

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

გივი კოხრეიძე - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

E-mail: gmgmgkf@mail.ru

გოჩა კოხრეიძე - პროფესორი

E-mail: gocha.kokhreidze@gse.com.ge

ნანა ბერაძე - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: beradzenana@gmail.com

გივი მურჯიკნელი - ტექნ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი

E-mail: givi.murjikneli@magticom.ge

იზოლდა ყურაშვილი - ასოცირებული პროფესორი

E-mail: kurashviliizolda02@gtu.ge

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

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

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

შესავალი

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

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

ინვერტორული აგრეგატებს და სამფაზა ვარსკვლავად შეერთებულ კონდენსატორულ დანადგარებს.

თემის აქტუალობა

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

სამუშაოს მიზანი

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

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე

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

მიღებული შედეგების გამოყენების სფერო

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

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

სამუშაოს შინაარსი

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

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

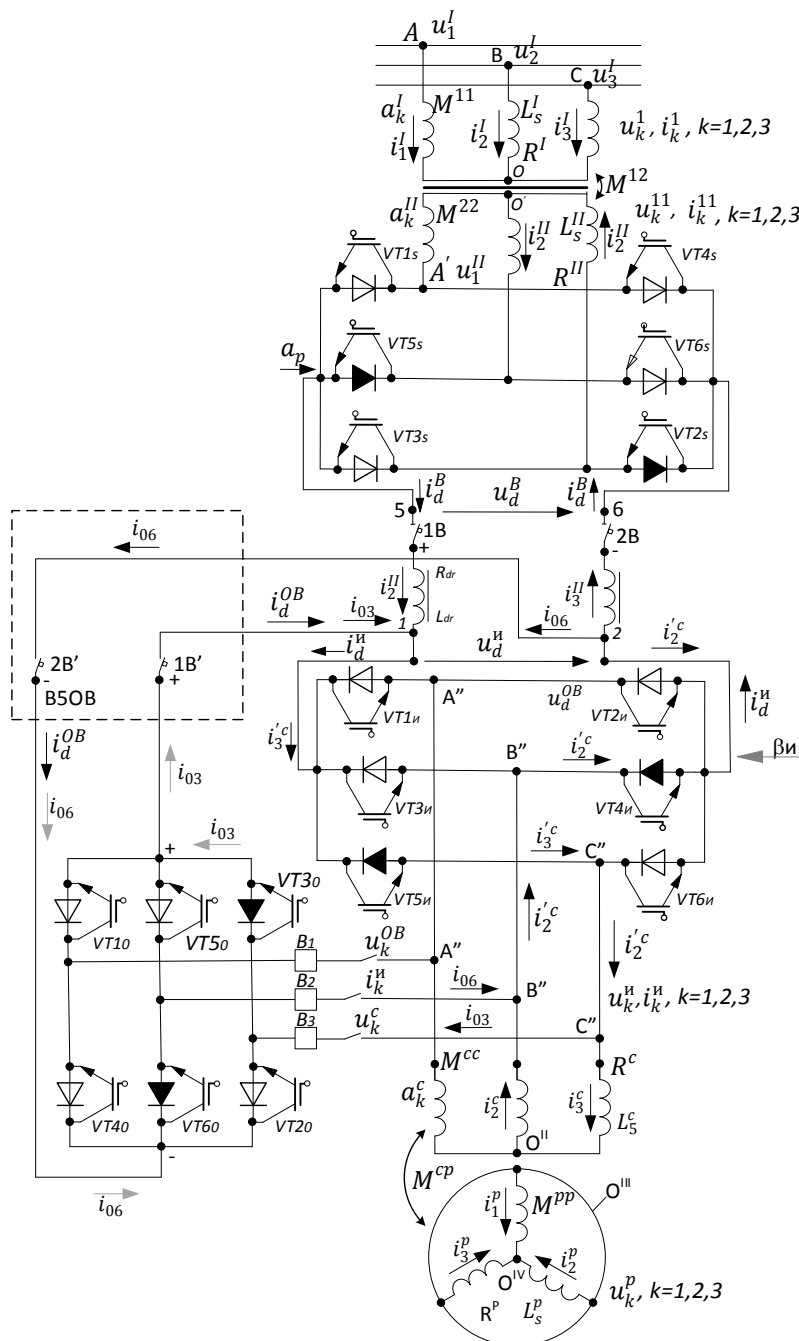
ელექტრომავლის ასინქრონულ წევის ძრავების დიდი დახრილობის საანგარიშო აღმართებზე შეუძლიათ იმუშაონ მაღალი გადატვირთვის რეჟიმით და ატარონ დიდი მასის მატარებლები, ხოლო თავდადმართებზე განახორციელონ მეტად საიმედო რეკუპერაციული ელექტრული დამუხრუჭება და მოახდინონ გენერატორულ რეჟიმში გადასული წევის ძრავებიდან გენერირებული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

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

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

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

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



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

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

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

ლიტერატურა

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

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

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

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

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

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

Ил. 1, bibl. 8.

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

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

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

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

Илл.1, лит. 8.