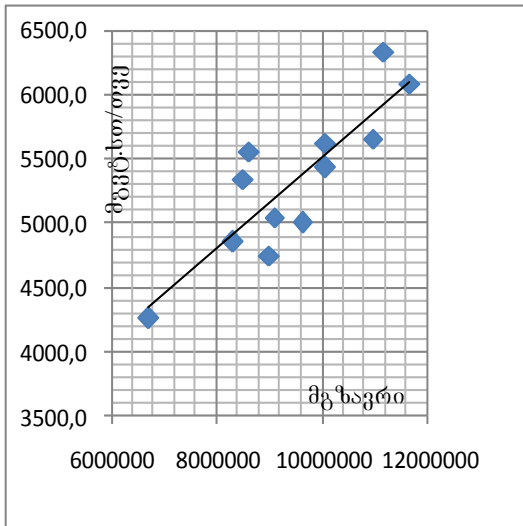
ცხრილი 2

საბაზისო წელი			მონიტორინგის წელი		
თვეში გადაყვანილი მგზავრების საშუალო რაოდენობა 9485643	სტანდარტული გადახრა მგზ/თვე 1406609	ვარიაცია, % 14.8	თვეში გადაყვანილი მგზავრების საშუალო რაოდენობა 10475566	თვეში გადაყვანილი მგზავრების საშუალო რაოდენობა 1502186	ვარიაცია, % 14.3
თვეში მოხმარებული საშუალო ენერჯია, მგვტ.სთ/თვე 5330.6	სტანდარტული გადახრა, მგვტ.სთ/თვე 583.0	ვარიაცია, % 10.9	თვეში მოხმარებული საშუალო ენერჯია, მგვტ.სთ/თვე 5842.7	სტანდარტული გადახრა, მგვტ.სთ/თვე 505	ვარიაცია, % 8.6

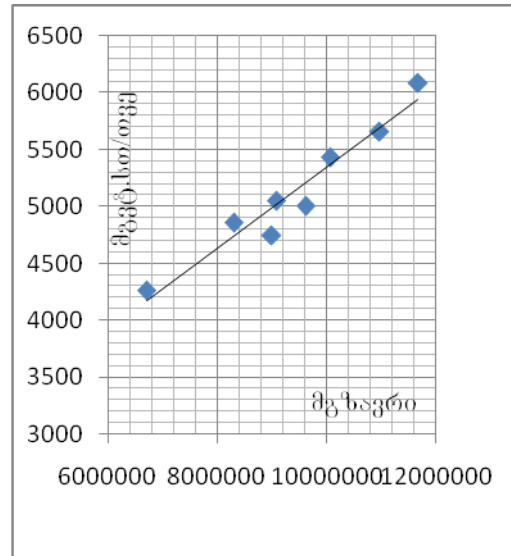
ცხრ. 2–ის შესაბამისად, როგრც საბაზისო, ასევე მინიტორინგის წლებში ცვლადების- გადაყვანილი მგზავრების და მოხმარებული ენერჯიის შედარება ($CVar = 14.8\%$ და $CVar = 10.9\%$) და ($CVar = 14.3$ და $CVar = 8.6$) შეესაბამება მონაცემების გაბნევის საშუალო ხარისხს ($CVar < 20\%$) და ამასთან, რადგან $CVar < 33\%$ მონაცემების ერთობლიობა არის ერთგვაროვანი. ასევე, ვარიაციის კოეფიციენტების შედარებით, როგორც ჩანს, მოხმარებული ენერჯიის რაოდენობა ნაკლები ვარიაციულობით ხასიათდება, ვიდრე გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობა.

მონიტორინგის წელს, ენერჯიის მოხმარების ანალიზის ჩასატარებლად გამოყენებულია საბაზისო - წინა წლის წედილი მონაცემების საფუძველზე დამუშავებული ენერჯიის მოხმარების რეგრესიული მოდეილი.

ნახ. 1-ზე მოცემულია გადაყვანილ მგზავრებსა და მოხმარებულ ენერგიას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. ცვლადებს შორის დამოკიდებულება არის პირდაპირი, ე.ი. ადგილი აქვს დადებით კორელაციას-გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობის გაზრდა იწვევს ენერგიის მოხმარების საშუალო მნიშვნელობის გაზრდას [3].



ნახ. 1. $E = f(M)$ დამოკიდებულება (საბაზისო წელი)



ნახ. 2. $E = f(M)$ დამოკიდებულება ოპტიმალური მომსახურება (საბაზისო წელი)

აპროქსიმაციის ხაზის (ნახ. 1) დაბლა მოთავსებული ენერგიის მოხმარების “წერტილები” (მონაცემები) (ცხრ. 1): 4260; 4857.4; 4744.0; 5050.5; 5005.0; 5434.3; 5659.7; 6087.2. შესაბამება კომპანიის დანადგარებისა და მოწყობილობების ოპტიმალური რეჟიმით მომსახურების შემთხვევას, გრაფიკის სახე გადაყვანილ მგზავრებსა და მოხმარებულ ელექტროენერგიას შორის (ნახ. 1, 2) პრაქტიკულად არის წრფე განტოლებით $E = k \cdot M + e$, სადაც E - ენერგიის მოხმარება (მგვტ.სთ/თვე); M - იგივე პერიოდში გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობა (მგზ./თვე); k - ცვლადებს შორის პროპორციულობის კოეფიციენტი (აბცისათა ღერძის მიმართ წრფის დახრის კუთხის ტანგენსი); e - გადაყვანილი მგზავრების მინიმალური რაოდენობის შესაბამისი ელექტროენერგიის მოხმარების მნიშვნელობა (მგვტ.სთ/თვე), რომელიც შედგება ორი მდგენელისაგან: მოწყობილობებისა და აგრეგატების მიერ ენერგიის დანაკარგები მგზავრების გადაყვანის პროცესში და ენერგიის დანაკარგები დამხმარე პროცესების უზრუნველყოფაზე. შესაბამისად დიდი მნიშვნელობა აქვს e -ს შემცირებას კომპანიის მუშაობის ეფექტურობის გაზრდისათვის. ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლის მიხედვით

შესაძლებელია გამოვლენილი იქნას დაბალი ეფექტურობის გამომწვევი მიზეზები და პრიორიტეტების განსაზღვრა მათ აღმოსაფხვრელად [2,4].

რეგრესიის განტოლებების კოეფიციენტები და სტატისტიკის ძირითადი მონაცემები საბაზისო წლის ფაქტიური და ოპტიმალური რეჟიმების პირობებში

ცხრილი 3

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Base year (actual data)				Base year (optimal mode)				
Multiple R	0.857682969			0.966711393				
R Square	0.735620075			0.934530917				
Standard Error	314.3750036			158.1133539				
Observations	12			8				
Base year (actual data)					Base year (optimal mode)			
	df	SS	MS	F	df	SS	MS	F
Regression	1	2749926	2749927	27.82	1	21411434	2141144	85.6
Residual	10	988316	98832		6	149999	24999.8	
Total	11	3738243			7	2291143		
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	1958.867	645.6	3.03	0.013	1775.3	367.55	4.83	0.003
M1	0.000355	6.74E-05	5.27	0.0004	0.000356	3.85E-05	9.25	9E-05

ცხრ. 3-ში განხილულია საბაზისო წლის ფაქტობრივი და ოპტიმალური ექსპლუატაციის რეჟიმების შემთხვევებში რეგრესიის მახასიათებელი პარამეტრები [5]. ტექსტის მონაცემები, რომლებიც ეხება ოპტიმალური რეჟიმით ექსპლუატაციას, ჩასმულია კვადრატულ ფრჩხილებში.

$E = f(M)$ - დამოკიდებულების კორელაციის კოეფიციენტი (ცხრ. 2) $r=0.86[0.97]$, ხოლო დეტერმინაციის კოეფიციენტი $r^2=0.86^2=0.74 [0.93]$, ე.ი. მოხმარებული ენერჯის ვარიაციის 74% [93%] განისაზღვრება გადაყვანილი მგზავრების ვარიაციით. დანარჩენი $100-74=26\% [100-93=7\%]$ არის აუხსნელი, ანუ შემთხვევითი ვარიაცია. შესაბამისად 0,26 [0.07] არის არადეტერმინაციის კოეფიციენტი. დამოკიდებულების თავისუფლების ხარისხის $df=10 [5]$ პირობებში ენერჯის თვიური მონაცემების აპროქსიმაციის წრფიდან გადახრების კვადრატების ჯამი- დისპერსია $SS=988316.4 [149999]$ (მგვტ.სთ/წ)².

შესაბამისად ცალკეული თვის ენერჯის მოხმარების შეფასების საშუალო კვადრატული განუსაზღვრელობა შეადგენს 314.4 [158.1] მგვტ.სთ/თვე, ხოლო წლის მოხმარების საშუალო მნიშვნელობის შეფასების საშუალო კვადრატული განუსაზღვრელობა კი - 90.75მ [55.9] მგვტ.სთ/თვე, ანუ 1.7%-ს [1.1%]. აპროქსიმაციის წრფის კუთხური კოეფიციენტი: $k=0.00035546$ [0.000356426] მგვტ.სთ/მგზ; მისი სტანდარტული განუსაზღვრელობა $SS=6.739 \cdot 10^{-5}$ [3.851 \cdot 10^{-5}]; სტიუდენტის სტატისტიკა $t=5.27$ [4.83]. თავისუფალი წევრი $e=1958,866739$ [1775.32855] მგვტ.სთ/თვე; სტანდარტული განუსაზღვრელობა 645.622 [367.55]; სტიუდენტის სტატისტიკა $t=3.034$ [4.83] და ფიშერის სტატისტიკა $F=27,824$ [85.64]. განსაზღვრული კოეფიციენტებისთვის სარწმუნო ალბათობები >95%-ზე.

წრფე აგებული უმცირესი კვადრატების მეთოდით. გრაფიკზე (ნახ. 1) გამოსახავს ენერჯის მოხმარების ძირითად ტენდენციას. ტრენდის ხაზის მიმართ “წერტილებს” გაზნევა (დისპერსია $SS=988316$ მგვტ.სთ/თვე [149999]) მიუთითებს ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა: კომპანიის მართვის ხარისხი, დანადგარების ტექნიკური მდგომარეობა, მომსახურების ხარისხი, ტექნოლოგიური პროცესების არასტაბილურობა და სხვ. რეგრესიის განტოლებას ცხრ. 2-ის შესაბამისად, აქვს სახე:

$$E_1=0.00035546 \cdot M_1+1958.866739, \text{ მგვტ.სთ/თვე} \quad (1)$$

(1) ფორმულით გამოითვლება მოსალოდნელი ენერჯომოხმარება საბაზისო წელს, სადაც E_1 - ენერჯის ყოველთვიური მოხმარება, მგვტ.სთ/თვე; M_1 - იგივე პერიოდში გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობა. რეგრესიის განტოლების კოეფიციენტებია: კუთხური კოეფიციენტი 0.00035642 მგვტ.სთ/თვე/მგზ და თავისუფალი წევრი - 1775.328 მგვტ.სთ/თვე. ოპტიმალური რეჟიმით მუშაობის პირობებში რეგრესიის განტოლების შერჩევის სიზუსტე მაღალია ($r=0.97$) და აღნიშნულ შემთხვევაში რეგრესიის განტოლებას აქვს სახე:

$$E_2=0.000356426 \cdot M'_1+1775.32855, \text{ მგვტ.სთ/თვე} \quad (2)$$

ფორმულით (1) გამოითვლილი საბაზისო წელს მოსალოდნელი მოხმარება თვეების მიხედვით (აპროქსიმაციის წრფის მონაცემები) ჯამში შეადგენს 63967.6 მგვტ.სთ/წ (იგივე, რაც ფაქტობრივი მოხმარების ჯამური მნიშვნელობა).

ოპტიმალური რეჟიმით მუშაობის შემთხვევაში მოსალოდნელი ჯამური მოხმარება გამოითვლილი ფორმულით (2) გვამღევს მნიშვნელობას 61875.1 მგვტ.სთ/წ. შესაბამისად ენერჯის წლიური დანაზოგი ტოლი იქნება $61875.1-63967.6 = -2092.5$ მგვტ.სთ/წ, რაც ჯამური მოხმარების დაახლოებით 3%-ა. თვეების მიხედვით სამიზნე

დანაზოგების ნაზრდი ჯამიც იგივეა -2092.5 მგვტ.სთ/წ. შესაბამისად სამიზნე დანაზოგად შეიძლება მივიღოთ -2092.5 მგვტ.სთ/წ.

მონიტორინგის წელს ენერჯის სამიზნე დაზოგვის მნიშვნელობად -2092.5 მგვტ.სთ/წ მიღება გვაძლევს ცხრ. 3-ში მოყვანილ გაანგარიშებების მონაცემებს.

ცხრ. 4-ში მოცემულია მონიტორინგის წლის ენერჯის მოხმარების ფაქტობრივი და ოპტიმალური რეჟიმებით მუშაობებს შორის ენერჯის მოხმარების შესაძლო დანაზოგის მაჯამებელი მონაცემები.

ენერჯომოხმარების მონიტორინგის შედეგები

ცხრილი 4

თვე	მონიტორინგის წელი					სამიზნე მოხმარება		
	გადაყვანილი მგზავრი	ფაქტობრივი მოხმარება, მგვტ.სთ/თვე	მოსალოდნელი მოხმარება, E1 მგვტ.სთ/თვე	სხვაობა (ფაქტ-მოსალოდნელი) მგვტ.სთ/თვე	სხვაობის ნაზრდი ჯამი, მგვტ.სთ/თვე	მოხმარების სამიზნე შემცირება	ენერჯის დაზოგვა, მგვტ.სთ/თვე	დაზოგვის ნაზრდი ჯამი, მგვტ.სთ/თვე
						-3%	სხვაობა	ნაზრდი ჯ.
1	9648409	5700.2	5388.5	-311.7	-311.7	5223.17	-165.32	-165.32
2	9421612	5681.7	5307.9	-373.8	-685.5	5145.03	-162.85	-328.16
3	11092912	6008.7	5902.0	-106.7	-792.3	5720.88	-181.07	-509.24
4	10294992	5781.8	5618.3	-163.5	-955.8	5445.95	-172.37	-681.61
5	11568562	5769.5	6071.0	301.5	-654.2	5884.77	-186.26	-867.87
6	9429023	5355.6	5310.5	-45.09	-699.3	5147.58	-162.93	-1030.79
7	9072702	5551.2	5183.8	-367.3	-1066.7	5024.81	-159.04	-1189.83
8	7792065	5131.6	4728.6	-403.0	-1469.6	4583.56	-145.07	-1334.91
9	10274432	5387.9	5611.0	223.1	-1246.5	5438.87	-172.15	-1507.05
10	12728132	66.76.8	6483.2	-193.6	-1440.1	6284.30	-198.90	-1705.96
11	11920222	6404.8	6196.0	-208.8	-1648.9	6005.93	-190.09	-1896.05
12	12463734	6662.9	6389.2	-273.7	-1922.6	6193.20	-196.02	-2092.07
ჯამი	125706797	70112.7	68190.1	-1923	-1923	66098.1	-2092.1	-2092.1
	A	B	C	D	E	F	G	H

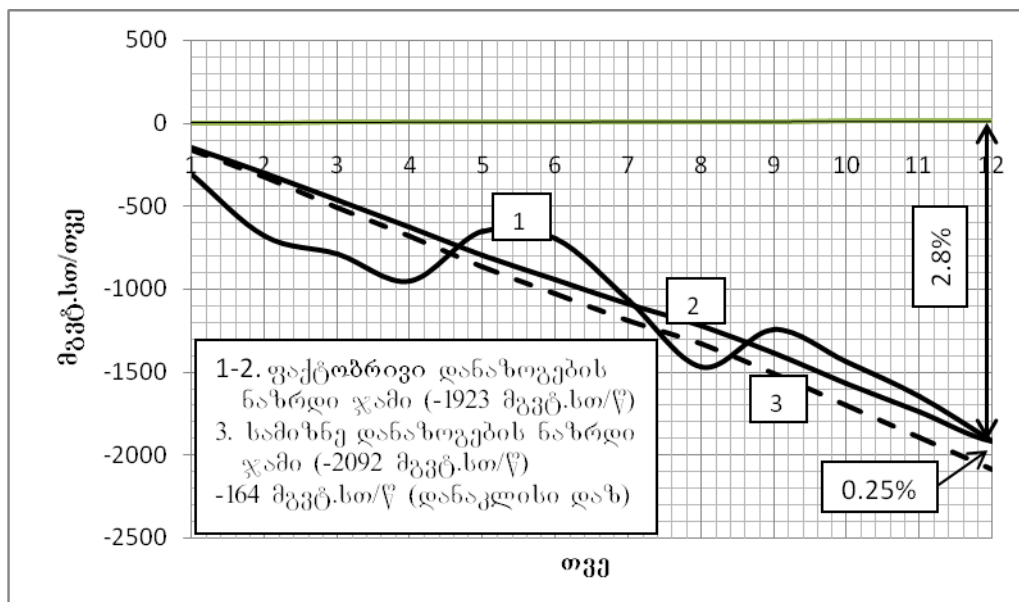
კომპანიის საბაზისო წლის ჯამური ფაქტობრივი ენერჯომოხმარება შეადგენს 63967.6 მგვტ.სთ/წ. (ცხრ. 1). იგივე, მოსალოდნელი მოხმარება - 63967.6 მგვტ.სთ/წ (გაანგარიშებული რეგრესიის E1 განტოლებით). მონიტორინგის წელს გადაყვანილი მგზავრების და მოხმარებული ენერჯის ნედლი მონაცემები თვეების მიხედვით მოცემულია შესაბამისად A და B სვეტებში, ხოლო მოსალოდნელი მოხმარება გაანგარიშებული საბაზისო მოდელის ფორმულით $E_1 = 0.00035546 * M_1 + 1958.866739$, 68190.1 მგვტ.სთ/წ (სვეტი C). შესაბამისად მონიტორინგის წელს ენერჯის მოხმარების შემცირება (დაზოგვა) ტოლია $68190.1 - 70112.7 = -1923$ მგვტ.სთ/წ (სვეტი D). ანუ მონიტორინგის წელს ფაქტობრივი კუმულაციური დანაზოგი ტოლია -1923 მგვტ.სთ/წ.

რაც მონიტორინგის წელს ფაქტიური მოხმარების 2.82%-ს შეადგენს.

სამიზნე დანაზოგად მიღებული გვექონდა 3% დაზოგვა (სვეტები F,G,H), ანუ მიზანი შეუსრულებელი დარჩა 0.25%-ით. ე.ი. -169.5 მგვტ.სთ/წ. კუმულაციური სხვაობა - რაც დააკლდა სამიზნე მნიშვნელობას.

ნახ. 3-ზე მოცემულია მონიტორინგის წელს ენერჯის ფაქტობრივი და მოსალოდნელი მოხმარებებს შორის სხვაობების ნაზრდი ჯამებისა და სამიზნე სხვაობების ნაზრდი ჯამების ცვლილებები თვეების მიხედვით.

აღსანიშნავია, როდესაც კეთდება პროგნოზი, იგი დამყარებული უნდა იყოს მიმდინარე პირობებზე, ანუ იმ დაშვებებზე, რომ დღევანდელი არსებული ტენდენციები გაგრძელდება მომავალშიც. ეს დაშვება შეიძლება გამართლდეს ან არ გამართლდეს.



ნახ. 3. ფაქტობრივი და სამიზნე დანაზოგების ნაზრდი ჯამები

ენერჯის ძირითადი მომხმარებლის - წვეის აგრეგატების საშუალებით ხორციელდება მატარებლების გადაყვანა ერთი სადგურიდან მეორეში მინიმალური დანახარჯების მოთხოვნით. შესაბამისად ყველა უბანზე დადგენილია გადაადგილების ოპტიმალური სიჩქარე, რომელიც უნდა დაიცვას მემანქანემ.

გარდა ამისა, ჩართული წვეის აგრეგატების რაოდენობა უნდა შეესაბამებოდეს წვეის წრედების მოთხოვნილ სიმძლავრეს. პიკის საათებში მაღალია მოთხოვნილი სიმძლავრე, ხოლო დამის საათებში კი - მცირე.

მონიტორინგის წელს კომპანიაში არ განხორციელებულა მნიშვნელოვანი ენერგოეფექტური პროექტი, ამიტომ მონიტორინგის წელს ძირითადად მატარებლის მემანქანის კვალიფიკაციის ამაღლებამ, ასევე სხვა მოწყობილობა - დანადგარების

საექსპლუატაციო პირობების გაუმჯობესებამ განაპირობა ენერჯის მოხმარების ფაქტობრივი დაზოგვა. შესაბამისად მონიტორინგის წელს ნაწილობრივ სრულყოფილია ენერჯის მოხმარების საბაზისო წლის ტენდენციები.

ლიტერატურა

1. Максимова Т.Г., Попова И.Н. Модель парной линейной регрессии. 2018.
2. მიქიაშვილი თ. ენერგოაუდიტი. სტუ. 2010.
3. Богомолов Н.В. Корреляционный и регрессионный анализ. 2016.
4. არაბიძე გ, გუდიაშვილი გ., კილურაძე ო., ლომიძე ი., ჯიმკარიანი თ. ენერგოაუდიტი სამრეწველო სექტორში. 2011.
5. Карлберг К. Регрессионный анализ в MicrosoftExcel. Изд.-во “Вильямс”. 2017.

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF METRO'S ENERGY CONSUMPTION.

G. Khurtsilava, O. Kighuradze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 48-56. geo. sum geo. engl. rus.

Focused energy audit aimed at identifying correlation between number of the transported passengers and consumed electric power was conducted at Georgian Transportation Company (Metropolitan). Based on the analysis of the base year data, using regression statistics, a model of the electric power consumption used for analyzing respective data of the monitoring year, was elaborated.

The value of the maximum energy saving (target saving) equals to 2091 MWh/y. Actual saving for the monitoring year was – 1923 MWh/y. No major energy efficient activity was conducted at the facility during the monitoring year and the saving was basically achieved by improving the performance of the energy consumer – equipment.

Ill. 3, tabl. 4, bibl. 5.

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА.

Г. Хурцилава, О. Кигурадзе.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 48-56. груз. реф. груз. англ. рус.

Грузинская транспортная компания (Метрополитен) провела целенаправленный энергоаудит, целью которого являлось установление зависимости между количеством перевезенных пассажиров и потребленной электроэнергией. По данным базового года была разработана модель потребления электроэнергии с использованием регрессионной статистики, которая и использовалась для анализа данных мониторингового года.

Величина максимальной экономии энергии (целевая экономия) равна -2092 МВт.ч/год. За год мониторинга было сэкономлено -1923 МВт.ч/год. В течение года мониторинга на объекте не проводилось никаких существенных мероприятий по повышению энергоэффективности, следовательно экономия, в основном, получается за счет повышения качества работы потребителей энергии.

Илл. 3, табл. 4, лит. 5 назв.

**შუალედურსაყრდენიანი ქანქარასებრი კიდული ბაგირგზების
ელექტროამრავის მაღალი დინამიკური მახასიათებლების
მქონე მოძრაობის ტაქოგრაფის დამუშავება**

დოქტორანტი რევაზ გურბენაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. შუალედურსაყრდენიანი ქანქარასებრი კიდული ბაგირგზების მოძრაგ-მექანიკური ნაწილის საანგარიშო მოდელის მასათა, დრეკადი კავშირებისა და ფრიქციული გადაცემის ბლანტი ხახუნის მიერ ელექტრომექანიკურ ნაწილში წარმოქმნილი დინამიკური პროცესების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასების საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ ელექტროამრავის დინამიკური თვალსაზრისით ოპტიმალური მოძრაობა შესაძლებელია მხოლოდ კაბინის გადაადგილების სიჩქარის, აჩქარების, ბიძგისა და ბიძგის პირველი რიგის წარმოებულის შეზღუდვის საფუძველზე შედგენილი ტაქოგრაფის რეალიზების შედეგად. მოკლედშერთულ როტორიანი სიბშირულ-რეგულირებადი ასინქრონული ელექტროამრავის სტატიკური და დინამიკური მახასიათებლებისა და შუალედურსაყრდენიანი ქანქარასებრი კიდული ბაგირგზების მოძრაგ-მექანიკური ნაწილის სრულყოფილი საანგარიშო მოდელის საფუძველზე, დამუშავებულია ელექტროამრავის მოძრაობის ოპტიმალური ტაქოგრაფა.

საკვანძო სიტყვები: *ქანქარასებრი, ბაგირგზები, შუალედურსაყრდენიანი, ელექტროამრავი, ტაქოგრაფა, ოპტიმიზაცია, ბლანტი ხახუნი.*

შესავალი

თანამედროვე ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს შორის ერთ-ერთ უმთავრესს, ელექტროენერჯის ეფექტური მოხმარება წარმოადგენს [1]. ეს მოთხოვნები განსაკუთრებით მწვავედ დგას საშუალო და დიდი სიმძლავრის მექანიზმების ავტომატიზებული ელექტროამრავების მიმართ, რომელთაც მათ ელექტრომექანიკურ ნაწილში მიმდინარე დინამიკური პროცესების გამო, დაბალი ენერგოეფექტურობა გააჩნიათ. ამ მექანიზმებს შორისაა ამავე სატრანსპორტო მექანიზმები (ასმ). აღსანიშნავია, რომ ასმ-ს შორის შუალედურსაყრდენიან ქანქარასებრ კიდულ ბაგირგზებს (ქკზ) მნიშვნელოვანი ადგილი უკავიათ, რადგან ისინი კინემატიკური სქემის განსაკუთრებულობით გამოირჩევიან და დაბალი და ენერგეტიკული მაჩვენებლებით ხასიათდებიან [2].

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შუალედურსაყრდენიანი ქკზ-ის ელექტრო-ამრავის ენერგოეფექტურობის ამაღლების ძირითად ამოცანას, მოძრაგმექანიკურ ნაწილში, მიმდინარე დინამიკური პროცესების შესწავლა და მოძრაობის ოპტიმალური ტაქოგრაფის დამუშავება წარმოადგენს.

ელექტროამძრავის ოპტიმალური ტაქოგრამის დამუშავება

შუალედურსაყრდენიანი ქკბ-ის ელექტროამძრავის კინემატიკური სქემა საკმაოდ რთულია. იგი მოიცავს მზიდ ბაგირზე გადაადგილებად მოძრავ ურიკაზე მოქნილად დაკიდებულ კაბინებს. ურიკები მოძრაობაში მოჰყავს ელექტროამძრავთან რედუქტორის საშუალებით დაკავშირებულ წამყვან ბორბალზე შემოვლებულ დიდი სიგრძის წრიულ წევის ბაგირს [3]. შესაბამისად შუალედურსაყრდენიანი ქკბ-ის ელექტროამძრავის მოძრავ-მექანიკური ნაწილის საანგარიშო მოდელი საკმაოდ რთულია და იგი მრავალმასიან ურთიერთ დიდი დრეკადობით დაკავშირებულ სისტემას წარმოადგენს [4]. ამასთან ერთად, როგორც საანგარიშო მოდელის პარამეტრები, ასევე სტრუქტურა ვაგონების გადაადგილების ფუნქციაში იცვლება და მუშაობის ერთი ციკლის განმავლობაში რამოდენიმეჯერ სამმასიანი, ორმასიანი და შეცვლილი მასათა მიმდევრობის სამმასიანი სახით წარმოდგება [3]. საანგარიშო მოდელის სტრუქტურის ცვლილებას განაპირობებს ვაგონების შუალედურ საყრდენზე გადასვლა და ცვლილებათა რაოდენობა დამოკიდებულია საყრდენების რაოდენობაზე. მნიშვნელოვანია, რომ შუალედურსაყრდენიანი ქკბ-ის ელექტროამძრავს კაბინები მოძრაობაში მოჰყავს წამყვან ბორბალსა და წევის ბაგირს შორის არსებული ფრიქციული გადაცემის საშუალებით. აღსანიშნავია, რომ ბორბალი გარშემოკრულია მკვრივი რეზინით [5].

მიღებულია, რომ ელექტროამძრავის კინემატიკურ სქემებში არსებული ფრიქციული გადაცემის დროს ბლაზნტი ხახუნის მოძრავმექანიკურ ნაწილში ავტო რხევების კერას წარმოადგენს [6]. შესაბამისად ქკბ-ის გაშვება დამუხრუჭებისა და კაბინის შუალედურ საყრდენზე გადასვლის დროს, მოძრავმექანიკური ნაწილის საანგარიშო მოდელის სტრუქტურისა და პარამეტრების ცვლილების შედეგად, ელექტრომექანიკურ სისტემაში წარმოქმნილი აღმაშფოთებელი ფაქტორებისა და ლილვსა და ბაგირს შორის არსებული ბლაზნტი ხახუნის ზეგავლენით, ელექტროამძრავის ელექტრომექანიკურ ნაწილში წარმოიქმნება ჩაუქრობადი ელექტრომექანიკური დინამიკური პროცესები. ამიტომ ქკბ-ის ელექტროამძრავის ელექტროდინამიკური თვისებების გაუმჯობესების ამოცანის გადაწყვეტისას აუცილებელია, რომ მართვა განხორციელდეს მოძრაობის დინამიკური თვალსაზრისით ოპტიმალური ტაქოგრამის საშუალებით, რომელიც დაეფუძნება ელექტროამძრავის მოძრავმექანიკური ნაწილის სრულყოფილ საანგარიშო მოდელს [7].

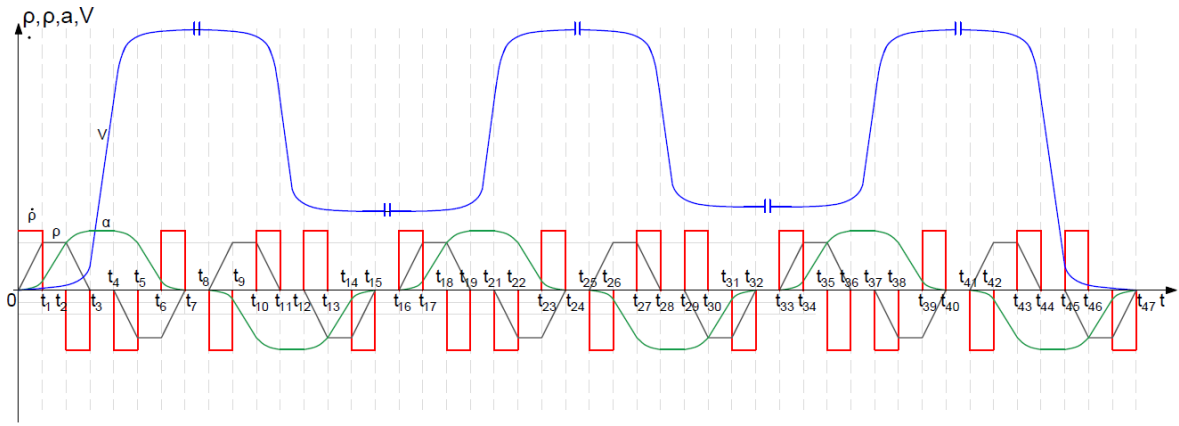
მოკლედშერთულ როტორიანი სიხშირულ-რეგულირებადი ასინქრონულ ელექტრო-ამძრავებს (სრაე), სხვა ელექტროამძრავების სისტემებთან განსხვავებით, მცირე ინერციის მომენტი გააჩნიათ და რეგულირების ნებისმიერ ზონაში მაღალი დინამიკური

მაჩვენებლებით გამოირჩევიან [7]. აქედან გამომდინარე, შუალედურ საყრდენიანი კვბისათვის უპირატესობა აღნიშნული ამბრავის სისტემას ენიჭება.

შუალედურსაყრდენიანი კვბ-ის მოძრავ-მექანიკური ნაწილის საანგარიშო მოდელის მასათა, დრეკადი კავშირებისა და წამყვან ბორბალსა და წვევის ბაგირს შორის ფრიქციული გადაცემის ბლანტი ხახუნის მიერ ელექტრომექანიკურ ნაწილში წარმოქმნილი დინამიკური პროცესების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასების საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ ელექტროამბრავის დინამიკური თვალსაზრისით, ოპტიმალური მოძრაობა შესაძლებელია მხოლოდ კაბინის გადაადგილების სიჩქარის, აჩქარების, ბიძგისა და ბიძგის პირველი რიგის წარმოებულის შეზღუდვის საფუძველზე შედგენილი ტაქოგრამის უზრუნველყოფის შედეგად. ამავდროულად, ტაქოგრამის ფორმა და პარამეტრების ანგარიშისას გათვალისწინებული უნდა იყოს საბაგირო გზის პროფილის მიხედვით შედგენილი გადაადგილების ტრაექტორია.

ავტორის მიერ დამუშავებული მოძრავ-მექანიკური ნაწილის სრულყოფილი საანგარიშო მოდელის საფუძველზე, შემოთავაზებულია შუალედურსაყრდენიანი კვბ-ის პოზიციური ელექტროამბრავის მოძრაობის ოპტიმალური ტაქოგრამა. ქვემოთ მოცემულია შემოთავაზებული შუალედურსაყრდენიანი კვბ-ის მოძრაობის ტაქოგრამა (ნახაზი) და შესაბამისი მათემატიკური აღწერილობა. ტაქოგრამის მათემატიკური აღწერილობა, პარამეტრების ანგარიშისა და ანალიზის გამარტივების მიზნით, შედგენილია კაბინის გადაადგილების ტრაექტორიის ცალკეული უბნებისათვის. შესაბამისად იგი დაყოფილია 6 სახასიათო უბნად:

1. ელექტროამბრავის გაქანება (დაძვრა) უძრავი მდგომარეობიდან მოძრაობის მაქსიმალურ სიჩქარემდე (უბანი 1).
2. სიჩქარის შემცირება პირველი კაბინის შუალედურ საყრდენზე გადასვლამდე (უბანი 2).
3. პირველი კაბინის შუალედური საყრდენის გავლის შემდეგ სიჩქარის გაზრდა მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე (უბანი 3).
4. მეორე კაბინის სიჩქარის შემცირება შუალედურ საყრდენზე გადასვლამდე (უბანი 4).
5. მეორე კაბინის შუალედური საყრდენის გავლის შემდეგ სიჩქარის გაზრდა მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე (უბანი 5).
6. საბოლოო გაჩერება (უბანი 6).



ნახაზი. შუალედურსაყრდენიანი ქანქარისებრი კიდული ბაგირგზის მოძრაობის ოპტიმალური ტაქოგრამა

ტაქოგრამის მათემატიკურ აღწერილობას აქვს შემდეგი სახე:

უბანი 1

ბიძგის I რიგის წარმოებული:

$$\dot{\rho} = \begin{cases} \rho_m, & \text{როცა } 0 \leq t \leq t_1; \\ 0, & \text{როცა } t_1 \leq t \leq t_2; \\ -\rho_m, & \text{როცა } t_2 \leq t \leq t_3; \\ 0, & \text{როცა } t_3 \leq t \leq t_4; \\ -\rho_m, & \text{როცა } t_4 \leq t \leq t_5; \\ 0, & \text{როცა } t_5 \leq t \leq t_6. \end{cases}$$

სადაც ρ_m - კაბინის გადაადგილების მაქსიმალური ბიძგის პირველი რიგის წარმოებული.

ბიძგი:

$$\rho = \begin{cases} \rho = \rho_m t, & \text{როცა } 0 \leq t \leq t_1; \\ \rho_m, & \text{როცა } t_1 \leq t \leq t_2; \\ \rho_m - \rho_m(t - t_2), & \text{როცა } t_2 \leq t \leq t_3; \\ 0, & \text{როცა } t_3 \leq t \leq t_4; \\ -\rho_m - \rho_m(t - t_4), & \text{როცა } t_4 \leq t \leq t_5; \\ -\rho = \rho_m t, & \text{როცა } t_5 \leq t \leq t_6; \\ -\rho_m + \rho_m(t - t_6), & \text{როცა } t_6 \leq t \leq t_7. \end{cases}$$

სადაც ρ_m - კაბინის მოძრაობის მაქსიმალური ბიძგი.

აჩქარება:

$$a = \begin{cases} \frac{\rho_m \cdot t^2}{2}, & \text{როცა } 0 \leq t \leq t_1; \\ a_{t1} + \rho_m(t - t_1), & \text{როცა } t_1 \leq t \leq t_2; \\ a_{t2} + \rho_m(t - t_2) - \frac{\rho_m(t - t_2)^2}{2}, & \text{როცა } t_2 \leq t \leq t_3; \\ a_m = a_{t3} = a_{t2} + \rho_m(t - t_2) - \frac{\rho_m(t - t_2)^2}{2}, & \text{როცა } t_3 \leq t \leq t_4; \\ a_m - \frac{\rho_m(t - t_4)^2}{2}, & \text{როცა } t_4 \leq t \leq t_5; \\ a_{t5} + \rho_m(t - t_5), & \text{როცა } t_5 \leq t \leq t_6; \\ a_6 - \frac{\rho_m(t - t_6)^2}{2}, & \text{როცა } t_6 \leq t \leq t_7. \end{cases}$$

სადაც a_m - კაბინის გადაადგილების მაქსიმალური აჩქარება; $a_{t1}, a_{t2}, a_{t3}, a_{t4}, a_{t5}, a_{t6}$

კაბინის გადაადგილების აჩქარება $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ დროისთვის.

გადაადგილების სიჩქარე:

$$V = \begin{cases} \frac{\rho_m \cdot t}{2}, & \text{როცა } 0 \leq t \leq t_1; \\ V_{t1} + a_m(t - t_1), & \text{როცა } t_1 \leq t \leq t_2; \\ V_{t2} + a_m(t - t_2) - \frac{\rho_m(t - t_2)^2}{2}, & \text{როცა } t_2 \leq t \leq t_3; \\ V_{t3} + a_m(t - t_3), & \text{როცა } t_3 \leq t \leq t_4; \\ V_{t4} + a_m(t - t_4) - \frac{\rho_m(t - t_4)^2}{2}, & \text{როცა } t_4 \leq t \leq t_5; \\ V_{t5} = V_m = V_{t4} + a_m(t_5 - t_4) - \frac{\rho_m(t_5 - t_4)^2}{2}, & \text{როცა } t_5 \leq t \leq t_6. \end{cases}$$

სადაც $V_{t1}, V_{t2}, V_{t3}, V_{t4}, V_{t5}$ - კაბინის გადაადგილების სიჩქარეები t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 დროისთვის.

ტაქოგრამის სხვა უბნები ჩაიწერება ანალოგიურად და მოცულობის შემცირების მიზნით ნაშრომში წარმოდგენილი არაა.

დასკვნები

1. შუალედურსაყრდენიანი ქკბ-ის მოძრავ-მექანიკური ნაწილის საანგარიშო მოდელის მასათა, დრეკადი კავშირებისა და წამყვან ბორბალსა და წევის ბაგირს შორის ფრიქციული გადაცემის ბლანტი ხახუნის მიერ ელექტრომექანიკურ ნაწილში წარმოქმნილი დინამიკური პროცესების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შეფასების საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ ელექტროამძრავის დინამიკური თვალსაზრისით, ოპტიმალური მოძრაობა შესაძლებელია მხოლოდ კაბინის გადაადგილების სიჩქარის, აჩქარების, ბიძგისა და ბიძგის პირველი რიგის წარმოებულის შეზღუდვის საფუძველზე შედგენილი ტაქოგრამის უზრუნველყოფის შედეგად. ამავდროულად ტაქოგრამის ფორმა და პარამეტრები

ითვალისწინებს საბაგრო გზის პროფილის მიხედვით შედენილ მოძრაობის ტრაექტორიას.

2. მოკლედშერთულ როტორიანი სიხშირულ-რეგულირებადი ასინქრონული ელექტროამძრავის სტატიკური და დინამიკური მახასიათებლებისა და შუალედურ-საყრდენიანი ქკბ-ის მოძრავ-მექანიკური ნაწილის სრულყოფილი საანგარიშო მოდელის საფუძველზე, დამუშავებულია პოზიციური ელექტროამძრავის მოძრაობის ოპტიმალური ტაქოგრამა.

ლიტერატურა

1. Emadi A. Energy-efficient electric motors. Third edition, Revised and expanded. A series of reference books and textbooks. Department of electrical engineering. The Ohio State University. 2005.
2. Чунашвили Б.М., Кобаля М.И., Тутуши М.А. Оптимизация систем управления позиционных электроприводов маятниковых подвесных канатных дорог/ Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Электротехника, электроника и электропривод. Вып. 45. Харьков. 2009.
3. <https://studfile.net/preview/3569829/page:33/>
4. ჭუნაშვილი მ.ბ., ტულუში მ.ა. ქანქარასებრი კიდული ბაგირგზების მაღალდინამიკურმაჩვენებლიანი ელექტროამძრავი/ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი "ენერგია". #4 (16). თბილისი. 2000.
5. Чунашвили Б.М., Кобаля М.И., Петросян А.М., Церетели К.О. Результаты исследований динамических процессов системы управления асинхронного частотного электропривода маятниковых подвесных канатных дорог с промежуточными опорами/ Электротехнические и электросберегающие системы. Тематический выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика», №3/2012(19). Кременчук. 2012.
6. Клепиков В. Б. Динамика электромеханических систем с нелинейным трением: монография / В. Б. Клепиков. Х. : Изд-во «Підручник НТУ "ХПИ"».
7. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. М.:Энергия. 1980.

DEVELOPMENT OF TACHOGRAM OF HIGH DYNAMIC VALUE MOTION OF ELECTRIC MOTOR OF INTERMEDIATE-SUPPORT PENDULUM-TYPE HANGING CABLEWAYS.

R. Gurgenadze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 57-63. rus. sum geo. engl. rus.

It is justified based on qualitative and quantitative estimation of the dynamic processes formed within the electromechanical part by viscous friction of calculation model masses, flexible connections and frictional transmission of moving and mechanical part of intermediate-support pendulum-type hanging cableways, that an optimal motion in terms of electric engine dynamics is possible as a result of realization of the tachogram elaborated based on restriction of the cab movement speed, acceleration, pull and first-line pull derivative. Based on static and dynamic characteristics of short-circuit rotary frequency-adjustable asynchronous electric motor and complete computational model of moving-mechanical part of the intermediate-support pendulum-type hanging cableways, optimal tachogram of the electric motor motion is developed.

Ill. 1, bibl. 7.

РАЗРАБОТКА ТАХОГРАММЫ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ВЫСОКИМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ МАЯТНИКОВЫХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ ДОРОГ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ОПОРАМИ.

Р.Гургенадзе.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 57-63. груз. реф. груз. англ. рус.

Основываясь на качественной и количественной оценке динамических процессов в электромеханической части маятниковых подвесных канатных дорог с промежуточными опорами, возникших как результат воздействия масс, упругих связей и вязкого трения расчетной модели их подвижно-механической части, установлено, что оптимальное (с точки зрения динамики) движение электропривода возможно только в результате реализации тахограммы передвижения кабины, составленной на основе ограничения скорости, ускорения, толчка и его производной первого порядка. На основании статических и динамических характеристик частотно-регулируемого короткозамкнутого асинхронного электропривода и полноценной модели подвижной механической части маятниковых подвесных канатных дорог с промежуточными опорами, разработана оптимальная тахограмма движения электропривода.

Илл. 1, лит. 7 назв.

ოპტიკური ჰოლოგრაფიის გამოყენება ბეტონის რღვევის მმქანიკაში

დოქტორანტი *ვიორგი თურმანიძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია ექსპერიმენტული კვლევა, რღვევის მექანიკის პარამეტრებიდან მნიშვნელოვანია K ძაბვის ინტენსიურობის კოეფიციენტი, რომელმაც საინჟინრო პრაქტიკაში ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი დაიკავა დრეკადობის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტთან ერთად. იგი ითვლება მასალის მუდმივ სიდიდედ და ბზარმდეგობის ძირითად მახასიათებლად. K ერთადერთი პარამეტრია, რომლის მეშვეობითაც გამოითვლება დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა ბზარის არეში. ერთი შეხედვით, ცემენტის ქვისათვის, რომელიც გაცილებით ერთგვაროვანი მასალაა, ეს სიდიდე უნივერსალური მახასიათებელი უნდა იყოს. ამ ეტაპზე ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის მიზანია დავადგინოთ, რამდენად გამოსადეგია K_{ic} (გამოსახავს ბზარების ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით დაშორებას) კრიტერიუმი ცემენტის ქვისათვის. აღნიშნული ექსპერიმენტის საშუალებით, რომლის საშუალებითაც დგინდება ბზარმდეგობის ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებლის - K_{ic} მნიშვნელობები წ/ც 0,3 და 0,4 ფარდობისას. აღწერილია აღნიშნული ექსპერიმენტის მიმდინარეობა, სიზუსტე და მნიშვნელობა საშენებლო საქმიანობაში.

საკვანძო სიტყვები: *ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრია, He-Ne ლაზერი, ინტენსიურობის კოეფიციენტი, რღვევის მექანიკა, დეფორმაცია; ძაბვა.*

შესავალი

როდესაც კონსტრუქციას რაიმე დეფექტი უჩნდება, მისი შრომისუნარიანობა ქვეითდება. კონსტრუქციაში დეფექტის აღმოჩენისას ცდილობენ რაიმე ხერხით მის აღმოფხვრას ან (უკანასკნელ შემთხვევაში) მთლიანად ცვლიან კონსტრუქციას. დეფექტოსკოპიის განვითარებამ აჩვენა, რომ ექსპლუატაციაში მყოფი კონსტრუქციების ელემენტების უმრავლესობა შეიცავს მიკროსკოპულ ბზარებს. ეკონომიური თვალსაზრისით კი ხშირად არახელსაყრელია ასეთი კონსტრუქციის ახლით შეცვლა. რღვევის მექანიკის მეთოდებისა და ხერხების გამოყენება გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ დროის რა პერიოდშია შესაძლებელი დეფექტიანი, ბზარიანი კონსტრუქციის შემდგომი ექსპლუატაცია [1-3].

რღვევის მექანიკა მასალათა გამძლეობისაგან განსხვავებით ბზარების შემცველი ელემენტების სიმტკიცის პირობებს შეისწავლის.

სხეულის მთლიანი, ან ნაწილობრივი რღვევის გარდა, განასხვავებენ მყიფე, კვაზიმყიფე და ბლანტ (პლასტიკურ) რღვევებს.

როდესაც კონსტრუქციას რაიმე დეფექტი უჩნდება, მისი შრომისუნარიანობა ქვეითდება. კონსტრუქციაში დეფექტის აღმოჩენისას ცდილობენ რაიმე ხერხით მის აღმოფხვრას ან (უკანასკნელ შემთხვევაში) მთლიანად ცვლიან კონსტრუქციას.

დეფექტოსკოპიის განვითარებამ აჩვენა, რომ ექსპლუატაციაში მყოფი კონსტრუქციების ელემენტების უმრავლესობა შეიცავს მიკროსკოპულ ბზარებს. ეკონომიური თვალსაზრისით კი ხშირად არახელსაყრელია ასეთი კონსტრუქციის ახლით შეცვლა. რღვევის მექანიკის მეთოდებისა და ხერხების გამოყენება გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ დროის რა პერიოდშია შესაძლებელი დეფექტიანი, ბზარიანი კონსტრუქციის შემდგომი ექსპლუატაცია.

კომპოზიციური მასალების მიმართ რღვევის მექანიკის წარმატებული გამოყენებისათვის აუცილებელია ჩატარდეს გამოკვლევები ორი ძირითადი მიმართულებით. პირველი - აუცილებელია რღვევის პროცესის დეტალური შესწავლა, ბზარის განვითარების არსებულ-გამარტივებული მოდელები არასაკმარისად ზუსტად აღწერენ ამ პროცესს; მეორე - არსებითად მნიშვნელოვანია ექსპერიმენტული მეთოდების შერჩევის საკითხი.

ყველა ურღვევ მეთოდს გააჩნია როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი მხარეები, სუფთა მეცნიერული, პრაქტიკული და ეკონომიური თვალსაზრისით. მეთოდის გამოყენება ძირითადად დამოკიდებულია ამოცანაზე, რომელიც დგას მკვლევარის წინაშე და იმ საშუალებებზე (ინტელექტუალური, ტექნიკური, მატერიალური) რომელიც მას გააჩნია.

ჰოლოგრაფიული ინტეფერომეტრიის მეთოდით მოხდა დაკვირვება ბეტონებში ბზარის ჩასახვაზე, მის განვითარებაზე და დეფორმაციის ველზე მისი წვეროს მახლობლად. გაზომვის სიზუსტე ამ მეთოდით ხარისხით მეტია (633 ნ.მ.), ვიდრე სხვა მეთოდები, მოხდა მთლიანი პროცესის ვიზუალიზაცია. (ნანოტექნოლოგიური მეთოდი).

ერთ-ერთი პირველი მეცნიერი, რომელმაც რღვევის მექანიკაში გამოიყენა ჰოლოგრაფია და ჩაატარა შესაბამისი ექსპერიმენტები, იყო ტ. დიუდერალი [4-6].

ძირითადი ნაწილი

ბეტონი და რკინაბეტონი არაერთგვაროვანი მასალაა: შიგა არაერთგვაროვნების გარდა, რომელიც მის სტრუქტურაზეა დამოკიდებული, გამყარებისა და დატვირთვისთვისას წარმოიქმნება და ვითარდება ბზარები. ბზარის მასშტაბების შკალა შედგება: ჩასახული ბზარები 0.1 ნმ - 10 ნმ, მიკრობზარები 10² ნმ - 10² ნმმ, მაკრობზარები 1 მმ - 10² მმ, მაგისტრალური ბზარები 1 მ - 10. ბზარების პარამეტრებისას ყველაზე საიმედო და ფიზიკურად დასაბუთებულ შეფასებას იძლევა რღვევის მექანიკის მეთოდები, რადგან თვით ეს თეორია დაფუძნებულია ბზარის გავრცელების არსსა და ენერჯის ბალანსზე.

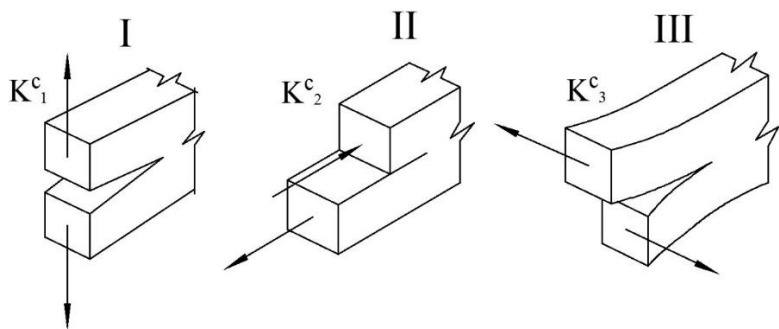
დ.ირვინმა განსაკუთრებული ყურადღება მიაქცია ბზარის წვეროს, ყველაზე მეტი ძაბვების კონცენტრაციის წარმოქმნის ადგილს (მასალის შემდგომი რღვევის საწყის წერტილს), სადაც თავს იყრის გამონთავისუფლებული ენერჯია.

დეფორმაციის და ძაბვის სიდიდე ბზარის წვერზე შეიძლება მივიღოთ სამი ძირითადი ტიპის დეფორმაცია.

პირველი ტიპი დაკავშირებულია გახლეჩასთან, როდესაც ზედაპირული ბზარები ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით შორდება ერთმანეთს.

მეორე შეესაბამება განივ ძვრას, რომლის დროსაც ზედაპირული ბზარები მისრიალებს ერთმანეთზე.

მესამე დაკავშირებულია განივ ძვრასთან, როდესაც ბზარის ერთი ზედაპირი სრიალებს მეორეზე, ბზარის ფრონტის პარალელურად.



ნახაზი.

რღვევის მექანიკის პარამეტრებიდან მნიშვნელოვანია დამაბულობის ინტენსივობის კოეფიციენტი K , რომელიც ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი დაიკავა დრეკადობის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტთან ერთად. იგი ითვლება მასალის მუდმივ სიდიდედ და ბზარმდეგობის ძირითად მახასიათებლად. K ერთადერთი პარამეტრია, რომლის მეშვეობითაც გამოითვლება დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა ბზარის არეში (ნახაზი).

მიუხედავად მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებისა, ბეტონის დეფორმირებისა და რღვევის ბუნების შესახებ ერთიანი დასრულებული თეორია არ არსებობს, რისი ძირითადი მიზეზიც ბეტონის რთული აღნაგობაა, არსებული თეორიებიდან შეიძლება გამოიყოს სამი მიმართულება: ფენომენოლოგიური, სტრუქტურული და კონტინუალური.

ფენომენოლოგიური თეორიების მიხედვით, რღვევა იწყება მაშინ, როდესაც სხეულის რაღაც წერტილში შესაბამისი პარამეტრები ან მათი კომბინაცია მიაღწევს ექსტრემალურ მნიშვნელობას. შედარებით ერთგვაროვანი სხეულებისათვის, როგორცაა ლითონები, მინა და სხვა, ეს თეორიები დამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა, მაგრამ ბეტონებისათვის სხვადასხვა მკვლევარის მიერ მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები ხშირად ურთიერთსაპირისპიროა.

სტრუქტურულ თეორიებში წინა პლანზე გამოდის ბეტონის სტრუქტურის თავისებურება. ამ თეორიების საფუძველზე ბეტონის რღვევა განიხილება როგორც

ცალკეული ბზარების ჩასახვა სტრუქტურის არაერთგვაროვნების გამო, დეფექტების დაძაბულობის გაზრდილი კონცენტრაციის მიზეზით.

კონტინუალურ თეორიებში სხეულის რღვევა წარმოდგენილია, როგორც დაზიანების დაგროვების პროცესი. ამ თეორიებში არ განიხილება მასალის რეალური სტრუქტურა და მასთან დაკავშირებული დაძაბული მდგომარეობის გამოკვლევა. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ამ თეორიების საფუძველზე ბეტონის რღვევის პროცესის განხილვა როგორც დაზიანებების დაგროვების შემთხვევითი პროცესი სათანადო სტატისტიკური აპარატის გამოყენებით საკმაოდ პერსპექტიულია.

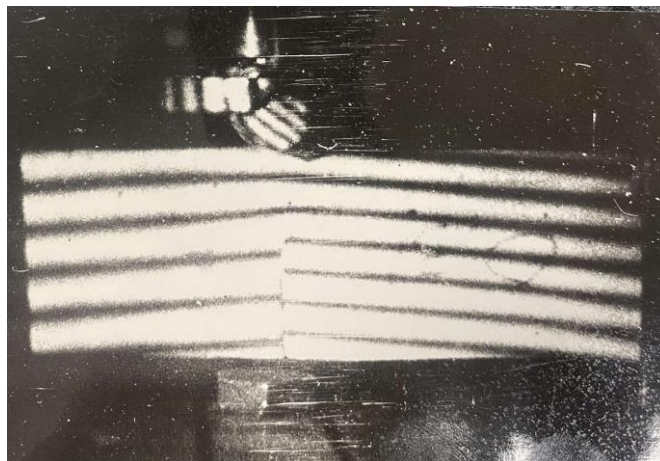
რღვევის მექანიკის პარამეტრებიდან მნიშვნელოვანია K - ძაბვის ინტენსიურობის კოეფიციენტი, რომელმაც საინჟინრო პრაქტიკაში ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი დაიკავა დრეკადობის მოდულსა და პუასონის კოეფიციენტთან ერთად. იგი ითვლება მასალის მუდმივ სიდიდედ და ბზარმედგობის ძირითად მახასიათებლად. K ერთადერთი პარამეტრია, რომლის მეშვეობითაც გამოითვლება დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა ბზარის არეში. ერთი შეხედვით, ცემენტის ქვისათვის, რომელიც გაცილებით ერთგვაროვანი მასალაა. ეს სიდიდე უნივერსალური მახასიათებელი უნდა იყოს. ამ ეტაპზე ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის მიზანია დავადგინოთ, რამდენად გამოსადეგია K_{1c} (გამოსახავს ბზარების ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით დაშორებას) კრიტერიუმი ცემენტის ქვისათვის.

აღნიშნული პარამეტრის განსაზღვრისათვის შეირჩა სამწერტილოვანი ღუნვის სქემა. რღვევის მექანიკის კრიტერიუმების დასადგენად მნიშვნელოვანია, რომ ნიმუშების გამოცდა ხდებოდეს ბრტყელ დაძაბულ მდგომარეობაში.

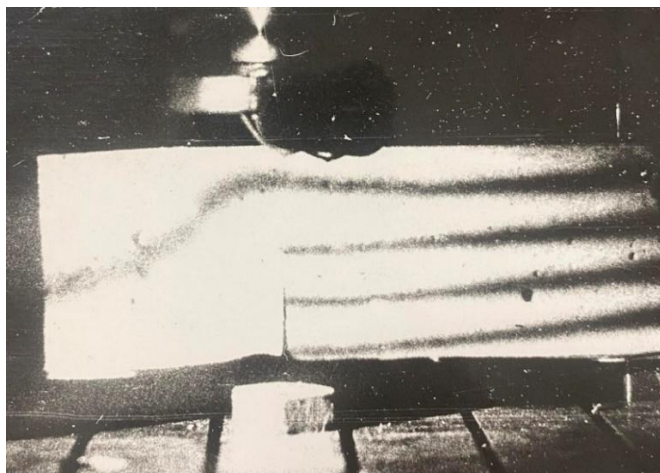
დრეკადობის პარამეტრების განსაზღვრისათვის M-400 მარკის პორტლანდ-ცემენტისაგან დამზადაა ორი სერიის პრიზმის ფორმის $160 \times 40 \times 40$ მმ ზომის ძელაკები, თითოეული სერიისათვის წყალ-ცემენტის ფარდობა შესაბამისად 0,3 და 0,4 ტოლი იყო. ნიმუშების ცენტრალურ ნაწილში გაუკეთდა $1 \times 18 \times 18$ მმ ზომის ჭდე. ნიმუშების გამყარება ხდებოდა ტენიან გარემოში 28 დღე ღამის განმავლობაში, რის შემდეგაც წარმოებდა მათი გამოცდა. დრეკადი პარამეტრები განისაზღვრა პრიზმის ფორმის ნიმუშების კუმშვაზე გამოცდით.

დაძაბულობის ინტენსიურობის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრის მეთოდი. ნიმუშები იტვირთებოდა საფეხურებრივად 24, 16,8 და 8,4 ნიუტონი სიდიდით, ნულოვანი დატვირთვიდან რღვევამდე. თითოეულ საფეხურზე ხდებოდა ჰოლოგრაფიული ინტერფეროგრამების მიღება ორსხვიანი ლეიტის სქემით. ექსპერიმენტისათვის გამოყენებულ იქნა He-Ne ლაზერი, ექსპონირების დრო მოიცავდა 1 წუთს. თითოეულ ინტერფეროგრამაზე დაფიქსირდა

როგორც ამ საფეხურის დატვირთვის შესაბამისი გადაადგილების ვექტორის ველი ნიმუშის ზედაპირზე, ასევე ბზარის სიგრძე, მისი კვაზისტატიკური ზრდის დროს. ბზარის კვაზისტატიკური ზრდის აღწერილ მექანიზმზე დაყრდნობით შესაძლებელია განვსაზღვროთ K_{Ic} მნიშვნელობა ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრის მეთოდის გამოყენებით. ცვალებად ფაქტორად მივიღეთ წყალ-ცემენტის ფარდობა. შესაბამისად გამოვცადეთ ორი სერიის ნიმუში როდესაც $\nabla/\nabla=0,3$ და $\nabla/\nabla=0,4$. მივიღეთ K_{Ic} -ს ორი მნიშვნელობა, რომლითაც დადგინდა, რომ ამ ორი სერიის ნიმუშებისათვის ფარდობითი ცდომილება საგრძნობლად განსხვავდებოდა.



ფოტო 1. ბეტონის ნიმუში ხელოვნური ბზარით. ნიმუშზე დაფიქსირდა ბზარის განვითარება, დაძაბულ-დეფორმირებული პროცესი ისევ შეიმჩნევა



ფოტო 2. ბეტონის ნიმუშის სრული რღვევა, დაძაბულ-დეფორმირებული პროცესი შემცირდა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, K_{Ic} კრიტერიუმი მიღებულია წრფივი დრეკადი რღვევის მექანიკის კრიტერიუმად. ექსპერიმენტული შედეგებიდან გამომდინარე, ცემენტის ქვა მიეკუთვნება წრფივ დრეკად მასალას, მაგრამ როგორც K_{Ic} -ს უშუალო გაზომვებმა ცხადყო,

ჩვენ მიერ არჩეული წრფივი მოდელი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული წყალ-ცემენტის ფარდობაზე. ამ ფაქტის ახსნა იმით შეიძლება, რომ წყალ-ცემენტის ფარდობის ზრდასთან ერთად, იზრდება ცემენტის ქვის სტრუქტურის არაერთგვაროვნება და შესაბამისად მასალის თვისებები განსახვავებულია წრფივი დრეკადი მასალისაგან. ცნობილია, რომ ცემენტის ქვის სტრუქტურის ერთგვაროვნება დამოკიდებულია არა მარტო ტექნოლოგიურ ფაქტორებზე, როგორცაა წყალ-ცემენტის ფარდობა, არამედ იმ გარე პირობებზე, რომელშიც ხდება მისი ფორმირება (ტემპერატურა, ტენიანობა და სხვ.) არანაკლებ მნიშვნელოვანია გამყარების სტადია, შეკვრის პროცესი, რადგან სწორედ ამ სტადიაზე ხდება ცემენტის ქვის სტრუქტურის ხარისხობრივი ფორმირება, შემდგომში იცლვება მხოლოდ მისი რაოდენობრივი მახასიათებლები.

დასკვნა

ამდენად ის მიდგომა, რომელიც მოცემულ კვლევაშია, წარმოდგენილი კერძოდ მასალების თვისებების შესწავლა მისი გამყარების საწყისი სტადიიდან და შემდგომში რღვევის მექანიკის კრიტერიუმებზე დაყრდნობით მასალის მექანიკური პარამეტრების დადგენა, სტრუქტურის გათვალისწინებით და თანამედროვე ფიზიკური მეთოდების გამოყენებით პერსპექტიულია და ვიმედოვნებთ, რომ შემდგომში კვლევა საშუალებას მოგვცემს უფრო ღრმად ჩავწვდეთ აღნიშნულ საკითხს. ცნობილია, რომ ეს პარამეტრი დამოკიდებულია იმ წერტილის მდებარეობაზე ბზარის წვეროს მიმართ, რომელშიც ვზომავთ გადაადგილებას, რადგან ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდის გამოყენებით ეს პრობლემა არ განხილულა, ლიტერატურაში არ მოიძებნა იმის მკაცრი განმარტება, თუ ბზარიდან რა მანძილზე უნდა გაიზომოს აღნიშნული გადაადგილებები. განვიხილოთ ეს საკითხი.

იმისათვის, რომ შესრულდეს ტოლობა, ბზარის წვერთან მიახლოებასთან ერთად უნდა შემცირდეს გადაადგილების ვექტორის მნიშვნელობა. მოცემულია ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის გარჩევისუნარიანობის ქვედა ზღვარი, რომელიც დაახლოებით $\frac{\lambda}{4} \approx 0.1 \cdot 10^{-6}$ მკმ რიგისაა. მაშასადამე ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის მეთოდი, გარჩევისუნარიანობის შეზღუდვის გამო, საშუალებას გვაძლევს 4მმ-ზე უფრო ახლოს მივუახლოვდეთ ბზარის წვერს. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ანათვლებს ავიღებთ 4-9 მმ ინტერვალში იმის გამო, რომ ახლო ვართ ქვედა ზღვართან, გვექნება ცდომილებები. თუ ბზარის წვერს დიდი მანძილით (რამდენიმე სანტიმეტრით) დავშორდებით, როგორც თეორიიდან არის ცნობილი, K_{1c} განსაზღვრა არ იქნება კორექტული.

აქედან გამომდინარე, მოყვანილი რიცხვითი მნიშვნელობები ხარისხობრივად სწორად ასახავს ბზარის წვერში მიმდინარე პროცესებს. რიცხვითი მონაცემების სიზუსტის გარდა, ექსპერიმენტის უნიკალურობა მდგომარეობს შესაძლებლობაში, რომ დაკვირვებას ვაწარმოებთ

ჟურნალი "ენერჯია" №1(101). 2022

შეუიარაღებელი თვალით ვიზუალურად უხილავ პროცესებზე, რომლებიც საკვლევი ნიმუშის სხეულში მიმდინარეობს.

ჩატარებული ექსპერიმენტიდან გამომდინარე, დადგინდა, რომ ინტენსიურობის კრიტიკული კოეფიციენტი (ბზარმდეგობის კოეფიციენტი) შეადგენს 0,41-ს.

ზემოთ აღნიშნული საკითხების შემდგომ შესწავლა ძალზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, ბეტონის კაშხლების მშენებლობაში, რღვევის მექანიკის პარამეტრების დადგენა, ბზარის ჩასახვის შემდგომ განვითარება სრულ რღვევამდე.

ლიტერატურა

1. Зайцев Ю.В. Моделирование деформации и прочности бетона методами механики разрушения. М.:Стройздат. 1982.
2. Зайцев Ю.В. Новое в строительной науке. Строительство и архитектура. М.:Знание. 1986.
3. Сиратори М., Мисей Т., Микусита Х. Вычислительная механика разрушения. М.:Мир. 1986.
4. Dudderar T. Regan R. Measurement of the strain field near the crack tip in PMMA by holographic interferometry// Mech. 11(2). 49-59. 1971.
5. Dudderar T. Application of holography to fracture mechanics// Exp.mech 2(5). 281-285. 1969.
6. დალაქიშვილი გ., ხაზალია კ., თურმანიძე გ., საჯაია ო. ჰოლოგრაფიული ინტერფერომეტრიის გამოყენებით ბეტონში შეკვლებისა და ბზარწარმოქმნის პროცესზე მონიტორინგი და დიაგნოსტიკა/საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის „მოამბე“. ტ.15. #14. 2021.

APPLICATION OF OPTICAL HOLOGRAPHY IN CONCRETE FRACTURE MECHANICS.

G.Turmanidze.

"Energy". №1(101). 2022. Tbilisi. p. 64-71. rus. sum geo. engl. rus.

Experimental study is being discussed, among the parameters of fracture mechanics voltage coefficient of K-factor is of great importance, which occupied one of the main places in engineering practice, along with the elastic modulus and Poisson's ratio. It is considered a constant magnitude of the material and the main characteristic of fracture toughness. K is the only parameter with the means by which the strained and deformed state in the fracture area is calculated. At first glance, for cement stone, which represents a much more homogeneous material, this magnitude should be a universal characteristic. The purpose of our study at this stage is to determine the usefulness of the K_{Ic} criterion (which displays the distance between fractures in opposite directions) for cement stone. With the help of the above-mentioned experiment, through which the values of one of the main characteristics of fracture toughness - K_{Ic} at a ratio of 0.3 c/w) and 0.4 are determined. The course, accuracy and significance of the mentioned experiment in construction activities are described.

Ill. 3, bibl. 6.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ В МЕХАНИКЕ РАЗРУШЕНИЯ БЕТОНА.

Г.Турманидзе.

"Энергия". №1(101). 2022. Тбилиси. с. 64-71. груз. реф. груз. англ. рус.

Проведено экспериментальное исследование, коэффициент интенсивности K -напряжения занимает важное место среди параметров механики разрушения и одно из основных мест в инженерной практике вместе с модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Он считается постоянным размером материала и основной характеристикой трещиностойкости. Коэффициент K является единственным параметром, по которому рассчитывается напряженно-деформированное состояние в области трещины. На первый взгляд, для цементного камня, являющегося гораздо более однородным материалом, этот размер должен быть универсальной характеристикой.

Целью исследования на данном этапе являлось определение значимости критерия K_{Ic} (отображающего расстояние между трещинами в противоположных направлениях) для цементного камня. С помощью эксперимента определялось значение одной из основных характеристик трещиностойкости - K_{Ic} при соотношении 0,3 и 0,4 в/ц. Описывается ход, точность и значение этого эксперимента в строительной деятельности.

Илл. 3, лит. 6 назв.

რედაქციაში სტატიების შემოტანის 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, AcadNusx, ინგლისური და რუსული – Times New Roman.
3. სტატია შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ქართულ, რუსულ ან ინგლისურ ენაზე. მისი მოცულობა არ უნდა იყოს 3 გვერდზე ნაკლები და 10 გვერდზე მეტი.
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 "ენერჯის" 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.