

მატარებელთა მოძრაობის მართვის სისტემებში ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორების გამოყენების შესაძლებლობები

მერაბ გოცაძე, ავთანდილ შარვაშიძე, თენგიზ ტაბიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მატარებელთა მოძრაობის მართვისა და უსაფრთხოების სისტემებში ახალი საელემენტო ბაზის გამოყენების შესაძლებლობები სარკინიგზო ობიექტების ტემპერატურისა და დეფორმაციის გამზომი ბოჭკოვან-ოპტიკური გადამწოდების სახით, ამჟამად მოქმედი ტრადიციული სარელსო წრედების ნაცვლად შემოთავაზებულია ბოჭკოვან-ოპტიკურ გადამწოდებზე აგებული დისკრეტული მოქმედების გადამწოდი, რომელიც უზრუნველყოფს ლიანდაგების მდგომარეობის შესახებ სრულყოფილი ინფორმაციის გადაცემას, დამუშავებულია სენსორული ბოჭკოვან-ოპტიკური საინფორმაციო-გამზომი სისტემა, რომელიც იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს.

საკვანძო სიტყვები: სარელსო წრედი, სენსორი, ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელი, მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოება, საინფორმაციო-გამზომი სისტემა.

1. შესავალი

რკინიგზებსა და მეტროპოლიტენებში მატარებელთა მოძრაობის მართვასა და უსაფრთხოებას უზრუნველყოფს სარკინიგზო ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ანუ სიგნალიზაციის, ცენტრალიზაციისა და ბლოკირების სისტემები, რომელთა საელემენტო ბაზად გამოყენებულია რელეურ-კონტაქტური აპარატურა. მიუხედავად იმისა, რომ რკინიგზის ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების შესაბამისად მუდმივად ტარდება პროფილაქტიკური ღონისძიებები და სათანადო მონიტორინგი, მაინც არსებობს ტექნიკური გაუმართაობების წარმოქმნისა და გადაზიდვების პროცესის შეფერხებისა საფრთხე, ამიტომ აუცილებელია მატარებელთა მოძრაობის მართვისა და უსაფრთხოების მოძველებული სისტემის ჩანაცვლება ახალი, თანამედროვე საელემენტო ბაზაზე აგებული სისტემებით.

მატარებელთა მოძრაობის მართვისა და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის თანამედროვე სისტემების ძირითად საბაზო ელემენტს წარმოადგენს სარელსო წრედი, რომელიც ხასიათდება მატარებელთა მოძრაობის უსაფრთხოების თვალსაზრისით მაღალი საიმედოობით, მაგრამ გააჩნია სარკინიგზო ობიექტების დაზიანებათა ერთ-ერთი ყველაზე მაღალი პროცენტი, რაც იწვევს მოძრაობის გრაფიკის დარღვევასა და შესაბამისად რკინიგზის გამტარუნარიანობის შემცირებას.

ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ დღეისათვის არ განიხილება ობიექტების ტემპერატურისა და დეფორმაციის გამზომი ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორების რკინიგზის ტრანსპორტზე გამოყენების შესაძლებლობა, თუმცა სარკინიგზო ობიექტების სპეციფიურობიდან გამომდინარე, იგი ფრიად პერსპექტიული მიმართულებაა. ჩვენს მიერ განხილულია მატარებელთა მოძრაობის მართვისა და უსაფრთხოების სისტემებში ოპტიკური სენსორების გამოყენების შესაძლებლობები ელექტრულ დენზე მომუშავე ტრადიციული სარელსო წრედების ნაცვლად. შემოთავაზებულია ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორების რელსებზე მიმაგრების მეთოდი. დამუშავებულია ახალი ტიპის სარელსო წრედები, სადაც გამოყენებულია გარდატეხის მაჩვენებლიანი ბოჭკოვანი ცხაურის მქონე ტემპერატურისა და მექანიკური დეფორმაციების გამზომი სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ლიანდაგის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის უფრო საიმედოდ და ეფექტურად გადაცემას, ვიდრე ეს ხდებოდა ტრადიციულ სისტემაში.

2. ძირითადი ნაწილი

ტრადიციულ სარელსო წრედებში ელექტრული წრედი ირღვევა ან მთლიანდება მოძრავი შემადგენლობის ღერძით. სისტემა შედგება კვების წყაროსაგან, რელსებისაგან, მაიზოლირებელი ელემენტებისაგან, ლიანდაგებში განლაგებული კავშირებისა და კონტროლის ელემენტებისაგან. მიუხედავად იმისა, რომ სისტემა ეფექტურად მუშაობდა მრავალი წლის განმავლობაში, მას აქვს შემდეგი ნაკლოვანებები:

- მგრძნობელობა გარემო პირობებზე (ტენიანობა, ჟანგვა);
- მაიზოლირებელი ელემენტების დაბინძურება ან მექანიკური დაზიანება;
- რთული დიაგნოსტიკა და შეკეთება;
- შეზღუდული ფუნქციონალი ციფრული ინტეგრაციის მიმართულებით.

შემოთავაზებული ბოჭკოვან-ოპტიკური სისტემა მოიცავს რკინიგზის მონაკვეთზე ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელის განთავსებას, ინტერფერენციული სენსორების დამონტაჟებას და გადამწოდების მეშვეობით მონაცემთა გადაცემას

ცენტრალური საკონტროლო ბლოკში. სისტემა რეალურ დროში განსაზღვრავს მატარებლის ადგილმდებარეობასაც.

ამ სისტემაში მონაცემთა გადასაცემად იყენებენ სინათლის სიგნალს მინაბოჭკოვანი კაბელების მეშვეობით. ეს ტექნოლოგია გვთავაზობს:

- ელექტრომაგნიტურ იმუნიტეტს;
- მაღალი სიჩქარისა და დიაპაზონის კომუნიკაციას;
- მრავალარხიან გადაცემას ერთ ბოჭკოში;
- მცირე ზომებსა და გამძლეობას.

ჩატარდა შედარებითი ანალიზი ტრადიციულ სარელსო წრედებსა და შემოთავაზებულ ალტერნატიულ ბოჭკოვან-ოპტიკურ სისტემებს შორის.

ცხრილში 1 წარმოდგენილია ძირითადი განსხვავებები ტექნიკური, ოპერატიული და უსაფრთხოების თვალსაზრისით.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ტექნოლოგია ერთმნიშვნელოვნად ჯობია ტრადიციულ სარელსო წრედს რამდენიმე მნიშვნელოვან პარამეტრში: სანდოობა, სიზუსტე, გარემოზე დამოუკიდებლობა და ტექნიკური მომსახურების სიმარტივე.

ცხრილი 1.

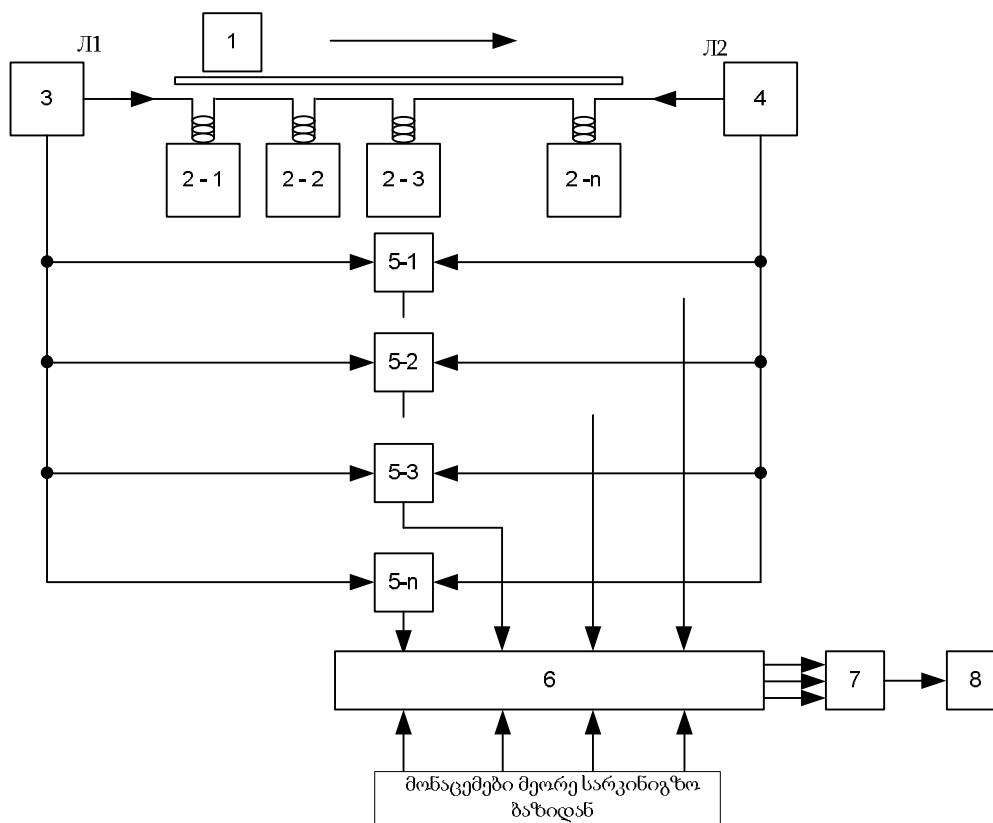
პარამეტრი	ტრადიციული სარელსო წრედი	ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სისტემა
დეტექციის პრინციპი	ელექტრული შუნტირება	სინათლის ტალღის ანარეკლი (FBG)
შეგრძნებადი ფაქტორები	მხოლოდ რკინის წყვილი რელსზე	დეფორმაცია, ტემპერატურა, ვიბრაცია
ელექტრომაგნიტური გამძლეობა	დაბალი	ძალიან მაღალი
MTBF	~100,000 საათი	>1,000,000 საათი
მომსახურების სიხშირე	მაღალი	დაბალი
განლაგების სირთულე	ფიზიკურად რთული, გათხრები	რელსზე დამაგრება
სიზუსტე	მხოლოდ ოკუპაცია	მრავალფაქტორული ანალიზი
დამოკიდებულება გარემოზე	მაღალი	დაბალი
ენერგომოხმარება	მუდმივი კვება	მინიმალური

ჩვენს მიერ დამუშავებულია ცენტრალიზებული მონიტორინგის სისტემა, სადაც ბოჭკოვან კაბელს აქვს მჭიდრო მექანიკური კონტაქტი სარკინიგზო ხაზთან, ხოლო საკაბელო მაღალი მგრძნობელობა საშუალებას იძლევა გავაკონტროლოთ მთელი სარკინიგზო სისტემა. საკაბელო მონაკვეთზე ყოველი ფიზიკური ზემოქმედების შედეგად ჩანს მოხრა და ჩვენ შეგვიძლია ზუსტად შევაფასოთ ამ ზემოქმედების ადგილმდებარეობა, ასე რომ ბოჭკოვანი კაბელი ხდება სენსორი ფიზიკური ზემოქმედების ადგილზე.

სისტემამ ასევე უნდა დაადგინოს მოძრავი შემადგენლობის დაზიანებული გოგორწყვილები, გააკონტროლოს დატვირთვის მოძრავი ღერძი, დაადგინოს დაზიანებული ლიანდაგის ადგილი და ა.შ. ამ მიზნების მისაღწევად აუცილებელია ოპტიკური კაბელის მგრძნობელობის გაზრდა. სხვადასხვა სახის ფიზიკური ზემოქმედების დასადგენად უმარტივესი გზაა ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის „მარყუჟის“ გაკეთება მექანიკური გამაძლიერებელით, რაც გაზრდის მოცემული წერტილის ოპტიკური კაბელის სარკინიგზო ხაზთან კონტაქტის არეალს. აღსანიშნავია, რომ „მარყუჟების“ განთავსება ბოლომდე შეგვიძლია, ისინი უფრო მრავალფეროვან ინფორმაციას მოგვცემენ და გარკვეული დაზიანების გარკვეულ ტალღურ ფორმასთან ასოცირებით, ზუსტად განვსაზღვრავთ დაზიანების ხასიათს და ადგილმდებარეობას. ნახაზზე წარმოდგენილია იდენტური სტრუქტურა ორივე რელსის სისტემისთვის. პირველ და მეორე რელსებზე ტოტები სენსორებადაა განლაგებული ერთმანეთის მოპირდაპირედ თანაბარი მანძილით. წარმოდგენილი სისტემის გამარტივების მიზით, განვიხილოთ ერთი, პირობითად პირველი სარკინიგზო ხაზის აღწერა.

ნახაზზე 1 წარმოდგენილია პირველი სარკინიგზო ხაზისათვის შემოთავაზებული სისტემის ბლოკ-სქემა: ერთჯერადი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელი (1) მჭიდროდ არის დაფიქსირებული სარკინიგზო ხაზის გასწვრივ, რომლის ღერძებს „მარყუჟებს“ უწოდებენ იგი წარმოადგენს ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კაბელის ფრაგმენტს მექანიკური გამაძლიერებლებით, ე.ი. ბოჭკოვან-ოპტიკურ სენსორებს (2-1÷2-n).

სენსორები განლაგებულია რელსების გასწვრივ ერთმანეთისგან ისეთ მანძილზე, რომ გამოირიცხოს ორი ან მეტი სენსორების ერთდროული მუშაობის შესაძლებლობა. ასევე, ზუსტად განისაზღვრება მათი მანძილი OTDR-დან.



ნახ. 1. სისტემის ბლოკ-სქემა

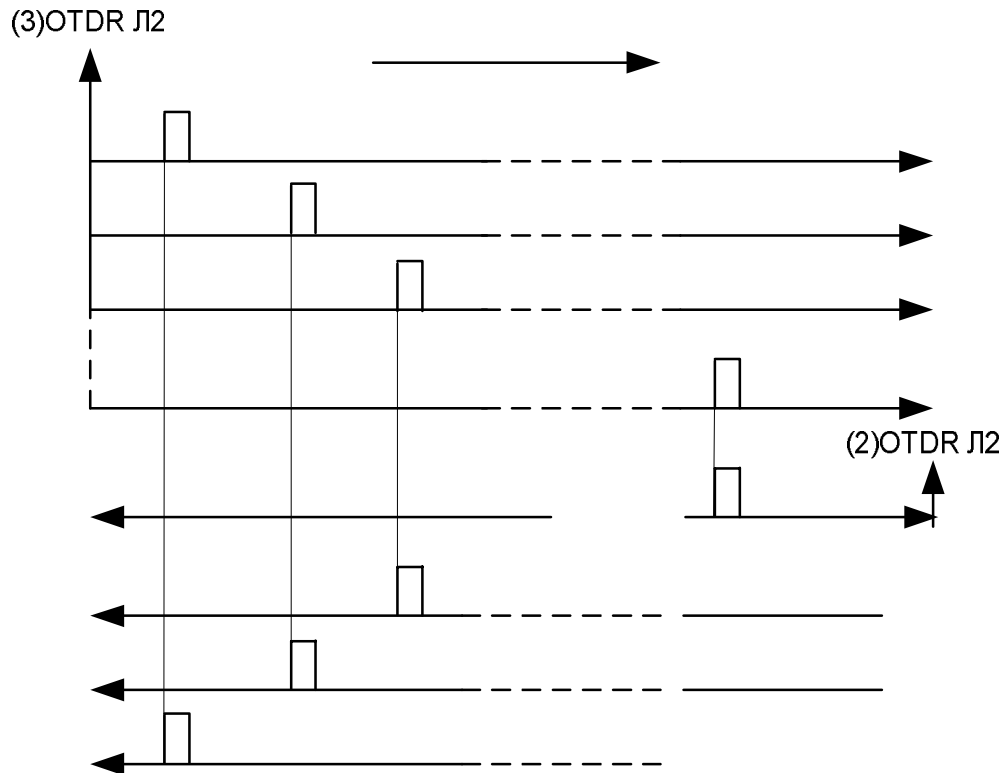
სარკინიგზო წრის დასაწყისა და ბოლოში დაყენებულია ორი OTDR რეფლექტომეტრი ცალკეული ტალღის სიგრძით $\lambda_1 = 1310$ ნმ (3) და $\lambda_2 = 1550$ ნმ, (4) რომლებიც სერიულად უკავშირება ერთჯერადი რეჟიმის ოპტიკურ-ბოჭკოვან კაბელს მიკროსქემის საპრისპირო მიმართულებით. ასეთი ჩართვა განპირობებულია ყალბი საგნალების მინიმიზაციისა და სისტემების საიმედოობის გაზრდის მიზნით.

OTDR-ის გამოყენებით წარმოიქმნება ოპტიკური იმპულსი, ამიტომ გამოვლენილია მათი S და Z ფორმები. S და Z სიგნალების ეს აღნიშვნა პირობითია იმისთვის, რომ განასხვავოს სიგნალები ორი განსხვავებული OTDR-დან. ასევე, განხორციელებულია იმპულსური სიგნალის სიმძლავრის ვარდნის კოორდინატების ზუსტი გაანგარიშება (მანძილი OTDR-დან. იმპულსის სიმძლავრის ვარდნის წერტილამდე).

შესაბამისი სენსორი 2-1÷2-n, ორივე OTDR იწყებს სიგნალების წარმოქმნას იმპულსების სახით. OTDR-ის გასასვლელები უკავშირდება რეგისტრებს 5-1 n 5-n, რომელთაგან თითოეული განსაზღვრავს სენსორს 2-1÷2-n. ნახაზზე 2 წარმოდგენილია 5-1 ÷ 5-n რეგისტრების იმპულსების გააქტიურების სქემა.

ორივე რეფლექტომეტრი (3) და (4) ამარაგებს სიგნალებს $St1-Stn$ და Ztn იმპულსების სახით 5-1 ÷ 5-n გადამცემის შესაბამის რეგისტრებში. ასევე, 5-1 ÷ 5-n თითოეული რეესტრი მუშაობს, როდესაც რეგისტრირების ორივე შესასვლელზე ერთდროულად გაიგზავნება S და Z სიგნალები.

მატარებლების მოძრაობის მიმართულება



ნახ. 2. 5-1÷5-ნ რეგისტრების იმპულსების გააქტიურების სქემა

საჭეების წყვილი (6) მოთავსებულია გამოთვლის ბლოკში. მოძრაობის მიმართულებით, ორივე რელსის პირველი ხუთი რეგისტრიდან იმპულსების რაოდენობა ითვლება $15a1 \div 115a1$ მრიცხველებით, შემდეგ ხდება დათვლილი იმპულსების რაოდენობის შედარება.

3. დასკვნა

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე ბოჭკოვან-ოპტიკური სენსორების გამოყენებით დამუშავებულია მრავალფუნქციური გამზომი სისტემა, რომლის დახმარებითაც შესაძლებელია:

- მოძრავ შემადგენლობაში გოგორწყვილების ნაკადის დაზიანების აღმოჩენა;
- უშუალოდ მოძრავი შემადგენლობის სადგურიდან სადგურამდე ბლოკ-უბანზე დაფიქსირება;
- მოძრავი შემადგენლობის მიერ სადგურიდან სადგურამდე დაკავშირებული ბლოკ-უბნის ზუსტი ადგილმდებარეობის დადგენა;
- გაცვეთილი ან დაზიანებული ლიანდაგის ადგილის განსაზღვრა;
- მოძრავი შემადგენლობის ინდენტიფიცირება;
- მოძრავი შემადგენლობის გადახურებული ელემენტების აღმოჩენა;
- მოძრავი შემადგენლობის ღერძებზე, დატვირთვის კონტროლი.

ამ სისტემებით სარკინიგზო მონაკვეთების აღჭურვა მნიშვნელოვნად გაზრდის ტრანსპორტირების ეკონომიკურ ეფექტურობას, რაც თავის მხრივ იწვევს რეგიონის ბიუჯეტის შემოსავლების ზრდას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. მ. გოცაძე, ნ. მღებრიშვილი, თ. ტაბიძე - ვიბრაციის დონეთა შედარებითი ანალიზი ჩქაროსნული სარკინიგზო მაგისტრალებისათვის და მათი რეგისტრაციისათვის ბოჭკოვან-ოპტიკური ქსელის აგების შესაძლებლობები // ს/ტ ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“; თბილისი; №3 (46) 2019 წ. გვ.71-79.
2. Гоцадзе М., Мгебришвили Н., Имнаишвили Л., Дундуа А., Нодиа А. Рельсовые цепи первого типа для безопасности движения поездов // Научно-технический журнал «Транспорт», №1-2 (45 – 46), Тбилиси, 2012 г. стр. 7 – 9.
3. Гоцадзе М., Мгебришвили Н., Имнаишвили Л., Дундуа А., Нодиа А. Построения волоконно-оптических датчиков в железнодорожной автоматике на основе Брэгговских решеток // Научно-технический журнал «Транспорт», №1-4 (53 – 56), Тбилиси, 2014г. стр. 5 – 12.
4. ნ. მღებრიშვილი, ა. ფრანგიშვილი, ლ. იმნაიშვილი - ბოჭკოვან-ოპტიკური კაბელის ფრაგმენტები სარელსო წრედებში განაწილებული გადამწოდების სახით - საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჟურნალი „მოამბე“ ტ. 14. #3. გვ. 43-49, თბილისი, 2020.
5. N. Mgebrishvili, G. Moiseev, L. Pkhakadze, G. Mgebrishvili - A New Method for Using Fiber-Optic Rail Circuits on Railway Spans - ASME IMECE2020-23184; <https://imecce.secure-platform.com/a/solicitations/121/sessiongallery/5991/application/55738>.
6. N. Mgebrishvili, M. Iavich, Gr. Moiseev, N. Kvachadze, A. Fesenko, S. Dorozhynskyy - Diagnosis of Rail Circuits by means of Fiber-Optic Cable ICCEEA2021: The Fourth International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications; <http://www.uacnconf.org/iccseea2021 /ICCSEEA2021 -Conference-Program.pdf>.

Возможности использования волоконно-оптических сенсоров в системах управления движением поездов

Мераб Гоцадзе, Автандил Шарвашидзе, Тенгиз Табидзе

Резюме: В статье рассматриваются возможности использования новой элементной базы в системах управления и обеспечения безопасности движения поездов в виде волоконно-оптического сенсора измерения температуры и деформации железнодорожных объектов. Вместо действующих в настоящее время традиционных рельсовых схем предлагается дискретный сенсор, построенный на волоконно-оптическом сенсоре, обеспечивающий получение полной информации о состоянии путей. Разработана сенсорная волоконно-оптическая информационно-измерительная система, обеспечивающая значительный экономический эффект.

Possibilities of using fiber-optic sensors in train movement control systems

Merab Gotsadze, Avtandil Sharvashidze, Tengiz Tabidze

Abstract: The article deals with the possibilities of using a new element base in control systems and ensuring the safety of train traffic in the form of a fiber-optic sensor for measuring temperature and deformation of railway objects. Instead of the currently operating traditional rail schemes, a discrete sensor built on a fiber-optic sensor is offered, providing complete information on the state of the tracks. A sensor fiber-optical information-measuring system has been developed, providing a significant economic effect.