

ენერჯია

ENERGY

სერია: „ენერჯეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი
გადაწყვეტის გზები“

SERIES: “MODERN PROBLEMS OF POWER ENGINEERING
AND WAYS OF SOLVING THEM”

3(107)/2023

ნაწილი **II**
Part

ჟურნალი დაფინანსებულია შპს „მონტაჟ ჯორჯია“-ს მიერ

The magazine was funded by LTD "Montage Georgia”

თბილისი-Tbilisi

ISSN 1512-0120



ჟურნალ „ენერჯია“-ს თემატური გამოცემა „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“ დააფინანსა შპს „მონტაჟ ჯორჯია“

მთავარი რედაქტორი - მერაბ ლორთქიფანიძე

მთავარი რედაქტორის მოადგილე - შალვა გაგოშიძე

საორგანიზაციო კომიტეტის პრეზიდიუმი:

დავით გურგენიძე, ევგენი სოკოლი (უკრაინა), მიხეილ ზაგირნიაკი (უკრაინა), მიხაილო მიუსოვი (უკრაინა), მურთაზ დევაძე, ვლადიმერ კლეპიკოვი (უკრაინა), ბადურ ჭუნაშვილი, მაია ტუღუში.

საორგანიზაციო კომიტეტი:

ნუგზარ ბერიძე, თეიმურაზ გამრეკელაშვილი, ალა დრანკოვა (უკრაინა), რომან ზაიცევი (უკრაინა), ომარ ზივზივაძე, ლევან იმნაიშვილი, დავით კახიანი, გიგა მამისეიშვილი, ევტიხი მაჭავარიანი, თენგიზ მუსელიანი, მიკოლა მუხა (უკრაინა), იგორ ორლოვსკი (ქ. ბიდგოშჩი, პოლონეთი), არჩილ სამადაშვილი, მამუკა ქობალია, ვერა შამარდინა (უკრაინა), ლენა შატაკიშვილი, ემზარ ჩაჩხიანი, ალექსეი ჩერნი (უკრაინა), ენვერ ჩიჩუა, თენგიზ ჯიშკარიანი, პაატა ცინცაძე.

ჟურნალის მომზადებაში მონაწილეობა მიიღეს:

ინა თუმანიშვილი (ტექსტის რედაქტირება), ეთერი ზამბახიძემ, ბაბილინა ბურჭულაძემ (ტექსტის კომპიუტერული აწყობა)

LTD "Montage Georgia" sponsored the thematic issue of the magazine "Energy" "Modern problems of energy and ways of their solution"

The editor -in-chief – Merab Lortkipanidze

Deputy of the editor -in-chief – Shalva Gagoshidze

Presidium of the Organizing Committee:

David Gurgenidze, Evgeni Sokol (Ukraine), Mykhaylo Zagirnyak (Ukraine), Mykhaylo Miusov (Ukraine), Murtaz Devadze, Vladimir Klepikov (Ukraine), Badur Tchunashvili, Maia Tughushi.

Organizing Committee:

Nugzar Beridze, Tiumuraz Gamrekelashvili, Alla Drankova (Ukraine), Roman Zaitsev (Ukraine), Omar Zivzivadze, Levan Imnaishvili, Davd Kakhiani, Giga Mamiseishvili, Evtikhy Matchavariani, Tengiz Museliani, Mykola Mukha (Ukraine), Igor Orlovsky (Poland), Archil Samadashvili, Mamuka Kobalia, Vira Shamardina (Ukraine), Lena Shatakishvili, Emzar Chachkhiani, Oleksii Chorny (Ukraine), Enver Chichua, Tengiz Jishkariani Paata Tsintsadze.

In the preparation of the journal took part:

Ina Tumanishvili (Text editing), Eteri Zambakhidze, Babilina Burchuladze (Computer assembly of text)

სარჩევი – CONTENTS

გვ. P.

<i>M.Kvrivishvili, D.Turdzeladze, N.Lashkhauri, N.Kvrivishvili.</i> Use of load breakers in the 6-10 kV network to disconnect single-phase short-circuit currents.	5
<i>ი.ქათამაძე, შ.ფხაკაძე, ზ.პაპიძე.</i> ელექტრომობილებში გამოყენებული გარდამქმნელების მახასიათებლების გაუმჯობესების გზები.	9
<i>დ.ჯაფარიძე.</i> ზემდაღი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის გასწვრივ რეჟიმის პარამეტრთა განაწილება.	14
<i>რ.ჩიხლაძე, ქ.ჩიხლაძე, ზ.ჯანიაშვილი.</i> ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის დიაგნოსტიკა წინააღმდეგობის სიდიდით.	20
<i>ნ.ლინტიბიძე, ა.ბაბუნაშვილი. ქ.ლინტიბიძე, ც.ბაბუნაშვილი.</i> ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება პერსონალური მონაცემების ბიომეტრულ დაცვაში.	24
<i>ნ.ლინტიბიძე, მ.ჭუმბურიძე, ქ.ლინტიბიძე.</i> საფეიქრო ბოჭკოების ენერგეტიკული პოტენციალის კვლევა.	29
<i>ს.დადუნაშვილი.</i> ენერგეტიკული დანიშნულების მიკროელექტრონული მოწყობილობების აგების ზოგადი პრინციპები.	33
<i>ე.ბჟინავა, ქ.ყიფიანი.</i> ჰიდროენერგეტიკული სისტემებისათვის კავშირგაბმულობის პერსპექტიული ქსელების ეფექტურად გამოყენებისათვის.	37
<i>ლ.ჯულაყიძე, ზ.ქიხლაძე, თ.კაიშაური.</i> ახალი კრიპტოგრაფიული ალგორითმი.	41
<i>ნ.მირიანაშვილი, ნ.ყავლაშვილი, ზ.ლომსაძე, ქ.კვირიკაშვილი.</i> მზის ენერჯის გამოყენების პერსპექტივები სამცხე - ჯავახეთის რეგიონში.	45
<i>ო.ზივზივაძე, ა.გეგუჩაძე, ბ.ზივზივაძე, ა.ყუფარაძე, ნ.სულაქველიძე.</i> ცვალებადი გეომეტრიის მორეველი მიკროჰესი რეაქტიული წყალმიმღებით.	49
<i>პ.გელხვიძე.</i> ვირტუალური კათოდი მძლავრი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყარო.	54
<i>G.Teymurazyan, M.Melikidze.</i> The potential of wind energy in Georgia, its risks and benefits for business, and its role in the country's energy security.	58
<i>შ.ფხაკაძე, ზ.პაპიძე, ი.ქათამაძე.</i> ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემის ოპტიმალური მართვა.	63
<i>ევ.მაჭავარიანი, მ.ჯიხვაძე, ლ.რობაქიძე, ნ.ქსოვრელი, კ.გამრეკელაშვილი.</i> მზის გამოსხივების ენერჯის ელექტრულ და თბურ ენერჯიებად გარდამქმნელი კომბინირებული პანელების მუშაობის პრინციპი და საქართველოში მათი გამოყენების პერსპექტივები.	67
<i>ქ.ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ე.ფანცხავა.</i> საქართველოს ენერგოსექტორი და რუსეთ-უკრაინის ომის ექო.	73
<i>რ.თოფურია, გ.ფურცხვანიძე, მ.ლეყავა, ზ.შუბლაძე.</i> სატრანსპორტო საშუალებების შიგა სივრცეების კლიმატის რეგულირებისთვის.	77
<i>გ.ჭაღიაშვილი, შ.მესტვირიშვილი.</i> მალღივი კორპუსების გაზომომარაგების უსაფრთხოება და გაზის მოხმარების ეფექტურობა.	82
<i>დ.ჯაფარიძე, გ.ჯოჯუა, დ.ჯოჯიაშვილი</i> საქართველოში კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ფორმირებაში არსებული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები.	87
<i>ქ.ილურიძე, ა.სამადაშვილი</i> „ენერჯია როგორც სერვისი“ (EaaS) როლი ენერგეტიკული ინდუსტრიის ტრანსფორმაციაში.	96
<i>გ.ჭაღიაშვილი, შ.მესტვირიშვილი.</i> გარემო ფაქტორებით გამოწვეული ბუნებრივი გაზის აღრიცხვის უზალანსობა და მისი აღმოფხვრის გზები.	100
<i>ნ.არაბიძე, ს.მინდიაშვილი, მ.ტერტერაშვილი.</i> ენერგეტიკული სიღარიბე საქართველოში.	104
<i>ლ.ბოჭორივილი, მ.თოფურია.</i> არამატერიალური აქტივების მართვა ენერგეტიკაში.	109

Use of load breakers in the 6-10 kV network to disconnect single-phase short-circuit currents

Malkhaz Kvrivishvili, PhD, Leading engineer of Production and Technical Service of JSC "Telasi", Tbilisi, Georgia, E-mail: malkhaz.kvrivishvili@telasi.ge

Daviid Turdzeladze, Candidate of technical sciences, associated profssor, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E mail: turdzeladze59@gmail.com

Nikoloz Lashkhauri, PhD, Leading engineer of Production and Technical Service of JSC "Telasi", Tbilisi, Georgia, E-mail: nukri.lashskauri@telasi.ge

Nikoloz Kvrivishvili, PhD. Leading engineer of telemechanics and automatic sistem direction, JSC "Telasi", E-mail: n.kvrivishvili@telasi.ge

Annotation. The master's thesis above refers to the "Processing of a single-phase earth fault disconnection device based on a load break switch of 6-10 kV. Network. Discussed the single-phase protections of 6-10 kV network. Was selected a load break switch BHAπ-10/630 which is used in 6-10 kV isolated or grounded neutral three-phase networks. Due to the fact that the load break switch we selected could not turn off large currents, such as short-circuit, we additionally used a block diagram to avoid unwanted shutdowns. In addition to the circuit, we used intermediate (auxiliary) relays to connect the working and logic bodies to each other.

Keywords: Load breaker, isolated neutral, earth fault.

დატვირთვის ამომრთველების ერთფაზა დამიწების დენის გამოსართავად 6-10 კვ ქსელში

მალხაზ კვრივიშვილი, აკადემიური დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი, სს „თელასის“ საწარმო-ტექნიკური სამსახურის წამყვანი ინჟინერი, თბილისი, საქართველო, E-mail: malkhaz.kvrivishvili@telasi.ge

დავით ტურძელაძე, ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E mail: turdzeladze59@gmail.com

ნიკოლოზ ლაშხაური, აკადემიური დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი, სს „თელასის“ საწარმო ტექნიკური სამსახურის წამყვანი ინჟინერი, თბილისი, საქართველო, E-mail: nukri.lashskauri@telasi.ge

ნიკოლოზ კვრივიშვილი, აკადემიური დოქტორი, ტელემექანიკის და ავტომატური სისტემების მიმართულების წამყვანი ინჟინერი, სს „თელასი“, საქართველო, E-mail: n.kvrivishvili@telasi.ge

ანოტაცია: ნაშრომი ეხება 6-10 კვ ძაბვის დატვირთვის ამომრთველზე დაფუძნებულ ერთფაზა დამიწების გამორთვის მოწყობილობის დამუშავებას 6-10 კვ ქსელში. შერჩეულია და დამუშავებული სქემა დატვირთვის ამომრთველით. BHAπ-10/630 ტიპის დატვირთვის ამომრთველი გამოიყენება 6-10 კვ იზოლირებულ ან დამიწებულ ნეიტრალიან სამფაზიან ქსელებში. იმის გამო, რომ დატვირთვის ამომრთველი ვერ გამორთავს მშ-ის დიდ დენებს, დამუშავდა სპეციალური ბლოკირების სქემა, რომელიც გამორიცხავს ამომრთველის მუშაობას მაღალი მშ-ის რეჟიმში. როდესაც შეიძლება ამომრთველი დაზიანდეს. დამუშავებულია სპეციალური სქემა ციფრული ტერმინალის გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები: დატვირთვის ამომრთველი, იზოლირებული ნეიტრალი, ერთფაზა მოკლემერთვის დაზიანება.

Introduction

Description of the 6-10 kV network of JSC Telasi.

The 6-10 kV network of JSC "Telas" is an isolated neutral network. The substation and cable management are heavily amortized. The network is characterized by a high level of capacitive currents (on average 20-50A). There is no capacitive current compensation device in the network.

The technical structure of the network is as follows:

The total number of central distribution points (CGP) is 177.

Number of subscription points--1400 units.

Number of 6-10 kV substations belonging to JSC "Telasi"--1805 units

The network consists of trunk and radial areas. Radial areas are represented mainly by CGP-points. Part of CGP-s are equipped with oil and vacuum circuit breakers.

The structure of the network switching park is presented as follows:

Dry switches--2762 compl.

Load breakers--3962 compl.

Oil circuit breakers---1543 compl

(1) Approximately 25% of the switching park is provided with oil and vacuum circuit breakers, while where UHOM –linear voltage of network., B, □ – circular frequency, rad/sec, C – capacity far/km, l – total length of line, km.

load switch Autogas load switch BHM-10/630 is intended for multiple switching on and off under the load of three-phase current circuit sections.

6 (10) kV, frequency 50 Hz, BHM-10/630 load switch is installed in complete transformer substations (KTII), one-sided service cameras (KCO), complete distribution devices (KPY). BHM-10 refers to the switching apparatus, equipped with autogas extinguishing device.

Connected with the load switch, mounted on the place of installation of the switch. III-16 YXJ13 is made with a device for blocking the main and grounding knives, with remote or local control.

The remaining 75% is switched with non-automatic load circuit breakers (hand operated) and dry circuit breakers.

Capacitive currents

Table 1

section	U, kV	fidler	capacitive current of fidler, A	total capacitive current of section, A	total capacitive current, A
1	6	4	3.21	20,73	61,77
		6	5.1		
		8	3.03		
		9	0.754		
		10	0.649		
		12	3.88		
		16	1.813		
		18	0.754		
		19	1.416		
		21	0.125		

The main part of the network is represented by the transformer points connected to the large CGPs, which are mainly commutated by dry switches.

In CGP and TP, which are not equipped with automatic circuit breakers, relay protection cannot be installed, which significantly reduces its life expectancy, reliability, operational efficiency and ultimately reduces the reliability of the consumer's power supply.

Capacitive current report and measurement of 6-10 kV cable transmission network.

Single-phase grounding current can be calculated by the formula:

Load breaker

Remote Control

Remote control of load breakers involves the manual transmission of control signals from a control panel or other point where the control switches are located to remote actuators. Service personnel, as a rule, cannot see the circuit breaker and its actuator, therefore, in remote control schemes, feedback signals from the actuator to the control frame are provided, which indicate the state of the circuit breaker or its change.

The disconnection command is transmitted by the contact closure of the disconnecting coil, for which the

contacts of the control key are used directly, since the current in this circuit is 10-12 A. The switching command in oil circuit breakers cannot be BHM-10/630 is equipped with an automatic shutdown device when one of the fuses burns out.

Advantages of load switches type VNM-10

- Monolithic insulating body allows for high assembly accuracy without additional adjustments, which significantly increases the reliability of the device
- The monolithic body of the device can withstand the electrodynamic effects of currents up to 81 kA.
- Spring drive design provides high speed when turning the device off and on.
- The drive is available for both local and remote control of the circuit breaker.
- The time to **turn on** the device is no more than 0.2 s, the time to **turn off** is no more than 0.1 s

The switches are available in versions with grounding blades and fuses installed both below and above, as well as with grounding blades and fuses installed in various combinations according to their relative positions (grounding blade from below, fuse from above or vice versa).

The switch is designed with fuses, at both ends of which grounding blades are installed, operating synchronously from one drive handle.

Switches with fuses are available in versions with a device for issuing a command for automatic shutdown and signaling when one of the fuses blows. carried out by the contacts of the control key, since the current of other and other actuators is from 100 to 400 amperes

Amounts to The use of such a scheme is associated with high costs, due to the need to create a huge control key and large cross-section cables. Therefore, the control of the switching coil is carried out by an intermediate contactor, which is equipped with powerful contacts, designed to turn on and off the currents currents of the above-mentioned magnitude.

Switching on and off of the air breakers has the same consumption, so it is also controlled directly using the control key.

The opening and closing coils of both air and oil circuit breakers are not designed to carry current for long periods of time.

Therefore, the control circuits provide for automatic opening of these circuits in the event of a corresponding task, delay or jamming of the control key, in order to avoid damage to the coil. Other and different types of special block contacts are used for this.

The pins of the block contacts are connected to the circuit breaker actuator so that they can be switched depending on a certain state of the actuator. A block contact placed in the tripping circuit and its contacts closed in the ON position must be separated after the breaker has started to trip and closed again as soon as the actuator is brought into motion. The closing contact of the energizing coil, with the circuit breaker in the

closed position, must open at the end of the actuator's energizing movement.

Blocking of multiple switching (jumping) is also carried out by block contacts. If the circuit breaker key is delayed in the ON position or jammed due to a fault during a short circuit, the circuit breaker will repeatedly trip and trip the relay protection, which may cause damage to the circuit breaker. And these block contacts serve to prevent "jumping".

BHP-10/400 type of load
 Circuit breaker settings

Table 2

BHP-10/400		
Nominal voltage	kV	10
Nominal current	A	400
Inrush current	kA	2,5
Electrodinamic stability	kA	25
Thermal stability	kA	10
Current flow time	sec	1
Number of operations		2000



Fig. 1. External view of vacuum circuit breaker

Processing of structural and schematic elements of the protection device.

Relay MiCOM P111 Mi COM P111 type relays are used both in medium voltage industrial distribution networks and as backup protection. The relay has the ability to protect the line from one, two, three phase to ground or phase-to-phase short circuits. The AGC function allows the device to be used to protect overhead lines. The selected relay can control other switching devices besides the circuit breaker. Thanks to the built-in data



Fig. 2.



Fig. 3. Current sensor

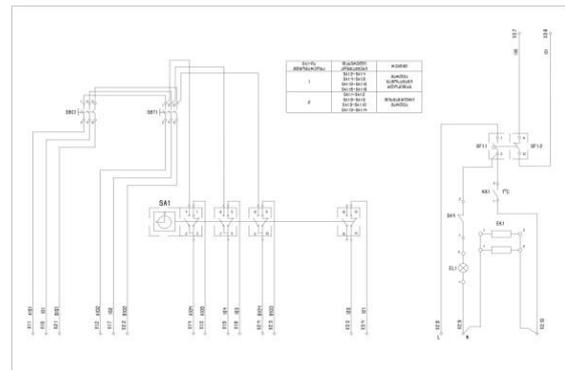


Fig. 4. Circuit diagram of block contacts
 Specification of load breaker

Table 3

designation	name
R10	resistor
VDR1	indicatore lamp
VDG1	indicatore lamp
KCC1, KCT1	relay
KB1	rozette
KM1	magnetic launcher
KK1	thermal switch
M	electric motor
SAZ	tumbler
SQB1	micro switch
SBC1	push button switch
SBT1	push button switch
SF1	automatic circuit breaker
SF2	automatic circuit breaker
K1, K2, K3	intermediate rele
X1...X9	clamps
Y1	eleqtromagnetic locking latch
YAB1	electromagnetic blocking key

table list of designations

Conclusion

- 1) The neutral modes of the 6-10 kV network, their positive and negative sides are discussed and studied in the paper.
- 2) 6-10 kV network protections against single-phase grounding are discussed, these protections include general non-selective zero-sequence voltage conclusion
- 3) The neutral modes of the 6-10 kV network, their positive and negative sides are discussed and studied in the paper.
- 4) 6-10 kV network protections against single-phase grounding are discussed, these protections include general non-selective zero-sequence voltage protections, zero-sequence currents and zero-sequence directional protections. Their properties and also the problems of 6-10kV network, where most of the damage comes from short circuits to the ground, and the correct selection of the principle of protection actions are discussed.

5) load breakers, the purpose of which is to turn on and off the lines under load, are discussed.

6) types of circuit breakers with their advantages are discussed, as well as their remote control, which reduces the risk of damage. BHP-10/400 type load calculator is selected for use in isolated or grounded neutral three-phase network of 6-10 kV 50-60 h frequency. BHP-10/400 is an auto pneumatic load switch.

7) MiCOM P111 type relay used in medium voltage industrial distribution networks is presented.

8) Functional and principle circuits using load breakers and microprocessor relays are worked out.

9) As a result, we may consider the development of an EMF tripping device using a load breaker.

10) Since the 6-10kV switching park of JSC Telas distribution line consists mainly of load breakers, the work allows to provide the network with EMF protection without expensive vacuum breakers.

11) both the block diagram of the device and its principle diagram have been processed, which allows its practical use.

References

1. Shuin.V.A. 2001y edition; Zashiti ot zamikania na zemliu v setiax 6-10 kV 2001y edition; P. 53-70.
2. R.A.Vainshtain. Regimi zazemlenia neutrali v elektrizeskix sistemax. 2006 y edition;.P.8-12, 54-59.

ელექტრომობილებში გამოყენებული გარდამქმნელების მახასიათებლების გაუმჯობესების გზები

ირმა ქათამაძე, ენერგეტიკისა და ელექტროინჟინერიის დოქტორი., ასისტენტ-პროფესორი აკაკი წერეთლის სახელობის უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო, E-mail: irma.katamadze@atsu.edu.ge;
შორენა ფხაკაძე, ენერგეტიკისა და ელექტროინჟინერიის დოქტორი., ასოცირებული პროფესორი. აკაკი წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო,
ზაზა პაპიძე, ენერგეტიკისა და ელექტროინჟინერიის დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი აკაკი წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო.

ანოტაცია. ელექტრომობილების ტექნოლოგიები მუდმივად განვითარებისა და დახვეწის პროცესშია, რაც განაპირობებს გაზრდილ მოთხოვნას ელექტრომობილებზე მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. ეს გამოწვეულია იმ უპირატესობებით, რაც ელექტრომობილს გააჩნია წინა თაობის შიგაწვისძრავიან ავტომობილებთან შედარებით, თუმცა უმნიშვნელოვანეს პრობლემად რჩება ელექტრომობილის ბატარეის დატენვის დრო და შესაბამისად, მის მიერ გავლილი მანძილი. ნაშრომში წარმოდგენილია გამოყენებული აკუმულატორული ბატარეების შედარებითი ანალიზი სხვადასხვა მახასიათებლების მიხედვით და დადგენილია ზოგიერთი მათგანის უპირატესობები. აგრეთვე წარმოდგენილია ელექტრომობილებში არსებულ გარდამქმნელებში გამოყენებული ელექტრული კომპონენტების (IGBT და MOSFET ტრანზისტორების) ანალიზი ენერგოეფექტურობის კუთხით.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრული აკუმულატორი; ენერგოეფექტურობა; ბატარეის სიმძლავრე. ინვერტორი.

Ways to improve the characteristics of converters used in electric vehicles

Irma katamadze, Doctor in Energy and Electrical Engineering (PhD), Assistant Professor Atsu, Kutaisi, Georgia, E-mail: irma.katamadze@atsu.edu.ge

Zaza papidze, Doctor in Energy and Electrical Engineering (PhD) , Associate Professor Atsu, Kutaisi, Georgia;

Shorena pkhakadze, Doctor in Energy and Electrical Engineering (PhD), Associate Professor Atsu, Kutaisi, Georgia.

Annotation. Electric vehicle technology is constantly evolving and improving, bringing an increase in demand for electric vehicles worldwide. This is due to the advantages that the electric vehicle has compared to the previous-generation vehicles with internal combustion engines, however, the most important problem remains their battery charge time and, accordingly, the distance traveled. The article discusses a comparative analysis of the used rechargeable batteries according to different characteristics and the advantages of some of these batteries are determined. The article also presents the analysis of electrical components (IGBT and MOSFET transistors) used in the existing converters of the electric vehicles in terms of energy efficiency

Keywords: electric accumulator, energy efficiency, battery capacity, inverter.

შესავალი. დღესდღეობით, მთელ მსოფლიოში იზრდება მოთხოვნა ელექტრომობილებზე. ეს განპირობებულია მისი უპირატესობებით, შიგაწვისძრავიან მანქანებთან შედარებით. თუმცა, აქვს ნაკლოვანებებიც, რაც ხელს უშლის კიდევ უფრო მეტ გავრცელებას ავტომობილების ინდუსტრიაში. ელექტრომობილების ტექნოლოგია საჭიროებს განვითარებას და ახალი საშუალებების მოძიებას, რაც მას უფრო მეტად ეფექტურს და საიმედოს გახდის. ელექტრომობილების კვანძებში სულ უფრო მეტ ადგილს იკავებს ენერჯის ელექტრონული გარდამქმნელები როგორცაა.

ძალური გასაღებები ელექტრული ენერჯის გარდამქმნელების უმთავრეს კომპონენტს წარმოადგენს. ის ფართოდ გამოიყენება დენის გარდამქმნელ მოწყობილობებში: გამმართველებში, ინვერტორებში, სიხშირის გარდამქმნელებში და სხვა. ბოლო პერიოდში ახალი ელემენტური ბაზის შექმნამ მნიშვნელოვანი ძვრები გამოიწვია ძალურ ელექტრონიკაში: მათ ახასიათებთ უნიკალური იმპულსური თვისებები, მაღალი ეფექტურობა და საიმედობა.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ელექტრომობილების უპირატესობებისა და უარყოფითი მხარეების ანალიზი.

სხვადასხვა ტიპის ელექტრული ბატარეების მახასიათებლების შესწავლა. იმ საშუალებების მოძიება და კვლევა, რაც გააუმჯობესებს ელექტრომობილების მახასიათებლებს და გაზრდის ეფექტურობას. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის უახლესი ელექტრონული კომპონენტების (Si IGBT და SiC MOSFET) გამოყენება ინვერტორებში.

თემატური ნაწილი: ელექტრომობილების გამოყენების უპირატესობები სხვადასხვა მნიშვნელოვან ფაქტორებთან არის დაკავშირებული. პირველ რიგში, ეს არის გარემოს დაცვა - ელექტრომობილი მუშაობს ელექტრული დენით, რომელიც შემდეგ გარდაიქმნება მექანიკურ ენერჯიად და ატმოსფეროში აირების გამონაბოლქვი არ ხდება. ეს საკითხი, განსაკუთრებით აქტუალური გახდა დღევანდელი საგანგაშო ეკოლოგიური პრობლემების პირობებში.

წულოვანი ემისია - ელექტრომობილი არ საჭიროებს ზეთის რეგულარულ შეცვლას და ძვირადღირებულ მოვლას.

ხმაურის დაბალი დონე - ვინაიდან, ელექტრომობილი ეფუძნება ელექტროძრავას, აჩქარება და მოძრაობა ხდება ხმაურის გარეშე.

დაბალბიუჯეტური (ან უფასო) მომსახურების სერვისი - მთელ რიგ ქვეყნებში ელექტრომობილების მფლობელებს უფლება აქვთ არ გადაიხადონ სატრანსპორტო საშუალების გადასახადი, უზრუნველყოფილი არიან უფასო პარკინგით და დამტენი სადგურებით.

ელექტრომობილების ეფექტურობა - თუ, შიდაწვის ძრავებში მოხმარებული ბენზინის ან დიზელის ენერჯის მხოლოდ ნაწილი (18-20%) გამოიყენება ავტომობილის მოძრაობისთვის, ელექტრომობილებში ეს რიცხვი სამჯერ მაინც იზრდება, რაც განაპირობებს ელექტრომობილების მეტ ეფექტურობას.

დადებით მხარეებთან ერთად ელექტრომობილებს აქვს უარყოფითი მხარეებიც:

პროდუქტის მაღალი ღირებულება - ელექტრომობილის ფასი დამოკიდებულია აკუმულატორის სიმძლავრეზე, რომელიც არის ყველაზე ძვირადღირებული ელემენტი, რადგან იგი მზადდება ლითიუმის, მაგნიუმის და კობალტისგან, რომელთა ფასიც 40%-ით გაიზარდა.

ინფრასტრუქტურის ნაკლებობა - უნდა მოეწყოს საჭირო რაოდენობის დამტენი

სადგურები სხვადასხვა ლოკაციებზე, ვინაიდან ელექტრომობილით დიდი მანძილის გავლა შეუძლებელია.

შეკეთება და მოვლა - კვალიფიციური მექანიკოსების საჭიროება, რომლებიც შეძლებენ ელექტრომანქანის მომსახურებას ტექნიკური თვალსაზრისით.

როგორც ავღნიშნეთ, ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტი ელექტრომობილში არის აკუმულატორის ბატარეა, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ელექტრომობილის საიმედო მუშაობაში. სწორედ მის მახასიათებლებზეა დამოკიდებული დამუხტვის ხანგრძლივობა; დამუხტვით გავლილი მანძილი; მანქანის წონა და ფასი.

ელექტრომობილების მფლობელებს არაერთი საჭირობო კითხვა აწუხებთ: რამდენად ხშირად გვჭირდება აკუმულატორის დატენვა? რა არის ელექტრომობილის დატენვის დრო? რამდენ ენერჯიას ხარჯავს ელექტრომობილი? პასუხები ამ კითხვებზე, არის ამოსავალი წერტილი ელექტრომობილების ინდუსტრიაში.

საშუალოდ დაანგარიშებულია, რომ ელექტრომობილები მოიხმარენ 30 კვტ/სთ ყოველ 160 კმ-ზე. ნორმალურ პირობებში, დაახლოებით 5-6 სთ-ის განმავლობაში დაიტენება, მაგრამ თუ დამონტაჟდება გაძლიერებული დანადგარი, სწრაფ დამუხტვას დაახლოებით 30 წუთი დასჭირდება. ელექტრომობილის დატენვას 220 ვ სახლის ქსელიდან სჭირდება დაახლოებით 5-დან 10 სთ-მდე.

ელექტრომობილის აკუმულიატორული ბატარეების კომპლექტს აქვს გარკვეული ტევადობა - ენერჯის რაოდენობა, რომელიც დამოკიდებულია ბატარეის ტიპზე და რაოდენობაზე. ეს მნიშვნელობა იზომება ამპერ საათებში (ა.სთ). ელექტრომობილების დამუხტვა შესაძლებელია ერთფაზიანი ან სამფაზიანი ქსელიდან, რაც ასევე მოქმედებს დატენვის სიჩქარეზე.

ელექტრომობილების ფართოდ გავრცელების ერთ-ერთი მიზეზი არის, საწვავის მაღალი ფასები. მწარმოებლების უმეტესობა ცდილობს განავითაროს ელექტრომობილების უფრო ახალი მოდელები, სადაც ელექტრომობილის წარმატება დიდწილად დამოკიდებულია ერთი ელექტრული დამუხტვით გავლილი მანძილის რაოდენობაზე და ექვგარეშეა, რომ ეს დამოკიდებულია ბატარეის ტევადობასა და ტიპზე.

ისმის კითხვა: რა ტიპის ბატარეები არსებობს ელექტრომანქანებში და რომელს აქვს უკეთესი მახასიათებლები?

1. ტყვიის მჟავა ბატარეა არის ბატარეის ტრადიციული ტიპი. თუმცა, ტყვიის მჟავა ბატარეებს აღარ იყენებენ ელექტრომობილების მწარმოებლები მათი არაეფექტურობის გამო. მოკლედ, ტყვიის მჟავა ბატარეები მგრძობიარეა დაბალი ტემპერატურის მიმართ და არ ძლებს ისე დიდხანს, როგორც სხვა ტიპის ელექტრო ბატარეები. ასევე, არის მძიმე და მოცულობითი.

2. ნიკელის ჰიდრიდის (Ni-MH) ბატარეა.

მას შემდეგ, რაც ავტომობილების მწარმოებლებმა ტყვია-მჟავიანი ბატარეები გააუქმეს, შემცვლელად ხშირად იყენებდნენ ნიკელ-მეტალის ჰიდრიდის ბატარეებს (Honda EV Plus, Toyota RAV4 EV და Ford Ranger EV).

მაგრამ ნიკელ-მეტალის ჰიდრიდის ბატარეები არ გახდა პოპულარული ელექტრო-მობილებში, რადგან ისინი ძვირი და არაეფექტურია მაღალ ტემპერატურაზე. ამ მიზეზით, ნიკელ-მეტალის ჰიდრიდის ბატარეები უფრო ხშირია ჰიბრიდულ მანქანებში, ვიდრე ელექტრომობილებში.

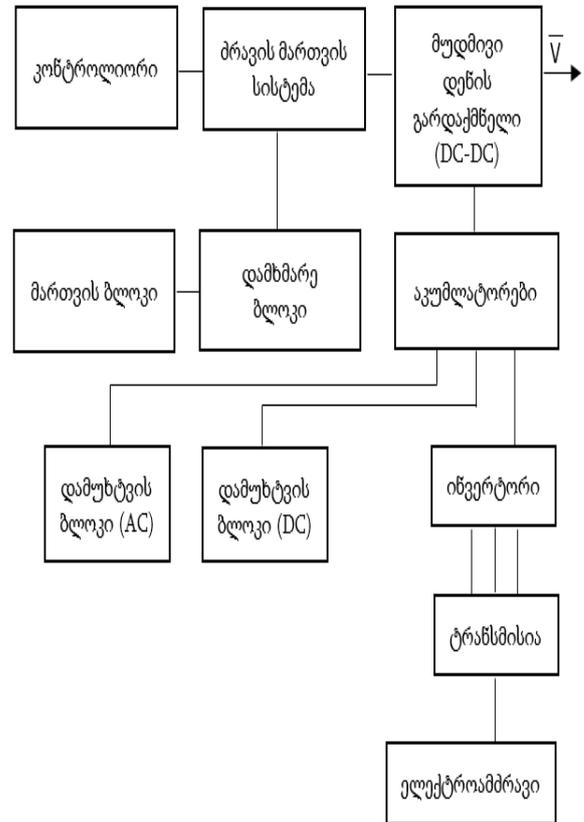
საინტერესოა, რომ ნიკელ-მეტალის ჰიდრიდის ბატარეები უფრო მეტხანს ძლებს, ვიდრე ტყვია-მჟავიანი ან ლითიუმ-იონური ბატარეები.

3. დღეს ელექტრომობილების უმეტესობა იყენებს ლითიუმ-იონურ ბატარეებს, იმის გამო, რომ ისინი მსუბუქი და ენერგოეფექტურია ტყვია-მჟავიანი ან ნიკელ-ლითონის ჰიდრიდის ბატარეებთან შედარებით. ისინი ასევე ნაკლებად მიდრეკილნი არიან გადახურებისკენ, რაც ხელს უწყობს ხანძრის რისკის შემცირებას.

ზოგიერთი გაფართოებული დიაპაზონის ელექტრო მანქანამ ლითიუმ-იონური ბატარეებით შეიძლება გაიაროს 500 კილომეტრზე მეტი სრული დამუხტვით. თუმცა, ყველა ლითიუმ-იონური ბატარეა არ არის ერთნაირი. მაღალი კლასის ელექტრო მანქანების უმეტესობა შეიცავს ლითიუმ-იონურ ბატარეებს კობალტის ანოდით. მეორეს მხრივ, ელექტრომობილების ზოგიერთი მწარმოებელი მიმართავს ლითიუმის რკინის ფოსფატის ბატარეებს, რომლებიც გამოიყენება დაბალფასიან ელექტრომობილებში [1,4].

საავტომობილო ბაზრის მოთხოვნაა, უფრო მაღალეფექტური ელექტრომობილების არსებობა. კერძოდ, მათი მუშაობის დიაპაზონისა და

ბატარეის დატენვის სიჩქარის გაზრდა. ამ მოთხოვნის გადაწყვეტა შესაძლებელია SiC დამზადებული ელექტრონული კომპონენტების გამოყენებით ინვერტორებში. ინვერტორის



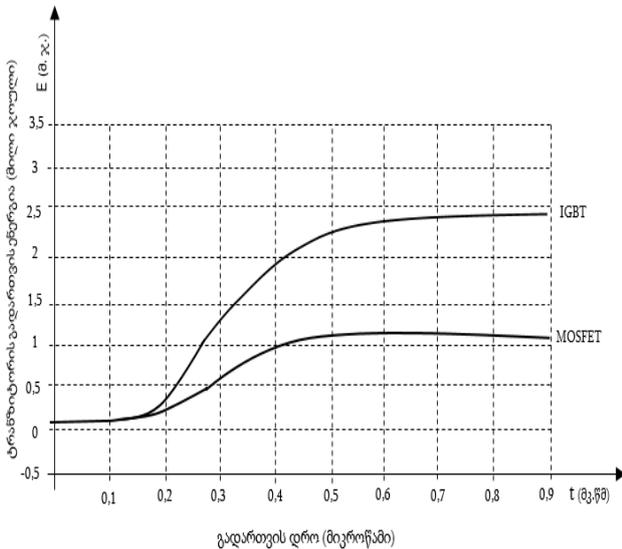
ნახ.1 ელექტრომობილებში ძირითადი ელექტრული კვანძების განზოგადებული ფუნქციონალური სქემა

როლი იზრდება საავტომობილო ელექტრო-სატრანსპორტო საშუალებებში. ინვერტორები არის ელექტრომობილში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კვანძი, რომელიც, გარდა იმისა, რომ მუდმივი დენის ძაბვას გარდაქმნის ცვლადად, ასევე არეგულირებს ძრავისთვის მიწოდებული ენერჯის დონეს საჭიროებების მიხედვით. ბატარეის ენერჯის ძრავაზე გადაცემის ეფექტურობა ტრადიციული ინვერტორისთვის არის 97-98%, ხოლო SiC-ზე დაფუძნებული ინვერტორების ეფექტურობა აღწევს 99%-ს.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ელექტრომობილის განზოგადებული ფუნქციონალური სქემა. მასზე მოყვანილი ელექტრული კვანძებიდან უმრავლესობა შეიცავს ენერჯის ელექტრონულ გარდამქმნელებს. ამ კვანძებში ელექტრო ენერჯის დანაკარგების შემცირება რა თქმა უნდა

უფრო ენერგოეფექტურს გახდის ელექტრო-მობილს.[2,5].

ნახ. 2.-ზე ნაჩვენებია სილიციუმზე დაფუძნებული იზოლირებულ საკეტიანი ბიპოლარული ტრანზისტორის - Si IGBT და



ნახ. 2. SiC-MOSFET და Si-IGBT ტრანზისტორების გადართვის დროითი მახასიათებლები

სილიციუმის კარბიდზე დაფუძნებული ველით მართული ტრანზისტორის - SiC MOSFET შედარებითი ანალიზი. აგებულია დროითი მახასიათებლები ტრანზისტორის გადართვის პერიოდში [3].

შედარებულია Si IGBT-ებისა და SiC MOSFET-ების გადართვის დანაკარგები. დასტურება, რომ SiC-ზე დაფუძნებული ტრანზისტორების გამოყენებას შეუძლია დანაკარგების შემცირება საკმაოდ მაღალი პროცენტით. SiC MOSFET-ებზე აგებული ინვერტორები იმითაც გამოირჩევა, რომ მათ შეუძლიათ გაუძლონ მაღალ ძაბვას და ტემპერატურას.

SiC MOSFET-ის ძირითადი მახასიათებლებია: ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე მუშაობის უნარი ($T_{jmax} = 200^{\circ}C$); კომუტაციის ძალიან მაღალი სიხშირე და გადართვის დროს მცირე დანაკარგები; მცირე წინაღობა ღია მდგომარეობაში ყოფნის დროს; ძალიან სწრაფი და საიმედო შიდა დიოდი.

დასკვნები

1. კვლევებით დადგენილია რომ, ელექტრო-მობილების ენერგოეფექტურობის მკვეთრი ზრდა განპირობებულია Si, SiC და GaN-ზე

დაფუძნებული ნახევარგამტარული მოწყობილობების ფართო გამოყენებით მის წარმოებაში.

2. თანამედროვე ელექტრონული კომპონენტების გამოყენება ელექტრონულ მოწყობილობებში იწვევს ელექტრომობილების ეფექტურობის გაზრდას, ფასების კლებას და შესაბამისად, მათ წარმოებაზე გაზრდილ მოთხოვნილებას.

3. მნიშვნელოვანია ინვერტორის როლი ელექტროსატრანსპორტო საშუალებებში. ის არეგულირებს ელექტრომობილში ძრავისთვის მიწოდებული ენერჯის დონეს. დასტურება, რომ SiC-ზე დაფუძნებული ტრანზისტორების გამოყენებას შეუძლია დანაკარგების შემცირება საკმაოდ მაღალი პროცენტით.

ლიტერატურა

1. პაპიძე ზ. ფხაკაძე შ; თანამედროვე Li-ion - აკუმულატორების სწრაფი და უსაფრთხო დამუხტვა. ISSN 15123812/ ჟურნალი „ხანძმა“. N18(23). 2021. გვ.147-150.
2. Д. Боднарь. Полупроводниковая микроэлектроника. 2021. Ч.2. SiC и GaN – основа новой силовой электроники настоящего и будущего.
3. ქათამაძე ი. ფხაკაძე შ. პაპიძე ზ. თანამედროვე ძალური გასაღებების ელექტრონული რეჟიმების კვლევა და მათი გამოყენების უპირატესობები/ ენერჯია. თბილისი. N3(91). 2019. გვ.83-86
4. ფხაკაძე შ. პაპიძე ზ. ელექტრომობილებში აკუმულატორების სწრაფი და ეფექტური დამუხტვის პრობლემები. მოხსენებების კრებული. V ქართულ-პოლონური საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“. საქართველო. ქუთაისი. 2019. გვ.149-152
5. კოხრეიძე გ., ფხაკაძე შ., პაპიძე ზ., ტეტუნაშვილი ე. ავტონომიურ ჰიბრიდული ენერგო-ენერგეტიკულ სისტემებში აკუმულატორთა ბატარეების დამუხტვისა და განმუხტვის პროცესების მართვა/ენერჯია. თბილისი. N2(82). 2017. გვ.9-13

References/Transliterated)

1. Z. Papidze. Sh. Pkhakadze. Fast and safe charging of modern Li-ion - Batteries. ISSN 15123812/„KHANDTA”. Kutaisi-Tbilisi. N18(23). 2021. p. 147-150.
2. D. BoDnar. Semiconductor microelectronics - 2021 Part 2. SiC and GaN - the basis of new power electronics of the present and future.
3. Sh. Pkhakadze. Z. Papidze. The problems of rapid and effective charging the batteries in electric vehicles . Of the V Georgian-Polish international Scientific-technical conference, „ Transport bridge Europe-Asia" 2019. Georgia.
4. Katamadze I. Sh. Pkhakadze. Z. Papidze. Studying electric modes of te modern power keys and the advantages of their use. journal „Energy” Tbilisi. N3(91). 2019. p. 83-86
5. G.Kokhreidze. Sh. Pkhakadze. Z. Papidze. E. Tetunashvili. Control of batteries charging and discharging processes in the autonomous hybrid electric power engineering system. journal „Energy” Tbilisi. N2(82). 2017 p..9-13.

ზემაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის გასწვრივ რეჟიმის პარამეტრთა განაწილება

დავით ჯაფარიძე, ინჟინერიის მეცნიერებათა დოქტორი, ქუთაისი, საქართველო
E-mail: datojaparidze1995@gmail.com

ანოტაცია. განხილულია ზემაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის გასწვრივ რეჟიმის პარამეტრთა (ძაბვა, დენი, რეაქტიული სიმძლავრე) განაწილების საკითხი და ნაჩვენებია შესაბამისი მათემატიკური გამოსახულებები, რომლებიც აღწერს ამ ტალღურ პროცესებს. სტატიაში აღნიშნული საკითხი განიხილება საქართველოს ელექტროსისტემის სისტემათაშორისი 500 კვ ეგზ - „კავკასიონის“ მაგალითზე, ანგარიში მიმდინარეობს ხაზის ორი ზღვრული დატვირთვის რეჟიმის (მაქსიმალური, მინიმალური) გათვალისწინებით. ანგარიშის შედეგად დადგინდა, რომ 500 კვ ეგზ - „კავკასიონის“ გასწვრივ რეჟიმის პარამეტრთა განაწილება, განსაკუთრებით ხაზის მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში, საყურადღებო და საგანგაშოა.

საკვანძო სიტყვები: ელექტროგადამცემი ხაზი, ზემაღალი ძაბვა, რეაქტიული სიმძლავრე, რეჟიმის პარამეტრი, ტალღური პროცესი.

Distribution of the mode parameters along the ultra-high voltage power transmission line

Davit Japaridze, PhD Kutaisi, Georgia,
E-mail: datojaparidze1995@gmail.com

Annotation. The article discusses the distribution of mode parameters (voltage, current, reactive power) along the inter-system 500 kV ultra-high voltage power transmission line of Georgian transmission network “Caucasus”. In the article the calculation has been made taking into account two marginal load conditions (maximum, minimum) of the line. As a result of calculation, it was established that the distribution of the mode parameters along 500 kV power transmission line “Caucasus” in both of the operating conditions of the line, is noteworthy and alarming.

Keywords: mode parameter; power transmission line; reactive power; ultra-high voltage; wave process.

შესავალი. ზემაღალი ძაბვის ($U_{\phi} \geq 330$ კვ) ელექტროგადამცემს განსაკუთრებული როლი ენიჭება ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში. დიდი გამტარუნარიანობის გამო ისინი წარმოადგენენ სისტემაწარმოქმნელ ხაზებს და ამდღეობენ ენერგოსისტემის მუშაობის საიმედოობასა და ეკონომიკურობას. გარდა ამისა, ზემაღალი ძაბვის ხაზები არიან ძლიერი სისტემათაშორისი კავშირები და უზრუნველყოფენ სისტემებს შორის დიდი სიმძლავრის ნაკადგადადინებებს, რაც საბოლოოდ ამდღეობს გაერთიანებული ენერგოსისტემის სიცოცხლისუნარიანობას [1].

ზემაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემის ქვემოთ იგულისხმება ყველა იმ მოწყობილობა-დანადგართა და საშუალებათა კომპლექსი, რომლის მიზანია დიდი ოდენობის ელექტროენერგიის გადაცემა ნებისმიერ მანძილზე. ამ კომპლექსში შედიან: ელექტროგადამცემი ხაზები, ქვესადგურები ტრანსფორმატორებითა და ავტოტრანსფორმატორებით, საკომუტაციო აპარატები, მაკომპენსირებელი დანადგარები, ხაზის

გამტარუნარიანობის ზრდის საშუალებები და სხვ [1].

ზემაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების დაპროექტებისა და ანალიზის პროცესში აუცილებელია გავითვალისწინოთ მათი თავისებურებანი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ეს ჯგუფი განვაცალკევოთ სხვა უფრო დაბალი ძაბვის ხაზებისაგან. აღნიშნულ თავისებურებებს მიეკუთვნება [1]:

➤ მაღალი გამტარუნარიანობა და შესაბამისად დიდი დენის მნიშვნელობები ფაზებში, რომელიც მოითხოვს დიდი ჯამური განიკვეთის სადენების გამოყენებას;

➤ ხაზის დიდი სიგრძე, რომელიც ზემაღალი ძაბვის ეგზ-თა რეჟიმების ანალიზის პროცესში მოითხოვს ტალღური პროცესების გათვალისწინებას;

➤ გახლეჩილი სადენების გამოყენება, რომელსაც აქვს ორი ძირითადი მიზანი: მუხტის ზედაპირული სიმკვრივის შემცირება და მუშა განიკვეთის ზრდა;

➤ ხაზთა დიდი ტევადური გამტარობა, რის გამოც დიდია ამ ხაზების მიერ გენერირებული რეაქტიული სიმძლავრე;

მოცემულ ნაშრომში აქცენტი გადატანილია მეორე თავისებურებაზე, რომელიც გულისხმობს ზემადალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ხაზებში ტალღური პროცესების გათვალისწინებას.

ძირითადი ნაწილი. იდეალური ზემადალი ძაბვის ხაზების შემთხვევაში, როდესაც მოცემულია ხაზის საწყისი პარამეტრები, შორეული ხაზის განტოლებები ჩაიწერება შემდეგი ფორმით [1, 2]:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = U_1 \cos \lambda x - j\sqrt{3} \cdot I_1 Z_c \sin \lambda x \\ \dot{I}_x = I_1 \cos \lambda x - j \frac{U_1}{\sqrt{3} \cdot Z_c} \sin \lambda x \\ \dot{S}_x = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_x \cdot \dot{I}_x = P_x \pm jQ_x \end{cases} \quad (1)$$

სადაც: $\lambda x = \beta_0 \cdot l_x$ - ხაზის ტალღური სიგრძე სათავიდან x წერტილამდე; $Z_c = \sqrt{\frac{z_0}{y_0}}$, აქ $Z_c = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}}$ - ხაზის ტალღური წინაღობა, ომი; U_1 - ხაზური ძაბვის მუშა მნიშვნელობა ხაზის თავში, კვ; I_1 - ფაზური დენის მნიშვნელობა ხაზის საწყის კვანძში, კა.

როდესაც მოცემულია ხაზის ბოლოს პარამეტრები, შორეული ხაზის განტოლებები ჩაიწერება შემდეგი ფორმით [1, 2]:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = U_2 \cos \lambda x + j\sqrt{3} \cdot I_2 Z_c \sin \lambda x \\ \dot{I}_x = I_2 \cos \lambda x + j \frac{U_2}{\sqrt{3} \cdot Z_c} \sin \lambda x \\ \dot{S}_x = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_x \cdot \dot{I}_x = P_x \pm jQ_x \end{cases} \quad (2)$$

სადაც: $\lambda x = \beta_0 \cdot l_x$ - გახლავთ ხაზის ტალღური სიგრძე, ხაზის ბოლოდან x წერტილამდე; U_2 - ხაზური ძაბვის მუშა მნიშვნელობა ხაზის ბოლოში, კვ; I_2 - ფაზური დენის მნიშვნელობა ხაზის ბოლო კვანძში, კა.

სრული სიმძლავრე ხაზის თავში ტოლია:

$$\dot{S}_1 = \sqrt{3} \dot{U}_1 \cdot \dot{I}_1$$

შესაბამისად შეგვიძლია დავწეროთ, რომ [2]:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{S}_1}{\sqrt{3} \cdot \dot{U}_1} = \frac{P_1 - jQ_1}{\sqrt{3} \cdot U_1}; \quad (3)$$

თუ (3) გამოსახულებას ჩავსვამთ (1) განტოლებათა სისტემის პირველ და მეორე განტოლებებში, მაშინ მარტივ მათემატიკურ გარდაქმნათა შედეგად მივიღებთ ზემადალი ძაბვის ხაზების განტოლებებს ჩაწერილ სიმძლავრეთა ფარდობით ერთეულებში (ხაზის საწყისი მონაცემების მიხედვით) [1]:

$$\begin{cases} \dot{U}_x = U_1 [(\cos \lambda x - Q_{*1} \sin \lambda x) - jP_{*1} \sin \lambda x] \\ \dot{I}_x = \frac{U_1}{\sqrt{3} \cdot Z_c} [P_{*1} \cos \lambda x - j(\sin \lambda x + Q_{*1} \cos \lambda x)] \end{cases} \quad (4)$$

სადაც $P_{*1} = \frac{P_1}{S_{1,ბაზ}} = \frac{P_1}{U_1^2/Z_c}$; $Q_{*1} = \frac{Q_1}{S_{1,ბაზ}} = \frac{Q_1}{U_1^2/Z_c}$ ხაზის თავში სიმძლავრეთა ფარდობით მნიშვნელობები.

(4) გამოსახულებათა გათვალისწინებით შესაძლებელია ავარგოთ ზემადალი ძაბვის ხაზის გასწვრივ ძაბვისა და დენ განაწილება, როდესაც ცნობილია ხაზის სათავის პარამეტრები.

თუ კი l_x მანძილს ავთვლით ხაზის ბოლოდან სათავისაკენ მაშინ (4) განტოლებათა სისტემის შედეგად მივიღებთ ზემადალი ძაბვის ხაზების განტოლებებს ჩაწერილ სიმძლავრეთა ფარდობით ერთეულებში (ხაზის ბოლოს მონაცემების მიხედვით) [1]:

$$\dot{U}_x = U_2 [(\cos \lambda x + Q_{*2} \sin \lambda x) + jP_{*2} \sin \lambda x] \quad (5)$$

$$\dot{I}_x = \frac{U_2}{\sqrt{3} \cdot Z_c} [P_{*2} \cos \lambda x + j(\sin \lambda x - Q_{*2} \cos \lambda x)]$$

(4) გამოსახულებათა გათვალისწინებით ზემადალი ძაბვის ეგზ-ის სათავიდან x მანძილზე სრული \dot{S}_x სიმძლავრე იქნება:

$$\dot{S}_x = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_x \cdot \dot{I}_x = U_1 [(\cos \lambda x - Q_{*1} \sin \lambda x) - jP_{*1} \sin \lambda x] \cdot \frac{U_1}{Z_c} [P_{*1} \cos \lambda x + j(\sin \lambda x + Q_{*1} \cos \lambda x)]$$

შესაბამის მათემატიკურ გარდაქმნათა შედეგად მივიღებთ:

$$\begin{aligned} \dot{S}_x = P_x + jQ_x = \frac{U_1^2}{Z_c} & \left[P_{*1} \right. \\ & + j \left(\frac{\sin 2\lambda x}{2} + Q_{*1} \cos 2\lambda x \right. \\ & \left. \left. - \frac{\sin 2\lambda x}{2} (Q_{*1}^2 + P_{*1}^2) \right) \right] \end{aligned}$$

მამასადამე ხაზის სათავიდან x მანძილზე რეაქტიული სიმძლავრე გახლავთ:

$$\begin{aligned} Q_x = \frac{U_1^2}{Z_c} & \cdot \left[\frac{\sin 2\lambda x}{2} + Q_{*1} \cos 2\lambda x \right. \\ & \left. - \frac{\sin 2\lambda x}{2} (Q_{*1}^2 + P_{*1}^2) \right] \quad (6) \end{aligned}$$

(6) გამოსახულების გათვალისწინებით შესაძლებელია ზემადალი ძაბვის ხაზის გასწვრივ განისაზღვროს რეაქტიული სიმძლავრის განაწილება, როდესაც მოცემულია ხაზის სათავის პარამეტრები.

ზემადალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზის ბოლოებში რეაქტიული სიმძლავრის ფარდობითი მნიშვნელობები შეგვიძლია მივიღოთ (4) და (5) განტოლებათა სისტემის პირველი განტოლებებიდან. ამ შემთხვევაში ხაზის ტალღური სიგრძე $\lambda x = \lambda = \beta_0 \cdot l$, შესაბამისად (4) განტოლებათა სისტემაში $\dot{U}_x = U_2$, ხოლო (5)-ში $\dot{U}_x = U_1$.

$$(4)$$

ზემოთქმულის საფუძველზე (5) განტოლებათა სისტემიდან გვაქვს [1]:

$$\frac{U_1}{U_2} = k = \cos\lambda + Q_{*2}\sin\lambda + jP_{*2}\sin\lambda \quad (7)$$

თუ კი (7) –ს ავიყვანთ კვადრატში მივიღებთ:

$$k^2 = (\cos\lambda + Q_{*2}\sin\lambda)^2 + (P_{*2}\sin\lambda)^2 \quad (8)$$

მასსადავსა ზემალაღი ძაბვის ელექტრო-გადამცემ ხაზის ბოლოებში რეაქტიული სიმძლავრის ფარდობითი მნიშვნელობები არის [1]:

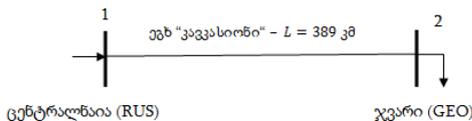
$$Q_{*1} = k^2 \operatorname{ctg}\lambda - \sqrt{\left(\frac{k}{\sin\lambda}\right)^2 - P_{*2}^2} \quad (9)$$

$$Q_{*2} = -\operatorname{ctg}\lambda + \sqrt{\left(\frac{k}{\sin\lambda}\right)^2 - P_{*2}^2}$$

საქართველოს სისტემაწარმომქნელი ქსელის ზემალაღი ძაბვის ხაზებში რეჟიმის პარამეტრთა განაწილება ხაზის გასწვრივ – აღნიშნული პროცესი განვიხილოთ საქართველოს სისტემაწარმომქნელი ქსელის სისტემათაშორისი 500 კვ ეგბ - „კავკასიონის“ მაგალითზე.

სისტემათაშორისი 500 კვ ეგბ „კავკასიონი“ – აღნიშნული ზემალაღი ძაბვის ხაზი ერთმანეთთან აკავშირებს საქართველოსა და რუსეთის ელექტროსისტემებს. ხაზის სიგრძე დღესდღეობით 500 კვ ქვესადგურ „ჯვარში“ შეჭრის შემდეგ გახლავთ 389 კმ, ხოლო 500 კვ ნენსკრას კვანძის ექსპლუატაციაში (2024 წელი) შესვლის შემდეგ მისი სიგრძე შემცირდება 342 კმ-მდე. უნდა აღინიშნოს, რომ ხაზის ტრასა გამოირჩევა რთული რელიეფითა და მკაცრი გარემო პირობებით, ის გადადის კავკასიონის მთავარ ქედზე [3].

ეგბ „კავკასიონის“ პრინციპიაღური სქემა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. სქემაზე „1“ კვანძია -- ცენტრალნაია (RUS), ხოლო „2“ კვანძია - ჯვარი (GEO).



ნახ.1. ეგბ „კავკასიონის“ პრინციპიაღური სქემა

აღნიშნული ხაზი შესრულებულია AC – 3x300/67 ტიპის საჰაერო სადენით [3]. ხაზის ელექტრული პარამეტრებია:

$$\left[r_0 = 0,034 \frac{\text{ომი}}{\text{კმ}}; x_0 = 0,31 \frac{\text{ომი}}{\text{კმ}}; b_0 = 3,97 \cdot 10^{-6} \frac{\text{სიმ}}{\text{კმ}}; Z_c = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}} = 279,44 \text{ ომი}; \right] \quad [4].$$

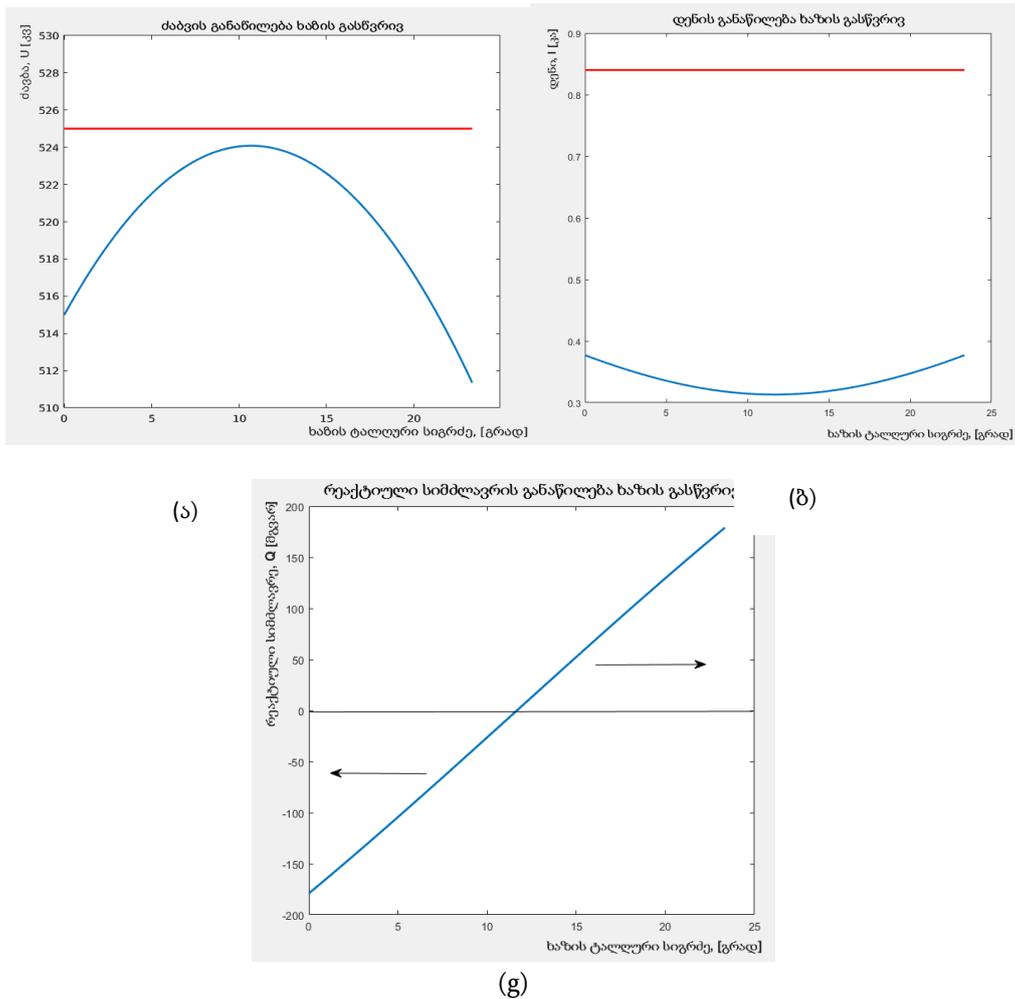
ანგარიში ჩატარდა ხაზის საწყისი პარამეტრების მიხედვით დატვირთვის ორი ზღვრული (მაქსიმალური, მინიმალური) მნიშვნელობებისათვის.

ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების თანახმად ხაზის გასწვრივ ძაბვის დასაშვები მაქსიმალური მნიშვნელობა გახლავთ $U_{max,დას} = 525$ კვ, ხოლო დენის ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობა AC – 3x300/67 ტიპის სადენებში $I_{max,დას} = 0,84$ კა [4].

მინიმალური დატვირთვის რეჟიმი – ამ დროს ხაზი დატვირთულია ნატურალური სიმძლავრის 30%-ით, ანუ $P_1 = 0,3 \cdot P_{ნტ} = P_{*1} = 0,3 \approx 265$ მგვტ. ანგარიშის პროცესში მივიღოთ, რომ ძაბვის ვარდნას ხაზის ბოლოებში ადგილი არ აქვს და ტოლია:

$$\left(k = \frac{U_1}{U_2} = 1; U_1 = U_2 = 515 \text{ კვ}; \right).$$

ანგარიშის პროცედურა შემდეგია: (9) განტოლებათა სისტემიდან განვსაზღვროთ რეაქტიული სიმძლავრის ფარდობითი მნიშვნელობები (Q_{*1}, Q_{*2}) ხაზის ბოლოებში და შემდგომ (4) და (6) გამოსახულებათა საშუალებით შევძლებთ განვსაზღვროთ რეჟიმის პარამეტრთა განაწილება ხაზის გასწვრივ, შედეგები ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე.



ნახ. 2. მინიმალურ დატვირთვის რეჟიმში 500 კვ ეგზ „კავკასიონის“ გასწვრივ ძაბვის (ა), დენის (ბ), რეაქტიული სიმძლავრის (გ) განაწილება

მოგეხსენებათ, ნატურალურ სიმძლავრემდე დატვირთვის დროს ზემოდალი ძაბვის ქსელში გვაქვს რეაქტიული სიმძლავრის სიჭარბე, შესაბამისად ძაბვა ხაზის გასწვრივ იზრდება და თავის მაქსიმალურ (ექსტრემალურ) მნიშვნელობას აღწევს ხაზის შუა მიდამოში, შემდეგ კი მცირდება (იხ.ნახ. 2,ა). შევნიშნოთ, რომ მინიმალური დატვირთვისას ძაბვის განაწილება ეგზ „კავკასიონზე“ საყურადღებოა, ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა ექსტრემუმის წერტილში (ტრასის შუა მიდამო) გახლავთ $U_{max} = 524,1$ კვ, იხ. ნახ. 2,ა.

აგრეთვე გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ჩვენ განვიხილეთ შემთხვევა, როდესაც: $k = 1$; $U_1 = U_2 = 515$ კვ. შესაბამისად მინიმალური დატვირთვისას ეგზ-ს ბოლოებში უნდა ვეცადოთ, რომ ძაბვის მუშა მნიშვნელობა არ ასცდეს 515 კვ-ს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ძაბვის მუშა მნიშვნელობამ ხაზის გასწვრივ

შესაძლოა მიიღოს ელექტრული გვირგვინისა და იზოლაციისათვის დაუშვებელი მნიშვნელობა.

მინიმალური დატვირთვის რეჟიმისას დენის განაწილება ეგზ „კავკასიონის“ გასწვრივ დასაშვებ ფარგლებშია, იხ. ნახ. 2,ბ. ეს აიხსნება ხაზის მცირე დატვირთულობით.

მოგეხსენებათ, რეაქტიულ სიმძლავრეს ზემოდალი ძაბვის ხაზებში გააჩნია „გამჭოლი ეფექტი“, რომელიც გულისხმობს მას, რომ რეაქტიული სიმძლავრის ნაკადი მიმართულია მაღალი ძაბვის ნიშნულიდან დაბალი ნიშნულისაკენ. ჩვენს შემთხვევაში ეგზ-ს კუაზი-შუა წერტილიდან (ექსტრემუმის წერტილი) ხაზის საწყისსა და ბოლოსაკენ, ესეიგი რეაქტიული სიმძლავრის გამყოფი კვანძი მდებარეობს ხაზის კუაზი-შუა წერტილში. შესაბამისად ამ დროს ხაზის ბოლოებში ხაზიდან შემოდის ჭარბი რეაქტიული

სიმძლავრე და მათი მნიშვნელობა გახლავთ:
 $Q_1 = -179$ მგვარ და $Q_2 = 179$ მგვარ (იხ.ნახ.2,გ).

შევნიშნოთ, რომ რეაქტიული სიმძლავრე აიღება დადებითი ნიშნით, როდესაც ის მიმართულია ელექტროენერჯის გამცემი კვანძიდან ელექტროენერჯის მიმღებ კვანძისაკენ.

მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმი – ამ დროს ხაზი დატვირთულია ნატურალური სიმძლავრის 70%-ით, ანუ $P_1 = 0,7 \cdot P_{ნატ} = P_{*1} = 0,7 \approx 625$ მგვტ. ანგარიშის პროცესში მივიღოთ, რომ ძაბვის ვარდნას ხაზის ბოლოებში ადგილი არ აქვს და ტოლია: $(k = \frac{U_1}{U_2} = 1; U_1 = U_2 = 505 \text{ კვ;})$.

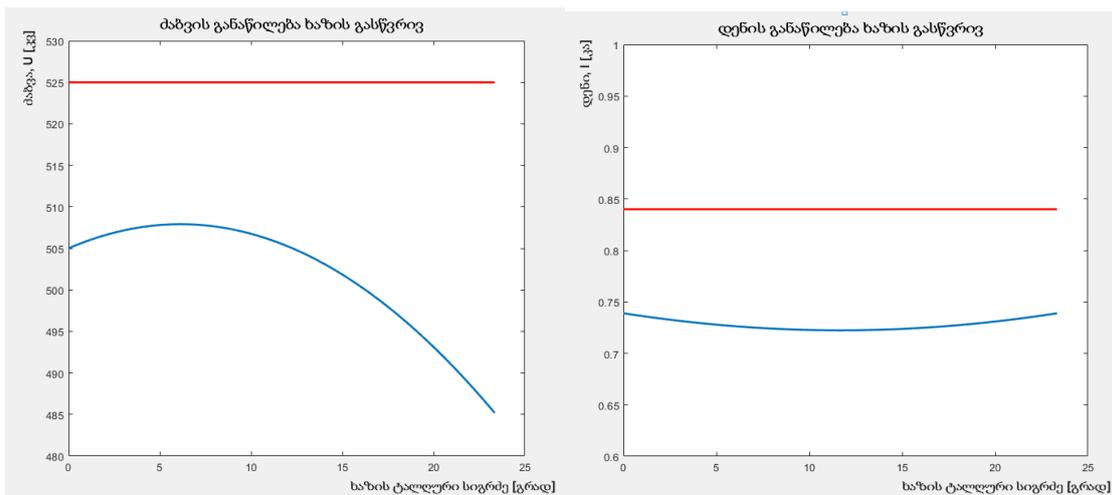
ანგარიშის პროცედურა აქაც იგივეა, როგორც მინიმალური დატვირთვისას, შედეგები ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე.

მაქსიმალური დატვირთვისას, მინიმალურისაგან განსხვავებით, ქსელში გვაქვს რეაქტიული სიმძლავრის ნაკლები სიჭარბე. მეორემხრივ, ძაბვის განაწილების ბუნება აქაც იგივეა, როგორც წინა შემთხვევაში, თუმცა ხასიათდება მცირე მასშტაბით და არ არის საგანგაშო. შესაბამისად ძაბვა ხაზის გასწვრივ იზრდება და თავის მაქსიმალურ(ექსტრემალურ) მნიშვნელობას აღწევს ხაზის შუა მიდამოში, შემდეგ კი მცირდება, იხ.ნახ.3,ა. შევნიშნოთ, რომ ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა ექსტრემუმის

წერტილში (ტრასის შუა მიდამო) გახლავთ $U_{max} = 507,9$ კვ (იხ. ნახ. 3,ა).

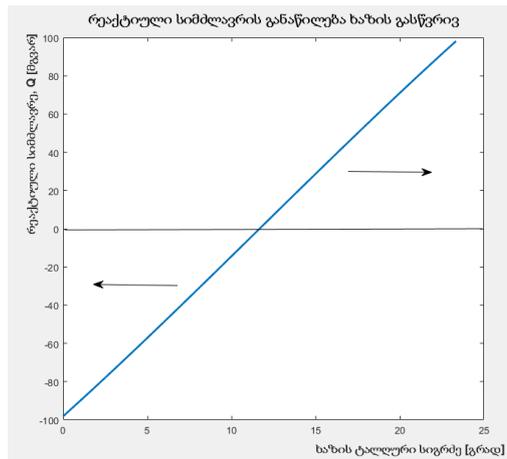
მაქსიმალური დატვირთვის რეჟიმისას დენის განაწილება ეგზ „კავკასიონის“ გასწვრივ თეორიულად დასაშვებ ფარგლებშია, იხ.ნახ.3,ბ. თუმცა წინა შემთხვევისაგან განსხვავებით ახლოა მის ჭერულ მნიშვნელობასთან და ბევრად ნაკლებია ხაზის ნარჩენი რეზერვი. ამიტომ ვფიქრობთ, რომ ხაზის მიმე რელიეფური პირობების გათვალისწინებით (ის კვეთს კავკასიონის მთავარ ქედს) ეს რისკის შემცველია. ასეთი სიმძლავრეების გადაცემის აუცილებლობის შემთხვევაში რეკომენდირებულად მიგვაჩნია მაგისტრალის გაორჯაჭვიანება ან სხვა ტექნიკური ღონისძიებების მიღება.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ რეაქტიულ სიმძლავრეს ზემდალი ძაბვის ხაზებში გააჩნია „გამჭოლი ეფექტი“, რომელიც გულისხმობს მას, რომ რეაქტიული სიმძლავრის ნაკადი მიმართულია მაღალი ძაბვის ნიშნულიდან დაბალი ნიშნულისაკენ. ჩვენს შემთხვევაში ეგზის კუაზი-შუა წერტილიდან (ექსტრემუმის წერტილი) ხაზის საწყისსა და ბოლოსაკენ, ესეიგი რეაქტიული სიმძლავრის გამყოფი კვანძი მდებარეობს ხაზის კუაზი-შუა წერტილში. შესაბამისად ამ დროს ხაზის ბოლოებში ხაზიდან შემოდის ჭარბი რეაქტიული სიმძლავრე (უფრო ნაკლები ვიდრე წინა შემთხვევაში) და მათი მნიშვნელობა გახლავთ: $Q_1 = -98$ მგვარ და $Q_2 = 98$ მგვარ (იხ. ნახ. 3,გ).



(ა)

(ბ)



(გ)

ნახ. 3. მინიმალურ დატვირთვის რეჟიმში 500 კვ ეგზ „კავკასიონის“ გასწვრივ ძაბვის (ა), დენის (ბ), რეაქტიული სიმძლავრის (გ) განაწილება

დასკვნა

1. სისტემათაშორისი 500 კვ ეგზ „კავკასიონის“ მინიმალური დატვირთვისას ძაბვის განაწილება ხაზის გასწვრივ საყურადღებოა, რამეთუ ძაბვის ექსტრემალური მნიშვნელობა უახლოვდება ზღვრულ მაქსიმალურ მნიშვნელობას. ამიტომ მიზანშეწონილია ცენტრალნაიასა და ჯვარის 500 კვ საკონტროლო კვანძებში ძაბვის მუშა მნიშვნელობები შევინარჩუნოთ შესაძლო დაბალ ნიშნულამდე, კერძოდ 515 კვ-მდე (ჩათვლით).

2. სისტემათაშორისი 500 კვ ეგზ „კავკასიონზე“ მაქსიმალური დატვირთვისას დენის განაწილება ხაზის გასწვრივ საყურადღებოა, კერძოდ ის ახლოა მის ჭერულ მნიშვნელობასთან და ბევრად ნაკლებია ხაზის ნარჩენი რეზერვი. ამიტომ ვფიქრობთ, რომ ხაზის მძიმე რელიეფური პირობების გათვალისწინებით (ის კვეთს კავკასიონის მთავარ ქედს) ეს რისკის შემცველია. ასეთი სიმძლავრეების გადაცემის აუცილებლობის შემთხვევაში რეკომენდირებულად მიგვაჩნია მაგისტრალის გაორჯაჭვიანება, გახლეჩილ სადენტო რაოდენობისა ან/და ხაზის განიკვეთის გაზრდა ან სხვა ტექნიკური ღონისძიებების მიღება.

3. ეგზ „კავკასიონის“ გასწვრივ რეაქტიული სიმძლავრის ნაკადგადადინებები საყურადღებოა განსაკუთრებით ხაზის მინიმალური დატვირთვის რეჟიმში. რეაქტიულ სიმძლავრეთა დაბალანსების მიზნით ცენტრალნაიასა და ჯვარის საკონტროლო კვანძებში შესაძლოა დაიდგას რეაქტიული სიმძლავრის დამატებითი წყაროები.

ლიტერატურა

1. Рыжов Ю.П., Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения. М.:Издат.дом МЭИ. 2007.
2. Веников В.А., Глазунов А.А., Жуков Л.С., Солдаткина Л.А. Электрические системы. Т.2. электрические сети/Под ред. В.А. Веникова: Высшая школа. 1971. – 440с.
3. საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა 2019-2029. გადამცემი სისტემის ოპერატორი „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“. თბილისი. 2019.
4. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М., Справочник по проектированию электрических сетей. М.:НИЦ ЭНАС. 2009.

References (Transliterated)

1. Ryzhov Yu.P., Extra-high voltage long-distance power transmission. M - MPEI Publishing House, 2007.
2. Venikov V.A., Glazunov A.A., Zhukov L.C., Soldatkina L.A. Power systems. T.2. Electric networks.- Edited by V.A. Venikov. : Graduate school, 1971.– 440 pg.
3. Georgia transmission network development ten-year plan 2019-2029. Transmission system operator "Georgian State Electrosystem", Tbilisi, 2019.
4. Karapetyan I.G., Faibisovich D.L., Shapiro I.M., Assistant in the design of electrical networks. M - Publishing House "NTs ENAS", 2009.

ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის დიაგნოსტიკა წინააღმდეგობის სიდიდით

რამინ ჩიხლაძე, ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: r.chixladze@gtu.ge
ქეთევან ჩიხლაძე, აკადემიური დოქტორი, ასისტენტ პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: q.chixladze@gtu.ge
ზურაბ ჯანიაშვილი, აკადემიური დოქტორი.

ანოტაცია. განხილულია ძალური ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის დიაგნოსტიკა წინააღმდეგობის სიდიდის მიხედვით. გაანალიზებულია გაზომვის ტრადიციული და ზონური მეთოდებით მიღებული შედეგების სიზუსტე. ნაჩვენებია გაზომვის სიზუსტის დამოკიდებულება ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობაზე. მოყვანილია ტრადიციული გაზომვის შედეგებით საიზოლაციო სისტემის ცალკეული ზონის წინააღმდეგობის გამოთვლის ფორმულები.

საკვანძო სიტყვები: ტრანსფორმატორი, დიაგნოსტიკა, საიზოლაციო სისტემა, წინააღმდეგობა.

Diagnosing the insulation system of the transformer by the value of impedance

Ramin Chikhladze, Candidate of Technical Sciences, Professor.
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: r.chixladze@gtu.ge
Ketevan Chikhladze, PhD, Assistant Professor, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia,
E-mail: q.chixladze@gtu.ge
Zurab Janiashvili – PhD, e-mail: z.janiashvili@yahoo.com

Annotation. The diagnosis of the insulation system of the power transformer according to the value of the impedance is discussed. The accuracy of the results obtained by traditional and zonal measurement methods is analyzed. The dependence of the measurement accuracy on the duration of the voltage is shown. Formulas for calculating the resistance of a separate zone of the insulation system with the results of traditional measurements are given.

Keywords: Transformer, diagnostics, isolation system, impedance.

შესავალი. მაღალი ძაბვის საიზოლაციო სისტემის მდგომარეობის შეფასება ძირითადად იზოლაციის წინააღმდეგობის (R) და დიელექტრიკული დანაკარგების (tgd) სიდიდის მიხედვით წარმოებს, მაგრამ თუ საიზოლაციო სისტემის მუშა ძაბვა 35 კვ-ს არ აღემატება, მაშინ საიზოლაციო სისტემის მდგომარეობას მხოლოდ იზოლაციის წინააღმდეგობის სიდიდის მიხედვით აფასებენ.

საიზოლაციო სისტემის წინააღმდეგობის განსაზღვრა ინფორმაციულია იმ შემთხვევაში, თუ საიზოლაციო სისტემა ერთ მთლიან წარმოდგენს და არ შედგება რამოდენიმე ზონისგან, მაგრამ თუ დანადგარს სხვადასხვა სიდიდის ძაბვა გააჩნია (მაგალითად, ტრანსფორმატორი - მაღალი, საშუალო და დაბალი ძაბვის გრაგნილები), მაშინ საიზოლაციო სისტემა რამოდენიმე ნაწილისგან (ზონისგან) შედგება. ამ ნაწილების დანიშნულებაა შექმნას იზოლაცია არა მარტო ავთან, არამედ ერთმანეთთან, შესაბამისად მათ, როგორც საერთო, ასევე ინდივიდუალური დანიშნულება გააჩნია. იმისათვის, რომ საერთო დანიშნულების მდგომარეობა შევაფასოთ, აუცილებელია ერთის მახასიათებელი განვსაზღვროთ დანარჩენის

მიმართ (გაზომვის ტრადიციული სქემა), ხოლო ინდივიდუალური დანიშნულების შეფასებისას აუცილებელია ცალკეული ნაწილის (ზონის) მახასიათებლის განსაზღვრა [1]. ამასთანავე უნდა გამოვრიცხოთ დანარჩენი ზონის გავლენა (გაზომვის სქემაში ხელსაწყოთა ეკრანის გამოყენება).

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს: გაზომვის ტრადიციული სქემით განსაზღვრული საიზოლაციო სისტემის წინააღმდეგობის მნიშვნელობით, გამოვთვალოთ საიზოლაციო სისტემის ცალკეული ზონის წინააღმდეგობა და პირიქით. შევაფასოთ გაზომილი და გამოთვლილი სიდიდეების ურთიერთდამთხვევის სიზუსტე.

საიზოლაციო სისტემის დიაგნოსტიკა წინააღმდეგობის სიდიდით

საიზოლაციო სისტემის წინააღმდეგობას მასზე მუდმივი ძაბვის მოქმედებით გამავალი დენის სიდიდე განსაზღვრავს, მაგრამ დენის სიდიდე დროის მიხედვით იცვლება და მისი სიდიდე ნებისმიერ შემთხვევაში გამჭოლი გამტარებლობის დენის და პოლარიზაციის დენების ჯამს წარმოადგენს. როგორც ცნობილია, პოლარიზაციის დენი პოლარიზაციის მექანიზმის დამყარების

შემდეგ მცირდება და თანდათანობით მიიღვება. შესაბამისად იზოლაციის წინააღმდეგ გამჭოლი გამტარებლობის დენი განსაზღვრავს, რომლის სიდიდე დენის მატარებლების ტიპის, ელექტრული ველის დაძაბულობის და ძაბვის მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით იცვლება. ეს უკანასკნელი ფაქტორი იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში მისი სიდიდე ძაბვის მოქმედების დაწყებიდან 15 სთ-ის შემდეგაც კი იზრდება.

სწრაფად მიმდინარე პოლარიზაციის პროცესები ძაბვის მოქმედებიდან რამოდენიმე წამის განმავლობაში დამყარებულია და შესაბამისი პოლარიზაციის ამ მექანიზმით წარმოქმნილი დენის სიდიდეც ნოლის ტოლია. ამ მომენტში დენის ან წინააღმდეგ განსაზღვრა მისი არასტაბილურობის გამო შეუძლებელია [2]. ამის გამო მახასიათებლების განსაზღვრა მიზანშეწონილია ძაბვის მოქმედებიდან 15 წმ-ის შემდეგ. მას შესაბამისად R_{15} -ით აღნიშნავენ.

თუ წყლის მოლეკულების კონცენტრაცია საიზოლაციო სისტემაში მცირეა, მაშინ მათი მოძრაობით გამოწვეული მიგრაციული პოლარიზაცია, როგორც წესი 60 წმ-ის შემდეგ სრულებით დამთავრებულია შესაბამისად აითვლება წინააღმდეგობა R_{60} . ხოლო გამჭოლ გამტარებლობაში მონაწილე მინარევების რაოდენობათანდათანობით მცირდება (ელექტროგაწმენდა) და ეს პროცესები დიელექტრიკში ხანგრძლივად მიმდინარე პროცესებს მიეკუთვნება, რომლის ხანგრძლივობა 5 000 წმ-მდე გრძელდება. უფრო ინტენსიურად კი 1500 წმ-მდეა. ამის გამო საიზოლაციო სისტემის წინააღმდეგობა 600 და 1200 წმ-ის შემდეგ განსაზღვრავენ (R_{60} , R_{1200}). უფრო ხანგრძლივი გაზომვები, გაზომვის დიდი დროის გამო მიუხედავად ინფორმაციულობისა მიზანშეწონილი არ არის და მხოლოდ ახლადშექმნილი საიზოლაციო სისტემის ფუნდამენტალური გამოკვლევებისას გამოიყენება [3].

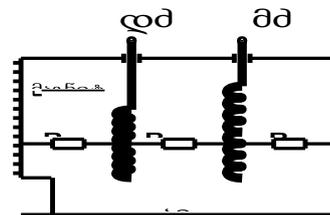
როგორც წესი, მაღალი ძაბვის ტრანსფორმატორების პასპორტში ან გაზომვის საერთაშორისო ნორმაში ან ჩვენთან მოქმედ ნორმებში მხოლოდ ტრადიციული გაზომვის შედეგებია მოყვანილი და ექსპლუატაციაში გაზომვებს და შეფასებებს ამ სქემის მიხედვით ატარებენ. მაგრამ ტრადიციული სქემით გაზომვისას, როდესაც ერთის მახასიათებელი ყველას მიმართ იზომება, მაშინ ერთი ზონის დაბალი მახასიათებელი გადაფარულია მეორე კარგი ზონის მახასიათებლით, რის გამოც ზოგადი

სურათით კონკრეტული ზონის მდგომარეობის შეფასება შეუძლებელია. ნებისმიერი ზონის მახასიათებლის ნორმაზე ნაკლები მნიშვნელობა მთელი საიზოლაციო სისტემის იმედიანობას ამცირებს [4]. ამის გამო ზონური მეთოდით გაზომვა ან ტრადიციული გაზომვის შედეგიდან ცალკეული ზონის მახასიათებლის გამოთვლა უფრო ინფორმაციულია, ვიდრე ტრადიციული სქემით გაზომვის შედეგები.

განვიხილოთ ორგრაგნილა ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის ზონების ერთმანეთის მიმართ განლაგება და გაზომვის სქემაში მათი მონაწილეობა (ნახ. 1).

ტრადიციული გაზომვის შემთხვევაში დაბალი ძაბვის გრაგნილის საიზოლაციო სისტემის წინააღმდეგობა ერთმანეთთან ელექტრულად დაკავშირებული მაღალი ძაბვის გრაგნილის ($R_{დმ-მმ+ა}$) და ავზის მიმართ ($R_{დმ-ა}$) იზომება.

ამ შემთხვევაში ეს ორი წინააღმდეგობა ერთმანეთის მიმართ პარალელურად არიან განლაგებული და საერთო შედეგში, რომელიმე მათგანის როლის გამოხატვა შეუძლებელია. მსგავსი სურათი გვაქვს, როდესაც მაღალი ძაბვის გრაგნილის წინააღმდეგობას



ნახ. 1. ორგრაგნილა ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის სქემა

($R_{მმ-მმ+ა}$) ვზომავთ დანარჩენის მიმართ ან ელექტრულად გაერთიანებული მაღალი და დაბალი ძაბვის გრაგნილების წინააღმდეგობას ვზომავთ ავზის მიმართ [5]. ამ სქემების ანალიზიდან ჩანს, რომ განხილული გაზომვის ტრადიციული სამივე სქემაში ერთიდაიგივე ზონის წინააღმდეგობა ორჯერ მონაწილეობს, ანუ გვაქვს სამი განტოლება, სამი უცნობით, $R_{დმ-ა}$, $R_{მმ-ა}$, და $R_{მმ-დმ}$, რაც საშუალებას გვაძლევს ამ განტოლებებიდან:

$$R_{მმ-მ}, R_{მმ-მ} \text{ და } R_{მმ-მმმ}$$

$$\frac{1}{R_{დმ-მმ+ა}} = \frac{1}{R_{დმ-ა}} + \frac{1}{R_{დმ-მმ}}$$

$$\frac{1}{R_{მმ-დმ+ა}} = \frac{1}{R_{მმ-ა}} + \frac{1}{R_{დმ-მმ}}$$

$$\frac{1}{R_{მმ-დმ-ა}} = \frac{1}{R_{დმ-ა}} + \frac{1}{R_{მმ}}$$

ცალსახად განვსაზღვროთ ცალკეული ზონის წინალობა:

$$R_{\text{მმ-მ}}, R_{\text{მმ-მ}} \text{ მმ } R_{\text{მმ-მმმ}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot R_{\text{მმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ-დმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ+დმ-მ}} + R_{\text{დმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ+დმ-მ}} - R_{\text{დმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ-დმ+მ}}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot R_{\text{მმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ-დმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ+დმ-მ}} + R_{\text{დმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ-დმ+მ}} - R_{\text{დმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ+დმ-მ}}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot R_{\text{მმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ-დმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ+დმ-მ}} + R_{\text{დმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ-დმ+მ}} - R_{\text{დმ-მმ+მ}} \cdot R_{\text{მმ+დმ-მ}}}$$

ამ ფორმულების სიზუსტის შესამოწმებლად მოვახდინეთ ზონური გაზომვის მეთოდით მიღებული შედეგების შედარება ტრადიციული სქემით გაზომილი შედეგებიდან გამოთვლილი შესაბამისი ზონის წინალობასთან. ამასთანავე გავითვალისწინეთ გაზომვის ცდომილებაზე სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა.

გამოსაკვლევ ობიექტად აღებული იყო კომპანია „ELETTROMECCANICA COLOMBO“-ს მიერ 2021 წელს დამზადებული TTO ტიპის 6/0,4 კვ ძაბვის და 630 კილოვატის სიმძლავრის ტრანსფორმატორი. საქარხნო ნომრით №18392, რომლის საიზოლაციო სისტემის მახასიათებლები საპასპორტო მონაცემით გაზომილი იყო 5000 ვოლტის მქონე მეგერით.

ჩვენს მიერ შედარების მიზნით გაზომვები ჩატარდა ტრადიციული და ზონური მეთოდით 2500 და 5000 ვოლტი ძაბვით. ასევე მოვახდინეთ შედარება ამ გაზომვების და გამოთვლის შედეგების.

ცალკეულ გაზომვებს შორის ყველა გრანგნილს ავზთან და მიწასთან ელექტრული დაკავშირების (გადამოკლების) ხანგრძლივობა მიღებულისგან განსხვავებით 15 წთ-ს შეადგენდა, რის გამოც გაზომილსა და გამოთვლილ სიდიდეებს შორის სხვაობა მნიშვნელოვნად შემცირდა.

წინალობა გაზომილი და გამოთვლილი 2500 ვოლტით

ცხრილი 1

№	გასაზომი ზონა	გაზომილი შედეგი	გამოთვლილი ფორმულით	განსხვავება გამოთვლილსა და გაზომილს შორის, %	
				შედეგი	ნორმა
1	დმ - მმ + ა	510	-	-	≤10
2	მმ - დმ + ა	1210	-	-	
3	დმ + მმ - ა	470	-	-	
4	დმ - ა	317	306	-3,6	
5	მმ - დმ	1500	1535	+2,4	
6	მმ - ა	1016	1006	-0,9	

ცალკეულ გაზომვებს შორის ყველა გრანგნილს ავზთან და მიწასთან ელექტრული დაკავშირების (გადამოკლების) ხანგრძლივობა მიღებულისგან განსხვავებით 15 წუთს შეადგენდა, რის გამოც გაზომილსა და გამოთვლილ სიდიდეებს შორის სხვაობა მნიშვნელოვნად შემცირდა.

წინალობა გაზომილი და გამოთვლილი 5000 ვოლტით (მეგაომი)

ცხრილი 2

№	გასაზომი უბანი	გაზომილი შედეგი	გამოთვლილი ფორმულით	განსხვავება გამოთვლილსა და გაზომილს შორის %	
				შედეგი	ნორმა
1	დმ - მმ + ა	500			≤ 10
2	მმ - დმ + ა	1190			
3	დმ + მმ - ა	480			
4	დმ - ა	300	318	+5,7	
5	მმ - დმ	1295	1341	+3,5	
6	მმ - ა	1142	1082	-5,6	

ორივე ცხრილიდან ჩანს, რომ გაზომვის და გამოთვლის შედეგები კარგად ემთხვევა ერთმანეთს, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ამისთვის ზონური მეთოდებით გაზომვების ჩატარებისას უნდა გამოვიყენოთ გარეშე ფაქტორების გავლენა და რაც მთავარია, ელექტროდების გადამოკლების ხანგრძლივობა 15 წთ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. ამ შემთხვევაში გაზომვების ჩატარების დრო მნიშვნელოვნად იზრდება. მაგრამ მიღებული შედეგები გაცილებით ზუსტია და ცალკეული ზონის მდგომარეობის შეფასებისას მნიშვნელოვანია.

დასკვნა. თუ გაზომვებს ზემოთგანხილული პირობების შესრულებით ჩავატარებთ, მაშინ ტრადიციული სქემით გაზომვის შედეგებით, შეგვიძლია საიზოლაციო სისტემის ნებისმიერი ზონის წინაღობის სიდიდის დიდი სიზუსით განსაზღვრა. განსაზღვრის ცდომილება $\pm 5\%$ -ს არ აღემატება. ეს კი საშუალებას იძლევა დიაგნოსტიკის მიზნით მხოლოდ გაზომვის ერთი მეთოდი გამოვიყენოთ, რაც გაზომვის დროს თითქმის 2-ჯერ ამცირებს.

ლიტერატურა

1. ჯანიაშვილი ზ. მაღალი ძაბვის შემყვანის საიზოლაციო სისტემის წინაღობის გაზომვის ტრადიციული და ზონური მეთოდების შედარება, ენერგია. №4(96). თბილისი. ნაწილი II. 2020. გვ. 27-28. http://www.energyonline.ge/2020/ENERGY_MPPE2020_4_96_2020_2.pdf უკანასკნელად გადამოწმდა 17.10.2022.
2. ჩიხლაძე რ., ჩიხლაძე ქ., ჯანიაშვილი ზ. ორგანული ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის წინაღობის გაზომვის ტრადიციული და ზონური მეთოდების შედარება. „ენერგია“, 2020, №4(96), ნაწილი II, გვ. 35-36. http://www.energyonline.ge/2020/ENERGY_MPPE2020_4_96_2020_2.pdf უკანასკნელად გადამოწმდა 17.10.2022.
3. ჩიხლაძე რ. იზოლაციის ელექტრული გამოცდა და დიაგნოსტიკა. თბილისი, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2010, 296 გვ.
4. Chikhladze R., Chikhladze K., Janiashvili Z. Influence of impurities on the properties of new transformer oil. TOKYO SUMMIT-IV, Proceedings Book of 4th international conference on innovative studies of contemporary sciences. July 29-31 2021, Tokyo, Japan, pp. 150-154. https://www.tokyosummit.org/files/ugd/614b1f_ffb6acf1d1b14e04a1082b34aee18b5d.pdf უკანასკნელად გადამოწმდა 17.10.2022.

5. ჩიხლაძე რ., ჩიხლაძე ქ., ჯანიაშვილი ზ., გაბოშვილი ჯ. ტრანსფორმატორის საიზოლაციო სისტემის დიაგნოსტიკა წინაღობის სიდიდით. „ენერგია“, 2021, №4(100), გვ. 57-62. [http://www.energyonline.ge/j_2021/geo/4\(100\).pdf](http://www.energyonline.ge/j_2021/geo/4(100).pdf) უკანასკნელად გადამოწმდა 17.10.2022.

References (Transliterated)

1. Janiashvili Z. Comparison of traditional and zonal methods of measuring the resistance of high voltage input insulation system/Energy. 2020. No.4(96). part II, p. 27-28. http://www.energyonline.ge/2020/ENERGY_MPPE2020_4_96_2020_2.pdf last checked on 17.10.2022.
2. Chikhladze R., Chikhladze K., Z. Janiashvili. Comparison of traditional and zone methods for measuring the impedance of a two-winding transformer insulation system. "Energy", 2020, No. 4(96), Part II, p. 35-36. http://www.energyonline.ge/2020/ENERGY_MPPE2020_4_96_2020_2.pdf last checked on 17.10.2022.
3. Chikhladze R. Electrical testing and diagnostics of insulation. Tbilisi. "Technical University". 2010. 296 p.
4. Chikhladze R., Chikhladze K., Janiashvili Z. Influence of impurities on the properties of new transformer oil. TOKYO SUMMIT-IV, Proceedings Book of 4th international conference on innovative studies of contemporary sciences. July 29-31 2021, Tokyo, Japan, pp. 150-154. https://www.tokyosummit.org/files/ugd/614b1f_ffb6acf1d1b14e04a1082b34aee18b5d.pdf last checked on 10/17/2022.
5. Chikhladze R., Chikhladze K., Janiashvili Z., Gaboshvili J. Diagnosing the insulation system of the transformer by the value of impedance. "Energy", 2021. No. 4(100). p. 57-62. [http://www.energyonline.ge/j_2021/geo/4\(100\).pdf](http://www.energyonline.ge/j_2021/geo/4(100).pdf) last checked 17.10.2022.

ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება პერსონალური მონაცემების ბიომეტრულ დაცვაში

ნინო ღინტიბიძე, ტექნ. მეცნ. კანდიდატი. ასოცირებული პროფესორი
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქ.ქუთაისი, საქართველო
E-mail: nino.gintibidze@gmail.com

ანზორ ბაბუნაშვილი, PhD,
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქ.ქუთაისი, საქართველო
ქრისტინე ღინტიბიძე, მაგისტრი,
ანტვერპენის უნივერსიტეტი. ქ.ანტვერპენი. ბელგია. email: gristinegintibidze@gmail.com
ცოტნე ბაბუნაშვილი, მაგისტრი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო.
E-mail: tsotne.babunashvili@gmail.com

ანოტაცია. შესწავლილია პერსონალური მონაცემების დაცვაში გამოყენებული მახასიათებლების თვისებები და პარამეტრები. განხილულია თითის ანაბეჭდების მიღების და დამუშავების მეთოდები. განხილულია თითის ანაბეჭდის დამუშავების მეთოდები.

ხელოვნური ინტელექტის საშუალებით თითის ანაბეჭდის შესასწავლად მუშავდება ალგორითმები და პროგრამები იმ პარამეტრების შესასწავლად, რომლითაც შესაძლებელი გახდება თითის აღწრა და ინდივიდუალური მახასიათებლის დადგენა. ჯერჯერობით ასეთ პარამეტრად მიგვაჩნია საკონტროლო წერტილები, რომელთა განლაგება თითზე ინდივიდუალურია. ამ პრობლემის დაგასაჭრელად შეიძლება იქნეს გამოყენებული საკონტროლო წერტილების კოორდინატების დასადგენად.

შესწავლილი იქნა ადამიანის თითის კომპიუტერში დასკანერებული ანაბეჭდი. საკონტროლო წერტილების კოორდინატების დადგენის მიზნით დაიწერა პროგრამა PYTHON ში. პროგრამის საშუალებით განისაზღვრა სამი თითის საკონტროლო წერტილების კოორდინატები.

საკვანძო სიტყვები: ხელოვნური ინტელექტი. ბიომეტრული დაცვა. საკონტროლო წერტილები. თითის ანაბეჭდი. პროგრამა. იდენტიფიკაცია. ვერიფიკაცია. კოორდინატები.

Application of artificial intelligence in biometric protection of personal data

Nino Ghintibidze, Doctor of Science. Associate Professor
Akaki Tsereteli State University. Kutaisi city. Georgia, E-mail: nino.gintibidze@gmail.com

Anzor Babunashvili, PhD
Akaki Tsereteli State University. Kutaisi city. Georgia.

Christine Ghintibidze, Master.
University of Antwerp. St. Antwerp. Belgium. E-mail: gristinegintibidze@gmail.com

Tsotne Babunashvili, Master,
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: tsotne.babunashvili@gmail.com

Annotation. The properties and parameters of the features used in the protection of personal data are studied. Methods of obtaining and processing fingerprints are discussed. Fingerprint processing methods are discussed.

Algorithms and programs are being developed for the study of fingerprints by means of artificial intelligence to study the parameters by which it will be possible to capture the finger and determine the individual characteristic. So far, we consider the control circles as such parameters, the arrangement of which is individual on the finger. To solve this problem, it can be used to determine the coordinates of the control points.

A computer scanned human fingerprint was studied. In order to determine the coordinates of the control points, a program was written in PYTHON. The program determined the coordinates of the control points of three fingers.

Keywords: Artificial intelligence, biometric protection, control points, fingerprint, program, identification, verification, coordinates.

შესავალი. ბიომეტრული მახასიათებლები არის მუდმივი, უნიკალური, არატრანსფორმირებადი, ძნელად წარმოებადი ან გაყალბებადი, შესაცვლელად რთული.

პერსონალურ მონაცემთა დაცვის შესახებ" საქართველოს კანონის მე-2 მუხლის მიხედვით, დამუშავება გულისხმობს მონაცემებზე განხორციელებულ ნებისმიერ ქმედებას,

მაგალითად, მონაცემთა შეგროვება, ჩაწერა, ფოტოზე აღბეჭდვა, აუდიო/ვიდეოჩაწერა, ორგანიზება, შენახვა, შეცვლა, აღდგენა, გამოყენება, გამჟღავნება, დაჯგუფება, კომბინაცია, დაბლოკვა, წაშლა, განადგურება და სხვა. დამუშავება შესაძლებელია განხორციელდეს როგორც ავტომატურად (კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით), ისე არაავტომატურად (ჟურნალის წარმოება, მონაცემების ხელით შეყვანა) ან ნახევრად ავტომატური გზით. იმისთვის, რომ ბიომეტრულ მონაცემთა დამუშავება იყოს კანონიერი, უნდა არსებობდეს მათი დამუშავების სამართლებრივი საფუძველი, მკაცრად განსაზღვრული კანონიერი მიზანი/მიზნები და დაცული უნდა იყოს კანონით გათვალისწინებული პრინციპები.

მსოფლიო პრაქტიკაში გამოიყენება ბიომეტრიული მონაცემების დამუშავების ორი ძირითადი მეთოდი, ესენია ვერიფიკაცია და იდენტიფიკაცია. მათ შორის სხვაობა არსებითია. ყველაზე ხშირად სწორედ ამ ორი მეთოდის გამოყენებით ხდება ბიომეტრიული მონაცემების დამუშავება როგორც ფიზიკურ, ასევე ვირტუალურ სივრცეში (წვდომა კონკრეტულ სერვერზე ან სისტემაზე) შეღწევის კონტროლის მიზნით.

აქტუალობა

განპირობებულია ხელოვნური ინტელექტის დამკვიდრებით პერსონალური მონაცემების ბიომეტრულ დაცვაში. აღნიშნული მიმართულება ახლა ინერგება როგორც ქსპერტიზაში ასე დაცვის სისტემებში. ნაკლებადაა შესწავლილი მისი გამოყენების შესაძლებლობები და პრინციპები.

სამუშაოს მიზანი

ჩვენი სამუშაოს მიზანია პერსონალური მონაცემების ბიომეტრულ დაცვაში გამოყენებული მონაცემების და მათი პარამეტრების შესწავლა, მათემატიკური მოდელის შექმნა თითოეულში კანონზომიერების დადგენის მიზნით. შემდეგ შესწავლილ პარამეტრების შორის კორელაციური ანალიზი და ადამიანის პორტრეტის შექმნა, მათემატიკური მოდელის საშუალებით. მოცემულ სამუშაოში განხილულია მხოლოდ ერთი მახასიათებელი - თითის ანაბეჭდი.

თითის ანაბეჭდის გამოსახვის გამოყენება მახასიათებლების მიხედვით, ეყრდნობა ჩვეულებრივ პრაქტიკას. გამოიკვეთა მახასიათებელი - საკონტროლო წერტილები, ეს

არის წერტილები, რომლებიც მდებარეობენ თითის ანაბეჭდის სურათზე ქედის ანაბეჭდის ბოლოს ან ქედის ბიფურკაციის ადგილებზე.

თემატური ნაწილი

ბიომეტრიული მონაცემების გამოყენების მზარდი დინამიკა თავისთავად წარმოშობს მისი რეგულირებისა და შეფასების ეფექტური მეთოდების დანერგვის საჭიროებას. პრაქტიკაში ბიომეტრიული მონაცემები ძირითადად გამოიყენება სახელმწიფო საზღვრების კონტროლის, მიგრაციის მართვის, პასპორტების დამზადების, საიდუმლო ინფორმაციის დაცვის, ინფორმაციული სისტემების უსაფრთხოების უზრუნველყოფისა და სხვა მიზნებისთვის.

პრაქტიკაში, განსხვავებული მიზნითა და საფუძველით ბიომეტრიული მონაცემების შეგროვება და დამუშავება, ხშირად წარმოშობს ბიომეტრიული სისტემების აუცილებლობასთან დაკავშირებულ კითხვებს.

ბიომეტრიული მონაცემების დამუშავების კანონიერება, ადეკვატურობა და პროპორციულობა წარმოადგენს „პერსონალური მონაცემების დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონის რეგულირების სფეროს.

კანონი ამომწურავად განსაზღვრავს აღნიშნული ტიპის მონაცემთა დამუშავების კანონიერ საფუძველებს, პრინციპებს, მიზნებს, უსაფრთხოებას, მონაცემთა სუბიექტის უფლებებსა და პერსონალურ მონაცემთა დაცვის ინსპექტორისადმი ინფორმაციის მიწოდების ვალდებულებას.

პერსონალურ მონაცემთა დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონის მე-2 მუხლის „გ“ ქვეპუნქტის თანახმად, ბიომეტრიული მონაცემი არის ფიზიკური, ფსიქიკური, ან ქცევის მახასიათებელი, რომელიც უნიკალური და მუდმივია თითოეული ფიზიკური პირისათვის და რომლითაც შესაძლებელია ამ პირის იდენტიფიცირება (თითის ანაბეჭდი, ტერფის ანაბეჭდი, თვალის ფერადი გარსი, თვალის ბადურის გარსი (თვალის ბადურის გამოსახულება), სახის მახასიათებელი.

ადამიანის ბიომეტრიული მახასიათებელი (აბმ) ეწოდება ადამიანის ფენოტიპის ელემენტის ან ქცევის ნიშნის გაზომვის შედეგებს, რომელთა ადრე დარეგისტრირებულ ანალოგიურ აბმ—სთან (ეტალონი, შაბლონი) შედარების პროცესში ხორციელდება პიროვნების იდენტიფიკაციის ან ვერიფიკაციის პროცედურა. ბიომეტრიული სისტემა წარმოადგენს ავტომატიზირებულ სისტემას, რომელიც წყვეტს პიროვნების

იდენტიფიკაციის ან ვერიფიკაციის ამოცანებს და ანხორციელებს შემდეგ ამოცანებს: კონკრეტული მომხმარებლისგან აბმ-ს ნაკრების რეგისტრაცია;

ობიექტის ბიომეტრული იდენტიფიკაცია ემყარება ობიექტისათვის დამახასიათებელი და მონაცემთა ბაზაში შეყვანილი გარკვეული მატერიალური პარამეტრების შედარებას (როგორც ფიზიოლოგიური ასე ფსიქოლოგიური). თითქმის ისევე, როგორც სისტემა - ლოგინი პაროლი. ზუსტად ასეა აწყობილი ჩვენს ტვინში ფიზიოლოგიური პროცესი. როდესაც ვხედავთ (გვესმის, ვგრძნობთ) და ვცნობთ (ვერ ვცნობთ)ბ, ნაცნობებს, გარემომცველ საგნებს, ადგილმდებარეობას, და ა.შ. შესაბამისად შეიძლება დავასკვნათ, - რაც მეტი საგანია შეტანილი ბაზაში შესადარებლად, მით მეტი სიზუსტით შეიძლება შედარება და მაღალია საიმედოობის დონე.

დღეისათვის ყველაზე ხელმისაწვდომი და პოპულარული განსაზღვრის სისტემები აგებულია ისეთ მახასიათებლებზე, როგორცაა თითის ანაბეჭდები (ბოლო სისტემის ნოუთბუკებში და სმარტფონებში ეს სისტემა არსებობს), სახის ნაკვთები, თვალის გარსი და ბადურა, ხმის მონაცემები, მეტყველება და ხელმოწერა. ნაკლებად გავრცელებულია სისტემები, რომელთა მონაცემთა ბაზაში შეყავთ მონაცემები სახის თბური ველის სახით, სისხლძარღვების სურათი, სხეულის სუნი, კანის ტემპერატურა.

ყველა ბიომეტრული სისტემა წარმოადგენს მექანიკური (აპარატული) და პროგრამული მდგენლის ერთობლიობას. პროგრამული ნაწილი მუშაობს ოპერაციული სისტემით, ან სხვა დანართებით. შეიძლება ისეთი პროგრამის ჩართვა რომელის მომხმარებელს მიცემს სისტემაში და მონაცემთა ბაზაში შესვლის საშუალებას.

ხელოვნური ინტელექტის საშუალებით თითის ანაბეჭდის შესასწავლად მუშავდება ალგორითმები და პროგრამები იმ პარამეტრების შესასწავლად, რომლითაც შესაძლებელი გახდება თითის აღწრა და ინდივიდუალური მახასიათებლის დადგენა. ჯერჯერობით ასეთ პარამეტრად მიგვაჩნია საკონტროლო წერტილები, რომელთა განლაგება თითზე ინდივიდუალურია. საკონტროლო წერტილების კოორდინატების დადგენით დეკარტეს კოორდინატთა სისტემაში ამ პრობლემის დაგასაჭრელად შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

ჩვენ მიერ ჩატარებულმა მცირე ექსპერიმენტმა დაადასტურა ჩვენი ვარაუდი.

შესწავლილი იქნა ადამიანის თითის კომპიუტერში დასკანერებული ანაბეჭდი.

ჩვენი სამუშაოს მიზანია პერსონალური მონაცემების ბიომეტრულ დაცვაში გამოყენებული პარამეტრების შესწავლა, მათემატიკური მოდელის შექმნა თითოეულში კანონზომიერების დადგენის მიზნით. შემდეგ შესწავლილ პარამეტრების შორის კორელაციური ანალიზი და ადამიანის პორტრეტის შექმნა პარამეტრების და მათემატიკური მოდელის საშუალებით. მოცემულ სამუშაოში განხილულია მხოლოდ ერთი პარამეტრი - თითის ანაბეჭდი. თითის ანაბეჭდის გამოსახვის გამოყენება მახასიათებლების მიხედვით, ეყრდნობა ჩვეულებრივ პრაქტიკას. საკონტროლო წერტილები არის წერტილები, რომლებიც მდებარეობენ თითის ანაბეჭდის სურათზე ქედის ანაბეჭდის ბოლოს ან ქედის ბიფურკაციის ადგილებზე.

დაქტილოსკოპიური ექსპერტიზა ჩატარდა შემდეგი მეთოდის გამოყენებით: აღებული იქნა ერთი ადამიანის 3 თითის ანაბეჭდი დაქტილოსკოპიური სკანრის საშუალებით და მოხდა მისი დამუშავება კომპიუტერული პროგრამა ფიტონის დახმარებით. თითის ანაბეჭდზე პროგრამულად მონიშნული იქნა საკონტროლო წერტილები და განისაზღვრა მათი კოორდინატები. კოორდინატთა სათავედ აიღება ბირთვის ცენტრი, ათვლა იწყება ცენტრიდან, პროგრამულად ხდება საკონტროლო წერტილების პოვნა და მათი კოორდინატების განსაზღვრა.

თითის ანაბეჭდის გამოსახულების აღწერა საკონტროლო წერტილების განლაგების და ორიენტაციის ბოლო წერტილების შვერილების მდებარეობისა და ბიფურკაციის წერტილებში შესაძლებელს ხდის საიმედოდ დადგინდეს არის თუ არა ორი სურათი ერთი და იგივე თითის ანაბეჭდი. საკონტროლო წერტილების x და y კოორდინატები უნდა განისაზღვროს გამოსახულების ერთი ელემენტის ტოლი ბიჯით და სივრცითი გარჩევადობით, რომელიც მოცემულია ველებში „გარჩევადობა X ღერძის გასწვრივ“ და „გარჩევადობა Y ღერძის გასწვრივ“. გამოსახულების გარჩევადობა X და Y ღერძების გასწვრივ განისაზღვრება ცალკე.

```
def is_ridge_ending(contour, x,y, radius=10, neighbors=4):
    # Extract the neighborhood region around the contour point
    neighborhood = contour[y - radius:y + radius, x - radius:x + radius]

    # Count the number of contour points within the neighborhood region
    num_points = len(neighborhood)

    # Check if the number of contour points is less than the threshold
    if num_points < neighbors:
        return True
    else:
        return False

! usage
def get_control_points(image_path):
    image = cv2.imread(image_path, 0)

    # Apply thresholding to convert the image to binary
    _, binary_image = cv2.threshold(image, 127, 255, cv2.THRESH_BINARY)

    # Find contours in the binary image
    contours, _ = cv2.findContours(binary_image, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    control_points = []

    # Iterate over each contour
    for contour in contours:
        # Iterate over each point in the contour
        for point in contour:
            x, y = point[0]
            # Perform additional analysis on the contour point
            if is_ridge_ending(contour, x,y):
                # Add the coordinate as a control point
                control_points.append((x, y))
    return control_points
```



სურ.2 თითის ანაბეჭდი

- (261,457); (177,448); (218,447); (214,447); (213,448);
- (214,449); (171,447); (171,449); (154,447); (155,447);
- (156,448); (155,447); (223,445); (223,447); (224,447);
- (224,446); (199,444); (199,445); (200,446); (200,445);
- (191,444); (188,444); (188,445); (187,446); (186,445);
- (184,447); (185,447); (186,448); (187,447); (188,447);
- (203,442); (203,444); (142,441); (142,442); (143,442);
- (144,441); (208,440); (208,443); (209,443)

მაგალითისთვის განვიხილოთ თითის ანაბეჭდის სურათი და პროგრამით მოძებნილი საკონტროლო წერტილების კოორდინატები: ფრჩხილებში მოცემულია საკონტროლო წერტილის x და y.



სურ. 1 თითის ანაბეჭდი

- (260,458); (261,458); (286,453); (224,451); (241,447).
- (240,448); (241,449). (228,447); (227,448); (228,448);
- (229,447); (230,447); (208,447); (208,448); (209,449);
- (210,449);(184,447); (266,446); (265,447); (266,447);
- (255,446); (269,444); (268,445); (269,444); (270,444);
- (233,444)



სურ.3 თითის ანაბეჭდი

- 150,447); (188,445); (202,443); (202,444); (203,444);
- (143,443); (143,444); (144,445); (145,445); (145,444);
- (144,444); (133,441); (133,442); (132,443); (134,443);
- (134,442); (179,440); (128,440); (128,441); (177,439);
- (177,440); (152,439); (123,439); (122,440); (122,441);
- (122,440); (123,439); (125,441); (126,441); (126,440);
- (124,440); (150,437); (150,438); (146,436); (146,437);
- (131,433); (132,434); (132,435).

ანალოგიურად განვსაზღვრეთ საკონტროლო წერტილების კოორდინატები დანარჩენი თითებისთვის.შესაძლებელია საკონტროლო წერტილების კოორდინატების პროგრამულად დამუშავება და რეგრესიის განტოლების და გრაფიკის მიღება.

თითის ანაბეჭდის გამოკვლევის შემდეგ გამოკვლეული იქნება ხელის გულის ანაბეჭდები. ექსპერიმენტი ტარდება ე4რთსა და იმავე პიროვნებაზე.

დასკვნა

ჩვენს მიერ დაქტილოსკოპიური სკანერის საშუალებით მიღებულია რამდენიმე თითის ანაბეჭდი, და დაწერილი პროგრამა საკონტროლო წრტილების საპოვნელად და მათი კოორდინატების დასადგნად.

პროგრამის საშუალებით ნაპოვნია რამდენიმე ათეული საკონტროლო წრტილი და განსაზღვრულია მათი კოორდინატები.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი პერსონალურ მონაცემთა დაცვის შესახებ. 5669-რს 28/12/2011.
2. Michael A. Nielsen, "Neural Networks and Deep Learning", Determination Press. 2015.
3. Simon Haykin, Neural Networks and Learning Machines, Prentice Hall. 2008.
4. Kevin Gurney, Neural Networks. 2004.
5. Python-დაპროგრამების ენა, თბილისი - 2018. გულნარა ჯანელიძე.

References (transliterated)

1. Law of Georgia on personal data protection. 5669 on 28/12/2011.
2. Michael A. Nielsen. "Neural Networks and Deep Learning", Determination Press. 2015.
3. Simon Haykin, Neural Networks and Learning Machines, Prentice Hall. 2008.
4. Kevin Gurney. Neural Networks. 2004.
5. Gulnara Janelidze. Python-programming language. Tbilisi. 2018.

საფეიქრო ბოჭკოების ენერგეტიკული პოტენციალის კვლევა

ნინო ღინტიბიძე, ტექნ. მეცნ. დოქტორი. ასოცირებული პროფესორი
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქ.ქუთაისი, საქართველო,
E-mail: nino.gintibidze@gmail.com

მანანა ჭუმბურიძე, ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი. პროფესორი,
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქ.ქუთაისი, საქართველო,
E-mail: maminachumb02@gmail.com

ქრისტინე ღინტიბიძე, მაგისტრი
ანტვერპენის უნივერსიტეტი, ქ. ანტვერპენი, ბელგია, E-mail: gristinegintibidze@gmail.com

ანოტაცია. შესწავლილია საფეიქრო ნაწარმის ბაზაზე არსებული თითქმის ყველა ბოჭკო, ძაფი და ქსოვილი. შესწავლილია მათი ფიზიკური და ქიმიური სტრუქტურები. შესწავლილია ქიმიური სტრუქტურებში შემავალი რგოლების კავშირების ბმის ენერგიები. მიღებულიაორ-კომპონენტანი აბრეშუმის ძაფის (ფიბროინი, სერიცინი) დიფუზიური მოდელი ფიბროინისა და სერიცინი სასაზღვრო-კონტაქტური პირობებით:

ფორმულის საშუალებით შესაძლებელი იქნება საფეიქრო ნაწარმის ფიზიკო მექანიკური თვისებების პროგნოზირება.

საკვანძო სიტყვები: სტრუქტურა, ბმის ენერგია, აბრეშუმი, საფეიქრო, ძაფი, ბოჭკო, ქსოვილი, დიფუზიური მოდელი.

Research on the energy potential of textile fibers

Nino Ghintibidze, Doctor of Technical Science, Associate Professor
Akaki Tsereteli State University. Kutaisi city. Georgia, E-mail: nino.gintibidze@gmail.com

Manana Chumburidze, Doctor of Science in Physics and Mathematics. the professor,
Akaki Tsereteli State University, Kutaisi city, Georgia, E-mail: maminachumb02@gmail.com

Christine Ghintibidze, Master
University of Antwerp. St. Antwerp, Belgium, E-mail: gristinegintibidze@gmail.com

Annotation. Almost all fibers, threads and fabrics on the basis of textile products are studied in the work. Their physical and chemical structures have been studied. The bond energies of the links of the rings included in the chemical structures are studied. A two-component silk thread (fibroin, sericin) diffusion model with fibroin and sericin boundary-contact conditions is obtained:

Using the formula, it will be possible to predict the physical and mechanical properties of textile products.

Keywords. Structure. bond energy. Silk. shoemaker thread. fiber. cloth. diffusion model.

შესავალი საფეიქრო ბოჭკოები ზოგადად წარმოადგენენ ტანსაცმლის საწარმოებელ მასალას, რომელიც ადამიანს იცავს გარმო ფაქტორების ზემოქმედებისგან. ისინი თავდაპირვლად მიიღებოდა იმ მასალისგან, რომლის მოპოვება ადამიანისთვის არ წარმოადგენდა სირთულეს. ეს იყო მცნარეები თუ ცხოველთა ტყავები და ბეწვი. მოკლედ, თანსაცმლის ფუნქცია განისაზღვრებოდა სითბოსაგან და სიცივისგან, აგრეთვე მექანიკური ზემოქმედებისგან დასაცავად. ესთეტიკური მოთხოვნები არ იყო წინა პლანზე წამოწეული. შემდგომ პერიოდში ტანსაცმელმა განიცადა ტრანსფორმაცია და შესაბამისად მოხდა მისი დახვეწა როგორც ესთეტიკური,

ასევე მოთხოვნების შესაბამისად.

უკვე თანამედროვე პირობებში ბაზარზე გაჩნდა ხელოვნური და სინთეზური ბოჭკოები, რომელთაც გააჩნდნ მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი თვისებები. ამ თვისებების სწორად გამოყენება ტანსაცმელს აქცევს განუმეორებლად და შეუცვლელად.

აქტუალობა დღევანდელ პირობებში, როდესაც გახშირებული გარემოს დაბინძურება სხვადასხვა ფაქტორებით, განსაკუთრებით კი რადიაციით, მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია იმ ფაქტორების კვლევა, რომლებიც თანსაცმელს და სამოსს მისცემს რადიაციისგან დაცვის საშუალებას.

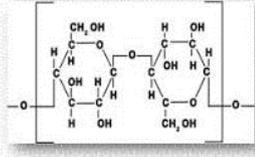
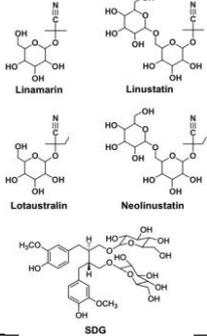
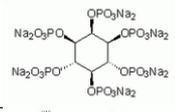
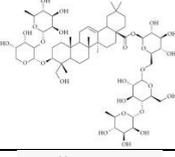
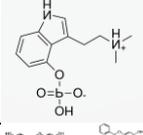
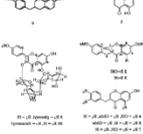
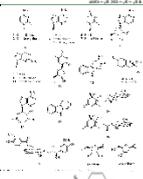
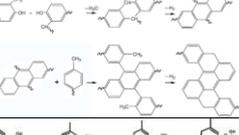
სამუშაოს მიზანი. საფეიქრო ბოჭკოების სტრუქტურების და იმ მახასიათებლების განხილვა, რომლებიც განაპირობებენ მათდამი წაყენებულ მოთხოვნებს.

თემატური ნაწილი. ყველა საფეიქრო ბოჭკოს აქვს თავისი განუმეორებელი სტრუქტურა. რომლის საშუალებითაც ტანსაცმელს ეძლევა დანიშნულება. ტანსაცმლის კლასიფიკაციის მიხედვით ის დაახლოებით იყოფა საცვლებად, ზედა ტანსაცმლად, საბავშვოდ, სპეციალური დანიშნულების და ა.შ.

საცვლებში გამოყენებული ბოჭკოები უნდა ხასიათდებოდნენ მაღალი ჰიგიენური თვისებებით, ხოლო სხვადასხვა დანიშნულების ტანსაცმელში წამყვან როლს უნდა ასრულებდეს ის თვისებები, რომლებიც განაპირობებენ სასუველ თვისებას. ს პირობები საკმაოდ აკადემიურადაა მოცემული ლიტერატურულ წყაროებში.

ყველა საფეიქრო ბოჭკო შედება ერთმანეთთან გარკვეული ძალებით-ენერგიებით დაკავშირებული რგოლებისგან. ეს ასახულია ბოჭკოს სტრუქტურაში და მათი კავშირების ძალაში.

წარმოგიდგენთ საფეიქრო ბოჭკოების სტრუქტურებს:

ბოჭკოების სტრუქტურები	ქიმიური სტრუქტურა
ბამბა (Gossypium)	
სელი (Linum)	
სიმინდი (Zea mays)	
სურო (Hedera)	
გვიმრები (Psilotopsida)	
აგავა (Agave)	
ბამბუკი (მალაიური bambu),	
გოგრა (Cucurbita)	
კანაფი (Cannabis)	

R-H კავშირის გაწვევების ენერგია

ნა-ერთი	კავშირის გაწვევების ენერგია კკალ/მოლი	კავშირის გაწვევების ენერგია ზივერტი	ნა-ერთი	კავშირის გაწვევების ენერგია კკალ/მოლი	კავშირის გაწვევების ენერგია ზივერტი
H-H		1	CH ₃ -H	104	0,998
HO-H	119	1,1142	CH ₃ CH ₂ -H	98	0,94
CH ₃ O-H	102	0,98	(CH ₃) ₂ CH-H	94,5	0,91
C ₆ H ₅ O-H	85	0,82	(CH ₃) ₃ C-H	91	0,87
F-H	135,8	1,30	C ₆ H ₅ -H	103	0,988
Cl-H	103,0	0,97	CH ₂ =C-H-H	103	0,988
Br-H	87,5	0,84	HC≡C-H	125	1,1996
I-H	71,3	0,68	H ₂ N-H	103	0,988

C-C კავშირის გაწვევების ენერგია

ნაერთი	კავშირის გაწვევების ენერგია კკალ/მოლი	კავშირის გაწვევების ენერგია ზივერტი	ნაერთი	კავშირის გაწვევების ენერგია კკალ/მოლი	კავშირის გაწვევების ენერგია ზივერტი
CH ₃ -CH ₃	88	0,844	C ₆ H ₅ -C ₆ H ₅	100	0,9597
(CH ₃) ₃ C-C(CH ₃) ₃	67,5	0,648	CH ₂ =CH ₂	163	1,564
(C ₆ H ₅) ₃ C-C(C ₆ H ₅) ₃	15	0,144			

აღსანიშნავია, რომ ცხრილში დამატებულია კავშირის გაწვევების ენერგია ზივერტში ყოველივე ზემო თქმულის გათვალისწინებით მიღებულია მოდელი ბოჭკოს სტრუქტურის მათემატიკური მოდელი და მას აქვს შემდეგი სახე:

ორ-კომპონენტური ძაფის (ფიბროინი, ერეცინი) დიფუზიური მოდელი ფიბროინისა და სერიცინი სასზღვრო-კონტაქტური პირობებით:

$$\begin{cases} \mu^r \Delta u^{(r)} + (\lambda^r + \mu^r) \operatorname{grad} \operatorname{div} u^{(r)} - \gamma^r \operatorname{grad} \operatorname{div} u_3^r = \zeta^r \frac{\partial^2 u^{(r)}}{\partial t^2} \\ \delta^r \Delta u_3^r - a_{rr} \frac{\partial}{\partial t} u_3^r = \gamma^r \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} u^{(r)} \end{cases}$$

$$\forall y \in S \in L_2(\alpha), \alpha > 0: \{u^{(1)}(y)\}^+ = \{u^{(2)}(y)\}^-$$

$$\forall y \in S \in L_2(\alpha), \alpha > 0: \{u_3^{(1)}(y)\}^+ = \{u_3^{(2)}(y)\}^-$$

სადაც $\mu^r, \lambda^r, r = 1, 2$ – ფიბროინისა და სერიცინის დრეკადობის მუდმივებია; γ^r, δ^r – სერიცინის ფიბროინისა და სერიცინის ქიმიური პოტენციალი; a_{1r} – დიფუზიის კოეფიციენტი; ζ^r – სიმკვრივე.

აღნიშნული მოდლის საშუალებით შევძლებთ საფეიქრო ბოჭკოების მათემატიკური მოდლის შექმნას. რის გამოსათვლელად შეიქმნება კომპიუტერული პროგრამა.

დასკვნა

- ჩვენს მიერ შესწავლილია საფეიქრო ბოჭკოების სტრუქტურები და მათი ენერგეტიკა.
- შექმნილია მათემატიკური მოდელი ნებისმიერი საფეიქრო ბოჭკოს სტრუქტურის მისაღებად.

ლიტერატურა

1. Kadolph, Sara J. and Langford, Anna L. (2001) *Textiles*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
2. Snyder, Carl H. (1998). *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 3rd edition. New York: John Wiley.
3. Warner, Steven B. (1995). *Fiber Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
4. Yang, H. H. (1993). *Kevlar Aramid Fiber*. New York: John Wiley.
5. <http://www.chemistryexplained.com/Fe-Ge/Fibers.html#ixzz8GbxId72B>

References (transliterated)

1. adolph, Sara J., and Langford, Anna L. (2001). *Textiles*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
2. Snyder, Carl H. (1998). *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 3rd edition. New York: John Wiley.
3. Warner, Steven B. (1995). *Fiber Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
4. Yang, H. H. (1993). *Kevlar Aramid Fiber*. New York: John Wiley.
5. <http://www.chemistryexplained.com/Fe-Ge/Fibers.html#ixzz8GbxId72B>

ენერგეტიკული დანიშნულების მიკროელექტრონული მოწყობილობების აგების ზოგადი პრინციპები

სერგო დადუნაშვილი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: dadu@gtu.ge

ანოტაცია. ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევებით მიღებულია მიკროელექტრონული ენერგეტიკული მოწყობილობის განზოგადებული ფუნქციური სქემა გაზომვისა და ავტომატიზაციისათვის. განვიხილოთ მიკროელექტრონული მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი. დამუშავებულია მიღებული სიგნალების საზომი ორგანოების ბლოკს. მიკროელექტრონული მოწყობილობა შეიძლება იკვებებოდეს როგორც საზომი სქემებიდან, ასევე სამრეწველო და ალტერნატიული დენის სპეციალური ოპერატიული წყაროებიდან.

საკვანძო სიტყვები: სენსორი, მიკროკონტროლერი, პროცესორი, აქტივატორი.

General principles of construction of microelectronic devices in electroenergetics

Sergo Dadunashvili, Doctor of Science, Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: dadu@gtu.ge

Annotation. A generalized functional scheme of the microelectronic energy device for measurement and automation has been obtained by the conducted experimental investigations. Considered the principle of operation of a microelectronic device. Designed the block of measuring organs of the received signals. Microelectronic circuits can be powered from measuring circuits, as well as from special operational sources of industrial and alternating current.

Keywords: sensor, microcontroller, processor, actuator.

შესავალი

ყველა თანამედროვე მიკროელექტრონული მოწყობილობა ენერგეტიკული საჭიროებისთვის, გარდა კომპიუტერებისა და სმარტფონებისა, აგებულია მიკროკონტროლერების საფუძველზე, რადგან მათ არ სჭირდებათ რთული მათემატიკური გამოთვლები, აგრეთვე რთული გამოსახულების ფორმირება ეკრანებზე. ამავე დროს, სამრეწველო მოწყობილობები უნდა იყოს კომპაქტური და საიმედო. ყველა ეს შესაძლებლობა რეალიზირდება მიკროკონტროლერებით.

მიკროკონტროლერის ფუნქციონირება

სამრეწველო მოწყობილობების მიკროკონტროლერებს აქვთ სიტკვის 16 ბიტისანი ფორმატი. მათი ტაკტური სიხშირე არ აღემატება 100 MHz-ს, ხოლო პროგრამის მეხსიერების მოცულობა, როგორც წესი, არ არის 1 მბ-ზე მეტი. მიკროკონტროლერებს შეიძლება ჰქონდეთ 128-მდე გარე შეერთება.

თანამედროვე მიკროკონტროლერი შეიცავს მიკროპროცესორული სისტემის ყველა საჭირო ელემენტს: ცენტრალური დამუშავების პროცესორი (CPU), არითმეტიკულ ლოგიკური მოწყობილობა (ALU) და ბრძანებების დეკოდირების განყოფილება (BDK), 32 ზოგადი

დანიშნულების რეგისტრი (RON), პროგრამების ჩაშენებული FLASH ROM მეხსიერება, მონაცემთა ROM EEPROM 512 ბაიტი მოცულობით, 512 ბაიტი ოპერატიული მეხსიერება, ოთხი რვა ბიტისანი ინფორმაციის შეტანის-გამოტანის I/O პორტი სახელად A,B,C,D. გარდა ამისა, მიკროკონტროლერი შეიცავს დამხმარე ელემენტებს: სამი TSC ტაიმერი-მრიცხველი, CTT დამკვირვებელი ტაიმერი, სინქრონული SPI და ასინქრონული UART სერიული საკომუნიკაციო ინტერფეისები, რვა არხისანი ანალოგურ-ციფრული გარდქმნელი ADC. ამ ელემენტებს შეუძლიათ ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად ფუნქციონირება, რაც უპირატესობას ანიჭებს სხვადასხვა გარე მოწყობილობებთან მუშაობისას.

მიკროკონტროლერის საათის სიხშირე იქმნება ZQ კვარცის რეზონატორის და შიდა GTI საათის გენერატორის გამოყენებით. ZQ 16 MHz-მდეა

მიკროკონტროლერის სქემა მუშაობას იწყებს გარე სტაბილიზებული მუდმივი ძაბვის მიწოდებით VCC და GND გამომყვანებზე. ამის გარდა, მოკლევადიანი ლოგიკური ნულის მიწოდების შემდეგ, RESET გადატვირთვის შემთხვევაში.

მიკროკონტროლერის ჩაშენებულ ანალოგურ-ციფრულ გარდამქნელს ADC-ს, აქვს განცალკავებული დენის შესასვლელი AVCC და AGND, ასევე ხდება დასამუშავებელი ძაბვის AREF შესასვლელზე მიწოდებით.

მიკროკონტროლერი ურთიერთქმედებს მოწყობილობის სხვა ბლოკებთან მისი შეყვან-გამომავალი პორტების A,B,C,D გამოყენებით. ამ პორტების კონფიგურაცია ხდება პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით ორობითი კოდების ჩაწერით სპეციალური პორტის მართვის რეგისტრებში. როდესაც ლოგიკური ერთი ჩაიწერება საკონტროლო რეგისტრში, შესაბამისი პორტის ხაზი კონფიგურირებულია გამოსასვლელად, ხოლო როდესაც ლოგიკური ნული იწერება, ის კონფიგურირებულია შეყვანისთვის. მიკროკონტროლერის ზოგიერთი პორტი ასრულებს ალტერნატიულ ფუნქციებს.

ასე რომ, პორტი A შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც ჩაშენებული ADC-ის ანალოგური სიგნალების შეყვანისათვის, ხოლო B და D პორტებს შეუძლიათ მონაცემთა გაცვლა გარე მოწყობილობებთან საკომუნიკაციო ინტერფეისის საშუალებით.

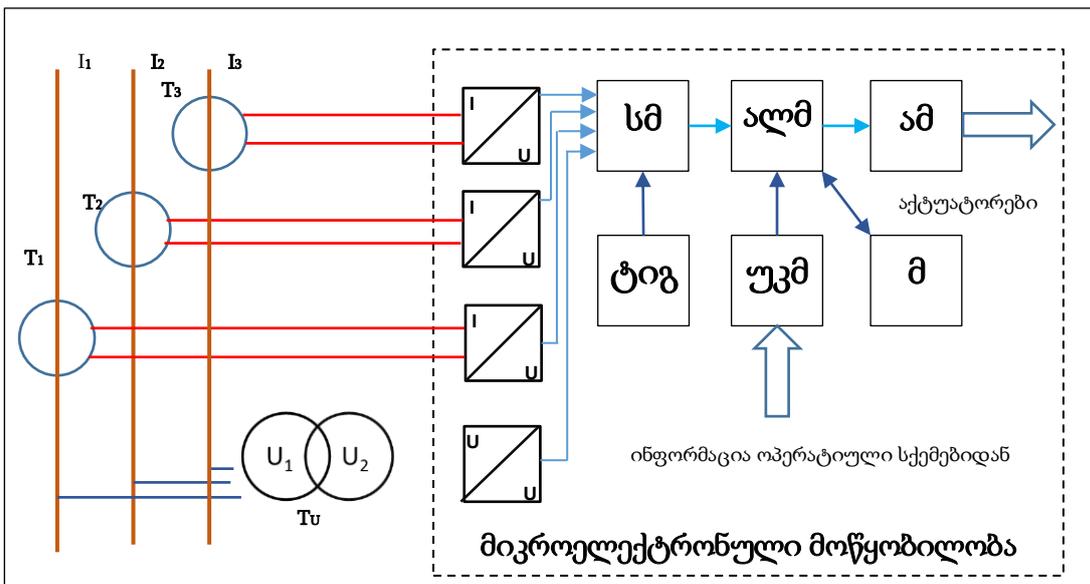
პროგრამა, რომელიც აკონტროლებს მიკროკონტროლერს, არის ორობითი კოდების ნაკრები, რომელიც ჩაწერილია მის FLASH ROM პროგრამის მეხსიერებაში. მიკროკონტროლერების პროგრამირება ხორციელდება Assembler ან C კომპიუტერულ ენებზე სპეციალური კომპიუტერული გარემოს გამოყენებით, როგორცაა Atmel Studio.

პროგრამის დაწერის შემდეგ ხდება მისი კომპილაცია, ანუ ითარგმნება მიკროკონტროლერის ბინარულ კოდებში. გარდა ამისა, ორობითი კოდების შედეგად მიღებული ფაილი იწერება მიკროკონტროლერის პროგრამის მეხსიერებაში სპეციალური ადაპტერის საშუალებით, რომელიც დაკავშირებულია კომპიუტერის ერთ-ერთ სტანდარტულ პორტთან.

მიკროკონტროლერის EEPROM ROM არის არასტაბილური მონაცემთა მეხსიერება, სადაც ინახება ყველაზე მნიშვნელოვანი ინფორმაცია, რომელიც არ უნდა დაიკარგოს დენის გამორთვის შემდეგ. ეს ინფორმაცია მოიცავს მაგალითად: ქსელის პარამეტრებს, ტრანსფორმატორის მუდმივებს, მომხმარებლის პარამეტრებს და ა.შ. ოპერატიული მეხსიერება გამოიყენება მიკროკონტროლერში მიმდინარე გაზომვების და შუალედური გამოთვლების შედეგების შესანახად.

ქრონომეტრები-მრიცხველები, რომლებიც მუშაობენ მიკროკონტროლერის ცენტრალური პროცესორისგან დამოუკიდებლად, შესაძლებელს ხდის დროის კორექტირების და საჭირო ფორმის სიგნალების გენერირებას.

კერძოდ, მიკროკონტროლერს შეუძლია PWM სიგნალების გენერირება, ეს არის კომპიუტრის პულსის სიგანის მოდულირებული სიგნალები, რომლებიც გამოიყენება დენის ინვერტორებში და სიხშირის გადამყვანებში.



მცველი ტაიმერი არის ორობითი მრიცხველი, რომელიც ავტომატურად ითვლის ორობით კოდს. მიკროკონტროლერის პროგრამამ პერიოდულად უნდა გადააყენოს ეს ბოლომდე და გასცემს სიგნალს მიკროკონტროლერის გადატვირთვის შესახებ. ამ გზით ხდება დაცვა გაუმართაობისგან, რომელიც გამოწვეულია, მაგალითად, ელექტრომაგნიტური ჩარევით, რომელიც გავლენას ახდენს მოწყობილობებზე ტაიმერი, რაც თავიდან აიცილებს მის ბოლომდე დათვლას. პროგრამის წარუმატებლობის შემთხვევაში, დამკვირვებელი ტაიმერი ითვლის

მიკროკონტროლერული სისტემა

მიკროელექტრონული ენერგეტიკული მოწყობილობის განზოგადებული ფუნქციური სქემა გაზომვისა და ავტომატიზაციისათვის ნაჩვენებია ნახაზზე.

განვიხილოთ მიკროელექტრონული მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი რომელიც ასახულია ნახაზზე. ძაბვის საზომი ტრანსფორმატორი (Tu) უკავშირდება სამფაზიან მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ხაზს (ძაბვა 1კვ-ზე მეტია) და ამავ ხაზთან შეერთებულია დენის ტრანსფორმატორები T₁; T₂; T₃. ტრანსფორმატორების მეორადი გრაგნილები დაკავშირებულია მიკროელექტრონული სისტემის სენსორული მატრიცის (სმ) ინფორმაციის შეყვანის სქემებთან, შესაბამისი მეორადი გადამყვანებით „ძაბვა-ძაბვა“ და „დენი-ძაბვა“. ეს გადამყვანები ამცირებს გაზომილი პარამეტრების მნიშვნელობებს ელექტრონული სქემების მუშაობისთვის საჭირო დონემდე (არაუმეტეს 15 ვ). გარდა ამისა, მიღებული სიგნალები მიეწოდება საზომი ორგანოების ბლოკს.

საზომი ორგანო არის მიკროელექტრონული მოწყობილობის ნაწილი, რომელიც შექმნილია გაზომილი მნიშვნელობის შესადარებლად მათი წინასწარ განსაზღვრულ მნიშვნელობასთან - დაყენების პარამეტრებთან - და გასცემს "ჩართვა-გამორთვის" ტიპის საკონტროლო სიგნალს. პარამეტრების ჩამოყალიბება ხდება ოპერატორის მიერ გარე კონცენტრატორების ან რეგულატორების გამოყენებით და მიეწოდება ტაკტური იმპულსების გენერატორს (ტიგ-ს).

ციფრული კონტროლის სიგნალები იქმნება საზომი ელემენტების გამომავალზე, რომლებიც მიეწოდება ალმ-ის ლოგიკურ ბლოკს, რომელიც ახორციელებს ლოგიკურ ოპერაციებს "და", "ან",

"არა", და აფორმირებს საჭირო დროის შეფერხებებს, მესხიერებაში (მ) შენახული მონაცემების გამოყენებით. გარე კონტროლის სქემებიდან დისკრეტული სიგნალები მიეწოდება უკუკავშირის მონაცემები კვანძს (უკმ-ს). დისკრეტული სიგნალების შეყვანის-გადამყვანის მეშვეობით. დისკრეტული სიგნალი სარელო დაცვისა და ავტომატიზაციის სქემებში, ეს არის ძაბვა, რომელსაც აქვს ორი მნიშვნელობა: 0 და 220 ვ. მოცემული ალგორითმის შესაბამისად, ლოგიკური სქემა აგზავნის სიგნალს აქტუატორების მართვის (ამ) კვანძში, გამომავალი სარელო ელემენტის ჩართვის ან გამორთვისთვის, რომელიც ჩვეულებრივ ხორციელდება მცირე ელექტრომექანიკური რელეს სახით ან ტირისტორული სქემის სახით. ამ „რელეს“ გამოსასვლელი დაკავშირებულია მაღალი ძაბვის ამომრთველის ოპერატიული მართვის სქემებთან, განგამის სქემებთან და სხვა საკონტროლო დენის სქემებთან.

მიკროელექტრონული მოწყობილობა შეიძლება იკვებებოდეს როგორც საზომი სქემებიდან, ასევე სამრეწველო და ალტერნატიული დენის სპეციალური ოპერატიული წყაროებიდან.

დასკვნა

განხილული სქემა გვიჩვენებს მიკროელექტრონული მოწყობილობის შიდა ბლოკების მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ელექტროგადამცემი სისტემების ელექტრული გაზომვებისა და ავტომატიზაციის ამოცანებისთვის. არსებული მოწყობილობები შეიცავს მოცემული ბლოკების მხოლოდ ნაწილს და გამოირჩევა მართივ ელექტრულ ქსელებში.

ლიტერატურა

1. დადუნაშვილი ს. მიკროკონტროლერების გამოყენების აპარეტული და პროგრამული უზრუნველყოფა - სტუ, თბილისი, 2010. 156 გვერდზე. ISBN 978-9941-14-915-3.
2. Dadunashvili Sergo, Petriashvili Lili, Khartishvili Maka. Wireless Networks for Offline Sensors - Informational and Communication Technologies - Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC - Imprint Nova, New York, 2011. p. 89-94.

3. დადუნაშვილი ს.ა., გოგილიძე ე.რ. ენერგობლოგების დაცვის სისტემების აგება მოდულური პრინციპის მიხედვით - საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2014, No.2, გვ. 58-65.
4. ს. დადუნაშვილი ელექტროენერჯის მოხმარების კონტროლის ციფრული სისტემა. თბილისი, „ენერჯია“, №4(96), (II), 2020. გვ. 167-170
5. ს. დადუნაშვილი მიკროკონტროლერების გამომცდელი სისტემის დამუშავება. თბილისი, „ენერჯია“, №4(96), (II), 2020. გვ. 171-174
2. Dadunashvili S., Petriashvili L., Khartishvili M. Wireless Networks for Offline Sensors - Informational and Communication Technologies – Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC - Imprint Nova, New York, 2011. p. 89-94.
3. Dadunashvili S.A., Gogilidze E.R., Construction of the defensive system of power facilities by a modular concept - Georgian Engineering News, 2014, No.2, p. 58-65.
4. S. Dadunashvili Digital power consumption control system. Tbilisi, „Energy“, №4(96), (II), 2020. p. 167-170
5. S. Dadunashvili Development of a test system for microcontrollers. Tbilisi, „Energy“, №4(96), (II), 2020. p. 171-174

References (transliterated)

1. S. Dadunashvili Hardware and Software of microprocessors using – GTU, Tbilisi, 2010. 156 p. ISBN 978-9941-14-915-3

ჰიდროენერგეტიკული სისტემებისათვის კავშირგაბმულობის პერსპექტიული ქსელების ეფექტურად გამოყენებისათვის

ელვირა ბჟინავა, აკადემიური დოქტორი, ასისტენტი,
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: e.bzhinava@gtu.ge
ქეთევან ყიფიანი, აკადემიური დოქტორი,
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, qetiylifiani@mail.ru

ანოტაცია. კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით წარმოქმნილი პრობლემები გარდაუვალია და კაცობრიობამ რომც შეძლოს შემაკავებელი ზომების სწრაფად გატარება, ბუნებაში ჩვეულებრივ ვითარების აღდგენას წლები დასჭირდება. შესაბამისად საქართველოში ჰიდროენერჯეტიკის გამოყენების გაფართოების გარდაუვალი პროცესი, განსაკუთრებულ მოთხოვნებს უყენებს ჰიდროენერგეტიკული ნაგებობების განვითარებას ნებისმიერი ადგილებიდან, მოსალოდნელი საფრთხეების შესახებ, წინასწარ შეტყობინების რისკების საიმედოდ ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროენერგეტიკული რესურსი, მულტისერვისული ქსელი, მობილური, მეხუთე თაობა.

„თუ შენი ცხოვრების განმავლობაში ხანჯლის გამოყენება ერთხელ მაინც გესახება მოსალოდნელად, ის მუდამ თან იქონი“ - ჩინური იგავი.

For efficient use of prospective communication networks for hydropower systems

Elvira Bzhinava - Doctor of Science, Assistant
 Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: e.bzhinava@gtu.ge
Ketevan Kipiani - Doctor of Science,
 Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: qetiylifiani@mail.ru

Annotation. The problems arising from climate change are inevitable, and even if humanity is able to quickly take preventive measures, it will take years to restore the normal situation in nature. Accordingly, the inevitable process of expansion of the use of hydro resources in Georgia places special demands on the development of hydropower facilities from any place, about the expected dangers, in order to ensure the reliable functioning of the risks.

Keywords: hydropower, resource, multiservice network, mobile, fifth generation.

შესავალი. გლობალური საინფორმაციო რევოლუციის ეპოქაში ჩვენი ქვეყნის პერსპექტივები და შესაძლებლობები ცალსახად განისაზღვრება კავშირგაბმულობის თანამედროვე ქსელების მიღწევების გამოყენების დონით და შესაბამისად განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სახელმწიფო პოლიტიკისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებას სოციალურ-ეკონომიკურ სფეროში: მასობრივი ინფორმირებულობის სისტემებში, ეკონომიკაში, ჯანდაცვაში, განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის სფეროებში.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ისეთი განსაკუთრებული მნიშვნელობის საკითხის შესწავლა, როგორცაა სატელეკომუნიკაციო მიღწევების გამოყენებისა და შემდგომი განვითარების საკითხი. დაუშვებელია ასეთი მნიშვნელოვანი საკითხი როგორცაა სატელე-

კომუნიკაციო მიღწევების გამოყენებისა და შემდგომი განვითარების საკითხი მინდობილი იქნას, მხოლოდ სატელეკომუნიკაციო კომპანიების „ამოსყიდვის უნარიანობაზე“. არსებულ ვითარებაში აუცილებელია სამთავრობო უწყებების დაუყოვნებელი ქმედებები.

განვიხილოთ მობილური კავშირგაბმულობის სისტემების, ანუ თანამედროვე მულტისერვისული ქსელების, ევოლუციის მცირე მონაკვეთი (2010 წლიდან დღემდე).

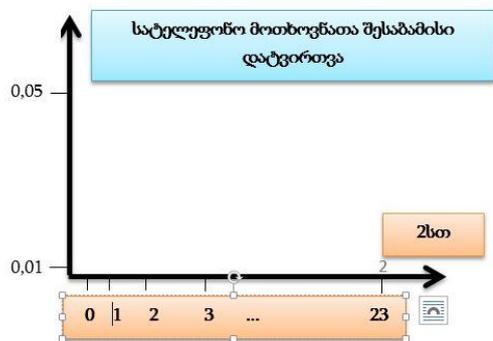
თაობა	ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარე და სხვა გარემოება
მეოთხე თაობა (4G) ფართოზოლოვანი ციფრული, ფიჭური კავშირგაბმულობა LTE (Long Term Evolution)	1 გბიტ/წმ-მდე
-	-

გახანგრძლივებული მობილური უნივერსალური სისტემა. WiMAX (WorldWide Interoperability for Microwave Access) - მსოფლიო თავსებადობა მიკროტალღური მიერთებისათვის.	
მეხუთე თაობა (5G) – IMT-2000 (Interanitorial Mobile Telecommunication -2000). მეოთხე თაობას დაემატა სამგანზომილებიანი 3D-ვიდეო და IoT (Internet OF Things) ნივთების(სენსორების) ანუ მგრძობიარე ელემენტების) ინტერნეტი.	20 გბიტ/წმ-მდე
მექექსე თაობა (6G) - წინა თაობების ინტეგრაცია თანამგზავრულ ქსელებთან, კავშირგაბმულობის საშუალებებით გლობალური მოცვის მიზნით.	უზრუნველყოფს გლობალურ რადიოდაფარვას სრულყოფილად.
მეშვიდე თაობა - 7G - იმეორებს 6G შესაძლებლობებს, იმის გათვალისწინებით, რომ განსაზღვრავს და ირჩევს თანამგზავრს, მისი ფუნქციებისა და დანიშნულების შესაბამისად.	დაემატება მულტიმედიური ინფორმაციის გადაცემის შესაძლებლობა; გლობალური პოზიციონირების სისტემის გამოყენება და სხვ.

გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ჰიდროტექნიკური ნაგებობები ძირითადად განლაგებული აღმოჩნდება საერთო სარგებლობის სატელეკომუნიკაციო ქსელების დაფარვის ზონების მიღმა, ამიტომ მეექვსე თაობის (6G) ქსელის გამოყენება, რომელიც სრულყოფილად უზრუნველყოფს ნებისმიერი გარემოს რადიოდაფარვას, აუცილებელი გახდება. სატელიტური არხების არენდა, რომლის გამოყენების კოეფიციენტი მინიმალურია, არ იქნება კომპანიებისა და ოპერატორების ინტერესებში.

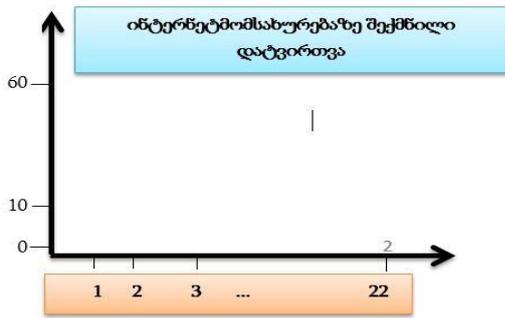
სატელეკომუნიკაციო ქსელების დაპროექტების პროცესში წინასწარ ითვალისწინებენ მომსახურებისათვის შემოსული მოთხოვნების კარგების არსებობას, რომელიც ყველაზე უკეთეს შემთხვევაში შეადგენს არანაკლებ 5%/∞ (5 პრომილი), ანუ ერთი კონკრეტული მომხმარებელი 1000 მოთხოვნის განხორციელებისას 5-ჯერ ღებულობს უარს მომსახურებაზე, რაც კატასტროფის შესახებ წინასწარი შეტყობინების სისტემებისათვის დაუშვებელია. შესაბამისად მეექვსე თაობის ქსელის შესაძლებლობები, რომლებიც არსებობს 2012 წლიდან, აუცილებლად უნდა იქნას გამოყენებული.

საქართველოში მწვავე ეპიდემიოლოგიურ პირობებში მთელი რიგი საქმიანობა, მათ შორის სასწავლო პროცესი, რომელიც ჩართული იყო ათასობით სტუდენტი და მოსაწავლეები, შეუფერხებლად განხორციელდა დისტანციურად, სატელეკომუნიკაციო ხაზზე მუშაობის რეჟიმში. ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა შემდეგი ფაქტი [1].



ნახ. 1. სატელეფონო მოსახურებაზე მოთხოვნების რაოდენობის მომსახურების პროცესის სახე

მეხუთე თაობის მობილური კავშირგაბმულობის სისტემის დანერგვის პროცესი. ეს პროცესი მოითხოვს გადაცემის სიჩქარის 20-ჯერ გაზრდას და შესაბამისად სატელეკომუნიკაციო ქსელის რესურსების (64 კბიტ/წმ) რაოდენობის გაზრდის აუცილებლობას, რაც სატელეკომუნიკაციო სივრცეში მოქმედი ოპერატორებისათვის (კომპანიებისათვის) არახელსაყრელია. უახლოეს პერიოდში, სატელეკომუნიკაციო ოპერატორებს, კატასტროფების წინასწარი შეტყობინებების სისტემების გარდა, ეყოლებათ სამგანზომილებიანი სივრცეში პროექტების შემსრულებელთა მცირე რაოდენობა, ხოლო შორეულ პერსპექტივაში მათი რიცხვი და შესაბამისი საექსპლუატაციო შემოსავლებიც მიმზიდველი გახდება.



ნახ. 2. მოთხოვნათა რაოდენობის შესაბამისად სატელეკომუნიკაციო ქსელში არსებული დატვირთვის სახე.

ნახ. 1 და ნახ. 2-ზე მოცემულია ტრაფიკების ცვლილების სახე, რომელიც აღებულია „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელში 2020 წლის 8 მაისიდან 15 მაისის პერიოდში. მიღებული შედეგების საფუძველზე განისაზღვრება [2,3] არსებული საარხო რესურსების გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც შეადგენს 76%-ს, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ქსელში არსებული საარხო რესურსების 24% იყო გამოუყენებელია. ცხადია, ოპერატორს, რომ ეწინასწარმეტყველა შესაძლო ტრაფიკი, ის აპარატურის მწარმოებელ ფირმას მოსთხოვდა საარხო რესურსებზე გამოყენების კოეფიციენტს, არანაკლებ 95%.

დასკვნა

გლობალური დათბობისა და შესაბამისი კლიმატური პირობების არსებობის გათვალისწინებით, უსაფრთხოებისა და ეკოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა კონკრეტული რისკების პრევენციის მიზნით მოითხოვს მუდმივ მონიტორინგს მრავალმიმართულ მართვად მოვლენაზე, რაც სრულიად განსხვავებულ და მკაცრ მოთხოვნებს აყენებს სატელეკომუნიკაციო ქსელის წინაშე, რაც საბაზრო ეკონომიკის არსებობის პირობებში ვერ გაითვალისწინებენ სატელეკომუნიკაციო კომპანიები. შესაბამისი ამოცანების გადაწყვეტა უნდა წარმოადგენდეს ეკონომიკის სამინისტროს, კომუნიკაციების მარეგულირებელი კომისიისა და სხვა შესაბამისი სამთავრობო ორგანიზაციების მიზანს. საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნულმა კომისიამ უნდა შეიმუშაოს ქმედითი ღონისძიებები, რათა საქართველოს

სატელეკომუნიკაციო სივრცეში შეიქმნას შემდგომი შესაძლებლობები:

- ფიჭური კავშირგაბმულობის სისტემების ევოლუციის შესაბამისად „მობილური ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო პროგრამა 2000 ტექნოლოგია“ (მეხუთე თაობის ქსელი), მსოფლიოში მისი დანერგვა დაიწყო 2018 წ. და უზრუნველყოფს სამგანზომილებიანი ვიდეო-ინფორმაციის მიღებას და ნივთების (სენსორების) ინტერნეტ ქსელის (Internet of Things) ფუნქციონირების შესაძლებლობას.

- 2012 წ. დასრულდა მეექვსე ტაობის ქსელის, დამუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს წინა ტაობის სატელეკომუნიკაციო ქსელის ინტეგრაციას თანამგზავრულ ქსელებთან, კავშირგაბმულობის საშუალებებით, ქვეყნის ნებისმიერი გეოგრაფიული წერტილიდან საიმედო ინფორმაციის მიღების მიზნით.

- 2020-2021 წლების სატელეკომუნიკაციო ტრაფიკების პარამეტრების შესწავლამ მოგვცა საშუალება გამოგვეთვალა ქსელში არსებული რესურსების გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც იმ პერიოდისათვის არ აღემატებოდა 76%, ანუ საარხო რესურსების 24% გამოუყენებელი იყო, რაც კომპანიის ინტერესების თვალსაზრისით გამოყენების დაბალი მაჩვენებელია, მაგრამ ამ „არახელსაყრელმა“ ვითარებამ უზრუნველყო საქართველოში მწვავე ეპიდემიოლოგიურ პირობებში დისტანციური (ხაზზე მუშაობის - Online) შეუფერხებლად და საიმედო პირობები. მაგრამ, ჰიდროენერგეტიკულ ნაგებობებში მოსალოდნელი კატასტროფების წინასწარ შეტყობინების სისტემებისადმი მოტხოვნები, მითითებული ღონისძიებების გატარების გარეშე ვერ შესრულდება.

ლიტერატურა

1. ბჟინავა ე. მულტისერვისული ქსელის რესურსების განსაზღვრისა და ეფექტურად გამოყენების საკითხების კვლევა// (2022. სადოქტორო დისერტაცია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი).
2. ბჟინავა ე., კვიციანი შალვა. სენსორული ქსელით კლიმატის ცვლილების კვლევა// ვიქტორ ერისთავის სახელობის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია// საქართველო. თბილისი. სტუ. 2020.

IV საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია "ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები", თბილისი, საქართველო, 2023 წლის 20-22 ნოემბერი
IV^t International Scientific and Technological Conference "Modern problem of power engineering and ways of solving them", Tbilisi, Georgia, November 20-22, 2023

3. ბჟინავა ე. მულტისერვისული ქსელის თავისებურებები და ტელეტრაფიკის თეორიის კლასიკური შედეგების გამოყენების შესაძლებლობები//შრომების კრებული, „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“ //საქართველო. თბილისი. სტუ. №1(32). 2021.

2. Bzhinava E., Kvirvelia Shalva. Climate change research with a sensor network// International scientific conference named after Viktor Eristavi//. Georgia. Tbilisi. Stu. 2020.

3. Bzhinava E. Multiservice of the network and the possibilities of using the classical results of the teletraffic theory." Tbilisi. Stu. N 1(32). 2021.

References (transliterated)

1. Bzhinava e. "Research on issues of determining and effectively using multi-service network resources// (2022. Doctoral dissertation. Technical University of Georgia).

ახალი კრიპტოგრაფიული ალგორითმი

ლევანი ჯულაკიძე, ასისტენტ-პროფესორი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ჟიული შარტავას სახელობის ინფორმაციული ტექნოლოგიების ლაბორატორია, თბილისი, საქართველო, E-mail: julakidzelevan08@gtu.ge

ზურაბ კოჩლადე, ასოცირებული პროფესორი, ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, კომპიუტერული მეცნიერების დეპარტამენტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: zurab.kochladze@tsu.ge

თინათინ კაიშაური, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

ანოტაცია: თანამედროვე კრიპტოგრაფია წარმოადგენს ქვაკუთხედს კომპიუტერსა და საკომუნიკაციო უსაფრთხოებას შორის. ის ეფუძნება ისეთ მათემატიკურ ცნებებს როგორცაა: რიცხვთა თეორია, ალბათობის თეორია, მრავალწევრთა ალგებრა და ა.შ. ნაშრომში წარმოდგენილი და აღწერილია ახალი სიმეტრიული ალგორითმის აგების ორიგინალური მეთოდი. ამ მეთოდის მისაღებად დამუშავებულ იქნა შესაბამისი მასალა, ისეთი როგორებიცაა: სიმეტრიული კრიპტოსისტემა და **tweakable** ბლოკური შიფრები. თანამედროვე კრიპტოგრაფიაში სიმეტრიული ბლოკური შიფრები, რომლებიც აგებულია კლასიკური კრიპტოგრაფიის პრინციპებზე, შეუცვლელნი არიან ღია არხში დიდი მოცულობის კონფიდენციალური ინფორმაციის გადაცემის დროს. ამავე დროს მათ იმდენად დიდი შესაძლებლობები გააჩნიათ, რომ შესაძლებელია მათი გამოყენება სხვადასხვა კრიპტოგრაფიული კონსტრუქციების ასაგებადაც. ამ შიფრების ძირითადი ნაკლია მათი დეტერმინირებულობა. სწორედ ამ ნაკლის გამოსწორების მიზნით, დღეს უკვე არსებობს ე.წ. tweakable ბლოკური შიფრები. ეს მიმართულება წარმოადგენს თანამედროვე კრიპტოგრაფიის ერთ-ერთ ყველაზე ახალ მიმართულებას. ჩვენს ნაშრომში განხილულია ასეთი შიფრის აგების პრობლემა ჰილის ალგორითმის გამოყენებით. როგორც ცნობილია, ჰილის ალგორითმი წარმოადგენს ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდს დიფუზიის მისაღწევად. ნაშრომში ძირითადი ყურადღება ექცევა ჰილის ალგორითმის რეალიზაციას ისე, რომ ალგორითმი იყოს სწრაფი, რაც წარმოადგენს სიმეტრიული ალგორითმების აუცილებელ თვისებას.

საკვანძო სიტყვები: კრიპტოგრაფია. ბლოკური შიფრი. ჰილის ალგორითმი.

New cryptographic algorithm

Levani Julakidze, Assistant -Professor,

Zhiuli Shartava Information Technology Laboratory, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia,

E-mail: julakidzelevan08@gtu.ge

Zurabi Kochladze, Associate Professor, Department of Computer Science, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia, zurab.kochladze@tsu.ge

Tinatini Kaishauri, Professor, Faculty of Informatics and Control Systems, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: t.kaishauri@gtu.ge

Annotation: Modern cryptography is the cornerstone of computer and communications security. Its foundation is based on various concepts of mathematics such as number theory, polynomial algebra, probability theory, etc. In the paper, original method for construction of the new symmetric algorithm is presented and described. In order to obtain the method the appropriate material has been elaborated on: symmetric cryptosystem and tweakable block ciphers. In modern cryptography symmetric block ciphers, which are constructed based upon the principles of the classic cryptography, are irreplaceable while transferring large amounts of confidential information in the open channel. At the same time their capacities are limitless to the extent that it is possible to use them for various cryptographic constructions. General fault of the ciphers is their determination. In order to correct this fault today there are already existing so-called tweakable block ciphers. This direction is the news of the modern cryptography. In our paper the problem of construction of such cipher is overviewed by means of the Hill method. As it is known, Hill algorithm is one of the best methods to achieve diffusion. General attention in the paper is driven to realization of Hill algorithm in the way that, it is fast and presents necessary characteristic of the symmetric algorithm.

Keywords: cryptography. block cipher. Hill's algorithm.

შესავალი

როგორც ცნობილია, იმის გამო, რომ ღია გასაღებიანი შიფრების სიჩქარე ძალიან დაბალია, ინფორმაციის კონფიდენციალურობის დასაცავად ძირითადად გამოიყენება სიმეტრიული ბლოკური ალგორითმები. ბლოკური შიფრები ზოგჯერ არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან როგორც არქიტექტურით, ასევე გამოყენებული ოპერაციებით და ხშირად რაუნდების რაოდენობების მიხედვითაც, მაგრამ მათი მუშაობის შედეგი ყოველთვის ერთი და იგივეა. n სიგრძის ბიტური სტრიქონი, რომლის სტრუქტურაც განსაზღვრულია ღია ტექსტით, k სიგრძის გასაღების გამოყენებით, რომელიც ასევე წარმოადგენს k სიგრძის ბიტურ სტრიქონს და გარკვეული ოპერაციების გამოყენებით, მრავალჯერადი იტერაციის შემდეგ გადადის ისევ n სიგრძის ფსევდოშემთხვევით ბიტურ სტრიქონში. ფაქტობრივად, მათემატიკურად ნებისმიერი ბლოკური შიფრი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ორ ცვლადზე დამოკიდებული ფუნქცია

$$E : \{0,1\}^k \times \{0,1\}^k \rightarrow \{0,1\}^n, \quad (1)$$

სადაც $\{0,1\}^k$ აღნიშნავს k სიგრძის ბიტურ სტრიქონს; k -ს და n -ს მნიშვნელობები კი - დამოკიდებულია დაშიფვრის კონკრეტულ ალგორითმზე.

პრაქტიკულად, თითოეული ფიქსირებული $K \in \{0,1\}^k$ -თვის დაშიფვრის ფუნქცია წარმოადგენს გადანაცვლებას $\{0,1\}^n$ -ზე. როგორც ვიცით, კ.შენონმა თავის ფუნდამენტურ ნაშრომში აჩვენა, რომ არსებობს ასეთი ტიპის ერთადერთი თეორიულად გაუტეხავი სიმეტრიული შიფრი (ერთჯერადი ბლოკ-ნოტი), რომლის წარმატებული ფუნქციონირებისთვის აუცილებელია შემდეგი პირობების შესრულება: გასაღების სიგრძე უნდა იყოს ღია ტექსტის სიგრძის ტოლი, გასაღები უნდა წარმოადგენდეს აბსოლუტურად შემთხვევით მიმდევრობას და გასაღები უნდა გამოვიყენოთ მხოლოდ ერთხელ (ამიტომ უწოდეს ამ შიფრს ერთჯერადი ბლოკ-ნოტი). ცხადია, რომ ასეთი შიფრის გამოყენება ყოველდღიურ პრაქტიკაში ძალიან მოუხერხებელია. ყველა დანარჩენი სიმეტრიული ალგორითმი კი შეიძლება იყოს მხოლოდ გამოთვლადად მედეგი კრიპტოანალიზური შეტევების მიმართ, რაც იმას ნიშნავს, რომ თუ მოწინააღმდეგეს გააჩნია შემოუსაზღვრავი შესაძლებლობები, მას

ყოველთვის შეუძლია გატეხოს ასეთი შიფრები [1].

მაგრამ პრაქტიკაში ჩვენ არ გვხვდება მოწინააღმდეგე შემოუსაზღვრავი შესაძლებლობებით, ამიტომ ალგორითმის უსაფრთხოების დადგენის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ვიპოვოთ რაოდენობრივი თანაფარდობები კრიპტოანალიტიკოსის შესაძლებლობებსა და შიფრის მედეგობას შორის, რაც მოგვცემს საშუალებას რაოდენობრივად შევაფასოთ სიმეტრიული შიფრების უსაფრთხოება კრიპტოანალიზური შეტევების მიმართ.

თუ კრიპტოანალიტიკოსოს მიზანია გამოთვალოს გასაღები, მაშინ ბლოკური შიფრების უსაფრთხოების ანალიზი შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგი ამოცანის სახით: მოცემულია დაშიფვრის ფუნქცია $E_k(M)=C$, სადაც $K \in \{0,1\}^k$ არის უცნობი გასაღები. ამ დროს კრიპტოანალიტიკოსისათვის ცნობილია შესასვლელი და გამოსასვლელი მნიშვნელობების რაიმე q რაოდენობის წყვილები $(M_1, C_1), \dots, (M_q, C_q)$ და ის ცდილობს გამოთვალოს გასაღები.

ამ შემთხვევაში ბლოკური შიფრი იქნება უსაფრთხო, თუ საუკეთესო შეტევა, რომელიც შეუძლია განახორციელოს მოწინააღმდეგემ მოითხოვს ისეთი დიდი რაოდენობის q წყვილებს ან/და გამოთვლის ისეთ დიდ t დროს, რაც აღემატება კრიპტოანალიტიკოსის შესაძლებლობებს. ეს არის უსაფრთხოება გასაღების გამოთვლის მიმართ და იზომება რაოდენობრივად q და t პარამეტრების საშუალებით.

ღია ტექსტის სტრუქტურის დასამალად ყველაზე ეფექტურია ორი გარდაქმნის - მიმოფანტვის (**confusion**) და დიფუზიის (**diffusion**) გამოყენება. მიმოფანტვა არის გარდაქმნა, რომლის მიზანია დამალოს კავშირი გასაღებსა და შიფროტექსტს შორის, ხოლო დიფუზიის მიზანია გახადოს შიფროტექსტის თითოეული სიმბოლო დამოკიდებული ღია ტექსტის ყველა სიმბოლოზე, რაც მოგვცემს საშუალებას დავმალოთ ღია ტექსტის სტრუქტურა. რადგანაც სიმეტრიულ ალგორითმებში შეუძლებელია გამოვიყენოთ რთული მათემატიკური გარდაქმნები (ეს ამცირებს ალგორითმის სწრაფქმედებას), ამ მიზნების მისაღწევად თანამედროვე სიმეტრიულ კრიპტოგრაფიაში გამოიყენება ჩანაცვლების და

გადანაცვლების ოპერაციები მრავალჯერადი იტერაციებით.

ბლოკური შიფრების კრიპტომედეგობაზე არსებით ზეგავლენას ახდენს ის ფაქტიც, რომ თავისი ბუნებით ბლოკური შიფრები დეტერმინირებული სისტემაა, ანუ ერთი და იგივე ღია ტექსტი ერთი და იგივე გასაღების საშუალებით ყოველთვის გადადის ერთსა და იმავე შიფროტექსტში, რაც ძალიან უადვილებს კრიპტანალიტიკოსს შიფრის გატყუვას.

ამ ნაკლის დაძლევას ცდილობენ დაშიფვრის რეჟიმების (ძირითადად **CBC** და **CTR** რეჟიმების) გამოყენებით, რომლებშიც გამოიყენება ინიციალიზაციის ვექტორი, რაც საშუალებას გვაძლევს ერთი და იგივე ღია ტექსტი ერთი და იგივე გასაღებით გარდავქმნათ სხვადასხვა შიფროტექსტად, მაგრამ ერთი ინიციალიზაციის ვექტორის გამოყენება ხშირად არ არის საკმარისი ღია ტექსტის სტრუქტურის კარგად დასამალად.

2002 წ. გამოქვეყნდა მ.ლისკოვის, რ.რაივესტის და დ.ვაგნერის სტატია, რომელშიც წამოყენებულია იდეა გამოვიყენოთ ინიციალიზაციის ვექტორი არა დაშიფვრის რეჟიმში, არამედ თვით ალგორითმში, ამასთან არა ერთხელ, დასაწყისში, როგორც ეს ხდება დაშიფვრის რეჟიმში, არამედ რამდენჯერმე, თანაბარი ინტერვალებით იტერაციის სხვადასხვა ეტაპებზე. ეს მოგვცემს საშუალებას უფრო კარგად დავმალოთ ღია ტექსტის სტრუქტურა შიფროტექსტში. ასეთ ალგორითმებს ავტორებმა უწოდეს **tweakable** ბლოკური შიფრები [2,3].

ამ სტატიაში განხილულია ჩვენ მიერ ერთი ასეთი ტიპის ახალი ალგორითმის აგების შესაძლებლობა. იგი იყენებს ჰილის ცნობილი ალგორითმის მოდიფიკაციას, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ძალიან სწრაფად შევასრულოთ დიფუზიური გარდაქმნა.

ჰილის მოდიფიცირებული ალგორითმი

ჩვენი მიზანია ავაგოთ ახალი tweakable ბლოკური დაშიფვრის ალგორითმი, რომელ-

G	T	U	Space	G	e	o	r
71	84	85	32	71	101	111	114
g	i	a	n	Space	T	e	c
103	105	97	110	32	84	101	99

შიც ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურად დასამალად გამოვიყენებთ ჩვენ მიერ მოდიფიცირებულ ჰილის ალგორითმს.

კრიპტოალგორითმში ხდება **256** ბიტანი ბლოკის დაშიფვრა **256** ბიტანი სიდუმლო გასაღებით. ალგორითმში შესვლის შემდეგ დასაშიფრი ბლოკი წარმოიდგინება **4x4**-ზე მატრიცის საშუალებით, რომელსაც უწოდებენ მდგომარეობის მატრიცას (ფიგ. 1), სადაც თითოეული **a_{ij}** წარმოადგენს ორობით ბაიტს. დასაშიფრი ორობითი სტრიქონი ჩაიწერება მატრიცაში მარცხნიდან მარჯვნივ ჰორიზონტალურად.

$$M = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix}$$

ფიგ. 1. მატრიცა M

ყველა ოპერაცია, რომელიც სრულდება ალგორითმში დასაშიფრ ტექსტზე სრულდება ამ მატრიცაზე. ამ სტატიაში შევხებით მხოლოდ ერთ ოპერაციას, რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფროტექსტში. ეს ოპერაცია მათემატიკურად შეიძლება ჩავწეროთ ძალიან მარტივად:

$$M \times A \pmod{256},$$

სადაც **A** წარმოადგენს მატრიცას **4x4**-ზე, რომელსაც აუცილებლად გაჩნია შეზღუდული მატრიცა [4-8].

უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის განვიხილოთ ჩვენი ალგორითმის 1-ლი ეტაპი დეტალურად.

ჩვენი ალგორითმი

დავუშვათ მოცემული გვაქვს ღია ტექსტი: **GTU Georgian Technical University**. ვიღებთ საწყის **16** სიმბოლოს, გადაგვყავს **ASCII** კოდში და წარმოვადგენთ **4x4** განზომილებიან **A** მატრიცად:

71	84	85	32
71	101	111	114
103	105	97	110
32	84	101	99

ფიგ. 2. მატრიცა A

შემდეგ ვიღებთ მომდევნო **16** სიმბოლოს, რომელიც ასევე გადაგვყავს **ASCII** კოდში და

წარმოვადგენთ როგორც **4x4** განზომილებიან **B** მატრიცად:

IV საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია "ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები", თბილისი, საქართველო, 2023 წლის 20-22 ნოემბერი
IVt International Scientific and Technological Conference "Modern problem of power engineering and ways of solving them", Tbilisi, Georgia, November 20-22, 2023

h	n	i	c	a	l	Space	U	104	110	105	99
104	110	105	99	97	108	32	85	97	108	32	85
n	i	v	e	r	s	i	t	110	105	118	101
110	105	118	101	114	115	105	116	114	115	105	116

ფიგ. 3. მატრიცა B

ჩვენ მიერ წინასწარ გამოთვლილი N მატრიცა:

-1	-2	-2	-2
2	-1	-2	2
1	1	1	2
-1	1	2	-1

ფიგ. 4. მატრიცა N

A მატრიცას ვამრავლებთ N მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4x4 განზომილებიანი A₁ მატრიცა. მიღებული A₁

150	-109	-161	164
128	-18	-5	168
94	-104	-99	88
138	52	67	207

მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში:

150	147	95	164
128	238	251	168
94	152	157	88
138	52	67	207

150	147	95	164	128	238	251	168
10010110	10010011	01011111	10100100	10000000	11101110	11111011	10101000
94	152	157	88	138	52	67	207
01011110	10011000	10011101	01011000	10001010	00110100	01000011	11001111

ფიგ. 5. მატრიცა A₁

ანალოგიური მეთოდით ვმოქმედებთ B მატრიცაზე. ჩვენს მიერ წინასწარ გამოთვლილი M მატრიცა:

1	1	1	2
-1	-2	-2	-2
2	-1	-2	2
-1	1	2	-1

ფიგ. 6. მატრიცა M

B მატრიცას ვამრავლებთ M მატრიცაზე, რის შედეგადაც მიიღება ისევ 4x4 განზომილებიანი B₁ მატრიცა. მიღებული B₁

105	-122	-128	99
-32	-66	-13	-43
140	-117	-134	145
93	-105	-94	92

მატრიცა დაგვყავს 256-ის მოდულით და გადაგვყავს ორობით სისტემაში:

105	134	128	99
224	190	243	213
140	139	122	145
93	151	162	92

105	134	128	99	224	190	243	213
01101001	10000110	10000000	01100011	11100000	10111110	11110011	11010101
140	139	122	145	93	151	162	92
10001100	10001011	01111010	10010001	01011101	10010111	10100010	01011100

ფიგ. 7. მატრიცა B₁

გამოფერა

გამოფერა დამოფერის შეზღუდული პროცესია მცირეოდენი განსხვავებით. დამოფერის დროს გამოყენებული N და M

-1	2	-2	2
-2	-1	-2	-2
1	1	1	2
1	-1	2	-1

ფიგ.8. მატრიცა N⁻¹

მატრიცის ნაცვლად ვიყენებთ 256-ის მოდულით შეზღუდულ, შესაბამისად N⁻¹ და M⁻¹ მატრიცებს. გასაღები რა თქმა უნდა იგივე რჩება [9,10].

-2	-1	2	2
-2	-2	-1	-2
1	1	1	2
2	1	-1	-1

მატრიცა M⁻¹

დასკვნა

ჩვენ შევხებთ მხოლოდ ერთ ოპერაციას, რომელიც უზრუნველყოფს ღია ტექსტის სტრუქტურის ეფექტურ დამალვას შიფრო-ტექსტში. ჩვენ შემთხვევაში 256 ბიტიდან 115 ბიტმა განიცადა ცვლილება, რაც ძალიან კარგი შედეგია.

ლიტერატურა

- Shanon C. (1948) Communication theory of secrecy systems. *The Bell System Technical Journal*. 27: 379-423, 623-656.
- Liskov M., Rivest R.L. (2011) Tweakable Block Ciphers. *J. Cryptol.*, 24: 588-613.
- Halevi S., Rogaway P. (2003) A Tweakable enciphering mode. *Advances in Cryptology - CRYPTO*. 27, 29: 1-33.
- Lester S. Hill. (1929) Cryptography in an Algebraic Alphabet. *The American Mathematical Monthly*. 36, 6: 306-312
- Bibhudendra Acharya, Sarojkumar Panigrahy, Saratkumar Patra, Canapsti Panda. (2009) Image Encryption Using Advanced Hill Cipher Algorithm. *International Journal of Recent Trends in Engineering*. 1, 1.
- Julakidze L.E., Qochladze Z.I., Kaishauri T.V. (2015) Designing of a new tweakable block cipher by using the modified Hill's algorithm. *Georgian Engineering News*. 73 (1): 44-49 (in Georgian).
- Julakidze L.E., Qochladze Z.I., Kaishauri T.V. (2015) The new symmetric tweakable block cipher. *Georgian Engineering News*. 73 (1): 50-56 (in Georgian).
- Julakidze L.E., Qochladze Z.I., Kaishauri T.V. (2015) A Possibility of constructing a new symmetric tweakable block cipher and a method of calculation of Pearson's correlation coefficient. *Georgian Engineering News*. 76 (4): 39-45 (in Georgian).
- Levani Julakidze, Zurab Kochladze, Tinatin Kaishauri. (2021) New Symmetric Tweakable Block Cipher. *BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*. 15 (1): 13-19.
- L.E. Julakidze, Z.I. Kochladze, T.V. Kaishauri (2017 by Nova Science Publishers, Inc.) New Tweakable Block Cipher. *Computer Science, Technology and Applications. Information and Computer Technology, Modeling and Control*. ISBN: 978-1-53612-075-2. 50: 505-513.

მზის ენერჯის გამოყენების პერსპექტივები სამცხე - ჯავახეთის რეგიონში

ნოდარ მირიანაშვილი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, მთ. მეცნიერ თანამშრომელი,
საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტი,
ი. ჟორდანიას სახ. საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი
ცენტრი, ქ. თბილისი, საქართველო, [E-mail: nmirianash@gmail.com](mailto:nmirianash@gmail.com)

ნუგზარ ყავლაშვილი, ტექნ. მეცნ. კანდიდატი, პროფესორი,
საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო, [E-mail: nkavlash@gmail.com](mailto:nkavlash@gmail.com)

ზურაბ ლომსაძე, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი
საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის ი. ჟორდანიას სახ. საქართველოს საწარმოო ძალებისა და
ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრი, ქ. თბილისი, საქართველო, [E-mail: z.lomsadze@gtu.ge](mailto:z.lomsadze@gtu.ge)

ქეთევან კვირიკაშვილი, მაგისტრი, მეცნიერ თანამშრომელი,
საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტი,
ქ. თბილისი, საქართველო, [E-mail: qeto.kvirikashvili@gmail.com](mailto:qeto.kvirikashvili@gmail.com)

ანოტაცია. მოხსენებაში შეფასებულია სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის მზის ენერგეტიკული პოტენციალი და მისი ათვისების პერსპექტივები. სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორია დიდი ჰელიოენერგეტიკული პოტენციალით ხასიათდება. ქ. როდიონოვკაში მზის ნათების ხანგრძლივობა წელიწადში აღწევს 2633 საათს, რაც თითქმის 10%-ით მეტია ქვეყნის საშუალო მაჩვენებელზე. მზის, როგორც განახლებადი ენერგეტიკული რესურსის ფართოდ გამოყენება საშუალებას იძლევა რეგიონში შეიქმნას დამატებითი ენერგეტიკული სიმძლავრეები, რომლებიც უზრუნველყოფენ აღნიშნული რესურსის ფართოდ მოხმარებას და რეგიონის ენერგომომარაგების მდგრადობის ზრდას. მოხსენებაში ნაჩვენებია, რომ ეკოსისტემის დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენების სტრატეგიის შემუშავება, თანამედროვე, ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიების დანერგვა, საქართველოს ეკონომიკური პოტენციალის ზრდის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა.

საკვანძო სიტყვები: მზის ენერჯია, ენერგოდაზოგვა, ჯამური რადიაცია, ნათების ხანგრძლივობა, თბომომარაგება.

Prospects of using solar energy in the Samtskhe-Javakheti region

Nodar Mirianashvili, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher
Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the LEPL, Irakli Zhordania Center Studying Productive Forces and Natural Resources of Georgia, Georgian Technical University Tbilisi, Georgia, [E-mail: nmirianash@gmail.com](mailto:nmirianash@gmail.com)

Nugzar Kavlashvili, Candidate of Technical Sciences, Professor
Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the LEPL Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia,
[E-mail: nkavlash@gmail.com](mailto:nkavlash@gmail.com)

Zurab Lomsadze, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Irakli Zhordania Center Studying Productive Forces and Natural Resources of Georgia of the GTU, Tbilisi, Georgia,
[E-mail: z.lomsadze@gtu.ge](mailto:z.lomsadze@gtu.ge)

Ketevan Kvirikashvili, Magistre
Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the LEPL Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia,
[E-mail: qeto.kvirikashvili@gmail.com](mailto:qeto.kvirikashvili@gmail.com)

Annotation. The report evaluates the solar energy potential of the Samtskhe-Javakheti region and its utilization prospects. The area of Samtskhe-Javakheti is characterized by great solar energy potential. St. The duration of sunshine in Rodionovka reaches 2633 hours per year, which is almost 10% more than the national average. The widespread use of the sun as a renewable energy resource allows the creation of additional energy capacities in the region, which ensure the widespread consumption of this resource and increase the sustainability of the region's energy supply. The report shows that the development of a strategy for the protection of the ecosystem and the rational use of natural resources, the introduction of modern, ecologically clean technologies, is one of the necessary conditions for the growth of the economic potential of Georgia.

Keywords: Solar energy, energy saving, total radiation, lighting duration, heat supply.

შესავალი. სამცხე-ჯავახეთი, განსაკუთრებით კი მისი ცენტრალური და სამხრეთ ნაწილები, ხასიათდება ხელსაყრელი პირობებით მზის ენერჯის მისაღებად და გამოსაყენებლად.

სამუშაოს მიზანი. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის მზის ენერგეტიკული პოტენციალის შესწავლა, განახლებადი ენერგორესურსების ათვისებისა და რეგიონის ენერგობალანსის გაუმჯობესების მიზნით.

თემატური ნაწილი. ჰელიოდანადგარების მიმღები ზედაპირის დასხივების შესაძლებელი ხანგრძლივობა განისაზღვრება დრუბლიანობის (n) და მზის ნათების ხანგრძლივობის მონაცემებით. მრავალწლიან მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მასალების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი, განსაკუთრებით ჯავახეთის პლატო, გამოირჩევა წლის განმავლობაში ნათელი (უღრუბლო) დღეების რაოდენობის მაღალი მაჩვენებლით, რომელიც 1,5-2-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე ქვეყნის უმეტეს ტერიტორიაზე (ცხრ. 1). ამასთან, მზიანი დღეების ხშირი განმეორებადობა აღინიშნება ზამთრის სეზონში, ე.ი. პერიოდში, როდესაც დიდია მოთხოვნილება ენერგიაზე. ბორჯომის ხეობისა და მესხეთის ქედის რაიონებში ნათელი დღეების რიცხვი შედარებით ნაკლებია [1,2].

მზიანი დღეების რაოდენობა სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორიაზე

ცხრილი 1

№	პუნქტის დასახელება	VI-IX თვეები	X-III თვეები	წელიწადში
1	ადიგენი	35	28	63
2	ასპინძა	40	38	78
3	ახალქალაქი	30	32	62
4	ახალციხე	36	31	67
5	ეფრემოვკა	28	22	50
6	კარწახი	31	35	66
7	როდიონოვკა	30	30	60
8	ფოკა	40	42	82
9	ტაბაწყური	36	33	69
10	ცხრაწყარო	21	25	46
11	აბასთუმანი	30	24	54
12	ბაკურიანი	27	27	54
13	ბორჯომი	29	23	52
14	ცემი	27	25	52

ცხრ. 2-ის მონაცემები აბასთუმანში, ბაკურიანსა და როდიონოვკაში მზის ნათების ხანგრძლივობის წლიური მაჩვენებლების შესახებ ადასტურებს ზემოაღნიშნულს. ფარავნის ტბის

მახლობლად, როდიონოვკაში წლის განმავლობაში მზის ნათების ხანგრძლივობა 500 სთ-ით მეტია, ვიდრე დანარჩენ ორ სადგურზე. წელიწადში 2437 სთ მზის ნათების ხანგრძლივობის ყველაზე მაღალი საშუალო მაჩვენებელია საქართველოში, ხოლო ამ ელემენტის მაქსიმუმმა როდიონოვკაში 2633 სთ შეადგინა [3,4].

მზის ნათების ხანგრძლივობა, (სთ)

ცხრილი 2

თვე	აბასთუმანი	ბაკურიანი	როდიონოვკა
I	35	28	63
II	40	38	78
III	30	32	62
IV	36	31	67
V	28	22	50
VI	31	35	66
VII	30	30	60
VIII	40	42	82
IX	36	33	69
X	21	25	46
XI	30	24	54
XII	27	27	54

როგორც გათვლებმა გვიჩვენა, ჰელიოდანადგარის "მუშაობის" პოტენციური ხანგრძლივობა, რომელიც ძირითადად მზის ნათების ხანგრძლივობაზეა დამოკიდებული, სამცხე-ჯავახეთის ტერიტორიაზე წელიწადში მერყეობს 1700-დან (ბაკურიანი) 2100 სთ-მდე (როდიონოვკა). ამასთან, ზამთარში ჰელიოდანადგარს შეუძლია "იმუშაოს" სეზონის კალენდარული დროის _ 20-25%, ზაფხულში კი _ 30-35%. "გაცდენების" დროს გასათვალისწინებელია ენერჯის სარეზერვო წყარო ან აკუმულატორი.

მზის პირდაპირი რადიაცია, (ჰორიზონტალური სიბრტყე, კვტ.სთ/მ².თვე)

ცხრილი 3

№	სადგური	თვე			
		I	IV	VII	X
1	აბასთუმანი	20,8	67,2		
2	ადიგენი	21,4	77,8	115,3	56,9
3	ასპინძა	33,3	77,2	127,8	61,1
4	ახალქალაქი	29,4	72,2	133,3	66,7
5	ახალციხე	26,7	73,6	129,2	63,3
6	ბაკურიანი	23,3	68,1	127,8	63,9
7	ბორჯომი	21,7	69,4	102,8	58,3
8	ეფრემოვკა	33,3	66,7	116,7	61,1

IV საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია "ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები", თბილისი, საქართველო, 2023 წლის 20-22 ნოემბერი
IV^t International Scientific and Technological Conference "Modern problem of power engineering and ways of solving them", Tbilisi, Georgia, November 20-22, 2023

9	კარწახი	35,0	72,2	120,8	65,3
10	ფოკა	34,7	74,4	127,8	63,9
11	როდიონოვკა	36,1	80,6	134,7	64,4
12	ტაბაწყური	31,7	71,9	129,2	63,9
13	ცემი	21,4	66,7	102,8	55,6
14	ცხრაწყარო	28,1	44,4	97,2	62,5

8	ეფრე მოვკა	80	75	119	84	105	177	211	148
9	კარწახი	85	81	123	98	106	173	213	150
10	ფოკა	85	83	130	104	105	182	209	155
11	როდიონოვკა	88	90	137	102	120	171	200	148
12	ტაბაწყური	78	80	132	103	119	176	207	146
13	ცემი	52	75	105	89	120	154	197	142
14	ცხრაწყარო	68	50	99	100	105	169	205	140

**მზის ჯამური რადიაცია,
(ჰორიზონტალური სიბრტყე, კვტ.სთ/მ².თვე)**
ცხრილი 4

№	სადგური	თვე			
		I	IV	VII	X
1	აბასთუმანი	57,8	144,4	190,3	
2	ადიგენი	58,3	146,7	198,9	102,8
3	ასპინძა	61,7	151,4	202,8	105,9
4	ახალქალაქი	68,1	156,9	202,2	110,6
5	ახალციხე	60,6	145,3	198,9	106,1
6	ბაკურიანი	63,9	156,4	198,6	104,2
7	ბორჯომი	55,6	145,3	186,1	95,8
8	ეფრემოვკა	58,3	161,1	207,2	105,6
9	კარწახი	58,9	156,9	208,2	106,9
10	ფოკა	66,7	165,3	205,0	110,6
11	როდიონოვკა	66,7	155,6	206,1	105,6
12	ტაბაწყური	66,1	159,7	202,8	104,2
13	ცემი	58,3	139,7	193,3	101,4
14	ცხრაწყარო	62,8	153,3	201,4	100,2

როგორც ენერჯის წყარო, მზის რადიაცია ხასიათდება მზის ენერჯის კუთრი სიმძლავრით ანუ ენერჯის რაოდენობით პირდაპირი (S^1), გაბნეული (D) და ჯამური ($Q=S^1+D$) სახით, რომელიც მიეწოდება ერთეულ ფართობზე დროის გარკვეულ ინტერვალში.

**მზის პირდაპირი (S^1) და ჯამური (Q) რადიაცია
ჰორიზონტის მიმართ ოპტიმალური (α) კუთხით
დახრილ ბრტყელ ზედაპირზე, (კვტ.სთ/მ².თვე)**
ცხრილი 5

№	სადგური	თვე				თვე			
		I	IV	VII	X	I	IV	VII	X
		$\alpha=65^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=10^\circ$	$\alpha=50^\circ$	$\alpha=65^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=10^\circ$	$\alpha=50^\circ$
1	აბასთუმანი	51	75	118		104	159	194	144
2	ადიგენი	52	87	130	91	105	161	203	148
3	ასპინძა	81	86	136	98	111	167	207	150
4	ახალქალაქი	72	81	132	107	123	173	206	155
5	ახალციხე	65	82	130	101	109	160	203	149
6	ბაკურიანი	57	76	105	102	115	172	203	146
7	ბორჯომი	53	78	108	93	100	160	190	134

როგორც 3 და 4 ცხრილების მონაცემებიდან ჩანს, ჰორიზონტალური ზედაპირის 1 მ²-ზე იანვარში, დაკვირვებათა მრავალწლიან პერიოდში საშუალოდ მოდის 20,8 კვტ.სთ-დან (აბასთუმანი) 36,1 კვტ.სთ-მდე (როდიონოვკა) თვეში მზის პირდაპირი (S^1) რადიაციის სახით და 55,6 კვტ.სთ-დან (ბორჯომი) 68,1 კვტ.სთ-მდე (ახალქალაქი) – ჯამური რადიაციის (Q) სახით. აპრილში ეს მაჩვენებლები შესაბამისად არის 44,4-80,6 კვტ.სთ და 139,7-165,3 კვტ.სთ; ივლისში 97,2-134,7 კვტ.სთ და 186,1-208,9 კვტ.სთ, ხოლო ოქტომბერში 52,8-66,7 კვტ.სთ და 95,8-110,6 კვტ.სთ [3,4].

მზის ენერჯის უდიდესი პოტენციალი აღინიშნება რეგიონის სამხრეთ, სამხრეთ-აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ნაწილებში; დასავლეთი და ჩრდილოეთი განაპირა რაიონები, მთის ქედები, მთის მწვერვალები კი გაცილებით ნაკლებადაა უზრუნველყოფილი მზის ენერჯით.

მზის კოლექტორის ფართობის ერთეულიდან რაც შეიძლება მეტი რაოდენობით სითბოს ან ელექტროენერჯის მისაღებად საჭიროა, რომ ჰელიოდანადგარის მიმდები ზედაპირი მიბრუნებული იყოს მზის სხივებისკენ, ან დახრილი იყოს სამხრეთისკენ ნორმებთან ოპტიმალურად მიახლოებული კუთხით. მოცემული რეგიონის განედისათვის $\varphi = 42^\circ$. საშუალო ოპტიმალური დახრის კუთხე α ჰორიზონტის მიმართ არის: ზამთარში - 65° , გაზაფხულზე - 30° , ზაფხულში - 10° და შემოდგომაზე 50° . თუ კოლექტორის მიმდები ზედაპირის დახრილობა იცვლება ორჯერ წელიწადში, მაშინ აპრილიდან სექტემბრის ჩათვლით დახრის ოპტიმალური კუთხეები $\alpha = 42 + 10^\circ \approx 50^\circ$. თუ გამოიყენება ჰელიოდანადგარი უძრავი მზის კოლექტორით (შენობის სახურავი), მაშინ სამხრეთისკენ ორიენტირებული მზის კოლექტორის დახრილობის კუთხე ჰორიზონტის მიმართ უნდა იყოს $\alpha=42^\circ$. დახრილობისა და მზის კოლექტორის

ორიენტაციის ოპტიმიზაცია ხელს უწყობს ჰელიოდანადგარის მწარმოებლურობის ამაღლებას, საშუალოდ 30-35%-ით [3,4].

3, 4 და 5 ცხრილების მონაცემებიდან ჩანს, რომ ჰორიზონტალურ ზედაპირთან შედარებით, სამხრეთისკენ ორიენტირებული, ჰორიზონტის მიმართ ოპტიმალური $\alpha \square$ კუთხით დახრილ ბრტყელ ზედაპირზე მოდინებული მზის ენერგია, ნოემბრიდან მარტის ჩათვლით 2-2,5-ჯერ უფრო მაღალია, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ჰელიოდანადგარის მწარმოებლურობას და აუმჯობესებს მის ეკონომიკურ მაჩვენებლებს ცივ სეზონში, როდესაც განსაკუთრებით დიდია ენერგიაზე მოთხოვნილება.

წლის განმავლობაში 1 მ^2 ჰორიზონტალურ ზედაპირზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის უმეტეს ნაწილში მოდის 1400-1600 კვტ.სთ მზის ენერგია. მცირედ მოძრავ მზის კოლექტორზე კი, რომლის მიმდები ზედაპირი ორიენტირებულია სამხრეთისაკენ და დახრილობა ჰორიზონტის მიმართ ოქტომბრიდან მარტის ჩათვლით $\alpha = \varphi + 10^\circ \approx 50^\circ$, ხოლო აპრილიდან სექტემბრის ჩათვლით $\alpha = \varphi - 10^\circ \approx 30^\circ$, მთლიანად წელიწადში მოდის 30-40%-ით მეტი მზის ენერგია, ვიდრე ჰორიზონტალურ ზედაპირზე. როდესაც მზის კოლექტორის სამუშაო წლიური მქკ 20-25%-ის ტოლია, თითოეული კვადრატული მეტრიდან შესაძლებელია წელიწადში 400-600 კვტ.სთ ენერგიის მიღება. მესხეთის ქედისა და ბორჯომის ხეობის მიმართულებით კი ეს მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად იკლებს და შეადგენს 300-350 კვტ.სთ/მ² წელიწადში [4].

დასკვნა

ჩატარებული კვლევებიდან ჩანს, რომ სამცხე-ჯავახეთში მზის ენერგიის მნიშვნელოვანი პოტენციალია. ქვემოთ ჩამოთვლილ ღონისძიებათა კომპლექსის განხორციელების შედეგად მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება რეგიონის ენერგობალანსი და შემცირდება ძვირადღირებული ორგანული სათბობის მოხმარება. ეს ღონისძიებებია:

- დამუშავდეს მზის ენერგიის გამოყენების რეგიონული პროგრამა;

- აღნიშნული პროგრამის განხორციელების მიზნით მოძიებულ იქნეს ინვესტორთა ჯგუფი, რომელთა მეშვეობით მოხდება სხვადასხვა

დანიშნულების ობიექტების (სამრეწველო, საცხოვრებელი, კულტურულ-გასართობი) აღჭურვა აქტიური და პასიური ჰელიოსისტემებით;

- ჩატარდეს მოსამზადებელი სამუშაოები 2030 წლისათვის რეგიონში მზის ენერგიაზე მომუშავე მძლავრი თბური და ფოტოელექტრული სადგურების ასაგებად.

ლიტერატურა

1. Минеральные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. КЕПС при Президиуме АН Грузии. Тбилиси; Метნიереба. 1991. 702 с.
2. Чоговадзе Г.И., Хачатурян Р.А. Использование нетрадиционных возобновляемых источников в энергетике Грузинской ССР. Тбилиси: Метნიереба. 1989. 247 с.
3. Цуцкиридзе Я.А. Солнечный кадастр Грузии// Тр. ЗаКНИГМИ. Вып.12. 1963. с.54-83.
4. ირ.ჯორდანია, ნ.მირიანაშვილი, ქ.ვეზირი-შვილი-ნოზაძე, რ.არველაძე, დ.ჩომახიძე, თ.ჯიშკარიანი. საქართველოს ენერგეტიკული რესურსები (სამსახურებრივი სარგებლობისათვის). მონოგრაფიაში „საქართველოს ბუნებრივი რესურსები“ (ორტომეული). ტ. II, თავი VI. საქ. მეცნ. ეროვნული აკადემია, საქ. ტექნ. უნივ. საქ. საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი რესურსების შემსწავლელი ცენტრი, თბილისი. 2015. გვ. 543-792.

References (Transliterated)

1. Mineralnie resursi Gruzii i problemi ix racionalnogo ispolzovania. KEPS pri prezidiume AN Gruzii. Tbilisi: Metsniereba. 1991, 702 p.
2. Chogovadze G.I., Khachaturian R.A. Ispolzovanie netradicionnix vozobnovliaemix istocnikov v energetike Gruzinskoj SSR. Tbilisi: Metsniereba. 1989, 247 p.
3. Tsutskiridze Ya.A. Solnecni cadastr Gruzii. Tr. ZakNIGMI, vip. 12. 1963. pp. 54-83.
4. Ir.Jordania, N.MirianaSvili, K.VeziriSvili-NozaZe, R.ArvelaZe, D.ComaxiZe, T.JiSkariani. saqarTvelos energetikuli resursebi (samsaxurebrivi sargeblobisaTvis). monografiaSi „saqarTvelos bunebrivi resursebi“ (ortomeuli), tomi II, Tavi VI . saq. mecn. erovnuli akademia, saq. teqn. univ. saq. sawarmoo Zalebisa da bunebrivi resursebis Semswavleli centri, Tbilisi, 2015. gv. 543-792.

ცვალებადი გეომეტრიის მორევული მიკროჰესი რეაქტიული წყალმიმღებით

ომარი ზივზივაძე, აკადემიური დოქტორი, პროფესორი,

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, E-mail: omarzivzivadze@yahoo.com

არჩილ გეგუჩაძე, აკადემიური დოქტორი,

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, E-mail: archigeguchadze@gmail.com

ბადრი ზივზივაძე, აკადემიური დოქტორი, პროფესორი,

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, E-mail: zivziva@mail.ru

დავით ძაძამია, აკადემიური დოქტორი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, E-mail: datodzadzamia1@gmail.com

ანზორი ყუფარაძე, ბაკალავრი,

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, E-mail: anzo.vip@live.com

ნატა სულაქველიძე, ბაკალავრი,

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, E-mail: natasulak@yahoo.com

ანოტაცია. მორევული მიკრო-ჰესის ენერგოეფექტურობის გაზრდა მიიღწევა რელიეფთან მისი გაბარიტული პარამეტრების თავსებადობით. მიკრო ჰესის შესასვლელში გამოყენებული ხელოვნური აღმავალი არხისა და გამავალი სიფონის მეშვეობით გაზრდილია დონეთა სხვაობა ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის, ასევე ტურბინის ფრთის პროფილით გააქტიურებული წყალმიმღების მეშვეობით უმჯობესდება შემავალი და გამავალი ნაკადების სინქრონიზაცია.

საკვანძო სიტყვები: აღმავალი არხი, შემავალი ნაკადები, ტურბინა, ფრთის პროფილი, გამავალი ნაკადები, სიფონი.

Vortex Micro HPP of Variable Geometry with Reactive Water Intake

Omari Zivzivadze, PhD, Professor,

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: omarzivzivadze@yahoo.com

Archil Geguchadze, PhD,

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: archigeguchadze@gmail.com

Badri Zivzivadze, PhD, Professor,

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: zivziva@mail.ru

David Dzadzamia, PhD,

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: datodzadzamia1@gmail.com

Anzori Kuparadze, Bachelor,

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: anzo.vip@live.com

Nata Sulakvelidze, Bachelor,

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: natasulak@yahoo.com

Annotation. Increasing the energy efficiency of a vortex micropower plant is achieved due to the compatibility of its overall parameters with the terrain. Due to the artificial ascending channel and outlet siphon used at the entrance to the micro-hydroelectric power station, the difference in levels between the upper and lower pools increases, and also due to active water intake with blade airfoil, the synchronization of incoming and outgoing flows is improved.

Keywords: Ascending channel, Turbine, Blade airfoil, Inflows, Outflows, Siphon.

Acknowledgement. This work was supported by Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [AR-18-1908, Turbulent micro-HPP with siphon water-intake].

შესავალი

საქართველოს ბუნებრივ სიმდიდრეებს შორის პირველობა წყალსა და წყალთან დაკავშირებულ რესურსებს ეკუთვნის.

საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი (მდინარეები, ტბები, წყალსაცავები, მყინვარები, მიწისქვეშა წყლები, ჭაობები) მისი ფართის გათვალისწინებით მსოფლიოში ძალიან მნიშვნელოვანია.

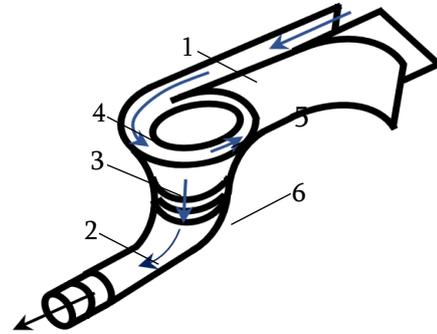
მდინარეთა საერთო რაოდენობიდან ენერგეტიკული მნიშვნელობით გამოირჩევა 300-მდე მდინარე, რომელთა წლიური ჯამური პოტენციური სიმძლავრე 15 ათ. მგვტ-ის ექვივალენტურია, ხოლო საშუალო წლიური ენერგია 50 მლრდ. კვტ.სთ-ის ექვივალენტური.

მდინარეთა სეზონურობის გამო ამ რესურსების გადანაწილება შესაძლებელია მარეგულირებელ-წყალსაცავებიანი ელექტროსადგურების მშენებლობის გზით. თუმცა ეკოლოგიური თვალსაზრისით ასეთების მშენებლობა წინააღმდეგობას აწყდება, რის გამო ჯერჯერობით აქცენტი კეთდება მცირე წყალსაცავიანი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობაზე [1].

პრობლემის არსი

ბოლო დროს დაინტერესება გამოიწვია მცირე მდინარეებიდან ელექტროენერჯის მოპოვების ახალმა მიმართულებამ ე.წ. ტურბულენტურ-ტურბინიანი ანუ მორევეული მიკროჰესების გამოყენებით [2-4]. AquaZoom-ის მორევეული მიკრო-ჰესი შეიცავს ზედა აუზს ნაკადის მიმართველით და ვერტიკალურ საკანს მის ქვედა ნაწილში მოთავსებული რეაქტიული ჰიდრო ტურბინით, რომლის დიფუზორთან ჰერმეტიულად დაკავშირებულია სიფონი [3]. ფომინის ხიდურა მორევეული ჰესის რეაქტიული ტურბინის საკნის კორპუსს აქვს კონუსური ფორმა [4]. საინტერესოა ასევე კორეული პატენტი [5], სადაც მორევის მაფორმირებელი შემავალი ცილინდრული (ნაკადის მიმართველი) მილი პერიფერიულად დაკავშირებულია მიმდებ ბუნკერთან, რომლის დიამეტრი ორჯერ და უფრო მეტადაც აღემატება აღნიშნული ჰორიზონტალური მიმართველი მილის დიამეტრს მორევის შესაქმნელად. აღნიშნულ ბუნკერს ქვემოთ აქვს კონუსური შევიწროება, რაც ზრდის გამავალი ნაკადის სიჩქარეს. ინტერესს არაა მოკლებული მიკროჰესი, რომელიც ელექტროენერჯიას გამოიმუშავებს თავისუფალი წყალგარდნილიდან [5] და ასევე, გადასატანი მიკრო ჰიდროელექტროსადგურიც [6], რადგან მოცემულ ნაშრომში განხილულია აღნიშნული საკითხები. ქართულ პატენტში [7] განხილულია მცირე მდინარეში ჩასადგმელი გადასატანი მიკრო ჰესი ლამის გამტარი არხით, რომლის შესასვლელი თვითრეგულირდება ტივტივათი და წყლის მინიმალური დონის დროს დაკეტილია საკეტით. წყლის დონის მომატებისას ტივტივას აწევით იღება საკეტით

დახურული არხის შესასვლელი და დაგროვილი ლამი წყლის ნაკადით გადაიტანება ქვედა ბიეფში, რაც იძლევა ჰიდროაგრეგატების შეუფერხებელი მუშაობის შესაძლებლობას.



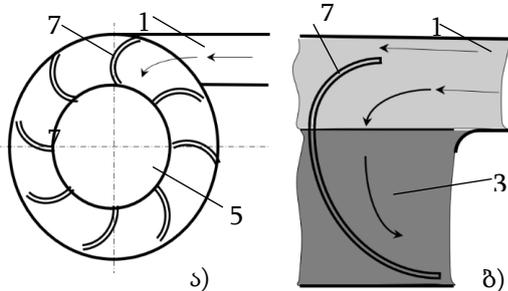
ნახ. 1. მორევეული მიკრო ჰესის საერთო ხედი:
 1 - შემავალი არხი; 2 - გამავალი არხი (ტელესკოპური დაბოლოებით); 3 - ტურბინის საკანი თოროიდული სიღრუთით; 4 - ჰორიზონტალური კონფუზორი; 5 - უქმი ზონა (ყრუ კონტური); 6 - ვერტიკალური დიფუზორი (ტელესკოპური)

პრობლემის გადაწყვეტა

ცნობილი მორევეული მიკრო ჰიდრო-ელექტროსადგურები [2-4] შეიცავენ სხვადასხვა დონეზე მდებარე ზედა და ქვედა ღია არხებს, რომელთა შორის მოთავსებულ ვერტიკალურ ტურბინას წყალი ამუშავებს ვარდნილ ზედა ბიეფის დონიდან ტურბინის გამომავალ ხვრელამდე, მაგრამ არაა გამოყენებული დონეთა სხვაობა აღნიშნული ხვრელიდან ქვედა ბიეფის დონემდე, ხოლო ქართულ გადასატან ჰესში [7] ეს საკითხი გადაწყვეტილია, მაგრამ ის მუშაობს მხოლოდ შეგუბებაზე და მასში არაა გამოყენებული მდინარის კინეტიკური ენერჯია (ის არ არის მორევეული).

ახლად შემუშავებული მიკრო ჰესი სიფონურ-მორევეულია [8, 9], რომლის ღია ზედა (შემავალ) 1 და დახურულ ქვედა (გამავალ) 2 არხებს შორის მოთავსებული ვერტიკალური საკანი 3 (ნახ. 1) შემოსაზღვრულია კონცენტრული (ერთიმეორეში ჩასმული) თოროიდული პროფილებით, რომელსაც გააჩნია ჰორიზონტალური კონფუზორი 4, რომელშიც ენერგოდანაკარგის პრევენციის მიზნით, შიგა პროფილის კონტურით შემოფარგლულია უქმი ზონა 5, რომელსა და ვერტიკალური დიფუზორს 6 შორის მოთავსებული ტურბინის ფრთები 7 განლაგებულია პერიფერიაზე (ნახ. 2,ა) საკნის 3

ზედა ნაწილში სპირალური ნაკადიდან ქვემოთ ვერტიკალურ ნაკადზე გარდამავალად მისადაგებული პროფილით (ნახ. 2,ბ).

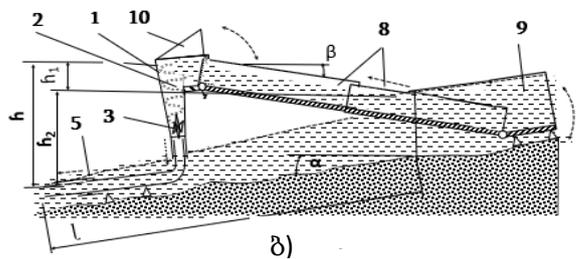
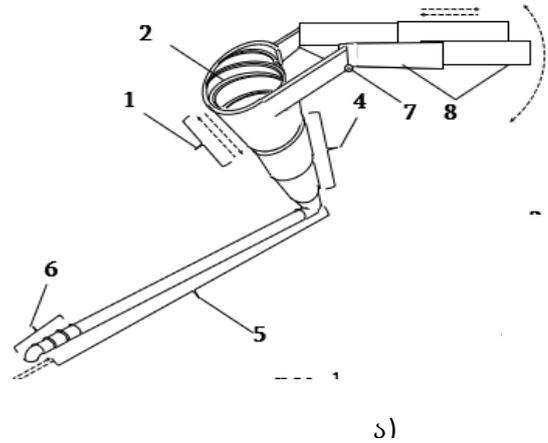


ნახ. 2. მორეული მიკრო ჰესის ტურბინა:

ა) ხედი ზემოდან: 1 - შემავალი არხი; 5 - უქმი ზონა (ყრუ კონტური); ბ) პერიფერიის ფრაგმენტი (ხედი ცენტრიდან, ისრებით ნაჩვენებია ნაკადების მიმართულებები): 1 - შემავალი არხი; 3 - ტურბინის საკანი; 7 - ფრთა (პროფილში)

ნახ. 3-ზე გამოსახულია ცვალებადი გეომეტრიის გადასატანი მორეული მიკრო ჰესის საერთო (ა) და გვერდითი (ბ) ხედები, სადაც კონფუზორთან განივი ჰორიზონტალური სახსრით 7 დაკავშირებულია წყლის მიმღები აღმავალი ტელესკოპური არხი 8. ასევე დიფუზორთან ჰერმეტიკულად დაკავშირებულია სიფონი, რომლის ერთი (ვერტიკალური) ნაწილი დიფუზორის მხარეს ტელესკოპურია 4 ვერტიკალური გადაადგილების შესაძლებლობით და მეორე ნაწილიც ქვედა ბიევის (ქანობის) მხარეს ტელესკოპურია 6, რაც იძლევა მისი ჰორიზონტალური გადაადგილებისა და შესაბამისად, დაღმავალი არხის 5 სიგრძის ცვლით ტურბინის ხარჯის მდინარის მოცულობითი ხარჯის ცვლილებასთან შეთავსების შესაძლებლობას, ხოლო ტელესკოპურ შეერთებათა პარამეტრების ცვლილება მოხდება ოპერატიულად, ჩამონადენის მიმდინარე მოცულობითი ხარჯის მიხედვით. საკნის 1 გარე კონტურის შიგა კედლებზე შესრულებულია ნაკადის სპირალური მიმართულებები 2. საჭიროებისამებრ (უპირატესად წყალმარჩხობის დროს) ზედა ბიეფში შესაძლებელია წყალშემკრების 9 სახსრულად 11 დაერთება აღმავალ არხთან, ხოლო ასევე საჭიროებისამებრ, საკნის 1 შესასვლელთან (კონფუზორთან) დამაგრდეს წყალვარდნილის ამრეკლი ფარი 10 [8].

მორეული მიკრო-ჰესის პარამეტრული თავსებადობით რელიეფთან და მდინარის



ნახ. 3. ცვალებადი გეომეტრიის გადასატანი მორეული მიკრო ჰესი:

ა) საერთო ხედი; ბ) გვერდხედი: h - დაწნევა; h_1 - აღმავალი არხის სიმაღლე; h_2 - ქანობის სიმაღლე; α - ქანობის დახრილობა; β - აღმავალი არხის დახრილობა; l — ქანობის სიგრძე

მოცულობითი ხარჯთან, კერძოდ, შემავალი და გამავალი ნაკადების სინქრონიზაციით, მიიღწევა ენერგოეფექტურობის გაზრდა.

მარგი ქმედების კოეფიციენტის ამაღლება მიიღწევა დახურული ქვედა არხის გამწოვ რეჟიმში გამოყენებით და პარამეტრების, კერძოდ ზედა და ქვედა არხების განივკვეთთა ფართებისა S_1, S_2 და კონფუზორის გამავალი და დიფუზორის შემავალი კვეთების თავსებადობით წყლის შემავალი და გამავალი ნაკადების სიჩქარეთა V_1, V_2 მიმართ:

$$S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2, \text{ საიდანაც } S_2 = S_1 \cdot \frac{V_1}{V_2},$$

სადაც $V_2 = V_1 + \Delta V$, ხოლო $m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot \Delta V^2}{2}$,

საიდანაც $g \cdot h = \frac{\Delta V^2}{2}$ და $\Delta v = \sqrt{2g \cdot h}$, ხოლო

$$S_1 V_1 = S_2 (V_1 + \Delta V), \text{ საიდანაც } S_2 = \frac{S_1 \cdot V_1}{V_1 + \Delta V}, \text{ ანუ}$$

$$S_2 = \frac{S_1 \cdot V_1}{V_1 + \sqrt{2g \cdot h}}$$

დაწნევის სიმაღლე:

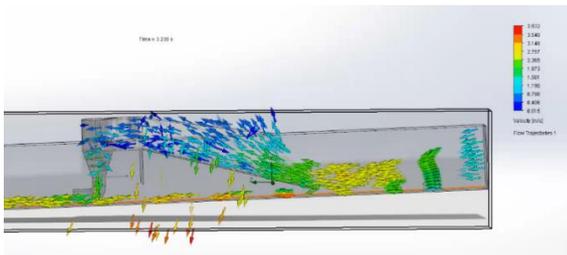
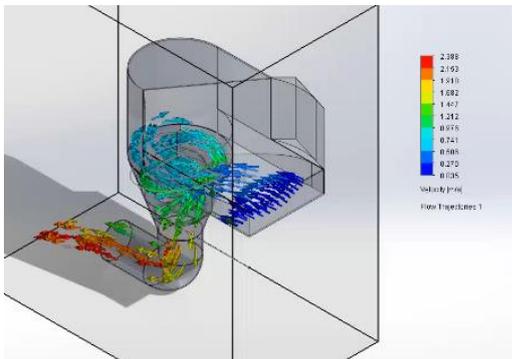
$$h = V_1^2(S_1 - S_2) / 2gS_2^2$$

რომელიც შეესაბამება კონფუზორის S_1 კვეთში ტურბინაზე შემავალი წყლის ნაკადის V_1 სიჩქარეს და საჭიროა, რათა უზრუნველყოს დიფუზორის S_2 კვეთში გამავალი ნაკადის სიჩქარე

$$V_2 = V_1 + \Delta V,$$

რომელიც დარეგულირდება ვერტიკალური სიფონის 4 მეშვეობით, ხოლო რელიეფის სპეციფიკიდან გამომდინარე, საკმარისი ქანობის შემთხვევაში ქვედა ბიეფში ტელესკოპური სიფონის 6 დამატებითაც.

ჩატარდა პროცესების სიმულაცია ჰიდროდინამიკური პარამეტრების გათვალისწინებით (ნახ. 4), კერძოდ 3D-პრინტერზე მცირე-მასშტაბიანი მოქმედი მაკეტების დასაზღა-დებლად ბიო-დეგრადირებადი მასალისაგან, რომელსაც ექნება მინიმალური ზემოქმედება გარემოზე.



ნახ. 4. ჰიდროდინამიკური პროცესის ანიმაციური სიმულაცია

დასკვნა

ანიმაციურმა სიმულაციამ, რომელიც ჯერჯერობით ჩატარდა მხოლოდ კინემატიკური პარამეტრებით, როგორცაა მდინარის კალაპოტის (ქანობის) α კუთხის და აღმავალი არხის β დახრის კუთხის მიხედვით წყლის ნაკადის აჩქარება და ტრამპლინზე (აღმავალ

არხში) მისი შენელება-შეგუბება, აჩვენა უშუალოდ მდინარის კალაპოტში მორევეული მიკრო ჰესის ჩადგმის შესაძლებლობა ტურბინიანი სიფონის წინ ტრამპლინის (ხელოვნური აღმავალი არხის) მოთავსებით. კერძოდ, მიკრო ჰესის შესასვლელში გამოყენებული ხელოვნური აღმავალი არხისა (ტრამპლინის) და გამავალი სიფონური (დახურული) არხის მეშვეობით გაზრდილია დონეთა სხვაობა ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის. ტურბინის ფრთის პროფილის ზედა ნაწილი ჰორიზონტალური არხით შემოსულ წყალს მიმართავს ქვემოთ და ასრულებს აქტიური წყალმიმღების ფუნქციას, რაც წყლის მიმართუ-ლების ცვლით მოსალოდნელი შეფერხების გამორიცხვით ხელს უწყობს შემაგალი და გამავალი ნაკადების სინქრონიზაციის პროცესს.

მადლობა. კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [AR-22-1908, სიფონიანი ტურბულენტური მიკრო-ჰესი].

ლიტერატურა

1. გარემოსდაცვითი ინფორმაციისა და განათლების ცენტრი. ენერგოეფექტურობა/სექტორის მიმოხილვა. <https://eiec.gov.ge/Home.aspx/Topics/OverView/11>
2. Turbulent VORTEX Démonstration. <https://www.youtube.com/watch?v=pXFkrKygXQY>
3. AquaZoom Micro-Hydro-Power-Plant (Vortex "Micro Hydro Power Plant" - Investment Tips): <https://www.youtube.com/watch?v=d33rznjHx8g>
4. Мостовая вихревая гЭС фомина: Патент RU2012825C1, Int. Cl. Y02E10/20. <https://patents.google.com/patent/RU2012825C1/ru>
5. Kim Dong Hee. Cyclone Waterpower Generator. Patent KR20100006064, Int. Cl. F03B13/00. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/041815309/publication/KR20100006064A?q=KR20100006064>
6. Михеев А.А. ГЭС, вырабатывающая электроэнергию от холостого водосброса. Патент RU 2671681, Int. Cl. E02B9/00. <https://findpatent.ru/patent/267/2671681.html>
7. ალექსი გელუტაშვილი, იულონ გაბრიჩიძე, ნელი თევზაძე. გადასატანი მიკრო ჰიდროელექტროსადგური. საქართველოს პატენტი. GE P 2000 2151 B. <https://www.sakpatenti.gov.ge/media/fulltexts/inventions/2151.pdf>

8. ომარი ზივზივაძე, ბადრი ზივზივაძე, არჩილ გეგუჩაძე, დავით ძაძამია, ანზორი ყუფარაძე, ნატა სულაკველიძე. შემაჯავლი და გამაჯავლი ნაკადების სინქრონიზაცია მორევული მიკროჰესისთვის// საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის XIV ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია. ფოთი. 2023. გვ. 39.
9. ომარი ზივზივაძე, არჩილ გეგუჩაძე, ბადრი ზივზივაძე, დავით ძაძამია, ანზორი ყუფარაძე, ნატა სულაკველიძე. ცვალებადი გეომეტრიის გადასატანი მორევული მიკროჰიდროელექტროსადგური//VII ქართულ-პოლონური საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური კონფერენცია „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“. ქუთაისი. 2023. გვ. 109-114.
4. Bridge vortex hydroelectric power station Fomina: Patent RU2012825C1, Int. Cl. Y02E10/20. <https://patents.google.com/patent/RU2012825C1/ru>
5. Kim Dong Hee. Cyclone Waterpower Generator. Patent KR20100006064, Int. Cl. F03B13/00. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/041815309/publication/KR20100006064A?q=KR20100006064>
6. Mikheev A. A. Hydroelectric power station generating electricity from an idle spillway. Patent RU 2671681, Int. Cl. E02B9/00. <https://findpatent.ru/patent/267/2671681.html>
7. Alexi Gelutashvili, Yulon Gabrichidze, Neli Tevzadze. Portable micro hydroelectric power station. Georgian patent.GE P 2000 2151 B. <https://www.sakpatenti.gov.ge/media/fulltexts/inventions/2151.pdf>
8. Omari Zivzivadze, Badri Zivzivadze, Archil Geguchadze, Davit Dzadzamia, Anzori Kufaradze, Nata Sulakvelidze. Synchronization of inlet and outlet flows for an eddy micro-power plant. XIV Annual International Conference of the Union of Mechanics of Georgia. Poti, 2023, p.39.
9. Omari Zivzivadze, Archil Geguchadze, Badri Zivzivadze, Davit Dzadzamia, Anzori Kufaradze, Nata Sulakvelidze. Variable geometry portable vortex micro hydroelectric power station//OF THE VII Georgian-Polish International Scientific-Technical Conference “Transport Sridge Europe-Asia”. Georgia, Kutaisi. 2023. pp.109-114.

References (Transliterated)

1. Environmental Information and Education Center. Energy efficiency/sector overview. <https://eiec.gov.ge/Home.aspx/Topics/OverView/11>
2. Turbulent VORTEX Démonstration. <https://www.youtube.com/watch?v=pXFkrKyqXQY>
3. AquaZoom Micro-Hydro-Power-Plant (Vortex "Micro Hydro Power Plant" - Investment Tips): <https://www.youtube.com/watch?v=d33rznjHx8g>

ვირტუალური კათოდი მძლავრი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყარო

პეტრე გელხვიძე, აკადემიური დოქტორი. ასოცირებული პროფესორი
აკ.წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ენერგეტიკის და ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი.
ქუთაისი. საქართველო. E-mail: Petre.gelkhviidze@rambler.ru

ანოტაცია. განხილულია იდეა, დიდ მანძილზე მძლავრი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უმავთლოდ გადასაცემად გამოყენებული იქნას ვირტუალური კათოდის (ვირკატორის) გენერირების საშუალებით მიღებული გამოსხივება.

საკვანძო სიტყვები. ვირტუალური, კათოდი, რელატივისტური, ელექტრონული კონა.

Virtual cathode, source of powerful electromagnetic radiation

Petre Gelkhviidze, PhD. Associate Professor
Ak. Tsereteli State University, Department of Energy and Telecommunications. Kutaisi. Georgia
E-mail: Petre.gelkhviidze@rambler.ru

Summary: The article discusses the idea of using radiation obtained by generating a virtual cathode (vircator) for wireless transmission of powerful electromagnetic radiation over long distances.

Keywords: virtual, Cathode, Relativistic, Electronic beam.

შესავალი. წინამდებარე ნაშრომით მინდა პატივი მივაცო მსოფლიო რანგის მეცნიერის, მოსკოვის მ.ვ.ლომონოსოვის სახელობის უნივერსიტეტის პლაზმური ელექტრონიკის კათედრის პროფესორის, სსრ კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის ნ.ლეხედევის სახელობის ინსტიტუტის პლაზმური ელექტრონიკის ლაბორატორიის ხელმძღვანელის, რუსეთის ფედერაციის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრის, პლაზმური ელექტროდინამიკის პირველი სახელმძღვანელოს (პროფ. ვ.სილინთან თანაავტორობით) ავტორს, უამრავ სამეცნიერო და სასწავლო სახელმძღვანელოს ავტორს) თითქმის ასულამდე საკანდიდატო და სადოქტორო ნაშრომის ხელმძღვანელს, (უამრავ საპატიო ტიტულების, პრემიების და ჯილდოების მფლობელს) ჩემი მასწავლებელის **ანრი ამბროსის-ძე რუხაძის** ნათელ ხსოვნას. რამეთუ საკითხი რომლის შესახებაც მსურს საუბარი მჭიდროდაა დაკავშირებული მის მრავალმხრივ აქტუალურ სამეცნიერო თუ პრაქტიკულ მოღვაწეობასთან.

კაცობრიობის განვითარების მთელი ისტორია ენერგეტიკულ სიმძლავრეთა ახალი წყაროების ძიების, ენერჯის დიდ მანძილზე გადაცემის გზების ეფექტურობის და განვითარების, საკითხთანაა მჭიდროდ დაკავშირებული. დღევანდელ დღეს ადამიანის ხელში არსებული ენერგეტიკული რესურსებიდან პირველ ადგილზეა ელექტროენერჯის

გამოყენება, მისი მიღების, გადაცემის და სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგსა თუ ყოფა-ცხოვრებაში გამოყენების მოხერხებულობის გამო. არავის ეჭვი არ ეპარება იმაში, რომ ელექტროენერგეტიკის სიმძლავრეთა ზრდა არის მთავარი საფუძველი კაცობრიობის განვითარების გზაზე მატერიალური თუ სულიერი ცხოვრების დონის ამაღლებისათვის. ელექტროენერჯის მასიური წარმოება ამჟამად ეყრდნობა ჰიდრორესურსების, ძირითადად კი ბუნებრივი სათბობის (ნავთობი, გაზი, ნახშირი, ბირთვული სათბობი) გამოყენებას, რაც მარაგის ამოწურვასთან ერთად წარმოშობს ეკოლოგიურ პრობლემათა მთელ ჯგუფს. /კაცობრიობას ემუქრება ნამდვილი კატასტროფა, ენერგეტიკული შიმშილი/.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს შეადგენს კაცობრიობისათვის ენერჯით უზრუნველყოფის სხვა ახალი, უფრო ეფექტური გზების ძიება [1,2]. აღნიშნულ ნაშრომებში შემოთავაზებული იყო დედამიწის გარშემო არსებული იონოსფერული პლაზმური დენის დედამიწაზე შესადლო ტრანსპორტირების და დედამიწაზე არსებულ დატვირთვაზე მიერთების პრობლემები.

თავის მხრივ ამ პრობლემათა შორის ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხად სახელდებოდა ე.წ. ვირტუალურ კათოდთან დაკავშირებული არასტაციონალურობით განპირობებული პრობლემები.

წინამდებარე ნაშრომით შემოთავაზებულია ვირტუალური კათოდი გამოყენებული იქნას როგორც მძლავრი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყარო, რომლის ენერჯიაც უმავთლოდ შორ მანძილზე „რაც შეიძლება მცირე დანაკარგებით“ იქნას გადაცემული.

ვირტუალური კათოდის აღძვრის პირობები და მუშაობის პრინციპი: ვირტუალური კათოდის შესახებ სამეცნიერო შრომები [3] ძირითადად 20-ე საუკუნის მეორე ნახევრიდან გახდა აქტუალური, ძლიერდენიანი რელატივისტური ელექტრონული კონების წრფივი ამაჩქარებლების საშუალებით ზემადალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების (თავისუფალ ელექტრონებზე მომუშავე მძლავრი ლაზერების) რეალიზაციის საკითხი იყო ექსპერიმენტალურად გადასაწყვეტი. ამ და მასთან დაკავშირებულ პრობლემებს ეძღვნება სწორედ ა.ა.რუხაძის როგორც სამეცნიერო ისე სასწავლო სახელმძღვანელოების (როგორც სსრ კავშირში ისე საზღვარგარეთ) გამოქვეყნებული შრომები.

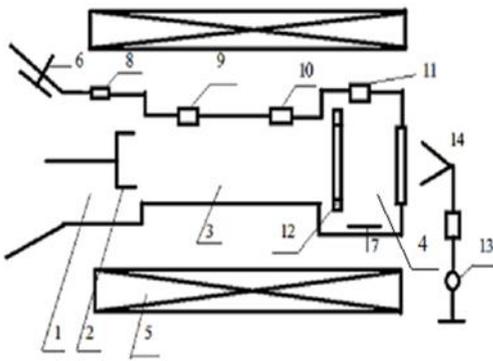
ზემძლავრი ელექტრომაგნიტური ტალღების გენერაციის დროს არასტაბილურობის საკითხი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი სისტემებისათვის როგორცაა ვირტუალური კათოდის მქონე (ე.წ. ვირკატორების) მძლავრი გენერატორებისათვის, რომლებიც მუშაობენ წრფივ ამაჩქარებლებში ძლიერდენიანი რელატივისტური ელექტრონული კონების, რომლის მნიშვნელობა ტოლია ან კიდევ აღემატება შესაბამისი სისტემის ზღვრული ვაკუუმური დენის მნიშვნელობას. თავის მხრივ ზღვრული დენის მნიშვნელობა დამოკიდებულია როგორც ელექტრონების ენერჯიაზე ასევე სისტემის გეომეტრიულ ფორმასა და ზომებზე. ბუნებრივია ამ შემთხვევაში გენერაციის სტაციონალურობის შესახებ შეუძლებელია საუბარი, შესაბამისად პროცესის გაანალიზება შეიძლება მხოლოდ პროცესის მათემატიკური მოდელირების საშუალებით. აქვე შეიძლება შევნიშნოთ, რომ მძლავრი რელატივისტური ელექტრონული კონის ზღვრული დენის მნიშვნელობის გადიდება შესაძლებელია სისტემაში აღძვრული სივრცული მუხტის ნეიტრალიზაციის საშუალებით (სისტემაში პლაზმური გარემოს შექმნით), მაგრამ ამ მეთოდით ზღვრული დენის გადიდება მაინც ვერ ხდება პრობლემის გადაწყვეტის გზა, გარკვეული დროის შემდეგ სისტემაში კვლავ აღძვრება არასტაციონალური

ვირტუალური კათოდი, რომელიც იწვევს ძლიერდენიანი რელატივისტური ელექტრონული კონის ელექტრონების დამუხრუჭებას და შესაბამისად მძლავრ გარდამავალ გამოსხივებას, რომლის სიმძლავრე ბევრად აღემატება აღნიშნულ სისტემაში სხვა მეთოდებით განხორციელებულ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას [4,5].

დასაახლებელი გარდამავალი გამოსხივება, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს სისტემაში ვირტუალური კათოდის აღძვრის გამო, კლასიკური ელექტროდინამიკის ენაზე შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ; რამდენადაც ვირტუალური კათოდის აღძვრა ხდება ძლიერდენიანი რელატივისტური ელექტრონული კონის ვაკუუმში ტრანსპორტირებისას მის მიერვე აღძრული სივრცული მუხტის გამო, იმის მიხედვით, თუ როგორი სახის სისტემასთან (კონსტრუქციის თვალსაზრისით) გვაქვს საქმე, შეიძლება განვიხილოთ, ამოცანა პოტენციალურ ბარიერში ელექტრონების გავლისა, ან კიდევ ამოცანა, პოტენციალურ ორმოში ელექტრონების რხევისა. პირველი სახის გამომსხივებლებს მიეკუთვნება ე.წ. დიოდური სისტემები, რომლებიც თავის მხრივ შეიძლება დავეყოთ, კონსტრუქციის მიხედვით ფოლგან და უფოლგო დიოდებად. ხოლო მეორე სახის სისტემებს განეკუთვნება ე.წ. ამრეკლი ტრიოდები (რომლის წინამორბედად ითვლება 20-ე საუკუნის ოცნა წლებში გერმანელი ფიზიკოსების (ბარკჰაუზენის და კურტის) მიერ რეალიზებული ელექტრომაგნიტური ტალღების გენერატორი.

ვირტუალური კათოდის რეალიზებისათვის საჭირო ექსპერიმენტალური სისტემა [5,6] მოცემულია ნახ. 1-ზე.

მძლავრი ამაჩქარებლის (1 მევ ენერჯიით და 1 მკწმ ხანგრძლივობის რელატივისტური ელექტრონული კონით) დიოდის (1) ორსაფეხურიან ცილინდრული ფორმის დრეიფის კამერაში (3,4), რომელთა დიამეტრები განსხვავდება, ვრცელდება კათოდიდან (2) ამოფრქვეული სილრუსის მქონე ცილინდრული ფორმის ძლიერდენიანი (რამოდენიმე კილოამპერი სიდიდის) რელატივისტური ელექტრონული კონა, რომელიც ფორმირდება (5) სოლენოიდის ძლიერი მაგნიტური ველით.

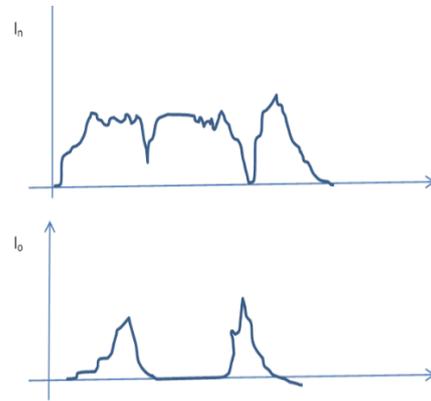


ნახ. 1 ამაჩქარებლის პრინციპიალური სქემა: 1 - დიოდის კამერა; 2- კათოდი; 3,4 - დრეიფის კამერა; 5 - სოლენოიდი; 6,7 - ტევადური გადამწოდები; 8,9,10,11 - დენის შუნტები; 12 - უკუდენის მიმღები; 13 - ზემადალი სიხშირის დეტექტორი; 14 -ვაკუუმური ფანჯარა

ექსპერიმენტში პირდაპირი ძლიერდენიანი რელატივისტური ელექტრონული კონის ტრანსპორტირების დროს დენის I_n -ის კონტროლი (3) და (4) სადრეიფო კამერაში ხორციელდება (8-11) შუნტებით, ხოლო სადრეიფო კამერის არაერთგვაროვნების გამო სისტემაში (4)-ე კამერის შესასვლელში აღიძვრება ე.წ. პულსირებული ვირტუალური კათოდი [2] და სისტემაში აღძრული უკუდენი I_0 ფიქსირდება (12) მიმღებით. ამ პროცესის დროს ადგილი აქვს ზემადალი სიხშირის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, რომელიც (14) ვაკუუმური ფანჯრიდან გამოსვლის შემდეგ რუპორული ანტენის საშუალებით რეგისტრირდებოდა (13)-ე ზემადალი სიხშირის დეტექტორით და რომლის სიმძლავრე რამოდენიმე ათეულ გიგავატს შეადგენს.

ვაკუუმურ კამერაში მიმდინარე პროცესის და შესაბამისად როგორც ტრანსპორტირებული სრული დენის I_n , ისე ვირტუალური კათოდიდან არეკლილი I_0 უკუდენის ხარისხობრივი შეფასება შეიძლება ნახ. 2-ზე მოცემული ოსცილოგრამების საშუალებით. ოსცილოგრამაზე სრული დენის პირველი მინიმუმი დაიკვირვება დაახლოებით 300 ნწმ-ის შემდეგ. გამოთვლების მიხედვით ეს ის დროის შუალედი, რომლის შემდეგაც მოცემული ექსპერიმენტის პირობებში უნდა მოხდეს ვირტუალური კათოდის აღძვრა და რომელიც ელექტრონების გარკვეულ რაოდენობას არეკლავს უკან, ხოლო გარკვეული რაოდენობა, ეგ.წ. გვირახის ეფექტის გამოყენებით, აგრძელებს პირდაპირი მიმართულებით მოძრაობას. დაახლოებით ისეთივე (300 ნწმ)-ის

შემდეგ დაფიქსირდა სრული დენის სრული ჩაკეტვა, რასაც შეესაბამება უკუდენის თითქმის ორჯერ მეტი მნიშვნელობა და შესაბამისად უფრო დიდი გამოსხივებული სიმძლავრე.



ნახ. 2. I_n - ტრანსპორტირებული პირდაპირი დენი; I_0 ვირტუალური კათოდიდან არეკლილი დენი

დასკვნა

მიუხედავად სამეცნიერო თუ საინჟინრო ხასიათის მთელი რიგი პრობლემებისა, კაცობრიობა უკვე დგამს ნაბიჯებს დიდი ენერგეტიკული სიმძლავრეების ასათვისებლად. დღეისათვის დიდი სიმძლავრის ენერგეტიკული წყაროების და შესაბამისად მიღებული ენერჯის დიდ მანძილზე უმავთლოდ გადაცემა ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემად რჩება. შემოთავაზებული იდეა იმით არის საინტერესო რომ:

- სისტემები, რომლებშიც ვირტუალური კათოდის რხევები ხდება, ადგილი აქვს ზემძლავრი მაღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების გამოსხივებას;
- ასეთი სისტემები, კონსტრუქციული თვალსაზრისით მარტივია;
- გამოსხივებული ტალღები (საჭიროებიდან გამომდინარე სიხშირული დიაპაზონის ცვლილება) უმეტეს შემთხვევაში არ მოითხოვს ტექნიკურ ცვლილებებს.

ლიტერატურა

1. Gelkhviidze P. Use Of The Ionospheric Current And The Problem Of Electron Beam Instability. III International Scientific and Practical Conference «The modern vector of the development of science», March 02 – 03, 2023, Philadelphia, USA. 144 p. ISBN 978-92-44513-38-5 DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7709801>.
2. Гелхвиидзе П.К. Путь энергетике будущего; X International Scientific and Practical Conference “MODERN MOVEMENT OF SCIENCE”; Dnipro (Ukraine), April 2-3, 2020. с. 281-285.
3. Гелхвиидзе П.К., СВЧ генераторы на основе колебаний виртуального катода; Препринт №147. ИОФАН СССР. М. 1986.,с.28.
4. Гелхвиидзе П.К. Транспортировка РЭП с предельным током //Сообш. АН ГССР.140. №1. 1990. с.45-48.
5. Гелхвиидзе П.К., Иванов В.С., и др. Сильноточный электронный пучок микросекундной длительности - //Крат.сообщ. по физике, №11. 1986. с.19-24.
6. Рухадзе А.А. и др. Физика сильноточных релятивистских пучков. М.:Атомиздат. 1980. с.164.

References (Transliterated)

1. Gelkhviidze P. USE OF THE IONOSPHERIC Current And The Problem Of Electron Beam Instability. III International Scientific and Practical Conference «The modern vector of the development of science», March 02–03, 2023, Philadelphia, USA. 144 p. ISBN 978-92-44513-38-5 DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7709801>.
2. Gelkhviidze P.K. Put energetike buduShego; X International Scientific and Practical Conference “Modern Movement Of Science”; Dnipro (Ukraine), April 2-3, 2020. p.281-285.
3. Gelkhviidze P.K.SVCH Generatori Na Osnove Kolebani Virtualnogo Katoda; Preprint #147; IOFANSSSR; M. 1986. s.28
4. .Gelkhviidze P.K. Transportirovka REP s predelni tokom, /SoobSh AN GSSR.140. N1. 1990. p.45-48.
5. Gelkhviidze P.K., Ivanov V.S., I dr. SilnotoChnii elektronii puChok mikrosekundnoi dlitelnosti - //Krat. soobSh. Po fizike, N11. 1986. p.19-24.
6. Rukhadze A.A. I dr. Fizika silnotoChnikh reliativisskikh puChkov. M.:Atomizdat.1980. p.164

The potential of wind energy in Georgia, its risks and benefits for business, and its role in the country's energy security

Garik Teymurazyán, MBA, Researcher

Business and Technology University, Tbilisi, Georgia, E-mail: gteymurazyán@gmail.com

Maia Melikidze, PhD, Associate Professor

Business and Technology University, Tbilisi, Georgia, E-mail: maia.melikidze@btu.edu.ge

Annotation. The present paper reviews the potential of wind energy in Georgia in three dimensions: business, government security, and science. The paper employs a qualitative method and is divided into three stages. The first stage analyzes the secondary sources, during which international as well as Georgian documents have been examined. The second stage consists of requesting relevant information from the Ministry of Economy and Sustainable Development. As for the third stage, we have conducted in-depth interviews with experts. During the research, we intentionally interviewed four representatives of the following fields: executive authority, regulator, independent expert, and business in order to obtain a comprehensive picture. The research has confirmed that domestic production in Georgia is interfered with by several factors: local resistance, the inconsistency of politics, a lack of investments, and a feasibility study

Keywords: Wind energy, energy security, renewable energies, energy business

ქარის ენერჯის პოტენციალი საქართველოში, რისკები და სარგებელი ბიზნესისთვის და მისი როლი ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოებაში

გარიკ თეიმურაზიანი, ბიზნესის ადმინისტრირების მაგისტრი, მკვლევარი,

ბიზნესისა და ტექნოლოგიების უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: gteymurazyán@gmail.com

მაია მელიქიძე, ბიზნესის ადმინისტრირების დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი,

ბიზნესისა და ტექნოლოგიების უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: maia.melikidze@btu.edu.ge

ანოტაცია. წინამდებარე სტატია მიმოიხილავს საქართველოს ქარის ენერგეტიკულ პოტენციალს სამ განზომილებაში: ბიზნესის, სახელმწიფო უსაფრთხოებისა და მეცნიერული კუთხით. ნაშრომში ძირითადად გამოყენებულია კვლევის თვისებრივი მეთოდი და დაყოფილია 3 ეტაპად. პირველი ეტაპი მოიაზრებს მეორადი წყაროების ანალიზს, რომლის დროსაც მოხდა როგორც საერთაშორისო, ასევე ქართული წყაროების ანალიზი. მეორე ეტაპი მოიცავს შესაბამისი ინფორმაციის გამოთხოვებას საქართველოს სახელმწიფო უწყებებიდან, კერძოდ კი საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროდან. რაც შეეხება მესამე ეტაპს - ჩატარდა სიღრმისეული ინტერვიუ დარგის ექსპერტებთან. კვლევის პროცესში შეგნებულად იქნა გამოკითხული 4 სფეროს წარმომადგენელი: ადმინისტრაციული ხელისუფლება, რეგულატორი, დამოუკიდებელი ექსპერტი და ბიზნესი, რათა მიღებული სურათი მაქსიმალურად ფართო და ყოვლისმომცველი ყოფილიყო. კვლევის შედეგად დადასტურდა, რომ საქართველოში ადგილობრივ წარმოებას აფერხებს რამდენიმე ფაქტორი: ლოკალური რეზისტენტულობა, პოლიტიკის არათანმიმდევრულობა, ინვესტიციების და მატერიალურ-ტექნიკური დასაბუთების ნაკლებობა.

საკვანძო სიტყვები: ქარის ენერჯეტიკა, ენერგოუსაფრთხოება, განახლებადი ენერჯეტიკა, ენერგეტიკული ბიზნესი

Introduction. Energy is an irreplaceable resource without which development and even existence are unimaginable. During the last two decades, renewable energies caught the attention of lawmakers as well as business. The world society has distinguished that sustainable development is impossible without neglecting nature. In response to these challenges, the United Nations Organization reached an agreement that was called Paris in 2015 [1]. So-called "Global framework" was formed

according to which signatory countries have been taken a responsibility to reduce green emissions until 2030 [2].

Energy security is one of the priorities when the talk is about a county's independence and sustainable development. Especially, the issue of energy security is acute in the European Union, main supplier of which is Russian Federation. The last one's invasion into Ukraine in February 2022, caused sanctioning of the aggressor by different countries. As a result, individual states or unions unanimously noted that Russia is causing not only peace

problems, but also energy [3]. The European Union's almost unanimous decision (banning Russian oil and gas) has fostered the topic of renewable energy development. At the same time, the relevant agencies in Georgia are discussing how to ensure the country's energy security so that neither the consumer nor the country's reputation are harmed. According to the Georgian Electricity Market Operator, 62 percent of the imported energy in the country is from Russia. It must be noted that 82.5% of domestic generation goes to the renewables – hydropower plants. Recently, in Georgia, renewable energies are being actively discussed as an alternative to Russian gas and oil, although more work is needed in this direction. Despite the fact that Georgia is operating one wind power plant, practically the field is unexplored. The purpose of the article is to study wind energy potential in Georgia, distinguish its benefits for the state and business. Moreover, assess its subsequent risks and role in energy security.

Results and Analysis

Renewable energy's role in the state's energy security.

Term energy security means stable, sustainable, in-time and in affordable-priced access to energy resources. Nowadays our existence is unimaginable without electricity. It is an engine for the operation of various objects such as hospitals, water suppliers, emergency services, financial and banking systems, logistics, etc. Failure of each of them, in some cases, can be disastrous. The energy systems of countries differ from each other; however, the conceptual frame is common: production, transition, distribution and supply. The failure of one of them can have serious consequences for energy security. The risk can be economic, political, technical (technological) or climate-environmental.

Georgia. Georgia is seriously depended on imported energy resources. According to the Georgian Electricity Market Operator data, the balance of electricity in 2021 was the following: The electricity produced by hydropower plants amounts to 82.5% of total production and consists of 10 182.1 mln. kw/h. As for Qartli wind power plant, it accounts for 0.7% of total production with 83.4 mln. kw/h. The trading balance is negative: 1 615.2 mln. kw/h (see diagram).

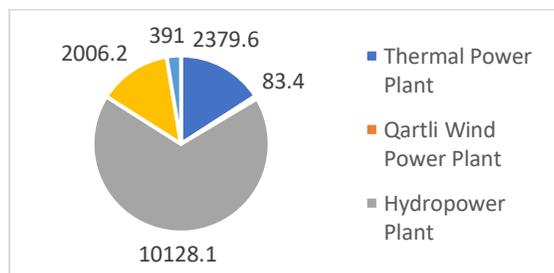


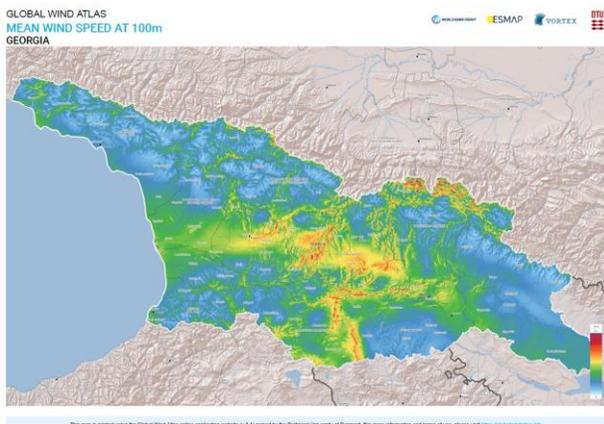
Diagram. Georgian Electricity Balance (mln. kw/h), 2021

Source: Georgian Electricity Market Operator
 Thermal power plants, which produced 2 379.6 mln. kw/h of electricity (18.8% of total production), have a significant role in issues of energy security in Georgia. Otherwise, they are called guaranteed capacity sources, as in cases of severe deficiency, they are delivering electricity into the grid. Thus, demand and supply are being balanced. Notably, during rainy seasons, when the water level is high and HPPs are producing more electricity, the share of TPPs is decreasing. The electricity produced by TPPs cannot guarantee energy security in the long term, as it is a source of secondary energy, the fuel of which is gas. According to the article, 2 573 mln. cubic meters of gas were imported into Georgia in 2020, of which 7.92% was Russian [4]. The situation dramatically changes in 2021, when Russian imports are increasing by 107% (15% of imports). Despite it, Azerbaijan still remains the main supplier. In light of 2022 energy crisis, Georgia faced serious challenges as the price of electricity and gas had risen drastically. For the first quarter of 2023, the price of above-mentioned energy resources has not changed in the retail sector.

The potential of wind energy in Georgia. Georgia is located on the subtropical northern border, because of which it is influenced by complex and diverse atmospheric processes of the temperate and subtropical zones [5]. The average wind speed in Georgia varies between 0.5 and 9.2 m/s. In some regions, it is reaching even 15 m/s. The studies show that Georgia has significant potential, which is more than 1300 tw/h [6].

The potential of wind energy in Georgia is practically unstudied. However, there are a couple of dozen studies that approximately give us a vision of the existing situation. It must be mentioned that Georgian Wind Atlas has not been updated since 2004. Unfortunately, the information in the Meteorological Service is insignificant. An interested party can use The Global Wind Atlas to measure the speed and density of the wind in the desired area.

Picture 1 depicts the average speed of wind at 100 m, as for Table which is given average speed and density. Mtskheta-Mtianeti, Shida Kartli, Imereti and Samtskhe-Javakheti stand out [7].



Picture. The average speed of wind (0-15 m/s) at 100 m, Georgia

Source: Global Wind Atlas

The average speed and power density of wind by regions, Georgia

Table

Region	The average speed of wind (m/s)	The average power of wind density (w/m ³)
Abkhazeti	5,71	328
Achara	5,69	311
Guria	5,89	384
Imereti	8,82	1051
Kakheti	6,18	464
Kvemo Kartli	7,84	769
Mtskheta-Mtianeti	9,16	1053
Racha Lechkumi- Kvemo Svaneti	7,4	603
Samegrelo-Zemo Svaneti	7,05	677
Samtskhe-Javakheti	8,29	585
Shida Kartli	8,89	693
Tbilisi	6,66	775

Source: Global Wind Atlas

The risks of renewables. During the talk about energy security and sustainable development, we should consider nuance, such as risk. Stable production is one of the components of energy security. For the energy system, any positive or negative deviation that is not covered by the relevant guidelines carries some risk.

The main challenges of renewable energy are connected with its price and its integration into the grid. Considering that the place for electricity mining frequently is far from the settlements or/and needs additional infrastructural works before the beginning of the main phase, the cost of the project is rising. As a result, the time of return on investment is increasing.

Seasonality and cyclicity are the cornerstones of renewable energy development. In the Georgian case, the volume of electricity produced by small HPPs is dependent on the water level, which is related to precipitation. Therefore, it is impossible to produce electricity stable, which is a risk for the distribution system. In case of excess energy supply, the dispatcher must ensure that the flows are redirected in the required direction so that the system is not overloaded. In the case of low supply, the dispatch is looking for additional capacities, so demand and supply are balanced in the system. To avoid such problems, in the Law of Georgia on Energy and Water Supply, there are respective mechanisms. One of them is the imbalance tax, when a company produces more or less electricity than was forecast [8].

There are 7 main risks related to the wind power plants [9]:

- 1) strategic/business
- 2) transport/construction
- 3) operation/maintenance
- 4) liability/legal
- 5) market/sales
- 6) counterparty
- 7) political, policy, regulatory

Business environment and benefits for business. The renewable energy business requires a huge initial investment, and as for return, it is protracted in time. To encourage the field, it has been creating specific instruments at local as well as in international levels.

One of the goals of Georgia's law On Promoting The Generation And Consumption Of Energy From Renewable Sources is to lay the groundwork for legislative support and encouragement of renewable energy generation. Besides, the Georgian government was using instruments such as power purchase agreement and feed-in tariff for different periods.

The new investment instrument, the Contract for Difference (CFD), has been launched since 2023. In contrast with PPA, here the government does not enter into a direct dialogue with an investor. CFD contracts will be signed on the basis of an auction, and the company with the best price in the auction will receive a right to build a power plant and, in the future, sell electricity at the agreed tariff.

In order to improve the business environment, in accordance with the commitments made to the energy union, the reform of the energy market was actively started, which aims to deregulate it. By the ordinance of the Georgian National Energy and Water Supply Regulatory Commission (GNERC) №46 On Approval Of Electricity Market Rules, electricity day-ahead and daily market rules were approved. [6] The Government of Georgia's ordinance №246 ON APPROVAL Of The

Electricity Market Model Concept ensures an equal condition for interested parties. [10] The launch of Georgian Energy Exchange was delayed several times, and for now it is planned for July 1, 2024.

The factor that raises interest in renewable energies is the Black Sea submarine cable project, which will connect Georgia and Romania through the Black Sea [11]. Therefore, it will unite the Georgian and EU electricity markets. The energy produced in Georgia will be possible to sell on the European market, where the price is higher. Besides, the country will be able to expand its transitional potential.

Research methodology and Interpretation

During in-depth interviews, 4 respondents were chosen: Sopio Khozrevanidze, Deputy Head at Market Monitoring Department at GNERC; Margalita Arabidze, Head of Energy Efficiency and Renewable Energy Policy and Sustainable Development Department, Ministry of Economy and Sustainable Development of Georgia; Irakli Samkharadze, PhD in Law, OMINA – The Plural of Energy, advisor; Tornike Janashvili, entrepreneur, CEO of Block Group.

The analysis of the obtained results should start with the legal framework and business environment. In the opinion of the regulator and executive authority, carried out reforms are effective, as shown by the statistics. On the other hand, the business representative expresses concern that in the country there are unpredictable political and economic situations, and in such circumstances, it is wise to refrain from investing. The business representative highlights that different encouraging instruments are not priorities. Moreover, the independent expert emphasizes attention to the legislative frame, which is imperfect. We have several laws by which we are guided, but they are not sufficient. Mr. Samkharadze draws attention to secondary legislation development.

The notes of the business and expert are fair, as making investments in an erratic business environment is dangerous. And in turn, this environment is largely created by the legal framework, which is imperfect.

As a result of the interview analysis, it can be said that in the development of the country's energy sector, the European Union and its associated organizations play a significant role.

As a result of the research, it was revealed that there are voluminous wind energy resources in the country, a meager amount of which has been utilized. Besides the above-mentioned problems, the development of the field is hindered by the lack of new (state-conducted) research, the unliberalized market, and the network's low capacity.

Conclusion

For sustainable economic development and to ensure the autonomy of the state, it is crucial to deal with the energy security issue. History has shown us many examples of how dangerous it is to depend on the energy resources of the Russian Federation.

Diversification of generation and supply is one of the components of energy security. The main sources of electricity in Georgia are HPPs and TPPs, which cannot meet the local demand.

It was distinguished that wind energy has a great role in the diversification of a country's energy balance. Thus, energy security levels are rising as electricity produced by wind can replace imported or/and generated by TPPs.

Undoubtedly, renewables have risks that are related to the source's seasonality and cyclicity. Despite it, under the conditions of their correct integration in the energy system, the level of energy security will increase significantly.

The documents available today regarding the development of the energy sector are inconsistent and, in some cases, far from reality. Lack of feasibility studies and scientific papers is a hindering factor in the development of wind energy. In this direction, it is necessary to update the wind atlas together with international partners, through which it will be easier to attract investors.

The European Union and its associated countries have made significant contributions to the development of Georgian energy legislation. It is under the influence of the regulations adopted by them that wind and, as a whole, renewable energy are developing in the country.

Wind energy development means more foreign investment in the country, more working places, technology development, and increasing the income of the Georgian state budget. Hence, these factors will have a positive impact on the country.

As for business, engaging in green manufacturing and employing more people will bring them reputational benefits. Nowadays, businesses care about their reputation. By investing in renewables, they will take another step in the improvement of environmental and socio-economic areas.

Reference

1. Gatzert, Nadine, and Thomas Kosub. 2015. *Risks and Risk Management of Renewable Energy Projects: The Case of Onshore and Offshore Wind Parks*. Working Paper, Department of Insurance Economics and Risk Management, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg (FAU).
2. ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ოპერატორი. 2021. "ელექტროენერჯის ბალანსი 2021." *ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ოპერატორი*. Access: March 22, 2023. <https://esco.ge/energobalansi/by-year-1/elektroenergiis-balansi-2021>.
3. United Nations . 2016. *Report of the Conference of the Parties on its twenty-first*. Paris: United Nations .საქართველოს კანონი ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების შესახებ
4. ხომასურიძე, გიორგი. 2020. *ქარის პარამეტრების შეფასება კლიმატის ცვლილების ფონზე*. დოქტორანტი II კოლოკვიუმის შესასრულებად, თბილისი: თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.
5. კუბლაშვილი, გივი. 2016. *საქართველოს არატრადიციული ენერგეტიკული რესურსები და მათი გამოყენების ტექნიკურ-ეკონომიკური გამოკვლევა*. დისერტაცია, ქუთაისი: აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.
6. ტყემლაშვილი, შოთა. 2022. "რუსული გაზის წილი საქართველოში გაორმაგდა." *Forbes Georgia*. თებერვალი 23. Access: March 26, 2023. <https://forbes.ge/rusuli-gazis-tsili-saqarthveloshi-gaormagda/>.
7. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების ეროვნული კომისიის დადგენილება N46 "ელექტროენერჯის ბაზრის წესების დამტკიცების შესახებ"
8. ESMAP. 2019. "OFFSHORE WIND TECHNICAL POTENTIAL | ANALYSIS AND MAPS." *Energy Sector Management Assistance Program*. Access: March 28, 2023. https://esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps.
9. საქართველოს მთავრობის დადგენილება N246 "ენერგეტიკული ბაზრის მოდელის კონცეფციის დამტკიცების შესახებ"
10. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა. 2022. "შავი ზღვის წყალქვეშა კაბელის პროექტის ტექნიკურ-ეკონომიკური კვლევის განხილვა." *საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა*. ივნისი 15. Access: April 30, 2023. <https://www.gse.com.ge/comunikatsia/akhali-ambebi/2022/Savi-zgvis-kabelis-proeqtis-kvlevis-ganxilva>.

References (Transliterated)

1. Gatzert, Nadine, and Thomas Kosub. 2015. *Risks and Risk Management of Renewable Energy Projects: The Case of Onshore and Offshore Wind Parks*. Working Paper, Department of Insurance Economics and Risk Management, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg (FAU).
2. Elektroenergetikuli bazris operatori. 2021. „*Elektroenergiis balansi 2021*“. *Elektroenergetikuli bazris operatori*”. Access: March 22, 2023. <https://esco.ge/energobalansi/by-year-1/elektroenergiis-balansi-2021>.
3. United Nations . 2016. *Report of the Conference of the Parties on its twenty-first*. Paris: United Nations Sakartvelos kanoni energetikisa da tsalmomargebis shesakheb
4. Khomasuridze, Giorgi. 2020, *Karis parametrebis shfaseba klimatis tsvilebebis fonze*. Doktorantis II kolokviumis shesruleba, Tbilisi: Tbilisis Sakhelmtsifo Universiteti
5. Kublashvili, Givi. 2016. *Sakartvelos aratraditsiuli energetikuli resursebi da mati gamokenebis teknikur-ekonomikuri gamokvleva*. Disertatsia, Kutaisi: Akaki Tseretlis Sakhlemtshifo Universiteti.
6. Tkeshelashvili, Shota. 2022. “Rusuli gazis tsili sakartveloshi gaormagda”. *Forbes Georgia*. Tebervali 23. Access: March 26, 2023. <https://forbes.ge/rusuli-gazis-tsili-saqarthveloshi-gaormagda/>.
7. Sakartvelos energetikisa da tsalmomargebis erovnuli komisiis dadgenileba N46 “Elektroenergiis bazris tsebebis damtkicebis shesakheb”
8. ESMAP. 2019. "OFFSHORE WIND TECHNICAL POTENTIAL | ANALYSIS AND MAPS." *Energy Sector Management Assistance Program*. Access: March 28, 2023. https://esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps.
9. Sakartvelos mtavrobis dadgenileba N246 “Energetikuli bazris modelis kontseptsiis damtkitsebis shesakheb”
10. Sakartvelos sakhelmtshifo ekeltrosistema. 2022. “Shavi zgvis tsalkvesha kabelis proektis teknikur-ekonomikuri kvlevis gankhilva.” *Sakartvelos sakhelmtshifo elektrosistema*. Ivni 15. Access: April 30, 2023. <https://www.gse.com.ge/comunikatsia/akhali-ambebi/2022/Savi-zgvis-kabelis-proeqtis-kvlevis-ganxilva>

ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემის ოპტიმალური მართვა

შორენა ფხაკაძე, ენერგეტიკისა და ელექტროინჟინერიის დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო, E-mail: shorena.pkhakadze@atsu.edu.ge
ზაზა პაპიძე, ენერგეტიკისა და ელექტროინჟინერიის დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი აკაკი წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო.
ირმა ქათამაძე, ენერგეტიკისა და ელექტროინჟინერიის დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი აკაკი წერეთლის სახეუნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო.

ანოტაცია. განხილულია ჰიბრიდულ ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში ენერჯის რამოდენიმე წყაროს ერთობლივი პარალელური მუშაობის შესაძლებლობები, რომლებიც მომხმარებლებისათვის უწყვეტი, მდგრადი და იაფი ელექტროენერჯის მიწოდების საშუალებას იძლევა. გამოკვეთილია პროგრამირებადი ჰიბრიდული ენერგოსისტემის უპირატესობები, რომლებშიც პროგრამირებადი გარდამქმნელების მეშვეობით რეგულირდება ორი ან მეტი ენერჯის წყაროს ერთობლივი მუშაობა. წარმოდგენილია მისი ფუნქციონალური სქემა და შედგენილია ასეთი სისტემის მუშაობის ალგორითმი ძირითადი კრიტერიუმების გათვალისწინებით.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრომომარაგება, ინვერტორი, გენერატორი.

Optimal management of the hybrid electric power system

Shorena Pkhakadze, Doctor in Energy and Electrical Engineering (PhD), Associate Professor.

Atsu, Kutaisi, Georgia. shorena.pkhakadze@atsu.edu.ge

Zaza Papidze, Doctor in Energy and Electrical Engineering (PhD), Associate Professor

Atsu, Kutaisi, Georgia;

Irma Katamadze, Doctor in Energy and Electrical Engineering (PhD), Assistant-Professor

Atsu, Kutaisi, Georgia.

Abstract. The paper discusses the possibilities of joint parallel operation of several energy sources in the hybrid electric power system, which allows continuous, sustainable and cheap electric power supply to consumers. The advantages of the programmable hybrid energy system are highlighted, in which the joint operation of two or more energy sources is controlled by means of programmable converters. The paper also presents its functional scheme. An algorithm for the operation of such a system is drawn up, taking into account the major criteria.

Key words. Electric power supply, inverter, generator.

შესავალი. თანამედროვე ენერგეტიკა წარმოუდგენელია განახლებადი ენერჯების გამოყენების გარეშე. ასეთი ენერჯები არსებობენ ბუნებაში მიუხედავად იმისა ვიყენებთ თუ არა მას. ბოლო ათწლეულების პრაქტიკამ აჩვენა, რომ განახლებადი წყაროების ენერჯების გამოყენება არის ეკონომიკურად მომგებიანი. ამასთან არ ხდება წიაღისეული საწვავის მოხმარება, არ აბინძურებს გარემოს და ეკოლოგიურად მიზანშეწონილია.

ჰიბრიდული ენერგეტიკული სისტემები საშუალებას იძლევა პარალელურად იმუშაოს რამოდენიმე განახლებადი ენერჯის წყარომ, გამოყენებული იქნას ყველა მათგანი შესაძლებლობების მიხედვით.

ასეთი სისტემები ხშირად იყენებენ მზის ენერჯიას, ქარის ენერჯიას, გეოთერმულ და სხვა სახის ენერჯებს. მათ შეუძლიათ ელექტროენერჯის მიწოდება ისეთ ადგილებში სადაც არ არსებობს ერთიანი ენერგოსისტემა და არ არის ელექტროგადამცემი ქსელი.

ალტერნატიული დენის წყაროების გამოყენება არის აქტუალური ამოცანა ელექტრომომარაგების საიმედოობისა და განახლებადობის კონტექსტში. ამასთან მათი გამოყენება შესაძლებელია ტრადიციულ განახლებად ენერგოსისტემებთან პარალელური მუშაობის პირობებში. ჰიბრიდული ელექტრო-ენერგეტიკული სისტემები მუშაობენ როგორც

ავტონომიურ რეჟიმებში ასევე პარალელურად ელექტროგამანაწილებელ ქსელთან.

ენერგეტიკულ სისტემებს, რომლებიც იყენებენ ენერჯის სხვადასხვა წყაროს და ანაწილებს ენერჯის წინასწარ განსაზღვრული ალგორითმის მიხედვით, ეწოდება პროგრამირებადი ჰიბრიდული ენერგეტიკული სისტემები (PHPS).

ხშირ შემთხვევაში PHPS-ი იყენებს ყველაზე იაფი წყაროს ენერჯის და საჭიროების შემთხვევაში ჩართავს შემდეგ ხელმისაწვდომ წყაროს. ზედმეტი ენერჯის დაგროვება ხდება აკუმულატორული ბატარეების სექციებში. აუცილებელია პარამეტრების კონტროლის და მონიტორინგის სისტემის არსებობა.

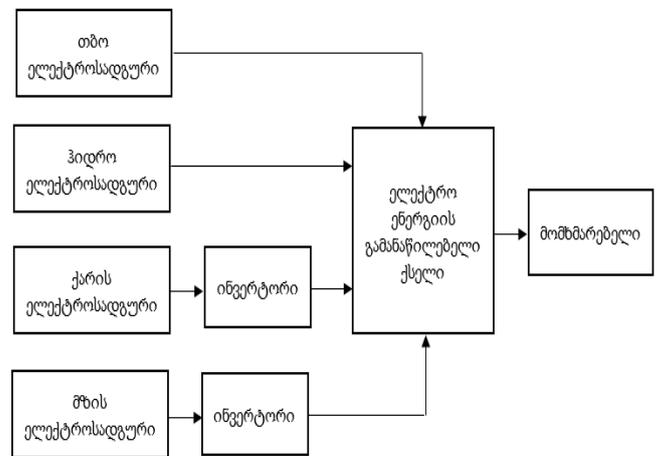
აქტუალობა. საქართველოს უმეტეს რეგიონებში ელექტროგადამცემი ქსელი ხელმისაწვდომი და სტაბილურია. თუმცა არსებობს ისეთი ადგილები სადაც გამანაწილებელი ქსელი არ არსებობს ან ნაკლებად სანდოა, ასეთ რეგიონებში სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია განახლებად და ხელმისაწვდომ ენერჯებზე დამყარებული ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემების გამოყენება. მათ შეუძლიათ მთლიანად და წარმატებულად ჩაანაცვლონ ორგანულ ძვირ საწვავზე მომუშავე დიზელ გენერატორები, რომლებიც ეკოლოგიურად არამიზანშეწონილია.

სამუშაოს მიზანი. თანამედროვე ელექტრონულ სამუშაოებზე დამყარებული ჰიბრიდული ელექტროენერგეტიკული სისტემის განზოგადოებული ფუნქციონალური სქემების დამუშავება. ენერგეტიკული სისტემის მართვის ისეთი ალგორითმის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს მის ადაპტაციას სხვადასხვა გარემო პირობებთან.

თემატური ნაწილი- ჰიბრიდულ სისტემებში ენერჯის წყაროების დაკავშირების სხვადასხვა გზა არსებობს. ყველაზე მარტივი გზა არის როდესაც მომხმარებელი ჩართავს, ერთ-ერთ ხელმისაწვდომ ენერჯის წყაროზე. ეს რეჟიმი მიკროკონტროლერის გარეშე შესაძლებელია მოწესრიგდეს. მაგრამ თუ გამოყენებული იქნება მიკროკონტროლერი მაშინ ასეთი სისტემის ოპტიმიზაცია შესაძლებელი. თუ ენერჯის წყარო ვერ უზრუნველყოფს მომხმარებლისათვის საკმარის ენერჯის სისტემა გადადის ელექტროენერჯის შემდეგ წყაროებზე. კონტროლის ლოგიკამ უნდა უზრუნველყოს არსებული სიმძლავრეების მონიტორინგი და

მაქსიმალური ენერჯის მიღება ხელმისაწვდომი წყაროდან.

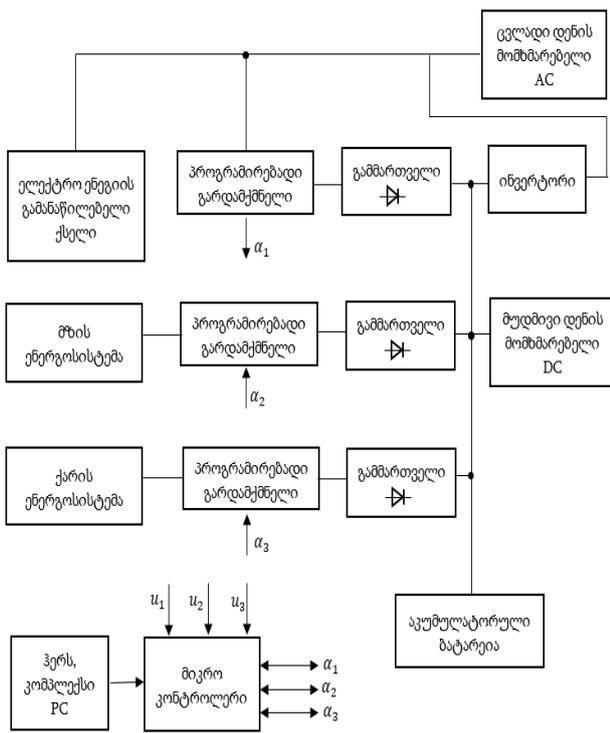
ჰიბრიდული სისტემის მუშაობის უფრო დახვეწილი რეჟიმი არის ისეთი რეჟიმი, როცა ენერჯის ყველა წყარო პარალელურად მუშაობს და ერთდროულად უზრუნველყოფს დატვირთვის სიმძლავრეს. მომხმარებელს ენერჯია თანაბრად მიეწოდება ხელმისაწვდომი წყაროებიდან. ასეთი რეჟიმის უარყოფითი მხარეა ის რომ შეიძლება რომელიმე ენერჯის წყარო ვერ იძლევა საკმარის ენერჯის და მას არ ექნება შესაძლებლობა პარალელურად იმუშაოს ენერჯის სხვა წყაროებთან.



ნახ.1 ელექტროგამანაწილებელ ქსელთან სხვადასხვა ენერჯის წყაროების კავშირი

ნახ. 1-ზე (ელექტროგამანაწილებელ ქსელთან სხვადასხვა ენერჯის წყაროების კავშირი) ნაჩვენებია სხვადასხვა ენერჯის წყაროებზე მომუშავე ელექტროსადგურების ელექტროგამანაწილებელ ქსელთან კავშირის ერთ-ერთი ვარიანტი. ასეთი კავშირი არაეფექტურია ენერჯის გარდაქმნის დიდი რაოდენობის გამო. ელექტროგამანაწილებელი ქსელი არ არის ადაპტირებული განახლებადი ენერჯის წყაროებზე. მზის პანელებიდან და ქარის ტურბინიდან გამომუშავებული ენერჯის გამანაწილებელ ქსელთან დასაკავშირებლად ძაბვა უნდა გარდაიქმნას ალტერნატიულ ძაბვაში ინვერტორების გამოყენებით [1].

ჰიბრიდული სისტემების მუშაობის ყველაზე ეფექტური რეჟიმი მიიღწევა პროგრამირებადი სისტემების გამოყენებით. ამ შემთხვევაში ენერჯის თითოეული წყარო დაკავშირებულია ერთმანეთთან პროგრამირებადი გარდამქმნელების საშუალებით (ნახ. 2, პროგრამირებადი ჰიბრიდული სისტემის სქემა).



ნახ.2 პროგრამირებადი ჰიბრიდული სისტემის სქემა

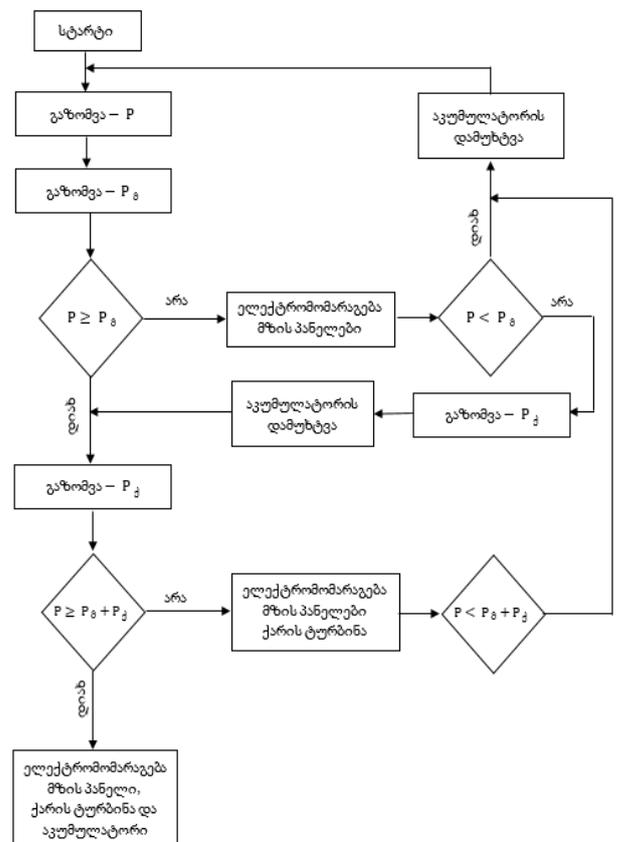
ეს კონფიგურაცია იძლევა საშუალებას ენერჯის სხვადასხვა წყაროს იმუშაოს პარალელურ რეჟიმში წინასწარ განსაზღვრული ალგორითმის მიხედვით. კრიტერიუმები შეიძლება იყოს იაფი ენერჯის წყარო, საიმედოობა ან სხვა. ამ ალგორითმის მიხედვით შეირჩევა ერთი ან რამოდენიმე ხელმისაწვდომი ენერჯის წყარო. ჯერ გამოითვლება მომხმარებლისათვის საჭირო ენერჯია და არსებული ენერჯის წყაროების სიმძლავრეები, შემდეგ მოცემული ალგორითმის მიხედვით რეგულირდება პროგრამირებადი გარდაქმნელების მუშაობის რეჟიმები.

თუ არჩეულ ენერჯის წყაროებს არ აქვთ საკმარისი სიმძლავრე ჩაირთვება დამატებითი კვების წყარო. ხოლო თუ არჩეულ წყაროებს აქვთ უფრო მაღალი გამომავალი სიმძლავრე, ჭარბი ენერჯის დაგროვება მოხდება აკუმულატორული ბატარეების საშუალებით. ასეთი ბატარეების არსებობა სისტემას ანიჭებს უფრო მეტ ავტონომიურობას [2,4].

როგორც პროგრამირებადი ჰიბრიდული სისტემის შექმნის ძირითადი იდეა არის ის, რომ ენერჯის ნაკლებობა ანაზღაურდება ჰიბრიდულ სისტემაში შემავალი ენერჯის სხვა წყაროებიდან.

ნახ. 3-ზე (უწყვეტი ელექტრომომარაგების ჰიბრიდული სისტემის მუშაობის ალგორითმი) წარმოდგენილია პროგრამირებადი ჰიბრიდული სისტემის მუშაობის ალგორითმი, რომელიც აანალიზებს განახლებადი წყაროებიდან ხელმისაწვდომ ენერჯიას, მომხმარებელთა მიერ მოთხოვნილ ენერჯიას და მიღებული შედეგის საფუძველზე ანაწილებს ცალკეულ წყაროების სიმძლავრეს პროგრამირებადი გარდაქმნელების საშუალებით. ასეთი ალგორითმის საფუძველზე მიიღწევა სტაბილური და იაფი ელექტროენერჯის მიღება [2,3].

არსებობს ჰიბრიდული სისტემის მართვის სხვადასხვა პროგრამული ინსტრუმენტები. ერთ-ერთი მათგანი HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable). რომელსაც შეუძლია დავალებული და გაზომილი პარამეტრების ანალიზის საფუძველზე მართოს სისტემის კონფიგურაცია და მიაღწიოს მომხმარებლებზე ელ.ენერჯის მიწოდების ოპტიმალურ ვარიანტს [2].



ნახ.3 უწყვეტი ელექტრომომარაგების ჰიბრიდული სისტემის მუშაობის ალგორითმი

დასკვნა

შესრულებულია მიზანმიმართული სამუშაოები მზისა და ქარის ენერჯის გარდამქმნელებისა და აკუმულიატორული ბატარეების დამუშავებისა და განმუშავების პროცესის მიკროპროცესორული კონტროლიორით სელექციური მართვის სფეროში. შექმნილია თანამედროვე ავტონომიური ჰიბრიდული მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტროენერგეტიკული სისტემის განზოგადოებული ფუნქციონალური სქემა და მისი მუშაობის ალგორითმი.

ლიტერატურა

1. პაპიძე ზ.; ფხაკაძე შ.; ზივზივაძე ლ. „განახლებადი ენერჯის წყაროების ერთობლივი მუშაობის შესაძლებლობები“ აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი ჟურნალი „ მოამბე“ ISSN 1512-1976. N2(20) 22. 2022. გვ.171-181. <http://moambe.atsu.edu.ge/ge/article/431>
2. Dragana Petrović, Miroslav Lazić, Miloš Radović Iritel a.d. Beograd Belgrade, Serbia. Branko Blanuša Faculty of Electrical Engineering University of Banja Luka Banja Luka, Republika Srpska. „Parallel operation of different energy sources“ Conference: 2018 International Symposium on Industrial Electronics (INDEL); November 2018. DOI:10.1109/INDEL.2018.8637610..
3. ფხაკაძე შ. პაპიძე ზ. მზის ენერჯის გარდაქმნის, ფოტოელექტრული სადგურისა და სამფაზა ცვლადი დენის ქსელის ერთობლივი მუშაობის პროცესები/ჟურნალი „ხანძთა“. ქუთაისი-თბილისი. N15(20) 2017. გვ.133-138.
4. კობრეიძე გ., ფხაკაძე შ., პაპიძე ზ., შუშაკიძე თ. მე-3 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქარისა და მზის ენერჯების ელექტრულ ენერჯიაში გარდაქმნის ტექნოლოგიები. „ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქუთაისი. 2015.

References

1. Z. Papidze ; Sh. Pkhakadze. L. Zivzivadze. „The Possibilities of Joint Operation of Renewable Energy Sources“ Akaki Tsereteli State University journal „ MOAMBE“ ISSN 1512-1976. N2(20) 22. 2022 p. 171-181. <http://moambe.atsu.edu.ge/ge/article/431>
2. Dragana Petrović, Miroslav Lazić, Miloš Radović Iritel a.d. Beograd Belgrade, Serbia. Branko Blanuša Faculty of Electrical Engineering University of Banja Luka Banja Luka, Republika Srpska. „Parallel operation of different energy sources“ Conference: 2018 International Symposium on Industrial Electronics (INDEL); November. 2018. DOI:10.1109/INDEL.2018.8637610
3. Sh. Pkhakadze. Z. Papidze. „ Grid of collaboration processes of solar energy transformation. Photovoltaic station and three-phase alternating current“ journal „KHANDTA“ Kutaisi-Tbilisi. N15(20) 2017. p. 133-138.
4. G.Kokhraidze. Sh. Pkhakadze. Z. Papidze. T.Shushakidze. Technologies of wind and solar energy conversion into electric power. Proceedings. 3rd International Scientific Conference. ”Energy problems and development opportunities. 2015. p..95-99.

მზის გამოსხივების ენერჯის ელექტრულ და თბურ ენერჯიებად გარდამქმნელი კომბინირებული პანელების მუშაობის პრინციპი და საქართველოში მათი გამოყენების პერსპექტივები

ეგტიხი მაჭავარიანი, ტექ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: xutagtu@rambler.ru

მაია ჯიხვაძე, ასოცირებული პროფესორი

საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: jixvadzemaia@gmail.com

ლევან რობაკიძე, ასოცირებული პროფესორი

საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: robakidzelevan02@gtu.ge

ნათია ქსოვრელი, ასისტენტ-პროფესორი

საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: qsovreli.nati@gtu.ge

კობა გამრეკელაშვილი, მაგისტრი, საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო,

E-mail: kobagamrekelashvili75@gmail.com

ანოტაცია. მოყვანილია მზის ფოტოელექტრული და თერმიული პანელების დახასიათება და მუშაობის პრინციპის მოკლე აღწერა. ნაჩვენებია მზის ფოტოელექტრული პანელების თერმოსტაბილიზაციის დიდი მნიშვნელობა მათი ენერგოეფექტურობის თვალსაზრისით. მოყვანილია აგრეთვე ზოგადი ინფორმაცია მზის გამოსხივების ენერჯის ელექტრულ და თბურ ენერჯიებად გარდამქმნელ კომბინირებულ პანელებზე. დასასრულს ნაჩვენებია, რომ კომბინირებული პანელების გამოყენება საქართველოს მაღალმთიან რეგიონებში, კერძოდ მესაქონლეობის მინიმუმ 100 სულიან ფერმებში, უკვე მომგებიანია და მომავალში კიდევ უფრო მომგებიანი იქნება.

საკვანძო სიტყვები: ფოტოელექტრული გარდამქმნელი, კომბინირებული პანელები, მზის კოლექტორები.

The principle of operation of combined panels converting solar energy into electrical and thermal energy and prospects for their use in Georgia

Eutikhi Machavariani, Doctor of Science, Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: xutagtu@rambler.ru

Maya Jikhvadze, Associate Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: jixvadzemaia@gmail.com

Levan Robakidze, PhD, Associate Professor

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: robakidzelevan02@gtu.ge

Natia Qsovreli, Assistant-Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: qsovreli.nati@gtu.ge

Koba Gamrekelashvili, Master, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia,

E-mail: kobagamrekelashvili75@gmail.com

Annotation. The article provides a description of solar photovoltaic and thermal panels and a brief description of the working principle. The great importance of thermal stabilization of solar photovoltaic panels in terms of their energy efficiency has been shown. General information on combined panels converting solar energy into electrical and thermal energy is also given. In conclusion, it is shown that the use of combined panels in the mountainous regions of Georgia, in particular in livestock farms with at least 100 animals, is already profitable and will be even more profitable in the future.

Keywords: photovoltaic panels, combined panels, solar collectors.

შესავალი. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ მზის ენერჯია უკვე საკმარისად ფართოდ გამოიყენება როგორც ელექტროენერჯის, ასევე თბური ენერჯის მისაღებად. ამას უზრუნველყოფს ის გარემოება, რომ მზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ხასიათდება ძალიან ფართო, პრაქტიკულად შეუზღუდავი

სპექტრით, რომლის გარკვეული მოკლესტალლოვანი უბნები სპეციალურ მასალებში იწვევენ ფოტოეფექტს და იძლევიან ელექტროდენის მიღების საშუალებას, ხოლო სპექტრის დიდი ნაწილი, კერძოდ მთელი გრძელტალლოვანი უბანი, 0,8 მკმ-დან ზევით, იწვევს მის მიერ დასხივებული სხეულების

გაცხელებას. აქედან გამომდინარე, მზის გრძელტალღოვანი ელექტრომაგნიტური სპექტრის ენერგია გარდაიქმნება დასხივებული სხეულების შიგა, ანუ თბურ ენერჯიად.

ქვემოთ წარმოვადგენთ მზის ფოტო-ელექტრული პანელებისა და მზის თერმიული პანელების მუშაობის პრინციპებს და მოკლე კონსტრუქციულ აღწერილობას.

ელექტროენერგია მიიღება მზის პანელებით, რომლებზეც მოთავსებულია სპეციალური ნახევარგამტარული ნივთიერების (მაგალითად სილიციუმის ორჟანგის, ან გალიუმის არსენიდის) თხელი ფირფიტები, რომლებიც მზის გარკვეული სიგრძის მქონე ელექტრო-მაგნიტური ტალღების ენერჯიას გარდაქმნიან ელექტრულ ენერჯიად ფოტოელექტრული ეფექტის გამოყენებით.



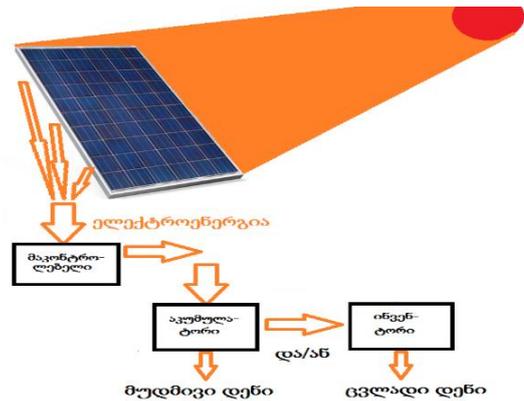
სურ. 1. მზის ფოტოელექტრული პანელი

ფოტოელექტრული პანელები მზის ენერჯიის მხოლოდ 12÷15 %-ს გარდაქმნიან ელექტროენერჯიად და 20 %-მდეც, როცა გარდამქმნელ მასალად გალიუმის არსენიდი გამოყენებული.

ელექტროენერჯიად გარდაქმნილი ეს რაოდენობა, როგორც წესი იანგარიშება იმ შემთხვევისათვის, როცა ენერჯიის გარდამქმნელი ნახევარგამტარული მასალის ტემპერატურა 25°C-ს შეადგენს. მაგრამ რა თქმა უნდა, რომ მზის გრძელტალღოვანი გამოსხივების ხარჯზე ეს პანელები თბება. სამწუხაროდ, რაც უფრო მაღალია მზის პანელის ტემპერატურა, მით უფრო მცირდება მის მიერ მზის ენერჯიის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნის უნარი. ცნობილია, რომ 25°C-ზე მეტად ყოველი ერთი გრადუსით გაცხელებისას ზემოთ მოყვანილი პროცენტული რაოდენობა დაახლოებით ნახევარი პროცენტით კლებულობს და მაგალითად 30°C-ით გაცხელებისას, ანუ მზის ფოტოელექტრული პანელი თუ დაახლოებით 55°C-მდე გაცხელდა, რაც

თავისუფლად შესაძლებელი, პანელის მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერჯია მთელი 15%-ით შემცირდება.

მზის ფოტოელექტრული პანელის მუშაობის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია სურ. 2-ზე.



სურ. 2. მზის ფოტოელექტრული პანელის მუშაობის სქემა

თუ მზის ფოტოელექტრული პანელი ნორმალურ პირობებში, ანუ დაახლოებით 25°C-ზე მუშაობისას მასზე დაცემული მზის ენერჯიის დაახლოებით 20%-ს ელექტროენერჯიად გარდაქმნის, ცხადია რომ დანარჩენი ენერჯია, ანუ მზის გამოსხივებით მოტანილი ენერჯიის დაახლოებით 80% შთაინთქმება ამ მასალის მიერ და ნაწილი კი აირეკლება მათი ზედაპირებიდან.

პანელის გაცხელების შესამცირებლად ცდილობენ რომ გარდამქმნელი მასალის ზედაპირი ხასიათდებოდეს მზის სპექტრის თბური ტალღების შთანთქმის რაც შეიძლება დაბალი უნარით და ამავე ტალღების არეკვლის რაც შეიძლება მაღალი უნარით. ხოლო ზედაპირების ამდაგვარი მომზადება, რა თქმა უნდა, მნიშვნელოვნად აძვირებს მზის ფოტოელექტრულ პანელს.

მზის ფოტოელექტრული პანელის ელექტრულ გამოსავლიანობაზე აგრეთვე უარყოფითად მოქმედებს ენერჯიის გარდამქმნელი ფირფიტების ტემპერატურის არაერთგვაროვნება, რაც შეიძლება გამოწვეული იქნას გარემო ჰაერის მოქმედებით, ან პანელის ნაწილობრივი დაჩრდილვით.

აღსანიშნავია აგრეთვე ის გარემოება, რომ მზის ფოტოელექტრული პანელები გარემო ჰაერიდან განიცდიან დამტვერვა-გაჭუჭყიანებას.

ეს ცხადია ამცირებს გამოსხივების ენერჯიის ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნედი ნახევარგამტარული მასალის განათებულობას, რაც რა თქმა უნდა ამცირებს გამომუშავებულ ელექტროენერჯიას, მაგრამ დამტვერიანებულ ზედაპირებს ეზრდებათ სიშავის ხარისხი და მეტი რაოდენობის თბურ სხივებს შთანქვენ. აქედან გამომდინარე მზის ელექტრული პანელი კიდევ უფრო მეტად ცხელდება და კიდევ უფრო მეტად მცირდება მის მიერ ელექტრულ ენერჯიად გარდაქმნილი ენერჯიის წილი.

გარეგნულად მზის თერმიული პანელი (კოლექტორი) იგივე შესახედაობისაა რაც მზის ფოტოელექტრული პანელი. თუმცა სისქით ის უფრო სქელია და აქვს ორი მილტუჩი ცივი წყლის შესაშვებად და გამთბარი წყლის გამოსაშვებად (იხ. სურ. 3).

თბური ენერჯიის მისაღები მზის პანელები სხვა კონსტრუქციისაა. კერძოდ პანელში მოთავსებულია სპეციალურად მაღალი სიშავის ხარისხის მქონე მზის თბური გამოსხივების მშთანქმელი მასალა, რომლის ზედაპირზე დაცემული მზის სხივების, ანუ ელექტრო-მაგნიტური ტალღების ენერჯია შთანქმედა ამ მასალის მიერ და შედეგად მასალა ცხელდება. ამ გაცხელებულ მასალასთან თბურ კონტაქტში არიან სპეციალური მილები, რომლებშიც ცირკულირებს წყალი. ეს უკანასკნელი აცივებს რა მილის კედლებს და მშთანქმელ მასალას, თვითონ იმდენად ცხელდება რომ მისი სითბო უკვე შესაძლებელი ხდება გამოყენებული იქნას შენობათა გასათბობად, ან რაიმე წარმოებაში ისეთი ტექნოლოგიური პროცესის განსახორციელებლად, რომელშიც საჭიროა სითბური ენერჯიის გამოყენება. მზის თერმიულ პანელს ხშირად მზის კოლექტორებსაც უწოდებენ.



სურ. 3. მზის თერმიული კოლექტორი წყლის შესასვლელი და გამოსასვლელი მილტუჩებით

მზის თერმიული კოლექტორების ყველაზე გავრცელებულ კონსტრუქციებს აქვთ მინის საფარი, რომელიც განლაგებულია სითბოს მშთანქმელი ზედაპირიდან 8÷10 მმ-ზე, რათა უძრავად შეინახოს მათ შორის არსებული ჰაერის ზედა საიზოლაციო ფენა. ცნობილია, რომ ჰაერი კარგი იზოლატორია და სითბოს მშთანქმელ ზედაპირს იცავს გარემო ჰაერის ზემოქმედებით გაცივებისაგან. სითბოს მშთანქმელ ზედაპირს ქვემოდან უშუალოდ ეხებიან წყალგამტარი მილები, რომლებიც უძრავლეს შემთხვევაში სპილენძისგან არიან დამზადებული, რათა ადვილად გადასცენ წყალს გარე ზედაპირზე მიღებული სითბო.



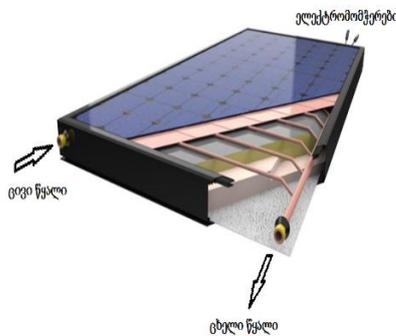
სურ. 4. მზის თერმიული პანელი (კოლექტორის) მუშაობის პრინციპი

მზის გამოსხივების ენერჯიის ელექტრულ და თბურ ენერჯიებად გარდაქმნედი კომბინირებული პანელი წარმოადგენს ფოტოელექტრული და თერმიული პანელების ერთგვარ ჰიბრიდს.

მზის ფოტოელექტრული პანელებში მოთავსებული ნახევარგამტარული მასალისაგან დამზადებული ელექტრომაგნიტური ტალღების ენერჯიის ელექტროენერჯიად გარდაქმნელები მზით დასხივების პროცესში მნიშვნელოვან გათბობას განიცდიან, რაც როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იწვევს ამ გარდაქმნელების მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯიის მკვეთრ შემცირებას. აქედან გამომდინარე, ბუნებრივია, ჩნდება სურვილი მინიმუმამდე შემცირდეს ელექტროენერჯიის დანაკარგი მზის პანელების გაგრილების სისტემის შექმნით და, უფრო მეტიც, მიღებული თერმიული ენერჯიის ადაპტირება წმინდა საყოფაცხოვრებო საჭიროებებისთვის, მინიმუმ წყლის გასათბობად, საცხოვრებელი ფართების გასათბობად და ზოგიერთი საწარმოო საჭიროებებისათვისაც. სწორედ ამ მიზნით მეცნიერების მიერ მოფიქრებული [1,3] იქნა

ხსენებული ორივე ტიპის პანელების გაერთიანება, რათა წყლის მიერ სითბოს ინტენსიური ართმევით, უზრუნველყოფილი გახდეს მზის ენერჯის ელექტრულ ენერჯად გარდამქმნელი ნახევარგამტარული ფირფიტების ტემპერატურის სასურველ დონეზე შენარჩუნება, ანუ გადახურებისაგან დაცვა.

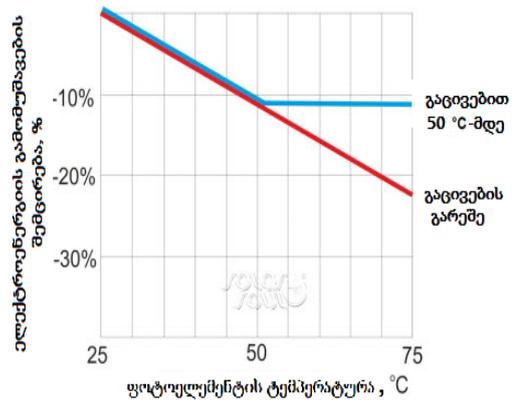
ჰიბრიდული პანელის მოქმედების პრინციპი [1] წარმოდგენილია სურ. 5-ზე, როგორც ამ სურათიდან ჩანს, სინათლის ენერჯის ელექტრულ ენერჯად გარდამქმნელი ფირფიტები უშუალო კონტაქტში არიან სითბოს მშთანთქმელ ფირფიტასთან, რომლის ქვეშაც განლაგებულია წყლის სატარებელი სპილენძის მილები.



სურ. 5. მზის ელექტრულფოტოელექტრული და სითბური პანელების მარტივი შეთანწყობა

სურ. 5-ზე ჩანს, რომ სითბოს მშთანთქმელი პანელი მდებარეობს უშუალოდ მზის ფოტოელექტრული გარდამქმნელების ქვეშ და ზემოთა ზედაპირით ფიზიკურ კონტაქტში იმყოფება მათთან. სითბოს მშთანთქმელი პანელის ქვემო ზედაპირზე კი განთავსებულია გამაგრილებელი წყლის საცირკულაციო სისტემის მილები ზუსტად ისე, როგორც ეს არის ორგანიზებული მზის თერმულ კოლექტორებში. მხოლოდ თერმოკოლექტორებისგან განსხვავებით, სითბოს მშთანთქმელ პანელს არ აქვს გამჭვირვალე მინისა და ჰაერის ფენისაგან შემდგარი საიზოლაციო საფარი და აქედან გამომდინარე, რა თქმა უნდა მცირდება მის მიერ აკუმულირებული სითბოს რაოდენობა, რაც კომპერსირდება იმით, რომ გაუმჯობესდა ფოტოელექტრული პანელის მუშაობა რადგან უკვე დაცულია გადამეტხურებისაგან.

ნათქვამი კარგად ჩანს ჩვენს მიერ მოძიებული კვლევის შედეგებიდან, რომელიც წარმოდგენილია სურ. 6-ზე.



სურ. 6. ფოტოელემენტის მიერ ელექტრულად გარდაქმნილი ენერჯის პროცენტული შემცირება გაცივების გარეშე და 50°C-მდე გაცივებით

გარდა აღნიშნულისა საყურადღებოა აგრეთვე ის გარემოება, რომ წყლით გაცივების სისტემა ამცირებს პანელის სხვადასხვა ადგილებზე განლაგებული ფოტოელექტრული გარდამქმნელების ტემპერატურების არაერთგვაროვნებას. ეს უკანასკნელი კი, როგორც ზემოთ გვქონდა აღნიშნული, უარყოფითად მოქმედებს ფოტოელექტრული გარდამქმნელების მიერ გამოიმუშავებულ ელექტროენერჯაზე.

და კიდევ, რაც, აგრეთვე არანაკლებ მნიშვნელოვანია, ფოტოელექტრული პანელების დამტვერვა გაჭუჭყიანების მიზეზით მზის თბური ენერჯის შთანთქმის უნარის მომატებით გამოწვეული გადახურებაც გამორიცხულია, რადგან ამ მიზეზით შთანქმული ზედმეტი სითბოც უშუალოდ წყალს მიაქვს, რაც ერთის მხრივ ხელს უწყობს ფოტოელექტრული გარდამქმნელის ტემპერატურის სტაბილიზაციას და მეორეს მხრივ იზრდება გამთბარი წყლის ტემპერატურა.

მეცნიერთა და ინჟინერთა სხვა ჯგუფი ამტკიცებს [2], რომ თუ ყველაზე კარგი თბური პანელები აგროვებენ მზისგან დაცემული ენერჯის 70%-ს და ყველაზე კარგი ფოტოელექტრული პანელები 20%-ს ცალკე ცალკე, მათ კომბინაციის შექმნით შესაძლებელია კოლექტორზე დაცემული ენერჯის 89%-ის მიღება. აქედან 70% ისევ სითბური ენერჯის სახით და 19% ელექტრული ენერჯის სახით. რა თქმა უნდა რომ კომბინირებული პანელების დანერგვა და გამოყენება გაცილებით მიზანშეწონილია როგორც ენერგომომარაგების, ასევე ეკოლოგიურობის კუთხით.

ჩვენი აზრით მზის კომბინირებული პანელების გამოყენება მიზანშეწონილი იქნება საქართველოს მთიან რეგიონებში არსებული საკურორტო სასტუმროებისა და მესაქონლეობის ფერმებისათვის. მაგალითისათვის განვიხილოთ 100 სული მეწველი ძროხისათვის განკუთვნილი ფერმის თბომომარაგების საკითხი.

ცნობილია [4], რომ მესაქონლეობის ფერმაში, რომელშიც 100 სული მეწველი ძროხაა სხვადასხვა საჭიროებისათვის დღეღამეში იხარჯება დაახლოებით 1,5 მ³ წყალი და მათ შორის დაახლოებით 100 ლ უნდა იყოს 45°C ტემპერატურის, ცურების მოწველისწინა ჩამობანვისათვის და 1000 ლ-მდე 65°C ტემპერატურის, სხვადასხვა ჭურჭლის გასარეცხად. ამ რაოდენობის წყლის მოცემულ ტემპერატურამდე გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა იანგარიშება ფორმულით

$$Q = \sum_{i=1}^2 M_i c_p (t_i'' - t') \left[\frac{\text{კვ}}{\text{დღეღამეში}} \right]$$

სადაც M_i – i-ურ ღონისძიებაზე დახარჯული წყლის რაოდენობაა, კგ;

c_p – წყლის სითბოტევადობა, რომელსაც ვიღებთ ცნობარიდან: 4,183 $\left[\frac{\text{კვ}}{\text{კგ} \cdot \text{გრად}} \right]$;

t_i'' – i-ური ღონისძიებისათვის საჭირო გაცხელებული წყლის ტემპერატურაა, °C;

t' – გაცხელებელი წყლის საწყისი ტემპერატურა, რომელსაც მივიჩნევთ ზამთრის პირობებისათვის ცელსიუსის 5 გრადუსის ტოლად, ე.ი. $t' = 5$ °C.

რიცხვითი მონაცემების შეტანის შემდეგ გვექნება

$$Q = 100 \cdot 4,183 (45 - 5) + 1000 \cdot 4,183 (65 - 5) = 16732 + 250980 \left[\frac{\text{კვ}}{\text{დღეღამეში}} \right]$$

მაშასადამე სულ დღეღამეში საჭირო იქნება

$$Q = 267712 \left[\frac{\text{კვ}}{\text{დღეღამეში}} \right].$$

ამ სიდიდის თუ კოლოვატსაათებში გადავიყვანთ მივიღებთ, რომ ყოველდღიურად დაიხარჯება დაახლოებით 75 კვტ.სთ ენერგია, ანუ ერთ დღეში დახარჯული ელექტროენერგიის ღირებულება იქნება დაახლოებით (12 თეთრზე გამრავლებით) 9 ლარის ტოლი და მთელი წლის განმავლობაში საჭირო იქნება დაახლოებით 3300 ლარის ელექტროენერგია.

ინტერნეტში (მაგალითისათვის) მოძიებული იქნა რუსული ფირმა „Группа Зелёные технологии“, რომელიც ამზადებს და ყიდის მზის ჰიბრიდულ კოლექტორებს 180 ვტ ელექტრული სიმძლავრით და 750 ვტ თბური სიმძლავრით [4].

ერთი ცალი ამგვარი კოლექტორის ღირებულება დაახლოებით 2350 ლარია. თუ, მაგალითად, 100 ძროხიანი ფერმისათვის შეძენილი იქნება [5]-ში მითითებული მზის ჰიბრიდული კოლექტორი, ვთქვათ ერთი ცალი, მაშინ ამ კოლექტორიდან ერთ წელიწადში მიღებული ენერგია საშუალოდ (დღეში მხოლოდ 7 სთ-ანი მზით განათებულობის შემთხვევაში) ტოლი იქნება:

$$750 \times 3600 \times 7 + 180 \times 3600 \times 7 = 23\,500 \left[\frac{\text{კვ}}{\text{დღეღამეში}} \right]$$

დღე-ღამეში ფერმის საჭიროება, როგორც ზემოთ გავიანგარიშეთ, მოითხოვს დაახლოებით 268 ათას კილოჯოულ ენერგიას. თუ ამ სიდიდეს გავყოფთ ერთი ჰიბრიდული კოლექტორის მიერ მოცემულ ენერგიაზე, მივიღებთ კოლექტორების საჭირო რაოდენობას - N ცალი. ე. ი. გვაქვს:

$$N = \frac{268}{23,5} = 11,4$$

აქედან გამომდინარე საჭირო გახდება 12 ცალი ჰიბრიდული კოლექტორის შეძენა რის საერთო ღირებულება იქნება:

$$12 \times 2350 = 28200 \text{ ლარი.}$$

ამ სიდიდეს თუ გავყოფთ ერთ წელიწადში ელექტროენერგიაზე გადახდილ თანხაზე მივიღებთ გამოსყიდვის ვადას:

$$\frac{28200}{3300} = 8,54 \text{ წელი}$$

აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ სხვა ტიპის მომხმარებლებისათვისაც, მაგალითად სასტუმროების შემთხვევაშიც, მზის კომბინირებული პანელების საინსტალაციო ხარჯები, დღევანდელი ფასების შემთხვევაში დაახლოებით 8 წლის განმავლობაში ამოიღება.

დასკვნა

იმის გათვალისწინებით, რომ ერთის მხრივ, მზის კომბინირებული პანელების ეფექტური ექსპლუატაციის დამამზადებლების მიერ დადგენილი ვადა არანაკლებ 20 წელს შეადგენს და მეორეს მხრივ უახლოეს მომავალში მზის კომბინირებული პანელების ღირებულება კვლავ შემცირდება (ბოლო ხანებში აშკარად შეიმჩნევა ამ შემცირების ტენდენცია [6,7], ცხადია, რომ შემდეგში მზის კომბინირებული პანელების დადგმისათვის განხორციელებული ხარჯების ამოგება კიდევ უფრო მოკლე ვადებში მოხდება.

ლიტერატურა

1. <https://www.gti.energy/simultaneously-generating-electricity-and-storable-heat-with-a-hybrid-solar-energy-system/>
2. <https://abora-solar.com/en/hybrid-solar-panel/#:~:text=The%20Aora%20hybrid%20solar%20panel,solar%20cells%20on%20the%20front.>
3. <https://www.brunel.ac.uk/news-and-events/news/articles/New-hybrid-solar-panel-roof-slashes-energy-bills>
4. Лебедев. В. Солнечное будущее: альтернативная энергетика/ В. Лебедев // Наука и инновации. 2008. №5. 2008. С. 19-21. Источник: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=705990> © Библиофонд.
5. Брагинец Андрей Валерьевич. Кандидатская диссертация, Зерноград. 2017 г., 187 с. Совершенствование энергосберегающей гелио-электрической системы горячего водоснабжения животноводческих объектов.
6. <https://greentec-group.ru/catalog/solnechnye-kollektory/gibridnye-solnechnye-kollektory/gibridnyy-solnechnyy-kollektor-powertherm/>
7. <https://solarsoul.net/gibridnye-solnechnye-kollektory-pvt>

References (Transliterated)

1. <https://www.gti.energy/simultaneously-generating-electricity-and-storable-heat-with-a-hybrid-solar-energy-system/>
2. <https://abora-solar.com/en/hybrid-solar-panel/#:~:text=The%20Aora%20hybrid%20solar%20panel,solar%20cells%20on%20the%20front.>
3. <https://www.brunel.ac.uk/news-and-events/news/articles/New-hybrid-solar-panel-roof-slashes-energy-bills>
4. Lebedev v. Solnezhnoe buduhee: alternativnaia energetika/ v. lebedev //nauka i inisistivi. 2008. №5. 2008. С. 19-21. istozik: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=705990> © bibliofondд.
5. Brsgines Andrei valerievih. Kandidatskaia disertacia , zernograd. 2017 g., 187 c. Soverhenstvovanie energosberegaiuhei geliielektrizeskoi sistemi goriazego vodosnsbjenia objektov.
6. <https://greentec-group.ru/catalog/solnechnye-kollektory/gibridnye-solnechnye-kollektory/gibridnyy-solnechnyy-kollektor-powertherm/>
7. <https://solarsoul.net/gibridnye-solnechnye-kollektory-pvt>

საქართველოს ენერგოსექტორი და რუსეთ-უკრაინის ომის ექო

ქეთევან ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი,
საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: ketivezirishvili@gmail.com
ელენე ფანცხავა, აკადემიური დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი,
საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: elenepantskava@mail.ru

ანოტაცია: რუსეთის მიერ უკრაინის ტერიტორიაზე შეჭრის შემდეგ, მსოფლიომ ენერგეტიკული რესურსების მნიშვნელობა უფრო დააფასა. არსებულმა კონფლიქტმა უდავოდ გამოავლინა რუსულ ენერგოპროდუქტებზე დამოკიდებულების პოტენციურად დრამატული შედეგები თვით ისეთი ინტეგრირებული და მაღალგანვითარებული ბაზრისთვისაც კი, როგორც ევროკავშირის ბაზარია. ჩვენი კვლევის მიზანია, აღვწეროთ როგორ მისწვდება ომის ექო საქართველოს ენერგოსექტორს. კვლევის ამოსავალი წერტილი ჩვენი ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოების საკითხების განხილვაა, რადგან ომის შედეგები პირდაპირ არის დაკავშირებული საქართველოს მომავალ განვითარებასთან. ჩვენს სტატიაში მიმოვიხილავთ ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების კუთხით არსებულ მთავარ გამოწვევებს და შევეცდებით პასუხი გავცეთ საზოგადოებაში დაგროვილ კითხვებს შემდეგი მიმართულებით: 1) რუსული კაპიტალი საქართველოს ენერგეტიკაში და სანქციების ზეგავლენა; 2) ევროკავშირის ენერგეტიკული პოლიტიკა რუსეთთან მიმართებით და მისი გავლენა საქართველოს ენერგომომარაგებაზე.

საკვანძო სიტყვები: ენერგეტიკული რესურსი, ევროკავშირის ბაზარი, ენერგოსექტორი, ენერგოუსაფრთხოება, რუსული კაპიტალი.

Georgia's energy sector and echoes of the Russia-Ukraine war

Ketevan Vezirishvili-Nozadze, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: ketivezirishvili@gmail.com
Elene Pantskhava, Academic doctor, Associate Professor,
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: elenepantskava@mail.ru

Annotation: After Russia invaded the territory of Ukraine, the world appreciated the importance of energy resources more. The current conflict has undoubtedly revealed the potentially dramatic consequences of dependence on Russian energy products even for such an integrated and highly developed market as the EU market. The purpose of our research is to describe how the echoes of war will reach the energy sector of Georgia. The starting point of the research is the discussion of energy security issues of our country, because the results of the war are directly related to the future development of Georgia. In our article, we will review the main challenges in terms of energy security of the country and we will try to answer the questions accumulated in the society in the following directions: 1) Russian capital in Georgian energy and the impact of sanctions; 2) EU's energy policy in relation to Russia and its impact on Georgia's energy supply.
Keywords: energy resource, EU market, energy sector, energy security, Russian capital.

შესავალი. რუსეთის უკრაინაში შეჭრის საპასუხოდ ევროკავშირმა მიიღო გადაწყვეტილება დააჩქაროს განახლებადი ენერჯის წყაროებზე გადასვლა, რაც „ევროპის მწვანე შეთანხმებით“ 2030 წლამდე წიაღისეულ საწვავზე დამოკიდებულების შემცირებას გულისხმობდა. ევროკავშირი გეგმავს 2023 წლის ბოლომდე ორი მესამედით შეამციროს რუსულ გაზზე დამოკიდებულება. ევროკავშირში იმპორტირებული რუსული გაზის ჩანაცვლების საკითხში აზერბაიჯანის როლიც იკვეთება: თუკი აზერბაიჯანიდან საქართველოს გავლით ევროკავშირისთვის მიწოდებული ბუნებრივი გაზის მოცულობები გაიზრდება, ჩვენი ქვეყანა

შემღებს გატარებული ბუნებრივი გაზის 5% იყიდოს შეღავათიან ფასად [1].

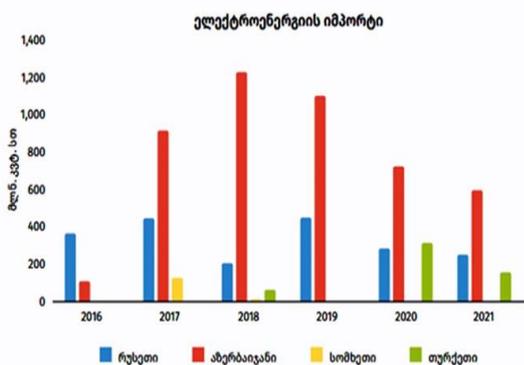
ევროკავშირის ქვეყნებთან საიმედო ენერგოკავშირი შედგა საქართველოში დამუშავებული ახალი პროექტითაც, რომელიც შავი ზღვის წყალქვეშ ელექტროენერჯის გადამცემი კაბელის ჩადებას ითვალისწინებს. გადამცემი ხაზი დაიწყება სოფელ ანაკლიიდან და შავი ზღვის გავლით ამოვა რუმინეთის პორტ კონსტანცაში. პროექტში საქართველოსთან ერთად უკვე ჩართულია აზერბაიჯანი, უნგრეთი და რუმინეთი. დასახელებული ოთხი ქვეყნის გარდა, საუდის არაბეთმა გამოთქვა ამ პროექტში მონაწილეობის სურვილი. კაბელის საერთო

სიგრძეა 1100 კმ, სიმძლავრე 1000 მგვტ. პროექტს მხარს უჭერს ამერიკის შეერთებული შტატები, საქართველოს ბიუჯეტიდან უკვე გამოყოფილია პროექტისთვის \$20 მლნ. აშშ. მისი განხორციელებით ჩვენი ქვეყანა გადაიქცევა ელექტროენერგეტიკის ჰაბად და სრულიად განსხვავებულ ადგილს დაიჭერს მსოფლიოს ენერგეტიკულ რუკაზე [2].

აქტუალობა. კვლევა, თუ რამდენადაა საქართველო მზად ახალი გამოწვევებისთვის, 21-ე საუკუნის მეგა პროექტად აღიარებული „შავი ზღვის წყალქვეშა კაბელის“ სამუშაოების განხორციელებისთვის მეტად აქტუალურია.

სამუშაოს მიზანი. განვიხილავთ საქართველოს ენერგოსექტორში არსებულ გამოწვევებს ენერგოუსაფრთხოების კუთხით.

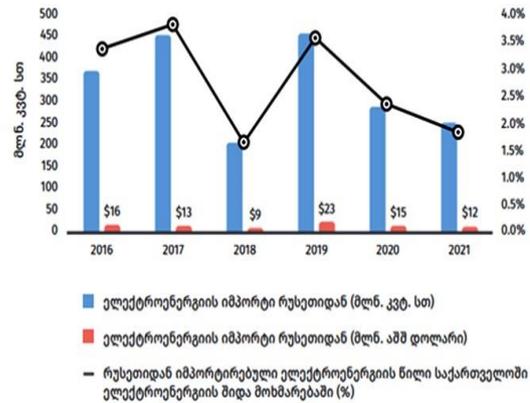
თემატური ნაწილი. საქართველოში ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის ძირითად ნაწილს ადგილობრივი გენერაციის ობიექტები, ჰიდრო და თბოელექტროსადგურები (თესები), აკმაყოფილებენ. სეზონურობის გამო ჰიდროელექტროსადგურები მაქსიმუმ ენერგიას მაისი-ივლისის (98%-ზე მეტი), ხოლო მინიმუმს (დაახლოებით 46-53%) დეკემბერი-თებერვლის პერიოდში გამოიმუშავენ. ზამთარში ელექტროენერგიის მოხმარების ნაწილი თესების მიერ გამოიმუშავებული ელექტროენერგიით (რომლებიც, თავის მხრივ, იმპორტირებულ ბუნებრივ გაზს იყენებენ) და იმპორტით იფარება. ელექტროენერგიის იმპორტი რუსეთიდან, აზერბაიჯანიდან და თურქეთიდან ხორციელდება.



გრაფიკი 1. ელექტროენერგიის იმპორტი ქვეყნების მიხედვით

რუსეთიდან ელექტროენერგიის იმპორტმა მაქსიმუმს 2017 წ. მიაღწია და ქვეყნის შიდა მოხმარების 3.8% (452 მლნ. კვტ.სთ) შეადგინა. წლების მიხედვით განსხვავდება იმპორტირებული ელექტროენერგიის ფასებიც. ყველაზე იაფი

ელექტროენერგია სწორედ 2017 წ. ღირდა (საშუალოდ \$3 ცენტი). ამ დროს საქართველომ რუსეთიდან ელექტროენერგიის იმპორტში \$13 მლნ. გადაიხადა. ქვემოთ მოცემული გრაფიკი აჩვენებს რუსეთიდან ელექტროენერგიის იმპორტის მონაცემებს ბოლო 6 წლის განმავლობაში [3].

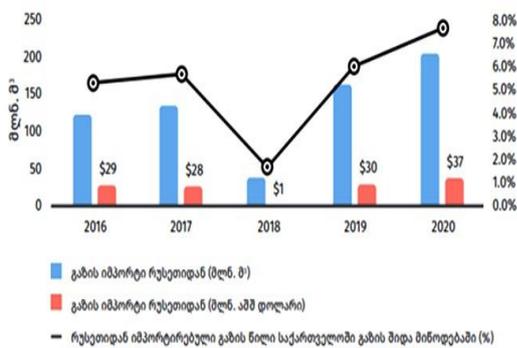


გრაფიკი 2. ელექტროენერგიის იმპორტი რუსეთიდან

რუსული კომპანია „ინტერ რაო“ შუალედური კომპანიების საშუალებით ფლობს თბილისის გამანაწილებელი კომპანიის „თელასის“ აქციების 75%-ს, კომპანია „თელმიკოს“ აქციების 75%-ს და ასევე ჰესებს – „ხრამჰესი I-ს“ და „ხრამჰესი II-ს“. შილდაჰესს და ლარსიჰესს ფლობს შპს „ენერგია“, რომლის 70% რუსეთის მოქალაქეს ეკუთვნის. შპს „ენერგია“ ასევე ფლობს სს „დარიალი ენერჯის“ (დარიალიჰესი) 44.27%-ს. რუსეთის ერთიანი ენერგეტიკული სისტემის ფედერალური საქსელო კომპანიის (IAO «ФСК ЕЭС») საკუთრებაშია მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების მფლობელი „საქრუსენერგოს“ 50%-იგ. მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზები საქართველოსა და რუსეთის, საქართველოსა და აზერბაიჯანის, და საქართველოსა და თურქეთის ენერგოსისტემების დასაკავშირებლად გამოიყენება [4].

2021 წლის 4 იანვარს სს „საქრუსენერგოსა“ და სს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემას“ („სსე“) შორის გაფორმდა ხელშეკრულება, რომლის მიხედვითაც სს „საქრუსენერგო“ ვალდებულია სსე-ს იჯარით გადააბაროს ელექტროენერგიის გადაცემის ხაზები განუსაზღვრელი ვადით, ასევე, უზრუნველყოს გადაცემი ხაზების შეკეთება და ტექნიკური მომსახურება.

2007 წლიდან გაზის მთავარი მომწოდებელი და სტრატეგიული პარტნიორი საქართველო-სთვის აზერბაიჯანი გახდა. რუსეთთან კავშირები შემოიფარგლა „ჩრდილოეთ-სამხრეთ კავკასიის მაგისტრალური გაზსადენით“, რომელიც საქართველოს გავლით, რუსეთიდან სომხეთის მიმართულებით ბუნებრივი გაზის ტრანზიტს ემსახურება. ტრანზიტის საფასურს „გაზპრომექსპორტი“ საქართველოს 2017 წლიდან ფულადი სახით უხდის. თანხა კომერციული საიდუმლოა. საჭიროების შემთხვევაში, საქართველოს შეუძლია, „გაზპრომექსპორტთან“ გაფორმებული ხელშეკრულების საფუძველზე, ამავე მილსადენით მიიღოს რუსული გაზი (სნგკ, 2020). რუსეთიდან ბუნებრივი გაზის იმპორტი საქართველოში 2018-2020 წწ. 39 მლნ. მ³-დან 204 მლნ. მ³-მდე გაიზარდა, რაც ქვეყანაში გაზის მოხმარების 7.6%-ს შეადგენს (იხ. გრაფიკი 3). 2021 წ. ამ მაჩვენებელმა 15%-ს მიაღწია. რუსული გაზის მთავარი მყიდველი კომერციული სექტორია. ბუნებრივი გაზის შემთხვევაშიც, ელექტროენერჯის მსგავსად, მნიშვნელოვანია პიკის საათების მოთხოვნის დაკმაყოფილება [5].



გრაფიკი 3. რუსული გაზის იმპორტი საქართველოში

დასკვნები

1. მნიშვნელოვანია, სახელმწიფომ იზრუნოს გენერაციის ადგილობრივი წყაროების განვითარებაზე, რადგან, ენერჯის მოხმარების ზრდის კვალდაკვალ, იზრდება იმპორტირებულ ენერჯიაზე, მათ შორის, რუსულ იმპორტზე, დამოკიდებულება;

2. სახელმწიფომ ხელი უნდა შეუწყოს ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების განვითარებასა და დანერგვას ენერჯის მიწოდება-მოხმარების მთელ ჯაჭვში, სადაც ენერჯის

დაზოგვის მნიშვნელოვანი პოტენციალი არსებობს; საქართველომ უნდა შეამციროს ენერჯის იმპორტის სხვადასხვა წყაროზე დამოკიდებულების პოლიტიკური და ეკონომიკური რისკები. მნიშვნელოვანია გარე მიწოდების წყაროების ოპტიმიზაცია, გამჭვირვალე კონკურენტულ გარემოში მოქცევა და მიწოდების ახალი ალტერნატივების განვითარება;

3. სახელმწიფომ პრიორიტეტად უნდა დაისახოს გაზსაცავის მშენებლობა, რაც დაეხმარება ქვეყანას გაზის რეზერვების შექმნაში, სეზონური მოთხოვნის დაბალანსებასა და იმპორტის დარეგულირებაში;

4. ქვეყანამ უნდა ააშენოს საკუთარი ნავთობგადამამუშავებელი საწარმო, რომელიც ადგილობრივად წარმოებული და იმპორტირებული ნედლი ნავთობის გადამუშავებით, შიდა ბაზარს მიაწვდის ნავთობპროდუქტებს. ეს ხელს შეუწყობს მიწოდების დივერსიფიკაციას, იმპორტდამოკიდებულების შემცირებას, ფასების სტაბილიზაციას და საბოლოოდ ენერგეტიკული უსაფრთხოების ამაღლებას;

5. საქართველომ უნდა გააძლიეროს კრიტიკული ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის დაცვა კინეტიკური და კიბერ-საფრთხეებისგან, რისი რისკებიც რეალურია რუსეთის ჰიბრიდული ომის პირობებში [6].

ლიტერატურა

1. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხავა ე. 2019 წ. 22-24 თებერვალი, „არატრადიციული ენერჯორესურსების მენეჯმენტი და მათი ათვისების პროგრამის დამუშავება საქართველოში“, საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „მეცნიერება პრაქტიკისა და განვითარებისათვის“. ბაქო, აზერბაიჯანი. 93-104.
2. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხავა ე. 2019 წ. 20-21 სექტემბერი. „ენერგოეფექტურობა - ქვეყნის თანამედროვე განვითარების ქვაკუთხედი“, III საერთაშორისო კონფერენცია „თანამედროვე განვითარების ეკონომიკური სამართლებრივი და სოციალური პრობლემები“. თბილისი, საქართველო. 54-56.

- ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხავა ე. 2020 წ. 7-10 დეკემბერი, „საქართველოს ელექტრო-ენერგეტიკული სექტორის განვითარების ანალიზი და შუქ-ჩრდილები (შედეგები)“, II საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“, თბილისი, საქართველო.80-84.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხავა ე., ჯიშკარიანი მ. 10-12 February 2021. „ენერგოეფექტურობა – ქვეყნის ენერგო-დამოუკიდებლობის ზრდის უმნიშვნელოვანესი ფაქტორი“. International Scientific and Practical Conference, “The World of Science and Innovation”, London. 132-141.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხავა ე., ჯიშკარიანი მ. 14-15 March, 2021. „ენერჯის ცვალებადი განახლებადი და არატრადიციული წყაროები“. VIII International Scientific and Practical Conference, „Actual Trends of Modern Scientific Research“. Munich. 232-240.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ფანცხავა ე. 2-4 აპრილი 2023 წ. „თანამედროვე მსოფლიო ახალი გამოწვევების წინაშე - ენერგეტიკის სექტორი“. საერთაშორისო მულტიდისციპლინარული სამეცნიერო კონფერენცია „თანამედროვე მსოფლიო ახალი გამოწვევების წინაშე“. კვიპროსი (ლარნაკა). 59-66.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე K., Patskhava E. 20-21 September 2019. “energoefqturoba – qveynis Tanamedrove ganviTarebis qvakuTxedi” (“Energy efficiency – a cornerstone of modern development of country”). III saerTaSoriso konferencia “Tanamedrove ganviTarebis ekonomikuri samarTlebrivi da socialuri problemebi. Tbilisi, saqarTvelo, 54-56. “samarTlebrivi da socialuri problemebi. Tbilisi, saqarTvelo, 54-56.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე K., Patskhava E. 7-10 December 2020. „saqarTvelos elektroenergetikuli seqtoris ganviTarebis analizi da Suq-Crdilebi (Sedegebi)” (“Georgia electric energy sector development analysis and light and shade (results)”) II saerTaSoriso samecniero-teqnikuri konferencia “energetikis Tanamedrove problemebi da maTi gadawyvetis gzebi”, Tbilisi, saqarTvelo, 80-84.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე K., Patskhava E., Jishkariani M. 10-12 February 2021. „energoefqturoba – qveynis energodamoukideblobis zrdis umniSvelovanesi faqtori” (“Energy efficiency – a crucial factor of national energy independence increase”). International Scientific and Practical Conference, “The World of Science and Innovation”, London. 132-141.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე K., Patskhava E., Jishkariani M. 14-15 March, 2021. „energiis cvalebadi ganaxlebadi da aratradiciuli wyaroebi” (“Changeable renewable and non-traditional energy sources”). VIII International Scientific and Practical Conference, „Actual Trends of Modern Scientific Research“. Munich. 232-240.
- ვეზირიშვილი-ნოზაძე K., Patskhava E. 2-4 April 2023 წ. „Tanamedrove msolfio axali gamowvevebis winaSe – energetikis seqtori” (“The modern world against new challenges – the energy sector”. saerTaSoriso multidisciplinaruli samecniero konferencia “Tanamedrove msolfio axali gamowvevebis winaSe”. kviproisi (larnaka), 59-66.

References (transliterated)

1. Vezirishvili-Nozadze K., Patskhava E. 22-24 February 2019, aratradiciuli energoresursebis menejmenti da maTi aTvisების programis damuSaveba saqarTveloSi (Non-traditional energy resource management and elaboration of their development program), saerTaSoriso samecniero konferencia “mecniereba praqtikisa da ganviTarebisaTvis, baqo, Azerbaijani, 93-104.

შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერჯის გამოყენება სატრანსპორტო საშუალებების შიგა სივრცეების კლიმატის რეგულირებისთვის

რომანოზ თოფურია, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი,

ა.წერეთლის სახელმწ. უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო, E-mail: Romtop54@gmail.com

გია ფურცხვანიძე, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი,

ა.წერეთლის სახელმწ. უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი, საქართველო, E-mail: giorgi.purcxvanidze@atsu.ge

მიხეილ ლეჟავა, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი,

ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია, ქ. ბათუმი, საქართველო, E-mail: m.lejava@bsma.edu.ge

ზაზა შუბლაძე, საინჟინრო მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი,

ბათუმის სახელმწიფო საზღვაო აკადემია, ქ. ბათუმი, საქართველო, E-mail: z.shubladze@bsma.edu.ge

ანოტაცია. სითბური დანადგარების ეფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთ შესაძლო ვარიანტად ითვლება მისი რომელიმე მახასიათებელი პარამეტრის გაუმჯობესება არსებულთან შედარებით, ამიტომ თბური დანადგარების სიმძლავრითი, ეკონომიკური და ეკოლოგიური მახასიათებლების სრულყოფა თანამედროვე ეტაპზე მეტად აქტუალურია. შესრულებული სამუშაოების ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ არ გვხვდება სატრანსპორტო საშუალებების სალონის კონდიციონერ-გათბობის მიზნით სიცივე-სითბოს ერთობლივ რეჟიმებზე მომუშავე სისტემები და მათი ეკონომიკური და ეკოლოგიური პროცესების გაუმჯობესებისადმი მიძღვნილი კომპლექსური საშუალებები. მსგავსი საშუალებებისთვის მნიშვნელოვან ელემენტს გამონაბოლქვი აირების ტემპერატურის სტაბილიზაცია და ნაკადის მოძრაობის ხასიათი განსაზღვრავს, რადგანაც აღნიშნული სისტემების ეფექტურობა უშუალოდ დამოკიდებულია ამ ტემპერატურაზე და ნაკადის მოძრაობის ხასიათზე, რომელიც განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებას ნებისმიერი თბური დანადგარების სხვადასხვა რეჟიმებზე მუშაობის პროცესში, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერჯის სატრანსპორტო საშუალებების სალონის კონდიციონერ-გათბობის (მაცივარ-დანადგარში) გამოყენების მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: გამონაბოლქვი აირები, შიგაწვის ძრავი, თბური ენერჯია, სითბური ეფექტი, კონდიციონერ-გათბობა, თბომცვლელი.

Application of the exhaust gases of internal combustion engines to regulate the climate of the inner spaces of vehicles.

Romanoz Topuria, Doctor of Technical Sciences, Professor

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: Romtop54@gmail.com

Gia Purtskhvanidze, Doctor of Technical Sciences, Professor

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, E-mail: giorgi.purcxvanidze@atsu.ge

Mikheil Lejava, Doctor of Technical Sciences, Professor

Batumi State Maritime Academy, Batumi, Georgia, E-mail: m.lejava@bsma.edu.ge

Zaza Shubladze, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Batumi State Maritime Academy, Batumi, Georgia, E-mail: z.shubladze@bsma.edu.ge

Annotation: One of the possible options for increasing efficiency of thermal installations is to improve one of the characteristic parameters compared to the existing one. Improving the power, economic and ecological characteristics of thermal installations is very relevant at the modern stage. The result of the analysis of the performed works show that there are no systems working on combined cold-heat modes for air conditioning heating of the improvement of the abovementioned systems directly depends on the temperature and the nature of the flow movement, which undergoes a significant change during operation of any thermal equipment in different modes there for great importance is attached to the use of the thermal energy of the exhaust gases in the cabin of vehicles, for the purpose of air conditioning - heating (refrigerator-device).

Keywords: exhaust gases, internal combustion engine, thermal effect, air-conditioning-heating, heat exchanger.

შესავალი. სითბური დანადგარების ვარიანტად ითვლება მისი რომელიმე ეფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთი შესაძლო მახასიათებელი პარამეტრის გაუმჯობესება

არსებულთან შედარებით, ამიტომ თბური დანადგარების სიმძლავრითი, ეკონომიკური და ეკოლოგიური მახასიათებლების სრულყოფა თანამედროვე ეტაპზე მეტად აქტუალურია. თბური ძრავები, მეტწილად დგუშიანი და კომბინირებული ტიპის, წარმოადგენენ ყველაზე მრავალრიცხოვანს იმ თბურ ენერგეტიკულ დანადგარებს შორის, რომელსაც კაცობრიობა დღევანდელ ეტაპზე ყველაზე მეტად იყენებს. მათი ასეთი ფართო გავრცელება განპირობებულია იმით, რომ მრავალწლიანი განვითარების შედეგად, შესაძლებელი გახდა სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის საფუძველზე ახალი ტექნოლოგიური მიღწევების დანერგვა.

თემატური ნაწილი. დგუშიანი შიგაწვის ძრავების ეკონომიკურმა მაჩვენებლებმა მეტად მაღალ ნიშნულს მიაღწიეს. ისინი გამოირჩევიან საკმარისი საიმედოობით და კარგად არიან ათვისებული ტექნოლოგიური თვალსაზრისით. თანამედროვე დგუშიანი შიგაწვის ძრავების თერმოდინამიკური მახასიათებლები მაღალია ვიდრე სხვა თბური დანადგარების. თუმცა, სასარგებლო მუშაობად სათბობის სრული წვის შედეგად მიღებული თბური ენერჯის მხოლოდ 32-45%-ის გარდაქმნა შესაძლებელია. დანარჩენი სითბური ენერჯია (55-70%) ფუჭად იკარგება ატმოსფეროში სხვადასხვა გამაძნელების საშუალებით. სითბური ენერჯის დანაკარგების მნიშვნელოვანი ნაწილი ნამწვ გაზებზე (აირებზე) მოდის. ასეთი დანაკარგები ეფექტურ სიმძლავრესთან მიმართებაში 85-110%-ს შეადგენს. ამასთან, სითბური ენერჯის დიდი დანაკარგები რომელიც თან სდევს თბური ძრავების (სახმელეთო-საზღვაო-საჰაერო ტრანსპორტი) მუშაობას, მიუთითებს მისი მახასიათებელი პარამეტრების ზრდის მნიშვნელოვან რეზერვებზე. თუკი მოხდება გამონაბოლქვი აირების თბური ენერჯის მაღალი დონით უტილიზაცია. ეს ეხება არა მარტო სასარგებლო მუშაობის მიღების შესაძლებლობას საწვავის დამატებითი მოხმარების გარეშე, არამედ ეკოლოგიური პროცესების მნიშვნელოვან გაუმჯობესებასაც.

არსებობს ტექნიკური სისტემები და მეთოდების მთელი რიგი, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნას თბური ძრავებიდან გამონაბოლქვი გაზების თბური ენერჯის გამოყენება, რომლებიც ემსახურებიან კომბინირებულ და გაზო-ტურბინულ ძრავებში ტურბინის აძვრას, სადაც გამომშვებ სისტემაში

ნაწილობრივ იზრდება ენერჯის დანაკარგები ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის გაზრდის ხარჯზე, ამავე დროს მისი მუშაობის ეფექტურობა მიიღწევა მაღალი ბრუნვათა სიხშირის დროს, რაც კომბინირებული დგუშიანი შიგაწვის ძრავებისათვის დაბალი და საშუალო ბრუნვათა სიხშირეზე არ წარმოადგენს ეფექტურ საშუალებას ეკონომიურობის და ეკოლოგიური პროცესების თვალსაზრისით.

დგუშიანი შიგაწვის ძრავების წვის პროდუქტების თბური ენერჯის მეორადად გამოყენებისთვის და ეკოლოგიური პარამეტრების გაუმჯობესებისთვის, საჭიროა თანამედროვე ინოვაციური ტექნოლოგიების დამუშავება და დანერგვა.

დღეისათვის ნებისმიერი სატრანსპორტო საშუალებების ენერგეტიკული დანადგარების უმეტესი წილი და თბოეფექტრო სადგურები მოიხმარენ ნავთობური წარმოშობის თხევად-აიროვან ან მყარ საწვავებს, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ნახშირბადს. ნახშირბადოვანი საწვავის წვის შედეგად წვის პროდუქტში მაღალია CO₂-ის შემცველობა, რომელიც ხასიათდება მაღალი სითბური ენერჯით, რაც იწვევს „სათბურის ეფექტის“ წარმოქმნას დედამიწის ზედაპირზე და ხელს უწყობს გლობალურ დათბობას, ამიტომ თანამედროვე პერიოდში დისკუსია „CO₂ გამოტყორცნის ორგანიზაციაში„ არ იყო შემთხვევითი, რომელიც ითვალისწინებდა გამონაბოლქვი აირებში CO₂-ის მნიშვნელოვან შემცირებას. ასევე გლობალური დათბობის შესუსტება შეიძლება, თუ მოხდება გამონაბოლქვი აირებიდან სითბოს ინტენსიური ართმევა და გარდაქმნა მექანიკურ მუშაობად.

გარემოს დათბობის მოვლენებს მიეძღვნა სპეციალური კონფერენციები აშშ-სა და ევროპის ქვეყნებში, რომელთაგანაც მიწვეული იყვნენ მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის პრეზიდენტები, სადაც განხილული იქნა გარემოს გლობალური დათბობის საკითხები. ასევე აღსანიშნავია 2021 წლის 1 ოქტომბერს მსოფლიო ლიდერთა სამიტი (26-ე კონფერენცია) დიდი ბრიტანეთის ქალაქ გლაზგოში სადაც განიხილეს გარემოს დათბობის საკითხები ძირითადად ხაზი გაესვა გარემოში სასათბურე აირების და გამოფრქვეული სითბური ენერჯის შემცირების საკითხებს და ყველა მონაწილემ აღნიშნა, რომ 2030 წლისთვის ზემოთ აღნიშნული პარამეტრები მინიმუმ 2-ჯერ უნდა შემცირდეს.

მაშასადამე გარემოს გლობალური დათბობის პოცესების შემცირება, რომელიც გამოწვეულია CO₂-ის ზემოქმედებით, შესაძლებელია: 1. მისი რაოდენობრივი შემცირებით გამონაბოლქვში, რაც მიიღწევა ალტერნატიული საწვავების გამოყენებით, რომელიც არ, ან ნაკლებად შეიცავს ნახშირბადს; 2. გამონაბოლქვიდან სითბოს ინტენსიური ართმევით და მექანიკურ მუშაობად გარდაქმნით.

ლიტერატურული მიმოხილვა იძლევა საშუალებას დავადასტუროთ, რომ სატრანსპორტო საშუალებების გამონაბოლქვი აირები მუშა სივრციდან გამოსვლის შემდეგ ხასიათდებიან ძლიერი მუშაუნარიანობით ($T_{გაზ}=700-1100^{\circ}\text{K}$) ნომინალურ რეჟიმზე მუშაობისას, რომელიც შესაძლოა რეალიზებული იყოს შემდგომი მუშაობის შესრულებით ან სითბოს სახით და დაიხარჯოს სამომხმარებლო ან ტექნოლოგიური დანიშნულებით. ამ მხრივ, ცნობილია წვის პროდუქტების თბური ენერჯის გამოყენების ორი ხერხი:

- სასარგებლო ეფექტი მიიღება ყოველგვარი დამატებითი მოწყობილობის გარეშე;
- სასარგებლო ეფექტი მიიღება დამატებითი მოწყობილობის გამოყენებით.

პირველი ხერხის განხორციელების შემთხვევაში წვის პროდუქტების ენერჯია ძირითადად გამოიყენება ძრავის ცილინდრში აირმიმოცვლის მაჩვენებლის გაუმჯობესებისთვის (არ გამოიყენება).

მეორე ხერხის განხორციელების შემთხვევაში გამოიყენება დამატებითი მოწყობილობები: ქვაბები - სითბოს უტილიზირებისთვის დიდ გემებსა და სტაციონალურ დანადგარებში წყლის ორთქლის ან ცხელი წყლის მისაღებად; წნევის ტალღური მცვლელი, სადაც მიმდინარეობს ჰაერის (საწვავი ნარევის) წინასწარი კუმშვა ცილინდრში შესვლამდე. ამ დროს მუშაობა არ მიმდინარეობს, არამედ წარმოიქმნება ენერჯის გაცვლის პირობები ნამწვ აირებსა და ახალ მუხტს შორის, ასევე ტურბინები სადაც წვის პროდუქტების ენერჯია გარდაიქმნება მექანიკურ მუშაობად და თერმოელექტრული გენერატორების ფუნქციონირებისათვის. აღნიშნული მეთოდების განხორციელების შემთხვევაში შედარებით სითბოს მცირე რაოდენობა გარდაიქმნება სასარგებლო მუშაობად და გამონაბოლქვის ტემპერატურა მაინც მაღალია ტურბინის შემდეგ ($600-900^{\circ}\text{K}$).

შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვი აირების სითბოს უტილიზირების შესაძლებლობები დღეისათვის კარგად არ არის შესწავლილი. კვლევები ჩატარებული იქნა ინტელექტუალური საკუთრების მსოფლიო ორგანიზაციის, ევროპის საპატენტო ორგანიზაცია - (<http://www.deutshepatentamt.de>);

გერმანია- (<http://www.opic.ge.ca>);

კანადა- (<http://www.opic.ge.ca>);

აშშ- (<http://www.ustpo.gov>);

რუსეთი- (<http://www.rupto.ru>). და ა.შ.

ნაციონალური საპატენტო უწყებების არქივების გამოყენებით. რის შედეგადაც, აღმოჩენილია 10000-ზე მეტი პატენტი, რომლებიც ეძღვნება შიგაწვის ძრავების წვის პროდუქტების სითბოს უტილიზაციის ხერხებსა და საშუალებებს. მიუხედავად გამოგონებისა და პატენტების დიდი რაოდენობისა, ისინი ემყარებიან მსგავს პრინციპებს და განსხვავდებიან მხოლოდ კონსტრუქციული თავისებურებებით. ასევე მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს პროცესების არასაკმარის თეორიულ-ექსპერიმენტულ შესწავლას. არსებული თეორიული მიდგომები, მათემატიკური მოდელირება არ არის უნივერსალური და არ არის გამოყენებული ამოცანების ოპტიმიზაციის უნივერსალურობა, რადგანაც კვლევები ჩატარებულია კონკრეტული (ვიწრო) ამოცანების გადასაწყვეტად.

ასევე შესრულებული სამუშაოების ანალიზის შედეგები გვიჩვენებს, რომ არ გვხვდება სატრანსპორტო საშუალებების სალონის კონდიციონერ-გათბობის მიზნით სიცივესითბოს ერთობლივ რეჟიმებზე მომუშავე სისტემები და მათი ეკონომიკური და ეკოლოგიური პროცესების გაუმჯობესებისადმი მიძღვნილი კომპლექსური საშუალებები. მსგავსი საშუალებების მნიშვნელოვან ელემენტს გამონაბოლქვი აირების ტემპერატურის სტაბილიზაცია და ნაკადის მოძრაობის ხასიათი განსაზღვრავს, რადგანაც აღნიშნული სისტემების ეფექტურობა უშუალოდ დამოკიდებულია ამ ტემპერატურაზე და ნაკადის მოძრაობის ხასიათზე, რომელიც განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებას ნებისმიერი თბური დანადგარების სხვადასხვა რეჟიმებზე მუშაობის პროცესში, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერჯის გამოყენებას სატრანსპორტო საშუალებების სალონის კონდიციონერ-გათბობის მიზნით.

სატრანსპორტო საშუალებების სალონის კონდიციონერ-გათბობის სისტემა ნიშნავს, რომ მისი მუშაობისათვის გამოიყენება გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერგია, რომელიც უზრუნველყოფს წელიწადის სეზონის მიხედვით სალონში საჭირო მიკროკლიმატის შექმნას და შენარჩუნებას.

ფართო სამომხმარებლო ბაზრისთვის სატრანსპორტო საშუალებების კონდიციონერ-გათბობის სისტემის (სამაცივრო-დანადგარში) გამოყენების დადებითი მხარეებია:

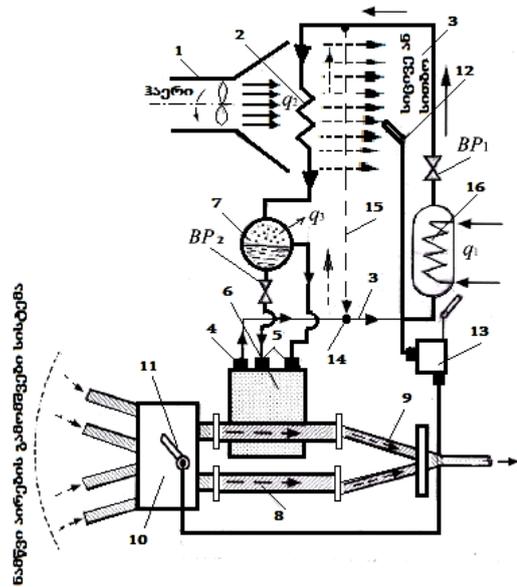
- არის ენერჯის განახლებადი წყარო;
- არის უხმაურო დანადგარი;
- ამცირებს გარემოს გლობალური დათბობის პროცესს;
- ამაღლებს სისტემის საიმედო მუშაობას;
- მცირდება საექსპლუატაციო დანახარჯები;
- ზრდის ძრავის ეკოლოგიურ და ეფექტურ მაჩვენებლებს;
- იზრდება სითბოს გამოყენების საერთო კოეფიციენტი და შესაბამისად ეკონომიურობა;
- ქმნის კონკურენციას სავაჭრომობილო ბაზარზე.

თუმცა აღნიშნული სისტემის გამოყენებას ექნება უარყოფითი მხარეებიც, როგორცაა კონდიციონერ-გათბობის სისტემის კონსტრუქციის გართულება რაც გამოიხატება მისი ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად ძრავის გამომშვებ კოლექტორში სპეციალური თბომცვლელის ჩამონტაჟების საჭიროება. მაგრამ აქამდე უსარგებლოდ გაბნეული გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერჯის უდიდესი ნაწილის სასარგებლოდ გამოყენების პერსპექტივა ბევრად უფრო მნიშვნელოვანია და ტექნიკის სრულყოფიდან გამომდინარე ამართლებს ახალი მოწყობილობების გამოყენების საჭიროებას.

ინოვაციური სიახლეს წარმოადგენს სატრანსპორტო საშუალებების ახალი სახის სალონის კონდიციონერ-გათბობის სისტემა, რომელიც არსებულ სისტემასთან შედარებით კომპრესორული აგრეგატი შეცვლილია თბომცვლელი მოწყობილობით და მუშაობის უზრუნველსაყოფად გამოყენებული იქნება მხოლოდ გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერგია.

სატრანსპორტო საშუალებების სალონის (მოცულობების) კონდიციონერ-გათბობის სისტემის პრინციპიალური სქემა მოც. ნახაზზე, სადაც წყვეტილი ისრებით ნაჩვენებია ცივი ან ცხელი ჰაერის მიმართულება ავტომობილის

სალონში და ცხელი ააგენტი გათბობისთვის, ხოლო უწყვეტი ისრებით სამაცივრო აგენტის მოძრაობის მიმართულებები. სატრანსპორტო საშუალების სალონის კონდიციონერ-გათბობის სისტემა შეიცავს ავტომობილის სალონში ჰაერის მიმწოდებელ არხში 1 მოთავსებულ თბომცვლელს (ცივი კამერა) 2, დაკავშირებულს მილსადენთან 3, რომელიც მილყელების 4 და 5 მეშვეობით დაკავშირებულია სადულარასთან 6, ხოლო მილსადენში 3 მილყელსა და თბომცვლელს შორის ჩაყენებულია კონდესატორი 16, ელექტრო-ონკანი 14, სარედუქციო ვენტილი BR1, სისტემა დამატებით შეიცავს აგრეთვე აბსორბერს 7 და მათ შორის ჩაყენებულია სარედუქციო ვენტილი BR2 და ნამწვი აირების გამომშვები მილი 9, რომელზეც ჩამოცმულია სადულარა 6. გამონაბოლქვი გაზების გამომშვები მილი 8 განკუთვნილია ზედმეტი ნამწვი აირების გადასაშვებად, მილი 9 დაკავშირებულია სითბოს წყაროს გამომშვებ კოლექტორთან 10, რომელშიც ჩასმულია დროსელი 11, ხოლო თბომცვლელში 2 ტემპერატურის გადამწოდი 12, რომელიც დაკავშირებულია მართვის საშუალებასთან 13. ასევე სისტემაში ჩართულია ელექტროსარქველი 14 და მილსადენი 15, რომელიც უზრუნველყოფს სატრანსპორტო საშუალებების სალონის გათბობას [1].



ნახაზი. გათბობის სისტემის სქემა

ავტომობილის სალონის კონდიციონერ-გათბობის სისტემის მუშაობის პრინციპი შემდეგია, სადულარა 6 მიეწოდება ნამწვი აირების სითბური ენერგია, რომელიც ადუღებს

სამაცივრო აგენტს და აგენტის ნაჯერი ორთქლი მილსადენი 3-ის საშუალებით შედის კონდენსატორში 16, სადაც აერთმევა ფი რაოდენობის სითბო მუდმივი წნევის პირობებში და შემცირებული წნევით და ტემპერატურით გაივლის სარედუქციო ვენტილს და დაბალი ტემპერატურის მქონე სამაცივრო აგენტი გაივლის რა თბომცვლელობაში 2 აართმევეს ფი რაოდენობის სითბოს სალონისკენ მიმავალ ჰაერის ნაკადს და ცივი ნაკადი ახდენს სალონის გაგრილებას. სამაცივრო აგენტი აბსორბერის 7 გავლით ბრუნდება სადუდარაში 6. სქემიდან ნათლად ჩანს სალონის გათბობის კონტური, რომელიც იმართება ელექტრო სარქველით 14.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე ეტაპზე მიმდინარეობს ინტენსიური მუშაობა მანქანების გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერჯის აღდგენა-ზემოქმედების შესწავლა-ანალიზი, სამგზავრო მანქანებისათვის საწვავის მოხმარების შემცირების მიზნით და რენჯინის ციკლის განხორციელება, როგორც დაბალი ისე მაღალი ტემპერატურის მქონე გამონაბოლქვი აირების სითბოს გამოყენებით, ამავდროულად მიმდინარეობს ექსპერიმენტული კვლევები ლოკომოტივის ოპერატორის სალონის კონდიციონერის შესახებ ნამუშევარი აირების სითბოს გამოყენების და სითბოს აღდგენის თეორიული შესწავლა.

ავტომობილის (საზღვაო ტრანსპორტის) გამონაბოლქვი გაზების სითბური ენერჯის ხარჯზე (დამოუკიდებლად გამოყენებული საწვავისა) სიცივის მისაღებად ჩატარებულია საკმაო ოდენობის გამოკვლევები. ისინი მნიშვნელოვანია, თუმცა ატარებენ თეორიულ ხასიათს, ვინაიდან ჯერ-ჯერობით არ არის მიღებული ისეთი შედეგი, რომელიც მისაღები იქნება პრაქტიკულად გამოყენების თვალსაზრისით. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ, როგორც თბური ემისიის შესამცირებლად, ისე ავტომობილის ეკონომიკური მაჩვენებლების

ამაღლებისათვის, საჭიროა გაგრძელდეს კვლევები ამ მიმართულებით. ჩვენს მიერ წარმოდგენილი პრობლემები, რომლის ორიგინალურობა დადასტურებულია შესაბამისი პატენტით, ეფუძნება გამონაბოლქვი აირების სითბური ენერჯის გამოყენების ახლებურ კონცეფციას, რომელიც დაფუძნებულია ადბსორციული სამაცივრო ციკლის ანალოგიაზე, თეორიული გაანგარიშებებით, ჩვენს მიერ დაპატენტებულმა სისტემამ უნდა უზრუნველყოს აგრეგატის ფუნქციონირება გამონაბოლქვი გაზების ჭარბი ენერჯის 30-50%-ის ხარჯზე. ეს ყოველივე ნიშნავს, რომ გამონაბოლქვი აირები მნიშვნელოვნად გაცივდება და დაბალი ტემპერატურით გამოიტყორცნება გარემოში და შესაბამისად, შეანელებს გლობალური დათბობის პროცესს (გაცივდება CO₂ და H₂O წყლის ორთქლი). ასევე უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ წვის პროდუქტების გაცივება ნიშნავს გამომშვები სისტემის აეროდინამიკური წინააღმდეგობის შემცირებას ანუ გააუმჯობესებს ცილინდრების გასუფთავებას წვის პროდუქტებისაგან და დადებითად იმოქმედებს ძრავის ეფექტურ მაჩვენებლებზე.

ლიტერატურა

References (Transliterated)

1. Topuria R. Kochadze T. Qantaria B. The potential for thermal energy of exhausts from transportation and power installations. Machines technologies materials. YEAR-VI. ISSUE-6.2012
2. S.N.Hossain and S.Bari, "Effect of Design-parameters of Heat Exchanger on Recovering Heat from Exhaust of Diesel Engine Using Organic Rankine Cycle," in International Conference on Mechanical Engineering, Dhaka, Bangladesh 2011.
3. Y. Kim, D. Shin, C. Kim, G. Cho Singleloop organic Rankine cycles for engine waste heat recovery using both low- and high-temperature heat sources, Energy, 2016; 96: 482 – 494.

მალღივი კორპუსების გაზომარაგების უსაფრთხოება და გაზის მოხმარების ეფექტურობა

გიორგი ჭაღიაშვილი, სამოქალაქო ინჟინერიის აკადემიური დოქტორი, ლ. სამხარაულის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიურო. E-mail: Giorgi.water@yahoo.com
შოთა მესტვირიშვილი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: shotamestvirishvili11@gtu.ge

ანოტაცია. საქართველოში გაზომარაგებას მნიშვნელოვანი როლი უკავია ენერგეტიკაში და სოციალურ სექტორში, მიუხედავად იმისა, რომ ის აფეთქებად საშიშია, მაინც ფართოდ გამოიყენება როგორც მრეწველობაში, ასევე საყოფაცხოვრებო მიზნებისთვის. გაზის მოხმარებელი შეიძლება იყოს ყველა ასაკის ადამიანი ბავშვიდან დაწყებული ღრმად მუხუცამდე. აღნიშნულის გამო უსაფრთხოების წესების დაცვას ძალიან სერიოზულად უნდა მოვეკიდოთ, რადგან შეიძლება პატარა შეცდომამ სავალალო შედეგამდე მიგვიყვანოს, ამ შემთხვევაში, განვიხილავთ ბუნებრივი გაზით მომარაგებას მალღივ შენობებში. რას უნდა მიეძღვნოს განსაკუთრებული ყურადღება, რათა არ გამოვიდეთ იმ ნორმებიდან, რომლებიც უსაფრთხოების წესებით არის განსაზღვრული და ამავე დროს, რეალურ პირობებში როგორ გვიხდება ცხოვრება.

საკვანძო სიტყვები: გაზი, მალღივი კორპუსი, წნევა, ჰიდროსტატიკური, აფეთქება, წნევის სტაბილიზაცია, ნაცმი, ნომინალური წნევა.

Safety of gas supply to high-rise buildings and efficiency of gas consumption

Giorgi Chagiashvili, Academic Doctor of Civil Engineering, National Forensic Bureau, Technical supervisor for engineering examination . E-mail: Giorgi.water@yahoo.com
Shota Mestvirishvili, Doctor of Technical Sciences, Professor, Georgian Technical University, E-mail: shotamestvirishvili11@gtu.ge

Annotation. Gas supply plays a significant role in both the energy and social spheres of Georgia. Despite the explosion hazard of household gas, it is widely used in gas both in industry and for domestic needs. Compliance with the rules for using gas requires a serious approach, because the slightest mistake can lead to disastrous results. In our case, we consider the use of natural gas in high-rise residential buildings.

Keywords: Gas, High-rise building, Explosion, Pressure stabilization, Jet. Nominal pressure.

შესავალი. ვინაიდან საქართველოში, კერძოდ კი, დედაქალაქ თბილისში, მალღივი კორპუსების აბსოლუტური უმრავლესობა გაზიფიცირებულია, ხოლო მსოფლიოს სხვა ქალაქებში არსებობს მკაცრი შეზღუდვა კორპუსების გაზიფიცირებასთან დაკავშირებით, გადაწყვეტიტ გვეწარმოებინა პრაქტიკული და თეორიული კვლევა საკითხთან მოცემულ დაკავშირებით. უახლესი ისტორიიდან ცნობილია, რომ ჯერ კიდევ ყოფილ საბჭოთა კავშირში, რომლის შემადგენლობაშიც შედიოდა საქართველო, ქალაქ თბილისის განაშენიანების პროცესში, გასული საუკუნის 80-იან წლებში დაარსებული ახალი საცხოვრებელი უბნები საერთოდ არ იყო გაზიფიცირებული (დიდი დილომი, გლდანი, მუხიანი და სხვა). აღნიშნული დასახლებული პუნქტები გაზიფიცირდა დამოუკიდებლობის მოპოვების შემდეგ, მძიმე ენერგეტიკული პრობლემების დადგომის

პერიოდში, როდესაც აღდგა საქართველოში გაზის მოწოდება 1995 წელს.

სამუშაოს მიზანი. ბუნებრივი გაზის შემადგენლობაში ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს მეთანი. ეთანისა და პროპანის რაოდენობა კი მის შემადგენლობაში საგრძნობლად მცირეა. აღნიშნულის გამო მისი წონაც ჰაერის წონასთან შედარებით ნაკლებია, ბუნებრივი გაზის სიმკვრივე ატმოსფერულ ჰაერთან შედარებით ერთი და იგივე წნევის პირობებში თითქმის ორჯერ მცირეა. თუ დასახლებული პუნქტი გაზით მარაგდება დაბალი წნევის ქსელით, მასში წნევათა სხვაობა იცვლება ატმოსფერული ჰაერის წნევასთან შედარებით და დამოკიდებულია იმაზე, თუ ქსელის წერტილებს შორის დონეთა რა სხვაობაა:

$$\Delta P = g(p_3 - p_2)H, \quad (1)$$

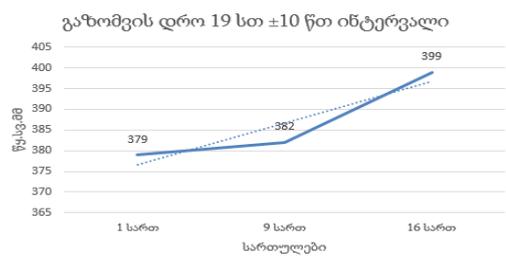
სადაც ΔP - წნევათა სხვაობა; $p_3 - p_2$ - შესაბამისად ჰაერის და გაზის სიმკვრივე; H - დონეთა სხვაობა

გაზგამანწილებელ პუნქტსა და მომხმარებელს შორის; g - დედამიწის მიზიდულობის ძალით გამოწვეული აჩქარება.

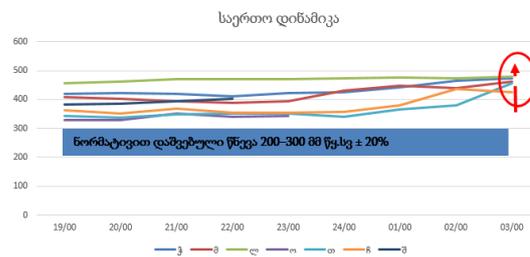
გაზმომარაგებაში წნევა უსაფრთხოების წესებით მკაცრად ლიმიტირებულია და როგორც გამოსახულებიდან ჩანს, გაზის წნევის ცვლილება მით მეტია, რაც დიდია დონეთა სხვაობა გაზსადენის წერტილებს შორის (1) და შეიძლება უსაფრთხოების ნორმების ფარგლებიდანაც კი გამოვიდეს, რაც გაზის ხელსაწყო მუშაობის რეჟიმის დარღვევას გამოიწვევს. აღნიშნული შემთხვევა ხშირად გვხვდება მაღლივი შენობების პირობებში, განსაკუთრებით მაშინ, თუ ორივე ერთად არის გაერთიანებული. ასეთი შემთხვევები ხშირად გვაქვს საქართველოს ბევრ ქალაქში, სადაც გაზგამანწილებელი პუნქტი რელიეფის დაბალ წერტილშია, შენობა კი, რომელიც გაზით მარაგდება, მაღლობზე. ამ დროს გაზის მომხმარებელთან წნევა იზრდება. ასევე, საპირისპირო ხდება, როდესაც გაზგამანწილებელი პუნქტი მაღლობზეა და მომხმარებელი კი ქვედა ნიშნულზე.

მაღლივ კორპუსებში, გაზის ქსელში ჰიდროსტატიკური წნევის გაზომვების ჩატარებული სამუშაო და მისი შედეგები. საქართველოს დედაქალაქი, გამოირჩევა მრავალი მაღლივი კორპუსების არსებობით და ასევე ხასიათდება ძლიერი მთაგორიანი ლანშაფტით. უმდაბლესი წერტილი ზღვის დონიდან 321 მ-ია, ხოლო უმაღლესი 1200-ზე მ-ს აღწევს. შესაბამისად გაზმომარაგების ქსელიც არაერთგვაროვანი და საკმაოდ რთულია.

პრაქტიკული ღონისძიებების განხორციელებისთვის შეირჩა რამოდენიმე ლოკაცია ქალაქის სხვადასხვა უბანში, მაღლივი კორპუსების სხვადასხვა სართულზე, რათა დიფერენცირებულად, ერთმანეთის დამოუკიდებლად გაგვეგო გაზის მომარაგების დინამიკა და 1 ფორმულაში მოყვანილი დამოკიდებულება, რამდენად მუშაობდა რეალობაში. ცდები ჩატარდა დაბალი წნევის საზომი ხელსაწყოთი PM510-ით, გამოყენებული იყო ელექტრონული ბარომეტრ-ალტიმეტრი, ჩაშენებული მობილურის აპლიკაციით. ცდებისას, ასევე ყურადღება მიექცა დროის დინამიკას, ყველა ცდა იწყებოდა (17:00 სთ) და მთავრდებოდა (3:00 სთ) ერთიდაიგივე დროს. ასევე წნევის მატების დინამიკის თვალსაზრისით გაიზომა მაღალსართულებიანი კორპუსის ყველა სართული (8 სართულიანი, 16 სართულიანი).



გრაფიკი 1
ჰიდროსტატიკური წნევის მატება 16
სართულიან შენობაში



გრაფიკი 2
(ყველა გაზომვა ერთად)

ნახ. 1.

ასევე დაბალი წნევის მკაცრი კონტროლი სავალდებულოა გაზის უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე, დადგენილია, რომ გაზ-ჰაერის 5%-ით თანაფარდობის შემთხვევაში, დახურულ სივრცეში წარმოექმნება ფეთქებად-საშიში გარემო, რაც მიიღწევა იმ დროს, თუ დაბალი წნევის ქსელში, წნევა 500 ან მეტი მმ.წყ.სვეტი იქნება. ცნობილია, რომ გაზის მიწოდება გაზდანადგარში ნომინალური წნევისგან -15 +20% მეტი ან ნაკლები ნორმიდან გადახრისას, იწვევს გაზდანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტის შემცირებას, რაც მეტია გადახრა, მით მეტად ქვეითდება მქკ. ეს გამოწვეულია, იმით რომ ირღვევა გაზის წვის რეჟიმი, ხდება არასრული წვა და წარმოიქმნება სიციცხლისთვის მავნე აირი CO (ნახშირყანგი). თუ დაბალი გაზის გამანაწილებელ ქსელში გაზის ნამატი წნევა 300 მმ.წყ.სგ-ია, მაშინ გაზით მომარაგების წერტილში, გაზის ქსელის რომელიმე წერტილიდან ადგილი, რომ ჰქონდეს გაზის გაჟონვას, აფეთქებად საშიში გაზ-ჰაერის ნარევი ვერ წარმოიქმნება, იმ მიზეზით, რომ ჰერმეტიკულად დახურულ ოთახის ჰაერისა და გაზის ნარევის წნევა გაუთანაბრდება გაზის დაბალ წნევას ქსელში არსებულ გაზის ჭარბ წნევას და ოთახში გაზის შემოდინება წნევათა

გათანაბრების ხარჯზე შეწყდება. გაზის პროცენტული შემადგენლობა გაჟონვის ადგილას 3%-ს ვერ გადააჭარბებს, აფეთქების ქვედა ზღვარი კი როგორც ვიცით 5%-ია. იმ შემთხვევაში თუ გაზის ჭარბი წნევა 500 მმ.წყ.სვ-ს გადააჭარბებს, ნარევი ფეთქებად საშიში გახდება, ამ დროს გაზის პროცენტული შემადგენლობა დახურულ ოთახში, აფეთქების ქვედა ზღვარს გასცდება და ნაპერწკალიც კი საკმარისია, რომ ოთახში მოხდეს აფეთქება.

გაზის წნევის სტაბილიზატორით, გაზის აღჭურვილობის მუშაობისას მიიღწევა შემდეგი:

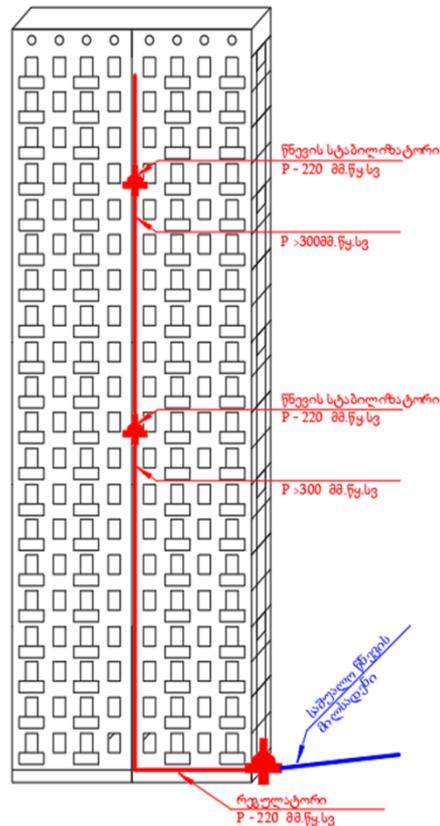
- ენერჯის დაზოგვა - ბუნებრივი აირის ეფექტური მოხმარება გაზდანადგარის ექსპლუატაციის მქვამაღლებულია 30%-მდეც კი;

- გაზის სანთურების საიმედოობა და მომსახურების ხანგრძლივობა, უზრუნველყოფილია მომხმარებლის უსაფრთხოება გაზის აპარატურის სანთურების ცეცხლის მოწყვეტის ალბათობა, გაზის წნევის მოულოდნელი და გაუთვალისწინებელი მატება.

ასევე წარმოვადგენთ პრობლემის გადაჭრის მეორე ინოვაციური გადაჭრის გზა, ეს შეეხება დარს-ვეისბახის დაბალი წნევის ჰიდრაულიკური ვარდნის ფორმულას, სადაც $\frac{L}{d}$ დამოკიდებულებით შეგვიძლია ვისარგებლოთ. ჩვენ უკვე ვიცით, რომ მილის სიგრძე L შეფარდებული დიამეტრთან, იწვევს წნევის საანგარიშო ვარდნას. ვინაიდან სართულებს შორის წნევის მატება მმ.წყ. სვ-ის მიხედვით რამოდენიმე ათეულს არ აჭარბებს,

შესაძლებლობა იქმნება, სანთურასთან ნაცმის წინ სიგრძე დავაგრძელოთ, რაც გამოიწვევს წნევის ვარდნას, სიგრძე უნდა დაგრძელდეს იმის შესაბამისად რამდენითაც მოიმატა წნევამ ნომინალთან შედარებით. ანუ ვინაიდან ჩვენს შემთხვევაში, სართულების სიმაღლის მატებით, დანადგართან იზრდება წნევა, იმისათვის, რომ წნევის სიდიდე ნომინალს დავუახლოვოთ, წნევის ნაზრდი უნდა შევამციროთ, რაც შეიძლება გადაიჭრას შემდეგნაირად, სანთურას გააჩნია ნაცმი (ჟიკლიორი), რომელიც უზრუნველყოფს სანთურის შესასვლელზე გაზის სიჩქარის ზრდას, რომელიც საჭიროა იმისთვის, რომ სანთურაში შეიტაცოს პირველადი ჰაერი და შემდეგ სანთურის გვირაბში მოხდეს კარგი შერევა გაზ ჰაერისა. ვინაიდან მაღალ სართულებზე სანთურის წინ ნაცმზე ნომინალთან შედარებით გაზრდილია წნევა,

ამიტომ საჭიროა სანთურის წინ, გაზის შესვლამდე, გაზის წნევა დავწიოთ საჭირო სიდიდემდე. ეს კი შესაძლებელია მოხდეს შემდეგნაირად: დარს-ვეისბახის ფორმულის თანახმად წნევის ვარდნა დამოკიდებულია მილის ან ნაცმის სიგრძეზე. ვინაიდან ფორმულიდან ჩანს, რომ რამდენჯერაც გავზრდით მილის სიგრძეს, იმდენჯერ გაიზრდება წნევის კარგვა, ასევე ჩვენ ვიცით, სიმაღლის მიხედვით, თუ, როგორ იზრდება წნევა, შესაბამისად შესაძლებელია გამოვთვალოთ ნაცმის სიგრძე რამდენით უნდა დავაგრძელოთ, რომ მოცემულ სართულზე წნევა მივუახლოვოთ ნომინალს. ოღონდ ამ შემთხვევაში აუცილებელი პირობა არის, ის რომ



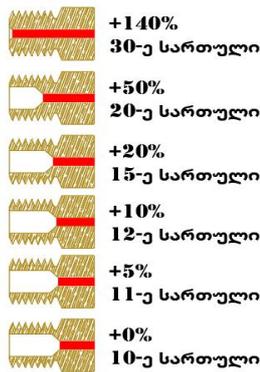
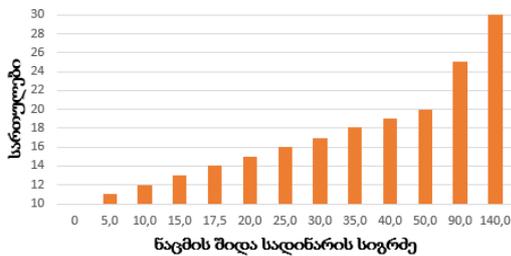
მაღლივ კორპუსში, დაბალი წნევის ქსელზე ნორმების ფარგლებში უნდა იმყოფებოდეს წნევა საწყის სართულებზე.

მაგალითისთვის განვიხილოთ შემდეგი მდგომარეობა:

თუ კი ვიცით, რომ 10-ე სართულის შემდეგ, ნომინალურმა წნევამ შესაძლებელია გადააჭარბოს გაზდანადგარის ნომინალურ წნევას რამოდენიმე ათეული მილიმეტრის წყლის

სვეტის წნევით, ნაცმის სადინარის დაგრძელებით, შესაძლებლობა მოგვეცემა წნევა მივუახლოვოთ გაზდანადგარის ნომინალურ ნიშნულს, ამ გრაფიკისთვის ნაცმის თავდაპირველი ზომა მიჩნეულია 1 სმ სიდიდის. შედეგად მივიღეთ შემდეგი დამოკიდებულება 10-ე სართულზე ნაცმს არ უნდა დაგრძელება, 11-ე სართულზე ნაცმის სადინარი უნდა გავზარდოთ 5 %-ით, 12-ზე 10%-ით, 20-ზე 50% და ასე შემდეგ.

გრაფიკი 3



ნახ. 2. ნაცმის (ჟიკლორის) ზომის ცვლა სიმაღლესთან ერთად ჭრილში

დასკვნები

გრაფიკებში ნათლად ჩანს, რომ:

- 1) ქალაქ თბილისის უმეტეს ნაწილში, დაბალი გაზსადენის წნევა, დროის დინამიკაში იცვლება და ღამის საათებში მატულობს;
- 2) უსაფრთხოებისთვის დადგენილ ნორმაში ფაქტობრივად ვერ ჯდება;
- 3) მაღლივი კორპუსების ზედა სართულებზე (გრაფიკი 1) წნევა დრამატულად მატულობს და ისიც პიკის საათების დროს. თუ სხვა გაზომვების მიხედვით ვიმსჯელებთ ღამის საათებში, მაღლივი კორპუსის დაბალი წნევის გაზის ქსელში შესაძლებელი იქნება კრიტიკულ ზღვარსაც კი გადასცდეს;

4) ასეთი წნევით მომარაგებისას, გაზის მოხმარების აპარატების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა მცირდება;

5) ადგილი ექნება გაზის არასრულ წვას რაც იწვევს წვის პროცესის დაბალ მქკ-ს და ადგილი აქვს CO - სათბური, მომწამვლავი აირების ემისიას.

ამრიგად საჭიროა: ინტენსიურად მოწმდებოდეს დედაქალაქის დაბალი წნევის გაზის ქსელის მარეგულირებელი პუნქტები და სადგურები, მაღლივი კორპუსებში კი (განსაკუთრებით 9 სართული და მეტი) დამონტაჟდეს დამატებითი გაზის მარეგულირებელი მოწყობილობები.

დაბალი წნევის ქსელში, ნომინალთან შედარებით მაღალმა წნევამ შეიძლება გამოიწვიოს გაზის დანადგარების ექსპლუატაციის სიცოცხლისუნარიანობის შემცირება და დანადგარების მქკ-ს დაქვეითება, შედეგად ვღებულობთ გაზის ხარჯის გაუმართლებელ ზრდას. ჩატარებული პრაქტიკული, თუ თეორიული კვლევებით მიღებული შედეგებით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ შემდეგ კომერციულ-ეკონომიკურ, ინდუსტრიულ, სოციალურ უსაფრთხოების ფაქტორებზე: გაზის წნევის სტაბილიზატორის გამოყენების შემთხვევაში გაზის აღჭურვილობის მუშაობისას მიიღწევა შემდეგი ეფექტი:

1. ბუნებრივი აირის დაზოგვა - ბუნებრივი აირის ეფექტური მოხმარებით გაზდანადგარის ექსპლუატაციის დროს მაღლდება მისი მუშაობისთვის განკუთვნილი გაზის ხარჯის ეკონომია, რომელიც ზოგიერთ შემთხვევაში 30%-მდეც კი შესაძლებელია დაფიქსირდეს.

2. გაზის სანთურების საიმედოობა და ექსპლუატაციის ვადის გაზრდა, უზრუნველყოფილია მოხმარებლის უსაფრთხოება გაზის აპარატურის სანთურების ცეცხლის მოწყვეტის ან შეტაცების ალბათობა, გაზის წნევის მოულოდნელი და გაუთვალისწინებელი მატების დროს.

3. უზრუნველყოფილია სიცოცხლისათვის საშიში CO და NOx წვის პროდუქტების ემისიის გამორიცხვა და საყოფაცხოვრებო გაზის მოწყობილობებში ეკოლოგიურად სუფთა გაზის წვის პროცესის უზრუნველყოფა და შენარჩუნება.

4. დაბალი წნევის გაზსადენში გაზის წნევის ცვლილებისას არ არის საჭირო დამატებითი მოწყობილობების დამონტაჟება და წინასწარი რეგულირება.

5. მცირდება ტექნიკური მომსახურების სამუშაოს მოცულობა (გაზდანადგარის კონვექციურ ნაწილში და საკვამურში არ არის დაჭვარტიანება).

ლიტერატურა

1. Н. Л. Стаскеич. Газоснабжение городов. Том I. ст 414-423. 1954. М.:Гостоптехиздат. 626 с.

2. А. А. Ионин. Газоснабжение. М.: Стройиздат. 1975. с. 173–179.
3. ა.მუსერიძე. აირმომარაგება. განათლება. 1979. გვ. 149–150.
4. შ.მესტვირიშვილი. ი.დენისოვა. ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2022. გვ. 75–79.
5. <https://www.beswick.com/resources/the-basics-of-pressure-regulators/> წნევის რეგულატორების და დასავლური გაზმომარაგების სტანდარტების შესახებ.

საქართველოში კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ფორმირებაში არსებული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები

დავით ჯაფარიძე, დოქტორი, პროფესორი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, საქართველო, E-mail: d.japaridze@gtu.ge

გიგა ჯოჯუა, დოქტორი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: giga260780@gmail.com

დათო ჯოგიაშვილი, დოქტორი, სტუდენტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: dato.jogiashvili.phd@gmail.com

ანოტაცია. კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრების მუშაობის მსოფლიო გამოცდილების შესწავლითა და მეცნიერული ანალიზის შედეგად გამოვლენილია საქართველოში ანალოგიური ბაზრის ამოქმედებასთან და მისი სრულყოფილად ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული ძირითადი პრობლემები და რისკები. გაანალიზებულია საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბალანსი და ელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმები, მათი სეზონური ხასიათი და ამჟამად ადგილობრივ ელექტროენერჯის წარმოებაში მოქმედი სიმძლავრეების მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაციის გზით გამოვლენილია შესაძლო მაქსიმალური რეზერვები. შემოთავაზებულია ელექტროენერჯის ადგილობრივი გენერაციის წყაროებზე არსებული რეზერვების მაქსიმალური გამოყენებით ელექტროენერჯის იმპორტის ჩანაცვლების ოპტიმალური მოდელი და დასაბუთებულია მისი ეკონომიკური ეფექტიანობა. საქართველოს ელექტროენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, თანამედროვე მათემატიკური მეთოდებით ჩატარებულია ქვეყნის ელექტროენერჯის წარმოების, მოხმარების, ელექტროენერჯის დანაკარგებისა და ექსპორტ-იმპორტის საშუალოვადიანი პროგნოზირება. პროგნოზირების შედეგების მიხედვით ფორმირებულია საქართველოს პროგნოზული ელექტროენერგეტიკული ბალანსი.

საკვანძო სიტყვები: კონკურენტული ბაზარი, პროგნოზირება, ელექტროენერჯია, გენერაცია, რისკები.

Problems in the formation of a competitive electric power market in Georgia and ways to solve them

David Japaridze, Doctor of Science, Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, e-mail: d.japaridze@gtu.ge

Giga Jojua, Doctor of Science,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, e-mail: giga260780@gmail.com

Dato Jogiashvili, PhD, Student,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, e-mail: dato.jogiashvili.phd@gmail.com

Annotation. By studying the world experience of competitive electricity markets and as a result of scientific analysis, the main problems and risks associated with the launch of a similar market in Georgia and its perfect functioning have been identified. Georgia's electrical energy balance and operation modes of power plants are analyzed, their seasonal nature, and possible maximum reserves are identified by optimizing the operation modes of the capacities currently operating in local electricity production. An optimal model of electricity import substitution with the maximum use of the reserves available from local electricity generation sources is proposed and its economic efficiency is substantiated. To ensure the electric energy security of Georgia, medium-term forecasting of the country's electricity production, consumption, electricity losses and export-import has been carried out using modern mathematical methods. According to the forecasting results, the prognostic electric energy balance of Georgia is formed.

Keywords: competitive market, forecasting, electricity, generation, risks.

შესავალი. ქვეყანაში ელექტროენერგეტიკული უსაფრთხოების ანალიზით ირკვევა, რომ კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ნორმალური ფუნქციონირების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული უსაფრთხოების თანამედროვე

მოთხოვნების დონეზე უზრუნველყოფა. საქართველოს მსგავსი პრობლემის გადაწყვეტა დაკავშირებულია მთელ რიგ პრობლემებთან:

- საკუთარი წარმოების ელექტროენერჯით მოთხოვნის დაკმაყოფილება;

- არსებული განახლებადი ენერგორესურსების აუთვისებლობა;
- საინვესტიციო რესურსების დეფიციტი;
- ეკოლოგიური და ბუნებრივი ხასიათის საფრთხეები;
- ეკოლოგიაზე დატვირთვის გაძლიერება;
- სამეცნიერო, საპროექტო დარგობრივი კომპლექსის კრიტიკული მდგომარეობა;
- ელექტროენერჯის წარმოების სეზონურობა;
- საგარეო ეკონომიკური საფრთხეები (ენერგეტიკული მოწყობილობების, მასალების, მაკომპლექტირებელი და სათადარიგო ნაწარმი, ქვეყნის დამოკიდებულება ელექტროენერჯის იმპორტზე, ელექტროენერჯიაზე ტარიფების ზრდის საშიშროება).
- ქვეყნის ეკონომიკის არასტაბილური განვითარება.

ძირითადი ნაწილი. ელექტროენერჯის კონკურენტული ბაზრების ფუნქციონირების საერთაშორისო გამოცდილების [5,6,8,9] სიღრმისეული შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ამ მიმართულებით თითქმის ყველა ქვეყანაში თავი იჩინა გარკვეულმა პრობლემებმა, მათ შორის მთავარ პრობლემად მიჩნეულია ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული უსაფრთხოება, ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერჯით მასზე მოთხოვნის სრულად დაკმაყოფილების უზრუნველყოფა, მეცნიერულად დასაბუთებული სატარიფო პოლიტიკის განხორციელება, რაც მთავარია ელექტროენერგეტიკის ისეთი ტემპით განვითარება, რომ გადაჭრილი იყოს ამ ღონისძიების ეკონომიკური ეფექტიანობა.

ელექტრომომარაგების მდგრადობა და შესაბამისად უწყვეტობა.

საქართველოში კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ფორმირებასთან დაკავშირებული პრობლემების ანალიზი წარმოშობს ბაზრის დანერგვის მთავარ რისკს, რომელიც არის ქვეყნის უწყვეტი ელექტროენერჯით მომარაგების უზრუნველყოფა. ამ პრობლემის გადაწყვეტის მთავარ მიმართულებად მიჩნეულია ამჟამად ადგილობრივ ელექტროენერჯის წარმოებაში მოქმედი სიმძლავრეების მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაციით ელექტროენერჯის გამომუშავებით რეზერვების მაქსიმალური გამოვლენა და შესაბამისად იმპორტის შემცირება. მეორე უმნიშვნელოვანესი ამოცანა ქვეყნის ელექტროენერჯის წარმოების განვითარების სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული ელექტროსადგურების დადგენილ დროში აშენება და ექსპლუატაციაში შეყვანა.

[1,2] შრომების ავტორების მიერ ღრმა მეცნიერული კვლევის საფუძველზე გამოვლენილია ელექტროენერჯის ადგილობრივ წარმოებაში არსებული მნიშვნელოვანი რეზერვები და დადგენილია ამ გზით ელექტროენერჯის იმპორტის მნიშვნელოვანი შემცირება და დასაბუთებულია ამ ღონისძიების ეკონომიკური ეფექტიანობა. [10] შრომის ავტორების მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგად 2019-2022 წლებში თბოსადგურების ელექტროენერჯის წარმოების მონაცემები და მათი მუშაობის რეჟიმები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

საქართველოში არსებული ადგილობრივი სიმძლავრეების რეზერვების და იმპორტის მოცულობების შედარებითი ანალიზი თვეებისმიხედვით 2019-2022 წწ.

ცხრილი 1

დასახელება	2019 წ.	2020 წ.	2021 წ.	2022 წ.
იმპორტი სულ (მლნ.კვტ.სთ.)	699,1	478,9	1497,2	1508,8
იმპორტის ჩასანაცვლებლად არსებული ადგილობრივი რეზერვი (მლნ.კვტ.სთ.)	681,9	478,9	1300,6	1459,6
დანაკლისი (მლნ.კვტ.სთ.)	-17,2	0,0	-196,6	- 49,2

ცხრილიდან ირკვევა, რომ ასახული მაჩვენებლების მიხედვით ადგილობრივი სიმძლავრეების ეფექტიანად გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია იმპორტის მაქსიმალურად შემცირება.

ავტორთა ჯგუფის მიერ [4,5,10,12,13] დადგენილია, რომ საქართველოში მოქმედ ჰიდროელექტროსადგურებზე შესაძლებელია 60,8 მლნ. კვტ.სთ.-ის ელექტროენერჯის გამომუშავებისთვის საჭირო წყლის დაზოგვა,

IV საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია "ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები", თბილისი, საქართველო, 2023 წლის 20-22 ნოემბერი
IV¹ International Scientific and Technological Conference "Modern problem of power engineering and ways of solving them", Tbilisi, Georgia, November 20-22, 2023

თბოელექტროსადგურებზე ელექტროენერჯის გამომუშავების გაზრდის ხარჯზე და დაზოგილი წყლის გამოყენება დეკემბრის თვეში იმპორტის მთლიანად ჩასანაცვლებლად. ცხრ. 2-ში

მოცემულია ზემოთ განხილული ჩანაცვლების სქემა.

მარეგულირებელი ჰესებით და თბოსადგურებით იმპორტის სრულად ჩანაცვლების სქემა 2020-2021 წწ.
 მლნ.კვტ.სთ.

ცხრილი 2

დასახელება	აგვ	სექ	ოქტ	ნო ე	დე კ	იან	თე ბ	მარ	აპრ	მაი	ივნ	ივ ლ	აგვ	სექ	ოქ	ნოე	დეკ
თბოსადგურების გამომუშავება სულ (მლნ.კვტ.სთ.)	62,9	156,1	251,3	351,1	493,9	382,0	439,3	185,7	82,1	0,3	1,1	5,4	82,6	104,2	235,0	300,5	390,1
თბოსადგურებზე არსებული საჭირო რეზერვი (მლნ.კვტ.სთ.)	110,5	59,9	16,9	12,7	33,5	179,0	114,0	311,4	146,5	1,6	0,0	1,1	133,7	132,9	157,1	110,2	73,9
მარეგულირებელი ჰესების გამომუშავება სულ (მლნ.კვტ.სთ.)	637,7	391,2	384,8	388,6	409,7	352,6	154,2	202,5	270,7	599,2	670,7	880,6	687,7	495,4	298,4	370,3	365,5
მარეგულირებელი ჰესები ჩანაცვლება (მლნ.კვტ.სთ.)	537,7	355,5	384,8	388,6	409,7	352,6	289,9	202,5	270,7	599,2	670,7	880,6	626,9	495,4	298,4	370,3	426,3
იმპორტი (მლნ.კვტ.სთ.)	10,5	24,2	16,9	12,7	33,5	179,0	249,7	311,4	146,5	1,6	0,0	1,1	72,9	132,9	157,1	110,2	134,7
თბოსადგურებზე არსებული რეზერვი სულ (მლნ.კვტ.სთ.)	275,7	443,8	358,5	249,3	130,2	225,7	114,0	434,0	517,6	513,5	353,6	338,9	278,3	364,3	384,8	257,7	73,9
თბოსადგურები ჩანაცვლება (მლნ.კვტ.სთ.)	173,4	216,0	268,2	363,8	527,4	561,0	553,3	497,1	228,7	1,9	1,1	6,5	216,3	237,1	392,1	410,7	464,0

განხორციელებულია 2019-2022 წწ. საქართველოში იმპორტირებული და ადგილობრივი გენერაციის სიმძლავრეების მაქსიმალური გამოყენებით გამომუშავებული

დამატებითი ელექტროენერჯის წლიური საშუალო შეწონილი ტარიფების ანგარიში, შედეგები ასახულია ცხრ. 3-ში.

იმპორტირებული და ადგილობრივად დამატებით გამომუშავებული ელექტროენერჯის წლიური საშუალო შეწონილი ტარიფები 2015-2018 წწ.

დასახელება	2019 წ.	2020 წ.	2021 წ.	2022 წ.
იმპორტირებული ელექტროენერჯის საშ.შეწონილი ტარიფი (ცენტი/კვტ.სთ)	6,26	4,91	4,52	5,22
ადგილობრივად დამატებით გამომუშავებული ელექტროენერჯის საშ.შეწონილი ტარიფი (ცენტი/კვტ.სთ.)	3,37	3,51	4,08	4,09

ცხრ. 3-ში წარმოდგენილია ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერჯით იმპორტის მაქსიმალური ჩანაცვლების და მისი ოპტიმალური მოდელის სახე.

საშუალოვადიან პერიოდში საქართველოში ელექტროენერჯის მოხმარების და ადგილობრივი ელექტროენერჯის წარმოების განვითარების უზრუნველყოფის შესაძლებლო-

ლობის განსაზღვრის მიზნით ჩატარებულია ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოება-მოხმარების, იმპორტისა და ექსპორტის საშუალოვადიანი პროგნოზირება. იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოში მოიპოვება მდიდარი სტატისტიკური ინფორმაცია ელექტროენერჯის წარმოების, მასზე მოთხოვნის, ექსპორტისა და იმპორტის შესახებ, კვლევაში გამოყენებულია პროგნოზირების

მრავალფაქტორიანი რეგრესული, ავტორეგრესიული და პოლინომიალური ტრენდის მოდელები. პროგნოზული ბალანსის ფორმირებაში გათვალისწინებულია საქართველოს ენერგეტიკის სტრატეგიული გეგმის მიხედვით [13] (2023-2027) წლებში ასაშენებელი ელექტროსადგურების საპროგნოზო გამომუშავებული ელექტროენერჯის მოცულობა.

მოძიებულია ელექტროენერჯის წარმოების, მოხმარების და მათზე მოქმედი ფაქტორების საწყისი სტატისტიკური ინფორმაცია [10,11].

შემუშავებულია ელექტროენერჯის წარმოების და მოხმარების პროგნოზირების მრავალფაქტორიანი რეგრესული მოდელები.

ელექტროენერჯის წარმოების რეგრესიული მოდელი:

$$Y_t = -0.699 \times X_1^i + 2.206 \times X_2^i - 0.291 \times X_3^i + 0.098 \times X_4^i - 0.939 \times X_5^i - 19.4 X_6^i + 81547 \quad (1)$$

სადაც Y_t - ელექტროენერჯის წარმოება, მლნ. კვტ.სთ i პროგნოზულ წელს;

X_1^i - ელექტროენერჯის იმპორტი, მლნ. კვტ. სთ i წელს;

X_2^i - ელექტროენერჯის ექსპორტი, მლნ. კვტ. სთ i წელს;

X_3^i - ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება, მლნ. მ³ i წელს;

X_4^i - მ.შ.პ-ის ღირებულება, მლნ. ლარი i წელს.

X_5^i - შემის მოხმარება, ათასი მ³ i წელს;

X_6^i - მოსახლეობის რაოდენობა, ათასი კაცი i

წელს.

ელექტროენერჯის მოხმარების რეგრესიული მოდელი:

$$Y_t = 0.401 \times X_1^i - 0.588 \times X_2^i - 0.401 \times X_3^i - 6.94 \times X_4^i + 0.102 \times X_5^i + 0.476 \times X_6^i + 34426. \quad (2)$$

სადაც Y_t - ელექტროენერჯის მოხმარება, მლნ კვტ.სთ i პროგნოზულ წელს;

X_1^i - ელექტროენერჯის იმპორტი, მლნ კვტ. სთ i წელს;

X_2^i - შემის მოხმარება, ათასი მ³ i წელს;

X_3^i - ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება, მლნ მ³ i წელს;

X_4^i - მოსახლეობის რაოდენობა, ათასი კაცი i წელს;

X_5^i - მ.შ.პ -ის ღირებულება, მლნ ლარი i წელს.

X_6^i - ტურისტების რაოდენობა, ათასი კაცი i წელს.

ელექტროენერჯის წარმოებასა და მოხმარებაზე მოქმედი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზირება შესრულებულია ავტორეგრესული მეთოდით [3]. EXCEL პროგრამით მიღებულია ელექტროენერჯის წარმოებასა და მოხმარებაზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების მათემატიკური მოდელები, შედეგები შეტანილია ცხრ. 4-ში.

ელექტროენერჯის წარმოებასა და მოხმარებაზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზირების მათემატიკური მოდელები

ცხრილი 4

ფაქტორები	პროგნოზირების ავტორეგრესული მოდელი
ელექტროენერჯის იმპორტი	$Y_t = 340,5 + 0,44Y_{t-1} - 0,38Y_{t-2}$
ელექტროენერჯის ექსპორტი	$Y_t = 400 + 0,88Y_{t-1} - 0,53 Y_{t-2}$
შემის მოხმარება	$Y_t = 74,58 + 1,057 Y_{t-1} - 0,144 Y_{t-2}$
ბუნებრივი აირის საყოფაცხოვრებო მოხმარება	$Y_t = 438,9 + 0,373 Y_{t-1} + 0,478 Y_{t-2}$
ტურისტების რაოდენობა	$Y_t = 313,95 + 0,601 Y_{t-1} - 0,259 Y_{t-2}$
მოსახლეობის რაოდენობა	$Y_t = 1330 + 1,57Y_{t-1} - 0,926 Y_{t-2}$
მშპ-ის ღირებულება	$Y_t = -5497,7 + 1,048 Y_{t-1} + 0,11 Y_{t-2}$

აღნიშნული მათემატიკური მოდელებით ჩატარებულია ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების სიდიდეების საშუალოვადიანი

პროგნოზირება. შედეგები ასახულია ცხრ. 5-ში.

ელექტროენერჯის წარმოების მოცულობაზე მოქმედი ფაქტორების საშუალოვადიანი პროგნოზული მაჩვენებლები 2023-2027 წწ.

ცხრილი 5

წლები	ელ.ენერჯის ექსპორტი მლნ.კვტ.სთ	ელ.ენერჯის იმპორტი მლნ.კვტ.სთ	შემოს მოხმარება ათასი მშ	ბუნებრივი აირის მოხმარება მლნ.მშ	ტურისტების რაოდენობა ათასი კაცი	მოსახლეობის რაოდენობა ათასი კაცი	მშპ-ს ღირებულება მლნ. ლარი
2023	1065.41	1780.45	956.6	2452.2	1746.57	3830.49	76447.76
2024	818.12	1720.72	818.5	2566.33	1750.22	3840.75	82558.17
2025	549.75	1790.28	681.4	2592.46	1739.13	3818.08	89468.15
2026	445.85	1797.97	545.3	2657.86	1713.3	3772.94	97384.83
2027	498.2	1828.26	410.2	2695.01	1672.73	3723.02	106444.8

ელექტროენერჯის წარმოებასა და მოხმარებაზე მოქმედი ფაქტორების პროგნოზული მონაცემების ფორმულა (1,2) შეტანით მიღებულია ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების საშუალოვადიანი პროგნოზული სიდიდეები,

გამოთანაბრების მეთოდით დადგენილია 2023-2027 წლებისათვის ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების საშუალოვადიანი პროგნოზის ქვედა და ზედა ზღვრები, რომლებიც ნაჩვენებია ცხრ. 6-ში.

ელექტროენერჯის წარმოებისა და მოხმარების საშუალოვადიანი პროგნოზული სიდიდეები ზედა და ქვედა ზღვრების ჩვენებით

ცხრილი 6

ელ.ენერჯია	ერთეული	ზღვარი	2023 წ.	2024 წ.	2025 წ.	2026 წ.	2027 წ.
წარმოება	მლნ.კვტ.სთ	ზედა	14850	14989	15623	17231	19409
		საბაზისო	14278	14276	14879	16411	18485
		ქვედა	13707	13562	14135	15590	17561
მოხმარება	მლნ.კვტ.სთ	ზედა	16257	17007	18010	19233	20628
		საბაზისო	15632	16197	17152	18317	19645
		ქვედა	15007	15387	16295	17402	18663

ელექტროენერჯეტიკული კომპანიების „ენერჯო-პრო ჯორჯიას“, სს„თელასისა“ და საქართველოს „სახელმწიფო ელექტროსისტემის“ წლიური ელექტროენერჯეტიკული ბალანსების

საფუძველზე [10]. ელექტროენერჯის ჯამური დანაკარგების მოცულობის 2012-2022 წ.წ. მონაცემები მოცემულია ცხრილ 7-ში.

ელექტროენერჯის დანაკარგების მოცულობა 2012-2022 წწ.

ცხრილი 7

წლები	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ელ.ენერჯის დანაკარგები მლნ. კვტ.სთ	1084.6	1028	1081	1145	1135	1147	1296	1292	1257.2	1334	1518

EXCEL პროგრამით გამოთვლილია რეგრესის კოეფიციენტები და მიღებულია პროგნოზირების განტოლება:

$$Y_1 = 2,99 * X^2 - 9,11 * X + 1064,4 \quad (3)$$

განტოლება (3)-ით გამოთვლილია საქართველოში ელექტროენერჯის ჯამური დანაკარგების მოცულობის საშუალოვადიანი პროგნოზული სიდიდეები, შედეგები მოცემულია ცხრ. 8-ში.

ელექტროენერჯის დანაკარგების პროგნოზული სიდიდეები 2023-2027 წწ.

ცხრილი 8

წლები	2023	2024	2025	2026	2027
ელ.ენერჯის დანაკარგები მლნ. კვტ.სთ	1523	1601	1684	1774	1869

ზემოთ მითითებული შედეგების მიხედვით ფორმირებულია საქართველოს ელექტროენერჯეტიკული ბალანსის

საშუალოვადიანი პროგნოზული მაჩვენებლები (ცხრ. 9).

საქართველოს ელექტროენერჯეტიკული ბალანსის საშუალოვადიანი პროგნოზული სიდიდეები 2023-2027 წწ.

ცხრილი 9

	ელ.ენერჯის წარმოება მლნ. კვტ. სთ	ელ.ენერჯის მოხმარება მლნ. კვტ.სთ	ელ.ენერჯის ექსპორტი მლნ. კვტ. სთ	ელ.ენერჯის იმპორტი მლნ. კვტ. სთ	ელ.ენერჯის ჯამური დანაკარგები მლნ. კვტ. სთ
2023 წ.	14278	15632	1065	1780	1522
2024 წ.	14276	16197	818	1721	1600
2025 წ.	14879	17152	550	1790	1684
2026 წ.	16411	18317	446	1798	1773
2027 წ.	18485	19645	498	1828	1869

გაანალიზებული იქნა სტრატეგიული გეგმით [13] გათვალისწინებული ელექტრო-სადგურების მიერ 2023-2027 წლებში

დაგეგმილი ელექტროენერჯის გამომუშავება, ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრ. 10-ში.

საქართველოში სტრატეგიული გეგმის მიხედვით ასაშენებელი ელექტროსადგურების ჯამური გამომუშავება 2023-2027 წწ.

ცხრილი 10

დასახელება	2023 წ.	2024 წ.	2025 წ.	2026 წ.	2027 წ.
ელ. ენერჯის ჯამური გამომუშავება მლნ. კვტ.სთ	805.2	1349.1	5213.3	11242.5	14010

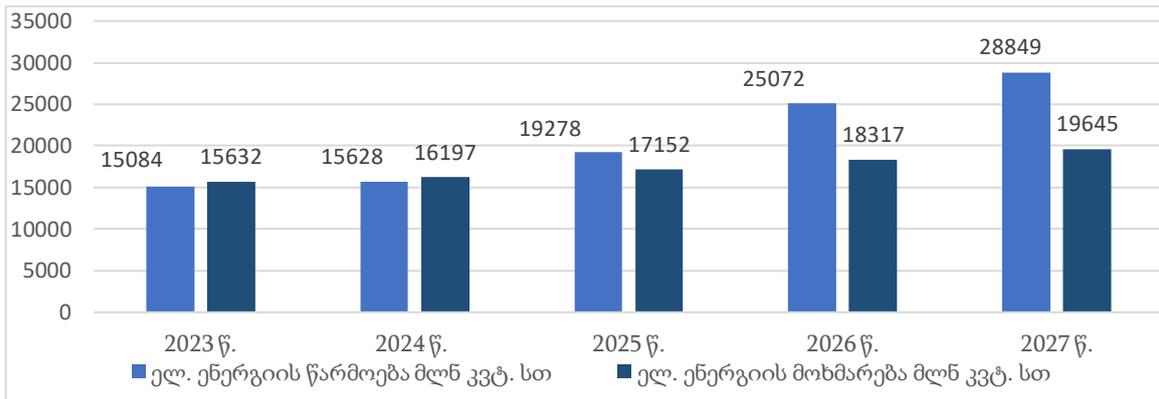
ცხრ. 10-ში ასახული სამომავლოდ დაგეგმილი სადგურების საპროგნოზო გამომუშავების მოცულობების გათვალისწინებით, საქართველოში ელექტროენერჯის

წარმოების საშუალოვადიანი პროგნოზული მაჩვენებლები მოცემულია ცხრ. 11-ში და გრაფიკულად ასახულია ნახაზზე.

საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოება და მოხმარების პროგნოზული მაჩვენებლები 2023-2027 წწ.

ცხრილი 11

ელ.ენერჯია	ერთეული	2023 წ.	2024 წ.	2025 წ.	2026 წ.	2027 წ.
წარმოება	მლნ.კვტ.სთ	15084	15628	19278	25072	28849
მოხმარება	მლნ.კვტ.სთ	15632	16197	17152	18317	19645



ნახაზი. საქართველოში 2023-2027 წწ. ელექტროენერჯის წარმოების და მოხმარების პროგნოზული მაჩვენებლები

ნახ. 1-ზე მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული ელექტროენერჯის გენერაციის ობიექტების ექსპლუატაციაში სრულად შეყვანის შემთხვევაში საქართველო 2025 წლიდან გახდება ელექტროენერჯის მსხვილი ექსპორტიორი ქვეყანა.

დასკვნები და რეკომენდაციები

1. კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრების ფუნქციონირების საერთაშორისო გამოცდილების სიღრმისეული შესწავლის საფუძველზე დადგენილია საქართველოში ელექტროენერჯის კონკურენტული ბაზრის სრულყოფილ ამოქმედებასთან დაკავშირებული პრობლემები და ნაჩვენებია მათი გადაწყვეტის გზები. განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო ელექტროენერჯის ადგილობრივი რესურსების ათვისებით წარმოების განვითარებას, სეზონურობის ფაქტორის გათვალისწინების და გენერაციის ობიექტების მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაციის ამოცანის

2. გადაჭრას და ამ გზით ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფას.

3. მეცნიერული კვლევის საფუძველზე გადაწყვეტილია თბოსადგურების და მარეგულირებელი ელექტროსადგურების მუშაობის ოპტიმიზაციის ამოცანა და შესაბამისად ელექტროენერჯის იმპორტის მნიშვნელოვნად შემცირების საკითხი. შედარებითი ანალიზით განსაზღვრულია პრობლემის გადაჭრის ეკონომიკური ეფექტიანობა.

4. დადგენილია საქართველოში კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის პრობლემა. ქვეყანაში გენერაციის ობიექტების მუშაობის ოპტიმალურ რეჟიმებთან ერთად უმოკლეს დროში განახლებადი ენერჯის მდიდარი ენერგეტიკული რესურსების გამოყენებით არსებული გენერაციის ობიექტების მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაციასთან ერთად, სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული ელექტროსადგურების ექსპლუატაციაში შეყვანის დაჩქარების აუცილებლობა.

5. კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ნორმალური ფუნქციონირების უზრუნველყოფის უმთავრესი რისკის თავიდან აცილების მიზნით, პროგნოზირების თანამედროვე მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით, ჩატარებულია, საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების და მასზე მოთხოვნის, ექსპორტ-იმპორტის და ელექტროენერჯის დანაკარგების საშუალოვადიანი პროგნოზირება. პროგნოზირებაში გათვალისწინებულია საქართველოს ელექტროენერჯის გენერაციის სიმძლავრეების მშენებლობის 10-წლიანი გეგმის განვითარების სავარაუდო შედეგები, ამ გზით დაზუსტებულია 2023-2033 წწ. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოების პროგნოზული სიდიდეები.

6. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების და მოხმარების საშუალოვადიანი პროგნოზირების შედეგების შედარებითი ანალიზით დადგენილია, რომ საქართველოს სტრატეგიული გეგმით გათვალისწინებული გენერაციის ობიექტების განსაზღვრულ ვადებში ექსპლუატაციაში შესვლის შემთხვევაში ქვეყანა

2025 წლიდან შესაძლებელია გადავიდეს ელექტროენერჯის ექსპორტიორ ქვეყნებთა რიცხვში. 2033 წლისათვის ელექტროენერჯის წარმოება შეიძლება გაიზარდოს ორჯერ. ამით შესაძლებელი გახდება კონკურენტული ბაზრის ეფექტიანი ფუნქციონირება.

7. საქართველოში კონკურენტული ელექტროენერგეტიკული ბაზრის თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად ფუნქციონირების უზრუნველსაყოფად აუცილებელ პირობად მიგვაჩნია ელექტროენერგეტიკული საწარმოების საქმიანობის რისკ-მენეჯმენტის სრულყოფა, თეორიულ-მეთოდური დებულებების განვითარება და ამ მიმართულებით მეცნიერულად დასაბუთებული რეკომენდაციების შემუშავება, პრობლემის გადაწყვეტისადმი მეცნიერულ-მეთოდური მიდგომა, რომელიც მოიცავს მიზეზების და შედეგების სტრუქტურულ-ლოჯისტიკურ და სცენარულ ანალიზს, იმიტაციურ მოდელირებას, ექსპერტულ შეფასებას და სხვა. ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა შეიქმნას მოსალოდნელი რისკების პროგნოზირების, მინიმიზაციის და სრულად აღმოფხვრის ბაზა.

8. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების ტემპების დაჩქარების უზრუნველსაყოფად უნდა ჩამოყალიბდეს სტრატეგიული გეგმის განხორციელების ტაქტიკური დაგეგმვის მწყობრი სისტემა. ამ სისტემის დანერგვისა და მისი განხორციელების კონტროლი სახელმწიფოს ყოველდღიური ზრუნვის საგანი უნდა გახდეს. ქვეყანაში ელექტროენერჯის წარმოების ზრდის დაჩქარების უპირველეს ამოცანად უნდა ჩაითვალოს ხუდონის, ნენსკრას, ნამახვანის ჰესებისა და 350 მგვტ თბოელექტროსადგურის რაც შეიძლება მოკლე ვადებში აშენება და ექსპლუატაციაში შეყვანა, რაც განაპირობებს ჭარბი ელექტროენერჯის წარმოებას და საქართველოს ელექტროენერჯის ექსპორტიორ ქვეყნად ჩამოყალიბებას.

9. ქვეყნის ელექტროსისტემის ეფექტური ფუნქციონირების და მდგრადობის ასამაღლებლად უნდა შემუშავდეს და შესაძლებლად მოკლე დროში ელექტროენერჯის გენერაციის ობიექტებზე დაინერგოს ელექტროენერჯის დამაგროვებლების სისტემა.

ლიტერატურა

1. ჯავარიძე დ., უნგიაძე კ. საქართველოში ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერჯით იმპორტის ჩანაცვლების ოპტიმალური მოდელირება. თბილისი: სამეცნიერო-ტექნიკური რევირებადი ჟურნალი ენერჯია, 1(89), 2019, გვ. 15-26.
2. ჯავარიძე დ., უნგიაძე კ. საქართველოში ელექტროენერჯის იმპორტის ეფექტიანობის პროგნოზული ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, 2018, №2(508), გვ. 11-25.
3. ჯავარიძე დ., გიორგიშვილი ნ. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსის საშუალოვადიანი პროგნოზირება და დაგეგმვა. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, 91 გვ.
4. Анализ и оценка рисков в деятельности Российских энергетических компаний в современных рыночных условиях. Дергач И. А. Федосова О. Г. Долгих М. В. Наука и бизнес: Пути развития 4(94) 2019 с. 138-141.
5. Риски в энергетике анализ практики управления на рынке электроэнергетики Жилкина Ю.В., к.э.н., Воденников Д.А. ПАО «ФСК ЕЭС» 2014 с. 80-85.
6. What Future(s) for Liberalized Electricity Markets. David M. Newbery. The Energy Journal. Vol. 39, N 1(January 2018), 1-28.
7. Private risk and social resilience in liberalized electricity markets. Jacob Mays, Michael T. Craig, Lynne Kiesling, Joshua C. Macey, Blake Shaffer, Han Shu. Volume 6, Issue 2, 16 February 2022, Pages 369-380.
8. Market Power Issues in Liberalized Wholesale Electricity Markets: A Review of the Literature with a Look into the Future. Thao Pham. Dans Revue d'économie politique 2019/3 (Vol. 129),325-354.
9. Risk and investment management in liberalized electricity markets. Jacob Lemming. Department of Mathematical Modelling Technical University of Denmark. N. 123. 2003. P. 109.
10. <https://esco.ge/ka/energobalansi> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 28.10.2023.
11. http://www.geostat.ge/?action=page&p_id=133&lang=geo უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 28.10.2023.
12. <http://esco.ge/ka/garantirebuli-simdzhavre/capacity-sources> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 28.10.2023.
13. <http://gnerc.org/ge/electrostructure/tbosadgurebigarantirebuli-simdzhavre?print=1> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 28.10.2023.

14. <https://www.gse.com.ge/komunikacia/publikaciebi/saqartvelos-gadamcemi-qselis-ganvitarebis-atwliani-gegma> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 28.10.2023.

Reference/(Transliterated)

1. Japaridze D., Ungiadze K. Optimum modeling of import substitution with locally produced electricity in Georgia. Tbilisi: Scientific-technical refereed journal Energy, 1(89), 2019, p. 15-26.
2. Japaridze D., Ungiadze K. Prognostic analysis of electricity import efficiency in Georgia. Papers of the Georgian Technical University, 2018, No. 2(508), p. 11-25.
3. Japaridze D., Giorgishvili N. Medium-term forecasting and planning of the energy balance of Georgia. Tbilisi: Georgian Technical University, 2017, 91 p.
4. Analysis and assessment of risks in the activities of Russian energy companies in modern market conditions. Dergach I. A. Fedosova O. G. Dolgikh M. V. Science and business: Paths of development 4(94) 2019 p. 138-141.
5. Risks in the energy sector, analysis of management practices in the electricity market Zhilkina Yu.V., Ph.D., Vodennikov D.A. PJSC „FGC UES” 2014 p. 80-85.

6. What Future(s) for Liberalized Electricity Markets. David M. Newbery. The Energy Journal. Vol. 39, N 1(January 2018), 1-28.
7. Private risk and social resilience in liberalized electricity markets. Jacob Mays, Michael T. Craig, Lynne Kiesling , Joshua C. Macey , Blake Shaffer , Han Shu. Volume 6, Issue 2, 16 February 2022, Pages 369-380.
8. Market Power Issues in Liberalized Wholesale Electricity Markets: A Review of the Literature with a Look into the Future. Thao Pham. Dans Revue d'économie politique 2019/3 (Vol. 129),325-354.
9. Risk and investment management in liberalized electricity markets. Jacob Lemming. Department of Mathematical Modelling Technical University of Denmark. N. 123. 2003. P. 109.
10. <https://esco.ge/ka/energobalansi> Time to finally check 28.10.2023.
11. http://www.geostat.ge/?action=page&p_id=133&lang=geo Time to finally check 28.10.2023.
12. <http://esco.ge/ka/garantirebuli-simdzhavre/capacity-sources> Time to finally check 28.10.2023.
13. <http://gnerc.org/ge/electrostructure/tbosadgurebigarantirebuli-simdzhavre?print=1> Time to finally check 28.10.2023.
14. <https://www.gse.com.ge/komunikacia/publikaciebi/saqartvelos-gadamcemi-qselis-ganvitarebis-atwliani-gegma> Time to finally check 28.10.2023.

„ენერგია როგორც სერვისის“ (EaaS) როლი ენერგეტიკული ინდუსტრიის ტრანსფორმაციაში

ქეთევან ილურიძე, ასისტენტი

საქ. ტექნიკ. უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო, E-mail: ke.iluridze@gtu.ge

არჩილ სამადაშვილი, პროფესორი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: samadarch@hotmail.com

ანოტაცია. ენერგეტიკული ინდუსტრია ამჟამად განიცდის მნიშვნელოვან ტრანსფორმაციას, ციფრული განვითარებისა და „ენერგია როგორც სერვისის“ (EaaS) მეშვეობით. EaaS ცვლის ენერჯის მიწოდების გზებს, მოიცავს განახლებად წყაროებს, ჰკვიან ტექნოლოგიებს და ინოვაციურ სერვისებს. ეს სტატია იკვლევს „EaaS მოდელს, ხაზს უსვამს მის პოტენციალს გაზარდოს მდგრადობა, შეამციროს ხარჯები და მისცეს მომხმარებლებს მეტი კონტროლი ენერგეტიკულ არჩევანზე. EaaS გამოიჩინა როგორც პერსპექტიული მიდგომა უფრო მწვანე, ეფექტური და ადაპტირებადი ენერგეტიკული გადაწყვეტილებების მხარდასაჭერად დასაკმაყოფილებლად.

საკვანძო სიტყვები: „ენერგია როგორც სერვისის“ (EaaS), ჰკვიანი ტექნოლოგიები, ინდუსტრია 4.0, ინოვაციური სერვისები.

EaaS and the Energy Industry's Transformation

Ketevan Iluridze, Assistant,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: ke.iluridze@gmail.com

Archil Samadashvili, Doctor of Science, Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: samadarch@hotmail.com

Annotation. The energy industry is currently going through a significant transformation, thanks to digital advancements and the emergence of Energy as a Service (EaaS). EaaS is reshaping how energy is delivered, embracing renewable sources, smart technologies, and a host of innovative services. This article explores the EaaS model, emphasizing its potential to boost sustainability, cut costs, and give consumers greater control over their energy choices. EaaS stands out as a promising approach to meet the growing demand for greener, efficient, and adaptable energy solutions.

Keywords: “Energy as a service” (EaaS), smart technologies, Industry 4.0, Innovative services

ელექტროენერჯის მიწოდებლების როლი მკვეთრად შეიცვლება უახლოეს პერიოდში, ბაზარზე შემოვლენ ახალი კომპანიები მომხმარებლებისთვის ახალი ტიპის სერვისების მიწოდებით. ენერგეტიკის სექტორის გარდაუვალი ციფრული ტრანსფორმაცია, სულ უფრო და უფრო თვალსაჩინოდ აისახება ენერჯის მენეჯმენტში.

მუდმივი ცვლილებები ენერგეტიკულ სამყაროში ახალი ბიზნეს მოდელების გაჩენას იწვევს, რომლებსაც შეუძლიათ გაზარდონ ენერგომომარაგების მდგრადობა და ღირებულებითი მიმზიდველობა, ენერჯის წარმოების სხვადასხვა სისტემების ინტეგრაციის გზით. „ჰკვიანი“ ტექნოლოგიები შესაძლებელს ხდის მიწოდების განსხვავებული წყაროების ინტეგრირებას და მოხმარების ავტონომიურად შეცვლას რეალურ დროში.

იცვლება სამომხმარებლო, სამრეწველო და კომერციული სეგმენტების საჭიროებები,

სისტემების ინტეგრაციასთან და ავტომატიზაციასთან ერთად იცვლება ენერჯის მიწოდების გზებიც. ენერგეტიკის სექტორის ციფრული ტრანსფორმაცია განსაკუთრებით რთული პროცესია, მაგრამ უდავო საკუთარი უპირატესობებით, როგორცაა ხარჯების შემცირება, ასევე გარემოსდაცვითი მდგრადობა. ენერგეტიკული მომსახურების ახალი მიწოდებლები საკუთარი არსებობით აფინანსებენ ენერგეტიკის სექტორის დიგიტალიზაციის შედეგად შექმნილ ღირებულებას.

ენერგია, როგორც სერვისი (Energy as a Service, EaaS) არის ახალი პარადიგმა, რომელსაც დეცენტრალიზებული, ციფრული და ელექტროფიცირებული ენერგეტიკული სისტემისკენ მივყვართ. იგი ინოვაციური ბიზნეს მოდელიცაა, რომლითაც მოქმედი კომპანია არა მხოლოდ ელექტროენერჯის, არამედ მასთან დაკავშირებული სერვისების მიწოდებასაც უზრუნველყოფს.

EaaS-ის განვითარებას სამი ძირითადი ფაქტორი უწყობს ხელს:

- ტექნოლოგიური მიღწევები ელექტროენერჯის წარმოებაში;
- ენერჯის დიდი რაოდენობით შენახვის გაუმჯობესებული შესაძლებლობები;
- „ინდუსტრია 4.0“-ს ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გამოყენებელი „ჰიკვიანი“ მოწყობილობების გავრცელება და „ჰიკვიანი“ ქალაქების განვითარება.

ფოტოელექტრული, ქარის და ზღვის ენერჯის წყაროები სულ უფრო საიმედო ხდება და სულ უფრო მატულობს მათ მიერ წარმოებული ენერჯის წილი. დიდი ტევადობის ბატარეების კომბინირება ენერგოგენერაციასთან ენერჯის შენახვის საშუალებას იძლევა დაბალი მოთხოვნილების პერიოდებში. ნივთების ინტერნეტი და ღრუბლოვანი გამოთვლები ინოვაციაა, რომელიც შესაძლებელს ხდის განახლებადი და ტრადიციული ენერგოწარმოების ინტეგრირებისთვის საჭირო დიდი რაოდენობის მონაცემთა შეგროვებას და გაზომვას.

რასაკვირველია, ყველა ამ შესაძლებლობების მონეტიზაციას „ძველი“, ტრადიციული ენერგოკომპანიებიც ცდილობენ. საზოგადოდ, ენერჯის როგორც სერვისის მიმწოდებელი კომპანიები შეიძლება ორი ტიპის იყოს:

ერთის მხრივ, ესენი არიან ენერჯის ტრადიციული მწარმოებლები, რომელთაც სურთ დარჩნენ კონკურენტუნარიანი დინამიური ბაზრის პირობებშიც და შესაბამისად, შეიძინონ ამისთვის საჭირო ახალი უნარები ან თავა ან მესამე მხარეებთან პარტნიორობით, როგორცაა საინფორმაციო ტექნოლოგიების (IT) კომპანიები.

მეორეს მხრივ, EaaS-ის როგორც პარადიგმის ერთ-ერთი ყველაზე საინტერესო მხარეა ის, რომ იგი ხელს უწყობს ახალი მოთამაშეების შემოსვლას ენერგეტიკის სექტორში, რომელიც ისტორიულად მაღალი ბარიერებით გამოირჩეოდა. მათ კი შეუძლიათ უზრუნველყონ ინოვაციური სერვისების ფართო სპექტრის მიწოდება მომხმარებლებისთვის. მაგალითად, ენერჯის აგრეგატორი ახალი ტიპის მიმწოდებელია, რომელიც არეგულირებს მომხმარებელთა ჯგუფის მიერ ელექტრო-ენერჯის მოხმარებას და იმავე დროულად ყიდის მათ მიერ წარმოებული ელექტროენერჯის ჭარბ რაოდენობას. ასეთებია ტელესაკომუნიკაციო კომპანიები, რომლებიც შინამეურნეობების და ბიზნესის ენერგომომხმარებლის მონიტორინგს

ემსახურებიან. ასეთებია პროგრამული უზრუნველყოფის შემქმნელი კომპანიები, რომლებიც მოხმარების და გენერაციის მონაცემთა სიღრმისეული ანალიზის საფუძველზე, ავითარებენ პროგრამულ უზრუნველყოფას ენერჯის უფრო ეფექტური გამოყენებისთვის. მათვე მიეკუთვნებიან კონსულტანტები ციფრულ ტრანსფორმაციასა და ენერჯის მოხმარების რაციონალიზაციაში.

განახლებადი წყაროების მიერ გენერირებული ენერჯის დამატებითი წილების ინტეგრირებით მთლიან ენერგეტიკულ სისტემაში და რესურსების უფრო მდორე განაწილებით, EaaS პარადიგმა იძლევა მეტი მოქნილობის შესაძლებლობას ენერჯის მოთხოვნასა და ხელმისაწვდომობას შორის ბალანსში.

EaaS მოდელის ინტეგრირებულ მიდგომას შეუძლია მეტი მხარდაჭერა იმ მომხმარებლებისთვის, რომლებსაც სურთ განახლებადი ენერჯის წყაროს ან შენახვის სისტემების დამონტაჟება საკუთარი მოხმარებისთვის. არსებობს რიგი გადაწყვეტილებები მათთვის, ვინც არ ჩქარობს საკუთარ სახლში ინოვაციური ტექნოლოგიების დანერგვას. მაგალითად, ასეთია ფოტოელექტრული პანელების ქირავნობა, რაც მომხმარებლებს საშუალებას აძლევს შეინარჩუნონ კონტრაქტები მაშინაც კი, როცა ისინი ახალ მისამართზე გადადიან. EaaS მსგავსი შესაძლებლობები, წაახალისებს დამქირავებლებს გაააქტიურონ იმ გადაწყვეტილებების მიღება და რეალიზება, რომლებიც ენერჯის უფრო ეფექტური მოხმარების გზით შეამცირებენ მათ ხარჯებს. ასეთი მოდელები ხელს უწყობენ ენერჯის გამოუმუშავებას განახლებადი წყაროების მეშვეობით ისე, რომ არ მოითხოვენ მნიშვნელოვან ინვესტიციებს საბოლოო მომხმარებლებისგან.

პლატფორმის სერვისები:

ამჟამად, სტუ-ს ენერგეტიკის ფაკულტეტზე იქმნება EaaS-პლატფორმა, რომლის მეშვეობით მცირე სპეციალიზებული კომპანიები შესთავაზებენ მათ კლიენტებს სამი სახის მომსახურებას: საკონსულტაციო, ინსტალაციამონტაჟის და ენერგომომხმარებლის მართვის. სისტემების დამონტაჟება შეიძლება დაფინანსების ფორმების შეთავაზებასაც მოიცავდეს, როგორც ენერჯის მიმწოდებლებისთვის, ისე მათი მომხმარებლებისთვის. ამ უკანასკნელით ისინი დაეხმარებიან მათ ენერგეტიკულ საჭიროებებზე მორგებული სტრატეგიების

ჩამოყალიბებაში. ამისთვის პლატფორმის კონსულტანტები დააპროგნოზებენ ფასებს და არსებულ სისტემებს ოპტიმიზაციის შესაძლებლობების დასადგენად, გაანალიზებენ მოხმარების ისტორიას.

EaaS-პლატფორმის სპეციალიზებულ კომპანიებს შეუძლიათ უზრუნველყონ განახლებადი ენერჯის წარმოების ან ენერჯის შენახვის სისტემების ადგილზე ან მის ფარგლებს გარეთ ინსტალაცია. შესაბამისი პროექტები მოიცავს მიკროჰსელეების, ჰჰვიანი მრიცხველების, ეფექტური მანქანა-დანადგარებს, მოწყობილობებს და ყველაფერი იმის დამონტაჟება-გაშვებას, რაც დაუზოგავს მომხმარებლებს ხარჯებს და გამოუმუშავებს შემოსავალს, ელექტროენერჯის თვით-წარმოების მეშვეობით. როგორც ინსტალაციის ნაწილი, EaaS-პლატფორმის სერვისების ეს ნაწილი შეიძლება იძლეოდეს წვდომას პროექტის დაფინანსებაზე ლიზინგის ან სხვა მსგავსი შესაძლებლობის გამოყენების ხარჯზე.

რაც შეეხება EaaS-პლატფორმის სერვისებს ენერჯის მენეჯმენტის მიმართულებით, მათ შეუძლიათ უზრუნველყონ ენერჯის მართვის გადაწყვეტილებების მიღება და რეალიზება სამი ასპექტით: ენერგომომხმარების მონიტორინგი, დისტანციური მართვა და დატვირთვის ოპტიმიზაცია. მაგალითად, ე.წ. „ჰჰვიანი“ სახლის გადაწყვეტილებები შესაძლებელს ხდის ნებისმიერ დროს მართოთ მოხმარება და განახორციელოთ ცვლილებები ფასების შეცვლის კვალ და კვალ. სხვა სერვისები შეიძლება მოიცავდეს, მაგალითად, შესაძლებლობას აირჩიოთ თუ ენერჯის რომელი წყარო გამოიყენოთ, განახლებადი თუ ჩვეულებრივი.

როგორ წარმოიქმნება EaaS-პლატფორმის შემოსავლები? ენერგეტიკული კონსალტინგისთვის არ არსებობს პირდაპირი შემოსავლის მოდელი, ხოლო დანარჩენი ორ ტიპის მომსახურებას გააჩნია შემოსავლის წყარო. ენერგეტიკული აქტივების ინსტალაციისგან შემოსავალს ქმნის კლიენტის ხარჯები ტექნოლოგიის დამონტაჟებაზე ან პროექტის დაფინანსებაზე. ენერჯის მენეჯმენტი კი ამ კუთხით იყოფა ხელშეკრულებითი მომსახურების ორ ძირითად ტიპად: საბონენტო (გამოწერილი) და ფაქტობრივ შესრულებაზე დაფუძნებული კონტრაქტებით.

შემოსავალი ფიქსირებული ყოველთვიური ტარიფებით კლიენტებისგან მიღებული გადახდებით მიიღება. ამ შემთხვევაში EaaS-

პლატფორმის შესაბამისი კომპანია თავის თავზე იღებს ფასისა და რაოდენობის ცვლილებასთან დაკავშირებულ რისკებს. მისი მოგება წარმოიქმნება, თუ კი მომხმარებლის მიერ მოხმარებული ენერჯის რაოდენობის ღირებულება გადახდით საბონენტოზე ნაკლებია. ამისთვის, კლიენტთან წინასწარ კეთდება ანალიზი იმის დასადგენად, თუ რა რაოდენობის ელექტროენერჯის დაზოგვა შეიძლება უფრო ეფექტური მოწყობილობების მასთან დაინსტალირებით ან მოხმარების მონიტორინგის პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით. საბოლოო მომხმარებლებს შეუძლიათ მიიღონ შემოსავალი მათი ქმედებების საფუძველზე, ენერჯის დაზოგვის შედეგად.

შესრულების კონტრაქტებით გადახდები იცვლება მიწოდებული ენერჯის ოდენობის მიხედვით. კლიენტს და ESCO EaaS-პლატფორმის შესაბამისი კომპანიაც ერთმანეთში იზიარებენ ხარჯების ეკონომიას ორ მოდელზე დაყრდნობით: ხარჯების დაზოგვის და გარანტირებული დანაზოგის. პირველ მოდელში ხარჯები ორ მხარეს შორის ნაწილდება ფიქსირებული პროცენტის მიხედვით. მეორეში, მომხმარებელს ყოველთვის გარანტირებული აქვს დაზოგვის პროცენტი. ამიტომ პლატფორმის კომპანიის პირდაპირი ინტერესია ისე იმუშაოს, რომ მაქსიმალურად გაზარდოს ენერჯის დაზოგვა. შესრულები კონტრაქტი ასევე მოქმედებს, როგორც დაფინანსების წყაროზე. მაგალითად, საწარმოს მფლობელს შეუძლია ხვალინდელი დანაზოგის იმედით, დღესვე განაახლოს მისი ენერგომომხმარებელი ობიექტები.

დასკვნა

ენერგეტიკის სექტორი განიცდის მნიშვნელოვან ტრანსფორმაციას ენერჯის როგორც სერვისის (EaaS) განვითარებასთან ერთად. ეს ახალი პარადიგმა ამომრავებს დიგიტალიზაციას და ფოკუსირებულია ენერჯის მიწოდებაზე ინოვაციური გზებით. ის აერთიანებს განახლებადი ენერჯის წყაროებს, ჰჰვიანი ტექნოლოგიებს და სერვისებს, წმობლოდ მომხმარებლებისთვის, არამედ ხსნის კარს ინდუსტრიაში ახალი მოთამაშეებისთვის. EaaS წარმოადგენს ყოვლისმომცველ ენერგეტიკულ გადაწყვეტას, რომელიც სთავაზობს მოქნილობას, ხარჯების დაზოგვას და მდგრადობას.

ლიტერატურა

1. <https://www.gridx.ai/knowledge/energy-as-a-service>
2. <https://www.rff.org/publications/issue-briefs/>
3. <https://www.gridx.ai/>
4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151630060X>

გარემო ფაქტორებით გამოწვეული ბუნებრივი გაზის აღრიცხვის უბალანსობა და მისი აღმოფხვრის გზები

გიორგი ჭაღიაშვილი, სამოქალაქო ინჟინერიის აკადემიური დოქტორი, ლ. სამხარაულის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიურო, E-mail: Giorgi.water@yahoo.com

შოთა მესტვირიშვილი, ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: shotamestvirishvili11@gtu.ge

ანოტაცია: გაზომვარაგების „გამანაწილებელსა“ და საცალო მომხმარებლის მიერ აღრიცხული გაზის მოცულობებს შორის არსებობს უბალანსობა, რომელიც გამოწვეულია მხოლოდ გარემო და ტექნიკური ფაქტორებით, რადგან გამანაწილებელ კვანძებზე დამონტაჟებული ე.წ. ჰკვიანი მრიცხველები, რომლებიც გაზის ხარჯს აღრიცხავს სტანდარტული პირობების დაკმაყოფილებით, რომელიც დადგენილია სემეკის მიერ, ხოლო საცალო ქსელზე გაზი აღრიცხება მხოლოდ მოცულობითი მრიცხველებით, რაც ქმნის აღრიცხვის მკაფიო ცდომილებას. უბალანსობა განისაზღვრება, როგორც გამანაწილებელი სისტემიდან გაყიდული და მომხმარებლის მიერ შესყიდული ბუნებრივი გაზის ოდენობათა შორის სხვაობა. უბალანსობას იწვევს გაზსადენებისა და დანადგარების საექსპლუატაციო და ავარიული გაჟონვები, მრიცხველის გაუმართაობა, ან მისი არარსებობა და სხვა ფაქტორები.

საკვანძო სიტყვები: გაზი, მრიცხველი, ბარომეტრული, უბალანსობა, წნევა, გაზის აღრიცხვა.

Disbalance in natural gas accounting caused by external factors and ways to solve it

Giorgi Chagiashvili, Academic Doctor of Civil Engineering,

National Forensic Bureau, Technical supervisor for engineering examination, E-mail: Giorgi.water@yahoo.com

Shota Mestvirishvili, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Georgian Technical University, E-mail: shotamestvirishvili11@gtu.ge

Annotation. There is a certain imbalance between the volumes of gas recorded by the gas distribution organization and the gas consumer, which is caused by 2 reason, natural and technical factors. So-called “Smart meters” are installed at gas distribution nodes, which keep track of gas consumption according to standard conditions. These standards are set by a national commission, and online metering is carried out only with volumetric meters. This creates a certain error in measurement and leads to an imbalance in accounting. The imbalance is defined as the difference between the volume of household gas sold and the amount of household gas purchased by the consumer. This is caused by both operational and emergency gas leaks, as well as faulty meters. There are a number of other reasons.

Keywords: Gas. Counter. Barometric imbalance. Pressure. Gas metering, Disbalance.

შესავალი. როგორც ცნობილია გაზგანამაწილებელ პუნქტებში გაზის წნევის რეგულირება ხორციელდება წნევის რეგულატორების საშუალებით, მუშა (ჭარბი) წნევის სიდიდის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს აბსოლუტური და ბარომეტრული წნევების სხვაობას:

$$P_{\text{მუშა}} = P_{\text{აბს}} - P_{\text{ატმ}}$$

სადაც $P_{\text{მუშა}}$ - გაზგანამაწილებელ ქსელში გაზის მუშა (ჭარბი) წნევა, პა; $P_{\text{აბს}}$ - გაზგანამაწილებელ ქსელში გაზის აბსოლუტური წნევა (რომლის ათვლის წერტილს წარმოადგენს აბსოლუტური ვაკუუმი), პა; $P_{\text{ატმ}}$ - დედამიწის ატმოსფერული (ბარომეტრული) წნევა, პა.

გაზის წნევის რეგულატორებში გაზის ნორმირებული მუშა წნევის სიდიდის

შენარჩუნება ხორციელდება ატმოსფერულ წნევასთან მიმართებით. გაზის მუშა წნევა მკაცრად ნორმირებულია და საყოფაცხოვრებო მომხმარებლისათვის მისი სიდიდე არ უნდა აღემატებოდეს 0,003 მგპა-ს. ვინაიდან გაზის მუშა წნევა განისაზღვრება აბსოლუტური და ატმოსფერული წნევის სხვაობით და ჭარბი წნევის სიდიდე ნორმირებულია და არ უნდა იცვლებოდეს, ამიტომ დედამიწის ატმოსფერული წნევის ცლილებისას გაზომვარაგების ქსელში იცვლება გაზის აბსოლუტური წნევა ქსელში.

საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობის მიხედვით, როგორც ტრანსპორტირების, ისე განაწილების ლიცენზიატის აღრიცხვის კვანძებში გაზის ოდენობის აღრიცხვა უნდა

განხორციელდეს სტანდარტული პირობებისთვის:

$$T_{სტ} = 293,5^{\circ}K = 20^{\circ}C,$$

$$P_{სტ} = 0,101325 \text{ მპა} = 760 \text{ მმ.წყ.სვ.}$$

ამისთვის აღრიცხვის კვანძი აღჭურვილი უნდა იყოს გაზის მოცულობის სტანდარტულ მნიშვნელობებზე დაყვანილი მოწყობილობით.

საქართველოს მოსახლეობის ძირითად ნაწილს არ გააჩნია ინფორმაცია ბუნებრივი გაზის აღრიცხვის სპეციფიკის შესახებ, კერძოდ, რომ განაწილების ლიცენზიანტი მიწოდებული გაზის ოდენობის აღრიცხვას აწარმოებს სტანდარტულ პირობებზე დაყვანილი მოცულობებით (სტანდარტულ კუბურ მეტრებში - სტ.მ³), ხოლო მოსახლეობა მიღებული გაზის აღრიცხვას აწარმოებს ადგილობრივი პირობების მიხედვით. ინფორმაციის უქონლობის გამო, ან შეზღუდული ფინანსური მდგომარეობიდან გამომდინარე მოცულობის კორექტორიანი მრიცხველები მოსახლეობის მიერ, ძირითადად არ გამოიყენება ან გამოიყენება ტემპერატურის კორექციის მქონე მრიცხველები, რომლებიც არ ასახავს ატმოსფერული წნევით გამოწვეულ გაზის მოცულობის ცვლილებას. ეს იწვევს აღრიცხული გაზის უზალანსობასა და მომხმარებლის ფინანსურ ზარალს.

სამუშაოს მიზანი. საქართველო გამოირჩევა რელიეფის სირთულით და მისი ტერიტორიის თითქმის 2/3 მთაგორიანია. მთის სტატუსი მინიჭებული აქვს 1 797 დასახლებას. გაზის მოცულობის ცვლილებასთან დაკავშირებული პრობლემა აქტუალურია არა მხოლოდ მაღალმთიანი სტატუსის მქონე დასახლებებში, არამედ სხვა რეგიონებშიც, ასე მაგალითად ქ. თბილისში მდინარე მტკვრის ხეობა, ქალაქის ფარგლებში, მერყეობს ზღვის დონიდან 425 მ (დიდომი) - 370 მ-მდე (ორთაჭალა). მთაწმინდის სიმაღლე, ზღვის დონიდან. 719 მ-ზეა. საცხოვრებელი უბნების მიხედვით ყველაზე მაღლაა „ნუცუბიდის პლატო“, რომელიც ზღვის დონიდან 700 მ-ზე მდებარეობს, შემოერთებული ტერიტორია, ტაბახმელა, წავკისი, წყენთი და სხვა 1200 და ასე შემდეგ.

შემოაღნიშნულიდან გამომდინარე გაზის ატმოსფერული წნევის ცვალებადობით გამოწვეული გაზის აღრიცხვასთან დაკავშირებული უზუსტობები ეხება საქართველოს მოსახლეობის დიდ ნაწილს, კერძოდ იმ მომხმარებლებს, რომელთა ადგილმდებარეობა განსხვავებულია ზღვის დონიდან და რომლებიც იყენებენ

ჩვეულებრივ მოცულობით მრიცხველებს (წნევის და ტემპერატურის კორექციის გარეშე).

არსებობს აღნიშნული უზალანსობის აღმოფხვრის შემდეგი საშუალებები:

ა) მოსახლეობის მიერ მაღალი სიზუსტის კორექტორიანი მრიცხველების გამოყენება, რომლებიც გაზის მოცულობის აღრიცხვას აწარმოებენ სტანდარტული პირობებისთვის, ისევე როგორც განაწილების ლიცენზიანტი. გაზის მოცულობის კორექტორის დანიშნულებას გაზის მრიცხველის, ტემპერატურისა და წნევის გადამწოდებისგან მიღებული მონაცემების საფუძველზე გაზის მოცულობის სტანდარტულ პირობებზე დაყვანა. იგი წარმოადგენს ელექტრონულ მოწყობილობას მაღალტექნოლოგიური მიკროპროცესორით. მოწყობილობა ავტომატურად ახორციელებს შესწორებებს გაზომვის შედეგების მიხედვით. მოდელები აღჭურვილია LCD დისპლეით, რომელზეც აისახება ყველა საჭირო პარამეტრი.

ბ) გაზის აღრიცხვის უზალანსობის აღმოსაფხვრელად, საკანონმდებლო დონეზე, კორექციის კოეფიციენტების შემოღება, რომელთა მეშვეობით განხორციელდება მომხმარებლის მიერ მოცულობითი მრიცხველით აღრიცხული გაზის ოდენობის სტანდარტულ პირობებზე დაყვანა. ამისთვის მაქსიმალური სიზუსტით უნდა განისაზღვროს მრიცხველის განთავსების ადგილას ამინდის მახასიათებლები და ზღვის დონიდან სიმაღლეები;

გ) შემუშავდეს გაზის მოცულობების სტანდარტულ პირობებამდე (ტემპერატურა 293,15 K და წნევა 101325 პა) დაყვანის მეთოდოლოგია, კერძოდ განხორციელდეს მრიცხველით აღრიცხული მოცულობებისთვის წნევის და ტემპერატურის კორექციის კოეფიციენტების გაანგარიშება.

ვინაიდან გაზის მოცულობაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა, რომელიც შეიძლება შეიცვალოს ჰაერის ან გრუნტის ტემპერატურის გავლენით, მნიშვნელოვანია გაანგარიშების მეთოდის შემუშავებისას მომხმარებლის აღრიცხვის კვანძის განთავსების ადგილმდებარეობის გათვალისწინება, რადგან მრიცხველის ჩვენებები განსხვავებული იქნება მათი შენობის გარეთ და შიგნით განთავსებისას, სეზონის მიხედვით ტემპერატურების განსხვავების გამო.

გამომარაგების ქსელში გაზის აღრიცხვის უზალანსობის კვლების შედეგები. ქალაქ თბილისის გაზომვების წარმოებისას მოცემული

მონაცემები ჩავსვით სტანდარტული პირობების დაყვანის ფორმულაში, რის შედეგადაც მივიღეთ შემდეგი სურათი: (იხ ცხრ. 1; 2)

მიღებული მონაცემების გაანალიზების შედეგად, შეგვიძლია ვისაუროთ, რომ რაც უფრო მაღლა იმყოფება გაზის აღრიცხვის წერტილი ზღვის დონიდან, ცდომილება მით მეტია, ხოლო თუ დაბალი წნევის გაზის ქსელში ფიქსირდება ნომინალიდან მაღლა გადახრილი წნევა, აღრიცხვის ცდომილება მცირდება, თუმცა მაღალი წნევის შედეგად დარღვეულია უსაფრთხოების ნორმები, რაც გაზომარაგებაში მკაცრად განსაზღვრული ფაქტორია.

ცხრილი 1

აბონენტი	სეზონი	$P_{არც}$	$P_{გარ}$	$T_{არც}$	$V_{არც}$	$V_{სტ}$	%
შენგელაია	ზაფხული	4,33	95,3	20	100	98,33	1,67
	ზამთარი	3,01	95,3	20	100	97,02	2,98
ჭოპორტის	ზაფხული	4,18	96,06	20	100	98,93	1,07
	ზამთარი	3,06	96,06	20	100	97,82	2,18
მუხიანის აგარაკები	ზაფხული	5,13	95,3	20	100	99,12	0,88
	ზამთარი	3,8	95,3	20	100	97,80	2,20
საწხოვნა	ზაფხული	3,61	95,5	20	100	97,81	2,19
	ზამთარი	2,52	95,5	20	100	96,74	3,26
დიდის მას	ზაფხული	4,7	96,2	20	100	99,58	0,42
	ზამთარი	5	96,2	20	100	99,88	0,12
ვაზისუბანი	ზაფხული	3,38	95,4	20	100	97,49	2,51
	ზამთარი	2,93	95,4	20	100	97,04	2,96
ქვეთარაძე	ზაფხული	3,64	95,1	20	100	97,45	2,55
	ზამთარი					0,00	0,00
ნუცუბიძის პლ	ზაფხული	3,9	94,5	20	100	97,11	2,89
	ზამთარი	4,08	94,5	20	100	97,29	2,71

რეალური გაზომვის შედეგები

ცხრილი 2

აბონენტი	სეზონი	$P_{არც}$	$P_{გარ}$	$T_{არც}$	$V_{არც}$	$V_{სტ}$	%
შენგელაია	ზაფხული	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
	ზამთარი	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
ჭოპორტის	ზაფხული	2,8	96,06	20	100	97,57	2,43
	ზამთარი	2,8	96,06	20	100	97,57	2,43
მუხიანის აგარაკები	ზაფხული	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
	ზამთარი	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
საწხოვნა	ზაფხული	2,8	95,5	20	100	97,01	2,99
	ზამთარი	2,8	95,5	20	100	97,01	2,99
დიდის მას	ზაფხული	2,8	96,2	20	100	97,71	2,29
	ზამთარი	2,8	96,2	20	100	97,71	2,29
ვაზისუბანი	ზაფხული	2,8	95,4	20	100	96,92	3,08
	ზამთარი	2,8	95,4	20	100	96,92	3,08
ქვეთარაძე	ზაფხული	2,8	95,1	20	100	96,62	3,38
	ზამთარი	2,8				0,00	0,00
ნუცუბიძის პლ	ზაფხული	2,8	94,5	20	100	96,03	3,97
	ზამთარი	2,8	94,5	20	100	96,03	3,97

ნომინალური წნევის დაყვანის შემთხვევაში

ქალაქ თბილისის გაზომვების შემდეგ, დავინტერესდით, გამოკვლევა გვეწარმოებინა საქართველოს მაღალმთიან დასახლებულ რეგიონში, ჯავახეთი კერძოდ კი ქ.ახალქალაქი და ქ. ნინოწმინდა, სადაც მიღებულ იქნა შემდეგი სურათი გადანაგარიშების შემდეგ, რაც მოყვანილია ცხრ. 3 და 4-ში. გადათვლა მოხდა სეზონების და მრიცხველების ტიპების მიხედვით, რადგან სამოქალაქო სექტორში უმეტესად უკორექტორო მრიცხველებით არის აღჭურვილი. ცხრილში ნათლად ჩანს აღრიცხვის

ცდომილების რაოდენობა პროცენტებში, რაც სამოქალაქო სექტორს აწევს ტვირთად და გაზის გადასახადის დაანაგარიშებისას მოცემული ცდომილება საგრძნობია უკვე ფინანსურად.

ცხრილი 3

წელიწადის დრო	უკორექტორო მრიცხველის ჩვენების ცვლილება,%	ტემპერატურის კორექტირების მრიცხველის ჩვენების ცვლილება, %
ქ. ახალქალაქი		
ზამთარი	9,295	0,238
გაზაფხული	12,942	3,990
ზაფხული	15,909	7,042
შემოდგომა	13,356	4,418
საშუალო წლიური	12,876	3,922
მრიცხველების რაოდენობა	60%	40%
ქ. ახალქალაქში აბონენტის მრიცხველის ჩვენების ცვლილების ჯამური პროცენტული მაჩვენებელი		9,29

ცხრილი 4

წელიწადის დრო	უკორექტორო მრიცხველის ჩვენების ცვლილება,%	ტემპერატურის კორექტირების მრიცხველის ჩვენების ცვლილება, %
ქ. ნინოწმინდა		
ზამთარი	11,431	0,880
გაზაფხული	14,565	4,119
ზაფხული	18,087	7,756
შემოდგომა	15,521	5,108
საშუალო წლიური	14,901	4,466
მრიცხველების რაოდენობა	60%	40%
ქ. ნინოწმინდაში აბონენტის მრიცხველის ჩვენების ცვლილების ჯამური პროცენტული მაჩვენებელი		10,72

შემოადნიშნულიდან გამომდინარე, კორექტირების კოეფიციენტების გაანგარიშება უნდა მოხდეს შემდეგი შემთხვევებისთვის:

ა) როდესაც საყოფაცხოვრებო მოცულობითი მრიცხველი განლაგებულია შენობის გარეთ და არ გააჩნია წნევისა და ტემპერატურის კორექტორი;

ბ) როდესაც საყოფაცხოვრებო მოცულობითი მრიცხველი განლაგებულია შენობის შიგნით გათბობით უზურუნველყოფილ სათავსში და არ გააჩნია წნევისა და ტემპერატურის კორექტორი;

გ) როდესაც საყოფაცხოვრებო მოცულობითი მრიცხველს გააჩნია მხოლოდ ტემპერატურული კომპენსაციის კორექტორი და განლაგებულია შენობის გარეთ;

დ) როდესაც საყოფაცხოვრებო მოცულობითი მრიცხველს გააჩნია მხოლოდ ტემპერატურული

კომპენსაციის კორექტორი და განლაგებულია შენობის შიგნით გათბობით უზურუნველყოფილ სათავსში.

აგრეთვე გასათვალისწინებელია, თუ როგორ არის ორგანიზებული გაზომომარაგების ქსელი, მიწის ზემოთ, თუ მიწის ქვემოთ. გაზომომარაგების ქსელის მიწისქვეშა განლაგებისას მხედველობაში მისაღებია მრიცხველის დაშორება მილსადენის მიწის ზედაპირზე ამოსვლის წერტილიდან და ამის მიხედვით უნდა მოხდეს სხვადასხვა შემთხვევისთვის კორექციის კოეფიციენტების გაანგარიშება.

დასკვნა

პრაქტიკული და თეორიული კვლევის შედეგად, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ, რომ გაზის ინდივიდუალურ აბონენტებში ძირითადად გვხვდება მოცულობითი მრიცხველები, საქართველოს რელიეფურიდან გამომდინარე კი, გაზის აღრიცხვისას ვერ უზურუნველყოფს სტანდარტულ პირობებამდე დაყვანას, ამიტომ გაზის აღრიცხვა ამ მაჩვენებლების შესწორების გარეშე, მომხმარებლისთვის დამაზარალებლად აღირიცხება. თბილისის, ახალქალაქისა და ნინოწმინდის კვლევების პროცესში აღრიცხვის უბალანსობამ 4; 9 და 11 % შეადგინა. სწორედ ამიტომ, რათა აღრიცხვის ბალანსი დაცული იყოს აუცილებელია ახალი ჰკვიანი მრიცხველების ჩანაცვლება სამომხმარებლო ბაზარზე, რომელსაც ექნება სტანდარტული პირობის კორექტირების საშუალება ან სემეკმა მიიღოს შესაბამისი გადაწყვეტილება, გაზის აღრიცხვის განხორციელებისას ლიცენზიანტმა კომპანიებმა ისარგებლონ გაზის სტანდარტული პირობის კოეფიციენტის არსებობით.

კომერციული, ეკონომიკური და ინდუსტრიული თვალსაზრისით, ბუნებრივი გაზის აღრიცხვის გასწორება, მნიშვნელოვნად დადებითად შეცვლის გაზის მეურნეობაში მომუშავე საჯარო თუ კომერციული ორგანიზაციების ფინანსური ანგარიშგების ურთიერთ შეუსაბამობებს, გაზის ქსელებში გაზის დანაკარგების, ასევე მათი აღმოჩენის გამარტივების გზებს. დარგში აღიარებული საერთაშორისო სტანდარტების და თანამედროვე

შრომის ბაზრის მოთხოვნების შესაბამისად, ახალი ანალიტიკური მიდგომების გამოყენებით, შესაძლებელი გახდება შემუშავდეს სოციალურ სექტორში მოხმარებული გაზის გადასახადის სამართლიანობის ინოვაციური მეთოდი, რაც ასევე დაკავშირებულია გაზის მოხმარების უსაფრთხოების ნორმებთან.

ლიტერატურა

1. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №101. (22/01/2014). გაზის სისტემების უსაფრთხოების ზოგადი მოთხოვნების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე. <https://matsne.gov.ge>
2. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №22. (31/08/2018). „ბუნებრივი გაზის ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ. <https://matsne.gov.ge>
3. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/1743. (25/08/2008). დაპროექტების ნორმების- „სამშენებლო კლიმატოლოგია“-დამტკიცების შესახებ. <https://matsne.gov.ge>
4. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №80. (31/12/2021). „ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ. <https://matsne.gov.ge>
5. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №26. (23/06/2022). „ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის 2021 წლის 31 დეკემბრის №80 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის შესახებ. <https://matsne.gov.ge>
6. ცაგარელი ა. (2006). გაზომომარაგების ცნობარი/თბილისი: უნივერსალი. 471 გვ.
7. Стаскевич Н.Л. (1954). Газоснабжение городов. Том I. Ленинград:Гостоптехиздат. 626 с.

ენერგეტიკული სიღარიბე საქართველოში

ნათია არაბიძე, ტექნ. მეცნ. კანდიდატი, ასოცირებული პროფესორი.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: arabidze.natia@yahoo.com

სოსო მინდიაშვილი, მაგისტრი, მთავარი სპეციალისტი.

საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: mindiashvilisoso@gmail.com

მარიამ ტერტერაშვილი, სტუდენტი/იუნკერი. საქართველოს დავით აღმაშენებლის სახელობის ეროვნული თავდაცვის აკადემია, ქ.გორი, საქართველო, E-mail: mariamterterashvili17@gmail.com

ანოტაცია: განხილულია საქართველოში ენერგეტიკულ სიღარიბესთან დაკავშირებული პრობლემები და გაანალიზებულია შინამეურნეობების გამოკვლევები ენერგეტიკული სიღარიბის მაჩვენებლების განსაზღვრის მიზნით. თანამედროვე მეთოდებით ენერგეტიკული სიღარიბის ზუსტი განსაზღვრება და გამოთვლის შესაძლებლობა არ არსებობს, ამიტომ წარმოდგენილია ისეთი მიდგომა, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა მოხდეს ქვეყანაში ენერგეტიკულად ღარიბი და მოწყვლადი მომხმარებლების განსაზღვრა, სიღარიბის აღმოფხვრისთვის სწორი პოლიტიკის დაგეგმვა და განხორციელება.

საკვანძო სიტყვები: ენერგეტიკა, ენერგეტიკული სიღარიბე, მომხმარებელთა უფლებები, ენერგეტიკული ბალანსი, ენერჯის მოხმარება.

Energy poverty in Georgia

Natia Arabidze, PhD, Associate Professor,

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: arabidze.natia@yahoo.com

Soso Mindiashvili, Master, senior specialist,

Ministry of Economy and Sustainable Development of Georgia, Tbilisi, Georgia, E-mail: mindiashvilisoso@gmail.com

Mariam Terterashvili, Student/Junker,

David Aghmashenebeli National Defence Academy of Georgia, Gori, Georgia,

E-mail: mariamterterashvili17@gmail.com

Annotation: Discusses the problems related to energy poverty in Georgia and analyzes household surveys in order to determine the indicators of energy poverty. There is no possibility of accurate definition and calculation of energy poverty with modern methods, therefore, an approach is presented that provides an opportunity to determine energy-poor and vulnerable consumers in the country and to eliminate poverty. Planning and implementing the right policies.

Keywords: energy, energy poverty, consumer rights, energy balance, energy consumption.

შესავალი

ევროკავშირის განმარტებით ენერგეტიკული სიღარიბე არის მდგომარეობა, როდესაც შინამეურნეობებს არ აქვთ სრულფასოვანი წვდომა ენერგორესურსებზე. ენერგეტიკული სიღარიბე შეიძლება იყოს ორი სახის, პირველი - როდესაც შინამეურნეობას ფიზიკურად არ შეუძლია მიიღოს რესურსები მიუხედავად იმისა, რომ მას აქვს საკმარისი ფინანსური შესაძლებლობა მოახდინოს ხარჯების ანაზღაურება და მეორე, როდესაც შინამეურნეობას არ აქვს ფინანსური შესაძლებლობა აანაზღაუროს ენერგიაზე ხარჯები, რის გამოც ის ზღუდავს ან წყვეტს გარკვეული ტიპის ენერჯის მოხმარებას.

პირველი ტიპის სიღარიბის ქვეშ ექცევიან ძირითადად მაღალმთიანი და ძნელად

მისადგომი რეგიონები, სადაც უგზოობის, გაუმართავი ინფრასტრუქტურის და სხვა რიგი მიზეზების გამო ენერჯის მიწოდება ხასიათდება ხშირი წყვეტით. (განსაკუთრებით ელექტროენერჯის, ვინაიდან საქართველოში ასეთი ადგილების უმრავლესობა საერთოდ არ არის გაზიფიცირებული).

მეორე ტიპის ქვეშ შეიძლება მოვიაზროთ ისეთი აბონენტები, ვისაც უსახსრობის გამო არ აქვს შესაძლებლობა გაათბოს/გააგრილოს საცხოვრებელი ფართი, თავისუფლად ისარგებლოს ელექტრომომწყობილობებით და ა.შ. ფაქტიურად, საქართველოში ორივე ტიპის ენერგეტიკული სიღარიბე არსებობს და ორივეს შემთხვევაში სახელმწიფოს მხრიდან ხდება გარკვეული სუბსიდირება. კერძოდ, მაღალმთიანი რეგიონები ელექტროენერჯის

სავასურს არ იხდიან, ხოლო მოწყვლადი მომხმარებლების მიერ მოხმარებული ენერჯის ნაწილი სუბსიდირება.

იმისათვის, რომ მოხდეს ენერგეტიკული სიღარიბის მიზეზებისა დადგენა, საჭიროა არსებულ მონაცემებზე დაყრდნობით მოხდეს საკითხის შესწავლა, ხოლო ტრენდების ანალიზის საფუძველზე კი განისაზღვროს, რა სახის დამატებითი ღონისძიებების განხორციელება არის საჭირო ენერგეტიკული სიღარიბის აღმოსაფხვრელად.

ისტორია

2022 წლისთვის ევროკავშირის მოსახლეობის 9,3% ითვლებოდა ენერგეტიკულად ღარიბად. როგორც ზემოთ აღინიშნა, ენერგეტიკული სიღარიბე ისეთი მდგომარეობაა, როცა შინამეურნეებს აქვს დაბალი შემოსავალი, არ აქვს სრულფასოვანი წვდომა ენერჯიაზე ან აქვს და ვერ იყენებს (თავს არიდებს მაღალ გადასახადებს).

საქართველოში ენერგეტიკული სიღარიბე განსაკუთრებით 2000-იან წლებში იყო შესამჩნევი, როდესაც ცენტრალური გათბობის სისტემების მოშლამ, გაუმართავმა ინფრასტრუქტურამ, ბუნებრივი გაზის ცენტრალური მომარაგების სისტემის არარსებობამ და სხვა რიგმა ფაქტორებმა ენერგეტიკა მნიშვნელოვანი გამოწვევების წინაშე დააყენა.

მოსახლეობა ხშირად იყენებდა ნავთზე მომუშავე ქურებს, შეშისა და ელექტროღუმელებს, კუსტარულად დამზადებულ გასათბობ და საჭმლის მოსამზადებელ მოწყობილობებს.

აღნიშნული მოწყობილობების არაეფექტურობა და ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საფრთხის შემცველობა მეორე პლანზე იყო გადაწეული.

დღეისათვის ენერგეტიკული სიღარიბე ქვეყნისთვის ისტორიულ მინიმუმზეა. მაღალია ელექტროენერჯიაზე და ბუნებრივ გაზზე წვდომის მაჩვენებელი. პრობლემა დგას ძირითადად მაღალმთიან რეგიონებში, სადაც ფიზიკური სირთულეების გამო ვერ ხდება ბუნებრივი გაზის გადამცემი ინფრასტრუქტურის განვითარება. ამ შემთხვევაში სახელმწიფო უზრუნველყოფს ელექტროენერჯის საიმედო მიწოდებას, რითაც ბუნებრივ გაზს, როგორც საწვავ რესურსს ანაცვლებს.

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მიერ ჩატარებული შინამეურნეობების შემოსავლებისა და ხარჯების გამოკვლევების ცხრილი

	რაოდენობა	პროცენტული წილი
ცხელი წყლით მომარაგების ცენტრალური სისტემა	7529	15,3%
ელექტროენერჯია	13313	27,0%
ბუნებრივი გაზით მომარაგება	9950	20,2%
გათბვადებული ბუნებრივი გაზით მომარაგება	3326	6,8%
ცენტრალური გათბობის სისტემა	6141	12,5%
სატელეფონო კავშირი	1930	3,9%
ინტერნეტი	7038	14,3%
სულ	49277	100%

ვაში მონაწილეობა 13 313 შინამეურნეობას აქვს მიღებული. ამ მონაცემებზე დაფუძნებით ენერჯიაზე ხარჯი საშუალოდ 55,66 ლარს შეადგენს. საშუალო სამომხმარებლო ხარჯი 519,17 ლარია. შინამეურნეობების ხარჯების დაახლოებით 10% ენერჯის ხარჯზე მოდის.

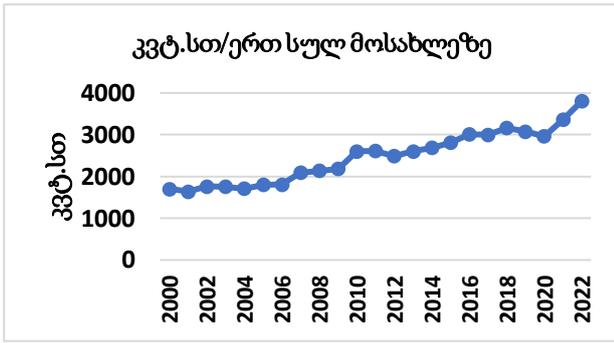
ქვეყანაში გაზიფიკაციის მაჩვენებელი საკმაოდ მაღალია და ახლაც აქტიურად მიმდინარეობს აღნიშნული პროცესი. ამავდროულად გამოკითხვაში მონაწილე 13 313 შინამეურნეებიდან 9930 მუდმივად მიეწოდებოდა ბუნებრივი გაზი, ხოლო 3370-ს საერთოდ არ მიეწოდებოდა.

გათბობა-გაგრილება, განსხვავებით 2000-იანი წლებისა, ქალაქებში ფართოდ არის გავრცელებული ინდივიდუალური გათბობის სისტემები. გათბობის მიზნით ქალაქებში მოსახლეობის 60%-ზე მეტი ბუნებრივ გაზს მოიხმარს

ცხრილში მოცემულია რესურსებზე წვდომის გადანაწილება 49 227 გამოკითხული შინამეურნეობის მიხედვით.

მოსახლეობის კეთილდღეობის განმსაზღვრელად შეგვიძლია გამოვიყენოთ მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობის მაჩვენებელი ერთ სულ მოსახლეზე.

გრაფ. 1-ზე მოცემულია საქართველოში ერთ სული მოსახლის მიერ მოხმარებული ელექტროენერჯის რაოდენობა 2000-2022 წლებისთვის.



გრაფ. 1. ელექტროენერჯის მოხმარება ერთ სულ მოსახლეზე

აღსანიშნავია, რომ ინდივიდუალური ცენტრალური გათბობის სიტემები ქალაქად მოსახლეობის, თითქმის 60%-ს აქვს, ხოლო სოფლებში, ჯერ კიდევ ფართოდ არის გავრცელებული შეშის ღუმელები.

საქართველოში ენერგეტიკული სიღარიბის გამომწვევი ძირითადი ფაქტორებია:

- მოსახლეობის დაბალი შემოსავალი და უმუშევრობა. მოსახლეობის ნაწილს არ გააჩნია შემოსავლის სტაბილური წყარო, შესაბამისად ვერ ახერხებს ენერგიაზე ხარჯების ანაზღაურებას და ზღუდავს ენერჯის მოხმარებას. მეტწილად ეს ეხება ზამთრის პერიოდს, როდესაც ენერგიაზე ხარჯების შემცირების მიზნით შინამურნეობა ზღუდავს გასათბობი სივრცის ფართობს.

- არა ენერგოეფექტური და მოძველებული საცხოვრებელი სახლები მკვეთრად ზრდის ხარჯებს ენერგიაზე, რის გამოც მიუხედავად ენერჯის სათანადო რაოდენობის მიწოდებისა მოსახლეობა ვერ იყენებს მას სრულფასოვნად. ასეთი შემთხვევები ხშირია რეგიონებში, სადაც საცხოვრისების უმეტესობა გასულ საუკუნეშია აშენებული, როდესაც ენერგოეფექტურობის კათვალისწინება მშენებლობისას არ ხდებოდა.

- მაღალმთიან რეგიონებში და ძნელად მისადგომ ადგილებში არ არის სრულფასოვანი წვდომა ენერგიაზე. ხშირია გამორთვები. ზოგ რეგიონში ფიზიკურად არ არსებობს ინფრასტრუქტურა.

რეკომენდაციები

ენერგეტიკული სიღარიბე მნიშვნელოვანი, მრავალმხრივი გამოწვევაა თანამედროვე მსოფლიოსთვის და განსაკუთრებით კი განვითარებადი ქვეყნებისთვის. სიღარიბის დასაძლევად საჭიროა მიზანმიმართული პოლიტიკის გატარება, რომელიც არამხოლოდ გააუმჯობესებს რესურსებზე წვდომას, არამედ გაზრდის თვითონ მიწოდებული რესურსის ხარისხსაც.

გამომდინარე საქართველოს რეგიონული, ეკონომიკური თავისებურებებიდან ენერგეტიკული სიღარიბის დასაძლევად მიმართული პოლიტიკაც უნდა იყოს აგებული არსებულ რეალობაზე.

ენერგეტიკული სიღარიბის დასაძლევად უპირველეს ყოვლისა საჭიროა ადგილობრივი ენერგორესურსების ათვისება, რაც ხელს შეუწყობს არამხოლოდ რეგიონის სოციალურ და ეკონომიკურ განვითარებას, არამედ უზრუნველყოფს ენერგიაზე საიმედო წვდომას.

რეგიონში ენერგეტიკული პროექტები ხელს პირველ რიგში ხელს უწყობენ რეგიონის ეკონომიკურ განვითარებას, ჩნდება სამუშაო ადგილები და წესრიგდება ინფრასტრუქტურა.

დასკვნითი ნაწილი

წარმოდგენილი ნაშრომის ფარგლებში განისაზღვრა ენერგეტიკული სიღარიბის არსი და წარმოჩინდა მის აღმოსაფხვრელად საჭირო რეკომენდაციები.

ენერგეტიკული უსაფრთხოების მთავარი მიზანია საიმედო და მდგრადი ენერგოქსელის არსებობა, რომელიც ნებისმიერ სიტუაციაში უზრუნველყოფს მომხმარებლის ხარისხიანი და უწყვეტი ენერჯით მომარაგებას მისაღებ ფასად.

მდგრადი ქსელი ნიშნავს ისეთი სახის ენერჯის მიწოდებელ და მიწოდებისთვის საჭირო ინფრასტრუქტურის ერთობლიობას, რომელიც დაცულია ბუნებრივი კატაკლიზმების, დივერსიული აქტების, კიბერშეტევებისა, თუ სხვა სახის ზეგავლენისგან, რომელიც შესაძლოა მოხდეს მესამე მხარის ჩარევით და მის გარეშე. მდგრადი ენერგოქსელი მედეგია ყველა ზემოხსენებულის წინაშე და აქვს ავარიული რეჟიმში მუშაობის უნარი.

მისაღები ფასი ნიშნავს ენერგიაზე ისეთ ფასს, რომელიც ლიბერალურია და მიუხედავად მიწოდების ხარისხისა, უწყვეტობისა და სხვა გარემო ფაქტორებისა არ არის არსებულ ფასზე მკვეთრად მაღალი. ენერჯის ფასი უნდა იყოს

საყოველთაოდ ხელმისაწვდომი ენერგეტიკული სიღარიბის ფუნდამენტური პრინციპების გათვალისწინებით. ენერგიაზე გადასახდელი თანხა არ უნდა აღემატებოდეს საერთო შემოსავლის 10%-ს. გადასახადი უნდა იზრდებოდეს პროპორციულად შინამეურნეობის განვითარებასთან (მაგ. ცენტრალური გათბობის სისტემის, გაგრილების სისტემის და ა.შ) ერთად. ამასთან, შესაძლოა არსებობდნენ მომხმარებლები, რომლებიც საჭიროებენ დიდი ფართობის საცხოვრის (მაგ. მრავალშვილიანი ოჯახები) და სარგებლობდნენ ინდივიდუალური ცენტრალური გათბობის ან სხვა მაღალხარჯიანი სისტემით. იმ შემთხვევაში, თუ მათთან ენერგიაზე ხარჯი აღემატებოდეს საერთო შემოსავლის 10%-ს, ამ შემთხვევაში მომხმარებელი მიეკუთვნება მოწყვლად მომხმარებელთა ჯგუფს და როგორც მინიმუმ, შემოსავალთან ენერგიაზე ხარჯის არაპროპორციულობა (სხვაობა 10%-მდე) სუბსიდირდება სახელმწიფოს მხრიდან. მოწყვლადი მომხმარებლების დაცვის მექანიზმები დღეს საქართველოში ფართოდ არის გავრცელებული, თუმცა მეტი ეფექტურობისთვის საჭიროა, რომ მოწყვლადობის ზღვარი გაიზარდოს (ვინაიდან ტექნოლოგიური პროგრესის თანმხლები პროცესია ენერგიაზე ხარჯის გაზრდა). მომხმარებელმა, რომელიც აქამდე მოიხმარდა გარკვეული მოცულობის ელექტრულ ენერგიას და ღებულობდა სუბსიდიას, შესაძლოა გაზარდოს მოხმარება შინამეურნეობაში დამატებითი საჭიროების არსებობის შემთხვევაში, თუმცა ეს არ ნიშნავს იმას, რომ იგი არ არის მოწყვლადი, შესაბამისად მისი გაზრდილი მოხმარების სუბსიდირება ჯერ კიდევ საჭიროა. ამასთან მნიშვნელოვანია, რომ ზედა ზღვარი იყოს რელევანტური და გამოთვლილი მხოლოდ პირველადი საჭიროებიდან გამომდინარე. უნდა აღინიშნოს, რომ ენერგიის მუდმივი სუბსიდირებაზე უკეთეს გამოსავალი შესაძლოა მოწყვლადი მომხმარებლის ერთჯერადი მსხვილი სუბსიდია იყოს, რომელიც შესაძლოა მოიცავდეს:

- საცხოვრებელის, სახლის ან ბინის ენერგოეფექტურობის გაზრდისათვის საჭირო ღონისძიებების განხორციელების სუბსიდირებას ან უსასყიდლოდ ამ მომსახურეობის გაწევას;
- ენერგოეფექტიანი ტექნიკის ყიდვის შემთხვევაში მის სუბსიდირებას;
- მზის ფოტოელექტრული და თერმული სისტემების მონტაჟის სუბსიდირებას.

ხარისხიანი ენერგია - ელექტროენერგიის შემთხვევაში ნიშნავს უწყვეტი, სტაბილური ძაბვისა და სიხშირის მქონე ქსელს, ბუნებრივი გაზის შემთხვევაში სათანადო წნევისა და კონცენტრაციის მქონე ბუნებრივ გაზს, ხოლო საწვავი რესურსების შემთხვევაში ხარისხიან საწვავს, რომელიც ეფექტურია. ამასთან ხარისხიანი ენერგია უნდა იყოს კლიმატ-მეგობრულიც და არ უნდა ახდენდეს გარემოზე ძლიერ მავნე ზეგავლენას.

ენერგიაზე წვდომა შესაძლოა დავყოთ პრიორიტეტებიდან, კერძოდ, სექტორად, რომელიც აუცილებლად საჭიროებს ენერგიის უწყვეტ მიწოდებას (არ უნდა იყოს მოწყვლადი ენერგორესურსების მიმართ) და სექტორებად, რომლის მიწოდებით დროებითი შეწყვეტა არ არის განსაკუთრებული საფრთხის შემცველი.

პრიორიტეტები შეგვიძლია გავანაწილოთ სამ ჯგუფად, კერძოდ: უმნიშვნელოვანესი, საკმაოდ მნიშვნელოვანი და ნაკლებად მნიშვნელოვანი.

მნიშვნელოვან სექტორებს შეგვიძლია მივაკუთვნოთ: ქვეყნის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფი სტრუქტურები (დაზვერვა, საჰაერო და სახმელეთო თავდაცვის ინფრასტრუქტურა, სამხედრო და სადაზვერვო კომუნიკაციის ინფრასტრუქტურა, სტრატეგიული სახმელეთო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა, ენერგორესურსების სატრანზიტო ინფრასტრუქტურა, საავადმყოფოები და გადაუდებელი დახმარების საკოორდინაციო ცენტრები, სამართავი და საკოორდინაციო უწყებები). ასეთი სახის ინფრასტრუქტურა არ შეიძლება იყოს ენერგეტიკულად მოწყვლადი.

ნაკლებად მნიშვნელოვანი: სკოლები; ბაღები; სავაჭრო ცენტრები; მომსახურეობის მიწოდების (გარდა საკვების და მედიკამენტებისა) და ქალაქების შიდა სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა; საკომუნიკაციო ხაზები, გარდა საკოორდინაციო უწყებების მიერ მოსახლეობისთვის ინფორმაციის მიწოდების წყაროებისა.

უმნიშვნელო: გასართობი და დასასვენებელი ცენტრები, მსხვილი არასაპროდუქტო დანიშნულების ცენტრები, სასიცოცხლოდ ნაკლებად მნიშვნელოვანი საწარმოები და ბიზნესები.

ქვეყნის სტაბილური და მდგრადი განვითარებისთვის აუცილებელია, რომ მიუხედავად პრიორიტეტულობისა, ენერგიის მიწოდება იყოს უწყვეტი და, როგორც

კომერციულ, ისე საყოფაცხოვრებო სექტორს მიეწოდებოდას ენერჯია სათანადო მისაღებ ფასად.

ლიტერატურა

1. Nicholas Apergis; Michael Polemis; Simeoni-Eleni Soursou; (2022). Energy poverty and education: Fresh evidence from a panel of developing countries. *Energy Economics*, (), –. doi:10.1016/j.eneco.2021.105430
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988321003236>
2. The World Bank - World Development Indicators, <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=EG.USE.ELEC.KH.PC&country=>
3. Deller, D., Turner, G., & Waddams Price, C. (2021). Energy poverty indicators: Inconsistencies, implications and where next? *Energy Economics*, 103, 105551. doi:10.1016/j.eneco.2021.105551
4. Nussbaumer, P., Bazilian, M., & Modi, V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 231–243. doi:10.1016/j.rser.2011.07.150
5. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური, შინამეურნეობების შემოსავლებისა და ხარჯების გამოკვლევა. <https://www.geostat.ge/ka/modules/categories/128/2009-2016-tslebis-shinameurneobebis-integrirebuli-gamokvlevis-da-2017-tslis-shinameurneobebis-shemosavlebisa-da-kharjebis-kvlevis-monatsemta-bazebi>

არამატერიალური აქტივების მართვა ენერგეტიკაში

ლალი ბოჭორიშვილი, ეკონომიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, აკადემიური დოქტორი, საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: Lalibochorischvili@yahoo.com
მანანა თოფურია, ეკონომიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, აკადემიური დოქტორი, საქ. ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ.თბილისი, საქართველო, E-mail: mananatopuria19@gmail.com.

ანოტაცია. განხილულია საწარმოს ფინანსური ანგარიშგების შემადგენელი ნაწილის არამატერიალური აქტივის განმარტება, არსი და აღიარების კრიტერიუმები, მნიშვნელობა და როლი საწარმოს შემოსავლებში, როგორ უნდა შეფასდეს არამატერიალური აქტივის საბალანსო ღირებულება. განხილულია და აღნიშნული, რომ ენერგეტიკული საწარმოს სს „თელასის“ ფუნქციონირებაში სააღრიცხვო პოლიტიკის ძირითად პრინციპებს უკავიათ მნიშვნელოვანი ადგილი. არამატერიალური აქტივი ძირითადად შედგება საბუღალტრო და სხვა პროგრამული უზრუნველყოფისაგან. ის მიეკუთვნება გრძელვადიან აქტივებს, არის განცალკევებად, არაფულადი, არ გააჩნია ფიზიკური სუბსტანცია. საწარმოში აქტივის საწყისი აღიარების დროს განიხილავენ თუ რამდენადაა მოსალოდნელი აქტივის გამოყენებაზე მიკუთვნებადი მომავალი ეკონომიკური სარგებლის შემოსვლა. გაანალიზებულია სს „თელასის“ ფინანსური ანგარიშგება, მისი გრძელვადიანი აქტივები და არამატერიალური აქტივების წმნდა საბალანსო ღირებულება 2020-2022 წლების მიხედვით.

საკვანძო სიტყვები: ფინანსური ანგარიშგება, გრძელვადიანი აქტივები, არამატერიალური აქტივი, საბალანსო ღირებულება, სააღრიცხვო პოლიტიკა, შეფასება და აღიარება.

Management of intangible assets in energy

Lali Bochorishvili, Candidate of economic sciences, Academic Doctor, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: Lalibochorischvili@yahoo.com
Manana Topuria, Candidate of economic sciences, Academic Doctor, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, E-mail: mananatopuria19@gmail.com

Annotation. In the article it is discussed the definition, essence and recognition criteria of the intangible asset that is part of the enterprise's financial statements, its importance and the role in the enterprise's income, how to estimate the book value of the intangible asset. It is discussed and pointed out that the basic principles of accounting policy play an important role in the operation of the JSC "Telas" energy enterprise. Intangible assets mainly consist of accounting and other software. It belongs to fixed assets, is separable, non-monetary, has no physical substance. At the time of initial recognition of an asset in the enterprise, it is considered the amount of expected future economic benefits attributable to the use of the asset. There are analyzed financial statements of the JSC "Telas", its long-term assets and the net book value of intangible assets according to the years 2020-2022.

Keywords: financial statements, long-term assets, intangible asset, book value, accounting policy, evaluation and recognition.

შესავალი. ენერგეტიკა ქვეყნის ეკონომიკის საბაზისო დარგია, რომელიც დაკავშირებულია ბუნებრივ ენერგეტიკულ რესურსებთან და მათი გამოყენების შედეგად მიღებული სხვადასხვა სახის ენერჯის გარდაქმნასთან, განაწილებასა და გამოყენებასთან. ენერგეტიკა უდიდეს გავლენას ახდენს ეკონომიკის ინფრასტრუქტურის განვითარებაზე. ენერგეტიკის განვითარების დონე, ქმნის აუცილებელ საფუძველს ცხოვრების დონის ამღლებსა და შრომის ნორმალური პირობების გასაუმჯობესებლად.

ენერგეტიკას, როგორც სხვა ბევრ დარგს, გააჩნია გარკვეული მიღწევები და პრობლემები.

ეს ეხება არა მარტო წარმოების ტექნოლოგიურ და ტექნიკურ მხარეს, არამედ მის თანმდევ სააღრიცხვო პოლიტიკასა და ფინანსურ ანგარიშგებას. მიუხედავად იმისა, რომ ენერგეტიკაში გრძელვადიანი აქტივების შემადგენლობაში არამატერიალური აქტივების წილი მცირეა, მათი როლი გასათვალისწინებელია დარგის განვითარებაში.

აღნიშნოთ, რომ ენერგეტიკაში მნიშვნელოვანია არა მარტო მატერიალური სუბსტანციის მქონე აქტივების აღრიცხვიანობა და მართვა, არამედ ზემოთ აღნიშნული არამატერიალური აქტივების წარდგენა

საერთაშორისო სტანდარტების (ფასს, ბასს) შესაბამისად.

სამუშაოს მიზანი. სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს კონკრეტული ენერგეტიკული საწარმოს სს „თელასის“ ფინანსური ანგარიშგების გაცნობა და გრძელვადიანი აქტივების სტრუქტურისა და დინამიკის შესწავლა, მათ შორის არამატერიალური აქტივების მართვის საკითხების წარმოჩენა და განხილვა.

ქვემოთ მოცემულია არამატერიალური აქტივების ცნება, განხილულია აღიარება, შეფასება და კლასიფიკაცია ბასს-ის მოთხოვნის შესაბამისად.

საწარმოს არამატერიალური აქტივები მიეკუთვნება გრძელვადიანი აქტივებს ჯგუფს. მას მიეკუთვნება: ლიცენზიები, ინტელექტუალური საკუთრება, სავაჭრო ნიშნები, მარკები, პროგრამული უზრუნველყოფა, პატენტები, საავტორო უფლებები, ფრანშიზი, გუდვილი. შესაძლებელია მისი გამოყოფა საწარმოდან და გაყიდვა, გადაცემა, ლიცენზირება, გაქირავება ან გაცვლა ცალკე ან მასთან დაკავშირებულ ხელშეკრულებასთან, აქტივსა ან ვალდებულებასთან ერთად.

ბასს 38 სტანდარტით მოითხოვება, რომ საწარმომ აღიაროს არამატერიალური აქტივი მხოლოდ მაშინ, როცა იგი აკმაყოფილებს განსაზღვრულ კრიტერიუმებს. არამატერიალური აქტივის აღიარება უნდა მოხდეს მხოლოდ მაშინ, როდესაც მაღალია იმის ალბათობა, რომ საწარმო მიიღებს მოსალოდნელ მომავალ ეკონომიკურ სარგებელს და ამავე დროს შესაძლებელია აქტივის თვითღირებულების საიმედოდ შეფასება.

საწარმომ, პირველ რიგში, უნდა შეაფასოს მომავალი ეკონომიკური სარგებლის შემოსვლის ალბათობა, გონივრული და დასაბუთებადი დაშვებებით, რომლებშიც გათვალისწინებულია იმ ეკონომიკური ვითარების საუკეთესო შეფასება (ხელმძღვანელობის მიერ), რომელიც იარსებებს აქტივის სასარგებლო მოხმარების ვადის განმავლობაში. აქ განიხილავენ, თუ რამდენადაა მოსალოდნელი აქტივის გამოყენებაზე მიკუთვნებადი ეკონომიკური სარგებლის შემოსვლა. სტანდარტით განსაზღვრულია აგრეთვე, როგორ უნდა შეფასდეს არამატერიალური აქტივების საბალანსო ღირებულება და მოითხოვება არამატერიალური

აქტივების შესახებ გარკვეული ინფორმაციის ასახვა განმარტებით შენიშვნებში.

ხშირად საწარმოები რესურსებს ხარჯავენ ან ვალდებულებებს იღებენ ისეთი არამატერიალური რესურსების შექმნის, ექსპლუატაციის ან გაუმჯობესებისათვის, როგორცაა სამეცნიერო ან ტექნიკური ცოდნა, ახალი პროცესები ან სისტემები, ლიცენზიები, ინტელექტუალური საკუთრება, ბაზრის შესწავლა და სხვ.

საწარმომ შეიძლება საკუთარი ხარჯები გასწიოს თავისი ვებგვერდის შექმნისა და ექსპლუატაციისთვის და შიდა ან გარე მოხმარების მიზნებისთვის. გარე მოხმარებისთვის შექმნილი ვებგვერდი შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა მიზნებისათვის, როგორცაა საწარმოს საკუთარი პროდუქციისა და მომსახურების რეკლამა და სტიმულირება, ელექტრონული მომსახურების უზრუნველყოფა და პროდუქციისა და მომსახურების გაყიდვა. შიდა მოხმარებისთვის შექმნილი ვებგვერდი შესაძლოა გამოყენებულ იქნეს კომპანიის პოლიტიკისა და საჭირო ინფორმაციის მოსაძიებლად. ვებგვერდის, რომელიც აღიარდა როგორც არამატერიალური აქტივი, სასარგებლო გამოყენების ვადა ხანმოკლე უნდა იყოს. თუ მუხლი, რომელიც აღნიშნული სტანდარტის მოქმედების სფეროშია, არ აკმაყოფილებს არამატერიალური აქტივის განმარტებას, მაშინ მის შესყიდვაზე ან საწარმოს შიგნით წარმოქმნაზე დანახარჯი ხარჯად უნდა აღიარდეს მისი გაწვევისთანავე.

არამატერიალური აქტივის განმარტებით მოითხოვება მისი იდენტიფიცირებადობა. აქტივი არის იდენტიფიცირებადი, თუ იგი: ა) განცალკევებადია, ე.ი. შესაძლებელია მისი გამოყოფა საწარმოდან და გაყიდვა, გადაცემა, ლიცენზირება, გაქირავება ან გაცვლა, ცალკე ან მასთან დაკავშირებულ ხელშეკრულებასთან ერთად; ბ) წარმოიქმნება სახელშეკრულებო ან სხვა იურიდიული უფლებებით. საწარმოს შეუძლია მომხმარებლებთან ურთიერთობებიდან მომავალი ეკონომიკური სარგებლის მიღების გაკონტროლება - მართვა. საწარმო მართავს აქტივს, თუ მას გააჩნია შესაბამისი რესურსიდან მომავალი ეკონომიკური სარგებლის მიღების უფლება. ამასთან, მას შეუძლია შეზღუდოს ამ სარგებლის სხვების მიერ მიღება. საწარმოს არამატერიალური აქტივების მომავალი ეკონომიკური სარგებლის კონტროლის უნარი, ჩვეულებრივ, გამომდინარეობს

იურიდიული უფლებებიდან, რისი დაცვაც შეიძლება სასამართლოს საშუალებით.

საწარმოს შეიძლება ჰყავდეს კვალიფიციური კადრები და შეეძლოს განსაზღვროს პერსონალის ის აუცილებელი რაოდენობა, რომელთა ჩვევების გაუმჯობესება, სწავლების შედეგად, წარმოქმნის მომავალ ეკონომიკურ სარგებელს.

არამატერიალური აქტივისაგან მომდინარე მომავალი ეკონომიკური სარგებელი შეიძლება მოიცავდეს საქონლის ან მომსახურების რეალიზაციიდან ამონაგებს, ხარჯების ეკონომიას ან საწარმოს მიერ აქტივის გამოყენების შედეგად მიღებულ რაიმე სხვა სარგებელს. მაგალითად, წარმოების პროცესში ინტელექტუალური საკუთრების გამოყენებამ შესაძლოა კი არ გაზარდოს მომავალი შემოსავალი, არამედ შეამციროს მომავალი საწარმოო ხარჯები, რაც თავისთავად საწარმოსთვის სარგებელს წარმოადგენს.

არამატერიალური აქტივის სახით მუხლის აღიარებისათვის საწარმომ უნდა აჩვენოს, რომ აქტივი აკმაყოფილებს განმარტებას და წინამდებარე სტანდარტში მოცემულ აღიარების კრიტერიუმებს. ეს მოთხოვნა ეხება თავდაპირველ დანახარჯებს, რომლებიც გაწეულია აქტივის შესაძენად ან საწარმოს ფარგლებში შესაქმნელად და იმ დანახარჯებს, რომლებიც შემდგომში იქნება გაწეული მისი ნაწილის შესაცვლელად ან მისი მომსახურებისათვის. აქტივების თვისება იმგვარია, რომ, უმრავლეს შემთხვევაში, ასეთი აქტივები არ იზრდება და არ ხდება მათი ნაწილის ჩანაცვლება. აქედან გამომდინარე, მოსალოდნელია, რომ შემდგომში გაწეული დანახარჯების უმეტესობა შეინარჩუნებს მოსალოდნელ ეკონომიკურ სარგებელს, რომელიც განივთვლება არსებულ არამატერიალურ აქტივში, მაგრამ არ დააკმაყოფილებს ამ სტანდარტის არამატერიალური აქტივების განმარტებას და აღიარების კრიტერიუმებს.

არამატერიალური აქტივის საწყისი შეფასება (სტანდარტის მიხედვით) უნდა მოხდეს თვითღირებულებით. თუ აქტივი ცალკეა შესყიდული, მისი თვითღირებულება, ჩვეულებრივ, შეიძლება საიმედოდ შეფასდეს, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც შესყიდვა ხდება ფულადი სახსრების ან სხვა ფულადი აქტივების საშუალებით.

არამატერიალური აქტივის თვითღირებულება მოიცავს:

- მისი შესყიდვის ფასს, იმპორტის მოსაკრებლისა და შესყიდვის არა დაბრუნებადი გადასახადების ჩათვლით, შეღავათებისა და ფასდაკლებების გამოკლების შემდეგ;

- მის გამოსაყენებლად მომზადებაზე გაწეულ პირდაპირ დანახარჯებს;

- დაქირავებულ მომუშავეთა გასამრჯელოების დანახარჯებს, რომლებიც გაწეულია აქტივის სამუშაო მდგომარეობაში მოსაყვანად;

- აქტივის შესაბამისი მუშაობის შემოწმების დანახარჯებს.

არამატერიალური აქტივის თვითღირებულება, ჩვეულებრივ, შეიძლება საიმედოდ შეფასდეს, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც შესყიდვა ხდება ფულადი სახსრების ან სხვა ფულადი აქტივების საშუალებით. ამ ოპერაციებთან დაკავშირებული შემოსავლები და დანახარჯები გაწევისთანავე აღიარდება მოგება-ზარალის ანგარიშგებაში და შევა შესაბამისი ტიპის შემოსავლებისა და ხარჯების ჯგუფში.

ამ აქტივების საბალანსო ღირებულებაში დანახარჯების აღიარება წყდება მაშინ, როდესაც შესაძლებელია მისი გამოყენება საჭირო ფორმით. აქედან გამომდინარე, არამატერიალური აქტივის გამოყენებისას ან მისი განმეორებითი მოხმარებისას გაწეული დანახარჯები არ შევა ამ აქტივის საბალანსო ღირებულებაში.

როგორც აღვნიშნეთ, ზემოთ მოცემული საკითხების განსახილველად გაანალიზებული და შესწავლილი იყო მთელი რიგი საკანონმდებლო და მარეგულირებელი ინფორმაცია [1-5]. ენერგეტიკული საწარმოს - სს „თელასის“ ფუნქციონირებაში საადრიცხო პოლიტიკის ძირითად პრინციპებს უკავია მნიშვნელოვანი ადგილი. ჩვენს გავცანით სს „თელასის“ 2020-2022 წლების ფინანსური ანგარიშგების მასალას, აუდიტოპულ დასკვნებს და სხვა საჭირო ინფორმაციას.

ფინანსური მდგომარეობის შესახებ ანგარიშგებაში არამატერიალური აქტივები ძირითადად შედგება საბუღალტრო და სხვა პროგრამული უზრუნველყოფისაგან, აგრეთვე პროგრამული უზრუნველყოფის შესაბამისი ლიზენზიებისაგან. ქვემოთ მოყვანილია სს თელასის ფინანსური ანგარიშგების მონაცემებში გრძელვადიანი აქტივების სტრუქტურა 2020-2022 წლების მდგომარეობით.

ცხრილი

აქტივები, ათ. ლარი	2022w	2021	2020
გრძელვადიანი აქტივები			
ძირითადი საშუალებები	361823	329 420	301578
აქტივების გამოყენების უფლება	1372	1 630	1619
არამატერიალური აქტივები	916	1 003	855
რესტრუქტურული-ზედებული სავაჭრო დებიტორული დავალიანება, გრძელვადიანი ნაწილი	300	494	1048
სხვა გრძელვადიანი აქტივები	74	29	15
სულ გრძელვადიანი აქტივები	364485	332 576	305115

როგორც ცხრილიდან ჩანს, სს „თელასის“ სრულად ამორტიზებული, მაგრამ ჯერ კიდევ ექსპლუატაციაში მყოფი არამატერიალური აქტივების მთლიანი წმინდა საბალანსო ღირებულება 2020-2022 წლების მიხედვით ასე გამოიყურება: 2020 წლის 31 დეკემბრის მდგომარეობით შეადგენს 855 ათ.ლარს, 2021-ისათვის - 1003 ათ. ლარს და 2022 წლისათვის - 916 ათ.ლარს. შესაბამისად ამ წლებში გრძელვადიანი აქტივების მთლიან ღირებულებაში შეადგენს 28-30%-მდე [6].

დასკვნები

1. შესრულებული კვლევის მიზანს წარმოადგენდა არამატერიალური აქტივებთან დაკავშირებული ოპერაციების, აღიარებას, აღრიცხვის და მართვის წესის განსაზღვრა. აღრიცხვის საერთაშორისო სტანდარტის მოთხოვნის შესაბამისად არამატერიალური აქტივების აღიარება უნდა მოხდეს სპეციალურ ანგარიშებზე. სტანდარტის მიხედვით მოითხოვება, რომ საწარმომ უნდა აღიაროს არამატერიალური აქტივი მხოლოდ მაშინ, როდესაც იგი აკმაყოფილებს განსაზღვრულ კრიტერიუმებს და ამ აქტივების თავისებურებიდან გამომდინარე, საიმედოდ შეფასებულია.

2. აღრიცხვის სტანდარტით განსაზღვრულია, როგორ უნდა შეფასდეს არამატერიალური აქტივების საბალანსო ღირებულება. ფინანსურ ანგარიშგებას მოეთხოვება არამატერიალური აქტივების შესახებ ინფორმაციის ასახვა განმარტებით შენიშვნებში.

3. არამატერიალური აქტივები წარმოადგენენ ფიზიკური სუბსტანციის არა მქონე აქტივს, მიუხედავად ამისა, მისი ღირებულება ექვემდებარება ხარჯებში მიკუთვნებას ამორტიზაციის მეთოდით.

ლიტერატურა

1. აუდიტის საერთაშორისო სტანდარტების გამოყენების სახელმძღვანელო მცირე და საშუალო საწარმოთა აუდიტში, ტომი <https://saras.gov.ge/>
2. აუდიტის საერთაშორისო სტანდარტები <https://www.saras.gov.ge/ka/Home/IsaList>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - <https://saras.gov.ge/>
3. ფასიკ-ის ინტერპრეტაცია 17 არაფულადი აქტივების განაწილება მესაკუთრეებზე
4. ბუღალტრული აღრიცხვის საერთაშორისო მე-38 სტანდარტი . უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული .2023 წ. <https://saras.gov.ge/>
5. ინტერპრეტაციები, იმკ-ის 32 „არამატერიალური აქტივები“. 2023. მდგომარეობით <https://saras.gov.ge/>
6. სს „თელასის“ 2020, 2021, 2022 წლის ფინანსური ანგარიშგება დამოუკიდებელი აუდიტორის დასკვნასთან ერთად.

References (Transliterated)

1. Application of International Auditing Standards in Auditing Small and Medium Enterprises, Vol <https://saras.gov.ge/>
2. International auditing standards <https://www.saras.gov.ge/ka/Home/IsaList>Last checked- <https://saras.gov.ge/>
3. IFRS Interpretation 17 Distribution of non-monetary assets to owners
4. International Accounting Standard 38. It was last checked in 2023. <https://saras.gov.ge/>
- 5 Interpretations, IMC 32 "Intangible assets". 2023 condition <https://saras.gov.ge/>
6. 2020, 2021, 2022 financial statements of JSC "Telas" together with the independent auditor's report.