

UDC 004.94:62-50

SCOPUS CODE 2208

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-4-219-225>

მუშა მექანიზმის გადაადგილების დინამიკური მაჩვენებლების გაზრდის კომპიუტერული მოდელირება

მერაბ ცეცხლაძე

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

რეცენზენტები:

ნ. მაგანია, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: natadzagania@gmail.com

დ. ტურძელაძე, სტუ-ის ენერგეტიკის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

E-mail: turdzeladze59@gmail.com

ანოტაცია. ელექტრომექანიკურ სისტემებში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესების სწორად წარმართვისათვის მნიშვნელოვანია მართვის სიტემის დინამიკური მაჩასიათებლების გაზრდა. არსებული მართვის სისტემები სრულად ვერ აკმაყოფილებს არსებულ ტექნიკურ მოთხოვნებს.

აღნიშნულთან დაკავშირებით მნიშვნელოვან სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანას წარმოადგენს შედარებით მოქნილი მართვის სისტემის შექმნა, რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს ტექნოლოგიური პროცესების მოთხოვნილ დინამიკას. მართვის სისტემებში მიმდინარე ელექტროდინამიკური პროცესების ანალიზის დროს ეფექტური საშუალებაა გამოყენებითი პროგრამული პაკეტების გამოყენება, რომელიც შესაბამისი ობიექტის მოდელირების და

მასზე დაკვირვების მარტივ საშუალებას წარმოადგენს.

კომპიუტერული მოდელირებით მართვის სისტემაში მიმდინარე პროცესების ანალიზი უფრო მიმზიდველი და წარმატებულია, რაც შესაბამისი პარამეტრების ფართო დიაპაზონში შერჩევის შესაძლებლობით არის განპირობებული. მართვის ალგორითმის და სტრუქტურის შერჩევით მიღწეულია მართვის სისტემის მაღალი დინამიკა, რაც ტექნოლოგიური პროცესების სწორად წარმართვის საწინდარია.

საკვანძო სიტყვები: ელექტრომექანიკური სისტემა; კომპიუტერული მოდელირება; მუშა მექანიზმი; მართვის სისტემა; მოქნილი დინამიკა; მოდელირების ალგორითმი.

შესავალი

მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების ერთ-ერთ მიმართულებას არის ელექტროტექნიკური მოწყობილობის ისეთი თანამედროვე მოქნილი მართვის სისტემების შექმნა, რომელმაც უნდა უზრუნველყოს მართვის ალგორითმის გათვალისწინებით მაღალი დინამიკური მახასიათებლების მიღება. ცნობილია, რომ ელექტროენერგეტიკის სწორად განვითარებაში ერთ-ერთი ამოცანა მუშა მექანიზმების მართვის სრულყოფაა, რაც თავის მხრივ მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების ელექტრომომარაგების სისტემასთან თავსებადობის საწინდარია. მუშა მექანიზმების გადაადგილების მოთხოვნილი დინამიკის ხარისხი და მართვის ელემენტების რაოდენობრივი ზრდა განაპირობებს მართვის რთული ალგორითმის ფორმირებას. ელექტროტექნიკური მოწყობილობის აღჭურვილობის სფეროში მნიშვნელოვანი პროგრესი ტექნოლოგიური პროცესების მაღალ დონეზე მიმდინარეობის ერთ-ერთი პირობაა, რაც გულისხმობს ელექტროტექნიკური მოწყობილობის სრულყოფას და მცირე სიდიდის მართვადი ზემოქმედების დროს მართვის სისტემის მაღალ დინამიკურ მაჩვენებლებს.

დღესდღეობით არსებული გადაადგილების მუშა მექანიზმების მართვის სიტემები სრულად ვერ აკმაყოფილებს ისეთი ტექნოლოგიური პროცესების არსებობას, როგორიცაა მართვის ელემენტების შედარებით მოქნილი ალგორითმის შექმნა, რომელიც განაპირობებს მართვის მაღალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას. აღსანიშნავია, რომ მართვის სისტემების მუშაობის ანალიზისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება კომპიუტერული ტექნოლოგიების გა-

მოყენებას, რომელიც საკვლევი ობიექტის და მასში მიმდინარე ელექტრომაგნიტური პროცესების მოდელირების და ანალიზის მოქნილ საშუალებას წარმოადგენს.

აღნიშნულთან დაკავშირებით სტატიაში წარმოდგენილია მუშა მექანიზმის გადაადგილების დინამიკის მოდელირება „LabVIEW“ პროგრამირების გარემოში და ჩატარებულია შესაბამისი კვლევები, რომლის მიხედვითაც მიღწეულია მართვის სისტემის მაღალი დინამიკა.

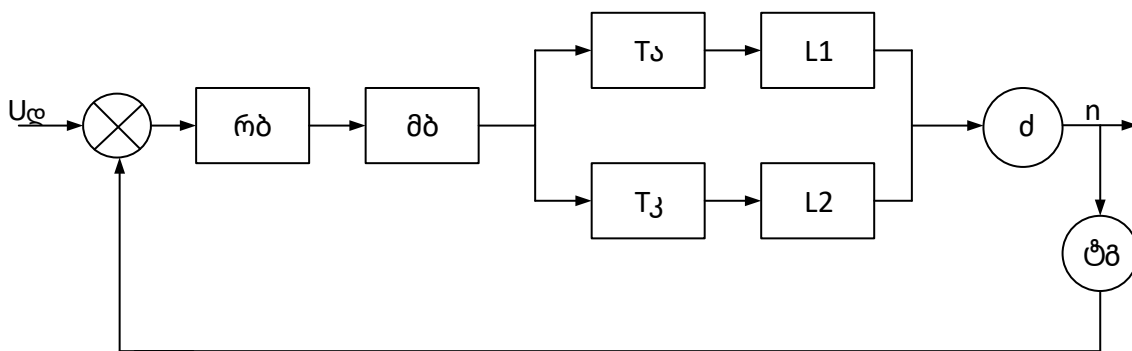
ძირითადი ნაწილი

ელექტროენერგიის ერთ-ერთ მომხმარებელს ელექტრომექანიკური მოწყობილობა წარმოადგენს, რომელიც მუშა ორგანოს მოქმედებაში მოყვანას უზრუნველყოფს. გადაადგილების მექანიზმის მართვის სისტემები უნდა აკმაყოფილებდეს ისეთ ძირითად მოთხოვნებს, როგორიც არის მუშა ორგანოს გადაადგილების სიზუსტე და სწრაფმოქმედება, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია მართვის სისტემის მაღალ დინამიკურ მაჩვენებლებზე. გადაადგილების მექანიზმის მექანიკურ პარამეტრებზე გავლენის ერთ-ერთ ძირითად პარამეტრს დატვირთვის მხრიდან სხვადასხვა ხასიათის შემფოთებით გამოწვეული ზემოქმედება წარმოადგენს. აღნიშნულთან დაკავშირებით ტექნოლოგიური პროცესების სწორად წარმართვისათვის მნიშვნელოვანია, თუ რამდენად აკმაყოფილებს მექანიზმის მუშა ორგანოს გადაადგილების მართვის სისტემა ისეთ მოთხოვნას, რომელიც უზრუნველყოფს მართვის დინამიკური მახასიათებლების აპერიოდულ ხასიათს სხვადასხვა სახის ზემოქმედებების დროს [1].

მართვის სისტემებში მიმდინარე პროცესების ანალიზისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებას, რომლის დროსაც გამოყენებითი პროგრამული პაკეტების მეშვეობით იქმნება საკვლევი ობიექტის მოდელი, რომელიც მართვის სიტემაში მიმდინარე პროცესების ანალიზისა და ოპტიმიზაციის მოქნილი საშუალებაა. მართვის სისტემის ცალკეული რგოლების გადაცემის ფუნქციების გამოყენებით შესაძლებელი ხდება საკვლევი ობიექტის მართვის ალგორითმის ფორმირება, რომ-

ლის შესაბამისი სტრუქტურული სქემის მიხედვით იქმნება მართვის შესაბამისი მოდელი. მართვის სისტემის მოდელირებისათვის გამოყენებულია პროგრამული გარემო “LabVIEW”, რომელიც მოდელირების მოქნილი საშუალებაა და შესაძლებლობას იძლევა მარტივი გრაფიკული პროგრამირების გენის გამოყენებით მოვახდინოთ ოპტიმიზაციისათვის პარამეტრების მარტივად შერჩევა [2].

1-ელ სურათზე ნაჩვენებია მექნიზმის გადაადგილების მართვის სტრუქტურული სქემა.



სურ. 1. მექნიზმის გადაადგილების მართვის სტრუქტურული სქემა

რბ არის მუშა ორგანოს გადაადგილების რეგულირების ბლოკი;

U_d – დავალების სიგნალი;

მბ – ტირისტორების მართვის ბლოკი;

T_a, T_k – ტირისტორების ანოდური და კათოდური ჯგუფი;

L_1, L_2 – დენის გამათანაბრებელი დროსელები;

მ – ელექტრული ძრავა;

ტმ – ტახოგენერატორი.

სიჩქარის რეგულირებისათვის გამოყენებულია პროპორციული-ინტეგრარული რეგულირება, რომლის ძირითადი მონაცემებია:

რეგულირების დიაპაზონი – 1:1000;

სიმძლავრის დიაპაზონი – (0,025–2 კვტ);

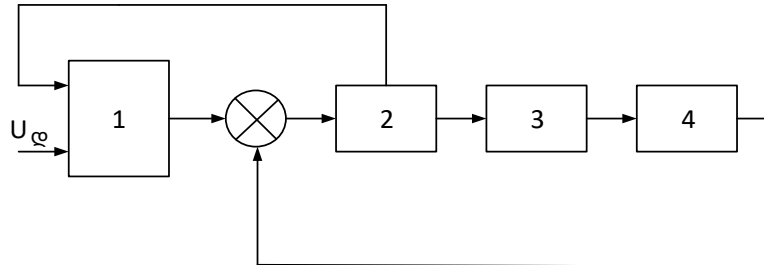
გამოყენებული გარდამსახების რიცხვი–2.

ძრავას ღუზის წრედში უწყვეტი დენის არსებობისათვის გამოყენებულია ტირისტორების შეთანხმებული მართვა. გამათანაბრებელი დენების შემცირების მიზნით გამოყენებულია L_1 და L_2 დროსელები. არსებულ მართვის სისტემაში გამოყენებული დენის გამათანაბრებელი დროსელები უარყოფით გავლენას ახდენს მართვის სისტემის დინამიკაზე, რაც აისახება სიმძლავრის დამატებითი კარგვებით. მართვის სიტემაში დენური უკუკავშირის არარსებობა განაპირობებს მართვის რეგულირების

დიაპაზონში დაბალ სიზუსტეს და სწრაფმოქმედებას [3].

მართვის სისტემის დინამიკის გაუმჯობესების მიზნით შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ძრავას

მართვის სისტემა, სადაც რეალიზებულია რელეური რეგულირების პრინციპი, რაც ნაჩვენებია მე-2 სურათზე.



სურ. 2. მექანიზმის მუშა ორგანოს გადაადგილების მართვის სტრუქტურული სქემა

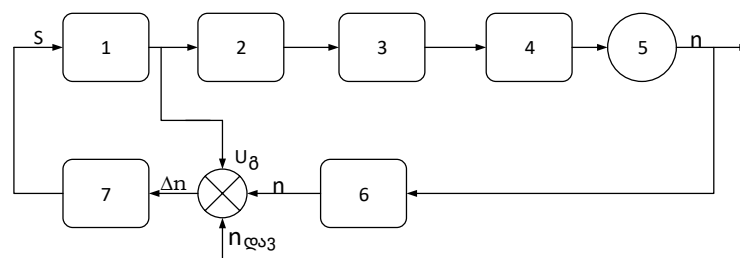
U_d არის დავალების სიგნალი, 1–3 – ინტეგრატორი, 2–რელეური გადამრთველი ელემენტი, 4–მუდმივი დენის ძრავა.

რელეური მართვა განხორციელებულია შემდეგი ალგორითმით:

$$S = K_1 \int_0^t \Delta n + K_2 \Delta n - K_3 U,$$

სადაც K_1, K_2, K_3 არის სიგნალის გაძლიერების კოეფიციენტები, Δn –დავალების და უკუკავშირის სიგნალების სხვაობა, U_d –დავალების სიგნალი.

მუშა მექანიზმის მართვის სისტემაში მიმდინარე ტექნოლოგიური პროცესების ანალიზის და ოპტიმიზაციის მოდელირების სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია მე-3 სურ-ზე.



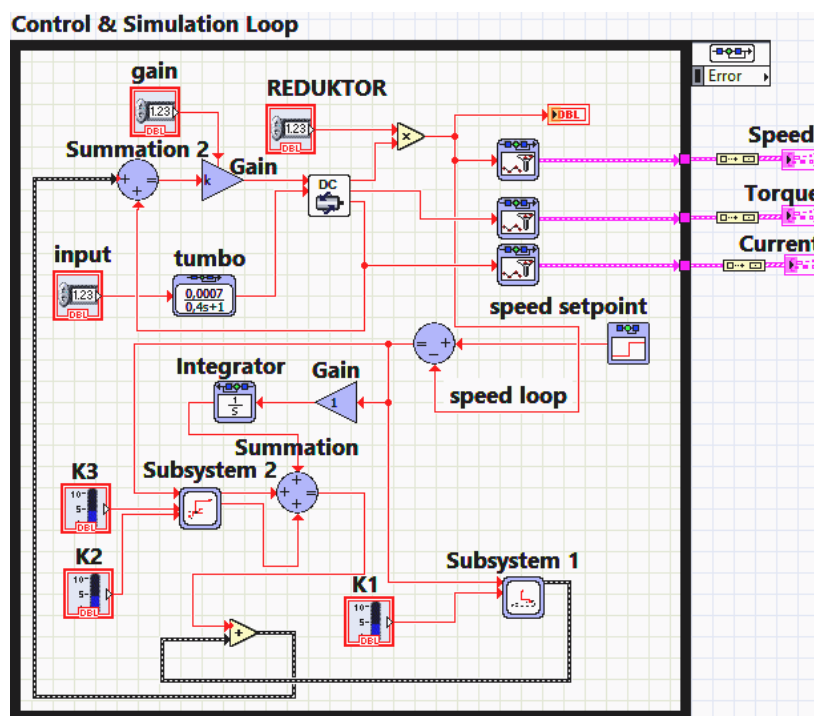
სურ. 3. მუშა მექანიზმის გადაადგილების მართვის სისტემის მოდელირების სტრუქტურული სქემა

1 არის გამაძლიერებელი, 2–ინტეგრატორი, 3–გარდამსახი, 4–რედუქტორი, 5–მუდმივი დენის ძრავა, 6–ტახოგენერატორი, 7–გადართვის S ფუნქციის მაფორმირებელი, U_d –გამაძლიერებლის სიგნა-

ლი, n_{daz} –დავალების სიგნალი, n –ფაქტობრივი სიგნალი, Δn – შედარების სიგნალი.[4].

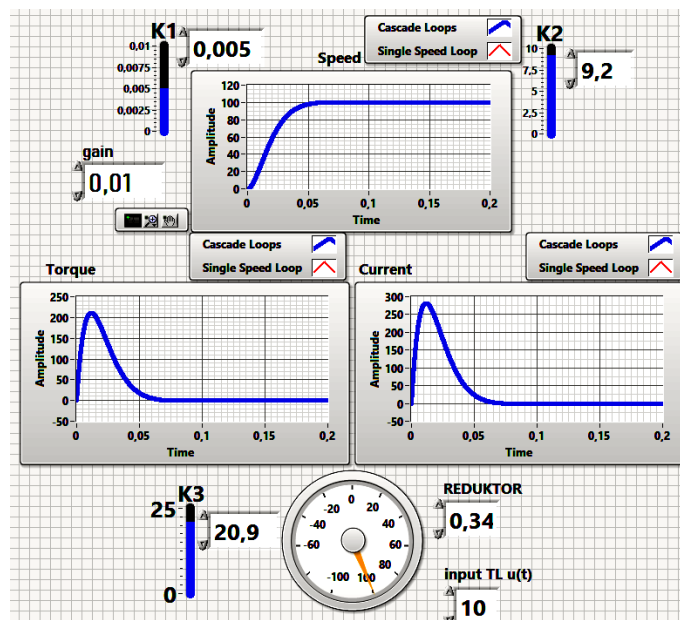
მუშა მექანიზმის გადაადგილების მართვის მოდელირების სტრუქტურული სქემის და მართვის

სიგნალის გადართვის ფუნქციის ალგორითმის გამოყენებით პროგრამულ გარემო “LabVIEW”-ში აქვს თვალისწინებით მოდელირების ბლოკსქემას გამო-4 სურ-ზე ნაჩვენები სახე.



სურ. 4. მუშა მექანიზმის გადაადგილების მართვის მოდელირების ბლოკსქემა

მოდელირების წინა პანელს მე-5 სურ-ზე ნაჩვენები სახე აქვს.



სურ. 5. მუშა მექანიზმის გადაადგილების მართვის მოდელირების წინა პანელი

“LabVIEW” პროგრამირების გარემოში მუშა მექანიზმის გადაადგილების მართვის სისტემის კომპიუტერული მოდელირება ოპტიმალური რეგულირების ალგორითმის გამოყენებით უზრუნველყოფს მართვის სისტემის მაღალ დინამიკურ მახასიათებლებს, რაც თავის მხრივ განაპირობებს მუშა ორგანოს მოძრაობის ელექტრული ძრავას რეგულირების აპერიოდულ ხასიათს. გარდა აღნიშნულისა, მართვის სისტემაში დენების გამათანაბრებელი დროსელების არარსებობა განაპირობებს მოხმარებული ელექტროენერგიის შედარებით მაღალ ხარისხს. კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული შედეგების მიხედვით ვღებულობთ:

მუშა ორგანოს გადაადგილების ელექტრული ძრავას 100 ბრ/წთ სიხშირით ბრუნვის დროს გაშვებადამუხრუჭების დრო არის 0,06 წმ, რევერსი – 0,1 წმ, რაც მიუთითებს მართვის სისტემის მაღალ დინამიკურ მახასიათებლებზე.

დასკვნა

მუშა მექანიზმების გადაადგილების მართვის სისტემის დინამიკური მახასიათებლების გაზრდისა და ქსელზე არაწრფივი ელემენტების გავლენის შემ-

ცირების მიზნით განხილულია და კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით მოდელირებულია მართვის ავტომატური სისტემა, რომელიც არსებული მართვის სისტემებთან შედარებით მაღალი დინამიკით გამორჩევა. მართვის სისტემის კომპიუტერული მოდელირების საფუძველზე მიღებული შედეგები ფიქვენებს, რომ მიღწეულია სამართავი ობიექტის შედარებით მაღალი სიზუსტე და სწრაფმოქმედება, რაც განპირობებულია მართვის ალგორითმში რელეური გადართვის ფუნქციის რეალიზაციით, რომელიც კიდევ უფრო მიმზიდველს ხდის განხილულ ადაპტირებულ მართვის სისტემას. გარდა აღნიშნულისა, მოცემული მუშა მექანიზმის გადაადგილების მართვის სისტემა საშუალებას იძლევა მივიღოთ სასურველი დინამიკა ძრავას დაბალი ბრუნვის სიხშირეების დროს, რაც მისი გამოყენების არეს კიდევ უფრო ზრდის. აღნიშნულთან დაკავშირებით მექანიზმის მუშა ორგანოს გადაადგილების მართვის სისტემის მოდელირების ალგორითმში რელეური გადართვის ფუნქციის რეალიზაცია განაპირობებს მართვის სისტემის გარდამავალი პროცესების მაღალ დინამიკურ მაჩვენებლებს.

ლიტერატურა

1. Shreiner, R. T. (1997). *Electric drive subordinate control systems* (pp. 115–124).
2. Gorodko, S. I., Kapanov, N. A., & Stasevich, N. A. (2017). *Automatic control theory* (pp. 4–19).
3. Obnokopylov, L. G., & Dementiev, Yu. N. (2013). *Electric drive* (pp. 24–42).
4. Vasiliev, V. G. (2019). *Numerical methods for modeling automatic control systems in the LabVIEW software environment* (pp. 96–107).

UDC 004.94:62-50

SCOPUS CODE 2208

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-4-219-225>

Computational Modeling of the Enhancement of Dynamic Indicators of a Working Mechanism's Motion

Merab Tsetskhladze

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

E-mail: merabi.tsetskhladze@mail.ru

Reviewers:

N. Dzaganja, Associate Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: natadzaganja@gmail.com

D. Turdzeladze, Associate Professor, Faculty of Energy, GTU

E-mail: turdzeladze59@gmail.com

Abstract. For the correct implementation of technological processes in electromechanical systems, it is important to increase the dynamic characteristics of the control system. Existing control systems cannot fully meet the existing technical requirements.

In this regard, an important scientific and technical task is to create a relatively flexible control system that should meet the required dynamics of technological processes. An effective tool for analyzing electrodynamic processes in control systems is the use of applied software packages, which provide a simple means of modeling and observing the corresponding object.

This analysis of processes in the control system using computer modeling is more attractive and successful, which is due to the possibility of selecting appropriate parameters in a wide range. By selecting the control algorithm and structure, high dynamics of the control system have been achieved, which is a prerequisite for the correct management of technological processes

Keywords: Control system; Computer modeling Electromechanical system; Flexible dynamics; Modeling algorithm; Working mechanism.

განხილვის თარიღი 14.05.2025

შემოსვლის თარიღი 21.05.2025

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 24.12.2025