

620.9(05)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კავშირი  
"მეცნიერება და ენერჯეტიკა"

**ენერჯეტიკა**

სამეცნიერო-ტექნიკური რევირეზიული  
ჟურნალი

**1(105)/2023**

---

თბილისი

ISSN 1512-0120

**სარედაქციო კოლეგია:**

მთავარი რედაქტორი – მერაბ ლორთქიფანიძე

მთავარი რედაქტორის მოადგილე – შალვა გაგოშიძე

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

**EDITORIAL BOARD:**

The editor-in-chief – Merab Lordkipanidze

Deputy of the editor-in-chief - Shalva Gagoshidze

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Главный редактор – Мераб Лордкипанидзе

Заместитель главного редактора – Шалва Гагошидзе

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

**ნომრის მომზადებაში მონაწილეობდნენ:**

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

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

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

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

тел. 218-09-51

რეგისტრაციის ნომერი № 5<sup>ა</sup> / 4 - 645

© "ენერჯია". 2011

www.Energyonline.ge

*ნ.არაბიძე, მ.არაბიძე, ს.მინდიაშვილი.* საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების პრინციპები და მიმართულებები. .... 5

*ბ.ჯინჭველიშვილი.* დიდი სიმძლავრის ელექტროენერჯის დამაგროვებლები ელექტროენერგეტიკული სისტემის რეჟიმული მდგრადობის უწყვეტ რეჟიმში შენარჩუნების უზრუნველყოფისათვის და კონკურენტული ბაზრების განვითარებისთვის საქართველოში. .... 13

*თ.მუსელიანი, ბ.ჯინჭველიშვილი.* კონკურენტული ბაზრების პირობებში ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ეკონომიკური სარგებლიანობის შეფასება. .... 22

*დ.ჯომიაშვილი.* ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე არსებული მანიპულაციის სახეები, მათი რეგულირება და საქართველოში არსებული მდგომარეობა. .... 28

*მ.მაჭავარიანი, მ.ჯინჭაძე, ნ.ქსოვრელი.* ინოვაციური ლექციები თბოენერგეტიკული შინაარსის დისციპლინებში საინჟინრო ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის. .... 42

*ი.ჯანბირაშვილი, მ.დვალისძე.* რეზონანსული მოვლენა და ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ რხევებს შორის. .... 54

*მ.იარაკლაშვილი.* ენერგოკომპანიაში საინვესტიციო პროექტის მომგებიანობის შეფასება. .... 62

*ბ.კოსრეიძე, ბორა კოსრეიძე, ნ.ბერაძე, ბ.მურჯიკნელი, ი.ყურაშვილი.* სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გარდამქმნელ სისტემაში დინამიკური პროცესების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით. .... 67

*ბ.კოსრეიძე, ბორა კოსრეიძე, ნ.ბერაძე, ბ.მურჯიკნელი, ი.ყურაშვილი.* სარკინიგზო ცვლადი დენის ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გაერთიანებულ გარდამქმნელ სისტემაში IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით იმპულსური მართვის ალგორითმების დამუშავება. .... 73

*ნ.ბიორბიშვილი.* პავეენის ფილები მომავლის ტექნიკური იატაკი. .... 79

**ვ უ ლ ო ც ა ვ ი**

პროფესორ ემტინი მაჭავარიანი - 80 წლისაა. .... 83

**ხ ს ო ვ ნ ა**

პროფესორ ბია ბიბიბერიას გახსენება. .... 86

სტატიების შემოტანის წესები. .... 88



## საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების პრინციპები და მიმართულებები

**ნათია არაბიძე** - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: [arabidze.natia@yahoo.com](mailto:arabidze.natia@yahoo.com)

**მარბალიტა არაბიძე** - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: [marabidze@moesd.gov.ge](mailto:marabidze@moesd.gov.ge)

**სოსო მინდიაშვილი** - მაგისტრი

E-mail: [smindiashvili@moesd.gov.ge](mailto:smindiashvili@moesd.gov.ge)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. საქართველოს გეოპოლიტიკური მდებარეობიდან და სხვა რიგი ფაქტორებიდან გამომდინარე, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანი და ყურადსაღებია ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოება. ენერგეტიკული უსაფრთხოების აუცილებლობა ასევე გამომდინარეობს ქვეყნის სწრაფვიდან გახდეს დასავლური დემოკრატიული სამყაროს სრულფასოვანი და თანასწორუფლებიანი წევრი. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნაშრომის ფარგლებში ჩატარებულია საქართველოს ენერგეტიკული სექტორის ანალიზი, რომლის საფუძველზეც დამტკიცებულია ენერგეტიკული უსაფრთხოების გაძლიერების ღონისძიებების განხორციელების აუცილებლობა. კვლევა ეყრდნობა საქართველოს 2013-2020 აგრეგირებულ ენერგეტიკულ ბალანსებს, EUROSTAT-ის ენერგეტიკულ ბალანსებს, International Energy Agency-ის ანგარიშსა და სხვა ეკონომიკურ და ენერგეტიკულ სტატისტიკას. კვლევის მნიშვნელოვანი ნაწილი შედგენილია ენერგეტიკული უსაფრთხოების ანალიზის საფუძველზე, რომელიც არაერთი ქვეყნის მიერ იქნა გამოყენებული. ანალიზზე დაყრდნობით კარგად გამოიკვეთა საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების გაძლიერების საჭიროება და მისი სუსტი მხარეები, რომლებზე მუშაობაც ამ ეტაპზე წარმოადგენს ქვეყნის უსაფრთხოების პირველ ამოცანას. ჩატარებულ სამუშაოზე დაყრდნობით შემუშავებულია რეკომენდაციები და წარმოდგენილია დასკვნები.

საკვანძო სიტყვები: ენერგეტიკა, ენერგეტიკული უსაფრთხოება, იმპორტ-დამოკიდებულება, ენერგეტიკული დამოუკიდებლობა.

**შესავალი**

სამხრეთ კავკასიის ქვეყნები წარმოადგენენ გეოპოლიტიკურად არასტაბილურ რეგიონს, რომელიც დაკავშირებული პოლიტიკური დელეგებით მის ქვეყნებში, რომელმაც განსაკუთრებულად მწვავე სახე XX საუკუნის 90-იან წლებში მიიღო. ვითარებას კიდევ უფრო ამწვავეს ინტერესთა კონფლიქტი მის ორ ქვეყანას, სომხეთსა და აზერბაიჯანს შორის. განსაკუთრებით მწვავეა საქართველოს რეგიონების დროებითი ოკუპაციის გამო ინტერესთა კონფლიქტი მეზობელ ქვეყანასთან, რომელთანაც საქართველოს უშუალო და, ერთის მხრივ, აუცილებლობით გამოწვეული ენერგეტიკული კავშირი აქვს. ენერგეტიკული კუთხით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია „ენგურჰესის“ გენერაციის განაწილების საკითხი, რომელიც, ერთის მხრივ, წარმოადგენს უმთავრეს შეხების წერტილს დროებით

ოკუპირებული აფხაზეთის რეგიონთან, ხოლო, მეორეს მხრივ, თავდაპირველი შეთანხმების დაცვა, რომლის მიხედვითაც აფხაზეთს უნდა მიეღო გენერაციის 40%, ხოლო საქართველოს 60% არ ხდება, რაც დიდი დანაკლისია დანარჩენი საქართველოსთვის. აღნიშნული საკითხი ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანი გახდა მაშინ, როდესაც აფხაზეთის რეგიონში აქტიურად დაიწყო კრიპტომინინგი და, შესაბამისად, გაიზარდა მოთხოვნა ელექტროენერგიაზე. ამ საკითხს კიდევ უფრო ამწვავებს აღრიცხვის სისტემის (გამრიცხველიანოების) არარსებობა.

საქართველო სამხრეთ კავკასიაში ყველაზე მნიშვნელოვან ადგილს იკავებს. ქვეყნის მთლიანი ჩრდილოეთ საზღვარი კავკასიონის ქედზე გადის. რუსეთის ფედერაციასთან უშუალო მესაზღვრეობა, რომელიც მსოფლიოში ერთ-ერთ უმსხვილეს ენერგეტიკულ მოთამაშეს წარმოადგენს, საქართველოს, ერთის მხრივ, მომგებიან, ხოლო, მეორეს მხრივ, საკმაოდ დამაბულ სატრანზიტო რეგიონად აქცევს. ქვეყნის გეოგრაფიული მდებარეობა იძლევა შესაძლებლობას იყოს, ერთის მხრივ, ჩრდილოეთ-სამხრეთის, ხოლო, მეორეს მხრივ კი - აღმოსავლეთ-დასავლეთ კორიდორი, რომლის გამოყენებაც უკვე ხდება ბაქო-თბილისი-სუფსა და ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანი ნავთობსადენებითა და ბაქო-თბილისი-ერზრუმი გაზსადენით.

აღნიშნული პროექტები ნათელს ხდის, რომ ქვეყანას აქვს დიდი პერსპექტივა იყოს რეგიონის მსხვილი ენერგომატარებელი.

ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ საქართველოს არ გააჩნია ნავთობის ან ბუნებრივი გაზის მნიშვნელოვანი მარაგები, რაც ქვეყნისთვის წარმოქმნის საწვავის იმპორტის აუცილებლობას.

### *კვლევის მეთოდოლოგია*

ენერგეტიკული უსაფრთხოების გამოსათვლელად გამოყენებულ იქნა იმპორტ-დამოკიდებულების ინდექსის ფორმულა, რომელშიაც ცვლადები ეფუძვნება აგრეგირებულ ენერგეტიკულ ბალანსებს 2013-2020 წლებისთვის. იმპორტდამოკიდებულების ინდექსის შედარებამ ადგილობრივ წარმოებასთან მოთხოვნის ზრდის ტრენდებთან და სხვა ეკონომიკურ მაჩვენებლებთან მოგვცა შესაძლებლობა ენერგეტიკული უსაფრთხოების მრუდის წარმოდგინების 2013 წლიდან 2020 წლამდე, რომელიც ემყარება სტატისტიკურ მონაცემებს 1991 წლიდან. ენერგეტიკული უსაფრთხოებისა და იმპორტდამოკიდებულების ტრენდებზე დაფუძნებით შემუშავდა რეკომენდაციები, რომლებიც ეყრდნობა ქვეყნის ენერგეტიკულ პოტენციალს.

### *საქართველოს ენერგეტიკული უსაფრთხოების შეფასება*

2020 წლის ენერგეტიკული ბალანსის მიხედვით ენერგიის შიგა მიწოდებამ 206 901,1 ტერაჯოული შეადგინა, ენერგიის საბოლოო მოხმარება კი - 187 856,1 ტერაჯოული იყო. ექსპორტი კი მხოლოდ 1 609,7 ტერაჯოული (100% ელექტროენერგია). ენერგიის იმპორტმა

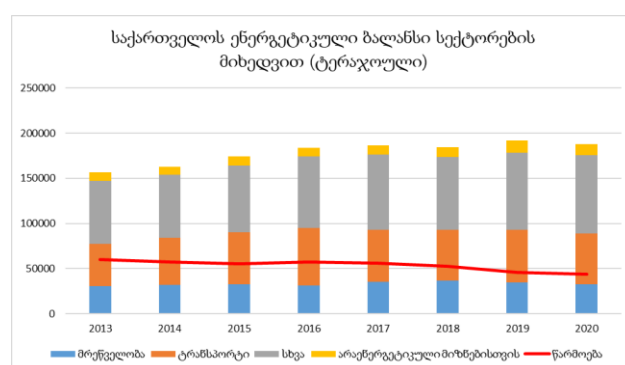
168 435,7 ტერაჯოული შეადგინა, საიდანაც 7 348,5 ტერაჯოული ქვანახშირზე, 177 ტერაჯოული - ნედლეულზე, 57 697 ტერაჯოული - ნავთობპროდუქტებზე, ხოლო 97 050,4 - ტერაჯოული ბუნებრივ გაზზე მოდის. იმპორტირებული ელექტროენერჯის წილი კი - 6 162,8 ტერაჯოული იყო (ენერჯის საერთო იმპორტის დაახლოებით 2,9%). აღნიშნული ბალანსის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ენერჯის დაახლოებით 81,4 % იმპორტზე მოდის, ხოლო ადგილობრივი გენერაცია შეადგენს 18,5%-ს. ჯერ კიდევ მაღალია თბოენერჯეტიკის წილი ენერჯის საბოლოო მოხმარებაში, იქიდან გამომდინარე კი, რომ საწვავი რესურსის (ბუნებრივი გაზი და ქვანახშირი) 100% იმპორტირებულია, ყოველივე ეს ენერჯოდამოკიდებულების სურათს კიდევ უფრო ამწვავებს. ელექტროენერჯის ადგილობრივი გენერაციამ 2020 წლისთვის 14,4 მლრდ. კვტ.სთ შეადგინა.

იქედან გამომდინარე, რომ საწვავი სრულად იმპორტირებულია, საერთო ელექტრო-ენერჯეტიკული დადგმული სიმძლავრე კი 4 555,1 მგვტ, ნათელია, რომ ელექტროენერჯის 21,7% დამოკიდებულია იმპორტირებულ საწვავზე. მარტივი გამოთვლებით დგინდება, რომ იმპორტზე დამატებით 4,01% მოდის, რაც ნიშნავს, რომ სრული იმპორტი 85,4%-ია, ხოლო სრული ადგილობრივი გენერაცია კი -14,58%.

#### იმპორტდამოკიდებულების ინდექსი

მოცემული ინდექსის გამოსათვლელად საჭიროა სამი ძირითადი პარამეტრი: წარმოება, იმპორტი და ექსპორტი.

ქვეყნის ენერჯეტიკული სურათის საერთო სურათის დასანახავად მეტად გამოსადეგი იქნება დამატებითი პარამეტრების ანალიზიც, კერძოდ: ადგილობრივი ელექტროენერჯის გენერაცია და მასში იმპორტირებულ საწვავზე დამოკიდებული გენერაციის წილი, რომელიც დაემატება საერთო იმპორტის ბალანსს.



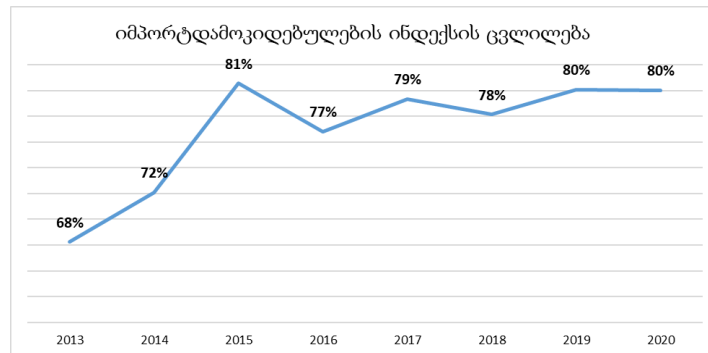
გრაფიკი 1. ენერჯეტიკული ბალანსი სექტორების მიხედვით (2013-2020 წწ)

საერთო ენერჯეტიკული ბალანსი იძლევა შესაძლებლობას, გამოვთვალოთ იმპორტდამოკიდებულების ინდექსი (import dependence ratio - IDR), რომელიც ქვემოთ მოყვანილი ფორმულის მეშვეობით:

$$IDR = \frac{import}{production+import-export} * 100\% .$$

იმპორტდამოკიდებულების მაჩვენებლის გამოთვლა 7-წლიანი პერიოდისთვის (2013-2020 წლები) ცხადჰყოფს მისი ზრდის სურათს და შესაბამისად ენერგეტიკული უსაფრთხოების მდგომარეობის გაუარესებასაც.

იმისთვის, რომ იმპორტდამოკიდებულება ეკონომიკურ ზრდას დავეუკავშიროთ, წარმოვადგინოთ მონაცემები გრაფიკული სახით.



გრაფიკი 2. იმპორტდამოკიდებულების ინდექსის ცვლილება (2013-2020 წწ.)

მოცემული სტატისტიკური მონაცემები და დიაგრამა გვიჩვენებს, რომ იმპორტდამოკიდებულება ბოლო 7 წლის 14%-ით გაიზარდა. 2014-2015 წლის მკვეთრი ზრდა შესაძლოა დავეუკავშიროთ ეკონომიკური საქმიანობის ზრდას და შესაბამისად მთლიანი სამამულო პროდუქტის ზრდასაც, კერძოდ 2014 წელს მთლიანი შიგა პროდუქტი შეადგენდა \$3676,2, ხოლო 2015 წელს - \$3766,6 იყო, რეალური ზრდით 2,9%.

#### ენერგეტიკული უსაფრთხოების ინდექსი

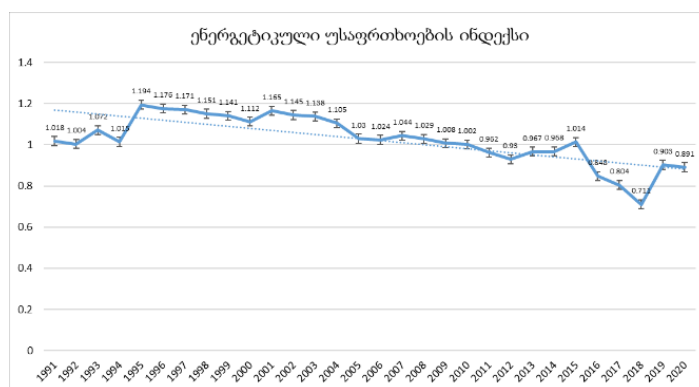
აღნიშნული მაჩვენებელი წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხს, რომელიც წარმოადგენს ენერგოდამოუკიდებლობისა და ქვეყნის მდგრადი განვითარების პოტენციალის უმნიშვნელოვანეს განმსაზღვრელ ფაქტორს. უნდა აღინიშნოს, რომ ენერგეტიკული უსაფრთხოების ინდექსი მოიცავს მრავალ პარამეტრს, რომელთა ერთობლიობა საბოლოო ჯამში წარმოქმნის კონკრეტულ მაჩვენებელს, რომლის შედარებითაც საზომ შკალასთან შესაძლებელია იმის განსაზღვრა, თუ რამდენად არის ქვეყნის ენერგოსისტემა უსაფრთხო, ხოლო გამოთვლისას გაანგარიშებული პარამეტრების ანალიზის საფუძველზე სუსტი მხარეების გამოვლენა. ენერგეტიკული უსაფრთხოების ინდიკატორები იყოფა ჯგუფებათ, რომლის მიხედვითაც ხდება მონაცემების ანალიზი. მოცემული ჯგუფის ცალკეულ პარამეტრს გააჩნია თავისი მახასიათებელი, რაც აღნიშნავს თუ დადებითია, თუ უარყოფითი აღნიშნული მაჩვენებლის სიდიდე ენერგეტიკული უსაფრთხოებისთვის. ენერგეტიკული უსაფრთხოების გამოსათვლელი ინდიკატორები



იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: რესურსების მოხმარების წილი, ამოწურვადი რესურსების წილი, ეფექტური რესურსების წილი, ახალი ენერჯის წყაროების ათვისების წილი, დაბინძურების წილი წიაღისეული საწვავის მოპოვებისას, რესურსებზე წვდომის წილი.

ენერგეტიკული უსაფრთხოება წარმოადგენს ქვეყნის განვითარების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ინდიკატორს. ინდუსტრიის განვითარება პირდაპირ კავშირშია ენერჯის მიწოდების ხარისხთან, მიწოდების უსაფრთხოებასთან, საიმედოობასთან და სტაბილურ ფასებთან. რადგან უსაფრთხო მიწოდება, თავის მხრივ, მოიაზრებს იმასაც, რომ ფასები ელექტროენერჯიაზე უნდა იყოს სტაბილური და მერყეობდეს დასაშვებ დიაპაზონში, ხოლო თავის მხრივ ფასი ენერჯიაზე აისახება წარმოებული პროდუქციის ფასზე, შესაბამისად ეკონომიკური განვითარება და ბაზარზე სტაბილური სიტუაცია დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად გამართულად ფუნქციონირებს ენერგოსისტემა.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი და ყურადსაღებია მოწყვლადი მომხარებლების დაცვის საკითხი, რომელიც აღირიცხება ენერჯიაზე წვდომის განსაზღვრისას და გვიჩვენებს, თუ რამდენად აქვს მოწყვლად მომხარებელს უნარი, გადაიხადოს გადასახადი და რა სახის სუბსიდიების საჭიროება არსებობს სახელმწიფოს მხრიდან.



გრაფიკი 3. ენერგეტიკული უსაფრთხოების ინდექსი (1991-2020 წწ.)

განახლებადი ენერჯის წყაროების ათვისება წარმოადგენს ევროინტეგრაციის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას, რომელიც საჭიროებს ენერგეტიკის სექტორის მრავალმხრივ განვითარებას. 2019 წელს საქართველომ ხელი მოაწერა ასოცირების, რომლითაც საქართველომ აიღო ვალდებულება გაემდიერებინა ენერგორესურსების მიწოდების უსაფრთხოება და აგრეთვე, ხელი შეეწყოს ენერგოეფექტურობის ზრდასა და განახლებადი ენერგორესურსების გამოყენებისთვის.

განახლებადი ენერჯის ათვისების კუთხით ქვეყანამ მნიშვნელოვანი ნაბიჯები გადადგა შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზის მიღებით, რომლის მიხედვითაც განისაზღვა განახლებადი ენერჯის განვითარების ზოგადი სტრატეგია და მიმართულებები.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, საქართველოს გააჩნია მნიშვნელოვანი ჰიდრო-ენერგეტიკული პოტენციალი, რომლის ათვისებაც წარმოადგენს ერთ-ერთ აუცილებლობას ქვეყნის განვითარებისა და ევროინტეგრაციისთვის. ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი საქართველოში შეადგენს 760 მგვტ-ს, ხოლო მზის ელექტროსადგურების პოტენციალი 171 მგვტ-ია. მზის და ქარის პოტენციალის ათვისება ვერ გახდება ენერგეტიკული უსაფრთხოების გარანტი გამომდინარე მათი გენერაციის სეზონურობიდან და დამოკიდებულებიდან გარემო პირობებზე. მდგრადი ელექტროენერგეტიკული სისტემისთვის საჭიროა, რომ დაცული იყოს მოთხოვნა-მიწოდების ბალანსი. ხოლო ამის განხორციელება ცვლადი გენერაციის წყაროების გამოყენებით შეუძლებელია.

მოთხოვნა-მიწოდების ბალანსის დაცვის მაჩვენებლებია ენერჯის მოთხოვნის ზრდაზე რეაგირება ისე, რომ მომხარებელს არ შეუწყდეს მიწოდება, ამასთან დაცული იყოს მიწოდებული ენერჯის ხარისხიც. ელექტროენერჯის შემთხვევაში ამის ძირითადი მაჩვენებლებია სიხშირე და ძაბვა, ხოლო ბუნებრივი გაზის შემთხვევაში კი - წნევა. ენერჯის მაღალი ხარისხის საჭიროების სურათი განსაკუთრებით მკაფიოდ გამოჩნდა 1990-იან წლებში, როდესაც ელექტროენერჯის არასტაბილურობის გამო საჭირო იყო სპეციალური სტაბილიზატორების გამოყენება, ხოლო მოგვიანებით, გაზიფიკაციის შედეგად წნევის შემცირება ან მიწოდების მოულოდნელი წყვეტა ხშირად ხდებოდა უბედური შემთხვევების მიზეზი. აქედან გამომდინარე, ენერჯის ბალანსის დაცვა წარმოადგენს მოქალაქეთა უსაფრთხოებისთვის მნიშვნელოვან ამოცანას.

მარეგულირებელი ჰესები წარმოადგენენ აუცილებლობას მოთხოვნა-მიწოდების ბალანსის დასაცავად და ზოგადად ენერგეტიკის განვითარებისთვის. სხვა შემთხვევაში შეიძლება ითქვას, რომ მხოლოდ მზისა და ქარის სადგურების მშენებლობა გაუმართლებელიც კია (მიუხედავად იმისა, რომ ისინი მაინც მოახდენენ ელექტროენერჯის გენერაციას) რადგანაც დისბალანსი წარმოქმნის იმპორტის საჭიროებას და გაიზრდება მიწოდების წყვეტისა და მიწოდების გარეშე ყოფნის დროითი შუალედები.

თუკი საკითხს შევხედავთ მხოლოდ ეკომეგობრულობისა და დეკარბონიზაციის რაკურსით, ცხადია, რომ ამგვარი პოლიტიკა კონცენტრირდება მხოლოდ საწვავის შემცირებაზე და არ მოიაზრებს რაიმე ღონისძიების აუცილებლობას ადგილობრივი ელექტროენერგეტიკული რესურსის ასათვისებლად. ელექტროენერჯის იმპორტის გაზრდა კი, თავის მხრივ, ნიშნავს ფასების ზრდასაც. სწორედ ამიტომ საჭიროა, რომ ენერგეტიკული უსაფრთხოების საკითხისადმი მიდგომა ჩამოყალიბდეს მრავალმხრივად შემდეგი პირობების გათვალისწინებით:

ენერჯის იმპორტის შემცირების მიზნით საჭიროა ადგილობრივი ენერჯის წყაროების ათვისება. ქარისა და მზის ენერჯის პოტენციალის ათვისებასთან ერთად აუცილებელია დიდი მარეგულირებელი ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა.

დეკარბონიზაცია მოიაზრებს საწვავი რესურსის გამოყენების შემცირებას და მისი ნაწილის ჩანაცვლებას ელექტროენერგიით. ამასთან ის გამართლებულია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ საწვავი რესურსი ნაცვლდება ადგილობრივი გენერაციით და არა იმპორტირებული ელექტროენერგიით, რაც გაზრდის ფასს და წარმოქმნის მონოპოლიის საფრთხეს.

სახელმწიფო უსაფრთხოება მოიაზრებს უსაფრთხოებას ყველა ფუნდამენტური მიმართულებით, მათ შორის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი და სტრატეგიული სფერო არის ენერგეტიკა. ენერგოქსელის მდგრადობა არის კრიტიკული სიტუაციების მართვის აუცილებელი კომპონენტი, ენერგოქსელის მწყობრიდან გამოყვანა პირდაპირ ნიშნავს ქვეყნის პარალიზებას და სტრუქტურების კოორდინირებულობის შეუძლებლობას, ინფორმაციის დეფიციტს, არაენერგეტიკული, მაგრამ სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი რესურსებსა და მომსახურებებზე (მაგალითად, საკვები პროდუქტების სადისტრიბუციო ქსელის, საავადმყოფოების, სიტუაციების მართვის ცენტრების და ა.შ.) წვდომის შეუძლებლობის შეფერხებას.

### დასკვნები

1. ნაშრომში მოცემული ენერგეტიკის სექტორის ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია, რომ ენერგიაზე მოთხოვნის ზრდას თან სდევს იმპორტირებულ რესურსებზე დამოკიდებულების ზრდაც.

2. განხილულია ენერგეტიკული უსაფრთხოების ინდექსის კლების ტენდენცია, რაც ენერგიაზე მოთხოვნის ზრდასთან ერთად ნეგატიურად აისახება ქვეყნის უსაფრთხოებაზე.

3. საქართველო მეტწილად დამოკიდებულია იმპორტირებულ საწვავზე მისი მნიშვნელოვანი მარაგების არქონის გამო. ამ პრობლემის მოგვარების ერთადერთი გზად წარმოდგენილია საბოლოო მოხმარებაში ელექტროენერგიის წილის ზრდა.

4. ენერგეტიკული უსაფრთხოებისთვის მნიშვნელოვანია, რომ იმპორტი იყოს მაქსიმალურად დივერსიფიცირებული და ადგილი არ ჰქონდეს მონოპოლიას არც იმპორტში და არც ადგილობრივ მიწოდებაში.

### ლიტერატურა

1. Andriy Stavytsky, Ganna Kharlamova, Olena Komendant, Jarosław Andrzejczak, Joanna Nakonieczny. 2018. "Methodology for Calculating the Energy Security Index of the." *Energies*, June 18: 15.
2. Fredrik Arnesen, Søren Elkjær Kristensen, Giorgi Shukakidze, Valentin Koestler. 2021. *Hydro Power Potential in Georgia*. Oslo: Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE).
3. IEA. 2021. "Georgia energy profile."
4. n.d. International Energy Security Risk Index—Analysis. Accessed November 15, 2021. <https://openstat.psa.gov.ph/>.

5. 2019 . საქართველოს აგრეგირებული ენერგეტიკული ბალანსი. თბილისი: საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური.
6. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა. 2022-2032. გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა. თბილისი: საქართველოს

## **THE MAIN PRINCIPLES AND DIRECTION OF ENERGY SECURITY OF GEORGIA**

*N.Arabidze, M.Arabidze, S.Mindiasvili.*

"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p. 5-12. geo. sum geo. engl. rus.

Due to the geopolitical location of Georgia and a number of other factors, the country's energy security is particularly important and noteworthy. The need for energy security also stems from the country's aspiration to become a full-fledged and equal member of the Western democratic world. Based on the above, an analysis of the energy sector of Georgia has been conducted within the framework of the work, on the basis of which the necessity of implementing energy security strengthening measures has been approved. The research is based on the 2013-2020 aggregated energy balances of Georgia, EUROSTAT energy balances, International Energy Agency report and other economic and energy statistics. An important part of the research is based on the analysis of energy security, which has been used by a number of countries. Based on the analysis, the need to strengthen Georgia's energy security and its weak points, which are the first task of the country's security, have been identified. Based on the conducted work, recommendations are developed and conclusions are presented.

*Ill. 3, bibl. 6.*

## **ПРИНЦИПЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУЗИИ.**

*Н.Арабидзе, М. Арабидзе, С.Миндиашвили.*

"Энергия". №1 (105). 2023. Тбилиси. с. 5-12. груз. реф. англ., рус.

Геополитическое положение Грузии и ряд других факторов имеет особое значение и заслуживает внимания в сфере энергетической безопасности страны. Необходимость энергетической безопасности вытекает также из стремления страны стать полноправным и равноправным членом западного демократического мира. Исходя из вышеизложенного, в рамках работы проведен анализ энергетического сектора Грузии, на основании которого утверждена необходимость реализации мер по укреплению энергетической безопасности. Исследование основано на агрегированном энергетическом балансе Грузии за 2013-2020 годы, энергетическом балансе Евростата, отчете Международного энергетического агентства и другой экономической и энергетической статистике. Важная часть исследования основана на анализе энергетической безопасности, который был использован рядом стран. На основе анализа выявлены необходимость укрепления энергетической безопасности Грузии и ее слабые места, являющиеся первоочередной задачей безопасности страны. В результате проведенной работы разработаны рекомендации и представлены выводы.

*Илл. 3, лит. 6 назв.*

დიდი სიმძლავრის ელექტროენერჯის დამაგროვებლები  
ელექტროენერგეტიკული სისტემის რეჟიმული მდგრადობის უწყვეტ  
რეჟიმში შენარჩუნების უზრუნველყოფისათვის და კონკურენტული  
ბაზრების განვითარებისთვის საქართველოში

ბორის ჯინჭველეიშვილი - დოქტორანტი, ელექტროენერგეტიკის მაგისტრი

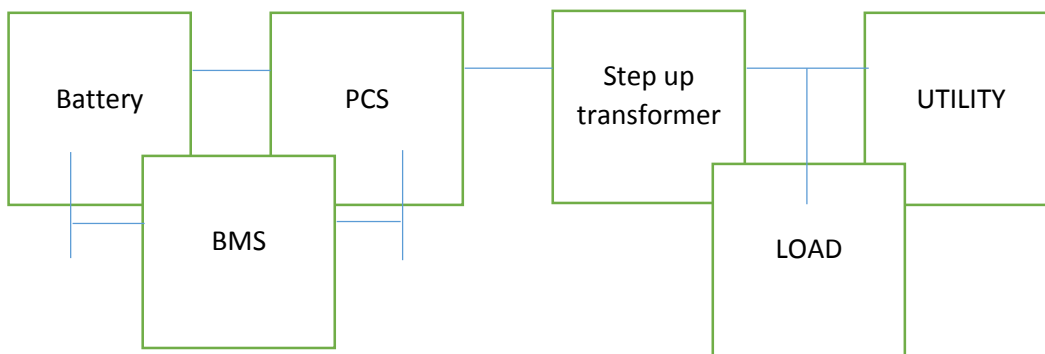
E-mail: jinchveleishvili.boris22@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. სისტემის ელექტროენერგეტიკული ქსელი მოითხოვს უწყვეტად სიხშირის და ძაბვის ნომინალური ზღვრების დაცვას, ასევე მომხარება - მიწოდებას შორის ბალანსის შენარჩუნებას და ავარიის შემდგომ სისტემის ნოლიდან აღდგენის უზრუნველყოფას, ამ მიზნით ელექტროენერჯის დამაგროვებლები დაარეგულირებს და რეჟიმულად გაამარტივებს ყოველივე ზემოთ აღნიშნულ პროცესს ბატარეის მართვის სისტემისა და მონაცემთა შეგროვებისა და დისპეტჩერული მართვის (SCADA) სისტემის საშუალებით. სტატიაში მოყვანილია 500 კვ-ის ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების, რეაქტორების და მუდმივი დენის ჩანართის ტევადური შუნტის ჩართვით და გამორთვით გამოწვეული რეჟიმის ცვლილების ამსახველი სურათები, სადაც თვალნათლივ იკვეთება ელექტროენერჯის დამაგროვებლის რეჟიმული საჭიროება. ასევე ყურადღებაა გამახვილებული და დასაბუთებულია ელექტროენერჯის დამაგროვებლების მონტაჟის საჭიროება განსაკუთრებით 500 კვ-ის ქვესადგურებში.

საკვანძო სიტყვები: ენერჯის სისტემა, ელექტროენერჯია, ელექტროგადამცემი ხაზები, სიმძლავრე, ავტოტრანსფორმატორი.

ენერჯის დამაგროვებელი დანადგარები უნდა ხასიათდებოდეს შემდეგი მონაცემებით: წმინდა დამუხტვისა და განმუხტვის სიმძლავრე, ენერჯის დამაგროვებლის ნომინალური სიმძლავრე და ციკლის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.



ნახ. 1. ენერჯის დამაგროვებელი ბატარეების სისტემის (BESS)

ძირითადი სტრუქტურული სქემა:

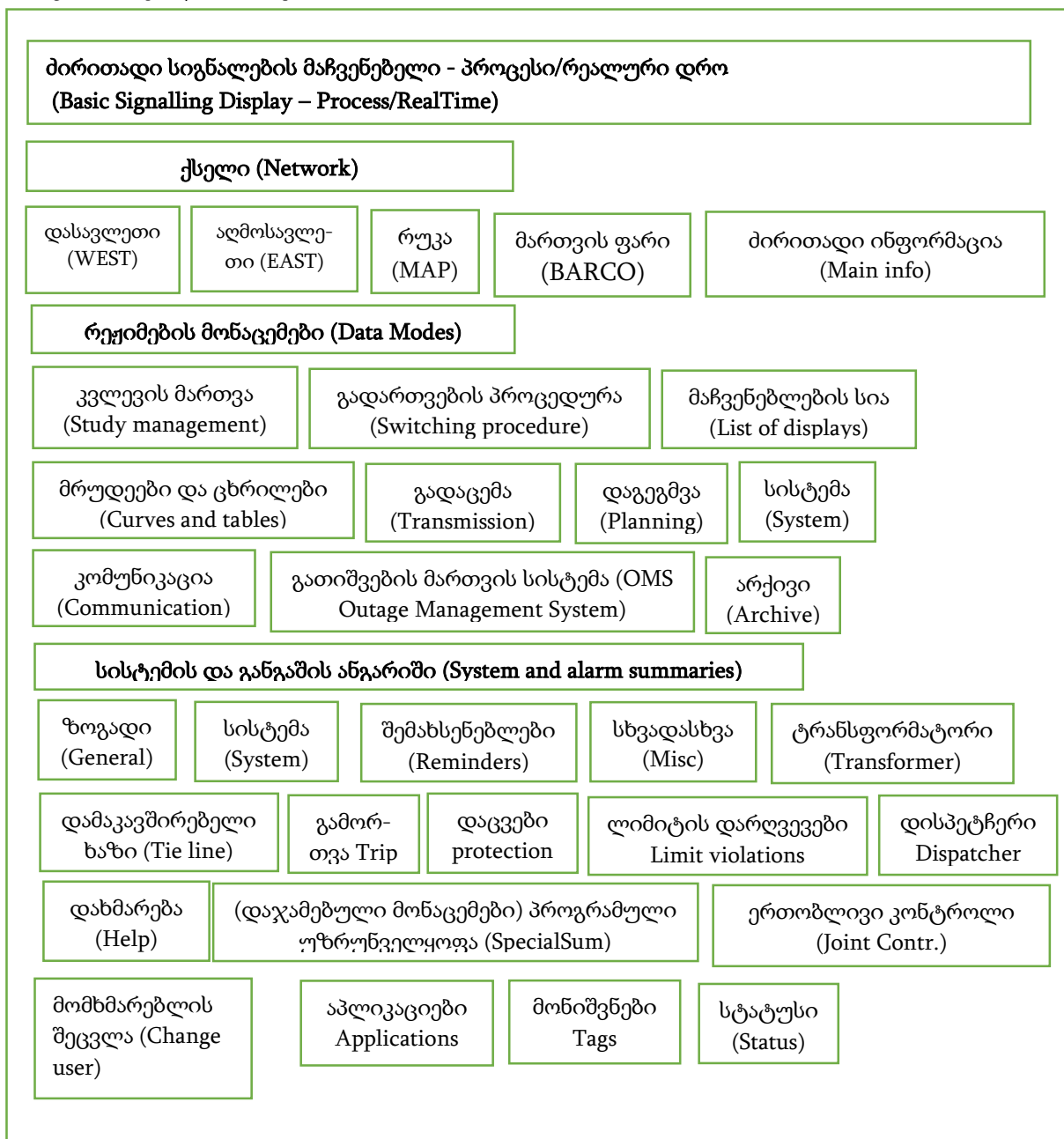
BMS - ბატარეის მართვის სისტემა; PCS - ენერჯის გარდამქმნელი ინვენტორული სისტემა

ენერჯის დამაგროვებელი ბატარეების (BESS) სისტემები დაკავშირებული უნდა იყოს მონაცემთა შეგროვებისა და დისპეტჩერული მართვის (SCADA) სისტემასთან.

მონაცემთა შეგროვებისა და დისპეტჩერული მართვის (SCADA) სისტემა უზრუნველყოფს ყველა იმ საშუალებას, რაც საჭიროა სისტემის დისპეტჩერული მართვისთვის.

ელექტროენერჯის დამაგროვებლები, მათ შორის ზეგამტარული ელექტროენერჯის დამაგროვებელი, რომელიც მყისიერად უზრუნველყოფს გასცეს ან მიიღოს აქტიური სიმძლავრე ავარიის დროს, შეამსუბუქებს ავარიის გაუარესების ხარისხს უკვე არსებულ საშუალებებთან, რომელიც ქვემოთ არის ნახსენები.

**სიმენსის სკადას პროგრამა**



**ნახ. 2. SCADA-ს ძირითადი სიგნალების მაჩვენებელი**

ამჟამად არსებული მდგომარეობით ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკა ქვეყნის დასავლეთ ნაწილში 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზის ავარიული გამორთვის შემთხვევაში, როდესაც 500 კვ ელექტროგადამცემ ხაზზე და 500კვ ქვესადგურების ავტოტრანსფორმატორებზე ჯამურად არის იმდენი ტვირთი, რომ ხაზს უდგას ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის (ასას) მოქმედების პირობა, ასას მოქმედებით გამოირთვება გენერაცია და შესაბამისი მომხმარებელი აღმოსავლეთ ნაწილში, რაც აგვარიდებს სრულ ჩაქრობას, რადგან დარჩება 220 კვ-ის ელექტროგადამცემი ხაზებით კავშირი დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს შორის და არ გადაიტვირთება აღნიშნული 220 კვ-ის ძაბვის ქსელი.

ასევე, თუ ვმუშაობთ ავტონომიურ რეჟიმში სიხშირის დაცემის შემთხვევაში, რაც გამოწვეული შეიძლება იყოს გენერაციის ავარიულად გამორთვით, ან თუ ვმუშაობთ პარალელურ რეჟიმში მეზობელ ქვეყანასთან, მიმდინარეობს იმპორტი (>50 მგვტ-ზე) და ავარიულად გამორთვება სისტემათაშორისო ელექტროგადამცემი ხაზი, ამ დროს ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის არასწორი მუშაობით ანუ არასაკმარისი მომხმარებლების გამორთვის გამო, შესაძლებელია იმუშაოს საგმა, სიხშირის ავტომატური განტვირთვა ზაფხულის დანაყენის რეჟიმში დაიწყებს 49,2 ჰერციდან მომხმარებლის გამორთვებს და გამორთავს მომხმარებლებს სიხშირის 47 ჰერცამდე დაცემის შემთხვევაში, 0,1 ჰერცის დიაპაზონით 40 მგვტ თითოეულ საფეხურზე, ხოლო ზამთრის დანაყენის რეჟიმში 49 ჰერციდან იწყებს მომხმარებლის გამორთვებს და გამორთავს მომხმარებლებს სიხშირის 47 ჰერცამდე დაცემის შემთხვევაში, 0,1 ჰერცის დიაპაზონით 40 მგვტ თითოეულ საფეხურზე, ხოლო თუ სიხშირე ჩამოსცდა 47 ჰერცს გენერატორებზე იმუშავებს სიხშირის დაწვევისაგან დაცვა და გამორთავს გენერატორს. ასევე ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის არასწორი მუშაობით საჭიროზე ზედმეტი მომხმარებლების გამორთვის გამო, თუ სისტემაში სიხშირე ასცდა 51 ჰერცს, მაშინ გენერატორებზე იმუშავებს სიხშირის აწვევისაგან დაცვა და გამორთავს გენერატორებს.

შიდა სასისტემო 500კვ ელექტროგადამცემი ხაზის გეგმიურად ან ავარიულად გამორთვის დროს, როდესაც ხაზზე არის იმდენი ტვირთი, რომ ხაზს არ უდგას ავარიის საწინააღმდეგო ავტომატიკის (ასას) მოქმედების პირობა, სისტემაში იქმნება რეაქტიული სიმძლავრის დეფიციტი პროპორციით ელექტროგადამცემი ხაზის სიგრძე გამრავლებული 0,9-ზე. მაგალითად, თუ 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზის სიგრძე არის 128 კმ, მისი გამორთვის შემთხვევაში რეაქტიული სიმძლავრის დეფიციტი შეადგენს  $128 \times 0,9 = 115$  მვარ-ს. ამ დროს სისტემაში ძაბვები ეცემა და ქვეყნის მოხმარებაც მცირდება, რაც პარალელური მუშაობისას მეზობელ ქვეყანასთან მიმდინარე იმპორტის დროს შეამცირებს ელექტროენერგიის გადმოდინებას (იმპორტს) და ექსპორტის დროს გაზრდის ელექტროენერგიის გადინებას (ექსპორტს) ქვეყნის მოხმარების შემცირების ცვლილების

პროპორციულად, შემდეგ აღნიშნულს დაარეგულირებს და მეზობელ ქვეყანასთან ექსპორტ-იმპორტის გრაფიკს აღადგენს გენერატორი, რომელზეც სიმძლავრის ავტომატური რეგულირებაა (ეიჯისი) შეყვანილი. მაგალითად, ქვეყნის დასავლეთ ნაწილში 500კვ ელექტროგადამცემი ხაზის გეგმიურად გამორთვის შემთხვევაში წინასწარ მზადდება რეჟიმი, რაც გულისხმობს აღმოსავლეთ საქართველოში და განსაკუთრებით ზესტაფონის კვანძში არსებულ ჰიდროელექტროსადგურებში ჰესების აქტიური სიმძლავრით დატვირთვას, რათა შემცირდეს 500 კვ ელექტროგადამცემ ხაზზე ტვირთი აღმოსავლეთის მიმართულებით, ასევე ჰესებში მაქსიმალურად ხდება გენერატორების რეაქტიული სიმძლავრით დატვირთვა ძაბვის აწევის მიზნით.

მნიშვნელოვანია აღნიშნოს, რომ 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზი, რომლის სიგრძე არის 165 კმ, გეგმიურად გამორთვის შემთხვევაში ხაზთან ერთად უნდა გამოირთოს 500კვ რეაქტორიც, რადგან ხაზის გამორთვით გამოწვეული რეაქტიული ენერჯის დეფიციტი  $165 \times 0,9 = 149$  მვარ გააკომპენსიროს 500 კვ-ის მაშუნტირებელი რეაქტორის გამორთვამ, 500კვ რეაქტორის გამორთვით სისტემაში შეიქმნება რეაქტიული ენერჯის სიჭარბე 180 მვარ, რომელიც გააკომპენსირებს ხაზის გამორთვით მიღებული რეაქტიული ენერჯის დეფიციტს.

500 კვ რეაქტორის გამორთვა ხდება ქვეყნის მოხმარების მაქსიმუმის პიკის დროს, რადგან (ქვეყნის მოხმარების მაქსიმუმის პიკის დროს) მოხმარება მაქსიმალურად იზრდება და მომხმარებელი აქტიურ ენერჯიასთან ერთად მოიხმარს რეაქტიულ ენერჯიასაც, სისტემაში იქმნება რეაქტიული ენერჯის დეფიციტი და ძაბვები ეცემა. ამის გამო ასევე შესაძლებელია გენერატორებზე რეაქტიული ენერჯის დამატებაც. შემდეგ ხდება რეაქტორის გამორთვა ან რეაქტორებზე, რომლებსაც აქვს ანცაპი, შესაძლებელია ანცაპის გადაწევა ძაბვის გაზრდის მიზნით, 500 კვ რეაქტორებს აქვს ანცაპის 35 პოზიცია, 500 კვ ანცაპიანი რეაქტორის მინიმალური რეაქტიული ენერჯის მოხმარება არის 115 მვარ, ხოლო მაქსიმალური რეაქტიული ენერჯის მოხმარებაა 180 მვარ. აქედან გამომდინარე რეგულირება შესაძლებელია 65 მვარ-ის დიაპაზონის ფარგლებში ზევით და ქვევით და ამ შემთხვევაში ანცაპს გადავწევთ, ისე და იმ პოზიციაში, რომ 500კვ რეაქტორმა მოიხმაროს მინიმალური რეაქტიული ენერჯია. 500 კვ რეაქტორის გამორთვით ძაბვები იზრდება და ასევე იზრდება ქვეყნის მოხმარებაც, თუ საქართველოს ენერჯოსისტემა პარალელში მუშაობს მეზობელ ქვეყანასთან და მიმდინარეობს იმპორტი, 500 კვ რეაქტორის გამორთვით გრაფიკით მიმდინარე იმპორტი გაიზრდება დაახლოებით 50 მგვტ-ით, რასაც დაარეგულირებს გენერატორი, რომელზეც ეიჯისი (სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება) არის შეყვანილი და გაასწორებს იმპორტს გრაფიკის მიხედვით.



ავტონომიურ რეჟიმში 500 კვ რეაქტორის გამორთვის დროს წინასწარ ხდება რეჟიმის მომზადება, სიხშირე ხელოვნურად უნდა გაზარდოთ 50,5 ჰერცამდე. ამისათვის გენერატორზე აქტიური სიმძლავრის სწრაფად დამატებით იზრდება სიხშირე სისტემაში და როდესაც სიხშირე მიაღწევს 50,5 გამოვრთავთ 500 კვ რეაქტორს, ამ დროს რეაქტორის გამორთვით გამონთავისუფლებული ენერგია 180 მვარ გაზრდის ძაბვას, ძაბვის გაზრდით გაიზრდება ქვეყნის მოხმარება დაახლოებით 50 მგვტ-ით და სიხშირე მომენტალურად შემცირდება 49,5 ჰერცამდე. შემდეგ სიხშირეს დაარეგულირებს სიხშირის რეგულატორი, რომელიც ერთერთ გენერატორზეა შეყვანილი.

500 კვ რეაქტორის ჩართვა ხდება ქვეყნის მოხმარების მინიმუმის დროს, რადგან ამ დროს მოხმარება მაქსიმალურად მცირდება, აქტიური ენერგიის მოხმარების შემცირებასთან ერთად მცირდება რეაქტიული ენერგიის მოხმარებაც და სისტემაში იქმნება რეაქტიული ენერგიის სიჭარბე და ძაბვები იზრდება. ამის გამო ასევე შესაძლებელია გენერატორებზე რეაქტიული ენერგიის მოხსნაც. შემდეგ ხდება 500 კვ რეაქტორის ჩართვა ან რეაქტორზე ანცაპის გადაწევა ძაბვის შემცირების მიზნით, აღნიშნულ შემთხვევაში ანცაპს გადავწევთ იმ პოზიციაში, რომ 500 კვ რეაქტორმა მოიხმაროს მაქსიმალური რეაქტიული ენერგია. 500 კვ რეაქტორის ჩართვით ძაბვები მცირდება და ასევე მცირდება ქვეყნის მოხმარებაც, თუ საქართველოს ენერგოსისტემა პარალელში მუშაობს რუსეთთან და მიმდინარეობს იმპორტი, 500 კვ რეაქტორის ჩართვით გრაფიკით მიმდინარე იმპორტი შემცირდება დაახლოებით 50 მგვტ-ით, რასაც დაარეგულირებს გენერტორი, რომელზეც ეიჯისი (სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება) არის შეყვანილი და გაასწორებს იმპორტს გრაფიკის მიხედვით.

ავტონომიურ რეჟიმში 500 კვ რეაქტორის ჩართვის დროს წინასწარ ხდება რეჟიმის მომზადება, სიხშირე ხელოვნურად უნდა დავწიოთ 49,5 ჰერცამდე. ამისთვის გენერატორზე აქტიური სიმძლავრის სწრაფად მოხსნით შემცირდება სიხშირე სისტემაში და როდესაც სიხშირე მიაღწევს 49,5 ჰერცს ჩავრთავთ 500 კვ რეაქტორს, ამ დროს 500კვ რეაქტორის ჩართვით რეაქტორის მიერ ათვისებული ენერგია 180 მვარ შეამცირებს ძაბვას, ძაბვის შემცირებით შემცირდება ქვეყნის მოხმარება დაახლოებით 50 მგვტ-ით და სიხშირე მომენტალურად გაიზრდება 50,5 ჰერცამდე. შემდეგ სიხშირეს დაარეგულირებს სიხშირის რეგულატორი, რომელიც ერთერთ გენერატორზეა შეყვანილი.

რეჟიმული თვალსაზრისით დიდ სიმძლავრის ჰიდროგენერატორებს და თბოენერგობლოკებს აქვს შესაძლებლობა ავტომატურად ნაწილობრივ დაარეგულიროს რეაქტიული სიმძლავრის დეფიციტი, ან სიჭარბე ენერგოსისტემაში, აღნიშნული მყისიერად მოქმედებს 500 კვ მაშუნტირებელი რეაქტორის და შიდა სასისტემო 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზის ჩართვის ან გამორთვის დროს, ასევე სხვა ქვეყნებთან პარალელური მუშაობის დროს სისტემატაშორისო ხაზზეც ავტომატურად აისახება რეაქტიული ენერგიის გადმოდინების ცვლილება.

მეზობელ ქვეყანასთან საქართველოს ენერგოსისტემის პარალელური მუშაობის დროს ერთერთ გენერატორზე შეყვანილი არის ეიჯისი (სიმძლავრის ავტომატური რეგულირება), რომელიც არეგულირებს ექსპორტ-იმპორტს სისტემათაშორისო ხაზზე წინასწარ დამტკიცებული და სკადაში შეყვანილი გრაფიკის მიხედვით და ასევე ერთერთ გენერატორზე შეყვანილია სიხშირის რეგულატორი, რომელიც სისტემათაშორისო ხაზის ავარიული გამორთვის შემთხვევაში დაარეგულირებს სიხშირეს სისტემაში. ამისთვის გენერატორზე, რომელზეც სიხშირის რეგულატორია შეყვანილი უნდა იყოს დაახლოებით ტვირთი ნომინალურის ნახევარი, რათა რეგულირების დიაპაზონი ქონდეს გენერატორს როგორც სიმძლავრის გაზრდაზე, ასევე შემცირებაზე.

საქართველოს ენერგოსისტემის ავტონომიურ რეჟიმში მუშაობის დროს ერთერთ გენერატორზე შეყვანილია სიხშირის რეგულატორი, რომელიც უწყვეტ რეჟიმში არეგულირებს სიხშირეს სისტემაში.

რეჟიმულად ყველაზე საიმედო არის საქართველოს ენერგოსისტემის იმ მეზობელ ენერგოსისტემასთან პარალელურ რეჟიმში მუშაობა, რომლიდანაც იმპორტის განხორციელების დროს არ გადაიტვირთება დასავლეთში არსებული შიდასასისტემო 500კვ-ის ელექტროგადამცემი ქსელი პარალელურად მუდმივი დენის ჩანართით ექსპორტის განხორციელების შემთხვევაში და საქართველოს ენერგოსისტემა ამჟამად უკვე სამი სისტემათაშორისო ხაზით იქნება დაკავშირებული მეზობელ ენერგოსისტემასთან, ვისგანაც ხორციელდება იმპორტი. სასურველია მეზობელი ენერგოსისტემა თავის მხრივ კიდევ სხვა მეზობელ ენერგოსისტემასთან მუშაობდეს პარალელურ რეჟიმში სიხშირის ხარისხის გაუმჯობესებისთვის.

საქართველოს ენერგოსისტემისთვის ასევე დიდ საფრთხეს წარმოადგენს 500 კვ ავტოტრანსფორმატორების ავარიული გამორთვა ქვესადგურებში:

1. 500 კვ ქვესადგურებში, როდესაც არის მომხმარებელი 50 მგვტ-ზე მეტი, ანუ ავტოტრანსფორმატორზე ჩამომავალი ტვირთი არის 50 მგვტ-ზე მეტი.

2. 500 კვ ქვესადგურებში, სადაც შედის გენერაცია 50 მგვტ-ზე მეტი, ანუ ავტოტრანსფორმატორზე დაბალი ძაბვის ქსელიდან ადის ტვირთი მაღალი ძაბვის ქსელისკენ 50 მგვტ-ზე მეტი.

მაგალითისთვის 500 კვ ქვესადგურში 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის ავარიული გამორთვა მომიჯნავე 500 კვ ქვესადგურებში (რომლებთანაც პირდაპირ არის დაკავშირებული 500 კვ ელექტროგადამცემი ხაზებით) იწვევს ავტოტრანსფორმატორების დამატებით დატვირთვას, რა ტვირთიც ჩამოდიოდა ავარიულ გამორთვამდე 500 კვ ავტოტრანსფორმატორზე 500 კვ-დან 220 კვ-ის ქსელში, იმაზე ცოტათი ნაკლები ტვირთი გადანაწილდება და დაემატება მომიჯნავე ქვესადგურების ავტოტრანსფორმატორებს,

განსაკუთრებით აღნიშნული არასასურველია ჰესებში წყლის შემოდინების სიმცირის დროს, როდესაც ტვირთები მცირე აქვს ჰესებს ავარიულად გამორთული ავტოტრანსფორმატორის რეგიონში, ასევე აღსანიშნავია, რომ თუ აღმოსავლეთ საქართველოს 500 კვ ავტოტრანსფორმატორებზეა საუბარი, იგივე სურათი არის, როდესაც არ მუშაობს თბოსადგურები, რადგან ამ დროს ავარიულად გამორთული ავტოტრანსფორმატორზე 500 კვ-დან 220 კვ-ის ქსელში ჩამომავალი ტვირთი მაქსიმალურად დიდი იქნება. ასევე 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის გამორთვის დროს 500კვ ქვესადგურში ძალიან ეცემა ძაბვები 220 კვ-ის ქსელში, მაგალითისთვის, დაახლოებით 220 კვ-ის ქსელში 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის ავარიულ გამორთვამდე, თუ იყო ძაბვა 220 კვ, მაშინ გამორთვის შემდეგ ძაბვა 190 კვ-მდეც კი ეცემა, ხოლო 500 კვ-ში ძალიან იზრდება ძაბვები, მაგალითად 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის გამორთვამდე, თუ იყო ძაბვა 500 კვ, გამორთვის შემდეგ 530 კვ-მდეც კი იზრდება.

500 კვ ავტოტრანსფორმატორის გეგმიური გამორთვის დროს მზადდება შემდეგი რეჟიმი: აუცილებლად უნდა მიერთდეს სისტემას კვანძში არსებული გენერაციის წყაროები და სისტემასთან მიერთების შემდეგ აიღონ მაქსიმალური აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრეები, ასევე მომხმარებელი მაქსიმალურად უნდა იქნეს გადაყვანილი მეზობელი რეგიონის ავტოტრანსფორმატორებზე და ყველა ზომა უნდა იქნეს მიღებული, რათა 500 კვ ავტოტრანსფორმატორზე გამორთვამდე შემცირდეს ტვირთი მაქსიმალურად, აღნიშნულის განხორციელება შესაძლებელია მხოლოდ დამის საათებში, როდესაც ქვეყნის მოხმარება მინიმალურია, ზუსტად 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის გამორთვის დროს არის რეჟიმულად მნიშვნელოვანი ელექტროენერჯის დამაგროვებლის (Energy storage) არსებობა 500 კვ ქვესადგურში, რათა 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის გამორთვის პერიოდში არ გადაიტვირთოს კვანძში არსებული 220 კვ ძაბვის ქსელი, ასევე ამ დროს აღნიშნულ კვანძში მოხდეს 220 კვ და 110 კვ-ის ძაბვის ქსელში ძაბვების სტაბილიზაცია და დღეღამის განმავლობაში ნებისმიერ დროს იყოს შესაძლებელი 500 კვ ავტოტრანსფორმატორის გეგმიური გამორთვა.

სისტემაში ძაბვის დაწვევის მიზნით შესაძლებელია 500 კვ-ის ტევადური შუნტის გამორთვა, აღნიშნული ტევადური შუნტი აგენერირებს დაახლოებით 70 მვარ რეაქტიულ ენერჯიას.

ელექტროენერჯის დამაგროვებლები არსებობა 500 კვ-ის ქვესადგურებში, ყოველივე ზემოთ აღნიშნულ რეჟიმულ პროცესებს გაამარტივებს და უსაფრთხოს გახდის ძაბვის და სიხშირის რეგულირებით, ასევე აქტიური სიმძლავრის და რეაქტიული სიმძლავრის ქსელში გაცემის და ქსელიდან მიღების ხარჯზე BMS - ბატარეის მართვის სისტემის საშუალებით, ასევე დიდი სიმძლავრის ელექტროენერჯის დამაგროვებლები ხელს უწყობს კონკურენტული ბაზრების განვითარებას საქართველოში.

1. [https://energyonline.ge/index.php?option=com\\_content&view=article&id=252&Itemid=236&lang=en](https://energyonline.ge/index.php?option=com_content&view=article&id=252&Itemid=236&lang=en)
2. <https://www.electricaltechnology.org/2018/08/shunt-reactor.html>
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630719308672>
4. <https://ieeexplore.ieee.org/document/127046>
5. <https://www.gse.com.ge>
6. <https://www.sakrusenergo.ge>
7. <https://www.energo-pro.ge>
8. <http://www.telasi.ge>
9. <https://www.gogc.ge>
10. <https://www.esco.ge>
11. <https://www.genex.ge>
12. <https://www.fund.ge>
13. <https://www.engurhesi.ge>
14. <https://gedf.com.ge/project/4-qartlis-qaris-eleqtrosadguri>
15. <https://gnerc.org>
16. <https://www.telmico.ge>
17. <https://www.gwp.ge>
18. <https://www.ag.ge>
19. <https://www.trianglemicroworks.com>

**HIGH-CAPACITY ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR ENSURING CONTINUOUS MAINTENANCE OF THE MODE STABILITY OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM AND FOR THE DEVELOPMENT OF COMPETITIVE MARKETS IN GEORGIA.**

B. Jintchveleishvili. "Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p. 13-21. geo. sum geo. engl. rus.

The electrical power network of the system requires continuously maintaining the nominal limits of frequency and voltage, as well as maintaining a balance between supply and demand and managed to eliminate system accident, for this purpose, energy storage systems will regulate and systematically simplify all the above-mentioned processes through Battery Management Systems (BMS) and Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). The article mentions images showing the mode change caused by turning on and off the shunt reactors, the back-to-back shunt capacitor and the 500 KV power transmission lines, where the need for an energy storage systems mode is clearly evident, the article also focuses on and substantiates the need for installation of energy storage systems, especially in 500 kV substations.

*Ill. 2, bibl. 19.*

**ХРАНИЛИЩЕ ЭНЕРГИИ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ РЕЖИМА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНТНЫХ РЫНКОВ В ГРУЗИИ.**

*Б.Джинчвелеишвили.*

"Энергия". №1 (105). 2023. Тбилиси. с. 13-21. груз. реф. англ., рус.

Электроэнергетическая сеть системы зависит от постоянного поддержания номинальных пределов частоты и напряжения, а также баланса между электроснабжением и потреблением и управляемым устранением системной аварии. При этом системы хранилища энергии будут регулировать, что систематически упростит все вышеупомянутые процессы через системы управления батареями (BMS) и системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA). В статье упоминаются изображения, показывающие смену режима, вызванного включением и выключением шунтирующих реакторов, встречно-шунтирующего конденсатора и ЛЭП 500 кВ, где явно очевидна необходимость режима систем хранилища энергии. Также акцентируется внимание и обосновывается необходимость установки систем хранилища энергии, особенно на подстанциях 500 кВ.

*Илл. 2, лит.19.*

კონკურენტული ბაზრების პირობებში ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში  
ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ეკონომიკური სარგებლიანობის  
შეფასება

*თენგიზ მუსელიანი* - დოქტორი

E-mail: museliani@yahoo.com

*ბორის ჯინჭველიშვილი* - დოქტორანტი, ელექტროენერგეტიკის მაგისტრი

E-mail: jinchveleishvili.boris22@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

*ანოტაცია. მძლავრი ენერჯო დამაგროვებლის ეკონომიკური სარგებლიანობის შეფასება მთლიანად საქართველოს ენერჯოსისტემისათვის, მაშინ როდესაც ენერგეტიკის სფეროში იგეგმება ძირეული ცვლილებები, ახალი ბაზრების გაშვება, როგორცაა დღით ადრე ბაზარი, დღიური ბაზარი, საბალანსო და დამხმარე მომსახურებების ბაზარი და ორმხრივი ხელშეკრულებების ბაზარი.*

*საკვანძო სიტყვები: ენერჯო დამაგროვებელი, დღით ადრე ბაზარი, დღიური ბაზარი, საბალანსო ბაზარი, ორმხრივი ხელშეკრულებების ბაზარი, ზღვრული ხარჯი.*

კონკურენტულ ბაზრებზე ფასის წარმოქმნა ძირითადად დაფუძნებულია მთავარ პრინციპზე, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: ბაზრის ყველა მონაწილემ თავის განაცხადში ელექტროენერჯის ფასი უნდა დააფიქსიროს ელექტროენერჯის წარმოების ზღვრული ხარჯის ფასის მიხედვით.

კონკურენტულ ბაზრებზე მძლავრი ელექტროენერჯის დამაგროვებლების შემთხვევაში, ენერჯოდამაგროვებელს, როგორც მონაწილეს არ ექნება უბალანსობა ბატარეას მართვის სისტემის საშუალებით, შესაბამისად არ დაეკისრება დამამძიმებელი უბალანსობის გადასახდელი თანხა და მოგება იქნება მაქსიმალური.

ყველა კომპანია თუ საწარმო მიისწრაფვის მოგების მაქსიმიზაციისკენ, მოგება კი თავის მხრივ ნიშნავს სრული შემოსავლისა და სრული ხარჯის სხვაობას. სრული ხარჯი მოიცავს სრული ფიქსირებული ხარჯისა და სრული ცვლადი ხარჯის ჯამს.

ზღვრული ხარჯი არის ყოველი ახალი პროდუქციის წარმოებით გამოწვეული ხარჯი, ზღვრული შემოსავალი კი არის ყოველი ახალი პროდუქციის წარმოებით მიღებული შემოსავალი, როდესაც ზღვრული ხარჯი გაუტოლდება ზღვრულ შემოსავალს, მაშინ მიიღწევა მოგების მაქსიმიზაცია.

პირველ წარმოებულ პროდუქციაზე ზღვრული ხარჯი და ცვლადი ხარჯი ერთმანეთის ტოლია, შემდეგ ფაქტიურად ცვლადი ხარჯი არის ზღვრული ხარჯების ჯამის ტოლი.

ფასი როდესაც არის საშუალო ცვლადი ხარჯის მრუდის ზემოთ, მაშინ კომპანია მოკლევადიან პერიოდში განაგრძობს პროდუქციის წარმოებას, ხოლო თუ ფასი არის საშუალო მთლიანი ხარჯის მრუდის ზემოთ მაშინ კომპანიები გრძელვადიანი პერიოდით შედიან ბაზარზე, იგულისხმება ზღვრული ხარჯის მრუდის გადაკვეთა საშუალო ცვლადი ხარჯისა და საშუალო მთლიანი ხარჯის მრუდთან. საშუალო ცვლადი ხარჯი არის მთლიანი ცვლადი ხარჯი გაყოფილი პროდუქციის რაოდენობაზე, ხოლო საშუალო მთლიანი ხარჯი არის მთლიანი ხარჯი გაყოფილი პროდუქციის რაოდენობაზე.

კონკურენციულ ბაზარზე მძლავრი ელექტროენერჯის დამაგროვებელს, როგორც მონაწილეს შეუძლია იყოს მომხმარებელიც (მოთხოვნა) და ასევე გენერაციის წყაროც (მიწოდება).

დღით ადრე ბაზარზე მოთხოვნის და მიწოდების მრუდები უნდა იყოს ელასტიური, როდესაც ელასტიურობა ერთზე მეტია მაშინ ფასის ცვლილება მნიშვნელოვნად მოქმედებს პროდუქციის რეალიზების რაოდენობის ცვლილებაზე, ხოლო თუ ელასტიურობა ერთზე ნაკლებია მაშინ ფასის ცვლილება ნაკლებად რეაგირებს პროდუქციის რეალიზების რაოდენობის ცვლილებაზე და იმ შემთხვევაში, როდესაც ელასტიურობა ერთის ტოლია მაშინ საქმე გვაქვს ერთეულოვან ელასტიურობასთან.

ელასტიურობა პირდაპირპროპორციულია პროდუქციის რეალიზების რაოდენობის ცვლილებისა და უკუპროპორციულია ფასის ცვლილებისა.

აღსანიშნავია, რომ პიკის დროს ელექტროენერჯის ფასი უფრო ძვირი იქნება, რადგან მოთხოვნა იზრდება და მოთხოვნის მრუდი იქნება შედარებით არაელასტიური დროის მცირე მონაკვეთში, ასევე პიკის დროს საბალანსო და დამხმარე მომსახურების ბაზარზე გააქტიურდება ყველაზე ძვირიანი პროდუქტებიც, ხოლო პიკის გადასვლის შემდეგ მოთხოვნა თანდათანობით ისევ მცირდება. ზუსტად აქ ჩანს ელექტროენერჯის დამაგროვებლის როლი და მისი საჭიროება, იგულისხმება ელექტროენერჯის დამაგროვებელს შეუძლია გასცეს ელექტროენერჯია მაშინ, როდესაც სისტემაში იქნება ელექტროენერჯის დეფიციტი და ელექტროენერჯის ფასი მაღალი.

როდესაც მიმწოდებელი ან მწარმოებელი თვითონ ზრდის ფასს, ისე რომ ფასის ზრდა არ არის გამოწვეული პროდუქციაზე მოთხოვნის გაზრდით, მაშინ ფასის ზრდასთან ერთად შემცირდება მოთხოვნა პროდუქციაზე, ხოლო თუ მომხმარებლის მხრიდან მოთხოვნის გაზრდით არის გამოწვეული ფასის ზრდა პროდუქციაზე, ამ შემთხვევაში ფასის ზრდასთან ერთად გაიზრდება მოთხოვნა პროდუქციაზე. საქართველოში ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნა იზრდება, მაგრამ ყველა მონაწილემ კონკურენტულ ბაზარზე ელექტროენერჯის

ფასი უნდა წარადგინოს, როგორც თავში ვთქვით მისი წარმოების ზღვრული ფასის შესაბამისად.

ენერგეტიკული ბაზრების რეფორმის პირობებში, გარდამავალ ეტაპზე იარსებებს მოსახლეობისთვის საჯარო მომსახურების გამწვანების ვალდებულება, რომლის თანახმადაც ელექტროენერგია და ბუნებრივი გაზი საყოფაცხოვრებო მომხმარებლებს და მცირე საწარმოებს მიეწოდებათ საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის მიერ რეგულირებულ ფასად, რაც დაიცავს მოქალაქეებს ტარიფების მნიშვნელოვანი ზრდისგან.

უნივერსალური მიმწოდებელი, რომელიც ვალდებულია ივაჭროს დღით ადრე ბაზარზე, მასთან და საჯარო მომსახურების გამწვან მწარმოებელთან ელექტროენერგიის ფასთა შორის სხვაობას დაარეგულირებს საბითუმო საჯარო მომსახურების ორგანიზაცია (ეხლანდელი ესკო) სემეკის მიერ დადგენილი ტარიფის შესაბამისად. უნივერსალური მიმწოდებელი ელექტროენერგიას აწვდის საყოფაცხოვრებო მომხმარებელს საცალო ბაზარზე.

აღნიშნული რეგულირდება შემდეგნაირად:

უნივერსალური მიმწოდებლის შემთხვევაში

1. თუ დღით ადრე ბაზრის აუქციონზე უნივერსალურმა მიმწოდებელმა შედარებით ძვირად იყიდა ელექტროენერგია ვიდრე სემეკის მიერ დადგენილი ტარიფია, მაშინ საბითუმო საჯარო მომსახურების ორგანიზაცია ფასთა შორის სხვაობას აუნაზღაურებს უნივერსალურ მიმწოდებელს;

2. პირიქით იქნება თუ დღით ადრე ბაზრის აუქციონზე უნივერსალურმა მიმწოდებელმა შედარებით იაფად იყიდა ელექტროენერგია ვიდრე სემეკის მიერ დადგენილი ტარიფია, მაშინ უნივერსალური მიმწოდებელი ფასთა შორის სხვაობას აუნაზღაურებს საბითუმო საჯარო მომსახურების ორგანიზაციას;

საჯარო მომსახურების გამწვანების მწარმოებლის შემთხვევაში

3. თუ დღით ადრე ბაზრის აუქციონზე საჯარო მომსახურების გამწვანების მწარმოებელმა შედარებით ძვირად გაყიდა ელექტროენერგია ვიდრე სემეკის მიერ დადგენილი ტარიფია, მაშინ საჯარო მომსახურების გამწვანების მწარმოებელი ფასთა შორის სხვაობას აუნაზღაურებს საბითუმო საჯარო მომსახურების ორგანიზაციას;

4. პირიქით იქნება თუ დღით ადრე ბაზრის აუქციონზე საჯარო მომსახურების გამწვანების მწარმოებელმა შედარებით იაფად გაყიდა ელექტროენერგია ვიდრე სემეკის მიერ დადგენილი ტარიფია, მაშინ საბითუმო საჯარო მომსახურების ორგანიზაცია ფასთა შორის სხვაობას აუნაზღაურებს საჯარო მომსახურების გამწვანების მწარმოებელს.



აღსანიშნავია, რომ დღით ადრე ბაზრის აუქციონზე ყოველ საათში შესაძლებელია დაფიქსირდეს ელექტროენერჯის განსხვავებული ფასი და ეს ფასი საათის ჭრილში იქნება აუქციონის ყველა მონაწილისთვის ერთიდაიგივე.

დღით ადრე ბაზარზე მოთხოვნა მიწოდების აგრეგირებული მრუდების გადაკვეთის წერტილი ანუ წონასწორობის წერტილი არის დღით ადრე ბაზრის ფასი, რომელიც არის ორიენტირი დღიურ ბაზარზე და საბალანსო და დამხმარე მომსახურებების ბაზარზე ფასის ჩამოყალიბებისა, რადგან დღიური ბაზარი არის წონასწორული ფასის დადგენის შემდეგ წარმოშობილი უბალანსობის გამოსწორების შესაძლებლობა.

საბალანსო და დამხმარე მომსახურებების ბაზარზე დაბალანსების მომსახურების მიმწოდებლების მიერ შემოთავაზებული სატენდერო წინადადებების ანუ განაცხადების (ბიდეები) ბაზრის მართვის სისტემის (მმს) პროგრამაში გააქტიურების საშუალებით ხდება საბოლოო დაბალანსება ქვეყნის მოხმარებასა და მიწოდებას შორის.

ბაზრის ლიბერალიზაცია გულისხმობს მონაწილეთა უფლებების დაცვას, გამჭვირვალობას და კონკურენციას, ეს უკანასკნელი ძალზედ მნიშვნელოვანია, რადგან მოხდეს ფასის სწორად ჩამოყალიბება რეალური მოთხოვნისა და მიწოდების შესაბამისად.

საყურადღებოა შემდეგი ფაქტორები:

1. საბითუმო საჯარო მომსახურების ორგანიზაციის მიერ დღით ადრე ბაზრის მონაწილე უნივერსალური მიმწოდებლისთვის და საჯარო მომსახურების გამწევი მწარმოებლისთვის სემეკის მიერ დადგენილ ტარიფთან ფასთაშორის სხვაობის დაფარვა, რადგან კონკურენტულ ბაზრებზე არ უნდა იყოს ხანგრძლივად სახელმწიფო წარმოდგენილი მსგავსი პოზიციით, აღნიშნული მისაღებია მხოლოდ საწყის ეტაპზე სანამ დაინერგება მყარად პრაქტიკაში დღით ადრე, დღიური და საბალანსო ბაზრის სეგმენტები;

2. ბირჟის ოპერატორის მიერ იმ მონაწილეებისთვის, რომელთაც არ აქვთ ვალდებულება დღით ადრე ბაზარზე მონაწილეობისა, დღით ადრე ბაზარზე მონაწილეობის სანაცვლოდ ბირჟის ოპერატორმა შესთავაზოს ბირჟის ოპერატორის მომსახურების 30%-იანი ფასდაკლება, კონკურენტულ ბაზარზე ბირჟის ოპერატორის მომსახურების საფასური ყველასთვის ერთიდაიგივე უნდა იყოს, აქაც ფასდაკლება მისაღებია მხოლოდ საწყის ეტაპზე სანამ დაინერგება მყარად პრაქტიკაში დღით ადრე, დღიური და საბალანსო ბაზრის სეგმენტები;

3. სავარაუდოდ ზემოთ ნახსენები ორი ვარიანტი გამოწვეულია დაბალანსების მომსახურების მიმწოდებლების (BSP) არასაკმარისი რაოდენობით, რომელთაც აღნიშნული სტატუსი მიენიჭებათ გადამცემი სისტემის ოპერატორთან სპეციალური ტესტირების გავლის შემდეგ, რადგან წყალსაცავიანი ჰესები არ არის საქართველოში ქვეყნის მოხმარებიდან

გამომდინარე საკმარისი, როგორც მათი სიმძლავრით (დამოკიდებულია წლის განმავლობაში წყლის შემოდინებაზე), ასევე წყალსაცავიანი ჰესების რაოდენობით, ენერგეტიკული უსაფრთხოებისთვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია წყალსაცავიანი დიდი სიმძლავრის ჰესების აშენება საქართველოში.

კონკურენტულ ბაზარზე დეფიციტის დროს, როდესაც მოთხოვნა მიწოდების მრუდები ერთმანეთს არ გადაკვეთენ, ელექტროენერჯის ფასი იქნება მაქსიმალური და გაყიდული ენერჯია პროპორციულად განაწილდება მყიდველებზე, მაგალითად: თუ გასაყიდი ენერჯია დეფიციტის დროს არის 300 მგვტ.სთ, ხოლო გყყავს ორი მყიდველი, რომლებიც თხოულობენ შესაბამისად 160 მგვტ.სთ და 320 მგვტ.სთ - ჯამურად 480 მგვტ.სთ ენერჯიას, პირველ მყიდველს შეხვდება 100 მგვტ.სთ მოთხოვნილი 160 მგვტ.სთ-დან, ხოლო მეორეს 200 მგვტ.სთ მოთხოვნილი 320 მგვტ.სთ-დან, აქაც თვალნათლივ ჩანს დეფიციტის დროს ელექტროენერჯის დამაგროვებლების საჭიროება.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე რეჟიმული თვასაზრისით მნიშვნელოვანია დიდი სიმძლავრის ელექტროენერჯის დამაგროვებლების მონტაჟი და მათი დანერგვა განსაკუთრებით 500კვ ქვესადგურების მიმდებარედ, რომელიც ხელს შეუწყობს ენერგეტიკული მდგრადობის ამაღლებას და კონკურენტული ბაზრის განვითარებას საქართველოში.

#### ლიტერატურა

1. [https://energyonline.ge/index.php?option=com\\_content&view=article&id=252&Itemid=236&lang=en;](https://energyonline.ge/index.php?option=com_content&view=article&id=252&Itemid=236&lang=en)
2. <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/day-ahead-trading-electricity>
3. <https://genex.ge>
4. <https://www.gse.com.ge>
5. <https://www.energy-community.org>
6. <https://www.entsoe.eu>
7. <https://www.economy.ge>
8. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-market>
9. [https://www.setec-power.com/what-is-a-battery-management-system-and-how-does-bms-work/?gclid=EAIaIQobChMIqO-pmeKL\\_gIV1oxoCR0IcArYEAAYAAAEgL97\\_D\\_BwE](https://www.setec-power.com/what-is-a-battery-management-system-and-how-does-bms-work/?gclid=EAIaIQobChMIqO-pmeKL_gIV1oxoCR0IcArYEAAYAAAEgL97_D_BwE)

## **ECONOMIC UTILITY ASSESSMENT ENERGY STORAGE IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM IN COMPETITIVE MARKETS.**

*T.Museliani, B. Jintchveleishvili.*

"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p. 22-27. geo. sum geo. engl. rus.

Assessing the economic utility of a powerful energy storage for the entire energy system of Georgia, while fundamental changes are planned in the energy sector, the introduction of new markets, such as the day-ahead market, the intraday market, the balancing and auxiliary services market and Over-the-Counter Market.

*Bibl. 9.*

## **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛЕЗНОСТИ ХРАНИЛИЩА ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНЫХ РЫНКОВ.**

*Т.Муслиани, Б.Джинчвелелишвили.*

"Энергия". №1 (105). 2023. Тбилиси. с. 22-27. груз. реф. англ., рус.

Дана оценка экономической полезности мощного хранилища энергии для всей энергосистемы Грузии, в то время, когда в энергетическом секторе планируются кардинальные изменения, введение новых рынков, таких как рынок на сутки вперед, внутрисуточный рынок, балансирующие и вспомогательные услуги, рынок и внебиржевой рынок.

*Лит. 9 назв.*

ელექტროენერგეტიკულ ბაზარზე არსებული მანიპულაციის სახეები,  
მათი რეგულირება და საქართველოში არსებული მდგომარეობა

**დათო ჯოგიაშვილი** - დოქტორანტი

E-mail: dato.jogiashvili.phd@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ბაზრის მანიპულირება საკმაოდ თემაა ყველა სასაქონლო ბაზარზე, განსაკუთრებით კი ელექტროენერგეტიკულ ბაზრებზე, სადაც ენერჯო რესურსების ფასების სწრაფად ცვალებადობა (ზრდა, შემცირება) დინამიკას, მეტწილად, ბაზარზე მანიპულირება განაპირობებს. ენერგეტიკული ბაზრის მანიპულირება ნაკლებად არის შესწავლილი და არსებობს გარკვეული კითხვები იმის შესახებ, თუ რას წარმოადგენს მანიპულირება. სინამდვილეში არსებობს მანიპულაციური აქტების სულ მცირე ორი განსხვავებული კატეგორია. ზოგიერთი მანიპულაცია იყენებს საბაზრო ძალაუფლებას, ზოგი კი თაღლითობასა და მოტყუებას.

საქართველოში ელექტროენერჯის ბაზარი ფორმირების ეტაპზეა. ბაზარზე არსებობს მთელი რიგი ინსტრუმენტები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას სათანადო ანტიმონოპოლიური კონტროლის უზრუნველსაყოფად. სახელმწიფო ქმნის შესაძლებლობას ელექტროენერჯის საბითუმო კონკურენტული ბაზრის ფორმირებისთვის, თუმცა სახელმწიფოს ეკონომიკურ სივრცეში რეალური კონკურენტუნარიანი ურთიერთობები მხოლოდ ფრაგმენტულად ხორციელდება და ელექტროენერჯის ბაზარს კვლავ აქვს მონოპოლიზების რისკი.

საკვანძრო ცნებები: ელექტროენერჯის ბაზარი, საბაზრო ძალაუფლებას, ანტიმონოპოლიური რეგულირება, ბაზრის მანიპულირება.

### შესავალი

მანიპულირება პოტენციურად სერიოზული პრობლემაა ყველა წარმოებულ ბაზარზე, მათ შორის ენერგეტიკულ ბაზარზე. დერეგულირებული ენერგეტიკული ბაზრები შეიქმნა იმისათვის, რომ გამოიყენონ კონკურენციის ძალა ენერჯის მომხმარებელთა ეფექტიანი ბაზრებისა და კონკურენტული ფასების ხელშეწყობის მიზნით. ამ ბაზრების დიზაინი და ფუნქციონირება რთული და მგრძობიარეა მონაწილეთა ქცევისთვის, რამაც შეიძლება საფრთხე შეუქმნას მათ ეფექტიანობასა და მთლიანობას.

ელექტროენერგეტიკული ბაზრების ფორმირების პროცესში, აღმასრულებელი ორგანოების საზრუნავი ძირითადად დაკავშირებული იყო საბაზრო ძალაუფლებასთან და მისი ძალაუფლების ეკონომიკური მტკიცებულებების შესაფასებლად, ექსპერტები ხელმძღვანელობდნენ ანტიმონოპოლიური აღსრულების ხანგრძლივი ისტორიით. 2000-იანი წლების დასაწყისში აშშ-ის დასავლეთის ენერგეტიკული კრიზისის შემდეგ, ენერგეტიკული ბაზრის მარეგულირებელმა და საზედამხედველო ორგანოებმა კარგად იცოდნენ, რომ ენერგეტიკული ბაზრები კრეატიული სქემებისა და მანიპულაციური ქცევების მიმართ კიდევ უფრო მგრძობიარე იყო და რომ მათ არ გააჩნდათ აღსრულების ინსტრუმენტები ბაზრების ეფექტიანობისა და მთლიანობის ბაზრის მანიპულაციისგან სათანადოდ დაცვისთვის. ბევრმა

ქვეყანამ, მათ შორის საქართველომაც, თავის კანონმდებლობაში დანერგა ახალი ანტიმანიპულაციური წესები, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში ეფუძნება ფინანსური ფასიანი ქაღალდების ბაზრის რეგულაციებს. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ამ კანონების აღსრულებისას მარეგულირებლებმა ახლებურად გაიაზრეს მანიპულაციური ქცევის საერთო ფორმები და ეკონომიკური მტკიცებულებების ელემენტები.

ენერგეტიკული ბაზრის მანიპულირება შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად კატეგორიად:

- საბაზრო ძალაუფლება;
- ბაზრის მანიპულირება.

საბაზრო ძალაუფლება განისაზღვრება, როგორც კომპანიის უნარი შეზღუდოს საბაზრო პროდუქცია, რათა მომგებიანად აამაღლოს და შეინარჩუნოს ფასები კონკურენტულ დონეზე მაღლა. ხოლო კონკურენტუნარიანი დონე არის ფასი, რომელიც დადგინდება სრულყოფილი კონკურენციის პირობებში. ენერგეტიკულ ბაზრებზე საბაზრო ძალაუფლება ხორციელდება ენერჯის მიწოდების დამალვით, ფიზიკურად ან ეკონომიკურად. ფიზიკური დამალვა არის ფირმის გადაწყვეტილება, არ შესთავაზოს ხელმისაწვდომი წარმოების სიმძლავრე, რომელსაც ფლობს ან აკონტროლებს ბაზარზე, როდესაც სიმძლავრის მოკლევადიანი ზღვრული ღირებულება ნაკლებია ან ტოლია კონკურენტულ საბაზრო ფასზე. ეკონომიკური დამალვა არის ფირმის გადაწყვეტილება, შესთავაზოს სიმძლავრე, რომელსაც ფლობს ან აკონტროლებს ბაზარზე, მაგრამ იმ ფასად, რომელიც აღემატება სიმძლავრის მოკლევადიან ზღვრულ ღირებულებას და აღემატება საბაზრო ფასს, რაც ფაქტობრივად ამოიღებს ამ სიმძლავრეს ბაზრიდან. [6]

იურისდიქციებში არსებობს სხვადასხვა მიდგომა საბაზრო ძალაუფლებასთან დაკავშირებული ფაქტების გამოსავლენად. ამერიკის ფედერალური ენერგეტიკის მარეგულირებელი კომისიის („FERC“) „სამართლიანობისა და გონივრულობის“ სტანდარტის მიხედვით, შეერთებული შტატები იღებს მკაცრ მარეგულირებელ პოზიციას ენერჯის ეკონომიკური და ფიზიკური დაკავების წინააღმდეგ. მაგალითად, აშშ-ის რეგიონალური გადამცემი სისტემის ოპერატორები („RTO“) და დამოუკიდებელი სისტემის ოპერატორები („ISO“) იყენებენ ბაზრის სიმძლავრის შემცირების პერსპექტიულ ზომებს, რათა ბაზრის მონაწილეთა დამატებითი შეთავაზებები განხორციელდეს რეალურ დროში. ეს ზომები შექმნილია იმის უზრუნველსაყოფად, რომ კომპანიებს შეუძლიათ დააწესონ და გამოიყენონ რესურსების ზღვრული ღირებულება, მაგრამ ვერ გამოიყენონ საბაზრო ძალაუფლება.<sup>1</sup>

სხვა იურისდიქციები უფრო მეტად მიმართავენ ანტიმონოპოლიური სტილის მიდგომას საბაზრო ძალაუფლების მიმართ, რაც იცავს საბაზრო ძალაუფლების ბოროტად გამოყენებას. საბაზრო ძალაუფლების ბოროტად გამოყენება იწვევს ბაზრის მონაწილის გარკვეულ

<sup>1</sup> <https://www.ferc.gov/legal/staff-reports/2014/AD14-14-mitigation-rto-iso-markets.pdf>

მოქმედებას ან ანტი-კონკურენტულ ქცევას, რომელიც ამცირებს ან ხელს უშლის კონკურენციას, რაც გარკვეულწილად აფერხებს კონკურენტების რეაგირებას ბაზრის სიგნალებზე. ანტი-კონკურენტული ქცევის მაგალითები შეიძლება მოიცავდეს გამორიცხვის პრაქტიკას, შეთქმულებას და მტაცებლურ ფასებს [9].

აშშ-ს დასავლეთის ენერგეტიკული კრიზისის შემდეგ, გაიზარდა სააღსრულებო აქტივობა ბაზრის მანიპულირებასთან დაკავშირებით. FERC-მა ფართოდ განსაზღვრა ბაზრის მანიპულირება, რომელიც მოიცავს:

- ნებისმიერი მოწყობილობის ან სქემის გამოყენებას თაღლითობისთვის;
- მატერიალური ფაქტის შესახებ არარეალური ელექტროენერგიით ვაჭრობის განცხადებების გაკეთებას ან მნიშვნელოვანი ფაქტის გამოტოვებას;
- ქმედება, პრაქტიკა ან ბიზნეს მიმართულება, რომელიც მოქმედებს/მუშაობს როგორც თაღლითობა ან მოტყუება ნებისმიერი სუბიექტის მიმართ.<sup>2</sup>

ანალოგიურად, ევროკავშირის რეგულაცია საბითუმო ენერგეტიკული ბაზრის მთლიანობისა და გამჭვირვალობის შესახებ („REMIT“<sup>3</sup> განმარტავს ბაზრის მანიპულირების ოთხ განსხვავებულ კატეგორიას:

- ყალბი ან შეცდომაში შემყვანი სიგნალები (როგორცაა ე.წ. „wash trades“, „spoofing“ და ა.შ.);
- ფასების პოზიციონირება (როგორცაა ფასების უეცარი აწევა და დაწევა( ე.წ. „Pump & Dump“), ცირკულარული ვაჭრობა ან წინასწარ შეთანხმებული ვაჭრობა);
- ტრანზაქციები, რომლებიც მოიცავს ფიქტიურ მოწყობილობებს ან თაღლითობას;
- მცდარი და შეცდომაში შემყვანი ინფორმაციის განზრახ გავრცელება [14].

REMIT შეიცავს დებულებებს, რომლებიც მოითხოვს ინფორმაციის გამჟღავნებას, რათა თავიდან იქნას აცილებული ისეთი ვაჭრობა, როდესაც ბაზრის მონაწილეს შეუძლია გამოიყენოს პრივილეგირებული წვდომა ბაზრისადმი მგრძობიარე შიდა ინფორმაციაზე (როგორცაა ელექტროსადგურის მოულოდნელი ან ელექტროგადამცემი ხაზის გათიშვა ელექტროენერგიის ბაზარზე), სანამ ინფორმაცია ფართოდ გავრცელდება.

REMIT რეგულაცია განსაზღვრავს ელექტროენერგიისა და ბუნებრივი გაზის საბითუმო ბაზრებზე საქმიანობის საერთო წესებს, რომლებიც ადგენს საერთო ევროპულ ჩარჩოს ევროკავშირისა და ენერგეტიკულ თანამეგობრობის წევრ ქვეყნებში საბითუმო ბაზრის შემდეგ საკითხებზე:

- შიდა ინფორმაციის გამოყენებით ვაჭრობის აკრძალვა;
- შიდა ინფორმაციის გამოქვეყნების ვალდებულება;

<sup>2</sup> [https://repository.law.umich.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/mlr/article/1194/&path\\_info=](https://repository.law.umich.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/mlr/article/1194/&path_info=)

<sup>3</sup> [https://gnerc.org/files/REMIT/CELEX\\_32011R1227\\_EN\\_TXT.pdf](https://gnerc.org/files/REMIT/CELEX_32011R1227_EN_TXT.pdf)

- საბითუმო ენერგეტიკულ ბაზარზე მანიპულაციის ან მანიპულაციის მცდელობის აკრძალვა;

- საბითუმო ენერგეტიკული ბაზრის მონაწილის რეგისტრაციის ვალდებულება.

REMIT ეხება ნებისმიერ ფიზიკურ ან იურიდიულ პირს, რომელიც საბითუმო ბაზრებზე ვაჭრობის მიზნით ახორციელებს სხვადასხვა ტრანზაქციებს. ბაზრის მანიპულირებას შეიძლება ჰქონდეს მრავალი ფორმა და შეუძლებელია მანიპულაციის სახეების ამომწურავი ჩამონათვალის მიწოდება. უდავოდ არის გაუთვალისწინებელი შემთხვევები, რომლებშიც მანიპულირების ახალი ფორმები ჩნდება და მიუხედავად ამისა, ბოლო პრეცედენტების მიმოხილვა ხაზს უსვამს ეკონომიკაში ორი გავრცელებული ტიპის მანიპულაციას დაკავშირებულ ბაზრებზე სარგებლიანი ვაჭრობა და ბაზრის წესებით თამაში [7].

*მომგებიანი ვაჭრობა დაკავშირებულ ბაზრებზე.* მანიპულაციური ქცევის ყველაზე გავრცელებული მაჩვენებელი შესაძლოა ასევე იყოს არაეკონომიკური ტრანზაქციების არსებობა. არაეკონომიკური ტრანზაქციებია, რომლებიც წამგებიანია მოკლევადიან საფუძველზე. ასეთი ტრანზაქციების აუცილებელი შედეგია მათი არსებობა ცალკე ბაზარზე, რომელიც სარგებელს მოუტანს არაეკონომიკურ გადარიცხვებს. ეს ბაზრები ხშირად გამოყოფილია ან დროში, ან ფიზიკური და ფინანსური, ან გეოგრაფიული მდებარეობის მიხედვით.

ელექტროენერჯის ბაზრები სპეციალურად შექმნილია იმისთვის, რომ წაახალისოს ურთიერთქმედება ფიზიკურ და ფინანსურ ტრანზაქციებს შორის. ამის მაგალითი იქნება ფინანსური უფლებების გადაცემის კონცეფცია. ასეთი ინსტრუმენტები არის წმინდა ფინანსური ინსტრუმენტები, რომლებიც მფლობელებს საშუალებას აძლევს მიიღონ მოგება (ან ზარალი), როდესაც არსებობს ფასების განსხვავება ფიზიკურ გადამცემ ქსელში. მანიპულაციურ აქტორს შეუძლია ფიზიკურ ბაზრებზე არაეკონომიკური მოქმედებებით, მნიშვნელოვნად გაზარდოს თავისი ფინანსური ინსტრუმენტების ღირებულება და მიიღოს მოგება [6].

*ბაზრის წესებით თამაში.* FERC-მა განსაზღვრა თამაში, როგორც ქცევა, რომელიც არღვევს ან იყენებს არასამართლიან უპირატესობას ბაზრის წესების ან პირობების მოტყუებით, რაც ზიანს აყენებს ბაზრის არსებულ და პოტენციურ მონაწილეებისა და მომხმარებლების ურთიერთობასა და ბაზრის გამართულ ფუნქციონირებას [11]. აშშ-ში ონტარიოს ბაზრის სამეთვალყურეო პანელი („MSP“) იძლევა ბაზრის წესებით თამაშის მსგავს განმარტებას. MSP განსაზღვრავს თამაშს, როგორც ქცევას, რომელიც მოიცავს ოთხ ელემენტს:

- ხარვეზი ბაზრის დიზაინში, წესებსა თუ პროცედურებში, რომლებიც განსაზღვრავს თამაშის წესებს და რეგულაციებს ბაზარზე;

- ბაზრის ხარვეზის გამოყენება მონაწილეების მიერ;

- მოგება ან სარგებელი მონაწილეებისთვის;

- ხარჯ-სარგებლიანობა ბაზრისთვის.

მანიპულაციის სხვა ძირითადი ტიპი გულისხმობს რაიმე სახის თაღლითობას, მაგალითად როდესაც მოვაჭრეს შეუძლია გაავრცელოს ცრუ ინფორმაცია, რაც იწვევს ფასების გადაადგილებას მის პოზიციის სასარგებლოდ; „Pump & Dump“ სქემები ამის ერთ-ერთი სახეობაა. საბაზრო ძალაუფლების მანიპულაციები და თაღლითობაზე დაფუძნებული მანიპულაციები საკმაოდ განსხვავებულია. მსხვილ მოვაჭრეს შეუძლია მოახდინოს ბაზრის მანიპულაცია ყოველგვარი ცრუ ან შეცდომაში შემყვანი განცხადებების გაკეთების გარეშე. უფრო მეტიც, მოვაჭრეს შეუძლია გაავრცელოს ცრუ ინფორმაცია, რომელიც ცვლის ფასებს, მაშინაც კი, თუ მისი პოზიცია არ არის საკმარისად დიდი, ამით მას შესაძლებლობა აქვს გამოიყენოს საბაზრო ძალაუფლება. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, საბაზრო ძალაუფლება და თაღლითობაზე დაფუძნებული მანიპულაციები ორივე იწვევს ფასების ცვლილებას. მექანიზმები, რომლითაც ისინი იწვევენ ამ ფასების დამახინჯებას, საკმაოდ განსხვავებულია [16].

#### *ბაზრების სახელმწიფო რეგულირება - მსოფლიო გამოცდილება*

სახელმწიფო რეგულირება არის ადმინისტრაციული და სამართლებრივი ნორმების გათვალისწინებით შესაბამისი კომპეტენციის მქონე ორგანოების მიზანმიმართული ზემოქმედება და გავლენა საზოგადოებასთან ურთიერთობაზე. ამრიგად, სახელმწიფოს უფლება აქვს დაარეგულიროს სავაჭრო საქმიანობა შემდეგი მეთოდების გამოყენებით:

- მისი ორგანიზებისა და განხორციელების მოთხოვნების დადგენა;
- ანტიმონოპოლიური რეგულირება;
- საინფორმაციო მხარდაჭერა;
- სახელმწიფო და მუნიციპალური/რეგიონალური კონტროლი.

ელექტროენერგეტიკული ინდუსტრიის დერეგულირება არ ნიშნავს რეგულირების არარსებობას. ამის ნაცვლად, ელექტროენერგეტიკული ინდუსტრიის რეგულირების მთავარი აქცენტები გადატანილია ბაზრის გახსნასთან დაკავშირებული პრობლემების გადასაჭრელად, როგორცაა საბაზრო სიმძლავრის კონტროლი, ბაზრის მუშაობის შეფასება და გენერაციის ადეკვატურობა. საერთაშორისო გამოცდილება აჩვენებს, რომ ელექტროენერჯის ბაზრის რეგულირების პრიორიტეტი შეიძლება განსხვავებული იყოს, რადგან ელექტროენერჯის ბაზრის მექანიზმი განსხვავდება ქვეყნიდან ქვეყანაში. მაგალითად, შეერთებულ შტატებში არის ელექტროენერჯის რამდენიმე ბაზარი და გამოიყენება როგორც მთლიან პულზე („gross pool“) დაფუძნებული, ასევე ნეტო პულის ვაჭრობის რეჟიმი („net pool“). რეგულირების ზოგიერთ ასპექტში, როგორცაა ბაზრის ხელმისაწვდომობა და კონტროლის გადაცემა, სხვადასხვა ქვეყანაში მარეგულირებლები იღებენ მსგავს მეთოდებს. თუმცა, ბაზრის მონიტორინგისა და საბაზრო ძალაუფლების კონტროლის თვალსაზრისით, მორგებული



სტრატეგიები გამოიყენება ელექტროენერჯის სხვადასხვა ბაზარზე [15].

ევროკომისია ახორციელებს მნიშვნელოვან ძალისხმევას ელექტროენერჯის ინტეგრირებული ევროპული ბაზრის განვითარებისთვის. მას შემდეგ, რაც 2015 წლის მაისში სამხრეთ-დასავლეთ ევროპისა და ჩრდილო-დასავლეთ ევროპის ელექტროენერჯის ბაზრები შეერთდა, ევროკავშირში ელექტროენერჯის ტრანსსასაზღვრო ნაკადები ოპტიმიზირებულია და ევროკავშირის მასშტაბით ფასების განსხვავებები მნიშვნელოვნად შემცირდა [7]. ორივე, გაერთიანებული სამეფო და საფრანგეთი იღებენ ორმხრივ სავაჭრო ბაზრის სტრუქტურას. იმის გამო, რომ ელექტროენერჯის მხოლოდ მცირე რაოდენობით ვაჭრობა ხდება მთლიანი აუზის მეშვეობით, მონაწილეთა საბაზრო ძალაუფლების ბოროტად გამოყენების რისკი მნიშვნელოვნად შემცირდა. შესაბამისად, ამჟამად არ არსებობს საბაზრო სიმძლავრის შერბილების წინარე მექანიზმი [10]. სანაცვლოდ, დაწესდა სასჯელი ბაზრის მანიპულირებისთვის სისტემური შეზღუდვების ან გადატვირთულობის გამოყენებით, როგორცაა ფინანსური ჯარიმა და ლიცენზიის გაუქმება.

#### *საცალო ელექტროენერჯის ბაზრის რეგულირება*

კონკურენცია პირველად დაინერგა ელექტროენერჯის საცალო სექტორში 1990-იან წლებში, როდესაც ელექტროენერჯის მიწოდების ბიზნესი გამოეყო გადაცემისა და განაწილებას. მას შემდეგ მომხმარებლებს ეძლევათ ელექტროენერჯის მიმწოდებლების უფასო არჩევანი, ელექტროენერჯის საცალო სექტორი ღიაა კონკურენციისთვის, თუმცა აქვე ჩნდება ახალი მოთხოვნები ელექტროენერჯის საცალო ბაზრის რეგულირებისთვის, მათ შორის ელექტროენერჯის საცალო ბაზრის ხელმისაწვდომობა, ინფორმაციის გამჟღავნება, საბოლოო მიწოდება, საკრედიტო მენეჯმენტი და სხვა [15].

შეერთებულ შტატებში ელექტროენერჯის საცალო ვაჭრობა რეგულირდება სახელმწიფო დონეზე. სახელმწიფო დონის კომუნალური კომისიები ("Public Utility Commission") ადგენენ ელექტროენერჯის საცალო ბაზრების პოლიტიკასა და რეგულაციებს, რომლებიც განსხვავებულია სხვადასხვა შტატებში და აქვთ იურისდიქცია ელექტროენერჯის მიწოდებაზე. ამ იურისდიქციის ფარგლები დამოკიდებულია იმაზე, მიიღებს თუ არა სახელმწიფო საცალო კონკურენციას. ქვეყნებში, რომლებიც ღიაა ელექტროენერჯის საცალო კონკურენციისთვის, ელექტროენერჯის მომხმარებლებს შეუძლიათ შეიძინონ ელექტროენერჯია საბაზრო ფასებში კონკურენტუნარიანი მიმწოდებლებისგან, გარდა ფრენჩაიზერული საზოგადოებრივი მომსახურებისა. სახელმწიფო დონის კომუნალური კომისიები, როგორც წესი, არ არეგულირებენ კონკურენტუნარიანი მიმწოდებლების მიერ დაწესებულ ელექტროენერჯის ფასებს, არამედ ლიცენზიას აძლევენ მიმწოდებლებს და აწესებენ მათ სხვა პირობებს [12].

ელექტროენერჯის ბაზრის რეფორმის ოთხი ეტაპის შემდეგ, სრული კონკურენცია დაინერგა გაერთიანებული სამეფოს ელექტროენერჯის საცალო ბაზარზე, სადაც ადგილობრივი *ქურნალი "ენერჯია" №1(105). 2023*

რივ და არასაყოფაცხოვრებო მომხმარებლებს შეეძლოთ აერჩიათ თავიანთი ელექტროენერჯის მიმწოდებელი. თუმცა, ელექტროენერჯის მიწოდების 70%-ზე მეტი ჯერ კიდევ კონცენტრირებულია ექვსი უმსხვილესი მიმწოდებლის ხელში, რომლებსაც ასევე უწოდებენ "დიდ ექვსეულს". გაზისა და ელექტროენერჯის ბაზრების ოფისის („OFGEM“) როლი ელექტროენერჯის საცალო ბაზარზე ძირითადად მოიცავს ოთხ ასპექტს: ბაზრის მონიტორინგი, მომხმარებელთა დაცვა, აღრიცხვა და ინფორმაციის გამჟღავნება. ბაზრის შესაბამისობის ხელშეწყობის მიზნით, OFGEM აკონტროლებს ინფორმაციის ფართო სპექტრს საცალო ბაზრის შესახებ, მათ შორის ბაზრის ინდექსებს, მომხმარებელთა კვლევას, მიმწოდებლის ღირებულების ინდექსს და ტიპური შიდა მოხმარების ღირებულებებს. ოფისი ასევე აკონტროლებს საცალო ბაზარზე წვდომის შეზღუდვებს მიმწოდებლის ლიცენზიების პირობების დაწესებით, დაწყებული მომხმარებელთა შეტყობინების ვალდებულებიდან მომწოდებლების გადართვის პროცესებამდე, რათა დაიცვას მომხმარებელთა უფლებები და ინტერესები. გარდა ამისა, OFGEM-ს ასევე აქვს მარეგულირებელი ფუნქციები აღრიცხვასთან დაკავშირებით, მათ შორის მოწინავე და ჭკვიანი გამრიცხველიანების გავრცელების რეგულირება და გარკვეული ასპექტები იმის თაობაზე, თუ როგორ იხდიან ქსელური კომპანიები აღრიცხვის სერვისების საფასურს. უფრო მეტიც, OFGEM ყოველწლიურად აახლებს საცალო ბაზრის ანგარიშს, სადაც დეტალურად არის აღწერილი ელექტროენერჯის საცალო ბაზრების ბოლო ტენდენციების კომენტარები გამჭვირვალობის გაზრდის მიზნით [13].

#### *საქართველოში ახალი ბაზრის მოდელის პირობებში მანიპულირების რეგულირება*

ასოცირების შეთანხმებით ნაკისრი ვალდებულებების შესასრულებლად, საქართველომ მესამე ენერგეტიკული პაკეტის რეგულაციების გადმოტანის განხორციელება დაიწყო. 2016 წ. 14 ოქტომბრის „ენერგეტიკული გაერთიანების“ მინისტრთა საბჭოს გადაწყვეტილებით საქართველო გაწევრიანდა „ენერგეტიკულ გაერთიანებაში“ და მიუერთდა „ენერგეტიკული გაერთიანების“ დამფუძნებელ ხელშეკრულებას [1].

„მესამე ენერგეტიკული პაკეტის“ მთავარი მიმართულება ეს არის ენერგეტიკული ბაზრების ფუნქციონირების გაუმჯობესება და სტრუქტურული პრობლემების გადაწყვეტა. მის მთავარ მიზანს წარმოადგენს გახადოს ენერგეტიკული ბაზარი ბოლომდე ეფექტური და შექმნას ევროკავშირის ერთიანი ელექტროენერჯისა და გაზის ბაზარი. „მესამე ენერგეტიკული პაკეტი“ შედგება ორი რეგულაციისა და სამი დირექტივისგან, რომლებიც 2009 წ. ივლისში მიიღეს. ის ხუთ ძირითად მიმართულებას მოიცავს. ეს მიმართულებებია:

- ენერჯის მიმწოდებლების გამოყოფა ქსელის ოპერატორებისგან;
- ეროვნული მარეგულირებელი კომისიების დამოუკიდებლობის გაძლიერება;
- ეროვნული მარეგულირებელი კომისიების თანამშრომლობის სააგენტოს დაფუძნება

(ACER);

- ტრანსსასაზღვრო თანამშრომლობა გადაცემის სისტემის ოპერატორებს შორის და გადაცემის სისტემის ოპერატორების ევროპული ქსელის შექმნა;
- საცალო ბაზარზე გამჭირვალობის გაზრდა მომხმარებლების ინტერესების დასაცავად [8].

დამფუძნებელი ხელშეკრულება არ ავალდებულებს წევრი სახელმწიფოების ეროვნულ მარეგულირებელ კომისიებს ACER - ში გაწევრიანებას. ACER-ის მისიაა დაეხმაროს ეროვნულ მარეგულირებელ ორგანოებს (შემდგომში „NRAs“) ევროკავშირის დონეზე მათი მარეგულირებელი ამოცანების განხორციელებაში. ACER გასცემს გარვეულ მითითებებსა და აყალიბებს გარკვეულ სახელმძღვანელოებს, რომლის გამოყენებაც შეუძლიათ მარეგულირებელ ორგანოებს ბაზრების უკეთ განვითარებისათვის.

საქართველოს, ენერგეტიკულ სექტორში არსებული კანონის ევროპულ კანონებთან ჰარმონიზაციის გზაზე, სხვადასხვა საკანონმდებლო აქტების შექმნა მოუხდა, რომლებმაც ჩაანაცვლეს აქამდე არსებული კანონმდებლობა. ერთ-ერთი ასეთია ელექტროენერჯის ბაზრის მოდელის კონცეფცია [4], ის აყალიბებს საქართველოში ელექტროენერჯის საბითუმო ბაზრის ორგანიზებისა და ფუნქციონირების სახელმძღვანელო პრინციპებს, რომელიც მიზნად ისახავს ელექტროენერჯის ბაზრის ჩამოყალიბებას, რომელიც შექმნის მიმზიდველ საინვესტიციო გარემოს და მომხმარებლებს მისცემს თავისუფალი არჩევანის საშუალებას. ასევე, გამჭვირვალე და კონკურენტული ბაზრების განვითარების ორგანიზებული ბაზრების, მათ შორის, დღით ადრე, დღიური, საბალანსო და დამხმარე მომსახურებების, ასევე, ორმხრივი ხელშეკრულებების ბაზრის ჩამოყალიბებას, რომელიც უკვე დანერგილია და სატესტო რეჟიმში აგრძელებს ფუნქციონირებას.

ელექტროენერჯის ბაზრის მოდელის კონცეფციის მიზანია ორგანიზებულ ბაზრებზე კონკურენტული ფასის ფორმირება და ფინანსური მექანიზმების დანერგვა. ამასთან, „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს შეერთების შესახებ“ ოქმით აღებული ვალდებულებების შესრულებას. ელექტროენერჯის ბაზრის სამიზნე მოდელი არის ბაზარი, სადაც მონაწილეები თანასწორი, არადისკრიმინაციული პირობებით სარგებლობენ [4].

ენერგეტიკული ბაზრების სწორი და სამართლიანი ფუნქციონირებისთვის არის საჭირო მათი კონტროლი - მონიტორინგი, რისთვისაც საქართველოში არის შექმნილი ენერგეტიკული ბაზრის მონიტორინგის წესები. ენერგეტიკული ბაზრის მონიტორინგის წესების მიზანია საქართველოს ენერგეტიკულ ბაზარზე კონკურენტული, თავისუფალი, გამჭვირვალე და სამართლიანი ვაჭრობის მარეგულირებელი ეფექტიანი მექანიზმების შექმნის, ბაზრისა და სისტემის ოპერატორების ეფექტიანი რეგულირების და რეგიონულ დონეზე საქართველოს ენერგეტიკული ბაზრების ინტეგრირებისა და ენერგეტიკის დარგში სახელმწიფო პოლიტიკის

განხორციელების ხელშეწყობა. ის მიზნად ისახავს ენერგეტიკული გაერთიანების მინისტრთა საბჭოს დამტკიცებული "საბითუმო ენერგეტიკული ბაზრის მთლიანობისა და გამჭვირვალობის შესახებ ევროპარლამენტისა და საბჭოს №1227/2011 (EC) რეგულაციის მოთხოვნებისა და პრინციპების დანერგვას [2].

ენერგეტიკული ბაზრის მონიტორინგის წესები განსაზღვრავს გარკვეულ ღონისძიებებსა და კომისიის უფლებამოსილებას ბაზრის სწორი ოპერირებისთვის. ამასთან, განსაზღვრავს ბაზრის მთლიანობისა და გამჭვირვალობის უზრუნველყოფასთან დაკავშირებულ მოთხოვნებსა და კონკურენციის კანონმდებლობის აღსრულებასთან დაკავშირებულ საკითხებს.

ენერგეტიკული ბაზრის მონიტორინგის წესები მოიცავს ბაზრის მანიპულაციას და გარკვეულ ინდიკატორებს აყალიბებს სავარაუდო მანიპულაციების. კანონის მიხედვით, ბაზარზე მანიპულაციად შეიძლება ჩაითვალოს ბაზრის მონაწილის ქმედება, რომელიც შეიძლება აყალიბებდეს მცდარ ან შეცდომაში შემყვან სიგნალებს საბითუმო ენერგო პროდუქტების მიწოდების, მოთხოვნის ან ფასების შესახებ. მანიპულაციად შეიძლება ჩაითვალოს ბაზრის მონაწილეთა ქმედება, რომელიც იწვევს ფასის ხელოვნურ დონეზე შენარჩუნებას. ამასთან, გარიგებების დადება, რაც საბაზრო ფასის ფორმირებაზე მოახდენს გავლენას. სავარაუდო მანიპულაციაა ქმედება, მონაწილემ გამოიყენოს ფიქტიური საშუალება ან შეცდომაში შეყვანის ნებისმიერი სხვა ფორმ. მანიპულაციის სახედ შეიძლება ჩაითვალოს მედიის, ინტერნეტის, ან ნებისმიერი სხვა საშუალების გამოყენება მცდარი ან შეცდომაში შემყვანი სიახლის გავრცელების მიზნით [2].

მანიპულაციად ასევე შეიძლება ჩაითვალოს შიდა ინფორმაციის გავრცელება ბაზრის სუბიექტების შეცდომაში შეყვანის მიზნით, რის შედეგადაც პირდაპირ ან არაპირდაპირ შეიძლება მიიღოს სარგებელი მონაწილემ. როგორც წესი, შიდა ინფორმაციის გამჟღავნება ან გავრცელება ხდება საბითუმო ენერგო პროდუქტების მიწოდებასთან, მოთხოვნასთან ან ფასთან დაკავშირებით ბაზრის შეცდომაში შეყვანის მიზნით.

შიდა ინფორმაციად შეიძლება ჩაითვალოს ინფორმაცია, რომელის გამოქვეყნებაც მოთხოვნილია კანონმდებლობით. ინფორმაცია, რომელიც ეხება ელექტროენერჯის ან ბუნებრივი გაზის წარმოების, შენახვის, მოხმარების ან გადაცემის ან გათხევადებული ბუნებრივი გაზის მოწყობილობების ტექნიკურ შესაძლებლობებს ან გამოყენებას, მათ შორის, ამ მოწყობილობების გეგმურ და არაგეგმურ ხელმიუწვდომლობას შეიძლება ჩაითვალოს შიდა ინფორმაციად. სხვა ინფორმაცია, რომელსაც ბაზრის მონაწილე გამოიყენებდა საბითუმო ენერგოპროდუქტებზე გარიგებების დადებასა ან სხვა გადაწყვეტილებების მისაღებად.

საქართველოს საბითუმო ბაზარზე არსებოს შიდა ინფორმაციის პლატფორმა, რომელიც სატესტო რეჟიმში გამოიყენება და ის ხელმისაწვდომია ბაზრის მონაწილეთათვის

უსასყიდლოდ. ნებისმიერ დაინტერესებულ პირს შეუძლია შიდა ინფორმაციის პლატფორმის დათვალიერება, ხოლო გამოყენება რეგისტრირებულ მონაწილეებს<sup>4</sup>.

#### *საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბაზრის კონცენტრაცია*

ბაზარზე კონკურენციის დონის შესაფასებლად გამოიყენება ჰერფინდალ-ჰირშმანის ინდექსი (HHI). HHI ინდექსი გამოითვლება ბაზარზე არსებული მონაწილეების საბაზრო წილების (%) კვადრატების ჯამით. მისი მნიშვნელობა იცვლება 0-დან 10,000-მდე შუალედში, სადაც 0 ნიშნავს ბაზრის დაბალ კონცენტრაციას (სრულყოფილი კონკურენცია), ხოლო 10,000 – სრულყოფილ მონოპოლიას. ბაზრის კონცენტრაციის სხვადასხვა ტიპები არსებობს: HHI <1000 - არაკონცენტრირებული (კონკურენტული) ბაზარი; 1001<HHI<1800 - ზომიერად კონცენტრირებული ბაზარი; HHI>1801 - მაღალკონცენტრირებული ბაზარი [5].

ჰერფინდალ-ჰირშმანის ინდექსი (HHI) განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$HHI = \sum_i^N S_i^2$$

სადაც  $S_i$  – სუბიექტის საბაზრო წილია.

საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბაზრის კონცენტრაციის შესწავლის მიზნით მოძიებულ იქნა მოქმედი ელექტროსადგურების (2018-22 წ) ელექტროენერჯის წარმოების მონაცემები. მოცემული მონაცემების საფუძველზე მოხდა HHI ინდექსის გაანგარიშება რომელიც ასახულია ცხრილში (ცხრ.1).

საქართველოს ელექტროენერჯის ფაქტიური ბალანსის მიხედვით HHI-ს გაანგარისებისას ირკვევა, რომ 5 წლის განმავლობაში კონცენტრაციის სიდიდეს გრაფიკს დაღმავალი სახე აქვს. საქართველოს ელექტროენერჯის ბაზარი ზომიერად კონცენტრირებულიდან გადავიდა არაკონცენტრირებულზე. 2022 წლის მონაცემებით კონცენტრაციის დონემ 962.5-ს მიაღწია, რაც კონკურენტული ბაზრის მანიშნებელია. ეს აიხსნება საქართველოში იმპორტის და თბოსადგურები გენერაციის წილის მზარდი დინამიკით.

#### *საბაზრო წილი*

საბაზრო წილი განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$S_i = \frac{Q_i}{Q}$$

სადაც  $S_i$  – ბაზარზე კონკრეტული საწარმოს საბაზრო წილი (%);  $Q_i$  – საწარმოს მაჩვენებელი

<sup>4</sup> შიდა ინფორმაციის პლატფორმა ხელმისაწვდომია შემდეგ მისამართზე <https://umm.genex.ge>

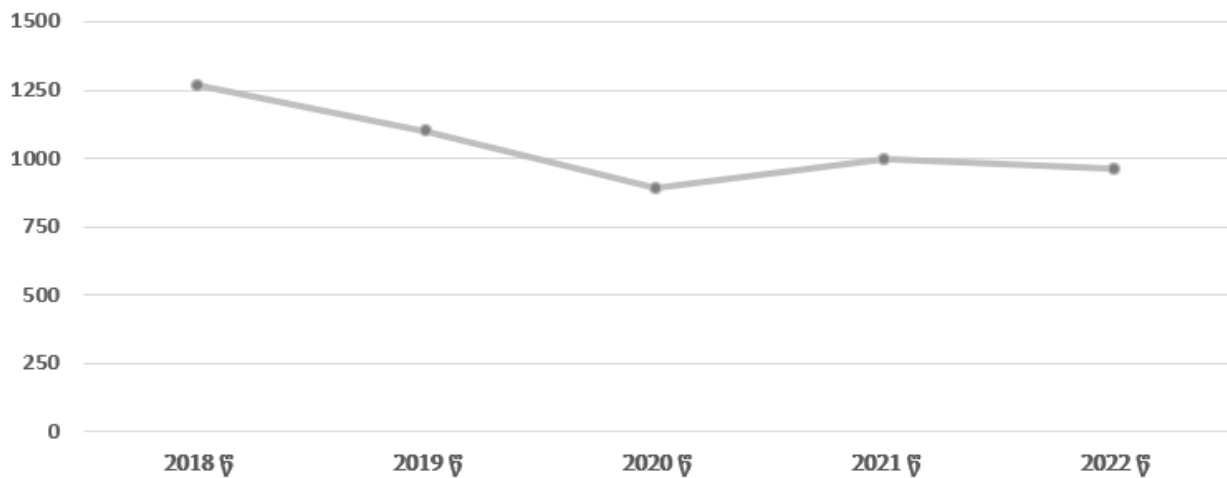
შესაბამის ერთეულებში; Q - შესაბამისი ბაზრის სრული მოცულობა შესაბამის ერთეულებში [2].

საქართველოს ელექტროენერჯის ფაქტიური ბალანსის მიხედვით HHI-ს გამოთვლა [3]

ცხრილი 1

ბაზრის სუბიექტები	2018			2019			2020			2021			2022		
	მლნ კვტ.სთ	%	%²	მლნ კვტ.სთ	%	%²	მლნ კვტ.სთ	%	%²	მლნ კვტ.სთ	%	%²	მლნ კვტ.სთ	%	%²
1 ენერჯესი	4019.10	30.8	945.8	3341.30	27.3	744.2	2735.70	21.7	470.2	3518.70	24.7	608.8	3747.31	25.3	640.3
2 ვარდნილპესი	738.40	5.7	31.9	686.30	5.6	31.4	591.10	4.7	22.0	795.90	5.6	31.1	760.04	5.1	26.3
3 სრამპესი 1	194.20	1.5	2.2	170.80	1.4	1.9	145.90	1.2	1.3	210.30	1.5	2.2	225.40	1.5	2.3
4 სრამპესი 2	311.00	2.4	5.7	271.50	2.2	4.9	253.20	2.0	4.0	318.80	2.2	5.0	325.20	2.2	4.8
5 ენერჯი-პროჯორჯია გენერაცია	1790.20	13.7	187.6	1519.60	12.4	153.9	1387.00	11.0	120.9	1634.90	11.5	131.4	1683.32	11.4	129.2
6 კინვალპესი	279.90	2.1	4.6	315.40	2.6	6.6	206.20	1.6	2.7	303.50	2.1	4.5	312.19	2.1	4.4
7 ვარციხეპესის კასადი	848.10	6.5	42.1	727.30	5.9	35.3	670.60	5.3	28.3	807.00	5.7	32.0	826.69	5.6	31.2
8 ხადორპესი	120.30	0.9	0.8	117.30	1.0	0.9	107.50	0.9	0.7	127.00	0.9	0.8	116.52	0.8	0.6
9 ლარსიპესი	79.70	0.6	0.4	73.10	0.6	0.4	73.70	0.6	0.3	74.70	0.5	0.3	75.92	0.5	0.3
10 ფარავანპესი	403.70	3.1	9.5	374.90	3.1	9.4	324.60	2.6	6.6	337.80	2.4	5.6	353.59	2.4	5.7
11 დარიალიპესი	262.20	2.0	4.0	270.50	2.2	4.9	445.90	3.5	12.5	509.60	3.6	12.8	471.30	3.2	10.1
12 ხეფაშაური 1	186.40	1.4	2.0	163.40	1.3	1.8	163.40	1.3	1.7	163.70	1.1	1.3	205.26	1.4	1.9
13 შუაქვიპესი	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	258.40	2.0	4.2	274.20	1.9	3.7	422.36	2.9	8.1
14 კირნათიპესი	10.90	0.1	0.0	83.90	0.7	0.5	80.90	0.6	0.4	78.10	0.5	0.3	104.04	0.7	0.5
15 ოლდ ენერჯი პესი	13.10	0.1	0.0	105.90	0.9	0.7	80.80	0.6	0.4	82.70	0.6	0.3	119.52	0.8	0.7
16 დანარჩენი მცირე პესები	692.10	5.3	28.0	662.80	5.4	29.3	631.50	5.0	25.1	841.90	5.9	34.9	917.00	6.2	38.3
17 მესტიჟალაპესი-2	-	-	-	35.00	0.3	0.1	91.60	0.7	0.5	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
18 მესტიჟალაპესი-1	-	-	-	20.80	0.2	0.0	0.00	0.0	0.0	103.60	0.7	0.5	105.74	0.7	0.5
19 მტკვარი ენერჯი	620.10	4.7	22.5	889.70	7.3	52.8	355.30	2.8	7.9	278.50	2.0	3.8	770.91	5.2	27.1
20 თბილისრესი	207.00	1.6	2.5	476.00	3.9	15.1	291.60	2.3	5.3	79.10	0.6	0.3	240.09	1.6	2.6
21 გარდაბნის თბოსადგური	1212.50	9.3	86.1	1367.00	11.2	124.6	1257.50	10.0	99.4	961.60	6.7	45.5	1161.31	7.8	61.5
22 გარდაბნის თბოსადგური 2	-	-	-	8.80	0.1	0.0	843.30	6.7	44.7	1022.90	7.2	51.5	1164.70	7.9	61.9
23 ჯიფაური	63.60	0.5	0.2	98.90	0.8	0.7	73.10	0.6	0.3	37.50	0.3	0.1	50.72	0.3	0.1
24 ტყიბულის თესი	11.80	0.1	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	-	-	-
25 ქართლის ქარის ელ.სადგური	84.30	0.6	0.4	84.70	0.7	0.5	90.80	0.7	0.5	83.40	0.6	0.3	87.49	0.6	0.3
26 იმპორტი	920.20	7.0	49.6	383.10	3.1	9.8	1456.30	11.5	133.2	1615.20	11.3	128.3	562.12	3.8	14.4
<b>სულ რესურსი</b>	<b>13068.80</b>	<b>100.00</b>		<b>12248.00</b>	<b>100.00</b>		<b>12615.90</b>	<b>100.00</b>		<b>14260.60</b>	<b>100.00</b>		<b>14808.74</b>	<b>100.00</b>	
<b>HHI</b>		<b>1266.0</b>		<b>1099.0</b>			<b>891.4</b>			<b>995.5</b>			<b>962.5</b>		

HHI ინდექსის დინამიკა



საბაზრო წილი საქართველოს ელექტროენერჯის ფაქტიური ბალანსის მიხედვით გაანგარიშებულია ცხრ. 1-ში. მოცემული ცხრილიდან შეიძლება წლების მიხედვით გამოვყოთ, რამდენიმე მსხვილი ბაზრის მოთამაშის წილი (ცხრ. 2).

ბაზრის მსხვილი მოთამაშეების საბაზრო წილი

ცხრილი 2

ბაზრის სუბიექტები	2018	2019	2020	2021	2022
	%	%	%	%	%
ენგურჰესი	30.8	27.3	21.7	24.7	25.3
ვარდნილოჰესი	5.7	5.6	4.7	5.6	5.1
ვარციხეჰესის კასკადი	6.5	5.9	5.3	5.7	5.6
ენერჯო-პრო ჯორჯია გენერაცია	13.7	12.4	11.0	11.5	11.4
მტკვარი ენერჯი	4.7	7.3	2.8	2.0	5.2
გარდაბნის თბოსადგური	9.3	11.2	10.0	6.7	7.8
გარდაბნის თბოსადგური 2	-	0.1	6.7	7.2	7.9
იმპორტი	7.0	3.1	11.5	11.3	3.8

### დასკვნა

ელექტროენერჯის ბაზრებზე არსებულ გამოწვევებს მიეკუთვნება სხვადასხვა სახის მანიპულაციები, რომლებიც შეიძლება დაჯგუფდეს საბაზრო ძალაუფლებისა და/ან საბაზრო მანიპულირების გამოყენების სახეობად. ძალაუფლების გამოყენება ძირითადად დაკავშირებულია მონოპოლიზაციის ხარისხთან, როდესაც ბაზრის მანიპულირებას შეიძლება ჰქონდეს მრავალი ფორმა, ამასთანავე ახალი და უფრო შეუმჩნეველი მანიპულაციების გამოყენების რისკი არსებობს. ბაზრის მანიპულირების ორი ძირითადი სახეობა აღვწერთ: დაკავშირებულ ბაზრებზე ვაჭრობით სარგებლობა და საბაზრო წესებით თამაში. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ მანიპულირების ნებისმიერი შემთხვევა იწვევს ბაზრის არაეფექტიანობას და რეგულირების საჭიროებას.

რეგულირების პრაქტიკაში, მარეგულირებელი ორგანოები იღებენ მრავალფეროვან პოლიტიკას და ანალიტიკურ ინსტრუმენტებს ბაზრის დარღვევებისა და ანტიკონკურენტული ქმედებების გამოსავლენად, აღკვეთისა და გამკლავების მიზნით, რაც უზრუნველყოფს ბაზრის კანონებსა და წესებს შესაბამისობას.

ადრინდელი მარეგულირებელი მიდგომები, როგორცაა ბაზრის წესების შედგენა, ბაზარზე დაშვების შეზღუდვა, საბაზრო ფასების ლიმიტის დაწესება, სტრუქტურული ბაზრის ინდექსები და შეთავაზების სკრინინგი, ძირითადად ეძებს ბაზრის დარღვევების პოტენციალს. ბაზრის წესების შედგენა და ბაზარზე წვდომის შეზღუდვა გავრცელებული პრაქტიკაა მთელს მსოფლიოში. თუმცა, ბაზრის ბარიერის დადგენა ადვილი არ არის.

აუდიტის, გამოძიების და სხვა EX-POST მარეგულირებელ მიდგომებთან შედარებით, EX-ANTE მარეგულირებელ მიდგომებს აქვთ დაბალი ღირებულება და უფრო მაღალი გამჭვირვალობა და, შესაბამისად, ბაზრის მონაწილეები მას ანიჭებენ უპირატესობას.

## ლიტერატურა

1. მაჭავარიანი, მ. (2021). საქართველოს ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ფორმირება ევროკავშირის სტანდარტების შესაბამისად. 21-34. <https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/344305/1/Disertacia%20M.M..pdf>
2. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №7. (2021 წლის 30 მარტი). ენერგეტიკული ბაზრის მონიტორინგისა და ანგარიშგების წესების დამტკიცების შესახებ. <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/5144170?publication=0>
3. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა, 2023. საქართველოს ფაქტიური ენერგობალანსები 1995-2022 წწ. <https://www.gse.com.ge/momkhmareblebistvis/monatsemebi-elektroenergetikuli-sistemidan/faktiuri-balansi>
4. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №246. (2020 წლის 16 აპრილი). ელექტროენერჯის ბაზრის მოდელის კონცეფცია. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4852064?publication=0>
5. ჯაფარიძე, დ., გაჩეჩილაძე, ზ., მაღრაძე, ნ. (2012). საქართველოს ელექტროენერგეტიკის მენეჯმენტის ბიზნეს-ინჟინერინგის პრინციპებზე ფორმირების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები. ჟურნალი ბიზნეს-ინჟინერინგი, 83-97.
6. Borenstein, S., Bushnell, J., & Knittel, C. R. (1999). Market Power in Electricity Markets: Beyond Concentration Measures. *The Energy Journal*, 20(4), 65–88.
7. Brown, T., Gergen, M.J. & Elrod, E.R. (2019). *The Energy Regulation and Markets Review*. *Law Business Research*, 382–412.
8. European Commission. Third energy package. [https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/third-energy-package_en)
9. Evans, M. (2015). Regulating Electricity-Market Manipulation: A Proposal for a New Regulatory Refine to Proscribe all Forms of Manipulation. *Michigan Law Review*, 113(4).
10. Fages, F., Saarinen, M. (2019). *The Energy Regulation and Markets Review*. *Law Business Research*, (8):90-100.
11. Federal Energy Regulatory Commission. 2016. Staff White Paper on Anti-Market Manipulation Enforcement Efforts Ten Years after EPACKT 2005. <https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-05/marketmanipulationwhitepaper.pdf>
12. IEA. (2023). Energy policies of IEA countries. Retrieved from [iea.org](https://www.iea.org/countries): <https://www.iea.org/countries>
13. OFGEM. (2023). Licences, industry codes and standards. Retrieved from [ofgem.gov.uk](https://www.ofgem.gov.uk): <https://www.ofgem.gov.uk/licences-industry-codes-and-standards>
14. Pirrong, C. (2010). Energy Market Manipulation: Definition, diagnosis and deterrence. *Energy Law Journal*, (31): 1-20.
15. Poudineh, R. (2019). Liberalized retail electricity market. *Oxford Institute for Energy Studies*, 6-21.
16. Prete, C. L., Hogan, W. W., Liu, B., & Wang, J. (2019). Cross-product Manipulation in Electricity Markets, Microstructure Models and Asymmetric Information. *The Energy Journal*, 40(5), 221–246.



## **TYPES OF MANIPULATION IN THE ELECTRICITY MARKET, THEIR REGULATION AND THE CURRENT SITUATION IN GEORGIA.**

*D.Jogiashvili.*

"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p.28-41. geo. sum geo. engl. rus.

Market manipulation is a controversial topic in all commodity markets, especially in the electricity markets, where the rapidly changing (increase, decrease) dynamics of energy resource prices is largely determined by market manipulation. Energy market manipulation is understudied and there are some questions about what constitutes manipulation. There are actually at least two different categories of manipulative acts. Some manipulations use market power, while others use fraud and deception.

The electricity market in Georgia is in the stage of formation. There are a number of tools on the market that can be used to ensure proper antitrust control. The state creates an opportunity for the formation of a wholesale competitive electricity market, however, real competitive relations in the economic space of the state are implemented only in a fragmented manner, and the electricity market still has the risk of monopolization.

*Tabl. 2, bibl. 16.*

## **ВИДЫ МАНИПУЛЯЦИЙ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ И ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ В ГРУЗИИ.**

*Д.Джогиашвили.*

"Энергия". №1(105). 2023. Тбилиси. с. 28-41. груз. реф. груз. англ. рус.

Манипулирование рынком является дискуссионной темой на всех товарных рынках, особенно на рынках электроэнергии, где быстро меняющаяся (растущая, падающая) динамика цен на энергоресурсы во многом определяется манипулированием рынком. Манипулирование энергетическим рынком недостаточно изучено, и есть некоторые вопросы о том, что представляет собой манипулирование. На самом деле есть как минимум две разные категории манипулятивных действий. Некоторые манипуляции используют рыночную власть, в то время как другие используют мошенничество и обман.

Рынок электроэнергии в Грузии находится в стадии формирования. На рынке существует ряд инструментов, которые можно использовать для обеспечения надлежащего антимонопольного контроля. Государство создает возможность для формирования оптового конкурентного рынка электроэнергии, однако реальные конкурентные отношения в экономическом пространстве государства реализуются лишь фрагментарно, и рынок электроэнергии по-прежнему имеет риск монополизации.

*Табл. 2, лит. 16 назв.*

ინოვაციური ლექციები თბოენერგეტიკული შინაარსის დისციპლინებში  
საინჟინრო ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის

**ევტინი მაჭავარიანი** - პროფესორი

E-mail: [ev.machavariani@gtu.ge](mailto:ev.machavariani@gtu.ge) ; [xutagtu@rambler.ru](mailto:xutagtu@rambler.ru)

**მაია ჯიხვაძე** - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: [jixvadzemaia@gmail.com](mailto:jixvadzemaia@gmail.com)

**ნათია ქსოვრელი** - ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: [qsovreli.nati@gmail.com](mailto:qsovreli.nati@gmail.com)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. წარმოდგენილია მრავალი წლის განმავლობაში აპრობირებული ინოვაციური მეთოდოლოგია, რომელიც ლექციის პირველივე წუთებში უზრუნველყოფს მსმენელთა პრაქტიკულად მთელი შემადგენლობის ყურადღების მკვეთრ გააქტიურებას, რაც განპირობებულია ზოგიერთ ფიზიკურ მოვლენაზე მათში არსებული წარმოდგენების მცდარობაში დარწმუნებით. უფრო მეტიც, იმაში დარწმუნებით, რომ მათი მოსაზრების ზუსტად საწინააღმდეგოდ შეზრუნებული მოსაზრება წარმოადგენს რეალურ ახსნას.

მოყვანილია სქემა, რომლის საშუალებით შეიძლება როგორც მექანიკური ენერჯის მიღების კაცობრიობისათვის ცნობილი ოთხივე ტექნიკური საშუალების (ჰიდრაულიკური, პნევმატური ელექტრული და თბური ძრავების), ასევე ამ ძრავების შეზრუნებული დანადგარების (წყლის ტუმბოს, აირის კომპრესორის, ელექტროგენერატორის და თბური ტუმბოს) მოქმედების პრინციპის შესწავლა.

წარმოდგენილია ენერჯის ცნობილი ფორმების ხარისხობრივი კლასიფიკაცია, რომლის გამოყენებით აიხსნება თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონები და მტკიცდება პირველი და მეორე გვარის მუდმივმოქმედი მანქანების შექმნის შეუძლებლობა.

საკვანძო სიტყვები: ჰიდრაულიკური, პნევმატური, ელექტრული და თბური ძრავები;

წყლის ტუმბო, აირის კომპრესორი, ელექტროგენერატორი, თბური ტუმბო.

**შესავალი**

კაცობრიობას თავისი განვითარების ყველა ეტაპზე ესაჭიროებოდა მექანიკური ენერჯია. მაგალითად, პირველყოფილ ადამიანებს ესაჭიროებოდათ მექანიკური ენერჯია ბუნაგის მოსაწყობად, მიწის გასათხრელად, ქვებისა და ხის მორების გადასაადგილებლად, ნანადირევის საცხოვრებელ ადგილამდე მისატანად და სხვ. ყველა ამ საქმიანობის შესასრულებლად ისინი იყენებდნენ საკუთარი კუნთის ქიმიურ ენერჯიას, რომელიც შრომის პროცესში გარდაიქმნებოდა მექანიკურ მუშაობად, ანუ მექანიკურ ენერჯიად, რომლის დახმარებით სრულდებოდა სხვადასხვა, როგორც მსუბუქი, ასევე მძიმე საქმიანობა. დროთა განმავლობაში ადამიანთა გარკვეულმა ჯგუფებმა ისწავლეს და დანერგეს სხვისი, კერძოდ მონების (ასევე ცხოველთა) კუნთების ქიმიური ენერჯიის გამოყენება და ეს პროცესი მრავალი ათასწლეულის განმავლობაში მიმდინარეობდა და ისტორიული მასშტაბებით თუ მივუდგებით, სულ ახლაახანს, ორიოდე ასეული წლის წინ იქნა უარყოფილი მოწინავე

საზოგადოების მხრიდან, თუმცა მონათა ფიზიკური მუშაობა დღევანდელ პირობებშიც საკმაოდ ხშირად გამოიყენება დედამიწის ზოგიერთ კუთხეში, ხოლო ცხოველთა მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობის გამოყენების თანამედროვე მაგალითების ჩამოთვლა მრავლად შეიძლება.

ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ რამოდენიმე ათასი წლის წინ ადამიანებმა ისწავლეს აგრეთვე მდინარის წყლისა და შემდეგ ქარის ენერჯის გამოყენება და ამ ენერჯის იყენებდნენ (იყენებენ დღევანდელ პერიოდშიც) მაშინდელი, ყველაზე აუცილებელი და შრომატევადი საქმიანობის, მარცვლეულის დაფქვის, შესასრულებლად.

პრაქტიკულად სულ ახლახანს, რაღაც 250÷300 წლის წინ ადამიანებმა ისწავლეს ელექტრული და თბური ენერჯის გამოყენება მექანიკური საქმიანობის შესასრულებლად. ელექტრული ძრავებისა და თბური ძრავების დანერგვამ განაპირობა ცივილიზაციის სწრაფი წინსვლა როგორც ტექნოლოგიური განვითარების, ასევე სამყაროს შეცნობის მიმართულებით.

კიდევ უფრო გვიან, სულ 100÷150 წლის წინ, მეცნიერებამ დაადგინა ენერჯის მარადისობისა და გარდაქმნის კანონი, რომლის მიხედვით არანაირი ფორმის ენერჯია არ შეიძლება გაჩნდეს ან გაქრეს. ის სამყაროში მუდმივია და ყოველთვის შეუძლია მხოლოდ გარდაიქმნას ერთი ფორმიდან მეორეში. მაშასადამე მექანიკურ ენერჯიაზე (მუშაობაზე) ცივილიზაციის მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად აუცილებელია სხვა ფორმის ენერჯის გარდაქმნა. ამისათვის კაცობრიობამ თავისი განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე მიაგნო ამ მიზნით გამოსაყენებელი ენერჯის ფორმებს და შექმნა შესაბამისი ტექნიკური მოწყობილობები.

ამჟამად მექანიკური ენერჯის მისაღებად და სხვადასხვა სამუშაოების შესასრულებლად კაცობრიობას გააჩნია მხოლოდ ოთხი ტიპის ტექნიკური საშუალება: ჰიდრავლიკური, პნევმატური, ელექტრული და თბური ძრავები. საყურადღებოა, რომ ოთხივე ამ ტიპის ძრავების მუშაობისათვის აუცილებელი პირობები არა მხოლოდ ურთიერთანალოგიურია, არამედ პრაქტიკულად ერთი და იგივეა, რის დასაბუთებაც წარმოადგენს ჩვენი ლექციის ინოვაციურობის ერთერთ ძირითად ასპექტს.

### *ძრავების მოქმედებისათვის აუცილებელი პირობები*

ისტორიულად პირველი ძრავის, ჰიდრავლიკური ძრავის მოქმედებისათვის აუცილებელი პირველ პირობად წყლის რეზერვუარებში არსებულ დონეთა სხვაობა წარმოადგენს და ეს პრაქტიკულად ყველასათვის ცნობილია. ასევე ცნობილია მეორე აუცილებელი პირობაც - სხვადასხვა დონის მქონე წყლის რეზერვუარებს შორის კავშირის (არხი, კალაპოტი, მილი) არსებობა. სწორედ ამ ორი პირობის ერთდროულად არსებობის შემთხვევაში მოხდება წყლის თავისთავადი დინება მაღალი დონიდან დაბალი დონისაკენ.

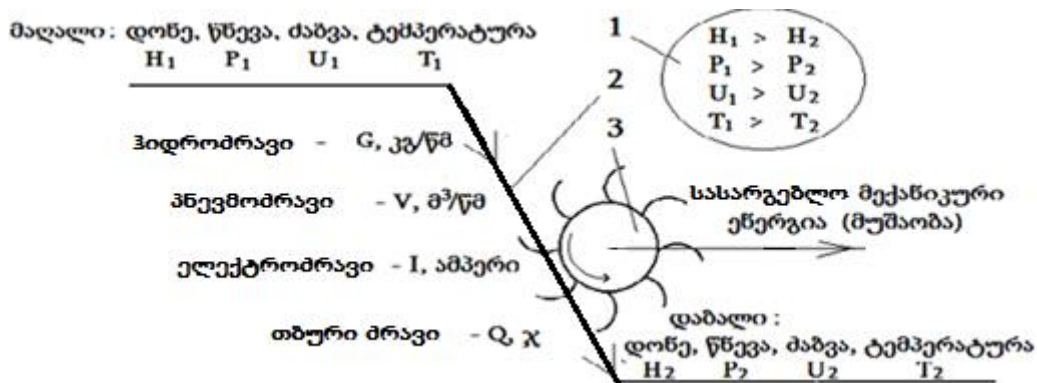
ნებისმიერი სიჩქარით მოძრავ ნაკადს (გარკვეული  $G$  კგ/წმ ხარჯით) გააჩნია კინეტიკური ენერგია, რომელიც სპეციალურად დამუშავებულ ტექნიკურ მექანიზმთან შეჯახებისას გარდაიქმნება მბრუნავი ლილვის მექანიკურ ენერგიად, ანუ სასარგებლო მექანიკურ მუშაობად.

ანალოგიური აუცილებელი პირობები უნდა არსებობდნენ ქარის (პნევმატური) ძრავის მოქმედებისათვის. პირველი - წნევათა სხვაობის მქონე ორი გარემო (ან ორი ჭურჭელი) და მეორე - მათ შორის კავშირის შესაძლებლობის არსებობა. ასეთ შემთხვევაში ჰიდრავლიკური ძრავის მსგავსად მოხდება მაღალი წნევის გარემოდან (ჭურჭლიდან) დაბალი წნევის გარემოში (ჭურჭელში) აირის (ჰაერის) თავისთავადი დინება (გარკვეული  $V$  მ<sup>3</sup>/წმ ხარჯით) და ამ ნაკადის კინეტიკური ენერგია სპეციალურად დამუშავებულ ტექნიკური მექანიზმის მეშვეობით გარდაიქმნება მბრუნავი ლილვის მექანიკურ ენერგიად, ანუ სასარგებლო მექანიკურ მუშაობად.

ასეთივე ორი პირობაა აუცილებელი ელექტრული ძრავის ასამოქმედებლად, კერძოდ ძაბვათა სხვაობის მქონე ორი სხვადასხვა არეს ელექტრული კავშირის შემთხვევაში ხდება მუხტების თავისთავადი მოძრაობა მაღალი ძაბვიდან დაბალი ძაბვისაკენ (ელექტრული დენი -  $I$  ამპერი). მუხტების მძრაობის კინეტიკური ენერგია კი სპეციალურად დამუშავებული ტექნიკური მექანიზმის, ელექტროძრავის მეშვეობით გარდაიქმნება მბრუნავი ლილვის მექანიკურ ენერგიად, ანუ სასარგებლო მექანიკურ მუშაობად. რა თქმა უნდა, რომ ელექტრული ძრავის შემთხვევაში ადგილი აღარ აქვს მოძრავი მუხტების უშუალო დაჯახებას ბორბლის ფრთებზე, მაგრამ ამ უკანასკნელთა როლს ასრულებს როტორის ხვიები, რომლებზეც მოქმედებენ ელექტრომაგნიტური ძალები, ხოლო მათი მოქმედების პრინციპი შეიძლება იყოს სხვადასხვა, ელექტროტექნიკის კანონებიდან გამომდინარე.

და ბოლოს, ზუსტად ანალოგიური აუცილებელი პირობები უნდა არსებობდნენ თბური ძრავის ასამოქმედებლად. კერძოდ, სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე არეთა არსებობა და ცხელი არედან ცივ არეში სითბოს გადასვლის (კავშირის) შესაძლებლობა. სითბო თავისთავად გადაედინება ცხელი არედან ცივში და ასევე სპეციალურად დამუშავებული გარკვეული ტექნიკური მექანიზმის მეშვეობით გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად, ანუ სასარგებლო მექანიკურ მუშაობად. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაშიც უშუალოდ სითბური ნაკადი  $Q$  კგ/წმ კი არ ეჯახება მექანიზმს, არამედ ამ სითბოს მიძღები მუშა სხეული (რაიმე აირი ან რაიმე სითხის ორთქლი) ფართოვდება და ასრულებს მუშაობას გარკვეულ დანადგარებში, რომელთა მოქმედების პრინციპი შეიძლება იყოს სხვადასხვა თერმოდინამიკის კანონებიდან გამომდინარე.

ოთხივე ხსენებული ძრავის მოქმედების პრინციპი ერთიდაიგივე სქემით შეიძლება



ნახ. 1. მექანიკური ენერჯის მიღების ოთხი ტექნიკური საშუალება

იყოს წარმოდგენილი, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. წარმოდგენილ სქემაზე ციფრით 1 აღნიშნულია სხვადასხვა არეებს შორის არსებული პოტენციალთა სხვაობები. ციფრით 2-ამ არეებს შორის არსებული კავშირი, რაც უზრუნველყოფს წყლის, ჰაერის ელექტრული მუხტების და სითბოს თავისთავადი გადადინების შესაძლებლობას მარალი პოტენციალის მქონე არედან დაბალი პოტენციალის მქონე არეში. ციფრით 3 აღნიშნულია - სპეციალურად დამუშავებული ტექნიკური მექანიზმი, რომელიც ხსენებული სხვაობებისა და კავშირის გამო თავისთავად აღძრული მატერიალური, ელექტრული ან თბური ნაკადების ენერჯიას გარდაქმნის სასარგებლო მექანიკურ ენერჯიად, ანუ მუშაობად.

*აღსანიშნავია, რომ ნახ. 1-ზე წარმოდგენილი სქემით შეიძლება აიხსნას აგრეთვე ცივილიზაციის და გნებავთ მთელი სამყაროს განვითარების პროცესი, რასაც კარგად ასახავს ფილოსოფიის ერთერთი ძირითადი კანონი დაპირისპირებულთა ერთიანობის შესახებ. ანუ განვითარება ხდება მხოლოდ განსხვავებულთა ერთიანობაში. ამ აზრს შესანიშნავად ეთანხმება ცნობილი გამოთქმა: „კამათში იბადება ჭეშმარიტება“. ანუ განსხვავებული აზრების მქონე სუბიექტების კავშირში (კამათში), ვლინდება სასარგებლო გადაწყვეტილება (რა თქმა უნდა, თუ საქმის ერთგული და ღირსეული სუბიექტები კამათობენ!).*

ნახ. 2-ზე მოყვანილ სქემაზე ნათლად ჩანს, რომ თავდაპირველი პოტენციალური ენერჯია, რომელიც გააჩნია წყალს, ჰაერს (აირს), მუხტებს და სითბოს, რომლებიც განისაზღვრებიან შესაბამისად  $H_1$  დონით,  $P_1$  წნევით,  $U_1$  ძაბვითა და  $T_1$  ტემპერატურით, ტექნიკურ მექანიზმში მათი გავლისას მთლიანად სასარგებლო მექანიკურ ენერჯიად (მუშაობად) ვერ გარდაიქმნება. ეს ადვილად აიხსნება წყლისა და ქარის ძრავებზე მხოლოდ იმ ფაქტით, რომ მათი თავდაპირველი პოტენციური ენერჯიით შექმნილი ნაკადის კინეტიკური ენერჯიის მთლიანად გამოსაყენებლად, ნაკადი სრულად უნდა დამუხრუჭდეს ბორბლის ფრთაზე, რაც შეუძლებელია, რადგან ფრთა უნდა გადაადგილდეს და მასზე დაჯახებული წყლის (ჰაერის) მასამ უნდა გააგრძელოს მოძრაობა, რათა მიატოვოს ტექნიკური მოწყობილობა. მაშასადამე ნამუშევარ ნაკადს უნდა შერჩეს გარკვეული

პოტენციური ენერგია, რათა მან მოძრაობა გააგრძელოს დაბალი დონის (წნევის) არესაკენ და ამგვარად ადგილი დაუთმოს მომდევნო ნაკადს ფრთაზე სამუშაოდ. ძირითადად ამ და ზოგადად სხვა მიზეზებითაც (ხახუნი, დაჯახების კუთხე და სხვ.), ჰიდრაულიკური ძრავების მარგი ქმედების კოეფიციენტები საუკეთესო შემთხვევაში 95 %-ს აღწევს [1,2], ხოლო ქარის დანადგარების შემთხვევაში 40%-თაც არ აღემატება [3,4].

ელექტრულ ძრავში შესული მუხტების ენერგიის მთლიანად სასარგებლო მექანიკურ ენერგიად, მუშაობად ვერ გარდაიქმნის დასაბუთება იგივე მსჯელობითაც შეიძლება, მაგრამ უფრო თვალსაჩინოა ის გარემოება, რომ ელექტროძრავის სადენებში დენის მოძრაობისას სადენებში გამოყოფილი სითბო, რა თქმა უნდა, გარემოში გაიბნევა და მაშასადამე თავდაპირველი, მაღალი ძაბვის პოტენციური ენერგიის ნაწილი სასარგებლო მუშაობად ვერ გარდაიქმნება. ამასთან ადგილი აქვს სხვა დანაკარგებსაც და საბოლოო ჯამში ყველაზე ეფექტური ელექტროძრავების მარგი ქმედების კოეფიციენტი 98 %-ს უტოლდება [5,6].

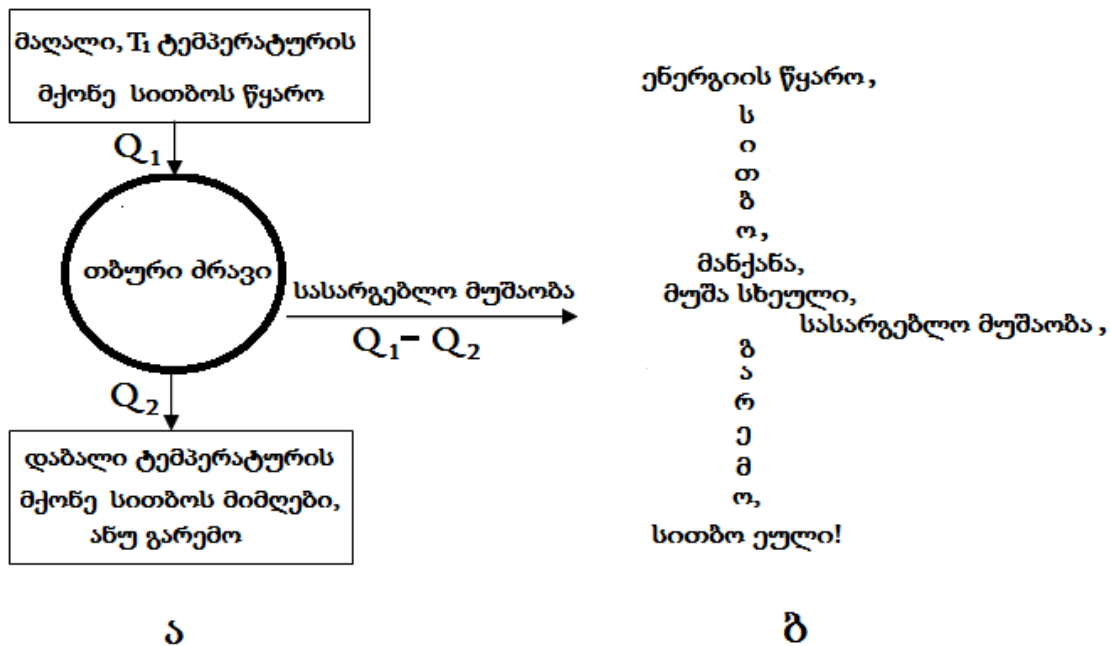
რაც შეეხება სითბურ ძრავს, მასშიც, თავდაპირველი მაღალი ტემპერატურის მქონე არეს (მუშა სხეულის) სითბური ენერგია მთლიანად რომ სასარგებლო მექანიკურ ენერგიად (მუშაობად) რომ გარდაიქმნას, ამისათვის აუცილებელი იქნება ამ არეს ტემპერატურა ძრავშივე დაეცეს გარემოს ტემპერატურამდე, მაგრამ ვინაიდან ეს შეუძლებელია (რადგან დიდ დროს მოითხოვს და სიმძლავრე კატასტროფულად ეცემა), აუცილებელია მუშა სხეულის სწრაფი გამოშვება ძრავის მუშა მოცულობიდან. ამიტომ ნამუშევარ მუშა სხეულს გააჩნია გარკვეული, გარემოს ტემპერატურაზე გაცილებით მეტი ტემპერატურა, ანუ თბური ენერგია, რომელიც სასარგებლო მექანიკურ ენერგიად (მუშაობად) ვერ გარდაიქმნა. აქედან გამომდინარე ყველაზე ეფექტური თბური ძრავების მარგი ქმედების კოეფიციენტი, როგორც წესი, 60 %-ს არ აღემატება [7,8].

ვინაიდან წინამდებარე ნაშრომის ავტორთა პროფესიული მოღვაწეობის ძირითად მიმართულებას თბოენერგეტიკული მიმართულების დისციპლინების სწავლება წარმოადგენს, მოვიყვანთ შესაბამის პედაგოგიურ ლიტერატურაში გავრცელებულ ერთ სქემას, რომელიც თითქმის ყველა სახელმძღვანელოშია გამოყენებული თერმოდინამიკის 1-ლი კანონისა და სითბური ძრავების მოქმედების პრინციპის ახსნისას (იხ. ნახ. 2,ა).

ნახ. 2,ა-ზე წარმოდგენილი სქემიდან ჩანს, რომ მაღალი ტემპერატურის მქონე სითბოს წყაროდან გამოდის სითბური ენერგია  $Q_1$ , რომლის ნაწილი,  $Q_1 - Q_2$ , თბურ ძრავში (თბურ მანქანაში) გარდაიქმნება სასარგებლო მექანიკურ ენერგიად, ანუ მუშაობად, ხოლო თავდაპირველი თბური ენერგიის ნაწილი,  $Q_2$  კი დაბალი ტემპერატურის მქონე გარემოში გაიბნება, ანუ იკარგება.

ჩვენს ლექციის ინოვაციურობის ერთი ასპექტი არის აგრეთვე ის, რომ სტუდენტებს ნახ. 2,ა-ზე წარმოდგენილი სქემის ახსნის შემდეგ ვაჩვენებთ გრაფიკული პოეზიის ერთ

ნიმუშს, ანუ ლექსს (იხ. ნახ. 2,ბ), რომლის ფორმა ნახ. 2,ა-ზე წარმოდგენილი სქემის მსგავსია, ხოლო შინაარსი ზუსტად გადმოგვცემს თბურ მანქანაში მიმდინარე ფიზიკური პროცესის შინაარსს.



ნახ. 2.

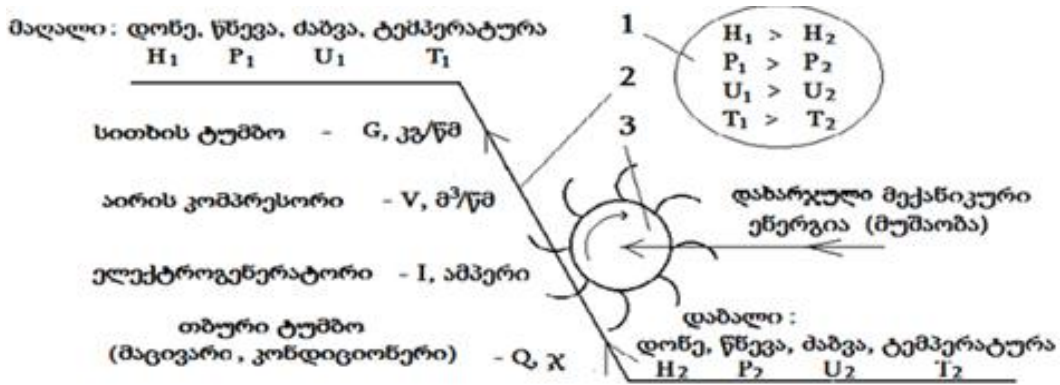
- ა) თბური ძრავის მოქმედების პრინციპული სქემა, რომელიც ფართოდ არის გამოყენებული თბოტექნიკურ სახელმძღვანელოებში;
- ბ) გრაფიკული პოეზიის ნიმუში (ნაშრომის თანაავტორი ე. მ.)

*სითხის ტუმბოს, აირის კომპრესორის, ელექტროგენერატორის და თბური ტუმბოს მოქმედებისათვის აუცილებელი პირობები*

აღსანიშნავია, რომ ჩვენი ლექციის ინოვაციურობის კიდევ ერთი დადასტურებაა ნახ. 3-ზე წარმოდგენილი სქემა. ეს სქემა ფაქტობრივად ნახ. 1-ზე წარმოდგენილი სქემის ასლია მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ნახ. 1-ზე ნაჩვენები ისრების მიმართულება შეცვლილია საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამგვარად ჩვენ მივიღეთ სქემა, რომელზეც აისახება სითხის ტუმბოს, აირის კომპრესორის, ელექტროგენერატორისა და თბური ტუმბოს (მაცივრის ან კონდიციონერის) მოქმედების პრინციპები, რომლებიც ძრავების მსგავსად ურთიერთანალოგიურია (იხ. ნახ. 3).

ჩამოთვლილი დანადგარების მუშაობისათვის აუცილებელი 2 პირობა იგივეა, რაც ძრავების შემთხვევაში. თუ არსებობს ზოგადპოტენციალთა სხვაობის მქონე ორი არე და მათ შორის კავშირის შესაძლებლობა, მაშინ გარკვეულ ტექნიკურ მოწყობილობის გამოყენებით და გარემოდან ენერჯის დახარჯვით, ანუ გარემოს მიერ მუშაობის შესრულებით, შესაძლებელია დაბალი პოტენციალის მქონე არედან მაღალი პოტენციალის მქონე არეში სითხის, აირის, ელექტრული მუხტებისა და სითბოს იძულებითი გადაადგილება. ამ

დანადგარებს შესაბამისად ეწოდებათ ტუმბო, კომპრესორი, ელექტროგენერატორი და თბური ტუმბო (მაცივარი ან კონდიციონერი).



ნახ. 3. სითხის ტუმბოს, აირის კომპრესორის, ელექტროგენერატორის და თბური ტუმბოს (მაცივრის ან კონდიციონერის) მოქმედების პრინციპი:

1 - პოტენციალთა სხვაობის არსებობა; 2 - კავშირის არსებობა. ამ ორი პირობის არსებობისას მექანიკური მუშაობის დახარჯვით შესაძლებელია წყლის ( $G$ -კგ/წმ), აირის ( $V$ -მ<sup>3</sup>/წმ), ელექტული მუხტების ( $I$  - ამპერი) და სითხოს ( $Q$  - ჯოული) იძულებით გადაადგილება დაბალი პოტენციალიდან მაღალი პოტენციალისაკენ; 3 - სპეციალურად დამუშავებული ტექნიკური მექანიზმი (ტუმბო, კომპრესორი, ელექტროგენერატორი და თბური ტუმბო, იგივე მაცივარი ან კონდიციონერი)

**ზოგიერთი ფიზიკური მოვლენის შინაარსზე სტუდენტებში (და არა მარტო) გავრცელებული მცდარი შეხედულებების გამოსწორება**

ცივილიზაციის განვითარებისა და ნებისმიერი ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოებისათვის ჩვენი აქ წარმოდგენილი და უკვე მრავალი წლის განმავლობაში აპრობირებული პრაქტიკა ინოვაციურია იმიტომაც, რომ პირველი ლექციის პირველივე წუთებში მსმენელთა დიდი უმრავლესობა რწმუნდება ზოგიერთი ფიზიკური მოვლენის ახსნის საკუთარი ვარიანტის მცდარობაში. უფრო მეტიც, რწმუნდება იმაში, რომ მათი მოსაზრების ზუსტად საწინააღმდეგოდ შებრუნებული მოსაზრება წარმოადგენს რეალურ ახსნას.

მაგალითად, შეხვედრის პირველივე წუთზე ხელებში ურთიერთპარალელურად ვიჭერთ ორ ფურცელს და სტუდენტებს ვეკითხებით: როგორ ამოძრავდებიან ეს ფურცლები, თუ მათ შორის პირით ჰაერს ჩავბერავთ. თითქმის ყოველთვის და თითქმის აბსოლუტურად ყველა ამბობს, რომ ფურცლის ბოლოები ერთმანეთს დაშორდება. ამ ცდის ჩატარების შემდეგ ყველა დაინახავს, რომ ფურცლის ბოლოები ერთმანეთს დაუახლოვდება. შეკითხვაზე - თუ რატომ ტყდება ლითონის მავთული მის ერთ ადგილზე რამოდენიმე ჯერ გადალუნვა-გადმოლუნვის შემდეგ, როგორც წესი, სტუდენტებს აქვთ მცდარი პასუხი: თბება, რბილდება და ტყდება, რაც აგრეთვე დიამეტრალურად საპირისპიროა სწორ ახსნასთან შედარებით. ასეთივე მცდარი პასუხი მოსდევს შეკითხვას - თუ რატომ თბება საბურავის გაბერვისას მასზე



მიერთებული მილსადენი. რამოდენიმე ამგვარი შეკითხვის დასმის და მათზე გარანტირებულად მცდარი პასუხების მოსმენის შემდეგ ჩვენ ვუხსნით, თუ რატომ იყო მათი პასუხი რეალობისაგან დიამეტრულად საწინააღმდეგო. სტუდენტები იგებენ სწორ ახსნებს და ეუფლებათ ახალი ცოდნის შეძენის სიხარული. ამის შემდეგ კი მათი ყურადღება ლექციებისადმი მკვეთრად იზრდება და უფრო მოტივირებული ხდებიან ცოდნის დაუფლების მონდომების რეალიზაციაში.

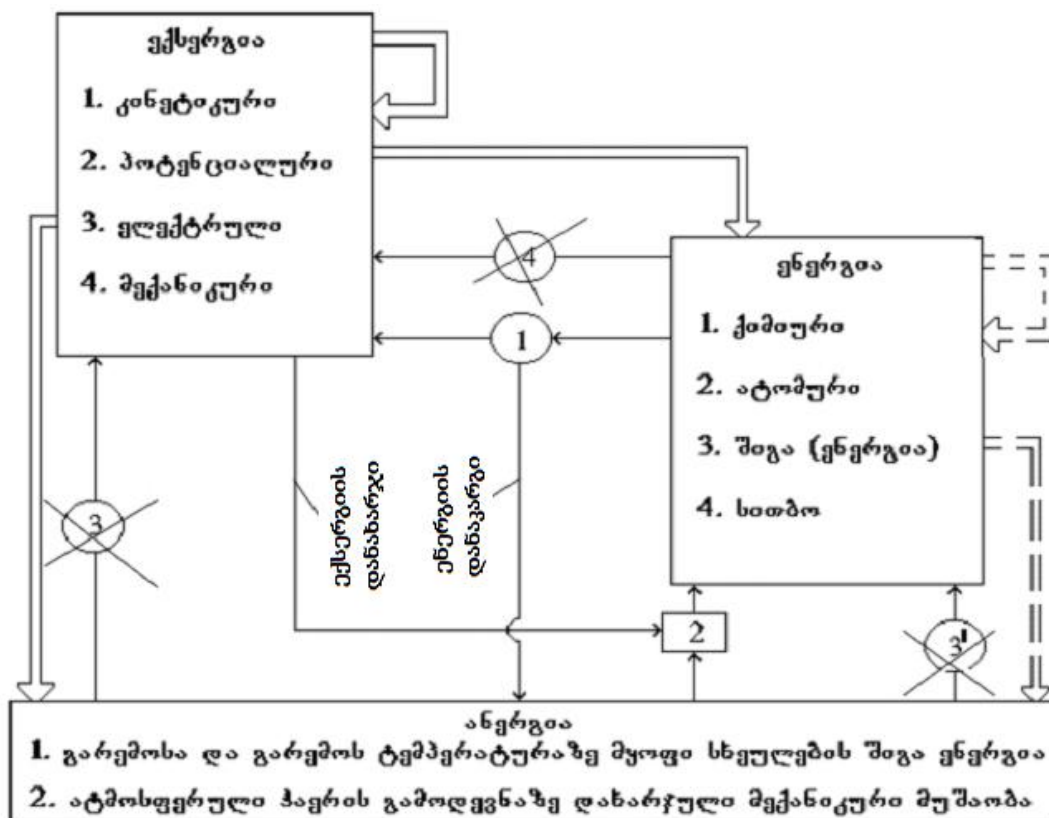
*ენერჯის ფორმების, მათი ურთიერთგარდაქმნის შესაძლებლობების და პირველი და მეორე გვარის მუდმივმოქმედი ძრავების შეუძლებლობის ინოვაციური ახსნა*

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ცივილიზაციის განვითარებისათვის და ენერჯიაზე სულ უფრო მზარდი მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად აუცილებელია ენერგეტიკული მრეწველობის განვითარება. ამისათვის კაცობრიობამ თავისი განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე მიაგნო და შეისწავლა ბუნებაში ენერჯის გამოვლინების სხვადასხვა ფორმებს და შექმნა სპეციალური ტექნიკური მოწყობილობა-დანადგარები, რომელთა საშუალებითაც სხვადასხვა ფორმის ენერჯის გარდაქმნის მისთვის საჭირო ფორმის ენერჯიად.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ნებისმიერი დარგის ინჟინერს აუცილებელია ჰქონდეს ზუსტი და სრულყოფილი ინფორმაცია როგორც ენერჯის სხვადასხვა ფორმების შესახებ, ისე მათი ურთიერთგარდაქმნის შესაძლებლობებისა და ამ გარდაქმნების განმახორციელებელი მანქანა-დანადგარების მუშაობის თავისებურებების შესახებ.

სწორედ ამ მიზნით ჩვენ დავამუშავეთ სპეციალური სქემა, რომელიც მკვეთრად გააუმჯობესებს სტუდენტების მიერ ენერჯის ფორმებისა და მათი ურთიერთგარდაქმნადობის შესაძლებლობათა შესწავლას. ამასთან, ამ სქემის გამოყენებით სტუდენტები ზედმიწევნით ძირფესვიანად იგებენ თბური მანქანების მოქმედების პრინციპებს როგორც პირდაპირი თერმოდინამიკური ციკლით მომუშავე თბური ძრავებისათვის, ასევე შებრუნებული თერმოდინამიკური ციკლით მომუშავე თბური ტუმბოებისათვის, ანუ მაცივრებისა და კონდიციონერებისათვის. გარდა ამისა ამავე სქემაზე სტუდენტები ნათლად ხედავენ, თუ რატომაა შეუძლებელი პირველი და მეორე გვარის მუდმივმოქმედი მანქანების შექმნა. ხსენებული სქემა წარმოდგენილია ქვემოთ ნახ. 4-ზე.

ამ სქემაზე წარმოდგენილია კაცობრიობისათვის ენერჯის ამჟამად ცნობილი ძირითადი ფორმები. ისინი გაყოფილია სამ ჯგუფად და ამ ჯგუფების სახელებია ექსერჯია, ენერჯია და ანერჯია. პირველ ჯგუფში შედიან ენერჯის ისეთი ფორმები, როგორცაა: კინეტიკური, პოტენციალური, ელექტრული და მექანიკური. სწორედ ამ ფორმების ენერჯის ფლობაა აუცილებელი ცივილიზაციის განვითარებისათვის. მათ გჯუფს ექსერჯია დაერქვა იმ მოსაზრებიდან გამომდინარე, რომ ენერჯის სხვა ფორმების გადამუშავებისას სწორედ ამ



ნახ. 4. ენერჯიის ფორმები და მათი ურთიერთგარდაქმნადობა

ოთხი ფორმის ენერჯიის მიღებაა გარდამქმნელი მოწყობილობის მუშაობის ძირითადი შედეგი. თავის მხრივ კი, ამ ფორმების ენერჯიის გარდაქმნისას ენერჯიის რაოდენობა მთლიანად, დანაკარგების გარეშე გადადის ენერჯიის ნებისმიერ სხვა ფორმაში (ამიტომაც ითვლებიან ენერჯიის ძვირფას ფორმებად). ეს გარემოება სქემაზე წარმოდგენილია ორმაგ ხაზებიანი ისრებით. მეორე ჯგუფში შედიან ენერჯიის ის ფორმები, რომლებიც ერთმანეთში და მესამე ჯგუფის ენერჯიის ფორმებში გარდაქმნისას კი დანაკარგების გარეშე გარდაიქმნებიან (წყვეტილი ორმაგ ხაზებიანი ისრები), მაგრამ ენერჯიის რომელიმე ძვირფას ფორმად (ექსერჯიად) გარდაქმნისას, მათი თავდაპირველი რაოდენობის გარკვეული ნაწილი აუცილებლად გადაიქცევა ანერჯიად, ანუ დაიკარგება გარემოში (ენერჯიათა მესამე ჯგუფი). ენერჯიის ასეთ გარდამქმნელ წარმოდგენს თბური ძრავი, რომელიც სქემაზე აღნიშნულია ციფრით 1. ხოლო მასში შემავალი და გამომავალი ისრების მიმართულებებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავწეროთ -

$$\text{ენერჯია} = \text{ექსერჯია} + \text{ანერჯია}, \quad (1)$$

საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ ენერჯიის რომელიმე ძვირფასი ფორმის, ანუ ექსერჯიის მისაღებად დახარჯული ენერჯიის ნაწილი აუცილებლად უნდა გადაიქცეს ანერჯიად, ანუ გაიზნას გარემოში -

ექსერგია = ენერგია - ანერგია. (2)

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ცხადია, რომ შეუძლებელია ისეთი ძრავის შექმნა, რომლის მუშაობის ერთადერთი შედეგი იქნება გარემოში არსებული ანერგიის ექსერგიად გარდაქმნა (იხ. მანქანა 3 ნახ. 4-ზე).

ზუსტად ასევე შეუძლებელია ისეთი ძრავის შექმნა, რომლის მუშაობის ერთადერთი შედეგი იქნება გარემოში არსებული ანერგიის ენერგიად გარდაქმნა (იხ. მანქანა 3' ნახ. 4-ზე).

სწორედ ამგვარი მანქანების შექმნის შეუძლებლობა დაამტკიცა ენერგიის მუდმივობისა და გარდაქმნის საყოველთაო კანონმა, რომლის თანახმადაც ენერგია არც ჩნდება და არც ქრება, ის მხოლოდ გარდაიქმნება ერთი რომელიმე ფორმიდან სხვა რომელიმე ფორმაში. მიუხედავად ამისა, ინჟინერ - ტექნიკოსების მიერ სისტემატურად მუშავდებოდა და განიხილებოდა ამგვარი მუდმივმოქმედი მანქანების მოქმედების სხვადასხვა პრინციპებზე აგებული ათასობით პროექტი, რომელთა განხილვაზეც პარიზის მეცნიერებათა აკადემიამ, ჯერ კიდევ 1775 წელს უარი გამოაცხადა. ამ არარსებულ მანქანებს, უფრო სწორედ მათ პროექტებს შემდეგში პირველი გვარის მუდმივმოქმედი მანქანები ეწოდათ.

ამ უკანასკნელთა შექმნის შეუძლებლობაში დარწმუნების შემდეგ ინჟინერ-გამომგონებელთა ძალიან დიდმა რაოდენობამ დაიწყო ფიქრი ისეთი მანქანის შექმნაზე, რომლის მოქმედების ერთადერთი შედეგი იქნებოდა ენერგიის გარდაქმნა ექსერგიად ყოველგვარი დანაკარგების გარეშე (იხ. მანქანა 4 ნახ. 4-ზე).

ჩვენ უკვე ვნახეთ, რომ (2) განტოლების თანახმად, ენერგიის ვერც ერთი ფორმა მთლიანად ვერ გარდაიქმნება სასარგებლო ფორმად, ანუ ექსერგიად მისი გარკვეული რაოდენობის გარემოში დაკარგვის გარეშე. ანუ შეუძლებელია ისეთი მანქანის (მაგ. მანქანა 4, ნახ. 4-ზე) შექმნა, რომლის ერთადერთ შედეგს წარმოადგენდეს სითბოს წყაროდან მიღებული ენერგიის მთლიანად მექანიკურ მუშაობად გარდაქმნა. გარკვეული დროის გავლის შემდეგ, განსაკუთრებით თერმოდინამიკის მეორე კანონის აღმოჩენის შემდეგ, ასეთი მანქანების პროექტების განხილვაც შეწყდა, ხოლო მათ მეორე გვარის მუდმივმოქმედი მანქანები ეწოდათ. თერმოდინამიკის მეორე კანონი აღმოჩენილი იქნა ფრანგი მეცნიერის კლაუზიუსის მიერ, ასევე ფრანგი ინჟინერის, სადი კარნოს შრომებზე დაყრდნობით. ამ კანონის ერთერთი ფორმულირება ასეთია: შეუძლებელია ისეთი თბური მანქანის შექმნა, რომლის მარგი ქმედების კოეფიციენტი 1-ის ტოლი იქნება.

მეორე გვარის მუდმივმოქმედი მანქანების შექმნის ურიცხვმა მცდელობამ განაპირობა შებრუნებული მოქმედების თბური მანქანების, ზოგადად თბური ტუმბოების და კერძოდ მაცივრებისა და ჰაერის გამათბობელი კონდიციონერების შექმნა. აღმოჩნდა, რომ ენერგიის ხარჯვით, ისევე, როგორც სითბის ატანა, შეიძლება დაბლიდან მაღლა (ტუმბო), სითბოც

შეიძლება ართმეული იქნას დაბალი ტემპერატურის მქონე სხეულიდან და მიწოდებული იქნას მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულისათვის. ეს საკითხი ჩვენ განხილული გვაქვს წინამდებარე ნაშრომის მე-3 ნაწილში (იხ. ნახ. 3), ხოლო ამგვარი მანქანა ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია ციფრით 2. სქემიდან ჩანს, რომ ექსერგიის, ანუ ენერგიის რომელიმე ძვირფასი ფორმის დახარჯვით ანერგიიდან შეიძლება გარკვეული სითბოს რაოდენობის ართმევა და დახარჯულ ექსერგიასთან ერთად მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულში მოთავსება.

ნახ. 4-ზე ციფრით 2 წარმოდგენილი სქემით მომუშავე მანქანას, სითბის ტუმბოს ანალოგიურად, სითბური ტუმბო უწოდეს. გავიხსენოთ, რომ ანალოგიური პრინციპით, ანუ ექსერგიის (მექანიკური ენერგია) ხარჯვით მუშაობენ აგრეთვე ელექტროგენერატორები და კომპრესორები (იხ. ნახ. 3).

### დასკვნა

ზემოთ წარმოდგენილი საკითხების და კერძოდ თექნიკური თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონის წინამდებარე ნაშრომში აღწერილი მეთოდით ახსნა ძირფესვიანად აგებინებს სტუდენტებს როგორც პირდაპირი, ასევე შებრუნებული მოქმედების თბური მანქანების მოქმედების პრინციპებს და თექნიკური თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონების ფიზიკურ შინაარსებს, რაც ნათლად გვაქვს დადასტურებული ჩვენი მრავალწლიანი გამოცდილებიდან გამომდინარე.

### ლიტერატურა

1. <https://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learning-centre/how-much-power-could-i-generate-from-a-hydro-turbine/>
2. <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/gidravlicheskoe-oborudovanie-ges-i-ego-montazh-3.html>
3. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/wind\\_turbines\\_fact\\_sheet\\_p100il8k.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/wind_turbines_fact_sheet_p100il8k.pdf)
4. <https://energo.house/veter/kpd-vetrogeneratora.html>
5. Motor efficiency. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/motor-efficiency>
6. КПД электродвигателей. <https://cable.ru/articles/id-1322.php>
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_engine)
8. <https://tehnar.net.ua/kpd-teplovogo-dvigatelya/>

## **INNOVATIVE LECTURES ON THE DISCIPLINES OF HEAT ENGINEERING CONTENT FOR ENGINEERING STUDENTS.**

*E.Machavariani, M.Jikhvadze, N.Ksovreli.*

"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p.42-53. geo. sum geo. engl. rus.

The article presents an innovative method of lecturing that has been proven over the years, which already in the first minutes of the lecture provides a sharp activation of the attention of almost the entire audience. This is due to the fact that students are quickly convinced of the falsity of their ideas about certain physical phenomena. Moreover, they learn that the real explanation is the exact opposite of their own.

A diagram is presented with the help of which it is possible to study the principle of operation of all four technical means of obtaining mechanical energy known to mankind (hydraulic, pneumatic, electric and heat engines), as well as the reversing devices of these engines (water pump, gas compressor, electric generator and heat pump). ).

A qualitative classification of known forms of energy is presented, with the help of which the first and second laws of thermodynamics are explained and the impossibility of creating permanent machines of the first and second kind is proved.

*Ill. 4, bibl. 8.*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ЛЕКЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ФАКУЛЬТЕТОВ.**

*Е. Мачавариани, М.Джихвадзе, Н.Ксоврели.*

"Энергия". №1(105). 2023. Тбилиси. с. 42-53. груз. реф. груз. англ. рус.

Представлен проверенный годами инновационный метод чтения лекций, который уже в первые минуты лекции обеспечивает резкую активизацию внимания практически всего состава аудитории. Это связано с тем, что учащиеся быстро убеждаются в ложности своих представлений о некоторых физических явлениях. Более того, они узнают, что настоящее объяснение — прямо противоположно их собственному.

Приведена схема, с помощью которой можно изучить принцип действия всех четырех известных человечеству технических средств получения механической энергии (гидравлических, пневматических, электрических и тепловых двигателей), а также реверсивных устройств этих двигателей (водяной насос, газовый компрессор, электрический генератор и тепловой насос).

Представлена качественная классификация известных форм энергии, с помощью которой объясняются первый и второй законы термодинамики и доказывается невозможность создания постоянных машин первого и второго рода.

*Илл. 4, лит. 8 назв.*

რეზონანსული მოვლენა და ანალოგია მექანიკურ  
და ელექტრულ რხევებს შორის

**ირაკლი ჯანგირაშვილი** - მაგისტრანტი

E-mail: [n.jango24@gmail.com](mailto:n.jango24@gmail.com)

**მაღზაზ ღვალაძე** - ასისტენტ-პროფესორი

E-mail: [dvalidzemalkhaz02@gtu.ge](mailto:dvalidzemalkhaz02@gtu.ge)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. განხილულია რხევითი მოძრაობა მექანიკაში, გაკეთებულია ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ რხევებს შორის, შესაბამისი სიდიდეებითა და ცდებზე დაყრდნობით. ასევე ნათლად ჩანს ორივე შემთხვევაში ენერჯის მუდმივობის კანონის მართებულობა, ხოლო ამ ყველაფერზე დაყრდნობით გაკეთებულია რეზონანსული მოვლენის ანალიზი როგორც მექანიკურ ასევე ელექტრულ ნაწილში. რაც საბოლოოდ გვაძლევს საშუალებას რომ გავაკეთოთ დასკვნა: ელექტრული და მექანიკური რხევები ემორჩილება ერთნაირ რაოდენობრივ კანონებს.

საკვანძო სიტყვები: რხევითი მოძრაობა, ამპლიტუდა, გრიგალური ელექტრული ველი, პოტენციური ენერჯია, ზახუნის კოეფიციენტი.

შესავალი

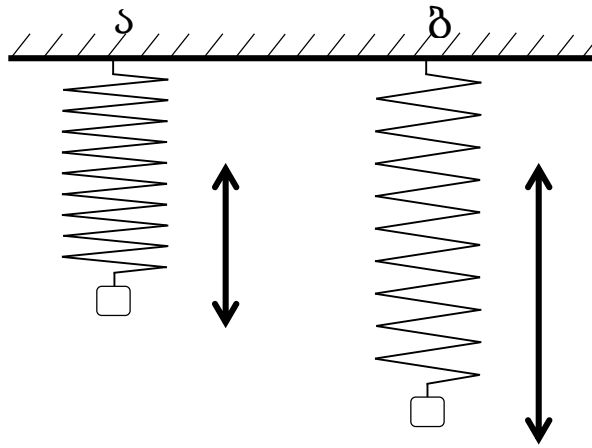
სანამ უშუალოდ ვისაუბრებთ რეზონანსის მოვლენაზე მანამდე აუცილებლად უნდა განვიხილოთ მექანიკური მოძრაობის უმნიშვნელოვანესი საკითხი რხევითი მოძრაობა.

თითქოს ერთი შეხედვით არაფერია საერთო ქანქარას რხევასა და კოჭაზე კონდენსატორის განმუხტვას შორის, მაგრამ საერთო არის. ორივე პროცესი ემორჩილება ერთნაირ რაოდენობრივ კანონებს ეს აშკარა გახდება თუ დავინტერესდებით არა იმით თუ რა ირხევა არამედ იმით თუ როგორ ირხევა.

**მექანიკური რხევები**

რხევითი მოძრაობა, ანუ რხევები ხშირად გვხვდება ბუნებაში. სხეულის რხევით მოძრაობაში მოყვანა რთული არ არის (ნახ. 1).

თუ ზამბარას ერთ ბოლოზე ჩამოვკიდებთ შტატივზე, ხოლო მეორე ბოლოს დავამაგრებთ ბურთულას ზამბარა გაიჭიმება და რათქმაუნდა დრეკადობის  $F_0$  ძალა გააწონასწორებს მასზე მოქმედ სიმძმის ძალას, თუ ბურთულას გამოვიყვანთ წონასწორობის მდებარეობიდან ოდნავ ქვევით დაწვევით და ხელს გავუშვებთ, ის დაიწყებს მოძრაობას ზევით ქვევით. ანუ მისი მოძრაობა პერიოდულად განმეორდება. რაღაცა დროის შემდეგ ბურთულის მოძრაობა შესუსტდება, შემდეგ კი სრულიად გაჩერდება. აღნიშნულ მოძრაობას რხევა ეწოდება, უფრო ზუსტად რხევა ის მოძრაობაა, რომელიც ზუსტად ან მიახლოებით მეორდება დროის განსაზღვრული ინტერვალის შემდეგ.



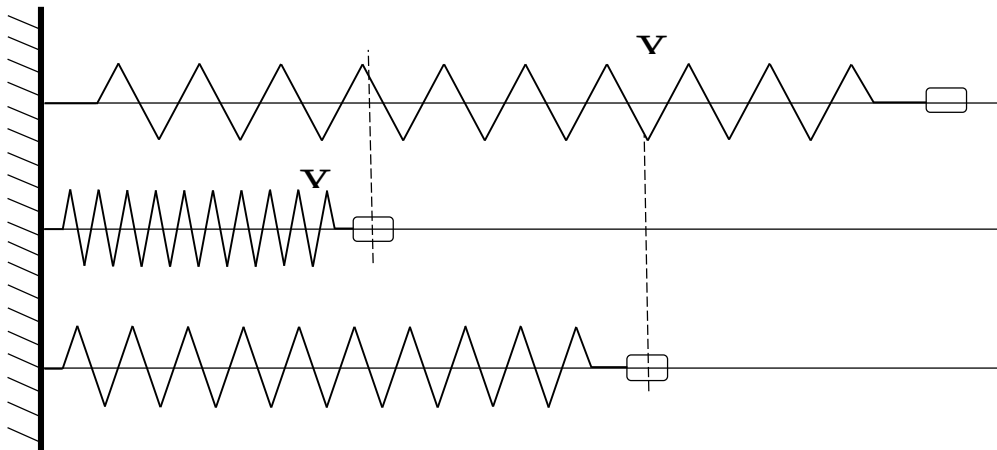
ნახ. 1. რხევითი მოძრაობა:

ა) წონასწორობაში; ბ) წონასწორობიდან გადახრილი

რხევები შეიძლება იყოს თავისუფალი და იძულებითი, იქიდან გამომდინარე შიგა ძალის ზემოქმედებით ირხევა სხეული, თუ გარე ძალის საშუალებით. ზემოთ განხილულ მაგალითს წარმოადგენს თავისუფალი რხევა, იძულებითი რხევების მისაღებათ საჭიროა სხეულზე მოქმედებდეს პერიოდულად ცვლადი ძალა.

*რხევითი მოძრაობის დროს ენერგიის გარდაქმნა*

პირველ რიგში განვიხილოთ ენერგიის გარდაქმნა იმ შემთხვევაში, როდესაც არ გვაქვს ხახუნი, ანუ წინააღობის ძალები (ნახ. 2).



ნახ. 2. რხევითი მოძრაობის დროს ენერგიის გარდაქმნა

ზამბარაზე მიმაგრებულ ბურთულას  $x$  მანძილზე მარჯვნივ გადაადგილებისას მერხვე სისტემას ვანიჭებთ პოტენციურ ენერგიას

$$E_3 = \frac{kx^2}{2}$$

ბურთულის მარცხნივ მოძრაობისას მცირდება პოტენციური ენერგია, მაგრამ იზრდება სიჩქარე და შესაბამისად იზრდება კინეტიკური ენერგიაც. ბურთულის მიერ წონასწორობის მდებარეობის გავლის მომენტში პოტენციური ენერგია მინიმალური ხდება ხოლო კინეტიკური აღწევს მაქსიმუმს. წონასწორობის მდებარეობის გავლის შემდეგ სიჩქარე იწყებს შემცირებას მაშასადამე მცირდება კინეტიკური ენერგიაც, პოტენციური ენერგია კვლავ იზრდება და მარცხენა ზღვრულ წერტილში ის აღწევს მაქსიმუმს, ხოლო კინეტიკური ენერგია ხდება ნულის ტოლი. ამრიგად რხევების დროს პოტენციური ენერგია გარდაიქმნება კინეტიკურად და პირიქით.

მოცემულ შემთხვევაში ზამზარაზე მიმაგრებული ბურთულის სრული მექანიკური ენერგია ტოლი იქნება:

$$E_{სრ} = E_{კინ} + E_{პოტ} = -\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}.$$

კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები პერიოდულად იცვლება მაგრამ ჩაკეტილ სისტემაში, სადაც ხახუნის ძალები არ მოქმედებს სრული მექანიკური ენერგია არ იცვლება, ანუ

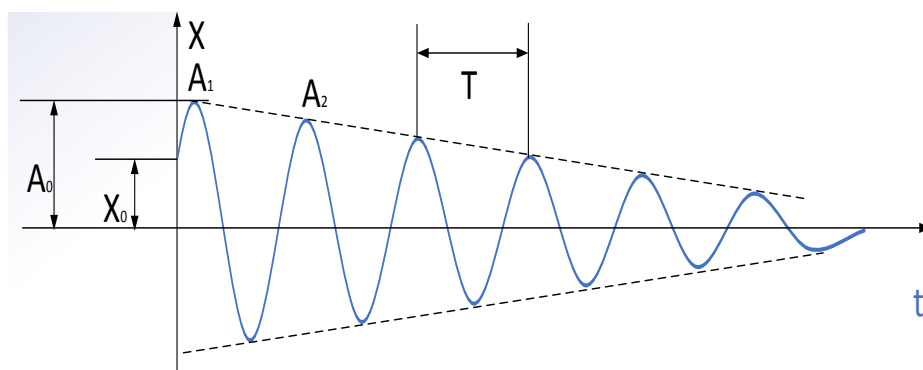
$$E_{სრ} = -\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \text{ ანუ: } \frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; mv^2 = kx^2; v^2 = \frac{kx^2}{m}; v = \left(\frac{kx^2}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = x \sqrt{\frac{k}{m}},$$

ანუ საბოლოოდ გვექნება

$$x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ამ შემთხვევაში ჩვენ განვიხილეთ ის შემთხვევა, როცა არ არსებობდა ხახუნი და რხევები იყო მიუღწევადი სინამდვილეში ხახუნი ანუ წინააღმდეგობა მაინც არსებობს.

წინააღმდეგობის ძალები ასრულებენ უარყოფით მუშაობას და ამით ამცირებენ სისტემის მექანიკურ ენერგიას. ამიტომ სხეულის მაქსიმალური გადახრა წონასწორობის მდებარეობიდან სულ უფრო ნაკლები ხდება, და რაღაც დროის შემდეგ, როდესაც მთლიანი მექანიკური ენერგია ამოიწურება სხეული გაჩერდება. აღნიშნულ შემთხვევაში საქმე გვაქვს მიღწევად რხევებთან (ნახ.3).



ნახ. 3. მიღწევადი რხევების გრაფიკი



### იძულებითი რხევები (რეზონანსი)

თავისუფალი რხევები რაღაც დროის შემდეგ ყოველთვის მილევადია, ამიტომ ის იშვიათად გამოიყენება პრაქტიკაში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია არამილევადი რხევები, რომლებიც შეიძლება გაგრძელდეს დიდხანს.

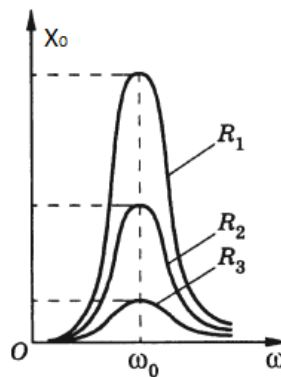
როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ იძულებითი რხევების მიღება შესაძლებელია სხეულზე გარე ძალის მოქმედებით ეს ძალა იქცევა შემდეგნაირა: ანუ ხახუნის, რომელიც ართმევს ენერგიას მერხვე სხეულს ძალის მიერ ხდება ამ ართმეული ენერგიის შევსება, ანუ სხეულს გარე ძალა არ აძლევს საშუალებას რომ გაჩერდეს. უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ ეს შემთხვევა: მერხვეი სხეული რომელზეც მოქმედებს გარე ძალა იწყებს რხევას, თუ დავაკვირდებით შევამჩნევთ, რომ ბიძგების ინტენსიობის გაზრდით რხევის ამპლიტუდა (სხეულის წონასწორობის მდებარეობიდან უდიდესი გადახრის მოდული) გაიზრდება, მოხდება რხევების შეკრება თუ რასაკვირველია ძალის მოქმედება იქნება სხეულის მოძრაობის მიმართულებით. ყველაზე საინტერესო არის ის რომ გარე ძალის სიხშირის და სხეულის საკუთარი სიხშირის თანხვედრისას ამპლიტუდა მკვეთრად იზრდება და ზუსტად ამ მოვლენას ეწოდება რეზონანსი. ანუ იძულებითი რხევის ამპლიტუდის მკვეთრ ზრდას როდესაც სისტემაზე მოქმედი გარე ძალის ცვლილების სიხშირე ემთხვევა თავისუფალი რხევების სიხშირეს რეზონანსი ეწოდება. რეზონანსზე არსებით გავლენას ახდენს ხახუნის რეზონანსის დროს გარე ძალის დადებითი მუშაობა მთლიანად ხმარდება წინააღმდეგობის ძალის უარყოფითი მუშაობის შედეგად ენერგიის დანაკარგების შევსებას.

მცირე სიჩქარით მოძრაობისას ხახუნის ძალის მოდული სიჩქარის მოდულის პირდაპირპროპორციულია.

$$F_{\text{ხახ}} = -\mu v,$$

სადაც  $\mu$  არის ხახუნის კოეფიციენტი, ხოლო ნიშანი მინუსი მიგვანიშნებს იმას, რომ ხახუნის ძალის მიმართულება სიჩქარის ძალის საპირისპიროა. მაგრამ, თუ ხახუნის ძალის ამპლიტუდა და გარე ძალის ამპლიტუდა ერთნაირია, ესეიგი სრულდება პირობა:

$$\mu v_m = \mu \omega_0 x_m = F_m.$$



ნახ. 4. რხევების ამპლიტუდის ცვლილების დამოკიდებულება სიხშირეზე

მაშინ ხახუნის ძალის მუშაობის მოდული გარე ძალის მუშაობის ტოლი იქნება იმავე გზაზე. აქედან იძულებითი რხევის ამპლიტუდა რეზონანსის დროს ასე განისაზღვრება:

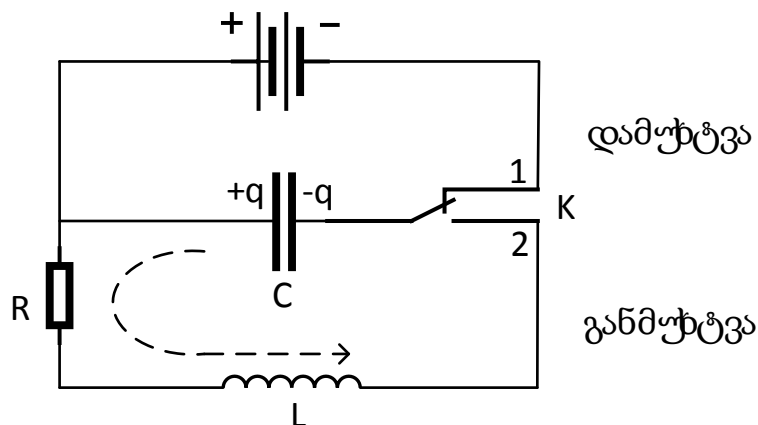
$$x_m = \frac{F_m}{\mu \omega_0}$$

აქედან ჩანს, რომ, რაც ნაკლებია ხახუნის კოეფიციენტი, მით მეტია რხევის ამპლიტუდა.

მოცემული გრაფიკიდან ნათლად ჩანს, რომ იძულებითი რხევების ამპლიტუდის ზრდა რეზონანსის დროს მით უფრო მკაფიოდაა გამოსახული რაც უფრო ნაკლებია ხახუნის სისტემაში (ნახ. 4).

### რხევითი კონტური

უმარტივესი სისტემა, რომელშიც შესალებელია თავისუფალი ელექტრული რხევების მიღება შედგება კონდენსატორისაგან და მის შემონაფენზე შეერთებული კოჭასგან, რასაც რხევითი კონტური ეწოდება (ნახ. 5).



ნახ. 5. რხევითი კონტური, კონდენსატორის დამუხტვა განმუხტვა

ვნახოთ როგორ აღიძვრება კონტურში რხევები: გადამრთველის საშუალებით კონდენსატორი მცირე ხნით მივუერთოთ ბატარეას ის დამუხტვა და შეიძენს ენერგიას

$$E_{ელ} = \frac{qm^2}{2c}$$

შემდეგ გადამრთველი გამოვიყვანოთ მეორე მდგომარეობაში კონდენსატორი დაიწყებს განმუხტვას, წრედში გაივლის დენი. თუმცა ეს დენი მაშინვე ვერ მიაღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას რაც განპირობებულია თვით ინდუქციის მოვლენით, ანუ კოჭაში აღიძვრება ცვლადი მაგნიტური ველი, ის წარმოქმნის გრიგალურ ელექტრულ ველს და ის დენის საწინააღმდეგოდაა მიმართული და ხელს უშლის მის მეყსეულ ზრდას.

კონდენსატორის განმუხტვასთან ერთად ელექტრული ველის ენერგია მცირდება, მაგრამ იზრდება დენის მაგნიტური ველის ენერგია.

$$E_{\theta} = \frac{LI^2}{2}$$

როდესაც  $q=0$ , კონდენსატორი განიმუხტება, ელექტრული ველის ენერგია გახდება ნულის ტოლი, ხოლო მაგნიტური ველის ენერგია იქნება მაქსიმალური ესეიგი სრულდება ენერგიის მუდმივობის კანონი.

მიუხედავად იმისა, რომ ამ მომენტისათვის კოჭას ბოლოებზე პოტენციალთა სხვაობა ნულის ტოლია დენი ერთდროულად არ შემცირდება ესეც თვით ინდუქციის მოვლენითაა განპირობებული, როგორც კი დაიწყებს დენი შემცირებას აღიძვრება დენის თანხვედნილი გრიგალური ელექტრული ველი და დააყოვნებს მას, შემდეგ კონდენსატორი გადაიმუხტება მანამ სანამ დენი ნულის ტოლი არ გახდება. ამის შემდეგ მაგნიტური ველის ენერგია გახდება ნულის ტოლი, ხოლო კონდენსატორის ელექტრული ველის ენერგია ისევ მაქსიმალური გახდება, ზუსტად ამ ენერგიის მიმოცვლის პროცესში წარმოიქმნება ელექტრული რხევები. რომარ ყოფილიყო დანაკარგები საქმე გვექნებოდა არამიღვევად რხევებთან, მაგრამ ენერგიის დანაკარგი გარდაუვალია, ვინაიდან კოჭას და შემაერთებელ სადენებს აქვთ  $R$  წინაღობა და ეს იწვევს ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის გარდაქმნას გამტარის შიგა ენერგიად.

*ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ რხევებს შორის*

ელექტრულ და მექანიკურ რხევებს შორის არსებობს მსგავსება, მექანიკურ რხევებისას პერიოდულად იცვლება სხეულის კოორდინატი და მისი სიჩქარე  $v$ , ხოლო ელექტრული რხევების დროს  $I$  დენის ძალა და კონდენსატორის მუხტი  $q$ .

ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ სიდიდეებს შორის

ცხრილი

მექანიკური სიდიდეები	ელექტრული სიდიდეები
კოორდინატი, $x$	$q$ , მუხტი
სიჩქარე, $v$	დენის ძალა $I$
$m$ , მასა	$L$ ინდუქციურობა
$K$ , სიხისტე	$\frac{1}{C}$
$\frac{kx^2}{2}$	$\frac{q^2}{2c}$
$\frac{mv^2}{2}$	$\frac{LI^2}{2}$

მექანიკური და ელექტრული რხევების ანალოგია აიხსნება იმით, რომ ერთნაირია ის პირობები, რომლებშიც ეს რხევები წარმოიქმნება. მექანიკურის შემთხვევაში ზამზარაზე მიმაგრებული ტვირთის წონასწორობის მდებარეობაში დაბრუნება გამოწვეულია ამ მდებარეობიდან გადახრის პროპორციული  $F$  დრეკადობის ძალით. პროპორციულობის კოეფიციენტს ამ შემთხვევაში წარმოადგენს  $K$  სიხისტე. ელექტრულში კონდენსატორის განმუხტვა განპირობებულია  $U$  ძაბვით, რომელიც  $q$  მუხტის პროპორციულია.  $\frac{1}{C}$  -სთან იგივეა რაც  $K$  სიხისტე. კოჭას  $L$  ინდუქციურობა იმავე როლს ასრულებს რასაც  $M$  მასა

მექანიკაში. კინეტიკური ენერგია  $\frac{mv^2}{2}$  შეესაბამება მაგნიტური ველის ენერგიას  $\frac{LI^2}{2}$  ისევე, როგორც პოტენციური ენერგია  $\frac{kx^2}{2}$  ანალოგიურია  $\frac{q^2}{2c}$  (იხ. ცხრილი).

### რეზონანსი ელექტრულ წრედში

იძულებითი მექანიკური რხევების შესწავლისას გავცანით მნიშვნელოვან მოვლენას რეზონანსს, რეზონანსს ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც სისტემის რხევების საკუთარი სიხშირე ემთხვევა გარე ძალის სიხშირეს, თუ ხახუნი მცირეა მაშინ დამყარებული იძულებითი რხევების ამპლიტუდა მკვეთრად იზრდება.

მექანიკური და ელექტრომაგნიტური რხევების კანონების თანხვედნა საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ელექტრულ წრედში შესაძლებელია რეზონანსი თუკი ეს წრედი განსაზღვრული საკუთარი სიხშირის მქონე რხევითი კონტურია.

მექანიკური რხევების შემთხვევაში რეზონანსი მკაფიოდაა გამოსახული ხახუნის კოეფიციენტის მცირე მნიშვნელობისათვის და ელექტრულ წრედში ხახუნის კოეფიციენტის როლს ასრულებს R აქტიური წინაღობა. სწორედ ამ წინაღობის არსებობა იწვევს წრედში დენის ენერგიის გარდაქმნას გამტარის შიგა ენერგიათ (გამტარი თბება). ამიტომ ელექტრულ რხევით კონტურში რეზონანსი მკაფიოთ იქნება გამოხატული მცირე R აქტიური წინაღობის დროს. თუ აქტიური წინაღობა მცირეა მაშინ კონტურში რხევების საკუთარი სიხშირე განისაზღვრება ფორმულით:  $\omega L = \frac{1}{\omega c}$  ანუ:  $\omega^2 LC=1$ ;  $\omega^2 = \frac{1}{Lc}$ ;  $\omega = \frac{1}{\sqrt{Lc}}$

იძულებითი რხევების შემთხვევაში დენის ძალა მაქსიმალურ მნიშვნელობას მიაღწევს მაშინ, როდესაც კონტურზე მოდებული ძაბვის სიხშირე რხევითი კონტურის საკუთარი სიხშირის ტოლი გახდება.

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{Lc}}$$

რეზონანსი ელექტრულ რხევით კონტურში ეწოდება იძულებითი რხევების ამპლიტუდის მკვეთრი ზრდის მოვლენას, გარეთ ცვლადი ძაბვის სიხშირისა და რხევითი კონტურის საკუთარი სიხშირის თანხვედრისას.

### დასკვნა

მექანიკური და ელექტრომაგნიტური რხევების კანონების თანხვედნა საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ელექტრულ წრედში შესაძლებელია რეზონანსი თუკი ეს წრედი განსაზღვრული საკუთარი სიხშირის მქონე რხევითი კონტურია.

### ლიტერატურა

1. მიაკიშევი გ., ბუხონცევი ბ. ფიზიკის საფუძვლები. თბილისი. 1985.
2. ნეიმანი ლ., კალანტაროვი პ. ელექტრო ტექნიკის თეორიული საფუძვლები. თბილისი. 1966.

## **RESONANCE CIRCUMSTANCE AND ANALOGES BETWEEN MECHANICAL AND ELECTRICAL OSCILLATION.**

*I.Jangirashvili, M.Dvalidze.*

"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p.54-61. geo. sum geo. engl. rus.

In the article is reviewed mechanical oscillation movement as well as analogy between mechanical and electrical oscillatory motions, based on the laboratory researches, highlights law of constantivity the energy, based on upon the above, is analysed resonance circumstances in mechanical and electricity. Which finally allows us to make a conclusion: electrical and mechanical oscillations obey the same quantitative laws.

*Ill. 5, tabl. 1, bibl. 2.*

## **РЕЗОНАНСНОЕ ОБСТОЯТЕЛЬСТВО И АНАЛОГИИ МЕЖДУ МЕХАНИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ.**

*И.Джангирашвили, М.Двалидзе.*

"Энергия". №1 (105). 2023. Тбилиси. с. 54-61. груз. реф. англ., рус.

В статье рассматривается механическое колебательное движение, а также проводится аналогия между механическим и электрическим колебательными движениями. На основании лабораторных исследований, выделяется закон постоянства энергии, в результате которого анализируются резонансные явления в механике и электричестве. Это окончательно позволяет сделать вывод о том, что электрические и механические колебания подчиняются одним и тем же количественным законам.

*Илл. 5, табл. 1, лит. 2 назв.*

## ენერგოკომპანიაში საინვესტიციო პროექტის მომგებიანობის შეფასება

*ელენე იარალაშვილი* - დოქტორანტი

E-mail: eleneiaralashvili203@gmail.com

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტის მიმზიდველობის დადგენა მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო ეტაპია ინვესტორისათვის, ამდენად ინვესტორი ვალდებულია სრულყოფილად შეისწავლოს ობიექტის საინვესტიციო მიმზიდველობა, საინვესტიციო გარემო, ქვეყანაში მიმდინარე ეკონომიურ-პოლიტიკური პროცესები, პროდუქციის კონკურენტულობა საექსპლუატაციო პერიოდისათვის, გასაღების ინფრასტრუქტურა, და ა.შ.

განხილულია წმინდა დისკონტირებული შემოსავლის და დისკონტირებული ამონაგების ვადის (DPP) განსაზღვრის ასპექტები ისეთი საინვესტიციო ობიექტებისათვის, რომელთა განხორციელებასაც ხანგრძლივი დრო სჭირდება. ასეთი ტიპის პროექტებისთვის, რომელთაც მიეკუთვნებიან ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტები, საინვესტიციო ანალიზის კლასიკური მიდგომების ნაკლოვანებების გათვალისწინებით დადგენილია დაზუსტებული ფორმულები.

საკვანძო სიტყვები: საინვესტიციო პროექტი, ენერგეტიკული ობიექტი, საინვესტიციო კაპიტალი, ინვესტორი, ინვესტიციის ეფექტურობა.

ენერგეტიკული ობიექტის საინვესტიციო მიმზიდველობა ინტეგრირებული მაჩვენებელია და იგი პირველ რიგში გულისხმობს მოსალოდნელი მოგების შესაბამისობას კაპდაბანდების ამოღების რისკებთან, ხანგრძლივი პერიოდისათვის მოგების სტაბილურობას, პროდუქციის (ელექტროენერჯის) წარმოებისათვის ნედლეულის (მაგ. თბოელექტროსადგურებისათვის საწვავის) მოწოდების სტაბილურობას და ა.შ.

ეს არის ყველაზე მნიშვნელოვანი ეტაპი ინვესტორისათვის. იმაზე, თუ რამდენად სწორად გაანალიზა ინვესტორმა საინვესტიციო ობიექტზე კაპიტალის ჩადების მართებულობა, ბევრადაა დამოკიდებული შემდგომში კაპიტალის ამოღების მოცულობა და მაშასადამე ინვესტიციის ეფექტურობა. ამდენად, ინვესტორი ვალდებულია სრულყოფილად შეისწავლოს ობიექტის საინვესტიციო მიმზიდველობა, საინვესტიციო გარემო, ქვეყანაში მიმდინარე ეკონომიურ-პოლიტიკური პროცესები, პროდუქციის კონკურენტულობა საექსპლუატაციო პერიოდისათვის, გასაღების ინფრასტრუქტურა და ა.შ.

ასაშენებელ ენერგობიექტში (მაგ.: ჰესი ან თბოელექტროსადგური) ინვესტიციის ჩასადებად ინვესტორმა უნდა გაითვალისწინოს ამ საქმისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკა, კერძოდ, განსხვავებით სხვა სახის ინვესტირებებისაგან (მაგ.: აქციების შესყიდვა, უძრავი ქონების შესყიდვა, მომუშავე საწარმოს შესყიდვა და ა.შ.), აქ საკმაოდ დიდი დრო გავა, ვიდრე ინვესტორი დაიწყებს ექსპლუატაციაში გაშვებული ელექტროსადგურიდან

გამომუშავებული ელექტროენერჯის რეალიზებიდან მოგების მიღებას.

დიდი სიმძლავრის ჰესის აშენებას 10-15 წელი სჭირდება. მანამდე ინვესტორი მხოლოდ კაპდაზანდება ახორციელებს. ამ პერიოდის განმავლობაში ინვესტორის კაპიტალი მატერიალიზდება მშენებარე ობიექტში, ამასთან დროის პროპორციულად იზრდება საინვესტიციო პროექტზე მოქმედი რისკები.

ეკონომიურ მეცნიერებაში საინვესტიციო ობიექტის ეფექტურობის შესაფასებლად გამოიყენება NPV – წმინდა დისკონტირებული შემოსავალი (Net Present Value – წმინდა მიმდინარე ღირებულება):

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC, \quad (1)$$

სადაც  $IC$  - ობიექტზე განხორციელებული ინვესტიციის მოცულობაა;  $n$  - საანგარიშო პერიოდების (წელი, კვარტალი) რაოდენობა;  $P_k, P$  -  $k$ -ურ საანგარიშო პერიოდში მიღებული შემოსავალი;  $r$  - დისკონტირების განაკვეთი.

დისკონტირება ეს მომავლის ფულადი ნაკადების ღირებულების განსაზღვრაა მიმდინარე მომენტისათვის.

დისკონტირების განაკვეთის სიდიდე  $r$  უნდა ითვალისწინებდეს ინფლაციას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც შემოსავლების მიღების პარალელურად მიმდინარეობს ინვესტირება, მაშინ (1) ღებულობს სახეს

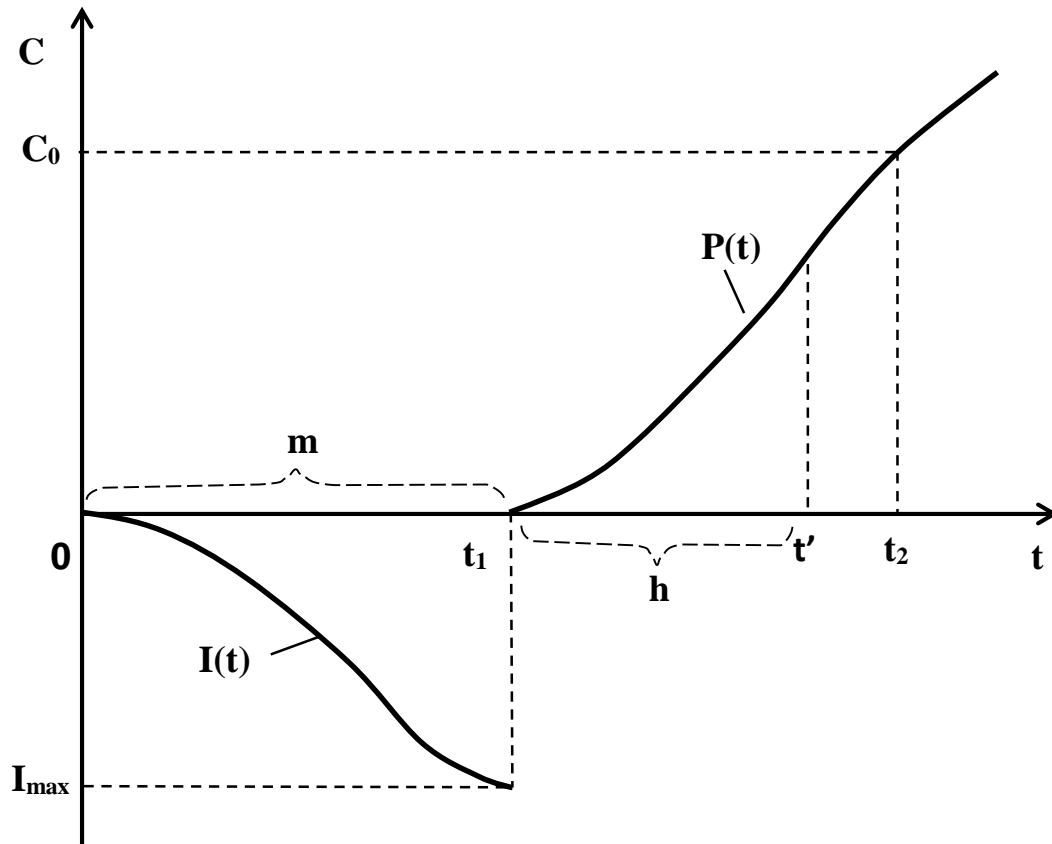
$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^k} - \sum_{i=1}^n \frac{IC_i}{(1+i)^i}, \quad (2)$$

სადაც  $IC_i$  არის  $i$ -ური წლის ინვესტიციის მოცულობა;  $n$  - ინვესტიციის განხორციელების წლების რაოდენობა.

ტომ კოუპლენდის მოსაზრებით, (2)-ს გამოყენება იმ ტიპის საინვესტიციო პროექტებისათვის, რომელთათვისაც შემოსავლების მიღებამდე პირველადი ინვესტირება რამოდენიმე წლის განმავლობაში ხორციელდება (მაგალითად, 10 წლის განმავლობაში), არასწორია [1]. ასეთ პროექტებს მიეკუთვნება ენერგეტიკაში საინვესტიციო პროექტები, სადაც ზოგ შემთხვევაში 10 წელზე მეტიცაა საჭირო პირველადი ინვესტირება, ვიდრე ობიექტი გაეშვება ექსპლუატაციაში და დაიწყება შემოსავლების მიღება.

კოუპლენდი გამოსავალს რეალური ოპციონების მეთოდის გამოყენებაში ხედავს, რაც ჩვენის აზრით, ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტისათვის გამოუსადეგარია, ვინაიდან რეალური ოპციონების მეთოდი [2-3] ძირითადად ფასიანი ქაღალდების და ფიუჩერული საქონლების საბირჟო კონტრაქტებისთვისაა მიზანშეწონილი.

ენერგეტიკაში ინვესტირების პროცესის არსის უკეთ გასაგებად განვიხილოთ ნახაზზე.



ნახაზი.

ნახაზზე  $I(t)$  ასახავს ენერგეტიკულ საინვესტიციო პროექტში  $t1=m$  წლის განმავლობაში მიმდინარე ინვესტირებას, ხოლო  $P(t)$  კი ასახავს წმინდა მოგების მიღებას.

ინვესტორისათვის მთავარია შემოსავლების მიღებიდან რომელიღაც  $t2$  დროისათვის ამოიღოს ჩადებული კაპიტალი.

$t1$  მომენტისათვის განხორციელებული ინვესტიციის საერთო მოცულობა იქნება

$$IC = \sum_{i=0}^m IC_i$$

სადაც  $IC_i$  არის  $i$  - ური წლის ინვესტიცია (გამავალი ფულადი ნაკადის მოცულობა).

მაშინ  $t2-t1=n$  პერიოდში ენერგეტიკულ საინვესტიციო პროექტში ჩადებული კაპიტალის დატრიალების შედეგად მიღებული წმინდა შემოსავალი დისკონტირების გათვალისწინებით იქნება:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^{k+m}} - \sum_{i=1}^m \frac{IC_i}{(1+r)^i}$$

ზოგადად ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტისათვის წმინდა დისკონტირებული ღირებულება 0-დან  $t'$  პერიოდისათვის მიიღებს შემდეგ სახეს:



$$NPV(t) = \begin{cases} -\sum_{i=1}^t \frac{IC_i}{(1+r)^i}, t \leq t_1 \\ \sum_{k=t-m}^t \frac{P_k}{(1+r)^{k+m}} - \sum_{i=1}^m \frac{IC_i}{(1+r)^i}, t > t_1 \end{cases} \quad (3)$$

როგორც მე-(3)-დან ჩანს,  $t_1$  მომენტამდე ინვესტორი მზარდ უარყოფით სალდოშია.  $t_1$  მომენტიდან დაწყებული ხდება ამ უარყოფითი სალდოს შემცირება და რომელიღაც  $t_2$  მომენტში მისი გადასვლა დადებით სალდოში. სწორედ ამ დროს ინვესტორი მთლიანად ამოიღებს ჩადებულ კაპიტალს.

ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტის დისკონტირებული ამოღების ვადა  $DPP=t_2=h$  ( $DPP$  - *Discounted Payback Period*) დადგება მაშინ, როდესაც

$$\sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+r)^{k+m}} \geq \sum_{i=1}^m \frac{IC_i}{(1+r)^i} \quad (4)$$

მე-(4)-დან დგინდება  $n$ , რის შემდეგაც დისკონტირებული ამოღების ვადა  $h=n+m$ .

მე-(3) და მე-(4) ფორმულები ყველაზე უფრო მეტად ძნელად დასადგენი სიდიდე ეს დისკონტირების  $r$  განაკვეთის სიდიდეა. ზოგადად იგი შემდეგნაირად შეიძლება განისაზღვროს: მე-(3)

$$r = r_0 + r_f + R, \quad (5)$$

სადაც  $r_0$  - ურისკო შემოსავლის განაკვეთია და იგი ჩვეულებრივ მინიმალური საბანკო პროცენტის ან სახელმწიფო ობლიგაციების საპროცენტო განაკვეთის ტოლია;  $r_f$  - ინფლაციის წლიური მაჩვენებელია;  $R$  - პროექტის სპეციფიურობის რისკის განაკვეთი.

ინვესტორისთვის ასევე საინტერესოა კაპიტალის ამოღების ის მინიმალური ვადა  $DPP(r_0)=h_1 = n_1 + m$ , რომელიც მას დასჭირდება მხოლოდ ურისკო შემოსავლის განაკვეთის გათვალისწინების შემთხვევაში, ანუ როდესაც  $r = r_0$

$$\sum_{k=1}^{n_1} \frac{P_k}{(1+r_0)^{k+m}} \geq \sum_{i=1}^m \frac{IC_i}{(1+r_0)^i} \quad (6)$$

ვინაიდან მსხვილი ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტების განცხადების ვადები ჩვეულებრივ საკმაოდ დიდია (10-15 წელი), ინვესტორი შეგუებულია იმ აზრს, რომ კაპიტალის ამოღება საკმაოდ დიდ ხანს გასწევს. ამდენად პირველადი ორიენტაციისათვის,  $h_1$ -ს სიდიდე მას პროექტის მომგებიანობაზე წარმოდგენას უქმნის.

რაც უფრო მცირეა  $h - h_1$ , მით უფრო მეტი საფუძველი აქვს ინვესტორს ამ პროექტის დაფინანსების.

ამრიგად, ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტის დაფინანსების გადაწყვეტილების მისაღებად ინვესტორმა ძირითადად უნდა იხელმძღვანელოს *NPV*-სა და *DPP*-ს სიდიდეებით, რომლებიც მე-(3) და მე-(6) ფორმულებით უნდა გამოითვალოს.

#### ლიტერატურა

1. ლომსაძე-კუჭავა მ. ინვესტიციების მართვა. სტუ. 2017.
2. Tom Copeland, Tim Koller and Jack Murrin. Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies, Third Edition. John Wiley & Sons © 2000.
- 3.V. Riihimäki. Analyzing the WiMAX investment costs and NPV distributions for real option valuation. Journal Info, Volume 11 (3): 14 Emerald Publishing. May 8. 2009
4. Čulík, Miroslav. FLEXIBILITY AND PROJECT VALUE: INTERACTIONS AND MULTIPLE REAL OPTIONS. AIP Conference Proceedings, Volume 1239 (1). American Institute of Physics. Jun 15. 2010.

#### ASSESSMENT OF THE INVESTMENT PROJECT PROFITABILITY IN THE ENERGY COMPANY

*E.Iaralashvili*. "Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p. 62-66. geo. sum geo. engl. rus.

Determining the attractiveness of the energy investment project is an important and responsible step for the investor. Therefore, the investor is obliged to study thoroughly attractiveness of the investment the object, investment environment, current economic and political processes in the country, competitiveness of products for the period of operation and etc.

The article discusses the aspects of determining the net discounted income and the discounted payback period (DPP), which are eligible for investment objects that need a long time to be realized. For this type of projects, for example, energy investment projects, specified formulas have been established, taking into account the shortcomings of the classical approaches of the investment analysis.

*Ill. 1, bibl. 4.*

#### ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА В ЭНЕРГОКОМПАНИИ.

*Е.Иаралашвили*. "Энергия". №1 (105). 2023. Тбилиси. с. 62-66. груз. реф. англ., рус.

Установление привлекательности энерго-инвестиционного проекта - значительный и ответственный этап для инвестора. Поэтому инвестор обязан досканально изучить инвестиционную среду, текущие экономические и политические процессы в стране, конкурентность продукции для периода эксплуатации, инфраструктуру для продажи и т.д.

Обсуждаются аспекты определения чисто дисконтированного дохода и дисконтированного срока окупаемости (DPP) для исполнения таких инвестиционных объектов, которым требуется длительное время. Для таких типов проектов, к которым относятся энергетические инвестиционные проекты, с учетом недостатков подхода классического анализа установлены уточненные формулы.

*Илл. 1, лит. 4 назв.*

სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების  
გარდამქმნელ სისტემაში დინამიკური პროცესების საანგარიშო ელექტრული  
სქემის დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი  
სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით

*გივი კონსტანტინიძე* - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

E-mail: [gmgmgkf@mail.ru](mailto:gmgmgkf@mail.ru)

*გოჩა კოხრეიძე* - პროფესორი

E-mail: [gocha.kokhreidze@gse.com.ge](mailto:gocha.kokhreidze@gse.com.ge)

*ნანა ბერაძე* - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: [beradzenana@gmail.com](mailto:beradzenana@gmail.com)

*გივი მურჯიკნელი* - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

E-mail: [givi.murjikneli@magticom.ge](mailto:givi.murjikneli@magticom.ge)

*ივოლდა ყურაშვილი* - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: [kurashviliizolda02@gtu.ge](mailto:kurashviliizolda02@gtu.ge)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. სამეცნიერო ნაშრომში წარმოდგენილია სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტის ერთიანი დინამიკური პროცესების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი კომუტატორებით. განხილულ სქემაში გათვალისწინებულია სამფაზა ძალოვანი წევის ტრანსფორმატორი; სამფაზა ძირითადი მართვადი გამმართველი აგრეგატი; ორი რეაქტორი; სამფაზა ძაბვის ინვერტორი და მისი მდგრადი მუშაობისათვის პარალელურად მიერთებული უკუ მართვადი გამმართველი აგრეგატი IGBT- ტრანზისტორული მოდულებიანი კომუტატორებით. დატვირთვად მიღებულია სამფაზა მოკლედშერთულ-როტორიანი ასინქრონული წევის ძრავა. მიღწეულია აგრეგატების მდგრადი და იმედიანი მუშაობა.

საკვანძო სიტყვები: IGBT-ტრანზისტორული მოდული, სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტი, სამფაზა ძაბვის ინვერტორი, გამმართველი.

### შესავალი

მძლავრი, სრულად მართვადი IGBT-ტრანზისტორული მოდულების არსებობა შესაძლებელს ხდის შეიქმნას საიმედოდ მომუშავე სიხშირის გარდამქმნელები (კომუტატორები), ასინქრონული ძრავების სიჩქარის მდოვრე რეგულირებისათვის, რაც სარკინიგზო სატრანსპორტო საშუალებებისადმი ერთ-ერთი მთავარი მოთხოვნაა.

ავტომატურად რეგულირებადი მოკლედშერთულ-როტორიანი ასინქრონული წევის ძრავები IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი ნახევარგამტარული კომუტატორებით წარმოადგენენ სტატიაში განსახილველ ერთიან გარდამქმნელ სისტემას, რომელიც შეიცავს IGBT-ტრანზისტორული მოდულებისაგან სამფაზა ბოგური სქემით აწყობილი ძირითადი მართვადი და უკუ მართვადი გამმართველი, სამფაზა სიხშირული მართვის ძაბვის

ინვერტორული აგრეგატებს და სამფაზა ვარსკვლავად შეერთებულ კონდენსატორულ დანადგარებს.

### *თემის აქტუალობა*

აქტუალურია გაერთიანებული საანგარიშო ელექტული სქემის შექმნა სწრაფმოქმედ IGBT-ტრანზისტორული მოდულების ბაზაზე და ინვერტორული აგრეგატის საიმედო და მდგრადი ექსპლუატაციისათვის, რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის მიზნით უკუ მართვადი გამმართველი აგრეგატის და რეკუპერაციული დამუხრუჭების პროცესების ნორმალურად წარმართვისათვის წევის ძრავის სტატორის გრაგნილებთან ვარსკვლავად შეერთებული კონდენსატორების დანადგარების პარალელური მიერთების გათვალისწინება.

### *სამუშაოს მიზანი*

სამუშაოს მიზანია განხორციელდეს მუდმივი დენის წევის ქვესადგურების ბაზაზე ლოკომოტივში არსებული ავტომატურად რეგულირებადი მოკლედშერთულ-როტორიანი ასინქრონული წევის ძრავის დინამიკური პროცესების მართვის გაერთიანებული საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება IGBT-სწრაფმოქმედ ტრანზისტორული მოდულების ბაზაზე, რაც მოგვცემს ელექტრომოდრავი შემადგენლობის რეჟიმების და ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებას და შესაბამისი ტექნოლოგიების დანერგვას ენერგეტიკასა და ელექტროინჟინერიაში საქართველოს რკინიგზის მაგალითზე.

### *ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე*

სრულად იქნა შესწავლილი და დამუშავებული მუდმივი დენის წევის ქვესადგურების და IGBT-სწრაფმოქმედი ტრანზისტორული მოდულების ბაზაზე ავტომატურად რეგულირებადი ასინქრონული მოკლედშერთულ-როტორიანი წევის ძრავების დაძვრის, წევისა და რეკუპერაციული დამუხრუჭების რეჟიმების საიმედო, მდგრადი განხორციელების მართვის გაერთიანებული უნიფიცირებული საანგარიშო ელექტრული სქემა. დამუშავებული და შემოთავაზებულია ასინქრონული წევის ძრავის რეკუპერაციული დამუხრუჭების რეჟიმების მართვის გაერთიანებული ელექტრული სქემა უკუმართვადი გამმართველი აგრეგატისა და სამფაზა სტატიკური ვარსკვლავად შეერთებული კონდენსატორული დანადგარის გათვალისწინებით.

### *მიღებული შედეგების გამოყენების სფერო*

წარმოდგენილი სტატიის შედეგების საფუძველზე ჩამოყალიბებული რეკომენდაციები ფართოდ შეიძლება გამოყენებული იქნას IGBT-სწრაფმოქმედი ტრანზისტორული მოდულების ბაზაზე შექმნილი ავტომატურად რეგულირებადი ასინქრონული წევის ძრავებიან მართვად განზოგადებულ პარამეტრებიან გარდამქმნელ

ერთიან სისტემაში მდგრადობის ალტერნატიული კრიტერიუმების დადგენის, რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციის, მთელი სისტემის ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლების და ელექტრომოდრავი შემადგენლობის დაძვრის, წევის და რეკუპერაციული დამუხრუჭების პროცესების ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესების სფეროში.

### *სამუშაოს შინაარსი*

თანამედროვე ავტომატურად მართვადი ასინქრონული წევის ძრავებით აღჭურვილი ელექტრომოდრავი შემადგენლობა ხასიათდება ცალკეულ ღერძზე გაზრდილი 1000-1500 კვტ სიმძლავრით და მაღალ სიჩქარეზე (250 კმ/სთ-ზე მეტი) მუშაობის უნარით [1,2].

მძლავრი, სრულად მართვადი IGBT-ტრანზისტორული მოდულების არსებობამ შესაძლებელი გახადა შექმნილიყო საიმედოდ მომუშავე სიხშირის გარდამქმნელები (კომუტატორები) ასინქრონული ძრავების სიჩქარის მდოვრე რეგულირებისათვის, რაც სატრანსპორტო საშუალებებისადმი ერთ-ერთი მთავარი მოთხოვნაა [3].

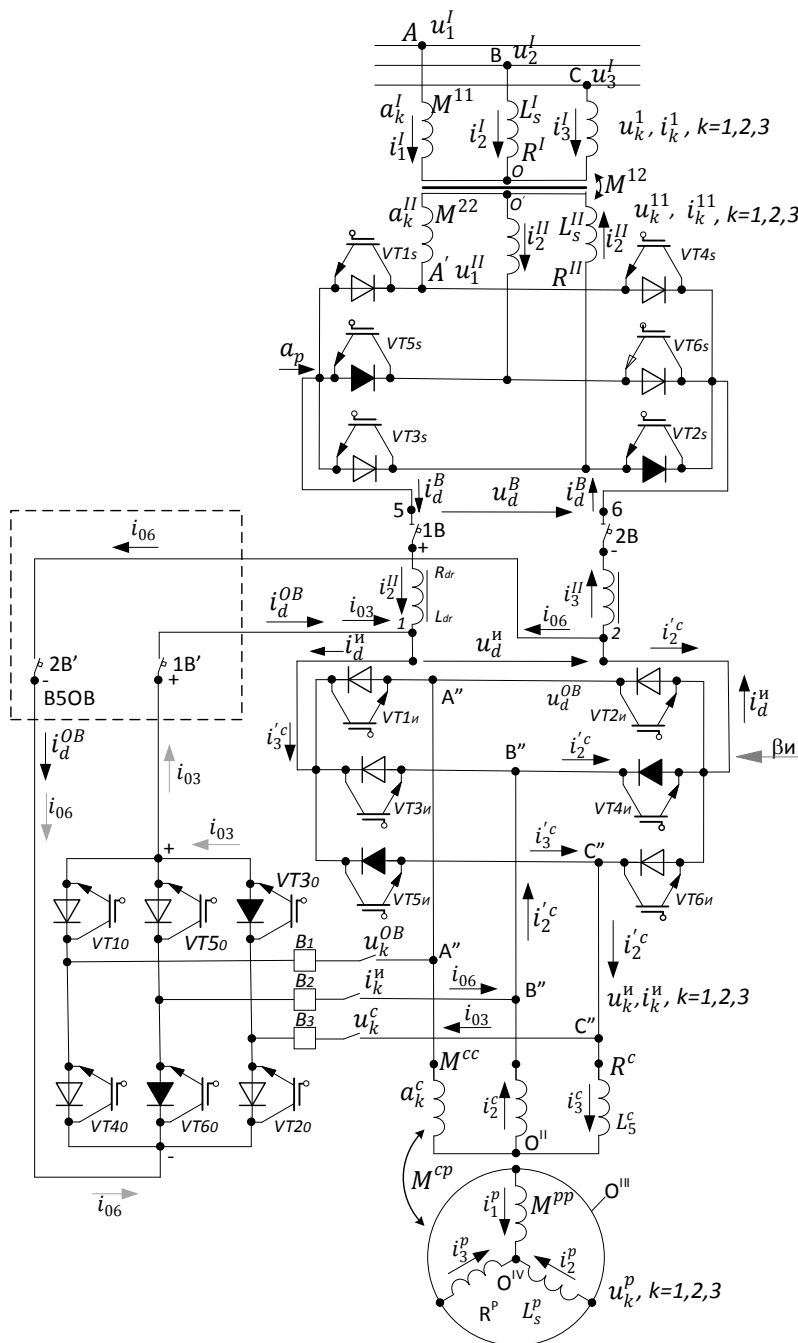
ელექტრომავლის ასინქრონულ წევის ძრავების დიდი დახრილობის საანგარიშო აღმართებზე შეუძლიათ იმუშაონ მაღალი გადატვირთვის რეჟიმით და ატარონ დიდი მასის მატარებლები, ხოლო თავდადმართებზე განახორციელონ მეტად საიმედო რეკუპერაციული ელექტრული დამუხრუჭება და მოახდინონ გენერატორულ რეჟიმში გადასული წევის ძრავებიდან გენერირებული ელექტროენერგიის დაბრუნება საკონტაქტო ქსელის გავლით მიმღებ ელექტრულ ქსელში [4-6].

გენერატორულ რეჟიმში აქტიური სიმძლავრე აიღება მანქანის ლილვიდან და გარდაიქმნება ელექტრულში; ძრავურ რეჟიმში აქტიური სიმძლავრე აიღება ქსელიდან და გარდაიქმნება მექანიკურში. ამ დროს რეაქტიული სიმძლავრე იხარჯება მაგნიტური ველის შექმნაზე და შეიძლება შემოვიდეს ან გაცემულ იქნას მიმღებ ქსელში მანქანის მუშაობის რეჟიმების დამოუკიდებლად.

ავტომატურად რეგულირებადი მოკლედ შერთულ როტორიანი ასინქრონული წევის ძრავები IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი ნახევარგამტარული კომუტატორებით წარმოადგენენ განსახილველ ერთიან გარდამქმნელ სისტემას (ნახაზი), რომელიც შეიცავს მაღალ სამფაზა ძაბვის ქსელს  $u_k^I$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური ძაბვებით; მუდმივი დენის წევის ქვესადგურის ძალური სამფაზა ტრანსფორმატორს შესაბამისად პირველადი  $u_k^I$ ,  $i_k^I$  ( $k = 1, 2, 3$ ) და მეორადი  $u_k^{II}$ ,  $i_k^{II}$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური ძაბვებითა და დენებით; მართვად სამფაზა გამმართველ აგრეგატს გამართული  $u_d^B$  ძაბვითა და  $i_d^B$ -დენით; კათოდურ და ანოდურ რეაქტორებს აქტიური  $R_{Dp}$ -წინააღობით და  $L_{Dp}$ -ინდუქციურობით; სამფაზა ძაბვის ინვერტორულ აგრეგატს შემავალი  $u_d^{OB}$ -ძაბვით და  $i_d^{OB}$ -დენით და გამომავალ  $u_k^{OB}$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური ძაბვითა და  $i_k^{OB}$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური დენით; ლოკომოტივში არსებულ სამფაზა ავტომატურად მართვადი მოკლედ შერთულ როტორიანი ასინქრონულ წევის ძრავებს

სტატორის გრაგნილების  $u_k^C$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური ძაბვითა და  $i_k^C$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური დენით და როტორის გრაგნილებში გამავალი  $i_k^P$  ( $k = 1, 2, 3$ )-ფაზური დენით; უკუ გამმართველი აგრეგატის გამოსავალზე  $u_d^{OB}$  გამართულ ძაბვას და გამართულ დენს  $i_d^{OB}$ .

მართვადი ორთავე გამმართველი და სამფაზა ინვერტორული აგრეგატები აწყობილია IGBT-ტრანზისტორული მოდულებისგან სამფაზა ბოგური სქემით. მათ მიერ კომუტატორში ფაზიდან ფაზამდე გადართევებს სჭირდება 200-ჯერ ნაკლები დრო ჩვეულებრივი ტირისტო-



ნახაზი. სარკინიგზო ცვლადი დენის ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გაერთიანებულ გარდამქმნელ სისტემაში ერთიანი დინამიკური პროცესების საანგარიშო დამუშავებული ელექტრული სქემა IGBT-ტრანზისტორულ მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით

რული კომპუტატორის შემთხვევასთან შედარებით. ამის გამო ნახევარგამტარული IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი კომპუტატორებისგან შემდგარი წვევის გაერთიანებული გარდამქმნელ სისტემაში ელექტრომაგნიტური და ელექტრომექანიკური გარდამავალი და დამყარებული ერთიანი პროცესების გაანგარიშება და ანალიზი აუცილებელი და საკმარისია ჩატარდეს ფაზებს შორის გადართვის დროის არასაკომუტაციო განსახილველ დროის განზოგადებულ ინტერვალებში. ე.ი. მიიღება, რომ ფაზებს შორის გადართვა წარმოებს მყისიერად, კომუტაციის კუთხე ნულის ტოლია ( $\gamma = 0$ ) და ძაბვის კომუტაციურ დანაკარგებს ადგილი არ აქვს. ყოველივე ამის სამართლიანი დაშვება საგრძნობლად ამცირებს განსახილველ პერიოდში მიმდინარე პროცესების გაანგარიშებას, გამოკვლევის და ანალიზისათვის საჭირო საერთო დროის ხანგრძლივობას.

სარკინიგზო ცვლადი დენის ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გაერთიანებულ IGBT-ტრანზისტორულ მოდულებიანი გარდამქმნელ სისტემაში ერთიანი დინამიკური პროცესების გაანგარიშების და ანალიზის მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელების ძირითადი საკითხების სრული დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ელექტროენერგეტიკის სამეცნიერო-საინჟინრო ცენტრში და საქართველოს რკინიგზის ელექტრო-მომარაგების დეპარტამენტის ტექნიკური განვითარების ცენტრის მიერ ჩასატარებელი სამეცნიერო-საინჟინრო სამუშაოების შესრულების გრძელვადიანი კალენდარული გეგმების საფუძველზე. განხილული ეტაპობრივი სამუშაოები განეკუთვნებიან „ენერგეტიკა და ელექტროინჟინერია, შიფრი: 0405“ - სამეცნიერო-საინჟინრო პროგრმას [6, 7, 8].

#### ლიტერატურა

1. Прохорский А. А. Тяговые и трансформаторные подстанции. М.: Транспорт. 1983. .
2. Марквардт К. Г. Электроснабжение электрофицированных железных дорог. М.:Транспорт. 1982.
3. Лутидзе Ш. И. Основы теории электрических машин с управляемым полупроводниковым коммутатором. М. Энергия. 1968.
4. Мерабишвили П. Ф., Кохреидзе Г. К. Электромагнитные процессы в трехфазных управляемых выпрямителях. Электричество. М. :Энергоатомиздат. 1986.
5. Мерабишвили П. Ф., Кохреидзе Г. К. Математическое моделирование электромагнитных процессов в преобразовательной системе с трехфазным автономным инвертором тока. „Электричество“. М.:Энергоатомиздат. 1990.
6. Кохреидзе Г. К., Гогинашвили Н. Г., Инджия Л. Д., Курашвили И. А. Моделирование процессов в полупроводниковых преобразовательных установках тяговой подстанции. Львов: Электроинформ. 2009.

7. Кохреидзе Г., Курашвили И., Лаошвили Д., Пхакадзе Ш. Режимы пуска и тяги двигателя постоянного тока с учетом трехфазного мостового выпрямительно-инверторного преобразователя тяговой подстанции// Труды НТУ. Харьков. 2010.
8. Kokhreidze G., Laoshvili D., Kokhreidze D., Kurashvili I. Three-phase bridge rectifier-inventor converter with pulse-width control of DC traction motor. Energyonline.ge. 2010. #1.

**IN RAILWAY ELECTRIC TRANSPORT ELECTRIC-SUPPLY CONVERTER SYSTEM, PROCESSING OF DYNAMIC PROCESSES' ELECTRIC ACCOUNTING SCHEME, CONSIDERING IGBT-TRANSISTOR MODULES CONTROLLED THREE-PHASE RECIPROCAL RECTIFIER UNIT.**

*G.Kokhreidze, G.Kokhreidze, N.Beradze, G.Murjikneli, I.Kurashvili.*

"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p. 67-72. geo. sum geo. engl. rus.

In a scientific paper is presented processing of United Dynamic Processes'electric accounting scheme of Railway Electric transport using IGBT-transistor modules switches. In the processed scheme, a three-phase propulsive power transformer is provided; Three-phase control unit, two reactors, three-phase voltage inverter and its reciprocal rectifier unit together with IGBT-transistor modules; As a load there is taken a three-phase short-circuited closed rotor asynchronous propulsive power motor. A stable and promising operation of the units has been achieved.

*Ил. 1, bibl. 8.*

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНО-ДОРОЖНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ТРЕХФАЗНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ОБРАТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С IGBT-ТРАНЗИСТОРНЫМИ МОДУЛЯМИ.**

*Г.Кохреидзе, Гоча Кохреидзе, Н.Берадзе, Г.Мурджикнели, И.Курашвили*

"Энергия". №1(105). 2023. Тбилиси. с. 67-72 . груз. реф. груз. англ. рус.

В научном труде представлена разработка электрической схемы расчета единых динамических процессов железнодорожного электрического транспорта с учетом коммутаторов IGBT-транзисторными модулями. В разработанной схеме учтены: трехфазный силовой трансформатор тяги; трехфазный управляемый основной выпрямительный агрегат; два реактора; агрегат трехфазного инвертора напряжений и параллельно с ним включенный управляемый обратный выпрямительный агрегат с IGBT-транзисторными модулями. В качестве нагрузки приводится трехфазный асинхронный двигатель с коротко замкнутым ротором. В результате оптимально разработанной схемы достигнута устойчивая и надежная эксплуатация единых преобразовательных систем.

*Илл.1, лит. 8.*



სარკინიგზო ცვლადი დენის ელექტრული ტრანსპორტის  
ელექტრომომარაგების გაერთიანებულ გარდამქმნელ სისტემაში IGBT-  
ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი  
აგრეგატის გათვალისწინებით იმპულსური მართვის ალგორითმების  
დამუშავება

*ვივი კონკრეტი* - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი  
E-mail: [gmgmgkf@mail.ru](mailto:gmgmgkf@mail.ru)

*გოჩა კონკრეტი* - პროფესორი  
E-mail: [gocha.kokhreidze@gse.com.ge](mailto:gocha.kokhreidze@gse.com.ge)

*ნანა ბერაძე* - ასოცირებული პროფესორი  
E-mail: [beradzenana@gmail.com](mailto:beradzenana@gmail.com)

*ვივი მურჯიკნელი* - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი  
E-mail: [givi.murjikneli@magticom.ge](mailto:givi.murjikneli@magticom.ge)

*ივოლდა ყურაშვილი* - ასოცირებული პროფესორი  
E-mail: [kurashviliizolda02@gtu.ge](mailto:kurashviliizolda02@gtu.ge)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია. *სამეცნიერო საინჟინრო ნაშრომში წარმოდგენილია ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გაერთიანებულ გარდამქმნელ სისტემაში IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა ძირითადი გამმართველის, სამფაზა ძაბვის ინვერტორის და მის პარალელურად მიერთებული მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატების კომპუტატორების ალგორითმები და შესაბამისი დენების კომუტაციური ფუნქციები. ნაჩვენებია ყველა ელექტრული სიდიდის ტალღური დიაგრამები, ტრანზისტორული მოდულების იმპულსური მართვის ალგორითმები. დადგენილია კომუტაციური ფუნქციების ანალიზური გამოსახულებები ჩვეულებრივი ტირისტორების და IGBT- ტრანზისტორული მოდულების შემთხვევებისათვის.*

საკვანძო სიტყვები: *IGBT-ტრანზისტორული მოდული, სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტი, სამფაზა ძაბვის ინვერტორი.*

### შესავალი

მეტად მნიშვნელოვანია IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი ძირითადი მართვადი სამფაზა გამმართველი, მართვადი უკუ გამმართველი და ძაბვის სიხშირული მართვის ინვერტორული აგრეგატების (კომუტატორების) იმპულსური მართვის ალგორითმების კანონზომიერების დადგენა. აღნიშნულ ალგორითმები უზრუნველყოფენ გაერთიანებულ გარდამქმნელ სისტემაში IGBT-ტრანზისტორული მოდულების წინასწარ დადგენილი კანონზომიერებით იმედიან, მდგრად მუშაობას. მეტად საჭიროა თითოეულ აგრეგატების კომუტატორებისათვის დენების და ძაბვების მიხედვით კომუტაციური ფუნქციების ანალიზური გამოსახულებების მიღება, რომლებიც იძლევიან საშუალებას მიღებულ იქნას სრული მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელი.

## თემის აქტუალობა

მეტად აქტუალურია IGBT-ტრანზისტორულ მოდულებიანი თითოეული კომპუტატორებისათვის მართვის ალგორითმების და, შესაბამისად, დენებისა და ძაბვების მიხედვით კომუტაციური ფუნქციების დროში ცვალებადობის კანონზომიერების დადგენა ანალიზური სახით.

## სამუშაოს მიზანი

სტატიის მიზანია გაშუქდეს კომპუტატორებში შემავალი თითოეული IGBT - ტრანზისტორული მოდულების ღია(მუშა) მდგომარეობაში ყოფნა დროის ნებისმიერ აღებულ განზოგადებულ ინტერვალებისათვის; დადგინდეს დენებისა და ძაბვების მიხედვით კომუტაციური ფუნქციების ანალიზური გამოსახულებები; მიღებული იქნას მუდმივი და ცვლადი ელექტრული სიდიდეებს შორის კავშირის განტოლებები შესაბამისი კომუტაციური ფუნქციების გამოყენებით.

## სტატიის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე

დამუშავებული მართვის ალგორითმების საფუძველზე მიღებულია კომუტაციური ფუნქციების ანალიზური გამოსახულებები ფურიეს მწკრივების სახეში  $\alpha_p$ -რეგულირების და  $\beta$ -წინსწრების კუთხეების გათვალისწინებით, რაც აისახება მუდმივი და ცვლადი ელექტრული სიდიდეებს შორის კავშირის განტოლებებში.

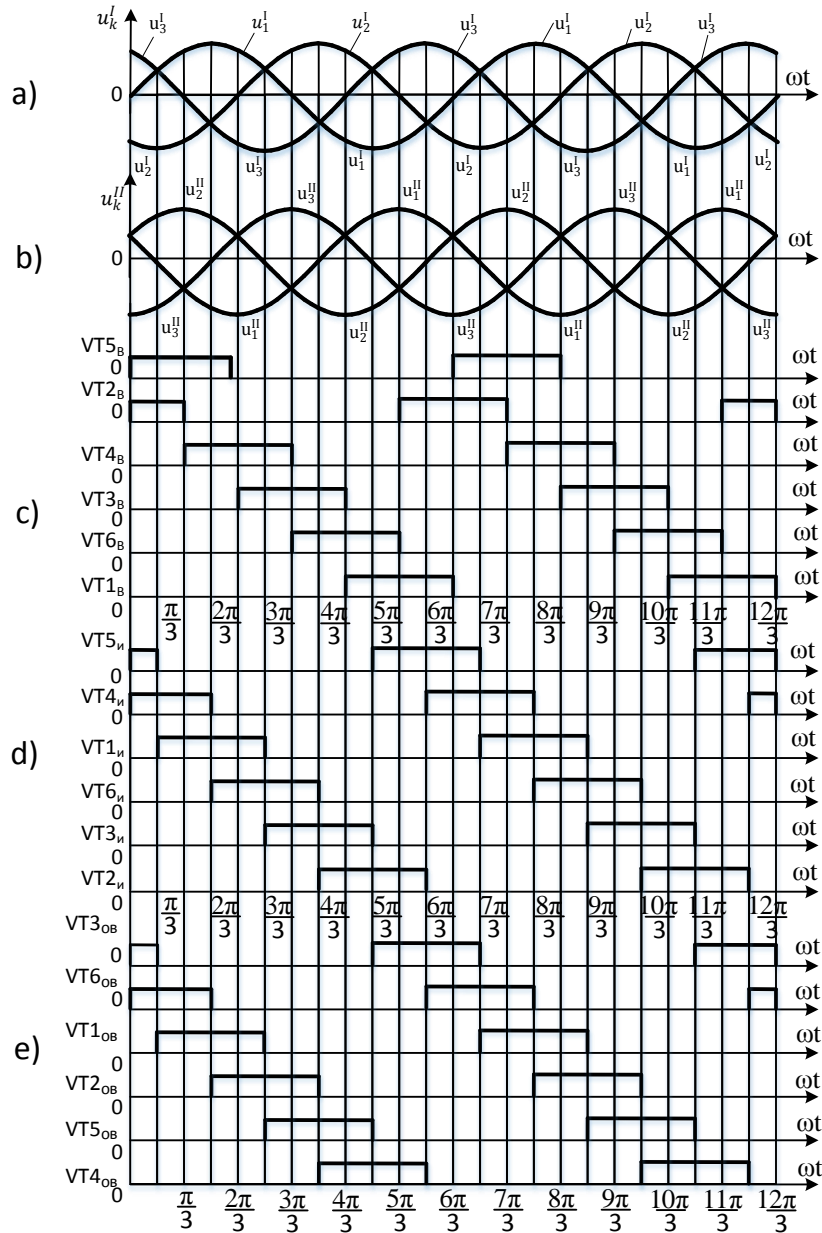
## შედეგების გამოყენების სფერო

მიღებული შედეგები გამოიყენება ერთიანი მართვის გარდამქმნელ სისტემაში ელექტრომაგნიტური და ელექტრომექანიკური გარდამავალი და დამყარებული ერთიანი დინამიკური პროცესების სრული მათემატიკური და კომპიუტერული მოდელირების ჩატარებისათვის. შესაბამისი შედეგები დადებითად აისახება ციფრული და სარელეო დაცვის ზუსტი და ხარისხიანი უზრუნველყოფაში.

## სამუშაოს შინაარსი

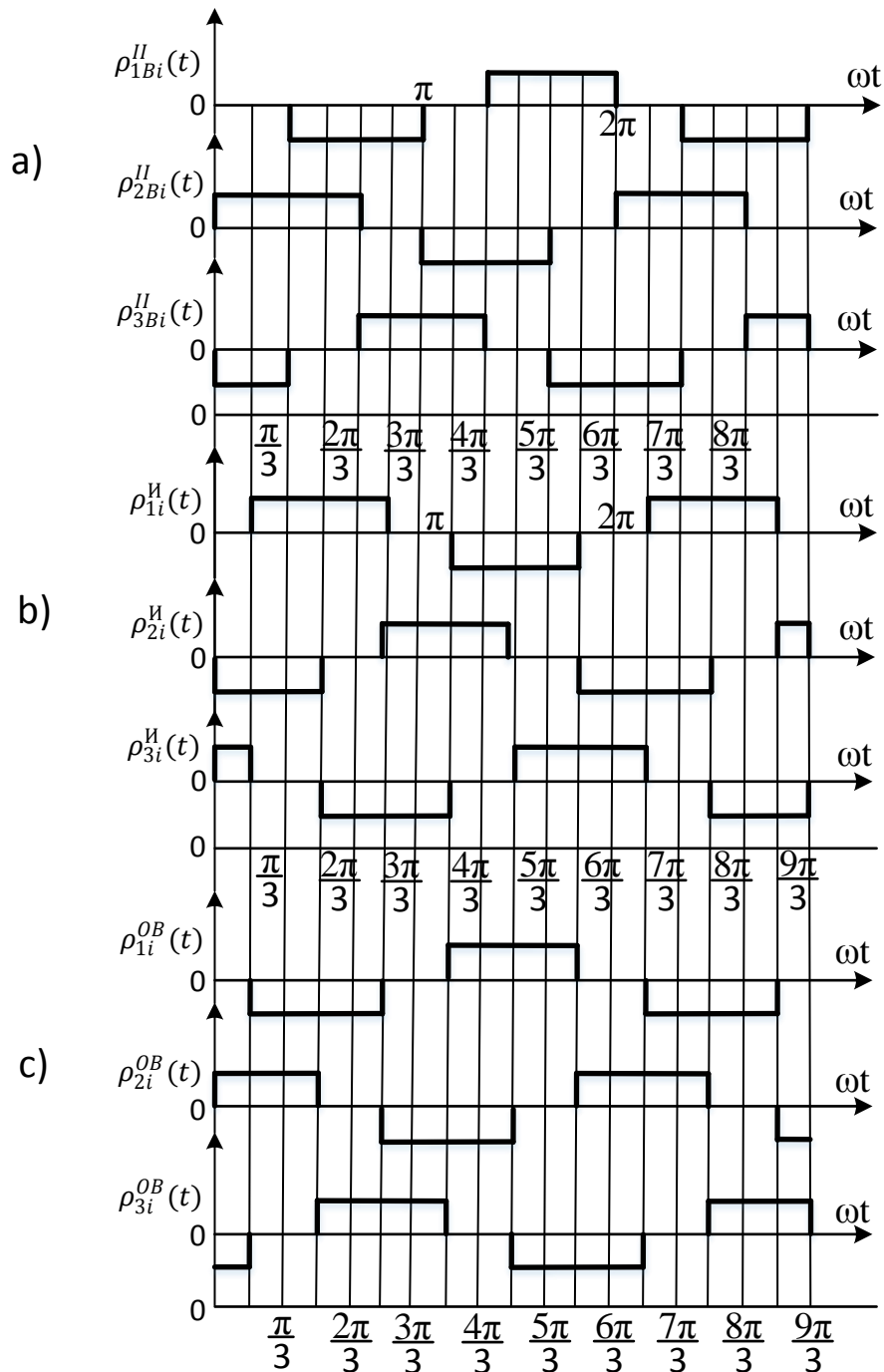
ნახ. 1,*ა*-ზე წარმოდგენილია წევის სამფაზა ძალური ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილზე მოდებული მაღალი ძაბვის  $u_k^I, k = 1, 2, 3$ -ფაზური მყისა მნიშვნელობების ტალღური დიაგრამა; ნახ. 1,*ბ*-ზე წარმოდგენილია მეორად გრაგნილებზე დაინდუქციურებული  $u_k^{II}, k = 1, 2, 3$ -ფაზური მყისა მნიშვნელობების ტალღური დიაგრამა. ნახ. 1, *ა*-ზე წარმოდგენილია სამფაზა მართვადი ძირითადი გამმართველი აგრეგატის ბოგირების შემცველი IGBT-ტრანზისტორული მოდულების იმპულსური მართვის ალგორითმები  $0 \leq t < \frac{12\pi}{3\omega}$  დროის ინტერვალებში; ნახ. 1,*ა*-ზე წარმოდგენილია უკუ მართვადი გამმართველი აგრეგატის ბოგირების შემცველი IGBT-ტრანზისტორული მოდულების იმპულსური მართვის ალგორითმები  $0 \leq t < \frac{12\pi}{3\omega}$ -დროის ინტერვალებში. ნახ.1,*ბ*-ზე წარმოდგენილია უკუ მართვადი გამმართველი აგრეგატის ბოგირების შემცველი IGBT- ტრანზისტორული

მოდულების იმპულსური მართვის ალგორითმები  $0 \leq t < \frac{12\pi}{3\omega}$ -დროის ინტერვალებში. ნახ. 1-დან ჩანს, რომ დროის ერთი და იმავე ინტერვალებში თითოეული აგრეგატი მუშა მდგომარეობაშია (ღიაა) მხოლოდ ორი ტრანზისტორული მოდული. ე.ი. მთელი ექსპლუატაციის პროცესში ერთდროულად ყველა აგრეგატში ღია მდგომარეობაში არის ჯამში ექვსი IGBT-ტრანზისტორული მოდული.



ნახ. 1. მუდმივი დენის წვეის ქვესადგურის ძალური სამფაზა ტრანსფორმატორის პირველადი და მეორადი გრაგნილების  $u_k^I, u_k^{II}, k = 1, 2, 3$  ფაზური ძაბვების ტალღური დიაგრამები და მართვადი გამმართველი-სიხშირული რეგულირების ძაბვის ინვერტორული ბოგირების IGBT ტრანზისტორული მოდულების იმპულსური მართვის ალგორითმი განსახილველ დროის  $0 \leq t < \frac{12\pi}{3\omega}$  ინტერვალებში

ნახ. 2,*a,b,c*-ზე წარმოდგენილია შესაბამისად წევის მართვადი გამმართველის სიხშირული რეგულირების ძაბვის სამფაზა ინვერტორის და უკუ მართვადი სამფაზა გამმართველის აგრეგატების დენების მიხედვით კომუტაციური ფუნქციები.



ნახ. 2. წევის მართვადი გამმართველი, სიხშირული რეგულირების ძაბვის ინვერტორული და უკუ მართვადი გამმართველი აგრეგატების დენების მიხედვით  $\rho_{kBi}^I(t), \rho_{ki}^{II}(t), \rho_{ki}^{OB}(t), k = 1, 2, 3$  კომუტაციური ფუნქციები

კომუტაციური ფუნქციების ანალიზური გამოსახულებები ჩვეულებრივი ტირისტორების შემთხვევაში ( $\gamma \neq 0$ ):  $\gamma$ - კომუტაციის კუთხეების გათვალისწინებით და

ფურცის მწკრივებით  $\alpha$ - რეგულირების კუთხის გათვალისწინებით წარმოდგენილი არის ასეთ სახეში:

$$\left. \begin{aligned} \rho_{kBi}^{II}(t) &= \frac{8}{\pi\gamma} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cos \frac{n\pi}{6} \sin \frac{n\gamma}{6} \cdot \sin n \left\{ \omega_0 t - \left[ \alpha + \frac{\gamma}{2} + \pi + (k-1) \frac{2\pi}{3} \right] \right\}; \\ & \quad k = 1, 2, 3; n = m = 1, 3, 5, 7, \dots \\ \rho_{ki}^H(t) &= \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cos \frac{n\pi}{6} \cdot \sin n \left\{ \omega_0 t - (k-1) \frac{2\pi}{3} \right\}; \\ & \quad k = 1, 2, 3; n = m = 1, 3, 5, 7, \dots \\ \rho_{ki}^{OB}(t) &= \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cos \frac{n\pi}{6} \sin n \left\{ \omega_0 t - \left[ \pi + (k-1) \frac{2\pi}{3} \right] \right\}; \\ & \quad k = 1, 2, 3; n = m = 1, 3, 5, 7, \dots \end{aligned} \right\} (1)$$

თუ (1)-ში დავუშვებთ  $\gamma \approx 0$  (IGBT-ტრანზისტორული მოდულების შემთხვევაში), მაშინ მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \rho_{kBi}^{II}(t) &= \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \cos \frac{m\pi}{6} \cdot \sin m \left\{ \omega_0 t - \left[ \alpha + \pi + (k-1) \frac{2\pi}{3} \right] \right\}; \\ & \quad k = 1, 2, 3; n = m = 1, 3, 5, 7, \dots \\ \rho_{ki}^H(t) &= \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{m} \cos \frac{m\pi}{6} \sin m \left\{ \omega_0 t - (k-1) \frac{2\pi}{3} \right\}; \\ & \quad k = 1, 2, 3; n = m = 1, 3, 5, 7, \dots \\ \rho_{ki}^{OB}(t) &= \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{m} \cos \frac{m\pi}{6} \sin m \left\{ \omega_0 t - \left[ \pi + (k-1) \frac{2\pi}{3} \right] \right\}; \\ & \quad k = 1, 2, 3; n = m = 1, 3, 5, 7, \dots \end{aligned} \right\} (2)$$

პირველი (ძირითადი) რიგის ჰარმონიკისათვის (2)-დან ვღებულობთ:

$$\left. \begin{aligned} \rho_{kBi}^{II}(t) &= -\frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cdot \sin \left\{ \omega_0 t - \left[ \alpha + (k-1) \frac{2\pi}{3} \right] \right\}, k = 1, 2, 3; \\ \rho_{kBi}^H(t) &= -\frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cdot \sin \left[ \omega_0 t - (k-1) \frac{2\pi}{3} \right], k = 1, 2, 3; \\ \rho_{ki}^{OB}(t) &= -\frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cdot \sin \left\{ \omega_0 t - \left[ \pi + (k-1) \frac{2\pi}{3} \right] \right\}, k = 1, 2, 3. \end{aligned} \right\} (3)$$

კავშირი მუდმივი და ცვლადი ელექტორული სიდიდეების შორის დენების შემთხვევაში ჩაიწერება ასეთ სახეში:

$$\left. \begin{aligned} i_k^{II}(t) &= \rho_{kBi}^{II}(t) \cdot i_d^B(t), k = 1, 2, 3; \\ i_k^H(t) &= \rho_{kBi}^H(t) \cdot i_d^H(t), k = 1, 2, 3; \\ i_k^{OB}(t) &= \rho_{ki}^{OB}(t) \cdot i_d^{OB}(t), k = 1, 2, 3. \end{aligned} \right\} (4)$$

ამგვარად, იმპულსური მართვის დადგენილი ალგორითმების საფუძველზე ყალიბდება შესაბამისი კომუტაციური ფუნქციები, ხოლო შემდეგ კი მყარდება მუდმივი (გამართული) და სამფაზა ცვლადი ელექტორული სიდიდეებს შორის ანალიზური კავშირი (4)-

გამოსახულებების სახით; ყოველივე ამის შემდეგ იოლდება გაერთიანებული გარდამქმნელი სისტემაში მიმდინარე საანგარიშო პროცესების როგორც მათემატიკური, ასევე კომპიუტერული მოდელების ჩატარება [1,2].

#### ლიტერატურა

1. გ.კოხრეიძე, გოჩა კოხრეიძე, ნ.ბერაძე, გ.მურჯიკნელი, ი.ყურაშვილი. სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გარდამქმნელ სისტემაში დინამიკური პროცესების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით. "Энергия". №1(105). Tbilisi. 2023.
2. Kokhreidze G., Laoshvili D., Kokhreidze D., Kurashvili I. Three-phase bridge rectifier-inventor converter with pulse-width control of DC traction motor. Energyonline.ge. 2010. №1.

#### IN RAILWAY ALTERNATING CURRENT ELECTRIC TRANSPORT ELECTRIC-SUPPLY UNITED CONVERTER SYSTEM, CONSIDERING IGBT-TRANSISTOR MODULES CONTROLLED THREE-PHASE RECIPROCAL RECTIFIER UNIT PROCESSING OF IMPULSE CONTROL ALGORITHMS

*G.Kokhreidze, Goha.Kokhreidze, N. Beradze, G.Murjikneli, I. Kurashvili.*  
"Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p.73-78. geo. sum geo. engl. rus.

In a scientific paper is presented IGBT-transistor modules controlled three- phase reciprocal rectifier unit in Transport electric-supply united converter system, work algorithms of main three-phase rectifier and three-phase voltage inventory units and commutation functions of the corresponding currents. Waveform diagrams of all electrical quantities (phase voltages) are shown; Algorithms of impulse control of transistor modules.

Analytical images of commutation functions for cases of conventional transistors are established (considering the commutation angle) and for cases of IGBT-transistor modules ( $\alpha=0$ ). As a result of all this, it becomes easier to carry out current processes in the united converter system.

*Илл. 2, bibl. 2.*

#### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЕДИНОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УЧЕТОМ ТРЕХФАЗНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ОБРАТНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С IGBT-ТРАНЗИСТОРНЫМИ МОДУЛЯМИ.

*Г.Кохреидзе, Гоча Кохреидзе, Н.Берадзе, Г.Мурджикнели, И.Курашвили.*  
"Энергия". №1(105). 2023. Тбилиси. с. 73-78. груз. реф. груз. англ. рус.

В научном труде представлена разработка алгоритмов и соответствующих коммутационных функций токов при работе агрегатов трехфазных управляемых основных и обратных выпрямителей и инвертора напряжений. Приведены волновые диаграммы всех электрических величин и алгоритмы импульсного управления транзисторных модулей. Установлены аналитические выражения коммутационных функций в случаях обыкновенных тиристоров и IGBT-транзисторных модулей. В результате представленных разработок упрощается проведение расчетов в единой преобразовательной системе.

*Илл. 2, лит. 2.*

## პავეგენის ფილები მომავლის ტექნიკური იატაკი

**ნინო ბიორბიშვილი** - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: [nino-niniaa@mail.ru](mailto:nino-niniaa@mail.ru)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

*ანოტაცია. იმ დროში სადაც, გვიწევს ცხოვრება მოღვაწეობა, საჭიროა მუდმივი ინოვაცია და რაღაც ახლის დამკვიდრება, რაც ეფექტურიც იქნება, თან ხალხის სიმპატიასაც გამოიწვევს. სწორედ ესაა პავეგენის ფილების უნიკალურობა, რაც განუყოფელი ნაწილია უკეთესი, მდგრადი სამყაროსათვის. მისი არსია რეალური ადამიანური ურთიერთობები და კოლექტიური მონაწილეობა უფრო სუფთა პლანეტის შესაქმნელად.*

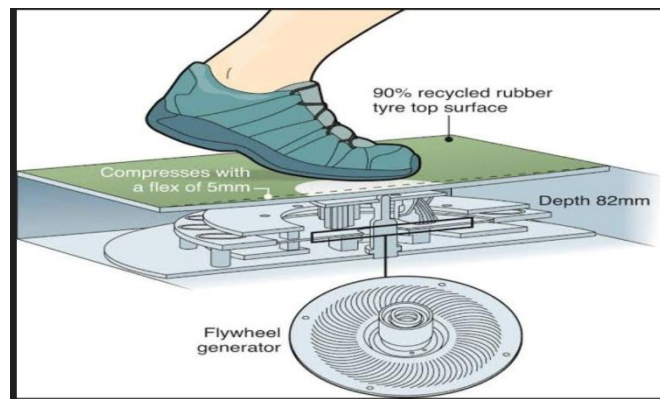
*საკვანძო სიტყვები: განახლებადი წყაროები, პავეგენის ფილა, ენერჯია, ენერგეტიკული ტრანსფორმაცია.*

ჩვენი, როგორც ენერგეტიკოსების მოვალეობაა მივაკვლიოთ, შევისწავლოთ და დავხვეწოთ ენერჯიის მიღების გზები და საშუალებები, რათა გავუმკლავდეთ, წამოჭრილ თანამედროვე გამოწვევებსა და პრობლემებს ენერგეტიკის სფეროში. რადგან ყველაფერს აქვს დადებითი და უარყოფითი მხარე, ენერგეტიკოსების მოვალეობაა ვიპოვოთ ის ზღვარი, რომელიც მაქსიმალურ ენერჯიას მიაწვდის მოსახლეობას, ამასთან ეკოსისტემისა და საზოგადოებისთვის მიყენებული ზიანი მინიმალურ დონემდე იქნება დაყვანილი. სწორედ ამ მიზეზით გახდა მსოფლიოში პოპულარული ენერჯიის განახლებადი წყაროების გამოყენება. განახლებადი ენერჯიის გამოყენების ძირითადი პრინციპია ის, რომ ხდება გარემოში მიმდინარე პროცესების გამოყენება ტექნიკური მიზნით. ერთი ფორმის ენერჯია შეიძლება გაქრეს, მაგრამ ენერჯიის იგივე რაოდენობა წარმოიქმნება სხვა ფორმით. სწორედ ეს გახდა მიზეზი ისეთი იატაკის/მოედნის შექმნის, რომელიც მასზე უზრალოდ მოძრაობის დროს ენერჯიას გამოიმუშავებს. ნაშრომში ვისაუბრებთ პავეგენის გასაოცარ ფილებზე, რომლებიც მასზე დაბიჯებისას გამოიმუშავებენ ელექტროენერჯიას. ესაა სუფთა ელექტროენერჯიის წარმოება მარტივი ნაბიჯის ძალით. ლორენს კემბალ-კუკმა შექმნა პირველი Pavegen პროტოტიპი, მართკუთხა მოწყობილობა, რომელიც შეიცავდა ერთ გენერატორს. შემდგომში შეიქმნა 750-ზე მეტი პროტოტიპი და საბოლოოდ 2009 წელს მივიღეთ იატაკის კინეტიკური ფილა, რომელსაც შეეძლო სუფთა ელ.ენერჯიის გამოიმუშავება. პავეგენის უახლესი ვერსია, რომელიც გამოვიდა, გამოიმუშავებს საკმარისს რომ ანთოს LED ქუჩის ნათურა 30 წამის განმავლობაში, მხოლოდ სამი ნაბიჯის გადადგმით და გამოიმუშავებს 200-ჯერ მეტ ენერჯიას, ვიდრე პროტოტიპი, რომელიც 2009 წელს შეიქმნა.

უახლოეს ფილას შეუძლია გაცილებით მეტი ენერჯის დაჭერა მისი ახალი სამკუთხა ფორმის გამო. ასე ნაბიჯების თითქმის 100% აღქმადია და თითქმის სრულ ეფექტს გვაძლევს. მისი წინამორბედის შემთხვევაში კი ეფექტიანობა სულ რაღაც 20% გახლდათ.

რაში მდგომარეობს პავეგენის ფილების მუშაობის პრინციპი? სიმძლავრე წარმოიქმნება ფილის შეკუმშვისას დაახლოებით 5 მმ-ით (0,2 ინჩით) იგი იყენებს პიეზოელექტრიკულ ეფექტს - გარკვეული მასალების უნარს გამოიმუშაოს ელექტრული დენი შეკუმშვისას, რომლის ტექნოლოგიის ზრდა პირდაპირ კავშირშია თანდაყოლილ უპირატესობებთან. ასევე ინდუქციას, მრავალი პაწაწინა სპილენძის კოჭებისა და მაგნიტების მეშვეობით, მუხტის შესაქმნელად. მეტი სიზუსტისთვის გეტყვით, რომ თითოეული პავეგენის ფილაზე დადგმული ნაბიჯი გამოიმუშავებს 5-7 ვატ სიმძლავრეს.

პავეგენის ფილის გრაფიკული გამოსახულება:



იმისათვის, რომ მივიღოთ მაქსიმალური შედეგი, უნდა ვეძიოთ ისეთი ადგილები, რომლებიც ხალხმრავლობით გამოირჩევა. დამონტაჟდეს ურბანულ გარემოში, რათა ხილული გახდეს განახლებადი ენერჯის წარმოება. ყოველდღიურად მოქალაქეებს შეუძლიათ უშუალოდ წვლილი შეიტანონ ენერგეტიკულ ტრანსფორმაციაში. მისი დამონტაჟებისთვის შესაფერისი ადგილებია: სტადიონები, სავაჭრო ცენტრები, სკოლის ეზოები, უნივერსიტეტის ეზოები, ბულვარები, აეროპორტები, მატარებლის სადგურების შესასვლელ-გამოსასვლელები, მეტროპოლიტენის შესასვლელ-გამოსასვლელებში.

ნებისმიერი ენერგეტიკული ტექნოლოგიური სიახლის განსახორციელებლად აუცილებელია გათვლილი იყოს მისი როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მხარეები. შესამაბისად, თუ დადებითი მხარე უფრო ღირებულია, ვიდრე უარყოფითი, მისი განხორციელება რეალური იქნება.

განვიხილოთ პავეგენის ფილებისთვის საჭირო საფეხურები და შევაჯამოთ, როგორც უარყოფითი, ისე დადებითი მხარეები.



დადებითი მხარეები:

- აქვს მარტივი სქემა;
- ეფექტური ვიზუალი;
- პერსონალის სიმცირე;
- ტრანსპორტირება და მონტაჟი ძალიან მარტივია;
- არ აბინძურებს გარემოს და არ გამოყოფს ჯანმრთელობისათვის მავნე ნივთიერებებს;
- დამონტაჟების შემდგომ მისი მოხმარება არ მოითხოვს დამატებით ხარჯებს;
- აქვს დიდი სიცოცხლისუნარიანობა (15-20 წელი);
- შესაძლოა მისი გადამუშავება;
- მეტი მოტივაცია ადამიანებისთვის, რომ ფეხით იარონ;
- ენერგოეფექტური;
- მაღალი ხარისხი.

უარყოფითი მხარეები:

- არც თუ ისე დიდი სიმძლავრის გამომუშავება;
- მაღალი ფასი.



პავეგენის ფილების მონტაჟი

ფილები დაიგო ლონდონის ვესტ ჰემის მეტროსადგურზე. ასევე დაყენდა ფილები რიო-დეჟანეიროში ფეხბურთის საჯარო მოედანზე, რათა დაუშვას თამაშის ხილვადობა მზის ჩასვლის შემდეგ. ასევე არსებობს მობილურის აპლიკაცია, რომელიც ითვლის ჩვენ მიერ გამომუშავებული ენერჯის და ნაბიჯების რაოდენობას. ეს ყოველივე კი საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ფასდაკლება ცნობილი ბრენდული მაღაზიებისა და პროდუქტის მაღაზიებისაგან (გამომუშავებული ენერჯის შესაბამისად - რაც მეტია გამომუშავება, მით მეტია ფასდაკლება).

დღესდღეობით ფილებს 36 ქვეყანაში ვხვდებით, როგორებიცაა: დიდი ბრიტანეთი, იაპონია, ჩინეთი, გერმანია და სხვა. დიდ იმედს ვიქონიებთ, რომ შემდეგი საქართველო იქნება, რაც მისი განვითარებისთვის წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება. ადამიანებს გაუჩნდებათ განცდა, რომ ერთობლივი ძალებით შესაძლებელია დიდი საქმის გაკეთება. გარდა გამოიმუშავებული ენერჯისა შესაძლებელია, რომ ეს ენერჯია ქვეყანამ თავადვე მოიხმაროს. მაგალითად, თუ ფილებს განვალაგებთ ბათუმის ბულვარში, სადაც ყოველდღიურად ათასობით ადამიანი სეირნობს, მივიღებთ განათებულ სანაპირო ზოლს, თანაც სრულიად უფასოდ. შეგვიძლია იგივე ვთქვათ მეტროს სადგურებსა და სავაჭრო ცენტრების განათებაზე. ერთი შეხედვით არ არსებებს უარყოფითი მიზეზი რის გამოც არ ღირს ამ მეტად სასიკეთო მიდგომის გამოყენება.

### ლიტერატურა

1. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერჯეტიკის რეგულირების საუბელები. თბილისი. 2001.
2. საქართველოს ენერჯეტიკის განვითარების სტრატეგია 2016-2025 წწ. <https://www.economy.ge/?page=ecopolitic&s=63>
3. <https://www.egi.co.uk/news/pavegens-the-technology-behind-the-tile/>

#### **PAVEGEN TILES ARE THE TECHNICAL FLOOR OF THE FUTURE.**

*N.Giorgishvili. "Energy". №1(105). 2023. Tbilisi. p. 79-82. geo. sum geo. engl. rus.*

In times when we have to live and work, there is a need for constant innovation and creation of something new that will be effective and at the same time will attract people's sympathy. This is the uniqueness of the Pavegen tile, which is an integral part of a better, sustainable world. Its essence is real human relations and collective participation in the creation of a cleaner planet.

*Ill. 2, bibl. 3.*

#### **ПЛИТКА PAVEGEN – ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОЛ БУДУЩЕГО.**

*Н.Гиоргишвили. "Энергия". №1(105). 2023. Тбилиси. с. 79-82. груз. реф. груз. англ. рус.*

В настоящее время наблюдается необходимость использования современных инноваций. В этом плане заключается уникальность плитки Pavegen, суть которой - коллективное участие в создании чистой планеты.

*Илл. 2, лит. 3.*

მკითხნი მაჭავარიანი – 80 წლისაა!



დაბადების 80 და სამეცნიერო-პედაგოგიური მოღვაწეობის 55 წელი შეუსრულდა აკადემიურ დოქტორს (ტექ. მეცნ. კანდ.), საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის აკადემიკოსს, სერტიფიცირებულ ენერგოაუდიტორს, პროფესორ ევტიხი მაჭავარიანს.

დაიბადა 1943 წლის 2 მარტს ქალაქ თბილისში. მამა, სიმონ მაჭავარიანი - საქართველოს დამსახურებული ზოოტექნიკოსი. დედა, ზინაიდა ჭელიძე - ექთანი. 1950 წ. სწავლა დაიწყო დედოფლისწყაროს (მაშინდელი წითელწყაროს) ქართულ საშუალო სკოლაში, რომელიც 1960 წ. დაამთავრა ოქროს მედალზე და იმავე წელს ჩაირიცხა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ენერგეტიკის ფაკულტეტზე. პირველ და მეორე კურსზე სწავლის პარალელურად იმყოფებოდა 2-წლიან საწარმოო პრაქტიკაზე თბილისის მაუდ-კამვოლის კომბინატის საქვებზე საამქროში, სადაც გაიარა პროფესიული მომზადება და მიიღო უმაღლესი თანრიგის ცეცხლფარეშის კვალიფიკაცია.

ინსტიტუტი დაამთავრა 1966 წლის იანვარში სპეციალობით "სამრეწველო თბოენერგეტიკა" და განაწილებით დატოვეს მაპროფილებელი კათედრის ლაბორანტად. მისი სადიპლომო ნაშრომის მიხედვით დამზადებულმა სითხეების თბოგამტარობის გასაზომმა ექსპერიმენტულმა დანადგარმა, რომელიც მეტროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითმა ინსტიტუტმა (ამ ინსტიტუტში გაიარა წინასადიპლომო პრაქტიკა) მოსკოვის სახალხო მეურნეობის მიღწევათა გამოფენაზე წარადგინა, დიდი ვერცხლის მედალი დაიმსახურა. სადიპლომო ნაშრომის წარმატებით დაცვის შემდეგ გადამაწილებული იქნა ხსენებულ კვლევით ინსტიტუტში, სადაც მუშაობდა უფროსი ინჟინრის თანამდებობაზე 1967 წლამდე. 1968 წლიდან დღემდე მუშაობს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში.

1968 წ. დაამთავრა თბილისის უცხო ენათა პედაგოგიური ინსტიტუტის ორწლიანი კურსები ინგლისური ენის სპეციალობით. 1974 წ. გახდა ტექნიკურ-მეცნიერებათა კანდიდატი. სპილენძ-ვოლფრამისა და სპილენძ-უჟანგავი ფოლადის თბოგამტარობის და ელექტროგამტარობის მის მიერ შესრულებული კვლევის შედეგები, ხსენებულ კომპოზიციურ მასალებთან ერთად, წარმატებით იქნა გამოყენებული კოსმოსური აპარატურის კონსტრუქციებში და შეტანილია მაშინდელ საცნობარო ლიტერატურაში.

1975-76 სასწავლო წელს გაიარა სამეცნიერო სტაჟირება იტალიაში, ქალაქ მილანის ტექნიკურ უნივერსიტეტში. პარალელურად საკუთარი ინიციატივით, გაიარა ქალაქ პერუჯის იტალიური ენის უნივერსიტეტის 3-თვიანი (ფასიანი) კურსი და მიღებული აქვს შესაბამისი სერტიფიკატი.

1978 წ. აირჩიეს თეორიული და ზოგადი თბოტექნიკის კათედრის გამგედ, ხოლო 1980 წელს მიიღო დოცენტის წოდება. მისი ხელმძღვანელობით კათედრა სამჯერ გახდა სოციალისტურ შეჯიბრებაში გამარჯვებული. 1984 წ. კათედრის გამგედ მეორედ არჩევის ერთი წლის თავზე, დანიშნეს კათედრასთან არსებულ და თვითდაფინანსებით მოქმედ

სამეცნიერო-კვლევითი დარგობრივი ლაბორატორიის ხელმძღვანელად. იმავე წელს, საკუთარი განცხადებით, გადადგა კათედრის გამგის თანამდებობიდან, რათა მთელი დრო და შესაძლებლობები სამეცნიერო მუშაობისათვის დაეთმო. დარგობრივი ლაბორატორია ფინანსირდებოდა მაშინდელი სსრკ-ს ელექტროტექნიკური მრეწველობის სამინისტროს მიერ და საკვლევო თემატიკა მძლავრი სინათლის წყაროებისა და ლამის ხედვის ოპტიკური აპარატურის თერმიული სტაბილიზაციის ამოცანებთან იყო დაკავშირებული. იმ პერიოდში ხსენებული დარგობრივი ლაბორატორიის თანამშრომლების მიერ და უშუალოდ მისი ხელმძღვანელობით, დამუშავდა, შეიქმნა და დამონტაჟდა ჯვრის მონასტრის ლამით გარე განათების პირველი სისტემა.

ე. მაჭავარიანს გამოქვეყნებული აქვს 151 სამეცნიერო და სასწავლო მეთოდური ნაშრომი. არის რამოდენიმე დამხმარე სახელმძღვანელოსა და მეთოდური მითითებების თანაავტორი. თანაავტორთან ერთად გამოქვეყნებული აქვს წიგნი - „ბუნებრივი გაზი - იაფი და უსაფრთხო საავტომობილო საწვავი“. სისტემატურად წარადგენს სამეცნიერო მოხსენებებს და აქტიურად მონაწილეობს სხვადასხვა სამეცნიერო ტექნიკურ ფორუმებში როგორც ქვეყნის შიგნით, ასევე საზღვარგარეთ. არის 12 გამოგონების და ერთი პატენტის ავტორი. მისი სხვადასხვა გამოგონება დაინერგა ქალაქ პერესლავლ-ზალესკის ქიმიურ ქარხანაში, ქალაქ ბარნაულის ძრავების ქარხანაში და ზოგიერთ გასაიდუმლოებულ სამხედრო ქარხანაში, რისთვისაც 1984 წ. მაშინდელი სსრკ მინისტრთა საბჭოს მიერ დაჯილდოვებულია მედლით „სსრკ გამომგონებელი“.

სხვადასხვა დროს მომზადებული ყავს 4 აკადემიური დოქტორი და 15 მაგისტრანტი. მრავალჯერ იყო სტუ-ს კურსდამთავრებულთა სადიპლომო ნაშრომის მეცნიერ ხელმძღვანელი. პირადად გავლილი აქვს არაერთი სხვადასხვა საკვალიფიკაციო კურსები როგორც საბჭოთა კავშირის, ასევე დამოუკიდებელი საქართველოს პერიოდში. მიმდინარე საუკუნეში მიღებული აქვს 16 სხვადასხვა სატრენინგო კურსების გავლის დამადასტურებელი სერტიფიკატი.

2006 წლიდან დღემდე მუშაობს სტუ-ს პროფესორის თანამდებობაზე. კითხულობს ლექციებს როგორც ქართულ, ასევე რუსულ და ინგლისურ ენებზე. 2011 წლიდან არის საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის ნამდვილი წევრი. 2017 წლიდან არის სტუ-ს თბოტექნიკის სასწავლო სამეცნიერო საინჟინრო ცენტრის უფროსის მოადგილე სასწავლო დარგში. აღსანიშნავია, რომ ამ ცენტრის ბაზაზე ე. მაჭავარიანი სისტემატურად ამზადებს ავტოგაზიფიკაციის სფეროში დასაქმებულ ტექნიკურ პერსონალს მათთვის შესაბამისი პროფესიული კვალიფიკაციის მინიჭებით.

ე. მაჭავარიანი სტუ-ში მოღვაწეობის ნახევარ საუკუნეზე მეტ პერიოდში ყოველთვის აქტიურად მონაწილეობდა სხვადასხვა საგრანტე პროექტების დამუშავებაში. იყო TACIS-ის პროექტის - “საქართველოს ენერგეტიკული პოლიტიკის დამუშავება” (1996-1997 წ.წ.) და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შიდა საგრანტე პროექტის - “ყაზბეგ-ლაგოდების ტექტონიკური ზონის თიხა ფიქლების ბუნებრივი გამოსავლების გეოლოგიური დახასიათება და კალორიული თვისებების შესწავლა” - შემსრულებელი. იყო აგრეთვე უკრაინის სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრის გრანტების STCU-105 (2004-2007 წ.წ.) - “დარიშხანის სულფიდური მადანის ეკოლოგიურად სუფთა, ახალი, მაღალეფექტური ტექნოლოგიის დამუშავება” და STCU-3984 (2008-2009 წ.წ.) - “თბურ მილებიანი მზის კოლექტორი: დამუშავება, შექმნა, გამოკვლევა” - პასუხისმგებელი შემსრულებელი, ხოლო

გრანტის STCU-5275 (2012-2013 წ.წ.) - "თბურ მილებიანი მზის ჰიბრიდული კოლექტორის დამუშავება" - სამეცნიერო ხელმძღვანელი. აღსანიშნავია, რომ ხსენებული სამეცნიერო გრანტის ფარგლებში პირადად ე. მაჭავარიანის მიერ შესრულებული მზის ჰიბრიდული კოლექტორის თბოტექნიკური გაანგარიშების შედეგებზე დაყრდნობით დამზადებული კოლექტორი დაინერგა უკრაინის მეცნიერებათა აკადემიის ყირიმის პოლიგონზე და საექსპლუატაციო გამოცდის წარმატებით დასრულების შემდეგ ხსენებული კონსტრუქცია უკრაინის მიერ იაპონიაში იქნა გაყიდული. 2015-2017 წლებში ე. მაჭავარიანი იყო აგრეთვე საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის #AR/222/3-171/14 - "მზის ენერჯით მომუშავე ტუმბოს წინასაწარმოო მოდელის დამუშავება" - სამეცნიერო ხელმძღვანელი. ხსენებული მოდელი წარმატებით იქნა გამოცდილი და ამჟამად მიმდინარეობს მისი მომავალი სერიული წარმოებისათვის აუცილებელი პირობების მოსამზადებელი სამუშაოები.

2021 წლიდან ე. მაჭავარიანი ხელმძღვანელობს მზის თერმიული სისტემების მემონტაჟეთა პროფესიული გადამზადების პროგრამას, რომელიც აკრედიტირებულია სტუ-ს ენერჯექტივის ფაკულტეტზე და რომლის მსმენელთა პირველი ნაკადი წარმატებით იქნა გამოშვებული 2022 წლის ბოლოს.

ამჟამად, ე. მაჭავარიანის სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის ძირითადი მიმართულებებია ენერგოეფექტური ტექნოლოგიების შემუშავება და სითხეების დუდილის თანმხლები ფიზიკური მოვლენების შესწავლა.

თანამშრომლებსა და კოლეგებს შორის სარგებლობს დამსახურებული ავტორიტეტით. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ბატონი ევტიხის უაღრესად მეგობრული დამოკიდებულება კოლეგებთან და თანამშრომლებთან. ასევე აღსანიშნავია მისი მამაშვილური დამოკიდებულება სტუდენტებთან. სწორედ ამიტომ ის წლების განმავლობაში მუდმივად იმსახურებს დიდ სიყვარულსა და პატივისცემას როგორც კოლეგებს, ისე სტუდენტებს შორის. არის მრავალი აღმზრდელობითი შინაარსისა და პატრიოტული სულისკვეთების გამომხატველი ლექსის ავტორი.

საგულისხმოა, რომ ე. მაჭავარიანის 55 წლიანი მოღვაწეობა ჯეროვნად იქნა შეფასებული საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და ენერჯექტივის ფაკულტეტის ხელმძღვანელობის მიერ, რაც ასახულია სტუ-ს ვებ-გვერდზე მიმდინარე წლის 2 მარტს გამოქვეყნებულ ინფორმაციაში.

ვუსურვებთ ბატონ ევტიხი მაჭავარიანს კვლავ დიდხანს ჯანმრთელობას და ნაყოფიერ შრომით მოღვაწეობას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტისა და მთლიანად ჩვენი ქვეყნის საკეთილდღეოდ!

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერჯექტივის ფაკულტეტი  
სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალ „ენერჯის“ რედაქცია*

**პროფესორ ბია ბიზიზერიას**

**ხ ს ო ვ ნ ა ს**



ქართველი მეცნიერ-ჰიდროტექნიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი, საქართველოს დამსახურებული ინჟინერი **ბია ბიზიზერია** იმ მეცნიერთა რიცხვს მიეკუთვნებოდა, რომლებმაც თავისი ხანგრძლივი და დაუღალავი მოღვაწეობით მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს საქართველოს პოლიტექნიკურ მეცნიერების განვითარებაში.

ბ-ნი გიორგი (გია) გიგიბერია დაიბადა ქ.თბილისში 1923 წელს 31 იანვარს. საშუალო განათლება მიიღო თბილისის მე-25 სკოლაში. 1942-1945 წწ. მონაწილეობდა მე-2 მსოფლიო

ომში - იყო ერთ-ერთი დივიზიის მთავარ რადიოსადგურზე რადისტ-ტელეგრაფისტი. 1950 წ. დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამშენებლო ფაკულტეტი ჰიდროტექნიკური მშენებლობის სპეციალობით. ასპირანტურის კურსის გავლის შემდეგ 1953 წლიდან მუშაობდა საქართველოს ენერგეტიკის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში უმცროს, 1957 წლიდან კი - უფროს მეცნიერ თანამშრომლად ტექნიკურ-მეცნიერებათა ხარისხით.

1964-1976 წწ. ამავე ინსტიტუტში იყო ლაბორატორიის ხელმძღვანელი, 1980 წლიდან - წამყვანი მეცნიერ თანამშრომელია.

1976-1979 წწ. მივლინებული იყო სირიის არაბთა რესპუბლიკაში, სადაც ხელმძღვა-ნელობდა სამუშაოებს ქვეყნის ჰიდროლოგიურ გამოკვლევათა მიმართულებით.

მისი სამეცნიერო საქმიანობა მოიცავს გამოკვლევათა ფართო სპექტრს, რომელშიც აღსანიშნავია აერირებული წყლის ნაკადების ჰიდროდინამიკის საკითხები, საქართველოს ჰიდროენერგეტიკული რესურსების დადგენა, ჰესების ნაგებობათა ჰიდრაულიკური, მათ შორის ექსპერიმენტული გამოკვლევები და ა.შ.

ბოლო წლებში ბ-ნი გია მუშაობდა მცირე ჰიდროენერგეტიკის განვითარების მიმართებით. ჰესების (ჟინვალჰესი, ენგურჰესი) მონიტორინგის, მათი ნაგებობების ფილტრაციის პრობლემებზე. ამავე დროს მუშაობდა შპს "ჰიდროდიაგნოსტიკა"-ს შემადგენლობაში.

ხანგრძლივი შრომითი პერიოდში თანამშრომლობდა დარგის გამოჩენილ სპეციალისტებთან: პ.შენგელია, მ.მოსტკოვი, გ.სვანიძე, გ.მამრადე, თ.ვინინი-სიანოუენციკი, გ.საყვარელიძე, შ.გაგოშიძე, ჯ.კილასონია და სხვ.

გამოქვეყნებული აქვს რამდენიმე ათეული სამეცნიერო შრომა, არის 2 გამოგონების ავტორი. ჩართული იყო ევროკავშირის სპეციალური კომისიის ერთ-ერთ ჯგუფში.

ბატონი გია გახლდათ საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის წევრი, მინიჭებული ჰქონდა "დამსახურებული ენერგეტიკოსის" წოდება, დაჯილდოებული იყო მხედრული ორდენითა და მედლებით, საქართველოს "ღირსების" ორდენით.

ფართო გამოცდილების მქონე პროფესიონალი მკვლევარე, ქვეყნის პატრიოტი - ბატონი გია დაჯილდოებულია არაჩვეულებრივი პიროვნული თვისებებით, ახასიათებდა საოცარი შრომითი ენერჯია, ცხოვრებისეული ჯანსაღი ოპტიმიზმი, განვითარებული აქვს ჰქონდა იუმორის გრძნობა. სოლიდური ასაკის მიუხედავად, შენარჩუნებული ჰქონდა ჩინებული მესხიერება, რაც ფასდაუდებელია სამეცნიერო თუ საპროექტო საქმიანობაში.

ბატონი გია გარდაიცვალა 101 წლის ასაკში.

წავიდა ჩვენგან თვალსაჩინო ქართველი მეცნიერი, ინტელიგენტი და პატრიოტი. ძნელია შეურიგდე იმ აზრს, რომ ბატონი გია გიგიბერია აღარ არის ჩვენს შორის. მისაბაძი იყო მისი საქმისადმი უსაზღვრო სიყვარული, პასუხისმგებლობის გრძნობა, თავდაჭერილობა, აღამიანებთან კარგი ურთიერთობის იშვიათი უნარი, მეცნიერული აღღღ. ბატონი შოთა ლუტიძის ნათელი ხსოვნა სამუდამოდ დარჩება მისი მეგობრებისა და მოწაფეების გულებში.

*სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალ "ენერჯის" რედაქცია*

## რედაქციაში სტატიების შემოტანის წესები

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