

620.9(05)

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კავშირი  
"მეცნიერება და ენერგეტიკა"

**ენერგეტიკა**

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.ქინქლაძე, 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.Psarropoulos (Greece), A.Sarukhanian (Armenia), A.Kuliev (Azerbaijan).

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

Главный редактор – Мераб Лордkipанидзе

Заместитель главного редактора – Шалва Гагошидзе

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

**ნომრის მომზადებაში მონაწილეობდნენ:**

ტექნ. მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი ნ.ბარაბაძე, ე.ზამბახიძე, ბ.ბურჭულაძე (ნომრის კომპიუტერული აწყობა-დაკავალდება), 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.მუსხელიანი, ბ.ჯინჭველიშვილი.* კონკურენტული ბაზრების პირობებში ელექტროენერგეტიკულ სისტემაში ელექტროენერჯის დამაგროვებლების ეკონომიკური სარგებლიანობის შეფასება. .... 22

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

*მ.მაჭავარიანი, მ.ჯინჭავაძე, ნ.ქსოვრიძე.* ინოვაციური ლექციები თბოენერგეტიკული შინაარსის დისციპლინებში საინჟინრო ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის. .... 42

*ი.ჯანშირაშვილი, მ.ღვალაძე.* რეზონანსული მოვლენა და ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ რხევებს შორის. .... 54

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

*ბ.კონრაძე, გოჩა კონრაძე, ნ.ბერაძე, ბ.მურჯიკიანი, 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.კონრაძე, გოჩა კონრაძე, ნ.ბერაძე, ბ.მურჯიკიანი, 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.* პავეგენის ფილები მომავლის ტექნიკური იატაკი. .... 79

**ვ უ ლ ო ც ა ვ ი**

პროფესორ ემბოხი მაჭავარიანი - 80 წლისაა. .... 83

**ს ს ო ვ ნ ა**

პროფესორ ბია ბიბიბერიას გახსენება. .... 86

სტატიების შემოტანის წესები. .... 88

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

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 5-12. ქართ.. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

საქართველოს გეოპოლიტიკური მდებარეობიდან და სხვა რიგი ფაქტორებიდან გამომდინარე, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანი და ყურადსაღებია ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოება. ენერგეტიკული უსაფრთხოების აუცილებლობა ასევე გამომდინარეობს ქვეყნის სწრაფიდან 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.

*ილ. 3, ლიტ. 6.*

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

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 13-21. ქართ.. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

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.

*ილ. 2, ლიტ. 19.*

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

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 22-27. ქართ.. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

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.

ლიტ. 9.

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

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 28-41. ქართ.. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

ბაზრის მანიპულირება საკამათო თემაა ყველა სასაქონლო ბაზარზე, განსაკუთრებით კი ელექტროენერგეტიკულ ბაზრებზე, სადაც ენერჯო რესურსების ფასების სწრაფად ცვალებად (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 ელექტროენერჯიის ბაზარი ფორმირების ეტაპზეა. ბაზარზე არსებობს მთელი რიგი ინსტრუმენტები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას სათანადო ანტიმონოპოლიური კონტროლის უზრუნველსაყოფად. სახელმწიფო ქმნის შესაძლებლობას ელექტროენერჯიის საბითუმო კონკურენტული ბაზრის ფორმირებისთვის, თუმცა სახელმწიფოს ეკონომიკურ სივრცეში რეალური კონკურენტუნარიანი ურთიერთობები მხოლოდ ფრაგმენტულად ხორციელდება და ელექტროენერჯიის ბაზარს კვლავ აქვს მონოპოლიზების რისკი.

ცხრ. 2, ლიტ. 16

**მ.გაჭავარძანი, მ.ჯიხვაძე, ნ.ქსოვრელი.** ინოვაციური ლექციები თბოენერგეტიკული შინაარსის დისციპლინებში საინჟინრო ფაკულტეტების სტუდენტებისათვის.

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 42-53. ქართ.. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

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 შებრუნებული მოსაზრება წარმოადგენს რეალურ ახსნას.

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

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

ილ. 4, ლიტ. 8.

**ი.ჯანგირაშვილი, მ.ღვალაძე.** რეზონანსული მოვლენა და ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ რხევებს შორის.

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 54-61. ქართ.. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

განხილულია რხევითი მოძრაობა მექანიკაში, გაკეთებულია ანალოგია მექანიკურ და ელექტრულ რხევებს შორის, შესაბამისი სიდიდეებითა და ცდებზე დაყრდნობით. ასევე ნათლად ჩანს ორივე შემთხვევაში ენერჯიის 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.

*ილ. 5, ცხრ. 1, ლიტ. 2.*

*მ.იარალაშვილი.* ენერგოკომპანიაში საინვესტიციო პროექტის მომგებიანობის შეფასება. „ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 62-66. ქართ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

ენერგეტიკული საინვესტიციო პროექტის მიზნიდველობის დადგენა მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო ეტაპია ინვესტორისათვის, ამდენად ინვესტორი ვალდებულია სრულყოფილად შეისწავლოს ობიექტის საინვესტიციო მიზნიდველობა, საინვესტიციო გარემო, ქვეყანაში მიმდინარე ეკონომიურ-პოლიტიკური პროცესები, პროდუქციის კონკურენტულობა საექსპლოატაციო 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.

*ილ. 1, ლიტ. 4.*

*ბ.კონრაძემ, გოჩა კონრაძემ, ნ.ბერაძემ, ვ.მურჯიკნელი, ი.მურაშვილი.* სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტის ელექტრომომარაგების გარდამქმნელ სისტემაში დინამიკური პროცესების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი მართვადი სამფაზა უკუ გამმართველი აგრეგატის გათვალისწინებით.

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 67-72. ქართ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

სამეცნიერო ნაშრომში წარმოდგენილია სარკინიგზო ელექტრული ტრანსპორტის ერთიანი დინამიკური პროცესების საანგარიშო ელექტრული სქემის დამუშავება IGBT-ტრანზისტორული მოდულებიანი კომუტატორებით. განხილულ სქემაში გათვალისწინებულია სამფაზა ძალოვანი წვეის 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 წვეის ძრავა. მიღწეულია აგრეგატების მდგრადი და იმედიანი მუშაობა.

*ილ. 1, ლიტ. 8.*

*ბ.კონრაძემ, გოჩა კონრაძემ, ნ.ბერაძემ, ვ.მურჯიკნელი, ი.მურაშვილი.*

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

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 73-78. ქართ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

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 კომუტატორების ალგორითმები და შესაბამისი დენების კომუტაციური ფუნქციები.

ნაჩვენებია ყველა ელექტრული სიდიდის ტალღური დიაგრამები, ტრანზისტორული მოდულების იმპულსური მართვის ალგორითმები. დადგენილია კომპუტაციური ფუნქციების ანალიზური გამოსახულებები ჩვეულებრივი ტირისტორების და IGBT- ტრანზისტორული მოდულების შემთხვევებისათვის.

*ილ. 2, ლიტ. 2.*

*ნ.გიორგიშვილი.* პავეგენის ფილები მომავლის ტექნიკური იატაკი.

„ენერჯია“. №1(105). 2023. თბილისი. გვ. 79-82. ქართ. ანოტ. ქართ. ინგლ. რუს.

იმ დროში სადაც, გვიწევს ცხოვრება მოღვაწეობა, საჭიროა მუდმივი ინოვაცია და რაღაც ახლის დამკვიდრება, რაც ეფექტურად 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.

*ილ. 2, ლიტ. 3.*