

UDC 621.311

SCOPUS CODE 2105

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2019-4-101-107>

ელექტრული მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის შესახებ

შოთა ნემსაძე ელექტროტექნიკისა და ელექტრონიკის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: sh-nemsadze@mail.ru

რეცენზენტები:

თ. კობრეიძე, სტუ-ის ენერჯეტიკისა და ტელეკომუნიკაციების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: Kthamaz@gmail.com

დ. ტურძელაძე, სტუ-ის ენერჯეტიკისა და ტელეკომუნიკაციების ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: Turdzeladze59@gmail.com

ანოტაცია. აღნიშნულია, რომ მომხმარებლები-სათვის ხარისხიანი ელექტრული ენერჯიის მიწოდება არის მნიშვნელოვანი ტექნიკური პრობლემა, რომლის დადებითად გადაწყვეტა უზრუნველყოფს მათ მაღალ დონეზე ტექნიკურ-ეკონომიკურ ფუნქციონირებას. ამ თვალსაზრისით ელემენტარული ტექნიკური დიაგნოსტიკა საშუალებას იძლევა მათი ტექნიკური მდგომარეობის შეცნობის და უწყვეტი მონიტორინგით პროგნოზირდეს გამართული ფუნქციონირების ინტერვალი, რათა თავიდან იქნეს აცილებული დეფექტების წარმოშობა, განვითარება და მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლა. ხაზგასმულია, რომ ტექნიკური დიაგნოსტიკა მოიცავს ტექნიკური სისტემის შესახებ დიაგნოსტიკური ინფორმაციის მოპოვების და შეფასების მეთოდებს, დიაგნოსტიკურ მოდელებს და გადაწყვეტილებების მიღების ალგორითმებს, მისი მიზანია ტექნიკური სისტემის საიმედოობის და

რესურსის ამალგება, პრაქტიკულად არის საიმედოობის თეორიის შემადგენელი ნაწილი. მისი უმნიშვნელოვანესი მაჩვენებელია ტექნიკური სისტემის ფუნქციონირების მტყუანობის შეფასება. ტექნიკური დიაგნოსტიკა დეფექტების და გაუმართაობების ადრეული აღმოჩენით უზრუნველყოფს ტექნიკური სისტემის საიმედო და ეფექტურ ექსპლუატაციას.

საკვანძო სიტყვები: გამზომი გარდამსახი; დეფექტები; ელექტრული მოწყობილობა; მტყუანობის ადგილი; ობიექტი; საიმედო ფუნქციონირება; ტექნიკური დიაგნოსტიკა; ტექნიკური სისტემა.

შესავალი

ელექტრული მოწყობილობა ფართო ცნებაა და მოიცავს სამრეწველო, სატრასპორტო, სამშენებლო, სასოფლო და საყოფაცხოვრებო დანიშ-

ნულობის მანქანა-დანადგარებს, მოწყობილობებს ელექტრული ენერჯიის გენერაციის, გადაცემის, განაწილებისა და მოხმარებისათვის, ე.ი. ნებისმიერ მანქანა-მოწყობილობას, რომელიც გამოიმუშავებს ან მოიხმარს ელექტრულ ენერჯიას. ელექტრომოწყობილობების ერთობლიობა არის ქვეყნის ეკონომიკის უმნიშვნელოვანესი ტექნიკური ბაზა და მისი გამართული გრძელვადიანი და საიმედო ფუნქციონირება დიდწილად განსაზღვრავს ქვეყნის ეკონომიკის ეფექტურობას, საზოგადოებრივი ცხოვრების მაღალ სტანდარტს.

ელექტრომოწყობილობის მუშაობის საიმედოობისადმი განსაკუთრებული მოთხოვნები განპირობებულია იმ გარემოებით, რომ მათი მწყობრიდან გამოსვლა არღვევს ურთიერთდაკავშირებულ საწარმოო ციკლებს, სრულად ან ნაწილობრივ აჩერებს ტექნოლოგიურ პროცესებსა და მექანიზმებს. შედეგად, დიდია ეკონომიკისადმი მიყენებული ზარალი, განპირობებული არამართო მწყობრიდან გამოსული მოწყობილობების რემონტით ან მათი შეცვლით, ასევე წუნით და საწარმოო, სატრანსპორტო თუ სხვა პროცესის შეჩერებით. ამავე დროს ელექტრული ენერჯიის მიწოდების თუნდაც ხანმოკლე შეწყვეტა თანამედროვე საზოგადოებაში სრულიად მიუღებელია და აღიქმება როგორც ფორს-მაჟორული სიტუაცია.

ძირითადი ნაწილი

სადღეისოდ, ელექტრულ მოწყობილობათა მუშაობის ავარიული რეჟიმებისაგან დაცვის ძირითადი საშუალებებია ფართოდ გავრცელებული მეტწილად მოძველებული მოწყობილობები: დნობადი მცველები, სხვადასხვა ტიპის ავტომატური ამომ-

რთველები, თბური რელეები და სხვა. დაცვის აღნიშნული საშუალებებით შეუძლებელია დეფექტების (ხარვეზის) აღმოჩენა მათი წარმოშობის ადრეულ სტადიაზე, ვერ უზრუნველყოფენ ელექტრული ენერჯიის სათანადო ხარისხის დაცვას და ფაქტიურად რეაგირებენ მხოლოდ მოწყობილობის მწყობრიდან გამოსვლის ფაქტზე.

ელექტრულ მოწყობილობებს, მიუხედავად მათი მრავალსახეობისა, აქვთ საერთო თავის დანიშნულებით კონსტრუქციული სისტემები და კვანძები: კორპუსი, დენგამტარი ნაწილები, ელექტრული იზოლაცია, გრაგნილები, მაგნიტოგამტარი, ელექტრული შეერთებები, კაბელები, სალტეები, გამტარები, დამიწება, სარელეო დაცვა, მართვისა და სიგნალიზაციის საშუალებები, სტატორი, როტორი, საკისრები, შეხეთვის, ვენტილაციისა და გაგრილების სისტემები, საკომუტაციო სისტემა და სხვა. კვანძებისა და სისტემების დანიშნულების მსგავსება განსაზღვრავს საერთო დეფექტების არსებობას, გამოვლენილს მოწყობილობის შემოწმებისა და გამოცდების შედეგად.

ელექტრულ მოწყობილობათა მტყუნაობის ძირითადი ნაწილი დაკავშირებულია ელექტრული იზოლაციის დაზიანებასთან მისი ელექტრული სიმტკიცის შესუსტებით. იზოლაციის დაზიანების ძირითადი მიზეზებია დაბერება, ექსპლუატაციის პირობების დარღვევა, დეფექტები, წარმოქმნილი დამზადების, ტრანსპორტირების, მონტაჟის ან რემონტის დროს, აგრეთვე მექანიკური დაზიანება, ელექტრულ მანქანებსა და აპარატებში ხვიათა შორის მოკლედ ჩართვა და სხვა. ელექტრულ მოწყობილობათა გამართული მუშაობისათვის საჭირო ტექნიკური საშუალებებით და შესაბამისი საზომი

ხელსაწყოებით აღჭურვილია მხოლოდ ის საწარმოები, სადაც არსებობს შესაბამისი ელექტროტექნიკური სამსახურები, მაგრამ ამ შემთხვევაშიც შეუძლებელია იზოლაციის მდგომარეობის ზუსტი შეფასება, მოწყობილობის მტყუნობის მიზეზების დადგენა და არსებული დეფექტების მოძიება.

ელექტრულ მოწყობილობათა გამართული ფუნქციონირების ინტერვალების საიმედო პროგნოზირება შესაძლებელია ძირითადი პარამეტრების გაზომვების პროცესების სისტემატური უწყვეტი მონიტორინგით, მიღებული შედეგების ანალიზით და მათზე დაფუძნებული დასკვნების გაკეთებით, რაც ლიტერატურაში იწოდება, როგორც ტექნიკური დიაგნოსტიკა. ის არის მეცნიერების შედარებით ახალი დარგი, წარმოშობილი ტექნიკის მოთხოვნილებების შესაბამისად, არის მეცნიერება ტექნიკური სისტემების მდგომარეობის შეცნობის შესახებ და მოიცავს პრობლემათა ფართო წრეს, დაკავშირებულს დიაგნოსტიკური ინფორმაციის მოპოვებასა და შეფასებასთან. ამავე დროს ტექნიკური დიაგნოსტიკა არის ელექტრული მოწყობილობის ტექნიკური ექსპლუატაციის მნიშვნელოვანი თეორიული ბაზა, რომელიც ხელს უწყობს მოწყობილობის გამოყენების ეფექტურობის ამაღლებას.

დიაგნოსტიკა ბერძნული სიტყვაა და რაიმეს (ტექნიკური საშუალება, ცოცხალი ორგანიზმი და სხვა) შეცნობას, განსაზღვრას ნიშნავს. შესაბამისად, ტექნიკური დიაგნოსტიკა შეისწავლის ტექნიკური სისტემის შესახებ დიაგნოსტიკური ინფორმაციის მოპოვების და შეფასების მეთოდებს, დიაგნოსტიკურ მოდელებს და გადაწყვეტილებების მიღების ალგორითმებს, მისი მიზანია ტექნიკური სისტემის საიმედოობის და რესურსის ამაღლება, პრაქტიკულად არის საიმედოობის თეორიის შემადგენელი ნაწილი.

მისი უმნიშვნელოვანესი მაჩვენებელია ტექნიკური სისტემის ფუნქციონირების მტყუნობის შეფასება. ტექნიკური დიაგნოსტიკა დეფექტების და გაუმართაობების ადრეული აღმოჩენით უზრუნველყოფს ტექნიკური სისტემის საიმედო და ეფექტურ ექსპლუატაციას.

დიაგნოსტიკის პროცესში, ჩვეულებრივ, ნამზადს, მოწყობილობას, ტექნიკურ სისტემას ესმება დიაგნოზი, ე.ი. განისაზღვრება ტექნიკური მდგომარეობა ხარვეზების (თუ არსებობს) სახეობისა და ადგილმდებარეობის მითითებით. დიაგნოსტიკა არის სადიაგნოსტიკო ობიექტის კვლევის პროცესი, რომლის შედეგია დადგინდეს:

- ობიექტი გამართულია;
- ობიექტის გამართული მუშაობის დროის ინტერვალის პროგნოზი;
- ობიექტი არა მუშა მდგომარეობაშია ანუ არის რაიმე სახის გაუმართაობა.

ამგვარად, დიაგნოსტიკა მოიცავს თეორიულ საკითხებს და მისი ორგანიზაციის პროცესის მეთოდებს, აგრეთვე დიაგნოზის საშუალებათა შექმნის პრინციპებს. ტექნიკურ დიაგნოსტიკა განიხილავს სამი სახის ამოცანას:

- დიაგნოზის ამოცანა – დროის მოცემულ მომენტში ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის განსაზღვრა
- პროგნოზის ამოცანა – როგორი იქნება დროის მომავალ ინტერვალში ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა
- გენეზისის ამოცანა – ობიექტის მდგომარეობა, რომელიც მას ჰქონდა დროის რაღაც მომენტი-სათვის წარსულში. ეს ამოცანა წარმოიქმნება, რო-

დესაც საჭიროა ობიექტის ავარიის მიზეზის დადგენა, როდესაც ობიექტის ახლანდელი მდგომარეობა განსხვავებულია ავარიის მომენტში მისი მდგომარეობისაგან.

ტექნიკური დიაგნოსტიკის ძირითადი დანიშნულებაა ნამზადის საიმედოობისა და რესურსის ამალეობა დეფექტების წარმოშობის ადრეულ სტადიაზე აღმოჩენით და ტექნიკური მომსახურების პროცესის ოპტიმიზაციის გზით. რთული მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკა არის სისტემა, რომელიც უნდა შეიცავდეს ინფორმაციულ, ტექნიკურ და მათემატიკურ უზრუნველყოფას:

- ინფორმაციული უზრუნველყოფა მოიცავს დიაგნოსტიკური ინფორმაციის მოძიების, შენახვისა და სისტემატიზაციის საშუალებებს. ინფორმაციული უზრუნველყოფა შეიცავს ტექნიკური ცნობების შევსებად მასივს;
- ტექნიკური უზრუნველყოფა არის ინფორმაციის მოპოვებისა და დამუშავების მოწყობილობათა ერთობლიობას (კომპიუტერები, სადიაგნოსტიკო ხელსაწყოები, გამზომი გარდამსახები, სიგნალიზატორები და სხვა);
- მათემატიკური უზრუნველყოფა შეიცავს შეცნობის პროგრამებს და ალგორითმებს.

დიაგნოსტიკური ინფორმაცია მრავალმხრივია და შეიძლება შეიცავდეს ელექტრული მოწყობილობების შემთხვევაში ელექტრული იზოლაციის პარამეტრებს, შესაბამისი ელექტრული წრედის პარამეტრებს, მოწყობილობის მუშაობის რეჟიმის დამახასიათებელ სიდიდეებს, ვიბრაციის და აკუსტიკური რხევების პარამეტრებს, სპექტრალურ მახასიათებლებს და სხვა.

ასევე, ძალზედ მრავალფეროვანია დიაგნოსტიკის ტექნიკური უზრუნველყოფა რომელიც მოიცავს მხოლოდ ელექტრული მოწყობილობების დიაგნოსტიკის დროს უამრავ საზომ ხელსაწყოებსა და კომპლექსებს, გამზომ გარდამსახებს და მათი გამოყენების მეთოდებს და საშუალებებს. მათ შორის უნდა აღინიშნოს თანამედროვე კონტროლის მეთოდები: გრიგალური დენებით, მაგნიტური, აკუსტიკური, ოპტიკური, რადიოტალღური, უკონტაქტო თერმომეტრის და სხვა.

დიაგნოსტიკის მათემატიკური უზრუნველყოფა გულისხმობს სადიაგნოსტიკო ობიექტის მოდელის შექმნას და მისი ალგორითმის ჩამოყალიბებას შეცნობის ნიშნების სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით; საკონტროლო პარამეტრების რაოდენობის მინიმიზაციას; მტყუნაობის ადგილის მოძიების მეთოდის გამოყენებას, ხისტად და მოქნილად მიმდევრობითი, სანახევროდ დაყოფების პროგრამების გამოყენებას.

ელექტრული მოწყობილობები შემადგენლობით, ფუნქციური დანიშნულებით თუ სხვა რაიმე მახასიათებლით ძალზედ მრავალფეროვანია. მათგან პრაქტიკული თვალსაზრისით უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა მზრუნავი ცვლადი დენის ელექტრული მანქანების-გენერატორების და ძრავების, ძალური და საზომი ტრანსფორმატორების, საჰაერო და საკაბელო ხაზების, საკომუტაციო გამანაწილებელი მოწყობილობების ტექნიკური დიაგნოსტიკის საკითხებს.

დღეისათვის ცნობილია ელექტრულ მოწყობილობათა დიაგნოსტიკის მრავალი მეთოდი. მათ შორისაა:

- მეთოდი, დამყარებული მოწყობილობის ელექტრული პარამეტრებისა და მუშაობის რეჟიმებისათვის დამახასიათებელი ელექტრული სიდიდეების (მაზვა, დენი, სიმძლავრეები), გაზომვასა და მიღებული შედეგების ანალიზზე;

- მეთოდი, დამყარებული ელმოწყობილობის ელექტრული იზოლაციის პარამეტრების გაზომვაზე, იზოლაციაში მიმდინარე ნაწილობრივი განმუხტვის პროცესების ანალიზზე [1,2,3] აგრეთვე, ტრანსფორმატორის ზეთის ქიმიური ანალიზის შედეგებზე, ვინაიდან ზეთიან გარემოში მოწყობილობის რაიმე დაზიანება შეიძლება იყოს ზეთის ქიმიური შედგენილობის ცვლილების მიზეზი. გაზური ჩანართების წარმოქმნა, ზეთის ქიმიური შემადგენლობისა და გაზების კონცენტრაციის ცვლილება ცალსახად არის ზეთიანი მოწყობილობის დეფექტის ინდიკატორი;

- მეთოდები, დამყარებული მბრუნავ ელექტრულ მანქანებში ელექტრო-მაგნიტური ძალების მოქმედებით გამოწვეულ მოვლენებზე, რომლის შედეგია მანქანის ვიბრაცია. ამ, მოწყობილობებისა და მისი ცალკეული ელემენტების ვიბრაციის პარამეტრების გაზომვა და ანალიზი არის ტექნიკური დიაგნოსტიკის ერთ-ერთი დარგის – ვიბროდიაგნოსტიკის ძირითადი საგანი [4,5].

- მეთოდები, დამყარებული მომუშავე მოწყობილობის მიერ წარმოქმნილი აკუსტიკური რხევების ანალიზზე;

- მეთოდები, დაფუძნებული მოწყობილობის ელექტრომაგნიტური და ტემპერატორული ველების ანალიზზე, ტექლოვიზორული კონტროლის გამოყენებაზე, რომლის დროსაც მიუხედავად სადიაგნოსტიკო ობიექტთან უშუალო შეხების შეუძლებლობისა, განისაზღვრება სადიაგნოსტიკო ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა ცალკეული კვანძების ტემპერატორული რეჟიმის გათვალისწინებით;

- მეთოდები, დამყარებული ლაზერული ტექნიკის, ულტრაბგერითი და გრიგალური დენებით საკვლები აპარატურის გამოყენებაზე და სხვა.

დასკვნა

დასკვნის სახით შეიძლება აღინიშნოს, რომ სადღეისოდ ელმოწყობილობათა ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის ყველაზე ფართო გავრცელება პოვა ელექტრულ იზოლაციაში ნაწილობრივი განმუხტვის აქტიურობის შეფასების და ვიბროდიაგნოსტიკის მეთოდებმა, როგორც მეთოდურად და აპარატურული საშუალებებით ყველაზე აღჭურვილმა მეთოდებმა რაშიც დიდი წვლილი მიუძღვის მსოფლიოში წამყვან ფირმებს ea (electrical assets) technology, SCHENCK, ПВФ «ВИБРО-ЦЕНТР». ამ კომპანიების მიერ წარმოებული გამოზომი გარდასახვები, ვიბროსაზომი მობილური და სტაციონარული საზომი კომპლექსები, სარეგისტრაციო აპარატურა და ანალიზატორები ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.

ლიტერატურა

1. Kuczynski G.C. Partial discharge in high voltage structures. M.: L.: “Energia”. 1979. (in Russian).
2. Vdoviko V.P. Partial discharges in diagnosing high-voltage equipment. Novosibirsk: “Nauka”. 2007. (in Russian).

3. Rusov V. A. Measurement of partial discharges in the insulation of high-voltage electrical equipment. Ekaterinburg: USURT. 2011, 367 pp. (in Russian).
 4. Rusov V.A. Diagnosis of defects in rotating equipment by vibration signals. Perm: “Vibrocebtter”. 2012, 200 pp. (in Russian).
 5. Barkov A.B., Barkova Y.A., Borisov A.A. Vibration diagnostics of electric machines of steady state operation. Sankt-Petersburg. 2006, 36 p. (in Russian).
 6. Nemsadze Sh. About the partial discharge method diagnostics of electrical equipment. Transactions of GTU. №2(504). Tbilisi. 2017, 87-94 pp. (in Georgian).
-

UDC 621.311

SCOPUS CODE 2105

About technical diagnostics of electrical equipment

Shota Nemsadze

Department of Electrical Engineering and Electronics, Georgian Technical University,
75 M. Kostava str., 0160 Tbilisi, Georgia
E-mail: sh-nemsadze@mail.ru

Reviewers:

T. Kokhreidze, Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU

E-mail: Kthamaz@gmail.com

D. Turdzeladze, Associate Professor, Faculty of Power Engineering and Telecommunication, GTU

E-mail: Turdzeladze59@gmail.com

Abstract. It is noted that the supply of high-quality electric energy to consumers is a significant technical problem, the positive solution of which will ensure its technical and economic functioning at a high level. In this connection, technical diagnostics of electrical equipment allows to analyze and monitor their technical condition in order to predict the time duration of proper functioning in order to avoid occurrence of defects, their development and failure of electrical equipment. It is highlighted that the technical diagnostics includes diagnostics information, diagnostic models and algorithms for decision making, which aim to increase the reliability and resources of the technical system, practically constitutive part of reliability theory. Its most important indicator is the assessment of the functioning of the technical system. Technical diagnostics provides early detection of defects and by early detection of malfunctions ensures reliable and efficient operation of the technical system.

Key words: Defects; electric device; impurity spot; measuring converter; object; technical diagnostics; technical system; reliable functionality.

UDC 621.311
SCOPUS CODE 2105

При технической диагностике электрооборудования

Шота Немсадзе Департамент электротехники и электроники, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75
E-mail: sh-nemsadze@mail.ru

Рецензенты:

Т.Кохреидзе, профессор, доктор технических наук факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: Kthamaz@gmail.com

Д.Турдзеладзе, ассоц.профессор факультета энергетики и телекоммуникации ГТУ
E-mail: Turdzeladze59@gmail.com

Аннотация. Отмечается, что поставка высококачественной электрической энергии потребителям является серьезной технической проблемой, положительное решение которой обеспечит их техническое и экономическое функционирование на высоком уровне. В связи с этим техническая диагностика электрооборудования позволяет анализировать и контролировать их техническое состояние для прогноза интервала времени надежного функционирования, чтобы избежать возникновения дефектов их развития и выхода из строя электрооборудования. Подчеркнуто, что техническая диагностика включает в себя диагностическую информацию, диагностические модели и алгоритмы принятия решений, целью которых является повышение надежности и ресурса технической системы, практически составной части теории надежности. Его наиболее важным показателем является оценка функционирования технической системы. Техническая диагностика обеспечивает раннее обнаружение дефектов, а раннее выявление неисправностей обеспечивает надежную и эффективную работу технической системы.

Ключевые слова: дефекты; измерительный преобразователь; место отказа; надежное функционирование; объект; техническая диагностика; техническая система; электрическое устройство.

განხილვის თარიღი 25.04.2019

შემოსვლის თარიღი 28.05.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 17.12.2019