

UDC 62.52

SCOPUS CODE 2208

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-2-140-145>

## ელექტრული ღუმლის ელექტროდების გადაადგილების მართვის სისტემის ოპტიმიზაცია

**მერაბ ცეცხლაძე** ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75  
E-mail: merabi.tsetskhladze@mail.ru

**ნატა მაგანია** ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75  
E-mail: natadzagania@gmail.com

### რეცენზენტები:

**თ. მუსელიანი**, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი  
E-mail: museliani@yahoo.com

**დ. ტურძელაძე**, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტი, ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი  
E-mail: turdzeladze59@gmail.com

**ანოტაცია.** ცნობილია, რომ წარმოებაში გამოყენებული ელექტრომომწობილობების ეფექტურობა მნიშვნელოვანწილად ზრდის გამოშვებული პროდუქციის ხარისხს და რაოდენობას. ტექნოლოგიური პროცესების სწორად წარმართვას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მძიმე მრეწველობის ისეთი დარგისათვის, როგორცაა მეტალურგიული წარმოება, სადაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია მოძრავი ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავების მართვის სისტემის ოპტიმალურობა, რაც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს რკალის

სიმძლავრის რეგულირების სასურველ დინამიკას და, შესაბამისად, გამოშვებული პროდუქციის მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

დღემდე არსებული რკალის სიმძლავრის რეგულირების სისტემები სრულად ვერ აკმაყოფილებს ისეთ ძირითად მოთხოვნილებებს, როგორცაა სარეგულირებელი პარამეტრის საკმარისი მგრძობიარობა, ელექტროდების გადაადგილების ძრავას მართვის სისტემის სწრაფმოქმედება და საიმედოობა. აღნიშნულთან დაკავშირებით ელექტრული ძრავას მართვის სისტემების კვლევა მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანაა.

მოცემულ სტატიაში განხილულია რკალური დუ-  
მლის ელექტროდების გადაადგილების ელექტრუ-  
ლი ძრავას მართვის სისტემის ოპტიმიზაციის საკით-  
ხები, რომელიც ეფუძნება მართვაში ლოგიკის გამო-  
ყენებას.

**საკვანძო სიტყვები:** განცალკევებული მართვა;  
ელექტრული ძრავა; რეგულირება; რკალური დუმე-  
ლი; სწრაფმოქმედება და სიზუსტე.

### შესავალი

ელექტრომეტალურგიაში გამოშვებული პრო-  
დუქციის ხარისხი მნიშვნელოვანწილადაა დამოკი-  
დებული გამოყენებული ელექტრული მანქანების  
ეფექტურობაზე, რაც, თავის მხრივ, დაკავშირებუ-  
ლია შესაბამისი მართვის სისტემის მაღალ მაჩვენე-  
ბელზე. რკალურ დუმელში მუშა ელექტროდების გა-  
დაადგილების მუდმივი დენის ძრავას მართვის  
სისტემებისადმი ძირითადი მოთხოვნებია სწრაფმო-  
ქმედება, სიზუსტე და არაავარიულობა, რამაც, თავის  
მხრივ, უნდა უზრუნველყოს რკალის სიმძლავრის  
რეგულირების სასურველი დინამიკა.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, მუდმივი დენის  
მართვის სისტემის ოპტიმალურობა არის მნიშვნე-  
ლოვანი სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანა.

სტატიაში მოცემულია მუდმივი დენის ძრავას  
მართვის სისტემების პრინციპის თეორიული კვლევა  
და დამუშავება. აღნიშნული მოწყობილობის ოპტი-  
მალური და საიმედო მუშაობით ნაწილობრივ მიიღ-  
წევა გამოშვებული პროდუქციის მაღალი ხარისხი  
და რაოდენობა. მათი მუშაობის დინამიკური მაჩვე-

ნებლების დაბალმა დონემ და მწყობრიდან უეცარმა  
გამოსვლამ შეიძლება გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი  
ფინანსური დანაკარგები.

მუდმივი დენის ძრავას მართვის არსებული სის-  
ტემებისაგან განსახვავებით ძრავას ბრუნთა სიხში-  
რის რეგულირების სისტემაში მისი მკვებავი ტირის-  
ტორული გარდამსახის განცალკევებული მართვის  
და შესაბამისი ლოგიკის გამოყენება უზრუნველ-  
ყოფს მაღალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას.

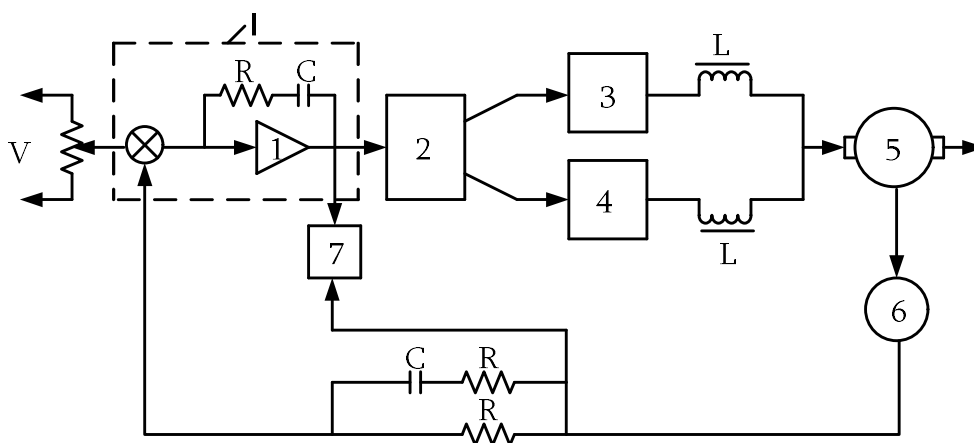
ზემოთ აღნიშნულთან დაკავშირებით ნაშრომში  
განხილულია ელექტრული ძრავას მართვის სისტე-  
მაში ტირისტორების განცალკევებული მართვის შე-  
დარებით მოქნილი სისტემა, რომელიც ეფუძნება  
ძრავას ბრუნვის სიხშირის მართვის სისტემაში ოპ-  
ტიმალური რეგულირების ბლოკის და მოქნილი  
ლოგიკის გამოყენებას.

### ძირითადი ნაწილი

რკალური ფოლადსადნობი დუმლის ენერგეტი-  
კულ პარამეტრებზე გავლენის ერთ-ერთი ძირითა-  
დი პარამეტრია რკალის დენის დისპერსია, რაც გან-  
საზღვრავს როგორც ელექტროენერჯის ხარჯს, ისე  
გამოშვებული პროდუქციის ხარისხს. დენის რხე-  
ვების არსებობა შეიძლება განპირობებული იყოს რო-  
გორც რკალის სიგრძის შემთხვევითი ცვლილებით,  
ისე ელექტროდების გადაადგილების მართვის სის-  
ტემის სტრუქტურით და ალგორითმით. ელექტრო-  
დების გადაადგილების მართვის სისტემაში განსა-  
კუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება რკალის სიმძ-  
ლავრის ისეთი რეგულირების სისტემების გამოყე-  
ნებას, რომლებიც უზრუნველყოფს მაქსიმალურ სი-  
ზუსტეს, სწრაფმოქმედებას და მართვის მოთხოვ-

ნილ დინამიკას, რაც, თავის მხრივ მიიღწევა ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავას რეგულირების ოპტიმიზაციით [1].

1-ელ სურათზე ნაჩვენებია მუდმივი დენის ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების სისტემის სტრუქტურული სქემა.



სურ.1 მუდმივი დენის ძრავას მართვის სტრუქტურული სქემა

I არის ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების ბლოკი;

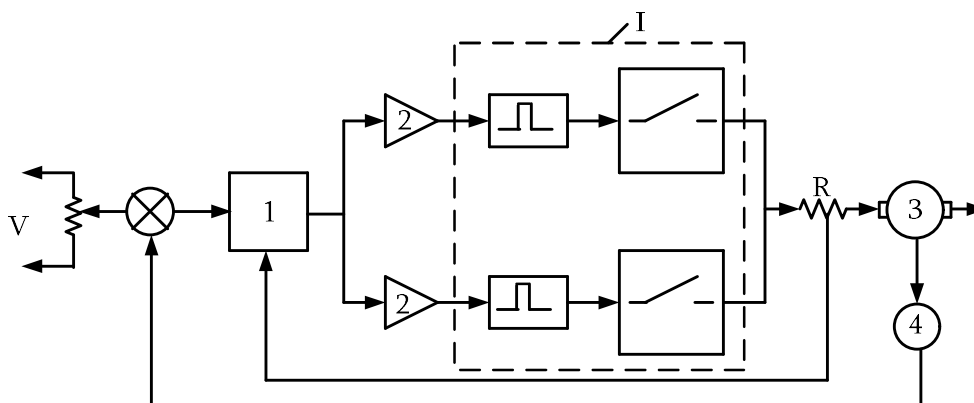
1-გამაძლიერებელი; 2-ტირისტორების მართვის ბლოკი; 3,4-ტირისტორების კათოდური და ანოდური ჯგუფი;

5-მუდმივი დენის ძრავა; 6-ტაქოგენერატორი; 7-დენის შეზღუდვის ბლოკი.

პირველ სურ-ზე ნაჩვენებია ძრავას სიხშირის რეგულირების ბლოკის დანიშნულება არის ბრუნვის სიხშირის მოცემულ და ფაქტობრივ მნიშვნელობებს შორის შედარების სიგნალის გაძლიერება. სიგნალის მოცემული მნიშვნელობა მიეწოდება ძრავას სიჩქარის დავალებიდან, ხოლო ფაქტობრივი სიგნალის მნიშვნელობა, რომელიც ძრავას ბრუნვის სიხშირის პროპორციულია – ტაქოგენერატორიდან [2]. ტირისტორების მართვის ბლოკის დანიშნულებაა კათოდური და ანოდური ჯგუფებისათვის მართვის იმპულსების ფორმირება. გამათანაბრებელი დენების შემცირების მიზნით გამოყენებულია L დროსელი [3].

ზოგიერთ შემთხვევაში, განსაკუთრებით ძრავას სიჩქარის რეგულირების დიაპაზონის ქვედა ნაწილში, ზემოაღნიშნული მუდმივი დენის ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების სისტემა ვერ აკმაყოფილებს ტექნოლოგიით მოთხოვნილ დინამიკურ მახასიათებლებს [4].

აღნიშნული ნაკლოვანების გათვალისწინებით შემუშავებულ და გამოცდილ იქნა მუდმივი დენის ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების სისტემა ტირისტორების განცალკავებული მართვით შესაბამისი ლოგიკის გამოყენებით, რომელსაც მე-2 სურ-ზე ნაჩვენებია სახე აქვს.



სურ. 2 მუდმივი დენის ძრავას ტირისტორების განცალკევებული მართვის ლოგიკური სისტემა

I არის ტირისტორების იმპულსურ-ფაზური მართვის ლოგიკური ბლოკი;

1-ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების ბლოკი; 2-ძრავას ბრუნვის სიხშირის მოცემული და ფაქტობრივი სიდიდეების შედარების სიგნალის გამამლიერებელი; 3-ელექტრული ძრავა; 4-ტაქოგენერატორი; R-შუნტის წინაღობა.

ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების ბლოკში რეგულირების სწრაფმოქმედების გაზრდის მიზნით გამოყენებულია კომპარატორი, რომელიც შესრულებულია K553YD2 ტიპის მიკროსქემის ბაზაზე. ტირისტორების იმპულსურ-ფაზური მართვის ლოგიკური ბლოკის დანიშნულებაა დროის განსაზღვრულ მომენტში გამოიმუშაოს და გასცეს მართვადი იმპულსები. ბლოკი აწყობილია მართვის ვერტიკალურ პრინციპზე და შედგება ფაზის დამძვრელი R-C წრედისაგან, ტრანზისტორული გასაღებიანი სიგნალის მაფორმირებლისაგან, დადებითი უკუკავშირიანი ინტეგრატორისა და ლოგიკური მოწყობილობისაგან. ლოგიკური მოწყობილობის დანიშნულებაა ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების ბლოკიდან გამომავალი სიგნალის პოლარობის მიხედვით ერთდროულად გასცეს ორი ბრძანება, „თანხმობა“ და „აკრძალვა“. დადებითი სიგნალის დროს ლოგიკური მოწყობილობა ტირისტორების

კათოდურ ჯგუფზე გასცემს იმპულსების მიწოდების ბრძანებას და ერთდროულად აკრძალავს იმპულსების მიწოდებას ანოდურ ჯგუფზე. R შუნტის წინაღობიდან მოხსნილი სიგნალის პოლარობის მიხედვით დენური ლოგიკური მართვა იძლევა ორ ბრძანებას, „ნებართვა“ და „აკრძალვა“. შუნტის წინაღობიდან მოხსნილი სიგნალი იძლევა დენის არსებობის ინფორმაციას როგორც ძალგან, ისე მართვის წრედში. როდესაც მუშაობს ტირისტორების კათოდური ჯგუფი, მაშინ შუნტის წინაღობიდან მოხსნილ სიგნალს აქვს დადებითი პოლარობა, ხოლო ტირისტორების ანოდური ჯგუფის მუშაობის დროს – უარყოფითი. დენური ლოგიკა დენის არსებობის დროს იძლევა ნებართვას ტირისტორების ნებისმიერი ჯგუფის ჩართვაზე. ამ დროს განსაზღვრული ჯგუფის ტირისტორების ამუშავება უზრუნველყოფილია ლოგიკური მოწყობილობით განსაზღვრული ჯგუფის ტირისტორების ჩართვისას,

რასაც თან ახლავს ძალოვან წრედში დენის არსებობა. დენური ლოგიკა ერთდროულად გასცემს მეორე ჯგუფის ტირისტორების ჩართვაზე აკრძალვის და მომუშავე ჯგუფის ტირისტორებზე ნებართვის ბრძანებას.

### დასკვნა

რკალური ღუმლის რკალის სიმძლავრის ოპტიმალური მართვის სისტემის მისაღებად გამოკვლეულ იქნა ელექტროდების გადაადგილების ელექტრული ძრავას მართვის სისტემა და მიღწეულია ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების ოპტიმალურობა, რაც განპირობებულია ძრავას მკვებავი ტირისტორული გარდამსახის განცალკევებული

მართვით, რომელშიც რეალიზებულია ლოგიკური ბლოკის გამოყენება. ელექტრული ძრავას მართვის სისტემა, ტირისტორების განცალკევებული მართვა შესაბამისი ლოგიკური ელემენტების გამოყენებით, უზრუნველყოფს ძრავას სიხშირის რეგულირების მაღალ სისწრაფეს, ძრავას ბრუნვის სიხშირის ოპტიმალურ მართვას რეგულირების ქვედა ნაწილში და ძალოვანი ვენტილური ბლოკის არაავარიულ რეჟიმებს. აღნიშნულთან დაკავშირებით ელექტრული ძრავას ბრუნვის სიხშირის რეგულირების ლოგიკური მართვის სისტემა შეიძლება გამოყენებული იყოს რკალური ღუმლის მუშა ელექტროდების გადაადგილების მართვისთვის.

### ლიტერატურა

1. Chilikin, M. G. (1981). *General course electric drive*. Moscow: Energoizdat. (In Russian);
2. Shreiner, R. T. (2008). *Systems of subordinate regulation of electric drives*. (In Russian);
3. Yusupova, S. A., Chigambaev, T. O. (2019). *Automated electric drive systems*. (In Russian);
4. Petukhov, S. V., Krishjanis, M. V. (2015). *Electric drive for industrial installations*. (In Russian).

UDC 62.52

SCOPUS CODE 2208

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-2-140-145>

## Optimization of the Control System for the Movement of Electrodes in Electric Furnaces

**Merab Tsetskhladze** Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str.

E-mail: merabi.tsetskhladze@mail.ru

**Nata Dzagania** Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str.

E-mail: natadzagania@gmail.com

### Reviewers:

**T. Museliani**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: museliani@yahoo.com

**D. Turdzeladze**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: turdzeladze59@gmail.com

**Abstract.** It's known that the efficient operation of electrical appliances used in production significantly improves the quality and quantity of products. Competent control of technological processes is especially important for such a heavy industry as metallurgical production, where one of the most important issues is the optimal control system for electric motors of moving electrodes, which in turn ensures the required dynamics of arc power control and high productivity.

The existing arc power control systems do not fully meet the basic requirements, such as insufficient sensitivity of the regulating parameter, speed and reliability of the electrode movement motor control system. The study of electric motor control systems is an important scientific and technical task in this regard.

The optimization of the electric motor control system for moving the electrodes of an electric arc furnace based on the use of logic in control is discussed.

**Keywords:** arc furnace; electrical engine; regulation; separate control; speed and accuracy.

*განხილვის თარიღი 11.03.2022*

*შემოსვლის თარიღი 16.03.2022*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 06.06.2022*