



აკაკი წერეთლის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

AKAKI TSERETELI STATE UNIVERSITY

V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია

**ენერგეტიკა:
რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები**

ექვთარა აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
დაარსებიდან 85 წლისთავს

მოხსენებების კრებული

PROCEEDINGS

V International Scientific Conference

**ENERGY:
REGIONAL PROBLEMS AND DEVELOPMENT OPPORTUNITIES**

Dedicated to the 85th Anniversary of Akaki Tsereteli State University

25.10.2018 - 26.10.2018

ქუთაისი, საქართველო
KUTAISI, GEORGIA



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სამეცნიერო კომიტეტი

არაბიძე გია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო
 არველაძე რევაზი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 ბერიძე ჯემალი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 გოგიაშვილი ფრიდონი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო,
 ზივზივაძე ომარი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო,
 კიკვიძე ომარი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველო,
 კუპატაძე თამაზი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 მახარაძე გურამი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 ნაჭყებია შალვა, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 ნეჟად ჰამიდი, მეტროპოლიტანის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, აშშ
 სამსონია ნანა, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 უღრელიძე ნოდარი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 ჩომახიძე დემური, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო,
 ხუნწარია ჯანო, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი საქართველო,
 ჭუნაშვილი ბადური, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო

SCIENTIFIC COMMITTEE

Arabidze Gia, Georgian Technical University, Georgia,
 Arveladze Revazi, Georgian Technical University, Georgia
 Beridze Jemali, Georgian Technical University, Georgia
 Chomakhidze Demuri, Georgian Technical University, Georgia
 Gogiashvili Pridoni, Akaki Tsereteli State University, Georgia
 Zivzivadze Omari, Akaki Tsereteli State University, Georgia
 Kikvidze Omari, Akaki Tsereteli State University, Georgia
 Khuntsaria Jano, Georgian Technical University, Georgia
 Kupatadze Tamazi, Georgian Technical University, Georgia
 Makharadze Gurami, Georgian Technical University, Georgia
 Nachkebia Shalva, Georgian Technical University, Georgia
 Nezhad Hameed, Metropolitan State University, USA

Samsonia Nana, Georgian Technical University, Georgia
 Tchunashvili Baduri, Georgian Technical University, Georgia
 Ugrelidze Nodari, Georgian Technical University, Georgia

ხელ

სარგბანიზაციო კომიტეტი

გოგიაშვილი ფრიდონი, არაბიძე გია, ზივზივაძე ომარი,
 ცხაკაია ქეთევანი, ზივზივაძე ლალი, ფხაკაძე შორენა.

ORGANIZING COMMITTEE

Gogiashvili Pridoni, Arabidze Gia, Zivzivadze Omari,
 Tskhakaia Ketevani, Zivzivadze Lali, Pkhakadze Shorena

ISBN 978-9941-484-01-8



1

ელექტროენერგეტიკული მრეწველობის ტექნოლოგია **POWER INDUSTRY TECHNOLOGIES**





V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





**სტატიური მართვადი მაკომპენსირებელი დანადგარის
 საშუალებით ელექტრული სიმძლავრისა და ენერჯის
 დანაკარგების შემცირების ღონისძიება**

ახალაძე ფ., კაჭკაჭიშვილი პ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში გაანალიზებულია ელექტრულ ქსელში რეაქტიული დატვირთვის კომპენსაციის ერთ-ერთი სახე სტატიური მაკომპენსირებელი მოწყობილობით, რომელიც შედგება კონდენსატორული ბატარეისაგან, რომლებიც მუდმივად არის ჩართული კვების წრედში. აგრეთვე ინდუქციური დენის კოჭებისაგან, შეერთებული პარალელურად კონდენსატორების ბატარეასთან. რეგულატორების მართვა ხორციელდება ავტომატურად. მართვად სიგნალს წარმოადგენს რეაქტიული სიმძლავრისა და დატვირთვის მიერ მოთხოვნილი რეაქტიულ სიმძლავრეს შორის სხვაობა. აღნიშნული სქემის რეალიზება უზრუნველყოფს დატვირთვის რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას და შეამცირებს ენერჯის დანაკარგებს.

რეაქტიული სიმძლავრე ცვლადი დენის წრედში მიმდინარე ენერგეტიკული პროცესების თანმდევი მოვლენაა და იგი ქსელის ინდუქციურ (L), ტევადურ (C) ელემენტებსა და დენის წყაროებს შორის ენერჯის მიმოცვლის ციკლში მონაწილეობს. ამასთან, ეს ციკლი ცვლადი დენის ერთ ნახევარ პერიოდში სრულდება. ანუ რეაქტიული სიმძლავრე ცვლადი დენის წრედში 2^ლ კუთხური სიხარით ირხევა.

როცა ქსელის რომელიმე უბანზე მიახლოებით მაინც სრულდება პირობა (აქ **EMBED Equation. 3**), მაშინ ამ ქსელის ინდუქციური და ტევადური ხასიათის მომხმარებელთა რეაქტიული დატვირთვები მაქსიმალურად ურთიერთ დაბალანსებულია. რეაქტიული სიმძლავრის მიმოცვლას ადგილი აქვს მხოლოდ ამ უბნის ინდუქციურ და ტევადურ ელემენტებს შორის და კვების წყაროები, პრაქტიკულად, არ მონაწილეობს ამ სიმძლავრის გაცემა-მიღების პროცესში. სწორედ, აღნიშნული პირობის შესრულების შესაბამისი ღონისძიების განხორციელება წარმოადგენს რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალურ კომპენსაციას იმ დოზით, რომ მინიმალური კაპიტალური ხარჯების პირობებში მაქსიმალურად შემცირდეს აქტიური სიმძლავრის (ენერჯის) დანაკარგები ქსელში. რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაცია ეს არის მაკომპენსირებელი დანადგარის მიერ რეაქტიული სიმძლავრის მიზნობრივი გენერაცია ან მოხმარება.

რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემა ელექტროგადამცემი ხაზებით დაკავშირებულია ქსელის ელემენტებში აქტიურ სიმძლავრის გარკვეულ დანაკარგებთან. ქსელის ელემენტებში ადგილი აქვს ასევე რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებსაც რისთვისაც საჭიროა გენერაციის გაზრდა. ამიტომ რეაქტიული სიმძლავრის შემცირებასთან ერთად შემცირდება სიმძლავრის დანაკარგები. სიმძლავრის დანაკარგების შემცირების ღონისძიებები შესაძლებელია მისი ექსპლოატაციის დროსაც.

სიმძლავრის დანაკარგები გადამცემ ხაზში ტოლია

$$\Delta P = 3I^2R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

$$\Delta Q = 3I^2X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X \quad (1)$$

სადაც $\Delta P, \Delta Q$ - გადამცემ ხაზში აქტიური და რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგებია; R, X - გადამცემ ხაზის აქტიური და ინდუქციური წინაღობა; P, Q -გადამცემ ხაზში არტიური და რეაქტიული სიმძლავრე; U -გადამცემ ხაზის ძაბვა. როგორც (1)-დან ჩანს, აქ



ტიური და რეაქტიული სიმძლავრის დანაკარგები დამოკიდებულია როგორც P -ზე, ისე Q -ზე. დანაკარგები უკუპროპორციულია ძაბვის კვადრატისა, ამიტომ ძაბვის მცირე გაზრდა იძლევა სიმძლავრის დანაკარგების მნიშვნელოვნად შემცირებას. როგორც (1) დან ჩანს, რეაქტიული სიმძლავრის გადაცემა გენერატორიდან მომხმარებელამდე დიდ მანძილზე იწვევს დანაკარგების გაზრდას რადგანაც იზრდება R და X , რეაქტიული სიმძლავრის Q გაზრდით იზრდება როგორც რეაქტიული, ისე აქტიური სიმძლავრის დანაკარგები. იმისთვის რომ არ გადაიტვიტოს ხაზი რეაქტიული სიმძლავრით მაკომპენსირებელ მოწყობილობას (მმ) დგამენ მომხმარებელთან ახლოს მაშინ დანაკარგები მცირდება (2) მნიშვნელობამდე

$$\Delta P = \frac{P^2 + (Q - Q_{გმ})^2}{U^2} R$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + (Q - Q_{გმ})^2}{U^2} X \quad (2)$$

როგორც (2) დან ჩანს, რაც მეტია მაკომპენსირებელი მოწყობილობის სიმძლავრე $Q_{გმ}$ მით მეტად მცირდება სიმძლავრის დანაკარგები.

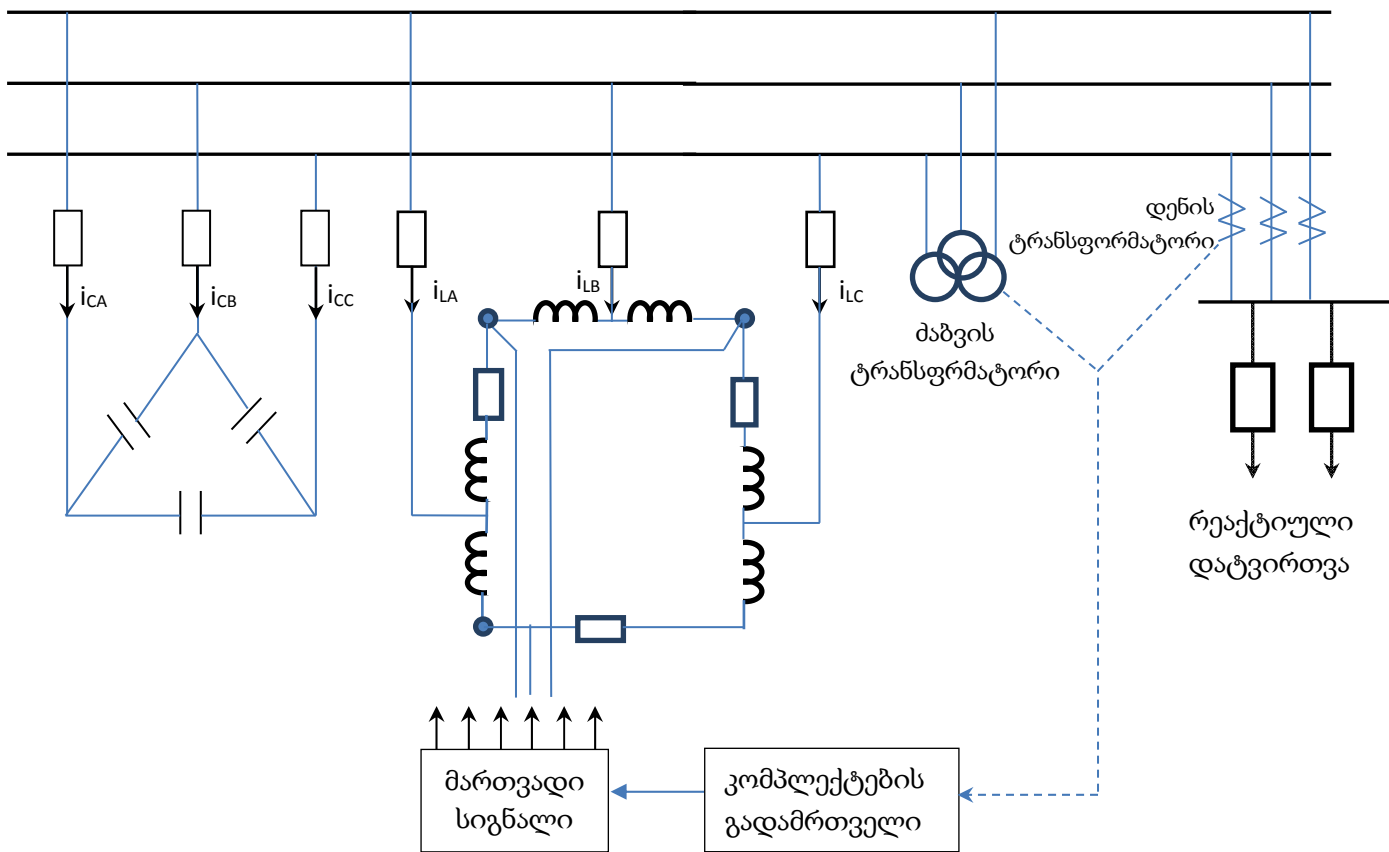
რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციისათვის, ძაბვის სტაბილიზაციისათვის და ელექტროენერჯის ხარისხის პარამეტრების შესაბამისობისათვის ფართო გამოყენება ჰპოვა სტატიკურმა მაკომპენსირებელმა მოწყობილობებმა. სინქრონულ კომპენსატორს შეუძლია, როგორც გასცეს ისე მოიხმაროს ქსელიდან რეაქტიული სიმძლავრე. აღნიშნული თვისება ძაბვის რეგულირების საშუალებას იძლევა ღამის საათებში, როდესაც დატვირთვა საგრძნობლად მცირდება, შეიძლება ძაბვა უეცრად გაიზარდოს, რაც საშიშროებას წარმოადგენს ელექტრომოწყობილობებისათვის. იმისთვის, რომ შევამციროთ ძაბვა აუცილებელია გავზარდოთ ძაბვის დანაკარგები (3)-დან (4) მდე

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} \quad (3)$$

$$\Delta U = \frac{PR + (Q + Q_{გმ})X}{U} \quad (4)$$

ძაბვის შემცირებისათვის მაკომპენსირებელ მოწყობილობამ უნდა მოიხმაროს ქსელიდან რეაქტიული სიმძლავრე. კონდენსატორები კი ძაბვის შემცირების მომენტში უნდა გამოირთოს ნაწილობრივ ან მთლიანად ქსელიდან, ვინაიდან კონდენსატორები მხოლოდ გასცემენ ქსელში რეაქტიულ სიმძლავრეს. რეაქტიულ სიმძლავრის გაზრდამ (4)-ის თანახმად ძაბვის შესამცირებლად შეიძლება გამოიწვიოს სიმძლავრის დანაკარგების გაზრდა (1)-ის თანახმად.

სტატიაში განხილულია სტატიკური მაკომპენსირებელი მოწყობილობა, რომელიც შედგება კონდენსატორული ბატარეისაგან, რომლებიც მუდმივად არის ჩართული კვების წრედში. აგრეთვე ინდუქციური დენის კოჭებისაგან, შეერთებული პარალელურად კონდენსატორების ბატარეასთან. რეგულატორების მართვა ხორციელდება ავტომატურად. მართვად სიგნალს წარმოადგენს რეაქტიული სიმძლავრისა და დატვირთვის მიერ მოთხოვნილი რეაქტიულ სიმძლავრეებს შორის სხვაობა. რაც უფრო მეტ რეაქტიულ სიმძლავრეს მოიხმარს დატვირთვა, მით მეტია რეგულატორების გაღების კუთხე $Q_{გმ}$ და მით ნაკლები მნიშვნელობა გააჩნია რეაქტიულ დენებს, მოთხოვნილი რეგულატორების მიერ მკვებავი ქსელიდან. დატვირთვის მიერ მოთხოვნილი რეაქტიული სიმძლავრეს განსაზღვრავს გაზომვის სქემა. გაზომვა შეიძლება განხორციელდეს ერთ ფაზაში. ინდუქციური დატვირთვა მოითხოვს მკვებავი ქსელიდან რეაქტიულ სიმძლავრეს, რომე-





V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



აღნიშნული სქემის რეალიზება უზრუნველყოფს დატვირთვის რეაქტიული სიმძლავრის კომპენსაციას და ელექტროენერგიის ხარისხის მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. გაზრდის სიმძლავრის კოეფიციენტს და შეამცირებს ენერგიის დანაკარგებს.

ლიტერატურა

1. გ. მახარაძე, ფ. ახალაძე, რეაქტიული დატვირთვის ოპტიმალური კომპენსაციის სისტიემური მიდგომის მეთოდის პრობლემები და ახალი მეთოდის არსი, ქუთაისის მე-2 საერთაშორისო კომფერენციის მასალები, 2013, გვ 5-6.
2. თ. კოსრეიძე, კ. კოსრეიძე, ახალი თაობის ზეგამტარული სტატიკური მაკომპენსირებელი მოწყობილობა როგორც ელექტრული სიმძლავრის დანაკარგების შემცირების და ძაბვის სტაბილიზაციის ერთ-ერთი ეფექტური საშუალება, ენერგია 3(71), 2014, გვ 13-17.
3. Блок В.Н. электрические сети и системы. М. Высшая школа. 1986.
4. Супронович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок. М. Энергоатомиздат. 1985.

MEASURE TO REDUCE ELECTRIC CAPACITY AND POWEWR LOSSES BY MEANS OF STATIC CONTROLLABLE COMPENSATIVE EQUIPMENT

Akhaladze P., Kachkachishvili.
 Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper analyzes one of the types of reactive power compensation in an electrical circuit by means of static compensative equipment, which consists of the capacitor having a permanent electricity supply from power grid, as well as from the induction current coils connected in parallel to the compensators' battery. The controllers are regulated automatically. The controllable signal is the difference between regular reactive power and load demand reactive power. Implementation of this scheme will ensure reactive power compensation of load demand and will reduce energy losses.

**საქართველოს ენერგორესურსების გამოკვლევა
 და მისი ათვისების პროგრამის დამუშავება სისტემის
 ენერგოეფექტურობისა და საიმედოობის ამაღლების პირობებში**

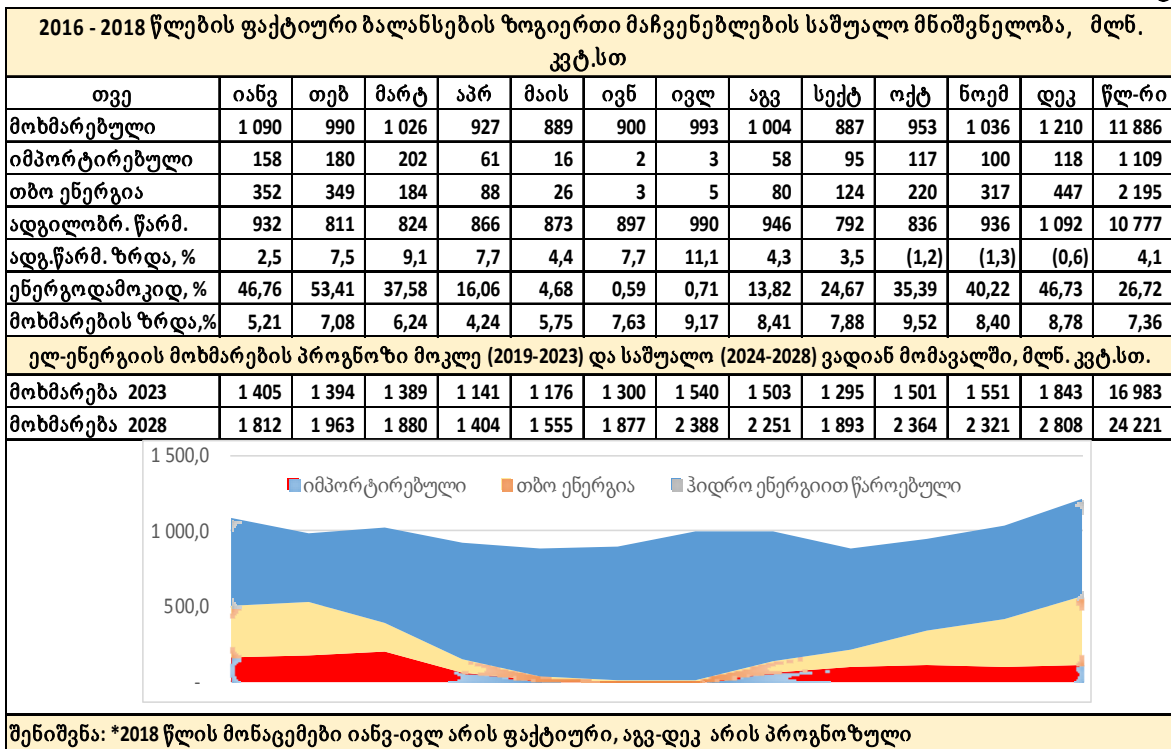
ბახტურიძე ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში, განახლებადი ენერგეტიკული რესურსები გაანალიზებული და შეფასებულია ტექნოლოგიების განვითარების დღევანდელი დონის და პერსპექტივების გათვალისწინებით. განხილულია მათი როლი ენერგოსისტემის ეფექტურობის და საიმედოობის ამაღლების კუთხით. ენერგეტიკაში არსებული მდგომარეობის და პერსპექტივების ანალიზის საფუძველზე, ჩამოყალიბებულია დარგის განვითარების ამოცანები და მიზნები. შემოთავაზებულია დარგის მიზანდასახული და გეგმა-ზომიერი განვითარების პროგრამების კონცეფცია და მიმართულებები.

შესავალი. ელექტროენერგეტიკის დარგის მდგრადი განვითარების ოპტიმალურ გზად, თანამედროვე ცივილიზაციამ აღიარა საკუთარი განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ათვისება. სტენფორდის აკადემიის და ბერლინის მექანიკის ინსტიტუტის მეცნიერებს მიაჩნიათ, რომ 2050 წელს, მსოფლიოს ქვეყნების უმრავლესობა (მათ შორის საქართველო), ენერგიაზე მოთხოვნას დაიკმაყოფილებს ქარის, წყლის და მზის საკუთა-

ცხრ.1





ცხრ.1 შედგენილია ესკო-ს ოფიციალური მონაცემების დამუშავებით.

ცხრილში წარმოდგენილია, მოკლე (2023 წლამდე) და საშუალო (2028 წლამდე) ვადიან მომავალში ელექტროენერჯის მოხმარების პროგნოზული მაჩვენებლები. იგი გამოთვლილია, ელექტროენერჯის მოხმარების განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორების ფართო სპექტრის ანალიზის (მათ შორის ახალი ტექნოლოგიები: ბლოკ-ჩეინ სისტემები, ელექტრო ტრანსპორტი) და პრაქტიკაში აპრობირებული მეთოდების გამოყენებით.

სამუშაოს მიზანი.

- ენერგორესურსების გამოკვლევა – მათი თვისებრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლების დადგენა.
- ენერგეტიკის დარგის პრობლემების და მისი ოპტიმალური განვითარების პირობების კვლევა.
- ენერგეტიკული სისტემის განვითარებაში, განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების როლის კვლევა.
- განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ათვისების პროგრამების დამუშავება და საქართველოს სრული ენერგოდამოუკიდებლობის შესაძლებლობის შეფასება.

ძირითადი ნაწილი

1. ენერგორესურსების კვლევა. საქართველოს ენერგეტიკული რესურსებიდან, ელექტროენერჯის წარმოების თვალსაზრისით, როგორც ტექნიკურ-ეკონომიკური, ისე ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ყველაზე ხელსაყრელია წყლის, ქარის და მზის ენერგეტიკული რესურსები [4].

1.1 ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი. ავტორის მიერ ჩატარებული, საქართველოს ქარის ენერგეტიკული პოტენციალის კვლევის შედეგად დადგინდა [5], რომ:

- საქართველოს გააჩნია ქარის სოლიდური ენერგეტიკული პოტენციალი, რომლის გამოყენებით, ტექნოლოგიების განვითარების დღევანდელ ეტაპზე, შესაძლებელია ათეულობით მილიარდი კვტ.სთ ელ-ენერჯის წარმოება ყოველწლიურად. ამასთან, ენერჯის მოდინების მაღალი ინტენსიობა რეგიონების უმეტეს ნაწინზე, სეზონურად ემთხვევა ჰიდრო და ჰელიო ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტის სეზონს. შესაბამისად, ქარის ელექტრო სადგურები ოპტიმალურად შეაფასებს ჰესების სეზონურ დეფიციტს.
- ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური მიზანსწონილობის მხრივ, დადებითი ნიშნით არის გამორჩეული იმერეთის მაღლობზე არსებული ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი. მაღლობზე შესაძლებელია დამონტაჟდეს 150 ერთეული 4,5 მვტ. სიმძლავრის ქარის აგრეგატი და წლიურად გამომუშავდეს 2,3 მილიარდ კვტ.სთ-ზე მეტი ენერჯია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ამ ენერჯის 70% გამომუშავებული იქნება შემოდგომა-ზამთრის თვეებში. შესაბამისად, ეს ენერჯია წარმატებით ჩაანაცვლებს იმპორტირებულ და იმპორტირებულ გაზე გამომუშავებულ ელ-ენერჯიას.
- კომპლექსური ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია, პირველ ეტაპზე (მომავალი 5 წლის მანძილზე), ენერგოსისტემაში ქარის სადგურების ჯამური 600-700 მვტ. სიმძლავრის ინტეგრაციის ტექნიკური შესაძლებლობა.

1.2 ჰიდროენერგეტიკული რესურსები. ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის დადგენის მიზნით, ჩატარდა:

- საინჟინრო კვლევებით გამოვლენილი ჰიდრო პოტენციალის ანალიზი, რომელთა გამოყენებით დაგეგმილია 60 მცირე, 43 საშუალო და 5 დიდი სიმძლავრის - სულ 108 ჰესის აშენება 2018-2028 წლებში [6].



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



- თეორიული კვლევების საფუძველზე შედგენილი „მცირე ჰიდრო ენერგეტიკული პოტენციალის კადასტრის“ [7] მონაცემების ანალიზი.
- ახალი ელექტროსადგურების პარამეტრების ენერგოსისტემის ინტერესებთან და გარემოს დაცვის მოთხოვნებთან თავსებადობის შეფასების მიზნით, ავტორის მიერ, შემოღებულია “ადეკვატურობის კოეფიციენტი - A”. იგი წარმოადგენს ჰესის მიერ წყალმცირობის თვეებში (სექტემბერ-მარტი) გამოიმუშავებული ენერჯის ფარდობას – წყალუხვობის (აპრილ-აგვისტო) თვეებში გამოიმუშავებულთან.

კვლევის შედეგად გამოვლენილი პოტენციალი წარმოდგენილია ცხრ.2-ში. შევნიშნავთ, რომ მასში არ არის გათვალისწინებული ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის ის ნაწილი, რომელიც უკვე ათვისებულია.

1.3 მზის ენერგეტიკული რესურსები. მზის ენერგეტიკული პოტენციალის კვლევის შედეგად დადგენილია:

- მზის ენერჯის გამოყენებით, საქართველოს 8 მუნიციპალიტეტში, შესაძლებელია აშენდეს მზის ელექტროსადგურები ჯამური სიმძლავრით 37 ათასი მვტ. წლიური 41 მილიარდი კვტ.სთ ელ-ენერჯის გამოიმუშავებით.
- ელექტროენერჯის წარმოების გარდა, შესაძლებელია, რომ მზის ენერჯით ჩანაცვლდეს სითბოთი და ცხელი წლით მომარაგებისათვის გამოყენებული ტრადიციული ენერჯო მატარებლების 60%.

კვლევების შედეგად გამოვლენილი მთლიანი განახლებადი ენერგეტიკული პოტენციალი, სახეობების მიხედვით არის წარმოდგენილი ქვემოთ (ცხრ. 2).

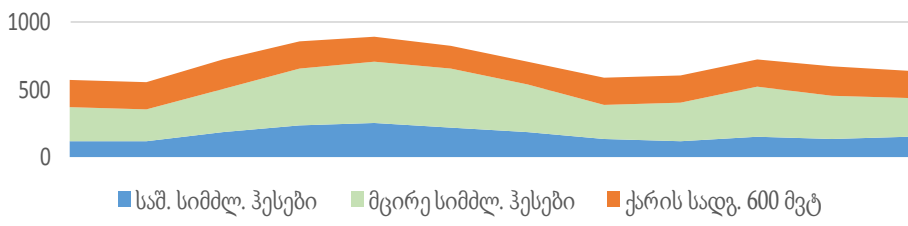
ცხრ. 2

განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების გამოვლენილი პოტენციალი					
ენერგეტიკული რესურსის სახეობა		კვლევის დონე	სიმძლავრე, მვტ.	წლიური გენერაცია, მლნ. კვტ.სთ	სიმძ-ის ეფექტურობა, სთ/წელ
ჰიდრო	დიდი ჰესები (100 მვტ-ზე მეტი სიმძლავრის 10 პროექტი)	წინარე საინჟ. კვლევა	2,603.00	9,075.00	3,486.36
	საშუალო (43 საშ. სიმძლ. ჰესი)	წინარე საინჟ. კვლევა	1,889.00	9,629.00	5,097.41
	მცირე (1251 მცირე სიმძლ. ჰესი)	თეორიული კვლევა	3,729.00	19,471.00	5,221.51
	ჰიდრო მთლიანი		8,221.00	38,175.00	4,643.60
ქარის			12,500.00	50,000.00	4,000.00
მზის			38,000.00	43,903.00	1,155.34
განახლებადი ენერგეტიკ. პოტენც. ჯამი			58,721.00	132,078.00	2,249.25

შენიშვნა: ცხრილში წარმოდგენილი ქარის პოტენციალის სიდიდე, მიიღებულია ერთი დანადგარის 4 მვტ. სიმძლავრის შემთხვევაში. გავრცელებული პროგნოზით, ქარის დანადგარების სიმძლავრე 2050 წლამდე, გაიზრდება 20 მვტ-მდე. შესაბამისად გაიზდება ქარის პოტენციალის ეკვივალენტი ელექტროენერჯია.

2. ენერგეტიკული რესურსების ათვისების პროგრამების დამუშავების და ენერგოსისტემის საიმედოობის ამაღლების ძირითადი ასპექტები

ადგილობრივი ენერგეტიკული რესურსების კვლევის შედეგებით დადასტურებულია, რომ საქართველოს სრული ენერგოდამოუკიდებლობის იდეა განხორციელებადია. ამასთან, ცხრ.2-დან ჩანს, რომ გენერაციის სექტორის განვითარებისათვის, მოკლე და საშუალო ვადიან პერსპექტივაში, სტრატეგიულ რესურსებს წარმოადგენს: მცირე და საშუალო ჰესების ჰიდრო და ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი. მისი ათვისების სტრატეგი-





გრძელვადიანი, პროგნოზირებადი მომავლის (2050 წლამდე) პროგრამის მიზანი იქნება ქვეყნის სრული ენერგოდამოუკიდებლობის მიღწევა. მიზანი მიიღწევა: ენერგეტიკის დარგის ქვე-სექტორების მაქსიმალური “ელექტროფიცირების”, ბუნებრივი გაზის და თხევადი საწვავის მზისა და ქარის ენერჯით ჩანაცვლების გზით. წყალუხვობის სეზონზე მოდინებული ჰიდრო, მზის და ქარის ენერჯის დაგროვების მხრივ, საიმედო პერსპექტივებს სახავეს წყალბადის ენერგეტიკა.

3. დასკვნა

1. საქართველოს განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების ელექტრო-ენერგეტიკული ეკვივალენტი, ტექნოლოგიების განვითარების დღევანდელ ეტაპზე შეადგენს 130 მილიარდ კვტ.სთ-ზე მეტს. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ქარის ენერგეტიკული რესურსი, რომლის ელექტრო-ენერგეტიკული ეკვივალენტი, ქარის დანადგარების სიმძლავრის ზრდის კვალობაზე, მომავალში უფრო გაიზრდება.
2. მოკლე და საშუალო ვადიან პერსპექტივაში, გენერაციის სექტორის ოპტიმალური განვითარება მიიღწევა მცირე და საშუალო სიმძლავრის ჰესების და ქარის სადგურების მშენებლობის გზით.
3. გენერაციის სექტორის გეგმა-ზომიერი განვითარების უზრუნველსაყოფად, საჭიროა, რომ ენერგეტიკის დარგის მართვის სტრუქტურაში, ადღგეს გენერაციის სექტორის მაკოორდინირებელი რგოლი, ტრადიციული ფუნქციებით და მოვალეობებით.
4. საკუთარი, მხოლოდ განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების მიზანდასახული ათვისებით, შესაძლებელია ქვეყნის სრული ენერგოდამოუკიდებლობის მიღწევა.

ლიტერატურა

1. 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World.
2. Развитие использования возобновляемых источников энергии в государствах СНГ. Москва, 2013.
3. სტატისტიკის ეროვნული სამსახური // საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი 2016
4. არველაძე რ. ელექტროენერჯის საწარმოებლად მზისა და ქარის ენერჯის გამოყენების პერსპექტივები საქართველოში. ჟურნალი “ენერჯია” №1 2017.
5. ბახტურიძე ს. ლაოში დ. საქართველოს ქარის ენერგეტიკული პოტენციალი და მისის რაციონალური გამოყენების პირობები. ჟურნალი “ენერჯია” №3 2017.
6. სს “სახელმწიფო ელექტროსისტემა”, ქსელის განვითარების გეგმა 2018-2028.
7. საქართველოს მდინარეების მცირე ჰიდროენერგეტიკული ტექნიკური პოტენციალის კადასტრი//ენერგეტიკის კვლევის ინსტიტუტე. თბილისი 2006.
8. ელექტროენერგეტიკული სექტორის რესტრუქტურის შესახებ საქართველოს პრეზიდენტის ბრძანებულება №437, 1996 წლის 4 ივლისი.

INVESTIGATION OF ENERGY RESOURCES OF GEORGIA AND DEVELOPMENT OF THE PROGRAM OF THEIR APPLICATION UNDER CONDITIONS OF INCREASING THE SYSTEM'S ENERGY EFFICIENCY AND RELIABILITY

Bakhturidze S.

Georgian Technical University

Summary

The assessment of the renewable energy resources takes the state of the art of the technology and its perspectives. Discussed is the role of the renewable energy resources in efficiency and reliability enhancement of the power system.

Based on analysis of the current state and perspectives, objectives of the energy sector development are elaborated. Proposed are the rational conception of energy sector development and particular projects.



კავის ინჟინტორის სიხშირული რეზონანსის ასინქრონული
წვევის ძრავებში ერთიანი პროცესების კომპიუტერული მოდელის
სხვაობითი, რეკურენტული განტოლებების მიხედვით

კობრეიძე გ., ხორავა ვ., კეკელია ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია [1] სტატიაში დამუშავებული საკითხების შედეგად მიღებული მათემატიკური მოდელის საფუძველზე ასინქრონული წვევის ძრავებში ელექტრომაგნიტური და ელექტრომექანიკური გარდამავალი და დამყარებული ერთიანი პროცესების კომპიუტერული მოდელის სხვაობითი, რეკურენტული განტოლებების მოდელის მეთოდი.

მუდმივი დენის წვევის ქვესადგურების ბაზაზე ავტომატურად რეგულირებადი ასინქრონული წვევის ძრავის დინამიური გარდამავალი და დამყარებული ერთიანი პროცესების მოდელის ბლოკ - სტრუქტურული სქემების აგება ჩატარდა საძიებელი ცვლადების მიღებული ინტეგრალური გამოსახულებების საფუძველზე.

ერთიანი პროცესების მოდელის ბლოკ - სტრუქტურულ სქემებში ამჟამად ელემენტებში შემავალი გაწრფივებული კოეფიციენტებიანი სიდიდეებისათვის გვაქვს მოცემულ პარამეტრებზე და ექვივალენტურ კოეფიციენტებზე დამოკიდებული გამოსახულებები.

მატრიცული განტოლებათა სისტემაში შემავალი ყველა დენების ინტეგრალური გამოსახულებების განსაზღვრა ჩატარებულია ტეილორის მწკრივებად დაშლის საფუძველზე გაწრფივებული ექვივალენტური პარამეტრებისა და კოეფიციენტების მიხედვით.

ჩატარებულია [1] - ში მიღებული (8) მატრიცული განტოლებათა სისტემის სამფაზა წვევის ძრავის ტრანსფორმატორის პირველადი გრაფიკის, სიხშირული რეგულირების ძაბვის ინვერტორის შესავალზე და ძაბვის ინვერტორული სიხშირული რეგულირების სამფაზა ასინქრონული წვევის ძრავის როტორის კომპლექსური რეზულტირებული დენების d, q - მდგენელების განმსაზღვრელი დეტერმინანტების გამოთვლა გაწრფივებული ექვივალენტური კოეფიციენტებისა და პარამეტრების მიხედვით.

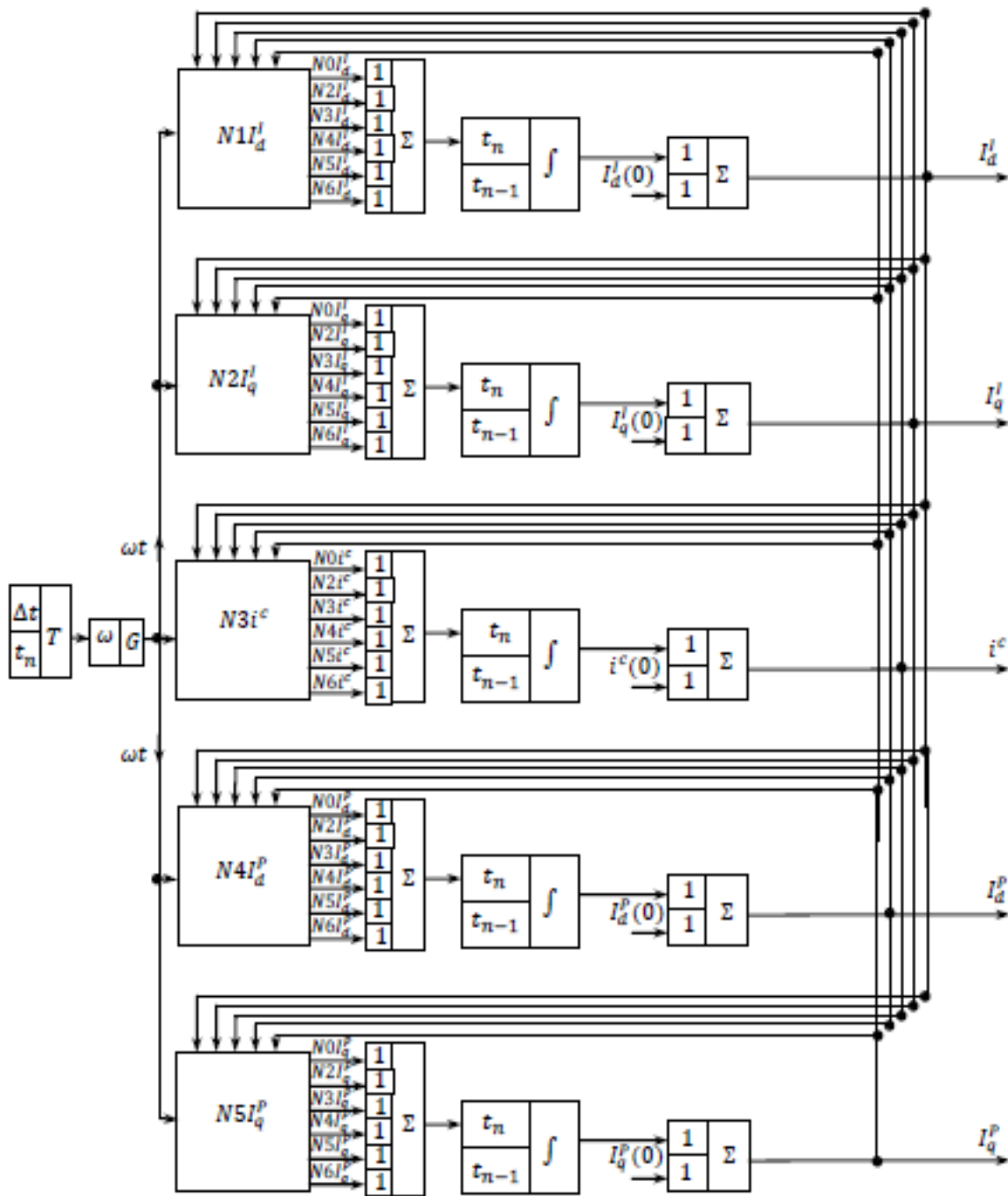
უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა შესაბამის გამოსახულებებში შემავალი დროში ცვალებად ტრიგონომეტრიულ ფუნქციებს ვშლით ტეილორის მწკრივებად $\epsilon = 0$ წერტილის გარშემო და კოეფიციენტების გაწრფივების მიზნით ვიღებთ მხოლოდ პირველ ორ წევრს.

ქვემოთ წარმოდგენილია ერთიანი პროცესების მოდელის ბლოკ-სტრუქტურული სქემა (ნახ.1)

[1]-ში წარმოდგენილი (8) მატრიცული განტოლებათა სისტემა ჩაწერის შემოკლების მიზნით შეიძლება წარმოვადგინოთ ასეთნაირად:

$$\left\| \frac{dI}{dt} \right\| = \|A(t)\| \cdot \|I\| + \|u(t)\|, \quad (1)$$

სადაც (1)-ში გვაქვს:



ნახ.1 მუდმივი დენის წვეის ქვესადგურების ბაზაზე ავტომატურად რეგულირებადი ასინქრონული წვეის ძრავის დინამიური გარდამავალი და დამყარებული ერთიანი პროცესების მოდელის ბლოკ-სტრუქტურული სქემა



$$\left\| \frac{dI}{dt} \right\| = \begin{Bmatrix} \frac{dI_a^i}{dt} \\ \frac{dI_q^i}{dt} \\ \frac{dI^c}{dt} \\ \frac{dI_a^p}{dt} \\ \frac{dI_q^p}{dt} \end{Bmatrix}; \quad \|I\| = \begin{Bmatrix} [I_a^i] \\ [I_q^i] \\ [I^c] \\ [I_a^p] \\ [I_q^p] \end{Bmatrix}; \quad \|u(t)\| = \frac{3}{2} U_m \begin{Bmatrix} a_{01} + b_{01} \cdot \omega t \\ a_{02} + b_{02} \cdot \omega t \\ a_{03} + b_{03} \cdot \omega t \\ a_{04} + b_{04} \cdot \omega t \\ a_{05} + b_{05} \cdot \omega t \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\|A(t)\| = \begin{Bmatrix} [A_{11}(t)] \\ [A_{21}(t)] \\ [A_{31}(t)] \\ [A_{41}(t)] \\ [A_{51}(t)] \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \|(a_{11} + b_{11} \cdot \omega t), (a_{12} + b_{12} \cdot \omega t), (a_{13} + b_{13} \cdot \omega t), (a_{14} + b_{14} \cdot \omega t), (a_{15} + b_{15} \cdot \omega t)\| \\ \|(a_{21} + b_{21} \cdot \omega t), (a_{22} + b_{22} \cdot \omega t), (a_{23} + b_{23} \cdot \omega t), (a_{24} + b_{24} \cdot \omega t), (a_{25} + b_{25} \cdot \omega t)\| \\ \|(a_{31} + b_{31} \cdot \omega t), (a_{32} + b_{32} \cdot \omega t), (a_{33} + b_{33} \cdot \omega t), (a_{34} + b_{34} \cdot \omega t), (a_{35} + b_{35} \cdot \omega t)\| \\ \|(a_{41} + b_{41} \cdot \omega t), (a_{42} + b_{42} \cdot \omega t), (a_{43} + b_{43} \cdot \omega t), (a_{44} + b_{44} \cdot \omega t), (a_{45} + b_{45} \cdot \omega t)\| \\ \|(a_{51} + b_{51} \cdot \omega t), (a_{52} + b_{52} \cdot \omega t), (a_{53} + b_{53} \cdot \omega t), (a_{54} + b_{54} \cdot \omega t), (a_{55} + b_{55} \cdot \omega t)\| \end{Bmatrix} \quad (3)$$

მატრიცული განტოლების ამოხსნას ვეძებთ ასეთ სახეში:

$$\|I(t)\| = e^{\|A(t)\|t} \cdot \|K(t)\| \quad (4)$$

(4)-ში $\|A(t)\|$ – მატრიცა და $K(t)$ -არიან t -დროის ნამდვილი ცვლადის ფუნქცია.

(4) გამოსახულებიდან ვიპოვოთ $\frac{d}{dt} \|I(t)\|$, მივიღებთ:

$$\frac{d}{dt} \|I(t)\| = e^{\|A(t)\|t} \cdot \frac{d\|K(t)\|}{dt} + \|K(t)\| \frac{d}{dt} (e^{\|A(t)\|t}) \quad (5)$$

(5)-ში თუ დავშლით ტეილორის მწკრივად $A(t) \cdot t$ და $e^{\|A(t)\|t}$ –ფუნქციებს, მაშინ მათი გამოსახულებების გათვალისწინება საშუალებას იძლევა შევხერდეთ ისეთ წევრთა რაოდენობაზე, როდესაც ადგილი ექნება ტოლობას:

$$\frac{d}{dt} (e^{\|A(t)\|t}) \approx \|A(t)\| \cdot e^{\|A(t)\|t} \quad (6)$$

ჩავსვათ (6)-გამოსახულება (5)-ში, გვექნება:

$$\frac{d}{dt} \|I(t)\| = e^{\|A(t)\|t} \cdot \frac{d\|K(t)\|}{dt} + \|K(t)\| \cdot \|A(t)\| (e^{\|A(t)\|t}); \quad (7)$$

გავითვალისწინოთ (4) გამოსახულება (1) გამოსახულების მარჯვენა მხარეში და (7) გამოსახულებასთან შედარებით ვღებულობთ:



$$e^{\|A(t)\|t}, \frac{d\|K(t)\|}{dt} + \|K(t)\| \cdot \|A(t)\| e^{\|A(t)\|t} = \|A(t)\| e^{\|A(t)\|t} \cdot \|K(t)\| + \|u(t)\|; \quad (8)$$

(8) – დან ვღებულობთ:

$$e^{\|A(t)\|t}, \frac{d\|K(t)\|}{dt} = \|u(t)\|; \quad (9)$$

(9) – დან ვღებულობთ:

$$\frac{d\|K(t)\|}{dt} = e^{-\|A(t)\|t} \|u(t)\|; \quad (10)$$

(10) – დან t_{n-1} - დან t_n – მდე ინტეგრალის საზღვრებში ინტეგრალის ამოღება გვაძლევს:

$$\|K(t)\| = \int_{t_{n-1}}^{t_n} e^{-\|A(\tau)\|\tau} \|u(\tau)\| d\tau + \|K(t_{n-1})\|; \quad (11)$$

(11) ჩავსვათ (4)-ში მივიღებთ:

$$\|I(t)\| = e^{\|A(t)\|t} \left[\int_{t_{n-1}}^{t_n} e^{-\|A(\tau)\|\tau} \|u(\tau)\| d\tau + \|K(t_{n-1})\| \right], \quad t_{n-1} \leq t \leq t_n; \quad (12)$$

(12) – ში $\|K(t_{n-1})\|$ -ის განსაზღვრისათვის (4) – ში ჩავსვათ $t = t_{n-1}$ მივიღებთ:

$$\|K(t_{n-1})\| = e^{\|A(t_{n-1})\|t_{n-1}} \|I(t_{n-1})\|, \quad t_{n-1} \leq t \leq t_n; \quad (13)$$

ამგვარად (1), (8) განტოლების ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

$$\|I(t)\| = e^{\|A(t)\|t} \left[\int_{t_{n-1}}^{t_n} e^{-\|A(\tau)\|\tau} \|u(\tau)\| d\tau + e^{-\|A(t_{n-1})\|t_{n-1}} \cdot \|I(t_{n-1})\| \right], \quad t_{n-1} \leq t \leq t_n \quad (14)$$

(14) – გამოსახულებაში $\|A(t)\|, \|A(t_{n-1})\|$ – მატრიცების ტეილორის მწკრივებად დაშლაში შევარჩევთ ისეთ წევრთა რიგებს, რომლის დროსაც შესაძლებელია ასეთ ტოლობის დაწერა:

$$\|A(t)\| \approx \|A(t_{n-1})\|, \quad t_{n-1} \leq t \leq t_n; \quad (15)$$

მაშინ (14) გამოსახულება გადაიწერება ასეთ სახეში:

$$\|I(t)\| = e^{\|A(t)\|t} \int_{t_{n-1}}^{t_n} e^{-\|A(\tau)\|\tau} \|u(\tau)\| d\tau + e^{\|A(t)\|(t-t_{n-1})} \|I(t_{n-1})\| \quad t_{n-1} \leq t \leq t_n; \quad (16)$$

მიღებული (16) ტოლობა წარმოადგენს (1) განტოლების ზუსტ ამონახსნს დროის ინტერვალში. მიუხედავად ამისა, მას აქვს მოუხერხებელი ფორმა კომპიუტერულ ტექნოლოგიებში გამოყენებისათვის. კომპიუტერული ტექნოლოგიებით, ჩვენ შეგვიძლია ვიანგარიშოთ $\|I(t)\|$ მხოლოდ t -ს რომელიმე დისკრეტული მნიშვნელობისათვის. ჩვეულებრივ ანგარიშობენ $\|I(t)\|$ –მატრიცას $t = KT$ მნიშვნელობისათვის, სადაც K - მთელი რიცხვია, ხოლო T - განსაზღვრული გარემოებით შერჩეული დროის ქვეინტერვალია, აღსანიშნავია, რომ $\|u(KT)\|$ ცნობილია ყველა K -რიცხვისათვის, მაშინ ჩვენ გვრჩება ვარკვიოთ კავშირები $\|I(K+1)T\|$ -ს და $\|u(KT)\|$ -შორის და $\|I(K+1)T\|$ -ს და



$\|I(KT)\|$ -შორის. ასეთი კავშირები აღიწერება სხვაობითი განტოლების კერძო სახით. როგორც კი მივიღებთ სხვაობით განტოლებას, მაშინვე შეიძლება მიმდევრობით გამოითვალოს $\|I(KT)\|$ – მატრიცა ყველა K -ს მთელი რიცხვისათვის.

(16) განტოლებაში ჩავსვათ $t_{n-1} = KT$ და $t = t_n = (K+1)T$ მაშინ გვექნება:

$$\|I[(k+1)T]\| = e^{\|A(k+1)T\|} \cdot \|I(KT)\| + e^{\|A(k+1)T\|(k+1)T} \int_{KT}^{(k+1)T} e^{-\|A(\tau)\|\tau} \|u(\tau)\| d\tau; \quad K = 0, 1, 2, 3 \dots \quad (17)$$

(17)-ში $\|u(\tau)\| = \|u(KT)\|$ დროის $KT \leq \tau \leq (K+1)T$ – ქვეინტერვალებში წარმოადგენს ნაჭერ-ნაჭერ მუდმივ სიდიდეს. აგრეთვე ექსპონენტებში $e^{\|A(k+1)T\|(k+1)T}$ და $e^{-\|A(\tau)\|\tau}$ წარმოადგენენ ნაჭერ-ნაჭერ მუდმივ სიდიდეებს შესაბამისი ქვეინტერვალებისათვის.

(17)-ში გამოვიყენოთ ტოლობა:

$$\int_0^t e^{\|A\|\tau} = \|A\|^{-1} \cdot (e^{\|A\|t} - 1) = (e^{\|A\|t} - 1) \cdot \|A\|^{-1} \quad (18)$$

ამ უკანასკნელის გათვალისწინება (17)-ში გვაძლევს საძიებელ სხვაობით მატრიცულ განტოლებას, რომელიც წარმოადგენს რეკურენტულ ფორმულას და ადვილად ექვემდებარება კომპიუტერული ტექნოლოგიებით ამოცანის ამოხსნას:

$$\|I[(k+1)T]\| = e^{\|A(k+1)T\|} \cdot \|I(KT)\| + (e^{\|A(k+1)T\|(k+1)T} - 1) \cdot \|A(k+1)T\|^{-1} \|u(\tau)\| \quad (19)$$

(19)-ში გამოვიყენოთ ტეილორის მწკრივებად დაშლა, რომლის თანახმადაც გვექნება:

$$\begin{aligned} & (e^{\|A(k+1)T\|(k+1)T} - 1) \cdot \|A(k+1)T\|^{-1} = \\ & - \left[\left(1 + \|A(k+1)T\| \cdot T + \frac{1}{2!} \|A(k+1)T\|^2 \cdot T^2 + \dots \right) - 1 \right] \times \|A(k+1)T\|^{-1} = \\ & = \|1\|T + \frac{1}{2!} \|A(k+1)T\| \cdot T^2 + \frac{1}{3!} \|A(k+1)T\|^2 \cdot T^3 + \dots \quad (20) \end{aligned}$$

(20)-ში საყურადღებოა ის გარემოება, რომ არ გვესაჭიროება $\|A(k+1)T\|^{-1}$ – შებრუნებული მატრიცის გამოთვლა.

(20) –ის ჩასმა (19) – ში მოგვცემს:

$$\|I(k+1)T\| = e^{\|A(k+1)T\|} \|I(kT)\| + \left[\|1\|T + \frac{1}{2!} \|A(k+1)T\| \cdot T^2 + \frac{1}{3!} \|A(k+1)T\|^2 \cdot T^3 + \dots \right] \cdot \|u(\tau)\| \quad (21)$$

(21) განტოლება იძლევა $\|I(kT)\|$ -სთვის ზუსტ ამონახსნს.

(21) –ში თუ ცნობილია $\|I(0)\|$ – ის მნიშვნელობა, მაშინ ნებისმიერ $K = 0, 1, 2, 3 \dots$ მთელი რიცხვებისათვის ვიპოვოთ $\|I(1T)\|, \|I(2T)\|, \|I(3T)\|, \dots, \|I(kT)\|$ დენების მნიშვნელობებს $1T, 2T, 3T, \dots, KT$ ქვეინტერვალებისათვის.



ლიტერატურა

1. კოხრეიძე გ. ხორავა ვ; კეკელია ნ; ძაბვის ინვერტორული სისწორული რეგულირების ასინქრონული წვეის ძრავებში ერთიანი პროცესების სრული მათემატიკური მოდელის შექმნა. V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. ქუთაისი 2018 წ. გვ.

DERIVATION OF DIFFERENTIAL AND RECURRING GENERAL EQUATIONS OF THE COMPUTER MODEL OF THE UNIFIED PROCESSES IN THE VOLTAGE INVERTER FREQUENCY REGULATION ASYNCHRONOUS TRACTION ENGINES

KOKHREIDZE G; KHORAVA V; KEKELIA N.

Georgian Technical University

Summary

the paper presents the derivation method of differential and recurring equations of the computer model of unified processes of the electromagnetic and electromechanical transitional and founded processes in asynchronous traction engines based on the mathematical model obtained from the issues developed in the article [1]

ძაბვის ინვერტორული სისწორული რეგულირების ასინქრონული წვეის ძრავებში ერთიანი პროცესების სრული მათემატიკური მოდელის შექმნა

კოხრეიძე გ., ხორავა ვ., კეკელია ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია „საქართველოს რკინიგზის“ მაგალითზე ძაბვის ინვერტორული სისწორული რეგულირების ასინქრონული წვეის ძრავებში ერთიანი პროცესების სრული მათემატიკური მოდელის შექმნა, ტვილორის მწკრივების საფუძველზე დროში ცვალებადი ექვივალენტური კოეფიციენტებისა და პარამეტრების გაწვრივების გათვალისწინებით. მიღებულია გაერთიანებული გარდაქმნელი სისტემის დეტერმინანტის (განმსაზღვრელის) განზოგადებული გამოსახულება ექვივალენტური გაწვრივებული კოეფიციენტების მიმართ.

[1] სამეცნიერო ნაშრომში ნახვენები დამუშავებული მოდერნიზებული, გაერთიანებული ნახ.1,2 ელექტრული სქემისათვის ელექტრომაგნიტური და ელექტრომექანიკური გარდამავალი და დამყარებული ერთიანი პროცესების მათემატიკური მოდელირება წარმოდგენილ სტატიაში წარმოებს დროში ცვალებადი კოეფიციენტების ტვილორის მწკრივებად დაშლაზე დაფუძნებული საძიებელი ცვლადთა კომპლექსური გარდაქმნის (კოორდინატთა გარდაქმნის) მეთოდით. წარმოდგენილ ერთიან გაერთიანებულ გარდაქმნელ სისტემაში წვეის ძრავის პარამეტრების გათვალისწინებით ელექტრომაგნიტური და ელექტრომექანიკური გარდაქმნელი და დამყარებული ერთიანი პროცესების გაანგარიშებისათვის საჭიროა [1]-ში მოყვანილი ძირითადი განტოლებების დამატებით ვისარგებლოთ წვეის ძრავის როტორის მოძრაობის შემდეგ განტოლებით:

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J} (M_{ელ} - M_{ლილ}) \quad (1)$$

სადაც (1) -ში J -ინერციის მომენტი; $M_{ელ}$ - ელექტრომაგნიტური მომენტი. $M_{ლილ}$ -ძრავის ლილვზე გარე მომენტი.

ელექტრომაგნიტური მომენტის გამოსახულების მისაღებად ვიყენებთ თანაფარდო-



ბას:

$$M_{\text{ჯთ}} = \frac{\partial W}{\partial \theta_p} \quad (2)$$

სადაც

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \omega_p \quad (3)$$

წვეის ძრავის მაგნიტურ ველში დაგროვილი W -ენერგია ტოლია:

$$W = W^s + W^p = \frac{1}{2}[(\psi_1^s l_1^s + \psi_2^s l_2^s) + (\psi_1^p l_1^p + \psi_2^p l_2^p + \psi_3^p l_3^p)] \quad (4)$$

სადაც (4) –ში W^s -სტატორის მაგნიტური ველის ენერგიაა, W^p - როტორის მაგნიტური ველის ენერგია.

[1] – ში ნაკადშებების მოცემული გამოსახულებები გავითვალისწინოთ (4) გამოსახულებაში და ზოგიერთი გარდაქმნების შედეგად ვღებულობთ:

$$\begin{aligned} M_{\text{ჯთ}} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \theta_p} [& M^{sp} l_1^s l_1^p \cos(\alpha_1^p - \alpha_1^s + \theta_p) + M^{sp} l_2^s l_2^p \cos(\alpha_2^p - \alpha_2^s + \theta_p) + \\ & + M^{sp} l_2^s l_3^p \cos(\alpha_3^p - \alpha_2^s + \theta_p) + M^{sp} l_3^s l_1^p \cos(\alpha_1^p + \theta_p - \alpha_3^s) + \\ & + M^{sp} l_3^s l_2^p \cos(\alpha_2^p + \theta_p - \alpha_3^s) + M^{sp} l_3^s l_3^p \cos(\alpha_3^p + \theta_p - \alpha_3^s) + \\ & + M^{pp} l_1^p l_1^p \cos(\alpha_2^p - \alpha_1^p + \theta_{nc} - \theta_p) + M^{pp} l_1^p l_3^p \cos(\alpha_3^p - \alpha_1^p + \theta_{nc} - \theta_p) + \\ & + M^{pp} l_2^p l_2^p \cos(\alpha_2^p - \alpha_2^p + \theta_{nc} - \theta_p) + M^{pp} l_2^p l_3^p \cos(\alpha_3^p - \alpha_2^p + \theta_{nc} - \theta_p) + \\ & + M^{pp} l_3^p l_3^p \cos(\alpha_3^p - \alpha_3^p + \theta_{nc} - \theta_p) + M^{pp} l_3^p l_3^p \cos(\alpha_3^p + \theta_{nc} - \theta_p)], \quad (5) \end{aligned}$$

სადაც (5) –ში θ_{nc} -თვის გვაქვს:

$$\frac{d\theta_{nc}}{dt} = \omega_{nc} \quad (6)$$

ω_{nc} წარმოადგენს ძაბვის ინვერტორული აგრეგატის **IGBT** – ტრანზისტორულ მოდულებზე მიწოდებული იმპულსების ბრუნვის კუთხურ სიხშირეს.

როტორისა და სტატორის რეზულტირებული დენების d, q - მდგენელების მიმართ ძრავის ელექტრომაგნიტური მომენტი (1) + (6) გამოსახულებების საფუძველზე, ზოგიერთი გარდაქმნების შედეგად მიიღებს ასეთ სახეს:

$$M_{\text{ჯთ}} = \frac{3}{2} \omega M^{sp} (I_d^p I_q^s + I_q^p I_d^s) \quad (7)$$

მიღებულ სრულ მათემატიკურ მოდელში გამოვიყენოთ ცვლადთა კომპლექსური გარდაქმნის და ცვლადთა სპექტრული გარდაქმნის მეთოდები შესაბამისი კომპლექსური ფუნქციების მწკრივებად დაშლის გამოყენებით [1]. აღნიშნული მეთოდების საფუძველზე წარმოვადგინოთ განივ სივრცით სიბრტყეში წვეის ძალური ტრანსფორმატორისა და სამფაზა მოკლედ შერთული ასინქრონული ძრავისათვის ფაზური დენები, ძაბვები და ნაკადშებები ისეთ ვექტორულ სიდიდეებად, რომელთა მოდულები განისაზღვრებიან მათი მყისა მნიშვნელობებით, ხოლო მიმართულებები კი ფაზების მაგნიტური დერძების მიმართულებით [2].



ზოგიერთი გარდაქმნების შედეგად მიღებული პირველი რიგის დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა მატრიცულ ფორმაში ჩაიწერება ასეთნაირად:

$$\begin{pmatrix} \frac{3}{2}U_m \sin(\omega t + \psi_u) - R^I I_n^I + X_n^I(t) I^I \\ -\frac{3}{2}U_m \cos(\omega t + \psi_u) - R^I I_d^I + X_d^I(t) I^I \\ Z_{\text{აბ}}^C(t) I^C - X_{\text{აბ}}^P(t) I_d^P - X_{\text{აბ}}^C(t) I_q^P \\ -X_d^P(t) I^C - R^P I_d^P \\ X_q^P(t) I^C + R^P I_q^P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(L_s^I + \frac{3}{2}M^{11}\right) \left(L_s^I + \frac{3}{2}M^{11}\right) & 0 & -M_d^I(t) & 0 & 0 \\ 0 & \left(L_s^I + \frac{3}{2}M^{11}\right) & M_q^I(t) & 0 & 0 \\ M_n^I & M_q^I & L_{\text{აბ}}^C(t) & L_{\text{აბ}}^C(t) & L_{\text{აბ}}^C(t) \\ 0 & 0 & M_d^P(t) & \left(L_s^P + \frac{3}{2}M^{PP}\right) & 0 \\ 0 & 0 & M_q^P(t) & 0 & -\left(L_s^P + \frac{3}{2}M^{PP}\right) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{dI_d^I}{dt} \\ \frac{dI_q^I}{dt} \\ \frac{dI^C}{dt} \\ \frac{dI_d^P}{dt} \\ \frac{dI_q^P}{dt} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

სადაც, (8) –ში შემავალი დროში ცვალებადი ექვივალენტური კოეფიციენტები და პარამეტრები ნაშრომში წარმოდგენილია ტეილორის მწკრივების საფუძველზე გაწვრივებული გამოსახულებების სახით.

$\Delta(t)$ - დეტერმინანტის დროში გაწვრივებული ექვივალენტური კოეფიციენტებიანი გამოსახულების მიღება.

ტეილორის მწკრივების საფუძველზე გაწვრივებული ცვლადი კოეფიციენტებისა და პარამეტრების მიღებული გამოსახულებების ჩასმა (8)-ში, ზოგიერთი გარდაქმნების შემდეგ, გვაძლევს $\Delta(t)$ დეტერმინანტის (განმსახდრელის) დროში გაწვრივებულ ექვივალენტურ კოეფიციენტებიან შემდეგ გამოსახულებას:

$$\Delta(t) = A(\alpha_p, \beta) + B(\alpha_p, \beta) \cdot \omega t \quad (9)$$

სადაც (9) -ში თითოეული გაწვრივებული ექვივალენტურ კოეფიციენტებისათვის გვაქვს:

$$\begin{aligned} A(\alpha_p, \beta) = & \frac{9}{4\pi^2} \left(L_s^I + \frac{3}{2}M^{11}\right)^2 \left(L_s^P + \frac{3}{2}M^{PP}\right) M^{CP} M^{PC} (5 + 4\cos 2\beta) - \\ & - \left(L_s^I + \frac{3}{2}M^{11}\right)^2 \left(L_s^P + \frac{3}{2}M^{PP}\right)^2 \times \\ & \times \left[2(M^{22} - L_{\text{აბ}}) + \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \left(L_s^H + \frac{3}{2}M^{22}\right) \sin \alpha_p + \frac{3}{\pi^2} \left(L_s^C + \frac{3}{2}M^{CC}\right) (2 - \sin 2\beta) \right] + \\ & + \frac{9\sqrt{3}}{2\pi^2} M^{12} M^{21} \left(L_s^I + \frac{3}{2}M^{11}\right) \left(L_s^P + \frac{3}{2}M^{PP}\right)^2 \sin \alpha_p (1 + \cos \alpha_p); \quad (10) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 B(\alpha_p, \beta) = & \frac{18}{\pi^2} \left(L_s^i + \frac{3}{2} M^{11} \right)^2 \left(L_s^p + \frac{3}{2} M^{pp} \right) M^{cp} M^{pc} \sin 2\beta - \\
 & - \frac{6}{\pi^2} \left(L_s^c + \frac{3}{2} M^{cc} \right) \left(L_s^i + \frac{3}{2} M^{11} \right)^2 \left(L_s^p + \frac{3}{2} M^{pp} \right)^2 \cos 2\beta + \\
 & + \frac{\sqrt{3}}{\pi} \left(L_s^i + \frac{3}{2} M^{11} \right)^2 \left(L_s^p + \frac{3}{2} M^{pp} \right)^2 \left[2 \left(L_s^H + \frac{3}{2} M^{22} \right) \cos \alpha_p - M^{cc} \right] + \\
 & + \frac{9\sqrt{3}}{2\pi} \left(L_s^i + \frac{3}{2} M^{11} \right) \left(L_s^p + \frac{3}{2} M^{pp} \right)^2 M^{12} M^{21} \left(1 - \cos \alpha_p - \frac{1}{2} \cos 2\alpha_p \right). \quad (11)
 \end{aligned}$$

(8)-(11) გამოსახულებები წარმოადგენენ ძაბვის ინვერტორული სისწირული რეგულირების ასინქრონული წვევის ძრავებში ერთიანი პროცესების სრული მათემატიკური მოდელის შექმნის რეალურ საფუძველს, რომელთა შემდგომი შესაბამისი მათემატიკური გარდაქმნების ტექნოლოგიების დამუშავების შედეგად მივიღებთ ერთიანი პროცესების კომპიუტერული მოდელის სხვაობით, რეკურენტულ განზოგადოებულ განტოლებებს.

ლიტერატურა

1. კოხრეიძე გ. ბახტაძე მ. ხორავა ვ. ფრანგიშვილი გრ, კეკელია ნ, კერელიშვილი ბ. ინვერტორული სისწირული რეგულირების ასინქრონულ წვევის ძრავიან გაერთიანებულ მართვად გარდაქმნელ სისტემაში პროცესების მათემატიკური მოდელირება და ანალიზი. III ქართულ-პოლონური საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ სატრანსპორტო ხიდი ევროპა აზია“ ქუთაისი 2017 წ. გვ 267-274.
2. კოხრეიძე გ. კეკელია ნ, მუდმივი დენის წვევის ქვესადგურების ბაზაზე ავტომატურად რეგულირებადი ასინქრონული წვევის ძრავების დინამიკური პროცესების მართვა და ანალიზი. სამეცნიერო-ტექნიკური რეფერირებადი ჟურნალი 2(86)/ 2018 წ. გვ. 5-13

MAKING OF THE COMPLETE MATHEMATICAL MODEL IN THE VOLTAGE INVERTER FREQUENCY REGULATION ASYNCHRONOUS TRACTION ENGINES

KOKHREIDZE G; KHORAVA V; KEKELIA N.

Georgian Technical University

Summary

The paper on the example of "Georgian Railway" presents the creation of complete mathematical model in the voltage inverter frequency regulation asynchronous traction engines taking into account the time variable equivalent coefficients and parameters based on the Taylor series. The generalized image of the determinant of the unified transformational system was derived by the equivalent rectilinear coefficients.



ორფაზიან ბარემოვი სითბური მიმოცვლის
არაწრფივი პროცესის მათემატიკური მოდელი

მოღებამე თ., კორძამე თ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აქ ჩვენ განვიხილავთ სითბური მიმოცვლის არაწრფივ მათემატიკურ მოდელს დისპერსიული გარემოსათვის. შესწავლილი იქნება, როგორც სტაციონალური ასევე დინამიური პროცესი. წარმოდგენილი მათემატიკური მოდელი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს დისპერსიული გარემოს სითბური მდგომარეობის შესასწავლად. ან კიდევ წრიული განიკვეთის არხებში მოძრავი თხევადი ნაკადებისათვის, რადგან ამ შემთხვევაში შესაძლებელი იქნება ტემპერატურის შეფასება გამოსაკვლევი ობიექტის ნებისმიერ წერტილში. მოცემული მათემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა დაისვას ამოცანა და ამოიხსნას დანადგართა ტექნიკურ ეკონომიკური მახვენებლების გასაუმჯობესებლად ან კიდევ ტექნიკურ-ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებების მისაღებად ახალი დანადგარების დაპროექტების დროს.

სითბური მიმოცვლის პროცესი მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მრავალ ტექნოლოგიურ პროცესებში, აგრეთვე ენერჯის წარმოებასა და მის გარდაქმნაში. იმის გამო, რომ მრავალი ფიზიკური და ქიმიური ტექნოლოგიური პროცესები, მიმდინარეობს მაღალი ტემპერატურის, დიდი დატვირთვისა და დეფორმაციის პირობებში, ამიტომ აუცილებელი შეიქმნა გამოკვლეულიყო მართვის თეორიის ამოცანები, რომლებიც აღიწერება არაწრფივი სასაზღვრო ამოცანებით, კორძოწარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებებისათვის.

თუ ჩავატარებთ ანალიზს ორფაზიანი დისპერსიული გარემოსათვის, შეგვიძლია ასეთ პირობებში ავაგოთ მათემატიკური მოდელი.

განვიხილოთ სითბური მიმოცვლის პროცესი გამოსაშრობ დისპერსიულ გარემოსა და ცხელი აირისათვის, რომელიც ამ დისპერსიულ გარემოს მიეწოდება. იმისათვის რომ ავაგოთ მათემატიკური მოდელი მოცემული პროცესისათვის აუცილებელი გათვალისწინებულ იქნას ყველა არსებითი მხარე ტექნოლოგიური პროცესისა (გათბობა, გაცხელება, გაგრილება და გაცივება). თითოეული რეჟიმის ზონა წარმოვიდგინოთ, როგორც ცალკეული ტექნოლოგიური პროცესი. ობიექტებს შორის კავშირი კი მყარდება ენერგეტიკული პროცესების საშუალებით.

შესასწავლი პროცესის ფორმალისაციისათვის აუცილებელია დავუშვათ, რომ დისპერსიული გარემოს მახასიათებლები არის სივრცეში უწყვეტი ფუნქციები, რომლებიც წარმოადგენენ $T_s(\tau, \vec{x})$ და $T_g(\tau, \vec{x})$ ტემპერატურათა განაწილებას, შესაბამისად დისპერსიულ ფაზებსა და დისპერსიული გარემოში. აქ \vec{x} არის გარემოს სივრცითი კოორდინატი, ხოლო τ - კი დროა. ასეთი დაშვება საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ დამკვლერის განტოლება, რომელიც სამართლიანია მყარი გარემოსათვის. ჩვენს შემთხვევაში სითბური მიმოცვლა განსხვავებით მყარი გარემოსაგან, საშუალებას გვაძლევს ასეთი სითბური მიმოცვლა განხილული იყოს დისპერსიული გარემოს ყოველი წერტილისათვის და არა მხოლოდ ფაზებს შორის ზედაპირებისათვის. მიღებული დაშვება გვაძლევს საშუალებას გავითვალისწინოთ ფაზებსა დისპერსიული გარემოს შორის ურთიერთქმედება სივრცის ყოველ წერტილში.

ყოველი სისტემის მახასიათებლად საკმარისია 4 ნაკადი:

1) მასის $G = \frac{dM}{dt}$ (კგ/წმ)

2) კომპონენტა $G_i = \frac{dN_i}{dt}$ (მოლი/სთ ან მოლი/წმ)



3) სითბოს ან სითბური $Q = \frac{d(cT)}{dt}$ (კკალ/კგ.სთ ან ვტ/კგ)

4) იმპულსის $P = \frac{d(Mv)}{dt}$ (კგ.მ/სთ² ან კგ.მ/წმ²)

სადაც M -მასაა; t -დრო; N_i -არჩეული i -ური კომპონენტის მასა გამოსახული მოლეკლაში; c -კუთრი სითბოტევადობა; T -ტემპერატურა; v -სიჩქარე. ნიუტონის, ფურის, ფიკის და სხვათა კანონების საფუძველზე, შეიძლება ჩავწეროთ მასისა და ენერჯის შენახვის კანონი, რომელიც დაკავშირებულია დიფუზიასთან, სითბოგამტარებლობასთან, სითბოს გადაცემასთან, ქიმიურ რეაქციებთან და სხვა პროცესებთან, დიფერენციალური განტოლების ფორმით.

ჩავწეროთ განტოლება დისპერსიულ გარემოში მყარი და აირადი ფაზებისათვის: სითბური ნაკადის გავრცელების განტოლება:

$$(1 - \varepsilon_0) \frac{\partial c_s \rho_s \theta}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \left(V_i \frac{\partial c_s \rho_s \theta}{\partial x_i} - (1 - \varepsilon_n) \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda_{s_i}(\bar{x}) \frac{\partial \theta}{\partial x_i} \right) \right) + s \varepsilon_0 \alpha(\theta, T)(T - \theta) + J_\theta;$$

$$\varepsilon_0 \frac{\partial c_s \rho_s T}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \left(\varepsilon_n W_i \frac{\partial c_s \rho_s T}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda_{g_i}(\bar{x}) \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \right) + s \varepsilon_0 \alpha(\theta, T)(\theta - T) + J_T;$$

მასის ნაკადი

$$(1 - \varepsilon_0) \frac{\partial \rho_s}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \left(V_i \frac{\partial \rho_s}{\partial x_i} - (1 - \varepsilon_n) \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{s_i} \frac{\partial \rho_s}{\partial x_i} \right) \right) + J_{\rho_s};$$

$$- \varepsilon_0 \frac{\partial \rho_g}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \left(\varepsilon_n W_i \frac{\partial \rho_g}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{g_i} \frac{\partial \rho_g}{\partial x_i} \right) \right) + J_{\rho_g};$$

კომპონენტის ნაკადი

$$(1 - \varepsilon_0) \frac{\partial \rho_{c_i}}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \left(V_i \frac{\partial c_i \theta}{\partial x_i} - (1 - \varepsilon_n) \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{s_i} \frac{\partial c_i \theta}{\partial x_i} \right) \right) + J_{c_i};$$

$$- \varepsilon_0 \frac{\partial c_i T}{\partial t} = \sum_{i=1}^3 \left(\varepsilon_n W_i \frac{\partial c_i T}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{\rho_i} \frac{\partial c_i T}{\partial x_i} \right) \right) + J_{c_i};$$

სადაც c_s, c_g -კუთრი სითბოტევადობაა შესაბამისად მყარი მასისა და აირის;

ρ_s, ρ_g -სიმკვრივე მყარი მასისა და აირის.

$\varepsilon_0, \varepsilon_n$ -აორთქლების მასური და ზედაპირული კოეფიციენტებია კოეფიციენტებია;

$\lambda_{s_i}, \lambda_{g_i}$ -მყარი მასისა და აირის სითბოგამტარებლობის კოეფიციენტებია;

s -ზედაპირის კუთრი სითბომიმოცვლა;

α - სითბური მიმოცვლის კოეფიციენტია;

V_i, W_i -მასისა და აირის მოწოდების სიჩქარეებია;

D_{s_i}, D_{g_i} -მასისა და აირის დიფუზიის კოეფიციენტებია.

მხედველობაში უნდა მივიღოთ შემდეგი:

ა) ცხელი აირის ნაკადი თანაბრად და მართობულად მოქმედებს შრეზე მთელი პროცესის განმავლობაში;

ბ) გამოსაშრობი შრე განიხილება, როგორც ორფაზიანი სისტემა: აირი-მყარი სხეული.



(გაღნობას გამოვრიცხავთ);

კაბრის მასის ნაკადის განტოლებას არ განვიხილავთ, რადგან იგი უშუალოდ დაკავშირებულია კომპონენტას ნაკადთან.

ყოველივე ამის შემდეგ, გამოშრობის(გამოწვის) ზონაში გარდაქმნების გათვალისწინებით, სითბური მიმოცვლის განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + V_y \frac{\partial \theta}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(a_1(t, x, y) \frac{\partial \theta}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} a_2(t, x, y) \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = \frac{\varepsilon_0 s}{(1 - \varepsilon_0) \rho_s c_s} \alpha(\theta, T)(T - \theta) + \beta(\theta, T)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + W_y \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(b_1(t, x, y) \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} b_2(t, x, y) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{s}{\rho_g c_g} \alpha(\theta, T)(\theta - T) - \beta(\theta, T)$$

$\Omega = (0, h) \times (0, l)$ არეში, სადაც $V_y, W_x, s, \rho_s, c_s, \rho_g, c_g$ - მოცემული მუდმივებია; კოეფიციენტები $a_i, b_i, (i = 1, 2)$ - შემოსაზღვრული ფუნქციებია, რომლებიც აკმაყოფილებენ პირობებს $a_i \geq \lambda_1 > 0, b_i \geq \lambda_2 > 0, (i = 1, 2)$, ხოლო $\alpha(\theta, T) = k|T|^{0.67}$ - ტომოფევის ფორმულაა, $\beta(\theta, T)$ - თავისი არგუმენტების მიმართ უწყვეტი ფუნქციაა. მოცემულია შესაბამისი საწყისი პირობები $T(0, x, y) = T_0(x, y); \theta(0, x, y) = \theta_0(x, y)$; ხოლო არეს $\partial\Omega$ საზღვარზე-სასაზღვრო პირობები I, II, III გვარის ან შერეული, რადგანაც სასაზღვრო პირობები შეიძლება შეიცვალოს იმის მიხედვით, თუ რა ინფორმაციას ვფლობთ და რომელ ზონაში ვიმყოფებით. შესაბამისად შეიცვლება განსახილველი ამოცანის სახეც.

ამრიგად, მივიღებთ კერძოწარმოებულნიან კვაზიწრფივ განტოლებათა სისტემას, საწყისი და სასაზღვრო პირობებით. მოცემულ ამოცანას მეორე გვარის არაწრფივობა ახასიათებს. კერძოდ ტემპერატურისაგან არაწრფივად არის დამოკიდებული სითბური ნაკადის სიმკვრივე ფაზათაშორის ზედაპირზე: $q_s(T) = l_1|T|^{2/3}(T - \theta)$. ასეთი კლასიფიკაცია პირობითია, რადგან ეს ამოცანა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც პირველი, ასევე მეორე ან მესამე გვარის არაწრფივ ამოცანად, იმის მიხედვით თუ როგორ აღირიცხება სითბოს გამოყოფა ფაზათა გარდაქმნისას.

მიღებული სისტემა, მოცემული საწყისი და სასაზღვრო პირობებით წარმოადგენს მათემატიკურ მოდელს მოქმედი კონვეირული მანქანის დინამიური რეჟიმისათვის, გამოშრობის არეში. მეორეს მხრივ შეიძლება კონვეირი სტაციონალურ რეჟიმშიც იმყოფებოდეს, ასეთ შემთხვევაში $\Omega = (0, h) \times (0, l)$ არეში გვექნება განტოლებათა სისტემა:

$$V_y \frac{\partial \theta}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(a_1(x, y) \frac{\partial \theta}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} a_2(x, y) \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = l_1 \alpha(\theta, T)(T - \theta) + \beta(\theta, T)$$

$$W_y \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(b_1(x, y) \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} b_2(x, y) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = l_2 \alpha(\theta, T)(\theta - T) - \beta(\theta, T)$$

სადაც

$$\alpha(\theta, T) = k|T|^{2/3}; a_i = \frac{\lambda_{s_i}(x, y)}{\rho_s c_s}; b_i = \frac{\lambda_{g_i}(x, y)}{\rho_g c_g}; l_1 = \frac{\varepsilon_0 s}{(1 - \varepsilon_0) \rho_s c_s}; l_2 = \frac{s}{\rho_g c_g};$$

შესაბამისი სასაზღვრო პირობებით $\partial\Omega$ საზღვარზე-ყოველივე ამის გარდა მათემატიკურ მოდელში გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, რომ ტემპერატურის დიდი გრადიენტის შემთხვევაში შესაძლებელია დაიშალოს ან გაღნეს დისპერსიული გარემო. ამის გამო უნდა შემოვიღოთ

$$|\text{grad}\theta(t, x, y)| \leq k_1 \quad \forall (x, y) \in \Omega; t \in [0, t_k] \equiv s.$$



ლიტერატურა

1. Temuri A. Modebadze, Valeriy S. Melnik, Grigol A. Sokhadze. Optimal Control of Nonlinear Dynamic Heat Exchange Processes in Disperse Layer with Heat Radiation. 10.1615/JAutomatInfScien.v39.i9.40 2007.40-55 pages.

A MATHEMATICAL MODEL OF NON-LINEAR HEAT-EXCHANGE
PROCESS IN A TWO-PHASE MEDIUM

Modebadze T., Kordzadze T.

Akaki Tsereteli State University

Summary

In the article the construction of mathematical model of nonlinear heat exchange process in a disperse layer is carried out and the dynamic and stationary mode of nonlinear heat exchange is studied. The offered mathematical model can be used at consideration of questions of identification of a thermal condition of a disperse layer or heat exchange of a liquid stream with a round section channel wall as there is a possibility of an assessment of temperature in any place of research object, and also for statement and the solution of the problems connected with improvement of technical economic indicators of operating settings, and adoption of constructive and technological decisions at creation of the new one

შენობა-ნაგებობების მესადაცვა და ნორმატიული
ლოკუმენტების მოთხოვნები

მუსელიანი თ., გუგუტიშვილი ქ.ა., მუსელიანი გ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნახევრებია, რომ იმპულსური გადაძაბვებისგან დაცვის მოწყობილობის სწორად არჩევისათვის მიზანშეწონილია ახალ ნორმატიულ დოკუმენტში შეტანილი იქნეს არა მხოლოდ დაბალი ძაბვის წრედებში მრავალკომპონენტური მეხისაგან გამოწვეული გადაძაბვების გაანგარიშების საიმედო მეთოდიკა, არამედ იმპულსური გადაძაბვებისგან დაცვის მოწყობილობის დენური დატვირთვის გაანგარიშების უნივერსალური მეთოდიც. ასევე ტიპურ პირობებში მათი შეფასების ალგორითმები.

როგორც ცნობილია მესადაცვა წარმოადგენს შენობების, ქონებისა და ადამიანების უსაფრთხოების უზრუნველყოფისათვის ტექნიკური გადაწყვეტილებისა და სპეციალური საშუალებების კომპლექსს. შენობა ნაგებობებისათვის მეხის პირდაპირი დაცემის შედეგად წარმოშობილმა საფრთხემ შეგვიძლია მიგვიყვანოს:

1. შენობა-ნაგებობებისა და მისი ნაწილების დაზიანებამდე;
2. შენობის შიგნით მდებარე ელექტრული და ელექტრონული ნაწილების მწყობრიდან გამოსვლამდე;
3. უშუალოდ შენობის შიგნითა და მის სიახლოვეს მყოფი ცოცხალი არსებების ტრამეზებამდე და სიკვდილამდე.

შენობის მესადაცვის სისტემები იყოფა გარე და შიგა სახეობებად. ჩვენ ამჟამად განვიხილავთ გარე მესადაცვის სისტემებს.

გარე მესადაცვა წარმოადგენს სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს მეხის დაჭერასა და მის მიწაში გაშვებას, რითაც იცავს შენობა-ნაგებობას დაზიანებისა და ხანძრისაგან. სამშენებლო ობიექტზე მეხის პირდაპირი დარტყმის მომენტში სწორად დაპროექტებულმა და აგებულმა მესადაცვი მოწყობილობამ თავის თავზე უნდა მიიღოს მე-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ხის დენი და დენსარინებით გაუშვას ჩამოწობის სისტემაში, სადაც განმუხტვის ენერგია უსაფრთხოდ უნდა გაიფანტოს. მეხის დენის გავლა უნდა მოხდეს დასაცავი ობიექტის დაუზიანებლად და უსაფრთხო უნდა იყოს როგორც შენობის შიგნით, ასევე გარეთ მყოფი ადამიანებისათვის.

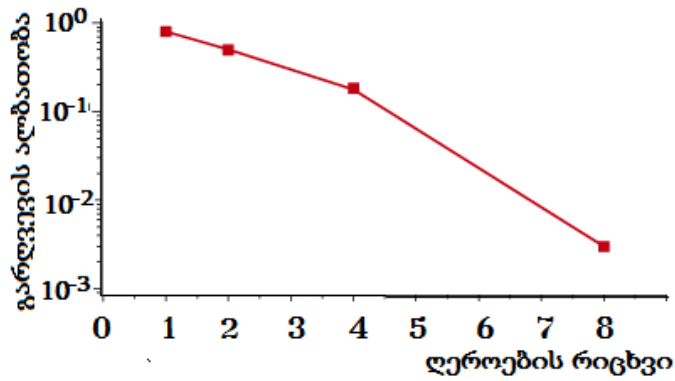
მაგრამ ამჟამად შეიქმნა რთული სიტუაცია შენობის მეხდაცვის მარეგლამენტირებელი ნორმატიული დოკუმენტების მიმართ. ამ მომენტში არსებობს ორი დოკუმენტი [1,2], რომელთა საფუძველზეც შეიძლება მეხდაცვის სისტემების დაპროექტება. მაგრამ პროექტირების პროცესი რთულდება იმ ფაქტით, რომ არც ერთი ზემოთხსენებული ინსტრუქცია არ იხილავს მეხისა და კომუტაციური გადაძაბვებისაგან დაცვის მოწყობილობების გამოყენების საკითხებს. ყველა საკითხი, რომელიც ინსტრუქციაში განხილული არ არის უნდა განვიხილოთ შესაბამისი თემატიკის ნორმატიულ დოკუმენტებში, სახელდობრ, საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (IEC) სტანდარტებში.

განვიხილოთ ეს დოკუმენტები დაწვრილებით. თავდაპირველად უნდა დავიწყოთ მეხის დენის პარამეტრებით. მეხის ძირითადი მახასიათებელი პარამეტრია დაზიანებულ ობიექტში გამავალი დენი, რომელიც ხასიათდება მაქსიმალური მნიშვნელობით, ფრონტის საშუალო დახრილობით და იმპულსის ხანგრძლივობით, რომელიც ტოლია დენის მაქსიმალური მნიშვნელობიდან მის ნახევარ მნიშვნელობამდე შემცირების დროსი. დენის სიდიდესა და დროში მისი ცვლილების სიჩქარეზე დამოკიდებულია ატმოსფერული ელექტრობის საშიში ზემოქმედების უმეტესობა. მაგრამ ნორმატიულ დოკუმენტში [1] არ ფიგურირებს ცნება მეხის დენის შესახებ, ხოლო ნორმატიულ დოკუმენტში [2] ნახვენებია მხოლოდ დენის ზღვრული მნიშვნელობები მეხდაცვის თითოეული იმ დონისათვის, რომელთა მიხედვითაც უნდა შევაფასოთ მეხით გამოწვეული გადაძაბვები. დასაცავი ობიექტის მიმართ მეხის გარღვევის ალბათობისა და მეხით გამოწვეულ დენტან კავშირის შესახებ საუბარიც არ არის, მიუხედავად იმისა, რომ ეს კავშირი წარმოადგენს მეხდაცვის დამკვეთისა და დამპროექტებლის დიდ ინტერესს.

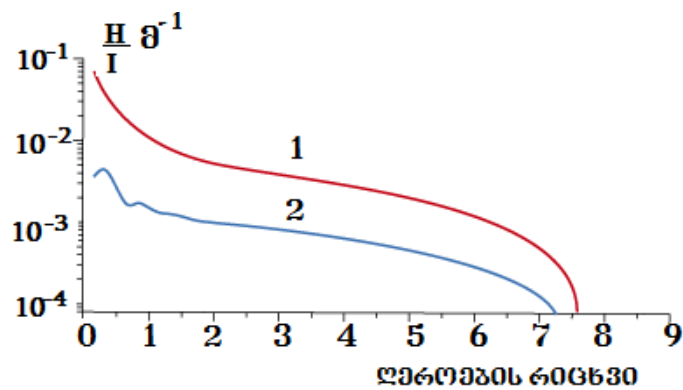
მიუხედავად [2]-ს მითითებისა, შევასრულოთ ეფექტური მეხდაცვის კომპიუტერული გაანგარიშებები, დამპროექტებლები, როგორც წესი, აგრძელებენ მეხდაცვა შერჩეული იქნეს დაცვის ზონების მიხედვით. ნორმატიულ დოკუმენტებში ეს ზონები მოცემულია ცალკეული და ორმაგი მეხსარინებისათვის. დამპროექტებლები არ განიხილავენ დიდი რიცხვის მეხსარინების კოლექტიურ მოქმედებას, მიუხედავად იმისა, რომ მათი გამოყენება საშუალებას იძლევა არსებითად შემცირდეს მეხმომდებების სიმაღლე (ნახ.1). ასეთი მიდგომის ეფექტურობა არა მხოლოდ მნიშვნელოვნად ამცირებს მეხდაცვის ღირებულებას, არამედ დიდ მნიშვნელობას იძენს მაღალი შენობების მიმართულებით მეხის მიზიდვის ეფექტის შემცირება.

როგორც ცნობილია, ღეროვან მეხსარინში მეხის დაცემის რიცხვი მისი სიმაღლის კვადრატის პროპორციულია. დენსარინი დაყენებულია დასაცავ ობიექტზე ან მის სიახლოვეს. ეს იმას ნიშნავს, რომ სიმაღლის შემცირება მკვეთრად ამცირებს მეხის ახლო განმუხტვების რიცხვს და შესაბამისად, დასაცავი ობიექტის კომუნიკაციებზე საშიში ელექტრომაგნიტური ზემოქმედების რიცხვს. ამ გარემოების მნიშვნელობა ძნელია შევაფასოთ მიკროპროცესორული ტექნიკის თანამედროვე დანერგვის პირობებში.

იღებს რა თავის თავზე მეხმომდები მეხის დენს, იგი არ ცვლის მის ელექტრომაგნიტურ ველს. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს მეხის დენის მიწაში ტრანსპორტირების სწორ ორგანიზაციას. დასაცავ ობიექტზე მაგნიტური ველის შემცირებისათვის მიზანშეწონილია გავანაწილოთ მეხის დენი ბუნებრივად ან სპეციალურად ჩალაგებული დენსარინების მაქსიმალურად შესაძლებელი რიცხვით. დენსარინების რიცხვის გაზრდით



ნახ.1. ობიექტიდან 10 მ-ის დაშორებით, 5 მ სიმაღლეზე აღმართული დეროვანი მესხარინით 50X50X20 მ ობიექტის დაცვის ეფექტურობა.



ნახ.2. შენობის 45X15X60 მ დიაგონალზე მაგნიტური ველის დაძაბულობის გავრცელების მრუდები. დაშორების ათვლა კუთხიდან ცენტრისაკენ. 1- დენსარინები განლაგებულია შენობის კუთხეებში; 2- დენსარინის როლში 1,5 მ სიფართის მინაპაკეტის არმატურა.



V სამართაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნისათვის ერთნაირი სიდიდის დენით. ასეთ როლში მეხის არხი ძალზე იშვიათადაა. დენის ტალღა წარმოიშვება მეხის მიწასთან ან დამიწებულ ნაგებობასთან კონტაქტის დროს და ვრცელდება ზევით ღრუბლებისაკენ. შედეგად მეხის მაგნიტური ველი იძენს უფრო ხანგრძლივ ფრონტს, ვიდრე მისი დენი. განსხვავება მით უფრო ვლინდება რაც უფრო მოშორებულია დენიანი სადენიდან მაგნიტური ველის რეგისტრაციის წერტილი.

მეორე მიზეზი მაგნიტური ველის იმპულსის ფრონტის გაგრძელებისა არის დენის ტალღის ძალიან შესამჩნევი მიღევა და დეფორმაცია მისი გაგრძელებისას სასრული გამტარობის პლაზმურ არხში. შედეგად (1) ფორმულით შეფასებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ინდუქცირებული გადაძაბვების საანგარიშო მნიშვნელობის მრავალჯერად გადაჭარბებამდე და ამასთან ერთად მეხდაცვაზე არამოტივირებულ დანახარჯებთან.

ასეთი სახის არასასურველი სიტუაცია ადვილად გამოსწორდება, თუ პროექტირების პრაქტიკაში დაბალი ძაბვის წრედებში ინდუქცირებული ძაბვების საანგარიშოდ შემოვიტანთ სახელმძღვანელო მითითებებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» .-М.: 1987.-32 с.
2. СО-153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».-М.: 2004.-59 с.
- 3.ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010. Менеджмент риска.Защита от молнии.часть 1.Общие принципы. М.: Стандартинформ, 2011.

PROTECTING BUILDINGS FROM THUNDERBOLT AND REQUIREMENTS OF NORMATIVE DOCUMENTS

T.Museliani, K.Gugutisvili, G.Museliani

Summary

It is shown that for impulse strains right choosing of safety arrangement it is valid to involve in the new normative document not just in the low voltage circuits many components-included thunder caused strains calculation right method, but from impulsive strains safety gadget power energy deal calculation universal method as well. Also in typical conditions algorithms of their assessment.

ძაბვის დამახინჯებაზე მომხმარებელთა სიმძლავრის მიხედვით ბავლენის შეფასება

მუსელიანი თ., გურგენიძე მ., მუსელიანი გ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დადგენილია, რომ საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრული ენერჯიის ხარისხის კონტროლისა და ანალიზის მეთოდურ მითითებებში მოცემული პოტენციურად დამამახინჯებელი მომხმარებლების გამოვლენის ხერხი არ ითვალისწინებს მაღალი რივის პარმონიკების მიერ მნიშვნელოვანი სიდიდის ძაბვების აღძვრის შესაძლებლობას თვით მცირე სიმძლავრის არაწრფივი მომხმარებლის მუშაობის დროსაც კი მომხმარებლის გარე ქსელში რეზონანსის შემთხვევაში.

არაწრფივი და არასიმეტრიული დატვირთვის ხასიათის მქონე ელექტრომიმღებების რაოდენობის გაზრდამ და დადგმული სიმძლავრის მატებამ გააკეთა თანამედროვე



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ელექტრომომარაგების სისტემების დამახასიათებელი და განუყოფელი დამახინჯებული რეჟიმები. ნორმატიულ დოკუმენტში [1] წარმოდგენილია ელექტროენერჯის ხარისხის მანვენებლებზე მომხმარებელთა სიმძლავრის მიხედვით გავლენის შეფასების მეთოდი, რომელიც გამოიყენება საერთო მიერთების წერტილში ელექტროენერჯის ხარისხის გაუარესების მიზნების ანალიზისათვის. ამ მეთოდის დებულებები წარმოდგენილია დაბვის არასინუსოიდურობის მაგალითზე. ანალოგიურად სრულდება დაბვის არასიმეტრიულობის დროს დამახინჯების წყაროების გამოვლენა.

ნაშრომში [1]-ში შემოთავაზებულია, რომ საერთო მიერთების წერტილში გამოყოფილი ობიექტები დამახინჯებული ელექტრომიმღებებით, რომლებიც საერთო მიერთების წერტილში გავლენას ახდენენ დაბვის არასინუსოიდურობაზე. ასეთი ობიექტების გამოვლენისათვის საჭიროა:

1. გამოვითვალოთ a სიდიდის მნიშვნელობა, როგორც ობიექტის დასაშვები სრული სიმძლავრის $S_{დს}$ ფარდობა საერთო მიერთების წერტილში უმცირესი მოკლედ შერთვის სიმძლავრესთან $S_{ა.ა.შ.შ.}$ (პროცენტებში), ფორმულით:

$$a = \frac{S_{დს}}{S_{ა.ა.შ.შ.}} \times 100 \% \quad (1)$$

- ელექტრულ ქსელებში საერთო მიერთების წერტილისათვის (1) ფარდობის დასაშვები მნიშვნელობებია:
- 0,22/0,38 კვ დაბვის ქსელებისათვის - $a_{დს} \leq 0,2\%$;
- 6 კვ და ზევით დაბვის ქსელებისათვის $a_{დს} \leq 0,3\%$;

თუ $a \leq a_{დს}$, მაშინ განსახილველი ობიექტი მიეკუთვნება ობიექტების ჯგუფს ისეთი ელექტრომიმღებებით, რომლებიც საერთო მიერთების წერტილში გავლენას არ ახდენენ დაბვის არასინუსოიდურობაზე.

თუ $a > a_{დს}$, მაშინ ობიექტის დატვირთვის შედგენილობის საფუძველზე საჭიროა განისაზღვროს არაწრფივი ვოლტამპერული მახასიათებლების მქონე დამახინჯებული ელექტრომიმღებების ჯამური დადგმული სიმძლავრე $S_{ა.ა.}$.

2. გამოვითვალოთ a_1 სიდიდის მნიშვნელობა, როგორც ობიექტის დამახინჯებული ელექტრომიმღებების ჯამური დადგმული სრული სიმძლავრის $S_{ა.ა.}$ ფარდობა საერთო მიერთების წერტილში უმცირესი მოკლედ შერთვის სიმძლავრესთან $S_{ა.ა.შ.შ.}$ (პროცენტებში), ფორმულით:

$$a_1 = \frac{S_{ა.ა.}}{S_{ა.ა.შ.შ.}} \times 100 \% \quad (2)$$

თუ $a_1 \leq a_{დს}$, მაშინ განსახილველი ობიექტი ასევე მიეკუთვნება ობიექტების ჯგუფს ისეთი ელექტრომიმღებებით, რომლებიც საერთო მიერთების წერტილში გავლენას არ ახდენენ დაბვის არასინუსოიდურობაზე.

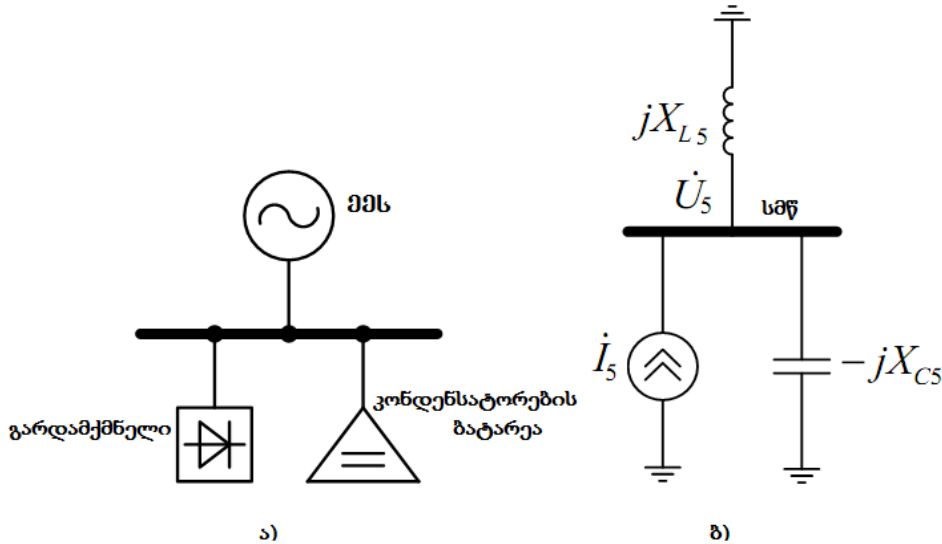
თუ $a_1 > a_{დს}$, მაშინ ობიექტი მიეკუთვნება ობიექტების ჯგუფს ისეთი ელექტრომიმღებებით, რომლებიც განსახილველ საერთო მიერთების წერტილში ქმნიან დაბვის არასინუსოიდურობას.

მაგრამ პოტენციურად დამახინჯებული მომხმარებლების გამოვლენის მოცემული ხერხი არ ითვალისწინებს მაღალი რიგის ჰარმონიკების მიერ მნიშვნელოვანი სიდიდის დაბვის აღძვრის შესაძლებლობას თვით მცირე სიმძლავრის არაწრფივი მომხმარებლის მუშაობის დროს მომხმარებლის გარე ქსელში რეზონანსის შემთხვევაში. მაგალითის სახით განვიხილოთ 6კვ დაბვის საერთო მიერთების წერტილი (სმწ) მასზე მიერთებულ მომხმარებლებთან ერთად, რომლის საანგარიშო და ჩანაცვლების სქემა მოცემულია



ნახ.1-ზე.

დაუშვათ ელექტროენერგეტიკული სისტემისა და კონდენსატორის ბატარეების პარამეტრები (ნახ.1ა) ისეთია, რომ საკვლევე, მაგალითად მე-5 ჰარმონიკისათვის ადგილი აქვს მათი რეაქტიული წინაღობების მოდულების ტოლობას (ნახ.1ბ). ეს შესაძლებელია, მაგალითად, საერთო მიერთების სალტებზე 18,2 კა სამფაზა მოკლედ შერთვის დენისა და 7,2 მვარ კონდენსატორების ბატარეის სიმძლავრის დროს. ამ შემთხვევაში [2]-დან ცნობილი გამოსახულებების მიხედვით ძირითად სიხშირეზე ვიღებთ ელექტროენერგეტიკული სისტემისა და კონდენსატორის ბატარეების წინაღობების მნიშვნელობებს:



ნახ.1

$$X_{L1} = \frac{U_{\text{კონდ}}}{\sqrt{3}I_{\text{კონდ}}} = \frac{6,3}{\sqrt{3}18,2} \approx 0,2 \text{ ომი}; X_{C1} = \frac{U_{\text{კონდ}}^2}{Q_{\text{კონდ}}} = \frac{6^2}{7,2} \approx 5 \text{ ომი} \quad (3)$$

იგივე წინაღობები მე-5 ჰარმონიკის სიხშირეზე ტოლია:

$$X_{L5} = 5X_{L1} = 1 \text{ ომი}; X_{C5} = \frac{1}{5} X_{C1} = 1 \text{ ომი} \quad (4)$$

დაუშვათ, რომ ნახ.1-ზე მოცემულ 6 - პულსიანი გამმართველის ნომინალური სიმძლავრეა 100 კვა. მივიღოთ გარდამქმნელის კომუტაციის კუთხე $\gamma = 20^\circ$, მაშინ მის მიერ გენერირებული მე-5 ჰარმონიკის დენი [2]-ის შესაბამისად ტოლია:

$$I_5 \approx \frac{S_{\text{კონდ}}}{\sqrt{3}U_{\text{კონდ}}} \cdot \frac{\sin[n-1\frac{\gamma}{2}]}{n \cdot n-1\frac{\gamma}{2}} = \frac{100}{\sqrt{3}6} \cdot \frac{\sin[5-1\frac{20}{2}]}{5 \cdot 5-1\frac{20}{2}} = 1,774 \text{ ა} \quad (5)$$

ასეთ შემთხვევაში საერთო მიერთების წერტილში მე-5 ჰარმონიკის ძაბვა შეზღუდულია მხოლოდ ქსელის ელემენტების აქტიური წინაღობით და აღემატება დასაშვებს.

შევამოწმოთ (1) კრიტერიუმი:

$$a = \frac{S_{\text{კონდ}}}{\sqrt{3}U_{\text{კონდ}}I_{\text{კონდ}}} \times 100\% = \frac{100}{\sqrt{3}6 \cdot 18,2} \cdot 100\% \approx 0,05 \%. \quad (6)$$

განხილული პარამეტრების მქონე, ნახ.1-ზე მოცემული დამამახინჯებელი მომხმარებელი რეალურად იწვევს მაღალი რივის ჰარმონიკების დაუშვებელ ძაბვას ხოლო [1]-ის მიხედვით მიეკუთვნება ისეთ ობიექტებს, რომლებც საერთო მიერთების წერტილში გავლენას არ ახდენს ძაბვის არასინუსოიდურობაზე.

მიღებული შედეგი გვიჩვენებს დამამახინჯებელი მომხმარებლის გამოვლენის მიდგომის არასრულყოფილობაზე.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ამრიგად, დადგენილია, რომ საერთო დანიშნულების ელექტრომომარაგების სისტემებში ელექტრული ენერჯის ხარისხის კონტროლისა და ანალიზის მეთოდურ მითითებებში მოცემული პოტენციურად დამამახინჯებელი მომხმარებლების გამოვლენის ხერხი არ ითვალისწინებს მაღალი რიგის ჰარმონიკების მიერ მნიშვნელოვანი სიდიდის დაბეჭდვის აღქმის შესაძლებლობას თვით მცირე სიმძლავრის არაწრფივი მომხმარებლის მუშაობის დროსაც კი მომხმარებლის გარე ქსელში რეზონანსის შემთხვევაში.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. РД 153-34.0-15.501-00, РД 153-34.0-15.502-2002. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : в 2 ч. – М. : Энергосервис, 2003. – Ч. 1-2.
2. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.

EVALUATION OF THE IMPACT OF VOLTAGE DISTORTION ACCORDING TO CUSTOMERS' POWER

T.Museliani, M.Gurgenidze, G.Museliani
 Georgian Technical University

Summary

It is established that in common duty power energy supply systems, power energy quality control and analysis in method indications given potentially disturbing customers revealing way does not foresee via high row harmonics important volume voltage starting ability even while low power non-circuit customer work duration in the case of outer net resonance case of the customer.

სამუშაო ასინქრონული ძრავას დიაგნოსტიკის მეთოდები

ნემსაძე შ.ა., გიუაშვილი მ.ა., ჩუგოშვილი დ.ზ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამუშაო ასინქრონული ძრავას ვიბრაციული დიაგნოსტიკა არის მოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობის განსაზღვრის მეთოდი ელექტროძრავის სხვადასხვა წერტილში დამყარებული მექანიკური რხევების ანუ ვიბრაციის პარამეტრების გაზომვასა და მიღებული შედეგების ანალიზზე, რაც საშუალებას იძლევა გადაწყდეს ასინქრონული ძრავების გაუმართაობათა მოძიების და მათი ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების ამოცანები.

შესავალი

ელექტრული მოწყობილობების გრძელვადიანი და საიმედო ფუნქციონირება წარმოებაში განსაზღვრავს ტექნოლოგიური პროცესების მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიურ ეფექტურობას. მოწყობილობათა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია სამუშაო ასინქრონულ ძრავებს, როგორც ყველაზე ფართოდ გავრცელებულ მოწყობილობას და მათი მუშაობის საიმედობისადმი განსაკუთრებული მოთხოვნები განპირობებულია იმ გარემოებით, რომ მათი მწყობრიდან გამოსვლა არღვევს ურთიერთდაკავშირებულ საწარმოო ციკლებს, სრულად ან ნაწილობრივ აჩერებს ტექნოლოგიურ პროცესებსა და მექანიზ-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მეხს. შედეგად, დიდია წარმოებისადმი მიყენებული ზარალი, განპირობებული არამარტო მწყობრიდან გამოსული ძრავების რემონტით ან მათი შეცვლით, ასევე წუნით და პროდუქციის გამოშვების შემცირებით ან სრული შეჩერებით.

დღეისათვის ელექტრულ მოწყობილობათა და მათ შორის ასინქრონული ძრავების მუშაობის ავარიული რეჟიმებისაგან დაცვისათვის ძირითადად გამოიყენება ფართოდ გავრცელებული მეტწილად მოძველებული საშუალებები: დნობადი მცველები, სხვადასხვა ტიპის ავტომატური ამომრთველები, თბური რეგულატორები და სხვა. დაცვის აღნიშნული საშუალებებით შეუძლებელია დეფექტების აღმოჩენა მათი წარმოშობის ადრეულ სტადიაზე, ვერ უზრუნველყოფენ საჭირო ხარისხის დაცვას და ფაქტიურად რეაგირებენ მხოლოდ მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლის ფაქტზე. ასინქრონული ძრავების მტყუანობის ძირითადი ნაწილი დაკავშირებულია სტატორის გრაგნილის ელექტრული იზოლაციის დაზიანებასთან მისი ელექტრული სიმტკიცის შესუსტების გამო. იზოლაციის დაზიანების ძირითადი მიზეზებია: დაბერება, ექსპლუატაციის პირობების დარღვევა, დეფექტები, წარმოქმნილი დამზადების ან რემონტის დროს, მექანიკური დაზიანება, ხვიათა შორის მოკლედ ჩართვა და სხვა. ძრავა შეიძლება მწყობრიდან გამოვიდეს საკისრების დაზიანებით, სტატორისა და როტორის გაცივების სისტემის გაუმართაობით, ლილვის დეფორმაციით, სტატორის მაგნიტოგამტარში ელექტროტექნიკური ფოლადის ფურცლების წანაცვლებით ერთმანეთთან ელექტრული კონტაქტით [1].

უნდა აღინიშნოს, რომ დიაგნოსტიკებისათვის საჭირო ტექნიკური საშუალებებით და შესაბამისი საზომი ხელსაწყოებით აღჭურვილია მხოლოდ ის საწარმოები, სადაც არსებობს შესაბამისი ელექტროტექნიკური სამსახურები, მაგრამ ამ შემთხვევაშიც კი მათი საშუალებითაც შეუძლებელია იზოლაციის მდგომარეობის და ზოგადად ძრავას ტექნიკური მდგომარეობის ზუსტი შეფასება, მტყუანობის მიზეზების დადგენა და არსებული დეფექტების მოძიება.

ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ მოკლედშერთულროტორიანი სამფაზა ასინქრონული ძრავას მტყუანობის 35-40% დაკავშირებულია სტატორის გრაგნილის იზოლაციის დაზიანებასთან, კერძოდ, ფაზაში ხვიათა შორის მოკლედ ჩართვასთან. ამ ტიპის დაზიანება იწოდება, როგორც სტატორის გრაგნილის ხვიათა მოკლედჩართვა. სიმეტრიულ სამფაზა ასინქრონული ძრავას სტატორის გრაგნილის ხვიათა მოკლედ ჩართვა იწვევს მანქანის სტატორის გრაგნილში დიდი სიდიდის დენის ცირკულაციას და მოკლედშერთული ხვების გადახურებას. თუ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, რომელიც პროპორციულია ცირკულირებადი დენის კვადრატის, გადააჭარბებს ზღვრულ მნიშვნელობას, ძრავას სრულ დაზიანებას ექნება ადგილი. მაგრამ, გაცილებით ცუდი შედეგი შეიძლება დადგეს იმ შემთხვევაში, როდესაც მომსახურე პერსონალი ძრავასთან შეხებისას ხვდება ძაბვის ქვეშ. ელექტრული მანქანების იზოლაციაში გამოყენებული ორგანული მასალები განიცდის კომბინირებული თერმული და გარდამავალი ელექტრული გადაძაბვების ციკლურ ზემოქმედებას, მექანიკურ გადაძაბვებს და გაჭუჭყიანებას. შესაძლო ზემოქმედებათა შორის თერმული სტრესია ძირითადი მიზეზი სტატორის გრაგნილის ელექტრული იზოლაციის დეგრადაციის. სტატორის გრაგნილის იზოლაციის თერმული სტრესების შედეგები სამ კატეგორიად იყოფა: დაბერება, გადატვირთვა და ციკლირება. საუკეთესო იზოლაცია კი შეიძლება სწრაფად გამოვიდეს მწყობრიდან, თუ გრაგნილის ტემპერატურა აჭარბებს დასაშვებ ზღვარს. მაგალითად, თუ ტემპერატურა აჭარბებს ზღვრულ მნიშვნელობას 10%-ით, იზოლაციის გამოყენების ხანგრძლივობა მცირდება 50%-ით. ასე რომ, სტატორის გრაგნილის გახურების ტემპერატურის მონიტორინგი ძალზედ მნიშვნელოვანია, რათა ელექტრული მანქანა არ მუშაობდეს ტემპერატურულ შესაძ-



ლებლობათა ზღვრს ზემოთ [3].

იზოლაციის დეგრადაციას აჩქარებს სტატორის გრაგნილის კოჭების ურთიერთ მიკრო გადაადგილება ვიბრაციით, გამოწვეული როტორის დებალანსით, საკისრების ცვეთით და მათი ჩამაგრების შესუსტებით, საჰაერო ღრეხოს ექსცენტრისიტეტით და გაწვევტილი როტორის ღეროებით. სტატორის გრაგნილის დენი წარმოშობს კოჭებზე მოქმედ ძალას, რომელიც სტატორის დენის კვადრატის პროპორციულია. ეს ძალა მაქსიმალურია გარდამავალი რეჟიმებისას და იწვევს კოჭების ვიბრაციას ორმაგი სინქრონული სიხშირით მოძრაობით რადიალური და ტანგენციალური მიმართულებით. ეს მოძრაობა ასუსტებს საიზოლაციო სისტემის ერთიანობას. მექანიკური დაზიანებები, როგორცაა გაწვევტილი როტორის ღეროები, გაცვეთილი საკისრები და საჰაერო ღრეხოს ექსცენტრისიტეტი, შეიძლება იყოს როტორის სტატორის გრაგნილზე დარტყმების მზეზი. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია, რომ მექანიკური უწესრიგობები აღმოიფხვრას სტატორის გრაგნილის იზოლაციის დაზიანებამდე. იზოლაციის გარეშე ნივთიერებებით დანაგვიანება არასასურველი მოვლენაა და ამცირებს გრაგნილიდან სითბოს დისიპაციის პროცესს. ძალზედ მნიშვნელოვანია, რომ ძრავები იყოს სუფთა და გამომშრალი, განსაკუთრებით, როდესაც ძრავები მუშაობენ აგრესიულ გარემოში [2].

მიუხედავად იმისა, თუ რა მიზეზით არის გამოწვეული ასინქრონული ძრავას გაუმართავობები, სტატორის გრაგნილის დაზიანებები შეიძლება დაიყოს ხუთ ჯგუფად:

1. ხვია-ხვიასთან
2. კოჭა-კოჭასთან
3. ფაზა-ფაზასთან
4. ფაზა-ნულთან
5. გრაგნილის წყვეტა.

აღნიშნული ხუთი ჯგუფიდან ხვია-ხვიასთან დაზიანება არის ყველაზე მნიშვნელოვანი, ვინაიდან სხვა ტიპის დაზიანებები არის შედეგი ხვიის ხვიასთან კონტაქტით.

ამგვარად, სტატორის გრაგნილის იზოლაციის ტექნიკური მდგომარეობა და მანქანის ცალკეული კვანძების დამახასიათებელი პარამეტრების ანალიზი არის განმსაზღვრელი ფაქტორები ძრავას დარჩენილი საექსპლუატაციო რესურსების დადგენისათვის.

დღეისათვის ასინქრონული მანქანების ტექნიკური მდგომარეობის ანალიზისას ფართო გავრცელება ჰპოვა ვიბროდიაგნოსტიკის მეთოდმა, რომლის არსი მდგომარეობს ელექტროძრავის სხვადასხვა წერტილში ვიბრაციის პარამეტრების გაზომვასა და მიღებული შედეგების ანალიზში. ვიბრაციულ პარამეტრებს განეკუთვნება ვიბროგადაადგილება, ვიბროსიჩქარე და ვიბროაჩქარება. ვიბროდიაგნოსტიკის რეგისტრირდება რხევების ამპლიტუდის როგორც მოქმედი (საშუალო კვადრატული) მნიშვნელობა, ასევე პიკ-ფაქტორი. დიდი გავრცელება ჰპოვა აგრეთვე სპექტრალური ანალიზის მეთოდებმა, სადაც სადიაგნოსტიკო პარამეტრებად გამოყენებულია ვიბრაციული სიგნალის ცალკეული პარმონული მდგენელების ამპლიტუდების მნიშვნელობები. დასაშვები ვიბრაციის ზღვრული დონეები მოცემულია სტანდარტში. ვიბრაციული პარამეტრები კონტროლდება რამდენიმე წერტილში. რეგისტრაციას ექვემდებარება ვიბრაციული პარამეტრები ვერტიკალურ, ჰორიზონტალური და ღერძული მიმართულებებით. პირველადი გარდამსახების სახით გამოიყენება გადამწოდები როგორც კონტაქტური (პიეზოაქსელერომეტრი), ასევე უკონტაქტო (გადაადგილების ოპტიკური გადამწოდი).

დასკვნა

სამფაზა ასინქრონული ძრავების შემთხვევაში ვიბრაციული დიაგნოსტიკა არის მოწყობილობის ტექნიკური მდგომარეობის განსაზღვრის მეთოდი დამყარებული მექანი-



კური რხევების ანუ ვიბრაციის პარამეტრების ანალიზზე. ვიბრაციული დიაგნოსტიკა, ისევე როგორც ტექნიკური დიაგნოსტიკის სხვა მეთოდები, საშუალებას იძლევა გადაწყდეს სამფაზა ასინქრონული ძრავას გაუმართაობათა მოძიების და მათი ტექნიკური მდგომარეობის შეფასების ამოცანები, გამომჟღავნდეს ძრავების ყველაზე განსხვავებული დეფექტები.

ლიტერატურა

1. Иориш Ю.И. Виброметрия. Машиностроение, // М., 1963.
2. Алексеевко А.И., Бродский О.В., Веденеев В.Н., Тонких В.Г., Хомутов С.О. Диагностика и прогнозирование технического состояния асинхронных двигателей на основе применения параметров их внешнего электромагнитного поля. // ВЕСТНИК Флт.ГТУ им. И.И. Ползунова, №2, 2006.
3. Барков А.В., Баркова Н.А. Вибрационная диагностика электрических машин установившихся режимах работы. // Северо-Западный учебный центр, Г. Санкт-Петербург. Изд. центр СПбГМТУ, 2004, с.156 .

Diagnostic Methods of Three-phase Induction Motor
 Nemsadze Sh., Giuashvili M., Chugoshvili D.

Three-phase induction motor vibration diagnostics is a method for determination of the technical condition of the equipment based on the measurements of the parameters of mechanical oscillations (vibration parameters) at the different points of the equipment and analysis of the obtained results, which allow to find induction motor faults and resolve their technical assessment tasks.

6-10კვ განმანაწილებელ ქსელში საანგარიშო გამოკვლევების ჩატარება ერთფაზა მოკლეშერთვის რეჟიმში წარმოქმნილი ბადაბაბების შესასწავლად

ქვრივიშვილი მ. შირკოვეცი ა. წერეთელი კ. ქვრივიშვილი ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სს „ბოლიდი“, სს „თელასი“

6-10კვ განმანაწილებელ ქსელში მნიშვნელოვან პრობლემად რჩება ქსელის მდგრადობა ერთფაზა დამიწების რეჟიმში, როდესაც წარმოქმნილი გადაბაბების შედეგად ინიცირდება ახალი დაზიანებები ქსელის სხვადასხვა წერტილში აქედან გამომდინარე ავარიული გამორთვებით და მომხმარებელზე ელ ენერჯის მიწოდების შეწყვეტით.

სტატია ეძღვნება ერთფაზა მოკლეშერთვის საანგარიშო კვლევას 6 კვ ქსელში EMTP პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით. პროგრამა განკუთვნილია ელ. მაგნიტური გარდამავალი პროცესების გამოსაკვლევად ელექტრულ ქსელებსა და სისტემასში.

საკვანძო სიტყვები: ერთფაზა მოკლეშერთვა, გადაბაბები, ნეიტრალის რეჟიმები, ელექტრომაგნიტური გარდამავალი პროცესი.

შესავალი. 6-10კვ განმანაწილებელი ქსელის იმედიანობის ამადლება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მასში მიმდინარე გარდამავალ პროცესებზე ერთფაზა მოკლეშერთვისას(ემშ).

ქსელის კრიტიკული რეჟიმი, რომელიც განსაზღვრავს მის იმედიანობასა და მდგრადობას, არის ერთფაზა მოკლეშერთვის რეჟიმი.

ეს რეჟიმიმგანსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქსელის იზოლირებული ნეიტრალით მუშაობის შემთხვევაში, თუმცა ის აგრეთვე საკმაოდ მნიშვნელოვანია ნეიტრალის სხვა რეჟი-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მების შემთხვევაშიც.

ქსელის მუშაობის კვლევა მის გარდამავალ რეჟიმში განსაკუთრებით მოხერხებული და ხელმისაწვდომია ქსელის მოდელირებით კომპიუტერული მათემატიკის პროგრამული უზრუნველყოფის შემთხვევაში. ქსელის კომპიუტერული მოდელირება გვაძლევს საშუალებას შევისწავლოდ ქსელის მუშაობის გარდამავალი რეჟიმი მის რეალურ მუშაობას ჩაურევლად შესაბამისი რისკების გარეშე.

დღეისათვის არსებობს კომპიუტერული მათემატიკის ფართო კლასი

რომელშიც განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს EMTP (Electromagnits Transients Program). პროგრამას გააჩნია გრაფიკული ინტერფეისი და აქვს სტანდარტული კომპონენტების მდიდარი ბიბლიოთეკა. პროგრამა ფართოდ არის გავრცელებული ელ. მაგნიტური გარდამავალი პროცესების შესასწავლად.

EMTP არის უნივერსალური პროგრამირების სისტემა როგორც ელ. მაგნიტური ისე ელ. მექანიკური პროცესების შესასწავლად მათი კვლევის პროცესში.

EMTP განსაკუთრებით მოხერხებულია საკომუტაციო და ატმოსფერული გადაძაბვების შესასწავლად, იზოლაციის კოორდინაციისათვის და აგრეთვე რელეური დაცვის სისტემების მოდელირებისათვის მათ სიგნალებზე ჰარმონიული ანალიზის ჩასატარებლად. ენერჯის ხარისხის და ელ. მაგნიტური თავსებადობის საკითხებში.

პროგრამა დამუშავებულია გ. დომმელის (Herman W. Dommel) მიერ, ფედერალური ენერჯოკომპანიის მხარდაჭერით (Bonneville Power Administration, USA) და განიცდის მუდმივ სრულყოფას. არსებობს რამდენიმე რეგიონალური ჯგუფი რომლებიც იყენებენ ამ პროგრამას. ასეთი ჯგუფი არსებობს ევროპაშიც.

გარდამავალი პროცესების მოდელირებისას გამოყენებული იქნა პარამეტრები რომლებიც აღებული იქნა ცნობარებიდან და სს „თელასის“ ტექნიკური ბაზიდან. [6,7].

გადაძაბვების ჯერადობების გამოთვლებისას ემშ-დროს გამოიყენება ფორმულა

$$K_{გად} = U_m / U_{Fmax}$$

სადაც U_m -- ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობაა გარდამავალ რეჟიმში, განისაზღვრება ამპლიტუდური მნიშვნელობებიდან B და c ფაზებზე, A ფაზაზე მიწასთან მოკლეშერთვის დროს. U_{Fmax} - მუშა ფაზური ძაბვის ამპლიტუდური მნიშვნელობა (6 კვ ქსელის გამოთვლებში მიიღება 5,15 კვ-ის ტოლი).

გარდამავალი პროცესის საანგარიშო რეჟიმების განსაზღვრა.

ემშ-ის საანგარიშო გამოკვლევების ჩატარებისათვის, ქ/ს „დიდუბე“ და „ბაგები“-ს ტევადური დენების მნიშვნელობები აღებულია წინასწარ ჩატარებული ნატურული ექსპერიმენტების შედეგებიდან:

ქ/ს „დიდუბე“	1+3 სექცია-----22,07ა.
	2+4 სექცია-----53,10ა.
ქ/ს „ბაგები“	1+3 სექცია-----45,51ა.
	2+4 სექცია-----61,92ა.

ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების შესაბამისად რკალმქრობი კოჭის გამოყენება კომპენსაციისათვის გამოიყენება როდესაც ტევადური დენი აღემატება 30ა-ს.

ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებიდან გამომდინარე, ქ/ს „დიდუბე“ და ქ/ს „ბაგები“ - ისათვის დაუშვებელია, ამიტომ გამოთვლები ამ ქსელებისათვის სრულდება ტევადური დენების კომპენსაციის რეალიზაციიდან გამომდინარე. რადგან ქსელის სარემონტო რეჟიმების ხანგრძლივობა მცირეა, ამიტომ საანგარიშო გამოცდები სრულდება ქსელის ნორმალური საექსპლუატაციო რეჟიმებისათვის.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საანგარიშო რეჟიმების შერჩევისას საჭიროა გათვალისწინებული იყოს კომპენსაციის და-
 კარგვის შემთხვევა 15-20% კომპენსაციის აშლით.

კომპენსაციის აშლის დონე განისაზღვრება ემშ-ის რეაქტიული დენის ფარდობით ტვეა-
 დურ დენტან

$$U = I_c - I_k / I_c * 100\%$$

ამავე დროს გარდამავალი პროცესების ანგარიშში მიღებულია, რომ კომპენსაციის კოჭა
 აწყობილია რეჟიმში რომელიც ახლოს არის რეზონანსულთან და კომპენსაციის აშლა ხდება
 ემშ-ის დროს, როცა კოჭის ავტომატიკა ბლოკირებულია და რეაქტორის აწყობა არ ხდება.

კომპიუტერული მოდელირების საანგარიშო რეჟიმები გარდამავალი პროცესების დროს
 გადაძაბვების კვლევის რეჟიმში

1. ქ/ს „დიდუბე“ ტვეადური დენი 1+3 სექცია-----22,07ა.
 ქსელის ნეიტრალი იზოლირებულია.

2. ქ/ს „დიდუბე“ ტვეადური დენი 2+4 სექცია, ტვეადური დენი რომელიც მიღებუ-
 ლია ფიდერის გამორთვით (მაქსიმალური ტვეადური დენი--- $I_c=42,48$ ა.

კოჭის აწყობის დენი 53,10ა. გამორთული ფიდერი $\Delta I=10,62$ ა, კომპენსაციის აშლა 25%.

3. ქ/ს „ბაგები“ 1+3ს. საანგარიშო პარამეტრები: ტვეადური დენი მიღებული მაქ-
 სიმალურ დენიანი ფიდერის გამორათვით $I_c=36,40$ ა. კოჭის აწყობის დენი $I=45,51$ ა.

ფიდერი რომელიც ითიშება ერთფაზა მ.შ. დროს $\Delta I=9,1$ ა. კოჭის აშლა 20%.

4. ქ/ს „ბაგები“ 2+4ს. საანგარიშო პარამეტრები: ემშ-ის ტვეადური დენი, მაქსიმალ-
 ლურ დენიანი ფიდერის გამორთვა $I_c=49,54$ ა; კოჭის აწყობის დენი $I_c=61,32$ ა. გამორთული ფი-
 დერი $\Delta I=12,38$ ა, კოჭის ასლა 20%.

მაქსიმალური შესაძლო გადაძაბვების გამოკვლევა

ერთფაზა მოკლემერთვების დროს გარდამავალი პროცესების მოდელირება შესრულდა
 პეტერსონის მიხედვით, რომელიც უზრუნველყოფს არა შემცირებულ-მაქსიმალურად შესაძ-
 ლებელ გადაძაბვების დონეებს. რკალის ანტება და ჩაქრობა პირველ და განმეორებით გარ-
 დვევაზე ფაზური ძაბვის მაქსიმუმში, როდესაც ნეიტრალის მუხტი ვერ ასწრებს დაცლას
 უდენო პაუზებში. ითვლება რომ ქსელის ნეიტრალი იზოლირებულია ან დამიწებულია რკალ-
 მქრობი კოჭით.

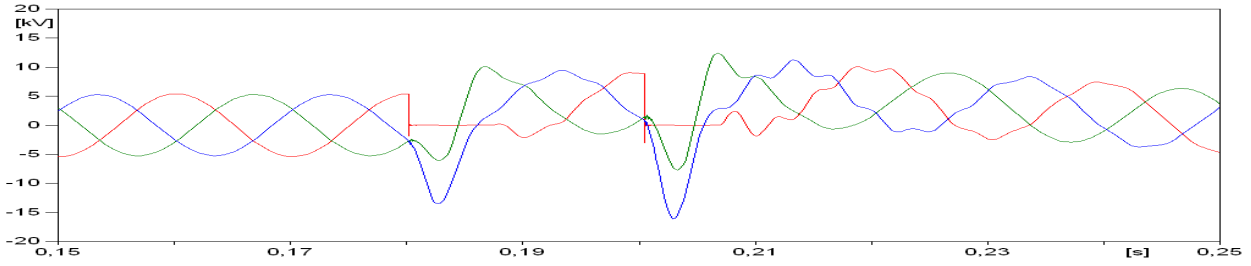
ანგარიშების დროს გათვალისწინებული იყო ქსელის ბუნებრივი არასიმეტრიულობა.

ქვევით ცხრილში წარმოდგენილია შეუზღუდავი გადაძაბვების ჯერადობები ე//შ-ების
 დროს მიღებული საანგარიშო გამოკვლევის შედეგად.

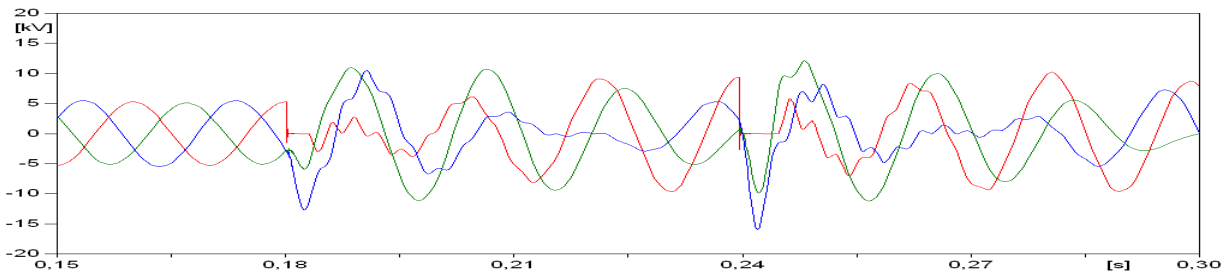
ქსელი		I_c , ა	$I_{რკ.რ.}$ ა	$K_{გად. ფ.ე}$
ქს“დიდუბე“, 6 კვ	1+3 c	22,07	-	3,26
	2+4 c	42,48	53,10	3,13
ქს“ბაგები“, 6 კვ	1+3 c	36,41	45,51	3,09
	2+4 c	49,54	61,92	3,17

ნახ.1 ტვეადური დენები და გადაძაბვის ჯერადობები

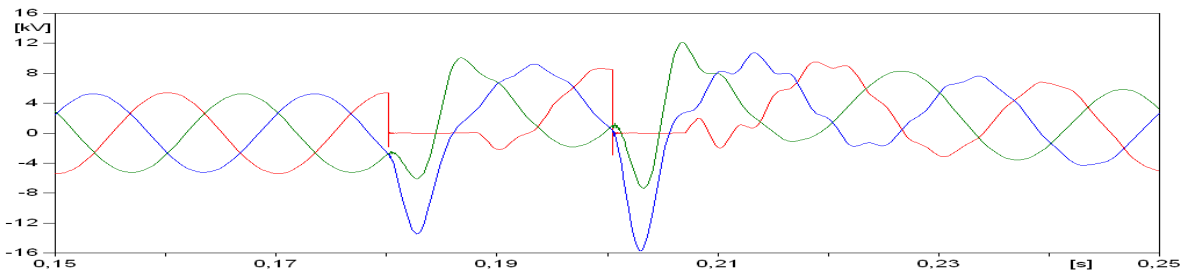
ქვემოთ მოყვანილ ოსცილოგრამებზე ნაჩვენებია ფაზური და ნეიტრალის ძაბვის ცვლი-
 ლება ერთფაზა მოკლემერთვის რეჟიმში ფაზა A -ზე ძაბვის მნიშვნელობები ნაჩვენებია ნაჩვე-
 ნებია კილოვოლტებში და დრო წამებში.



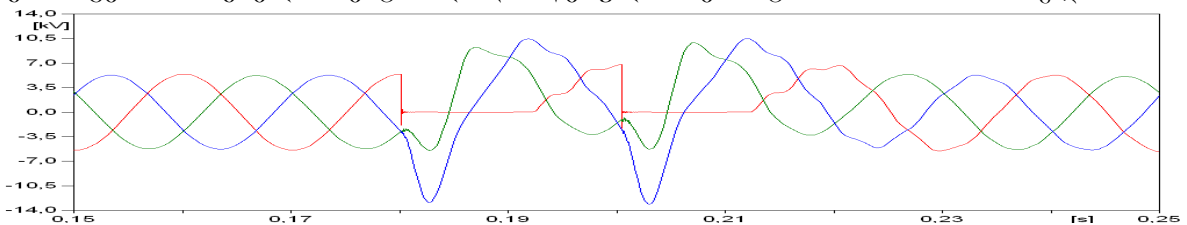
ნახ.2 გარდამავალი პროცესების კომპიუტერული ოსცილოგრამა ემშ-ის დროს ქს“ დიდუბე“,1+3ს,იზოლირებული ნეიტრალი, $K_n=3,26$



ნახ.3 გარდამავალი პროცესების კომპიუტერული ოსცილოგრამა ემშ-ის დროს ქს“ დიდუბე“,2+4,ქსელის ნეიტრალი დამიწებულია რკალმქრობი კოჭით (კომპენსაციის აშლა 20%), $K_n=3,13$,



ნახ.4 გარდამავალი პროცესების კომპიუტერული ოსცილოგრამა ემშ-ის დროს ქს“ ბაგები“,1+3,ქსელის ნეიტრალი დამიწებულია რეზისტორით, $R=1000\text{ომი } R_{გად}=3,07$.





V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძაბვა დაუზიანებელ ფაზაზე რკალის პირველი ანთების შემდეგ აღწევს 2,4-2,6 $U_{f,max}$ -ს. რკალის შემდეგი ანთებები ხდება ნეიტრალის არანულოვანი ძაბვების შემტხვევაში, რის გამოც გადაძაბვებმა არადაზიანებულ ფაზებზე შეიძლება მიაღწიონ 3,09-3,26 $U_{f,max}$ -ს. უდიდესი გადაძაბვები ვლინდება ქსელში, სადაც აგრეთვე უდიდესია დამიწების დენები, რაც ემთხვევა ჩვენს ცნობილ წარმოდგენებს ამ პროცესთან დაკავშირებით.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ შემყვანებზე დენშემზღუდი რეაქტორების დაყენებას მიყვარო გადაძაბვების ჯერადობის გაზრდასთან.

ქ/ს დიდუბის მიმდებარე ქსელის(სექ.2-4) საანგარიშო გამოცდების დიაგრამაზე, ძაბვის ტრანსფორმატორების დიდი ოდენობის გამო ჩანს ჩაქრობადი ფერორეზონანსული პროცესი. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ელ მაგნიტური გარდამავალი პროცესის ხასიათი და გადაძაბვების დონეები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ემშ-ის ტევადური დენების სიდიდისაგან, რკალის ანთებისა და ჩაქრობის მომენტებისაგან, დაზიანებულ ფაზაზე განმეორებითი გარღვევების რიცხვისაგან, გარღვევის წერტილებზე და იზოლაციის მიმდინარე მდგომარეობაზე. გარდამავალი რკალის არსებობის ხანგრძლივობისაგან და კიდევ მრავალი სხვა ფაქტორისაგან.

კომპიუტერული მოდელირება და გადაძაბვების ანგარიში მიუთითებს გადაძაბვების შემცირების ჩასატარებელი ღონისძიებების აუცილებლობაზე 2,4-2,6 $U_{f,max}$ დონეზე.

ერთ-ერთი ოპტიმალური მეთოდი ასეთი გადაძაბვის ეფექტური შეზღუდვებისაკენ და დაცვების სწორი მოქმედების უზრუნველსაყოფაათ არის ქსელის ნეიტრალში დამცავი რეზისტორის დაყენება.

დასკვნები:

1. შეფასებულია ქსელის ნეიტრალის რეჟიმის შეცვლის აუცილებლობა ტევადური დენების მონაცემებისა და ნორმატიული დოკუმენტების შედარების საფუძველზე.
2. მინიშნებულია შესრულდეს ქსელის ნეიტრალის რეჟიმის მოდერნიზაციის ღონისძიებები 1+3 და 2+4 სექციებზე ქს დიდუბეში და 2+4 სექციებზე ქს ბაგებში.
3. შესრულებულია გარდამავალი პროცესების კომპიუტერული მოდელირება ერთფაზა მ.შ-ის დროს ქს ბაგების და დიდუბის მიმდებარე ქსელებზე EMPT პროგრამული უზრუნველყოფის საშუალებით.
4. ელ. მაგნიტური გარდამავალი პროცესების საანგარიშო გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ გადაძაბვების მაქსიმუმი რკალის პირველი ანთებისა და ჩაქრობის შედეგად აღწევს 2,4-2,6 $U_{f,max}$ დონეს. რკალის შემდგომი ანთება ნეიტრალზე ძაბვის არანულოვანი მნიშვნელობის დროს იწვევს გადაძაბვების გაზრდას არადაზიანებულ ფაზებზე 3,09-3,26 $U_{f,max}$ დონემდე. გადაძაბვების ასეთი დონე საშიშია საკაბელო ქსელის იზოლაციისათვის.
5. ერთფაზა მოკლეშერთვის გათიშვისას გარდამავალი პროცესი ატარებს რხევით ხასიათს, რის შედეგადაც ვრცელდება არამდგრადი ფერორეზონანსი ნულოვან მიმდევრობის კონტურში ძაბვის ტრანსფორმატორების ჩართვის გამო.
6. გადაძაბვის მაღალი დონე ერთფაზა მოკლე შერთვებისას ფერორეზონანსის პროცესთან ერთად განაპირობებს გადაძაბვის შემზღუდავი ღონისძიებების დანერგვის აუცილებლობას.

ლიტერატურა

1. Сиротинский Л.И. Техника высоких напряжений. Волновые процессы и внутреннее перенапряжения в электрических системах.-М.: Госэнергоиздат.-1959-368с.
 2. Вильгельм Р., Уотерс М. Заземление нейтрали в высоковольтных системах.-М.Л.: Госэнергоиздат, 1959.
 3. Лихачев Ф.А. Замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией ёмкостных



токов.М.:Энергия,1971.

4.Шуцкий В.И. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок/В.И.Шуцкий, В.О.Шуцкий,В.О.Жидков,Ю.Н.Ильин.-М.:Энергоиздат,1928.

5.Шалыт Г.М. Повышение эффективности профилактики изоляции в кабельных сетях//Труды ВНИЭ.Вып.8.-М.:Госенергоиздат.-1959.-С77.

6.Шуин В.А.,Сарбеева О.А.,Чугрова Е.С. Токовые защиты от замыканий на землю.Исследование динамических режимов Функционирования// Новости Электротехники.Информационно-справочное издания.№2(62).-2010.-С.36-40.

7.Шуин В.А.,Сарбеева О.А.Параметры токов переходного процесса при замыканиях на землю,Влияние и функционирование токовых защит нулевой последовательности электрических сетей 6-10кВ // Вестник ИГЭУ.2006.Вып.6.-с.138-144.

8.Федосеев А.М.Релейная защита электроэнергетических систем.Защита электрических сетей.- М.:Энергоатомиздат,1984.

9.Попов И.И., Лачугов В.Ф.,Соколова Г.В. Релейная защита,основанная на контроле переходных процессов.М.: Энергоатомиздат.-1986.-248с.

10.Шуин В.А. теория и практическая реализация защит от замыкания на землю,основанных на использовании электроических величин переходного процесса,для электрических сетей 6-35 кВ//...Дис....докт.техн.наук.-Москва:ВНИИЭ.-1994.

**Computational research of overvoltages
In single-phase mod of earth fault in 6-10kV networks
Kvrivisvili M., Tsereteli K. Georgian Technical University
Shirkovets A. JSC “Bolid”, Kvrivisvili N. JSC “Tela**

Summary

In electric networks 6-10kV the most important problem is its stability in the mode of single-phase earth fault. When the overvoltages arising in this mode, new initiated new damage at various points of the network, resulting from this emergency shutdowns and the termination of the El supply of energy to consumers.

The article is devoted to computational research in the 6 kV network using EMTP(Electromagnet Transient Program) software, which is designed for the study electro magnetic transients in electrical networks and systems.

Transient processes at different neutral grounding modes are investigated. The results obtained indicate the possibility of reducing the overvoltage at the ground neutral through the resistor.

6-10კვ ქსელში განვითარებული დაზიანებების იდენტიფიცაცია და კლასიფიკაცია ავარიული ოსცილობრამების საფუძველზე, Matlab (Wavelet -Toolbox) ბარდაქმნების გამოყენებით

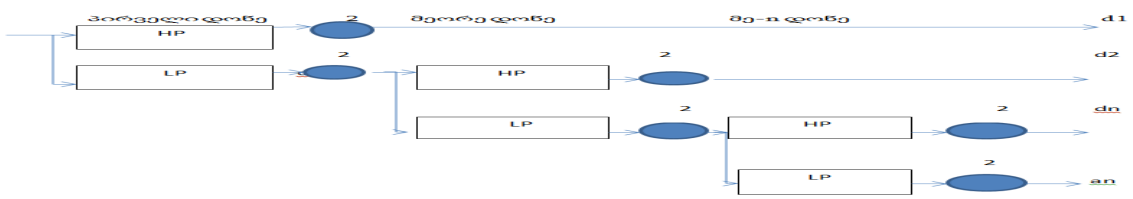
ქვრივიშვილი მ.წერეთელი კ.ქვრივიშვილი ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სს „თელასი“

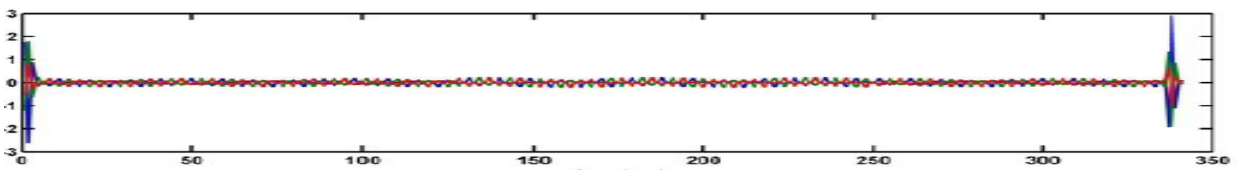
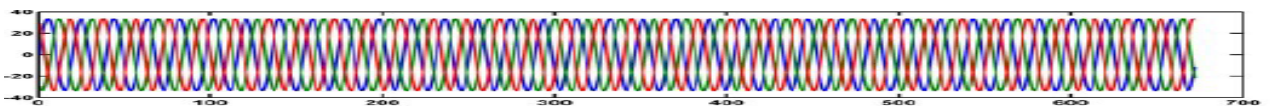
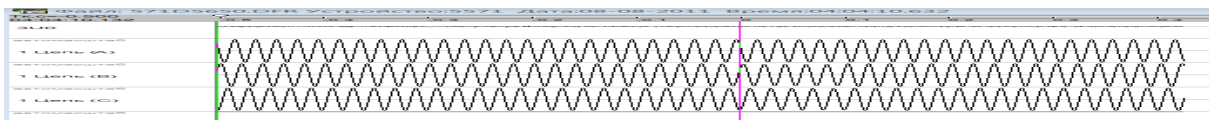
6-10 კვ ქსელის გარდამავალი პროცესების კვლევისა და სარელეო დაცვის სრულყოფის საქმეში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია დაზიანების ხასიათის იდენტიფიკაციას.

სატატია ეძღვნება დაზიანებების შესწავლასა და ცალსახა იდენტიფიკაციას თანამედროვე სპექტრალური ანალიზის ერთ-ერთი ძლიერი ინსტრუმენტის ვეივლეტ გარდაქმნების(Wavelet Transform) გამოყენებას ქსელის გარდამავალი პროცესების კვლევისა და დაზიანების იდენტიფიკაციის საქმეში.

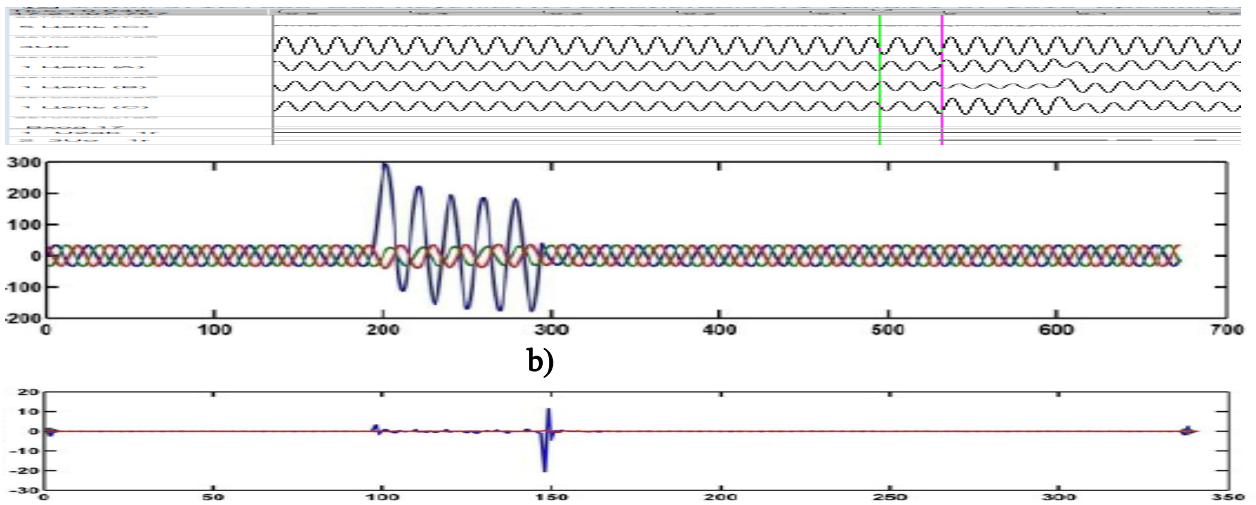
შესავალი. განმანაწილებელ ქსელში განვითარებული დაზიანებები რომელიც არის შედეგი ფაზა-ფაზა და ფაზა მიწა მკლემერთებისა კლასიფიცირდება როგორც: ერთფაზა-



ნახ.1



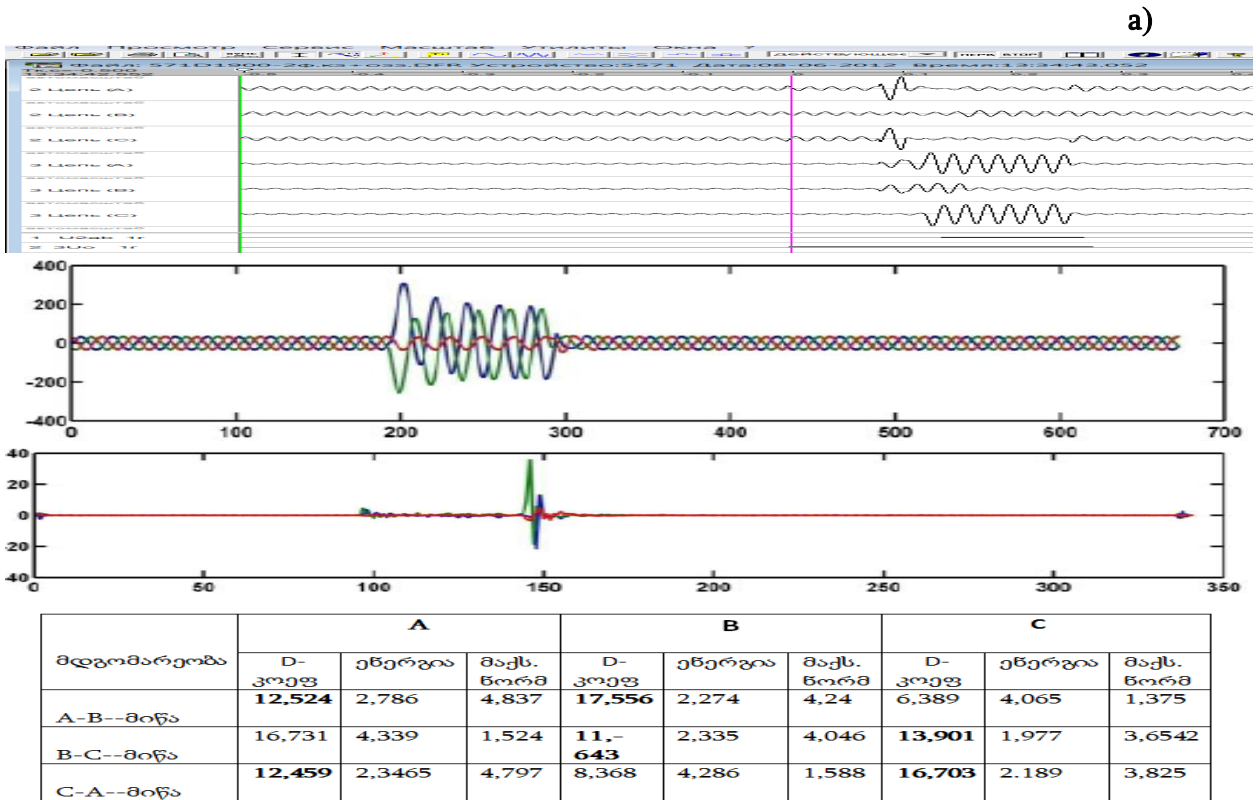
c)



მდგომარეობა	A			B			C		
	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ
A--მიწა	18,396	2,42	4,765	0,899	3,852	0,5995	0,796	4,124	0,6863
B--მიწა	5,6554	4,042	0,866	16,905	2,21	3,995	5,875	3,85	0,9832
C--მიწა	8,130	3,755	0,84976	7,971	4,122	1,395	17,819	1,891	3,791

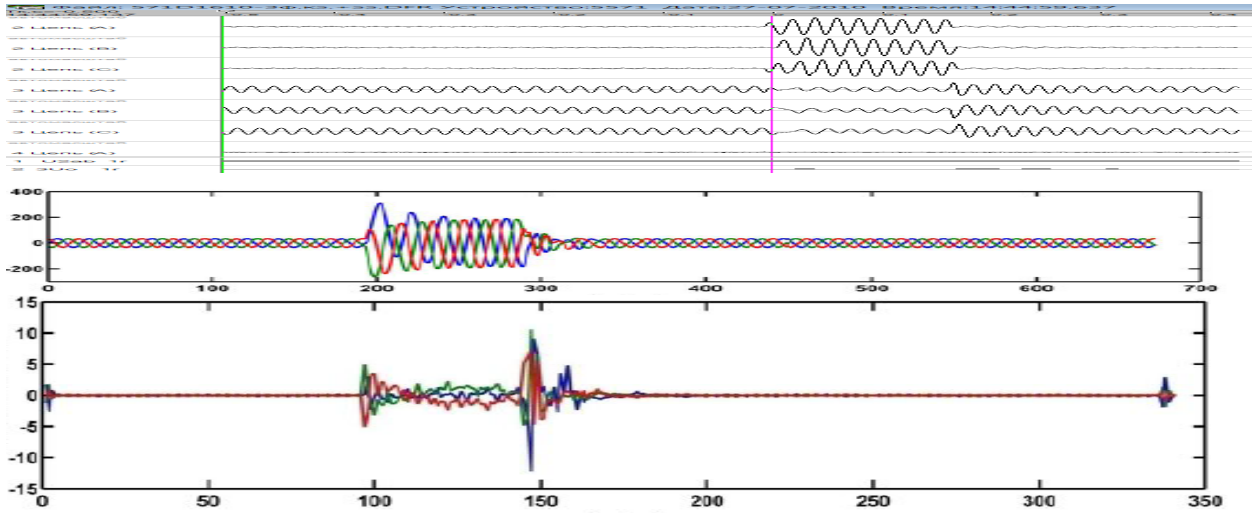
ნახ.2

3.ორფაზა მ.შ. მიწით.



მდგომარეობა	A			B			C		
	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ
A-B--მიწა	12,524	2,786	4,837	17,556	2,274	4,24	6,389	4,065	1,375
B-C--მიწა	16,731	4,339	1,524	11,-643	2,335	4,046	13,901	1,977	3,6542
C-A--მიწა	12,459	2,3465	4,797	8,368	4,286	1,588	16,703	2,189	3,825

ნახ.3



	A			B			C		
	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ	D-კოეფ	ენერგია	მაქს. ნორმ
A-B-C	35,464	2,591	4,543	11,654	2,542	4,288	25,565	2,199	3.746

ნახ.4



დასკვნები:

1. Wavelet-გარდაქმნების გამოყენებით მოხერხდა სამფაზა იზოლირებულ ნეიტრალიან ქსელში დაზიანების სხვადასხვა სახეობების იდენტიფიკაცია სიგნალის სტრუქტურაში მომხდარი ცვლილებების საფუძველზე.
2. Wavelet-დეკომპოზიციის შესაძლებლობამ განესხვაგებინა სიგნალის სიხშირული მდგენელები ხანმოკლე გარდამავალ რეჟიმში, როგორც სიხშირის ისე დროითი დერძის მიმართებაში, მოგვცა საშუალება განგვესაზღვრა დაზიანების სახე, მისი სახასიათო ნიშნებით.
3. აღსანიშნავია რომ იდენტიფიკაციის მოცემული მეთოდი არ არის დამოკიდებული ქსელის კონფიგურაციის და რეჟიმის პარამეტრებზე.
4. მეთოდი უზრუნველყოფს გარდაქმნის დიდ სიჩქარეს და მინიმალურ აპარატურულ სტრუქტურას (ორი ფილტრი მაღალი HP და დაბალი LP).
5. მეთოდი იძლევა საშუალებას დაზიანების სიგნალში შევნიშნოთ ურო მეტი თავისებურებები, ვინემ ამას იძლევა ადრე არსებული მეთოდები: ფურიე ანალიზი, გარდამავალი პროცესების კლასიკური და არაკლასიკური მეთოდები და მრავალი სხვა.
6. შემდეგში მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება შემუშავდეს შესაბამისი სარელეო დაცვის მოწყობის ბლოკ სქემა მათემატიკური ლოგიკის, ნეირონული ქსელის, არამაფიო ლოგიკის და სხვა მეთოდების გამოყენებით.

ლიტერატურა.

- [1] T.B. Littler and d.j. Morrow, "Wavelets for the analysis and compression of Power disturbances," IEEE Transactions on power delivery, vol. pp.358-364, APR.1999.
- [2] I. Daubechies, "Ten Lectures on Wavelets", Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, Pa, 1992.
- [3] A.H. OSMAN, O.P.MALIK, "Protection of Parallel Transmission Lines Using Wavelet Transform, IEEE Transactions on Power delivery. Vol. 19, no. 1, pp.49-55. 2004.
- [4] O.A.S.Yousef, "Fault Classification Based on Wavelet Transform", IEEE T&D Conference, Atlanta, GA, Oct.28- Nov.2 2001.
- [5] MATLAB/SIMULINK Toolbox, Wavelet Transform, Online. <http://www.mthworks.com>.

IDENTIFICATION OF DAMAGES IN NETWORKS 6-10 KV ON THE BASIS OF EMERGENCY OSCILLOGRAM USING MATLAB(WAVELET –TOOLBOX)

Kvrivisvili M., Tsereteli K. Georgian Technical University
Kvrivisvili N. JSC "Telasi"

Summary

In the study of electromagnetic transients in a network of 6-10kV with isolated neutral and improvement of relay protection against single-phase earth faults, an important place is occupied by the technique of identification of the nature of damage.

The article is devoted to the study of damages and their unambiguous identification. One of the modern and powerful tools for the analysis of fast processes-Wavelet Transform-is applied.

Positive results on the principles of unambiguous identification of damage are obtained.



ელექტრომომარაგების ქსელთან ახალი ობიექტების
მიერთებისათვის შესასრულებელი მოთხოვნების
ბამოკვლევა და შეფასება

ქობალია მ., დოჭვირი რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ახალი მომხმარებლების ჩართვისთვის გამანაწილებელი ელექტროქსელური კომპლექსის ინფრასტრუქტურის ხელმისაწვდომობის ამადლების საკითხები. მოცემულია ელექტროქსელებზე მიერთების ღირებულებისა და ხანგრძლივობის ფაქტორების ზეგავლენის მნიშვნელობა ხელსაყრელი საინვესტიციო კლიმატის შექმნაზე. გაანალიზებულია ელექტროქსელური კომპანიების საქმიანობის თავისებურებები მომხმარებელთა ტექნოლოგიური მიერთების სფეროში, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ისე საზღვარგარეთ. განზოგადებულია ელექტროქსელებზე ტექნოლოგიური მიერთების გადასახადის ფორმირების ის პრინციპები და მიდგომები, რომლებიც გამოიყენება რეგულატორების მიერ სხვადასხვა იურისდიქციებში. შემოთავაზებულია რეკომენდაციები ელექტროქსელებზე ტექნოლოგიური მიერთების ქათული მოდელის სრულყოფისათვის მსოფლიოს საუკეთესო გამოცდილების გათვალისწინებით.

შესავალი

თანდათანობითი ეკონომიკური განვითარება თანამედროვე პირობებში მოითხოვს ხელმისაწვდომი საინჟინრო ინფრასტრუქტურის არსებობას, კერძოდ, გამანაწილებელი ელექტროქსელური კომპლექსის ტექნოლოგიურ ინფრასტრუქტურას, რომელიც წარმოადგენს საპაერო და საკაბელო ელექტროგადამცემი ხაზებისა და ტრანსფორმატორული ქვესადგურების ერთობლიობას, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტროენერჯის გადაცემასა და განაწილებას უშუალოდ საბოლოო მომხმარებლებზე.

ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის ხელმისაწვდომობა, ხარისხიან სახელმწიფო ინსტიტუტებთან და საგადასახადო სისტემასთან, აგრეთვე კვალიფიციური სამუშაო ძალების არსებობასთან ერთად, წარმოადგენს ქვეყანაში სამეწარმეო კლიმატის განსაზღვრელ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს, რომელიც საბოლოო ჯამში აყალიბებს ქვეყნის კონკურენტუნარიანობას გლობალურ საინვესტიციო ბაზარზე. ენერგეტიკული ინფრასტრუქტურის ხელმისაწვდომობის ძირითადი მახასიათებლებია ყველა საჭირო პროცედურის გავლის ვადები და მიერთების ღირებულება მომხმარებლისათვის.

სახელმწიფო პოლიტიკის ვექტორის ფორმირების თვალსაზრისით, საინტერესოა საქართველოს და უცხოეთის რეგულატორების მიერ მოცემული სფეროს რეგულირებისას გამოყენებული შედარებითი ანალიზი და ელექტროქსელური კომპლექსის რეგულირებასთან დამოკიდებულებაში მიდგომებისა და პრინციპების სისტემატიზაცია ტექნოლოგიური მიერთების ნაწილში.

რეგულირების ძირითადი პრინციპები

ინფრასტრუქტურული დარგების რეგულირებაზე მიმართული თანამედროვე სამეცნიერო მიდგომები, მათ შორის, ელექტროქსელებზე ტექნოლოგიური მიერთების სფეროში ელექტროქსელური კომპანიების საქმიანობის რეგულირებასთან მიმართებაში ეფუძნება დასარეგულირებელი ორგანიზაციების ეფექტური ფუნქციონირების უზრუნველყოფაზე მიმართული რეგულირების ორ საბაზისო პრინციპს.

პირველი პრინციპი ეფუძნება საბაზრო ეკონომიკის პირობებში, მეწარმე პირებს შორის ურთიერთობების დარეგულირების ყველაზე უფრო ეფექტურ ინსტრუმენტზე კონკურენციას. შესაბამისად, ბუნებრივ-მონოპოლიური დარგების სახელმწიფო რეგულირების პოლიტიკა უნდა ეფუძნებოდეს ბუნებრივი მონოპოლიის სუბიექტებისათვის კონკურენტულთან მაქსიმალურად მიახლოებული პირობების შექმნას („კვაზიკონკურენცია“).



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მოცემული პრინციპის გამოყენება უზრუნველყოს ინფრასტრუქტურული ორგანიზაციების სტიმულირებას ხარჯების შემცირების, საკუთარი საინვესტიციო პროგრამების ოპტიმიზაციის და ინფრასტრუქტურის ობიექტების ეფექტური გამოყენების (დატვირთვის) ამაღლების გზით.

ელექტროქსელებზე მომხმარებლების ტექნოლოგიურ მიერთებასთან დაკავშირებული საქმიანობის რეგულირებასთან მიმართებაში ყველაზე უფრო დიდი ინტერესის საგანს წარმოადგენს საინვესტიციო პროგრამების ეფექტურობის ამაღლება და მათი რეალიზაციისათვის მოზიდული ფინანსური სახსრების ღირებულების მინიმალიზაცია. სახელმწიფო რეგულირების ორგანოები იყენებენ მარეგულირებელი ზემოქმედების შემცირების პრაქტიკას ინფრასტრუქტურული ორგანიზაციების საქმიანობის იმ ასპექტებთან მიმართებაში, რომლებშიც შესაძლებელია კონკურენტული მექანიზმების გამოყენება ან მასზე სრულად უარის თქმა. პირველ რიგში, ეს ეხება ინფრასტრუქტურული ორგანიზაციების მონაწილეობას კაპიტალის მოზიდვისკენ მიმართულ კონკურენციაში იმ კომპანიების გვერდით, რომლებიც ფუნქციონირებენ კონკურენტულ სფეროებში.

ამასთან დაკავშირებით, რეგულირების პრაქტიკაში ძირითად ტენდენციებს წარმოადგენენ საინვესტიციო შემადგენლის შემცირება ტექნოლოგიური მიერთების მომსახურების ღირებულებაში მისი ჩართვითა და კაპიტალის ბაზარზე საჭირო საინვესტიციო სახსრების მოზიდვისათვის აუცილებელი პირობების შექმნით.

მეორე პრინციპი ემყარება მომსახურების მომხმარებლების ან მომწოდებლების ინტერესების უფლებების დარღვევის (დისკრიმინაცია) რისკების ნიველირების აუცილებლობას, რომელსაც ადგილი აქვს ბუნებრივ-მონოპოლიურ ბაზრებზე. რეგულატორების მიერ მსგავსი დარღვევების გამოვლენის ძირითად მეთოდს წარმოადგენს ბუნებრივ-მონოპოლიური ბაზრის სუბიექტებისა და კონკურენტულ ბაზრებზე მოქმედ ანალოგიურ ურთიერთკავშირში მყოფი ყველა მეწარმე სუბიექტის საქმიანობის ყველა ასპექტის შედარებითი ანალიზი.

ტექნოლოგიურ მიერთებასთან დაკავშირებული საქმიანობის სახელმწიფო რეგულირების პოლიტიკის შემუშავების მიზნით, აუცილებელია მოცემულ სეგმენტში არსებული ორი ძირითადი სახის დარღვევის გათვალისწინება:

ა) მომხმარებელთა უფლებების დარღვევა, რომელიც უკავშირდება ტექნოლოგიური მიერთების გადასახადის არსებობას და რომელიც წარმოადგენს მომხმარებლის მიერ ელექტროქსელური ორგანიზაციის ძირითად საშუალებებში უსასყიდლო (აუნაზღაურებელი) ფინანსური რესურსის ჩადებას.

ელექტროქსელში მომხმარებლის ტექნოლოგიური მიერთების პროცესის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ მიერთების განხორციელების პროცესში იქმნება ტექნოლოგიური მიერთების საქმიანობასთან ფაქტიურად დაუკავშირებელი ძირითადი საშუალებები, რომლებიც შემდგომ გამოიყენება ქსელური კომპანიის მიერ ელექტროენერჯის გადაცემის მომსახურების გასაწევად. ამგვარად, ტექნოლოგიური მიერთების საფასურის არსებობა, თავისი შინაარსით, წარმოადგენს პირდაპირ მიზნობრივ ინვესტიციას ელექტროქსელური კომპანიის ძირითად საშუალებებში, რომელიც მიმართულია ელექტროენერჯის გადაცემის მომსახურების გაწევაზე.

კონკურენტული ბაზრების პირობებში, ასეთი უსასყიდლო გადახდები ერთ-ერთი კონტრაგენტის სასარგებლოდ შეუძლებელია. ანალოგიურ შემთხვევებში საქმიანობის კონკურენტულ სფეროებში აუცილებლობის პირობებში გამოიყენება ისეთი მექანიზმები, როგორებიცაა: სააქციო კაპიტალში შესვლა, გრძელვადიანი დაკრედიტება, მომავალი შესყიდვების ავანსირება და სხვა. ამასთან დაკავშირებით, საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობით გათვალისწინებული ელექტროქსელური კომპანიის სასარგებლოდ მიერ-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თებისათვის საფასურის სახით უსასყიდლო გადასახადის არსებობა, რომელშიც შედის საინვესტიციო შემადგენელიც, განიხილება, როგორც მომხმარებელთა უფლებების დარღვევა, რომელიც გამოწვეულია მომსახურების მომწოდებლის მონოპოლიური მდგომარეობით;

ბ) ქსელური კომპანიის უფლებების დაღვევა, რომელიც მდგომარეობს ქსელური კომპანიის უფლებაში მისცეს არადისკრიმინაციული წვდომა ელექტროქსელებზე მიერთების მომთხოვნ ყველა მომხმარებელს. მოცემული დარღვევის გამოვლენის უმეტესი რისკი ჩნდება იმ მომხმარებლის ჩართვისას, რომლის მიერთებაც მოითხოვს ქსელური ინფრასტრუქტურის სერიოზულ რეკონსტრუქციას (მშენებლობას), მაშინ, როდესაც ასეთი მომხმარებლის კომერციული პროექტის რეალიზება საეჭვოა.

ამასთან ერთად, შედარებით პირობებში, რომელსაც ადგილი აქვს კონკურენტულ ბაზრებზე, მომწოდებელს რჩება უფლება უარი თქვას და არ აიღოს საკუთარ თავზე ახალი კლიენტისათვის პროდუქციის მომსახურება/მიწოდება იმ შემთხვევაში, თუკი ამისათვის საჭირო ინფრასტრუქტურის რეკონსტრუქციისა და მოდერნიზაციის მოცულობა მომწოდებელს დაუსაბუთებლად მოეჩვენება ტექნიკურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით.

იმ შემთხვევაში, როცა ქსელზე ტექნოლოგიური მიერთების მომთხოვნი მომხმარებელი, რომლის მიერთებისთვისაც ქსელურმა კომპანიამ განახორციელა ქსელისა და ქვესადგურების მაშტაბური რეკონსტრუქცია (მშენებლობა), უარს იტყვის თავისი კომერციული პროექტის შემდგომ რეალიზებაზე, გაიზრდება რისკები, რომლებიც უკავშირდება სხვა ჩართული მომხმარებლების უფლებების დისკრიმინაციას, რადგან გაიზრდება ელექტროენერჯის გადაცემის მომსახურების ტარიფები, რომელსაც გამოიწვევს მოუთხოვნადი ინფრასტრუქტურის შემდგომი შენახვის აუცილებლობა.

მოცემული დარღვევის ნეგატიური შედეგების მინიმალიზაციის მიზნით რეგულატორებმა აუცილებლად უნდა გამოიყენონ შემდეგი საკომპენსაციო მექანიზმები:

ა) მომხმარებლისათვის ელექტროენერჯის გადაცემასთან დაკავშირებული ხელშეკრულების გაფორმების ვალდებულება, ელექტროქსელური ორგანიზაციის მიერ ტექნიკური პირობების შესრულებისა და მომხმარებლის მიერთებისათვის მოწყობილობების გამოყოფის მომენტიდან. ამასთან, ელექტროენერჯის გადაცემასთან დაკავშირებული მომსახურების საფასურის ოდენობა მომხმარებელთა ყველა კატეგორიისათვის, უნდა განისაზღვროს მიერთების მოცულობის საფუძველზე და არა ფაქტიურად გამოყენებული სიმძლავრისა. ამავდროულად, აუცილებელია გამოვიცხოთ ელექტროქსელური კომპანიების მიერ იმ მომხმარებლების ელექტრომოწყობილობებისადმი წაყენებული მოთხოვნები, რომლებსაც არ შეუძლიათ გააგონა იქონიონ ელექტროქსელების საიმედო მუშაობაზე. მოცემული მექანიზმის გამოყენება საშუალებას მოგვცემს შემცირდეს ტექნოლოგიური მიერთების ვადები იქედან გამომდინარე, რომ ქსელური კომპანია დაინტერესებული იქნება მაღევე მიიღოს მოგება მომხმარებელთან მიწოდებაზე გაფორმებული ხელშეკრულების თანახმად;

ბ) მნიშვნელოვანი საჯარიმო სანქციები, რომელთა ამოღებაც მოხდება ელექტროქსელური ორგანიზაციების სასარგებლოდ მომხმარებელიდან, ამ უკანასკნელის მიერ მიწოდების ხელშეკრულების გაუქმების შემთხვევაში იმ ოდენობით, რა ოდენობაც მოახდენს მომხმარებლის ჩართვაზე გაწეული საინვესტიციო და საექსპლუატაციო დანახარჯების და შესაბამისი ელექტროქსელური ობიექტების შენახვის ხარჯების კომპენსირებას. მოცემული მექანიზმის გამოყენება ერთის მხრივ, საშუალებას მოგვცემს მოვახდინოთ მომხმარებელთა სტიმულირება გაცილებით ხარისხიან ბიზნეს-დაგეგმარებაზე, და მეორე მხრივ, საფუძველს ჩაუყრის მომხმარებლებს შორის სიმძლავრის ყიდვა-გაყიდვის



ბაზრის განვითარებას.

გ) მომხმარებლებს შორის მიერთებული სიმძლავრის ყიდვა-გაყიდვის ლოკალური ბაზრების განვითარება, როგორც თავისუფალი სიმძლავრის ერთი მომხმარებელიდან მეორეზე გადანაწილების ინსტრუმენტისა ქსელური ორგანიზაციისა და ჭარბი მიერთებული სიმძლავრის მქონე მომხმარებლების ინტერესებისათვის ზიანის მიუყენებლად, რომელიც ვალდებულია აუნაზღაუროს ქსელურ ორგანიზაციას მის შენახვაზე გაწეული ხარჯები, რაც განპირობებულია ფაქტიურად მიერთებული სიმძლავრის გადაცემისათვის საფასურის შემოღებით. ამის გარდა, მოცემული ბაზრის განვითარება საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ ქსელური სიმძლავრეების დატვირთვა და მოვახდინოთ ქსელური ორგანიზაციების საინვესტიციო პროგრამების ოპტიმიზაცია.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ მსოფლიო პრაქტიკაში არ არსებობს მომხმარებლის ელექტრონულ ქსელზე ტექნოლოგიური მიერთების საქმიანობის რეგულირების ერთიანი უნიფიცირებული მოდელი. შეგვიძლია გამოვყოთ ელექტროქსელური კომპლექსის ორგანიზაციების მიერ განხორციელებული საქმიანობის ხედვისადმი რეგულატორების მიდგომის ორი ძირითადი კონცეპტუალური პრინციპი.

მომხმარებლის ელექტრონულ ქსელებზე ტექნოლოგიური მიერთება რეგულატორის მიერ განიხილება, როგორც ელექტროქსელური ორგანიზაციების საქმიანობის ცალკე სახეობა, ელექტრონული ენერჯის გადაცემასა და განაწილებასთან დაკავშირებულ საქმიანობებთან ერთად. ამ შემთხვევაში, ტექნოლოგიური მიერთების მომსახურება მომხმარებელს მიეწოდება სახელმწიფოს მიერ დარეგულირებულ საფასურად, რომელიც ახდენს ქსელური კომპანიის (საინვესტიციოს ჩათვლით) ყველა ხარჯის კომპენსირებას, რაც საჭიროა მიერთებისათვის. ამასთან, მომხმარებლის მიერთებისათვის საჭირო სამუშაოების ნაწილი შეიძლება განხორციელდეს არა მხოლოდ ამ ტერიტორიის მომსახურე ქსელური ორგანიზაციის მიერ, არამედ კონკურენტულ საფუძველზე მოზიდული გარე კონტრაქტორების მიერაც.

მოცემული მიდგომის ძირითადი პრობლემა იმაში მდგომარეობს, რომ მომხმარებელი ტექნოლოგიური მიერთების საფასურის გადახდით ფაქტიურად ახორციელებს შენატანს გარე ორგანიზაციის ძირითად საშუალებებში, მათზე რაიმე ქონებრივი უფლებების მიღების გარეშე. როგორც უსასყიდლო ინვესტიციების რეციპიენტი ელექტროქსელური კომპანია-მონოპოლისტი იღებს უსაფუძვლო უპირატესობას იმ კომპანიებთან შედარებით, რომლებიც ფუნქციონირებენ საბაზრო პირობებში და იძულებული არიან კონკურენცია გაუწიონ მათ (მათ შორის თავისი საქმიანობის ეფექტურობის გაზრდის გზით) წარმოების გაზრდისა და გასაღების ბაზრის გაფართოებისათვის საჭირო კაპიტალზე წვდომისათვის.

რეგულატორის მიერ ტექნოლოგიური მიერთება არ განიხილება როგორც სავალდებულო ფუნქცია ელექტროქსელური კომპანიების მიერ ელექტროენერჯის მიწოდებასა და განაწილებასთან დაკავშირებული ძირითადი საქმიანობის ფარგლებში (არ წარმოადგენს საქმიანობის ცალკე სახეობას). ამ შემთხვევაში ტექნოლოგიური მიერთების პროცედურები ხორციელდება ელექტროქსელური კომპანიის მიერ. მოცემული ფუნქციის შესრულება უზრუნველყოფს მიწოდებულ ქსელურ მომსახურებაზე მომხმარებელთა არადისკრიმინაციულ წვდომას. ამასთან, მომხმარებელთა ჩართვა სრულდება უსასყიდლოდ ან მცირე ოდენობის გადასახადით, რომელიც ახდენს ქსელური კომპანიის მიერ გაწეული მხოლოდ ისეთი დანახარჯების კომპენსირებას, როგორიცაა დოკუმენტაციის მომზადება და უშუალოდ მიერთებისთვის გაწეული საქმიანობა („მელნის საფასური“) და რომლის საფასურშიც არ შედის საინვესტიციო შემადგენელი. ამ შემთხვევაში, ქსელური კომპანიის მიერ ქსელის განვითარებისათვის ინვესტიციების მოზიდვა ხდება კა-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



პიტაღორის ბაზარზე, ხოლო მათი ამოღების უზრუნველყოფა კი ხდება ელექტროენერჯის მიწოდებასა და გადაცემასთან დაკავშირებული მომსახურებისთვის მიღებული შემდგომი შემოსავლების ხარჯზე.

თუმცა უფასო (ან მინიმალური გადასახადის მქონე) მიერთების არსებობა ქმნის ელექტროქსელური კომპანიის უფლებების დარღვევის რისკს მომხმარებლის მიერ ზედმეტი სიმძლავრის შესაძლო ჩართვის გამო, რომელიც შემდგომში არ იქნება სრულად გამოყენებული და შესაბამისად, არ იქნება უზრუნველყოფილი სატარიფო შემოსავალი, რომელიც აუცილებელია ქსელების შენახვისა და ინვესტიციების ამოგებისათვის (ანაზღაურებისათვის).

ამგვარად, ტექნოლოგიურ მიერთებასთან დაკავშირებული საქმიანობა რეგულატორების მიერ შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც ქსელური კომპანიების საქმიანობის ცალკე სახეობა და ასევე, როგორც ფუნქცია - ელექტროენერჯის მიწოდებასა და განაწილებასთან დაკავშირებული საქმიანობის ფარგლებში. ნებისმიერ შემთხვევაში, ტექნოლოგიურ მიერთებასთან დაკავშირებული საქმიანობა რეგულირდება ელექტროენერჯის მიწოდებასა და განაწილებასთან დაკავშირებული საქმიანობასთან კომპლექსურად. იმდენად რამდენადაც ელექტროქსელურ კომპლექსთან მიმართებაში არსებული რეგულირების პოლიტიკა გავლენას ახდენს ეკონომიკის მომიჯნავე სფეროებზე, მარეგულირებელი ორგანოს მიერ რეგულირებისადმი მიდგომა განისაზღვრება ამა თუ იმ ქვეყანაში სიტუაციის განსაზღვრის, მომხმარებელთა და ელექტროქსელური მომსახურების მიმწოდებელთა ინტერესების ბალანსის, ტერიტორიის ეკონომიკური განვითარების სტიმულირების აუცილებლობისა და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით, რომლებიც განსაზღვრავენ რეგულატორის საქმიანობაში პრიორიტეტების განლაგებას.

სქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის მიერ გატარებული რეფორმების შემდგომ ელექტროქსელებთან მომხმარებელთა ტექნოლოგიურ მიერთებასთან დაკავშირებული მომსახურება, ელექტროენერჯის მიწოდებასა და განაწილებასთან დაკავშირებულ მომსახურებასთან ერთად, წარმოადგენს გამანაწილებელი ელექტროქსელური კომპანიების საქმიანობის ერთ-ერთ სახეობას ანუ გამოიყენება ზემოთ განხილული მიდგომებიდან პირველი.

დასკვნა

საქართველოსა და საზღვარგარეთ ელექტროქსელებზე ტექნოლოგიურ მიერთებასთან დაკავშირებული საქმიანობის თავისებურებებზე ჩატარებული ანალიზის შედეგების გათვალისწინებით, აგრეთვე ბუნებრივი მონოპოლიების რეგულირების თანამედროვე პრინციპებიდან გამომდინარე მთლიანობაში, საჭიროდ ვთვლით რიგი რეკომენდაციების მოწოდებას იმ ზომების რეალიზებისათვის, რომლებიც ხელს შეუწყობენ მოცემული საქმიანობის ეფექტურობის ამაღლებას საქართველოში.

1. გაგრძელდეს ტექნოლოგიური მიერთების საფასურის ფორმირებისას საინვესტიციო შემადგენლის მინიმალიზაციისაკენ (პერსპექტივაში სრულად გამოირიცხოს) მიმართული პოლიტიკა. ელექტროქსელური კომპლექსის განვითარების ინვესტირება უნდა მოხდეს საბაზრო პირობებში მოზიდული კაპიტალის ხარჯზე.
2. ელექტროქსელური კომპანიებისათვის ტექნოლოგიური მიერთების ხელშეკრულების გაფორმებისა და მისი ღირებულების მინიმალიზაციასთან დაკავშირებული წინადადებების რეალიზაციის სავალდებულო პირობებში, მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას საკომპენსაციო მექანიზმები, რომლებიც ქსელური კომპანიების რისკების ნიველირების საშუალებას იძლევიან.



ლიტერატურა

1. Григорьев А., Рудаков Е., Фадеев А. Технологическое присоединение к сетям: реформа продолжается// Энергорынок, 2015. №6. С. 36-43
2. Суюнчев М., Репетюк С., Файн Б. и др. Межрегиональная дифференциация тарифов на электрическую энергию Федерации// Экономическая политика. 2014. №1. С. 90-104
3. CER. Electricity tariff structure review: International comparisons. An information paper. Commission for Energy regulation. 2014
4. ENTSO-E Overview of transmission tariffs in Europe: Synthesis 2015. Brussels. 2015.
5. IEA. Energy policies of IEA countries. Sweden 2013 review. International Energy Agency. 2014.
6. Wallnerstrom C.J. Bertling L. Laws and regulations of Swedish power distribution systems 1996-2012: Learning from novel approaches such as less good experiences// CIRED Workshop on Sustainable Distribution Asset Management and Financing, Lyon, 7-8 June 2010.
7. საქართველოს ენერჯეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №20 2008 წლის 18 სექტემბერი, ქ. ქუთაისი “ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) მიწოდებისა და მოხმარების წესების” დამტკიცების შესახებ

EXAMINE AND EVALUATE THE REQUIREMENTS FOR THE NEW FACILITIES WITH THE POWER SUPPLY NETWORK

Kobalia M., Dochviri R.
Georgian Technical University
Summary

The paper discusses the issues of increasing the availability of infrastructure for the distribution of the new power stations. There is given information about the importance of influencing the factors and duration of connecting to the power grid to the creation of a favorable investment climate. The peculiarities of the activities of electrical companies are analyzed in the field of consumer technological accession, both in our country and abroad. The principles and approaches of the formation of the technological connectivity taxes on electrodes are used in different jurisdictions by regulators. Recommendations for the improvement of the Georgian model of technological connectivity on the power grid are provided with the best experience of the world.

ელექტროენერჯის აღრიცხვის წრედში დენის ტრანსფორმატორის შერჩევის საკითხები

შერგელაშვილი ტ. ქორქია ე.

სს „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“

ამჟამად ენერჯობაზარზე ელექტროენერჯის აღრიცხვის წრედებში წარმოდგენილია ათობით სხვადასხვა მოდელის დენის ტრანსფორმატორები. წესით ყველა ისინი, პირველ რიგში უნდა შეესაბამებოდნენ სახელმწიფოთა შორის „სტანდარტს IEC 61869-2:2012 დენის ტრანსფორმატორები“. დენის ტრანსფორმატორები ტექნიკური მახასიათებლებით ახლოს არიან თავის დეკლარირებულ მახასიათებლებთან, ფაქტობრივად, როგორც მათი გამოცდები და ექსპლუატაცია აჩვენებს, გრძელვადიან პერსპექტივაში ელექტროსისტემებში და მომხმარებლებთან ელექტროენერჯის ზუსტი აღრიცხვის უზრუნველყოფისათვის ისინი არასრულფასოვნები არიან. მათ სარეკლამო და ტექნიკური დოკუმენტაციაში არ არის მითითებული ის მახასიათებლები, რომლებიც საინტერესოა კვალიფიცირებული პერსონალისათვის და მნიშვნელოვანი გავლენა შეუძლიათ იქონიონ მათი შერჩევისას ელექტროენერჯის აღრიცხვის წრედებში. სტატიაში წარმოდგენილია ღონისძიებების გამოყენება, რომლებიც გადაჭრის ზემოთ აღნიშნულ პრობლემას.

დენის ტრანსფორმატორის მახასიათებლები მნიშვნელოვნად არიან დამოკიდებული გულარის დამაგნიტებაზე მუდმივი დენით. რაც ძალზე მნიშვნელოვანი ფაქტორია



რია, რადგან ექსპლუატაციის პირობებში იგი შეიძლება გახდეს ელენერგის ძარცვის ფაქტორი, რამდენადაც ის 2-2,5 ჯერ ზრდის მზომი დენის ტრანსფორმატორის უარყოფით კუთხურ ცდომილებას, როდესაც მომხმარებლები ნომინალურის 50% და უფრო დაბლი დატვირთვით მუშაობენ.

ძალზე მნიშვნელოვანია რა მასალისგან არის დამზადებული დენის ტრანსფორმატორების გულარა. უმრავლესი დენის ტრანსფორმატორის გულარა დამზადებულია მაგნიტობილი კრემნის ელექტროტექნიკური ფოლადისაგან - რკინის ნაერთი კრემნისთან (სილიციუმის <4,8%).

მიუხედავად იმისა, რომ დენის ტრანსფორმატორები ნანოკრისტალური გულარით გაცილებით ძვირია, ვიდრე დენის ტრანსფორმატორები ელექტროტექნიკური ფოლადით, გასათვალისწინებელია მათი უპირატესობები:

1. მეტროლოგიური მახასიათებლების მდგრადობა მუდმივი დენით დამაგნიტებისას.
2. 4-10 ჯერ შემცირებული დანაკარგები გრიგალურ დენებზე და გულარის დამაგნიტებაზე.
3. გაცილებით დიდი მოხმარების დრო და ტექნოლოგიური რესურსი სიზუსტის კლასის მიხედვით.
4. გულარის დამზადებაზე გაცილებით მცირე დანახარჯები. დენის ტრანსფორმატორის მასა-გაბარიტული სიდიდეების მაჩვენებლები.

დენის ტრანსფორმატორის კოეფიციენტის შერჩევისა და მეორეული დატვირთვის გაანგარიშება

დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის შერჩევისათვის აუცილებელია გვექონდეს ინფორმაცია მოსალოდნელი მაქსიმალური და მინიმალური ტვირთების შესახებ, რომლის მიხედვითაც ანგარიშის საფუძველზე შეირჩევა სტანდარტული კოეფიციენტი. მინაერთზე, რომელზედაც უნდა დამონტაჟდეს შერჩეული კოეფიციენტის მქონე დენის ტრანსფორმატორი, მოსალოდნელი მოკლედ შერთვის დენის 3 წმ-იანი მნიშვნელობის ცოდნა. ჩასატარებელია თერმიული და დინამური მდგრადობის გაანგარიშებები, რომლის საფუძველზე მზადდება ისეთი პარამეტრების დენის ტრანსფორმატორი, რომელიც დააკმაყოფილებს სტანდარტის ყველა მოთხოვნებს.

ძალზე მნიშვნელოვანია დენის ტრანსფორმატორის ოპტიმალური კოეფიციენტის სწორი შერჩევის საკითხი.

განვიხილოთ შემდეგი სახის მაგალითი:

საპროექტო 220 კვ-ის ელექტროგადაცემის ხაზზე მოსალოდნელია $S_{აქ}=65000$ კვა და $S_{აინ} = 12000$ კვა დატვირთები.

მოსალოდნელი მაქსიმალური და მინიმალური დენის მნიშვნელობები იანგარიშება ფორმულით:

ფორმულიდან გამომდინარე ვიანგარიშოთ მაქსიმალური დენის მნიშვნელობა:

$$I_{1max} = \frac{S_{აქ}}{\sqrt{3} U_{აინ}} = \frac{65000}{1,73 \cdot 220} = 170,78 \text{ ა}$$

სადაც, $U_{აინ}$ - ხაზის ნომინალური ძაბვის მნიშვნელობაა.

ეგზ-ში გამავალი მინიმალური დატვირთვის დენი

$$I_{1min} = \frac{S_{აინ}}{\sqrt{3} U_{აინ}} = \frac{12000}{1,73 \cdot 220} = 31,5 \text{ ა}$$



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ელ.ენერჯის აღრიცხვის კვანძში გამავალი დენი, ეგხ-ის მაქსიმალური დატვირთვის შემთხვევაში:

$$I_{2გაქ} = \frac{I_{1გაქ}}{K_{ფ}} = 170 \cdot \frac{76}{120} = 1.42 \text{ ა}$$

სადაც, $K_{ფ} = 600/5 = 120$ დენის ტრანსფორმატორის ტრანსფორმაციის კოეფიციენტია.

ელ.ენერჯის აღრიცხვის კვანძში გამავალი დენი, ეგხ-ს მინიმალური დატვირთვის შემთხვევაში:

$$I_{2გაგ} = \frac{I_{1გაგ}}{K_{ფ}} = 31 \cdot \frac{5}{120} = 0.26 \text{ ა}$$

ელ.ენერჯის აღრიცხვის კვანძში გამავალი დენის ფარდობა მეორად ნომინალურ დენთან პროცენტებში:

მაქსიმალური დატვირთვისას:

$$\frac{I_{2გაქ}}{I_{2ნომ}} \cdot 100\% = 1 \cdot \frac{42}{5} \cdot 100\% = 28.4\% < 40\%$$

მინიმალური დატვირთვისას:

$$\frac{I_{2გაგ}}{I_{2ნომ}} \cdot 100\% = 0 \cdot \frac{26}{5} \cdot 100\% = 5.2\% < 5\%$$

არ დაკმაყოფილდა ელმოწყობილობების მოწყობის წესებით წაყენებული მოთხოვნები. ამ პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია, თუ შერჩეული დენის ტრანსფორმატორის სიზუსტის კლასი იქნება 0,2S ან 0.5S. იხილეთ ცხრილი №1

სიზუსტის კლასი	პირველადი დენის ნომინალური მნიშვნელობა %	დასაშვები ცდომილების ზღვრი			მეორადი დატვისრთვის ზღვრის ნომინალური მნიშვნელობა %
		დენური, %	კუთხური %		
0,2	5	0,75	15	0,9 რად	25-100
	20	0,35	18	0,45 რად	
	100-120	0,2	5	0,3 რად	
0,2S	1	0,75	30	0,9 რად	
	5	0,35	15	0,45 რად	
	20 ÷ 120	0,2	10	0,3რად	
0,5	5	1,5	90	2,7 რად	
	20	0,75	45	1,35 რად	
	100-120	0,5	30	0,9 რად	
0,5S	1	1,5	90	2,7 რად	
	5	0,75	45	1,35 რად	
	20 ÷ 120	0,5	30	0,9 რად	
1	5	3	180	5,4 რად	
	20	1,5	90	2,7რად	
	100-120	1	60	1,8 რად	
3	50-120	3	არ ნორმირდება		50-100
10		10			

ცხრილი №1



დენის ტრანსფორმატორის მეორეული დატვირთვის გაანგარიშება

დენის ტრანსფორმატორების აღრიცხვის გრანდის მეორეული ნომინალური დატვირთვა, საქარხნოს მონაცემების მიხედვით, რომელიც მოყვანილია დენის ტრანსფორმატორის ფირნიშზე შეადგენს: $S_{დტ26}=25$ ვა-ს;

ტრანსფორმატორის მეორეული რეალური დატვირთვის გაანგარიშება:

$$\text{მეორეული დატვირთვა: } R_2 = R_{მთყყ} + R_{სად} + R_j \text{ (ომი)}$$

სადაც:

$$\text{წრედში ჩართული მოწყობილობის წინაღობა } R_{მთყყ} = S_{მრიცხ} / I_2^2 = 0,003/5^2 = 0,00012 \text{ ომი;}$$

$$\text{კონტაქტის წინაღობა: } R_j = 0,05 \text{ ომი;}$$

$$\text{სადენის წინაღობა } R_{სად} = \rho(L/S) = 0,0178 \cdot (4/2,5) = 0,1424 \text{ ომი,}$$

სადაც: $S=2,5$ მმ² და წარმოადგენს სადენის კვეთს;

$$L = 20 \text{ მ და წარმოადგენს სადენის სიგრძეს;}$$

$\rho=0,0178$ და წარმოადგენს სადენის კუთრ წინაღობას. აღებულია შესაბამისი ცხრილებიდან სპილენძის სადენისთვის $+20^{\circ}\text{C}$ -ზე.

ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით: $R_2 = 0,1925$ ომი, ხოლო დენის ტრანსფორმატორების მეორეული რეალური დატვირთვა იანგარიშება ფორმულით:

$$S_{დტ2} = I_2^2 \cdot R_2 \text{ (ვა) და შეადგენს: } S_{დტ2} = 4.8 \text{ ვა-ს;}$$

ქსელის წესების მიხედვით: $S_{დტ2}$ არ უნდა იყოს ნაკლები $S_{დტ26} \cdot 25\%$ -სა და $S_{დტ2}$ არ უნდა აღემატებოდეს $S_{დტ26}$ -ს.

ფაქტობრივად $S_{დტ2} = 4.8 \text{ ვა} < S_{დტ26} \cdot 25\% = 6.25 \text{ ვა}$, ამავე დროს $S_{დტ2} = 4.8 \text{ ვა} < S_{დტ26} = 25 \text{ ვა-ს}$.

ანგარიშმა აჩვენა, რომ დენის ტრანსფორმატორის მეორეული დატვირთვა ნაკლებია ნომინალური მნიშვნელობის 25%-ზე. დატვირთვა არ არის ნომინალური სიმძლავრის 25% \neq 100% ფარგლებში შესაბამისად ცდომილება გაზრდილი სიდიდისაა.

ანგარიშიდან ჩანს დენის ტრანსფორმატორის მეორეული დატვირთვა ნაკლებია ნომინალური მნიშვნელობის 25%-ზე. აღნიშნულის აღმოფხვრის მიზნით დენის ტრანსფორმატორის მეორეულ წრედში ჩასართავია დამტვირთი წინაღობა, რომლის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე შეადგენდა 5ვა-ს. არსებული დატვირთვის პირობებში დენის ტრანსფორმატორი არ იქნება გამოსული სიზუსტის კლასიდან (იხ. ცხრილი №1).

დასკვნა

დღევანდელი დიდ პრობლემას წარმოადგენს მცირე ტვირთების არსებობა და მასთან დაკავშირებული ელექტროენერჯის ზუსტი აღრიცხვა, რადგან იგი დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. ამ პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია ელექტროენერჯის აღრიცხვის წრედში გამოყენებული იქნეს დენის ტრანსფორმატორი უფრო დაბალი კოეფიციენტით, ან 0,2S ან 0,5S სიზუსტის კლასით.

„დენის ტრანსფორმატორის მეორეული წრედის დატვირთვა არ უნდა იყოს ნაკლები დენის ტრანსფორმატორის ნომინალური მნიშვნელობის 25%-ზე და არ უნდა აღემატებოდეს ნომინალური მნიშვნელობის 100%-ს.“

აღნიშნული პრობლემის გადაჭრის საშუალებაა დენის ტრანსფორმატორის მეორეულ წრედში დამტვირთი წინაღობის ჩართვა. ეს საშუალებას იძლევა დენის ტრანსფორმატორი, რომელიც გამოსულია თავისი სიზუსტის კლასიდან დააბრუნებს სიზუსტის კლასის დასაშვებ ზღვრებში.



ლიტერატურა

1. გიორგობიანი გ. ნაჭყებია შ. რუხვაძე მ. ელექტრული სადგურების და ქვესადგურების ელექტრული ნაწილი. თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2007 წ.
2. მახარაძე გ. ელექტროენერგეტიკული (ელექტრული) სისტემები. თბილისი 2011 წ.
3. ქორქია ე. შერგელაშვილი ტ. - ქვესადგურ „ბათუმი 220“-ში 35 კვ-იან ელექტროგადაცემის სახზე ელ.ენერგიის აღრიცხვის კვანძის ოპტიმიზაცია. III საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. ქ.ქუთაისი 2015 წ.
4. ქორქია ე. გოზალიშვილი ნ. ელექტრულ ქსელებში ელექტროენერგიის აღრიცხვის საფუძვლები. თბილისი. საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა, 2014 წ.
5. Рожкова А.Д. Гиркова Т.В. Электрообрудование Электрических станций подстанций. „Академия“, Москва, 2010 г

ISSUES OF SELECTING THE CURRENT TRANSFORMER IN THE LECTRIC POWER METERING CIRCUIT

Shergelashvili T., Korkia E.
Georgian State Electrosystem
Summary

As for now there is a big problem in the Electro system in some of the connections existence of small loads and the accurate metering of it, because it is connected with big complications. It is possible to solve this problem by means of technical facilities, which are discussed in the article. All requests are applied in the regulations of „Network Electricity Metering” and in „ Electricity Equipment Regulations” as well.

ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების ოპტიმიზაცია

ცეცხლაძე მ.კ.

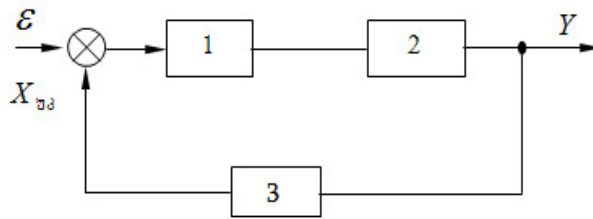
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია: როგორც ცნობილია მეტალურგიაში ელექტრული რეჟიმების სწორად წარმართვისათვის მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს რკალის სიმძლავრის რეგულირება, რაც მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მუშა ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ამძრავის რეგულირების სისტემაზე. ნაშრომში ნაჩვენებია რკალის სიმძლავრის ოპტიმალური რეგულირებისათვის სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორის გამოყენება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის რეგულირების სისტემის სწრაფმოქმედებას და სიზუსტეს.

შინაარსი: ბოლო წლებში მძლავრი მეტალურგიური აგრეგატების არსებობით ავტომატიზაციის როლი ელექტრომეტალურგიურ პროცესებში განსაკუთრებით გაიზარდა. ასეთი აგრეგატების მართვის პროცესში მცირე ცდომილებაც კი იწვევს ლითონისა და ელექტროენერგიის მნიშვნელოვან კარგვებს. ამასთან დაკავშირებით იქმნება ახალი ტიპის სხვადასხვა ავტომატური რეგულირების სისტემები, რომლებიც წყვეტს ისეთ ამოცანებს, როგორცაა ოპტიმალური მართვა და ადაპტაცია.

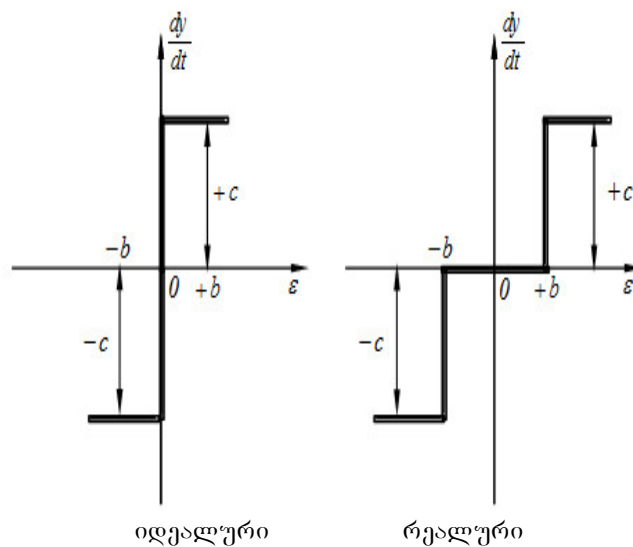
ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით რკალის სიმძლავრის ოპტიმიზაცია მნიშვნელოვან სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანას წარმოადგენს.

ცნობილია, რომ მეტალურგიური პროცესების მართვის ავტომატური სისტემების უმრავლესობა მიეკუთვნება არაწრფივ სისტემებს, რომელთა შორის აღსანიშნავია მართვის რელეური სისტემები. რკალის სიმძლავრის რელეური რეგულატორის სტრუქტურულ სქემას 1-ელ ნახაზზე ნაჩვენებია სახე აქვს.



ნახ.1 ელექტროლუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების სტრუქტურული სქემა

სადაც 1 არის მართვის მოწყობილობა, 2-სამართავი ობიექტი, 3-სიგნალის გადამწოდი,-
დავალების სიგნალი, $X_{გა}$ -უკუკავშირის სიგნალი, Y-მართვის სიგნალი. რეგულატორის
სტატიკურ მახასიათებელს 2-ე ნახაზზე ნახვენები სახე აქვს.

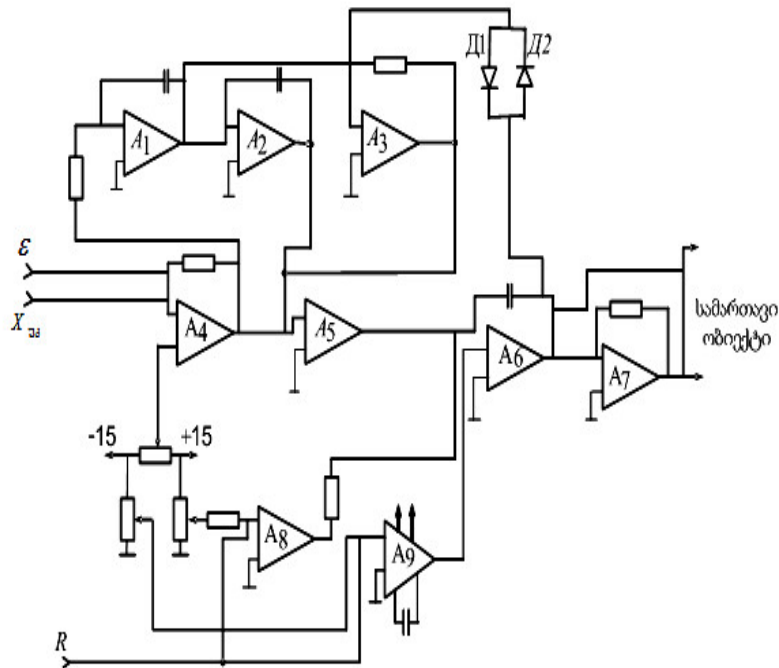


ნახ.2 რეგულატორის სტატიკური მახასიათებლები

სადაც $\frac{dY}{dt}$ არის სარეგულირებელი მექანიზმის გადაადგილების სიჩქარე, +C, -C-სამარ-
თავი ობიექტის მუდმივი სიჩქარე ბრუნვის სხვადასხვა მიმართულების დროს, +b, -b-
არაგრძობიარობის ზონა. უკუკავშირიან მართვის რელეური რეგულატორის სისტემაში
შეიძლება აღიძვრას მოძრაობის განსაკუთრებული სახე – სრიალი, რომლის არსებობის

აუცილებელი პირობაა $\frac{dX_{გა}}{dt} > \frac{dε}{dt}$, რომლის დროსაც მართვის სისტემის გაწონასწორე-
ბა ხდება აპერიოდული მრუდით. სრილის რეჟიმს საფუძვლად უდევს შედარების სიგნა-
ლის გამაძლიერებლის რელეურ რეჟიმში მუშაობის კერძო შემთხვევა. ამ დროს რელე-
ური რეგულატორი ექვივალენტურია გამაძლიერებლის უსასრულო გაძლიერების კოეფი-
ციენტით, რის გამოც რეგულირების სისტემა, როგორც მოცემული ისე გარე შემოთე-
ბების ზემოქმედების მიმართ ასტატიკურის ექვივალენტურია. სიჩქარის დინამიური ვარ-
დნის კომპენსაცია და გარე ზემოქმედებების დამუშავება ხორციელდება მაღალი სწრაფ-
მოქმედების პირობებში.

სრიალის რეჟიმში მომუშავე რელეური რეგულატორის პრინციპიალურ სქემას 3-ე ნა-
ხაზზე ნახვენები სახე აქვს.



ნახ.3 სრიალის რეჟიმში მომუშავე მართვის რელეური რეგულატორის პრინციპიალური სქემა.

სადაც არის სარეგულირებელი ობიექტის დენის რეგულირების მოდული, A_1 -მაძლიერებელი, A_2 -კომპარატორი, A_3 -ინტეგრატორი, A_4 -ინვენსორი, ε -დავალების სიგნალი, $X_{ცა}$ -უკუკავშირის სიგნალი, R-შუნტის წინაღობა.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Уткин В.И. Скользящие режимы и их применения в системах с переменной структурой М. Наука, 1974 г. 272 стр.
2. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления. "Наука" Глав. Ред. Физико-математической литературы 1981 г. 367 стр.
3. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления. М, Наука, 1981 г. 368стр.

OPTIMIZING POWER CONTROL OF THE ELECTRIC FURNACE ARC

Tsetskhladze M.,
Georgian Technical University

Summary

The use of a special form of driving in the management has a number of attractive features, which is widely used to solve various tasks of automated management through which the optimal adjustment is achieved. The use of the special of the movement in the management to increase the accuracy and speed of movement of electrodes provides optimal regulation.



**მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი
ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების ძაბვის მაღალი
რიგის ჰარმონიკების შემოღლვაში ფილტრების მართვის სისტემის
დამუშავება**

ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ტულუში მ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი,
ბათუმის საზღვაო აკადემია

დასაბუთებულია, რომ განივი-იმპულსურ რეგულირებადი მართვადი გარდამქმნელებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების ხარისხი და შედეგად მათ მიერ ელექტრომომარაგების ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრები, დამოკიდებულია გარდამქმნელის ვენტილების მართვის გახსნის კუთხეზე. შესაბამისად, დამუშავებულია მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მაღალი რიგის ჰარმონიკების შეზღუდვისათვის გამოყენებულია მართვადი პარამეტრების საკომპენსაციო ფილტრი, რომლის მართვა ხორციელდება გამმართველის ვენტილების გახსნის კუთხის ფუნქციით.

შესავალი.

თანამედროვე ეტაპზე, ინტენსიურად იზრდება სამფაზა ბოვირული სქემით შესრულებული მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების (ეტდ) ელექტრომომარაგების სისტემის სხვადასხვა დონის გამანაწილებელი მოწყობილობის საღტვებთან მიერთება [1]. იგი გამოწვეულია, ქსელისა და ეტდ-ების ენერგოეფექტურობის ამაღლებისადმი წაყენებული გაზრდილი მოთხოვნებით. აღსანიშნავია, რომ თანამედროვე მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ეტდ-ების სიმძლავრე 3 მეგავატს აღემატება (მუდმივი დენის ელექტროკალური ღუმელები) და 0,4 და 10კვ ძაბვაზე მზადდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, 0,4 და 10კვ ძაბვის ელექტრომომარაგების ქსელში არსებული ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების ერთ-ერთ წყაროს, მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ეტდ-ები წარმოადგენს [2]. შესაბამისად, აღნიშნული ეტდ-ების მიერ წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური დაბრკოლებების შესწავლა და მათი შეზღუდვის ტექნიკური საშუალებების დამუშავება, ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს და მისი ოპტიმალური გადაწყვეტა ენერგოეფექტურობის ამაღლების გარანტიას წარმოადგენს [3].

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ეტდ-ების მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევა, მათ მიერ ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში წარმოქმნილი მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების (მრჰ) სპექტრის პარამეტრების სტატიკური და დინამიკური მახასიათებლების დადგენა და ჰარმონიკების შეზღუდვის (საკომპენსაციო) მოწყობილობის ავტომატური მართვის სისტემის დამუშავება.

სამუშაოს არსი.

თანამედროვე ელექტრომომხმარებლების ეტდ-ების მოქმედების პრინციპების უზრუნველყოფისათვის, მათი ელექტრული ნაწილი დიდი რაოდენობის აქტიურ, ინდუქციურ და ტევადურ ელემენტებს მოიცავს, რომელთა თანაფარდობა დიდ გავლენას ახდენს დანადგარის მიერ ქსელში წარმოქმნილ დაბრკოლებებზე [4].

ამ პირობებში, ეტდ-ს მიერ ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში განპირობებული ერთი ფაზის დატვირთვის დენის მრუდის ფორმა დამოკიდებულია გარდამქმნელის იმპულსურ-ფაზური მართვის სისტემის მიერ, ვენტილზე მიწოდებული მართვის სიგნალის გახსნის კუთხეზე ტექნოლოგიური დანადგარის დატვირთვისა და კომუტაციის კუთხეზე γ კომუტაციის კუთხე განისაზღვრება გამოსახულებით:



$$\gamma = \arccos(\cos\alpha - I_a X_k) \quad (1),$$

სადაც I_a^* – გამართული დენის ფარდობითი (ნომინალური დატვირთვის მიმართ) მნიშვნელობაა; X_k – კომუტაციის კონტურის ინდუქტიური წინაღობის ფარდობითი მნიშვნელობა გარდამსახის ძალოვანი ტრანსფორმატორის სიმძიავრესთან მიყვანილი. ცხადია, არამართვადი გარდამქმნელებისათვის $\alpha=0$; $\cos\alpha=1$.

ქსელის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკების რიგი (რიგითი ნომერი) განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$v = kp \pm 1 \quad (2)$$

სადაც p - გარდამსახის პულსაციაა; $K = 1; 2; 3; \dots$

ბოგორული სქემით შესრულებული გარდამსახისათვის

$$I_{sum} = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1\psi}^2} \quad (3)$$

(3) გამოსახულებიდან განისაზღვრება ძირითადი ჰარმონიკის დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა

$$\frac{\cos[v(\alpha + \gamma)]}{v} \sin\left(\frac{v}{2}\right) \sin\Psi - \frac{1}{2 \left[\frac{\sin\left[\frac{(v-1)\gamma}{2}\right]}{v} \sin[(v-1)\Psi] + \frac{\sin\left[\frac{(v+1)\gamma}{2}\right]}{v+1} \sin[(v+1)\Psi] \right]} \quad (4)$$

$$I_{1\psi} = (4I_d \sin(v\pi/3)) / (\pi \sin(\gamma/2) \sin\Psi) [-\sin(v\gamma/2) / v \cos\alpha \cos v\Psi + (\sin[v(\alpha + \gamma)] / v \sin(\gamma/2) \sin\Psi + 1/2 [\sin[(v-1)\gamma/2] / (v-1) \cos[(v-1)\Psi] + \sin[(v+1)\gamma/2] / (v+1) \cos[(v+1)\Psi]]] \quad (5)$$

სადაც α და γ - მართვის და კომუტაციის კუთხეებია; I_d - გამართული დენის საშუალო მნიშვნელობა; Ψ - დენისა და ძაბვის ძირითადი ჰარმონიკების ფაზათა შორის წინაცვლების კუთხე, $\Psi = \alpha + \gamma/2$.

(4) და (5) გამოსახულებების საფუძველზე, კომუტაციის პროცესის ანგარიშისას გამანაწილებელი მოწყობილობის და მასთან მიერთებული საკაბელო ხაზების შეიძლება უგულებელყოფილი იქნეს, მაშინ

$$I_{1a} = \frac{2\sqrt{3}I_d}{\pi} \cos\left(\frac{v}{2}\right) \cos\Psi \quad (6)$$

$$I_{1\psi} = \frac{\sqrt{3}I_d}{2\pi \sin\left(\frac{v}{2}\right) \sin\Psi [\gamma - \sin\gamma \cos 2\Psi]} \quad (7)$$

(6) და (7) გამოსახულებებიდან ძირითადი ჰარმონიკის დენის მოქმედი მნიშვნელობა:

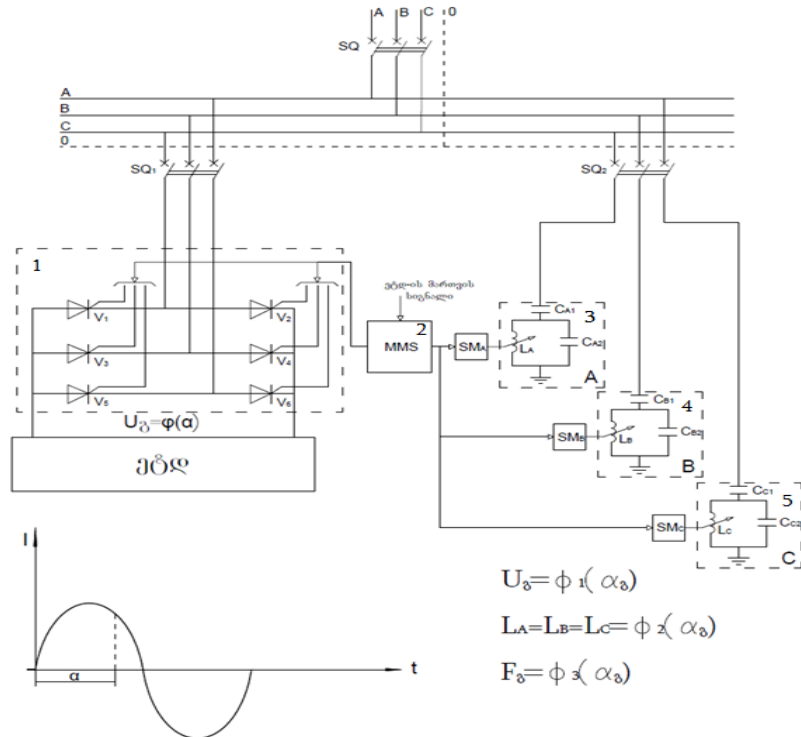
$$I_1 = \frac{\sqrt{3}I_d}{2\sqrt{2}\pi \sin\left(\frac{v}{2}\right) \sin\Psi} \sqrt{\sin^2\frac{\gamma}{2} + \gamma^2 - 2\gamma \sin\gamma \cos 2\Psi} \quad (8)$$

მიღებული გამოსახულებებიდან ნათლად ჩანს, რომ ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრები, დანადგარის დატვირთვის დენსა და გარდამსახის ვენტილების გახსნის კუთხის ფუნქციაში, იცვლება. მაშასადამე, ეტლ-ს დატვირთვის დენის მრუდის ფორმა და შესაბამისად, მის მიერ ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტებში წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრები დანადგარის მართვის სიგნალის ფუნქციაში იცვლება.

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე, დამუშავებულია მართვადი გამართველებით



აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მაღალი რივის ჰარმონიკების საკომპენსაციო მოწყობილობის მართვის სისტემა (ნახ. 1). მოწყობილობაში გამოყენებულია მართვადი პარამეტრების საკომპენსაციო ფილტრი, რომლის მართვა ხორციელდება გარდამსახის ვენტილების გახსნის კუთხის ფუნქციაში.



ნახ. 1. მართვადი გარდამქმნელით აღჭურვილი ეტდ-ის მიერ წარმოქმნილი მრკპ-ის შემზღუდავი მოწყობილობის მდოვრე რეგულირების მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა:

SQ, SQ1 - შემომყვანის, ეტდ-ისა და მრკპ-ების შემზღუდავი მოწყობილობის ავტომატური ამომრთველი; 1 - მართვადი გამმართველი; 2 (MMS) - გამმართველისა და მრკპ-ების საკომპენსაციო მოწყობილობის ცენტრალური მართვის სისტემა; 3 - C ფაზის მრკპ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრი; 4 - B ფაზის მრკპ-ების შემზღუდავი ფილტრი; 5 - A ფაზის მრკპ-ების შემზღუდავი ფილტრი; 6 - ელექტროტექნოლოგიური დანადგარი; SM_A - A ფაზის მრკპ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა; SM_B - B ფაზის მრკპ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა; SM_C - C ფაზის მრკპ-ების შემზღუდავი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა.

წარმოქმნილი ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების დიდ ფარგლებში ცვლილების გამო მათი ამპლიტუდური მნიშვნელობების შეზღუდვისათვის, სამივე ფაზაში ჩართულია დიდ ფარგლებში ცვალებადი, მდოვრედ რეგულირებადი პარამეტრების მქონე ფილტრები, რომელთა სიხშირის რეგულირება ხორციელდება მასში ჩართული ინდუქტიური წინააღმდეგობის შეცვლით. კერძოდ, L_A , L_B და L_C ინდუქციურობის შეცვლით.

ყოველი ფაზის ფილტრების კომპლექტის მართვა ხორციელდება გამმართველის ვენტილებისა და საკომპენსაციო მოწყობილობის ცენტრალური მართვის სისტემიდან MS. ამავდროულად, ყოველი ფაზისათვის გამოყენებულია SM_A , SM_B და SM_C მრკპ-ების



შემზღვრადი რეგულირებადი ფილტრის დამოუკიდებელი მართვის სისტემები.

დამუშავებული მართვის სისტემის პრაქტიკული რეალიზაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების სისტემაში მართვადი გამმართველების მიერ წარმოქმნილი, დიდ დიაპაზონში ცვალებადი, მრკ-ების შეზღუდვას.

დასკვნები

1. დასაბუთებულია, რომ განივ-იმპულსურ რეგულირებადი მართვადი გარდამქმნელებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმა (დამახინჯების ხარისხი) დიდ ფარგლებში იცვლება და იგი დამოკიდებულია გარდამქმნელის ვენტილების მართვის ელექტროდებზე მიყვანილი იმპულსების გახსნის კუთხეზე. შედეგად, დიდ ფარგლებში იცვლება ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრებიც, რომლებიც დამოკიდებულია, როგორც დანადგარის დატვირთვაზე, აგრეთვე გახსნის კუთხეზე.

2. მართვადი გამმართველებით აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების დატვირთვის დენის ფორმის დამახინჯების გამასწორებელი მდოვრე რეგულირების საკომპენსაციო მოწყობილობისათვის, დამუშავებულია მართვის სისტემა, რომლის მართვა ხორციელდება გამმართველის ვენტილების გახსნის კუთხის ფუნქციაში.

3. დამუშავებული მართვის სისტემების პრაქტიკული რეალიზაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგებისა და ელექტრომომხმარებელთა ქსელების ელემენტების მაღალი რივის ჰარმონიკებისაგან განტვირთვას 50-60%-ით, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლებას.

ლიტერატურა.

1. Шеховцев В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование: Учебник.-М.: ФОРУМ: ИНФРА-М. 2004. - 407 с.: ил.
2. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях – М.: Энергоатомиздат, 2005.
3. ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ბულაშვილი გ. ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელებში წარმოქმნილი ძაბვის მაღალი სიხშირის ჰარმონიკები და მათი გავრცელებით გამოწვეული შედეგები// ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები. ქუთაისი, 2015. №3 გვ. 38-41.
4. Техническая коллекция SchneiderElectric. Выпуск № 22. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение. Москва: ЗАО «Шнейдер Электрик» 2008, с. 32.

Higher Harmonics Restriction Filter Control System Processing for Electro Technical Plant Equipped with Controlled Rectifier

B. Tchunashvili, A. Petrosyan, T. Gamrekelashvili, M. Tughushi
Georgian Technical University
Batumi Sea Academy

Summary

It is proved that load current waveform distortion degree in electro technological plant equipped with transverse-impulse controlled rectifier and high harmonic spectrum parameters that occur in power supply network depend on rectifier valve opening angle. For restriction of high harmonic of electro technological plant equipped with controlled rectifiers a controlled parameter compensation filter is used which is controlled by the function of rectifier opening angles.



**ელექტრორკალური ღუმელების მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევა
და ქსელში წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების
საკონკრეტო მოწყობილობის მართვის სისტემის დამუშავება**

ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ქობალია მ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ელექტრორკალური ღუმელების (ერლ) მოქმედების პრინციპისა და მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევის საფუძველზე დადგენილია, რომ მათ მიერ ქსელის თითოეულ ფაზაში წარმოიქმნება ურთიერთმონაცვლე სამი რეჟიმის შესაბამისი მაღალი რივის ჰარმონიკების სამი სპექტრი. ერლ-ების მიერ წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების შემზღუდავი მოწყობილობისათვის დამუშავებულია თითოეული ფაზის სამ საფეხუროვანი ფილტრის კომპლექტის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა, რომელთა მართვა ხორციელდება ფაზის დატვირთვის დენის ფუნქციაში. დამუშავებული მართვის სისტემების პრაქტიკული რეალიზაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგების ქსელის ელემენტების მაღალი რივის ჰარმონიკებისაგან განტვირთვას, ენერგეტიკული მანუვრების გაუმჯობესებას და ენერგოეფექტურობის ამაღლებას.

შესავალი

ელექტრომომარაგების ქსელებში დიდი ამპლიტუდის მქონე ელექტრომაგნიტურ დაბრკოლებებს (ემდ) ელექტრორკალური დანადგარები წარმოქმნიან [1,2]. რომელთაგან განსაკუთრებით მძიმე რეჟიმით ფოლადსადნობი ელექტრორკალური ღუმელები (ერლ) გამოირჩევიან [3]. ფოლადსადნობი ერლ-ები 0,4 დან 140 მეგავატამდე სიმძლავრის მზადდება [4] და სამფაზა ცვლადი დენის 6, 10, 35 და 110კვ ძაბვით იკვებებიან. აქედან გამომდინარე, ერლ-ების მიერ მრკ-ები ელექტრომომარაგების ქსელის თითქმის ყველა დონეზე დომინირებენ. ერლ-ები მოკლედშერთვის საექსპლუატაციო რეჟიმში მუშაობენ, ამიტომ მათი ნორმალური მუშაობის რეჟიმში მკვეთრად ცვალებადი, დენის დიდი პიკებით (ბიძგებით) ხასიათდება და მათი მუშაობის ციკლის პარამეტრები დიდ ფარგლებში იცვლება, და მას, სხვა ფაქტორებთან ერთად, ელექტროდის მიწოდების მექანიზმის ავტომატიზირებული ელექტროამძრავის მართვის სისტემის სტატიკური და დინამიკური მახასიათებლები განაპირობებს [].

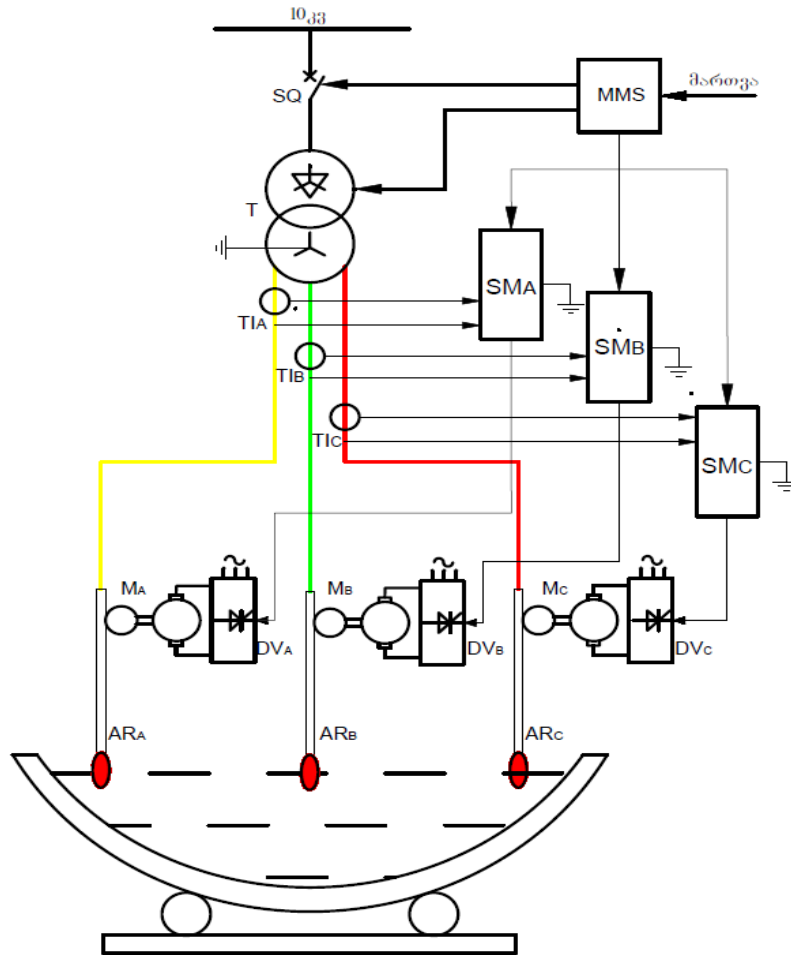
სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს ფოლადსადნობი ელექტრორკალური ღუმელების მიერ ელექტრომომარაგების ქსელში განვითარებული ელექტროდინამიკური პროცესების შესწავლა, წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრის პარამეტრების ხასიათის შესწავლა და ჰარმონიკების შემზღუდავი-საკომპენსაციო მოწყობილობის მართვის სისტემის დამუშავება.

ელექტრორკალური ღუმელების მუშაობის რეჟიმების გამოკვლევა.

ქვემოთ წარმოდგენილია ცვლადი დენის სამფაზა ფოლადსადნობი ელექტრორკალური ღუმელის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის მართვის ფუნქციონალური სქემა (ნახ. 1).

ღუმელის გაშვება და ელექტროდებზე მიყვანილი ძაბვის რეგულირება ხორციელდება MMS ცენტრალური მართვის სისტემიდან (ნახ. 1). კერძოდ, ელექტროდებზე მიყვანილი ძაბვის რეგულირება ხორციელდება საღუმელე ტრანსფორმატორის პირველადი გრაგნილების ვარსკვლავური შეერთებიდან სამკუთხედზე და პირიქით გადართვით.

ყოველი ელექტროდი დამოუკიდებელი მექანიზმის (MA, MB, MC) საშუალებით გადაადგილება, რომლებიც აღჭურვილია ტირისტორული გარდამსახ - ძრავას სისტემით შესრულებული, დაქვემდებარებული რეგულირების მართვის სისტემის მქონე მუდმივი დენის დამოუკიდებელი რევერსიული ელექტრული ამძრავით. ყოველი ამძრავის ტირის-



ნახ. 1. ელექტროკალური ღუმელის ავტომატური მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა: SQ - ძალური ამომრთველი; MMS - ცენტრალური მართვის სისტემა; T - საღუმელე ტრანსფორმატორი; TIA, TIB, TIC - A, B და C ფაზის დენის ტრანსფორმატორი; ARA, ARB, ARC - A, B და C ფაზის ელექტროდები; SMA, SMB, SMC - A, B და C ფაზის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ელექტროამძრავის მართვის სისტემა; MA, MB, MC - A, B და C ფაზის ელექტროდების გადაადგილების მექანიზმის ძრავა; DVA, DVB, DVC - A, B და C ფაზის ელექტროდების ელექტროამძრავის ტირისტორული გამართველი; რკალური ღუმელი.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კაზმთენ შეხებისას წარმოიქმნება საექსპლუატაციო მ. შ., დაბვა შემცირდება მინიმუმამდე და დენი გაიზრდება მ.შ. დენის მნიშვნელობადე. შედეგად, ელექტრული ამძრავი რევერსირდება და ელექტროდს გადაადგილებს აწვეის მიმართულებით. ელექტროდის გადაადგილება გაგრძელდება მანამ, სანამ ელექტროდსა და კაზმს შორის გაჩნდება ელექტრული რკალი. მ.შ. დენი შემცირდება რკალის დენის მნიშვნელობამდე და დაბვა შემცირდება რკალზე დაბვის ვარდნის მნიშვნელობამდე). ღუმელში მიმდინარე დნობის პროცესის შედეგად იზრდება სარკალე შუალედი (დრეწო). შესამამისად, შეიცვლება რკალის პარამეტრები და ელექტროამძრავი ელექტროდს გადაადგილებს სარკალე დრეწოს შესანარჩუნებლად. ე. ი. ელექტროდი მუდმივ მოძრაებაშია. რადგან, ლითონის დნობის პროცესი მიმდინარეობს არაერთგვაროვნად, ცალკეული ფაზების დენები იცვლილება არაერთდროულად. ამიტომ ცალკეულ ელექტროდების წრედებში, „მოკლედ შერთვის – რკალის მდგრადი დენის ნთების – ჩაქრობის“ ტექნოლოგიური ციკლიც მიმდინარეობს ურთიერთ შეუთანხმებლად (არაერთდროულად). ამის გამო, ღუმელის მიერ ქსელის ელემენტებში გაედინება დიდ ფარგლებში ცვალებადი არასიმეტრიული დენი. ქსელში წარმოიქმნება დაბვის არასიმეტრიული რეჟიმები.

რკალის ანთების პროცესის გახანგრძლივება და მისი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლების არახაზობრივობის შედეგად წარმოიქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების სპექტრი მოიცავს როგორც კენტი, აგრეთვე ლუწი რივის ჰარმონიკებს [7]. ამ ჰარმონიკების განსაზღვრის ზუსტი მათემატიკური გამოსახულებები არ არსებობს, რადგან მათი მნიშვნელობები შემთხვევით ხასიათს ატარებს და დამოკიდებულია ღუმელის პარამეტრებსა და მის მუშაობის რეჟიმზე.

ქვემოთ ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია ელექტრორკალური ღუმელის ერთი ფაზის მკვებავი დაბვისა და ციკლში შემავალი რეჟიმების დატვირთვის დენის მრუდეები.

როგორც მრუდეებიან სჩანს უქმი სვლის რეჟიმისას (ნახ. 2.ბ) დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა მცირეა და მრუდის ფორმა ახლოსაა სინუსოიდალურთან. ელექტრული რკალის ანთების პროცესში (საექსპლუატაციო მ.შ. რეჟიმისას) დენის ამპლიტუდური მნიშვნელობა მაქსიმალურია (ნახ. 2.გ) და მრუდის ფორმა დამახინჯებულია. ციკლის რკალის მდგრადი ნთების რეჟიმის შესაბამისი მრუდის ამპლიტუდური მნიშვნელობა (ნახ. 2.დ) მ.შ. რეჟიმის დენტან შედარებით მნიშვნელობნად პატარაა და დატვირთვის დენიდენის მრუდის ფორმა ძლიერ დამახინჯებულია.

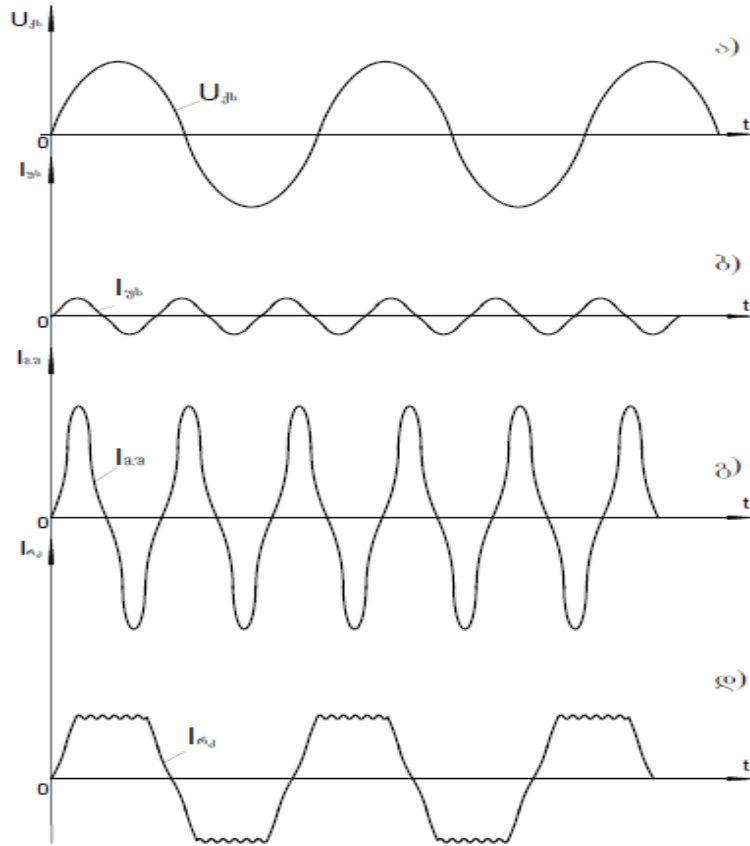
აღსანიშნავია, რომ ერდ-ის ქსელის ელემენტებში წარმოიქმნება ურთიერთ განსხვავებული პარამეტრების დაბვის მაღალი რივის ჰარმონიკების სამი სპექტრი, რომელთა პარამეტრები განპირობებულია ერდ-ს მუშაობის ციკლის („მოკლედ შერთვა – რკალის ნთება – პაუზა“) დენის მოქმედი მნიშვნელობითა და დენის ფორმის დამახინჯების ხარისხით.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ელექტრომომარაგების ქსელში ერდ-ის მიერ წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების ჩახშობისათვის საჭიროა თითოეული ფაზაში გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა სიშირეზე აწყობილი სამი, ურთიერთ განსხვავებული პარამეტრების, მაკომპენსირებელი ფილტრების კომპლექტები. რადგან ელექტროდებში გამავალი დენები იცვლილება არა ერთდროულად, თითოეული ფაზის ფილტრების კომპლექტების მართვა უნდა განხორციელდეს დამოუკიდებლად ფაზის დენის ფუნქციაში.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ელექტრომომარაგების ქსელში ერდ-ის მიერ წარმოქმნილი მაღალი რივის ჰარმონიკების ჩახშობისათვის საჭიროა თითოეული ფაზაში გამოყენებული იქნეს სხვადასხვა სიშირეზე აწყობილი სამი, ურთიერთ განსხვავებული პარამეტრების, მაკომპენსირებელი ფილტრების კომპლექტები.



რადგან ელექტროდებში გამავალი დენები იცვლილება არა ერთდროულად, თითოეული ფაზის ფილტრების კომპლექტების მართვა უნდა განხორციელდეს დამოუკიდებლად ფაზის დენის ფუნქციაში.

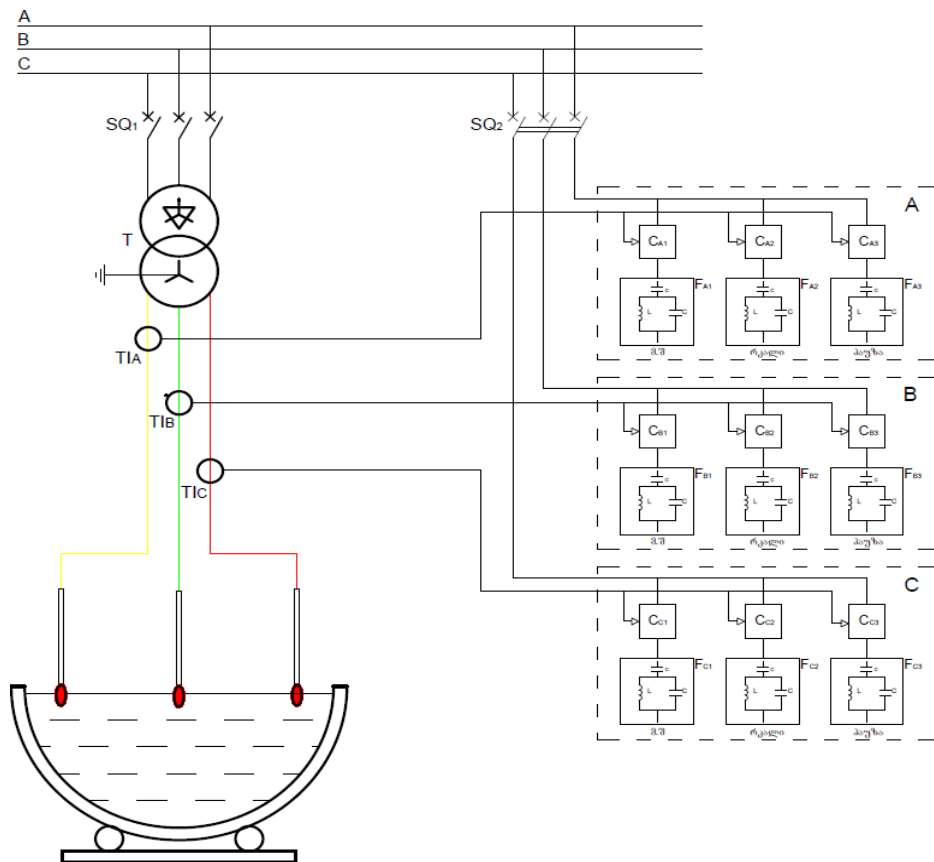


ნახ. 2. ელექტრორკალური ღუმელის ძაბვისა და დატვირთვის დენის მრუდები მუშაობის ციკლის სხვადასხვა რეჟიმში.

ელექტრორკალური ღუმელის მრკების საკომპენსაციო მოწყობილობის მართვის სისტემის დამუშავება. შემოთავაზებულია ერთ-ის მიერ წარმოქმნილი მრკების საკომპენსაციო მოწყობილობის მართვის სისტემა. დამუშავებულია მართვის სისტემის ბლოკ-სქემა (ნახ. 3). მართვია სისტემის მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდგომში:

ღუმელის გაშვებისას (უქმი სვლის რეჟიმი) (ნახ. 3), რადგან ელექტროდში გამავალი დენი ნულის ტოლია T_{IA} , T_{IB} , T_{IC} დენის ტრანსფორმატორებიდან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ჩაირთვება C_{A3} , C_{B3} , C_{C3} ამომრთველები და ქსელთან მიერთდება მხოლოდ უქმი სვლის რეჟიმში დომინირებული მაღალი რიგის ჰარმონიკებისათვის გათვალისწინებული შემზღუდავი ფილტრების F_{A3} , F_{B3} , და F_{C3} სექციები. შედეგად, განხორციელდება შესაბამისი მაღალი რიგის ჰარმონიკების ამპლიტუდური მნიშვნელობის შეზღუდვა.

მოკლედ შერთვის შექმნისთანავე, დენის ტრანსფორმატორებიდან მიწოდებული ინფორმაციის საფუძველზე, ჩაირთვება მხოლოდ ფაზების მ.შ. რეჟიმის მრკების შემზღუდავი ფილტრების სექციების მართვის სისტემის უკონტაქტო C_{A2} , C_{B2} , C_{C2} ამომრთველები. შესაბამისად, ქსელთან მიერთდება მხოლოდ მ.შ. რეჟიმში დომინირებული მაღალი რიგის ჰარმონიკებისათვის გათვალისწინებული შემზღუდავი ფილტრების F_{A2} , F_{B2} ,



ნახ. 3. ელექტროკალური ღუმელის მიერ წარმოქმნილი მრკ-ების საკომპენსაციო მოწყობილობის მართვის სისტემის ბლოკ-სქემა.



მდგრადი ნთების) რეჟიმის შესაბამისი მაღალი რიგის ჰარმონიკების სამი სპექტრი. ამასთან, რადგან სპექტრთა მონაცვლეობა თითოეულ ფაზაში მიმდინარეობს ურთიერთ დამოუკიდებლად ქსელში გავრცელებული ჰარმონიკები ასიმეტრიულია და დინამიკურ ხასიათს ატარებს.

2. ელექტრორეალური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი მაღალი რიგის ჰარმონიკების შემზღუდავი მოწყობილობისათვის დამუშავებულია თითოეული ფაზის სამ საფეხურიანი ფილტრის კომპლექტის დამოუკიდებელი მართვის სისტემა, რომელთა მართვა ხორციელდება ფაზის დატვირთვის დენის ფუნქციაში.

3. ელექტრორეალური დანადგარების მიერ წარმოქმნილი მრკების შემზღუდავი ფილტრებისათვის დამუშავებული მართვის სისტემების პრაქტიკული რეალიზაცია უზრუნველყოფს ელექტრომომარაგებისა და ელექტრომომხმარებელთა ქსელების ელემენტების მაღალი რიგის ჰარმონიკებისაგან განტვირთვას 50-60%-ით, ენერგეტიკული მაჩვენებლებისა და ენერგოეფექტურობის ამაღლებას.

ლიტერატურა

1. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость/М.П.Бадер.- М.: УМК МПС, 2002. -638 с.
2. Yacamini Y. Power Systems Harmonics. – Part 3: Problems Caused by Distorted Supplies/ Power Engineering Journal. October 1995, pp. 233-238.
3. Жежеленко И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях /И.В. Жежеленко. - М.:Энергоатомиздат, 2005. -261 с.
4. Вагин Г.Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике /Г.Я.Вагин, А.Б.Лоскутов А.А.Севостьянов. – Н.Новгород : Изд-во НГТУ, 2004. -214 с.

Electric Arc Furnace Working Modes Study and Processing of Control System of High Harmonic Compensation in a Power Network

*B. Tchunashvili, A. Petrosyan, T. Gamrekelashvili, M. Kobalia,
Georgian Technical University*

Summary

Studies of electric arc furnace working principles and working modes have shown that they produce three spectrums of high harmonic respective of three interchangeable modes in each phase of a network. For restricting device of high harmonic produced by electric arc furnaces a three-step filter set for each phase is developed. The system is controlled by the function of current load of phase. Implementation of processed control systems provides high harmonics discharge in the elements of power supply network, power index and power efficiency increase.



V სავაჭრო-სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ენერგოეფექტურობა და განახლებადი
ენერჯის წყაროები

2

ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY SOURCES





V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





**ენერგოეფექტური ტექნოლოგიები მშენებლობაში და
 თანამედროვე გამოწვევები**

მ.ბარათაშვილი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია ენერგო ეფექტური სახლების მშენებლობის მიმართულებით ქვეყნის წინაშე მდგარი ახალი გამოწვევები, წარმოდგენილია ამ მიმართულებით არსებული მოლოდინები, განხილულია ენერგოეფექტური სახლების კლასიფიკაცია, თითოეული ჯგუფის მოკლე დახასიათებით, მოტანილია დასავლეთის ქვეყნებში ენერგო ეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენებით არსებული მიღწევები, შეფასებულია ქვეყანაში იგივე შედეგების უზრუნველყოფის შესაძლებლობები.

ტრადიციული სახის ენერგო მატარებლებზე ფასების განუწყვეტელი ზრდით და ენერჯის წარმოების მიზნით საწვავის წვის შედეგად ატმოსფეროში უკონტროლოდ გატყორცნილი ნარჩენი პროდუქტებით გარემოს დაბინძურებით მიღებული შედეგების გამო სულ უფრო აქტუალური ხდება ენერგო ეფექტური ტექნოლოგიების გამოყენება, მისი მოხმავების ცალკეული მაგალითები გასცდა ევზოტიკის სფეროს და სულ უფრო მკვიდრდება სზოგადოებრივი საქმიანობის ისეთ სფეროებში როგორცაა ენერგეტიკა, მშენებლობა, ტრანსპორტი, მეტალურგია, სოფლის მეურნეობა და სხვა. პირველი ენერგო ეფექტური სახლი აშშ-ში 1972 წელს ქ. მანჩესტერში აშენდა და ამ ნაგებობის ენერგო ეფექტურობა ძირითადად მოხმარებული ენერჯის დაზოგვაზე იყო გათვლილი. ათეული წლები ასეთი სახლების მშენებლობა მოხალისეების ნებაზე იყო დამოკიდებული, ახლა კი უკვე ბევრ ქვეყანაში ამ ტიპის სახლების მშენებლობა მარეგულირებელი სახელმწიფო ორგანოების მიერ მშენებლებზე დაკისრებული ვალდებულებაა. გერმანიაში 2024 წლიდან აგებული ყველა შენობა უნდა პასუხობდეს ენერჯის ნულოვანი მოხმარების პირობებს. ასოცირების ხელშეკრულების მიხედვით აღებული ვალდებულებით საქართველომ 2026 წლიდან უნდა დაიწვიოს ენერგო ეფექტური სახლების მშენებლობა და ამ მიზნით ამ დროისთვის უკვე დამტკიცებული უნდა იყოს სათანადო რეგულაციები. სახლის ენერგო ეფექტურობის ხარისხი განისაზღვრება E კოეფიციენტით რომელითაც წარმოებს სეზონების შესაბამისად თბური ენერჯის ხარჯვის ფარდობითი მაჩვენებლის განისაზღვრა.

- $E \leq 110$ კვტ/მ/წელიწადი- ჩვეულებრივი სახლი;
- $E \leq 70$ კვტ/მ/წელიწადი-ენერგოეფექტური სახლი;
- $E \leq 15$ კვტ/მ/წელიწადი-პასიური სახლი.

ევროპაში შენობების ენერგოეფექტურობის შეფასება წარმოებს EP კოეფიციენტის შესაბამისად. მისი მეშვეობით ხდება გათბობაზე გაგრილებაზე და საყოფაცხოვრებო ტექნიკის მოხმარებისას მოხმარებული ენერჯის შეფასება. ენერგო სისტემები EP=1 მაჩვენებლით განეკუთვნება ენერგო ეფექტურ D ჯგუფს და მათთან შედარებით ხდება სხვა ჯგუფს მიკუთვნებული სისტემების ენერგოეფექტურობის შეფასება. ევროპაში ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლით წარმოებს სახლების კლასიფიკაცია;

- $EP \leq 0,25$ – A კლასი, პასიური სახლი;
- $0,26 < EP \leq 0,50$ – B კლასი, ეკონომიური სახლი;
- $0,51 < EP \leq 0,75$ – C კლასი, ენერგო დამზოგი სახლი;
- $0,75 < EP \leq 1$ – D კლასი, სტანდარტული სახლი;
- $1,01 < EP \leq 1.25$ – E კლასი;



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



- $1,26 < EP \leq 1,50$ – F კლასი ;
- $EP > 1,51$ – G კლასი, სახლი ენერგო დანახარჯებით.

ამ მაჩვენებლის მიხედვით წარმოებს ყველა სახლის შეფასება და მათ ენიჭებათ ენერგო სერთიფიკატი, რომელშიც წარმოდგენილია სახლის გათბობაზე, გაგრილებაზე, წყლის გათბობაზე, განათებასა და საყოფაცხოვრებო ტექნიკის მუშაობისთვის საჭირო ენერგო დანახარჯები. ენერგო ეფექტური სახლი უზრუნველყოფს საუკეთესო მიკროკლიმატის და ენერჯის მინიმალური მაჩვენებლით მოხმარების შეთავსებას, ასეთ სახლებში ერთ კვადრატულ მეტრზე ენერგო დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი არ აღემატება 15 კვტ.სთ/კვ.მ-ზე, მაშინ როცა ჩვეულებრივ სახლებში უკეთეს შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი 120 კვტ.სთ/კვ.მ-ზე. ზოგადი კლასიფიკაციით არსებობენ

- სახლები ენერჯის მცირე მოხმარებით; ამ სახლებში ჩვეულებრივ სახლებთან შედარებით მოიხმარება 50% ენერჯია.
- სახლები ენერჯის მინიმალური მოხმარებით:
- სახლები რომლებიც მოიხმარენ ჩვეულებრივთან შედარებით 70-90%-ით ნაკლებ ენერჯიას და აქვთ გარემოზე მინიმალური ნეგატიური გავლენა, ასეთი სახლების განეკუთვნება: გერმანული Passive House, ფრანგული Effnergie, შვეიცარული Minergie, დანიური პირველი ჯგუფის სახლები. პასიური სახლები ხასიათდებიან მაღალი თბოიზოლოციით სადაც კარგი მიკროკლიმატის უზრუნველყოფა წარმოებს მზის და საყოფაცხოვრებო ელ.ხელსაწყოების ენერჯით, ადამიანის სითბოთი, ასეთ სახლებში ნულამდგა დაყვანილი თბური დანაკარგების მაჩვენებელი.
- სახლები ენერჯის გენერირების შესაძლებლობით; ეს სახლები საკუთარი მოხმარებისათვის თავად გამოიმუშავენ საკმარის ენერჯიას და ზაფხულის პერიოდში მათ მიერ გამოიმუშავებული ენერჯია მიეწოდება ენერგო კომპანიებს შემდგომი რეალიზაციის მიზნით.
- სახლები გარემოში CO₂ ნულოვანი გატყორცნით; ყველა საჭიროებისთვის განახლებადი წყაროებიდან ენერჯის გამოიმუშავებისას ამ სახლებიდან გარემოში არ ხვდება CO₂. დიდ ბიტანეთში 2016 წლიდან ყველა სახლი შენდება რეგულაციებით რომელიც უზრუნველყოფს ასეთი ჯგუფის სახლების მშენებლობას. უახლოეს პერიოდში ენერგო ეფექტური ტექნოლოგიების მიმართულებით სახლის თანამედროვე დიზაინი და ადამიანითვის მისი მაქსიმალური მოხერხებულობის მიმართულებებით თანამედროვე მიდგომები კვლავინდებურად ძალაშია, ამასთან ენერგო ეფექტური ტექნოლოგიების მიმართულებით სახლები უნდა პასუხობდნენ შენობების ენერგეტიკული და ეკოლოგიური მდგრადობის “Triple Zero” ”სამი ნულის” ტექნოლოგიების მოთხოვნებს;
- სახლები გარედან ენერჯის ნულოვანი მიწოდებით, ისინი როგორც წესი უნდა გამოიმუშავებდნენ მინიმუმ საკუთარი მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად საკმარის ენერჯიას.
- სახლები გარემოს დამაზიანებელი გაზების გარემოში ნულოვანი გატყორცნით; ასეთი სახლები ენერჯის გამოიმუშავებისა და მოხმარებისას გარემოში არ გატყორცნიან CO₂, VOC და სხვა პროდუქტებს.
- სახლები ნულოვანი საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით; მარტივია ასეთი სახლების ცალკეული ელემენტების დემონტაჟი და იქვე მიმდინარეობს ამ სახლის ექსპლუატაციით ან მასში ცხოვრებისას წარმოქმნილი ყველა საყოფაცხოვრებო ნარჩენის გადამუშავება.

იმისათვის რომ ქვეყანამ დათქმულ დროს სათანადოდ უპასუხოს მის წინაშე მდგარ



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გამოწვევებს, იმ იმედით რომ შემცირდება სხვადასხვა მიმართულებით ენერჯის მოხმარება ენერგო მატარებლებზე, ფასის ზრდით (აქსციზი, საბაჟო მოსაკრებელი) პრობლემის გადაწყვეტის ეს ხერხი უკეთეს შემთხვევაში არასაკამარისია და რეალურად კი ეს არაა ის მიმართულება რომელიც პრობლემის გადაწყვეტისკენ გზაზე სათანადოდ უპასუხებს ქვეყნის წინაშე მდგარ ახალი გამოწვევებს. როგორც წესი ენერგოეფექტურ ტექნოლოგიებში აქტიურადაა გამოყენებული სხვადასხვა სახის განახლებადი ენერჯის წყაროები. საქართველოში აშენდა ქარის პირველი ელექტრო საგური, ნელ ნელა პოპულარული ხდება მზით ცხელი წყლის მიღების სისტემები. არსებობს მზით ელ.ენერჯის წარმოების სისტემების გამოყენების ცაკლეული შემთხვევები. თბური ძრავების შესაძლებლობები ქვეყანაში ჯერ თითქმის არ გამოიყენება. მათი მეშვეობითაა შესაძლებელი მაღალი ენერგოეფექტური მაჩვენებლებით სახლების არსებობა. შვეციაში ეს ტექნოლოგია უკვე აქტიურად 25 წელია გამოიყენება და სახლების 95% თბური ძრავებითაა აღჭურვილი. პირველი თბური ძრავი აშშ-ში 1930 წელს დამონტაჟდა. 1963 წელს აშშ-ში 76000 თბური ძრავი გაიყიდა. ამჟამად იაპონიაში ექსპლუატაციაშია 3 მილიონზე მეტი თბური ძრავი, აშშ-ში ყოველწლიურად 1 მილიონი თბური ძრავი იწარმოება. ახალი რეგულაციების შემოღებამდე დიდი დრო არაა დარჩენილი, იმისათვის რომ სამშენებლო სექტორში ღირსეულად ვუპასუხოთ ენერგო მოხმარების მიმართულებით ახალ მოთხოვნებს საჭიროა ცნობიერების ამაღლება, მოსალოდნელი რისკების თავიდან ასაცილებლად, პრობლემის სწორად შეფასება, მათი გადაწყვეტის მაქსიმალურად ეფექტური გზების მოძიების მიზნით.

ლიტერატურა

1. Горшков, А.С. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве / А.С. Горшков, А.А.Гладких // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 3. – С. 246–250
2. Долаева З. Н., Урусов А. Р. Перспективность внедрения энергоэффективных технологий в строительстве // Молодой ученый. — 2016. — №26. — С. 32-35. — URL

ENERGY EFFICIENT CONSTRUCTION TECHNOLOGIES AND MODERN CHALLENGES

Baratashvili M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

In the article the new challenges facing the country in the field of construction of energy building. The expected opportunities in these areas are presented. Examined the classification of the energy rear, and a brief description of the building included in separate groups. given the concrete achievement in the field of construction of energy-efficient buildings. Estimated the possibilities of the expected results in the regions of construction of energy-efficient buildings in our country.



ხელოვნური განათების ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის ანგარიშის მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელის შემუშავება და აპრობაცია.

კახაძე ვ.ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანტაბა: სტატიაში, გაანალიზებულია მსოფლიოში ცნობილი მეცნიერების მიერ შემუშავებული ხელოვნური განათების ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის ანგარიშის მეთოდები. ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ეფექტიანობაზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორის გათვალისწინებით, პრობლემის გადაჭრისადმი კომპლექსური მიდგომით შემუშავებულია საქართველოში ხელოვნურ განათებაში თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი, იგი ატარებს უნივერსალურ ხასიათს, მისი გამოყენება შესაძლებელია ხელოვნური განათების სისტემებში ნებისმიერი სიახლის დანერგვის ეფექტიანობის დასაბუთებაში. მიღებული მათემატიკური მოდელი აპრობირებულია სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის ხელოვნურ განათებაში. ჩატარებული ანგარიშის შედეგებმა აჩვენა, რომ შემოთავაზებული მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელით შესაძლებელია ხელოვნურ განათებაში ენერგოდამზოვი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის სრულყოფილი შეფასება.

დადგენილია, რომ [2,3,4] ელექტროენერჯის საერთო ხარჯიდან 20%-ზე მეტი მოდის ხელოვნურ განათებაზე, აქედან გამომდინარე განათების სისტემების მოდერნიზაცია, ხელოვნური განათების მოძველებული სისტემების თანამედროვე საშუალებებით ჩანაცვლების უზრუნველყოფა ქვეყნისათვის ერთ-ერთ უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს.

დასმული პრობლემის გადაწყვეტისადმი მიძღვნილი კვლევების [4,5] მეცნიერულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ხელოვნური განათების სისტემებში ახალი ეკონომიკური ტექნოლოგიების დანერგვის ეფექტიანობის შეფასების შემოთავაზებული მეთოდები არ ატარებენ მრავალფაქტორიან-კომპლექსურ ხასიათს და მოითხოვენ გარკვეულ ტრანსფორმაციას.

შესაბამისად შემუშავებული უნდა იქნეს ხელოვნური განათების სისტემების დანერგვის ეფექტიანობის ანგარიშის ისეთი მეთოდოლოგია, რომელშიც ასახული იქნება მისი სიდიდეზე მოქმედი ყველა შესაძლო ფაქტორი.

ზოგადად, ხელოვნური განათების სისტემაში თანამედროვე ენერგოდამზოვი საშუალებების დანერგვის ეფექტიანობის ანგარიშის მათემატიკური მოდელი შეიძლება გამოისახოს შემდეგი ფორმულით:

$$\beta_{\Sigma} = \sum_{t=T_{\Sigma}}^{T_{\Sigma}} (A_t - B_t) \alpha_t - \sum_{t=0}^{T_{\Sigma}} K_t \alpha_t \geq 0$$

სადაც: A_t - შემოსავლები t ბიჯზე;

B_t - t ბიჯზე განხორციელებული დანახარჯები;

K_t - t ბიჯზე განხორციელებული ინვესტიციების მოცულობა;

T_{Σ} - პროექტის განხორციელების (მშენებლობის) ხანგრძლივობა;

α_t - დისკონტირების კოეფიციენტი, t ანგარიშის ბიჯის ნომერი;

T_{Σ} - საინვესტიციო პროექტის ექსპლუატაციის ვადა;

ექსპერტული კვლევით დადგინდა, რომ ხელოვნური განათების თანამედროვე ენერგოდამზოვი სისტემის დანერგვის პროექტის ეფექტიანობაზე მოქმედებს ფაქტორთა ფართო სპექტრი. მათ შორის:

1. პროექტის განხორციელების ხანგრძლივობა;



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



2. ენერგოდამზოვი საშუალებების აქტიური სიმძლავრე;
3. არსებული და ახლად დასანერგი ენერგოდამზოვი საშუალებების ღირებულება;
4. ელექტროენერგიის ტარიფი, ზრდის ტემპის გათვალისწინებით;
5. ენერგოდამზოვი და არსებული განათების სისტემების სამსახურის ვადა;
6. არსებული და ახალი ენერგოდამზოვი სანათების შეცვლის ჯერადობა წელიწადში;
7. საინვესტიციო დანახარჯები;
8. გამოყენებული ინვესტიციების სახეები;
9. არსებული სანათების შეცვლის შედეგად გამონთავისუფლებული სანათების უტილიზაციის ღირებულება;
10. პროექტის განხორციელების პერიოდში ინფლაციის ინდექსი ზრდადი შედეგით;

ფორმულა (1)-ში ზემოთ მოყვანილი ფაქტორების გათვალისწინებით, ხელოვნური განათების სისტემების ახალი თანამედროვე მოწყობილობებით ჩანაცვლების პროექტის ეფექტიანობის ანგარიშის მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი მიიღებს სახეს:

$$\begin{aligned}
 \text{წმ} = & \sum_{t=T_{\text{წმ}}}^{T_{\text{ს}}} \left[\frac{n_t(P_{\text{არს}} - P_{\text{ახ}})I_{\text{ჩს}}}{1000} T_t * r + n_t \frac{I_{\text{ახ}}}{I_{\text{ჩს}}} * C_{\text{არს}} * I + (C_{\text{ახლ}} + C_{\text{ექს}}) \right] * \frac{1}{(1 + E_t)^t} - \sum_{t=0}^{T_{\text{ს}}} * \\
 & * [n_t * \frac{I_{\text{ახ}}}{I_{\text{ჩს}}} * (C_{\text{ახ}} + K_{\text{უ}}) + I_{\text{ახკ}} + I_{\text{ჩსკ}} + I_{\text{ექსკ}}] * \frac{(1 + E_{\text{ინფ}})^t}{(1 + E_t)^t} \quad (2)
 \end{aligned}$$

სადაც: $P_{\text{არს}}$ და $P_{\text{ახ}}$ - არსებული და ახალი ენერგოდამზოვი სანათების აქტიური სიმძლავრე, (ვტ);

n - შესაცვლელი და ენერგოდამზოვი სათანების რაოდენობა, ცალი;

\square $არს$ - არსებული სანათების სამსახურის ვადა, საათი;

\square $ჩს$ - სანათების ჩართვის სანგრძლივობა, საათი;

\square $ახ$ - ახალი მოწყობილობების სამსახურის ვადა, საათი;

$C_{\text{არს}}$ - განათების არსებული საშუალებების ღირებულება, ათასი ლარი;

$C_{\text{ახლ}}$ - არსებული განათების სისტემების სალიკვიდაციო ღირებულება, ათასი ლარი;

$C_{\text{ექს}}$ - არსებული განათების სისტემების საექსპუატაციო ხარჯები, ათასი ლარი;

$I_{\text{ჩსკ}}$ - საკუთარი კაპიტალის მოცულობა t ბიჯზე, ათასი ლარი;

$I_{\text{ჩსახ}}$ - ნასესხები კაპიტალის მოცულობა t ბიჯზე, ათასი ლარი;

$I_{\text{ჩსექ}}$ - აქციონერული კაპიტალის მოცულობა t ბიჯზე, ათასი ლარი;

r - ტარიფის ზრდის ტემპი;

I - ინფლაცია, ზრდადი შედეგით;

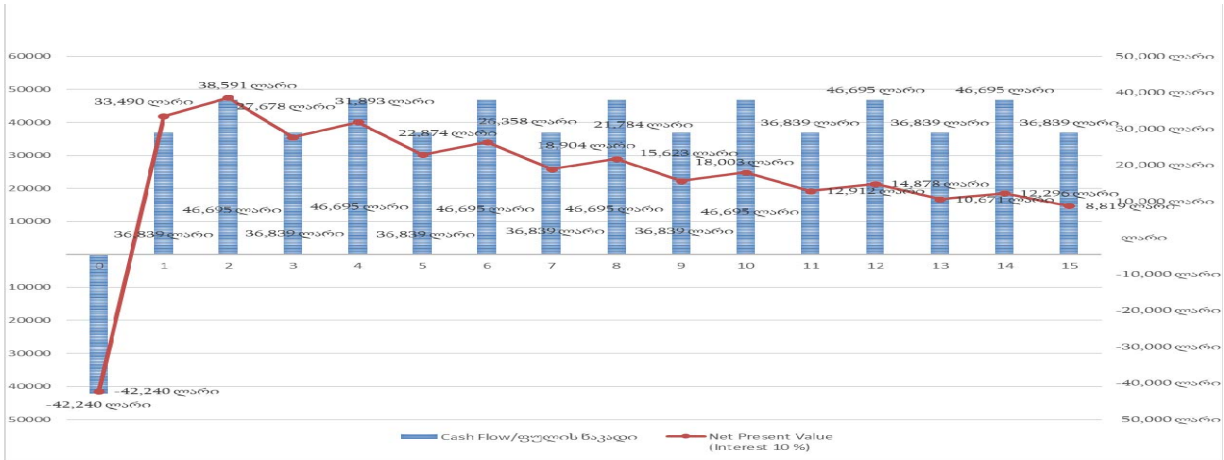
$K_{\text{უ}}$ - არსებული ხელოვნური განათების სისტემის შეცვლის შედეგად გამონთავისუფლებული სანათების უტილიზაციის ღირებულება, ათასი ლარი;

E_t - დისკონტის ნორმა t ბიჯზე;

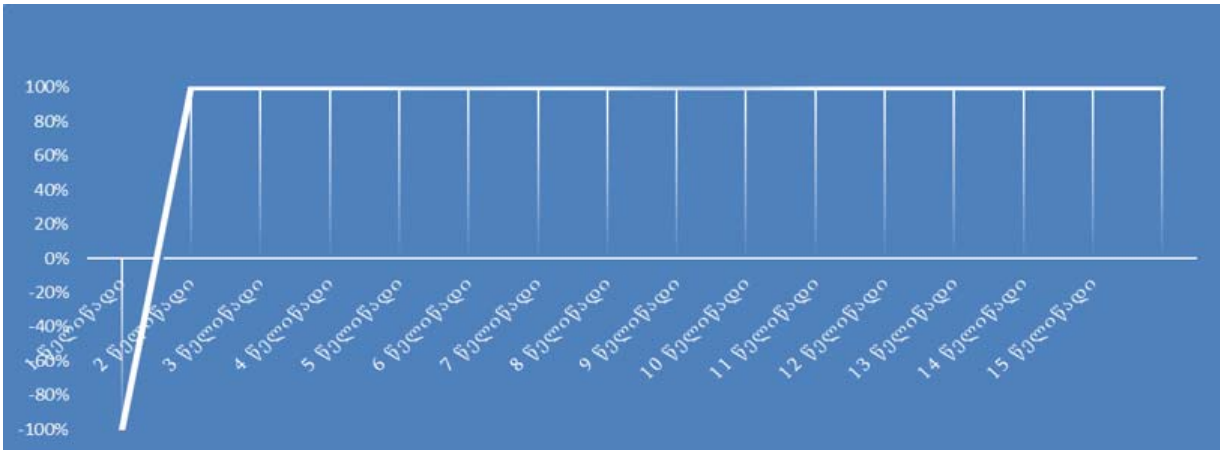
$E_{\text{ინფ}}$ - დისკონტის საშუალო შეწონილი მნიშვნელობა;

T_t - t ბიჯზე ელექტროენერგიის ტარიფი (ლარი/კვტ.სთ);

წარმოდგენილი მრავალფაქტორიანი მათემატიკური მოდელი აპრობირებულია სს ენერგო პრო ჯორჯიას სათაო ოფისის განათების არსებული სისტემის თანამედროვე ეკონომიკური განათების სისტემებით ჩანაცვლების მაგლითზე. ფორმულა (2)-ის



გრაფიკი (1) სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში ხელოვნური განათების სისტემის დანერგვის შედეგად ფულადი ნაკადების და წმინდა დისკონტრებული შემოსავლის ფარდობითი მჩვენებლები წლების მიხედვით;



გრაფიკი (2), სს ენერგო-პრო ჯორჯიას სათაო ოფისში თანამედროვე ხელოვნური განათების სისტემების დანერგვის ეკონომიკური ეფექტიანობის მჩვენებლები დინამიკაში.



3. www.esco.ge
4. Тульчинская Я.И. - МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ СВЕТИЛЬНИКОВ И ЛАМП НА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
5. Малафеев О. Ю. - ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ В СЕКТОРАХ ПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ
6. Дасковский Вадим Борисович - Совершенствование оценки эффективности инвестиций
7. ჯაფარიძე დ. კახაძე ვ. ხელოვნური განათების თანამედროვე სისტემების ეფექტიანობის შეფასება და დანერგვის პერსპექტივები საქართველოში// ყოველკვარტალური რეგულირებადი და რეგენზირებადი საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი ბიზნეს-ინჟინერინგი №1-2. 2018 წელი, გვ. 142-148.

DEVELOPMENT AND APPROBATION OF A MULTI-FACTOR MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING EFFECTIVE APPLICATION OF THE ARTIFICIAL ILLUMINATION ENERGY-SAVING SYSTEMS.

Kakhadze V.

Georgian technical University

Summary

In the article, are analyzed worlds famous scientists methods of effectiveness of implementation of light energy saving systems in artificial light. Taking into consideration all possible factors affecting the effectiveness of the analysis, using complex approach to problem solving, has been developed the multifaceted mathematical model of evaluating efficiency of implementation of modern energy saving systems in artificial lighting in Georgia, it has a universal character, and it can be used to substantiate the effectiveness of any novelty in artificial lighting systems. The approbation of the obtained mathematical model is made in artificial lighting of JSC ENERGO-PRO Georgia's head office. The results of the survey report have shown that the proposed multifaceted mathematical model can provide an efficient assessment of implementation of energy saving means in artificial lighting.

УЧЕТ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО И СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Клепикова С.В

Национальный Технический Университет

«Харьковский политехнический институт»

В настоящей работе обосновывается необходимость, при организации управления энергоэффективностью предприятия, учета мультипликативного и синергетического эффектов, которые имеют место при модернизации электроприводов промышленных предприятий. Данный учет должен быть осуществлен дополнениями в нормативно-правовой базе энергосбережения и методиках энергоаудита.

Для Украины, как и для ряда других республик бывшего СССР, недостаточно обеспеченных собственными энергетическими ресурсами, проблема повышения энергоэффективности особенно актуальна. На их импорт приходится тратить огромные валютные средства, которые так необходимы для развития экономики и решения социальных задач. Одним из показателей состояния экономики страны является энергоемкость, под которой обычно понимают отношение затрат первичных топливно-энергетических ресурсов (в тоннах условного топлива), к объему произведенного валового внутреннего продукта. Высокая энергоемкость –



показатель неэффективности экономики, а индикатором энергоэффективности может служить величина, обратная энергоемкости, т.е. отношение ВВП к величине потребленных топливно-энергетических ресурсов.

Одним из средств повышения энергоэффективности является рациональное использование электрической энергии. Управление энергоэффективностью предприятий осуществляется на основе перспективных планов экономии электроэнергии модернизации электрооборудования.

В настоящей работе отмечается количественная взаимосвязь между единицей сэкономленной электроэнергией и количеством топливного эквивалента с учетом наблюдаемых за последние десятилетия изменений: графика сменности работы предприятий, изношенности электрооборудования тепловых электростанций, качества угля и др. Обосновывается необходимость учета при организации управления энергоэффективностью предприятия, большого мультипликативного и синергетического эффектов, обеспечиваемых некоторыми видами электрооборудования.

В работах [1,2] показано, что с учетом КПД тепловой электростанции, расходов электроэнергии на добычу и транспортировку топливно-энергетических ресурсов на выработку одной единицы электроэнергии затрачивается в энергетическом эквиваленте N единиц первичных энергоресурсов равное

$$N = \frac{1 + \frac{q}{Q\eta_{ЭС}}}{\eta_{ЭС}}, \quad (1)$$

где $\eta_{ЭС}$ - коэффициент полезного действия электростанции;

q - затраты электроэнергии на добычу и транспортировку одной тонны первичных ресурсов (Гкал/т);

Q - удельная теплотворная способность (Гкал/т).

С учетом ранееуказанных изменений каждая единица сэкономленной электроэнергии в энергетическом эквиваленте дает экономию около 5 единиц энергетических ресурсов [1-3].

Но такое соотношение является не единственным фактором, побуждающим к экономии электроэнергии. При модернизации отдельных видов электрооборудования, в частности, замене нерегулируемых электроприводов на регулируемые, проявляется, так называемый, мультипликативный и синергетический эффекты экономии энергетических ресурсов. Поясним сущность данных эффектов на следующих примерах.

Пример 1 косвенной экономии вследствие мультипликативного эффекта.

После модернизации электропривода насосного агрегата на станции 2-го подъема заменой нерегулируемого электропривода на регулируемый, по сравнению с годом предшествующим модернизации, была получена экономия: электроэнергии по счетчику - 42%, воды - 25%. Кроме того число порывов водопроводной магистрали сократилось с 60 в год до 8-ми. В экономическом эффекте Э, доли от экономии составили: за счет экономии электроэнергии -13%, воды -64%, сокращения расходов на водоотведение -21%, т.е.

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_э + \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_к \quad (2)$$

Учитывая, что энергетическая составляющая водоснабжения расходов на доставку и водоотведение составляет 60% получим

$$K = \frac{(\mathcal{E}_э + \mathcal{E}_в) \cdot 0.6}{\mathcal{E}_к} \approx 4 \quad (3)$$

т.е. экономия электроэнергии на насосных станциях от места забора воды до насосной станции и при ее канализации в 4 раза больше, чем по электросчетчику на станции, понесшей



расходы на модернизацию.

Таким образом, за счет уменьшения потребления электроэнергии насосами магистрального водопровода при доставке сэкономленной воды от места забора до станции 2-го подъема, ее канализации и восстановления, с государственной точки зрения получена общая пятикратно большая экономия электроэнергии, чем зафиксировано электросчетчиками на объекте модернизации. Если при этом учесть свойство каждой единицы сэкономленной электроэнергии в энергетическом эквиваленте экономить 5 единиц топливных энергоресурсов, то их общая экономия возрастает в 25 раз. Следует обратить внимание, что хотя затраты на модернизацию были понесены станцией 2-го подъема, в 4 раза большая экономия электроэнергии была получена на промежуточных насосных станциях магистрального водопровода, которые на модернизацию не понесли никаких расходов. Очевидно, что это обстоятельство должно быть учтено стимулирующими действиями со стороны государства, поскольку за счет сэкономленных энергоресурсов государство снизило соответствующий объем валютных средств затрачиваемых на импорт.

Пример 2 синергетического эффекта прямой экономии энергетических ресурсов.

При модернизации электроприводов котельного агрегата мощностью 300 Мвт. была выполнена замена 4 нерегулируемых электроприводов на регулируемые. Это электропривода, осуществляющие подачу газа, воздуха, воды, а так же дымоудаление продуктов горения. Модернизация в отдельности каждого из электроприводов обеспечивала бы повышения КПД лишь на доли процентов, при одновременной модернизации всех вышеуказанных электроприводов и оптимизации средствами автоматического регулирования процесса горения проявляется синергетический эффект и КПД может быть повышен на 2-5 %. При этом мощность экономии электроэнергии по счетчикам всех электроприводов составляет лишь около 90 кВт. В то же время экономия газа при 3%-ом повышении КПД составляет, в энергетическом эквиваленте, 9000 кВт., т.е. в 100 раз больше. Следует также отметить, что в данном случае наблюдается непосредственная экономия газа, а кроме того опосредственная экономия электроэнергии на насосных станциях газотранспортной системы, будет иметь место за счет устранения необходимости перекачивать сэкономленный газ.

Пример 3 иллюстрирует эффект сбережения энергетических ресурсов за счет улучшения показателей работы технологического объекта, вследствие повышения динамических показателей электропривода.

При модернизации электроприводов стана холодной прокатки 1700 было достигнуто повышение точности регулирования толщины полосы металла и обеспечена прокатка с минусовым допуском. При скорости прокатки V равной 30 м/с, минусовом допуске Δd всего лишь 10 микрон и времени работы стана за год в течение t 5000 часов, экономия металла равна

$$m_g = S V \Delta d \gamma t \quad (4)$$

где S - ширина полосы, м

Δd - минусовой допуск, мк

γ - удельный вес металла т/м³.

Не трудно подсчитать, что при $S = 1,7$ м., $\Delta d = 10 \text{ мк} = 10^{-5}$ м., $\gamma = 7,8$ экономия составит 9 тыс. тонн.

Если учесть, что для вышеуказанного сэкономленного металла нужно было добыть руду, выплавить чугун, сталь, прокатать слябы, осуществить транспортировку материалов, то можно представить какой огромный объем энергетических ресурсов будет сэкономлен на этих предшествующих этапах производства.

В [3] показано, что практически любое улучшение показателей технологического процесса



средствами регулируемого электропривода дает не только прямую (по месту установки), но и опосредственную (косвенную), нередко существенно большую, экономию энергетических ресурсов. То есть модернизация электромеханических систем является, в определенном отношении, уникальным средством повышения энергоэффективности. Расчеты Международного Энергетического Агентства (МЭА) свидетельствуют, что за счет повышения эффективности электромеханических систем можно достичь снижения потребления ими электрической энергии на 20-30%, что в среднем составляет 10% от всей генерируемой [4].

В Украине промышленность является одним из наибольших потребителей электрической энергии (около 62%), при чем в рамках промышленного сектора электроприводами потребляется 69%. Этот факт указывает на необходимость при управлении энергоэффективностью промышленных предприятий обратить особое внимание на модернизацию электроприводов. В свете вышеприведенных примеров следует сделать вывод, что модернизация именно электроприводов должна стать приоритетным направлением, при разработке мероприятий по повышению энергоэффективности предприятий. При организации модернизации приоритет следует отдавать электроприводам обеспечивающим мультипликативный и синергетический эффекты экономии энергетических ресурсов. Однако именно эти электропривода, как средства автоматизации и оптимизации технологического процесса, являются более сложными и требуют больших инвестиционных вложений.

Из этого следует, что нормативно-правовая база в области энергосбережения должна стимулировать предприятия, осуществляющие модернизацию именно электроприводов, вышеуказанного вида, что на настоящий момент должным образом не обеспечивается.

Анализ различных методик энергоаудита предприятий так же показывает, что фактор косвенной экономии энергетических ресурсов не учитывается и не предусматривает необходимости учета мультипликативного эффекта. Но с государственной точки зрения важен общий объем экономии, а как было показано экономия вне предприятия модернизации может многократно превышать экономию отображаемую электрическим счетчиком после модернизации.

Международным энергетическим агентством в рекомендациях 2016 года, «Политика энергоэффективности», был предложен комплекс рекомендаций по энергетической эффективности, касающихся развития различных отраслей, в том числе и промышленности. Экспертами отмечена необходимость обеспечения комплексного соблюдения, контроля, реализации и оценки мер по повышению энергоэффективности. Рекомендовано на правительственном уровне формулировать новую политику и меры по повышению энергоэффективности; создание нормативно-правовой и базовой инфраструктуры для обеспечения соответствия требованиям энергоэффективности; обеспечение прозрачности и справедливости процедур оценки и энергоаудита, введения системы энергоменеджмента на предприятиях и т.д. [4]. Необходимость реализации такого подхода отмечается и в работах [5, 6].

Вывод. С целью заинтересованности предприятий в модернизации электроприводов, обеспечивающих мультипликативный и синергетический эффекты экономии энергетических ресурсов вне данного предприятия, необходимо внести дополнения в нормативно-правовую базу и методики энергоаудита. При этом предусмотреть, как в ряде развитых зарубежных стран, налоговые, тарифные и прочие льготы, государственные субсидии и льготное кредитование на модернизацию электрооборудования предприятия и другие меры, способствующие ускоренной модернизации заменой нерегулируемого электропривода на регулируемый.

Список литературы:

1. Клепиков В.Б., Мехович С.А., Клепикова С.В. Экономический, энергосберегающий и экологический аспекты экономии электроэнергии в Украине// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит.-2010.-№12.-



C.43-47.

2. Из опыта внедрения энергоресурсосберегающего электропривода в промышленности и ЖКХ Украины /Загирняк М.В., Клепиков В.Б., Пересада С.М., Садовой А.В. и др. – Харьков: Вестник НТУ «ХПИ» Проблемы автоматизированного электропривода, 2013.-С.13-15
3. Загирняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой А.В. и др. Энергоэффективные электромеханические системы широкого технологического назначения. (укр).- Київ: Інститут електродинаміки НАН України, 2018.-310с.
4. International Energy Agency. Mode of access: <https://www.iea.org/countries/nonmembercountries/ukraine/>
5. Тихоненко Ю.Ф. Об организации энергосбережения за рубежом и российские реалии // Портал-энерго. 2012. URL: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/483>
6. Денисюк С.П., Таргонский В.А. Устойчивое развитие энергетики Украины в мировых измерениях. (укр)//Енергетика: економіка, технології, екологія.-2017.-№4.-С.7-28.

Measuring multiplying impact and effect of synergy in industrial enterprises energy efficiency management

Klepikova S.

National Technical University «Kharkiv Politechnic Institute»

Summary

The need for taking into account the multiplying impact and effect of synergy while managing energy efficiency for industrial enterprises is validated in the current paper. The named effects occur at modernization of electric drives of industrial enterprises. Implications of amendments in the regulatory and legal framework for energy saving and energy audit techniques should facilitate reflection of the considered multiplying impact and effect of synergy.

დიდ მოცულობაში წყლის დუღილისას გამახურებელ ზედაპირზე მოქმედი ძალის ხვედრით თბურ ნაკადზე დამოკიდებულების შესახებ

მაჭავარიანი ე. ს., ქსოველი ნ. თ., ცხადაძე ლ. ა.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

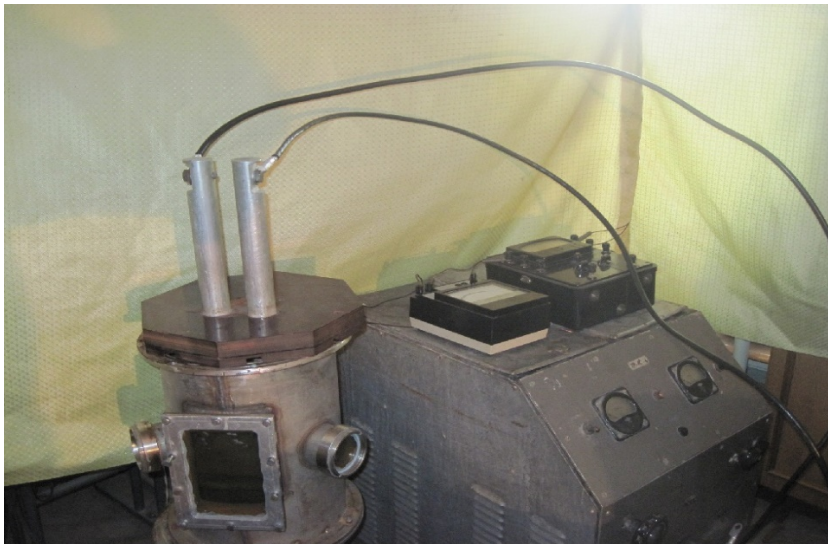
აღწერილია მდულარე სითხის მხრიდან მდულარ ზედაპირზე აღძრული მექანიკური ზემოქმედების ვიზუალიზაციის უზრუნველყოფი ლაბორატორიული დანადგარი და წარმოდგენილია ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომლებიც ნათლად ადასტურებენ, რომ ხსენებული მექანიკური ზემოქმედების სიდიდე დამოკიდებულია დუღილისას განვითარებული ხვედრითი თბური ნაკადის მნიშვნელობაზე.

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ წარმოქმნილი მექანიკური ზემოქმედება გამოწვეულია დუღილისას გამახურებელ ზედაპირიდან ორთქლის ბუშტების მოწვევით აღძრული რეაქტიული ძალის მოქმედებით.

მოხსენება შეიცავს აგრეთვე ვიდეომასალას.

მადლიერება: ჩვენ დიდ მადლობას გუხდით საქართველოს შოთა რუსთაველის სახელობის სამეცნიერო ფონდს მისი კეთილშობილური ფინანსური მხარდაჭერისათვის გამოყენებით პროექტზე (AR/222/3-171/14) გაცემული გრანტის სახით.

სითხის დუღილის ერთი შეხედვით ძალიან მარტივი ფიზიკური მოვლენა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ტექნიკისა და ტექნოლოგიის მრავალ დარგში, თითქმის ერთი საუკუნეა რაც მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერი მკვლევარების განსაკუთრებული ინტერესის სფეროს განეკუთვნება.



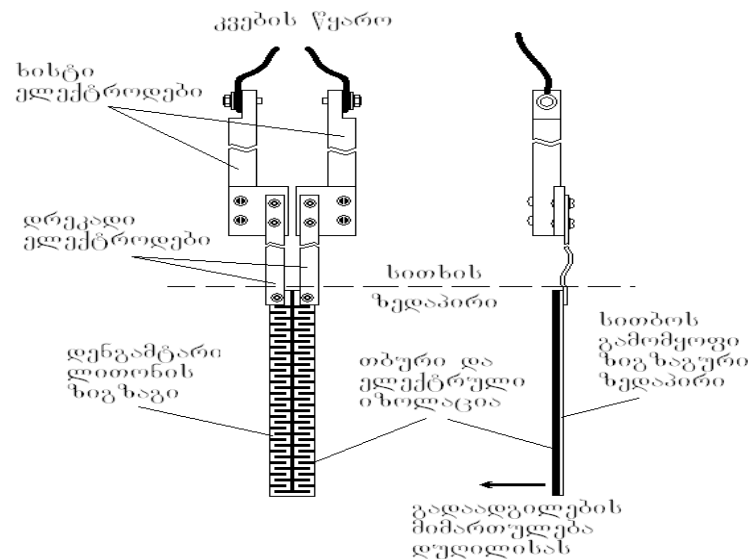
სურ. 1. ექსპერიმენტული დანადგარი კვებისა და გამზომი ხელსაწყოებით



ქვემოთ, ნახ. 1-ზე, წარმოდგენილია ექსპერიმენტული უბნის პრინციპული სქემა. როგორც წარმოდგენილი ნახაზიდან ჩანს, დრეკადი ელექტროდების წყალობით, სითხეში ჩაძირულ გამახურებელ, ანუ მადულარ ელემენტზე მდულარე სითხის მხრიდან აღძრული ნებისმიერი სიდიდის ძალის ზემოქმედებისას, ხსენებულ გამახურებელ ელემენტს აქვს დუდილის საწინააღმდეგო მხარეს თავისუფლად გადახრის შესაძლებლობა.

ჭურჭლის ფსკერზე მოთავსებული გვაქვს ეგრეთწოდებული ფონის გამახურებელი, რომლის მეშვეობითაც ჭურჭელში მოთავსებული წყალი ცხელდება ნაჯერობის, ანუ დუდილის ტემპერატურამდე. სითხის დუდილს ვაწარმოებდით ლითონის დენგამტარი ფირფიტის ზედაპირზე, რომელზეც გაკეთებულია სპაციალური ჭრილები ისე, რომ სითხის გამოძყოფი ელემენტის სიგრძე და ელექტრული წინააღმდეგობა სასურველი სიდიდისა იყოს (იხ. ნახ. 1). ხსენებული სითბოგამომყოფი ელემენტის მასალას წარმოადგენდნენ სპილენძის და უჟანგავი ფოლადის თხელი ფირფიტები. ზიგზაგისებური გამტარის სიგრძე უზრუნველყოფდა სასურველ ელექტრულ წინააღმდეგობას და ძაბვის ვარდნის გასაზომად ხელსაყრელ სიდიდეს.

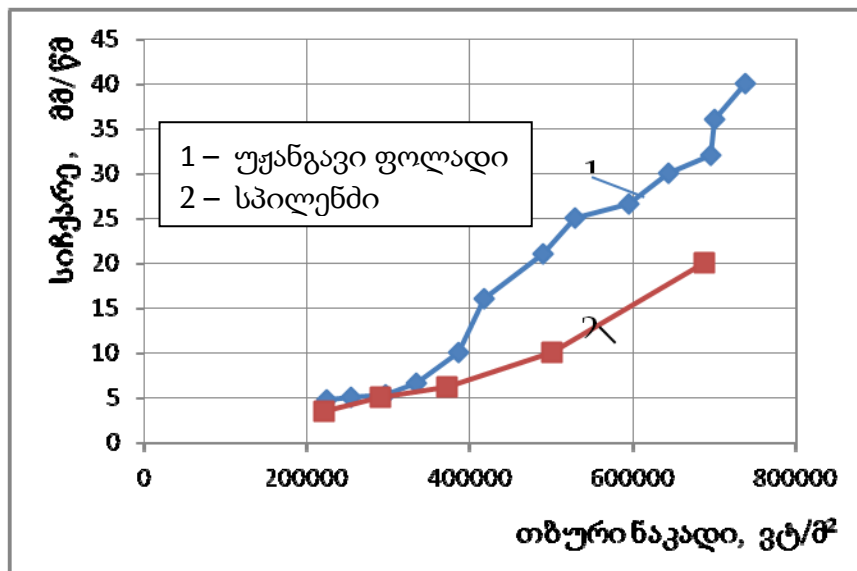
გაცხელებული სითხის ერთგვარად დაწინარების შემდეგ ჩაერთავდით მადულარი ელემენტის წრედს და ვინაიდან სითხეს უკვე ჰქონდა დუდილის ტემპერატურა, იმავე წამს იწყებოდა დუდილი. ამ მომენტისათვის უკვე ჩართული იყო ვიდეოგადაღება. ვიდეოფილმების საწყის კადრებში მადულარი ფირფიტა უმოქმედოა და ერთ ადგილზეა გაჩერებული.



ნახ. 1. ექსპერიმენტული უბნის პრინციპული სქემა

ჩართვის მომენტიდანვე ფირფიტა იწყებს მოძრაობას მდულარე სითხის საწინააღმდეგო მიმართულებით და მით უფრო დიდი სიჩქარით, რაც უფრო დიდია მადულარ ელემენტის მიერ გამოყოფილი სითბო. ანუ დუდილის ინტენსივობის მომატებასთან ერთად იზრდებოდა ფირფიტის გადაადგილების სიჩქარე.

გადაადგილების ხანგრძლივობა ფიქსირდებოდა ვიდეოკამერის საშუალებით ხოლო გადაადგილების მანძილი იზომებოდა კადრში დატანილი სანტიმეტრული სახაზავის დაწყობებით. მადულარი ფირფიტის ორ მდებარეობას შორის სახაზავზე ათვლილი მანძილით და ამ მდებარეობებს შორის ვიდეოფირზე ათვლილი დროის მონაკვეთის მიხედვით ვანგარიშობდით ფირფიტის გადაადგილების სიჩქარეს. ამ ვანგარიშებათა შედეგ



ნახ. 2. მადულარი ფირფიტის გადაადგილების საწყისი სიჩქარის დამოკიდებულება გამახურებელში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობისაგან



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ON THE DEPENDENCE OF THE FORCE ACTING ON THE HEATING SURFACE
DURING THE BOILING OF WATER IN A LARGE VOLUME

Machavariani E. S., Ksovreli N. T., Ckhadadze L. A.
Georgian Technical University

Summary

The laboratory setup is described, providing visualization of the force acting on the heating surface from the side of boiling liquid and presents the results of an experimental study that confirm that the magnitude of the mentioned mechanical effect depends on the value of the specific heat flux at boiling.

It was suggested that the cause of the mechanical effect is the occurrence of reactive forces when vapor bubbles are separated from the heating surface.

The report also includes video footage.

Acknowledgements. We are very grateful to the Shota Rustaveli Scientific Foundation of Georgia for granting financial support to the project (AR/222/3-171/14)

თბურამძრავიანი ტუმბოს წინასაწარმოო მოდელი

მაჭავარიანი ე. ს., ჯიხვაძე მ. ჯ., ბიჭოლაშვილი ნ. ვ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მოსხენებაში წარმოდგენილია თბურამძრავიანი ტუმბოს წინასაწარმოო მოდელის პრინციპული სქემის აღწერა და მისი მოქმედების პრინციპი, რაც მდგომარეობს გარკვეული რაოდენობის მუშა სხეულის აორთქლებისა და კონდენსაციის პროცესების მონაცვლეობით გამოყენებაში. ტუმბოში გამოყენებულია ერთადერთი მოძრავი სხეული, კერძოდ დრეკადი მემბრანა, რომელიც ერთმანეთისაგან აცალკევებს მუშა ნაკვეთურსა და სატუმბ ნაკვეთურს. მუშა ნაკვეთურში მოთავსებული მუშა სითხის აორთქლებისას მემბრანა იწველება სატუმბ ნაკვეთურში და იწვევს ამ უკანასკნელში მოთავსებული სითხის გადვენას, ხოლო მუშა სითხის აორთქლის კონდენსაციისას მემბრანა უბრუნდება საწყის მდგომარეობას და იწვევს სატუმბ ნაკვეთურის მოცულობაში გადასატუმბი სითხის ახალი ულუფის შეწოვას.

გამოთქმულია მოსაზრება, რომ დრეკადი მემბრანის მასალად ლითონის სილფონის გამოყენებით მნიშვნელოვნად გაიზრდება ტუმბოს მუშაობის საიმედოობა და ხანგრძლივობა.

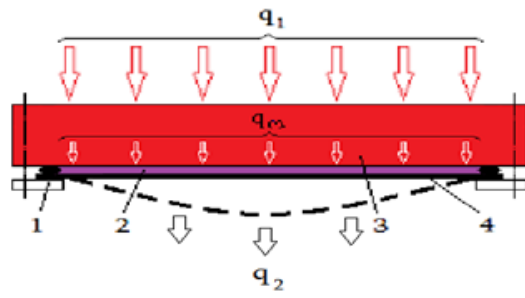
მოსხენება შეიცავს აგრეთვე ვიდეომასალას.

მადლიერება: ჩვენ დიდ მადლობას ვუხდით საქართველოს შოთა რუსთაველის სახელობის სამეცნიერო ფონდს მისი კეთილშობილური ფინანსური მხარდაჭერისათვის გამოყენებით პროექტზე (AR/222/3-171/14) ვაცემული გრანტის სახით.

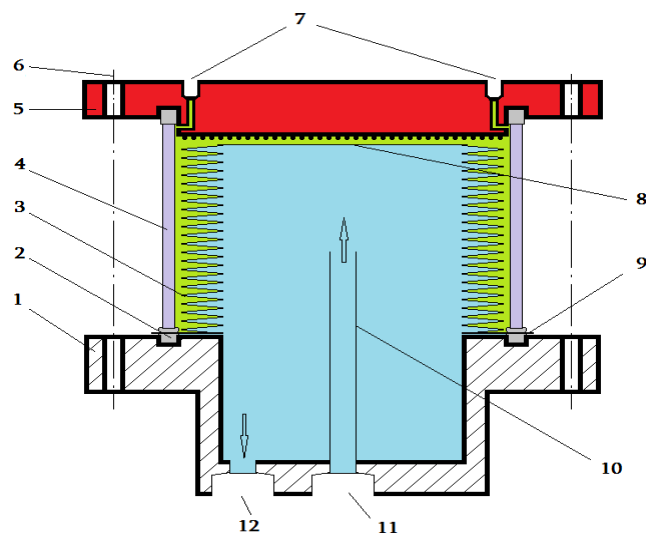
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის თბოფიზიკის ლაბორატორიაში 2015-2017 წლებში დამუშავდა საქართველოს შოთა რუსთაველის სახელობის სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტე პროექტი (AR/222/3-171/14) – თბურამძრავიანი დიაფრაგმული ტუმბო წყლის გაცხელების ავტონომიური ჰელიოსისტემისათვის: წინასაწარმოო მოდელის დამუშავება.

წინამდებარე ნაშრომი ეძღვნება ხსენებული პროექტის დასკვნით ეტაპზე შესრულებულ სამუშაოს, თბურამძრავიანი მემბრანული ტუმბოს წინასაწარმოო პროექტის აღწერას.

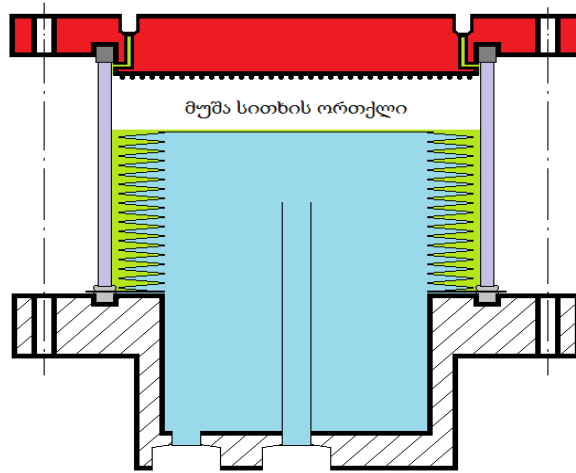
ნაშრომში [1] აღწერილი იყო მუშა სხეულის აორთქლებისა და კონდენსაციის მონაცვლეობით მიმდინარე პროცესებით მომუშავე უმარტივესი თბური მანქანის პრინციპული თბური სქემა (იხ. ნახ. 1), რომელიც ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა თბურ ენერჯიაზე მოქმედი ტუმბოს შესაქმნელად.



ნახ. 1. აორთქლება-კონდენსაციით მომუშავე მანქანის თბური სქემა [1].



ნახ. 3. სილფონის საწყისი მდგომარეობა აორთქლება-კონდენსაციით
მომუშავე ტუმბოში



ნახ. 4. სილფონის შეკუმშული მდგომარეობა მუშა სხეულის აორთქლების ბოლოს



**თბურთი ტუმბოს დანადგარების ბამოყენების სპეციფიკა
 საქართველოში**

მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ე., ლომსაძე ზ.

სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ირ.ჟორდანიას
 სახელობის საქართველოს საწარმოო ძალებისა და ბუნებრივი
 რესურსების შემსწავლელი ცენტრი

განალიზებულია მსოფლიოში და საქართველოში ენერჯის არატრადიციული განახლებადი წყაროების ათვისების პერსპექტივები, ნახევრებია თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების თანამედროვე დონე და ენერჯეტიკის ამ დარგში მიღწეული მნიშვნელოვანი შედეგები.

კლიმატური რაიონების, სხვადასხვა სახის დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს, წლის სეზონებისა და თვეების მიხედვით მოხსენებაში წარმოდგენილი შედეგები ამყარებს კავშირს თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტს, დაბალპოტენციურ სითბოს წყაროს ტემპერატურასა და თბომომარაგების სისტემაში ცირკულირებული თბომტარის ტემპერატურას შორის. მიღებული შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს თბური ტუმბოს დანადგარების ბაზაზე მოქმედი თბოსიცივით მომარაგების სისტემის პროექტირებისას.

2020 წლისათვის მსოფლიოში ენერჯორესურსების მოხმარება საშუალოდ მიაღწევს 30 მლრდ. ტ.პ.ს [4].

ექსპერტთა პროგნოზების თანახმად, ენერჯის არატრადიციული, განახლებადი წყაროების ბაზაზე შექმნილი ენერჯეტიკული დანადგარების დადგმულმა სიმძლავრემ 2030 წლისათვის შეიძლება მიაღწიოს შემდეგ სიდიდეებს: 19,3 ტერავატი (ელექტრული) და 6,0 ტერავატი (თბური).

დაბალტემპერატურული სამრეწველო პროცესებისა და შენობების თბოსიცივით მომარაგების განხორციელებისას ორგანული სათბობის ეკონომიის, სათბობ-ენერჯეტიკული რესურსების რაციონალურად გამოყენებისა და გარემოს დაცვის ერთ-ერთ ყველაზე უფრო ეფექტურ ღონისძიებას წარმოადგენს თბური ტუმბოს დანადგარების ფართოდ გამოყენება. ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში, თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების საქმეში, საქართველოში მიღებულია მნიშვნელოვანი შედეგები [5, 6].

მეტად ეფექტურია თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენება აგროსამრეწველო კომპლექსის საწარმოებში, სადაც ერთდროულად მიმდინარეობს კვების პროდუქტების მიღება, თერმული გადამუშავება და სამაცივრო კამერებში მათი შენახვა.

დაბალტემპერატურული (100C°-მდე) თბური პროცესების განხორციელებისას, თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად მცირდება (ან საერთოდ წყდება) საწარმოს მიერ ორგანული სათბობის მოხმარება და მთლიანად გამოირიცხება გარემოს ეკოლოგიური გაჯუჭყიანება.

თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით სხვადასხვა დანიშნულების თბოსიცივით მომარაგების სისტემების ოპტიმალური სქემების დამუშავებისას, ბევრ სხვა საკითხთან ერთად აუცილებელია შესწავლილ იქნეს:

- რეგიონის ბუნებრივ-კლიმატური პირობები;
- ბუნებრივი დაბალპოტენციური სითბოს წყაროების ან მეორეული დაბალტემპერატურული ენერჯორესურსების არსებობა და მათი ენერჯეტიკული პოტენციალი.

საქართველო გამოირჩევა კლიმატური პირობების მრავალფეროვნებით. აქ წარმოდგენილია როგორც თბილი სუბტროპიკული, ასევე ცივი და მკაცრი მთიანი რაიონები. თითოეული რაიონის ფარგლებში არსებობს ცალკეული დასახლებული პუნქტები, რომელთა კლიმატური მახასიათებლები შეიძლება განსხვავდებოდეს რაიონის საშუალო



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მაჩვენებლებისაგან. ამდენად, თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით თბოსიცივით მომარაგების სისტემების პროექტირებისას აუცილებელია დაზუსტდეს ჩვენთვის საინტერესო დასახლებული პუნქტის მახასიათებლები [2, 3].

თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენება თბოსიცივით მომარაგების სისტემებში მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს სახეობაზე და მის პარამეტრებზე.

ზამთრის პერიოდში, გარემოს ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად, მნიშვნელოვნად მცირდება დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს ტემპერატურაც, რაც იწვევს თბური ტუმბოს დანადგარის მუშაობის ეფექტურობის შემცირებას. ეს ნათლად ჩანს ქვემოთ მოყვანილი ფორმულიდან:

$$\varphi_{\theta} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \mu$$

სადაც φ_{θ} - თბური ტუმბოს გარდაქმნის რეალური კოეფიციენტი;

T_1 - დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს ტემპერატურაა $^{\circ}\text{K}$;

T_2 - მომხმარებელზე მიწოდებული სითბოს ტემპერატურაა $^{\circ}\text{K}$;

μ - თბური ტუმბოს ციკლის თერმოდინამიკური სრულყოფის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ყველა დანაკარგს: დანაკარგები თბური ტუმბოს ციკლში; დანაკარგები ელექტროძრავში; თბოგადაცემის პროცესის დროს გამოწვეული დანაკარგები. გაანგარიშებაში ჯამური დანაკარგები მიღებულია 30-50%-ის ტოლი. $\mu=0,5-0,7$.

ჩვენ მიერ ჩატარებული გაანგარიშების საფუძველზე მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში 1 და 2 [1, 2, 3, 4].

თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტის φ_{θ} დამოკიდებულება გარემოს ტემპერატურაზე წელიწადის თვეების მიხედვით.

დაბალპოტენციური სითბოს წყარო-წყალი; $t_{\text{წყ}}=4-26^{\circ}\text{C}$ (დაბლობი რაიონები)

ცხრილი 1

μ - სიდიდეები	წელიწადის თვეები											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\mu=0,5$	3,1	2,9	3,0	3,2	3,75	4,9	4,8	4,6	4,1	3,7	3,4	3,2
$\mu=0,7$	4,3	4,1	4,2	4,5	5,25	6,9	6,7	6,4	5,7	5,1	4,8	4,4

თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტის φ_{θ} დამოკიდებულება მომხმარებელზე მიწოდებული თბომტარის ტემპერატურაზე.

დაბალპოტენციური სითბოს წყარო-წყალი; $t_{\text{წყ}}=4-26^{\circ}\text{C}$ (დაბლობი რაიონები)

ცხრილი 2

μ - სიდიდეები	თბომტარის ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$									
	50		60		70		80		90	
	ზამთ.	ზაფხ.	ზამთ.	ზაფხ.	ზამთ.	ზაფხ.	ზამთ.	ზაფხ.	ზამთ.	ზაფხ.
$\mu=0,5$	3,4	5,2	2,9	3,7	2,5	3,1	2,1	2,6	1,9	2,3
$\mu=0,7$	4,8	7,2	4,1	5,2	3,5	4,3	2,9	3,7	2,7	3,2



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ჩატარებული გაანგარიშების შედეგების თანახმად ჩანს, რომ რაც მაღალია დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს ტემპერატურა, მით უფრო ეფექტურია თბური ტუმბო თბური ენერჯის გენერაციის სხვა ტრადიციულ წყაროებთან შედარებით. ასევე, რაც უფრო მაღალია $\theta_{\text{ჩ}}$ -ის მნიშვნელობები, რომელიც განსაზღვრავს თბური ტუმბოს დანადგარის თერმოდინამიკური და კონსტრუქციული სრულყოფის ხარისხს, მით უფრო კონკურენტუნარიანია თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი თბოსიცივით მომარაგების სისტემა თბური ენერჯის სხვა სახის გენერატორებთან შედარებით. ცხრილებში 1 და 2 მოყვანილი გაანგარიშების შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს საქართველოს დაბლობ რაიონებში თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი თბოსიცივით მომარაგების სისტემების პროექტირებისას.

წარმოდგენილი შედეგები ამყარებენ კავშირს თბური ტუმბოს გარდაქმნის კოეფიციენტს, დაბალპოტენციურ სითბოს წყაროს ტემპერატურასა (წელიწადის თვეებისა და სეზონების მიხედვით) და თბომომარაგების სისტემაში ცირკულირებული თბომტარის ტემპერატურას შორის.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Методические рекомендации по определению экономической эффективности установок и устройств, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Госком по науке и технике ГССР, Тбилиси, 1987. - 107 с.
2. მირიანაშვილი ნ., ჯანიკაშვილი მ. ჰაერის კონდიციონირების სისტემებში თბური ტუმბოს დანადგარების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაცია სხვადასხვა კლიმატური პირობებისათვის. // ა.ელაიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №9, თბილისი 2005. გვ.118-120.
3. მირიანაშვილი ნ., ჯანიკაშვილი მ. თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი გათბობის სისტემების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაცია. // ა.ელაიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №9, თბილისი 2005. გვ.121-124.
4. მირიანაშვილი ნ., ჯანიკაშვილი მ. მსოფლიოში ენერჯის არატრადიციული განახლებადი წყაროების გამოყენების პერსპექტივები და თბური ტუმბოს დანადგარების როლი სათბობ-ენერჯეტიკული რესურსების დაზოგვის საქმეში. // სსიპ ა.ელაიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტ. შრომათა კრებული №11, თბილისი, 2007. გვ.132-137.
5. მირიანაშვილი ნ., გძელიშვილი ნ., ხათაშვილი ვ. გარემოს კლიმატური პირობებისა და შენობის თბური რეჟიმის გავლენა თბური ტუმბოს დანადგარების მუშაობის ეფექტურობაზე. // ა.ელაიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №15. თბილისი. 2011. გვ.163-166.
6. მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი ო., გძელიშვილი ნ., ხათაშვილი ვ. თბური ტუმბოს დანადგარების პროექტირების და პრაქტიკული გამოყენების 60-წლიანი გამოცდილება საქართველოში. // ა.ელაიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №18. თბილისი. 2014. გვ.116-120.

SPECIFICITY OF APPLICATION OF HEAT PUMP PLANTS IN GEORGIA

Mirianashvili N., Vezirishvili-Nozadze k., Lomsadze Z.

Irakli Jordania Center for Studying Productive Forces and Natural Resources of Georgia of the LEPL
 Georgian Technical University

Summary

The prospects for the development of non-traditional renewable energy sources, the current level of application of heat pump plants and the results achieved in this field of energy are analyzed in the world and in Georgia.

The report presents the results that establish the relationship between the coefficient of conversion of heat pump plants and the source of the low-temperature heat and circulating coolant temperatures in heat supply systems. The results obtained can be used in the design of heat pump cooling systems.



ჰიდროაგრეგატების მართვა და დიაგნოსტიკა
საკუთარი ხმაურის გამოყენებით

ტროყაშვილი თ. მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის
სისტემების ინსტიტუტი

განხილულია სიხშირის რეგულატორის მართვის ალგორითმი. გამოიყენება შეცდომის სიგნალი და მისი წარმოებული. ნახვენებია Δf -ის გამოთვლის სტრუქტურული სქემა. გამოთვლისთვის გამოყენებულია 2 რეზონანსული კონტური. კონტურები აწეობილია ისე, რომ როცა f უდრის 50 ჰერცს, მაშინ $\Delta f = 0$. ნახვენებია, რომ მართვა შესაძლებელია გენერატორის ხმაურის გამოყენებით. შესაძლებელია დიაგნოსტიკის ჩატარება.

ჰესებში ჰიდროაგრეგატების სიხშირის რეგულატორების მართვის ალგორითმებში, როგორც წესი გამოიყენება ინფორმაცია ძაბვის შესახებ.

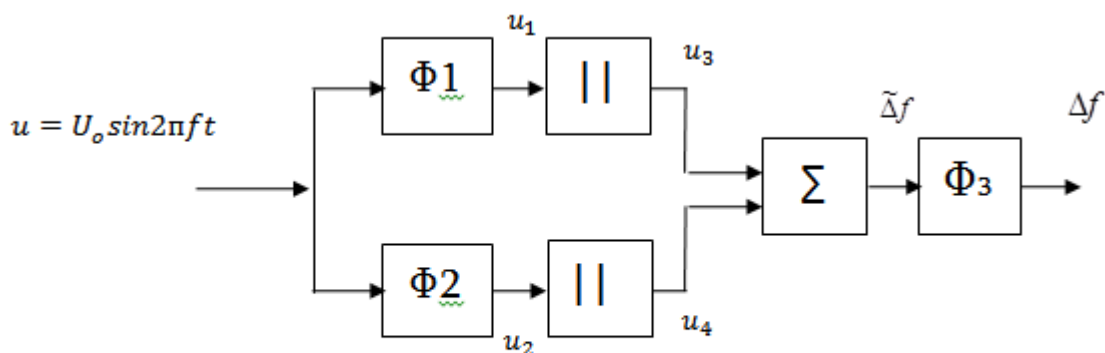
$$u = U_0 \sin 2\pi f t$$

ამ ფორმულიდან განისაზღვრება გენერატორის გამოსავალი ძაბვის სიხშირე f . f სიდიდის მიხედვით გამოითვლება ნომინალური - f_0 სიდიდიდან გადახრის ცდომილება $\Delta f = f_0 - f$. Δf სიდიდის გაწარმოებით მიიღება მისი პირველი რიგის წარმოებული - $\Delta \dot{f}$. სიდიდეების: f , Δf , $\Delta \dot{f}$ -ის გამოთვლის სიზუსტეზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სიხშირის რეგულატორის ფუნქციონირების ხარისხი. აღნიშნული სიდიდეების გამოყენებით მართვის ალგორითმს აქვს შემდეგი სახე:

$$u = a_1 \Delta f + a \Delta \dot{f}$$

ამ ფორმულაში a მუდმივი კოეფიციენტი, a_1 კოეფიციენტი შესაძლებელია იცვლებოდეს ჰიდროაგრეგატზე დატვირთვის სიდიდის მიხედვით.

ნახ. 1 ნახვენებია Δf სიდიდის გამოთვლის სტრუქტურული სქემა.



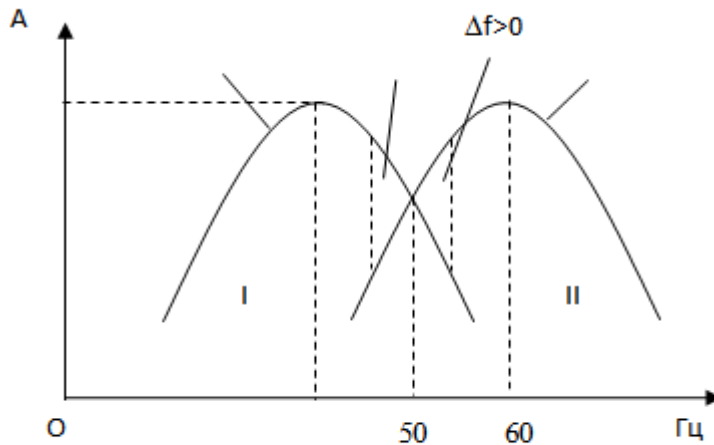
ნახ. 1

ჰიდროაგრეგატის u გამოსასვლელი ძაბვის სიდიდე ერთდროულად მიეწოდება და ფილტრებს, რომლებიც წარმოადგენენ მეორე რიგის აქტიურ ზოლოვან ფილტრებს.[1.]



ფილტრი აწყობილია რეზონანსულ სიხშირეზე 40 ჰერცი, ხოლო – რეზონანსულ სიხშირეზე 60 ჰერცი.

და ფილტრების მახასიათებლები შერჩეულია ისეთნაირად, რომ როდესაც ჰიდროაგრეგატის ძაბვის სიხშირე არის ნომინალური $f_0 = 50$ ჰერცს, მაშინ $\Delta f = 0$. ნახ. 2.

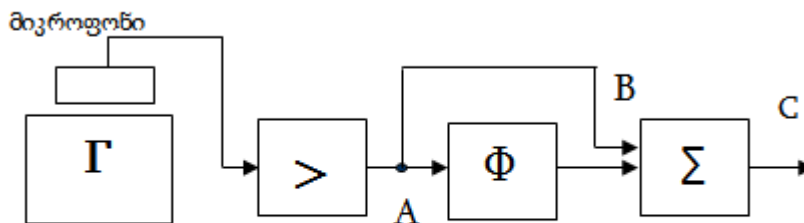


ნახ. 2

[2] გამართვის შემდეგ u_3 და u_4 სიგნალები მიეწოდება ამჟამავ მოწყობილობას, რომლის გამოსავალზე მიიღება პულსირებული Δf – ცდომილების სიგნალი. ამჟამავი მოწყობილობა მიერთებულია დაბალი სიხშირის აქტიურ ფილტრთან, რომელიც პულსირებულ სიგნალს გარდაქმნის შესაბამის მუდმივ ძაბვაში. დაბალი სიხშირის ფილტრად შესაძლებელია გამოვიყენოთ ჩებიშევის ან ბესელის მეორე რიგის ფილტრები.

არსებული სიხშირის რეგულატორებში Δf სიგნალის წარმოებული - Δf მიიღება უშუალოდ Δf სიგნალის გაწარმოებით. Δf -ის სიგნალის გამოთვლის სიზუსტე დამოკიდებულია Δf სიგნალს არსებული პულსაციის სიდიდეზე.

წარმოდგენილ სტატიაში ნაჩვენებია, რომ Δf სიგნალის გამოთვლა შესაძლებელია ჰიდროაგრეგატის საკუთარი ხმაურის გამოყენებით, რომელიც იზომება მიკროფონით ან ტენზოგადამწოდით. ნახ. 3



ნახ. 3



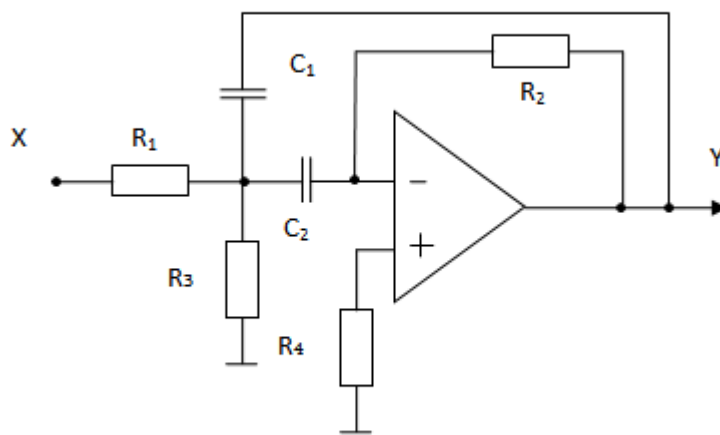
V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ამ ნახაზის მიხედვით გენერატორის ხმაური იზომება მიკროფონის გამოყენებით. მიკროფონიდან გამოსული სიგნალი მიეწოდება გამაძლიერებელს. ფილტრის დანიშნულებაა გენერატორის ხმაურიდან გამოსვლას ძირითადი მდგენელი. ამჟამად მოწყობილობას მიეწოდება გენერატორის ხმაური და ფილტრიდან გამოსული ძირითადი მდგენელი ამჟამავეს გამოსავალზე მიიღება სიგნალი C . ამ სიგნალის მიხედვით შესაძლებელია ჩავატაროთ გენერატორის დიაგნოსტიკა. გენერატორის ხმაურის მომატების შემთხვევაში იზრდება C სიგნალის სიდიდე, ხოლო ძირითადი მდგენელი B რჩება უცვლელი.

სხვადასხვა სიმძლავრის ჰიდროაგრეგატების ხმაურის გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ ძირითადი მდგენელი შეიძლება იყოს 200 + 300 ჰერცი. ამავე დროს მოცემული გენერატორისათვის დამოკიდებულება სიხშირესა და ძირითად მდგენელს შორის არის წრფივი. აღნიშნულიდან გამომდინარე შესაძლებელია ვთქვათ, რომ ჰიდროაგრეგატების სიხშირის რეგულატორების აგება შესაძლებელია ამ აგრეგატის ხმაურის გამოყენებით: ანუ ჰერციანი სიგნალი შესაძლებელია ჩავანაცვლოთ ხმაურის ძირითადი მდგენელის სიგნალით, რომელიც არის უფრო მაღალი სიხშირის (200 ჰერცი). ასეთი ჩანაცვლება საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ Δf - ის სიგნალის გამოთვლის სიზუსტე, შევამციროთ მისი პულსაცია და გავზარდოთ Δf - ის წარმოებულის გამოთვლის სიზუსტე.

მაგალითის სახით ამ ფილტრის რეალიზაციის სქემა მოცემულია ნახაზზე 4.



ნახ. 4

ფილტრის პარამეტრები იანგარიშება შემდეგნაირად: [3.4.]

$$f_o = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 R_3}}, \quad R_2 = \frac{Q}{\Pi f_o C}, \quad R_1 = \frac{R_2}{-2A_0}, \quad R_3 = \frac{-A_0 R_1}{2Q^2 + A}$$

R_3 წინაღობის ცვლილებით შესაძლებელია ფილტრის გადაწყობა სხვა რეზონანსულ სიხშირეზე.

ლიტერატურა

- [1] ტროყაშვილი თ./მოძრავი მექანიზმების მართვის საკითხები საკუთარი ხმაურის გამოყენებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი, შრომათა კრებული. თბილისი, 2016 წ. №20, სტამბა დამანი, გვ. 25-27



- [2] ტროკაშვილი თ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, “აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 85 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა”//რთული რხევების ანალიზი, პარამეტრების განსაზღვრა და გამოყენება. თბილისი, 2015, 3-5 ნოემბერი, გვ. 294
- [3] Титце У., Шенк К. – Полупроводниковая схемотехника. МИР,1983.
- [4] Фолкенберри Л. – Применение операционных усилителей и линейных ИС. МИР, 1985.

Management and diagnostics of hydroagregat by use of own noise

T.TROKASHVILI

Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the Georgian Technical University

Summary

Algorithm of frequency regulator operation is reviewed and structural scheme is presented. It is shown that it is possible to operate the hydroelectric power station with the help of its own noise. The main component of this noise is so hertz. The corresponding structural scheme is presented as well. It is possible to conduct diagnostic check us well.

საქართველოში ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით იმპორტის ჩანაცვლების სქემის შემუშავება და მისი ეფექტიანობის შეფასება.

უნგიაძე კ.მ.

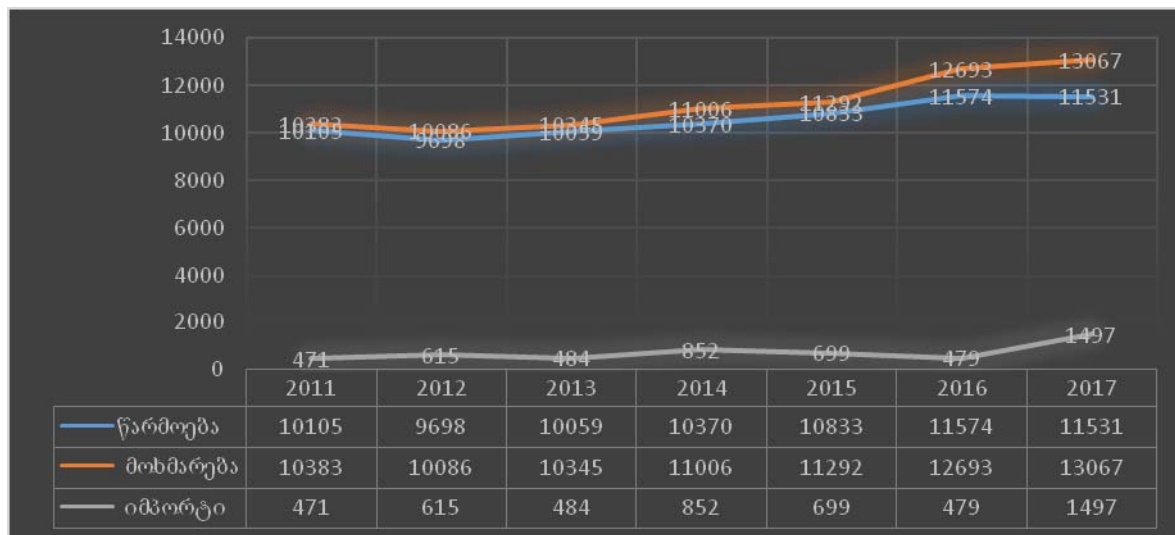
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ანოტაცია: სტატიაში, „საქართველოში ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით იმპორტის ჩანაცვლების სქემის შემუშავება და მისი ეფექტიანობის შეფასება“, გაანალიზებულია საქართველოში ელექტროენერგიის წარმოების და იმპორტის 2011-2017წწ. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შემუშავებულია ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით, იმპორტის ჩანაცვლების სქემა და შეფასებულია ამ მოდელის ეკონომიკური ეფექტიანობა. ნახვენებია შემოთავაზებული მოდელის, საქართველოში ამჟამად მოქმედი ელექტროენერგეტიკული ბაზრის პირობებში, გამოყენების პერსპექტივები.

საქართველოში ელექტროენერგიის იმპორტის ეფექტიანობის შეფასების და მისი ადგილობრივი ენერგიით ჩანაცვლების შესაძლებლობების სიდრმისეული შესწავლის მიზნით, გაანალიზდა საქართველოს 2011-2017წწ. ელექტროენერგიის ბალანსი [1], ელექტროენერგიის წარმოება-მოხმარების სტრუქტურა და დადგინდა ელექტროენერგიის მოხმარებაში იმპორტის წილი. კვლევის შედეგები გრაფიკის სახით ასახულია სურათ 1-ზე.

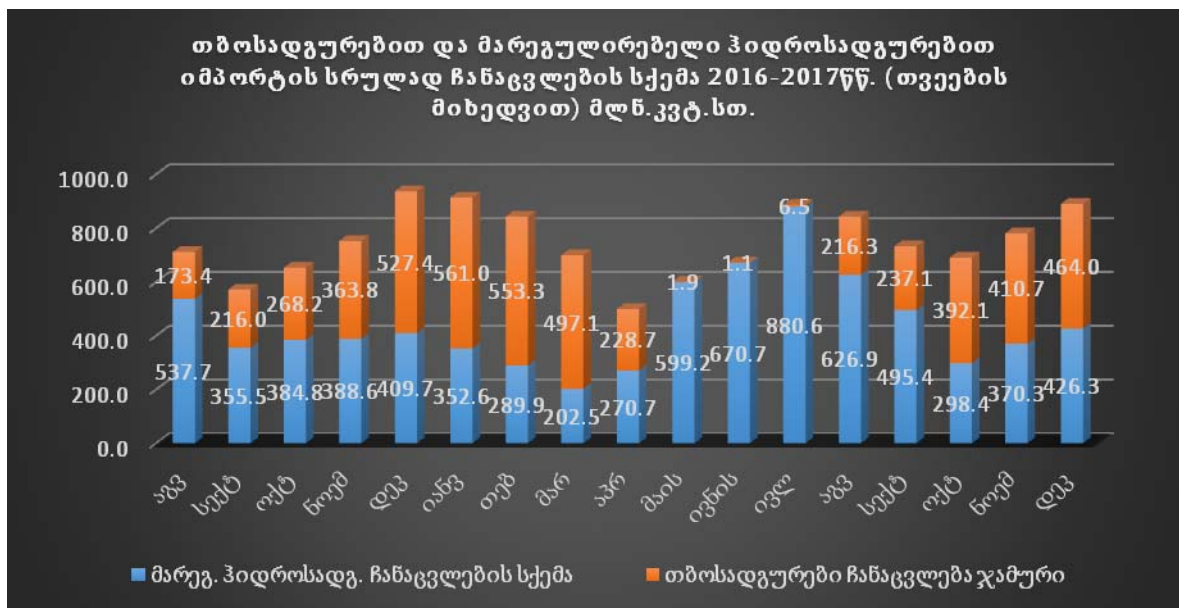
სურათ 1-ზე მოცემული გრაფიკიდან ნათლად ჩანს, რომ ქვეყანაში ელექტროენერგიის იმპორტი ზრდის ტენდენციით ხასიათდება. აღნიშნულს ემატება ის ფაქტი, რომ საშუალოვადიან პერიოდში ელექტროენერგიის იმპორტი შესაძლებელია კიდევ უფრო მეტად გაიზარდოს, ვინაიდან ბოლო წლებში ელექტროენერგიაზე მოთხოვნის ზრდის ტემპი 5-10%-მდე აჭარბებს ელექტროენერგიის წარმოებას.

მოყვანილი ფაქტები მიუთითებენ იმაზე, რომ საქართველოში ელექტროენერგიის იმპორტის შემცირება განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს. ამასთან, ეს საკითხი ქვეყანაში სათანადოდ არ არის შესწავლილი. ამიტომ აუცილებელია მისი მეცნიერული ანალიზის საფუძველზე გადაწყვეტა. ჩატარებული კვლევებით [2] დადგინდა, რომ საქართველოში ელექტროენერგიის წარმოების მატება შესაძლებელია ქვეყანაში არსებული ელექტროსადგურების სიმძლავრეების გამოყენების ხანგრძლივობის გაზრდის და ახალი



სურათი1. საქართველოში ელექტროენერჯის წარმოების, მოხმარების და იმპორტის ბალანსი 2011-2017წწ.

თბოსადგურებით და მარეგულირებელი ჰიდროსადგურებით
იმპორტის სრულად ჩანაცვლების სქემა 2016-2017წწ. (თვეების
მიხედვით) მლნ.კვტ.სთ.



სურათი 2. ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით, იმპორტის ჩანაცვლების სქემა.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



საქსტატის [3] მონაცემებზე დაყრდნობით ჩატარდა ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით, იმპორტის ჩანაცვლების სქემის ეფექტიანობის ანალიზი. ანალიზით დგინდება, რომ 2016-2017წწ. საქართველოში ადგილზე არსებული ელექტროსიმძლავრეების მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში სრულიად შესაძლებელი იყო იმპორტირებული ელექტროენერგიის ჩანაცვლება. ჩანაცვლების ეფექტიანობის ანგარიში მოცემულია ცხრილ 3-ში.

იმპორტის ჩანაცვლების სქემის ეფექტიანობის მაჩვენებლები (2016 წლის აგვისტოდან 2017წლის დეკემბრის ჩათვლით) ცხრილი3.

დასახელება	რაოდენობა (მლნ.კვტ.სთ.)	საშუალო შეწონილი ტარიფი (ცენტ/კვტ.სთ.)	ღირებულება (მლნ.დოლარი)
იმპორტირებული ელექტროენერგია	1594,9	4,54	72,5
თბოსადგურების ჩანაცვლების სქემით წარმოებული ელექტროენერგია	1594,9	4,01	63,9

ცხრილ 3-ში ასახული მონაცემებით დგინდება, რომ საქართველოში ელექტროენერგიის იმპორტის ჩანაცვლება ადგილობრივად წარმოებული ელექტროენერგიით ეკონომიკურად მომგებიანია. მოყვანილი კვლევის შედეგები მიღებულია 2011-2017წწ. საქართველოში ელექტროენერგიის წარმოების და იმპორტის მაჩვენებლების ანალიზის საფუძველზე, რაც საშუალებას იძლევა ქვეყანაში, ელექტროენერგეტიკული ბაზრის ამჟამად მოქმედი მოდელის პირობებში, მომავალ წლებშიც განხორციელდეს იმპორტის მაქსიმალური ჩანაცვლება ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით.

დასკვნა: 1. შემუშავებულია საქართველოში ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით იმპორტის ჩანაცვლების სქემა და შეფასებულია მისი ეფექტიანობა. 2. კვლევებით დადგენილია, რომ საქართველოში ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით იმპორტის ჩანაცვლება შესაძლებელია, გენერაციის არსებული სიმძლავრეების მაქსიმალური გამოყენებით და ელექტროსადგურების მუშაობის რეჟიმების ოპტიმიზაციით. 3. ადგილობრივი წარმოების ელექტროენერგიით იმპორტის ჩანაცვლების ეკონომიკური ეფექტიანობის ანალიზმა აჩვენა, რომ შემოთავაზებული სქემით ელექტროენერგიის იმპორტის ჩანაცვლება იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიკურ და სოციალურ ეფექტს. 4. საქართველოში ელექტროენერგიის იმპორტის ჩანაცვლების შემოთავაზებული სქემა საშუალებას იძლევა ქვეყანაში ამჟამად მოქმედი ელექტროენერგეტიკული ბაზრის პირობებში წარმატებით იყოს იგი გამოყენებული.

ლიტერატურა.

1. <http://esco.ge/ka/energobalansi>
2. ჯაფარიძე დ. უნგიაძე კ. საქართველოში ელექტროენერგიის იმპორტის ეფექტიანობის პროგნოზული ანალიზი// შრომები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი 2018. №2(508), გვ. 11-25.
3. http://geostat.ge/?action=page&&p_id=2605&lang=geo



DEVELOPMENT OF A SCHEME OF REPLACING THE IMPORT BY LOCALLY-GENERATED ELECTRIC POWER IN GEORGIA AND EVALUATION OF ITS EFFECTIVENESS

Ungiadze K.

Georgian Technical University

Summary

In the article, „elaboration of import substitution schemes and evaluation of its efficiency in local production of electricity in Georgia” are analyzed 2016-2017 years technical and economic indicators of electricity generation and import in Georgia. On the basis of conducted studies, the model of import replacement with local production electricity has been developed and is estimated economic effectiveness of this model. There is shown suggested model, using perspectives under the current electric energy market in Georgia.

ბანახლებადი ენერჯის წყარო

დ. ფურცხვანიძე, ა.ფურცხვანიძე*

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

*რუსეთის აკადემიის ნანოტექნოლოგიის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი

ბანახლებადი ენერჯის წყაროა მართვადი თერმობირთვული რეაქციის დანადგარი, რომელშიც ხორციელდება პროტონ-ლითიუმის ურთიერთქმედება. აღწერილია პროტონების წყაროსა და სინთეზის დანადგარის ორიგინალური კონსტრუქციები. შემოთავაზებულია პროტონების აჩქარება ელექტროსტატიკური ტიპის ამჩქარებელში. სინთეზის პროცესში ლითიუმში წარმოადგენს როგორც სინთეზის მასალას, ასევე ვაგრილების სისტემის თბოვადამტან ნივთიერებას. თერმობირთვული სინთეზის კატალიზატორად შემოთავაზებულია კოსმოსური სხივების შემადგენლობაში არსებული მიუონების ნაკადის გამოყენება.

როგორც ცნობილია პროტონების შეჯახებით ლითიუმის იზოტოპ ${}^7\text{Li}$ -თან შესაძლებელია თერმობირთვული სინთეზის რეაქციის წარმოქმნა, რომლის დროსაც მიიღება ჰელიუმის ორი ატომი და გამოიყოფა 17.2 მეგ ენერჯია. როტონ-ლითიუმის სინთეზი ხასიათდება რიგი დადებითი მახასიათებლებით სინთეზის სხვა რეაქციებთან შედარებით. კერძოდ იმით, რომ არ ხდება ნეიტრონის გამოსხივება და შესაბამისად არ იკარგება გამოსხივებული ენერჯის ნაწილი და არ ხდება მეორადი რადიაციის წყაროს წარმოქმნა. ქვემოთ ვიხილავთ პროტონ-ლითიუმის სინთეზის განხორციელების მეთოდს, რომელიც არ მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე (რამოდენიმე ათეულ მილლიონ გრადუსზე) და არ საჭიროებს მაღალტემპერატურული პლაზმის შემაკავებელ დანადგარებს.

როტონ-ლითიუმის სინთეზის განსახორციელებელი მოწყობილობა სამი ძირითადი ნაწილისაგან შედგება(ნახ. 1).



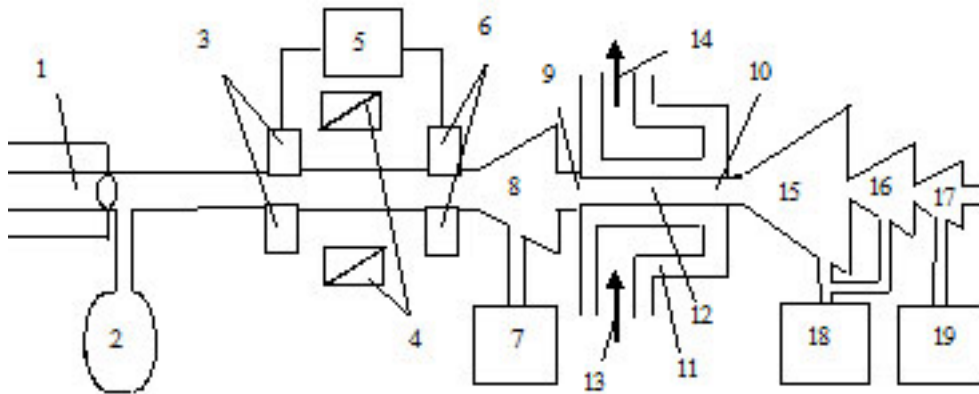
ნახ. 1. 1-პროტონების წყარო. 2-პროტონების ამჩქარებელი, 3-სინთეზის განსახორციელებელი დანადგარი და ენერჯის ტრანსფორმაციის ბლოკი.

მოწყობილობის პირველი და მესამე ნაწილი ჩვენ მიერ დამუშავებული ორიგინალური მოწყობილობებია, პროტონების ამჩქარებლად კი შეიძლება გამოყენებული იქნეს დამუხტული ნაწილაკების ამჩქარებელი ნებისმიერი მოწყობილობა.



განვიხილოთ ცალ-ცალკე თითოეული მათგანი.
პროტონების წყარო წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე.

როგორც ცნობილია, პროტონები წარმოადგენენ მთლიანად იონიზირებულ წყალბადის ატომებს. პროტონების წყაროებში სწორედ წყალბადის ატომების იონიზაცია გამოიყენება, მათ შორის ლაზერის სხივებით იონიზაციაც [1], [2], [3].



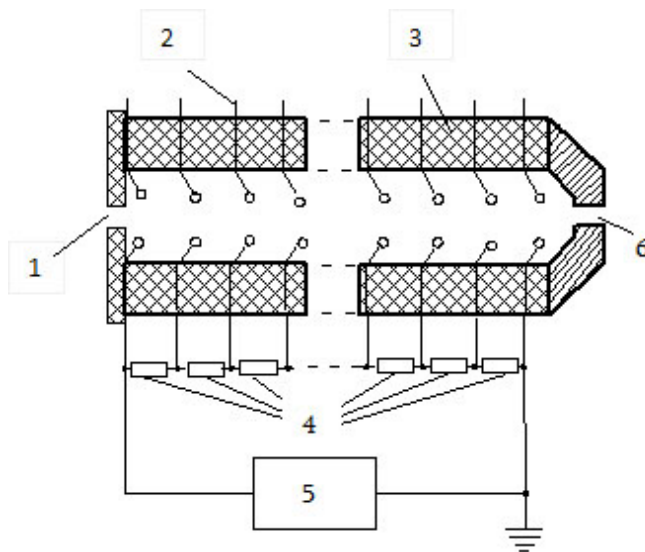
ნახ. 2. 1-ლაზერი; 2-წყალბადის ბალონი; 3-დადებითი ელექტროდი; 4- ელექტრომაგნიტის მაფოკუსირებელი ხვიები; 5-ძაბვის წყარო; 6-უარყოფითი ელექტროდი; 7-1 ხეთის ტუმბო; 8-წყალბადის გამოსატუმბი I რეზერვუარი; 9-კონუსური ხერელის შესასვლელი; 10-კონუსური ხერელის გამოსასვლელი; 11 -ვოლფრამის მილი, კონუსური ხერელით; 12-კონუსური ხერელი; 13-შემავალი წყლის ნაკადი; 14-გამომავალი წყლის ნაკადი; 15, 16, 17-წყალბადის გამოსატუმბი II, III, IV რეზერვუარები; 18- II ხეთის ტუმბო 19-დიფუზური ტუმბო.

შემოთავაზებულ მეთოდში ლაზერის სხივების მოქმედებით ხდება წყალბადის ატომების იონიზაცია. იონიზირებული ატომები 3, 6 ელექტროდებს შორის არსებული ძაბვის მოქმედებით იძენენ ს სიჩქარეს, ხოლო ს სიჩქარით მოძრავ პროტონებზე, ლორენცის ძალით, მოქმედებს 4 ელექტრომაგნიტი და ახდენს მათ ფოკუსირებას კონუსური ხერელის 9 შესასვლელზე. 7 ტუმბო ახდენს წყალბადის იმ მოლეკულების შესრუტვას, რომელთა იონიზაციაც არ მოხდა. ეს განაპირობებს არაიონიზირებული წყალბადის ატომების მცირე კონცენტრაციას კონუსური ხერელის შესასვლელზე. კონუსური ხერელის 9 შესასვლელი არის ლაზერის სხივის დიამეტრის, ხოლო 10 გამოსასვლელი 0,1 მმ-ით ნაკლები. ამით მიიღწევა წყალბადის ატომების იონიზაციის დიდი დონე. 16, 17 რეზერვუარებიდან წყალბადის ნარჩენი მოლეკულების გამოტუმბვის შემდეგ მიიღწევა ვაკუუმში 18 რეზერვუარის შესასვლელზე, ხოლო 20 დიფუზური ტუმბო წარმოშობს მაღალ ვაკუუმს პროტონების წყაროს გამოსასვლელზე.

ახლა განვიხილოთ პროტონების ამჩქარებელი.

პროტონების წყაროდან გამოსული პროტონები აჩქარებას იძენენ ამჩქარებელში. ამისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვადასხვა ტიპის ამჩქარებელი. აქ ჩვენ აღვწერთ ელექტროსტატიკური ტიპის, პირდაპირი მოქმედების, ამჩქარებელს (ნახ.3). ამ ტიპის ამჩქარებლის არჩევა განპირობებულია მისი მაღალი მქკ-ით.

ასეთ ამჩქარებელში დამუხტული ნაწილაკების ენერგია იზრდება მუდმივ ელექტრულ ველში. ამ შემთხვევაში ნაწილაკებისაგან შექმნილი ენერგია ტოლია მათი მუხ-



ტის ნამრავლისა გავლილ პოტენციალ-
თა სხვაობაზე.

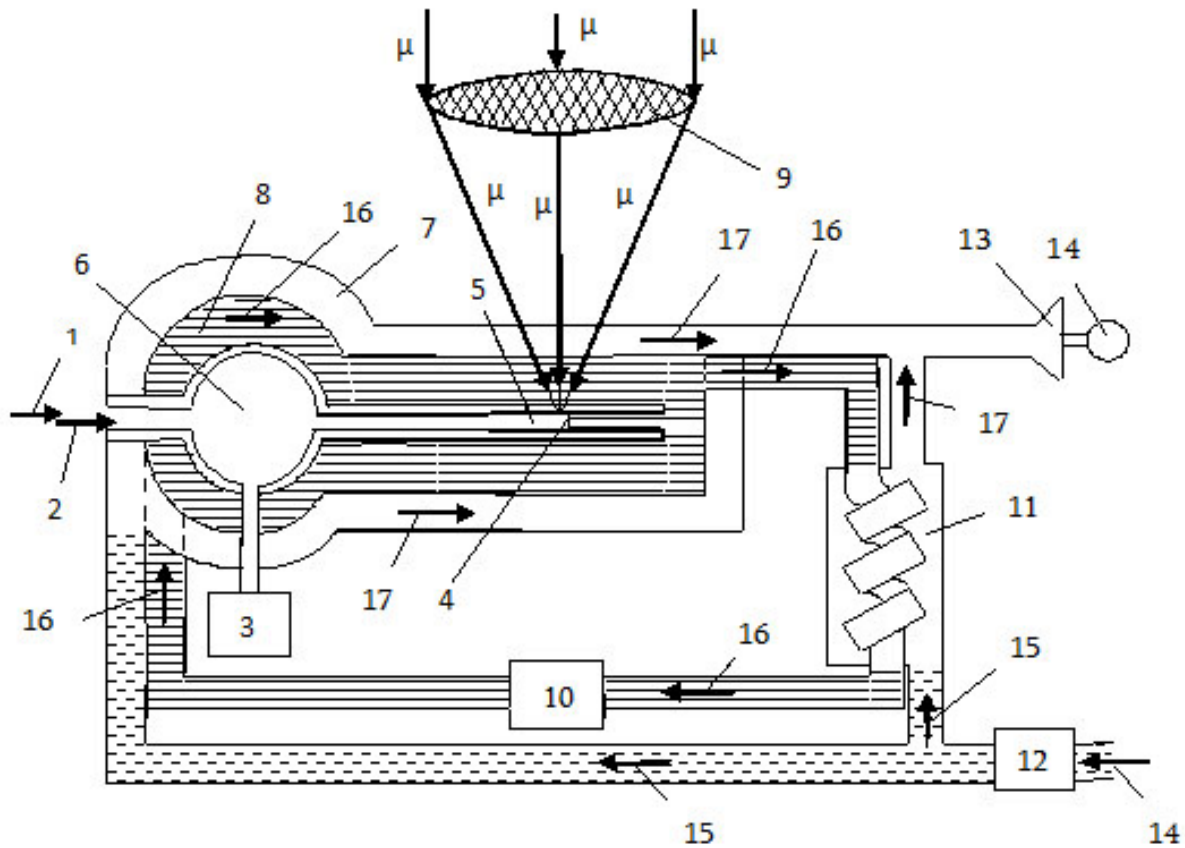
მაქსიმალური ენერგია რომელიც მიიღწევა ნაწილაკისაგან განისაზღვრება უდიდესი პოტენციალთა სხვაობით, რომლის მიღწევაც შესაძლებელია ფიზიკურ დანადგარებში. ასეთი პოტენციალთა სხვაობაა 15–18 მილიონი ვოლტი. პირდაპირი მოქმედების ამანქარებლის ბოლო ელექტროდი დამიწებულია, რადგან ამანქარებლიდან გამოსული ნაწილაკები მხოლოდ ამ შემთხვევაში არ კარგავენ შექმნილ ენერგიას შემდგომი მოძრაობისას.

ნახ. 3. 1-შესასვლელი ხერედი; 2-გამყოფი რგოლი; 3-მამხოლოებელი რგოლი, 4-ომური ძაბვის გამყოფი; 5-მაღალვოლტური გენერატორი; 6- გამოსასვლელი ხერედი.

ამანქარებელში აჩქარებული ნაწილაკები მოძრაობენ ფაიფურის მილში, მის გასწვრივ, რომელშიდაც შექმნილია ვაკუუმი, აუცილებელი ასანქარებელი ნაწილაკების დაუბრკოლებელი მოძრაობისათვის. გარედან კი მაღალი წნევის ქვეშ იტუმბება საგანგებოდ გამომშრალი, ჟანგბადისაგან გამოთავისუფლებული ნაზავი აზოტისა და ექსტროროვანი გოგირდის, რომელიც ეწინააღმდეგება ელექტრულ განმუხტვას. ელექტროდებს შორის, რომლებიც განთავსებულნი არიან მილის ტორსებთან, მიიღება ამანქარებელი პოტენციალთა სხვაობები. მილის გასწვრივ მიმართული ელექტრული ველი თანაბრდება ლითონის გამყოფი რგოლებით, რომლებიც მიერთებულნი არიან ომურ ძაბვის გამყოფებთან.

ამანქარებლიდან გამოსული პროტონების ნაკადი შედის სინთეზის კამერაში (ნახ.4). სინთეზის კამერა დამზადებულია ვოლფრამისაგან და აქვს შესავალი ხერედი - 1, რომლიდანაც ხდება მასში ლაზერის სხივის შემუშავება. იგივე ხერელით აღწევს მასში აჩქარებული პროტონების ნაკადი. სინთეზი ხორციელდება აჩქარებული პროტონების შეჯახებით ლითიუმის ატომებთან. ამდენად ლითიუმი წარმოადგენს, როგორც სინთეზის მასალას, ასევე გაგრილების სისტემის თბოგადამტან ნივთიერებას. ის რომ არ ხდება თხევადი ლითიუმის გადინება ხერელიდან ლითიუმის კამერაში, განპირობებულია ბერნულის კანონით. თხევადი ლითიუმის ნაკადის სიჩქარე ხერელთან ისეთია, რომ შენარჩუნდეს მუდმივი დონე სინთეზის ხერელში.

სინთეზის კამერაში ლითიუმი თხევად მდგომარეობაში იმყოფება ($t=1000^{\circ}\text{C}$). ლაზერის სხივის ზემოქმედებით მისი ატომები მთლიანად იონიზირდება. ცხადია, მთლიანად იონიზირებული ატომების შემთხვევაში ლითიუმი თხევად მდგომარეობაში ვეღარ დარჩება. ლითიუმის ატომის ბირთვები ამოიფრქვევიან ვოლფრამის ვიწრო ყელში, მაგრამ ბევრი მათგანი ამოფრქვევამდე ეჯახება აჩქარებულ პროტონებს და შეჯახებისას ბირთვული სინთეზის პროცესში იწყებენ მონაწილეობას. იწყება ე.წ. ინერციული თერმობირთვული სინთეზი. გამოყოფილ სითბოს ისევ ლითიუმის თხევადი სითბოგადამტანი წაიღებს და გადასცემს ცირკულაციის მეორე ციკლს, სადაც ხდება სითბოს გადაცემა დაბალტემპერატურულ ($t=500^{\circ}\text{C}$) სითბოგადამტანზე, რომელიც გადასცემს ენერგიას წყალს და აქცევს მას ორთქლად, რომლითაც ხდება ორთქლის ტურბინის ამუშავება.



ნახ. 4. 1-პროტონების ნაკადი; 2-ლაზერის სხივი; 3-ტუმბო; 4-ლითიუმის ღია ზედაპირი; 5-სინთეზის კამერა; 6-ლითიუმის ორთქლის გამოსატუმბი რეზერვუარი, 7-წყლის ორთქლი; 8-გამდნარი ლითიუმი; 9-მიუონების შემკრები ლინზა; 10-ტუმბო; 11-თბოგადამცემი; 12-ტუმბო; 13-ორთქლის ტურბინა; 14- ელექტროგენერატორი; 15-წყლის გადატუმბვის მიმართულება; 16-თხევადი ლითიუმის გადატუმბვის მიმართულება; 17-წყლის ორთქლის მოძრაობის მიმართულება.

როგორც ცნობილია [4], თერმობირთვული სინთეზის კატალიზატორს წარმოადგენს მიუონების ნაკადი. ჩვენს მიერ შემოთავაზებული იქნა, ამ მიზნით, კოსმოსური სხივების შემადგენლობაში არსებული მიუონების ნაკადის გამოყენება. იუონების ნაკადი კოსმოსურ სხივებში შეადგენს 100 ცალს წამში, ერთ კვადრატულ მეტრზე [5]. ჩვენ გთავაზობთ მიუონების კონცენტრაციის გაზრდას შემკრები ლინზის გამოყენებით. ორმხრივ ამოზნექილი ტყვიის (ან რკინის) დიდი დიამეტრის ($D=40\text{მ}$) „ლინზა” მოახდენს მიუონების ნაკადის შეკრებას და მოგვცემს მნიშვნელოვანი კონცენტრაციის ნაკადის მიღებას.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ მეთოდთან ყველაზე ახლოს დგას აშშ-ში გაცემული პატენტი [6], მაგრამ ამ პატენტში არაფერია ნათქვამი ლითიუმის იონიზაციაზე. მის მიხედვით ამაჩქარებლიდან გამოსული პროტონების ნაკადი ეცემა ლითიუმის მყარ ფირფიტას და ხდება 100%-იანი სინთეზი, მაშინ, როდესაც ცნობილია, რომ ასეთ შემთხვევაში აჩქარებული პროტონის მთელი ენერგია იხარჯება ლითიუმის ატომის იონიზაციაზე და მხოლოდ მილიონში ერთ შემთხვევაში ხორციელდება სინთეზი.



ლიტერატურა

1. Голубев А.А., Ерема Ю.Н., Шарков Б.Ю и др. Измерение токов и зарядового состояния пучков, сформированных из лазерной плазмы. Препринт №134-88. М.: ИТЭФ, 1988.
2. Барабаш Л.З., Быковский Ю.А., Голубев А. А. и др. Характеристики лазерной плазмы как источника ионов для драйвера тяжелоионного инерционного синтеза. Препринт №12. М.: ИТЭФ, 1983.
3. Кондратьев Б.К., Турчин В.И. . Лазерный источник ионов. Патент RU №2206140 от 10.06.03 г.
4. Карнаков Б. М.. Мюонный катализ ядерного синтеза. Соросовский образовательный журнал № 12, 1999 г.
5. Стожков Ю.И. Космические лучи в атмосфере Земли
6. Lipinski, Stephen, A., Lipinski, Hubert, M. Hydrogen-lithium fusion device, method and applications.

RENEWABLE ENERGY SOURCE

D.A. Purtskhvanidze, A.A. Purtskhvanidze

Summary

The source of renewable energy is the arrangement of thermonuclear fusion, in which proton-lithium interaction occurs. The original devices of the proton source and the synthesis setup are described. Accelerated protons in an accelerator of the electrostatic type are proposed. In the process of synthesis, lithium is both the raw material of synthesis and the heat carrier of the cooling system. The use of a flux of muons available in cosmic rays is proposed as a catalyst for nuclear fusion.

მიმდევრობით ჩართული მზის ელემენტების მასივების მუშაობის ეფექტურობის ბაზრდის მეთოდები

ფხაკაძე შ.. პაპიძე ზ.

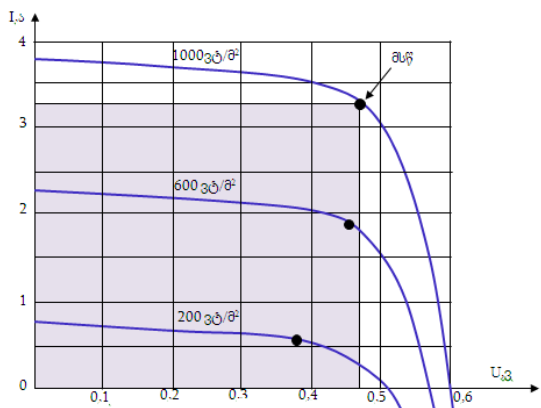
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია მიმდევრობით ჩართული ფოტოელექტრული გარდამქმნელების მუშაობის თავისებურება, მათი თანაბარი და არათანაბარი განათებულობის პირობებში. აღწერილია ეფექტურობის შემცირების მიზეზები, მათი ნაწილობრივი დაჩრდილების დროს. მოცემულია ფოტოელექტრული გარდამქმნელების მუშაობა მაშუნტირებელ დიოდებთან ერთად.

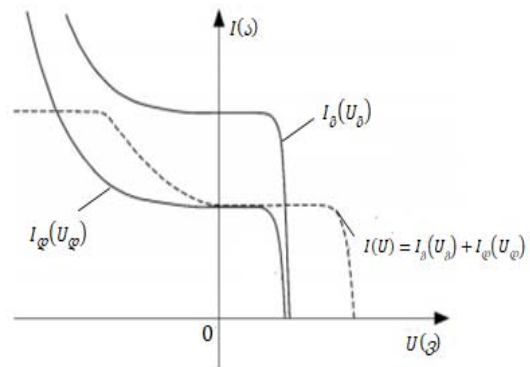
აგრეთვე ნაშრომში განხილულია დეცენტრალიზებული სისტემა, რომელიც მნიშვნელოვნად ამცირებს ფოტოელემენტების შეუთავსებლობის ეფექტის ნეგატიურ გავლენას სისტემის ეფექტურობაზე.

მზის ენერგეტიკა სულ უფრო ფართო გავრცელებას პოულობს მსოფლიო მასშტაბით. ეს უკავშირდება იმას, რომ ის არის განახლებადი ენერჯის ყველაზე პერსპექტიული და ეკოლოგიური ნაწილი. ამასთან ფოტოელექტრული დანადგარების მოდულური კონსტრუქციები შესაძლებლობას იძლევა მათი ნებისმიერი სიმძლავრის ფარგლებში პროექტირებისა, რაც ხდის ასეთ სისტემებს უნივერსალურს და საიმედოს. ამიტომ მათი გამოყენება შესაძლებელია როგორც სამეწარმეო ისე საყოფაცხოვრებო პირობებში.

მიუხედავად იმისა, რომ მზის ენერგეტიკას გააჩნია ძალიან დიდი უპირატესობები, მას გააჩნია აგრეთვე გარკვეული უარყოფითი თვისებები. ერთ-ერთი მათგანი არის ის, რომ ფოტოელექტრულ გარდამქმნელებს გააჩნიათ არათანაბარი შინაგანი წინაღობა. ეს მოვლენა განსაკუთრებით ნეგატიურად ვლინდება მაშინ, როცა ხდება მზის ელემენტების არათანაბარი განათება, დაჩრდილება ან რომელიმე ელემენტის დაბინძურება. ეს



ნახ.1 ფოტოელემენტის ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი განათებულობის სხვადასხვა მიწვეულობის დროს



ნახ.2 დაჩრდილული და განათებული ფოტოელემენტების ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები



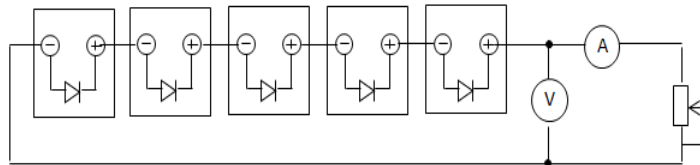
n - მიმდევრობით ჩართული ფოტოელემენტების რაოდენობა;

A - ფოტოელემენტის იდეალურობის კოეფიციენტი.

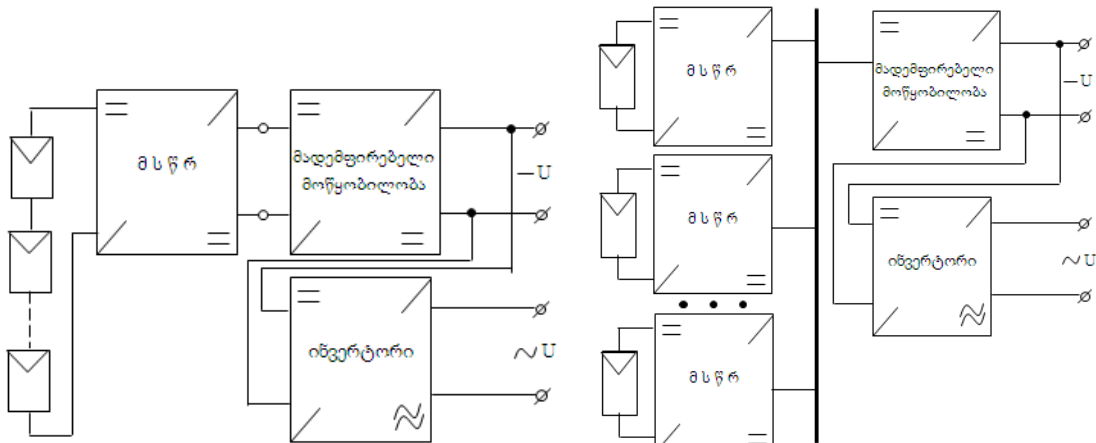
დენი რომელიც ფოტოელემენტებში გადის (I) ერთნაირია, როგორც დაჩრდილულ ასევე განათებულ ფოტოელემენტებში და $I = I_{\Phi} = I_{\Sigma}$ არ აღემატება დაჩრდილული ფოტოელემენტების დენს. რომ გავარკვიოთ ამ ნეგატიური მოვლენის არსი. უნდა განვიხილოთ როგორც დაჩრდილული ასევე განათებული ფოტოელემენტების ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები (ნახ.2).

ნახ.2-ზე გამოსახულია სამი ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი: 1) განათებული ჯგუფის $I_{\Phi}(U_{\Phi})$; 2) დაჩრდილული ჯგუფის $I_{\Sigma}(U_{\Sigma})$; 3) ჯამური მახასიათებელი $I(U) = I_{\Phi}(U_{\Phi}) + I_{\Sigma}(U_{\Sigma})$.

იმისათვის, რომ დაჩრდილულმა ჯგუფმა არ მოახდინოს უარყოფითი გავლენა სისტემის მუშაობაზე და არ შეზღუდოს საერთო სიმძლავრე. დაჩრდილული ჯგუფის ფოტოელემენტებზე პარალელურად უნდა ჩაერთოთ მაშუნტირებელი დიოდები. ეს დიოდები გამოთიშავს სისტემიდან ისეთ ელემენტებს, რომელთაც ექნებათ ძაბვის უკუწანაცვლება ე.ი. დაჩრდილულ ფოტოელემენტებს, რაც გაზრდის ჯამურ სიმძლავრეს. ნახ.3



ნახ. 3 ფოტოელემენტების შუნტირების სქემა



ნახ.4 ცენტრალიზებული სისტემა

ნახ.5 დეცენტრალიზებული სისტემა

ტრადიციულ მზის ინვერტორებში ხდება მაქსიმალური სიმძლავრის წერტილის ძებნა მზის ელემენტების მთელი მასივისათვის ნახ.4. მაგრამ რადგანაც თვითოეულ მზის ელემენტს გააჩნია სხვადასხვა ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი მასივის ზოგიერთი მოდული ვერ მიაღწევს მაქსიმალურ სიმძლავრეს, რაც გამოიწვევს ენერჯის დაკარგვას.

შეგვიძლია განვიხილოთ სისტემის ალტერნატიული არქიტექტურა, რომელიც წარმოადგენს განხილულის დეცენტრალიზებულ ვარიანტს ნახ.5. წარმოდგენილ სისტემაში თითოეული მზის ბატარეასთან ინტეგრირებულია მაკონტროლებელი მოდული. ასეთ სისტემას შეუძლია არსებითად შეამციროს დანაკარგები რომელიც დაკავშირებულია შეუთავსებლობის და დაჩრდილების ეფექტთან.



გამოყენებული ლიტერატურა

1. ფხაკაძე შ. პაპიძე ზ. შეუთავსებლობის და დაჩრდილვის ეფექტების გავლენის შემცირება მზის ელემენტების მასივების გამოყენების დროს. ჟურნალი „ხანძთა“ N16(21) ქუთაისი-თბილისი 2018წ. გვ 90-95.
2. კობრეიძე გ. ფხაკაძე შ. პაპიძე ზ. შუშაკიძე თ. მე-3 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. „ენერგეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“. ქარისა და მზის ენერჯიების ელექტრულ ენერჯიაში გარდაქმნის ტექნოლოგიები. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. ქუთაისი. 2015წ.
3. А. Пученкин. Регулятор точки максимальной мощности для солнечных батарей. Сборник научных трудов, Международной научно-технической конференции „Состояние и перспективы развития электротехнологии ” Иваново. 2011г.

METHODS TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF THE ARRAYS OF
SERIES CONNECTED SOLAR PANELS

Pkhakadze Sh., Papidze Z.
Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the specificity of operation of the series connected photovoltaic converters under conditions of their uniform and non-uniform illumination. The paper describes the reasons for the reduced effectiveness, during their partial shadowing. There is also described joint operation of the photovoltaic converters and the by-pass diodes.

The paper also describes the decentralized system, which significantly reduces the negative effect of incompatibility of photoelectric cells on the effectiveness of the system.

მეორეული ენერგორესურსების გამოყენების
პარსკეპტივები ლუდის წარმოებაში

ყავლაშვილი ნ., მირიანაშვილი ნ., ხათაშვილი ვ.

სსიპ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის
მართვის სისტემების ინსტიტუტი

ჩატარებული კვლევიდან, რომელიც მოხსენებაშია წარმოდგენილი, ნათლად ჩანს, რომ ლუდის წარმოებაში თბური ენერჯიის მნიშვნელოვანი დანაკარგებია, რომელთა შემცირება ეფექტური იქნება ენერგოდამზოვი თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით. ლუდის წარმოებაში, თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შედეგად, მეორეული ენერგორესურსების მაქსიმალურად ათვისების შემთხვევაში, შესაძლებელია დანახარჯების შემცირება დაახლოებით 25-30%-ის ოდენობით. ამის შედეგად მნიშვნელოვნად შემცირდება წარმოებული პროდუქციის თვითღირებულება.

ლუდის წარმოებაში ბევრი სიტბო იკარგება წარმოების პროდუქტებიდან და ნარჩენებიდან, აგრეთვე ცხელი გამრეცხი წყლებისაგან. ასეთ თბურ დანაკარგებს განეკუთვნება ბადავის სახარში ქვაბის მეორეული ორთქლის კონდენსატის სიტბო, ლუდის ქუცმაცის ფიზიკური სიტბო, გამრეცხი წყლების სიტბო და ა.შ. რამდენადაც გამრეცხი წყლების ტემპერატურული პოტენციალი არც ისე დიდია, იმდენად ისინი საწარმოს საერთო თბურ ბალანსში არ თამაშობენ დიდ როლს, თუმცა წარმოების ზოგიერთი თხე-



ვადი ნარჩენი შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

წარმოების მიერ გამოყენებელი დაბალპოტენციური სითბო შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს სასათბურე მეურნეობებში. დაბალპოტენციური თბური ენერჯის გამოყენება, გარდა ორგანული სათბობის ეკონომიისა და მოწეული პროდუქციის გაიაფებისა (პროდუქციის თვითღირებულების 80% მოდის სათბობის ღირებულებაზე), საშუალებას იძლევა სათბურებში შეიქმნას მდგრადი კლიმატი გარე ჰაერის ტემპერატურისაგან დამოუკიდებლად [1].

ლუდის წარმოებაში დადგენილია შემდეგი სახის მეორეული ენერგორესურსები:

- ბადაგის სახარში ქვების მეორეული ორთქლის კონდენსატის სითბოს გამოყენება.
 - ბადაგის ხარშვა მიმდინარეობს 101°C-ზე;
 - ბადაგის ხარშვის ხანგრძლივობაა 1,5სთ.;
- ლუდის პასტერიზაციის პროცესში მოხმარებული ცხელი წყლის სითბოს გამოყენება;
 - ლუდის პასტერიზაცია მიმდინარეობს 66-80°C-ზე;
 - ლუდის პასტერიზაციის ხანგრძლივობაა 3-20 წუთი.
- ლუდის ფერმენტაციის პროცესში არსებული დაბალპოტენციური თბური ენერჯის გამოყენება.
 - ლუდის ფერმენტაცია მიმდინარეობს 18-22°C-ზე;
 - ლუდის ფერმენტაციის ხანგრძლივობაა 7-90 დღე.
- ლუდის ქუცმაცის შრობის პროცესში არსებული დაბალპოტენციური თბური ენერჯის გამოყენება.
 - ლუდის ქუცმაცის შრომა მიმდინარეობს 100°C-ზე;
 - ლუდის ქუცმაცის შრობის ხანგრძლივობაა 40-50 წთ.

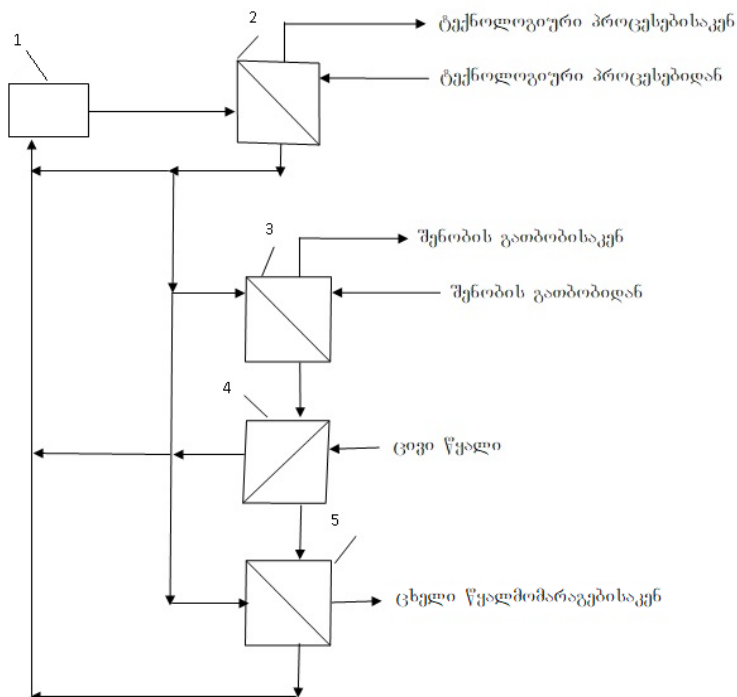
ლუდის წარმოებაში არსებული, გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი მეორეული ენერგორესურსებისა, მნიშვნელოვანია აგრეთვე ლუდის გაციების პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს 0-2°C-ზე და ლუდის ჩამოსხმის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს 3°C-ზე. ამ პროცესების ანალიზი გვაძლევს იმის საშუალებას, რათა დავასკვნათ, რომ ლუდის წარმოების თბო და სიცივით მომარაგება შესაძლებელია მოექცეს ენერგომომარაგების ერთიან კომპლექსში და ლუდის წარმოების თბოენერგეტიკული მომარაგებისათვის გამოყენებულ იქნეს ენერგოდამზოვი თბოსიცივით მომარაგების კომპლექსური სისტემები თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით [2].

საწარმოს თბოსიცივით მომარაგების ერთ-ერთ ძირითად ელემენტად შესაძლებელია განვიხილოთ თბური პუნქტი (თბოპუნქტი), რომელიც უზრუნველყოფს მოთხოვნილი პარამეტრების განაწილებას და მის ტრანსფორმაციას საჭირო დონემდე.

თბოპუნქტთან მოცემული ადგილობრივი სისტემის მიერთების რაციონალური სქემა განისაზღვრება, როგორც ადგილობრივი სისტემის ტექნოლოგიური თავისებურებებით, ასევე გარე თბური ქსელის მოთხოვნებით.

ჩვენს მიერ დამუშავებულ იქნა თბომცვლელების თბურ პუნქტთან მიერთების ორსაფეხურიანი შერეული სქემა, რომელიც ითვალისწინებს ტექნოლოგიური პროცესებიდან დაბრუნებული ცხელი წყლის მიწოდებას გათბობის სისტემისაკენ, ხოლო გათბობის სისტემიდან დაბრუნებული თბილი საქსელო წყლის გამოყენებას ცხელი წყალმომარაგებისათვის (ნახ. 1).

წყლის შეთბობის პირველი საფეხური ხორციელდება გათბობის სისტემიდან დაბრუნებული საქსელო წყლის სითბოს ხარჯზე, მეორე საფეხური – მიმწოდებელი მილსადენის საქსელო წყლის სითბოს ხარჯზე.



ნახ.1. თბომომარაგების ორსაფეხურიანი შერეული მიერთების სქემა

- 1 - თბური ტუმბოს თბური პუნქტი; 2 - შემთბობი ტექნოლოგიური პროცესების თბომომარაგებისათვის; 3 - შემთბობი შენობის გათბობისათვის;
- 4 - პირველი საფეხურის შემთბობი ცხელი წყალმომარაგებისათვის;
- 5 - მეორე საფეხურის შემთბობი ცხელი წყალმომარაგებისათვის.

წარმოდგენილი სქემის გამოყენების შემთხვევაში მიღწეული იქნება გაცილებით უკეთესი მაჩვენებლები როგორც სათბობის ეკონომიის კუთხით, ასევე ინვესტიციის ეკონომიის კუთხითაც. ამ სქემით თბურ პუნქტს მიეწოდება არა 15°C-იანი საქსელო წყალი, არამედ მეორეული დაბალპოტენციური სითბოს წყაროს გამოყენებით 25-40°C-მდე წინასწარ შემთბარი საქსელო წყალი. ეს წყალი მოეწოდება როგორც თბური ტუმბოს საორთქლებელს, ასევე კონდენსატორს. საორთქლებელში ხდება საქსელო წყლის გაციება საწყის 15°C-მდე, ხოლო ტრანსფორმირებული დაბალტემპერატურული სითბო, ფრეონის ორთქლის სახით, კომპრესორში დაჭირხენის შემდეგ მიეწოდება კონდენსატორს, სადაც იგი გადასცემს სითბოს წინასწარ უკვე შემთბარ 25-40°C-იან საქსელო წყალს, გააცხელებს რა მას 55°C-დან 100°C-მდე კონკრეტული მომხმარებლის მოთხოვნიდან გამომდინარე. საქსელო წყლის წინასწარი შემთბობით შესაძლებელია ორგანული სათბობის ეკონომია 20-25%-ით. აღნიშნულ სქემაში აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას როგორც ცხელი წყლის შესანახი, ასევე ცივი წყლის შესანახი ავზ-აკუმულატორები.

ამრიგად, ჩატარებული ანალიზიდან ჩანს, რომ ღუდის წარმოებაში არის სხვადასხვა სახის მეორეული ენერგორესურსი, რომელთა გამოყენებაც მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებს საწარმოს ეკონომიკურ მდგომარეობას და დადებითად იმოქმედებს წარმოებული პროდუქციის თვითღირებულებაზე.

ღუდსახარში ქარხნის თბომომარაგების სხვადასხვა ვარიანტიდან ოპტიმალურის შერჩევის მიზნით აუცილებელია შესაბამისი ენერგოეკონომიკური ანალიზის ჩატარება.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი ლუდის ხარშვის პროცესის ენერგომომარაგების სხვადასხვა ვარიანტებისათვის:

1. თბომომარაგება ორგანულ სათბობზე მომუშავე თბოენერგეტიკული დანადგარით და სიცივით მომარაგება სამაცივრო დანადგარით;

2. თბოსიცივით მომარაგება თბური ტუმბოს დანადგარით.

გაანგარიშება ჩატარდა ორ ვარიანტად, 1 გლ ლუდისათვის, ქვემოთმოყვანილი მონაცემების საფუძველზე (ვალუტის კურსი – 1 აშშ დოლარი=2,5 ლარი) [3].

დასახელება	I ვარიანტი	II ვარიანტი
ელ. ენერგიის ფასი	0,08 ლარი/კვტსთ	0,215 ლარი/კვტსთ
ბუნებრივი აირის ფასი	0,5 ლარი/მ ³	0,7 ლარი/მ ³
ორგანულ სათბობზე (ბუნებრივ აირზე) მომუშავე ქვაბის დადგმული სიმძლავრის ღირებულება	75 ლარი/კვტ	75 ლარი/კვტ
თბური ტუმბოს დადგმული სიმძლავრის ღირებულება	250 ლარი/კვტ	250 ლარი/კვტ

ცნობილია, რომ სრული წლიური დანახარჯები:

$$I = C \times n + E \text{ ლარი/წ,}$$

სადაც, C – ინვესტიციაა, ლარი; n – ინვესტიციის უკუგების ნორმატიული

კოეფიციენტი; ენერგეტიკაში $n=0,15$ ლარი/წ; E – წლიური

საექსპლუატაციო დანახარჯია, ლარი/წ.

ცნობილია, რომ კვების მრეწველობაში პროდუქციის თვითღირებულების $\approx 80\%$ მოდის ენერგიის (სათბობის) ღირებულებაზე. ამიტომ, ზემოთ ჩამოთვლილი თბომომარაგების ვარიანტების შედარების მიზნით მივიღოთ, რომ საექსპლუატაციო დანახარჯების 80% -ს შეადგენს ენერგიის (სათბობის) ღირებულება. ამდენად, 1 გლ ლუდის მომზადების შემთხვევაში გვექნება:

1. $I^I_{\text{ქვაბი}} = 17,2$ ლარი/წ;
2. $I^{II}_{\text{ქვაბი}} = 19,6$ ლარი/წ;
3. $I^I_{\text{თ.ტ.}} = 37,8$ ლარი/წ;
4. $I^{II}_{\text{თ.ტ.}} = 38,3$ ლარი/წ;

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, 1 გლ ლუდის მომზადებაზე თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შემთხვევაში წლიური დანახარჯები იქნება 2-2,5-ჯერ მეტი, ვიდრე ორგანულ სათბობზე მომუშავე საქვაბის გამოყენების შემთხვევაში. ამასთან, თუ მხედველობაში მივიღებთ ლუდის წარმოების სრულ ციკლს, სადაც უმნიშვნელოვანეს საწარმოო რგოლებს წარმოადგენენ ლუდის ფერმენტაციის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს $18-22^{\circ}\text{C}$ -ზე და ლუდის გაცივების პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს $0-2^{\circ}\text{C}$ -ზე, ცხადი გახდება, რომ აღნიშნული პროცესები ვერ განხორციელდება ხელოვნური სიცივის, და მაშასადამე სამაცივრო დანადგარების გამოყენების გარეშე.

ამრიგად, ლუდის წარმოების სრული ციკლის თბოსიცივით მომარაგება ორგანულ სათბობზე მომუშავე საქვაბე დანადგარისა და სამაცივრო დანადგარის გამოყენების შემთხვევაში $30-35\%$ -ით ძვირი დაჯდება, ვიდრე თბური ტუმბოს დანადგარით კომპლექსური თბოსიცივით მომარაგების განხორციელების შემთხვევაში:

1. $I^I_{\text{ქვაბი}} + I_{\text{სამაცივ.დან.}} = 17,2+37,8=55$ ლ/წ $> I^I_{\text{თ.ტ.}} = 37,8$ ლარი/წ
2. $I^{II}_{\text{ქვაბი}} + I_{\text{სამაცივ.დან.}} = 19,6+37,8=57,4$ ლ/წ $> I^{II}_{\text{თ.ტ.}} = 37,8$ ლარი/წ
3. $I^I_{\text{ქვაბი}} + I_{\text{სამაცივ.დან.}} = 17,2+38,3=55,5$ ლ/წ $> I^{II}_{\text{თ.ტ.}} = 38,3$ ლარი/წ
4. $I^{II}_{\text{ქვაბი}} + I_{\text{სამაცივ.დან.}} = 19,6+38,3=57,9$ ლ/წ $> I^{II}_{\text{თ.ტ.}} = 38,34$ ლარი/წ



გამოყენებული ლიტერატურა

1. Попов В.И. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1999.- 256с.
2. Стабников В.Н., Бойченко Н.Г. Использование вторичного тепла в пищевой промышленности, - М.: Пищепромиздат, 1992. -150с.
3. მირიანაშვილი ნ., გძელიშვილი ნ., ხათაშვილი ვ., ნოზაძე თ., წოწონავა-დურგლიშვილი თ. ენერგოდაზოგვა თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით ლუდის წარმოებაში. // სტუ-ს აკადემიის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2017. №21. გვ.95-100.

PROSPECTS OF USING SECONDARY ENERGY RESOURCES IN BEER PRODUCTION

Kavlashvili N., Mirianashvili N., Khatashvili V.

Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the LEPL Georgian Technical University

Summary

From the carried out research presented in article, follows, that in brewing manufacture considerable losses of thermal energy, which reduction will be effective at applications energy saving heat pumps installations. Brewing manufacture as a result of use heat pumps installations, at the maximum development of secondary power resources, reduction of power inputs in quantity about 25÷30 % as a result of it production cost price considerably is possible decreases.

თბილისის მეტროპოლიტენში ელექტრო ენერჯის მოხმარების ანალიზი

ხურცილავა გ.შ., კიღურაძე ო.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში ჩატარებულია მეტროპოლიტენში მოხმარებული ელექტრო ენერჯის რეგრესიული ანალიზი. დადგენილია კორელაციური კავშირი მოხმარებულ ელექტროენერჯიასა და გადაყვანილ მგზავრებს შორის. გამოყოფილია წვევის აგრეგატები, როგორც ყველაზე მსხვილი მომხმარებელი და დაგენილია, რომ მხოლოდ ოპერაციული მომსახურების ამადლების გზით (ფინანსური ხარჯების გარეშე) არსებობს 4071 მგვტ.სთ ელექტრო ენერჯის დაზოგვის რეზერვი (მეტროს ჯამური მოხმარების 6.3%, ან წვევის აგრეგატების მოხმარების 10.8%).

მეტროპოლიტენი ელექტროენერჯის ყველაზე მსხვილი მომხმარებელია. 2017 წელს იგი მოემსახურა 114 მილიონ მგზავრს და მოიხმარა 64900 მგვტ.სთ ელექტრო ენერჯია, რამაც ერთ გადაყვანილ მგზავრზე შეადგინა 0.57 კვტ.სთ. თვეში გადაყვანილ მგზავრთა რაოდენობა იცვლებოდა 6.7-დან (აგვისტო) 11.7 მილიონამდე (დეკემბერი).

ელექტრო ენერჯის ძირითადი მომხმარებელია წვევის აგრეგატები (58%), ხოლო დანარჩენი 42% ელექტრო მოხმარება ნაწილდება: ესკალატორების, წყლის საქაჩი ტუმბოების, ვენტილატორების, განათების და სხვა საკუთარი მოხმარების აგრეგატების ელამპრავებზე (ცხრ.1).



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრ.1. მეტაპოლიტენის ელექტრო მოხმარება და გადაყვანილი მგზავრების რაოდენობა

თვე (2017წ)	ელექტრო ენერჯის მოხმარება, მგვტ.სთ			გადაყვანილი მგზავრები
	ჯამური	წვეის აგრეგატები	დანარჩენი	
იანვარი	6078,4	3113,4	2965	8617861,0
თებერვალი	5350,5	2911,1	2439,4	8510834,0
მარტი	5434,3	3002,3	2432	10074382,0
აპრილი	5050,5	3295,9	1754,6	9086141
მაისი	5623,9	3265,6	2358,3	10067881
ივნისი	5005,0	2917,4	2087,6	9623134
ივლისი	4857,4	2842,2	2015,2	8308241
აგვისტო	4678,4	2787,0	1891,4	6710592
სექტემბერი	4744,0	2976,0	1768	9001031
ოქტომბერი	5659,7	3245,4	2414,3	10978550
ნოემბერი	6335,1	3716,8	2618,3	11172312
დეკემბერი	6087,2	3489,6	2597,6	11676755

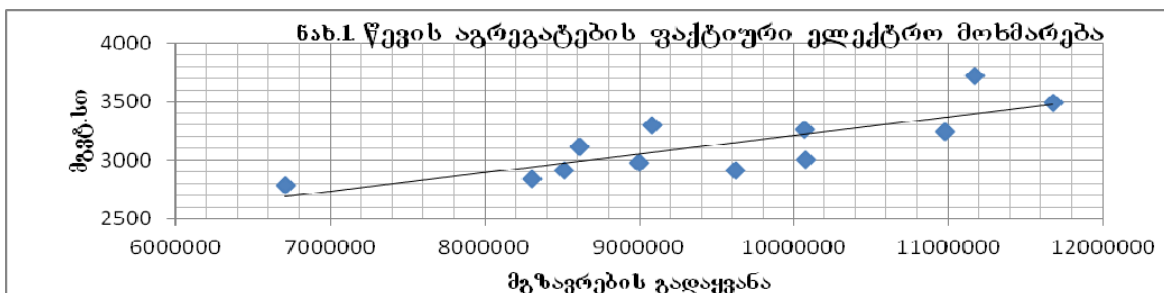
ცხრილში 2. ნაჩვენებია კორელაციური კავშირი [1] მგზავრების გადაყვანასა (მიზნობრივი ფუნქცია) და ელექტრო მოხმარებას შორის.

ცხრ.2				
	ელექტრო ენერჯის ჯამური მოხმარება	წვეის აგრეგატების მოხმარება	დანარჩენი მოხმარება	მგზავრები
ელექტრო ენერჯის ჯამური მოხმარება	1			
წვეის აგრეგატების მოხმარება	0,799104928	1		
დანარჩენი მოხმარება	0,893501782	0,444030799	1	
მგზავრები	0,706801889	0,794630173	0,459863881	1

მგზავრების გადაყვანასა და წვეის აგრეგატების მიერ მოხმარებულ ელექტრო ენერჯიას შორის ძლიერი დადებითი კორელაციური კავშირია ($r = 0.795 > 0.7$), ასევე, მხოლოდ შედარებით ნაკლები- ჯამურ ელექტრო მოხმარებასთან ($r = 0.706$) და საშუალო - ($r = 0.46$) დანარჩენ მოხმარებასთან. პრაქტიკულად იგივე კავშირია ($r = 0.444$) წვეის ელექტრო მოხმარებასა და დანარჩენ მოხმარებას შორის.

კორელაციის კოეფიციენტების ანალიზი აჩვენებს, რომ პირველ რიგში ენერჯიის დაზოგვის კუთხით უფრო ეფექტური იქნება წვეის აგრეგატების ელექტრო მოხმარების შემცირება ენერგოდამზოგავი ღონისძიებების დანერგვით.

ნახ.1. ნაჩვენებია დამოკიდებულება წვეის აგრეგატების ფაქტიურ ელექტრო მოხმარებასა და გადაყვანილ მგზავრებს შორის. კორელაცია დადებითია: ტრენდის ხაზი (ტენდენცია) მონოტონურია, რეგრესიის განტოლებას აქვს სახე: $E(\text{მგვტ.სთ}) = 0.000158579 * \text{მგზ.რაოდ.} + 1625.999735$. დეტერმინაციის კოეფიციენტი ტოლია $R^2 = 0.6314$.





V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტრენდის ხაზის მიმართ წერტილების დიდი გაბნევა შეიძლება მიუთითებდეს ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა: კომპანიის მართვის ხარისხი, დანადგარების ტექნიკური მდგომარეობა და მომსახურების ხარისხი, ცვლილებები და არასტაბილურობა დანადგარების ენერგოეფექტიანობის ხაზით, ხშირი და შემთხვევითი ცვლილებები კომპანიის სტრატეგიაში და სხვა. ამრიგად, წერტილების განლაგების არსებული ხასიათი ტრენდის ხაზის მიმართ საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ კომპანიაში არსებული პრობლემების, მათ შორის ტექნოლოგიური პროცესების ენერგეტიკული ეფექტიანობის შესახებ. გასანახლებელია მეტროპოლიტენში მოძველებული დანადგარები და მოწყობილობები, ელექტრომატარებლების ელექტრული ნაწილები, მართვის სისტემები და სხვა.

ნახ. 1.-ზე ტრენდის ხაზის ქვემოთ მოქცეული წერტილების შემთხვევებში წვეის აგრეგატების მიერ ფაქტიურად მოხმარებული ენერჯის მნიშვნელობები ნაკლებია ვიდრე რეგრესიის ფორმულით გაანგარიშებული მოხმარება შესაბამის თვეებში. ე.ი. წლის მე-2; 3; 6; 7; 9 ;10 თვეები შეესაბამება წვეის აგრეგატების უფრო ეფექტურ მუშაობას, ვიდრე მუშაობა წლის დანარჩენ თვეებში. შესაბამისად “აგრესიული” მეთოდის გამოყენებით რეგრესიული ანალიზი ეფექტური მუშაობის მითითებული თვეების მიხედვით გვაძლევს რეგრესიის განტოლებას $E=0.000123251 * მგზ.რაოდ.+1821.863203$ უფრო მაღალი დეტერმინაციის კოეფიციენტით $R^2=0.795$.

ცხრ.3. მოცემულია თვეების მიხედვით (სვეტებში) მონაცემები: მგზავრების გადაყვანის(2), წვეის აგრეგატების მიერ ფაქტიურად მოხმარებული (3) და რეგრესიის განტოლებით გაანგარიშებული (4) ელექტრო ენერჯის მოხმარებები, ფაქტიურად მოხმარებულისა და გაანგარიშებით მიღებულ მოხმარებებს შორის სხვაობა (5) და ამ სხვაობის ნაზრდი ჯამები (6).

ცხრ.3.

თვე	მგზავრების გადაყვანა	წვეის აგრეგატების ელექტრო მოხმარება		მოხმარებათა სხვაობა, ფაქტ-ანგ	
		ფაქტიური	ანგარიშით	ფაქტ-ანგ	ნაზრდი ჯამი
1	2	3	4	5	6
1	8617861	3113,4	2684,023	429,3768	429,3768
2	8510834	2911,1	2670,832	240,2680	669,6448
3	10074382	3002,3	2863,541	138,7591	808,4039
4	9086141	3295,9	2741,739	554,1608	1362,5648
5	10067881	3265,6	2862,740	402,8604	1765,4252
6	9623134	2917,4	2807,924	109,4759	1874,9011
7	8308241	2842,2	2645,862	196,3378	2071,2389
8	6710592	2787,0	2448,950	338,0496	2409,2885
9	9001031	2976,0	2731,249	244,7507	2654,0392
10	10978550	3245,4	2974,980	270,4195	2924,4587
11	11172312	3716,8	2998,862	717,9382	3642,3969
12	11676755	3489,6	3061,035	428,5651	4070,9620



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრ.3.–დან ჩანს, რომ წვევის აგრეგატების ფაქტიურად მოხმარებული ელექტრო ენერჯის დაზოგვის რესურსი რეგრესიული ანალიზის საფუძველზე წლის განმავლობაში (დანაზოგების ნაზრდი ჯამი -სეგტი 6) შეადგენს 4071მგვტ.სთ-ს. (წლიური მოხმარების 10.8% და მეტროში ჯამური მოხმარების 10.8%). აღნიშნული დანაზოგი შესაძლებელია მიღებული იქნას ფინანსური დანახარჯების გარეშე ოპერაციული მომსახურების ამადლების გზით,

თბილისის მეტროპოლიტენი ფუნქციონირებს 1966 წლიდან პრაქტიკულად ძველი აღჭურვილობით შესაბამისად ენერჯის დაზოგვის დიდი რეზერვებია. განსახორციელებელი ღონისძიებებიდან აღსანიშნავია მოდერნიზაციის სამუშაოები ობიექტებზე: ელექტრომატარებლები, წვევის აგრეგატები, ესკალატორები, ვენტილატორები, წყალსაქანი სისტემები, განათების სისტემები, საკონტაქტო რელსი (მესამე რელსი) და სხვა. მნიშვნელოვანი ენერგოდაზოგვა შესაძლებელია სისშირული რეგულატორების ფართოდ დანერგვით.

ლიტერატურა:

1. Карлберг К. Регрессионный анализ в Microsoft Excel. Изд.-во Вильямс. 2017. Стр. 400.

ANALYSIS OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN THE TBILISI METRO

Khurtsilava G.Sh., Kiguradze O.D.

Georgian Technical University

Summary

In the paper is carried out the regressive analysis of the energy consumed in the metropolitan area. Correlation between consumed electricity and transfer passengers is established. Traction aggregates are separated, as the largest consumer and is established that Just by upgrading operating services (without financial expenses) is possible to save 4071 MW.h electric power (6.3% of total consumption in metropolitan, or 10.8% of traction aggregates consumption).

მცენარეული ნარჩენი - ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი

ჯაფარიძე თ., კიღურაძე თ., ბერიძე გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია მცენარეული ნარჩენი ბიომასის (სიმინდი, ლობიო, მზესუმზირა) ენერგეტიკული თვალსაზრისით გამოყენების პერსპექტივა. ჩატარებულია ნარჩენი ბიომასის ტენიანობის და თბოუნარის გაზომვის ექსპერიმენტები პრეციზიული იზოთერმული კალორიმეტრის XRY IC გამოყენებით. მიღებულია მშრალი ნიმუშების უმაღლესი თბოუნარის ექსპერიმენტული მონაცემები, რის საფუძველზეც გამოთვლილია ბიომასის სხვადასხვა ტენიანობის პირობებისათვის უდაბლესი თბოუნარის სიდიდეები. მიღებულია შესაბამისი საანგარიშო ანალიზური გამოსახულებები.

ნარჩენი ბიომასის ალტერნატიულ სათბობად გამოყენების მიზნით შეფასებულია თითოეული გამოკვლეული ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი. სიმინდის, ლობიოსა და მზესუმზირას ნარჩენი ბიომასის ჯამურმა ენერგეტიკულმა პოტენციალმა შეადგინა 2 956 292 გიგაჯოული, რაც ექვივალენტურია 100 784ტონა პირობითი სათბობის.

ორგანული სათბობის დეფიციტი და ამავე დროს მისი ღირებულების განუწყვეტელი ზრდა მწვავედ აყენებს საკითხს ალტერნატიული სათბობის ძიების მიმართულებით. აღნიშნული საკითხი მსოფლიო მასშტაბით აქტუალურია. სათბობის ერთ-ერთ ალტერნატიულ სახეს, რომელიც განახლებად სათბობად მოიაზრება, წარმოადგენს მცე-



ნარეული ნარჩენების ბიომასა.

მცენარეულ ნარჩენებში იგულისხმება მარცვლოვანი და პარკოსანი კულტურების და ბალახოვანი ნარჩენები.

საქართველოს მთელი მოსახლეობის დაახლოებით ნახევარი ეწევა ფერმერულ საქმიანობას და ამდენად უშუალოდ კავშირი აქვს ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკულ წყაროსთან. ენერგეტიკული პოტენციალის შესაფასებელ ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს საწვავი მასის თბოუნარი (კჯ/კგ), რომელიც გამოიყენება თბოდანადგარების, როგორც პროექტირების, ასევე ექსპლუატაციის დროს, პროცესების ოპტიმიზაციის და დანადგარების მუშაობის ეკონომიკური მაჩვენებლების დასადგენად.

თუ ცნობილია საწვავის ელემენტარული შედგენილობა, მაშინ დამენდელევის ფორმულით შესაძლებელია თბოუნარის ანალიზური გაანგარიშება [1], იმ დაშვებით, რომ სათბობში შემავალი ელემენტები იმყოფება მექანიკური ნარევის სახით. აღნიშნული მეთოდი მიახლოებითია და თბოუნარის განსაზღვრის ძირითად მეთოდად რჩება ექსპერიმენტული მეთოდი- კალორიმეტრული ბომბის გამოყენებით [2].

კალორიმეტრული ბომბი წარმოადგენს უჟანგავო ფოლადის ჰერმეტიკულ სქელკედლა ჭურჭელს, რომელშიც ექსპერიმენტის ჩასატარებლად თავსდება დაახლოებით 1 გრამი მასის მქონე საკვლევი ნივთიერება. ბომბში შექმნილია 25-30 ბარი წნევის ჟანგბადის გარემო წვის სრული პროცესის განხორციელების მიზნით. კალორიმეტრული ბომბი თავის მხრივ მოთავსებულია დისტილირებული წყლიან ჭურჭელში.

კალორიმეტრული ცდა იყოფა სამ პერიოდად: საწყისი, მთავარი და საბოლოო პერიოდებად. კალორიმეტრში თბური წონასწორობის დადგომის შემდეგ სათბობს ანთებენ ელექტრული საფეთქით. გამოყოფილი სითბო განაპირობებს კალორიმეტრის წყლის ტემპერატურის გაზრდას, რომელიც იზომება პრეციზიული თერმომეტრით (0,001°C ცდომილებით).

ტემპერატურის ნაზრდის, საკვლევი ნიმუშის მასისა და კალორიმეტრული მუდმივას (კალიბრების მუდმივა) მონაცემებით განისაზღვრება სათბობის წვის სითბო-თბოუნარი კალორიმეტრული ბომბის პირობებისათვის-ეგრეთწოდებული Q_b . რადგან კალორიმეტრულ ბომბში ნამწვი გაზების საბოლოო ტემპერატურა ნაკლებია წყლის ორთქლის კონდენსაციის ტემპერატურაზე, სათბობის ნამწვი აირებში წყალი იქნება სითხის მდგომარეობაში, შედეგად მიიღება გოგირდმჟავა და მარილმჟავა და გამოიყოფა ეგზოთერმული რეაქციების სითბო ($Q_{გზ}$). რეალურ პირობებში საცეცხლეში ადგილი არ აქვს აღნიშნულ რეაქციებს (ნამუშევარი ნამწვი გაზების მაღალი ტემპერატურის გამო) და სათბობის მუშა მასის უმაღლესი მუშა თბოუნარი ($Q_{მუშ}$) ტოლი იქნება

$$Q_{მუშ} = Q_b - Q_{გზ}. \quad (1)$$

სათბობის წვის დროს წარმოქმნილი წყლის ორთქლი წარმოადგენს სათბობის მუშა მასაში არსებული ტენის ($W^d / 100$ კგ) აორთქლებით და სათბობის შედგენილობაში მყოფი წყალბადის (H^d) დაწვით მიღებული ტენის ($9H^d / 100$ კგ) აორთქლებით მიღებული ორთქლის ჯამს. კალორიმეტრულ ბომბში ცდის ჩატარების პირობების მიხედვით რადგან კალორიმეტრულ ბომბში ნამწვი გაზების საბოლოო ტემპერატურა ნაკლებია წყლის ორთქლის კონდენსაციის ტემპერატურაზე, ორთქლი კონდენსირდება და ამიტომ სათბობის სითბო, რომელიც დაიხარჯა ტენის აორთქლებაზე ($W^d / 100 + 9H^d / 100$) * 2514 კჯ, სადაც 2514 კჯ არის წყლის ორთქლადქცევის სითბო) ტოლი კონდენსაციის სითბოს სახით უბრუნდება წვის პროდუქტებს. აღნიშნულს ადგილი არ აქვს ჩვეულებრივ საცეცხლის პირობებში და შესაბამისად სათბობის უდაბლესი მუშა თბოუნარი ტოლი იქნება



$$Q_{\text{ტყ}}^{\text{E}} = Q_{\text{ტყ}}^{\text{E}} - \left(W^{\text{B}} \frac{H^{\text{B}}}{100} + \frac{9H^{\text{B}}}{100} \right) * 2.514 \quad (2)$$

ფორმულიდან (2), ჩანს, რომ მუშა მასის უდაბლესი მუშა თბოუნარი დამოკიდებულია სათბობში შემავალ წყალბადის რაოდენობაზე და ტენის შემცველობაზე. მიზანშეწონილია კალორიმეტრული ცდების ჩატარება წინასწარი გამოშრობით მიღებული მშრალი სათბობის სინჯის გამოკვლევით და შემდეგში მშრალი მასის თბოუნარიანობის გადათვლა მოვახდინოთ სათბობის სხვადასხვა ტენიანობის (W^{B}) პირობებისათვის შემდეგი გამოსახულებით:

$$Q_{\text{ტყ}}^{\text{E}} = Q_{\text{ტყ}}^{\text{E}} * (100 - W^{\text{B}})100 \quad (3)$$

სხვადასხვა მცენარეული ნარჩენი მასის ნიმუშების თბოუნარი გამოკვლეული იყო პრეციზიული იზოთერმული კალორიმეტრული დანადგარის (კალორიმეტრული ბომბა) გამოყენებით [2]. წინასწარ ჩატარებულმა კალორიმეტრის კალიბრების მაჩვენებელმა (სანიმუშო ნივთიერების ბენზოინის მჟავას გამოყენებით) შეადგინა 14344ჯ/კ .

თბოუნარიანობის გაზომვის წინ ჩატარდა საკვლევი ნიმუშების გამოშრობა საშრობ კარადაში MA 50.R. ნიმუშების მონაცემები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1

ნარჩენების დასახელება	ნიმუშ. სველი მასა	ნიმუშის მშრალი მასა	ფარდობითი ტენიანობა	აბსოლუტური ტენიანობა	H ^ა , წყალბადის შემცველობა მშრალ მასაში	H ^ბ , წყალბადის შემცველობა მუშა მასაში
	გრამი	გრამი	%	%	%	%
სიმინდის ქოჩორი	1,8417	1,6730	9,16	10,08	6,5	5,90
სიმინდის ფოთოლი	1,0281	0,9785	4,82	5,06	6,5	6,19
სიმინდის ტარო მარცვლების გარეშე	2,3468	2,1973	6,37	6,80	6,5	6,09
ლობოს ქერქი	0,4651	0,4091	12,04	13,69	6,5	5,72
მზესუმზირა	0,4010	0,3669	8,5	9,29	6,5	5,95

კალორიმეტრულ ბომბში თბოუნარიანობის გასაზომად მოთავსებული იქნა მშრალი ნიმუშები. სხვადასხვა ნიმუშის უდაბლესი მუშა თბოუნარის გაზომვის შედეგები ფარდობითი ტენიანობის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 2.

ნარჩენების დასახელება	უდაბლესი მუშა თბოუნარი კჯ/ჯგ					
	სათბობის ფარდობითი ტენიანობა					
	0	10	20	30	40	50
სიმინდის ქოჩორი	16178	14291	12424	10557	8689	6822
სიმინდის ფოთოლი	15894	14053	12213	10372	8531	6690
სიმინდის ტარო მარცვლების გარეშე	15735	15027	13078	11129	9180	7231
ლობოს ქერქი	11351	11673	10097	8520	6944	5368
მზესუმზირა	16101	15796	13761	11727	9693	7658



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრილში 3. მოცემულია ენერჯის მისაღებად გამოსაყენებელი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის (გიგა ჯოულებში) და შესაბამისი ტონა პირობითი სათბობის მნიშვნელობები (ტპს).

ცხრილი 3.

კულტურის დასახელება	მოსავალი	ნარჩენების კოეფიციენტი	ნარჩენების ალბის კოეფიციენტი	ნარჩენების რაოდენობა	ენერჯის მისაღებად გამოსაყენებელი ბიომასა		თბოუნარი 15 % ფარდობითი ტენიანობის დროს	ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი	
	ტ	%	%	კგ	%	კგ	კჯ/კგ	გჯ	ტპს
სიმინდი	378501	1,2	7	317941	50	158970	14053	2233974	76 159
ლობიო	11133	1,65	8	14696	65	9552	10885	103973	3 545
მზესუმზირა	23038	3,7	7	59772	70	41840	14779	618345	21 080
ჯამი								2956292	100784

ცხრილში 4 მოყვანილი მონაცემები შეესაბამება ბიომასის 15 %-ანი ტენიანობის შემთხვევებში ექსპერიმენტულად მიღებულ უდაბლესი მუშა თბოუნარის მნიშვნელობებს.

სიმინდის, ლობიოსა და მზესუმზირის ნარჩენი ბიომასის ჯამურმა ენერგეტიკულმა პოტენციალმა შეადგინა 2 956 292 გიგაჯოული, რაც ექვივალენტურია 100 784 ტონა პირობითი სათბობის.

ლიტერატურა

1. ყიფშიძე მ., ჯიშკარიანი თ., არაბიძე გ., ხალაია გ. საქვაბე დანადგარები. თბილისი. 2000
2. Олейник Б.Н. Точная калориметрия. М. 1972
3. არაბიძე გ., არაბიძე ნ., ზარდანია შ., კიღურაძე ო. და სხვა. ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალი საქართველოში (კადასტრი) , მონოგრაფია, თბილისი, 2013.

VEGETABLE WASTE – AN ENERGY POTENTIAL OF BIOMASS

Japaridze O., Kiguradze O., Beridze G.

Georgian Technical University

Summary

Perspective for application of agricultural residue biomass (corn, beans, sunflower) in the view of power has been discussed. Measuring experiments of humidity and heating value of residue biomass have been done using precision isothermal calorimeter XRY 1C. Experimental data of the higher heating value of dry samples have been calculated. The relevant calculating images have been adopted.

For the purposes of using residue biomass as an alternative heating, power potential of each investigated residue biomass has been assessed. Cumulative power potential of residue biomass of corn, beans and sunflower consisted of 2956292 Giga Joule, which is equivalent to 100784 ton conditional heating. Tabl.4, bibl.3.

3

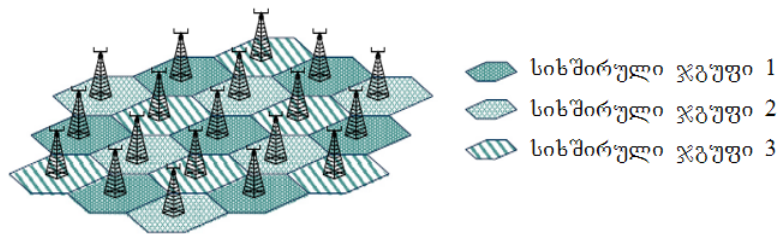
საინფორმაციო ტექნოლოგიები ენერგეტიკასა და ტელეკომუნიკაციაში INFORMATION TECHNOLOGY IN POWER INDUSTRY AND TELECOMMUNICATION





V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





სურ.1. სისშირეების განმეორებითი გამოყენება-3

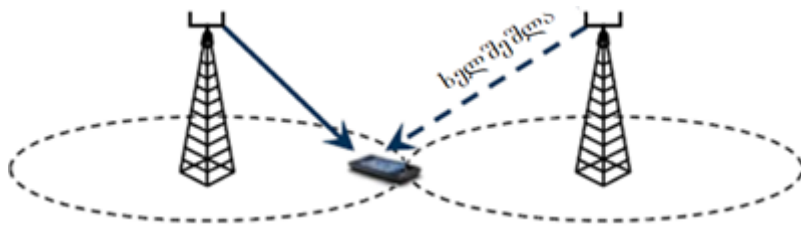


ბისმიერ შემთხვევაში მთლიანად გამოეყოფა აბონენტს, მონაცემების მოცულობაზე მოთხოვნის მიუხედავად, რაც ქმნის ინტერფერენციულ ფონს მთელ სიხშირულ ზოლში. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ინტერფერენციული ხელშეშლები წარმოიქმნება კოლური დაყოფის ყველა არხში [1, 4].

მობილური კავშირის არსებობის მთელი პერიოდის განმავლობაში განუწყვეტლივ მადლდება სიხშირული რესურსის ეფექტური გამოყენებისადმი წაყენებული მოთხოვნები, რაც თავის მხრივ მიუღებელს ხდის ინტერფერენციულ ხელშეშლებთან ბრძოლის ისეთი ხერხების გამოყენებას, რომლებიც მოითხოვენ სიხშირული რესურსის დამატებით გაფართოებას და წინა პლანზე გადმოვიდა ისეთი მეთოდები, რომლებიც არსებული ზოლის პირობებში, მისი გაფართოების გარეშე, ქმნიან ინტერფერენციული ხელშეშლების მნიშვნელოვანი შემცირების შესაძლებლობას და შესაბამისად ამისა უზრუნველყოფენ სიხშირული რესურსის გამოყენების მაღალ ეფექტურობას. ასეთი მიდგომა თაობიდან თაობამდე იხვეწებოდა და სერიოზული განაცხადი გაკეთებული იქნა მეოთხე თაობაში და მის განვითარებულ ვარიანტში.

GSM და UMTS ტექნოლოგიების ზემოაღნიშნული ნაკლოვანებები დაძლეულია LTE ტექნოლოგიაში, სადაც OFDM მეთოდის საფუძველზე აბონენტისათვის გამოყოფილი სიხშირული რესურსი შესაძლოა იცვლებოდეს 180კჰც-დან 20მჰც-მდე. ამ შემთხვევაში გადაცემის წერტილი იყენებს ხელმისაწვდომ სიხშირულ რესურსს მთლიანად, ხოლო აბონენტს გამოეყოფა მხოლოდ სიხშირული რესურსის გარკვეული ნაწილი საჭიროების მიხედვით, რაც განაპირობებს მთლიანი სისტემის მოქნილობას. თუმცა სიგნალის დამუშავების ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენება საკმარისი არ აღმოჩნდა SINR-ს საჭირო მნიშვნელობამდე გაზრდისათვის, რადგან ინტერფერენციული სურათი აღმავალი და დაღმავალი მიმართულებით გარკვეულწილად მაინც წარმოიქმნება [2].

როდესაც ინფორმაცია გადაიცემა ტერმინალისკენ, რომელიც იმყოფება ორი განსხვავებული გადაცემის წერტილის დაფარვის არეალების საზღვართან ახლოს (სურ. 2) მომსახურების ხარისხი მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება თუ მომიჯნავე გადაცემის წერტილებიდან მომავალი ინტერფერენციის გამომწვევი სიგნალები არიდებული იქნება ერთიანი კოორდინაციის საფუძველზე.



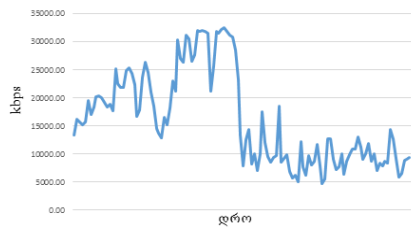
სურ.2. ინტერფერენცია დაღმავალ კავშირზე

კოორდინაციის პროცესი შესაძლებელია მოიცავდეს არა მარტო გადამცემის სიმძლავრის მართვას, არამედ ანტენის გასხივების მიმართულების ცვლილებას, ან ისეთი დროით-სიხშირული რესურსის შერჩევას, რომელიც მოცემულ მომენტში არ გამოიყენება მეზობელ სადგურებში.

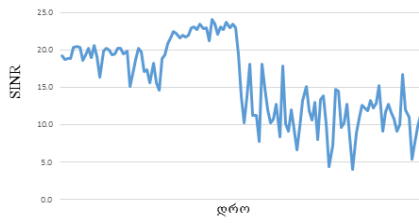
განხილული დისკუსია ეხებოდა დაღმავალ კავშირს, თუმცა კოორდინაციის კონცეფცია მოიცავს აღმავალ კავშირსაც, ვინაიდან ხელისშემშლელი ინტერფერენციის არსებობა აღმავალ კავშირზეც ქმნის ხარვეზებს სერვისის მიწოდებაში.



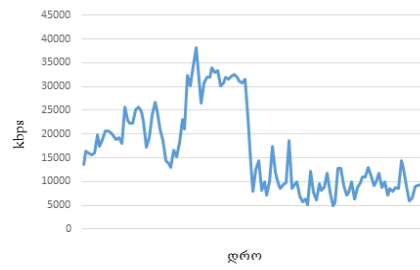
სურ. 3. ინტერფერენცია აღმავალ კავშირზე



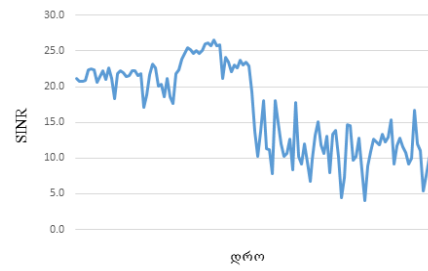
დიაგრამა 1. გამტარუნარიანობა kbps



დიაგრამა 2. სიგნალის ხარისხი



დიაგრამა 3. გამტარუნარიანობა kbps



დიაგრამა 4. სიგნალის ხარისხი



CoMP, there is also shown real network performance with and without coordination.

ტელეკომუნიკაციის საბანანათლებლო პროგრამა, ახლო მომავლის კომუნიკატიური მინიშნებების ბათვალისწინებით

****ზუინავა ე. **კოპალატაძე მ. * გელხვიძე პ.**

****საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

***აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი**

დღეს ჩვენ ვიმყოფებით გლობალური საზოგადოებისაკენ მიმავალ გზაზე, რომელიც გვპირდება მრავალ საოცრებას საინფორმაციო-სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიებისა და ინტერნეტის შესაძლებლობების საფუძველზე. მოხსენებაში წარმოდგენილია თუ როგორ უნდა პასუხობდეს ტელეკომუნიკაციის საგანმანათლებლო პროგრამა ახალ გამოწვევებს.

ჩვენ ვცხოვრობთ ინფორმაციული რევოლუციის პირობებში და პერმანენტულად ვიმყოფებით გლობალური ინფორმაციული საზოგადოებისაკენ (GIS – Global Information Society) მიმავალ გზაზე, რომელიც გვპირდება მრავალ საოცრებას საინფორმაციო-სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიებისა და ინტერნეტის შესაძლებლობების გამოყენების საფუძველზე. ეს ყველაფერი ძალზე დინამიურად შემოვიდა საზოგადოების მოღვაწეობის ყველა სფეროში, დაწყებული პირადი ცხოვრებიდან - სახელმწიფო მმართველობამდე. დღეს ყველაფერში დიდი სიახლეებია, ხელოვნებიდან ეკონომიკამდე. გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების ნებისმიერ წევრს „ადგილიდან დაძვრელად“, შეუძლია „ყველაფერი“. es ki დაკავშირებულია გრანდიოზულ ამოცანებთან, რომელთა გადაწყვეტას უნდა დაეფუძნოს განათლება ინჟინერიაში, კერძოდ ტელეკომუნიკაციის სრულყოფილ საგანმანათლებლო პროგრამას. „ჩვენი შემდგომში ამოცანაა - ვიპოვოთ სტრატეგია, რათა მობილური კავშირის საოცრება გადავიტანოთ ფართოზოლოვან ინტერნეტზე, რომელიც გამაღებით მიისწრაფის გარდაიქმნას საბაზო ინფრასტრუქტურულად. ქვეყნები, ინტერნეტში ფართოზოლოვანი ჩართვის გარეშე, ჩამორჩენილთა შორის აღმოჩნდებიან“ - განაცხადა ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო საბჭოს გენერალურმა მდივანმა ჰამადუნ ტურემ „ტელეკომ -2012“-ის ფორუმზე [1].

ტელეკომუნიკაცია წარმოადგენს მეცნიერებისა და ტექნიკის სფეროს, რომელიც მოიცავს ნებისმიერ მანძილზე ინფორმაციის გაცვლის გარემოს შექმნის ტექნოლოგიების, საშუალებებისა და მეთოდების ერთობლიობას. ტელეკომუნიკაციის ბაკალავრის მომზადების დონისადმი ზოგადი მოთხოვნებია:

- ტელეკომუნიკაციის მიმართულების საგანმანათლებლო პროგრამით მიღწეული თეორიული და პრაქტიკული უნარ – ჩვევების ერთობლიობით განსაზღვრული ბაკალავრის პროფესიული კომპეტენტურობა;
- პროფესიული ფუნქციების განხორციელების უნარი;
- ტელეკომუნიკაციის თეორიისა და ტექნიკის განვითარების ძირითადი ტენდენციების ცოდნა.

ტელეკომუნიკაციის მიმართულების ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ბაკალავრმა უნდა იცოდეს:

- სქემოტექნიკური დაპროექტების, საკომუტაციო კვანძების გათვლისა და აგების, ანალიზური და დისკრეტული შეტყობინების სისტემებისა და აპარატურის, მონაცემთა გადაცემისა და სატელეფონო კავშირის ქსელების, არსწარმომქმნელი და დამაბოლოებელი მოწყობილობების, ელექტრონული – მმართველი კომპლექსების, მობილური კავშირის სისტემების თეორიული საფუძვლები და მოქმედების პრინციპები;
- მრავალარხიანი და რადიოსარელეო კავშირის საფუძვლები;



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



- კავშირგაბმულობის სისტემების, ელექტროაკუსტიკისა და ელექტროკავშირგაბმულობის კვების უზრუნველყოფის მოწყობილობები;
- გადაცემის მრავალარხიანი სისტემების, მიწისპირა და კოსმოსური რადიოკავშირის, რადიო და სატელევიზიო მაუწყებლობის, მიმღებ –გადამცემებისა და საანტენო საფიდერო ტექნიკის აგებისა და მოქმედების პრინციპები;
- ინტერნეტ ქსელები;
- მობილური კავშირის ქსელები და სისტემები;
- ინფორმაციული უსაფრთხოება და არასანქცირებული ჩართვებისაგან ინფორმაციის დაცვის მეთოდები;
- გარემოს დაცვისა და შრომის დაცვის საფუძვლები.

ტელეკომუნიკაციის მიმართულების ტექნიკისა და ტექნოლოგიების ბაკალავრს უნდა შეეძლოს:

- ტელეკომუნიკაციის ქსელებში და სისტემებში პროცესების მოდელირება და მათი ტექნიკური ექსპლუატაციის ალგორითმის დამუშავება;
- სატელეკომუნიკაციო ხელსაწყოების, მოწყობილობების, არხებისა და ტრაქტების მახასიათებლების გაზომვა და გაზომვის შედეგების დამუშავება;

ბაკალავრის საგანმანათლებლო პროგრამის დარგობრივი კომპეტენციების განსაზღვრის მიზნით, შესწავლილ იქნა საქართველოს ინფოტელეკომუნიკაციის სივრცეში მოქმედი 183 კომპანიისაგან შემთავაზებული მომსახურების ძირითადი სახეობები:

- 100 კომპანიას აქვს ინტერნეტ მომსახურება – 55%;
- 98 კომპანია ახორციელებს საკაბელო, სატრანზიტო ტელემაუწყებლობას – 53 %;
- 94 კომპანიას აქვს ადგილობრივი მომსახურების სატელეფონო ქსელი – 51%;
- 88 კომპანია ეწევა საერთაშორისო საკომუნიკაციო მომსახურებას – 48 %;
- 86 კომპანია უზრუნველყოფს საქალაქთაშორისო საკომუნიკაციო მომსახურებას – 47%;
- 32 კომპანიას ლიცენზია აქვს მობილური კომუნიკაციის სახეობებზე – 17%;
- 17 კომპანია რადიო – ტელემაუწყებლობას ახორციელებს – 9%;
- 15 კომპანიას ექსპლუატაციაში აქვს რადიოსარედეო ხაზები, რადიო და სატელევიზიო პროგრამების გადამცემები, საბაზო სადგურები, უძღვებიან სამონტაჟო – სამშენებლო საქმიანობას – 8%.

ეს მაჩვენებლები, როგორც მომსახურებათა სახეობების, ასევე მათი გავრცელების თვალსაზრისით, ემთხვევა ტელეკომუნიკაციისა და ინფოტელეკომუნიკაციის განვითარების მსოფლიო ტენდენციების მონაცემებს, ამასთანავე ვითვალისწინებთ, რომ საქართველო არ არის ტელეკომუნიკაციის ტექნიკური საშუალებების მწარმოებელი ქვეყანა.

დღეისათვის კავშირგაბმულობის ბაზრის გარემო ხასიათდება მკაცრი კონკურენციით. არსებობს მიზეზები, რის გამოც არ უნდა ველოდოთ არსებული ვითარების ცვლილებას, როგორც უახლოეს პერიოდში, ასევე მომავალშიც. პირველი მიზეზი, იმაში მდგომარეობს, რომ საქმის არსებული ვითარება სრულ შესაბამისობაშია ქვეყნის მარეგულირებელი ორგანოს პოლიტიკასთან, რომელიც სახელმწიფო დაწესებულების საშუალებით ეწევა საკანონმდებლო ფუნქციონირებას, რაც მიმართულია ბაზრის ყველა მონაწილისათვის თანაბარი სამოქმედო პირობების უზრუნველყოფისაკენ. მეორე მიზეზი დაკავშირებულია ფაქტთან, რომ ამჟამად მკვეთრად არის შემცირებული განვითარების ისეთი შესაძლებლობები, რომლებიც ემყარებოდა სამომხმარებლო ბაზრის მარტივ, რაოდენობრივი ზრდისა და ახალი რეგიონების ათვისების პროცესებს. მესამე მიზეზი დაკავშირებულია იმ ფაქტთან, რომ ბაზრის ყველა მო-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნაწილისათვის ღია და ხელმისაწვდომია ნებისმიერი ტექნოლოგია, მომსახურების სახეობები და შესაბამისად, ძალზე მცირეა იმის ალბათობა, რომ რომელიმე ოპერატორი რაიმე სიახლის დანერგვით მოიპოვებს ლიდერობას.

ჩამოთვლილი მიზეზების გაგრძელება შესაძლებელია, მაგრამ აღნიშნულიდანაც გასაგები ხდება, რომ სატელეკომუნიკაციო კომპანიისათვის, რათა ის იყოს წარმატებული, რჩება ერთადერთი გზა, აამაღლოს ბიზნესის წარმოების ეფექტურობა, ხოლო ეს პროცესი კი, მრავალმხრივია. ის შეეხება კავშირგაბმულობის დარგის ოპერატორებს და უნდა შესრულდეს ინოვაციების ფართო მოზიდვის გზით, როგორც ახალი კომერციული შეთავაზებების შექმნით, ასევე ისეთი ღონისძიებების გატარებით, რომლებიც მიმართული იქნება ბიზნესის განვითარების პროცესის ოპტიმიზაციის და კომპანიების მოქმედების ეფექტურად მართვის პროცესებისაკენ.

ამ პროცესის ერთ-ერთ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს სატელეკომუნიკაციო ქსელების დასაბუთებული დაგეგმარება და ოპტიმიზაცია, რომლებიც უზრუნველყოფენ მომსახურების სახეობების მიწოდებას დადგენილი ხარისხის მაჩვენებლებით.

ასეთი ფუნქციის განხორციელება არ არის მარტივი ამოცანა, რაც ბუნებრივად აიხსნება სატელეკომუნიკაციო ობიექტების სირთულით. ასეთი ამოცანის გადასაწყვეტად საჭიროა სპეციალისტების გუნდის ძალისხმევა, რომლებშიც წარმოდგენილ იქნებიან ტექნოლოგიების, პროტოკოლების, სისტემური ანალიზის, გამოთვლითი მათემატიკის და პროგრამირების სფეროების მცოდნეები (ექსპერტები). მათი კვლევის ძირითად შედეგს უნდა წარმოადგენდეს შესასწავლი ქსელის ან მისი ფრაგმენტის ფორმალიზება მათემატიკური მოდელის სახით, რომელიც მოგვცემს საშუალებას, შევაფასოთ ქსელის გამტარუნარიანობის მაჩვენებლები. ჩამოთვლილი მიდგომების გარდაქმნა პროგრამული შედეგების სახით, მნიშვნელოვნად შეამცირებს ქსელის დაგეგმარების პროცესის ხანგრძლივობას და კომპანიის მენეჯმენტს მისცემს საშუალებას, განახორციელოს ქსელის განვითარების შესაძლებლობების მრავალმხრივი ანალიზი. გადასაწყვეტი ამოცანების ჩამონათვალში აუცილებელია გათვალისწინებული იქნეს აგრეთვე: საინვესტიციო გარემოსათვის შესაძლო ხიფათების შეფასება; შესაძლო საგანგებო ვითარებების ანალიზი და ამ ვითარებებიდან გამოსვლის გზების ძიება; სატელეკომუნიკაციო ქსელის რესურსების ეფექტურად გამოყენების მექანიზმების დამუშავება[2].

ლიტერატურა.

1. Голышко А.В. Информационное общество: тренды и последствия. //Электросвязь, №4, 2013, стр.4-9.
2. <http://gtu.ge/pet/Edu-Programs/Baka%20Telecom%20Georgia%202018.pdf>

EDUCATION PROGRAM IN TELECOMMUNICATIONS FUTURE OF COMMUNICATION

* Bzhinava E. T. *Koplatadze M. **Gelkhviidze P.

Georgian Technical University, Akaki Tesreteli State University

Summary

In the age of globalization, future promises wonders based on internet, information and telecommunication technologies. The thesis presents possible response of educational program to the challenges of future.



**SCADA სისტემების სასწავლო-კვლევითი ლაბორატორიული
სტენდი**

იმნაიშივილი ლ. ბედინეიშვილი მ., გოდერძიშვილი გ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამუშაოში შემოთავაზებულია SCADA სისტემების სასწავლო ინოვაციური ლაბორატორიული სტენდი, რომელიც ფარავს შესასწავლი საკითხების ფართო სპექტრს. სტენდი მსგავსი მოწყობილობებისაგან გამოირჩევა გამოყენების უნივერსალობით, ორიგინალური ღია არქიტექტურით და რეალიზაციის სიმარტივით. სტატიაში განხილულია სტენდის ფუნქციონირების და სასწავლო პროცესში გამოყენების საკითხები.

SCADA სისტემების ლაბორატორიული სწავლება. უმაღლეს სასწავლებლებში დღეისათვის დამკვიდრებულია SCADA სისტემების სწავლების ორი მეთოდოლოგია: ვირტუალური და რეალური სასწავლო სტენდების გამოყენებით. როგორც გამოცდილება გვიჩვენებს, ვირტუალური სასწავლო პროდუქტები არ იძლევა SCADA სისტემების პროექტირების საკითხების სრულად შესწავლის საშუალებას, როცა ფიზიკური სტენდების გამოყენებით შესაძლებელი ხდება SCADA სისტემების პროექტირების და ექსპლუატაციის საკითხების გამიჯვნაც. პირველ შემთხვევაში, პროექტირების საკითხებს სწავლობენ კომპიუტერული ინჟინერიის ორიენტაციის მქონე სტუდენტები, ხოლო მეორე შემთხვევაში – კონკრეტული დარგის ტექნოლოგები. პირველ შემთხვევაში სტუდენტს მოეთხოვება ციფრული ტექნიკის აპარატურული და პროგრამული საკითხების მაღალ დონეზე ცოდნა ტექნოლოგიური პროცესის ცოდნასთან ერთად. მეორე შემთხვევაში ტექნოლოგს მოეთხოვება კონკრეტული საწარმოო ტექნოლოგიის მაღალ დონეზე ცოდნა, მაგრამ იმავე დროულად წარმოდგენა უნდა ქონდეს SCADA სისტემის პროგრამულ და აპარატურულ შესაძლებლობებზე.

ლაბორატორიული სტენდის არქიტექტურა და ფუნქციონირება. SCADA-ს ლაბორატორიული სამუშაო ადგილი წარმოადგენს RS-485 მიმდევრობითი ინტერფეისით ურთიერთდაკავშირებულ მულტიფუნქციური მოწყობილობებისა და პერსონალური კომპიუტერის სისტემას. SCADA-ს ლაბორატორიული სტენდის არქიტექტურა არის ღია, რაც საშუალებას იძლევა გაფართოვდეს ლაბორატორიული სტენდის შესაძლებლობები. ლაბორატორიული სტენდი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს SCADA სისტემების ტრადიციული სქემა: ოპერატორის სამუშაო ადგილი – კავშირის არხი – ინფორმაციის შემტან-გამომტანი მოწყობილობანი – შემსრულებელი ობიექტები და სენსორები [1].

SCADA ლაბორატორიული სტენდი დაფუძნებულია კომპანია Lumel-ის პროდუქციაზე [2]. ინფორმაციის შეტანა-გამოტანის ბლოკების სახით გამოყენებულია მულტიფუნქციური მოწყობილობები: ტემპერატურისა და სტანდარტული სიგნალების (ძაბვა, დენი, წინაღობა, ტემპერატურის გადამწოდები, თერმოწყვილები) გარდამქნელი P30U; ცალფაზა ელექტროქსელის პარამეტრების გარდამქნელი P30P; ბინარული სიგნალების შემტანი ბლოკი SM5; ბინარული სიგნალების გამომტანი ბლოკი SM4.

ჩამოთვლილი მოწყობილობების RS-485 მიმდევრობითი ინტერფეისით PC-თან კავშირს უზრუნველყოფს PD10 ტიპის RS-485/USB კონვერტორი.

შემსრულებელი ობიექტების მოდელირებისათვის გამოყენებულია ქულერი M1 და სამი შუქდიოდი Led1-Led3. გადამწოდების მოდელირებისათვის გამოყენებულია: წრფივი პოტენციომეტრი R1; ბრუნვითი პოტენციომეტრი R2; ტემპერატურის გადამწოდი t100; ცალფაზა ქსელის ძაბვის რეგულატორი VR; დილაკი; ტუმბლერი.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბრუნვითი R2 და წრფივი R1 პოტენციომეტრები და ტემპერატურის გადამწოდი t100 მიერთებულია ტემპერატურისა და სტანდარტული სიგნალების გარდამქნელთან P30U. ბრუნვითი პოტენციომეტრის R2 შემთხვევაში P30U გარდამქნელის მიერ აღიქმება პოტენციომეტრში გამავალი მუდმივი დენი, ხოლო წრფივი პოტენციომეტრის R1 შემთხვევაში – პოტენციომეტრზე მოდებული მუდმივი ძაბვა. P30U გარდამქნელს გააჩნია დისპლეი, რომელზეც აისახება უშუალოდ პოტენციომეტრის R1 (R2) მცოცხე გაზომილი ძაბვა (დენი), ან ტემპერატურის გარდამქნელის Pt100 მიერ გაზომილი გარემოს ტემპერატურა. ბრუნვითი პოტენციომეტრი R2 საშუალებას გვაძლევს PC-ში საბოლოო ჯამში აღვიქვათ პოტენციომეტრის სახელურის მობრუნების კუთხე (გრადუსი), ხოლო წრფივი პოტენციომეტრის R1 შემთხვევაში აღიქმება პოტენციომეტრის სახელურის გადაადგილება გრძივ ერთეულებში (მმ). დისპლეის არსებობა P30 –ზე საშუალებას აძლევს სტუდენტს ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების პროცესში კომპიუტერის მონიტორზე მიღებული შედეგები შეადაროს P30U გარდამქნელის დისპლეიზე მიღებულ მნიშვნელობას პირდაპირი ან გარდაქმნილი სახით.

გარდამქნელი P30U აღჭურვილია სასიგნალო შუქდიოდით Led4, რომელიც P30U-ის კონფიგურირებით შეიძლება „მიბმული“ იქნას ნებისმიერ გასაზომ პარამეტრზე.

ცალფაზა ელექტროქსელის პარამეტრების გარდამქნელი P30P-ის ძაბვის წრედი ელექტროქსელთან მიერთებულია ძაბვის რეგულატორის VR გავლით, რაც საშუალებას იძლევა მისი სახელურის მობრუნებით ვცვალოთ P30P გარდამქნელის შესასვლელზე მოდებული ძაბვა და განვახორციელოთ ძაბვის მერყეობის მონიტორინგი.

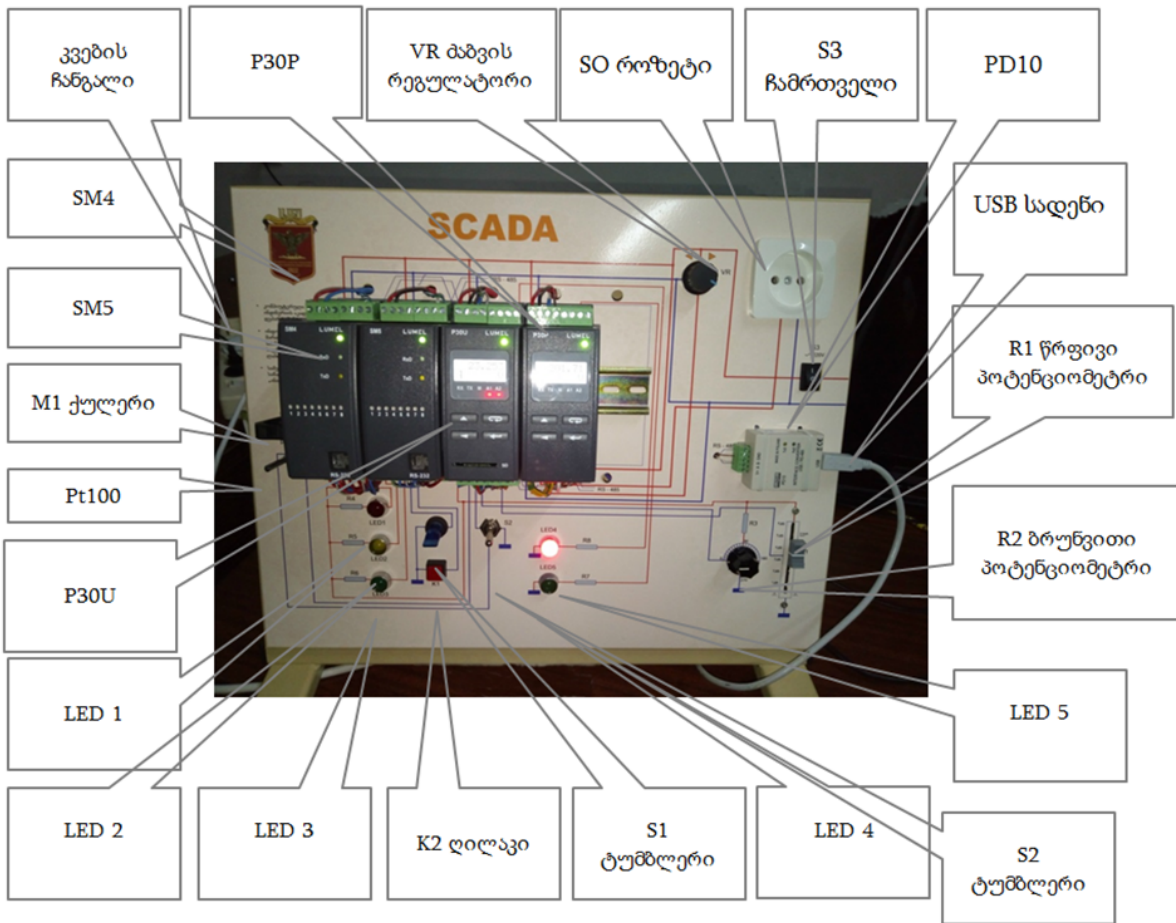
გარდამქნელი P30P აღჭურვილია სასიგნალო შუქდიოდით Led5. თვითონ P30P გარდამქნელი საშუალებას იძლევა Led5 კონფიგურირებით „მიბმული“ იქნას ნებისმიერ გასაზომ პარამეტრზე.

ბინარული სიგნალების გამოტანის ბლოკი SM4 გარდაქმნის PC - დან მიღებულ ბრძანებას და გადართავს ჩაშენებული ოთხი რელედან ერთ-ერთს ან რამდენიმეს ერთდროულად. რელეებზე მიერთებულია განსხვავებული ფერების მქონე სამი შუქდიოდი Led1-Led3 (შესაბამისად წითელი, ყვითელი, მწვანე) და ქულერი M1. ქულერი და ტემპერატურის გადამწოდი სტენდზე ისეა განლაგებული, რომ შესაძლებელია ჩართული ქულერის მიერ ტემპერატურის გადამწოდის გაგრილება.

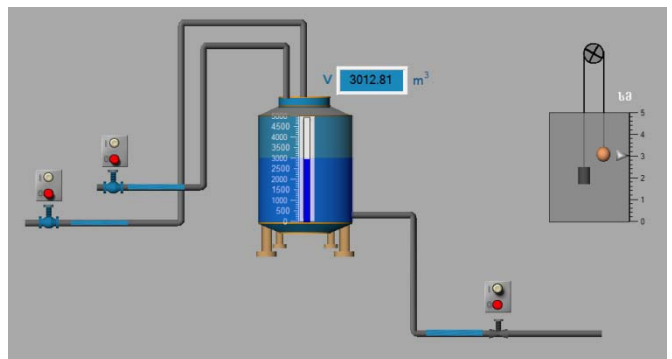
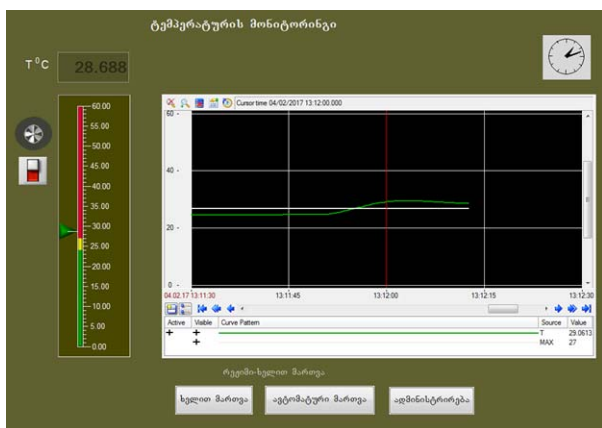
ბინარული სიგნალების შემტანი ბლოკი SM5 განკუთვნილია დილაკიდან K1 და ტუმბლერიდან S3 ბინარული სიგნალების (ჩართულია/გამორთულია) შეტანისათვის და SM4 ბლოკის მიერ შესრულებული ქმედებების უკუკავშირისათვის. SM5-ის მიერ ასევე კონტროლდება ქულერის M1 ჩართვა/გამორთვა და Led3 მწვანე შუქდიოდის ჩართვა/გამორთვა.

ნახ.1-ზე მოცემულია SCADA ლაბორატორიული სტენდის გარეგნული სახე. გამოყენებული პროგრამული პაკეტები:

- სპეციალური პროგრამული პაკეტი SCADA Conect, რომელიც დამუშავდა SCADA ლაბორატორიული სტენდისათვის. გამოიყენება PC-ის COM პორტის, RS-485 ინტერფეისის და MODBUS პროტოკოლის შესწავლისათვის.
- LPConfig software და eCon software [1] – გამოიყენება მულტიფუნქციური ბლოკების კონფიგურირების შესწავლისათვის.
- Trace Mode [3]–გამოიყენება SCADA პროექტების შესაქმნელად. Trace Mode ერთ პაკეტში აერთიანებს როგორც საპროექტო, ასევე შემსრულებელ მოდულებს, ანუ შესაძლებელია როგორც პროექტის შექმნა, ასევე შექმნილი სისტემის ფუნქციონირება და ექ-



ნახ. 1. SCADA ლაბორატორიული სტენდი



ნახ.2. ლაბორატორიული საშუალებების მაგალითები



2. <http://www.lumel.com.pl/en/>
3. <http://www.adastra.ru/>
4. <http://www.modbus.org/newsletter.php>

TRAINING-RESEARCH LABORATORY TEST-BENCH FOR SCADA SYSTEMS

Imnaishvili L., Bedineishvili M., Goderdzishvili G.

Georgian Technical University

Summary

In this paper, we propose an educational laboratory stand SCADA systems, which covers a wide range of studied issues. The stand is different from similar devices, because of versatility of usage, original open architecture and simplicity of implementation. It is considered the problems of the functioning of the stand and its application in the educational process.

ენერჯის ბალანსირების მეთოდები უსადენო სენსორულ ქსელებში

მასარაძე ს., ბერიძე ჯ., ცქვიტინიძე ი.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

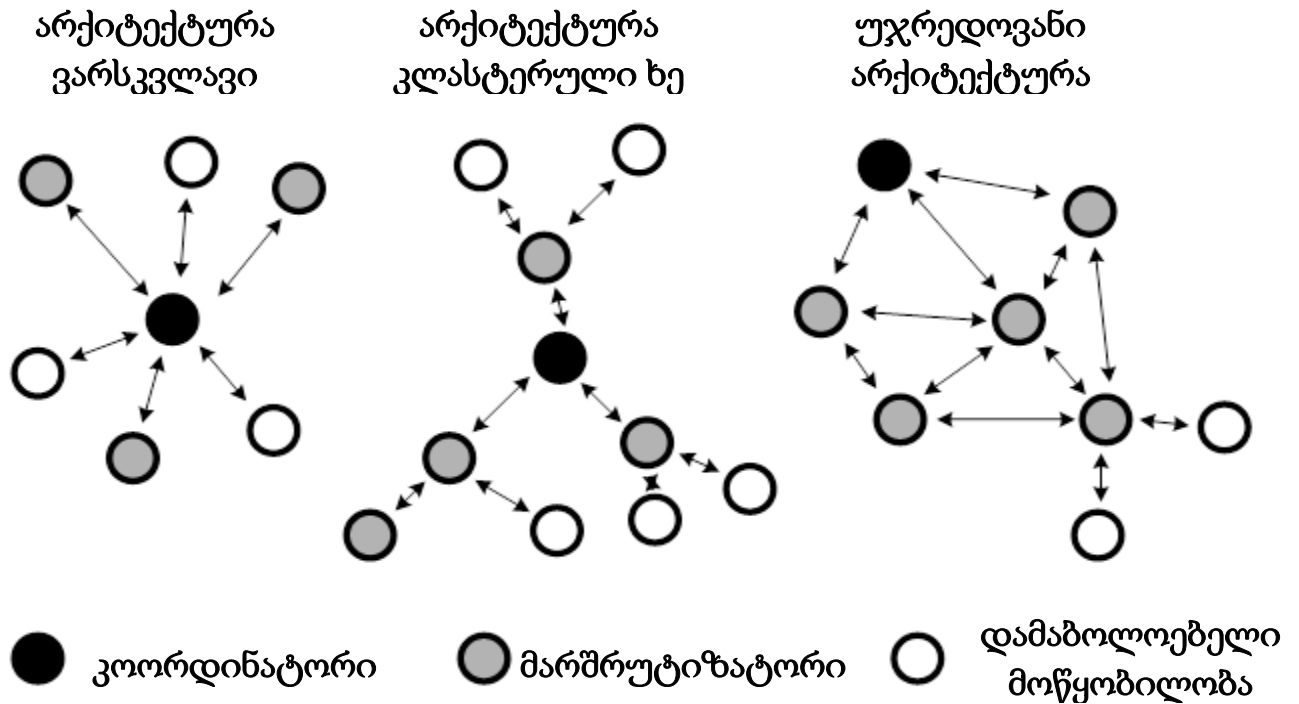
მოხსენებაში განხილულია უსადენო სენსორული ქსელებისათვის დამახასიათებელი ერთ-ერთი პრობლემატური საკითხი – კვანძების მიერ არათანაბარი ენერგომომარეობა, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ ქსელი ხდება შრომისუუნარო იმ მომენტში როცა ენერგია უმთავრდება რამდენიმე კვანძს, მაშინ როცა დანარჩენ კვანძებს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი ენერჯის მარაგი. მოყვანილია სხვადასხვა სახეობის კვანძების მიერ მოხმარებული ენერჯის საანგარიშო გამოსახულებები. მოცემულია ენერჯის ბალანსირების მეთოდები.

სენსორული ქსელის კონცეფცია ვარაუდობს, რომ ნებისმიერი კვანძი მუშაობს კვების ავტონომიური წყაროდან. თუ ასეთ წყაროს წარმოადგენს ჩვეულებრივი ელემენტი (AA,AAA ტიპის და მსგავსი), რომლის მუშაობის პროცესში მას არ ემატება ენერგია, მაშინ დროის რაღაც პერიოდის შემდეგ ის განიმუხტება და ავტონომიური მოწყობილობა წყვეტს მუშაობას, მწყობრიდან გამოსვლა კი იწვევს: კვანძის მიერ ამოცანათა ნაკრების შეუსრულებლობას, რამაც შეიძლება შეამციროს ქსელის მომსახურების ხარისხი (დროებით ან საბოლოოდ). აუცილებლად დგება მომენტი, როცა ქსელი ვეღარ შეძლებს მასზე დაკისრებული ამოცანების შესრულებას. ქსელის მუშაობის დაწყებიდან მოცემულ მომენტამდე პერიოდს ეწოდება სიცოცხლის დრო ან ქსელის ავტონომიურად მუშაობის დრო (Network lifetime). პრობლემა მდგომარეობს იმაში რომ ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში ქსელის მწყობრიდან გამოსვლის მომენტი შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვანაირად, მომსახურების ხარისხისადმი მოთხოვნაზე დამოკიდებულებით. უსადენო სენსორულ ქსელს (უსქ) გააჩნია ორი განსაკუთრებული ფუნქცია - თვითორგანიზება და თვითადგენა. თვითორგანიზება წარმოადგენს პროცესების ფუნქციონირების დამოუკიდებლად წარმოების შესაძლებლობას, უსადენო ქსელის მუშაობის პარამეტრების დინამიური რეგულირებით და გარე ფაქტორებზე დამოკიდებულებით. თვითორგანიზების მიზანს წარმოადგენს ავტონომიური ქსელის ისეთი მოწყობა, რომელიც გაშლის შემდეგ ფუნქციონირებს ოპერატორის ჩარევის გარეშე. თვითადგენა მჭიდროდაა დაკავშირებული თვითორგანიზებასთან და ვარაუდობს, რომ ქსელის ცალკეული კვანძის მწყობრი-



დან გამოსვლის შემთხვევაში ქსელი დროის განსაზღვრულ ინტერვალში გადაეწეობა და ისევ აგრძელებს მასზე დაკისრებული ფუნქციების შესრულებას [1].

უსქ-ს კვანძები შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით იყოფიან: კოორდინატორი, მარშრუტიზატორი და დამაბოლოებელი კვანძი (ნახ.1), რომელთა მიერ მოხმარებული ენერგია სხვადასხვაა.



ნახ.1. უსქ ქსელის ტოპოლოგიები და კვანძები

სენსორულ ქსელში მარშრუტიზატორი წარმოადგენს ქსელის სიცოცხლის სუსტ ადგილს. ეს აიხსნება იმით, რომ ინფორმაციის დროულად მიტანისათვის მარშრუტიზატორი მუდმივად უნდა იმყოფებოდეს აქტიური (მიღება-გადაცემის) რეჟიმში.

მარშრუტიზატორის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე იქნება:

$$P_r = P_{tx}k_{tx} + P_{rx}k_{rx} + (1 - k_{tx} - k_{rx})P_{idle} \quad (1)$$

სადაც P_{tx} - გადაცემის რეჟიმში რეტრანსლიატორის საშუალო მოხმარებული სიმძლავრეა, P_{rx} - მიღების რეჟიმში რეტრანსლიატორის საშუალო მოხმარებული სიმძლავრე, P_{idle} - რეტრანსლიატორის მოხმარებული სიმძლავრე ლოდინის რეჟიმში, k_{tx} - დროის წილი დადასტურების გაგზავნასთან ერთად, რომელიც იხარჯება ყოველი კადრის გადაცემაზე, k_{rx} - ყველა კადრის მიღებაზე დახარჯული დრო.

დამაბოლოებელი მოწყობილობა დანიშნულია საკუთარი გადამწოდებიდან მანქვინებლების ასათვლელად და ქსელში მათ გადასაცემად. ის რეტრანსლიატორისაგან იმით განსხვავდება, რომ მონაცემებს გადაცემს თავის გავლით, ორმხრივად. დამაბოლოებელი მოწყობილობის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე:

$$P_{ed} = \frac{P_f t_f + P_a t_a + P_s (t_c - t_f - t_a)}{t_c} \quad (2)$$

აქ t_c - მოწყობილობების მუშაობის ერთი ციკლის ხანგრძლივობაა (წმ), P_f - მონაცემთა გადაცემისათვის და შემდგომი დადასტურებისათვის მოხმარებული სიმძლავრე (ვტ), t_f - დრო, რომელიც იხარჯება მონაცემთა გადაცემაზე და დასტურის მიღებაზე (წმ),



P_a - მონაცემთა დამისამართების რეჟიმში მოხმარებული სიმძლავრე (ვტ), t_a - ჯამური დრო, რომელიც იხარჯება გადამწოდების მაჩვენებლების დამუშავებასა და გადასაცემად (წმ), P_s - მოხმარებული სიმძლავრე ძილის რეჟიმში (ვტ).

(2) გამოსახულებაში P_a და P_s სიდიდეები მუდმივია და განისაზღვრება მოწყობილობის კონკრეტული აპარატურული რეალიზაციის განსაკუთრებულობით. t_a დრო დამოკიდებულია გამოყენებული პროცესორის და გადამწოდის მახასიათებლებზე, ასევე მონაცემთა დამუშავების ალგორითმის პროგრამულ რეალიზებასა და სირთულეზე.

f დრო, ასევე სიმძლავრე P_f დამოკიდებულია გამოყენებულ უსადენო გადაცემის სტანდარტზე, გადასაცემი მონაცემების ზომაზე, შეცდომების ალბათობაზე გადაცემისას.

ორ კვანძს შორის მონაცემთა გადაცემისათვის საჭირო სიმძლავრე გამოითვლება გამოსახულებით:

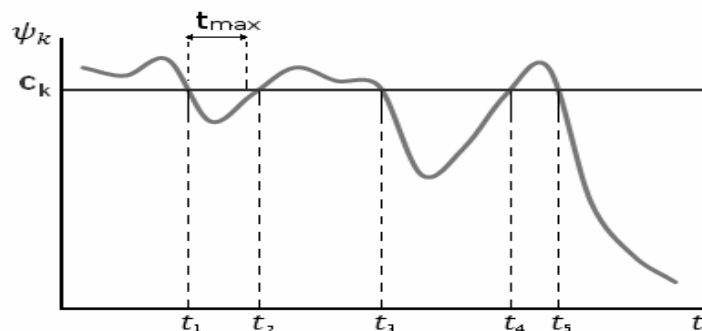
$$P_c = E_{bit} * L * f \quad (3)$$

სადაც f - ნაკადის პაკეტების (ფრეიმების) გადაცემის სიხშირე, L - პაკეტის სიგრძე (ბიტი), E_{bit} - ენერჯია, რომელიც იხარჯება 1 ბიტის გადაცემაზე და დამოკიდებულია კონკრეტული მიმღებ-გადამცემის მახასიათებლებზე.

აქტიურ რეჟიმში დამაბოლოებელი მოწყობილობის მუშაობის ხანგრძლივობა შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$D_c = \frac{M * C}{f_{proc}} + t_r \quad (4)$$

სადაც f_{proc} - პროცესორის მუშაობის სიხშირე, C - ერთი ოპერაციის პროცესორული ციკლი, M - შესასრულებელი ოპერაცია (გაზომვა, შედეგების დაამუშავება და პაკეტის ქსელში გადასაცემად მომზადება), t_r - ძილის რეჟიმიდან გამოსვლის დრო. დადგენილია, რომ დამაბოლოებელი მოწყობილობის მუშაობის ხანგრძლივობა შესაძლებელია რამდენიმე წელი.



ნახ.2. ქსელის სიცოცხლის დროის მაჩვენებლის ცვლილება

ნახ.2. - დან ჩანს, რომ დროის რაღაც მომენტში ცალკეული კვანძების მწყობრიდან გამოსვლის გამო, რომელიც გამოწვეულია გარე ფაქტორების მიერ, ამ მაჩვენებლის მნიშვნელობა ეცემა დასაშვებ ზღვარზე ქვემოთ, თუმცა ქსელის ხელახლა აღდგენის შემდეგ ის ისევ შედის დასაშვებ ინტერვალში [2].

უსქის ავტონომიურად მუშაობის დროის გაზრდა შესაძლებელია ენერგეტიკული ბალანსირების შემდეგი მეთოდებით:

1. მოწყობილობების აპარატურული მახასიათებლების გაუმჯობესებით: ცალკეული კომ-



პონენტების ენერგომომხმარების შემცირება, ან მკვებავი ელემენტის ტევადობის გაზრდა, თუმცა დიდი ტევადობის მკვებავი ელემენტების გამოყენება ზრდის მოწყობილობის ზომას, სენსორული ქსელის კონცეფცია კი ვარაუდობს მათ მინიატურობას.

2. მონაცემთა შემჭიდროვებით. მოცემულ მეთოდს გააჩნია თავისი საზღვრები, სენსორულ ქსელში თვით მონაცემები, როგორც წესი, არ არის დიდი მოცულობის, ამიტომ მისი შემჭიდროვება არ იძლევა დიდ ეფექტს.

3. მონაცემთა შეგროვება და მისი შემდგომი გადაცემა დიდი ბლოკებით. მეთოდი დაფუძნებულია იმაზე, რომ თანამედროვე უსადენო სტანდარტებში ნებისმიერი ციფრული პაკეტის გადაცემა დაკავშირებულია დამატებით დანახარჯებთან, ამიტომ სასარგებლოა გადაიცეს მონაცემები დიდი ბლოკებით ერთ პაკეტში.

4. სრულიად ავტონომიური სენსორული ქსელის კვანძების შექმნა მისი პატარა ზომების შენარჩუნებით. შესაძლებელია კვანძის კვება მინიატურული მზის ელემენტების ან სხვა არატრადიციული კვების წყაროების გამოყენებით.

5. ელემენტის ტევადობის ინდივიდუალური შერჩევა ქსელის სტრუქტურაში მოწყობილობის განთავსების გათვალისწინებით და მის მიერ შესრულებულ ფუნქციებზე დამოკიდებულებით. ამ შემთხვევაში რეტრანსლაციის მოწყობილობები შეიძლება აღიჭურვოს დიდი ტევადობის კვების წყაროებით. ეს მიდგომა მიდის ქსელის დაბალ მასშტაბურობასა და მისი ფუნქციონირების გაუარესებასთან. სხვადასხვა ელემენტების სხვადასხვა კონსტრუქციული გადაწყვეტილების შემუშავების აუცილებლობა საბოლოოდ მიდის სისტემის ღირებულების ზრდასთან.

6. კონკრეტულ ზონაში ქსელის კვანძების განთავსება სხვადასხვა სიმკვრივით, სავარაუდოდ ტრაფიკის ინტენსივობაზე დამოკიდებულებით. მოცემული გადაწყვეტა მიმართულია ქსელის სტრუქტურაში სიჭარბის შეტანაზე და ცალკეული კვანძების ფუნქციების დუბლირებაზე. რიგითი მარშრუტიზატორის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში მისი ფუნქციები გადაცემული იქნება მეზობელ ელემენტზე, რომელიც ამ მომენტამდე არ ყოფილა გამოყენებული.

7. ბალანსირების პერსპექტიულ მეთოდათ ითვლება ქსელის ცალკეული კომპონენტების მობილურობის გამოყენება. მობილურობამ პოტენციურად შეიძლება უზრუნველყოს ქსელის ავტონომიური მუშაობის ხანგრძლივობის გაზრდა, თუმცა მობილურობა ქსელისათვის ითვლება პარაზიტულ ფაქტორად, რომელიც მოითხოვს დამატებით რესურსებს, რომ შეინარჩუნოს მოცემული მომსახურების ხარისხი [3].

დასკვნა. 1. სენსორულ ქსელებში ნებისმიერი ტრაფიკის გავლენა მოწყობილობების სიცოცხლის დროზე ძალიან მცირეა (<2%-ზე). 2. ქსელის პარამეტრების გამოყენებისა და საწყისი მუხტის მიუხედავად ყველა მოწყობილობა თითქმის ერთდროულად განიმუხტება – ტოპოლოგიის გადართვის ალგორითმები უზრუნველყოფენ დახარჯული ენერჯის ოპტიმალურ მართვას. იშვიათი გადართვებისას მოწყობილობების მუხტი დროთა განმავლობაში გათანაბრდება. მაგ.: საათში ერთხელ გადართვისას ქსელის სიცოცხლის დრო მცირდება 60,5%-ით, დღეში ერთხელ გადართვისას კი მხოლოდ 6%-ით [4]. 3. ქსელის ყველა კვანძის მოხმარებული სიმძლავრის გათანაბრებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას ენერგეტიკული ბალანსირების სხვადასხვა მეთოდები (energy balancing): კერძოდ, ელემენტის ტევადობის ინდივიდუალური შერჩევა; კონკრეტულ ზონაში ქსელის კვანძების განთავსება სხვადასხვა სიმკვრივით და სხვ.



1. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN.СПб.ВХВ-Петербург. 2013.
2. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А., Самоорганизующиеся сети. СПб..Изд-во «Любавич», 2011
3. Ефремов В., Маркман Г.З., Энергосбережение и энергоэффективность: уточнение понятий, система сбалансированных показателей энергоэффективности. Известия Томского политехнического университета. Т.311, №4. 2007.
4. Chen Y., Zhao Q. On the lifetime of wireless sensor networks // Communications Letters, IEEE. Nov. Vol. 9, no.11.2007.

ENERGY BALANCING METHODS IN WIRELESS SENSORY NETWORKS

Makharadze S. , Beridze J., Tskvitinidze I.

Georgian Technical University

Summary

Wireless sensor network is one of the promising courses for the development of telecommunication. Potential of the use of such network is stipulated by the change of cable infrastructure to wireless technologies and modern functional features. The last achievements of technological progress made it possible to have developed cheap minicomputers with low energy consumption, mentioned radio receivers and transmitters with the ability of joining into the network and interrelation with each other under wireless connection. For the purpose of energy efficiency increase of wireless sensor network and accordingly for the extension of the term of autonomous work, it is essential to have created new hardware platform, developed network protocol stack and specialized online systems and development of algorithms penetrating into the environment.

There are various methods on solving aforesaid problem: individual selection of the capacity of feeder, placement of network nodes with various density, use of energy saving routing protocols, positioning of network nodes and mobility of network nodes and others.

**მრავალფუნქციური საკომუტაციო სტრუქტურების
საიმპლემენტაციო ამოცანების მეთოდები**

ქურდაძე მ.ა; ხაინდრავა დ.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნებისმიერი ტიპისა და დანიშნულების მრავალფუნქციური საკომუტაციო გამოძივლელი საშუალებების აპარატურული სწრაფქმედება და საიმპლემენტაციო საბოლოო ჯამში განისაზღვრება მათში გამოყენებული ფუნქციონალური ელემენტებისა და სტრუქტურების ხარისხობრივი შემაღეგნლობით. არანაკლებ მნიშვნელობა აქვს გამოთვით და მუშა მომენტში მათ სრულ დატვირთვის ხარისხს და თვით სისტემის შიგნით მყოფი მაღალი საიმპლემენტაციის მქონე თითოეული “შემსრულებელი” სტრუქტურის ეფექტურ გამოყენებას. ფუნქციონალურად ჭარბი, ანუ მრავალფუნქციური ელემენტებისა და მათ შორის მოქნილი კავშირის ერთიანობა მთლიანობაში ქმნის მრავალფუნქციურ საკომუტაციო სტრუქტურის ცვალებადი უნარის მქონე სისტემას, რამაც უნდა აამაღლოს ფუნქციების შესრულების ხარისხი. ამასთან ყოველთვის ნაგულისხმევია სისტემის შიგნით ფუნქციონალური გადაწყობა მის სტრუქტურულ გადაწყობასთან ერთად, რადგან ამის გარეშე შეუძლებელია სარეზერვო ფუნქციების ამოქმედება. მიზნობრივი ფუნქციის დამაკმაყოფილებელი ხარისხით რეალიზაცია, ასევე შეიძლება მოხდეს საჭირო ჭარბი ქვეფუნქციების შესრულების სხვადასხვა ვარიანტებით. მრავალფუნქციურობა ზოგიერთ სტრუქტურას აქვს, როგორც ბუნებრივად ისე შეიძლება მისი ხელოვნური (იძულებით) გადაწყობითაც, რომელიც ისე შეიძლება განხორციელდეს, რომ მთლიანი სისტემის მიზნობრივი ფუნქციის შესრულებაზე უარყოფითად არ აისახოს. ამ შემთხვევაში მრავალფუნქციური საკომუტაციო სტრუქტურების მუშაობის რეჟიმების ანალიზისთვის შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ფუნქციათა შორის გადაწყობის ალგორითმი და მიზნობრივი ფუნქციების შესრულების თვალსაზრისით საიმპლემენტაციო კონტროლის სქემა და-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მუშავდეს, როგორც ფუნქციონალური (ბუნებრივი, ხელოვნური) დარეზერვებით ისე აპარატურული დარეზერვებით.

საიმედობის მოდელს, რომელიც მიღებულია მიზნობრივი ფუნქციების შესრულების წინასწარ მოცემული ალგორითმით, სადაც ალბათობების ყველა შესაძლო ვარიანტებია გათვალისწინებული დროითი მაჩვენებლების მიხედვით, გააჩნია დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო რეჟიმში მომუშავე გამომთვლელი ან სპეცდანიშნულების მმართველი სისტემის სინთეზისათვის.

მრავალფუნქციური საკომუტაციო სტრუქტურებისათვის დამუშავებული საიმედობის ანალიზური შეფასების მეთოდი, სარეზერვო ფუნქციების გამოყენების ჯამური ალბათობების გათვალისწინებით, იძლევა იმის საშუალებას, რომ ნებისმიერი სირთულის ალგორითმისათვის მიდგომა იყოს შესაბამის გამოთვლებზე დაფუძნებული და ეფექტურობა მიღებულ იქნას ნებისმიერ მტყუნებათა ხდომილობების ფონზე. საიმედობის შეფასება არის ისეთი შემთხვევებისთვისაც გათვლილი, როდესაც ფუნქციონალური დარეზერვების გარდა ადგილი აქვს აპარატურულ დარეზერვებას მათი ქმედუნარიანობის არდგენით.

დროით პარამეტრებზე დაყრდნობით (მოკლევადიანი, საშუალო ვადიანი და გრძელვადიანი) მრავალფუნქციურ საკომუტაციო სტრუქტურებზე მოქმედი შინაგანი და გარეგანი ფაქტორები, გავლენას ახდენენ გამომთვლელი მოდულების საიმედობაზე და მიღებულ გამოთვლებში ეს შედეგებისდაგვარად აღმოფხვრილია, თუ საერთოდ აპარატურული გამოუსწორებელი მტყუნებასთან ვკავს საქმე, რომელსაც კრიზისულ ჯგუფებში განხილვა ესაჭიროება.

მრავალფუნქციური საკომუტაციო სტრუქტურების მიზნობრივი ფუნქციის მიღების შესაბამისი საიმედობის მოდელები ხასიათდებიან სხვადასხვა ფუნქციონალური დარეზერვების მნიშვნელობებით, რომელიც უზრუნველყოფს შესაბამისი საიმედობით მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმალურ გადაწყვეტას (მიღებას). ამასთან სასურველია გადაწყობის ისეთი ვარიანტის რეალიზაცია, რომლის დროსაც სასურველი ფუნქციის მიღწევა შესაძლებელია მინიმალური ელემენტების (ან ოპერაციული კვანძების) გავლით, რომელთაგან თითოეულის მტყუნებას მიეყვართ ერთ ან რამოდენიმე ფუნქციის არადამაკმაყოფილებლად შესრულებისკენ. სასურველია, აგრეთვე, გადაწყობის ისეთი ვარიანტის რეალიზაცია, რომლის დროსაც მიზნობრივი ფუნქცია შესრულდება მინიმალურად დასაშვებ დროში.

მრავალფუნქციური სტრუქტურებისათვის დამახასიათებელია საიმედობის ამდლების ისეთი შესაძლებლობები, რომლებიც საიმედობის კლასიკურ თეორიაში საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი და პრაქტიკაში გამოყენებული.

ჩვენ შემთხვევაში გაანალიზებულია მრავალფუნქციური საკომუტაციო სტრუქტურების ის მიდგომა და მეთოდი, სადაც მტყუნებათა ალბათობა შემცირებულია და გაზრდილია საიმედობა, როგორც მოკლევადიანი ისე გრძელვადიანი დროითი პარამეტრების საფუძველზე.

ეს მიდგომა მოქმედებს იმ კომპლექსზე, რომელიც მრავალფუნქციური (ოპტიკური, ელექტრონული) საკომუტაციო m რაოდენობის მუშა და $n-m$ სარეზერვო მოწყობილობისაგან შედგება. მიდგომა ასეთია: მუშა მოწყობილობათა უმტყუნო მუშაობის დრო განაწილებულია მაჩვენებლიანი კანონით α_1 ინტენსივობით, სარეზერვო მოწყობილობათა უმტყუნო მუშაობის დრო განაწილებულია ასევე მაჩვენებლიანი კანონით ინტენსივობა α_2 ; [2] მტყუნებები აღდგენადია, აღდგენის დრო განაწილებულია ნებისმიერი კანონით და მოწყობილობა იბრუნებს თავის პირვანდელ საიმედობის მაჩვენებლებს. [3] ვიღებთ აღნიშვნებს: $G(t)$ არაქმედუნარიანი მოწყობილობათა აღდგენის დროის განაწილების ფუნქციაა; $R_k(t)$ -ალბათობა იმისა, რომ დროის t მომენტში არაქმედუნარიან მოწყობილობათა

რაოდენობა შეადგენს $k-s$; $k=(\overline{0, n})$ $R_k(t) = \int_0^t k(t,u) du$ - აღდგენის დაწყების დროის მიუხე-



დავად. $\int_0^t k(t,u)du$ -ალბათობა იმისა, რომ დროის t მომენტში სისტემაში არაქმედუნარიან მოწყობილობათა რიცხვი შეადგენს k -ს ($k=\overline{1, n}$); რომელთაგან ერთი აღდგენის პროცესშია ξ დროის განმავლობაში ($u < \xi < u+du$); $\alpha_i \delta_i(i < m)$ $\alpha_i + \delta_i(i \geq m)$ [$m\alpha_i + (i-m)\alpha_2$]; (აქ i არის ქმედუნარიან მოწყობილობათა რაოდენობა);

აქ $\delta_i(\cdot) = \begin{cases} 1 & \text{თუ პირობა სრულდება} \\ 0 & \text{თუ პირობა არ სრულდება} \end{cases}$
 $g(u) = G'(u)$, $\bar{G}(u) = 1 - G(u)$; $\mu(u) = G'(u)/\bar{G}(u)$, $\mu(u)$ არის აღდგენის დროის პირობითი ინტენსიობა.

ზემოთმოყვანილი განზოგადებული მოდელიდან გამოვყოთ 1) ცხელი დარეზერვებით (α_1 2); 2) მოდელი ცივი დარეზერვებით $\alpha_1 = 0$; 3) დარეზერვებით აღდგენის გარეშე და ა.შ. აქ კი ნახევარმარკოველი პროცესის ცვლილებას მცირე ($t, t+n$) დროის ინტერვალში, ალბათური მსჯელობის საფუძველზე შეიძლება, ზემოთ ჩამოთვლილი ალბათობების მიმართ, შესდგეს დიფერენციალურ, დიფერენციალურ-ინტეგრალური განტოლებათა შემდეგი სის-

ტემა: 1) $R_0(t) = \alpha_n R_0(t) + \int_0^t r_1(t,u) \mu(u) du$; 2) $\frac{\partial r_1(t,u)}{\partial t} + \frac{\partial r_k(t,u)}{\partial u} = -(\alpha_{n-1} + \mu(u)) r_1(t,u)$; 3) $\frac{\partial r_k(t,u)}{\partial t} + \frac{\partial r_k(t,u)}{\partial u} = -(\alpha_{n-k} + \mu(u)) r_k(t,u) + \alpha_{n-k+1} r_{k-1}(t,u)$; $k = ;$ 4)

$\frac{\partial r_n(t,u)}{\partial t} + \frac{\partial r_n(t,u)}{\partial u} = -\mu(u) r_n(t,u) + \alpha_1 r_{n-1}(t,u)$. ეს თითოეული განტოლება მიღებულია მსჯელობებისა და დაშვებების საფუძველზე: 1) და 2) განტოლებაში $t+n$ მომენტში ყველა n მოწყობილობა ქმედუნარიანია. ეს ხდომილება წარმოადგენს შემდეგი არათავსებადი ხდომილებათა ჯამს, რომელთა ალბათობა განსხვავდება $0(h)$: 1. t მომენტში სისტემა არ შეიცავს არცერთ არაქმედუნარიან მოწყობილობებს ($r=0$) და დროის h შუალედის განმავლობაში არ აღიძრა მტყუნება, როგორც მუშა მოწყობილობებში, ასევე სარეზერვო მოწყობილობებში; ამ ხდომილების ალბათობა გამოისახება შემდეგი სახით: $R_0(t)[1 - \alpha_n h] + 0(h)$; 2. დროის t მომენტში სისტემა შეიცავს ერთ არაქმედუნარიან მოწყობილობას, რომელიც დროის ამ მომენტებისთვის ξ -დროის ($u < \xi < u+du$) განმავლობაში იმყოფება აღდგენის პროცესში და რომელიც $\mu(u)h + 0(h)$ ალბათობით დამთავრდება h მცირე დროის

განმავლობაში. ამ ხდომილობის ალბათობა ტოლია $\int_0^{t+h} r_1(t,u) du \cdot \mu(u)h + 0(h)$. და ვღებუ-

ლობთ $R_0(t+h) = R_0(t)(1 - \alpha_n h) + \int_0^{t+h} r_1(t,u) du \cdot \mu(u)h + 0(h)$. რომელსაც წარმოვიდგენთ შემ-

დეგი სახით $\frac{R_0(t+h) - R_0(t)}{h} = -\alpha_n R_0(t) + \int_0^{t+h} r_1(t,u) \mu(u) du + \frac{0(h)}{h}$. სადაც $h \rightarrow 0$, და

$\lim_{h \rightarrow 0} 0(h)/h = 0$. მე-3) განტოლებაში $t+h$ მომენტში სტრუქტურაში აღვილი აქვს k არაქმედუნარიან მოწყობილობის არსებობას, რომელთა შორის ერთ-ერთი მათგანი აღდგენის პროცესში იმყოფება ξ ($u < \xi < u+du$) დროის განმავლობაში და მას ვიხილავთ შემდეგი არათავსებად (დამოუკიდებელ) ხდომილებათა ჯამით: 1. დროის t მომენტში სისტემაში არსებობს $k(k > 1)$ არაქმედუნარიანი მოწყობილობები; ერთი მათ შორის აღდგენის პროცესში იმყოფება აღდგენის პროცესში დროის განმავლობაში ($u < \xi < u+du$), რომელიც არ



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დამთავრდება h მცირე დროის განმავლობაში და ამ h დროში არ აღიძვრება მტყუნება; ამ ხლომილების ალბათობა ტოლია $R_k(t,u)du[1-(\alpha_{n-k+\mu}(u)h)+0(h)$; 2. დროის t მომენტში სისტემაში იმყოფება $k-1(k \geq 2)$ არაქმედუნარიანი მოწყობილობები, რომელთაგან ერთ-ერთი აღდგენის პროცესშია ($u < t < u+du$), დროის განმავლობაში, h დროში მისი აღდგენა არ მოხერხდა, ხოლო ერთი ქმედუნარიანი მოწყობილობა გამტყუნდა. ამ ხლომილების ალბათობა ტოლია $:R_{k-1}(t,u)du^{\alpha_{n-k+1}h(1-\mu(u)h)+0(h)=r_{k-1}(t,u)^{\alpha_{n-k+1}h}du+0(h)$; ამრიგად, საბოლოოს შეიძლება დაიწეროს $r_k(t+h,u+h)=r_k(t,u)[1-\alpha_{n-k+\mu}(u)h]+r_{k-1}(t,u)\alpha_{n-k+1}h+0(h)$, ანუ იმის გათვალისწინებით, რომ $\lim_{h \rightarrow 0} [(r_k(t+h,u+h)-r_k(t,u)+r_k(t,u+h)-r_k(t,u))/h] = (\partial r_k(t,u))/\partial t + (\partial r_k(t,u))/\partial u$ ველებულობთ 3)-ს კერძო წარმოებულის დიფერენციალურ განტოლებას. მე-4) განტოლება მიიღება იმის გათვალისწინებით, რომ t დროის მომენტში ყველა მოწყობილობა განმტყუნებულია, ამიტომ ადგილი არ აქვს დამატებით მტყუნებას. შეიძლება ეს განტოლება შეიცვალოს მე-3) განტოლებით, თუ ჩავთვლით, რომ $\alpha_0=0$ ან შემოვიღებთ კრონეკერის ინდიკატორს $\delta_{0,k}$, რომელიც უდრის 0-ს თუ $0 \neq k$ და უდრის ერთს თუ $k=0$. [4] ამ უკანასკნელის გათვალისწინებით 3) და 4) განტოლება ჩაიწერება ერთი განტო-

ლების სახით, ხოლო დანარჩენი სახეს არ შეიცვლის: 5) $R_0(t) = -\alpha_n R_0(t) + \int_0^t r_1(t,u)^{\mu}(u)du$;
 6) $\partial r_1(t,u)/\partial t + \partial r_1(t,u)/\partial u = -(\alpha_{n-1+\mu}(u))r_1(t,u)$ 7) $\partial r_k(t,u)/\partial t + \partial r_k(t,u)/\partial u = -[(1-\alpha_{n-k,0})^{\alpha_{n-k+\mu}(u)}r_k(t,u) + \alpha_{n-k+1}r_{k-1}(t,u)]$, $k=2,3,\dots,n$. სხვადასხვა დაშვებებისთვის და სასაზღვრო პირო-

ბებს აქვთ სახე: 8) $r_1(t,0) = \alpha_n R_0(t) + \int_0^t r_2(t,u)^{\mu}(u)du$; 9) $r_k(t,0) = \int_0^t r_{k+1}(t,u)^{\mu}(u)du$; $n-1$;
 $k=2,3,\dots,n-1$; 10) $r_n(t,0)=0$

ამრიგად, მსჯელობებით, დაშვებებით, მიღებული გამოსახულებით, ნებისმიერი მრავალფუნქციური საკომუტაციო სტრუქტურისათვის მიღებულია ის მეთოდი რომელიც აამაღლებს საიმედოობას და სწორად შედგენილი ალგორითმით დაადგენს მომქმედი შინაგანი და გარეგანი ფაქტორებით გამოწვეული მტყუნებათა დასაშვებ კოეფიციენტს.

ლიტერატურა:

1. Варакин Л. Е. Введение в теорию развития инфокоммуникаций. Труды Международной Академии связи, 2000. №2 (14). С. 2-11.
2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. 8-е изд., испр. и доп. М.: Едиториал УРСС, 2005. 448 с.
3. [The Global Information Technology Report 2016, World Economic Forum, http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/](http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/)
4. How SpaceX plans to bring speedy broadband to the whole world, <https://www.cnet.com/news/how-spacex-brings-starlink-broadband-satellite-internet-to-low-earth-orbit/>, BY ERIC MACK FEBRUARY 21, 2018 11:00 AM PST. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -17.08.2018.

METHODS FOR INCREASING THE RELIABILITY OF THE MULTI-FUNCTIONAL SWITCHING SYSTEMS

Kurdadze M., Khaindrava D.
 Georgian Technical University

The mechanical performance and reliability of any type and purpose multifunction calculator means ultimately determines the qualitative composition of functional elements and structures used in them. At the moment of calculation and worker they have the full load quality and the effective use of each "performer" structure with high reliability within the system itself. The functionality of the excess, ie the multifunctional elements and the flexibility of a flexible union in the whole, creates a system of variable capabilities of multifunctional communication structure, which must satisfy the performance quality. In addition, it always implies functional transformation inside the system along with its structural resolution, since it is impossible to enable reserve functions and realization of the target function can be realized with different options for supplemental surfactants. Multifunctionality has some structure



as naturally as possible by its artificial (compulsory) solutions that can not be negatively impacted on the overall function of the whole system. In this case, the analysis of the performance of multifunctional operating structures can be used to alter the algorithm between functions and performance reliability regimens in relation to performance of functional functions as functional (natural, artificial), and hardware resurfacing.

The reliability model that has been achieved with a predetermined algorithm for accomplishing the target functions, where all possible options for probabilities are considered according to the time indicators, has great practical significance for the synthesis of the calculator or special task manager system.

The method of analytical assessment of the reliability of the multi-functional component structures, taking into consideration the total probability of the use of backup functions, allows the algorithm of any complexity to be based on the appropriate calculations and the effectiveness of any bitterness. Reliability assessment is calculated for instances where, except for functional provisioning, the device is reserved for their efficiency.

Time parameters (short-term, medium-term and long-term) multifunctional switching structures of existing internal and external factors affecting the processing modules on the reliability and the calculations of these as far as possible eliminated, if at all hardware, irreparable cable overheating is not a crisis group to discuss it Chiroeba.

ხიფათები გლობალური ინფორმაციული საზოგადოებისაკენ მიმავალ გზაზე

***ღლონტი-კეკელიძე თ. *ყიფიანი ქ. ** მარდალეიშვილი ზ.**

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

განხილულია კანონი სიტყვის თავისუფლების შესახებ და დასმულია მთავარი შეკითხვა: სად გადის ზღვარი სიტყვის თავისუფლებასა და ეროვნულ უსაფრთხოებას შორის, მაშინ როდესაც მის საპირწონედ ეროვნული უსაფრთხოება დგას.

გლობალური ინფორმაციული საზოგადოებისაკენ მიმავალ გზაზე ხიფათები ბევრი და მრავალფეროვანია. ეს არის ადამიანების შეგნების მანიპულირების შესაძლებლობა მასობრივი საინფორმაციო საშუალებებითა და ინტერნეტით. ეს არის დაკავშირებული ინფორმაციული საზოგადოების რთულ სფეროსთან, ადამიანების გარკვეული კატეგორიის ადაპტაციის კანონზომიერი სირთულეების გამო. ეს არის ობიექტური წინააღმდეგობები ახალი, „კომპიუტერულ“ პოსტინდუსტრიულ თაობასა და „ინდისტრიულური“ ტექნოლოგიების მატარებელ თაობას შორის. ეს არის კიბერდანაშაულების ზრდის ტენდენცია, ამასთანავე პირადი მონაცემების „გაციფრება“ (საპასპორტო მონაცემები, სატელეფონო შეერთებები, შექმნები, გადაადგილება და ა. შ.) ქმნის ცალკეული პირებისა და ორგანიზაციების პირად ცხოვრებაში ჩარევის პოტენციურ შესაძლებლობებს. ეს არის ტექნოგენური კატასტროფების ზრდის საფრთხე მართვის სისტემებისათვის ალგორითმული და პროგრამული ნაწილის შექმნის საფუძველზე, როდესაც შეუძლებელი ხდება ნებისმიერი შემთხვევების პროგნოზირება და გათვალისწინება [1].

სიტყვის თავისუფლება დემოკრატიის ხარისხის მაჯის ცემაა და ბოლო, რამდენიმე ათწლეულია ყოველდღიურად უფრო და უფრო აქტიურად იხილება სამოქალაქო საზოგადოების მიერ. ინტერნეტის და სოციალური მედიის ჩვენს ყოველდღიურობაში შემოჭრის შემდეგ კი ფაქტობრივად უკონკურენტოა მისი ინფორმაციული სივრცის საზღვრები, რაც თავისთავად კარგია, მაგრამ მედალს ყოველთვის ორი მხარე აქვს. ინფორმაციის ჩვენამდე მარტივად



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



მოდწვევის შესაძლებლობას ამ ინფორმაციის ჭეშმარიტება და სათავე უპირისპირდება.

ინფორმაცია მომხმარებელამდე საინფორმაციო ტექნოლოგიების საშუალებით მოდის, რომლებიც თავის მხრივ ელექტრონიკის მიღწევებს ეყრდნობა და უზრუნველყოფს ინფორმაციის გამოვლენის, მოპოვების, შექმნის, ფორმირების, მოგროვების, შენახვის, ძიების, დამუშავების, გადაცემის, გავრცელების პროცესს. საინფორმაციო ტექნოლოგიები დაკავშირებულია ნებისმიერი სახის მოქმედებასთან და ოპერაციასთან ინფორმაციასა და ცოდნასთან მიმართებით, მათ შორის ანალიზთან, პროგნოზირებასთან და გადაწყვეტილებების მიღებასთან.

ტერმინები ინფორმაციული უსაფრთხოება და კიბერუსაფრთხოება ერთმანეთის ეკვივალენტური არ არის. კიბერუსაფრთხოება შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ინფორმაციული უსაფრთხოების ნაწილი. ინფორმაციული უსაფრთხოება იგივე ინფორმაციის დაცულობა ეროვნული უსაფრთხოების შემადგენელი მნიშვნელოვანი კომპონენტია. როგორც პეტერბურგის ინფორმაციისა და ავტომატიკის ინსტიტუტის დირექტორი, რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, პროფესორი რაფაელ იუსუპოვი ამბობს, მას შემდეგ რაც 2000 იანი წლებიდან საინფორმაციო ტექნოლოგიები განვითარების გზას დაადგა, სრულიად მსოფლიოში და მათ შორის რუსეთშიც მდგომარეობა საგრძნობლად შეიცვალა. ეჭვქვეშ დადგა მთავარი, ქვეყნის უსაფრთხოება. ინფორმაციული უსაფრთხოების პრობლემის გადაჭრა კი მხოლოდ ინფორმაციის დაცულობის ხარჯზე შეუძლებელია [1].

ინფორმაციის გავრცელება სათავეს, შესაძლოა კრიმინალური და ტერორისტული ორგანიზაციებიდან იღებდეს და მთელი ძალით უტევდეს ეროვნულ უსაფრთხოებას. სიტყვის თავისუფლება შესაძლოა ქვეყნის უსაფრთხოებისათვის გახდეს საშიშროების შემცველი. გვიღირს კი სიტყვის თავისუფლება ასეთ რისკად? ეს კითხვა აწუხებს თანამედროვე მსოფლიოს მესამე ათასწლეულში.

კანონი სიტყვისა და თავისუფლების გამოხატვის შესახებ საქართველოს საკანონმდებლო ორგანომ 2004 წლის 24 ივნისს მიიღო. როგორც კანონში, სიტყვის თავისუფლების შესახებ არის განმარტებული, სახელმწიფო ცნობს და იცავს სიტყვისა და გამოხატვის თავისუფლებას, როგორც წარუვალ და უზენაეს ადამიანურ ფასეულობებს.

აგრეთვე:

- ა) აზრის აბსოლუტურ თავისუფლებას;
- ბ) პოლიტიკური სიტყვისა და დებატების თავისუფლებას;
- გ) ნებისმიერი ფორმის ინფორმაციისა და იდეების მოძიების, მიღების, შექმნის, შენახვის, დამუშავებისა და გავრცელების უფლებას;
- დ) ცენზურის დაუშვებლობას, მედიის სარედაქციო დამოუკიდებლობასა და პლურალიზმს, ჟურნალისტის უფლებას დაიცვას ინფორმაციის წყაროს საიდუმლოება და საკუთარი სინდისის შესაბამისად მიიღოს სარედაქციო გადაწყვეტილებები [2].

ზემოთ აღნიშნული კანონის მიხედვით აზრი დაცულია აბსოლუტური პრივილეგიით, ხოლო მისი მიწოდება დაცულია კვალიფიციური პრივილეგიით. იწოდება იწვევს კანონით დადგენილ პასუხისმგებლობას მხოლოდ მაშინ, როდესაც პირი ჩაიდენს განზრახ ქმედებას, რომელიც ქმნის კანონსაწინააღმდეგო შედეგის დადგომის აშკარა, პირდაპირ და არსებით საფრთხეს [2].

თითქმის არ არსებობს გამონაკლისი, რომლის მიხედვითაც არსებული კანონით აღიარებული და დაცული უფლებები იზღუდება.

„ნებისმიერი შეზღუდვა შეიძლება დაწესდეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ეს გათვალისწინ-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნებულია ნათელი და განჭვრეტადი, ვიწროდ მიზანმიმართული კანონით და შეზღუდვით დაცული სიკეთე აღემატება შეზღუდვით მიყენებულ ზიანს“[2].

ამ კანონით აღიარებული და დაცული უფლებების შემზღუდველი კანონი უნდა იყოს:

- ა) პირდაპირ მიმართული ლეგიტიმური მიზნების განხორციელებისაკენ;
- ბ) კრიტიკულად აუცილებელი დემოკრატიული საზოგადოების არსებობისათვის;
- გ) არადისკრიმინაციული;
- დ) პროპორციულად შემზღუდველი.

ხოლო რაც შეეხება შინაარსობრივ რეგულირებას, კანონით შეიძლება დაწესდეს სიტყვისა და გამოხატვის შინაარსობრივი რეგულირება, მხოლოდ მაშინ თუ საქმე ეხება:

- ა) ცილისწამებას;
- ბ) უხამსობას;
- გ) პირისპირ შეურაცხყოფას ;
- დ) დანაშაულის ჩადენისკენ წაქეზებას;
- ე) მუქარას;
- ვ) პერსონალურ მონაცემებს, სახელმწიფო, კომერციულ ან პროფესიულ საიდუმლოებას;
- ზ) რეკლამას, ტელეშოპინგს ან სპონსორობას;
- თ) სამხედრო მოსამსახურის, ადმინისტრაციული ორგანოს, აგრეთვე მისი თანამდებობის პირის, წევრის ან თანამშრომლის სიტყვისა და გამოხატვის თავისუფლებას; [2] კანონის ამოქმედებისთანავე ძალადაკარგულად ჩაითვალოს საქართველოს კანონი „პრესისა და მასობრივი ინფორმაციის სხვა საშუალებების შესახებ“.

როგორც განხილვის შედეგად ჩანს, ფაქტობრივად სახელმწიფო ორგანოები ხელ-ფესშეკრულები არიან კიბერშეტევების დროს მასობრივი საინფორმაციო საშუალებებით, რომელთაგან დღეს სოციალური მედია უპირატესობით სარგებლობს, ტერორისტების ან სხვა ქვეყნის პოლიტიკური ინტერესებიდან გამომდინარე მოქმედი ჰაკერების მიერ ქვეყნის ეროვნული ინტერესების შემლახველი ინფორმაციის წინაშე. როგორ უნდა მოახერხოს დაიცვას სახელმწიფო სტრუქტურებმა თითოეული მოქალაქის უსაფრთხოება, ისე რომ არ შეზღუდოს ჩვენი გამოხატვის თავისუფლება? შესაძლებელია რომ შეიქმნას შესაბამისი საკანონმდებლო ბაზა ისე რომ ოქროს შუალედი იქნას დაცული? რეალურად რა საფრთხის შემცველია სოციალური მედია ინფორმაციული ომის ჭრილში.

ლიტერატურა

1. Юсупов Рю Информационная безопасность – важнейший компонент национальной безопасности/ Электросвязь №5, 2016,стр.8-10.
2. კანონი სიტყვის თავისუფლების შესახებ –24.06.2004. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/1679424?publication=3>

RISKS EN ROUTE TO THE GLOBAL INFORMATION SOCIETY

* Glonti-Kekelidze T. *Kifiani K. **Mardaleishvili Z.

Georgian Technical University , Akaki Tesreteli State University

Summary

The freedom of expression and national security; Paper discusses Law on Freedom of Expression (Speech) and its boundaries when national security is threatened.

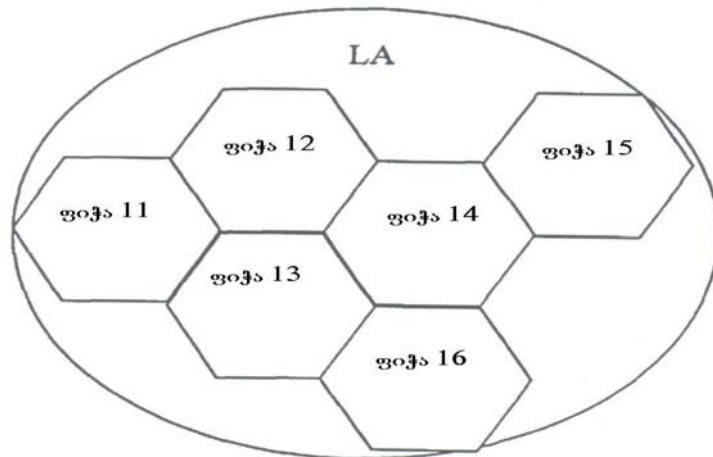


**მობილურ ქსელებში აბონენტების ადგილმდებარეობის
 განსაზღვრის თავისებურებანი**

შამანაძე ო., შამანაძე გ., ბერიანიძე თ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გადაფარვის ზონების გამოყენებით მობილური კავშირის ქსელების აგებისა და განვითარების დროს, გადატვირთულობის შესამცირებლად, იმ შემთხვევაში თუ მომსახურებად საბაზო სადგურზე გადაფარვის ზონაში მყოფი აბონენტებისათვის არ არსებობს თავისუფალი არხები, ყოველთვისაა გათვალისწინებული მეზობელი საბაზო სადგურების რესურსის გამოყენება. მაგრამ აღნიშნული პროცესი ხორციელდება სტატისტიკურად, ე. ი. მომსახურების ცენტრის ოპერატორი მართვის პროცესში ამა თუ იმ ლოგიკურ პარამეტრს ისე ანიჭებს განსაზღვრულ მნიშვნელობას, რომ არ იცის, როგორც ფიჭის დატვირთვის მნიშვნელობა და ასევე გაურკვეველია საჭიროა თუ არა რაიმე ღონისძიების გატარება მეზობელი საბაზო სადგურების რესურსების გადასაწაწილებლად. აქედან გამომდინარე ძალიან დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მოვასხდინოთ აბონენტების ადგილმდებარეობის განსაზღვრა.

მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს აბონენტების ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მრავალი მეთოდი, მაგალითად სხვადასხვა საბაზო სადგურიდან მიღებული სიგნალის დონის შესუსტების შედარების მეთოდი [2], მათმა ვერ ჰპოვეს ფართო გამოყენება წამყვანი მწარმოებლების მოწყობილობებში, ამიტომ განვიხილოთ მეთოდი, რომელიც განსაზღვრულია სტანდარტით [4]. მობილურ ქსელებში მობილური აპარატების მუშაობის რეჟიმიდან დამოკიდებულებით აბონენტები იყოფიან ორ ჯგუფად – აქტიურ (მობილური ტერმინალები, რომლებიც იმყოფებიან ინფორმაციის გადაცემის რეჟიმში) და არააქტიური (მობილური ტერმინალები, რომლებიც იმყოფებიან გამოძახების მოლოდინის რეჟიმში). თავის მხრივ სისტემა სხვადასხვა სიზუსტით თვალყურს ადევნებს აბონენტების გადაადგილებას. არააქტიური აბონენტებისათვის ადგილმდებარეობა ცნობილია ე.წ. ზონის ადგილმდებარეობის (LA) სიზუსტით, რომელიც წარმოადგენს ფიჭების ჯგუფს (ნახ.1) [1,4].



ნახ. 1 ზონის ადგილმდებარეობა

ზონის ადგილმდებარეობის იდენტიფიკატორის შესახებ ინფორმაცია (LAI) ქსელში დამახსოვრებულია აბონენტის ადგილმდებარეობის რეგისტრში (VLR) (ეს კვანძი, როგორც წესი ქსელის კომპუტატორთანაა გაერთიანებული – MSC). როდესაც მობილური ტერმინალი (MC) გადაკვეთს ორი მეზობელი ფიჭის საზღვარს, რომელიც ეკუთვნის



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სხვადასვა LA, ის გადასცემს ქსელში ინფორმაციას ახალი LA-ს შესახებ. ეს მოხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ მობილური ტერმინალი იმყოფება მოლოდინის რეჟიმში. ინფორმაცია ახალი ადგილმდებარეობის შესახებ არ გადაიცემა, თუ ორი LAC საზღვარი გადაკვეთა აქტიურმა მობილურმა ტერმინალმა. ეს პროცესი განხორციელდება შეერთების დამთავრების შემდეგ. თუ მობილური ტერმინალი გადაკვეთს ფიჭებს შორის საზღვარს ერთი LA-ს ზონაში, ის ქსელში არ გადაცემს ინფორმაციას ამ პროცესის შესახებ. მობილურ ტერმინალზე შემომავალი გამოძახების შემოსვლის დროს პეიჯინგური შეტყობინება გავრცელდება ყველა იმ ფიჭაში, რომლებიც ეკუთვნიან აღნიშნულ LA-ს. იმისათვის, რომ არ დაიკარგოს შემომავალი გამოძახება, მობილურ ტერმინალში პერიოდულად, დროის განსაზღვრულ მომენტებში, იკითხება ინფორმაცია, რომელიც გადაიცემა მართვის სპეციალურ – პეიჯინგის არხში (PCH). როგორც კი მობილური ტერმინალი განსაზღვრავს, რომ მას ეკუთვნის გამოძახება (პეიჯინგის ბრძანებაში გადაიცემა უნიკალური ნომერი (მობილური აბონენტის საერთაშორისო იდენტიფიკატორი – IMSI), ის ამყარებს კავშირს საბაზო სადგურთან.

ქვემოთ განხილულია სისტემის მიერ მობილური ტერმინალის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მეთოდები, მობილური ტერმინალის გადაადგილების შემდეგი მეთოდების დროს მოლოდინის რეჟიმში:

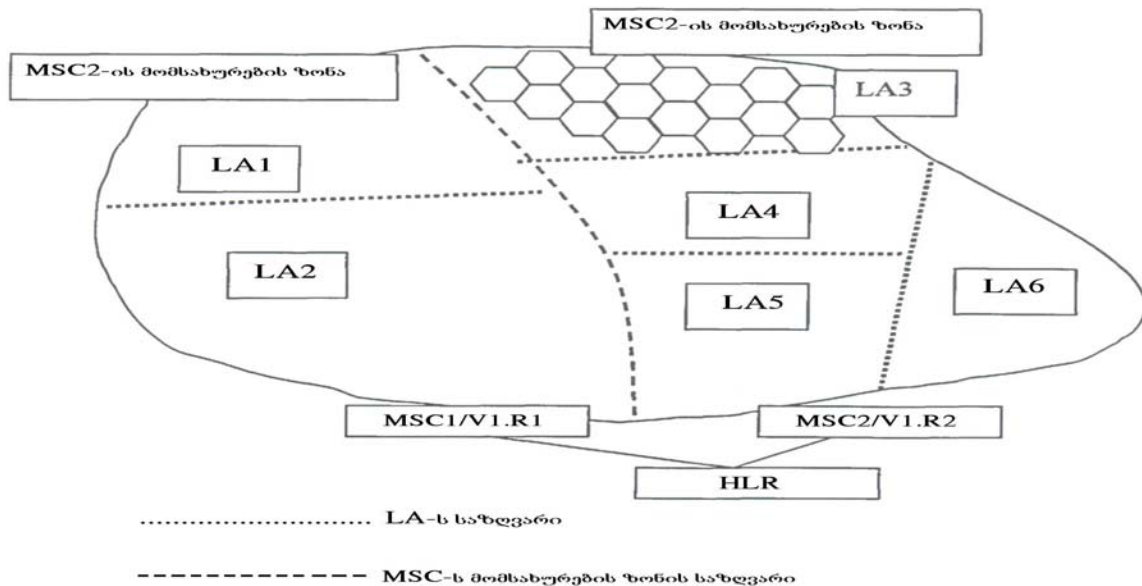
1. ერთი LA-ს ფარგლებში ფიჭის შეცვლა. მობილური ტერმინალიდან ქსელში, ფიჭის შეცვლის შესახებ არანაირი ინფორმაცია არ გადაიცემა. MC განსაზღვრავს, რომ ახალი ფიჭა ეკუთვნის იგივე LA-ს. MC ადარებს წინა LA-ს ახალთან და თუ ისინი ერთნაირია, ეს ნიშნავს იმას, რომ MC-მა LA არ შეიცვალა და არ არის საჭირო ამ პროცესის შესახებ ქსელის ინფორმირება.
2. ფიჭის შეცვლა, რომელიც მდებარეობს სხვა LA-ში, მაგრამ მიეკუთვნება იგივე მოძრავი კავშირის კომუტაციის ცენტრს/ვიზიტორის ადგილმდებარეობის რეგისტრს (MSC/VLR). MC აანალიზებს ინფორმაციას, რომელიც გადაიცემა ახალი ფიჭის BCCH (გადაცემის ლოგიკური მართვის არხი) არხში, რათა განისაზღვროს LAI. შემდეგ ადარებს მიღებულ LAI-ს, LAI-ის იმ მნიშვნელობასთან, რომელიც დამახსოვრებულია MC-ის მეხსიერებაში. თუ ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მაშინ მიიღება გადაწყვეტილება თავისი ადგილმდებარეობის რეგისტრაციის შესახებ, ე.ი. ე.წ. ადგილმდებარეობის შეცვლის (Location Update) პროცედურის დაწყების შესახებ. MC ახდენს ქსელთან შეერთების ინიცირებას და SDCCH არხის გამოყენებით ხორციელდება ადგილმდებარეობის შეცვლის (Location Update) პროცედურა, რომლის შემდეგ შეერთება მთავრდება.
3. ფიჭის შეცვლა, რომელიც მდებარეობს სხვა LA-ში და მიეკუთვნება სხვა MSC/VLR-ს. რამდენადაც MC-მა არ იცის, რომ იგივე MSC-ს ეკუთვნის თუ არა ახალი LAC-ი, ამიტომ მას შემდეგ, რაც MC –დან ადგილმდებარეობის შეცვლაზე მიღებული მოთხოვნის შემდეგ, ახალი VLR ახდენს შემდეგ მოქმედებებს. VLR ამოწმებს აქვს თუ არა აღნიშნული MC-ის შესახებ ინფორმაცია. თუ VLR-მა აღმოაჩინა, რომ ასეთი ინფორმაცია მას არ გააჩნია, მაშინ ის აგზავნის მოთხოვნას HLR-ში (მონაცემთა ბაზა, სადაც ინახება ქსელის ყველა აბონენტის შესახებ ინფორმაცია), რათა მიიღოს აღნიშნული MC-ს მონაცემების ასლი. HLR აგზავნის VLR-ში მოთხოვნილ ინფორმაციას, ახლებს თავის ბაზაში აღნიშნული MC-ის ახალ ადგილმდებარეობას და უგზავნის ბრძანებას ძველ VLR-ს, რათა წაშალოს აღნიშნული MC-ის შესახებ ინფორმაცია. ახალი VLR იმასხოვრებს მობილური ტერმინალის შესახებ ინფორმაციას და აგზავნის დასტუ-



რის სიგნალს MC-ზე პროცედურის წარმატებით დამთავრების შესახებ.

მობილურ ქსელში შეიძლება იყოს რამოდენიმე LA, მაგრამ ერთი და იგივე LA არ შეიძლება მიეკუთვნებოდეს სხვადასხვა MSC. ზოგადად მობილური ქსელის მთლიანი სტრუქტურა შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სახით (ნახ.2). მობილური ქსელის ზონებს შორის მთლიანი იერარქიული ურთიერთკავშირი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ნახაზ 3-ზე მოცემული სქემის მიხედვით.

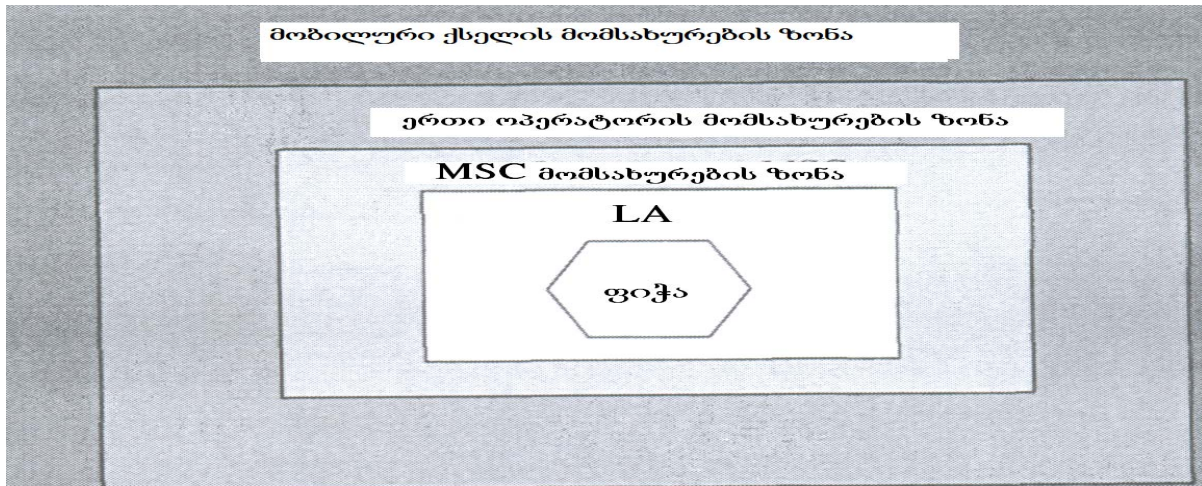
აღსანიშნავია, რომ მოლოდინის რეჟიმი MC ქცევის ანალიზის თვალსაზრისით საკმაოდ მწირია, რადგანაც მობილური ქსელში შეგროვილ სტატისტიკაში აისახება მხოლოდ ადგილმდებარეობის შეცვლის პროცედურის წარმოქმნის რაოდენობა ე.ი. შესაძლებელია ვაკონტროლოთ რეგისტრაციის მხოლოდ შემომავალი ნაკადი და მხოლოდ ერთი დიდი ზონისათვის (LA შეიძლება შეიცავდეს რამოდენიმე ათეულ ფიჭას). ამიტომ მობილურ ქსელებში აბონენტების მობილურობის დეტალური ანალიზისათვის ეს რეჟიმი არ გამოდგება.



ნახ. 2 მობილური ქსელის მთლიანი სტრუქტურა

აქტიურ რეჟიმში მობილური ტერმინალის (MC) და სისტემის ურთიერთქმედება გაცილებით რთულია და ის დაწვრილებითაა აღწერილი [3]-ში. ავღნიშნავთ მხოლოდ, რომ ამ შემთხვევაში აბონენტის ადგილმდებარეობა ცნობილია სიზუსტით ფიჭამდე. რაც საშუალებას იძლევა სტატისტიკური ინფორმაციის საფუძველზე ყურადღება მივაქციოთ შემომავალი და გამავალი ჰენდოვერების რაოდენობას, განისაზღვროს გამოძახებების რაოდენობა და სხვა. განსაკუთრებით საინტერესოა შემომავალი და გამავალი ჰენდოვერების ნაკადების სიმჭიდროვის ანალიზის შესაძლებლობა. სწორედ ამ ინფორმაციის საფუძველზე შეიძლება ვიმსჯელოთ მოცემულ ფიჭაში რესურსების გამოყოფის მოთხოვნის ზრდაზე და გაკეთდეს პროგნოზი გადატვირთულობის წარმოქმნის შესახებ.

ამრიგად, შემდეგში განხილული იქნება გადატვირთულობის ზრდის პროგნოზირების ალგორითმი იმ ინფორმაციის საფუძველზე, რომელიც გაიცვლება ქსელის ელემენტებს შორის MC-ის აქტიურ რეჟიმში მუშაობის დროს.



ნახ. 3 მობილური ქსელის ზონებს შორის მთლიანი იერარქიული ურთიერთკავშირი

literatura:

1. Косинов М.С.,Шорин О.А. Повышение емкости сотовой системы связи при использовании зон перекрытия.// Электросвязь, № 3.2003, с. 18-20.
2. Кремер Н.Ш., Теория вероятностей и математическая статистика.// М. Юнити, 2004, с. 466-467
3. შამანაძე ო., შამანაძე გ., ლაშქარავა ლ. “პირდაპირი გადადანიშნულების” პროცედურების გაგება GSM ქსელის ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.//საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი №19, “ინტელექტუალი”, თბილისი, 2012, გვ. 207-215.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники.// Книга вторая. М. Советское радио, 1975, с. 285-290.

Peculiarities of Determining the location of Subscribers in Mobile Networks

Shamanadze O.,Shamanadze G., Berianidze T.
Georgian Technical University

Summary

Using the overlay zones to minimize overcrowding of mobile communication networks, and then to To reduce overcrowding. If there are no free channels for subscribers in the cover area to the base station, the use of neighboring base station resources is always taken into consideration. But this process is carried out statistically. The Service Center Operator's management process assigns a logical parameter to the specific meaning that it does not know the value of the lens and it is also unclear whether any event is required for the transfer of neighboring base station resources. It is therefore very important to determine the location of the subscribers.

ბადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (ბცბოს) მიმღების გადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის დონის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა იტირაციული მეთოდით

ჩხაიძე მ.თ., სვანიძე რ.გ., მესტიაშვილი კ.გ., კოდალაშვილი ა.დ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ნაშრომში წარმოდგენილია შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობის განსაზღვრა გადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (ბცბოს) მიმღების გადამწყვეტ მოწყობილობაში ზღურბლის დონის შერჩევით. შემოთავაზებულია იტირაციული



პროცესი, რომელიც მარტივად რეალიზებადია და კრებადია მონაცემების ნებისმიერი საწყისი მნიშვნელობებისათვის.

ნაშრომში [1] დადგენილი იყო დამოკიდებულებები ციფრული სისტემის ხარისხის მაჩვენებელს Q-ფაქტორს (ბიტურ შეცდომათა კოეფიციენტს - BER) და გცბოს-ის მიმდებარის გადამწვევტი მოწყობილობაში ორობითი სიმბოლოების დონეების და შესაბამისი დისპერსიების სხვადასხვა მნიშვნელობებს შორის, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელია შეფასდეს ციფრული სისტემის კავშირის ხარისხი.

გარკვეულ ინტერესს წარმოადგენს ბიტურ შეცდომათა ალბათობის ოპტიმალური კოეფიციენტის $BER_{\text{ოპტ}}$ შეფასება გცბოს-ის მიმდებარის გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლის $I_{D\text{ოპტ}}$ მნიშვნელობის დროს.

ზოგადად, გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლის ოპტიმალური მნიშვნელობა მდებარეობს ორობითი სიგნალის სიმბოლოების „1“-ის და „0“-ის დონეების მნიშვნელობებს შორის. ეს განპირობებულია იმით, რომ სიგნალის დექტექტირებისას ხმაურის ძირითად წყაროს ფოტოდექტექტორის მიერ წარმოადგენს ცემინება მიღებული სიგნალის ხმაურის და ოპტიკური გამაძლიერებლების სპონტანური გამოსხივების ზედდებათა გამო. აღნიშნულის შედეგად, დენის დისპერსია „1“ ბიტის გადაცემისას (σ_1) მეტია, ვიდრე ნულოვანი ბიტის „0“ გადაცემისას (σ_0). ამასთან ერთად, სიმარტივისათვის მიჩნეულია, რომ ორივე დისპერსიის ალბათობის განაწილების სიმკვრივე ექვემდებარება გაუსის (ნორმალური) განაწილების კანონს.

BER-ის დამოკიდებულებას ზღურბლის მნიშვნელობაზე აქვს შემდეგი სახე:

$$BER = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{I_D - I_0}{\sigma_0 \sqrt{2}} \right) + \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{I_1 - I_D}{\sigma_1 \sqrt{2}} \right), \quad (1)$$

სადაც, I_0 და I_1 დენის (ძაბვის, სიმძლავრის) საშუალო მნიშვნელობებია ციფრული ორობითი სიგნალის „0“-ის და „1“-ის დონეებისათვის, σ_0 და σ_1 „0“-ის და „1“-ის ხმაურის განაწილების საშუალო სტანდარტული დევიაციაა (საშუალო კვადრტული გადახრა, დისპერსია). I_D - გცბოს მიმდებარის გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლის დონის პოზიციაა, erf - შეცდომათა ფუნქცია.

გცბოს გადამწვევტი მოწყობილობის ზღურბლის მნიშვნელობის დადგენისათვის საჭიროა BER-ის გამოთვლა ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ სიზუსტით. რადგან $I_{D\text{ოპტ}}$ მიიღება V_0 -ის და V_1 -ის გადაკვეთისას,

$$V_0 = \frac{I - I_0}{\sigma_0}, \quad V_1 = \frac{I_1 - I}{\sigma_1} \quad (2)$$

$$\frac{I - I_0}{\sigma_0} = \frac{I_1 - I}{\sigma_1}$$

$$\sigma_1 (I - I_0) = \sigma_0 (I_1 - I), \quad (3)$$

$$\sigma_1 I - \sigma_1 I_0 = \sigma_0 I_1 - \sigma_0 I$$

$$\sigma_1 I + \sigma_0 I = \sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0$$

$$I_{D\text{ოპტ}} = \frac{\sigma_0 I_1 + \sigma_1 I_0}{\sigma_0 + \sigma_1}, \quad (4)$$



ეს ფორმულა წარმოადგენს $I_{D_{\text{თბ}}}$ -ის გამოსათვლელ გამოსახულებას.

მნიშვნელოვანია ის ფაქტორიც, რომ $I_1 > I_0$, $\sigma_1 > \sigma_0$ და გარდა ამისა $I_1 \gg \sigma_1$ (უფრო კონკრეტულად $I_1 \approx 1000 \cdot \sigma_1$).

გცბოს-ში, როგორც წესი მოთხოვნა $BER(Q) \leq 10^{-12}$ საჭიროებს მინიმალური Q-ს მოძებნას, რომლისთვისაც

$$BER(Q) \leq 10^{-12}, \quad (5)$$

Q-ს გამოთვლა კი

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 + \sigma_0}, \quad (6)$$

მოითხოვს I_0 , I_1 , σ_0 და σ_1 სიდიდეების ისე შერჩევას, რომ (5) იყოს შესრულებული. შემოთავაზებულია იტერაციული მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ $I_{D_{\text{თბ}}}$ ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ სიზუსტით. იტერაციულ პროცესს აქვს შემდეგი სახე:

I_0 , I_1 , σ_0 და σ_1 ნებისმიერი საწყისი დასაშვები მნიშვნელობებია ($I_1 > I_0$ და $\sigma_1 > \sigma_0$ მოთხოვნების დაკმაყოფილება მარტივად ხდება).

I ეტაპი. განვიხილოთ

$$I'_0 = I_0 + t, \quad t > -\min(I_0, I_1), \quad (7)$$

$$I'_1 = I_1 + t,$$

სადაც, t ისეთი პარამეტრია (7)-დან რომ სრულდებოდეს $I_1 \approx 1000 \cdot \sigma_1$ მოთხოვნა. საკმარისია ავიღოთ $t = 1000 \cdot \sigma_1$. $I_0 := I'_0$, $I_1 := I'_1$.

II ეტაპი. მიღებული I_0 და I_1 -ით გამოვთვალოთ

$$Q^0 = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 + \sigma_0}, \quad (8)$$

მიღებული Q^0 -სათვის გამოვთვალოთ $BER^0(Q) \equiv BER(Q^0)$, როგორც წესი $BER^0 \approx 10^{-\sigma}$, სადაც σ საკმაოდ „დიდია“ (მაგ. $\sigma \geq 20$).

III ეტაპი. ბისექციის მეთოდის საშუალებით ვადგენთ ისეთ Q-ს, რომლისთვისაც $BER(Q') \leq 10^{-12}$. ამისათვის საკმარისია I_0 და I_1 სიდიდეების კორექცია შემდეგი ფორმულით

$$I'_0 = I_0 + t, \quad 0 < t < I_1, \quad (9)$$

$$I'_1 = I_1 - t,$$

გარდა ამისა, რადგან $I'_0 < I'_1$ (მოთხოვნა ზემოთ იყო აღნიშნული) ამიტომ

$I_0 + t < I_1 - t$, და მივიღებთ $t < \frac{I_1 - I_0}{2}$, ანუ

$$0 < t < \frac{I_1 - I_0}{2}, \quad (10)$$



მიღებული იტერაციული პროცესის შედეგად უკვე $BER(Q') \leq 10^{-12}$. $I_0 := I'_0$,
 $I_1 := I'_1$, $Q := Q'$.

IV ეტაპი. ბისექციის მეთოდით ხდება σ_0 და σ_1 სიდიდეების კორექტირება შემდგომად:

$$\begin{aligned} \sigma'_0 &= \sigma_0 + t, \\ \sigma'_1 &= \sigma_1 - t, \\ -\sigma_0 &< t < \sigma_1 \end{aligned} \quad (11)$$

რადგან $\sigma'_0 < \sigma'_1$, გვაქვს

$$-\sigma_0 < t < \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{2}, \quad (12)$$

ამ შემთხვევაში ამ გარდაქმნის ინვარიანტებია Q და BER სიდიდეები.

თავად t პარამეტრის შერჩევა ხდება იმ მოთხოვნით, რომ $|V'_0 - V'_1| = \min_t$, ანუ $|V'_0 - V'_1| < |V_0 - V_1|$.

V ეტაპი იმეორებს ზემოთ აღნიშნულ I, II, III და IV იტერაციებს, რაც საშუალებას იძლევა პრაქტიკულად ნებისმიერი $\varepsilon > 0$ სიზუსტით გამოვთვალოთ როგორც Q ასევე $I_{Dობტ}$.

ლიტერატურა

1. როსტიაშვილი ნ.რ., ჩხაიძე მ.თ., სვანიძე რ.გ. ბიტურ შეცდომათა ალბათობის (BER) შეფასება გადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებში (გცბოს). Georgian Engineering News, №4, 2016. გვ. 37-42.
2. სვანიძე რ.გ., ჩხაიძე მ.თ., კოდალაშვილი ა.დ. შეცდომათა ალბათობის კოეფიციენტის (BER) ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა გადაცემის ციფრულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემის (გცბოს) მიმღების გადამწვევებ მოწყობილობაში. Engineering News, №2, 2017, გვ. 34-37.
3. <https://lr.ttu.ge/irm0120/Loengud/lecture%208.pdf>
4. ITU-TO.201 TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR, OF ITU, (07/2003). Q-factor test equipment to estimate the transmission performance of optical channels. ITU-T Recommendation O.201.
5. Плаксин С.О., Наний О.Е., Новиков А.Г., и др. Оптимизация порога принятия решений в оптических системах связи. Т-Comm №6, 2011. стр. 31-33.

DETERMINING THE OPTIMAL LEVEL OF THE DECISION-MAKING DEVICE OF THE RECEIVING SET OF THE FIBEROPTIC TRANSMISSION SYSTEM BY ITERATION METHOD

Chkhaidze M., Svanadze R., Mestiashvili K., Kodlashvili A.

Georgian Technical University

Summary

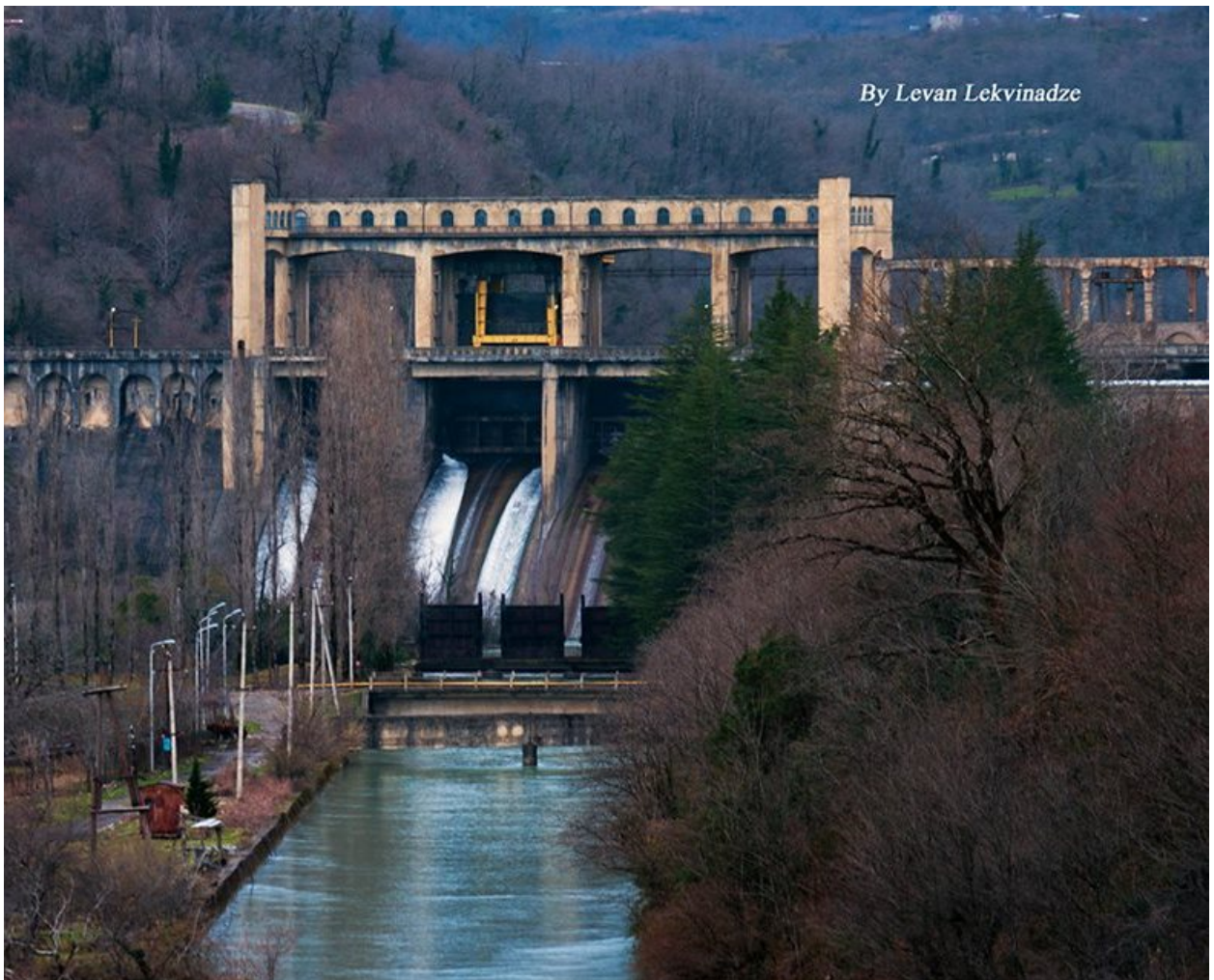
The paper describes the optimal value of Bit Error Rate (BER) by selecting a threshold level in the deciding device of Digital Fiber-Optic Transmission System (DFOTS). The easiest process is offered, which is easily realized and is compatible with any of the initial values of data.



V სერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



4 ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი. ენერგეტიკის რეგულირება ENERGY ECONOMICS AND MANAGEMENT. ENERGY REGULATION





V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





**გაზსავსებ სადგურებთან დაკავშირებული რისკების
 ზოგადი ანალიზი**

ანანიაშვილი, გ.
 Conformity Assessment International (CAI)

განხილულია გაზსავსებ სადგურებთან დაკავშირებული საფრთხეების რისკები და ინსპექტირების მნიშვნელობა რისკების დროული და სწორი შეფასებისთვის. მოყვანილია გაზსავსებ სადგურზე თეორიულად შესაძლებელი ავარიის მოდელები.

ნაშრომში განხილულია მომეტებული საფრთხის შემცველი ობიექტის - გაზსავსეები სადგურის უსაფრთხო ექსპლუატაციის ასპექტები და ავარიული შემთხვევის რისკის პროგნოზირების მნიშვნელობა. მოცემულია სტატისტიკური მონაცემები და ამ მონაცემების შედარებითი ანალიზი.

ნაშრომში გამოყენებული ტერმინი - გაზსავსეები სადგური, აღნიშნავს სტაციონარულ ობიექტს, რომელშიც ხდება ავტომობილების შეკუმშული და/ან გათხევადებული გაზით გამართვა. გაზსავსებ სადგურებზე მომხდარი ავარიების სრულფასოვანი გამოკვლევა და სტატისტიკური მონაცემები ძალიან მნიშვნელოვანია ავარიებისა და უბედური შემთხვევის პრევენციისთვის, ავარიების მოხდენის ალბათობისა და მასშტაბურობის პროგნოზირებისთვის. -საქართველოში, ასეთი სახის სტატისტიკური ინფორმაცია სამწუხაროდ ძალზედ მწირია, ან უბრალოდ არ მოიპოვება, ხოლო, იმის გამო, რომ უბედური შემთხვევების გამოკვლევას ჩამოაცალეს შესაბამისი სპეციალისტები (ამჟამად იკვლევს შსს), არ ხდება გამომწვევი მიზეზების კომპეტენტური კვლევა. ობიექტური და სრულყოფილი სტატისტიკა იძლევა აუცილებელ საფუძველს ობიექტზე საფრთხის დროული აღმოჩენისა და რისკების წინასწარი პროგნოზირებისთვის.

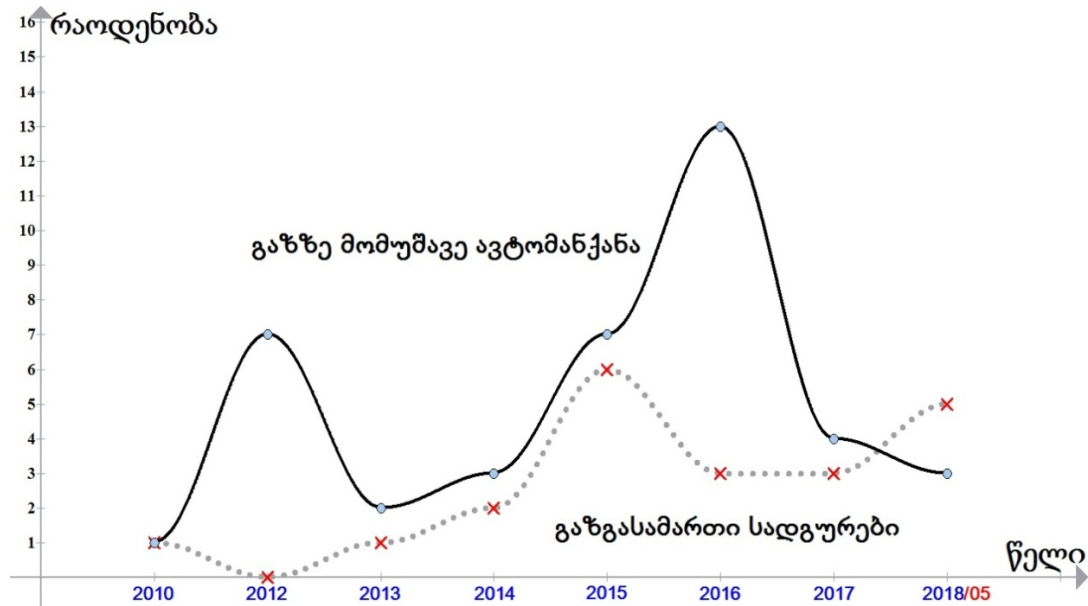
გაზსავსებ სადგურებზე ავარიის მოხდენის თეორიული მიზეზები, შეგვიძლია დავყოთ 2 ძირითად ჯგუფად:

I. მოწყობილობა-დანადგარების, ჭურჭლების მწყობრიდან გამოსვლა (მექანიკური ან ქიმიური დაზიანება, საქარხნო წუნი, საექსპლუატაციო ვადის ამოწურვა, გარემო პირობების ზემოქმედება და სხვ.);

II. მომსახურე პერსონალის მიერ საწარმოო პროცესში დაშვებული დარღვევა (უვარგისი ჭურჭლების გამართვა, საექსპლუატაციო და უსაფრთხოების წესების დარღვევა და სხვ.).

მიზეზთა ორივე ჯგუფი შეიძლება ურთიერთდაკავშირებული იყოს და კონკრეტულ შემთხვევაში გამოვლინდეს, როგორც ცალცალკე, ასევე თანხედომის სახით.

სურათზე 1 მოყვანილია გაზსავსებ სადგურზე მომხდარი და გაზზე მომუშავე ავტომანქანებთან დაკავშირებული ავარიული შემთხვევების სტატისტიკა [1]. 2010-დან 2018-მდე (მაისის მონაცემებით) წლებში. ოფიციალურად სულ დაფიქსირდა 61 ავარიული ინციდენტი, საიდანაც, 21 შემთხვევა მოხდა გაზსავსებ და აირგასამართ სადგურზე, ხოლო 40 შემთხვევა დაკავშირებულია გაზზე მომუშავე ავტომანქანებთან. ინციდენტების ზუსტი მიზეზი არ არის დადგენილი, მაგრამ სააგენტოს მიერ მოწოდებული ინფორმაციის თანახმად ირკვევა, რომ სადგურებზე მომხდარი ავარიული შემთხვევების სავარაუდო მიზეზები არის ავტომობილის გაზის ბალონის აფეთქება, ელექტრო ტრანსფორმატორის მოკლე ჩართვა და გათხევადებული ნახშირწყალბადიანი აირის გადატუმბვა.

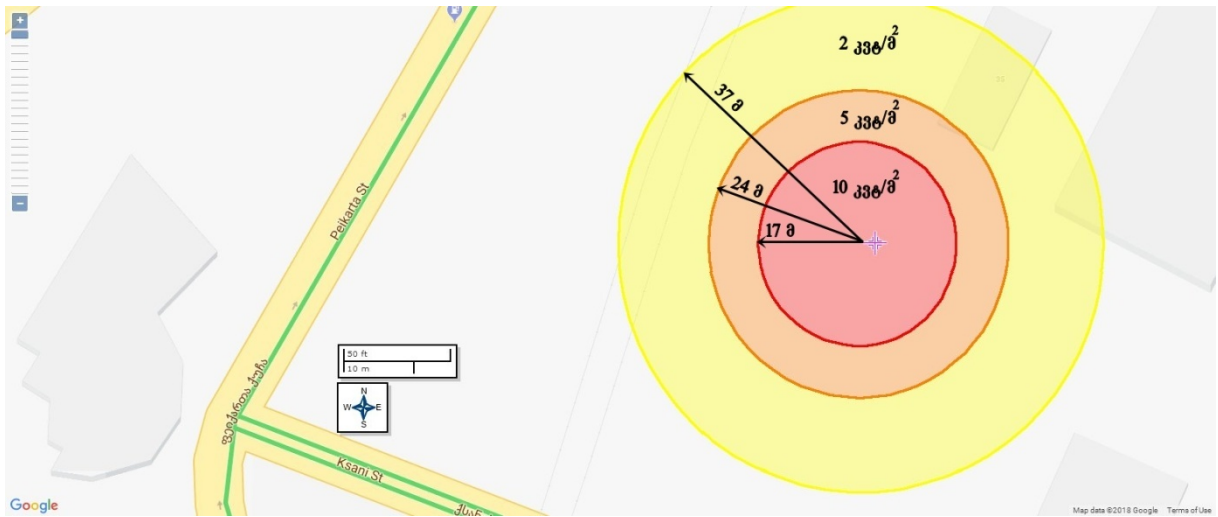


სურათი 1

დიაგრამიდან ჩანს, რომ გაზზე მომუშავე ავტომანქანებთან დაკავშირებული ავარიული შემთხვევის რიცხვი 2-ჯერ აღემატება სადგურებთან დაკავშირებული ინციდენტების რაოდენობას.

შედარებისთვის, არგენტინაში, უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში დაფიქსირდა ბალონის გასკდომის რამოდენიმე ინციდენტი, მათგან უმრავლეს შემთხვევათა მიზეზი იყო ტექნიკურ ნორმებთან შეუსაბამო ან გაყალბებული სერთიფიკატის მქონე ავტომობილის გამართვა [2]. აღსანიშნავია, რომ 2016 წლის ოქტომბრის მონაცემებით ბუნებრივ გაზზე მომუშავე არგენტინის ავტოპარკის რაოდენობა 2,185 მლნ ავტომობილს შეადგენდა [3]. საქართველოში, არ არსებობს გაზბალონიანი ავტოპარკის მონაცემთა ბანკი და სამწუხაროდ, უცნობია ამ ავტომობილების ზუსტი ან თუნდაც, მიახლოებული რაოდენობა, თუმცა სავარაუდო მონაცემებით, ეს რიცხვი 2 - 3 ასეულ ათასს აღწევს [4], ბუნებრივია, რომ ამ მონაცემებს მხოლოდ თვისებრივი ხასიათი აქვს და მოცემულ მომენტში შეუძლებელია ზუსტი მონაცემების დადგენა ფართომასშტაბიანი კვლევის გარეშე. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეულ გაზბალონიან ავტომობილზე რეალურ დროში კონტროლის გაწევა უფრო რთულია, ვიდრე გაზსავსე სადგურზე, რადგან ავტომობილის ადგილმდებარეობა შეიძლება მუდმივად იცვლებოდეს, გაზსავსე სადგური წარმოადგენს რთულ საწარმოო ობიექტს, რომელშიც დიდი ენერგეტიკული პოტენციალი ინახება, გამოიყენება და შესაბამისად, სადგურზე მომხდარმა ავარიამ შეიძლება მასშტაბური ხასიათი მიიღოს.

გაზსავსე სადგურების უსაფრთხო ექსპლუატაციისთვის მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს მილსადენების უსაფრთხოება. კვლევაში [5] განხილულია გაზში შემავალი გოგირდწყალბადისა (H_2S) და ნახშირორჟანგის (CO_2) წყლის ორთქლთან ქიმიური რეაქციის შედეგად წარმოქმნილ მჟავე არეში მილსადენების კედლების კოროზიული დაშლის პროცესები. კვლევაში [6] წარმოდგენილია ევროპის ქვეყნების ტერიტორიაზე გაზის მილსადენებთან დაკავშირებული უკანასკნელი 46 წლის განმავლობაში მომხდარი ავარიული შემთხვევების სტატისტიკა, რომლის თანახმად, მილსადენის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევათა რაოდენობა თითქმის პროპორციულად იზრდება მილსადენის კედლის სისქის სიმცირესთან ერთად. ყველაზე ხშირად ზიანდება მცირე დიამეტ-



სურათი 2



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გაზსავსებ სადგურზე დიდი ენერჯის გამოთავისუფლების რისკი დაკავშირებულია შეკუმშული ბუნებრივი გაზის შესანახ ჭურჭელთან, რომლის საექსპლუატაციო რესურსის ამოწურვამ, არასწორმა მონტაჟმა (მაგ., ვიბრაციის გავლენა) და/ან არასწორმა ექსპლუატაციამ შესაძლოა მძიმე შედეგი გამოიწვიოს. თეორიულად, 250 ბარი წნევის ქვეშ მყოფი 125 ლ მოცულობის გაზის სააკუმულაციო ჭურჭლის გასკდომისას გამოთავისუფლებული ენერჯია 3 კგ ტროტილის აფეთქების ექვივალენტურია. აღსანიშნავია, რომ ჭურჭლის გასკდომისას, შესაძლო წარმოქმნილი მფრინავი ნამსხვრევებისა და სხვა ნაწილების (მაგ., დანაწევრებით რღვევას შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს სხვა დანიშნულების ბალონის გამოყენებისას) გავრცელების არეალი ბევრად უფრო დიდია, ვიდრე ჭურჭლის გასკდომისას (ფიზიკური აფეთქებისას) წარმოქმნილი დარტყმითი ტალღის გავრცელების მანძილი.

საქართველოში, მნიშვნელოვან პრობლემად რჩება გაზსავსებ სადგურზე გამოყენებული გაზის ხარისხიც, მაგ., სადგურებზე, უხეში გაწმენდის ფილტრებში, ხის ნაფოტი და ფირფიტებია ნაპონი. გაზში უცხო სხეულების არსებობამ შესაძლოა საკომპრესორო დანადგარის მწყობრიდან გამოსვლა გამოიწვიოს და სხვა მოვლენასთან თანხვდომაში მაინიცირებელ ეფექტად გამოვლინდეს ავარიული სიტუაციის წარმოქმნისთვის. საქართველოს ტერიტორიაზე მიღსადენებში ტრანსპორტირებადი ბუნებრივი გაზის უხარისხობის შესახებ ინფორმაცია, ნავთობისა და გაზის სამრეწველო დანადგარების მწარმოებელი იტალიური კომპანია Safe S.p.A.-ს კომპრესორის ექსპლუატაციის სახელმძღვანელოშიც არის მითითებული.

რისკის ანალიზზე დაფუძნებული ინსპექტირების შედეგების თანახმად, ნავთობისა და გაზის მრეწველობაში გამოყენებული მოწყობილობა-დანადგარების მწყობრიდან გამოსვლასთან დაკავშირებული რისკის 80%-ს იწვევს ამ მოწყობილობა-დანადგარების მხოლოდ 20%. [7]. მოცემული ფაქტორი ძალზედ მნიშვნელოვანია ტექნიკური აღჭურვილობის ინსპექტირების პრიორიტეტების დასახვისთვის.

სხვა სიტყვებით, რომ ვთქვათ უსაფრთხოების თანამედროვე სისტემით აღჭურვილ სადგურზე ტექნოლოგიური დანადგარების მწყობრიდან გამოსვლასთან დაკავშირებული უბედური შემთხვევის რისკები მნიშვნელოვნად შემცირებულია, თუმცა რჩება ადამიანური ფაქტორი. 2017 წლის კვლევის [8] თანახმად, შეკუმშული ბუნებრივი გაზის სადგურზე მომხდარი უბედური შემთხვევების მნიშვნელოვანი ნაწილი, კრიტიკულ სიტუაციაში პერსონალის არასწორი ქმედების შედეგად არის გამოწვეული. ეს კი, თავის მხრივ, ხაზს უსვამს სადგურზე მომუშავე პერსონალის სწავლების და მომზადების აუცილებლობას. ამ მხრივ, საინტერესოა, აგრეთვე, კვლევა [9], რომლის მიხედვით, ლეტალური შედეგით დასრულებული ადამიანური შეცდომის გამომწვევი მიზეზი და/ან ხელშემწყობი პირობები ხშირად, ორგანიზაციული და მმართველობითი ნაკლოვანებებია, რომლებიც არსებობს დიდი ხნით ადრე უბედური შემთხვევის გამომწვევი ერთმანეთთან დაკავშირებული მოვლენების წარმოქმნამდე.

შეჯამების სახით, შეიძლება ვთქვათ, რომ გაზსავსებ სადგურთან არსებული ტექნიკური რისკების მინიმუმამდე დაყვანისთვის აუცილებელია, როგორც უსაფრთხოების ხარისხის დროული და კვალიფიციური შეფასება, ასევე მომსახურე პერსონალის მომზადების მაღალი დონე. აუცილებელია, აგრეთვე, მომსახურე პერსონალის ფსიქოფიზიკური მდგომარეობის შესწავლა. ობიექტზე რისკების მასშტაბურობის შეფასებისთვის სასარგებლო იქნება პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებაც. გაზსავსები სადგურის უსაფრთხოების ასპექტების უკეთესად შესწავლისთვის საჭიროა მეტი თემატური კვლევა. აუცილებელია ავარიული ინციდენტების სტატისტიკურ მონაცემთა ბაზის შექმნა, რომლითაც თითოეული, თუნდაც კონკრეტულ შემთხვევაში უმნიშვნელო ინციდენტის



შესწავლა იქნება შესაძლებელი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. საჯარო ინფორმაციის გამოთხოვნის შესახებ (8.06.18; №33461 და 29.06.18; №38532) წერილის სსიპ საგანგებო სიტუაციების მართვის სააგენტოს პასუხი.
2. D. A. Goldin. Safety Management System For The NGV Programme And Its Influence In Developing A Healthy Industry – The Argentine Experience, http://ngvcommunity.com/documents/126_safetymanagementsystem.pdf (ცვლილების შეტანის თარიღი 03.09.2014; მოძიების თარიღი: 25.07.2018).
3. Current Natural Gas Vehicle Statistics / NGV Global Knowledgebase, <http://www.iangv.org/current-ngv-stats/>, IANGV, 2018 (მოძიების თარიღი: 26.07.2018)
4. ანანიაშვილი გ. მაჭავარიანი ე. რუსიშვილი ჯ. ბუნებრივი გაზი – იაფი და უსაფრთხო საავტომობილო საწვავი. თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტამბა, 2016. გვ. 182.
5. Meng Zhang, Wei Liang, Zeyang Qiu, Yang Lin. College of Mechanical and Transportation Engineering, China University of Petroleum-Beijing. Application of Risk-Based Inspection method for gas compressor station. 12th International Conference on Damage Assessment of Structures. Journal of Physics: Conference Series, 2017, Volume 842.
6. EGIG (European Gas Pipeline Incident Data Group), 10th EGIG report, Doc. number VA 17.R.0395, March 2018. <https://www.egig.eu/> (მოძიების თარიღი: 29.07.2018).
7. Drozynek P., Veith E. Risk Based Inspection Methodology Overview; Diagnostyka Vol. 27, 2002. pp. 82-88;
8. Parisa Dadgar, Ghazaleh Monazami Tehrani, Hasti Borgheipour. Identification and Assessment of Human Error in CNG Stations with SHERPA Technique. International journal of environmental & science education; vol. 12, No. 2, 2017. pp. 253-265. <http://www.ijese.net/makale/1797> (მოძიების თარიღი: 30.07.2018).
9. Fever A.M., Williamson A.M. Human Factors in Accident Modelling. The ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 30.03.2011. <http://www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/accident-prevention/56/human-factors-in-accident-modelling> (მოძიების თარიღი: 24.08.2018)

GENERAL ANALYSIS OF THE RISKS ASSOCIATED WITH CNG STATIONS

Ananiashvili, G

Conformity Assessment International (CAI)

Summary

Safety risks and safe operation aspects, as well as the importance of forecasting the risk of accidents related to CNG stations are discussed. Theoretically possible models of accidents at a CNG station are discussed. The importance of the human factor in the industrial process is briefly discussed. Relevant statistical data are also provided.

ელექტროენერჯის მოხმარების ტენდენციის ანალიზი და პროგნოზირება საქართველოში

არაბიძე გ. ო. ვეფხვაძე ლ. თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

წინამდებარე სტატიის მიზანია, თანამედროვე მათემატიკური აპარატის გამოყენებით გაუმჯობესდეს ელექტროენერჯის მოხმარების ერთწლიანი პროგნოზირება და შემცირდეს არსებული ცდომილება. მოხმარების ისტორიული მონაცემები განხილულია დროით მწკრივად და დაშვებულია, რომ ყოველი შემდეგი მონაცემი, კერძოდ, მოცემული თვის მოხმარება წარმოადგენს წინათვეების მოხმარების ვარკვეულ არაწრფივ ფუნქციას. ამ მიზნით გამოყენებულია გენეტიკური პროგრამირების მეთოდი, რომელიც პოულობს იმ არაწრფივი ფუნქციის ანალიტიკურ გამოსახულებას, რომელიც, თავის მხრივ, ყველაზე ზუსტად აღწერს მოცემულ მონაცემებში დაფიქსირე-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბულ არაწრფივ ავტორეგრესიას. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ გენეტიკური პროგრამირების შესაძლებლობები მნიშვნელოვნად იზრდება, თუკი მონაცემებში BFAST ალგორითმის გამოყენებით ნაპოვნია სტრუქტურული გარდატეხის წერტილი. შესაბამისად, ნაშრომით შემოთავაზებული ჰიბრიდული მოდელი სატესტო მონაცემებზე იძლევა მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებულ ელექტროენერჯის მოხმარების ერთწლიანი პროგნოზს.

საზოგადოდ, პროგნოზირების ამოცანები ელექტროენერგეტიკაში მნიშვნელოვანი გამოწვევაა, რადგანაც პროგნოზირების სიზუსტეზეა დამოკიდებული, როგორც ელექტროენერგეტიკული ბაზრის დაგეგმვა, ასევე, კერძო კომპანიების ფინანსური ნაკადების მართვა. ამასთან, პროგნოზირება საქართველოში ბაზრის სატარიფო რეგულირების მნიშვნელოვანი კომპონენტია, რადგანაც ელექტროენერჯის თუ ელექტროდისტრიბუციის ტარიფის დადგენა დამოკიდებულია საპროგნოზო წელს ელექტროენერჯის მოხმარების ოდენობაზე.

საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია ტარიფებს ადგენს სატარიფო წლისთვის დაგეგმილი ელექტროენერჯის რაოდენობის გათვალისწინებით, რომელიც, ეყრდნობა საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს მიერ გამოქვეყნებულ ელექტროენერჯის (სიმძლავრის) საპროგნოზო ბალანსებს [1].

სამინისტრო იყენებს „ქვემოდან-ზემოთ“ მიდგომას, და ეყრდნობა გენერაციის და სადისტრიბუციო კომპანიების მიწოდებულ ინფორმაციას, რომლის აგრეგირებასაც ახდენს და ადგენს შემდეგი წლისთვის ელექტროენერჯის საპროგნოზო ბალანსს. ცხრ.1-ში მოცემულია საპროგნოზო მაჩვენებლებს შედარება რეალური მოხმარებასთან. ცდომილება საკმაოდ დიდია [2]. კერძოდ, თუკი მომხმარებლებზე მიწოდებული ელექტროენერჯის საპროგნოზო და რეალურ მონაცემებს შორის ცდომილებად განვიხილავთ საშუალო კვადრატული გადახრიდან კვადრატულ ფესვს (Root Mean Square Error, RMSE), რომელიც გამოითვლება შემდეგი ფორმულით [3]:

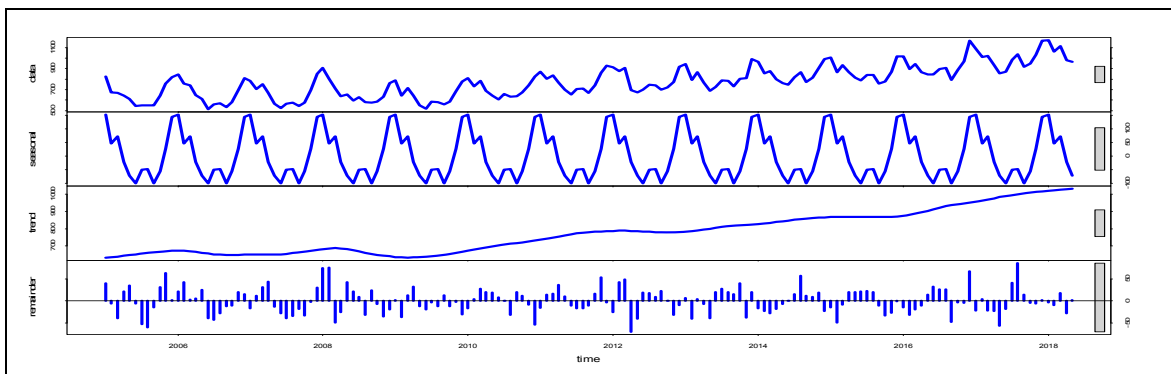
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Predicted_i - Actual_i)^2}{N}}$$

მაშინ ცხრ.1-ში წარმოდგენილი მონაცემებისთვის $RMSE \approx 75$ მლნ. კვსთ.

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	სულ
მომხმარებლებზე მიწოდება, ფაქტ.	1086.9	1013.4	1020.7	934.1	857.4	871.8	986.5	1037.8	920.0	949.3	1033.6	1163.9	1086.9
მომხმარებლებზე მიწოდება პროგნოზი	1057.4	905.7	973.9	908.4	876.4	868.8	915.7	957.2	833.0	877.2	939.2	1111.4	11224.4

ცხრ.1 2017წ. ელექტროენერჯის საპროგნოზო და ფაქტიური ბალანსი, (მლნ. კვტსთ)

საუკეთესო ამონახსნი ნიშნავს იმ ამონახსნს, რომელიც იძლევა რეალური მონაცემების უმცირეს ცდომილებას. წინადადებულ სტატიის მიზნებისთვის ცდომილებად განვიხილება ზემოთ ნახსენები საშუალო კვადრატული გადახრიდან კვადრატული ფესვი



ნახ.1: ელექტროენერჯის მოხმარების მონაცემები, 2005-2018 წწ.: STL დეკომპოზიცია



მეთოლოგია

ა) გენეტიკური პროგრამირება.

გენეტიკური პროგრამირება, როგორც გენეტიკური ალგორითმის გარკვეული მოდიფიკაცია, არაწრფივი ძიების პროცედურაა, რომელიც სპეციალურად შემოთავაზებულია ისეთი ამოცანების გადასაჭრელად, სადაც ამონახსნების საძიებო სივრცე გადაწვეტილების ხის სახით მოცემულ ანალიტიკური ფუნქციების გამოსახულებებს მოიცავს [8]. გენეტიკური პროგრამირების ამონახსნების საძიებო სივრცე შესაძლოა იყოს Miles (2006) ნაშრომში შემოთავაზებული პოლინომური ფუნქციების სივრცე, თუმცა რიცხვითი ექსპერიმენტების დროს ჩვენ დავეყრდნით Wagner et al (2005), Scwaerzel&Bylander (2006) და Zhang (2005) ნაშრომებს, რომლებიც იყენებენ ყველა მარტივი ალგებრული ფუნქციების (პოლინომური, ტრიგონომეტრიული, ლოგარითმული და ა.შ) გამოსახულებებისგან შემდგარ ძიების სივრცეს [9], [10], [11], [12].

საზოგადოდ, გენეტიკური ალგორითმის პროცედურა მოკლედ შესაძლებელია აღიწეროს შემდეგი ფორმით [13]:

1.ინდივიდების ინიციალიზაცია, რა დროსაც ხდება ალგებრული ფუნქციებისგან შემდგარი გამოსახულებების საწყისი პოპულაციის სახით გენერირება. ეს გამოსახულებები მიიღება შემთხვევით, შესაბამისად ზოგიერთი მათგანი სხვებთან შედარებით გარკვეული აზრით უკეთეს დროით მწკრივს იძლევა; ჩვენი ექსპერიმენტის შემთხვევაში საწყისი პოპულაციის ზომა 200 ინდივიდისგან განისაზღვრა.

2.ინდივიდების ვარგისიანობის შეფასება და სელექცია, ანუ ჩვენს შემთხვევაში ყველა ინდივიდი/ფუნქცია ავტორეგრესიით იძლევა დროითი მწკრივს, რომელიც ისტორიულ მონაცემებთან მოცემული კრიტერიუმით, საშუალო კვადრატული გადახრიდან კვადრატული ფესვი, ფასდება;

3.გენეტიკური ოპერაციები - შეჯვარება და მუტაცია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ინდივიდების შეფასების შემდეგ ხდება პოპულაციის მთლიანი ვარგისიანობის გაუმჯობესება, რომელიც ახალი ელემენტების - შთამომავლობის - შექმნით მიიღწევა, თანაც ისე, რომ შთამომავლობა მშობლების გარკვეულ საჭირო თვისებებს იღებენ. ამავდროულად, შემთხვევითობის შემოტანით, რომელიც მუტაციის სახით მიმდინარეობს, გენეტიკური პროგრამირების პოპულაცია უფრო მრავალფეროვანი ხდება.

4.რიცხვითი ექსპერიმენტის განხორციელებისას გენეტიკური პროგრამირების პროცედურის დასრულება შესაძლებელია ვარგისიანობის წინასწარ განსაზღვრული კრიტერიუმის დაკმაყოფილებით, თუმცა ჩვენს შემთხვევაში ამ კრიტერიუმის წინასწარ დადგენა შეუძლებელია; შესაბამისად, რიცხვითი ექსპერიმენტის დასრულებისთვის ვიყენებთ დროის კრიტერიუმს, ანუ პროცედურა დასრულდება ერთ საათიანი დროის შეაღების ამოწურვის შედეგად

ბ) **BFAST** ალგორითმი

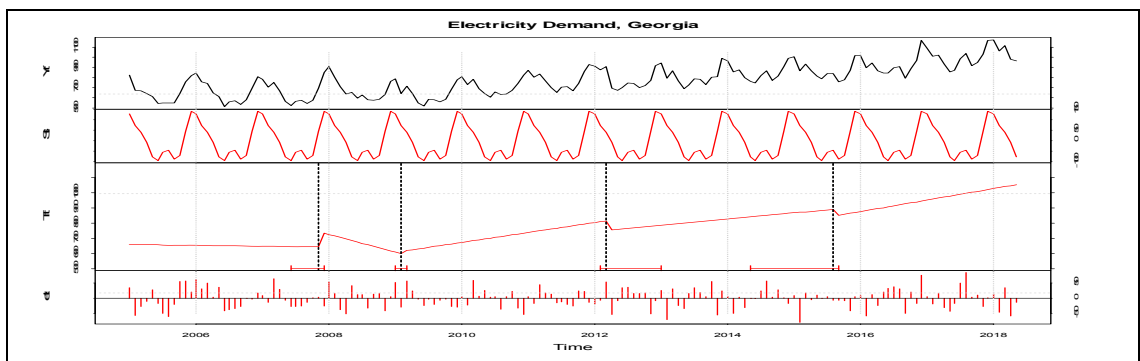
როგორც შესავალში აღინიშნა, BFAST ალგორითმის ინიციალიზაციის ეტაპზე ხდება მოცემული დროითი მწკრივის ადიტიური დეკომპოზიცია STL მეთოდით:

$$Y_t = S_t + T_t + e_t, t = 1, 2, \dots, n;$$

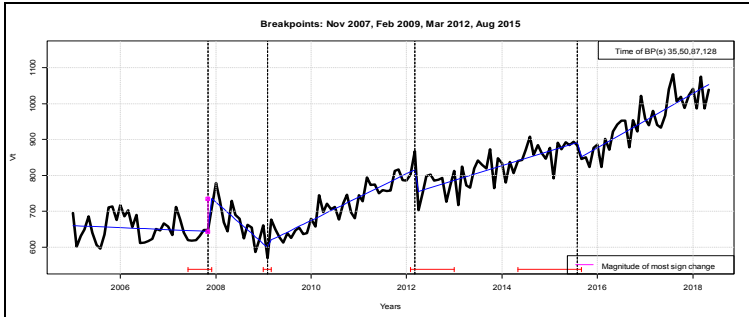
სადაც T_t ტრენდის, S_t სეზონური, e_t ნაშთის კომპონენტებია;

თუმცა, STL მეთოდისგან უმთავრესი განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ

AST ალგორითმის პროცესში T_t ტენდენცია განიხილება, როგორც უბან-უბან წრფივი, შესაბამისად, ყოველ სეგმენტზე აქვს სპეციფიური კოეფიციენტები, ანუ არსებობს m



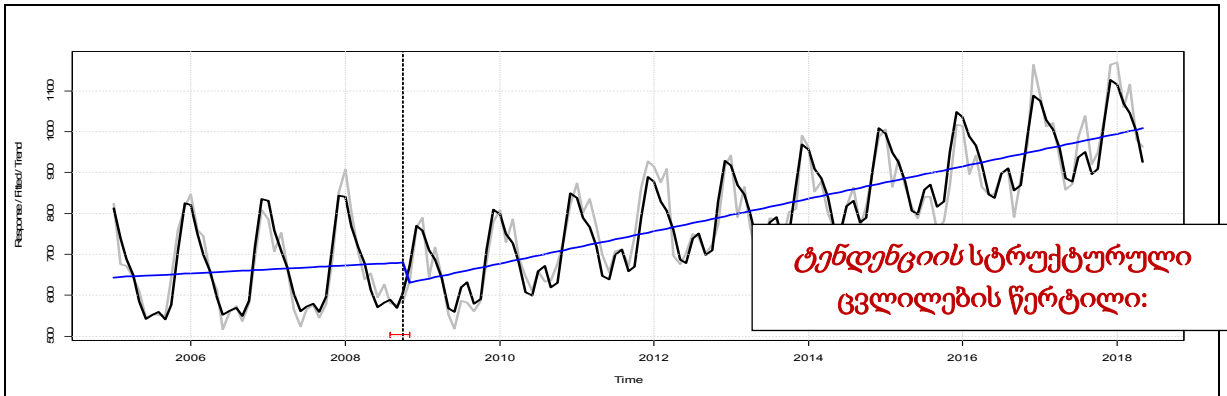
ნახ.2: FAST ალგორითმი: 2005-2018 წლის ელექტროენერჯის მოხმარების დეკომპოზიცია



დახრის კოეფიციენტები:	
2005(1) - 2007(11)	-5.647595
2007(12) - 2009(2)	-116.19473
2009(3) - 2012(3)	65.023234
2012(4) - 2015(8)	40.682179
2015(9) - 2018(5)	75.470373

ნახ.3 ტენდენციის სტრუქტურული გარდატეხის წერტილები

ცხრ.2 ტენდენციის დახრის კოეფიციენტები დროის შუალედში



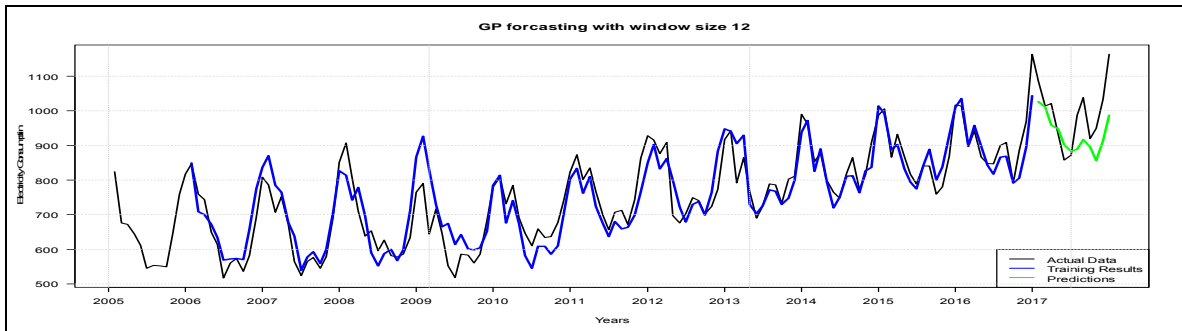
ნახ.4: მონაცემების ანალიზი ტენდენციის ერთი გარდატეხის წერტილით


```

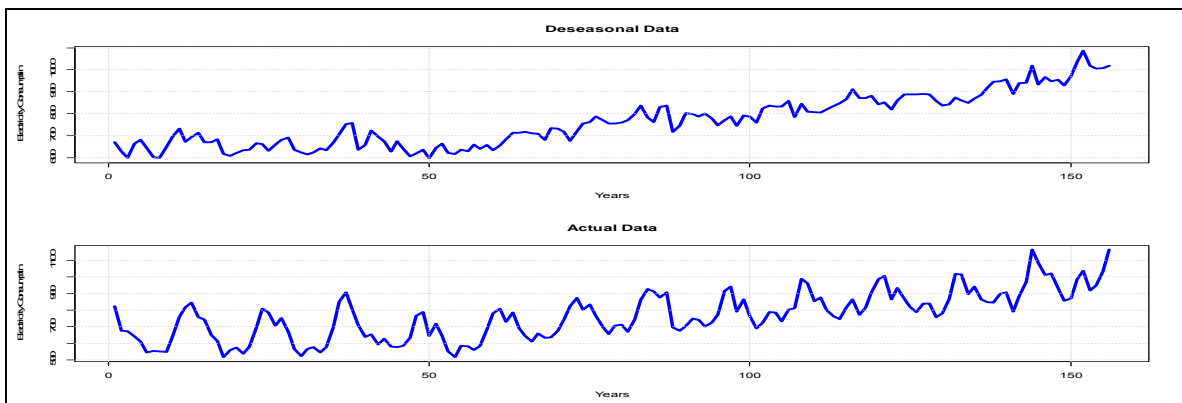
> Best_GP_Function:
function (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12)
sqrt(sqrt(x12 * x2 + -1.56403249000375 +
(x12 - x5)/0.0104539146217276) * x1 + x1) + 19.2961520436111
>rmse[1] 85.93

```

ცხრ.3. რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგები



ნახ.5. პროგნოზირების ფუნქციის მიერ გენერირებული მონაცემები



ნახ.6 ელექტროენერჯის მოხმარების რეალური მონაცემები, სეზონური კომპონენტის გარეშე

```
>Best_GP_Function:
```

```
function (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12)
```

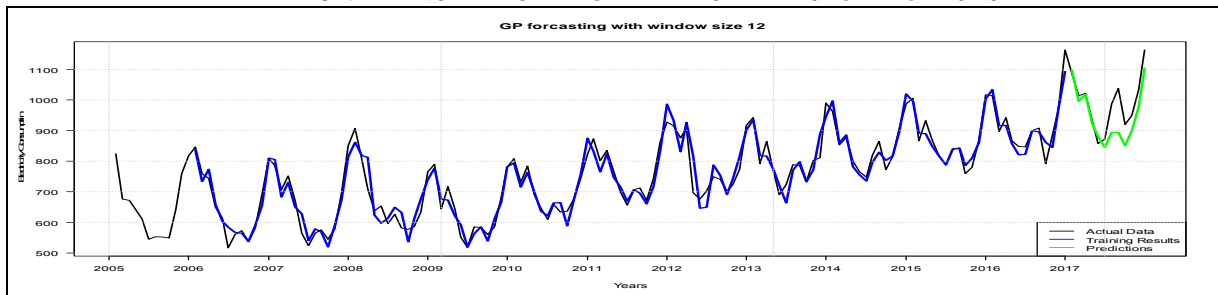
```
sin(x5) + (-1.12637372517335/cos(x5) + (cos(x12) + sin(x5) + (cos(sin(x5) + x12) + (cos(x12) +
```

```
sin(x5) + (sin(x5) + sin(x5) +
```

```
(cos(x12) + sin(x5) + (cos(x12) + sin(x5) + (sin(x5) + sin(x5) + x12))))))))))
```

```
>rmse [1] 61.19258
```

ცხრ.4. გენეტიკური პროგრამირების მიერ გამოვლენილი პროგნოზირების ფუნქცია და მისი ცდომილება, სეზონურობის კომპონენტის გარეშე.



ნახ.7. გენეტიკური პროგრამირების პროგნოზირება, სეზონური კომპონენტის გარეშე

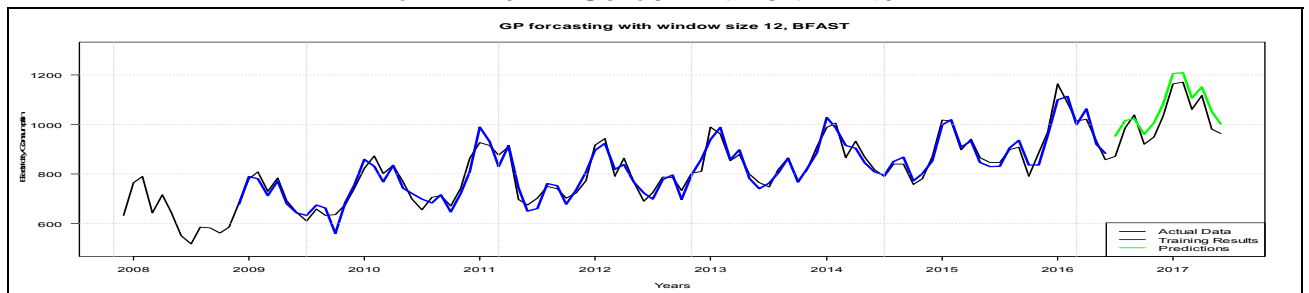
>Best_GP_Function:

```
function (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12)
```

```
x12 + log(x12, x1^sin(x7)) + exp(cos(sin(x8))) + log(x12 + log(x12, x1^sin(x7)) + log(x12, x11^sin(x1 - x6)) + log(x11, x3^sin(log(0.839656840387031, x11) - x6)), x3^sin(x1 - x6)) + log(x12, 3^sin(cos(-1.20042937543859) - x6)) + log(x11, x3^sin(log(0.839656840387031, x11) - x6))
```

```
>rmse [1] 18.26079
```

ცხრ.5. გენეტიკური პროგრამირებისა და BFAST ალგორითმის ჰიბრიდული მოდელი: პროგნოზირების ფუნქცია და ცდომილება



ნახ.8. გენეტიკური პროგრამირებისა და FAST ალგორითმის ჰიბრიდული მოდელი



Industry, წიგნიდან: Cranganu et al. (eds.), Artificial Intelligent Approaches in Petroleum Geosciences, Springer International Publishing Switzerland

14. Verbesselt, J., Hyndman, R., Zeileis, A., Culvenor, D., (2010b), Phenological Change Detection while Accounting for Abrupt and Gradual Trends in Satellite Image Time Series, Remote Sensing of Environment, 114(12), 2970–2980

15. Flasch, O., Marsmann, O., Bartz-Beielstein, (2010), RGP: An Open Source Genetic Programming System for the R Environment, Conference: Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2010, Proceedings, Portland, Oregon

ANALYSIS OF ELECTRICITY CONSUMPTION AND PREDICTION OF GEORGIA

Vepkhvadze L.T., Arabidze G.O.

Georgian Technical University

Summary

The article investigates the possibility of forecasting the annual electricity consumption in Georgia by employing modern mathematical approaches. Specifically, the monthly electricity consumption data is considered as a time series where each data point – a monthly electricity consumption - can be represented as a non-linear function of previous data points. For the finding of an analytical representation of the latter function, the method of Genetic Programming (GP) is used. In particular, GP finds the function which can perfectly capture the auto-regression among data points of the time series in question. Moreover, the study also reveals that the capability of GP significantly increases when the point of structural change of data is found by employing the BFAST algorithm. Respectively, it is suggested that the hybrid model of BFAST and GP considerably improves the forecast of annual electricity consumption in Georgia.

**ენერგეტიკული სექტორის ბანკითარების ტენდენციები
საქართველოში და ენერგეტიკული უსაფრთხოება**

ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ე. ფანცხავა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის
ფაკულტეტი

დღესდღეობით მსოფლიო ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში უფრო და უფრო მეტად იყენებენ ენერჯის არატრადიციულ ანუ ალტერნატიულ წყაროებს. ენერჯის ალტერნატიული წყარო უნდა იყოს განახლებადი, ნაკლებად აბინძურებდეს გარემოს და რაც მთავარია, აგვარებდეს საწვავის პრობლემას, ამიტომ მსოფლიოს მრავალი ქვეყანა გარემოსდაცვითი და ამოწურვადი რესურსების შენარჩუნების მიზნით დიდ ყურადღებას აქცევს მზის, ქარის, წყლის, ბიოგაზის და გეოთერმული ენერჯის გამოყენებას.

რაც შეეხება ჩვენს ქვეყანას, საქართველო ენერგოუსაფრთხოების გაძლიერების მიზნით მიისწრაფვის ევროპულ სტრუქტურებთან დაახლოებისაკენ, რაც თავისთავად გულისხმობს ალტერნატიული რესურსების ფართოდ გამოყენებას. ამის ერთ-ერთი მაგალითია 2014 წლის 27 ივნისს ასოცირების შესახებ შეთანხმების ხელმოწერა და მასში გათვალისწინებული ენერგეტიკული დირექტივებისა თუ რეგულაციების განხორციელებაზე მოლაპარაკებების დაწყება, რომელიც ევროპის ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანებას ემსახურებოდა. 2016 წლის 14 ოქტომბერს კი საქართველომ ხელი მოაწერა „ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებას საქართველოსთან შეერთების შესახებ“ ოქმს. [1] 2017 წლის 21 აპრილს კი საქართველო ფახდა ევროპული ენერგეტიკული გაერთიანების სრულუფლებიანი წევრი. ჩამოვყალიბდით ის დადებითი



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შედგები, რომელსაც ჩვენი ქვეყანა მიიღებს ამ ორგანიზაციაში გაწვევიანებით-ესენია: საინვესტიციო კლიმატის გაუმჯობესება, გამჭვირვალე და ლიბერალური ბაზრის ჩამოყალიბება, ევროპული ტექნიკური რეგლამენტის დანერგვა, გაუმჭვირვალე მემორანდუმების სისტემის ეტაპობრივი გაუქმება, კორუფციის შესაძლებლობების აღმოფხვრა. ამ შედეგების მისაღწევად კი, ჩვენი აზრით, აუცილებელია შემდეგი ღონისძიებების ჩატარება:

1. ქვეყნის ალერნატიული ენერჯის წყაროების პოტენციალის შესწავლა, მათი უპირატესი ათვისების რეკომენდაციების მომზადება და განხორციელების ხელშეწყობა;
2. განახლებადი ენერჯის ეროვნული სამოქმედო გეგმის (გეგსგ/ დ) შემუშავება და განხორციელება;
3. ახალი ენერგეტიკული პოლიტიკის გატარება;
4. ენერგოსექტორის (და არა მარტო) ეფექტური ფუნქციონირების შესახებ რეკომენდაციების მომზადება და ენერგოეფექტურობის ამაღლება;
5. საერთაშორისო ორგანიზაციების დაფინანსებით სხვადასხვა პროექტებში მონაწილეობის მიღება, დაგეგმვა და მათი წარმატებით განხორციელებისათვის შესაბამისი პროცედურების წარმართვა;

განვიხილოთ საქართველოს განახლებადი ენერჯების პოტენციალი. ქვეყნის ბუნებრივ სიმდიდრეებს შორის პირველ ადგილზე წყალი და წყალთან დაკავშირებული რესურსები დგას. საქართველო ერთ-ერთი წამყვანი ქვეყანაა ერთ სულ მოსახლეზე წყლის რესურსების მიხედვით. ევროპაში კი მას მეორე ადგილი უჭირავს წყლის რეზერვების მოცულობით: 26000 მდინარიდან 300-ს ელექტროენერჯის წარმოების მიზნით მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია. დღეს-დღეისობით ჰიდრორესურსების დაახლოებით 20%-ია ათვისებული.

საქართველოს გააჩნია ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი. არსებული გათვლებით, ქვეყნის მასშტაბით, ჯამურად შესაძლებელია 1500 მგვტ სიმძლავრის ქარის ელექტროსადგურების განვითარება, რომელთა მოსალოდნელი გენერაცია 4 მილიარდ კილოვატ/საათია. აღსანიშნავია, რომ ქარის ენერჯის უდიდესი წილი მოდის ზამთრის იმ თვეებზე, როდესაც ჰიდროელექტროსადგურები წყლის რესურსების დეფიციტს განიცდიან.

ქარის ენერგეტიკული ბუნებრივი პოტენციალის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია 4 ზონადაა დაყოფილი, ესენია:

1. მაღალი სიჩქარეების ზონა – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი, კახაბერის ვაკე და კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილი; სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობა-5000 საათზე მეტი წელიწადში;
2. ნაწილობრივ მაღალსიჩქარიანი და დაბალსიჩქარიანი ზონა – მტკვრის ხეობა მცხეთიდან რუსთავამდე, ჯავახეთის სამხრეთ ნაწილი, შავი ზღვის სანაპირო ზოლი ფოთიდან კახაბერის ვაკემდე. სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობა-წელიწადში 4500-5000 საათი;
3. დაბალსიჩქარიანი ქედების ეფექტიანი ექსპლუატაციის ზონა – გაგრის ქედი, კოლხეთის დაბლობი და აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობები;
4. დაბალსიჩქარიანი ქედების შეზღუდული გამოყენების ზონა – იორის ზეგანი და სიონის წყალსაცავი;

საქართველოს ტერიტორიის დანარჩენი ნაწილის ქედები ქარის ელექტროსადგურების ექსპლუატაციისათვის არ გამოდგება.

კვლევაში გამოავლინა ქარის ეფექტური ელექტროსადგურების პერსპექტიული მშენებლობის რამდენიმე მოედანი, მათ შორის: მონაცემები წარმოდგენილია №1 ცხრილში.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრილი №1.ქარის ელექტროსადგურების შესაძლო მშენებლობის პერსპექტივები.

ადგილმდებარეობა	სიმძლავრე (მეგავტ)	წლიური გამომუშავება (მლნ.კვტ/სთ)
ფოთი	50	110
ჭოროხი	50	120
ქუთაისი	100	200
მთა-საბუეთი I	150	450
მთა-საბუეთი II	600	2000
გორი-კასპი	200	500
ქარაგანი	200	130
სამგორი	50	150
რუსთავი	50	4160
ჯამი	1450	

საქართველოს უმეტეს რაიონებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა 250-დან 280 დღემდე მერყეობს. ქვეყნის ტერიტორიაზე მზის წლიური ჯამური ენერგია რეგიონების მიხედვით 1კვ.მ ფართობზე 1250-1800 კვტ საათია, ხოლო საშუალო ენერგია იმავე 1კვ.მ ფართობზე დღეში 4,2 კვტ/საათს უტოლდება. ანუ, თეორიულად ერთი საშუალო ოჯახისათვის საკმარის ენერგიას მზე დედამიწის 1,5-2,0 კვ.მ ფართობზე აფრქვევს.[2]

მარტივი გათვლები ადასტურებს, რომ თუ აშენდა 140-150 კვ.მ ფართობის ჰელიოსადგური (თბილისის ტერიტორია 350 კვ. კმ-ს შეადგენს), მიღებული ელექტროენერგია მთლიანად დააკმაყოფილებს ელექტროენერგიაზე საქართველოს მოთხოვნას. აღსანიშნავია, რომ აღმოსავლეთი საქართველო გაცილებით მზიანია, ვიდრე დასავლეთი. გასული საუკუნის მიწურულს საქართველოში ფართოდ გავრცელდა მზის ენერგიაზე მომუშავე თბომომარაგების სისტემები.

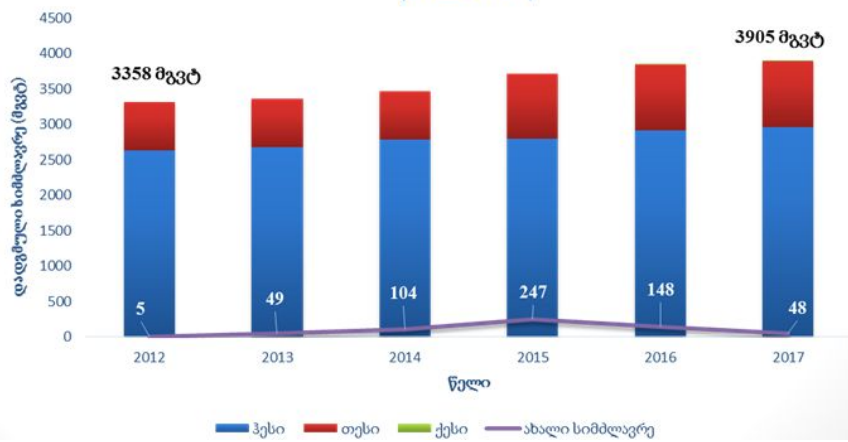
მზის ენერგია საქართველოში შესაძლებლობას იძლევა, მივიღოთ 40-500⁰წ ტემპერატურის წყალი. საქართველოს მთაგორიან ადგილებში, ძნელად მისასვლელი და მცირედ დასახლებული სოფლების, გეოლოგიური პარტიების, მწყემსების სადგომების, სამთომადნო სამუშაოების, სამხედრო-სავალე პირობების, კავშირგამბულობის (სატელეკომუნიკაციო) სარეტრანსლაციო სადგურების, საავარიო სიტუაციების ენერგიით მომარაგების ოპტიმალურ ვარიანტს წარმოადგენს მზის ენერჯის გარდამქმნელები.[3]

ჩვენი ქვეყნის გეოთერმული წყლების საერთო რეზერვი დღეში 160000 კუბურ მეტრს აღემატება. გეოთერმული წყლების პროგნოზული მარაგი წყლის ტემპერატურით(90-110⁰წ) 250,0 მლნმ³-ია. ამ რესურსების 80% ქვეყნის დასავლეთ ნაწილში მდებარეობს, თუმცა გეოთერმული ველები სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოშიც გვხვდება. ქვეყნის მასშტაბით 44 საბადოში არსებული გეოთერმული წყლის რესურსები 206 ჭისა და ოთხი წყაროს საშუალებით გამოედინება. მათი ტემპერატურა 30-დან 110 გრადუს ცელსიუმამდეა.[4] ქვეყნის გეოთერმული რესურსები მაღალი ხარისხისაა, შეიცავს გახსნილი მარილების მინიმალურ რაოდენობას, რაც გამოყენების პროცესში ამცირებს სკალირებას. ამჟამად საქართველოში გეოთერმულ ენერგიას იყენებენ პირდაპირ გათბობისათვის, სათევზე გუბურის გათბობისათვის, სამრეწველო აპლიკაციებისა და სათბურების გასათბობად.[5]

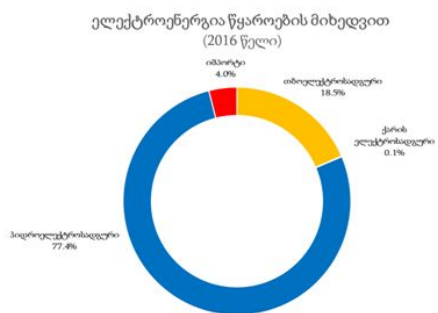
ჯამური დადგმული სიმძლავრე – 3905 მგვტ

ჰიდროელექტროსადგურები: 72 ჰესი - 2960 მგვტ ქარის ელექტროსადგური: 1 ჰესი - 20.7 მგვტ თბოელექტროსადგური: 5 თესი - 924.4 მგვტ

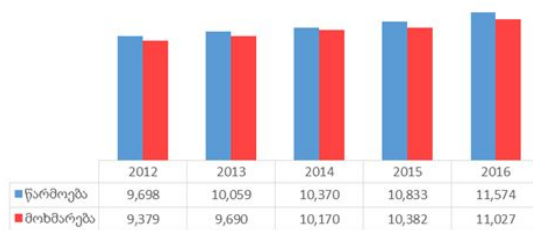
საქართველოს მოქმედი ელექტროსადგურები
(2013-2017)



ნახ.№1. საქართველოს ელექტროსადგურები



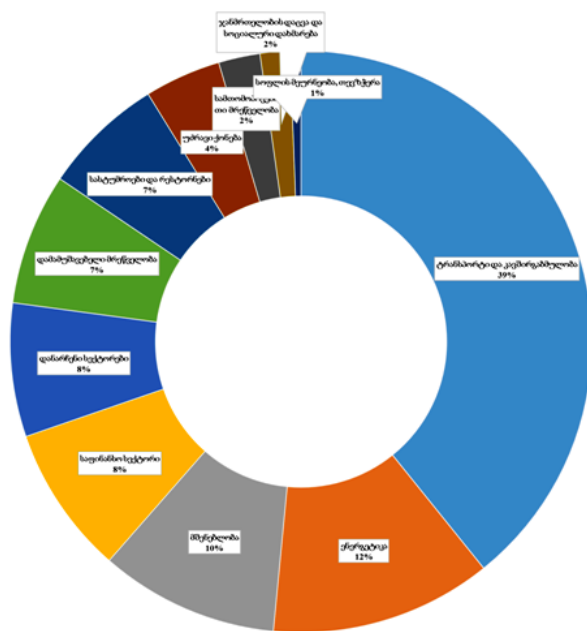
ელექტროენერგის წარმოება/მოხმარება (გვტ.სთ)



ელექტროენერგის იმპორტ-ექსპორტი (2013-2016)



ნახ.№2. ძირითადი სტატისტიკა



ნახ.№4 პირდაპირი უცხოური ინვესტიციის ცხრილი.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დასკვნა:

საქართველოში ენერგოსაფრთხეობის და ენერგოეფექტურობის გასაძლიერებლად მიმდინარეობს შემდეგი ღონისძიებანი:

1. საკანონმდებლო ბაზის დახვეწა-მომზადდა ეროვნული ენერგოსაფრთხეობის სამოქმედო გეგმა; მუშავდება კანონი ენერგოეფექტურობის შესახებ და განახლებად ენერჯის განვითარების ეროვნული სამოქმედო გეგმა.
2. 2017 წლის სექტემბერში ქვეყნის დაბალემისიებიანი განვითარების 5 წლიანი სრატეგია დაიგეგმა;
3. დანიის მთავრობის მხარდაჭერით მიმდინარეობს 4 წლიანი პროექტი-„ენერგოეფექტურობისა და მდგრადი ენერჯეტიკის ხელშეწყობა საქართველოში“, რომლის მიზანია:
 - საკანონმდებლო ბაზის ჩამოყალიბება შენობების ენერგოეფექტურობის და განახლებადი ენერჯის (ალტერნატიული ენერჯის) ქსელში ინტეგრაციის მიმართულებით;
 - სადემონსტრაციო პროექტების განხორციელება საჯარო შენობებში ენერგოეფექტური ღონისძიებების გატარების მიზნით;
 - ენერგოაუდიტორების მომზადება და საინფორმაციო/ დ კამპანიების ჩატარება;
 - ენერჯეტიკის სამინისტროს კოორდინაციით საქართველოს 14 ქალაქი/მუნიციპალიტეტი გაერთიანებულია ევროკავშირის ფართომასშტაბიან პროგრამაში „მერეპის შეთანხმებაში“ მდგრადი ენერჯეტიკის განვითარების ხელშეწყობის მიზნით. სამინისტროს კოორდინაციით ტარდება ყოველწლიური მდგრადი ენერჯეტიკის კვირეული.

ლიტერატურა:

1. Energy Community, What we do. <https://www.energy-comunesty.org/portal.page/portal.ENC-HOME/ENERGY-COMUNISTY/Whatwedo> 09.11.2016.
2. „მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის, საქართველოს ენერჯეტიკული სექტორი ევროკავშირთან ასოცირების კონტექსტში, 2015 წ. გვ. 18.
3. ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ე. ფანცხავა. „საქართველოში არსებული ენერგორესურსების ათვისების პოტენციალური მიმართულებანი“, IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები, ქუთაისი, 2016 წ. გვ. 108-110.
4. ჟორდანიას ი., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., მირიანაშვილი ნ. მზის ენერჯეტიკული პოტენციალის გამოყენების პერსპექტივები კახეთის რეგიონში. ჟ. „ენერჯია“// 1(73), 2007 წ. გვ. 36-40.
5. ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ე. ფანცხავა. „არატრადიციული, განახლებადი რესურსები- ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის ალტერნატივა“ IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მსხსენებათა კრებული, ქუთაისი, 29. 10. 2016 წ. გვ. 110-113.
5. მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ. არატრადიციული, განახლებადი ენერგორესურსების ათვისების პერსპექტივები ენერგოდაზოგი ტექნოლოგიების გამოყენებით საქართველოს ზღვისპირეთში// სტუის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომები - „XXI საუკუნის მეცნ. ა ტექნ. განვით. ძირით. პარადიგმები“. თბილისი. 19-21 სექტემბერი, 2012 წ. გვ. 157-159.
6. მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი ი., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., მეგრელიძე თ. თბური ტუმბოს დანადგარების პროექტირების და პრაქტიკული გამოყენების 60-წლიანი გამოცდილება საქართველოში// სტუის ვლიაშვილის მსი-ს შრ. კრ. 18, 2014 წ. გვ. 116-120.
7. ნ. არაბიძე, ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ე. ფანცხავა, „ბიომასა-ალტერნატიული გზა ენერგოეფექტურობისკენ“. ჟ. „ენერჯია“ 3(83)2017 წ.
8. კონფერენციის მასალები: (განახლებადი ენერჯეტიკის განვითარება საქართველოში). 7 მაისი, 2018წ. სასტუმრო თბილისი მარიოტი.



მესამე ენერგეტიკული პაკეტის მოთხოვნებიდან გამომდინარე საქართველოში განსახორციელებელი ე.წ unbundling-ის რეფორმა

მაჭავარიანი მ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

განხილულია საქართველოს მიერ ასოცირების შესახებ შეთანხმების ხელმოწერით ნაკისრი ვალდებულებების შედეგად განსახორციელებელი ე.წ “Unbundling-ს” რეფორმა. განმარტებულია “Unbundling-ის” მნიშვნელობა, აღწერილია მისი სახეები და მათთვის დამახასიათებელი თავისებურებანი, ნახსენებია ის ინსტიტუტები რომლებსაც შეეხებათ აღნიშნული რეფორმა.

2014 წლის 27 ივნისს, ქ. ბრიუსელში, ევროპული საბჭოს შეხვედრის ფარგლებში საქართველომ ხელი მოაწერა ასოცირების შესახებ შეთანხმებას, რითაც კიდევ ერთხელ დაადასტურა თავისი მისწრაფება გამხდარიყო ევროპული ოჯახის სრულფასოვანი წევრი. ასოცირების შეთანხმების ხელმოწერით საქართველომ მართალია მიიღო გარკვეული პრივილეგიები, მაგრამ ამასთანავე კონკრეტული ვალდებულებების გარკვეულ დროში განხორციელებაზეც აიღო პასუხისმგებლობა.

ასოცირების შეთანხმების ხელმოწერა საქართველოს ენერგეტიკის სექტორისთვის ერთგვარ გამოწვევად იქცა. ნაკისრი ვალდებულებებით საქართველოს დაევალა ევროკავშირის კანონმდებლობის, კონკრეტულად კი ევროკავშირის დირექტივების და რეგულაციების ე.წ მესამე ენერგეტიკული პაკეტის იმპლემენტაცია ეროვნულ კანონმდებლობაში. მესამე ენერგეტიკული პაკეტის ნორმების გადმოტანა ეროვნულ კანონმდებლობაში მხოლოდ ახალ საკანონმდებლო ბაზას არ გულისხმობს, აღნიშნული იწვევს საქართველოში მოქმედი ენერგეტიკული ბაზრის სრულ ტრანსფორმაციას, რაც გულისხმობს როგორც ახალი მოთამაშეების გაჩენას ელექტროენერგეტიკულ სექტორში, ასევე არსებული ბაზრის მონაწილეების გარდაქმნას, ტარიფების დადგენის ახალ მიდგომას, უნივერსალური მომსახურების ვალდებულების დანერგვას, ეროვნული მარეგულირებელი კომისიის როლის გაძლიერებას, ელექტროენერჯის მომხმარებელთა უფლებების დაცვის უკეთესი მექანიზმების შემუშავებას და სხვ.

მესამე ენერგეტიკული პაკეტი ეს არის ევროკავშირის ენერგეტიკული ბაზრის კანონმდებლობის ბოლო ცვლილებები, რომელიც ძალაში შევიდა შიდა ენერგეტიკული ბაზრების ფუნქციონირების გასაუმჯობესებლად და სტრუქტურული პრობლემების გადასაწყვეტად.¹ მესამე ენერგეტიკული პაკეტი ხუთ ძირითად სფეროს მოიცავს. ესენია: ენერჯის მიმწოდებლების ე.წ “unbundling”-ი/გამოყოფა ქსელის ოპერატორებისგან, ეროვნული მარეგულირებელი კომისიების დამოუკიდებლობის გაძლიერება, ეროვნული მარეგულირებელი კომისიების თანამშრომლობის სააგენტოს დაფუძნება (ACER), ტრანსსაზღვრო თანამშრომლობა გადაცემის სისტემის ოპერატორებს შორის და გადაცემის სისტემის ოპერატორების ევროპული ქსელის შექმნა, საცალო ბაზარზე გამჭირვალეობის გაზრდა მომხმარებელთა ინტერესების დაცვის მიზნით.²

ასოცირების შესახებ შეთანხმება საქართველოს ავალდებულებდა მესამე ენერგეტიკული პაკეტის მკაცრი რეგულაციების შემჭიდროვებულ ვადებში გადმოტანას ეროვნულ დონეზე, თუმცა არსებობდა ალტერნატივა, რომელიც საქართველომ აირჩია. კერ-

¹ Energy, Market Legislation, Overview, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/market-legislation> ;

² იხ, იქვე;



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძოდ კი, 2016 წლის 14 ოქტომბრის “ენერგეტიკული გაერთიანების” მინისტრთა საბჭოს გადაწყვეტილებით, ხანგრძლივი მოლაპარაკებების შემდეგ, საქართველო გაწევრიანდა ენერგეტიკულ გაერთიანებაში (გადაწყვეტილება 2016/18/MC-EnC).³ აღნიშნული გადაწყვეტილებით საქართველო მიუერთდა ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებას ხელშემკვერელი მხარის სტატუსით. 2017 წლის პირველი ივლისიდან კი საქართველო ენერგეტიკული გაერთიანების სრულუფლებიანი წევრია. ენერგეტიკულ გაერთიანებაში გაწევრიანებით საქართველოს ენერგეტიკულ სექტორს ე.წ დეროგაციებით, გამოინაკლისებით სარგებლობის შესაძლებლობა მიეცა. მაგალითად, საქართველოსთვის გამოინაკლისს წარმოადგენს ტრანსსასაზღვრო ვაჭრობასთან დაკავშირებული ვალდებულებები, იმის გათვალისწინებით რომ საქართველოს ამჟამად არ აქვს ევროკავშირის არცერთ წევრ სახელმწიფოს ქსელთან წვდომის საშუალება და საქართველოს მეზობელი ქვეყნებიდან არცერთი არ არის ენერგეტიკული გაერთიანების წევრი სახელმწიფო.⁴

მოცემულ შემთხვევაში ჩვენთვის საინტერესოა ენერჯის მიმწოდებლების “unbundling”-ის/გამოყოფის საკითხის განხილვა ქსელის ოპერატორებისგან. მესამე ენერგეტიკული პაკეტის თანახმად “unbundling”-ი/გამოყოფა გულისხმობს ენერჯის მიწოდებისა და წარმოების საქმიანობების გამოყოფას გადამცემი ქსელის ოპერირებისგან. მაშინ როცა ერთი კონკრეტული კომპანია მართავს გადამცემ ქსელს და ამასთან ერთად ახდენს ენერჯის წარმოებას ან მის გაყიდვას, მან კონკურენტებს საკუთარი ინტერესების გამო შესაძლოა ინფრასტრუქტურის თავისუფალ გამოყენებაში ხელი შეუშალოს. აღნიშნული საკითხი კონკურენციის შეფერხებასთან ერთად იწვევს ქსელზე თავისუფალი წვდომის ნორმების დარღვევის საშიშროებასაც, რაც საბოლოოდ შესაძლოა გამოიხატოს მომხმარებლებისთვის ელექტროენერჯიაზე ფასების მატებით.⁵

“Unbundling”-ის/გამოყოფის საკითხები ელექტროენერჯის შიდა ბაზრის საერთო წესების შესახებ 2009/72/EC დირექტივით რეგულირდება⁶, რომელიც მესამე ენერგეტიკული პაკეტის ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია.

მესამე ენერგეტიკული პაკეტის თანახმად “unbundling”-ის სამი სახე არსებობს. ევროკავშირის ცალკეული ქვეყნების არჩევანზეა დამოკიდებული “unbundling”-ის რომელ მოდელს მიანიჭებენ უპირატესობას. “Unbundling”-ის სახეებია:

- **Ownership Unbundling – საკუთრების გამოყოფა** – რომლის შემთხვევაშიც ყველა ინტეგრირებული ენერგეტიკული კომპანია ვალდებულია გაყიდოს თავის საკუთრებაში არსებული ბუნებრივი აირის ან ელექტროენერჯის ქსელი. აღნიშნული გამოყოფის მოდელის არჩევის შემთხვევაში მიწოდების ან წარმოების განმასხვრციელებელი კომპანია არ არის უფლებამოსილი ფლობდეს აქციების უმრავლესობას ან რაიმესახით მონაწილეობდეს გადამცემი ქსელის ოპერატორის საქმიანობაში;
- **Independent System Operator (ISO) – სისტემის დამოუკიდებელი ოპერატორი** – “unbundling”-ის აღნიშნული მოდელის არჩევის შემთხვევაში ენერჯის მიმწოდებელ კომპა-

³ PROTOCOL CONCERNING THE ACCESSION OF GEORGIA TO THE TREATY ESTABLISHING THE ENERGY COMMUNITY;

<http://www.energy.gov.ge/projects/pdf/pages/Energy%20Community%20Official%20Accession%20Protocol%20145%20eng.pdf>

⁴ იხ. იქვე. ANNEX COMMON UNDERSTANDING CONCERNING THE IMPLEMENTATION OF THE PROTOCOL, <http://www.energy.gov.ge/projects/pdf/pages/Energy%20Community%20Official%20Accession%20Protocol%201454%20eng.pdf>;

⁵ Energy, Market Legislation, Overview, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/market-legislation> ;

⁶ DIRECTIVE 2009/72/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC (Text with EEA relevance), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0072&from=en> ;



ნიებს ფორმალურად შეუძლიათ ფლობდნენ ბუნებრივი აირის ან ელექტროენერჯის გადამცემ ქსელს, მაგრამ ქსელის ოპერირება, ტექნიკური უზრუნველყოფა და ქსელში ინვესტიციების განხორციელება დამოუკიდებელ, მასთან კავშირის არ მქონე კომპანიას უნდა გადასცეს;

- **Independent Transmission System Operator (ITO) – გადამცემი სისტემის დამოუკიდებელი ოპერატორი** – “unbundling”-ის ეს კონკრეტული მოდელი ენერჯის მიმწოდებელ კომპანიას აძლევს იმის შესაძლებლობას, რომ ფლობდეს და ოპერირებას უწევდეს ბუნებრივი გაზის ან ელექტროენერჯის ქსელს, მაგრამ აღნიშნულ საქმიანობას უნდა ახორციელებდეს შვილობილი კომპანიის მეშვეობით. შესაბამისად ქსელთან დაკავშირებული ყველა მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილების მიღება უნდა ხდებოდეს შვილობილი კომპანიის მიერ დამოუკიდებლად.⁷

“ენერჯეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს მიერთების შესახებ” ოქმით საქართველოსთვის გაწერილია კონკრეტული ვადები რომელთა ფარგლებშიც უნდა მოხდეს მესამე ენერჯეტიკული პაკეტის მოთხოვნების დანერგვა ეროვნულ კანონმდებლობაში. ოქმის თანახმად ელექტროენერჯის შიდა ბაზრის საერთო წესების შესახებ 2009/72/EC დირექტივის მოთხოვნები საქართველოს 2018 წლის 31 დეკემბრისთვის აქვს შესასრულებელი.⁸ თუმცა ოქმი ასევე ითვალისწინებს ახალი ნორმების ამოქმედების შემდეგ ერთ წლიან სატესტო პერიოდს, რომლის ფარგლებშიც უნდა მოხდეს აღნიშნული დირექტივით გათვალისწინებული ყველა მოთხოვნის დაკმაყოფილება მათ შორის “Unbundling”-ის საკითხისაც.

ელექტროენერჯის შიდა ბაზრის საერთო წესების შესახებ 2009/72/EC დირექტივის თანახმად ელექტროენერჯის გადამცემი სისტემის ოპერატორი შეიძლება იყოს პირი, რომელიც პასუხისმგებელია მოცემულ ტერიტორიაზე გადამცემი სისტემის მუშაობაზე, მის ტექნიკურ უზრუნველყოფასა და საჭიროების შემთხვევაში მის განვითარებაზე და სადაც შესაძლებელია მის ურთიერთდაკავშირებაზე სხვა სისტემებთან და სისტემის მიერ ელექტროენერჯის გადაცემის გონივრული მოთხოვნის დაკმაყოფილების გრძელვადიანი შესაძლებლობების უზრუნველყოფაზე.⁹ როგორც განმარტებიდანვე ჩანს გადამცემა სისტემის ოპერატორი არ უნდა ფლობდეს ქსელს.

საქართველოს ენერჯეტიკულ სექტორში დღეს მოქმედი რეგულაციების თანახმად გადაცემის ლიცენზიას 3 კომპანია ფლობს: სს “საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა” – სსე, სს “საქრუსენერჯო” და შპს “ენერჯოტრანსი”. “საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა” ახორციელებს გადამცემი სისტემის ოპერატორისა და დისპეტჩერიზაციის ლიცენზიატის ფუნქციებს. სისტემის ოპერირებასთან ერთად სსე გადამცემი სისტემის ერთ-ერთი მსხვილი მფლობელია. სსე-ს გადამცემი ინფრასტრუქტურა შედგება 3 350 კმ. სიგრძის ელექტროგადამცემი ხაზებისა და 90 ქვესადგურისგან. კომპანია არ აწარმოებს ელექტროენერჯიას, ის ახორციელებს ელექტროენერჯის გადაცემას ჰიდრო, თბო და ქარის ელექტროსადგურებიდან ელექტროენერჯის გამანაწილებელ კომპანიებამდე (სს “თელასი” და სს “ენერჯო-პრო ჯორჯია”) და პირდაპირ მომხმარებლებამდე (მსხვილი საწარმოები). გამანაწილებელი კომპანიები ელექტროენერჯიას აწ-

⁷ Energy, Market Legislation, Overview, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/market-legislation>

⁸ PROTOCOL CONCERNING THE ACCESSION OF GEORGIA TO THE TREATY ESTABLISHING THE ENERGY COMMUNITY, Article 2, <http://www.energy.gov.ge/projects/pdf/pages/Energy%20Community%20Official%20Accession%20Protocol%201454%20eng.pdf>

⁹ ელექტროენერჯის შიდა ბაზრის საერთო წესების შესახებ 2009/72/EC დირექტივია, მუხლი 2 – განმარტებები, <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/3624857?publication=0>



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ვდიან საბოლოო მომხმარებელს, ხოლო პირდაპირი მომხმარებლები მოიხმარენ ელექტროენერგიას საკუთარი მიზნებისთვის.¹⁰

ამრიგად, როგორც არსებული მდგომარეობის განხილვამ ცხადყო “unbundling”-ს მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად საქართველოს ქმედითი ნაბიჯები აქვს გადასადგმელი. კონკრეტულად, საჭიროა როგორც გადაცემის სისტემის ოპერატორის მფლობელობაში არსებული ქსელის გასხვისება, ასევე განაწილების ლიცენზიატების მიერ მიწოდების საქმიანობის განხორციელების შეწყვეტა, ვინაიდან აღნიშნული ეწინააღმდეგება მესამე ენერგეტიკული პაკეტის “unbundling”-ს მოთხოვნებს. “Unbundling”-ის სამი მოდელიდან კი, რომლის დანერგავ მოხდება საქართველოში ეს მთავრობის გადასაწყვეტია.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ელექტროენერგიის შიდა ბაზრის სავაჭრო წესების შესახებ 2009/72/EC დირექტივა, <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/view/3624857?publication=0>;
2. ენერგეტიკული გაერთიანების დამფუძნებელ ხელშეკრულებასთან საქართველოს მიერთების შესახებ ოქმი, <http://www.energy.gov.ge/projects/pdf/pages/Energy%20Community%20Official%20Accession%20Protocol-%201454%20eng.pdf>;
3. Energy, Market Legislation, Overview, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/market-legislation>;
4. www.gse.com/ge

THE SO-CALLED UNBUNDLING REFORM TO BE IMPLEMENTED IN GEORGIA ACCORDING TO THE THIRD ENERGY PACKAGE

Machavariani M.,
 Georgian Technical University
 Summary

Conference topic discuss so called “Unbundling” reform which shall be implemented under Association Agreement signed by Georgia. The content of “Unbundling”, its types and characteristics related to them are provided. Institutions which will be covered by this reform are mentioned.

ჰიდროელექტროსადგურების ტარიფები საქართველოში

დ. ჩომახიძე, მ. ნემსწვერიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
 აკაკი წერეთლის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში გაანალიზებულია საქართველოს ჰიდროელექტროსადგურების ტარიფების დონე და დინამიკა ბოლო ოთხი წლის განმავლობაში. აღნიშნულია, რომ ტარიფების დონის ცვლილება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ინვესტიციების რაოდენობაზე. კონკრეტულად ზაპესის მაგალითზე შეფასებულია ინვესტიციების გავლენა ტარიფზე და გამოთქმულია მოსაზრებები ამ სფეროში მდგომარეობის გაუმჯობესებისათვის.

¹⁰ ელექტროგადამცემი ქსელის ფლობა, <http://www.gse.com.ge/chvens-shesakheb/ras-vsaiqmianobt/eleqtrogadamcemis-qselis-floba>



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ჰიდროენერგეტიკის განვითარების ერთ-ერთ მთავარი საფუძველი წარმოებული ელექტროენერჯის ტარიფია. ტარიფის მეშვეობით მობილიზებული თანხები უზრუნველყოფს ჰესის ნორმალურ ფუნქციონირებას და კონკრეტულ დროში სამომავლო განვითარებას. ელექტროენერჯის სამომხმარებლო ტარიფის სიდიდე ყველა ქვეყანაში განსხვავებულია და ძირითადად დამოკიდებულია ელექტროენერჯის წარმოებასა და მიწოდებაზე გაწეულ დანახარჯებზე. აქ, პირველ რიგში, იგულისხმება, როგორც საოპერაციო, ისე კაპიტალური დანახარჯები. პროცესში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს აგრეთვე ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური და ფინანსური მდგომარეობა.

თანაბარი პირობებში წარმოებაში ჰესების ტარიფები თბოელექტროსადგურების ტარიფებთან 2-3-ჯერ დაბალია.

საქართველოში მოქმედი ჰესების ტარიფის დონე და დინამიკა ბოლო ოთხი წლის განმავლობაში ნახვენებია ცხრილი 1-ში. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ყველაზე მაღალი ტარიფი მოქმედებს (დღგ-ის გარეშე) ხრამჰესი - 2-ში (11.248 თეთრი/კვტ.სთ), ხრამჰესი -1-ში (9.781 თეთრი/კვტ.სთ), აწჰესში (5.865 თეთრი/კვტ.სთ), საცხენჰესში (5.521 თეთრი/კვტ.სთ), ზაჰესში (4.781 თეთრი/კვტ.სთ) და ა.შ.

ყველაზე მცირე ტარიფები აქვთ: ვარციხე 2005-ს (1.25 თეთრი/კვტ.სთ), ლაჯანურჰესს (1.679 თეთრი/კვტ.სთ), ენგურჰესს (1.818 თეთრი/კვტ.სთ) და ა.შ. განსხვავება ჰიდროელექტროსადგურების ტარიფებში ძირითადად გამოწვეულია განხორციელებული ინვესტიციებითა და ინვესტორებთან გაფორმებული მემორანდუმებითა და სასესხო სახელშეკრულებო პირობებით.

საქართველოს ჰესებში მოქმედი ტარიფები, თეთრი, კვტ/სთ. (დღგ-ის გარეშე), წლის ბოლოს

ცხრილი.1

ჰესების დასახელება	2014წ.	2015წ.	2016წ.	2017წ.	2018 წინასწ
ენგურჰესი	1.187	1.187	1.436	1.496	1.818
ვარდნილჰესების კასკადი	1.170	1.170	2.880	2.880	4.002
შაორჰესი	3.820	2.586	1.933	1.933	2.747
ძვერულჰესი	3.850	2.764	2.616	2.616	1.986
ხამჰესი 1	8.200	8.200	8.200	8.200	9.781
ხრამჰესი 2	9.400	9.400	9.400	9.400	11.781
ჟინგალჰესი	1.830	1.830	1.830	1.830	2.177
ზაჰესი	1.420	5.225	4.781	4.781	4.781
ლაჯანურჰესი	3.800	2.064	1.593	1.593	1.679
რიონჰესი	3.500	3.827	3.301	3.301	4.060
ვარციხე 2005	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
ხადორჰესი	8.750	8.750	8.750	8.750	8.750
აწჰესი	3.850	4.067	5.865	5.865	5.865
გუმათჰესი	3.640	2.385	2.004	2.004	2.209
ორთაჭალჰესი	2.500	2.500	2.325	2.325	2.325
სცხენჰესი	2.330	6.170	5.521	5.521	5.521
ჩითახევჰესი	1.730	3.933	3.807	3.807	3.807



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ბოლო ოთხი წლის (2014-2017წ.წ.) განმავლობაში საქართველოს ჰიდროელექტრო-სადგურში ელექტროენერჯის ტარიფი ცვალებადი დინამიკით ხასიათდება. კერძოდ, ტარიფი გაეზარდათ ენგურჰესს, ვარდნილჰესებს, ზაჰესს, აწჰესს, საცხენისს და ჩითახეჰესს სხვადასხვა ზომით შეუმცირდათ - შაორჰესს, ძვერულჰესს, ლაჯანურიჰესს რიონჰესს, გუმათიჰესს და ორთაჭალაჰესს, ერთი და იგივე დონეზე აქვთ - ხრამჰესებს, უინვალჰესს, ვარციხე 2005-ს და ხადორიჰესის ტარიფების ცვლილების მიზეზთა შორის, პირველ რიგში, უნდა დავასახელოთ განხორციელებული ინვესტიციები. ეს ორი მანკეზბელი მჭიდრო კორელაციურ კავშირშია ერთმანეთთან.

სს „ზაჰესის“ მაგალითის შესწავლამ აჩვენა, რომ ელექტროსადგურის 2015 წელს ტარიფი 1,42 თეთრიდან გაიზარდა 5,225-მდე, ანუ 3,68-ჯერ, რაც ერთ-ერთი განსაკუთრებული შემთხვევაა საცხენისთან (2,64-ჯერ) ერთად. ორივე ელექტროსადგურის ტარიფები დაზუსტდა 2016 წელს და ორივე შემთხვევაში იგი შემცირდა. პირველ შემთხვევაში 8,5%-ით, მეორე შემთხვევაში 10,5%-ით. ორივე შემთხვევაში ცვლილება მეტწილად განაპირობა განხორციელებულმა ინვესტიციებმა და მასთან დაკავშირებულმა კაპიტალურმა დანახარჯებმა (ცვეთა, აქტივებზე ამონაგები, რეგულირებადი აქტივების ბაზა).

ცნობილია, რომ თავისთავად ინვესტიციის წილი ტარიფებში ცვეთის სახით გადადის ჰესის მთელი „სიცოცხლის“ პერიოდში. საოპერაციო დანახარჯები კი მთლიანად შედის ტარიფში კონკრეტული წლის განმავლობაში. ჰესებში ტარიფის დადგენის ახლანდელი მექანიზმი კარგად ჩანს ზაჰესის სატარიფო გაანგარიშებიდან, (რომელიც ჩვენს მიერ გააკეთა საილუსტრაციოდ) იგი ნაჩვენებია ცხრილი2-ში. წარმოდგენილი მონაცემები გვიჩვენებს ინვესტიციების და საერთოდ, კაპიტალური დანახარჯების გავლენას ტარიფზე. ზაჰესის ბოლო ტარიფი დაუდგინდა 2016 წელს. ამ დროისთვის სადგურის რეგულირებადი აქტივების ბაზა შეადგენდა 39,2 მლნ ლარს, ხოლო ამონაგების პროცენტი 13,54% განსახორციელებელი ინვესტიციები - 139,54 ათასი ლარი.

ცხრილი 2

ზაჰესისათვის ელექტროენერჯის წარმოების ტარიფის დადგენის შედეგები ინვესტიციებითა და ინვესტიციების კომპონენტის გარეშე (მლნ. ლარი)

დანახარჯები 2017წელს	ინვესტიციებით 2017	ინვესტიციების გარეშე
რეგულირებადი აქტივების ბაზა	39.2	39.07
აქტივებზე ამონაგები	5.31	5.290
ცვეთა, მლნ ლარი	1.68	1.677
კაპიტალური დანახარჯები, სულ	6.99	6.967
საოპერაციო დანახარჯები	1.496	1.496
საბრუნავი კაპიტალის ხარჯი	0.005	0.005
არასაოპერაციო შემოსავალი და კორექტირება	0.176	0.176
რეგულირებადი დანახარჯები	8.32	8.293
ელექტროენერჯის გამომუშავება, მლნ კვტ. ათ. 2017 წელს	176.36	176.36
საკუთარი მოხმარება, %	1.34	
ელექტროენერჯის სალტეზე გაცემა	173.99	173.99
წარმოების ტარიფი	4.781	4.766



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცხრილი 2-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ მთლიანი რეგულირება დანახარჯებში კაპიტალურმა დანახარჯებმა შეადგინა მოქმედ ტარიფში 6,99მლნ ლარი, ანუ 84,1%. საოპერაციო დანახარჯებმა კი 1,496 მლნ ლარი, ანუ 17,9% (მთლიანი ხარჯი რამდენადმე შეადგინა არასაოპერაციო შემოსავლებმა და კორექტირების კომპონენტებმა).

გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ თუ ინვესტიცია არ განხორციელდებოდა (139,54 ათ.ლარი), სხვა თანაბარ პირობებში (დარჩენილი საოპერაციო ხარჯები, საბრუნავი კაპიტალი, იგივე გამომუშავება და ა.შ) ტარიფი იქნებოდა 4,766 თეთი/კვტ სთ, ანუ შემცირდებოდა 0,015-თეთრით. ტარიფმა ინვესტიციით მოიმატა 0,315%. თუმცა დიდი ალბათობით, სადგური ჯეროვან ფუნქციონირებას პირველსავე წელს ვერ შეძლებდა საჭირო ინვესტიციების გარეშე.

რეფორმები, რომელიც ჩვენს ქვეყანის ენერგეტიკაში მათ შორის ჰიდროენერგეტიკაში ხორციელდება, მოწოდებულია უზრუნველყოს ქვეყნის საჭირო სოციალურ-ეკონომიკური განვითარება, აამაღლოს ცხოვრების დონე და კომფორტი, ახლი ტექნოლოგიების დანერგვით შეძლოს ტარიფების დონის შემცირება, თუმცა, ისიც ცნობილია, რომ ჰიდროენერგეტიკა მაღალი შრომატევადობითა და კაპიტალტევადობით ხასიათდება და მოითხოვს ინტენსიურ და უწყვეტ დაფინანსებას, რათა შეინარჩუნოს ფუნქციონირების უნარი და იმავდროულად მიაღწიოს პროგრესს მაკროეკონომიკური გარემოს მოთხოვნების შესაბამისად. დარგის განვითარება მოითხოვს მნიშვნელოვანი რაოდენობის დამატებითი ინვესტიციების მოზიდვას, ეს კი სხვა ობიექტური ფაქტორების (ეკოლოგია, სულ უფრო ძვირი ჰიდროენერგორესურსების ათვისების აუცილებელობა და სხვა.) ერთობლივი გავლენის შედეგად კიდევ უფრო ზრდის დარგის კაპიტალტევადობას.

„საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმის (2018-2028წწ.) მიხედვით, საქართველოში ნავარაუდებია 2029 წლისათვის თითქმის 29 მლრდ კვტ.სთ ჰიდროენერჯის გამომუშავება, (ანუ 2,7ჯერ ზრდა 2018 წელთან შედარებით) რომელიც, ცხადია უზარმაზარ ინვესტიციებს საჭიროებს. განახორციელებული ინვესტიციები, რათქმა უნდა, აისახება ტარიფებში. სამომავლოდ ამ კუთხით, აუცილებელია, საჭირო ინვესტიციების მატების ტემპი უფრო ნაკლები იყოს ელექტროენერჯის წარმოების ტემპზე. ასეთი თანაფარდობა კი უზრუნველყოფს ტარიფების სიდიდის შემცირებას და შესაბამისად, საბოლოო ჯამში ცხოვრების დონის ამაღლებას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. სემეკის წლიური ანგარიშები.
2. დ. ჩომახიძე, საქართველოს ენერგეტიკა. 2013 წ. თბილისი.
3. საქართველოს გადამცემი ქსელის განვითარების ათწლიანი გეგმა, 2018-2028წწ. „საქართველოს სახელმწიფო ელექტროსისტემა“.
4. დ. მირცხულავა, დ. ჩომახიძე და სხვები, საქართველოს ენერგეტიკული სტრატეგია. თბ., 2004 წ.
5. დ. ჩომახიძე, ენერგეტიკის მდგარი განვითარების რეგულირების პრინციპები. თბ., 2012წ.

TARIFFS OF HYDROPOWER PLANTS IN GEORGIA

Chomakhidze D., Nemsitsveridze M.

Akaki Tsereteli State University

Georgian Technical University

Summary

The paper analyzes the level of tariffs and the dynamics of tariffs of hydropower plants in the last for years. It is noted that change in the level of tariffs depend to a large extent on the amount of investments. Using concrete example of Zemo Avchala HPP, the impact of investments on tariff has been assessed and the views have been expressed on improving the current situation in this filed.



მზის ენერჯია – მომავლის ენერჯია

შალამბერიძე თ.* ჟონუოლაძე ნ.**

*სსიპ ქ. ქუთაისის 21-ე საჯარო სკოლა

**ქ. თელავის იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**სსიპ ქ. თელავის მე-9 საჯარო სკოლა

მსოფლიოში მზის ენერჯიის გამოყენება საკმაოდ პერსპექტიულია. მიუხედავად ნაკლოვანებებისა, მზის ენერჯია უღვივია და ქმნის გარემომცველი გარემოსათვის უსაფრთხო ენერჯორესურსს, რაც თავის მხრივ წარმოადგენს უდიდეს უპირატესობას. უახლოეს ათწლეულებში კაცობრიობისათვის საჭირო ელექტრული ენერჯიის დაახლოებით 20%-25% შეიძლება უზრუნველყოს მზის ენერჯიამ, რაც თავის მხრივ გამოიწვევს ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის გამოფრქვევის შემცირებას ყოველდღიურად დაახლოებით 6 ტონით. მაგრამ ჩვენ ვერ შევუძლებთ მტკიცებას, რომ მზის ენერჯია სრულიად შეცვლის დანარჩენ ალტერნატიული ენერჯიის წყაროებს და მოხდება მისი ფართოდ გამოყენება. მიუხედავად ყველა მისი უპირატესობისა, მზის ენერჯიას გააჩნია ნაკლოვანებებიც. მზის ბატარეებს აქვთ დაბალი მქც და მაღალი თვითღირებულება; კოლექტორთა უმრავლესობა კი დამოკიდებულია ამინდის პირობებზე და სხვა. ფაქტია, რომ განახლებადი წყაროები კაცობრიობას ისე ესაჭიროება, როგორც არასდროს. ჩვენ უკვე საკმარისად გამოვიყენეთ დედამიწის რესურსები და პლანეტა კატასტროფის პირამდე მივიყვანეთ. მზე ჯერ კიდევ 10 მილიარდი წელი აპირებს სიცოცხლეს და მანამდე მზად არის თავისი დახმარების სხივები კვლავაც გამოვიყენოთ.

თითქმის ენერჯიის ყველა წყარო ასე თუ ისე იყენებს მზის ენერჯიას: ნახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი აირი – ეს “დაკონსერვებული” მზის ენერჯიაა. მდინარეთა და მთის ჩანჩქერთა ენერჯია დასაბამს იღებს მზის მოქმედებით, რომლებიც უზრუნველყოფს დედამიწაზე წყლის ცირკულაციას.

მზის ენერჯიის გამოყენება ეკოლოგიურად უსაფრთხოა. აგრეთვე მთელ მსოფლიოში ადამიანები ცდილობენ გადასვლას ტრადიციული საწვავიდან არატრადიციულ საწვავზე ბუნებრივი აირისა და ნავთობის სიძვირის გამოც. SHEEL-ის კვლევებით, 2040 წლისათვის მსოფლიო ენერჯეტიკის დაახლოებით 50% მიღებული იქნება განახლებადი ენერჯიის წყაროებიდან. გერმანია და იაპონია მაღალი ფინანსური მხარდაჭერის გამო გახდნენ მზის ენერჯეტიკის დარგში ლიდერები. გერმანიაში მზის ბატარეის მიერ გამოიმუშავებული სიმძლავრე შეადგენს 35 გიგავატზე მეტს და იმედოვნებენ, რომ მომავალში მზის ბატარეები დააკმაყოფილებენ ქვეყნის ელექტროენერჯიით მოსახლეობის ნახევარზე მეტს. აგრეთვე უახლოეს მომავალში მილიონი ოჯახი დაიწყებს მზის ბატარეის გამოყენებას, განსაკუთრებით აშშ-ში და იაპონიაში (ამჟამად კალიფორნიაში მიიღეს კანონი, რომლის თანახმად სავალდებულო იქნება ახლადაშენებული სახლების სახურავზე 2020 წლიდან მზის ბატარეის დამონტაჟება).

ძირითად მიზეზს კი გაყიდვების ბაზრის ნელი ტემპით განვითარებისა და მზის სისტემის გამოყენებისა პირველ რიგში წარმოადგენს მისი საწყისი ძვირი თვითღირებულება და მეორე, ინფორმაციის სიმცირე მზის სისტემების შესაძლებლობებისა და მათი გამოყენების ტექნოლოგიების შესახებ.

მზის ენერჯიის გამოყენება.

მზის ენერჯიის პასიური გამოყენება ხდება შენობათა მშენებლობის დროს. მშენებლობისას ხორციელდება სპეციალური პროექტები ადგილობრივი კლიმატური პირობების მაქსიმალური გათვალისწინებით. გამოიყენება შესაბამისი ტექნოლოგიები და მასალები მზის ენერჯიის გამოყენებით შენობათა გათბობისა და განათებისათვის. მათ მიეკუთვნება ტრადიციული სამშენებლო ტექნოლოგიები და ისეთი მასალები, როგორიცაა იზოლაცია, მასიური იატაკები, სამხრეთ მხრისაკენ მიმართული ფანჯრები. ასეთი



V სპერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტიპის შენობები ეკოლოგიურად სუფთაა.

პასიურ მზის სისტემაში თავად შენობათა კონსტრუქცია ასრულებს მზის რადიაციის კოლექტორის როლს.

განვიხილოთ უშუალოდ აქტიური მზის დანადგარების მუშაობის პრინციპები:

ტიპიური მზის კოლექტორი აგროვებს მზის ენერგიას შენობების სახურავზე და მონტაჟებული მილებისა და მეტალის ფირფიტების საშუალებით, რომლების შედეგილია შავად რადიაციის მაქსიმალურად შთანქმისათვის. ისინი მოთავსებული არიან მინის და პლასტმასის კორპუსში და დახრილი არიან სამხრეთისკენ, რათა მოხდეს მზის სხივების მაქსიმალური დაჭერა. ამგვარად, კოლექტორი წარმოადგენს მინიატურულ სათბურს, რომლებიც აგროვებს სითბოს მინის პანელქვეშ. ვინაიდან მზის რადიაცია განაწილებულია ზედაპირზე, ამიტომ კოლექტორს უნდა ჰქონდეს დიდი ფართობი.

მზის ბატარეა – ერთმანეთთან შეერთებული და ჩარჩოში ჩასმული “მზის საკნების” ნაკრებია. “მზის საკნები” – ეს არის ნახევარგამტარული ხელსაწყო, რომელიც გარდაქმნის სინათლის ენერგიას ელექტრულ ენერგიად. ერთი ელემენტი მცირე რაოდენობის ძაბვას გამოიმუშავებს, ამიტომ პრაქტიკული ძაბვის გამოსამუშავებლად საჭიროა ელემენტთა მთელი რიგი. ელემენტები მზადდება ხშირ შემთხვევაში კრემნიუმისაგან, რომლებიც გარდაქმნიან ელექტროობად მზის ინფრაწითელ გამოსხივებას, ასევე გალიუმის არსენიდისაგან. მზის ბატარეებს შეუძლიათ შექმნას ელექტრული ენერგია თანდათანობით ან დააგროვონ ის სამომავლოდ გამოყენებისათვის.

მზის ბატარეის უპირატესობებია:

- მაქსიმალურად მარტივი კონსტრუქცია;
 - მომსახურების მინიმალური მოთხოვნები;
 - გამოყენების ხანგრძლივი დრო;
 - არ აქვს ხმა და გამონაბოლქვი;
- თუმცა მზის ბატარეებს აქვს ნაკლოვანებებიც:
- მგრძობიარეა დაჭუჭყიანების მიმართ;
 - მგრძობელობა მაღალი ტემპერატურის მიმართ;
 - მაღალი თვივთღირებულება;
 - ელექტროსადგური არ გამოიმუშავებს სტაბილურ ენერგიას;
 - პანელების არასწორი მონტაჟი შესაძლოა პროექტის მარცხის მიზეზი გახდეს;
 - აკუმულატორების ძვირადღირებულება;

EnergyTrend-ის მონაცემებით 2017 წელს მზის ენერგეტიკაში პირველად იქნა ექსპლუატაციაში მოყვანილი (ერთი წლის განმავლობაში) 100გვტ-ზე მეტი ელექტროენერგია. მხოლოდ ჩინეთში გამოიმუშავდა 52,83 გვტ. ასეთი მასშტაბის განვითარება მანამდე არსად და არასდროს არ შემჩნეულა. აშშ-მა დაიკავა მეორე ადგილი 12 გვტ სიმძლავრის დანამატით. მესამეზე კი გავიდა ინდოეთი, რომელმაც გამოიმუშავა 9,26 გვტ და გაუსწრო იაპონიას (6,09 გვტ).

2018 წლის მეორე ნახევრისათვის იგეგმება და სრულება მძლავრი ელექტროსადგურებისა საფრანგეთში, ნიდერლანდებსა და ესპანეთში.

რაც შეეხება საქართველოს, მისი მდებარეობიდან გამომდინარე მზის გამოსხივება ხანგრძლივი და საკმაოდ ეფექტურია. უმეტეს რეგიონებში მზიანი დღეების რაოდენობა მერყეობს 250-280-ის ფარგლებში, რაც დღის ხანგრძლივობის მიხედვით შეადგენს დაახლოებით 1900-დან 2200 საათამდე. აღმოსავლეთ საქართველო უფრო მზიანია, ვიდრე დასავლეთი.

დღესდღეისობით, საქართველოს ტერიტორიაზე ფუნქციონირებს ათეულობით ფო-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ტოლექტროსისტემა, რამდენიმე მონასტერში არის მიკროელექტროსაგურები და მათი საშუალებით შესაძლებელია ტაძრების, სატრაპეზოებისა და სენაკების გათბობა.

ამჟამად საქართველოში არცერთი სკოლა, თუნდაც განათებისათვის არ იყენებს მზის ენერჯიას.

მაგალითისათვის მინდა მოვიყვანოთ ქ.ქუთაისის 21-ე საჯარო სკოლის მიერ წლის მანძილზე დახარჯული ელექტრული ენერჯია. სკოლის საერთო ფართი დაახლოებით 1750მ²-ია (იხ.ნახ.). სახურავის საერთო ფართი კი დაახლოებით 680მ²-ის ტოლია. ამ ფართობზე შესაძლოა მოვათავსოთ მზის პანელების საკმაოდ დიდი რაოდენობა. შესაბამისად, ჯამური ენერჯია, რომელიც დაგროვდება აკუმულიატორებში იქნება არც თუ ისე მცირე. ყოველი მზის ბატარეა შედგება 36, 72 და ზოგჯერ 96 ცალკეული მზის ელემენტისაგან.

სკოლის მიერ ერთი წლის მანძილზე ელექტრული ენერჯიის საერთო ხარჯი იყო 4504,09 ლარი. რა თქმა უნდა, ზამთრის თვეებში თვიური დანახარჯი საგრძნობლად აღემატებოდა ზაფხულის თვეებში დანახარჯს. ანუ წლის მანძილზე სკოლის მიერ იქნა დახარჯული 22668კვტ.სთ ელექტრული ენერჯია. საშუალოდ ეს თვეში 1889კვტ-ის ტოლია ანუ თვეში საშუალოდ 375,34 ლარის ელექტრული ენერჯია სჭირდებოდა სკოლას.

გათვლების ჩასატარებლად განვიხილოთ ერთერთი მზის ბატარეის დახასიათება: ფართობი 1,64მ², სიმძლავრე 240 ვტ. ანუ სკოლის სახურავზე, რომლის საერთო ფართობია 680მ² შესაძლოა დამონტაჟდეს დაახლოებით ასეთი 415 ცალი ბატარეა, რომელთა მიერ გამოთქმავებული სიმძლავრე იქნება დღეში 99600ვატი=99,6კვტ. წლიური სიმძლავრე ასეთ შემთხვევაში 36354კვტ-ს. სკოლის წლიური დანახარჯი კი შეადგენდა 22668 კვტ-ს.

რა თქმა უნდა, აუცილებლობას არ წარმოადგენს მზის ბატარეების დამონტაჟება მთლიან სახურავზე. საკმარისი იქნება დამონტაჟდეს ასეთი ტიპის მხოლოდ 260 ცალი პანელი. თუ ჩავთვლით, რომ ერთი პანელის ფასი საკმაოდ მაღალია, დაახლოებით 20 წელზე მეტი დასჭირდება მის გამოსყიდვას, რაც სკოლის ბიუჯეტს არ შესწევს. .

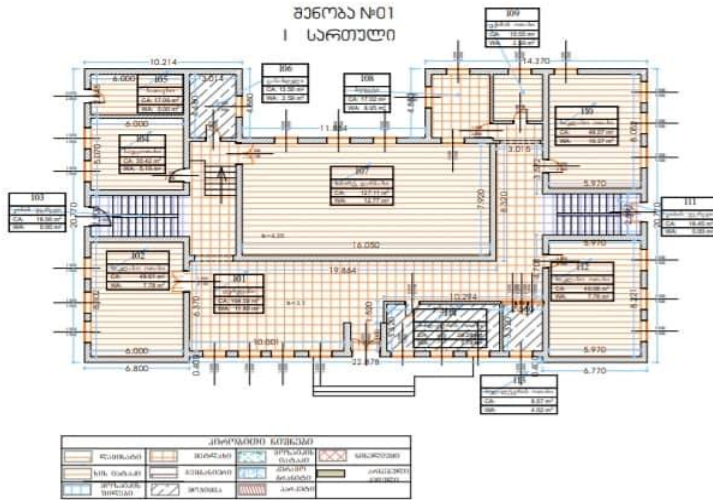
ამიტომ მისასაღმებელია ის ფაქტი, რომ განათლების სამინისტროს გადაწყვეტილებით, საპილოტო რეჟიმში მომავალი სასწავლო წლიდან რამდენიმე საჯარო სკოლის სახურავზე უნდა დამონტაჟდეს მზის ბატარეები, რომლებიც მოამარაგებენ სკოლას საკუთარი ელექტროენერჯიით, თუმცა ეს არაფერია იმასთან შედარებით რისი გაკეთებაც ადამიანს შეუძლია მზის ენერჯიის გამოყენების შემთხვევაში.

ერთი სიტყვით ფაქტია, რომ განახლებადი წყაროები კაცობრიობას ისე ესაჭიროება, როგორც არასდროს. ჩვენ უკვე საკმარისად გამოვიყენეთ დედამიწის რესურსები და პლანეტა კატასტროფის პირამდეც მივიყვანეთ. მზე ჯერ კიდევ 10 მილიარდი წელი აპირებს სიცოცხლეს და მანამდე მზად არის თავისი დახმარების სხივები კვლავაც გამოგვიწოდოს.

შენიშვნის შიდა აბრეშვილი ნახაზი

მისამართი: ძ. ძეგლისი რ. ალექსანდრეს ბაზა №63 საპარლამენტო კორპუსი №03.04.27.037
 მონტაჟის: სსიპ ძ. ძეგლისი №21 საპარლამენტო კორპუსი

შენიშვნა №01
 I სართული



შენიშვნის მფლობელი	პროექტის მფლობელი	პ. ციციშვილი	სსიპ ძ. ძეგლისი
შენიშვნის მფლობელი	პროექტის მფლობელი	პ. ციციშვილი	სსიპ ძ. ძეგლისი
შენიშვნის მფლობელი	პროექტის მფლობელი	პ. ციციშვილი	სსიპ ძ. ძეგლისი



**განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების
გამოყენება მსოფლიოსა და საქართველოში**

ჩომახიძე დ.*, ცხაკაია ქ., ცისკარიძე დ.*****

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

***საერთაშორისო ბიზნესისა და ეკონომიკის განვითარების ცენტრი

განხილულია ელექტროენერჯის წარმოებაში განახლებადი ენერჯის გამოყენების არსებული მდგომარეობა როგორც მსოფლიოში, ისე საქართველოში. აღნიშნულია, რომ ენერგეტიკული უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი გზა საქართველოსთვის არის განახლებადი ენერჯის წყაროების ინტენსიური ათვისება.

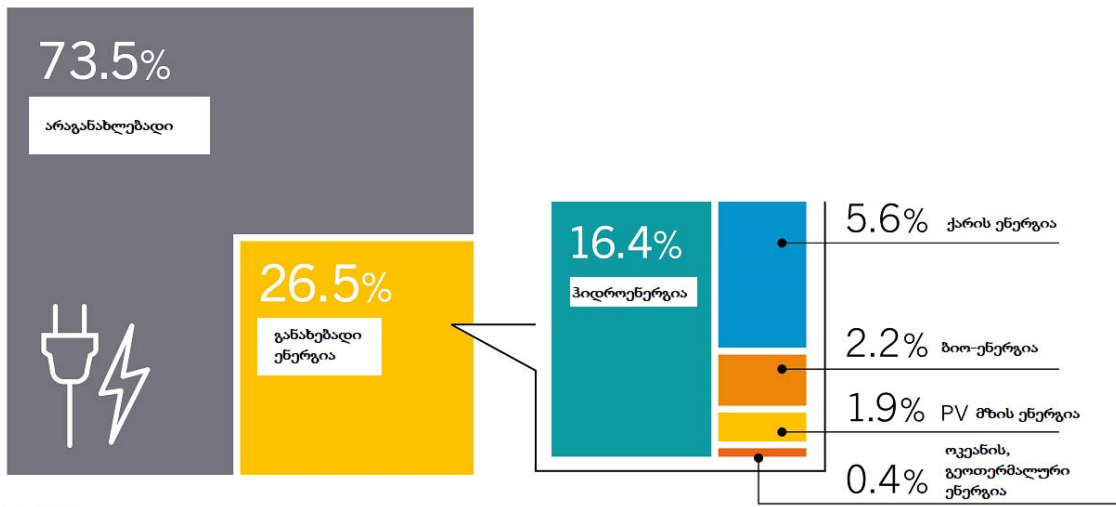
სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის სამომავლო განვითარების ერთ-ერთ პრიორიტეტად განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების (ჰიდრო, მზის, ქარის, ბიომასის) ათვისების აუცილებლობაა მიჩნეული. განახლებადი რესურსების ათვისება საშუალებას იძლევა რეგიონებში შეიქმნას დამატებითი ენერგეტიკული სიმძლავრეები, რომელიც უზრუნველყოფს ენერჯიაშემცველებზე მათი დამოკიდებულების შემცირებას და ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას.

ჰიდროენერჯია მეტ-ნაკლები ზომით მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში გამოიყენება. ჰიდროენერჯის გამოყენების სიდიდით მსოფლიოს ათეულში შემავალი ქვეყნები წარმოდგენილია ცხრილში. ჰიდროენერჯის გამოყენება, როგორც ამ ქვეყნებში, ისე მთელ მსოფლიოში განუხრელად უმჯობესდება. ამას ადასტურებს მსოფლიოს ჯამური მაჩვენებელიც: 2005-2015 წლებში მსოფლიოში ჰიდროელექტროენერჯის წარმოება გაიზარდა 2994 ტვტ·სთ-დან 3978 ტვტ·სთ-მდე, ანუ 32,8 %-ით.

ჰიდროენერჯის გამოყენება აღნიშნულ პერიოდში გაიზარდა თითქმის ყველა ქვეყანაში. ზრდა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იყო ჩინეთში (2,8-ჯერ), ინდოეთში (38%-ით), ბრაზილიაში და ა.შ.

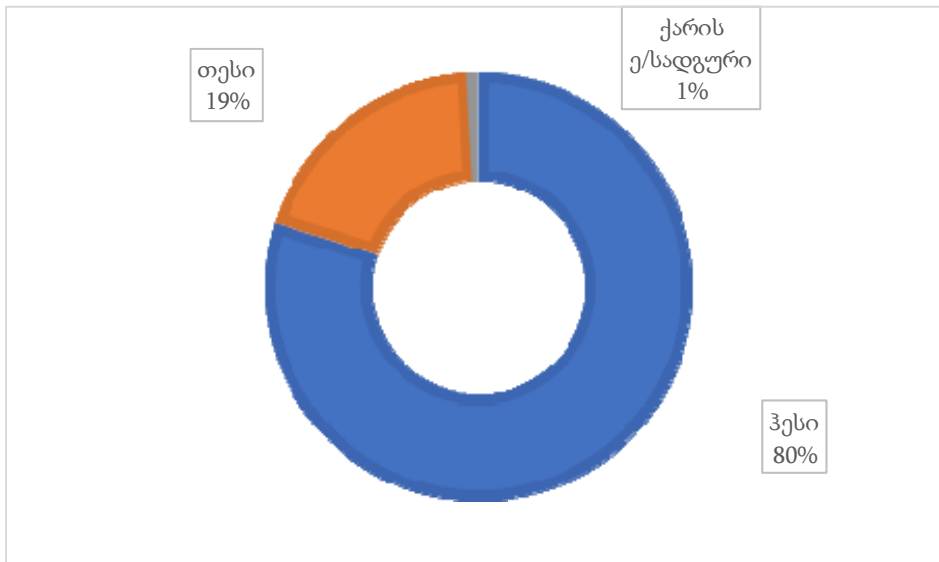
ცხრილი. ელექტროენერჯის წარმოება ჰიდროელექტროსადგურებში, მსოფლიოში, 2015 წ.

N	ქვეყნის დასახელება	ელექტროენერჯის წარმოება, ტვტ·სთ	% ჯამთან
1	ჩინეთი	1130	28,4
2	კანადა	381	9,6
3	ბრაზილია	360	9,0
4	აშშ	271	6,8
5	რუსეთი	170	4,3
6	ნორვეგია	139	3,5
7	ინდოეთი	138	3,5
8	იაპონია	91	2,3
9	შვედეთი	75	1,9
10	ვენესუელა	75	1,9
	სხვა ქვეყნები	1148	28,8
	მსოფლიო, სულ	3978	100,0



REN21 RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT

ნახ 1. განახლებადი ენერჯორესურსების წილი ელექტროენერჯიის მსოფლიო წარმოებაში, 2017 წ.



ნახ.2. ელექტროენერჯის გენერაციის სტრუქტურა საქართველოში, 2017 წ.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლიტერატურა

1. ი.ჯორდანია, თ.ურუშაძე, ფარესიშვილი, ნ.მირიანაშვილი, დ.ჩომახიძე. და სხვა. საქართველოს ბუნებრივი რესურსები. თბილისი, 2015. თომი I-II, 1183 გვრდი.
2. დ.ჩომახიძე, გ.შენგელია. საქართველოს ენერგეტიკული კომპლექსი. Lambert Academic Publishing, 2017
3. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური. საქართველოს ენერგეტიკული ბალანსი. სტატისტიკური პუბლიკაცია, 2016.
4. დ.ჩომახიძე. ენერგეტიკის მდგრადი განვითარების რეგულირების პრინციპები. თექნიკური უნივერსიტეტი, 2012.
5. დ.ჩომახიძე. საქართველოს ენერგეტიკა: ეკონომიკა, რეგულირება, ტერმინოლოგია, სტატისტიკა. თექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2014.
6. D.Chomakhidze, G.Kublashvili, L.Mosakhlishvili. Renewable energy of Georgia: Sources and Realization. Lambert Academic Publishing, 2018.

USE OF RENENEWABLE ENERGY RESOURCES IN THE WORLD AND IN GEORGIA.

Chomakhidze D.*, Tskhakaia K.**, Tsiskaridze D.***,

* Georgian Technical University

**Akaki Tsereteli State University

***International Business and Economic Development Center

Summary

The paper describes the current situation with the use of renewable energy in electric power generation both globally and also in Georgia. It is noted that one of the ways of ensuring energy security for Georgia is intensive development of renewable energy sources.

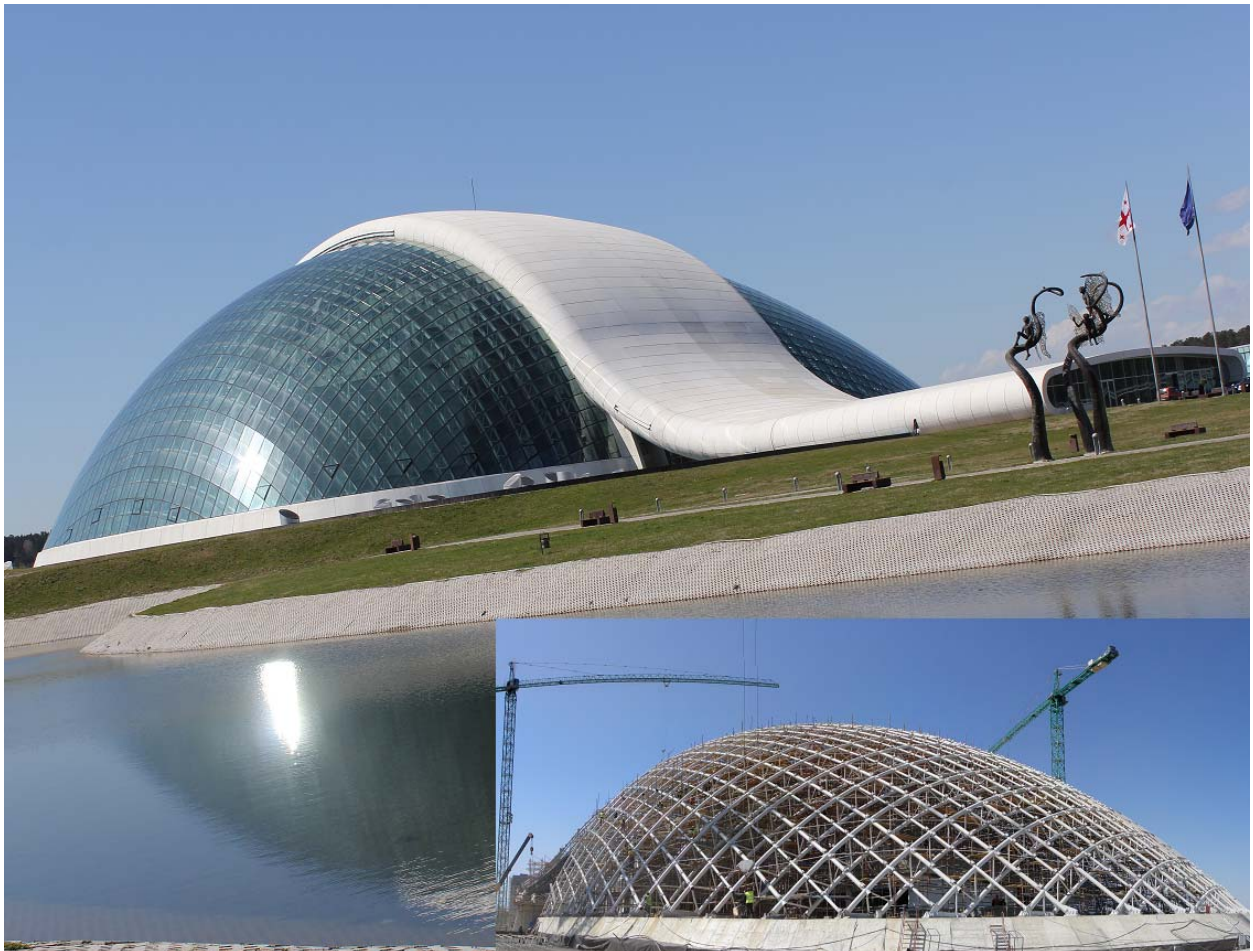


V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





5 ენერჯისა და რესურსების დამზოგავი
ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში,
მრეწველობაში, მშენებლობასა და
ტრანსპორტში
ENERGY AND RESOURCES SAVING
TECHNOLOGIES IN POWER ENGINEERING,
INDUSTRY, CONSTRUCTION ENGINEERING
AND TRANSPORT





V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





**თბოელექტროსადგურებში ჩატვირთი ნახშირორჟანგის (CO₂)
 ბამოყენების შესაძლებლობასაქართველოში**

არაბიძე ხ., ჯავშანაშვილი ნ., ჯიშკარიანი თ.
 საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

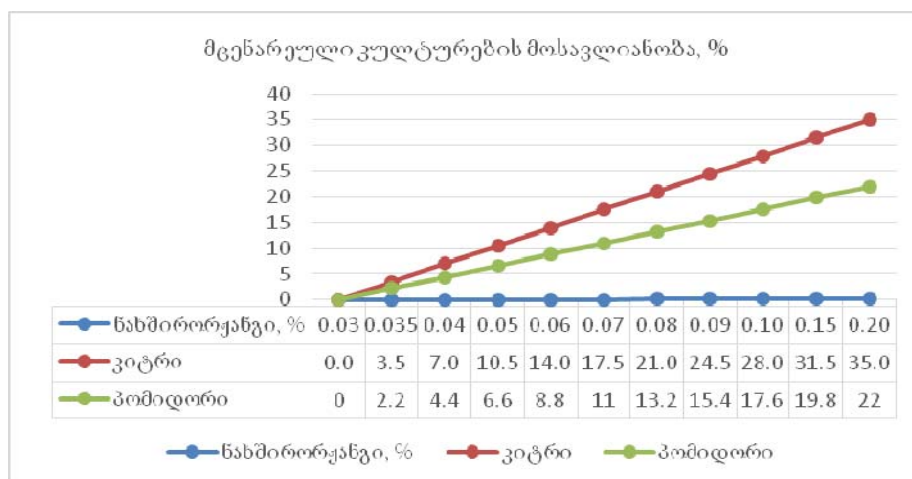
ორგანული სათბობის (ბუნებრივი აირი, ნავთობპროდუქტები, ნახშირი) წვის შედეგად, ბოლო 50 წლის განმავლობაში ნახშირორჟანგის (CO₂) კონცენტრაცია ატმოსფეროში ყოველწლიურად 1.6-2.0 ppm-ით იზრდება და 2050 წლისთვის 500 ppm-ს გადააჭარბებს, (ყოველ ერთ მილიონ ლიტრ ატმოსფერულ ჰაერში იქნება 500 ლიტრი CO₂), ხოლო საუკუნის ბოლოს 550-560 ppm-ს მიაღწევს. ნახშირორჟანგის აღნიშნული კონცენტრაცია გამოიწვევს 7°C-ით გლობალურ გათბობას, რაც კლიმატისა და ბიოსფეროს ცვლილებასთან, მთელი მსოფლიოს მასშტაბით სასოფლო-სამეურნეო ზონების რადიკალურ ძვრებთან, კონტინენტური ყინულების დიდ ნაწილის დნობასთან და სხვადასხვა ქვეყნის ტერიტორიების მასიურ დატბორვასთან არის დაკავშირებული. საერთაშორისო ენერგეტიკული სააგენტოს (IEA) მონაცემების თანახმად, შეუძლებელია ნახშირორჟანგის ემისიის სერიოზულ შემცირება მხოლოდ ენერგოეფექტური და ენერგოდამზოგავი ღონისძიებების განხორციელებისა და განახლებადი ენერჯის წყაროების განვითარების გზით. მათთან ერთად, კლიმატის ცვლილებაზე ნახშირორჟანგის (CO₂) ზემოქმედების შერბილების მიზნით მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში ფართოდ იხერგება ახალი მეთოდები და ტექნოლოგიები. ერთ-ერთი ტექნოლოგია – „Carbon capture and storage (CCS)“– ითვალისწინებს სათბობის წვის აირადი ნაწარმიდან (CO₂)-ის ჩაჭერას, მის შემდგომ გათხევადებასა და შენახვას დედამიწის გეოლოგიურ ფორმირებებში ან მის გამოყენებას მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში, მედიცინასა და აგროსამრეწველო კომპლექსში.

თბოელექტროსადგურებში (თესებში) ჩატვირთი ნახშირორჟანგის(CO₂)გამოყენება შესაძლებელია ადამიანის საქმიანობის ფართო სპექტრში. კერძოდ, ქიმიურ მრეწველობასა და ნავთობპროდუქტების წარმოებაში, ფარმაცევტიკაში და ბიოტექნოლოგიებში, კვების მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში, მეტალურგიასა და მანქანათმშენებელში, ლაბორატორიულ კვლევებში, ქაღალდის წარმოებაში, ელექტრონიკაში და სხვ.

დიდ ინტერესს იწვევს ნახშირორჟანგის გამოყენების საკითხი სასათბურე მეურნეობაში მცენარეების ქვეყების მიზნით. ცნობილია, რომ მცენარეთა ზრდის აუცილებელი ფაქტორებია სითბო, სინათლე, ტენი და ნახშირორჟანგი. ფოტოსინთეზის პროცესში ქლოროფილის, როგორც კატალიზატორის მონაწილეობით, ნახშირორჟანგი მცენარეებში გარდაიქმნება ნახშირბადად, რაც მათ სწრაფ ზრდას უწყობს ხელს. მცენარეთა ზრდის ყველა ფაქტორს შორის ყველაზე სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს ნახშირორჟანგის დეფიციტი, რომელიც განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს მსხვილმასშტაბიან სათბურებში, სადაც ამ ფაქტორებს ხელფენურად ქმნიან.

ერთჰექტარიანი სათბურის ჰაერი დაახლოებით 20 კგ ნახშირორჟანგს შეიცავს მაშინ, როდესაც მაქსიმალური მოსავლიანობის პირობებში, მაგალითად, კიტრის ფოტოსინთეზის პროცესი ყოველ ერთ საათში 50 კგ-მდე ნახშირორჟანგს მოითხოვს (ანუ, 700 კგ CO₂/ჰა*დღეში). შექმნილი დეფიციტი შეიძლება ნაწილობრივ დაიფაროს მხოლოდ ნახშირორჟანგის წარმოქმნის ბუნებრივი (ატმოსფერული ჰაერი) და ბიოლოგიური (სათბურის გრუნტი, სხვადასხვა სახისა და რაოდენობის ორგანული სასუქი) წყაროებიდან. სათბურის ჰაერის ნახშირორჟანგით ხელფენურად გამდიდრების გზით, შესაძლებელია არა მარტო ამ დეფიციტის დაფარვა, არამედ დარგული კულტურული მცენარეების ზრდის პროცესის დაჩქარება და, შესაბამისად, მისი მოსავლიანობისა და ეკონომიკური სარგებლის თითქმის 40%-მდე გაზრდა [1].

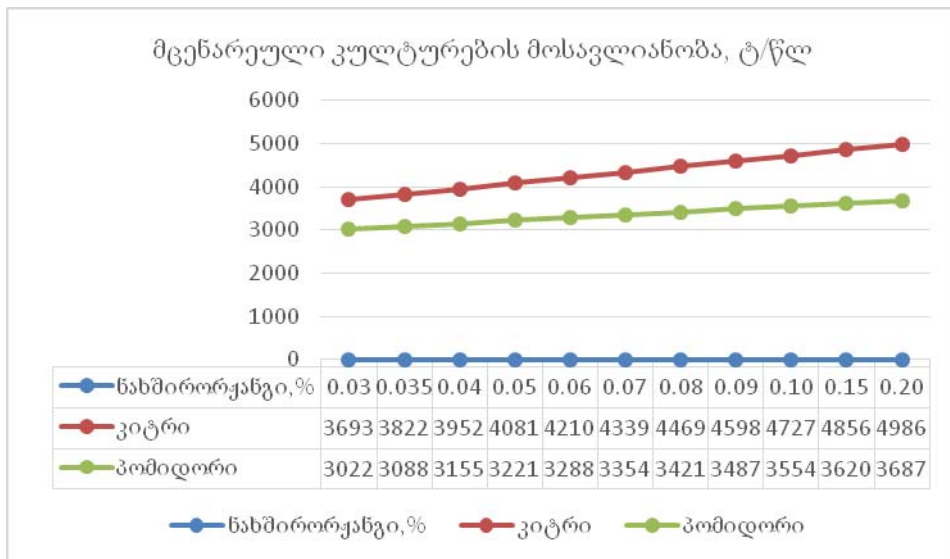
ნორმალური პირობებისათვის ნახშირორჟანგისკონცენტრაცია ატმოსფერულ ჰაერში



ნახ.1. ბოსტნეული კულტურების მოსავლიანობის (%) დამოკიდებულება სათბურის ჰაერში ნახშირორჟანგის კონცენტრაციაზე



ნახ. 2. „პლანტას“ სასათბურე კომპლექსი



ნახ.3. ბოსტნეული კულტურების მოსავლიანობის ზრდის შესაძლებლობა „პლანტას“ სასათბურე კომპლექსში



სასათბურე კომპლექსს, დღეის მონაცემებით, წელიწადში 2500-4300 ტონა ნახშირორჟანგი დასჭირდება.

1. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18226682>;
2. gardabani.gov.ge/news1/510-plantas-sasatbure-kompleqss-datvaliereba.html;

Utilization of carbon dioxide captured in thermal power stations of Georgia

Arabidze Kh., Javshanashvili N., Jishkariani T.

GGGeorgian Technical University

Summary

Burning of fossil fuel such as oil, coal, natural gas, annually emits about 6 Giga-tons of carbon-dioxide and more than half is precipitated in the atmosphere. Last 50 years the concentration of CO₂ in the atmosphere is increasing by 1.6-2.0 ppm every year and it is predicted it will exceed to 500 ppm (in other words, in each million liter of atmospheric air will be included 500 liter CO₂) by 2050 even in terms of reduction of global economic development trend (here is considered economical development trend which must less than 2% for each year). In this regard CO₂ content will increase up to 550-560 ppm for the end of the century. Carbon dioxide concentration in the air mentioned above will cause global warming by 7 0C which will cause climate and biosphere changes, melting of big share of ice-continents and flooding of several countries territories, dramatically changes of flora and fauna. According to the data of International Energy Agency, large-scale reduction of CO₂ emission is impossible only undertaking energy efficient and energy saving measures and development of renewable energy sources, but at the same time newest methods and technologies are introducing in the developed countries in order to reduce impact on climate change by carbon dioxide emissions. One of such technology is Carbon Capture and Storage (CCS) which considers capture of CO₂ concentrated in the exhaust gases emitted by fuel burning process. According to this technology captured carbon dioxide is being liquefied and then stored in the soil geological formations or utilized for industrial or/and medical purposes.

სხივური თერაპიის მულტისტარტული და ევრისტიკული მეთოდები

თ. გვალია, ნ. თოფურია

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ცხაკაიას სახელობის დასავლეთ საქართველოს ინტერვენციული
მედიცინის ცენტრი

ნაშრომში ყურადღება გამახვილებულია **IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy)** – ტექნიკის კომპიუტერული მოდელირების ამოცანებზე. მოცემულია იმ ძირითადი სამეცნიერო ნაშრომების ანალიზი, რომლებშიც შესწავლილი და ექსპერიმენტულად შემოწმებულია დასხივების კუთხეთა ოპტიმიზაცია ევრისტიკული მეთოდების გამოყენებით. განხილულია არა – კოპლანარული ამოცანის მათემატიკური მოდელირება. რომელიც ითვალისწინებს დასხივების ყველა პრაქტიკულად შესაძლო კუთხეს. ნაშრომი ილუსტრირებულია შესაბამისი ნახაზებით.

დღეს დღეობით სხივური თერაპია უმნიშვნელოვანეს როლსთამაშობს ონკოლოგიური დაავადებების მკურნალობის პროცესში. მ მიმართულებით ტარდება უამრავი კვლევა. სოფლიოს წამყვანი სასწავლო ცენტრები მუშაობენ დასხივებისა და ტექნოლოგიების დახვეწა-განვითარებაზე.

ნაშრომში ყურადღება გამახვილებულია **IMRT** – ტექნიკის კუთხეთა ოპტიმიზა-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ციის ამოცანებზე. აღნიშნული ტექნიკა წარმოადგენს სისტემურად რთულ, მაღალი სიზუსტის მქონე რადიოთერაპიის სახეს, რომელიც იყენებს კომპიუტერიზებულ, მეგავოლტების სიმძლავრის ამჩქარებლებს სიმსივნური ქსოვილების უჯრედების დასასხივებლად. **IMRT**-ს ყველაზე ხშირად იყენებენ პროსტატის, თავ-კისრის, მკერდის, ფარისებრი ჯირკვლის, ფილტვის, ღვიძლისა და ტვინის სიმსივნეების სამკურნალოდ.

IMRT სამკურნალო გეგმაში უნდა იქნეს დაკონკრეტებული დასხივების კუთხეები და თითოეული დასხივების კუთხისთვის ველის ინტენსივობის რუკა. როგორცწესი, იყენებენ თანაბარი დაშორებით აღებულ კუთხეებს, რომლებიც ერთსიბრტყეში არიან განლაგებულები. ასეთი ველები მიიღება დამასხივებელი აპარატის გენტრის (მოძრავითა-ვაკის) პაციენტის გარშემო წრიული ბრუნვისშედეგად, როცა თავად პაციენტის მაგიდა უძრავადაა გაჩერებული. პრაქტიკაში და სხივების ველების და შესაბამისად კუთხეების რაოდენობა 5 –დან 8 – მდე მერყეობს. ველების რაოდენობის, დასასხივებელი დოზისა და რისკის ქვეშ მყოფ ორგანოთა მაქსიმალური დასაშვები დოზის გათვალისწინება საკმაოდ რთული კომპიუტერული ამოცანის წინაშე გვაყენებს.

ქვემოთ მოცემულია იმ ძირითადი სამეცნიერო ნაშრომების ანალიზი, რომლებშიც შესწავლილი და ექსპერიმენტულად შემოწმებულია დასხივების კუთხეთა ოპტიმიზაციის მეთოდები.

1. ოპტიმიზაცია წრფივი პროგრამირების გამოყენებით
2. ოპტიმიზაცია ევრისტიკული მეთოდების გამოყენებით

პირველი მეთოდის შესახებ საუბარია [1] ნაშრომში. მოკლედ განვიხილოთ მეთოდი, ევრისტიკული მეთოდი.

ძოგადად ოპტიმიზაციისა და ძიების ალგორითმებში ეფექტურად გამოიყენება შემთხვევით სასტატო პირობების აღების პრაქტიკა. ღაც განსაკუთრებით მოსახერხებელია არაერთგვაროვანი გარემოს დასხივების ოპტიმალური კუთხეების შერჩევისთვის .

აღნიშნული მიდგომა გამოყენებულია **IMRT** ოპტიმიზაციის რამდენიმე მეთოდში. ერთ-ერთი ნათელი მაგალითია არა-წარმოებულ მულტისტარტული სისტემა არა-კოპლანარული **IMRT** ველების კუთხეთა ოპტიმიზაციისთვის [2]

ზემოთ ნახსენებ ნაშრომში განხილულია არა-კოპლანარული **BAO (Beam Angle Optimization - სხივის კუთხეთა ოპტიმიზაცია)** ამოცანის მათემატიკური მოდელირება ითვალისწინებს დასხივების ყველა პრაქტიკულად შესაძლო კუთხეს.

n –აღნიშნავს ველების ფიქსირებული რაოდენობას, θ –გენტრის მობრუნების კუთხეს, φ –საწოლების მობრუნებისკუთხეს.

$$\theta \in [0^\circ, 360^\circ] \varphi \in [0^\circ, 90^\circ]$$

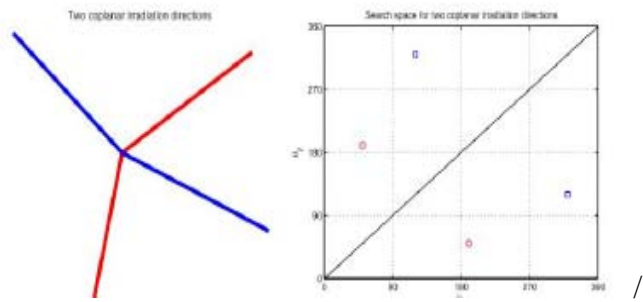
ამოცანის მარტივი ფორმულირებისთვის საკმარისია საოპტიმიზაციო ფუნქცია, რომლის მინიმუმისთვისაც მივიღებთ დასხივების ოპტიმალურკუთხეებს:

$$\min f((\theta_1, \varphi_1) \dots (\theta_n, \varphi_n))$$

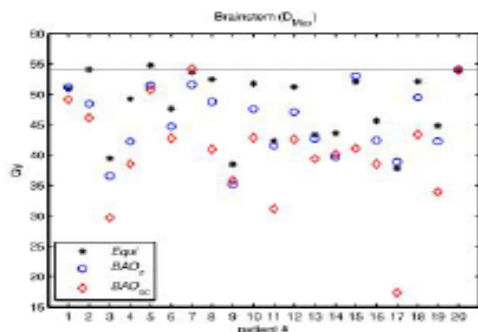
მაშინ როცა

$$\theta \in [0^\circ, 360^\circ] \varphi \in [0^\circ, 90^\circ]$$

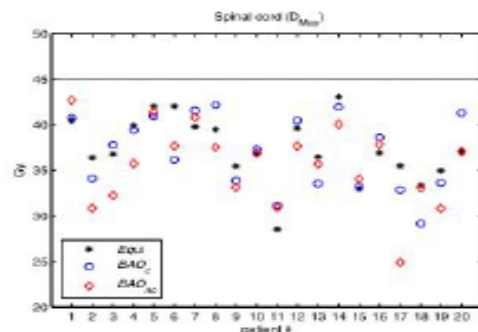
$f((\theta_1, \varphi_1) \dots (\theta_n, \varphi_n))$ სამიზნე ფუნქციაა, რომელიც განსაზღვრავს შერჩეული კუთხეების ხარისხს, წარმოგვიდგენს ოპტიმალური დონეების გადანაწილებას ფიქსირებული კუთხეებისთვის და ასევე მოიცავს ინფორმაციას იმ კუთხეებისშესახებ, რომლებზეც გენტრისა და საწოლისშეჯახების საფრთხე გარდუვალია.



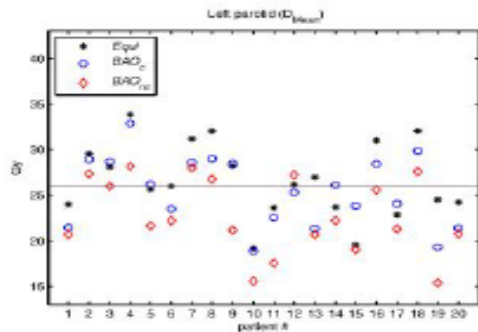
6.6.1



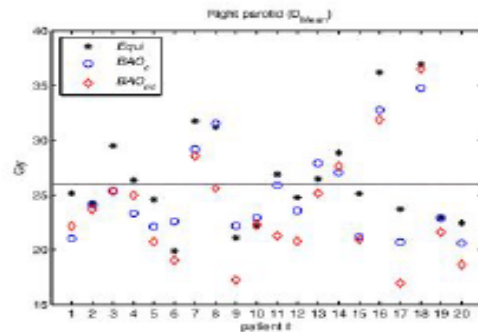
(a)



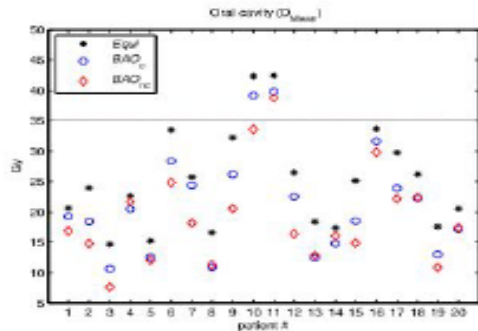
(b)



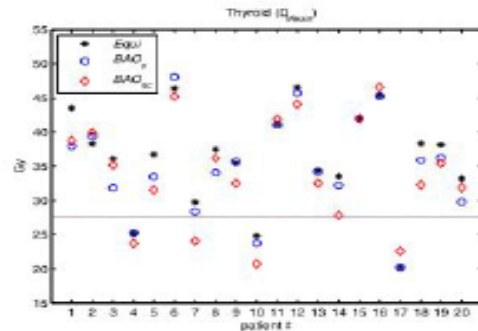
(c)



(d)



(e)



(f)

ნახ.2 ოპტიმიზაციის შედეგების გეგმის სხვადასხვა ლოკაციისთვის.



ენერგოდაზოგი სამუნიციპლო მასალები
მეორადი ნედლეულისაგან

გრძელიშვილი ა., ბარათაშვილი მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში, საუბარია, სამშენებლო მასალებზე რომლებიც შესაძლებელია დამზადდეს როგორც პლასმასის საწარმოო ნარჩენების ისე სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო და არორგანული ნარჩენების დამუშავებით (დაქუცმაცება, დაღერღვა, დაფქვა) მიღებული მასისაგან. როგორც ლაბორატორიულმა კვლევებმა აჩვენა აღნიშნული მასა წყალცემენტის ნარევეთან გამკვრივებისას, იძენს სათანადო სიმტკიცეს და სავსებით აკმაყოფილებს ტექნიკურ მოთხოვნებს, სხვადასხვა სამშენებლო მასალებების წარმოებისათვის, კერძოდ საკედლე და სატიხრე ბლოკების დასამზადებლად, გარე კედლების მოპირკეთება და სხვა.

უკანასკნელ პერიოდში, თანდათან ვითარდება პლასმასის ნარჩენების გადამუშავების მიზნით შეგროვება, შემგროვებელი საწარმოები არ იბარებენ ყველა სახის პლასმასის ნარჩენებს, არამედ, ახდენენ გადარჩევას მათი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით, ამიტომ, ნარჩენების მეტი წილი მაინც ხვდება გარემოში და ღია ტიპის ნავაესაყრელებზე. აღნიშნული მასა კი რომელის მიღება არ საჭიროებს რთულ ტექნოლოგიურ დანადგარებს შესაძლებელია დამზადდეს, როგორც პლასტმასის ნებისმიერი ნარჩენების ისე სხვადასხვა არორგანული საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გადამუშავებით.

ენერგომეტარებელზე ფასების ზრდა, ტრადიციული წყაროებიდან ენერგო რესურსების მოწოდებაში მოსალოდნელი სირთულეები, აუცილებელს ხდის, აქტიურად იქნას გამოყენებული, განახლებადი ენერჯის წყაროები და ეფექტურად იქნას მოხმარებული ენერჯის არსებული რესურსები. ენერჯის ეფექტური გამოყენება, სახალხო მეურნეობის ყველა დარგში მნიშვნელოვანია და განსაკუთრებით სამშენებლო სფეროში. აღსანიშნავია რომ, სამოქალაქო სამშენებლო ობიექტების ექსპლუატაციისას, ენერგოეფექტურობა გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს, სეზონის მიხედვით შენობის გათბობასა და გაგრილებისთვის საჭირო ენერჯის ხარჯები, როგორც ფიზიკური, ასევე იურდიული პირებისათვის, ბიუჯეტის მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს, ამიტომ, ენერგოეფექტური ნაგებობების მშენებლობა, პრობლემის გადაწყვეტის მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს და ამ მიმართულებით კვლევებსა და კვლევის შედეგების დანერგვას, განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

მიღწეული კონკრეტული შედეგების გამოყენება, ადგილზე ვერ ხერხდება შესაბამისი მასალებისა და ნაკეთობების ხელმიუწოდლობის გამო, რის გამოც, ადგილობრივი მშენებლობები, უმეტეს შემთხვევაში მიმდინარეობს ამ სფეროში არსებული ენერგოეფექტური მეთოდებისა და ტექნიკური მიღწევების გათვალისწინების გარეშე.

მშენებლობაში, ახალი ენერგოეფექტური მეთოდების, ტექნიკური საშუალებების და ტექნოლოგიების შემუშავება, წარმოებს მრავალი მიმართულებით, მაგრამ, შენობების ენერგოეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია, გარე კედლების და გადახურვების ასაგები მასალების თბოტექნიკურ მახასიათებლებზე.

შემომფარგლავის უმნიშვნელოვანეს თბოტექნიკურ თვისებას, წარმოადგენს, წინააღმდეგობა, მასში სითბოს გატარებისადმი ანუ თერმიული წინააღობა, რომელიც ხასიათდება, შემომფარგლავის შიგა და გარე ზედაპირების ტემპერატურათა სხვაობით, როცა 1 m^2 ზედაპირზე, 1 საათის განმავლობაში, გადის 1 კკლ სითბო. შემომფარგლავის ერთგვაროვანი ფენის თერმიული წინააღობა იანგარიშება ფორმულით

$$d = \frac{\delta}{\lambda} \text{ გრად.მ}^2. \text{ ს/კკალ.}$$



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შადაც, δ არის შემომფარგლავის სისქე მ-ში, λ - შემომფარგლავი მასალის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, რომელიც წარმოადგენს, სითბოს რაოდენობას კილოკალორიებში, რომელსაც ატარებს, 1 საათის განმავლობაში, 1მ სისქის შემომფარგლავის 1 მ² ფართობი, გარე და შიგა ზედაპირების ტემპერატურათა 1⁰ სხვაობისას. რაც მეტია თერმიული წინააღობის სიდიდე, მით უკეთესია შემომფარგლავის თბოდაცვითი თვისება. როგორც ფორმულიდან ჩანს, თერმიული წინააღობის გაზრდისათვის საჭიროა ან გაგზარდოთ შემომფარგლავის δ სისქე, ან შევამციროთ თბოგამტარობის λ კოეფიციენტი, ეკონომიის მიზნით, მომგებიანია გამოვიყენოთ მცირე თბოგამტარობის კოეფიციენტის მქონე მასალები, თუ ამასთანავე, დაცული იქნება შემომფარგლავის სათანადო სიმტკიცის პირობები. თბოგამტარობის კოეფიციენტის სიდიდე კი, ძირითადად დამოკიდებულია, მასალის მოცულობით წონაზე, ტენიანობასა და ტემპერატურაზე, რაც უფრო ნაკლებია მასალის მოცულობით წონა და მაშასადამე მეტია მასში სითბოს ცუდი გამტარი ჰაერით სავსე ფორები, მით ნაკლებია მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტიც, მაგრამ, მოცულობით წონასა და თბოგამტარიანობას შორის, არ არის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება, რადგანაც ამ უკანასკნელზე, არსებით გავლენას ახდენს, მასალის ბუნება და მისი სტრუქტურის ხასიათი.

ამჟამად, ჩვენთან, ფართოდ გავრცელებულ კარკასული ტიპის მშენებლობებში, მზიდ კონსტრუქციებს შორის კედლების ამოსაყვანად, საკედლე ბლოკი, ყველაზე გავრცელებული და გამოყენებადია, აქედან გამომდინარე, აქტუალურია, ისეთი მსუბუქი, სითბომედეგი, სამშენებლო ბლოკის საწარმოო ციკლის შესწავლა, რომელიც მოიცავს, ბლოკის საწარმოებლად საჭირო მასალების, მათ შორის თვისობრივად ახალი შემავსებლის, ცემენტთან ურთიერთშეკავშირებისათვის აუცილებელი პროპორციების დადგენას და წარმოების მთლიანი ციკლის დამუშავებას.

წარმოდგენილ სიახლედ ითვლება, ისეთი სამშენებლო მასალების დამზადება, რომლის ძირითად მასად, გამოიყენებული იქნება, როგორც პლასმასის საწარმოო ნარჩენების, ისე სახვადასხვა საყოფაცხოვრებო, არორგანული ნარჩენების დამუშავებით, (დაქუცმაცება, დაღერღვა, დაფქვა) მიღებული მასა, რომელიც, წყალცემენტის ნარევთან გამკვრივებისას, იძენს, სათანადო სიმტკიცეს და სავსებით აკმაყოფილებს, ტექნიკურ მოთხოვნებს სხვადასხვა სამშენებლო მასალების წარმოებისათვის, კერძოდ როგორც საკედლე და სტიხრე ბლოკების ისე გარე კედლების მოპირკეთებისათვის, თბოგამტარობის მნიშვნელოვნად შემცირების მიღწევის შედეგად, საგრძნობლად გაიზრდება, საბოლოო სამშენებლო პროდუქტის, დასრულებული სამშენებლო ნაგებობის ენერგოეფექტიანობაც.

სამშენებლო ბლოკის სითბომედეგობისა და სათანადო სიმტკიცის უზრუნველყოფისათვის, მნიშვნელოვანია, პლასმასისა და სხვადასხვა არორგანული საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დამუშავების სათანადო პირობები და დასამუშავებელი ნარჩენების ოპტიმალური ზომები, რის საფუძველზეც, დადგინდება როგორც შემავსებლის, ოპტიმალური პროპორციები წყალცემენტის ნარევთან, ასევე მომზადების სათანადო პირობები.

საჭირო ნარევის ოპტიმალური რეცეპტების დადგენისა და სათანადო ხელსაწყოებით თბოგამტარობის შემოწმებაზე, ექსპერიმენტული სამუშაოების განხორციელებისათვის, საჭიროა, პლასმასისა და სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო არორგანული ნარჩენების სათანადო მარაგები, ამ კუთხით, გარდა ნაგავსაყრელებიდან მიღებული ნარჩენებისა, მნიშვნელოვანია, ქუთაისში განხორციელებული ევროკავშირის პროექტი, რომლის ფარგლებშიც, მიმდინარეობს პლასტმასის ნარჩენების დამოუკიდებელი შეგროვება. გარდა იმისა რომ, გამოკვლეული იქნება, საკედლე და სტიხრე ბლოკების საცდელი ნიმუ-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შეგი, განსაზღვრულია, ცნობილი „ტერივას“-ს ტექნოლოგიით, გადახურვებში გამოყენებული, ჩვეულებრივი ბეტონის ბლოკების ჩანაცვლება, ანალოგიური ფორმის მსუბუქი ენერგოეფექტური ბლოკებით, რაც გამოიწვევს, გადახურვის კონსტრუქციის შემსუბუქებას მთლიანობაში და გაზრდის მის თბოტექნიკურ მაჩვენებლებს.

უკანასკნელ პერიოდში, თანდათან ვითარდება, პლასმასის ნარჩენების, გადამუშავების მიზნით შეგროვება, შემგროვებელი საწარმოები არ იბარებენ ყველა სახის პლასმასის ნარჩენებს, არამედ ახდენენ გადარჩევას, მათი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით, ამიტომ, ნარჩენების მეტი წილი, მაინც ხვდება გარემოში და ღია ტიპის ნაგავსაყრელებზე.

გომდინარე იქიდან რომ, აღნიშნული მერადი მასა, შესაძლებელია დამზადდეს, როგორც პლასტმასის ნებისმიერი ნარჩენების, ისე სხვადასხვა, არაორგანული საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გადამუშავებით, მოსალოდნელია, ამ ნარჩენების უკონტროლოდ გავრცელების შედეგად, გარემოზე გამოწვეული ზიანის ოდენობის საგრძნობი შემცირება, ხოლო თვით ტექნოლოგიური პროცესი კი აღნიშნული ნარჩენების გადამუშავებისა არ ხასიათდება გარემოზე მავნე ზემოქმედებით.

როგორც საწყისმა საცდელმა კვლევებმა აჩვენა, აღნიშნული ნარჩენების დამუშავებით მიღებული მასის, ცემენტთან კავშირი საგნებით უზრუნველყოფილია, საცდელი სამშენებლო ბლოკი გაცილებით მსუბუქი და სითბომედეგია ჩვეულებრივი ბეტონის ბლოკთან შედარებით, ეს ყოველივე კი მომავალში, უფრო ვრცელი მეცნიერული და ექსპერემენტული კვლევების ჩატარების მიზნობრივობის საფუძველს იძლევა.

ლიტერატურა

1. Фадеева Г. Д., Пыж Е. В., Железняков Л. А. Методы повышения энергоэффективности Зданий. Молодой ученый, 2014.
2. Фадеева Г. Д. Повышение энергеэфективности жилого фонда за счёт малозатратных технологий (на примере г.Пензы). Молодой ученый, 2013.
3. ბ. ორლოვსკი, პ. სერბინოვიჩი. არქიტექტურა. თბილისი. 1989
4. გერმანიის საერთაშორისო ორგანიზაცია GIZ-ის პროგრამით მოწყობილი ტრენინგის „ენერგოეფექტურობა საქართველოს სამშენებლო სექტორში“ მასალები. თბილისი, 2016 – 2018.

ENERGY-SAVING CONSTRUCTION MATERIALS FROM RECYCLED MATERIAL

A. Grdzelisvili. M. Baratashvili

Akaki Tsereteli State University

Summary

The article considers construction materials that are made of plastic and other inorganic wastes, the use of which occurs after their respective processing. as shown by laboratory studies, this waste after mixing with a water cement mix becomes hard and gets the necessary quality needed by building materials. the resulting material is fairly strong. from it it is possible to make quite suitable for building blocks, for curtain walls and building facades. in the last before there were different companies that use secondary materials from plasas wastes, but when the waste is handed over there is a separation according to the chemical composition of the material. and some of the waste enters the environment and pollutes nature. This technology provides for the use of all types of plastic and inorganic wastes. after not expensive and uncomplicated waste treatment technology, we get the material for the production of energy-efficient building materials.



**ელექტროტექნიკური მოწყობილობების ნაწილების დასამზადებლად
 დასამზადებლად ფხვნილოვანი მასალების გამოყენების
 კერძოპროექტი**

ზიგზივადე ბადრი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია ელექტროტექნიკური მოწყობილობების ნაწილების დასამზადებლად ფხვნილოვანი მასალების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობები. ნახვენებია განსაკუთრებული ფუნქციური თვისებების ელექტროტექნიკური ფხვნილოვანი პროდუქტების შექმნა, რომლებიც ხელს უწყობენ ელექტროტექნიკურ მრეწველობაში რესურს და ენერგოდაზოვი ტექნოლოგიებისა და მოწყობილობების შექმნას.

ფხვნილთა მეტალურგიის მეთოდი ბოლო წლებში ფართოდ გამოიყენება ტექნიკის თითქმის ყველა სფეროში. მისი დახმარებით აწარმოებენ უნიკალური ფუნქციონალური მახასიათებლების მქონე სხვადასხვა დანიშნულების მასალებს. დღესდღეობით მათგან მზადდება მანქანებისა და მექანიზმების კონსტრუქციული ელემენტები, ლითონმჭრელი და სამთოდამამუშავებელი ინსტრუმენტები, საკისრები და ხახუნის კვანძების სხვადასხვა კომპონენტები, ელექტროტექნიკური მოწყობილობების ნაწილები და ატომური რეაქტორების აღჭურვილობა, მაგნიტები, გამაგრილებლები და მრავალი სხვა შეუცვლელი სამრეწველო დანიშნულების პროდუქტები.

ფხვნილთა მეტალურგიის დარგში ტექნოლოგიური მიღწევებით განპირობებულია ყველაზე ხელსაყრელი ეკონომიკური მახასიათებლების მქონე განსაკუთრებული ფუნქციური თვისებების ფხვნილოვანი პროდუქტების შექმნა, რომლებიც ხელს უწყობენ რესურს და ენერგოდაზოვი ტექნოლოგიებისა და მოწყობილობების შექმნას. ბოლო წლებში ფხვნილთა მეტალურგია განსაკუთრებით სწრაფად ვითარდება როგორც ინოვაციური ტექნოლოგიების დამუშავების, ისე თანამედროვე უახლესი ფხვნილოვანი მასალების დამუშავების თვალსაზრისით.

თანამედროვე ფხვნილოვანი მასალები გამოყენების სახის მიხედვით პირობითად იყოფიან შემდეგ ფუნქციურ კატეგორიებად:

- კონსტრუქციული მასალები (მოიცავს ლითონებს და მათ შენადნობებს, ლითონკერამიკულ სალ შენადნობებს და მინერალკერამიკას);
- ფოროვანი მასალები (მოიცავს მფილტრავ, ტრიბოტექნიკურ და ქაფმასალებს);
- ელექტროტექნიკური დანიშნულების მასალები;
- ატომური ენერგეტიკის სპეციალური მასალები და ა.შ.

ყველა მათგანზე არის დიდი მოთხოვნილება და საჭიროებს განვიხილვას. ჩვენს მიზანს წარმოადგენს ელექტროტექნიკური დანიშნულების ფხვნილოვანი მასალების უფრო დეტალური განხილვა.

ელექტროტექნიკური ფხვნილოვანი მასალები. მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი მასალა შეიძლება მიეკუთვნებოდეს საკონსტრუქციო მასალებს და ზოგიერთი - ფოროვანს, მთელი რიგი ძირითადი საექსპლოატაციო თვისებებით, მიზანშეწონილია ისინი გამოიყოს ცალკე კატეგორიაში.

ელექტროტექნიკური ფხვნილოვანი ლითონკერამიკა უმეტესწილად წარმოადგენს რთულკომპოზიციური სტრუქტურის ფსევდო-შენადნობებს, რომელთა მიღება შესაძლებელია მხოლოდ ფხვნილთა მეტალურგიის მეთოდებით. ისინი მოთხოვნადია



ნახ. 1. ფხვნილოვანი მასალებისაგან დამზადებული ელექტროტექნიკური პროდუქცია



ნახ. 2. ფხვნილოვანი ელექტროტექნიკური მასალებისაგან დამზადებული კონტაქტები
წყვეტილი კონტაქტები გამოიყენება ელექტროული წრედების ხართვა-გამორთვის მრ-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ვალჯერადი ციკლებისათვის (რამდენიმე მილიონამდე). ისინი ხასიათდებიან ცვეთამდეგობის, ელექტრორეაქციის ზემოქმედებისას ეროზიამდეგობის, მექანიკური სიმტკიცის და ელექტროგამტარობის მაღალი მანქანებლებით, ისინი არ იწვიან და არ არიან მიდრეკილნი თვითშედულებისადმი. ამ შემთხვევაში, კონტაქტური წინააღმდეგობის მნიშვნელობები უნდა იყოს მინიმალური, ხოლო დენის ძალის და რკალწარმოქმნელი ძაბვის კრიტიკული მანქანებლები - მაქსიმალური.

სუფთა ლითონები, რომლებსაც შეუძლიათ თანაბრად აკმაყოფილებდეს ამ მოთხოვნებს, ბუნებაში არ არსებობს, ამიტომ წყვეტილ კონტაქტებს ამზადებენ მხოლოდ ფხვნილთა მეტალურგიის გამოყენებით, კერძოდ, იყენებენ შემდეგ მეთოდებს: საჭირო ქიმიური შემადგენლობის ლითონის ფხვნილებისაგან ან ნარევისაგან მზა ნაკეთობების წნეხვა და შეცხოვა; ლითონ (კერამიკული) ნაგლისისაგან ტვიფრვა; ძნელდნობადი ფხვნილოვანი ნამზადების წნეხვა.

საჭირო ფუნქციონალური მახასიათებლების მისაღწევად და დეფიციტური ფერადი ლითონების რესურსის ეკონომიის მიზნით, კონტაქტებს ხშირად ამზადებენ მრავალშრიანს, თანაც თითოეული ფენა წარმოდგენილია გარკვეული ქიმიური შემადგენლობის მასალით. მრავალშრიან წყვეტილ კონტაქტებს იღებენ წნეხ-ფორმაში თანმიმდევრობით ფენების სახით ჩაყრილი სხვადასხვა შემადგენლობის ფხვნილების დაწნეხვით მიღებული ნამზადების შეცხოვის გზით.

მცოცავი ტიპის კონტაქტებით აკომპლექტებენ როგორც დაბალი ძაბვის, ასევე მაღალი ძაბვის აპარატურას (ამ შემთხვევაში გამოიყენებიან წყვეტილი კონტაქტები შეცხოვილი ვოლფრამის მატრიცით, რომელიც გაქვნილია უფრო ადვილდნობადი სპილენძით ან ვერცხლით).

მცოცავ კონტაქტებს (ელექტრომუსებს) ამზადებენ შენადნობებისაგან Cu, Ag, Ni, Fe ფხვნილების ფუძეზე გრაფიტის, B ნიტრიდის, აგრეთვე სულფიდების (ხახუნის ძალის მინიმუმის მიზნით) დამატებით; ისინი გამოიყენებიან ელექტროძრავების, ელექტროგენერატორების, პოტენციომეტრების, დენმოსახსნელი და სხვა ელექტროტექნიკური აპარატურის წარმოებაში.

მცოცავი ტიპის კონტაქტები გამოიყენება სხვადასხვა ელექტროდანადგარების კოლექტორებში დენის მიყვანა/გაყვანისათვის, მათ შორის: მუდმივი დენის დაბალი ძაბვის წყვილის ძრავები, დაბალი ძაბვის დატენვის გენერატორები, ნებისმიერი სიმძლავრის ჯგუფის ასინქრონული ძრავები ასაწვევი მუსებით, რომლებიც განკუთვნილია დენის მაღალი წრიული სიჩქარის და სიმკვრივის რეჟიმში ექსპლუატაციისათვის; ნებისმიერი სიმძლავრის ჯგუფის ასინქრონული ძრავები მუდმივი დაწოლის მუსებით.

გარდა ამისა, მცოცავი კონტაქტებით ასევე აკომპლექტებენ: ერთდუზიანი გარდამქმნელის საკონტაქტო რგოლებს, რომლებიც ექსპლუატაციას გადიან დენის მაღალი წრიული სიჩქარის, მაღალი და საშუალო სიმკვრივის რეჟიმში; ნებისმიერი სიმძლავრის ჯგუფებისა და ძაბვის ასინქრონული და ელექტროძრავების/ელექტროგენერატორების ალგუნების რგოლებს, რომლებიც ექსპლუატაციას გადიან საშუალო წრიული სიჩქარეების რეჟიმში.

ლითონკერამიკულ კონტაქტურ ელექტრომუსებს ამზადებენ ფხვნილთა მეტალურგიის მეთოდების გამოყენებით Cu, Ag და სხვა ლითონების ფხვნილების ნახავიდან. ასევე გამოიყენება ფხვნილოვანი ნახშირგრაფიტული მასალები, ხშირად ლეგირებული Pb, Sn და სხვა დამარბილებელი დანამატებით, იმისათვის, რომ შეეძირდეს მასალის სიხისტის ხარისხი და ამავდროულად გაიზარდოს მისი ვიბრომდგრადობა და გაფანტვისადმი მდგრადობა. გრაფიტის ჩანართები მინიმუმამდე ამცირებს ლითონის ნაწილაკების მიწებებისა და ურთიერთშე-



ნახ. 3. ფერომაგნიტური მასალებიდან დამზადებული ნაკეთობები



ბისაგან მიღებული მაგნიტური კომპოზიციური მასალების ორვალენტიანი ლითონების (MnO, MgO, ZnO, NiO და სხვა) ოქსიდებთან ჟანგბადის არეში შეცხობით.

მაგნიტურბილი მასალების სახესხვაობას წარმოადგენს მაგნიტოდიელექტრიკები. სტრუქტურულად ისინი წარმოადგენენ მრავალკომპონენტის შენაერთებს ფენოვანი მასალა-ფერომაგნეტიკისაგან, რომელიც დამზადებულია ალსიფერის, კარბონილური რკინის ან პერმალოების (რკინანიკელის შენადნობი) ფუძეზე და რომლებიც დაყოფილია იზოლატორ-დიელექტრიკის (თხევადი მინა, ბაკელიტი, შელაქი, სინთეტიკური ფისები) თხელი ფენით. ამ უკანასკნელის შემადგენლობა მაგნიტოდიელექტრიკებში იმყოფება 4.5-დან 16%-მდე საზღვრებში. არსებობს ასევე მაგნიტოდიელექტრიკები, რომლებიც დამზადებულია რბილი ფერმაგნეტიკებისაგან.

მაგნიტურსაღ (მაგნიტურხისტ) ფხვნილოვან მასალებს ამზადებენ შენადნობებისგან (მაგ. ალნი, ალნიკო, მაგნიკო, კუნიკო, კუნიფე და სხვა), რომლებიც ქიმიური შემადგენლობით ახლოა ჩამოსხმულთან. მაგნიტური თვისებების მაღალი მაჩვენებლების მიღწევის საშუალებას გვაძლევს იშვიათიწათა ქიმიური ელემენტების და Co (RCo ტიპის, სადაც R - Sm, Pr და Ce) მაგნიტურსაღი კომპოზიციები.

მაგნიტურსაღი შენადნობების შეცხობის შემდეგ აწარმოებენ მათ თერმოდამუშავებას. მცირედისპერსიული ფხვნილებისაგან (მარცვლების დიამეტრი 0,6 მკმ-მდე) მაგნიტების დამზადების დროს მათი მასა ჩამოსხმულ მაგნიტებთან შედარებით მცირდება ორჯერ, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია პრაქტიკული მიზნებისათვის. მაგნიტურსაღი ფხვნილოვანი შენადნობების გამოყენება სამსხმელო შენადნობების ნაცვლად საშუალებას გვაძლევს გავზარდოთ საბოლოო პროდუქციის გამოსავალი 80%-ით.

ფერომაგნიტური მასალები მოითხოვნიდა თანამედროვე ელექტროტექნიკის სხვადასხვა დარგში. მაგნიტურბილი მასალებისგან დამზადებული პროდუქცია გამოიყენება სატრანსფორმატორო მოწყობილობებში, ელექტროძრავებში, ელექტროგენერატორებში, დაბალი ძაბვის ტექნიკაში და ა.შ. მაგნიტურხისტის მასალებისგან მზადდება უნივერსალური დანიშნულების მუდმივი მაგნიტების (ჩვეულებრივ მასით ≤ 100 გ) ფართო ნომენკლატურა, რომელიც გამოიყენება ელექტროძრავებისა და სხვა ელექტროტექნიკური მოწყობილობების შემადგენლობაში, სადაც აუცილებელია მუდმივი მაგნიტური ველის არსებობა.

ფერომაგნეტიკებმა, რომლებშიც შეთავსებულია ფერომაგნიტური და ნახევარგამტარული თვისებები, ჰპოვეს გავრცელება რადიოტექნიკაში და ელექტრონიკაში. ისინი, კერძოდ, ფართოდ გამოიყენებიან მაღალსიხშირული რადიოელექტრონული აპარატურის (მათ შორის ტელევიზიის) და საზომი ტექნიკის, სტაციონარული და მობილური კომპიუტერული მოწყობილობების კომპონენტების და ა.შ. ფერიტული მატრიცების ხარისხში.

დასკვნა. ზემოთ მოყვანილი მაგალითები სრულიად საკმარისია იმისათვის, რომ შეგვექმნას წარმოდგენა ელექტროტექნიკური მოწყობილობების დეტალების დასამზადებლად ფხვნილოვანი მასალების პრაქტიკული გამოყენების ფართო შესაძლებლობებზე. მიუხედავად ამისა, ფაქტი რჩება ფაქტად: მოთხოვნილება ასეთ მასალებზე დღითიდღე იზრდება, რაც განაპირობებს უკვე არსებული მასალების მუდმივ გაუმჯობესებას და ახლის დამუშავებას.

ლიტერატურა

1. Тимофеев И. А. Инновационная технология изготовления электротехнических изделий. Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 1997. - 217 с.
2. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник / И. А. Тимофеев и др., под ред. Ю.В.Левинского. - М.: Экомет, 2005.- 520 с.
3. Тимофеев И. А. Технология производства магнитных материалов и изделий. М.: Издательство



**PROSPECTS FOR USE OF POWDERY MATERIALS FOR THE PRODUCTION
PARTS OF ELECTRICAL EQUIPMENT**

Zivzivadze B.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper describes possibilities of practical use of powdery materials for the production of parts of electrical equipment. There is shown the creation of electrical powdery materials with special functional properties contributing to the creation of the resource- and energy-saving technologies and equipment in the electrical engineering industry.

წყალბადი რობორც სუფთა საწვავი

კამლაძე ა., დანგაძე ი., კოჩაძე თ., მარკელია ბ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სატრანსპორტო გადაზიდვების მოცულობების ყოველდღიური ზრდა მნიშვნელოვნად განაპირობებს ნავთობპროდუქტებზე მოთხოვნილების ზრდას, რომლის მსოფლიო მარაგი უახლოეს მომავალში ამოწურვადია.

მომავალში ეკოლოგიური და ენერგეტიკული კრიზისიდან ერთ-ერთი გამოსავალი საწვავის ალტერნატიული წყაროების მოძიებაა, რომელთა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება წყალბადის ენერგეტიკას.

წყალბადის, როგორც საავტომობილო და საზღვაო ტრანსპორტზე საწვავად გამოყენებას პერსპექტივა განპირობებულია მისი ეკოლოგიური სისუფთავით, რადგანაც წყალბადზე შიგაწვის ძრავის კონვერტირების შემთხვევაში წვის პროდუქტებში ძირითადად გამოიყოფა აზოტის უანგეულები. ნაშრომში განხილულია ძრავის ცილინდრში წყალბადის წვის პროცესი და აზოტის უანგეულების წარმოქმნის მექანიზმი.

ტრანსპორტის ეფექტიანი ფუნქციონირება ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორია. თუმცა ტრანსპორტის ყველა სახე (ძირითადად საავტომობილო) გარემოს როგორც ქიმიური და ბიოლოგიური ასევე ენერგეტიკული დაბინძურების მნიშვნელოვანი წყაროა. აღსანიშნავია რომ გარემოს დაბინძურების 80%-ზე მეტი ავტომობილებიდან გამონაბოლქვ მავნე ნივთიერებებზე მოდის და ადამიანის ჯანმრთელობის საფრთხის შექმნაში ერთ-ერთ მთავარ როლს ასრულებს.

გამომდინარე აქედან სატრანსპორტო სისტემის საწვავის ეკონომიურობის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების ამაღლების თემა მეტად აქტუალურია თანამედროვე ეტაპზე. ამ მიზნით მნიშვნელოვანია სხვადასხვა სახის ალტერნატიული საწვავის, როგორც საავტომობილო ასევე სხვა ტიპის ტრანსპორტზე გამოყენების ამოცანის მაღალ დონეზე გადაჭრა.

ალტერნატიული ენერჯის წყაროებს შორის განსაკუთრებით მნიშვნელობა ენიჭება წყალბადის ენერგეტიკას, რომლის უპირატესობას ნავთობპროდუქტებთან შედარებით წარმოადგენს მაღალი ეკოლოგიური უსაფრთხოება, კალორიულობა და პრაქტიკულად ამოწურავი მარაგი.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ საქართველოს საავტომობილო ტრანსპორტი ნავთობპროდუქტების ერთ-ერთი დიდი მომხმარებელია და მთლიანად იმპორტირებულ საწვავზეა



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დამოკიდებული. გამომდინარე აქედან მნიშვნელოვანია საქართველოს საავტომობილო პარკის ისეთ ალტერნატიულ საწვავზე კონვერტაცია როგორცაა წყალბადი, რადგან მისი მიღების ძირითადი ნედლეული, გოგირდწყალბადის სახით შავი ზღვის ავზის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია და საერთო რაოდენობა შეფასებულია 28-63 მილიარდი ტონით, რომლის რაოდენობა ყოველწლიურად 4-9 მილიონი ტონით იზრდება.

წყალბადი როგორც საავტომობილო საწვავი, მიმდინარე ეტაპზე წარმატებით გამოიყენება როგორც დანამატი ტრადიციულ საწვავზე (ბენზინი, დიზელი, ბუნებრივი აირი). აღნიშნულ შემთხვევაში პროცესში მონაწილე წყალბადის მიღება ხორციელდება სპეციალურ მოწყობილობაში, რომლის ძირითადი ელემენტია აირის გენერატორი ანუ ელექტროლიზერი, რომლის მუშაობის საფუძველს წარმოადგენს წყლის ელექტროლიზის პროცესი, რომლის დროსაც მიიღება ბრაუნის აირი HHO.

საპაერო მილსადენიდან ძრავის ცილინდრში აღნიშნული აირის მიწოდება დადებითად მოქმედებს ძრავის მუშაობასა და დინამიკაზე, რადგან მიწოდებული აირი HHO ამდიდრებს ჰაერისა და საწვავის ნარევს, რის შედეგადაც სათბობის წვა მიმდინარეობს სრულყოფილად. გარდა ამისა ძრავის ცილინდრში ბრაუნის აირის (HHO) დამატება იწვევს:

- ძრავის რბილ მუშაობას;
- ტრადიციული საწვავის ხარჯის 25-40% -ით შემცირებას;
- ძრავის სიმძლავრის მომატებას;
- ძრავის ცილინდრის ელემენტების გაწმენდას ნახშირბადოვანი დანამატებისგან;
- ატმოსფეროში ტოქსიკური ნაერთების CO და CH გამოყოფის 80% -მდე შემცირებას.

როგორც ავღნიშნეთ წყალბადი მომავლის პერსპექტიული საავტომობილო საწვავია, რომელიც ხასიათდება როგორც დადებითი ასევე უარყოფითი თვისებებით.

- წყალბადის წონითი თბოუნარიანობა (28630 კკალ/კგ) 2,8 ჯერ აღემატება თანამედროვე ტრადიციული საწვავის თბოუნარიანობას;
- წვის კამერაში წყალბადის წვისას დეტონაციური მდგრადობა არასტაბილურია, რაც გამოწვეულია მისი ოქტანური რიცხვის დიდი დიაპაზონით (45-დან 70-მდე);
- წყალბადის წვის დროს მოლეკულური ცვალებადობის კოეფიციენტი ($\mu=0,85$) ნაკლებია ერთზე, რაც სითბოს მექანიკურ ენერჯიაში გადასვლის თვალსაზრისით ცუდი მაჩვენებელია, თუმცა ამ ნაკლოვანებების გამოსწორება ნაწილობრივ შესაძლებელია წყალბადისა და ჰაერის ნარევის წვის გაცილებით მაღალი ტემპერატურით. ასევე სხვა თანაბარ პირობებში ციკლის საშუალო ინდიკატორული წნევა წყალბადის გამოყენების შემთხვევაში უფრო დაბალია, ვიდრე თხევადი და აიროვანი საწვავის დროს;
- წყალბადისა და ჰაერის ნარევის აალებისთვის საჭირო მინიმალური ენერჯია გაცილებით დაბალია ბენზინზე და აიროვან საწვავზე მომუშავე ძრავებთან შედარებით და შეადგენს 0,02 მჯ, რაც საშუალებას იძლევა შევამციროთ განმუხტვის ენერჯია ანთების სისტემაში და ვუზრუნველყოთ მუშა ციკლების მაღალი იდენტურობა;
- აალების ფრონტის მაქსიმალური სიჩქარე 8-ჯერ აღემატება ტრადიციული საწვავის ფრონტის სიჩქარეს;
- ალის გამოსხივების ენერჯია 10-ჯერ ნაკლებია ტრადიციულ საწვავთან შედარებით;
- წყალბადისა და ჰაერის ნარევის აალების ზღვრები გაცილებით ფართოა ვიდრე თხევადი და აიროვანი საწვავის შემთხვევაში. მაგ. ბენზინიანი ძრავებისთვის ეს ზღვარი მოთავსებულია ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის ცვლილების ზღვარში 0,3-დან 1,24-მდე, მაშინ როცა წყალბადისთვის იგი იცვლება 0,14-დან 9,85-მდე. წყალბადის ეს თვისება უზრუნველყოფს ძრავის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი რეგულირების საშუალებას, თუმცა საშიშია აფეთქების მოვლენის თვალსაზრისით.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



წყალბადზე კონვერტირებულ ძრავების წვის პროდუქტებში საერთოდ არ არსებობს ისეთი ნაერთები როგორცაა CO, CO₂, CH₄, ჭვარტლის ნაწილაკები, თუმცა ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს აზოტის ოქსიდების მინიმუმაცია.

აზოტის ოქსიდები (NO_x) წარმოიქმნება როგორც დიზელებში, ასევე ბენზინზე მომუშავე ძრავებში და როგორც ავლნიშნეთ იმ შემთხვევაშიც როცა საწვავად გამოყენებულია წყალბადი, როგორც თხევად ასევე აიროვან მდგომარეობაში. აზოტის ოქსიდების რაოდენობა წვის პროდუქტებში ძირითადად დამოკიდებულია წვის პროცესში ცილინდრში არსებულ ტემპერატურაზე. ოქსიდების მრავალსახეობიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია აზოტის ოქსიდი NO და დიოქსიდი NO₂.

როგორც წესი წყალბადი წარმოქმნის ნაერთებს ყველა ქიმიურ ელემენტთან, გარდა ინერტული აირებისა, თუმცა რეაქციის განხორციელება დამოკიდებულია წნევაზე და ტემპერატურაზე. აღსანიშნავია რომ ოთახის ტემპერატურაზე წყალბადი კატალიზატორის გარეშე ჟანგბადთანაც არ შედის რეაქციაში.

წვის პროცესში მაღალი ტემპერატურის ხემოქმედების გამო მიმდინარეობს რთული მოლეკულების თერმული დისოციაცია ან გახლეჩა მარტივ მოლეკულებად, რადიკალებად და ატომებად, ამასთან დისოციაციის დროს მოლეკულური კავშირების დარღვევაზე იხარჯება ენერგია რაც იწვევს ძრავის ციკლის მაქსიმალური ტემპერატურის და სითბო გამოყოფის შემცირებას. მაგრამ დისოციაციის დროს მუშა სხეულის შემადგენლობაში იზრდება მსუბუქი ერთი და ორატომიანი აირების რაოდენობა, რის გამოც მისი მოლეკულური მასა ქვეითდება, რის გამოც იზოქორულ პროცესში დისოციაცია იწვევს წვის პროდუქტების წნევის გადიდებას. თავის მხრივ წნევის ამაღლება ხემოქმედებს რეაქციაზე და ხდება ადრე დისოცირებული მოლეკულების და ატომების შეერთება.

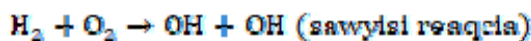
ე.ი. ძრავის ცილინდრში წვის პროდუქტების დისოციაციის ხარისხი განისაზღვრება ორი ძირითადი ფაქტორით - ციკლის მაქსიმალური ტემპერატურა და წნევის მომატების ხარისხი, თუმცა განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენს ტემპერატურა. ამასთან წვის პროდუქტების შედგენილობა დიდადაა დამოკიდებული ნარევის შედგენილობაზე, ანუ ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე და წვის პროცესის წნევაზე და ტემპერატურაზე.

როგორც ავლნიშნეთ წყალბადის საწვავზე კონვერტირებული ძრავის შემთხვევაში წვის პროდუქტებში ძირითადად გამოიყოფა აზოტის ჟანგულები, რომელთა რაოდენობა ძირითადად დამოკიდებულია წვის პროცესში ცილინდრში არსებულ ტემპერატურაზე.

აზოტის ჟანგულების მრავალსახეობიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია NO რომლის წარმოქმნის ძირითადი მიზეზია ჰაერში შემავალი აზოტის მაღალტემპერატურული დაჟანგვა (თერმული NO). იგი უფრო წყალში ძნელად ხსნადი აირია, რომელიც ნეგატიურად მოქმედებს მცენარეებზე და იწვევს ნეკროზს. ჰაერის ტენთან და ატმოსფერულ ნალექებთან ერთად წარმოიქმნება ძლიერი მჟავები HNO₂ და HNO₃ რომლებიც მომაკვდინებლად მოქმედებენ ნიადაგის ორგანიზმებზე, წყლის ფლორასა და ფაუნაზე.

წვის პროდუქტებში NO-ს გარდა გაცილებით მცირე რაოდენობით გვხვდება NO₂ რომელიც მუქი ფერის მომწამვლელი აირია. ადამიანის ორგანიზმში ისინი ხვდებიან სასუნთქი ორგანოებიდან და გამოვლინდებიან ხველებისა და სუნთქვის გაუარესების სახით.

წყალბადისა და ჟანგბადის მოლეკულებს შორის მიმდინარეობს განშტოებული ჯაჭვური რეაქცია, რომლის დროსაც საწყის ეტაპზე წარმოიქმნება აქტიური ცენტრები - თავისუფალი ატომების ანუ რადიკალების სახით. დღეისთვის მიღებულია რომ წყალბადის დაჟანგვა იწყება რეაქციით:

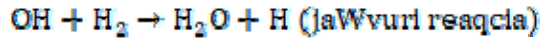




V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თითოეული OH რადიკალი რეაქციაში მონაწილეობს და წარმოიქმნება ახალი აქტიური წყალბადის ატომი



მიღებული ატომი ჟანგბადის მოლეკულასთან რეაქციაში წარმოქმნის ორ აქტიურ ნაწილაკს



აღნიშნული ნაწილაკები თავის მხრივ ახდენენ რეაგირებას შემდეგი განტოლებების საფუძველზე

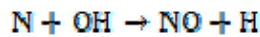


აღსანიშნავია რომ აღნიშნული რეაქციები სამართლიანია მხოლოდ მაშინ როცა განიხილება მხოლოდ წყალბადისა და ჟანგბადის სუფთა ნარევი, მაგრამ სულ სხვა მდგომარეობაა ძრავის ცილინდრში, როცა რეაქციაში მონაწილეობას იღებს ჰაერში შემავალი აზოტი და იგი გვევლინება არა როგორც ინერტული აირი, არამედ როგორც რეაქციაში აქტიური მონაწილე, რაზედაც მიუთითებს წვის პროდუქტებში აზოტის ოქსიდების შემცველობა.

წვის კამერაში დომინირებს თერმული NO, რომელიც წარმოიქმნება ჰაერში შემავალი მოლეკულური აზოტისა და ჟანგბადის ატომს შორის მიმდინარე რეაქციის შედეგად



ე.ი. წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდი და აზოტის თავისუფალი ატომი, რომელიც ისევ რეაგირებს ჟანგბადის მოლეკულასთან აზოტის ოქსიდისა და ჟანგბადის ატომის წარმოქმნით, რომელიც ისევ ღებულობს რეაქციაში მონაწილეობას



აღსანიშნავია რომ NO დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ალის ფრონტის უკან 2000 K ტემპერატურის პირობებში და კონცენტრაციის მაქსიმუმი შეესაბამება $\alpha \approx 0,8$ გამომდინარე აქედან სტეპომეტრულ ნარევი ($\alpha=1$) წყალბადზე მომუშავე ძრავებში აზოტის ოქსიდების რაოდენობა წვის პროდუქტებში იქნება მაქსიმალური.

უნდა აღინიშნოს რომ აზოტის ოქსიდების წარმოქმნის რეაქციებში მონაწილე თავისუფალი ატომური ჟანგბადის და სხვა რადიკალების არსებობა საკმარისი რაოდენობით აღინიშნება როცა ჰაერის საჭიროების კოეფიციენტი $\alpha=0,05 \div 0,13$. ამასთან $\alpha \leq 1$ მნიშვნელობაზე NO-ს წარმოქმნა შეზღუდულია ატომური ჟანგბადის არასაკმარისი რაოდენობის ან წვის პროდუქტებში საერთოდ არ არსებობის გამო. $\alpha < 1,3 \div 1,5$ ზღვრებში NO-ს შემცირება გამოწვეულია წვის ტემპერატურის შემცირებით, რის გამოც აზოტის ოქსიდების წარმოქმნის ექსტრემუმი ინაცვლებს α -ს იმ მნიშვნელობისთვის რომლის დროსაც ატომური ჟანგბადის კონცენტრაცია მაქსიმალურია.

ცნობილია რომ თანამედროვე ავტომობილი წელიწადში საშუალოდ 15000 კმ გარბენისას მოიხმარს 1,5-2 ტ საწვავს და 20-30 ტ ჟანგბადს. ამასთან დადგენილია რომ სრულიად გამართული ბენზინზე მომუშავე ძრავის შემთხვევაში ყოველ 1000 კგ საწვავზე ატმოსფეროში გამოიყოფა: ნახშირბადის ოქსიდი 267 კგ, ნახშირწყალბადი - 33,2 კგ, აზოტის ჟანგეულები - 26,6 კგ, გოგირდოვანი აირები - 1,34 კგ. ანალოგიურად დიზელის ძრავებისთვის ატმოსფეროში გამოიყოფა: ნახშირბადის ოქსიდი -28,4 კგ, ნახშირწყალბადები -9,1 კგ, აზოტის ჟანგეულები -40,8 კგ, ჭვარტლი -9,6 კგ, გოგირდოვანი აირები -3,4 კგ. გარდა ამისა გლობალური დათბობის პროცესებიდან გამომდინარე უმკაცრესი მოთხოვნებია წვის პროდუქტებში CO₂-ის შემ-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ცირებაზე. მაგალითად თუ ევროგაერთიანების ქვეყნებში წვის პროდუქტებში CO₂-ის ემისია შეადგენდა 182 გ/კგ-ზე მიმდინარე ეტაპზე ეს მაჩვენებელი მსუბუქი ავტომობილისთვის შეადგენს 130 გ/კგ.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე, რადგან წყალბადის საწვავის გამოყენების შემთხვევაში წვის პროდუქტებში ძირითადად გამოიყოფა აზოტის ოქსიდები, ადვილი წარმოსადგენია ის ეკოლოგიური ეფექტი რასაც მოგვცემს წყალბადის ენერგეტიკის დანერგვა საავტომობილო თუ სხვა სახის ტრანსპორტზე.

- კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №DP2016_5).

ლიტერატურა

1. ა.ფრანგიშვილი, მ.ჯიბლაძე, გ.ვარშალომიძე, თ.ბაციკაძე, ი.შარაბიძე წყალბადის ენერგეტიკა - XXI საუკუნის ენერგეტიკა, „საქართველოს ნავთობი და გაზი“, №30, თბილისი, 2015 წ.გვ.32 – 44.
2. თ.კოჩაძე, ბ. მარკელია, ი. შარაბიძე სატრანსპორტო შიგაწვის ძრავებში ალტერნატიულ საწვავად წყალბადის გამოყენების პერსპექტივები და პრობლემები. III საქართველოს ქართულ - პოლონური საქართველოს სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „სატრანსპორტო ხიდი ევროპა-აზია“ ქუთაისი. 24-26.10. 2017.

HYDROGEN AS PURE FUEL

Kamladze A., Dangadze I., Kochadze T., Markelia B.
 Akaki Tsereteli State University

Summary

The increase in transportation is due to the increase in demand for oil products, whose stockpile is limited.

The solution from the ecological and energy crisis is to find alternative sources of fuel, among which special importance is given to the hydrogen energy.

The use of hydrogen as a motor and marine transport is due to its ecological cleanness, as in the case of hydrogen engine converting, mainly in nitrogen products are excreted nitrogen shells.

The work deals with the process of hydrogen combustion in the engine cylinder and the mechanism for the production of nitrogen shells.

წყალბადის ძრავის მუშა პროცესის გამოკვლევა

კამლაძე ა., დანგაძე ი., კოჩაძე თ., მარკელია ბ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

გამორჩეული ფიზიკო-ქიმიური თვისებების გამო წყალბადის გამოყენება ძრავში საშუალებას იძლევა თვისობრივად შევცვალოთ სამუშაო პროცესი, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს სათბობის ეკონომიას და ამცირებს წვის პროდუქტებში მავნე ნივთიერებების რაოდენობას.

წარმოდგენილ ნაშრომში მოცემულია წყალბადზე მომუშავე ძრავის ცილინდრში მუშა ციკლის აღწერის მათემატიკური მოდელი და საწვავის ძირითადი მახასიათებელი სიდიდეების გავლენა მუშა პროცესის მიმდინარეობაზე.

შიგაწვის ძრავებში წყალბადის, როგორც თავისებური ფიზიკო-ქიმიური თვისებების მქონე საწვავი ელემენტის გამოყენების უპირატესობას ნავთობპროდუქტებთან შედარებით



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



წარმოადგენს მაღალი ეკოლოგიური ხარისხი, კალორიულობა და პრაქტიკულად ამოუწურავი მარაგი.

წყალბადი, როგორც საავტომობილო საწვავი, მიმდინარე ეტაპზე წარმატებით გამოიყენება დანამატის სახით ტრადიციულ (ბენზინი, დიზელი, ბუნებრივი აირი) საწვავზე, თუმცა დღეისათვის სუფთა წყალბადი, როგორც თხევადი ასევე აირადი სახით, წარმატებით მოიხმარება როგორც იძულებითი ანთებით მომუშავე ძრავებში, ასევე დიზელებში. როგორც წესი ამ ტიპის ძრავების წვის პროდუქტებში საერთოდ არ არსებობს ისეთი ნაერთები როგორცაა CO, CO₂, CH და ჭვარტლის მყარი ნაწილაკები, თუმცა ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს აზოტის ოქსიდების მინიმალურ მნიშვნელობამდე დაყვანა. ამასთან წყალბადის გამოყენება სატრანსპორტო ძრავებში არ საჭიროებს კონსტრუქციის კარდინალურ ცვლილებას.

საავტომობილო ძრავებისათვის ნებისმიერი სათბობის ვარგისიანობა განისაზღვრება მისი ე.წ. ძრავური თვისებებით. წყალბადი გამოირჩევა რიგი თავისებურებებით და მისი გამოყენება საშუალებას იძლევა თვისობრივად შეეცვალოს საშუალო პროცესი რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს სათბობის ეკონომიურობას და ამცირებს წვის პროდუქტებში მავნე ნივთიერებების რაოდენობას.

ტრადიციულ საწვავთან შედარებით წყალბადი გამოირჩევა განსაკუთრებული ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით, რაც გამოისახება შემდეგში: მისი აალების ტემპერატურა შეადგენს 571⁰C მაშინ როცა ბენზინისათვის იგივე სიდიდე 257⁰C, ხოლო დიზელის საწვავისათვის 300⁰C. აიროვან ნივთიერებებს შორის წყალბადი ხასიათდება ყველაზე მაღალი თბოგამტარობის კოეფიციენტით და მისი თბოგამტარობის კოეფიციენტის სიდიდე 7-ჯერ აღემატება ჰაერის იგივე მაჩვენებელს. უნდა აღინიშნოს რომ ალის ფრონტის გავრცელების სიჩქარე 8-ჯერ მეტი, ხოლო ალის გამოსხივების სიდიდე 10-ჯერ ნაკლებია ნავთობპროდუქტების იგივე მახასიათებლებზე. ასევე აღსანიშნავია რომ დიფუზიის კოეფიციენტი წყალბადისათვის შეადგენს 0,63 სმ²/წმ, ხოლო ბენზინისათვის 0,08 სმ²/წმ-ია.

სხვა სახის საწვავთან შედარებით წყალბადი ხასიათდება გაცილებით მაღალი ენერგომჩვენებლებით. კერძოდ, მოლეკულური წყალბადის დაწვის უმდაბლესი სითბო შეადგენს 241,9 მჯ/მოლი ანუ 120 მჯ/კგ, ხოლო დისპაციის გათვალისწინებით 7,84 მპა წნევის დროს დაწვის საანგარიშო სითბო 117,99 მჯ/კგ. ამასთან წყალბადი-ჰაერის ნარევის დაწვის მასური სითბო დანარჩენი სახის საწვავზე მაღალია და სტექიომეტრული ნარევისათვის $\alpha = 1$ შეადგენს 3,298 მჯ/კგ.

ძრავებში გამოყენებულ სხვა საწვავ აირებთან შედარებით წყალბადი ხასიათდება წვის გაცილებით მაღალი სიჩქარით და აალებისათვის საჭირო ენერჯიის მცირე სიდიდით (0,02 მჯ) რაც 70-ჯერ ნაკლებია მეთანის და 12-ჯერ ნაკლებია ბენზინის მაჩვენებლებზე. ასევე ცნობილია რომ ჰაერისა და წყალბადის ნარევის ალის გავრცელების სიჩქარე შეადგენს 240-270 მ/წმ და იგი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ნარევის ტემპერატურაზე. მაგალითად, როცა ნარევის ტემპერატურა 20⁰C-ია ალის გავრცელების სიჩქარეა 250 მ/წმ, ხოლო 400⁰C დროს იგი შეადგენს 1200 მ/წმ.

წყალბადზე მომუშავე ძრავის მუშა პროცესის მნიშვნელოვან თავისებურებებს წარმოადგენს აალების ზღვარი ან რაც იგივეა საწვავისა და ჰაერის თანაფარდობის ისეთი ზღვარი, რომელზედაც შესაძლებელია მისი აალება და წვა. ამ ზღვარის შეფასება ხდება ნარევი საწვავის მოცულობითი შედგენილობით, ანუ ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის მნიშვნელობით. წყალბადისა და ჰაერის ნარევი წყალბადის მოცულობითი წილის მინიმალური მნიშვნელობაა 0,04-0,1, ხოლო მაქსიმალური 0,7-0,8, მაშინ როცა ბენზინისა და ჰაერის ნარევისათვის იგივე მნიშვნელობა შეადგენს შესაბამისად 0,014-0,24 და 0,04-0,08 და მეთანისა და ჰაერის ნარევისათვის 0,05-0,06 და 0,127-0,15. თუ ამ მნიშვნელობებს გამოვსახავთ ჰაერის სიჭარბის



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კოეფიციენტის პარამეტრებით, მაშინ წყალბადის შემთხვევაში $\alpha=0,15-10$, ბენზინისათვის $\alpha=0,27-1,7$ და მეთანისათვის $\alpha=0,25-2,0$.

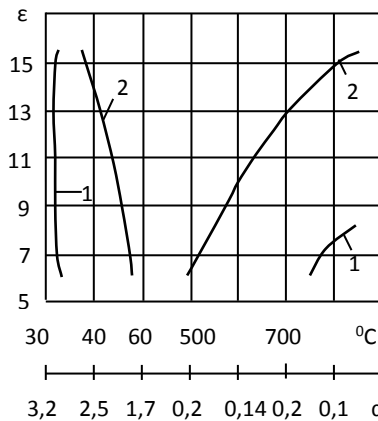
განსაკუთრებით საინტერესოა აალებადობის ქვედა ზღვარი, რადგან იგი საშუალებას იძლევა შევარჩიოთ საწვავი ნარევის გაღარიბების ეფექტური ხარისხი და რეალურად განვსაზღვროთ ძრავის რეგულირების მეთოდი. ეს მანქანებელი წყალბადისთვის რამდენჯერმე მეტია ბენზინთან შედარებით, რაც აღნიშნული საწვავის უპირატესობაზე მიუთითებს. აღსანიშნავია ასევე რომ დაბალი ტემპერატურის პირობებშიც შესაძლებელია ძრავის სიმძლავრით და ხარისხობრივი რეგულირება, რაც ბენზინთან ძრავებთან შედარებით იძლევა საწვავის დიდ ეკონომიას დატვირთვისა და ბრუნთა რიცხვის დიდ დიაპაზონში.

უნდა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ წყალბადის თვითაალების ტემპერატურა დამოკიდებულია ნარევის შედგენილობაზე და სტექიომეტრული ნარევის შემთხვევაში $500-510^{\circ}\text{C}$ -ია. ამასთან აალების შეფერხების პერიოდის სიდიდე თავისთავად დამოკიდებულია ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე (α) და როცა $T > 100\text{K}$ საკმაო სიზუსტით შეიძლება განვსაზღვროთ ფორმულით.

$$\varphi = 2P \cdot 10^{-8} \cdot e^{\frac{E_{\text{აა}}}{T}}$$

სადაც P წნევაა ბარებში, φ კი განისაზღვრება წამებში.

საწვავი ნარევის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი წვის სიჩქარე დამოკიდებულია მის ფიზიკო-ქიმიურ შედგენილობაზე და წვის პირობებზე. ნახ. 1 წარმოდგენილია ალის გავრცელების სიჩქარის დამოკიდებულება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე ბენზინისა და ჰაერის, წყალბადისა და ჰაერის და წყალბადისა და ჟანგბადის ნარევების შემთხვევაში.



ნახ. 1. წყალბადი-ჰაერის ნარევის კონცენტრაციული ზღვარი.
1 - აალება; 2 - დეტონაცია.

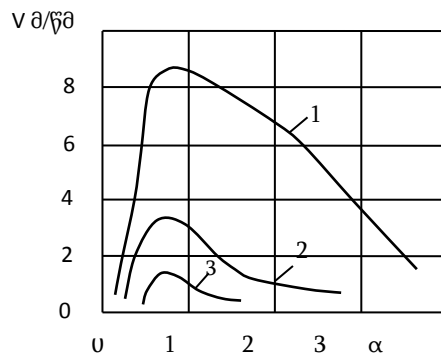
აღსანიშნავია რომ ყველა შემთხვევაში ალის გავრცელების სიჩქარის მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა $\alpha=0,6 - 0,7$ ზღვრებში, ხოლო სტექიომეტრული ნარევის შემთხვევაში ჰაერი-წყალბადის ნარევის წვის სიჩქარე 2-3-ჯერ აღემატება ბენზინისა და ჰაერის ნარევის წვის სიჩქარეს. ნარევის წვის მაღალი სიჩქარე ერთის მხრივ დადებითად მოქმედებს სამუშაო პროცესის ეფექტურობაზე, მაგრამ მეორეს მხრივ შეიძლება გამოიწვიოს ცილინდრში წნევის ზრდის მაღალი სიჩქარე, რაც არასასურველი პროცესია.

აუცილებელია აღინიშნოს რომ წვის კამერაში წყალბადი-ჰაერის ნარევის წვის სიჩქარე მნიშვნელოვნად მაღალია ალის გავრცელების ნორმალურ სიჩქარეზე, რაც გამოწვეულია წნევისა და ტემპერატურის ამაღლებითა და საწვავი ნარევის ტურბულიზაციით. გამომდინა-



რე აქედან ნარევის დეტონაციური წვა მიმდინარეობს კუმშვის ხარისხის მნიშვნელობაზე $\alpha \geq 6$ ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის (α) ფართო დიაპაზონში, ე.ი. წყალბადი-ჰაერის ნარევის აალებასა და დეტონაციის ზღვარი დამოკიდებულია კუმშვის ხარისხზე და მოცემულია ნახ.2.

როგორც ნახაზიდან ჩანს წყალბადის სტაბილური აალება ხორციელდება α -ს ფართო დიაპაზონში და კუმშვის ხარისხის α გადიდებით ნარევის გამდიდრების ზღვარი ფართოვდება, მაშინ როცა გაღარიბების ზღვარი ფაქტიურად უცვლელია. მიუხედავად ამისა წყალბადის დეტონაციური წვა დაბალი ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტის $0,2 \leq \alpha \leq 1,8$ ზღვრებში მიმდინარეობს $\alpha = 6$ კუმშვის ხარისხის დროს. კუმშვის ხარისხის გადიდება კი დეტონაციის კონცენტრაციულ დიაპაზონს აფართოებს $0,12 \leq \alpha \leq 2,8$ ზღვრებში.



ნახ. 2. ალის ფრონტის გავრცელების სიჩქარის დამოკიდებულება ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტზე. 1-წყალბადი+ჟანგბადი; 2-წყალბადი+ჰაერი; 3-ბენზინი+ჰაერი.

როგორც აღნიშნეთ წყალბადის საწვავზე კონვერტირებული ძრავის შემთხვევაში წვის პროდუქტებში ძირითადად გამოიყოფა აზოტის ჟანგეულები, რომელთა რაოდენობა ძირითადად დამოკიდებულია წვის პროცესში ცილინდრში არსებულ ტემპერატურაზე. წყალბადისა და ჟანგბადის მოლეკულებს შორის მიმდინარეობს განშტოებული ჯაჭვური რეაქცია, რომლის დროსაც საწვის ეტაპზე წარმოიქმნება აქტიური ცენტრები - თავისუფალი ატომების ანუ რადიკალების სახით და წყალბადის დაჟანგვა იწყება რეაქციით



თითოეული OH რადიკალი რეაქციაში მონაწილეობს და წარმოიქმნება ახალი აქტიური წყალბადის ატომი



მიღებული ატომი ჟანგბადის მოლეკულასთან რეაქციაში წარმოქმნის ორ აქტიურ ნაწილაკს



აღნიშნული ნაწილაკები თავის მხრივ ახდენენ რეაგირებას შემდეგი განტოლებების საფუძველზე

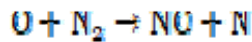


აღსანიშნავია რომ აღნიშნული რეაქციები სამართლიანია მხოლოდ მაშინ, როცა განიხილება მხოლოდ წყალბადისა და ჟანგბადის სუფთა ნარევი. მაგრამ სულ სხვა მდგომარეობაა ძრავის ცილინდრში, სადაც რეაქციაში მონაწილეობას იღებს ჰაერში შემავალი აზოტი და იგი გვევლინება არა როგორც ინერტული აირი, არამედ როგორც რეაქციაში მონაწილე,



რაზედაც მიუთითებს წვის პროდუქტებში აზოტის ოქსიდების შემცველობა.

წვის კამერაში დომინირებს თერმული NO, რომელიც წარმოიქმნება ჰაერში შემავალი მოლეკულური აზოტისა და ჟანგბადის ატომს შორის მიმდინარე რეაქციის შედეგად.



ე.ი. წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდი და აზოტის თავისუფალი ატომი, რომელიც ისევ რეაგირებს ჟანგბადის მოლეკულასთან აზოტის ოქსიდისა და ჟანგბადის ატომის წარმოქმნით, რომელიც ისევ მონაწილეობს რეაქციაში



აღსანიშნავია რომ NO დიდი რაოდენობა წარმოიქმნება ალის ფრონტის უკან 2000K ტემპერატურის პირობებში და კონცენტრაციის მაქსიმუმი შეესაბამება $\alpha \approx 0,8$. ე.ი. გამომდინარე აქედან სტექიომეტრულ ნარევი ($\alpha=1$) წყალბადზე მომუშავე ძრავებში აზოტის ოქსიდების რაოდენობა წვის პროდუქტებში იქნება მაქსიმალური.

ზოგადად წყალბადზე მომუშავე ძრავის ცილინდრში მუშა ციკლის აღწერის მათემატიკური მოდელი ქიმიური კინეტიკის გათვალისწინებით ემყარება ნავიე-სტოქსის, ენერჯის უწყვეტობის და დიფუზიის განტოლებების სანგანზომილებიანი არასტაციონალური პროცესებისათვის:

1. ნავიე-სტოქსის განტოლება

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho \vec{W}_i) + \text{div}(\rho \cdot \vec{W} \cdot \vec{W}_i) = \text{div}(\mu \cdot \text{grad} \vec{W}_i) + G_i - \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{3} \mu \text{grad}(\text{div} \vec{W})$$

2. ენერჯის განტოლება

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho H) + \text{div}(\rho \cdot \vec{W} \cdot H) = \text{div} \left(\frac{\lambda}{C_p} \cdot \text{grad} H \right) + \frac{\partial P}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} (\tau_i \cdot W_i) + G_i W_i + \frac{\partial q_r}{\partial x}$$

3. დიფუზიის განტოლება

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + \text{div}(\vec{W} \cdot C) = \text{div} \left(D \cdot \rho \cdot \text{grad} \frac{C}{\rho} \right) + \dot{m}$$

4. უწყვეტობის განტოლება

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \text{div}(\rho \vec{W}) = 0$$

სადაც ρ - აირის სიმკვრივე; \vec{W} - აირის სიჩქარის ვექტორია; μ - აირის დინამიური სიბლანტის კოეფიციენტი; P - წნევის სიდიდე ცილინდრში; λ - აირის თბოგამტარობის კოეფიციენტი; C_p - სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს; τ - პროცესის მიმდინარეობის დრო; i - ცილინდრების რიცხვია; \dot{m} - მუხტის მასა; C - წყალბადის კონცენტრაცია ნარევი კგ/სმ³; q_r - თბური ნაკადის სიმკვრივე ცილინდრის რადიუსის მიმართულებით; D - ცილინდრის დიამეტრია; H - საწვავი ნარევის ენტალპია.

ე.ი. შიგაწვის ძრავებში წყალბადის, როგორც სათბობის გამოყენება დაკავშირებულია ისეთი კომპლექსური ჯგუფის პრობლემებთან, როგორცაა: წყალბადის ძრავის მუშა პროცესის შესწავლა; მუშა პროცესის რეგულირების იმ ოპტიმალური ხერხების განსაზღვრა, რომელიც უზრუნველყოფს მინიმალურ ტოქსიკურობას (NOx) თვალსაზრისით და საწვავის მაქსიმალურ ეკონომიურობას; ძრავის ცილინდრში ეფექტური მუშა პროცესის ორგანიზაციის უზრუნველყოფის მიზნით საწვავის მიწოდების სისტემის ოპტიმალური ვარიანტის დამუშავება.



- კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №DP2016_5).

ლიტერატურა

1. Климова Е.В.; Краснов В.М. Конвертирование двигателя внутреннего сгорания на водородное топливо. //Двигатель _ 2010: Сборник науч. Тр. По материалам Международной конференции, посвященной 180 летию МГТУ. 2010. С. 297-300.
2. Кавтарадзе З.Р., Кавтарадзе Р.З. Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах // Транспорт на альтернативном топливе. Ч.1. #6 (12) 2009. С. 59-65; Ч.2. # 1(13). 2010. С. 74-80.
3. Basshuysen R., Schafer F. (Hrsg.) Handbuch Verbrennungsmotor. Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 4. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag. 2007. 1032 s.

RESEARCH OF HYDROGEN ENGINE WORKER PROXCESS

Kamladze A., Dangadze I., Kochadze T., Markwelia B.
Akaki Tsereteli State university

Summary

The use of hydrogen due to the distinctive physico-chemical properties allows the engine to change the working process qualitatively, which greatly improves the fuel economy and reduces the amount of harmful substances in the combustion products.

The presented work is given a mathematical model of the work cycle describing the engine cycle in hydrogen and the main characteristic of the fuel economy is the impact of the work process.

СИНТЕЗ ОЗОНА ПРИ ПОМОЩИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА

Накашидзе В., Цкипуришвили Т.

Государственный университет Акакий Церетели

В результате проведенной работы исследованы факторы, влияющие на процесс генерации озона и определены оптимальные условия ультрафиолетового излучения для получения озона. Исследован озоногенератор высокой частоты, в котором концентрация озона регулируется длиной тока и пульсом управления количеством лампочек ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовые лампочки размещены в независимых друг от друга стеклянных баллонах цилиндрической формы, чем исключается разложение озона от теплового эффекта его генерации. Были выбраны параметры: были выбраны параметры, которые обеспечивают необходимый диапазон ультрафиолетового излучения для получения точной концентрации озона, разработано необходимое оборудование для дозировки озона в воздухе и кислороде по принципу генерации озона ультрафиолетовым излучением генератором высокой частоты.

Получение озона в промышленных целях осуществляется на установках с высоковольтным разрядом [1, 2]. Однако, во многих практических и научных целях, например, при исследовании влияния озона на некоторые химические процессы, при обеззараживании небольших объемов воды, при градуировке газоанализаторов на озон и т.д., когда не требуется большое количество озона, применение с указанной целью дорогостоящих высоковольтных установок экономически нецелесообразно. В этих случаях используются генераторы озона, работающие на бытовом напряжении (220 В), затрачивающие небольшие мощности и обеспечивающие на выходе необходимое для решения поставленной задачи количество озона.



Такие генераторы озона можно построить на принципе облучения кислорода ультрафиолетовыми (УФ) лучами определенной длины волны. По литературным данным такие генераторы появились еще в конце 70-х годов прошлого века, но в них не было использовано возможности повышения частоты в процессе генерации озона.

Представленный генератор озона, на который выдан соответствующий патент [3], питается от стабилизированного источника напряжения, является высокочастотным и поэтому не требует специального устройства для запуска имеющихся в схеме ультрафиолетовых ламп, чем тот превосходит низкочастотные генераторы, лишенные возможности автоматического запуска из-за наличия высокого электрического сопротивления (импеданса) в лампах УФ излучения к низкочастотному току. Концентрация озона регулируется путем изменения количества включенных ламп УФ излучения.

Генератор, блок-схема которого дана на рис.1, работает следующим образом.

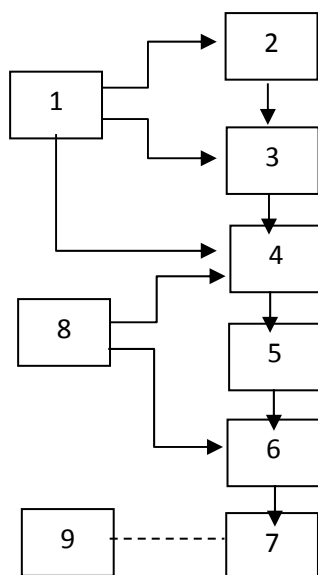


Рис.1. Блок-схема генератора

От стабилизированного источника питания одновременно подается напряжение на высокочастотный генератор 2, устройство для регулирования продолжительности импульсов 3 и управляющий усилитель 4. Высокочастотный регулируемый генератор 2 производит импульсы и подает их на устройство для регулирования продолжительности импульсов, откуда импульсы заданной продолжительности при помощи управляющего пульта 8 подаются на управляющий усилитель 4, где они усиливаются. Следующим шагом является подача усиленных импульсов на высокочастотный повышающий трансформатор 5, а оттуда на коммутатор 6. Воздействуя на коммутатор 6, управляющий пульт 8 производит включение необходимого числа УФ ламп, находящихся в блоке 7.

Эти лампы предназначены для превращения электроэнергии в УФ излучение.

С компрессора 9 на блок УФ ламп 7 подается воздух, кислород которого (часть кислорода) под воздействием УФ лучей превращается в озон. Каждая УФ лампа расположена в стеклянном баллоне, через который пропускается воздух, чем значительно уменьшается вероятность разложения генерируемого озона от теплового эффекта, производимого нагреванием УФ ламп [4].

Количество озона на выходе генератора зависит от многих факторов, в частности, от питаемого напряжения, от электрического тока, проходящего через УФ лампу, частоты импульса, от количества (скорости подачи) продуваемого воздуха [5].

Зависимость концентрации озона от напряжения питания и электрического тока. Это зависимость в конечном счете сводится к зависимости концентрации озона от мощности, потребляемой лампами УФ излучения. Эти зависимости исследовались экспериментально. Эксперименты проводились на УФ лампах типа ДРТ-375. Номинальная мощность этих ламп составляет 375 Вт, а напряжение зажигания находится в пределах 220-240Вт. При данном напряжении и мощности работы УФ ламп выделяемое тепло разлагает значительное количество генерируемого УФ лучами озона, поэтому используется свойство применяемых ламп – оставаться зажженными при понижении напряжения вплоть до 30-35В., при этом мощность ламп уменьшается до 18-25 Вт. Оптимальное значение концентрации озона получается при помощи 115-120 Вт. (см.рис.2).

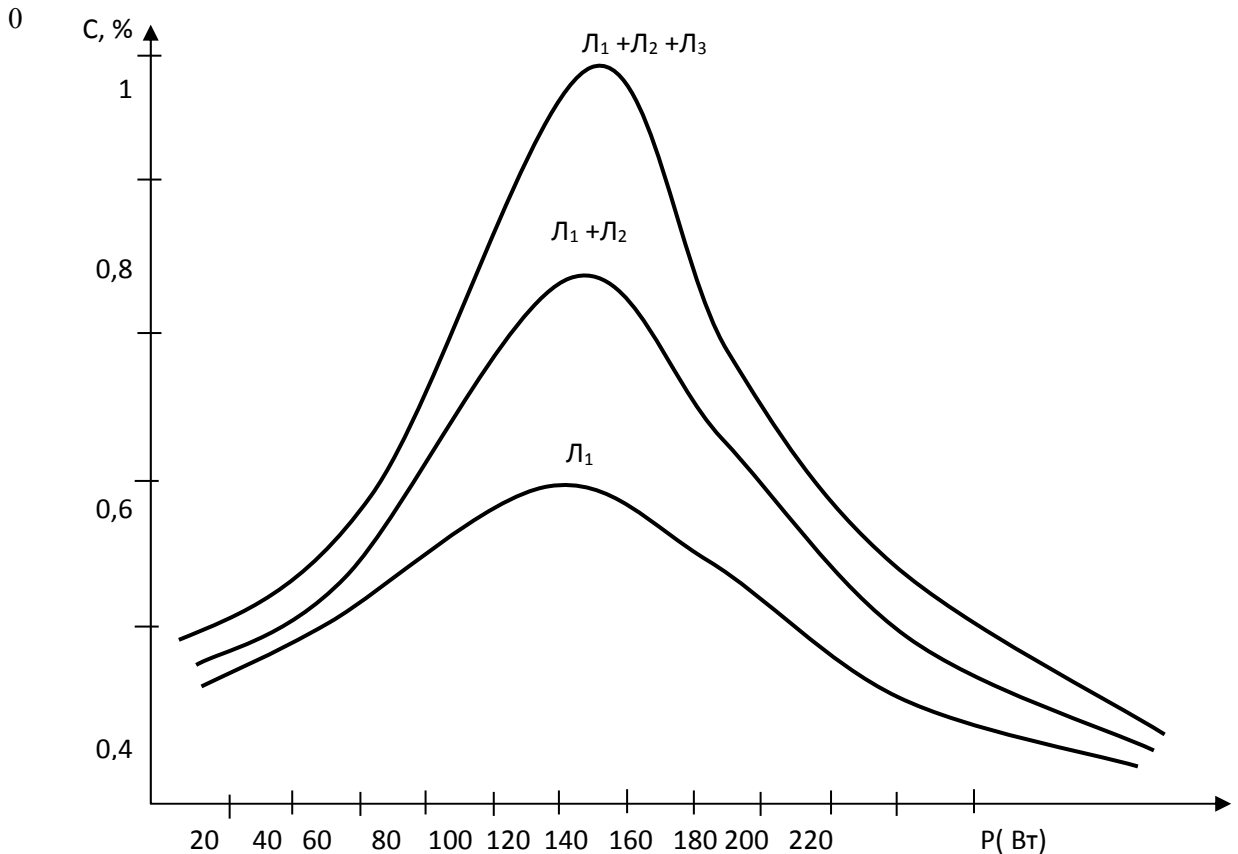


Рис.2.Зависимость концентрации озона от подаваемого на лампы электрической мощности при разном количестве ламп (L_1 , L_2 , L_3)

В то же время увеличение частоты напряжения питания позволяет еще больше понизить активную мощность УФ ламп при их включенном состоянии. На рис.3 показано зависимость мощности включения УФ ламп (P) от частоты питания (f). Увеличение концентрации генерируемого озона достигается путем последовательных включений трех УФ ламп, когда выделяемая мощность каждой лампы составляет около 120 Вт. Следует отметить, что УФ лампы, предназначенные для получения озона и затрачивающие всю энергию на генерацию озона не выпускаются и поэтому их КПД по озону не высок, кроме того они требуют индивидуальной градуировки при работе в качестве дозаторов озона с целью получения поверочных озон-воздушных смесей [6], однако эти “недостатки” в полне устранимы при конструировании ламп с соответствующими параметрами.

Зависимость концентрации озона от частоты напряжения. Кварцевые УФ лампы, генерирующие озон из кислорода, израсходуют не более 0,01 доли своей энергии на образование озона. Длина волн, вызывающих диссоциацию кислорода, колеблется в пределах 2000 \AA . Чем выше частота напряжения питания на УФ лампах, тем больше места занимает озонирующее (дислоцирующее кислород) излучение в общем спектре УФ излучения кварцевых ламп. Соответственно больше энергии будет потрачено на генерацию озона и на выходе генератора его количество увеличится. Зависимость концентрации озона от частоты напряжения показана на рис.4.

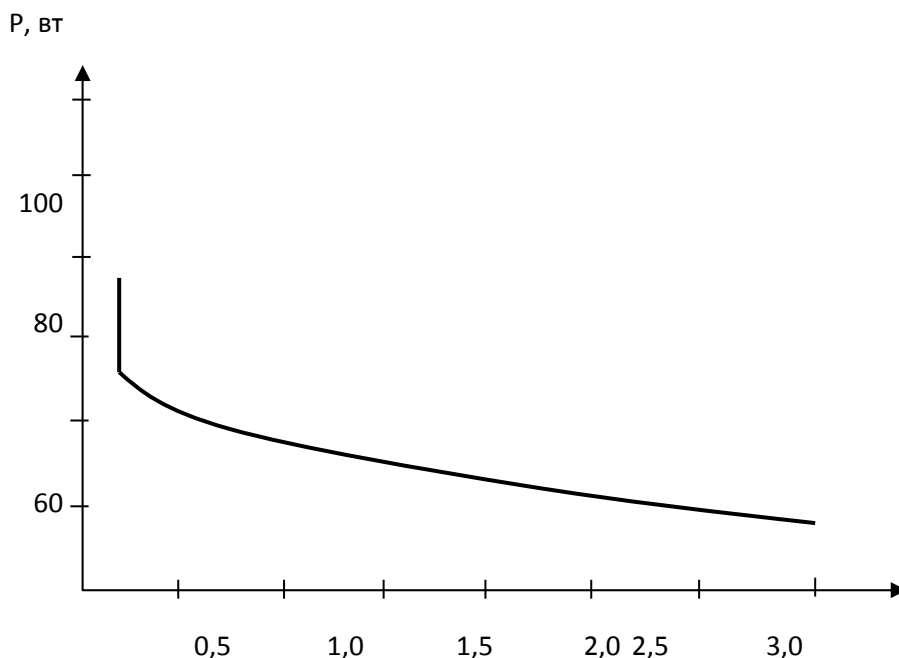


Рис.3. Зависимость мощности загорания УФ-ламп от частоты напряжения питания

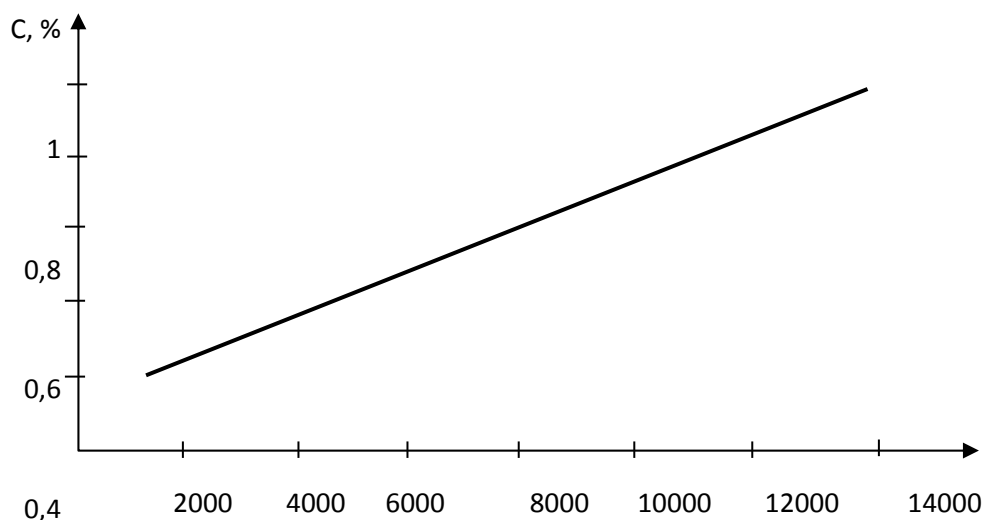


Рис.4. Зависимость концентрации озона от частоты напряжения питания

Зависимость концентрации озона от температуры и влажности воздуха. В процессе работы лампы УФ излучения значительно нагреваются от выделяемого тепла, в связи с чем генерируемый озон подвергается термическому разложению. Во избежание данного эффекта необходимо оперативное удаление озонсодержащего газа с поверхности ламп и одновременно охлаждение этой поверхности. С этой целью в одном случае на вход генератора подается охлажденный воздух, который охлаждает лампы и в то же время смешивается с озоном, образуя озono-воздушную смесь. Это и есть конечный продукт, который используется по назначению. В другом случае охлаждение ламп достигается путем расположения вокруг УФ ламп змеевиков, через которые циркулирует холодная вода. В этом случае предварительное охлаждение продуваемого воздуха уже не требуется. Следует учесть, что при высоких температурах выход озона резко уменьшается



(рис.5). Эксперименты проводились при температуре озонированного воздуха от 0 до 25°C. При температуре ниже указанного предела возникает опасность потухания УФ лампы, а превышение верхнего предела вызывает резкое падение количества выделяемого озона. Лучшие результаты по количеству озона достигается при нахождении температуры в пределах 0° С.

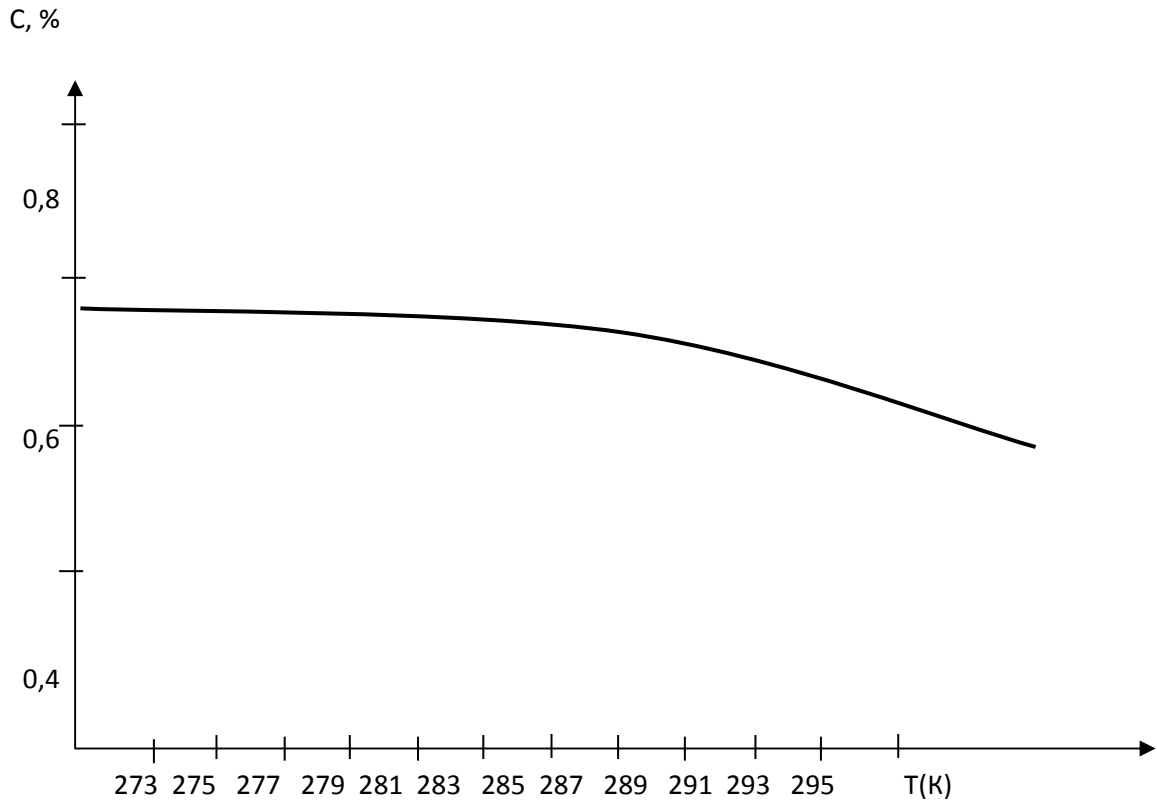


Рис. 5. Зависимость концентрации озона на выходе от температуры продуваемого воздуха

Что касается влажности подаваемого на УФ лампы кислорода (воздуха), то ее присутствие затрудняет генерацию озона. Можно предполагать, что молекулы воды, находясь в парообразном состоянии в газе (кислороде, воздухе) поглощают значительную энергию УФ лучей, предназначенную для диссоциации молекул кислорода, рекомбинация которых приводит к образованию озона. Уменьшение влажности приводит к значительному увеличению количества генерируемого озона. Оптимальным режимом работы генератора можно считать условия, при соблюдении которых относительная влажность подаваемого воздуха не превышает 20 % (рис.6).

Градуировка генератора озона заключается в определении зависимости концентрации от режима работы. В тех случаях, когда генератор озона не применяется непосредственно для проверки и градуировки газоанализаторов на озон, его градуировку можно осуществить при помощи одометрического метода. Использование предложенного устройства в качестве генератора поверочных озono-воздушных смесей связано с вопросом аттестации самого генератора в качестве образцового средства и, хотя это вопрос в данной работе не рассматривается, он не имеет принципиальных ограничений. Погрешность йодометрического метода позволяет аттестовать представленный генератор зона только в качестве рабочего средства с относительной погрешностью – 10%.

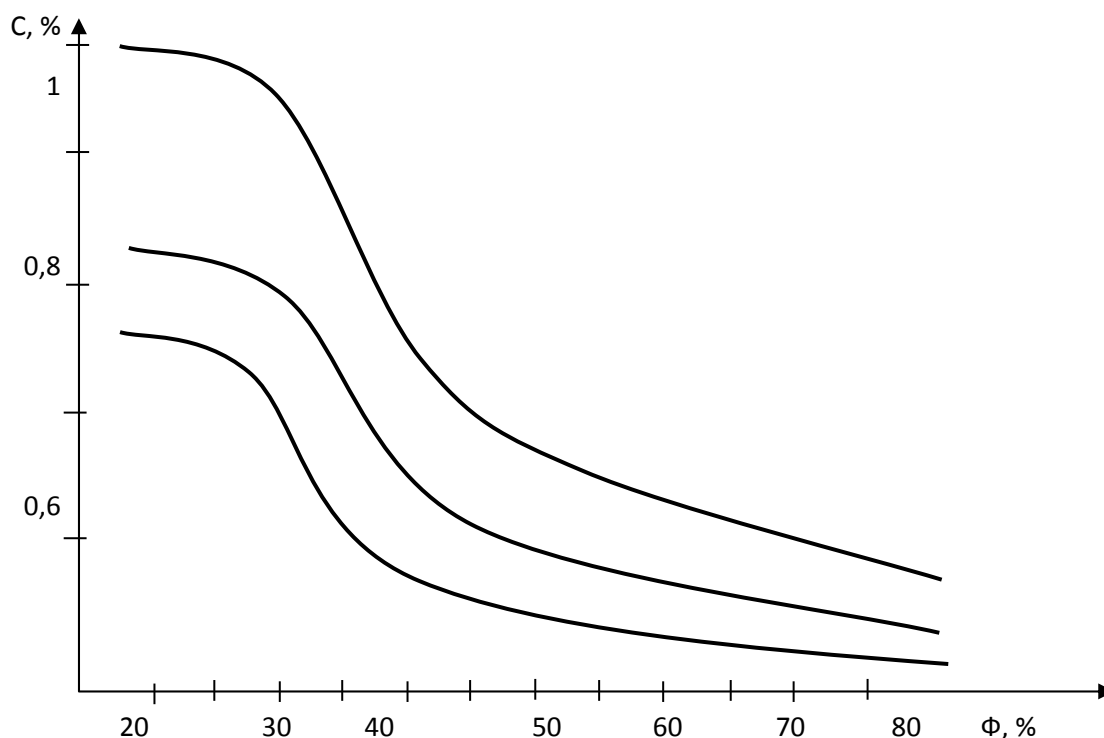


Рис.6. Зависимость концентрации озона на выходе от влажности продуваемого воздуха.

Таким образом разработан генератор озона на ультрафиолетовых лампах в широком диапазоне изменения концентрации озона – 10^{-4} – 10^{-1} % об. Концентрацию озона на выходе можно регулировать тремя независимыми друг от друга параметрами: напряжением питания, скоростью продуваемого воздуха (газа) и частотой электрического тока.

В результате проведенных исследований установлено:

1. Для получения озона разработано оборудование, которое приводится в движение под воздействием Ультрафиолетового излучения по принципу генерирования озона;
2. Концентрация озона и частота тока находятся в прямопропорциональной зависимости друг от друга.
3. Наилучший результат выхода озона достигается при температуре близкой к 0°C .
4. Резкое уменьшение влажности озонированного газа вызывает увеличение концентраций озона. Поэтому при необходимости получения высоких концентраций озона относительная влажность не должна превышать 20 %.

Литература

1. К.Д. Мгалоблишвили. Теоретические основы метрологии, измерения малых и микроконцентраций парогазовых и газовых смесей. Издательство Кутаисского технического университета им. Н. Мухелишвили. 2002 г.
2. Накашидзе В. Методы получения озона. – Труды Кутаисского Государственного технического университета, №11. – Кутаиси: Сакартвело, 2002. – стр. 147-151. (на грузинском языке).
3. Мгалоблишвили Д., Накашидзе В., Кашиа М., Чафидзе К. Озоногенераторы. Патент №766 U, МКИ С 01 В 13/00. Дата подачи 1998.06.08., дата опубликования 2001.02.10. Официальный бюллетень промышленной собственности, №3 (80), Тбилиси, 2001.- с. 27. (на грузинском языке).
4. Накашидзе В. Озоногенераторы. Ж. “Интеллект”, №3 (14). – Тбилиси, 2002. – стр. 22-44. (на грузинском языке).



5. Накашидзе В. Исследование озоногенератора с лампочками ультрафиолетовым излучением. – Труды Кутаисского Государственного технического университета, №11. – Кутаиси: Сакартвело, 2002. – стр. 140-146. (на грузинском языке).
6. Т.Г. Рухадзе. Исследование и разработка устройств для дозирования и контроля концентрации Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1985 г.

SUNTHESIS OF OZONE USING THE HIGHLY FREQUENCY GENERATOR

Nakashidze V., Tskipurishvili T.
 Akaki Tsereteli State University

Summary

Those main parameters were studied, which influence on ozone-generator, the power of the current, voltage frequency, temperature, air humidity. There was stated the conformity between there parameters and the ozone concentration.

ხანძრის ბაჩენის ბარემომებანი და ხანძრის ბამოძიება

ნ. ორმოცაძე,* ა. ზივზივაძე,* დ. ბიბილეიშვილი**

აკაკიწერეთლისსახელმწიფოუნივერსიტეტი*,
 საქართველოსტექნიკურიუნივერსიტეტი**

სტატიაში განხილულია თვითაალებით წარმოქმნილი ხანძრები და ხანძრის – წარმოშობის გამომწვევი მიზეზების დადგენა.

დაწვა არის უძველესი დანაშაული, მაგრამ მისი გამოძიება და გახსნა რთულია დღევანდელი ტექნოლოგიებითაც კი. ტრადიციულად დაწვა განიმარტება, როგორც „წინასწარ განზრახული ცეცხლის მოკიდება“. არსებობს დაწვის წარმატებული გამოძიების ორი ელემენტი: იმის დემონსტრირება, რომ ხანძარი იყო და დამტკიცება, რომ იგი იყო წინასწარი განზრახვით გაჩენილი. მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ყოველივე ეს გაკეთდება შეიძლება ეჭვი მივიტანოთ პიროვნებაზე.

ხანძრისა და აფეთქების ნებისმიერი ფორმა ერთიანდება უფრო დიდ ტერმინში, რასაც თვითაალება ჰქვია. ხანძარი არის ქიმიური რეაქცია, რომელიც გამოწვეულია ჟანგით. აფეთქება არის ორეტაპიანი ქიმიური რეაქცია, რომელიც ეფუძნება მინიმუმ ორი ნივთიერების შერევით გამოწვეულ ცვალებადობას. ცეცხლი, მაგალითად, საკმაოდ ნელი პროცესია ვინაიდან მოლეკულური ცვლილება, როგორც წესი, ხდება ნივთიერების ზედაპირზე (ამას მხურვალეობა ეწოდება, რაც განსხვავდება პიროლიზისგან (თერმოქიმიური დაშლა), რომელიც არის აალება (შეუქცევადი მოლეკულური ცვლილება). პიროლიზი ხდება მაშინ როდესაც ცეცხლს აქვს ჟანგბადის უწყვეტი წყარო. საწვავისა და ჰაერის ნაერთი განსაზღვრავს ეგრეთ წოდებულ წვის ზღვარს, აალების ზღვარსა და ნაპერწკალს. თვითაალების პროცესი იწყება ნაპერწკლიდან, გადაიზრდება წვაში და შემდეგ ხდება აალება. ის, თუ რამდენად სწრაფად ხდება ერთი ეტაპიდან მეორეზე გადასვლა, ანუ რამდენად სწრაფად ვითარდება რეაქცია ამ სამ ეტაპს შორის, განისაზღვრება რეაქციის სიჩქარით. სიჩქარე შეიძლება გაიზარდოს ტემპერატურით. ცეცხლი ვითარდება სწრაფად მას შემდეგ, რაც გარემოში იზრდება ტემპერატურა. დედამიწის ატმოსფერო შედგება 21% ჟანგბადისაგან, ცეცხლის წარმოქმნისათვის საკმარისია 16%-იანი ჟანგბა-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



დის შემცველობა. ქიმიურ რეაქციებს აქვთ მათთვის საჭირო უანგზადის მიღების შესაძლებლობა.

ელექტროსადენების, ელექტრომოწყობილობების: სტაციონალური ელექტროდანა-დგარების, მოძრავი ელექტროდანადგარების, შესაძლო დარღვევები ელექტროსისტემის მონტაჟის დროს დაშვებული, რომელიც ძაბვის ვარდნის შემთხვევებისგან დაცული არ არის, ხშირად ხდება ცეცხლის გაჩენის მიზეზი. თვითაალების უნარი აქვს მრავალ ქიმიურ ნივთიერებას, ამასთან ეს პროცესი ხდება მათზე ჰარის ან წყლის მოქმედებით, ან მათი შერევით მიმდინარე ურთიერთქმედების შედეგად.

ვრცელი ზარალის შემთხვევაში, იმის დადგენა თუ სად და როგორ გაჩნდა ხანძარი – წარმოშობისა და გამომწვევი მიზეზების დადგენა – ძალიან დიდი გამოწვევაა გამოცდილი მეკლევარებისთვისაც კი. გაჩენის მიზეზი მნიშვნელოვანია ხანძრის გამოძიებისას, ვინაიდან ის ადგილი, სადაც გაჩნდა ცეცხლი სავარაუდოდ არის სამხილების მოსაპოვებლად საუკეთესო. საეჭვო ხანძრის შემთხვევაში ეს ადგილი ასევე საუკეთესოა იმის დამამტკიცებელი საბუთების მოსაძებნად, რომ ხანძარი გაჩნდა ხელოვნურად და არა შემთხვევით. დანაშაულებრივი განზრახვა დამტკიცებული უნდა იყოს ყოველგვარი ეჭვის გარეშე. უნდა დადგინდეს, რომ ცეცხლი გაჩენილი იყო დანაშაულებრივი განზრახვით – შურისძიებისათვის, ფინანსური სარგებლისათვის, სხვა დანაშაულის დასაფარავად, ან რაიმე სხვა მიზეზით. მხოლოდ ცეცხლის წაკიდების დასაბუთებული დამტკიცების შემდეგ შეიძლება ბრალი დაედოს ეჭვიმტანილს ცეცხლის გაჩენაში.

ზოგადად, ცეცხლის წაკიდება არის დანაშაული, რომელიც საიდუმლოდ ხდება, მოწმეების გარეშე. ხშირად ხანძარი ანადგურებს სამხილს, რომელსაც გამოძიება უნდა დაეწყოს. ამის გამო, ბრალმდებლები დიდი ხანია შეთანხმდნენ, რომ ცეცხლის წაკიდება არის ერთ-ერთი ურთულესი დანაშაული გამოსაძიებლად.

სტატიკური ელექტრობისა და აირების, ორთქლისა და მტვრის აფეთქების შედეგად წარმოქმნილი ხანძრები. ერთი სხეულის მეორეზე ხახუნისას წარმოქმნება მაღალი ძაბვის ველი (სტატიკური ელექტრობა), რომელსაც შეუძლია განაპირობოს ნაპერწკლების წარმოქმნა, რასაც მიყვევართ აალებამდე ან წვადი ნივთიერების აფეთქებამდე. სტატიკური ელექტრობის წარმოქმნა და დაგროვება შეიძლება მოხდეს შემდეგ შემთხვევებში: ა) ბორბალზე ღვედური გადაცემის დაცურება მისი მუშაობის პროცესში; ამასთან გენერაციის შედეგად შეიძლება წარმოიქმნეს ელექტრობის ისეთი რაოდენობა, რომ მისგან გაზოვანი სანთურაც კი ააღდეს. ბ) ჰაერის ნაკადში მტვრის ნაწილაკების მოძრაობისას, ასევე ამ ნაწილაკების ლითონურ ხედაპირზე დარტყმისას დაელექტრობულ მტვრის ნაწილაკებს შეუძლიათ წარმოქმნან ნაპერწკლები და მიგვიყვანონ ჰაერში არსებული წვადი აირების, ორთქლისა და ზოგიერთი სახის მტვრის აალებამდე ან აფეთქებამდე. ხელოვნური ვენტილაცია აძლიერებს მტვრის ელექტრიზაციას, რადგანაც ამ დროს ხდება მისი მოძრაობის სიჩქარის ზრდა ჰაერის ნაკადში სავენტილაციო არხების გარეთ და განსაკუთრებით შიგნით. გ) ავტომანქანების მოძრაობისას მათ კორპუსზე და დეტალებზე გროვდება ელექტრული მუხტები, რომლებიც ნაწილობრივ ფლობენ ისეთ მაღალ პოტენციალს, რომ შეიძლება მიგვიყვანონ წვადი სითხეების აალებამდე ან აფეთქებამდე ცისტერნებში. დ) შემდუღებელი აპარატის ბალონებიდან შეკუმშული ჰაერის გამოსვლისას. აირის სითხით ან მტვრით დაბინძურებისას შეიძლება მოხდეს სტატიკური ელექტრობის დამუხტვა, რის შედეგადაც შეიძლება მოხდეს აირების აალება ან მათი აფეთქება.

თვითაალებით წარმოქმნილი ხანძრები. თვითაალება წარმოადგენს მასალის აალებას მასში მიმდინარე პროცესების ხარჯზე, რომელიც მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით. თვითაალებას თან ახლავს თვითგახურება, რომელიც ყოველთვის არ მიმდინარეობს



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თვითაალებით. თვითაალება მხოლოდ მაშინ ხდება, როცა ტემპერატურა თვითგახურების შედეგად აღწევს თვითაალების ტემპერატურას. თვით გახურების პროცესი შეიძლება დაიწყოს სხვადასხვა ტემპერატურებზე: 10-20-დან 200⁰ჩ-მდე და ზემოთ.

იმისათვის, რომ თვითგახურების პროცესი გადავიდეს თვითაალებაში, აუცილებელია წარმოქმნილი სითბოს დაგროვება. თვითგახურება, რომელსაც თვითაალებამდე მიყვავართ, შეიძლება მოხდეს ბიოლოგიური, ფიზიკური და ქიმიური პროცესების შედეგად. თვითაალებას უფრო მეტად ექვემდებარება შემდეგი ნივთიერებები: 1) მცენარეული პროდუქტები; 2) ცხიმები ზეთები; 3) ხე და ხის ნახშირი 4) რკინის სულფიდები; 5) სათბობი; 6) ქიმიური ნივთიერებები და მათი ნარევი;

მცენარეული პროდუქტების თვითაალება

შესაბამის პირობებში თვითაალებისადმი უფრო მეტად არიან მიდრეკილნი შემდეგი ნივთები: თივა, ბალახი, ფოთლები, ჩალა.

მცენარეული პროდუქტების თვითაალებისას თავდაპირველად მიმდინარეობს ბიოლოგიური, ხოლო შემდეგ ფიზიკო-ქიმიური პროცესები.

ე. შვარცი სასოფლო-სამეურნეო საქონლის საკვები პროდუქტების თვითაალების პროცესებს ჰყოფს შემდეგ ოთხ პერიოდად და თითოეულ მათგანს შესაბამის დახასიათებას (ცხრ. 1).

თვითაალება შეუძლიათ გაუშრობელ მცენარეულ პროდუქტებსაც, რომლებშიც მცენარეული უჯრედების ცხოველქმედება მთლიანად კიდევ არ არის შეწყვეტილი, ასევე გამოშრალ პროდუქტებში წვიმით, მდნობი თოვლით, გრუნტის წყლით და ცვარით დასველების შემდეგ. თუმცაღა ითვლება, რომ თვითაალებისადმი მიდრეკილნი უფრო გაუშრობელი პროდუქტები არიან, ვიდრე მთლიანად გამშრალი და შემდეგ დანესტიანებული (თივა). მცენარეული პროდუქტები თვითაალებიან მხოლოდ შენახვისას და ზვინებად, ე.ი. პირობებში, როცა სითბო გროვდება. თვითაალების თანმხლები პროცესები განვითარდება მის ცენტრში და მიმდინარეობს ხანგრძლივად (რამოდენიმე კვირის განმავლობაში) ყოლველგვარი გარეგანი ნიშნების გარეშე, რომლებიც ორთქლის, კვამლისა და სუნის სახით გამოვლინდება ხანძრის წარმოქმნამდე მხოლოდ 1-2 დღით ადრე.

ცხრილი 1

მონაცემები თვითაალების ფიზიკური და ქიმიური პროცესების შესახებ

პერიოდები	პროცესის აღმგზნებები	ფიზიკური და ქიმიური პროცესები	ამ პროცესის შედეგები
I პერიოდი. ბიოლოგიური პროცესები	მცენარის უჯრედები, თესლი, სოკოები, მიკროორგანიზმები	სუნთქვა, აღმო-ცვენება, გამრავლება	სითბოს წარმოქმნა. გახურება 56-70 ⁰ ჩ-მდე. ახალი მიკრო-ორგანიზმები და დაშლის პროდუქტები
II პერიოდი. დანახშირება დაბალ ტემპერატურაზე	სითბო 56-70 ⁰ ჩ	მცენარეული და ცხოველური ნაერ-თების და მათი დაშლის პროდუქტების დაშლა და წვა	ნივთიერება მუქდება ხდება ყავისფერი. ჩნდება წვადი აირები და გამოიყოფა წვრილად დაქუცმაცებული ნახშირის ფხვნილი
	ნახშირი	აირებით შეთანქმა და მასში ჰაერის ჟანგბადის კონცენ-ტრაცია	ჟანგბადის დაგროვების შედეგად ტემპერატურის გაზრდა 100-130 ⁰ ჩ-მდე.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



III პერიოდი დანახშირება მაღალ ტემპერატურაზე	სითბო 100-130 °C სითბო 200°C	ნივთიერების გამოშრობა, მისი მაღალი ფორიანობის წარმოქმნა და ამის შედეგად ჰაერის ახალი ნაკადის წარმოქმნა მცენარეული ცილების, ცხიმებისა და სახამებლის წვა	ჰაერის ჟანგბადის ინტენსიური შთანთქმა ნახშირით და ტემპერატურის აწევა 130-200°C-მდე. დანახშირების გაძლიერება, ჟანგბადის კიდევ უფრო ინტენსიური შთანთქმა, ჟანგვის პროცესების გაძლიერება და ტემპერატურის აწევა 200°C-ზე ზევით.
IV პერიოდი. წვისა და თვითაალების პროცესები	სითბო 2-00°Cზე ზემოთ	უჯრედების დანახშირება	ადვილად აალებადი (პიროფორული) ნახშირის წარმოქმნა 250-300°C-ტემპერატურაზე. თვითაალება.

ცხიმებისა და ზეთების თვითაალება. ცხიმებისა და ზეთების თვითაალება ხდება მათში მიმდინარე ჟანგვისა და პოლიმერიზაციის პროცესების შედეგად, რომლებიც სითბოს გამოყოფით მიმდინარეობს. ჟანგვასა და პოლიმერიზაციას ექვემდებარება ცხიმებისა და ზეთების შემადგენლობაში არსებული უჯერი ცხიმოვანი მჟავები, რომელთა რაოდენობის მიხედვითაც განისაზღვრება ცალკეული ცხიმებისა და ზეთების უნარი აალებისადმი. უჯერი ცხიმოვანი მჟავების რაოდენობა განისაზღვრება ე.წ. იოდური რიცხვით (გიუბლის რიცხვით), რომელიც გამოისახება იოდის იმ გრამების რაოდენობაში, რომლებიც უერთდებიან 100 გ ზეთს ცხიმოვანი მჟავების უჯერი ბმების ადგილას.

თვითაალების საფრთხის ხარისხის და იოდური რიცხვების სიდიდისაგან დამოკიდებულებით ცხიმები და ზეთები გადანაწილდებიან შემდეგი თანმიმდევრობით: სელის (170-200), სოიოს (142-162), კაკლის (140-160), კანაფის (145-166), მზესუმზირის (114-119), ბამბის (101-116), აბუსალათინის (82-88) ზეთები, ლერწმის ცხიმი (152-160), სელაპის (122-162), დელფინის (99-127).

სუფთა მინერალურ ზეთებს არ შეუძლიათ თვითაალება. ნატურალური ოლიფები უფრო მეტად არიან მიდრეკილნი თვითაალებისადმი, ვიდრე ზეთები, რომლისგანაც ისინია დამზადებული. ოლიფების ამალელებული მიდრეკილება თვითაალებისადმი აისხნება ოლიფებში სიკატივების არსებობით, რომელიც აჩქარებს და ჟანგვისა და პოლიმერიზაციის რეაქციებს. ცხიმები და ზეთები, რომლებიც მოთავსებულია ჭურჭელში ან დაღვრილია თხელ ფენად, თვითაალება არ შეუძლიათ, რადგანაც ამისათვის არაა საჭირო პირობები; თვითაალების უნარი მათში აღიძვრება მაშინ, როცა მათი ჰაერთან შეხების ზედაპირი საკმაოდ დიდია და სახეზე იქნება წარმოქმნილი სითბოს დაგროვების შესაძლებლობა. ჰაერთან შეხების უფრო დიდი ზედაპირი წარმოქმნება ჩვრების, თოკების, ბამბის, შალის და სხვა მსგავსი მასალების გაუღვინთვისას ზეთებით და ცხიმებით, ხოლო სითბოს დაგროვების პირობები იქმნება ამ მასალების კომპაქტური სახით ყოფნისას თბილ შენობაში, თვითაალების უნარი დამოკიდებულია ასევე ბოჭკოვანი ნივთიერებების ცხიმებითა და ზეთების გაუღვინთვისას. მათი ძალიან დიდი ან ძალზე მცირე რაოდენობისას თვითაალება, როგორც წესი, არ ხდება. ის ჩქარა აალებება ცხიმებისა და ზეთების 3-დან 5%-მდე რაოდენობისას. გაზეთილი ბოჭკოვანი ნივთიერების აალება დამოკიდებულია ასევე ბოჭკოვანი ნივთიერების ბუნებაზე. ცხოველური წარმოშობის გაზეთილი ბოჭკოები (შალი, აბრეშუმი) უფრო საშიშია თვითაალებაზე, ვიდრე მცენარეული ბოჭკოები (შალი, ქერელი და სხვა) გაზეთილი ბოჭკოვანი ნივთიერების თვითაალებას ხელს უწყობს შენახვის სიმჭიდროვე, გარეგანი სითბო, მათ შორის მზის სხივები, ბოჭკოვანი ნივთიერების წინასწარი დანახშირება და სინოტივის ხარისხი. თვითაალების სიჩქარე სხვადასხვაგვარია: ნახევარი საათიდან რამოდენიმე დღე-ღამემდე. გაზე-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თილი ჩვრებისა და ბოჭკოვანი ნივითიერებისაგან ხანძრის წარმოქმნაზე ექვის მიტანი-სას ქიმიურ ექსპერტიზაზე უნდა გაიგზავნოს მასალის ნარჩენები შემთხვევის ადგილი-დან მათში ცხიმებისა და ზეთების განსაზღვრისათვის.

ხისა და ხის ნახშირის თვითაალება. ხის თვითგახურება, რაც აუცილებელია მისი თვი-თაალებისათვის, იწყება მხოლოდ 130-150°C-ზე და მიმდინარეობს ნახშირის წარმოქმნით, რომელსაც აქვს უნარი შთანთქოს აირები და დაიჟანგოს დიდი რაოდენობით სითბოს გამოყოფით. ხის თვითაალების ხელშემწყობ პირობას წარმოადგენს მისი მიერ სითბოს მინიმალური რაოდენობით გამოყოფა, რასაც ადგილი აქვს იმ შემთხვევებში, როცა და-ფარული ხის კონსტრუქციები დიდი ხნის განმავლობაში ხურდებიან მაღალ ტემპერატუ-რაზე. შეიძლება თვითაალება განიცადონ ხის კონსტრუქციებმა, რომლებიც მუდმივად ან პერიოდულად ექვემდებარებიან ნათურის, მილის ორთქლის, ცხელი ჰაერის სხივური სითბოს მოქმედებას, თვითაალებადი „წითელი“ ნახშირის წარმოქმნის შედეგად.

ხე გახურებისას იცვლება შემდეგნაირად: 110°C-ზე ის კარგავს წყალს, შრება და გამო-ყოფას იწყებს აქროლადი ნივითერებები, 150-230°C-ზე ხე იწყებს ყავისფერი შეფერილო-ბის მიღებას და ნახშირდება, 230-270°C-ზე წარმოიქმნება ე.წ. პიროფორული ნახშირი, რომელიც ფლობს მაღალი შთანთქმის უნარს და იწყებს დაფერფვლას, 270-300°C-ზე ხდე-ბა დანახშირება და წარმოქმნება ჩვეულებრივი შავი ნახშირი, 300-360°C-ზე წარმოქმნილი ნახშირი აალებს და ხე იწვის.

ხის ნახშირი შეიძლება აალებს, რადგანაც მას აქვს უნარი თავისი ფორებით შთანთქას ჰა-ერის აირები და ამასთან დაიჟანგოს. თვით აალებისადმი უფრო მეტად საშიშს წარმოად-გენს ახლად დამზადებული ნახშირი, რომლის ფორები ჯერ კიდევ არაა შევსებული, თუმცა თვითაალება შეუძლია ძველ ნახშირსაც, რადგანაც შენარჩუნებული აქვს უნარი გახების ადსორბირებისადმი (შთანქმისადმი) და ჟანგვისადმი აღწერილია ნახშირის თვითაალების შემთხვევები დიდ გროვაში მისი შენახვის მე-13 დღეს.

ე. შვარცი თვლის, რომ თვითაალების უნარდაკარგულ ნახშირს შეუძლია ისევ დაიბრუნოს ეს უნარი, თუ ის დაექვემდებარება გახურებას ან დატენიანებას წყლით და შემდგომში გაშრობას ან დაქუცმაცებას წისქვილებში, ხახუნის გზით ტრანსპორტირებისას ან სხვა ხერხებით. ამ უნარს შვარცი პირველ ორ შემთხვევაში ხსნის ფორების გაზისაგან განთა-ვისუფლებით, ხოლო მესამეში – ახალი ფორების გახსნით.

თვითაალებას ექვემდებარება არა მარტო ხის გან, არამედ სხვა ორგანული ნივითერებისაგან (კორპი, ჩალა, გამონაწნეხი, ყურძნის გამონაწური, სისხლი, კანი და ა.შ.) დამზადებული ნახშირიც, ძველის ნახშირი ნაკლებადაა მიდრეკილი თვითაალებისადმი. ნახშირის გაჯერე-ბა ქონით, ზეთით ან ოლიფი თხდის მას თვითაალებადს, ისევე, როგორც ბოჭკოვან ნივ-თიერებას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. სახელმძღვანელო იურისტებისათვის, კრიმინალისტიკის და სასამართლო ექსპერტიზის შესახებ ამერიკის იურისტთა ასოციაცია, გამომცემლობა „მერიდიანი“ თბილისი 2012, გვ.282
 2. ნ. ორმოცაძე, ნივითერმტკიცებულებათა ქიმიური ექსპერტიზა, სალექციო კურსი, ქსტუ 2005, გვ.182

THE CAUSES OF THE FIRE AND FIRE INVESTIGATION

N.*Ormotsadze, A. Zivzivadze*, D. Bibileishvili**
 Akaki Tsereteli State University*,
 Georgian Technical University**

Summary

The article discusses fires created by self-esteem and determines the causes of these fires.



ბენერატორის როტორის ნამზადის მიღების
ელექტროწილური ტექნოლოგია

სილაგაძე ს., ზივზივაძე ლ., ცქიფურიშვილი თ., შალამბერიძე მ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

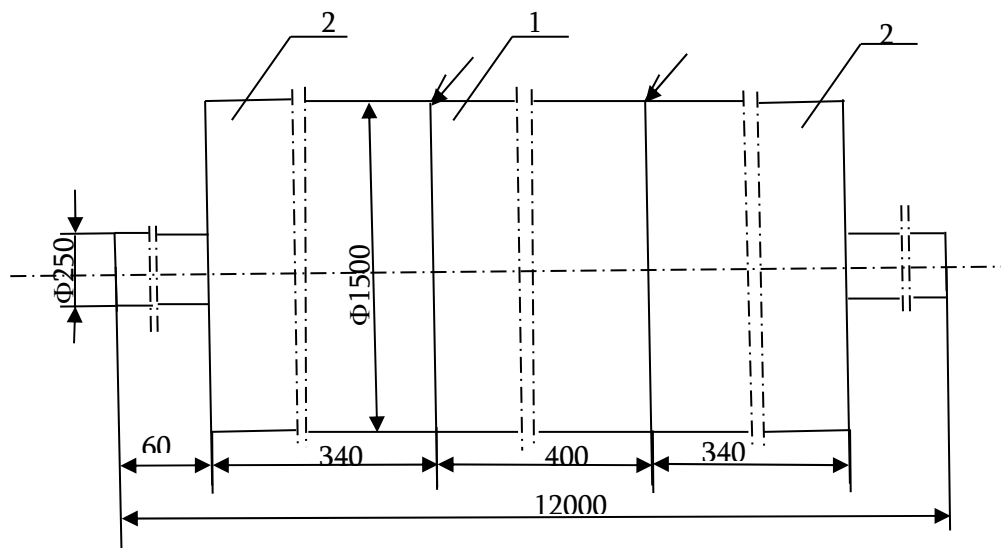
განხილულია საელექტროლე ფოლადისაგან როტორის ნამზადის მიღებისათვის გამოყენებული ძირითადი ელექტროწილური პროცესები და მათი რეალიზაციის საშუალებები.

ტურბოგენერატორის როტორის ნამზადის მიღების ელექტროწილურ ტექნოლოგიაში იგულისხმება: 1) როტორის ცალკეული შემადგებელი ნაწილების მიღება ლითონების ელექტროწილური გადადნობით; 2) როტორის ერთი მთლიანი ნამზადის მიღება ცალკეული შემადგენელი ნაწილების ერთმანეთთან ელექტროწილური შედუღებით.

აღნიშნულ ტექნოლოგიურ პროცესს, როგორც შედუღების ასევე გადადნობის პროცესს საფუძვლად უდევს გამდნარ წიდაში დენის გავლით გენერირებული სოთბოს საშუალებით ლითონის გადადნობა.

ელექტროწილური პროცესი პირველად გამოყენებული იქნა, გასული საუკუნის 40-იანი წლების დასასრულსა და 50-იანი წლების დასაწყისში, ნაწიბურების გამოყვანის გარეშე პრაქტიკულად ნებისმიერი სისქის (კვეთის) ლითონის დეტალის შედუღებისათვის, კიევის პატონის სახელობის ელექტროშედუღების ინსტიტუტში.

ნახ.1-ზე მოყვანილია გენერატორის ცილინდრული ფორმის ნამზადი თავისი შემადგენელი ნაწილებით. იგი სამი ცილინდრული ნაწილისაგან შედგება. ამასთან კიდურა ნაწილები გარდამავალი ფორმის ცილინდრული სხეულია. მათგან მცირე დიამეტრის ცილინდრი წარმოადგენს ნამზადის დაბოლოებას ბრუნვის საკისრის განლაგებისათვის [1].



ნახ.1 ტურბოგენერატორის როტორის ნამზადი.

1-როტორის ცენტრალური ცილინდრი; 2-როტორის კიდურა ნაწილები; 3- ნახევარისრით ნაჩვენებია შედუღების ადგილი.

როტორის ნამზადი წარმოადგენს Cr-Ni-Mo-V-ქრომ-ნიკელ-მოლიბდენ-ვოლფრამის სისტემის შენადნობს ე.წ. როტორულ ფოლადს. ელექტროწილური შედუღებით მიღებული ნა-



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



კერის მექანიკური თვისებები უნდა აკმაყოფილებდეს მოთხოვნებს, რომელიც წაყენებული აქვს სწრაფისვლის (3000 ბრ/წთ-მდე) ფოლადებს. ეს თვისებები მიიღწევა შედუღების შემდეგ ნაკერის თერმული დამუშავებით. თერმულ დამუშავებაში იგულისხმება: ა) შედუღების ადგილის 880°C ტემპერატურამდე ნორმალიზაცია და შემდეგ 620°C-ზე მოშვება; ბ) 880°C ტემპერატურაზე წრთობა და 620°C-ზე მოშვება; გ) წრთობა 880°C-ზე და მოშვება 650°C-ზე. წიღური შედუღებით მიღებული ნაკერის თერმული დამუშავებით უზრუნველყოფილი მექანიკური თვისებები შედარებულია ძირითადი ლითონის მექანიკურ თვისებებთან ცხრილში.

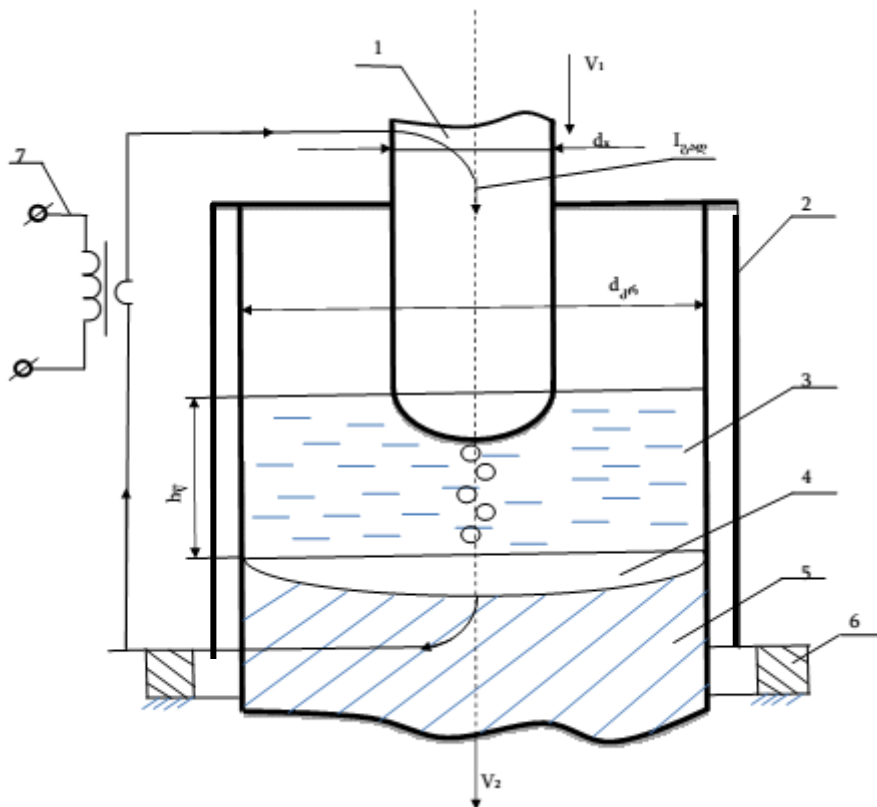
ცხრილი

ელექტროწიღური შენადული ნაკერის და ძირითადი ლითონის მექანიკური მახასიათებლები:

№	შენადული შეერთება (ნაკერის ცენტრი)		თერმული დამუშავება			მოთხოვნები სწრაფისვლის როტორის ტექნიკური პი- რობებიდან
			ნორმალიზა- ცია 880°C- ზე, მოშვება 620°C-ზე	წრთობა 880°C-ზე, მოშვება 620°C-ზე	წრთობა 880°C-ზე, მოშვება 650°C-ზე	
1	სიმტკიცე σ _T	ნაკერში	83	90	86	≥72
		ნაკერის მახლობელ ზონაში	85	87	84	
		ძირითად ლითონში	81	89	84	
2	პლასტიკუ- რობა σ _B	ნაკერში	94	97	93	≥85
		ნაკერის მახლობელ ზონაში	95	95	95	
		ძირითად ლითონში	92	97	96	
3	სიბლანტე δ	ნაკერში	18	18	19	≥15
		თერმული გავლენის ზონა- ში	18	17	20	
		ძირითად ლითონში	19	18	21	
4	ψ	ნაკერში	53	60	63	≥45
		თერმული გავლენის ზონა- ში	63	65	65	
		ძირითად ლითონში	69	67	67	
5	α _H	ნაკერში	11	13	19	16
		თერმული გავლენის ზონა- ში	18	19	20	
		ძირითად ლითონში	17	17	21	

მექანიკური თვისებების გაუარესება შედუღების ზონაში ძირითადად ფოლადთან შედარებით დაშვების ფარგლებშია, ამიტომ შეიძლება დავასკვნათ, რომ როტორის ცალკეული შემადგენელი ნაწილების შედუღება არსებული ტექნოლოგიით შეიძლება გამოყენებულ იქნას როტორის ნამზადის მისაღებად და არ საჭიროებს დამატებით კვლევებს. გარდა ამისა, შენადული შეერთების მექანიკური თვისებები, რომლებიც მოყვანილია ცხ.1-ში მიუთითებს იმაზე, რომ ძირითადი მახასიათებლები: სიმტკიცის, პლასტიკურობის, შედუღების ადგილის ლითონის სიბლანტე, აგრეთვე შედუღების ზონის მახასიათებლები და ძირითადი ლითონის თერმული დამუშავების თითოეულ მითითებული რეჟიმისათვის იმყოფება პრაქტიკულად ერთ დონეზე. ამის გამო შედუღების შემდეგ ნაკერის წრთობა შეიძლება შევცვალოთ ნაკერის ნორმალიზაციით, როგორც თერმული დამუშავების შედარებით მარტივი ტექნოლოგიური პროცესით.

გენერატორის როტორის შუა ცილინდრული ნაწილები (ნახ.1) შეიძლება დამზადებული იქნას ლითონების ელექტროწიღური გადაღობის ცნობილი სქემით (ნახ.2)



ნახ.2 ლითონების ელექტროწიდური გადადნობის კლასიკური სქემა:

1-გადასადნობი ლითონის ელექტროდი; 2-კრისტალიზატორი; 3-თხევადი წილის აბაზანა; 4-თხევადი ლითონის აბაზანა; 5-გადამდნარი ლითონის სხმული; 6-კრისტალიზატორის ძირი; 7-დენის წყარო; $I_{კ}$ -გადადნობის დენი. $h_{წ}$ -წილის აბაზანის სიმაღლე; $d_{კ}$ -კრისტალიზატორის შიგა დიამეტრი; $d_{კ}$ -გადასადნობი ელექტროდის დიამეტრი.

აღნიშნული სქემით სარგებლობისას როტორის ნამზადის მასალის ხარისხი მნიშვნელოვნად უმჯობესდება, მაგრამ მნიშვნელოვნად იზრდება ამავე დროს ამ უკანასკნელის თვითღირებულება [2]. გადადნობილი ფოლადის თვითღირებულება ორჯერ მეტია საროტორე Cr-Ni-Mo-V სისტემის ფოლადის თვითღირებულებასთან შედარებით. გადადნობის შემდეგ ფოლადის თვითღირებულების გაზრდა გამოწვეულია ელექტრული ენერჯიის დიდი ხარჯით. ე.ი. ფაქტიურად გენერატორის როტორის მიღებული ნამზადის თვითღირებულებას განსაზღვრავს დახარჯული ელექტრული ენერჯიის ღირებულება.

ელექტრული ენერჯიის ხარჯის შემცირება შესაძლებელია ე.წ. კრისტალიზატორის

$$K = \frac{d_{კ}}{d_{კ}}$$

ფორმის კოეფიციენტის გაზრდით.

ჩვენმა წინასწარმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ საროტორე ფოლადის გადადნობისას კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტის გაზრდა (თითქმის ერთამდე) შეიძლება ჩვენს მიერ დამუშავებული ახალი კრისტალიზატორის და მისი შეერთების სქემით სარგებლობისას (ნახ.3). ამისათვის აუცილებელია შემოთავაზებული ელექტროწიდური გადადნობის პროცესში კრისტალიზატორის წიდაში ტემპერატურული და ელქტრული ველის კვლევა. ეს შესაძლებლობას მოგვცემს დადგინილი იქნას გადადნობის პროცესისათვის საჭირო დენის დაზოგვის შესაძლებლობა. შემოთავაზებული კრისტალიზატორი შედგება 3 სექციისაგან (ნახ.3) მათგან ზედა (2) და ქვედა (4) სექცია, იმავე დროს, წარმოადგენს კრისტალიზატორის



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



არადნობად ელექტროდებს; მათზე მოდებულია ძაბვა დენის წყაროდან (12) ისე, რომ ზედა არადნობად ელექტროდთან მიერთებული დენის წყაროს მომჭერი, ამავე დროს მიერთებულია დნობად ელექტროდთან (1). ეს უკანასკნელი დამზადებულია გადასადნობი საროტორო მასალისაგან. ზედა და ქვედა არადნობადი ელექტროდები შუა სექციისაგან (3) ელექტროდულად იზოლირებულია საიზოლაციო მასალით (10). კრისტალიზატორის სამივე სექციას გააჩნია ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი წყლის გაგრილების სისტემა. გადასადნობი ელექტროდის (1) ჩაშვებულია წინასწარ გამდნარ წილის აბაზანაში (9). დნობად და არადნობად ელექტროდებში ერთდროულად გამავალი დენით გამოიყოფა წილის აბაზანაში დნობადი ელექტროდის (1) გადასადნობად საჭირო სითბო. ელექტროდის (1) გადნობით წარმოქმნილი წვეთები (11) გაივლის რა წილის მოცულობას, განიცდის რაფინირებას, დეგაზაციას და გადადის გამდნარი ლითონის აბაზანაში (8). კრისტალიზატორის გაგრილების შედეგად, ლითონის აბაზანის თანდათანობით გაგრილებით, წარმოიქმნება გამდნარი ლითონის აბაზანისაგან სხმული (7) რომელიც V2 სიჩქარით გამოიწველება კრისტალიზატორისაგან, რასაც ხელს უწყობს სხმულსა და კრისტალიზატორს შორის, წილის გაციებით წამოქმნილი წილის ქერქი (6).

ლითონის გადადნობის ტექნოლოგიის პარამეტრებით (გადადნობის დენი I_დ, ძაბვა U_დ, წილის წინაღობა R_დ, გადადნობის სიჩქარე და სხვა) უზრუნველყოფილ დნობადი ელექტროდის დნობის სიჩქარე V₁ განაპირობებს კრისტალიზატორიდან დანადგარის მიერ გამოწვევის სიჩქარეს (V₂).

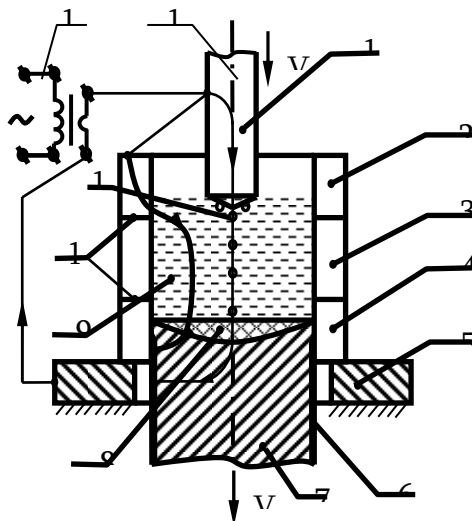
დანადგარის შეერთების ელექტრული სქემის მიხედვით, ზედა არადნობად ელექტროდთან (2) და დნობად ელექტროდთან (1) მიყვებილია ერთი და იგივე პოტენციალი, რაც გამორიცხავს გადადნობის პროცესში არადნობად და დნობად ელექტროდებს შორის მოკლედ შეერთებას მათი ერთმანეთთან შეხების შემთხვევაშიც კი. ეს საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად გაზრდილი იქნას დნობადი ელექტროდის შიგა დიამეტრი, შესაბამისად გაზრდილი იქნას კრისტალიზატორის ფორმის კოეფიციენტი (K). ეს უკანასკნელი დაკავშირებულია გადადნობის პროცესში თბური დანაკარგების შემცირებასთან. ამის გამო, საჭირო იქნება კვლევებით დადგინდეს ლითონის გადადნობის დენის დაზოგვის შესაძლებლობა.

საროტორე მასალიდან ელექტროწიღური გადადნობით როტორის ნამზადის ბოლოების (ნახ.1) მისაღებად ჩვენს მიერ დამუშავებული იქნა კრისტალიზატორის ახალი კონსტრუქცია და შეერთების ახალი სქემა (ნახ.4). მასში ერთმანეთთან შერწყმულია კლასიკური კრისტალიზატორი (ნახ.2) ჩვენს მიერ შექმნილ კრისტალიზატორთან და მის შეერთების სქემასთან (ნახ.3).

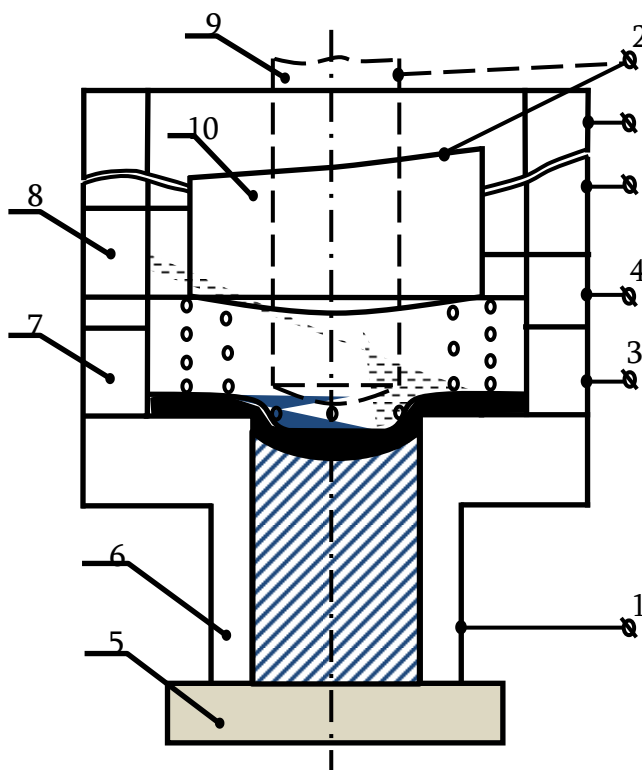
ნახ.4-ზე წარმოდგენილი კრისტალიზატორის ქვედა სექცია (6) იმეორებს როტორის ნამზადის კიდურა ნაწილის ფორმას და მასში გადადნობის პროცესის მიმდინარეობისას დენის წყაროსთან მიერთებულია იგი და გადასადნობი ელექტროდი (9). როგორც კი წილის დონე, სხმულის თანდათანობით ზრდისას, მიაღწევს დონეს, როცა წილა უკვე შეხებაში მოვა შუა სექციასთან (3), მაშინ დენის წყაროს მეორე მომჭერი (9) დნობადი ელექტროდიდან (9) გადაირთვება (3) მომჭერზე. რის შედეგადაც დენი იწყებს გავლას შუა (3) და ქვედა სექციებს (6) შორის წილის ფენაში და (9) დნობადო ელექტროდის დარჩენილი ნაწილის ამოღება შეიძლება კრისტალიზატორიდან წილის ფენის გაციების გარეშე; მას დაემატება გადასადნობად წილა მანამ, სანამ გამდნარი წილა არ მოიცავს შუა სექციას (8). ამის შემდეგ კრისტალიზატორში ჩაიდგმება გაზრდილი დიამეტრის დნობადი ელექტროდი (10). დენის წყარო ავტომატურად გადაირთვება შუა სექციიდან (მომჭერი 3) ზედა სექციაზე (მომჭერი 4) და ერთდროულად დნობად ელექტროდზე (10). შემდეგში, სხმულის სიმაღლის ზრდასთან ერთად ზედა სექციიდან დენი გადაირთვება მომდევნო სექციებზე, შესაბამისად იზრდება შუა სექციების რაოდენ-



ნობა.



ნახ.3 ლითონის ელექტროწიფიური გადაღობის სექციებიანი კრისტალიზატორი და მისი შეერთების სქემა: 1-გადასადნობი მასალის ელექტროდი; 2-კრისტალიზატორის ზედა სექცია; 3-4-კრისტალიზატორის შუა და ქვედა სექცია; 5-კრისტალიზატორის ძირი; 6-ქერქი სხმულზე; 7-გადამდნარი ლითონის სხმული; 8- გადამდნარი ლითონის აბაზანა; 9-გადამდნარი წიდის აბაზანა; 10-სექციებს შორის საიზოლაციო ფენა; 11-ელექტროდის გადამდნარი ლითონის წვეთები; 12-დენის წყარო; 13-დენის ხაზები.



ნახ.4 როტორის ნამზადის კიდურა ნაწილის ელექტროწიფიური გადაღობის კრისტალიზატორის სქემა.

სიახლის გამო ნახ.4-ზე წარმოდგენილი კრისტალიზატორის წიდის აბაზანაში ელექტრული ველის და თბური პროცესების კვლევა აქტუალურია.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ლიტერატურა

1. Материалы IV международного симпозиума по процессам электрошлакового переплава. под ред. Б.И.Медовара. Киев 1975. изд. «Наукова думка».
2. Специальная электрометаллургия. Доклады Международного симпозиума по специальной электрометаллургии. Киев, июнь, 1972. изд. «Наукова думка».

ELECTRO-SLAG TECHNOLOGY FOR PRODUCING A BLANK OF THE ROTOR OF A GENERATOR

Silagadze S., Zivzivadze L., Tskipurishvili T., Shalamberidze M.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper describes the possible energy-saving processes for producing a blank of the rotor of a generator by using new equipment and appliances proposed instead of standard technological processes of electro-slag re-melting, and the necessity of studying these processes in the future is suggested.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





6 ეკოლოგია და გარემოს დაცვა ECOLOGY AND ENVIRONMENT





V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE





გლობალური დათბობა, „სათბურის ეფექტი“ და
კლიმატის კლიმატი

ზივზივადე ო., ზივზივადე ლ., ზივზივადე ა.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში განხილულია, გლობალური დათბობის წარმოშობის მიზეზები და ახსნილია ის მექანიზმები, რომლებიც ხელს უწყობს მის წარმოქმნას. გაანალიზებულია მისი მოსალოდნელი შედეგები. სტატიაში ასევე, საუბარია პლანეტის კლიმატზე და მოყვანილია რამოდენიმე ჰიპოთეზა მისი ცვლილების მიზეზების თაობაზე. სტატიაში დიდი ადგილი აქვს დათბობილი დედამიწაზე გლობალური დათბობის განვითარების სავარაუდო სცენარებს. მოყვანილია ცნობილი მეცნიერების მოსაზრებები ამ პროცესების ინტენსივობის შემცირების შესახებ.

გლობალური დათბობა წარმოადგენს, სხვადასხვა მიზეზებით გამოწვეულ, დედამიწის ატმოსფეროს ზედაპირული ფენისა და მსოფლიო ოკეანის საშუალო წლიური ტემპერატურის თანდათანობითი ზრდის პროცესს.

ხშირად გლობალური დათბობის სინონიმად გამოიყენებენ სიტყვათა შერწყმას „**სათბურის ეფექტი**“, რაც მთლად სწორი არ არის, ვინაიდან მათ შორის მცირე განსხვავება მაინც არსებობს. **სათბურის ეფექტი** წარმოადგენს ატმოსფეროს ზედაპირული ფენისა და მსოფლიო ოკეანის საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდას, გამოწვეულს დედამიწის ატმოსფეროში სათბურის გაზების (ნახშირმჟავა გაზი, მეთანი, წყლის ორთქლი და სხვა) კონცენტრაციის ზრდით.

აღნიშნული აირები, სათბურის მინის ან პოლიეთილენის აკის მსგავსად, თავისუფლად ატარებენ მზის სხივებს დედამიწის ზედაპირისაკენ და აკავებენ იქ სითბოს.

სათბურის ეფექტი ჩვენი პლანეტის ატმოსფეროში გამოწვეულია იმით, რომ დედამიწის ზედაპირიდან ამომავალი ენერგიის ნაკადი, სპექტრის ინფრაწითელ დიაპაზონში, შთანთქმება ატმოსფერული აირების მოლეკულების მიერ და გამოსხივდება ყველა მიმართულებით, მათ შორის, გამოსხივებული ენერგიის თითქმის ნახევარი, დედამიწის ზედაპირისკენაა მიმართული და იწვევს მის გახურებას.

სათბურის ეფექტი ჩვეულებრივი ატმოსფერული მოვლენაა და თუკი ის არ იარსებებდა, საშუალო ტემპერატურა ჩვენს პლანეტაზე $-21C^0$ იქნებოდა, ნაცვლად $+14C^0$ -ისა, რასაც სათბობის აირებს უნდა უშუალოდ ეფუძნება.

სათბურის ეფექტის მექანიზმის იდეა პირველად ჩამოყალიბებული იქნა ჯოზეფ ფურიეს მიერ 1927 წელს სტატიაში „ჩანაწერი დედამიწისა და სხვა პლანეტების ტემპერატურების შესახებ“, რომელშიაც იგი განიხილავდა დედამიწის **კლიმატის** ფორმირების სხვადასხვა მექანიზმებს. ამასთან ერთად, ის განიხილავდა როგორც დედამიწის საერთო თბურ ბალანსზე ზეგავლენის მქონე ფაქტორებს, ასევე ფაქტორებს, რომლებიც მოქმედებენ სითბოს გადატანასა და კლიმატური სარტყელების ტემპერატურაზე.

ფურიემ აჩვენა, რომ დედამიწის ატმოსფეროს ოპტიკური თვისებები ანალოგიურია მინის ოპტიკური თვისებების, ანუ მისი გამჭვირვალობა ინფრაწითელ დიაპაზონში ნაკლებია, ვიდრე ოპტიკურ დიაპაზონში, თუმცა ინფრაწითელ დიაპაზონში ატმოსფეროს მიერ შთანთქმის რაოდენობრივი მონაცემები დიდი ხნის განმავლობაში დავის საგანს წარმოადგენდა.

გლობალური დათბობისა და სათბურის ეფექტის, როგორც პრობლემის შესახებ საუბარი პირველად მე-XX-ე საუკუნის 60-იან წლებში დაიწყო, ხოლო გაეროს დონეზე, პლანეტის კლიმატის გლობალური ცვლილების პრობლემის შესახებ პირველად 1980 წელს ითქვა. აქედან მოყოლებული, ეს პრობლემა მსოფლიო მნიშვნელობის პრობლემას



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



წარმოადგენს, რომლის გადაწყვეტშიც ჩართული არიან მსოფლიოს მოწინავე მეცნიერები.

არსებული ტექნოლოგიები საშუალებას იძლევიან მივიღოთ უტყუარი იმფორმაციები კლიმატის ცვლილების თაობაზე. ამისათვის მეცნიერები იყენებენ ისეთ ინსტრუმენტებს როგორებიცაა:

- ისტორიულ ჟამთაღრიცხვები, ქრონიკები, მეტეოროლოგიური დაკვირვებები.
- მყინვარების ფართობების, მწვანე საფარის, კლიმატური ზონებისა და ატმოსფერული პროცესების თანამგზავრული გაზომვები.
- პალეონტოლოგიური და არქეოლოგიური მონაცემების ანალიზი.
- ოკეანური დანალექი ქანებისა და მდინარეთა ნატანის ანალიზი.
- არქტიკისა და ანტარქტიდის უძველესი ყინულოვანი მასების ანალიზი.
- მყინვარებისა და მარადიული გამყინვარების დნობის სიჩქარისა და აისბერგების წარმოქმნის ინტენსიურობის გაზომვები.
- დედამიწის საზღვაო დინებების დაკვირვება.
- ატმოსფეროსა და ოკეანის ქიმიური შემადგენლობის დაკვირვება.
- ცოცხალი ორგანიზმების ბინადრობის არეალთა ცვლილებებზე დაკვირვება.
- ხეების წრიული რგოლებისა და მცენარეული ორგანიზმების ქსოვილის ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი.

დღემდე მეცნიერები ბოლომდე ვერ თანხმდებიან იმაზე თუ რა არის პლანეტის კლიმატის ცვლილების მიზეზი. ამის თაობაზე მრავალი თეორია და მოსაზრება იქნა წამოყენებული და გამოთქმული. ჩვენ შეგვიძლია გავეცნოთ რამოდენიმე მათგანს რომლებიც, ჩვენი აზრით, განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებენ:

ჰიპოთეზის თანახმად, გლობალური დათბობის მიზეზს წარმოადგენს მზის აქტივობის ცვლილება. ამ ჰიპოთეზის მომხრეთა აზრით პლანეტაზე მიმდინარე ყველა კლიმატური პროცესი დამოკიდებულია მზის აქტივობაზე და მას ციკლური ხასიათი აქვს, ისევე როგორც თავად მზის აქტივობას. განასხვავებინ მზის აქტივობის 11, 22 და ასევე 80–90 წლიან ციკლებს.

ამ ჰიპოთეზის თანახმად პლანეტაზე დღეს მიმდინარე გლობალური დათბობის პროცესი გამოწვეულია მზის აქტივობის მორიგი ზრდით, რომელიც ციკლის დასრულების შემდეგ კვლავ კლებისკენ წავა.

მეორე ჰიპოთეზის თანახმად, პლანეტის კლიმატის ცვლილება განპირობებულია, ერთი მხრივ, დედამიწის ბრუნვის ღერძის გადახრის კუთხის ცვლილებით მზის მიმართ და მეორე მხრივ მზის ირგვლივ დედამიწის ბრუნვის ორბიტის ცვლილებით.

ამ ჰიპოთეზის ერთ-ერთი ავტორის სერბი მეცნიერ-ასტრონომის მილანკოვიჩის აზრით, ასეთი ორბიტალური ცვლილებების შედეგად იცვლება დედამიწის რადიაციული ბალანსი და შესაბამისად მისი კლიმატი.

თავის თეორიაზე დაყრდნობით, მილანკოვიჩმა მოახერხა ზუსტად გაეთვალა „გამყინვარების ხანის“ პერიოდები და ხანგრძლივობა ჩვენი პლანეტის წარსულში.

დედამიწის ორბიტის ცვლილებით გამოწვეული კლიმატური ცვლილებები მიმდინარეობს ათეული და ზოგჯერ ასეული ათასი წლის განმავლობაში.

მესამე ჰიპოთეზის თანახმად კლიმატის გლობალური ცვლილების მთავარ „დამნაშავედ“ მსოფლიო ოკეანე უნდა მივიჩნიოთ, რომელიც ფაქტობრივად მზის ენერჯის უზარმაზარ ინერციულ აკუმულატორს წარმოადგენს. სწორედ ოკეანე განსაზღვრავს დედამიწაზე ჰაერისა და ოკეანური თბილი მასების გადაადგილების მიმართულებასა და სისწრაფეს რაც, თავის მხრივ, მჭიდროდ არის დაკავშირებული პლანეტის კლიმატის



ცვლილებებთან.

ცნობილია, რომ ოკეანის წყლების საშუალო ტემპერატურა 3.5 გრადუსია ცელსიუსით, მაშინ როდესაც ხმელეთის ზედაპირის –15 გრადუსი. აღნიშნულის გამო, ინტენსიურმა თბოცვლამ ოკეანის სღრმეებსა და ატმოსფეროს მიწისპირა ფენებს შორის, შეიძლება მნიშვნელოვანი კლიმატური ცვლილებები გამოიწვიოს.

გარდა აღნიშნული ჰიპოთეზებისა არსებებენ სხვა ჰიპოთეზებიც, რომელთა თანახმადაც გლობალური დათბობის მიზეზები შეიძლება იყოს:

- **დედამიწის ვულკანური აქტივობა**, რომელიც წარმოადგენს ატმოსფეროში გოგირდმჟავას აეროზოლებისა და ნახშირმჟავა გაზის გამოფრქვევის წყაროს, რაც სერიოზულ გავლენას ახდენს პლანეტის კლიმატზე.
- **მზესა და მზის სისტემი პლანეტებს შორის არსებული უცნობი ურთიერთქმედებები**, რომელიც გამორიცხული არ არის ზეგავლენას ახდენდეს, მზის ენერჯის გრავიტაციული ველის მიმართულებასა და ძალაზე მისი და პლანეტების ურთიერთგანლაგების შესაბამისად.
- **კლიმატის ცვლილება ხორციელდება თავისთავად, ყოველგვარი გარეგანი ზემოქმედებებისა და ადამიანური საქმიანობების გარეშე**. ასეთი მოსაზრების საფუძველს იძლევა ის ფაქტი, რომ თავად დედამიწა წარმოადგენს ურთულეს სისტემას, უამრავი სტრუქტურული ელემენტით, რომლის გლობალური ტემპერატურაც შეიძლება შეიცვალოს გარე ზეგავლენების გარეშეც, ისევე როგორც ჯანმრთელი ადამიანის, რომელიც ვარირებს არა თუ დღე-ღამის, არამედ საათის განმავლობაშიც კი.

დღეისათვის ყველაზე პოპულარულია ჰიპოთეზა, რომლის თანახმადაც **პლანეტაზე მიმდინარე სწრაფი კლიმატური ცვლილებების მთავარი დამნეშავე თავად ადამიანი და მისი დღითი-დღე მზარდი ანტროპოგენული საქმიანობაა**, რომელიც დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფეროს ქიმიურ შემადგენლობაზე მასში სათბურის აირების მნიშვნელოვანი გაზრდის მიმართულებით.

სუფთა თეორიული თვალსაზრისით ადამიანურმა საქმიანობამ რომელიც ხელს უწყობს სათბურის აირების ატმოსფეროში გატყორცნას უნდა გამოიწვიოს პლანეტის შემდგომი გახურება.

სტატისტიკის თანახმად, ჰაერის საშუალო ტემპერატურა დედამიწის ატმოსფეროს დაბალ ფენებში, უკანასკნელი 100 წლის განმავლობაში გაზრდილია 0,8C⁰-ით, რაც ბუნებრივი პროცესებისათვის ძლზედ მაღალი სისწრაფეა. ადრე, დედამიწის ისტორიაში, ასეთი ცვლილებებისათვის საჭირო იყო ათასწლეულები.

კლიმატის ცვლილების სისწრაფე განსაკუთრებით საგრძნობი გახდა უკანასკნელი 15 წლის განმავლობაში, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა 0,3–0.4 C⁰-ით გაიზარდა.

წარმოდგენილი ჰიპოთეზების ანალიზი საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ დასკვნა იმის თაობაზე, რომ დღეისათვის პლანეტაზე მომდინარე გლობალური დათბობის პროცესი მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული.

ბუნებრივია, ისმება კითხვა როგორ განვითარდება პლანეტაზე გლობალური დათბობის პროცესი. ამის თაობაზე მეცნიერები საუბრობენ რამოდენიმე სცენარის შესახებ.

ერთ-ერთი სცენარის მიხედვით, **გლობალური დათბობა განვითარდება თანდათანობით**. ასეთი მოსაზრების მომხრეები ყურადღებას ამახვილებენ იმაზე, რომ დედამიწა ურთულესი სისტემაა, იქ მიმდინარე პროცესები ინერციულია და შეუძლებელია მათი სწრაფად განვითარება. ამ მოსაზრების სასარგებლოდ მეტყველებს ის ფაქტი, რომ ერ-



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



თი მხრივ, პლანეტის მოძრავი ატმოსფერო ჰაერის მასების საშუალებით თბურ ენერჯიას გადაადიდებს დედამიწის განედებზე, ხოლო მეორე მხრივ დედამიწას გააჩნია სითბოსა და აირების უზარმაზარი აკუმულიატორი მსოფლიო ოკეანის სახით, რომელიც ათასჯერ უფრო მეტ სითბოს აგროვებს ვიდრე ატმოსფერო. ცხადია ასეთ რთულ სისტემაში პროცესების სწრაფი განვითარება ნაკლებადაა მოსალოდნელი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ამ სცენარის ავტორები თვლიან, რომ გაივლის კიდევ ასეული და ათასეული წლები ვიდრე შესაძლებელი გახდება პლანეტის კლიმატის რამდენადმე შესამჩნევ ცვლილების შესახებ მსჯელობა.

მეორე სცენარის მიხედვით, **გლობალური დათბობის პროცესი შედარებით სწრაფად განვითარდება.** ეს სცენარი დღეისათვის ყველაზე პოპულარულია. სხვადასხვა შეფასებებით, უკანასკნელი 100 წლის განმავლობაში პლანეტის საშუალო ტემპერატურა 0.5–1⁰C-ით გაიზარდა. ამასთან ერთად, გაიზარდა CO₂-ის კონცენტრაცია 20–24%-ით, ხოლო მეთანის 100%-ით.

ამ სცენარის მიხედვით, ეს პროცესები შემდგომ გაგრძელდება პოვებენ და XXI-ე საუკუნის ბოლოს პლანეტის საშუალო ტემპერატურა, 1990 წელთან შედარებით, 1.1–6.4⁰C-ით გაიზარდება.

არქტიკისა და ანტარქტიკის ყინულების დნობა დააჩქარებს გლობალური დათბობის პროცესს. ზოგიერთი მეცნიერის აზრით, პლანეტის „ყინულოვანი ქულები“, მზის გამოსხივების არეკვლის ხარჯზე 2⁰C-ით აგრილებენ ჩვენს პლანეტას, ხოლო ყინულით დაფარული ოკეანის ზედაპირები მნიშვნელოვნად ამცირებენ თბოცვლას შედარებით თბილ ოკეანის წყლებსა და ატმოსფეროს უფრო ცივ ზედაპირულ ფენებს შორის. საგულისხმოა აღინიშნოს, რომ „ყინულოვანი ქულების“ ზემოთ არ არსებობს მთავარი სათბობის აირი, წყლის ორთქლი, ვინაიდან ის იყინება.

გლობალური დათბობა გამოიწვევს მსოფლიო ოკეანის დონის აწევას. 1995წლიდან 2005 წლამდე მსოფლიო ოკეანის დონემ 4 სანტიმეტრით აიწია ნაცვლად პროგნოზირებული 2 სანტიმეტრისა. თუკი მსოფლიო ოკეანის დონის აწევის პროცესი ასეთივე ტემპებით გაგრძელდება, მაშინ XXI-ე საუკუნის ბოლოსათვის დონის მატება 30–50 სანტიმეტრს მიაღწევს და წყლის ქვეშ აღმოჩნდება სანაპირო ზოლის დიდი ნაწილი. ეს, პირველ რიგში, შეეხება აზიის მიჭიდროდ დასახლებულ სანაპირო ტერიტორიებს. საგულისხმოა ისიც, რომ მსოფლიო მოსახლეობის 100 მილიონზე მეტი ადამიანი ცხოვრობს ზღვის დონიდან არაუმეტეს 88 სმ-ის სიმაღლეზე.

გარდა მსოფლიო ოკეანის დონის აწევისა, გლობალური დათბობის შედეგად გაიზარდება პლანეტაზე ბუნებრივი კატაკლიზმების, ისეთების როგორიცაა: დელუვა, ქარიშხლები, გვალვები, წყალდიდობი, ქარები, სიმძლავრე და სიხშირე.

ჩრდილოეთ ევროპასა და აშშ-ს დასავლეთში დელუვა და ქარიშხლები ორჯერ უფრო ხშირი იქნება ვიდრე XX-ე საუკუნეში. ცენტრალურ ევროპაში ზამთარი უფრო თბილი იქნება, ხოლო ზაფხული წვიმიანი. რაც შეეხება აღმოსავლეთ და სამხრეთ ევროპას და ასევე ხმელთაშუაზღვისპირეთს აქ გვალვები და მაღალი სიცხეებია ნავარაუდები.

მესამე სცენარის მიხედვით, **გლობალური დათბობა დედამიწის ზოგიერთ ნაწილში შეიცვლება ხანმოკლე აცივებით.** ასეთი მოსაზრება ემყარება ვარაუდს იმის თაობაზე, რომ ოკეანური დინებები და მათ შორის ყველაზე ცნობილი გოლფსტრიმის თბილი დინება, ჯერ შენედება და შემდეგ კი საერთოდ შეჩერდება. ამის მიზეზი იქნება ტემპერატურათა სხვაობის შემცირება არქტიკულ და ტროპიკულ წყლებს შორის, რაც თავს მხრივ გამოწვეული იქნება პოლარული ყინულების დნობით.

ცნობილია, რომ სწორედ გოლფსტრიმის წყალობით ჩრდილოეთ ევროპის მრავალ



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ქვეყანაში საშუალო წლიური ტემპერატურა 10 გრადუსით მაღალია, ვიდრე დედამიწის სხვა ანალოგიურ კლიმატურ ზონებში. აღნიშნულის გამო, გოლფსტრიმის სრული შეჩერების პირობებში, რაც სრულიად შესაძლებელია ტემპერატურის 2–2.5 გრადუსით გაზრდის შემთხვევაში, ჩრდილოეთ ევროპის ქვეყნებში, ირლანდია, ისლანდია, დიდი ბრიტანეთი ტემპერატურა 4–6 გრადუსით დაეცემა. ეს პროცესი, საგარაუდოდ, ასევე შეეხება სკანდინავიის ქვეყნებს, პოლანდიას, ბელგიას და რუსეთის ევროპული ნაწილის ჩრდილოეთს. ცნობისათვის, აღსანიშნავია, რომ 1957 წელთან შედარებით გოლფსტრიმის დინება შესუსტებულია 30%-ით.

ექსპერტთა მოსაზრებით, გარკვეული ხანმოკლე პერიოდის შემდეგ, გლობალური დათბობის პროცესი ევროპაში გაგრძელდება მეორე სცენარის მიხედვით.

მესამე სცენარის გარკვეულ გაგრძელებად შეიძლება მივიჩნიოთ მეოთხე სცენარი, რომლის თანახმადაც *გოლფსტრიმისა და სხვა ოკეანური დინებების შეჩერებამ შეიძლება გამოიწვიოს საყოველთაო აცივება ანუ, გლობალური დათბობა შეიძლება შეიცვალოს გლობალური აცივებით, რითაც სათავე დაედება გამყინვარების ახალ ხანას.*

და ბოლოს, ყველაზე უსიამოვნო სცენარი რომლის მიხედვითაც შეიძლება გაგრძელდეს გლობალური დათბობის პროცესი—*სათბობის ეფექტით გამოწვეული კატასტროფა.*

ამ სცენარის ავტორია რუსი მეცნიერი კარნაუხოვი, რომლის თანახმადაც დედამიწაზე ანტროპოგენული CO₂ –ით გამოწვეული საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდა გამოიწვევს ოკეანეში არსებული CO₂-ის გადასვლას ატმოსფეროში და პროვოცირებას გაუკეთებს დანალექი კარბონატული ქანების დაშლას და ნახშირმჟავა აირის დამატებითი გამოყოფას, რომელიც თავის მხრივ კიდევ უფრო აამაღლებს ტემპერატურას დედამიწაზე და გამოიწვევს ოკეანეს უფრო ღრმა ფენებში განაგებული კარბონატების შემდგომ დაშლას.

გაზრდილი ტემპერატურა ხელს შეუწყობს მყინვარების ინტენსიურ დნობას და მუდმივი განმყინვარების ადგილებიდან მეთანის ამოსვლას, რომელიც 21-ჯერ უფრო ძლიერი სათბურის აირია ვიდრე CO₂. აღნიშნულის გათვალისწინებით ტემპერატურა პლანეტაზე კატასტროფულ ნიშნულებს მიაღწევს და ასწლეულის ბოლოსათვის 14–5.8 გრადუსით გაიზრდება.

იმისათვის რათა უკეთ წარმოვიდგინოთ თუ როგორ შეიძლება განვითარდეს მოვლენები აღნიშნულ სცენარში, შეიძლება მოვიხმოთ ჩვენი მეზობელი პლანეტა ვენერას მაგალითი, რომელიც ჩვენზე მეტად ახლოსაა მზესთან.

იმ შემთხვევაში თუკი ვენერას ატმოსფერო ისეთივე შემადგენლობის იქნებოდა როგორც დედამიწის ატმოსფერო, მაშინ იქ საშუალო ტემპერატურა დედამიწასთან შედარებით სულ რაღაც 60⁰– ით მეტი იქნებოდა ჩვენთან შედარებით ანუ დაახლოებით 75 გრადუსი. თუმცა, რეალურად ტემპერატურა ვენერაზე 500⁰–მდეა, რაც გამოწვეულია იმით, რომ იქ კარბონატული და მეთანის შემცველი შენაერთები დიდი ხნის წინ დაიშალა CO₂-ისა და მეთანი უზარმაზარი რაოდენობის გამოყოფით. ამიტომ დღეისათვის ვენერას ატმოსფეროს 98% ნახშირმჟავა აირს წარმოადგენს, რაც იწვევს კიდევ პლანეტის დამატებით 400⁰–ით გადახურებას.

თუკი მოვლენები დედამიწაზე ისეთივე სცენარით წარიმართება როგორც ვენერაზე, მაშინ ტემპერატურა ატმოსფეროს მიწისზედა ფენებში 150 გრადუსს მიაღწევს, რაც აბსოლუტურად საკმარისი იქნება დედამიწაზე ადამიანური ცივილიზაციისა და ცოცხალი ორგანიზმების მოსასპობად.

კარნაუხოვის გათვლებით, თუკი CO₂-ის ემისია ატმოსფეროში არ გაიზრდება და



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ძველ დონეზე დარჩება, მაშინ პლანეტის ტემპერატურა 50⁰-ს 300 წლის შემდეგ მიაღწევს, ხოლო 150⁰-იან ნიშნულს 6000 წლის შემდეგ.

თუკი CO₂-ის ატმოსფეროში გატყორცნა იგივე ტემპებით გაგრძელდება, ანუ ყოველ 50 წელში გაორმაგდება, მაშინ 50⁰-იან ნიშნულს პლანეტის ტემპერატურა 100 წლის შემდეგ მიაღწევს, ხოლო 150⁰-იანს კი 300 წლის შემდეგ.

ბუნებრივია, ადამიანი მშვიდად ვერ შეეგუება მოვლენების ასეთ განვითარებას, ამიტომ არის მოსაზრება, რომ იგი შეეცდება დედამიწის კლიმატი თავის კონტროლს დაუმორჩილოს და თუკი მას ეს არ გამოუვიდა, მან შეიძლება დინოზავრების ბედი გაიზიაროს.

დღეისათვის მსოფლიოს მაწინავე მეცნიერები უკვე ფიქრობენ როგორ მოახდინონ გლობალური დათბობის სწრაფად მზარდი პროცესის ნიველირება. ამ მიზნით ისინი გვთავაზობენ ისეთ ორიგინალურ მეთოდებს როგორცაა: ახალი ჯიშის (სორტი) მცენარეებისა და ხეების გამოყვანა რომელთა ფოთლებსაც უფრო მაღალი ალბედო გააჩნიათ, სახურავების გადაღებვას თეთრ ფერზე, სარკეების დაყენებას დედამიწის ახლო ორბიტაზე, მყინვარების დაფარვას მზის სხივებისაგან და სხვა.

დიდი ძალისხმევა იხარჯება საწვავზე მომუშავე ენერჯის წყარობის შესაცვლელად არატრადიციული წყაროებით, ისეთებით როგორებიცაა მზისა და ქარის დანადგარები, ზღვის მოქცევაზე მომუშავე ელექტრული სადგურები, ჰიდროელექტროსადგურები და სხვა.

არსებობს ძალზედ ორიგინალური შემოთავაზებებიც, ვთქვათ შენობების გათბობა ადამიანის სხეულის სითბოთი ან კიდევ გზების მოყინვისაგან დაცვა სინათლი სხივების საშუალებით და სხვა მრავალი.

დიდი ყურადღება ეთმობა ენერგორესურსების რაციონალ ხარჯვას, რისთვისაც უმჯობესდება ავტომობილების ძრავების მარგი ქმედების კოეფიციენტი. მიმდინარეობს შიგაწვის ძრავებზე მომუშავე მანქანების ჩანაცვლება პიბრიდული ავტომობილებით.

მომავალში უდიდესი მნიშვნელობა ექნება ელექტრული ენერჯის წარმოების დროს ატმოსფეროში გატყორცნილი სათბურის აირების დაჭერას და და იქ არსებული ნახშირმჟავა აირის ოკეანის მრავალკილომეტრიან სიღრმეებში ჩამარხვას, სადაც ის გაიხსნება ოკეანის წყალში.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს მიერ ჩამოთვლილი CO₂-ის ნეიტრალიზაციის მეთოდები საკმაოდ ძვირადღირებულია. საკმარისია აღინიშნოს, რომ დღეისათვის ერთი ტონა CO₂-ის დასაჭერად საჭიროა 100 დან 300 დოლარამდე. რაც აღემატება ტონა ნავთობის საბაზრო ღირებულებას. თუ იმასაც გავითვალისწინებთ, რომ ერთი ტონა სასთბობის დაწვის შედეგად წარმოიქმნება დაახლოებით სამი ტონა CO₂, მაშინ ცხადი გახდება, თუ რატომ კარგავს ნახშირმჟავა აირის შეკავების ბევრი თანამედროვე მეთოდი აქტუალურობას.

სათბურის აირების ატმოსფეროში გამოსტყორცნის წინააღმდეგ ბრძოლის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ღონისძიებად უნდა მივიჩნიოთ საკანონმდებლო ნორმატივების შემუშავება. ასეთ დოკუმენტებს განეკუთვნებიან გაეროს 1992 წლის ჩარჩო კონვენცია კლიმატის ცვლილების შესახებ და კიოტოს 1999წლის ოქმი, რომელსაც ხელი მსოფლიოს მრავალმა ქვეყანამ მოაწერა, თუმცა რიგი ქვეყნების მიერ, რომლებზეც მოდის მსოფლიოში გამონაბოლქვის უდიდესი წილი, ეს დოკუმენტები რატიფიცირებული არ იქნა. ცნობისათვის, დღეისათვის ყველა ტიპის გამონაბოლქვების აბსულიტური უმრავლესობა, დაახლოებით 40% ამერიკის შეერთებულ შტატებზე მოდი, თუმცა ბოლო იმფორმაციებით მას ჩინეთმა გაუსწრო.



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



სამწუხაროა, მაგრამ ფაქტია, რომ ვიდრე ადამიანი ყველაზე მაღლა საკუთარ კეთილდღეობას დააყენებს, პროგრესი გლობალური დათბობის წინააღმდეგ ბრძოლაში ნაკლებადაა მოსალოდნელი.

ლიტერატურა:

- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]* IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- IPCC, 2013: *Index. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- <https://www.globalchange.gov/about>

GLOBAL WARMING, GREENHOUSE EFFECT AND THE WORLD CLIMATE

O. Zivzivadze, L. Zivzivadze, A. Zivzivadze
 Akaki tsereteli State University

Summary

The paper dwells on the causes of global warming, and the mechanisms contributing to it, as well as on the analysis of its possible consequences. The paper also describes the world climate and presents some hypotheses on the causes of its change. The paper places great importance on possible development scenarios of global warming and presents the perceptions of distinguished researchers on lowering the intensity of these processes.

შიგაწვის ძრავების გარემოზე ზემოქმედების შეფასება

თოფურია რ., დანგაძე ი., მარკელია ბ.
 აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სტატიაში შიგაწვის ძრავი წარმოდგენილია როგორც სამრეწველო ეკოლოგიის ნაწილი, რომელიც განიხილავს ტექნიკის ზემოქმედებას ბუნებაზე. ეს შეიძლება იყოს ერთეული ძრავის მიერ – ლოკალური ზემოქმედება, ან ექსპლუატაციაში მყოფი ძრავების ჯამური გლობალური ზემოქმედება.

ეს პროცესი სათავეს იღებს სასარგებლო წიაღისეულის მოძიებასა და მოპოვებაში, რომლებიც გამოიყენება კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო მასალების დასამზადებლად და ძრავის შექმნისთვის.

შიგაწვის ძრავების წარმოების და გამოყენების თანამედროვე მასშტაბებმა მკვეთრად გაზარდა მათი ზემოქმედება გარემოზე.

დღეისათვის შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვის რაოდენობა ისეთია, რომ მათ მნიშვნელოვნად შეუძლიათ შეცვალონ ჰაერის შემადგენლობაში შემავალი ქიმიური ნივთიერებების კონცენტრაცია, ასევე ისინი ზემოქმედებენ წყალსა და ნიადაგზე, საშიში ხდებიან უპირველეს ყოვლისა, ადამიანის და სხვა ბიოლოგიურ არსებათა სიცოცხლისათვის. დედამიწაზე ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობების დიაპაზონი, გარემოს ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლების ცვლილების თვალსაზრისით, ძალზე ვიწრო შუალედში მერყეობს.

მცნება, შიგაწვის ძრავების ეკოლოგიური მახასიათებლების შესახებ, საჭიროა გავიაზროთ როგორც სამრეწველო ეკოლოგიის ნაწილი, რომელიც განიხილავს ტექნიკის ზემოქმედებას ბუნებაზე. ეს შეიძლება გამოწვეული იყოს ერთეული ძრავის მიერ – ლოკალური ზემოქმედება, ან ექსპლუატაციაში მყოფი ძრავების ჯამური გლობალური ზემოქმედება.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



შიგაწვის ძრავების ეკოლოგიურ მახასიათებლებს მიეკუთვნება ის მახასიათებლები, რომლებიც უშუალო ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე. თერმოდინამიკის მეორე კანონის მიხედვით შიგაწვის ძრავების მუშაობისას ხდება გარემოზე თბური ზემოქმედება. რაც უფრო მაღალია ძრავის მ.კ.კ. და რაც უფრო მეტია საწვავის ეკონომიურობა, მით უფრო კარგია მისი ეკოლოგიური თვისებები.

ძრავის ციკლური მუშაობა და საწვავის წვის პროცესი განაპირობებს ჰაერის მოხმარებას და ძრავის ცილინდრში ქიმიური გარდაქმნების შედეგად მიღებული მავნე ნივთიერებების შემცველობას გამონაბოლქვში.

გარდა სითბოსი და მავნე გამონაბოლქვისა, ძრავები გარემოზე ზემოქმედებას ახდენენ მექანიკური ენერგიით, აკუსტიკური გამოსხივებით და სხვა (ნახ.1.)

ამგვარად, ჯამური მანქანებლები, რომლებიც ახასიათებენ შიგაწვის ძრავების გარემოზე ზემოქმედებას შემდეგია:

- ა) თბური და მავნე გამონაბოლქვი ნივთიერებებით ზემოქმედება;
- ბ) აკუსტიკური ზემოქმედება;
- გ) კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო მასალები, რომლებიც იხარჯება ძრავის დასამზადებლად და შემდგომი ექსპლუატაციისას;
- დ) ენერჯის რაოდენობა, რომელიც იხარჯება ძრავების წარმოებაზე და ძრავისთვის გამოყენებული მასალები როგორ განაპირობებენ ძრავის ეკოლოგიური სისუფთავის ხარისხს.

უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა აღინიშნოს ძრავის შექმნის პერიოდში გარემოზე ტექნიკური ზემოქმედება. ეს პროცესი სათავეს იღებს სასარგებლო წიაღისეულის მოძიებასა და მოპოვებაში, რომლებიც გამოიყენება კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო მასალების დასამზადებლად და ძრავის შექმნისთვის. დამზადების ტექნოლოგიურ პროცესებს თან სდევს მავნე ნარჩენები, რომლებიც ძირითადად კონცენტრირდება ქარხანა-დამამზადებლის ტერიტორიაზე. ტექნოლოგიური პროცესების (ჩამოსხმა, ჭედვა, მექანიკური დამუშავება, აკრება) ეკოლოგიური ხარისხის შეფასება და შედარებითი ანალიზი – რთული დამოუკიდებელი ამოცანაა. ამ შემთხვევაში შემოვიფარგლოთ ზოგადი დახასიათებით, როგორცაა ენერჯის და ნახარჯების სიდიდე, რომელიც საჭიროა ერთეული რაოდენობის მასალის (თუჯი, ფოლადი, ფერადი ლითონები, პლასტმასები და ა.შ.) ან თვით ძრავის დამზადებაზე.

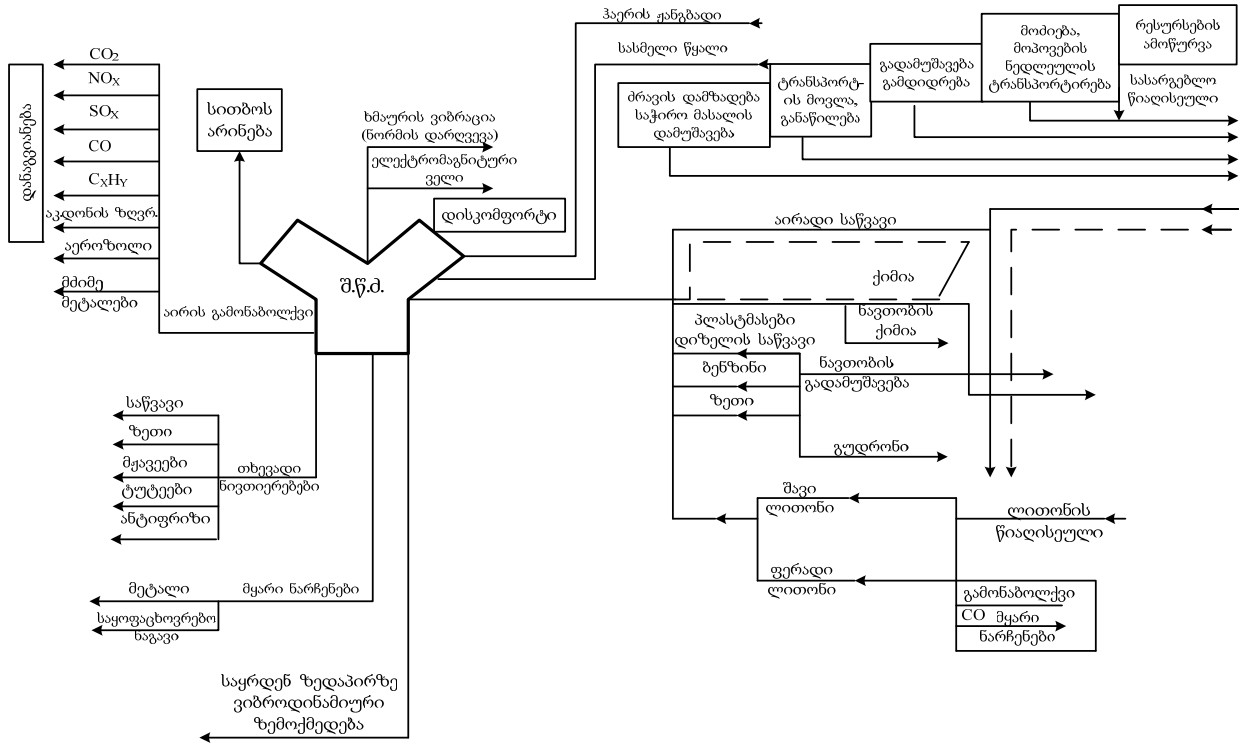
ძირითადი საკონსტრუქციო და საექსპლუატაციო მასალების (მეტალი, პლასტმასი, რეზინის ნაკეთობანი), საწვავისა და ზეთების მონაცემები მოცემულია ცხრილ 1-ში. გამონაბოლქვის ყველა სიდიდე ხვედრით ერთეულებშია, ე.ი. მათი რაოდენობა შეფარდებულია მასალის ერთეულოვანი მასის რაოდენობასთან. ეს ცხრილი საშუალებას იძლევა შევაფასოთ არსებული და დასაპროექტებელი ძრავების კონსტრუქციების სრულყოფა და გამოვიტანოთ დასკვნა როგორია გარემოზე ეკოლოგიური ზემოქმედების ხარისხი ძრავისთვის საჭირო მასალების წარმოებისას.

ბუნებრივია ამ დროს აუცილებელია ვიცოდეთ, ძრავის დამზადებისთვის საჭირო მასალების ხარჯი. არსებული ძრავების დამზადებისთვის საჭირო მასალების ფაქტიური ხარჯი ცნობილია. ახალი ძრავის დაპროექტებისას პირველ მიახლოებაში საკმარისია ვიცოდეთ ძრავის მასა.

ამ მიზნებისთვის შეიძლება ვისარგებლოთ ნახ.2 – ით სადაც მოცემულია სიმძლავრისაგან დამოკიდებულებით ძრავის ხვედრითი მასის ($M_{ჩვ}$) მნიშვნელობები, რომლის საშუალებითაც შეიძლება შეფასებული იქნას გარემოზე საერთო თბური ზემოქმედების რაოდენობრივი მახასიათებლები.



V სამართაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

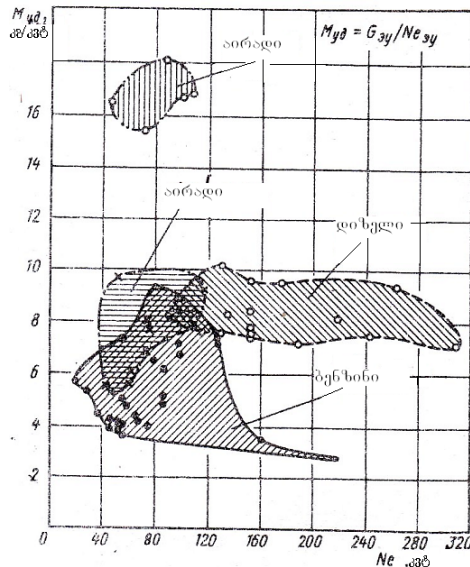


ნახ. 1. შიგაწვის ძრავის გარემოზე ზემოქმედების საილუსტრაციო სქემა

ცხრილი 1.

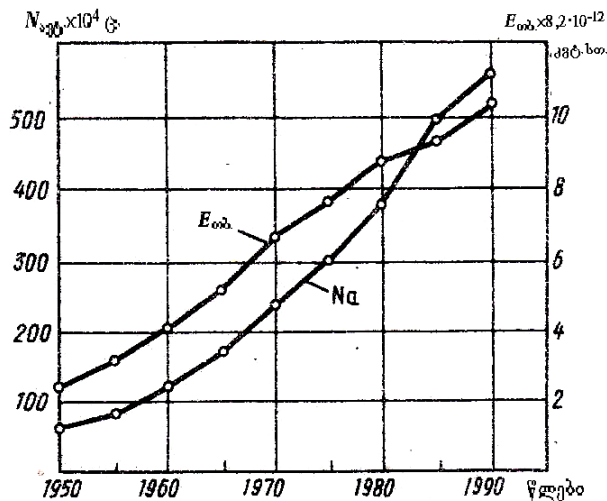
ზოგადად შიგაწვის ძრავის ზემოქმედება გარემოზე

მაჩვენებლის დასახელება	საკონსტრუქციო მასალა						საექსპლოატაციო მასალა		
	ფოლადი, თუჯი	ალუმინი	სპილენძი	ტყვი, სურმა	პლასტმასი	რეზინა	ბენზინი	დიზელის საწვავი	ძრავის ზეთი
აეროზოლი, გ/კგ	548,6	3,82	9,24	9,12	4,85	5523,59	3,59	2,53	35,9
CO ₂ , გ/კგ	1898,7	1705,2	764,4	676,2	3550	860,702	695,5	489,6	69,55
CO, გ/კგ	1542,8	15,08	83,53	69,45	8,75	2471,2	15,43	10,86	154,3
NO _x , გ/კგ	3,46	22,8	10,22	9,04	3,7	0,69	1,9	1,34	19,0
CH, გ/კგ	8,61	0,17	0,08	0,07	85,7	152,01	8,92	6,28	89,2
SO _x , გ/კგ	22,15	120,06	1122	194,0	61,0	437,68	21,81	15,36	218,1
მოსმარება, მ ³ /კგ	2,59	2,9	1,3	1,15	5,0	14,7	1,498	1,054	14,981
ენერგოსარჯები კვტსო/კგ	15,15	58,0	26,0	23,0	33,7	40,99	4,96	3,49	49,6



ნახ. 2. ძრავის ხვედრითი მასის დამოკიდებულება სიმძლავრისაგან

გარემოში გამოტყორცნილი თბური ენერგიის საერთო რაოდენობა და ზომები შეიძლება დავახასიათოთ მონაცემებით, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.3-ზე



ნახ. 3. ენერგიის მოხმარება და ავტომობილების რაოდენობა.

ეს დიაგრამა გვიჩვენებს ადამიანის მიერ მოხმარებული ენერგიის საერთო რაოდენობას $E_{თბ}$, და მსოფლიოში 50-90 წლებში ექსპლუატაციაში მყოფი ავტომობილების საერთო რაოდენობას- N_e . ცხადია, რომ მუშა მდგომარეობაში მყოფი შიგაწვის ძრავების რაოდენობა შედარებით მეტია, ვიდრე ავტომობილების რაოდენობა, რადგან აუცილებელია გავითვალისწინოთ მოტოტექნიკა, სასოფლო-სამეურნეო და საგზაო-სამშენებლო მანქანები, სტაციონალური დანადგარები, გემები და თვითმფრინავები დღეშიანი და რეაქტიული ძრავებით. ყოველივე ამის გათვალისწინებით შიგაწვის ძრავების რაოდენობა აღნიშნულ წლებში ორ მილიარდს უახლოვდება, ხოლო 2015 წლისათვის ავტომობილის რაოდენობა მილიარდზე მეტია, ძრავების რაოდენობა კი ორნახევარ მილიარდს აღემატება და არ იქნება შეცდომა, თუ ჩათვლით, რომ ყველა შიგაწვის ძრავების მიერ გამოიმუშავებული თბური ენერგიის ნაწილი გადაეცემა გარემოს, რაც იწვევს მის გლობალურ დათბობას. თუკი შევადარებთ ერთმანეთს იმ მონაცემებს, რომელიც ნახ 3-ზე 2015 წლისათვის არის ნაჩვენები, მაშინ მივიღებთ შემდეგ სურათს:



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



1950-1970 წლებში ნაზრდი შეადგენს 343-ჯერ მეტს ვიდრე მანამდე. 1970-1990 წლებში ნაზრდი შეადგენს 233-ჯერ მეტს ვიდრე მანამდე, ხოლო 1990-2010 წლებში ნაზრდი შეადგენს 17857,1-ჯერ მეტს ვიდრე მანამდე. ასევე შეიძლება ითქვას ძრავების მიერ გამოძეული თბური ენერჯის ნაწილზე, რომელიც გადაეცემა გარემოს.

ამავდროულად ადგილი აქვს ჰაერის ხარჯვის პროცესს. ერთი კილოგრამი ბენზინის სრული წვისთვის თეორიულად სჭირია 14,95 კგ ჰაერი, ხოლო დიზელის საწვავისთვის კი 14,45 კგ და ასევე ადგილი აქვს 1-კგ საწვავის წვის შედეგად მეტი რაოდენობის წვის პროდუქტების გამოფრქვევას გარემოში ვიდრე საჭიროა სრული წვისათვის, რომლის უმეტეს ნაწილს წარმოადგენს ნახშირორჟანგი CO₂. CO₂-ეკოლოგიურად საშიშ ნივთიერებას წარმოადგენს, რადგან სხვა ქიმიურ ნივთიერებებთან ერთად ისინი დედამიწის ზედაპირიდან სითბოს არინების პროცესს უშლიან ხელს, რაც „სათბურის“ ეფექტის წარმოქმნის საშიშროებას ქმნის, ამავე დროს ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურის გაზრდას იწვევს. გამონაბოლქვში CO₂-ის რაოდენობრივი შემცირება შეიძლება განხორციელდეს ძრავებში საწვავად, შეკუმშული ბუნებრივი გაზისებრი საწვავის გამოყენებით. გამონაბოლქვში CO₂-ის შემცირება შეიძლება აგრეთვე უშუალოდ ძრავში ბუნებრივი აირის კონვერსიით წყლის ორთქლთან, რადგან კონვერსიული რეაქციები ენდოთერმულია. ძრავებში კონვერსიის ასეთი რეალიზაციისას სითბოს გამოყენების კოეფიციენტი იზრდება, რადგან კონვერსიის დროს წარმოქმნილი სინთეზური გაზი ხასიათდება უფრო მაღალი თბოუნარიანობით, ვიდრე საწყისი აირადი საწვავი. ასევე უფრო მეტ დადებით ეფექტს მოგვცემს ანალოგიური სქემით გამოყენებული საწვავი სპირტი-მეთანოლი. CO₂-ის შემცირების შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს შიგაწვის ძრავებში საწვავად წყალბადის და ბიოსაწვავების გამოყენება. მომავლისთვის დიზელის ძრავის საწვავის შემცვლელად მოგვევლინება „დიმეტრილფერი« (დმე-CH₃-O-CH₃) მისი ძირითადი უპირატესობა არის უკვამლო წვა, NO_x და ხმაურის შემცირება. ასევე ახდენენ დიზელის ან გაზოდიზელის ან ნაპერწკლური ანთების მქონე გაზის საწვავზე მომუშავე დიზელის კონვერტირებას.

ნამწვი აირების შემადგენლობაში სამასამდე ქიმიურ ელემენტს ითვლიან, რომელთა შორის მთავარ ყურადღებას იპყრობს ტოქსიკური მდგენელები CO, CH, NO_x და ჭვარტლი. ტოქსიკურს უწოდებენ იმ ნივთიერებებს, რომლებიც მაგნე ზეგავლენას ახდენს ცოცხალ ორგანიზმზე და გარემოზე.

ძალზე ხშირად შიგაწვის ძრავის ეკოლოგიური სრულყოფის ღონისძიებები მიმართულია იმ საშუალებების ძიებაში, რომლებიც გამონაბოლქვში ტოქსიკური ელემენტების რაოდენობის შემცირებას გამოიწვევს. უპირობოდ ტოქსიკური ნივთიერებები მაგნეა და მათი შემცირება აუცილებელია, მაგრამ შიგაწვის ძრავის სრულყოფის ღონისძიებები ამით არ შემოიფარგლება. ნამწვი აირები აგრეთვე შეიცავს კონცეროგენულ, გოგირდისა და ტყვიის ნაერთის ნივთიერებებს და მრავალ სხვა მდგენელებს, რომლებიც ტოქსიკურობის ხარისხით უფრო საშიშია, ვიდრე CO, CH, NO_x.

ნამწვა აირების გარდა ძრავის ტოქსიკურობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მდგენელად ითვლება კარტერის აირები და საწვავის ორთქლის გაჟონვა ატმოსფეროში. რაოდენობრივად ნამწვი აირებს ყველაზე მეტი ტოქსიკური ნივთიერებები გამოაქვს ატმოსფეროში, ამიტომ მისი ტოქსიკურობის შემცირებას ექცევა მთავარი ყურადღება.

სატრანსპორტო საშუალებების ჰიგიენური შეფასება როგორც გარემოს გაბინძურების წყარო, ხდება შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინებით, ნამუშევარი გაზების ქიმიური შედგენილობით და რაოდენობით, რომელიც დროის ერთეულში გამოიყოფა, კომპონენტების ტოქსიკური და კონცეროგენული თვისებებით, აგრეთვე მოცემული კომპლექსური მაჩვენებლებით მათი მუშაობის ეფექტურობის კონკრეტულ ან გასაშუალებულ პირობებში ექსპლუა-



ტაციისას. ე.ი. შესრულებული მუშაობის გათვალისწინებით.

ტოქსიკური კომპონენტების პირველ წყაროს გამონაბოლქვ გაზებისთვის წვის კამერა წარმოადგენს, რომელიც რეალურად ქიმიურ რეაქტორს წარმოადგენს. წვის თეორიის თანამედროვე დონე ჯერ კიდევ არ იძლევა იმის საშუალებას, რომ ანალიზურად გაანგარიშების საშუალებით, შეიქმნას ახალი, მცირე ტოქსიკური წვის კამერები, რომელსაც არ სჭირდება დაყვანა. ჩვეულებრივად ახალი წვის კამერების შექმნა მათი კონსტრუირება, გამოცდილების საფუძველზე, თეორიული რეკომენდაციების გათვალისწინებით და შრომატევადი დაყვანის პროცესებით არის შესაძლებელი.

თანამედროვე პირობებში იქმნება ტენდენცია ნარევის ერთგვაროვნების ხარისხის ამაღლება, რომელიც წვის კამერაში მიეწოდება, რომელსაც მიყვავართ რიგ გარემოებებამდე, რომელთა შორის მთავარია – წვის პროცესის ინტენსიფიკაცია, ბრძოლა იმისათვის, რომ შემცირდეს ტოქსიკურობა და კონცეროგენული ნივთიერებები გამონაბოლქვ აირებში, საჭიროა შემცირდეს საწვავის ხარჯი და აუცილებლობა იმის, რომ არ წარმოიშვას მინაწვავი დგუშის ძირსა და წვის კამერის კედლებზე და ისეთი ალტერნატიული საწვავების გამოყენება, რომელიც მცირედ შეიცავს ნახშირბადს ანუ ბიოსაწვავები.

- კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით (გრანტი №DP2016_5).

ლიტერატურა

1. რ. თოფურია, რ. მგელაძე-სატრანსპორტო საშუალებები და ეკოლოგიური უსაფრთხოება. ქუთ., აწსუ გამომც. 2014, გვ.323.
2. В. Л. Жданов, Е. А. Григорьева, А. Н. Карасев. Экологические проблемы автомобильного транспорта-Кемерово: «Кузбассвуиздат», 2014.-202 с.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF INTERNAL ENGINES

R.Topuria, I.Dangadze, B. Markelia
Akaki tsereteli State University

Summary

The study provides a comprehensive analysis of the environmental impact of internal combustion engines. The chemical, as well as biological, heat and noise impacts are discussed.

The paper also discusses the problems of spending natural resources.

**მდინარე რიონი, რიონზე მდებარე ბუმათის
ჰიდროელექტროსადგურის წყალსაცავის ბარეცხვის
პროცესები და განვითარების პერსპექტივები**

ნოსელიძე ჯ., მომცემლიძე შ., ნოსელიძე გ., კალაძე დ.
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნაშრომში განხილულია მდინარე რიონის კალაპოტური პროცესების ცვლილების შესახებ: ლაჯანური, გუმათი I, გუმათი 2-ისა და რიონჭყვის კაშხლის მშენებლობის შემდეგ პერიოდში. აგრეთვე განხილულია მრავალმიზნობრივი დანიშნულების გუმათჭყვის წყალსაცავის 2017 წლის მაისის წყალსაცავის გარეცხვის პროცესები და განვითარების პერსპექტივები.



სურ. 1. მდინარე რიონი რუსთაველის ხიდსა და თეთრი ხიდის მონაკვეთზე.



სურ. 2. მდინარე რიონი გუმათის ჰიდროელექტროსადგურის მონაკვეთზე 2017 წლის 11 მაისის წყალსაცავის ნატანი მასალიდან ჰიდრაულიკური გარეცხვის მომენტში.



სურ. 3. წყალსაცავის მონაკვეთზე კუნძულის გარეცხვის მომენტი (2017 წლის 11 მაისს)



სურ 4. წყალსაცავის მონაკვეთზე გააქტივებული ნაკადი მდინარის მარჯვენა ნაპირზე და ნაკადის სიმღვრივე გუმათი 1 კაშხლის კვეთში (2017 წლის 11 მაისს)



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



რიონის ჩამონადენი წყლის სეზონების მიხედვით: გაზაფხულზე წლის ჩამონადენი – 38.8 %, ზაფხულში – 28.5%, შემოდგომაზე – 18.4%, ზამთარში – 14.3% ჩამონადენის განაწილება საზრდოობის მიხედვით ასეთია: მიწისქვეშა წყლებისა 34.7%, წვიმი-სა – 32.5%, თოვლისა – 28.2%, მყინვარული წყლებისა – 4.6%. რიონს შავ ზღვაში წლიურად 12.9 კმ³ წყალი და დიდი რაოდენობით მყარი ჩამონადენი შეაქვს. მყარი ჩამონადენის საშუალო წლიური ოდენობა იზრდება სათავიდან შესართავისკენ: სოფელ ღებთან იგი შეადგენს 96 ათ.ტ. ხიდიკართან-2.2 მლნ. ტ, სოფელ ნამახვანთან – 4.9 მლნ. ტ. საკო-ჩაკიძესთან – 6.9 მლნ.ტ.

აღნიშნულიდან გამომდინარე მდინარე რიონი არის მთის მდინარე, რომელიც ხასიათდება უხვი თხევადი და მყარი ჩამონადენით. სახელმწიფო წყლის კადასტრის მონაცემებით მან: 1984 წელში შავ ზღვაში შეიტანა 7.0 მლნ. ტ., 1985 წელს 4.7 მლნ. ტ., 1986 წელს 7.6 მლნ. ტ. ნატანი მასალა. [1,2,3].

მდინარე რიონზე რიონჰესის სათავე ნაგებობის (კაშხლის) აშენების შემდეგ რიონის წყლის ჩამონადენის $Q = 80$ მ³/წმ ჯერ გვირახით და შემდეგ არხით მიმართული არის საღორის მუხნარის მიმართულებით. რიონის თითქმის მთელი ჩამონადენი ამუშავებს რიონჰესის სადგურს. ნამუშავერი წყალი ჩაედინება ვარციხჰესის წყალსაცავში.

საპროექტო მონაცემებით სანიტარული ხარჯი რიონის ძველ კალაპოტში (ქუთაისის მონაკვეთზე) უნდა იყოს $Q = 16$ მ³/წმ. მრავალწლიანმა გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ წყალმცირობის პერიოდში აღნიშნული ხარჯი არ მიეწოდება ძველ კალაპოტს. სურ.1.

აქედან გამომდინარე, იმისათვის, რომ მდინარე რიონის ძველი კალაპოტი (ქუთაისის მონაკვეთზე) მოექცეს ნორმალური ეკოლოგიურად საექსპლოატაციო პირობებში ძველ კალაპოტში ავაშენოთ ჰიდროელექტროსადგურები. მათი დაპროექტება მოხდეს ორთა-ჭალჰესის პროექტის გათვალისწინებით. აღნიშნული სადგურების მშენებლობა საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ დამატებითი ელექტროენერგია და აგრეთვე ვარეგულიროთ წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის კატასტროფული წყლის ნაკადის ჩამონადენი. ასეთი კაშხლებით რეალურად დავიცავთ ქ. ფოთს დატპორვისაგან და ზღვის სანაპირო ზოლს გარეცხვისაგან.

გუმათის წყალსაცავის გარეცხვითი სამუშაოების დაწყების მომენტისათვის რიონის კალაპოტში კაშხალთან მახლობლობაში სურ. 2. იყო კუნძული (მეზოფორმა) რომლის მონაკვეთზე მდინარის კალაპოტი გაყოფილი იყო ორ ტოტად. გარეცხვის მიმდინარეობის პერიოდში მარცხენა ტოტის ნაკადმა იწყო შემცირება შესაბამისად გააქტიურდ მარჯვენა ტოტის ნაკადი სურ. 3. წყლის ნაკადმა დაიწყო მარჯვენა ნაპირის მოხვეული მონაკვეთის გარეცხვა სურ. 3. მარჯვენა ნაპირის გარეცხვის ნაპირზე მდებარე ტყის მრავალწლიანი თხემლის ხეები მოთხარა, გადაატარა გუმათის კაშხალზე და მდინარე ამ მონაკვეთზე დაუბრუნდა ძველ კალაპოტს.

გარეცხვითი სამუშაოების სავსე დაკვირვებამ გვიჩვენა, რომ გარეცხვითი სამუშაოების ჩატარების დროს ძირითადად გამოიკვეთა მდინარის ვიწრო კალაპოტის გარეცხვის მიმდინარეობა. მდინარის ჭალაში ისევ დარჩა მოღამული მასალის დიდი მასა. გარეცხვის შედეგად წყალსაცავის მოცულობა გახდა 3 მლნ. მეტრ კუბი.

წყალსაცავის გარეცხვითი სამუშაოების მიმდინარეობის დროს ნაკადის სიმღვრივე იზრდება და აღწევს მაქსიმუმს. გარეცხვის მიმდინარეობის დროს დაძირული ფარები გახსნილია, რაც იძლევა საშუალებას წყალსაცავიდან მსხვილი ნატანი მასალა გადაიტანოს ზედა ბიეფიდან ქვედა ბიეფში. სიმღვრივის კონცენტრაცია ძირითადად დამოკიდებულია ნაკადის ტრანსპორტუნარიანობაზე სურ. 4.



ლიტერატურა

1. Николаишвили Э. Л. Государственные комитет СССР по гидрометеорологии. Грузинское республиканское управление по гидрометеорологии. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Тбилиси. 1984. Том VI. Ст. 261.
2. Николаишвили Э. Л. Государственные комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Грузинское республиканское управление по гидрометеорологии и контролю природной среды. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Тбилиси. 1985. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Том VI. Ст. 273.
3. Николаишвили Э. Л. Государственные комитет СССР по гидрометеорологии. Грузинское республиканское управление по гидрометеорологии. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Тбилиси. 1986. Часть 1. Реки и каналы. Часть 2. Озера и водохранилища. Том VI. Ст. 262.

RIONI RIVER, TYHE WASHING PROCESSES THE GUMATI HPP WATER RESERVOIR LOCATED ON THE RIONI RIVER AND DEVELOPMENT PROSPECTS.

Noselidze J., Momtsemlidze Sh., Noselidze G., Kaladze D.

Akaki Tsereteli State University

Summary

The article discusses changes in the river processes of the River Rioni, after the construction of the dams Lajanuri, Gumati I, Gumati II, Rioni hpp. It also discusses the process water washed of reservoir Gumati hpp in May 2017 year.

**საქართველოში ნარჩენების უმბროვებისა და გადამუშავების
ბიზნესში არსებული გამოწვევები და საჭიროებები**

ცხაკაია ქ., მოსეშვილი თ., გამყრელიძე ე.
იმერეთის მხარის მეცნიერთა კავშირი “სპექტრი”,
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოყვანილია რეციკლირების სექტორში მოქმედი მცირე და საშუალო ბიზნესის გამოკითხვის შედეგები, მათი საჭიროებები და განვითარების პერსპექტივები. გამოკითხვა ჩატარდა იმერეთის მხარის მეცნიერთა კავშირ “სპექტრის” პროექტის ფარგლებში, რომელიც დააფინანსა აშშ საელჩომ საქართველოში.

2016 წლის 1 აპრილს მიღებული იქნა საქართველოს ნარჩენების მართვის ეროვნული სტრატეგია 2016-2030 წწ. და სამოქმედო გეგმა 2016-2020 წწ. საქართველოს ნარჩენების მართვის სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა საქართველოს ნარჩენების მართვის პოლიტიკის განუყოფელი ნაწილებია. სტრატეგია ითვალისწინებს შესაძლებლობების ფარგლებში ნარჩენების პრევენციას, ხელახალ გამოყენებას, რეციკლირებას ან/და აღდგენას. ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას ამ მიზნის მისაღწევად წარმოადგენს ქაღალდის, პლასტიკის, მინისა და მეტალის წარმოშობის წყაროსთან სეპარირების სისტემის ჩამოყალიბება. როგორც ცნობილია, მუნიციპალიტეტებს ნარჩენების სეპარირებული შეგროვების სისტემის ეტაპობრივი დანერგვის ვალდებულება ეკისრებათ 2019 წლიდან. დასახულია რეციკლირების მინიმალური მაჩვენებლების ეტაპობრივი მიღწევა.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ამასთან ერთად, 2019 წლიდან საქართველოში საგრძნობლად გაიზარდა მოთხოვნილება ნარჩენების გადამამუშავებელ საწარმოებზე. საჭირო გახდება, რომ საწარმოებმა გადაამუშაონ უფრო მეტი სეპარირებულად შეგროვებული ნარჩენები. ნარჩენების გადამამუშავება არის ბიზნესის ის სექტორი, რომელიც სწრაფად უნდა განვითარდეს, რათა მინიმალურად მაინც იქნას უზრუნველყოფილი ის მოთხოვნები, რომლის წინაშე უკვე დგას ნარჩენების მართვის სექტორი ქვეყანაში.

ნარჩენების შეგროვებისა და რეციკლირების სფეროში არსებული პრობლემების, მათი გამომწვევი მიზეზების გამოვლენის, მათი შესაძლო გადაჭრის გზების მოძიების მიზნით იმერეთის მხარის მეცნიერთა კავშირ „სპექტრის“ მიერ ჩატარდა ბიზნესის ამ სექტორში მომქმედ მეწარმეთა გამოკითხვა. მეწარმეებს საშუალება მიეცათ გამოეხატათ თავიანთი ხედვა რეციკლირების განვითარების პერსპექტივების, ბიზნესის სამთავრობო და არასამთავრობო სექტორთან ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეწყობის ეფექტური მექანიზმების ჩამოყალიბების შესახებ.

ჩატარებულ გამოკითხვაში მონაწილეობა მიიღო ქუთაისში, ბათუმსა და თბილისში პლასტიკის, ქაღალდისა და ალუმინის შეგროვებისა და გადამამუშავების სფეროში მომქმედმა მეწარმეებმა.

დღევანდელი მდგომარეობით ბიზნესის ეს მიმართულება შეიძლება პირობითად დავყოთ შემდეგნაირად:

- საწარმოები, რომლებიც დაკავებული არიან მხოლოდ ნარჩენების შეგროვებით და მათთვის სასაქონლო სახის მიცემით, შემდგომი რეალიზაციის მიზნით;
- საწარმოები, რომლებიც ნარჩენებს იყენებენ როგორც ძირითად ნედლეულს, ან როგორც დანამატს თავიანთი პროდუქციის დამზადებისას.

გამოკითხვაში მონაწილეობა მიიღეს საშუალო და მცირე საწარმოთა წარმომადგენლებმა:

- ქუთაისიდან - 5 საწარმო, მათ შორის პლასტიკის გადამამუშავებელი 3 საწარმო, მაკულატურის მიმღები საწარმო- 1 და ალუმინის შემგროვებელი საწარმო -1;
- ბათუმიდან -2 საწარმო, მათ შორის 1- პლასტიკისა და მაკულატურის შემგროვებელი საწარმო და 1 ქაღალდის გადამამუშავებელი საწარმო;
- თბილისიდან -1 საწარმო (პლასტიკის, მუყაოსა და მაკულატურის, მინის შემგროვებელი საწარმო).

როგორც გამოკითხვის აბალიზმა გვიჩვენა, მეწარმეთათვის მნიშვნელოვანია ნედლეულის ხელმისაწვდომობა და სიააფე. პლასტიკის გადამამუშავებელი საწარმოების უმრავლესობა დამოკიდებულია იმპორტირებულ ნედლეულზე. კერძოდ, პოლიეთილენისა და პოლიპროპილენის გრანულების შემოტანა მათ სხვა ქვეყნებიდან უხდებათ. საქართველოში პლასტიკის ნარჩენების სეპარირების დაბალი დონისა და თანამედროვე საჭირო ტექნიკური აღჭურვილობის არქონის გამო ვერ ხერხდება ადგილობრივი ნედლეულის წარმოება. თუმცა, არის მცდელობა იმისა, რომ ადგილზე მოხდეს შეგროვებული პლასტიკის დახარისხება და მათი გრანულირება. მაგრამ აღნიშნული ნედლეული ხარისხობრივად ვერ პასუხობს ტექნოლოგიური პროცესის პირობებს და ამჯერად ბაზარზე მცირეა მასზე მოთხოვნა.

ქაღალდის რეციკლირების სფეროში გამოკითხულ მეწარმეთათვის ნედლეულის მოპოვება სირთულეს არ წარმოადგენს. მუნიციპალიტეტებში გახსნილია მაკულატურის მიმღები მცირე საწარმოები, რომლებიც მოსახლეობისაგან და დაწესებულებებისაგან ღებულობენ ქაღალდისა და მუყაოს ნარჩენებს, ახარისხებენ მათ, წნეხავენ



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



და აძლევენ სასაქონლო სახეს. ქაღალდის გადამამუშავებელ საწარმოებს თავიანთი მაკულატურის მიმღები საწარმოების ქსელი გააჩნიათ.

მეორადი ალუმინის ქილების შემგროვებელი საწარმოთათვის გაძნელებულია ნედლეულის მოპოვება. მიუხედავად იმისა, რომ მოსახლეობა დიდი რაოდენობით მოიხმარს ალუმინის ქილებში ჩამოსხმულ სასმელებს, მუნიციპალიტეტებში ჯერ არ ხდება მათი ორგანიზებულად შეგროვება და არც მოსახლეობა არის ინფორმირებული მათი შეგროვების შესახებ. ამჟამად მათთვის საჭირო ნედლეულს მეწარმეები საკუთარი ბიზნეს-კონტაქტების საშუალებით მოიპოვებენ.

პლასტიკის შემგროვებელი მეწარმეები შეგროვებული პლასტიკის ნარჩენებს ნაკრავლებად დაწნეხილი სახით სასაქონლო სახეს აძლევენ. ისინი მხოლოდ მათი რეალიზაციით არიან დაკავებული. რეალიზაცია ხდება როგორც ქვეყნის შიგნით, ასევე ქვეყნის ფარგლებს გარეთ.

გადამამუშავებელ საწარმოების პროდუქციას პლასტმასის სხვადასხვა სახის საოჯახო ნივთები, სასოფლო-სამეურნეო ინვენტარი, ხილის ყუთები, მაღალი და დაბალი წნევის სხვადასხვა დიამეტრის მილები წარმოადგენს. პროდუქციის მომხმარებლები ადგილობრივი მოსახლეობა და მეწარმეები არიან.

ადგილობრივ მეწარმეთათვის პლასტმასის ნაწარმის რეალიზაციის ძირითად პრობლემას ქმნის ის, რომ ქვეყნის სამომხმარებლო ბაზარი გაჯერებულია იგივე ასორტიმენტის იმპორტირებული ნაწარმით, ძალზე დიდია კონკურენცია ადგილობრივ მეწარმეებს შორის და დაბალია მოსახლეობის მსყიდველობითი უნარი.

მაკულატურის მიმღები საწარმოების პროდუქციას დაწნეხილი ნაკრავლები წარმოადგენენ. მათი რეალიზატორები ადგილობრივი ქაღალდის და მუყაოს გადამამუშავებლები არიან. გადამამუშავებელთა პროდუქციას ჰიგიენური ქაღალდი და მუყაოს ყუთები წარმოადგენს. მეწარმეთა მხრიდან მათ პროდუქციაზე მოთხოვნა შეფასებულია როგორც საშუალო.

ქაღალდის შემგროვებელ საწარმოთათვის პრობლემას საქართველოში მუნიციპალურ დონეზე ქაღალდის ნარჩენების სეპარირებული შეგროვების არ არსებობა და ამ მხრივ მოსახლეობის დაბალი ცნობიერება წარმოადგენს. ასევე, ერთ-ერთი პრობლემას წარმოადგენს ის, რომ სხვადასხვა მუნიციპალიტეტებში განთავსებული მაკულატურის მიმღები პუნქტები ვერ მუშაობენ სრული დატვირთვით, ხოლო არსებული ნედლეულის ტრანსპორტირება ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონებიდან აძვირებს მათ პროდუქციას.

რაც შეეხება წარმოებულ ჰიგიენურ ქაღალდსა და მუყაოს ყუთებს, ბაზარი გაჯერებულია ძირითადად იმპორტული ასეთი პროდუქციით და კონკურენციაც ძალზე დიდია.

ალუმინის შემგროვებელი საწარმოს პროდუქცია ალუმინის სხმულებია, რომლის რეალიზაცია მხოლოდ საზღვარგარეთ ხდება.

მეორადი ალუმინის პროდუქციაზე საზღვარგარეთ მოთხოვნა დიდია, თუმცა ქართულ ბაზარზე ამ საკითხით დაინტერესება დაბალია. ნარჩენების სეპარირებული შეგროვების დაწყების შემდეგ ამ ბიზნესის განვითარების შესაძლებლობები გაიზრდება.

გამოიკვეთა რამდენიმე გარემოება, რომელიც ხელს უშლის რეციკლირების ბიზნესის განვითარებას. კერძოდ, როგორც გამოკითხვის ანაღზიდან ჩანს, მცირე ბიზნესის გაფართოებას საბანკო სექტორის მხრიდან უფრო მოქნილი პოლიტიკა ჭირდება.

მნიშვნელოვან უარყოფით გავლენას ახდენს სავალუტო კურსის რყევა, რომლის დროსაც მცირე მეწარმე პრაქტიკულად დაუცველია. მას გართულებულ ვითარებაში უწევს როგორც ნედლეულის შექენა, ასევე პრობლემები ექმნება საბანკო სექტორთან და პროდუქციის რეალიზატორებთან.



V საქართველოს სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



გადამუშავების სფეროს მეწარმეთათვის გარემოზე ზემოქმედების შეფასების დოკუმენტის შემუშავება მნიშვნელოვან ბარიერად იქცა, ვინაიდან არ გააჩნიათ რესურსი დამოუკიდებლად მოამზადონ საჭირო დოკუმენტაცია.

საწარმოთა უმრავლესობა მოძველებული მანქანა-დანადგარებით არის აღჭურვილი. მეწარმეებს არა აქვთ საშუალება ჩადონ დიდი ინვესტიციები თანამედროვე ტექნოლოგიების დასაწვდომად, რაც შესაბამისად აისახება მათი პროდუქციის სახეზე. შესაბამისად, დაბალია წარმოებული პროდუქციის ხარისხი, რაც აისახება ამ პროდუქციის კონკურენტუნარიანობაზე ადგილობრივ ბაზარზე.

NEEDS AND CHALLENGES EXISTING WASTE COLLECTION AND RECYCLING BUSINESS IN GEORGIA

Tskhakaia K., Moseshvili T., Gamkrelidze E.
 Imereti Scientists' Union SPECTRI
 Akaki Tsereteli State University

Summary

The paper describes the results of a survey of small and medium business representatives engaged in the recycling sector, their needs and development prospects. This survey was carried out with the project implementing by the Imereti Scientists' Union SPECTRI funded by the US Embassy in Georgia.

**კლიმატური პარამეტრების ცვლილების ტენდენცია ქ.ქუთაისში
 ბოლო ათწლეულის განმავლობაში**

ხეცურიანი მ. კვაბზირაძე მ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მასალებზე დაყრდნობით, მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე ნაშრომში შეფასებულ იქნა, კლიმატის ცვლილების განმსაზღვრელი ძირითადი პარამეტრების - ჰაერის ტემპერატურის, ატმოსფერული ნალექებისა და ქარის რეჟიმის განაწილების ხასიათი ქ. ქუთაისის ტერიტორიაზე და მიღებულ იქნა, რომ ბოლო ათწლეულის განმავლობაში კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას ქუთაისში მცირედ, მაგრამ მაინც დათბობის ტენდენცია ახასიათებს.

კლიმატი, როგორც ბუნებრივი რესურსების ამოუწურავი წყარო, უძველესი დროიდან იპყრობდა მოგზაურთა და მეცნიერთა ყურადღებას, რადგან ცოცხალი ორგანიზმების განვითარება, ბიოლოგიური მოვლენების ხასიათი, ადამიანთა სამეურნეო საქმიანობა, უშუალო კავშირში იყო, არის და იქნება კლიმატურ პირობებთან. გეოლოგიური მონაცემების მიხედვით დედამიწის ისტორიის ბოლო ერთი მილიონი წლის მანძილზე გამყინვარების რამდენიმე ეპოქის არსებობდა. ბოლო გამყინვარების შემდეგ კი დაიწყო კლიმატის თანამედროვე დათბობა [5].

ქუთაისის დასავლეთ საქართველოს ნოტიო სუბტროპიკული კლიმატის ოლქშია განლაგებული. ამ ოლქის კლიმატის ძირითადი ნიშნების ჩამოყალიბებაში გადამწყვეტ როლს ასრულებს მისი მდებარეობა სუბტროპიკული სარტყლის ჩრდილოეთ საზღვარზე — შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროსთან, აგრეთვე ის გარემოება, რომ ჩრდილოეთიდან, აღმოსავლეთიდან და სამხრეთიდან ქალაქის მიმდებარე ტერიტორია ქედებითაა შემოსაზღვრული,



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ხოლო დასავლეთისაკენ ღიაა ზღვის მიმართულებით. კავკასიონის მთავარი ქედი ხელს უშლის ჩრდილოეთიდან წამოსული ცივი, არქტიკული ჰაერის მასების გავრცელებას ოლქის ტერიტორიაზე, რის შედეგადაც აქ უფრო თბილი ჰავაა, ვიდრე იმავე განედზე განლაგებულ სხვა მეზობელ მხარეებში. ზღვიდან მონაბერ ქარებს მოაქვთ ჰაერის ტენიანი მასები, რომლებიც იწვევენ ნალექების დიდი რაოდენობით მოსვლას შავი ზღვის სანაპიროსა და ლიხის ქედს შორის მოქცეულ ტერიტორიაზე [1]. კლიმატი აქ თბილი და ტენიანია და არ განსხვავდება სუბტროპიკული კლიმატისგან, რადგან დასავლეთ საქართველოში კლიმატის სუბტროპიკულობას შავი ზღვა და კავკასიონის მთათა სისტემა განსაზღვრავს [1].

ქუთაისში ბოლო პერიოდში აღნიშნული მაღალი ტემპერატურები განპირობებულია ძირითადად ადგილობრივი ბუნებრივ-ლანდშაფტური პირობებით და გაბატონებული ფიონური ცირკულაციით. თუმცა, როგორც ყველგან, აქაც გასათვალისწინებელია ანთროპოგენური ფაქტორის როლიც [4].

ნალექების წლიური რაოდენობა 1000-1500 მმ-ს შეადგენს, მათი უდიდესი ნაწილი შემოდგომა-ზამთრის პერიოდზე მოდის, ხოლო გაზაფხულ-ზაფხულში არის ისეთი თვეები (მარტი, მაისი) როცა მოსული ნალექების ჯამი 50-80 მმ-ს არ აღემატება.

ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობა ძლიერ იცვლება წლის პერიოდების მიხედვით. საშუალოდ იგი 75%-ის ფარგლებშია, მაგრამ მარტში, აპრილისა და აგვისტოს თვეში ზოგჯერ, განსაკუთრებით აღმოსავლეთის მშრალი ქარების (ფიონების) გავლენით 28%-მდე ეცემა.

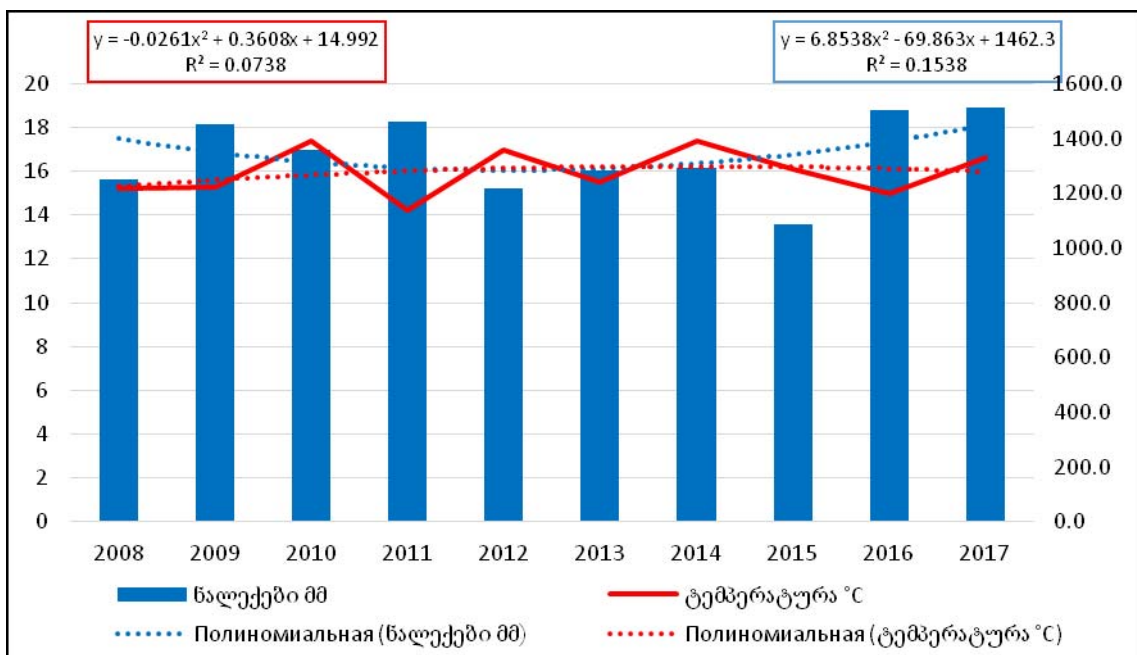
უნდა აღინიშნოს, რომ კოლხეთის ჰიდრომეტეოროლოგიური ობსერვატორიის მიერ 1936-2017 წლების ტემპერატურული რეჟიმული მასალების დამუშავების შედეგად აღმოჩნდა, რომ უკანასკნელი 22-25 წლის მანძილზე ქუთაისის ტერიტორიაზე შეინიშნება კლიმატური ელემენტების ცვლილება გამოსატყუი დათბობის ტენდენციით.

საქართველოს მიერ მომზადებულ ეროვნულ შეტყობინებებში გამოყენებული მეთოდების, ასევე ცნობილი ქართველი კლიმატოლოგების შრომების და თანამედროვე მეტეო დაკვირვების მასალებზე დაყრდნობით, გავაანალიზეთ რა ქუთაისში კლიმატური ელემენტების (ტემპერატურა, ნალექები, ქარი, ფარდობითი ტენიანობა, ატმოსფერული წნევა) განაწილების ხასიათი, მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე. მივიღეთ, რომ ქალაქში არსებული მ/ს-ის მონაცემებით შეინიშნება ჰაერის საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურის მატება 2008 წლიდან 2010 წლამდე, საშუალო ტემპერატურის მაქსიმალური მაჩვენებელი დაფიქსირებულია 2010 წელს 17,4°C. 17°C-იან ნიშნულს საშუალო ტემპერატურა 2012 წელსაც გაუტოლდა. ხოლო 2014 წელს ტემპერატურამ კვლავ მაქსიმალურ მაჩვენებელს მიაღწია და 17,4°C შეადგინა. საშუალო ტემპერატურის მრავალწლიურ ნორმას (14,5°C) ბოლო ათწლეულის ყველა წლის საშუალო ტემპერატურა აჭარბებს. რაც დათბობის ტენდენციის აშკარა მაჩვენებელია.

90-იანი წლებიდან დათბობას მკვეთრად გამოსატყუი მატების ტენდენციას მიუთითებს ასევე, ის რომ, ქუთაისის მ/ს-ის მონაცემებით ათწლეულს შორის ყველაზე მაღალი საშუალო ტემპერატურით სწორედ ბოლო 2008-2017 წლიანი (16,0°C) ათწლეული გამოირჩევა. ბოლო ათწლეულში ქუთაისის ტერიტორიაზე აბსოლუტური მაქსიმალური ტემპერატურის მაჩვენებელი 42,2°C უტოლდება. აბსოლუტურ მინიმალური ტემპერატურის ნიშნულებიდან კი ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა 2017 წელს და -9,2°C შეადგინა.

რაც შეეხება ატმოსფერულ ნალექებს, მივიღეთ, რომ მისი მნიშვნელობებიც შეიცვალა, კერძოდ მცირედ, მაგრამ მაინც ბოლო 2016-2017 წლებში აღნიშნულია მატების ტენდენცია. ატმოსფერულ ნალექთა ჯამების მინიმალური მაჩვენებელი აღნიშნულია 2015 წელს, ხოლო მაქსიმალური 2017 წელს.

იმერეთი თავისებურ მხარეს წარმოადგენს ქარების გავრცელების მხრივაც. ბოლო პერიოდში ქარის საშუალო სიჩქარემ ქუთაისში მოიკლო და მინიმალური მაჩვენებელი სწორედ



ნახაზი. საშუალო ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების განაწილების გრაფიკის ტრენდი ქუთაისის მ/ს-ის მონაცემებით 2008-2017 წწ.



დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ბოლო ათწლეულის განმავლობაში კლიმატის მიმდინარე ცვლილებას ქუთაისში მცირედ, მაგრამ მაინც დათბობის ტენდენცია ახასიათებს.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. - თბ., 2007.
2. გუნია გ. ატმოსფეროს ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები. -თბ., 2005.
3. ელიზბარაშვილი მ. საქართველოს ტერიტორიის ტემპერატურის ველი. - თბ., 1999.
4. ბერიტაშვილი ბ. - კლიმატი და მისი ცვლილება. თბ., 2012.
5. მიქაუტაძე დ. ქუთაისის ტემპერატურული რყევები გლობალური დათბობის ფონზე. -თბ., 2011. გვ. 77-80

The Tendency of Climate parameters Change in Kutaisi Throughout the Last Decade

Khetsuriani M, Kvabziradze M.
Akaki Tsereteli State University

Summary

Based on the data of meteorological monitoring on current global warming, the article deals with the evaluation of the quality of distribution of air temperature, atmospheric precipitation and wind rate, as of the major parameters for climate change determiners, in the Kutaisi area. It has been uncovered that the ongoing climate change has still slightly affected Kutaisi with its warming tendency within the last decade.



შინაარსი

**1 ელექტროენერგეტიკული მრეწველობის ტექნოლოგია
POWER INDUSTRY TECHNOLOGIES**

ახალაძე ფ., კაჭკაჭიშვილი პ. – სტატიური მართვადი მაკომპენსირებადი დანადგარის საშუალებით ელექტრული სიმძლავრისა და ენერჯის დანაკარგების შემცირების ღონისძიება _____	5
ბახტურიძე ს. – საქართველოს ენერგორესურსების გამოკვლევა და მისი ათვისების პროგრამის დამუშავება სისტემის ენერგოეფექტურობისა და საიმედოობის ამაღლების პირობებში _	8
კოხრეიძე გ., ხორავა ვ., კეკელია ნ. – ძაბვის ინვერტორის სინშირული რეგულირების ასინქრონული წყვის ძრავებში ერთიანი პროცესების კომპიუტერული მოდელის სხვაობითი, რეკონსტრუქციული განზოგადებული განტოლებების მიღება _____	14
კოხრეიძე გ., ხორავა ვ., კეკელია ნ. – ძაბვის ინვერტორული სინშირული რეგულირების ასინქრონული წყვის ძრავებში ერთიანი პროცესების სრული მათემატიკური მოდელის შექმნა _____	19
მოდებაძე თ., კორძაძე თ. – ორფაზიან ბარემოში სითბური მიმოცვლის არაწრფივი პროცესის მათემატიკური მოდელი _____	23
მუსელიანი თ., გუგუტიშვილი ქ.ა., მუსელიანი გ. – შენობა-ნაგებობების მენჯაცვა და ნორმატიული დოკუმენტების მოთხოვნები _____	26
მუსელიანი თ., გურგენიძე მ., მუსელიანი გ. – ძაბვის დამახინჯებაზე მომხმარებელთა სიმძლავრის მიხედვით გავლენის შეფასება _____	29
ნემსაძე შ.ა., გიუაშვილი მ.ა., ჩუგოშვილი დ.ზ. – სამუაზა ასინქრონული ძრავას დიაგნოსტიკის მეთოდები _____	32
ქვრივიშვილი მ. შირკოვეცი ა. წერეთელი კ. ქვრივიშვილი ნ. – 6-10კვ განმანაწილებელ ქსელში საანბარიშო გამოკვლევების ჩატარება ერთფაზა მოკლემართვის რეჟიმში წარმოქმნილი გადააკვების შესასწავლად _____	35
ქვრივიშვილი მ.წერეთელი კ.ქვრივიშვილი ნ. – 6-10კვ ქსელში განვითარებული დაზიანებების იდენტიფიცაცია და კლასიფიკაცია ავარიული ოსცილობრამების საფუძველზე, Matlab (Wavelet -Toolbox) ბარდაქმნების გამოყენებით _____	40
ქობალია მ., დოჭვირი რ. – ელექტრომომარაგების ქსელთან ახალი ობიექტების მიერთებისათვის შესასრულებელი მოთხოვნების გამოკვლევა და შეფასება _____	46
შერგელაშვილი ტ. ქორქია ე. – ელექტროენერჯის აღრიცხვის წრედში დენის ტრანსფორმატორის შერჩევის საკითხები _____	51
ცეცხლაძე მ.კ. – ელექტრული ღუმელის რკალის სიმძლავრის რეგულირების ოპტიმიზაცია _____	55
ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ტულუში მ. – მართვადი გამმართვებელი აღჭურვილი ელექტროტექნოლოგიური დანადგარების ძაბვის მაღალი რივის ჰარმონიკების შემზღუდავი ფილტრების მართვის სისტემის დამუშავება _____	58



ჭუნაშვილი ბ., პეტროსიანი ა., გამრეკელაშვილი თ., ქობალია მ. –
 ელექტრორკალური ღუმელების მუშაობის რეჟიმების
 ბამოკვლევა და ძველში წარმოქმნილი მაღალი რიბის
 ჰარმონიკების საკონვენსაციო მოწყობილობის მართვის
 სისტემის დამუშავება _____ 62

2 ენერგოეფექტურობა და განახლებადი ენერჯის წყაროები **ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY SOURCES**

მ.ბარათაშვილი – ენერგოეფექტური ტექნოლოგიები მშენებლობაში და
 თანამედროვე ბამოწვევები _____ 71

კახაძე ვ.ს. – ხელოვნური ბანათების ენერგოდამზოგი სისტემების
 დანერგვის ეფექტიანობის ანბარიშის მრავალფაქტორიანი
 მათემატიკური მოდელის შემუშავება და აკრობაცია. _____ 74

**Клепикова С.В – УЧЕТ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО И СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО
 ЭФФЕКТА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ
 ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ _____ 77**

მაჭავარიანი ე. ს., ქსოვრელი ნ. თ., ცხადაძე ლ. ა. – დიდ მოცულობაში
 წყლის დუღილისას ბამახურბელ ზედაპირზე მოქმედი კალის
 სვედრით თბურ ნაკადზე დამოკიდებულების შესახებ _____ 81

მაჭავარიანი ე. ს., ჯიხვაძე მ. ჯ., ბიჭოლაშვილი ნ. გ. – თბურამძრავიანი
 ტუმბოს წინასწარმოო მოდელი _____ 85

მირიანაშვილი ნ., ვეზირიშვილი-ნოზაძე ე., ლომსაძე ზ. – თბური ტუმბოს
 დანადგარების ბამოყენების სპეციფიკა საქართველოში _____ 89

ტროყაშვილი თ. მ. – ჰიდროაბრბატების მართვა და დინამოსტიკა
 საკუთარი ხმაურის ბამოყენებით _____ 92

უნგიაძე კ.მ. – საქართველოში ადბილობრივი წარმოების
 ელექტროენერჯით იმპორტის ჩანაცვლების სქემის
 შემუშავება და მისი ეფექტიანობის შეფასება. _____ 95

დ. ფურცხვანიძე, ა.ფურცხვანიძე – განახლებადი ენერჯის წყარო _____ 99

ფხაკაძე შ., პაპიძე ზ. – მიმდევრობით ჩართული მზის ელემენტების
 მასივების მუშაობის ეფექტურობის ბაზრდის მეთოდები _____ 103

ყავლაშვილი ნ., მირიანაშვილი ნ., ხათაშვილი გ. – მეორეული
 ენერგორესურსების ბამოყენების პერსპექტივები ლუდის
 წარმოებაში _____ 106

ხურცილავა გ.შ., კიდურაძე თ.დ. – თბილისის მებროკოლიტენში ელექტრო
 ენერჯის მოხმარების ანალიზი _____ 110

ჯაფარიძე თ., კიდურაძე თ., ბერიძე გ. – მცენარეული ნარჩენი - ბიომასის
 ენერგეტიკული პოტენციალი _____ 113



3

საინფორმაციო ტექნოლოგიები ენერგეტიკასა და ტელეკომუნიკაციაში INFORMATION TECHNOLOGY IN POWER INDUSTRY AND TELECOMMUNICATION

ბეგიაშვილი კ.დ., მურჯიკნელი გ.გ. – ინფორმაციული ხელშეწყობები მობილური კავშირის თანამედროვე სისტემებში და მათი შემცირების შესაძლებლობების შეფასება	119
ბუინავა ე. კობალაძე მ. გელხვიძე პ. – ტელეკომუნიკაციის საბანამანათლებლო პროგრამა, ახლო მომავლის კომუნიკაციური მინიშნებების ბათვალისწინებით	123
იმნაიშვილი ლ. ბედინეიშვილი მ., გოდერძიშვილი გ. – SCADA სისტემების სასწავლო-კვლევითი ლაბორატორიული სტენდი	126
მასხარაძე ს., ბერიძე ჯ., ცქვიტინიძე ი. – ენერჯის ბალანსირების მეთოდები უსადენო სენსორულ ქსელებში	130
ქურდაძე მ.ა; ხაინდრავა დ.შ. – მრავალფუნქციური საკომუნიკაციო სტრუქტურების საიმედოობის ამაღლების მეთოდები	134
დლონტი-კეკელიძე თ. ყიფიანი ქ. მარდალეიშვილი ზ. – ხიზათები ბლოკალური ინფორმაციული საზოგადოებისაკენ მიმავალ გზაზე	138
შამანაძე ო., შამანაძე გ., ბერიანიძე თ. – მობილურ ქსელებში აბონენტების აღბილმდებარეობის ბანსაზღვრის თავისებურებანი	141
ჩხაიძე მ.თ., სვანიძე რ.გ., მესტიაშვილი კ.კ., კოდალაშვილი ა.დ. – ბადაცემის ციფრული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემის (ბცბოს) მიმდების ბადამწყვეტი მოწყობილობის ზღურბლის დონის ოპტიმალური მნიშვნელობის დადგენა იტმარაციული მეთოდით	144

4

ენერგეტიკის ეკონომიკა და მენეჯმენტი. ენერგეტიკის რეგულირება ENERGY ECONOMICS AND MANAGEMENT. ENERGY REGULATION

ანანიაშვილი, გ. – ბასსავსებ სადგურებთან დაკავშირებული რისკების ზოგადი ანალიზი	151
არაბიძე გ. ო. ვეფხვაძე ლ. თ. – ელექტროენერჯის მოხმარების ტენდენციის ანალიზი და პროგნოზირება საქართველოში	155
ქ. ვეზირიშვილი-ნოზაძე, ე. ფანცხავა – ენერგეტიკული სექტორის ბანვითარების ტენდენციები საქართველოში და ენერგეტიკული უსაფრთხოება	164
მაჭავარიანი მ. – მესამე ენერგეტიკული პაკეტის მოთხოვნებიდან ბამომდინარე საქართველოში ბანსაზღვრციელებელი ე.წ unbundling-ის რეფორმა	171



დ. ჩომახიძე, მ. ნემსწვერიძე – ჰიდროელექტროსადგურების ტარიფები
 საქართველოში _____ 174

შალამბერიძე თ. ჟონჟოლაძე ნ. – მზის ენერჯია – მომავლის ენერჯია _____ 178

ჩომახიძე დ., ცხაკაია ქ., ცისკარიძე დ. – ბანახლებადი ენერგეტიკული
 რესურსების გამოყენება მსოფლიოსა და საქართველოში _____ 182

5 ენერჯიისა და რესურსების დამზოგავი ტექნოლოგიები ენერგეტიკაში, მრეწველოებაში, მშენებლობასა და ტრანსპორტში **ENERGY AND RESOURCES SAVING TECHNOLOGIES IN POWER ENGINEERING, INDUSTRY, CONSTRUCTION ENGINEERING AND TRANSPORT**

არაბიძე ხ., ჯავშანაშვილი ნ., ჯიშკარიანი თ. – თბოელექტროსადგურებში
 ჩატერილი ნახშირორქანის (CO₂) გამოყენების შესაძლებლობა
 საქართველოში _____ 189

თ. გვალია, ნ. თოფურია – ხნივური თერაპიის მულტიტარტული და
 ევრისტიკული მეთოდები _____ 192

გრძელიშვილი ა., ბარათაშვილი მ. – ენერგოდამზოგი სამშენებლო
 მასალები მორადი ნედლეულისაგან _____ 196

ზივზივაძე ბადრი – ელექტროტექნიკური მოწყობილობების ნაწილების
 დანამზადებლად ფხვნილოვანი მასალების გამოყენების
 პერსპექტივები _____ 199

კამლაძე ა., დანგაძე ი., კოჩაძე თ., მარკელია ბ. – წყალბადი რობორც სუფთა
 საწვავი _____ 204

კამლაძე ა., დანგაძე ი., კოჩაძე თ., მარკელია ბ. – წყალბადის ძრავის მუშა
 პროცესის ბამოკვლევა _____ 208

Накашидзе В., Ципуришвили Т. – СИНТЕЗ ОЗОНА ПРИ ПОМОЩИ
 ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА _____ 213

ნ. ორმოცაძე, ა. ზივზივაძე, დ. ბიბილეიშვილი – ხანძრის ბაჩენის
 ბარემოვანი და ხანძრის ბამოქიება _____ 219

სილაგაძე ს., ზივზივაძე ლ., ცქიფურიშვილი თ., შალამბერიძე მ. – ბენერატორის
 როტორის ნამზადის მიღების ელექტროწიღური ტექნოლოგია _____ 224

6 ეკოლოგია და ბარემოს დაცვა **ECOLOGY AND ENVIRONMENT**

ზივზივაძე ო., ზივზივაძე ლ., ზივზივაძე ა. – გლობალური დატოგა,
 “ნატოგურის ევექტი” და კლანეტის კლიმატი _____ 233

თოფურია რ., დანგაძე ი., მარკელია ბ. – შიბაწვის ძრავების ბარემოვა
 ზემოქმედების შეწასება _____ 239



V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია
V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



ნოსელიძე ჯ., მომცემლიძე შ., ნოსელიძე გ., კალაძე დ. – მდინარე რიონი, რიონზე მდებარე ბუმათის ჰიდროელექტროსადგურის წყალსაცავის ბარეცხვის პროცესები და ბანვითარების პერსპექტივები _____ 244

ცხაკაია ქ., მოსეშვილი თ., გამყრელიძე ე. – საქართველოში ნარჩენების შებროვისა და გადაშენების ბიზნესში არსებული გამოწვევები და საჭიროებები _____ 249

ხეცურიანი მ. კვაბიძე მ. – კლიმატური პარამეტრების ცვლილების ტენდენცია ქ.შუთაისში ბოლო ათწლეულის განმავლობაში _____ 252



კომპიუტერული უზრუნველყოფა ლევან იობაძე

ქაღალდის ზომა 1/8
ნაბეჭდი თაბახი 16.75
ტირაჟი 65

დაიქვეჭდა ი.მ. მარიამ იობაძის მიერ

ქუთაისი, ახალგაზრდობის გამზირი 25-ა
ტელ. 579 10 13 23; 599 18 20 98; 592 02 25 55