

საიმედობის უზრუნველყოფა, როგორც სტრუქტურული მართვის ამოცანა

რევაზ (ივერი) კაკუბავა, ზაურ ჯოჯუა, ნინო ჯოჯუა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაშრომში განიხილება რთული ტექნიკური ობიექტის საიმედობის უზრუნველყოფის პრინციპები სტრუქტურული მართვის ასპექტში. სახელდობრ, აღწერილია სტრუქტურული მართვის ფუნქციები: ტექნიკური დიაგნოსტიკის, ობიექტის სტრუქტურის რეკონფიგურაციის, ავარიული დაცვის, რეზერვების მართვის და ტექნიკური მომსახურების. ეს ფუნქციები განხილულია ობიექტის კოორდინატული და პარამეტრული მართვის ფუნქციების გათვალისწინებით. რამდენადაც შემოთავაზებული წარმოდგენა როგორც მართვის ობიექტში, ისე მმართველ სისტემაში, ისინი გაერთიანებული არიან ერთი ცნების ქვეშ – სტრუქტურული მართვის ობიექტი.

საკვანძო სიტყვები: მართვის ობიექტი, მართვის სისტემა, კოორდინატული, პარამეტრული და სტრუქტურული მართვა, საიმედობა.

1. შესავალი

სტრუქტურული მართვის განხორციელება ნიშნავს სამართი ობიექტის სასურველი სტრუქტურის უზრუნველყოფას, კერძოდ კი არსებული სტრუქტურის შენარჩუნებას, ანუ მისი ელემენტების შემადგენლობის, მათ შორის კავშირების და (ან) მათი ფუნქციონის რეჟიმების უზრუნველყოფას.

სხვანაირად ეს არის სტრუქტურულ შემოფოთებათა (სისტემის ქმედუნარიანობის ცვლილებები მისი ელემენტების მტყუნებათა შედეგად) კომპენსაცია [1-3].

განიხილება სამი სამი სახის შემოფოთებები: კოორდინატული, პარამეტრული და სტრუქტურული. პირველი ორი სახის შემოფოთებათა კომპენსაციისათვის საჭიროა კოორდინატული და პარამეტრული მართვის ორგანიზაცია, მესამე სახის შემოფოთებათა კომპენსაციისათვის – სტრუქტურული მართვის ორგანიზაცია (საიმედობის და სიცოცხლისუნარიანობის უზრუნველყოფა – კონტროლი და მართვა).

ეს უკანასკნელი, პრაქტიკულად, სტრუქტურული მართვის ძირითადი სახეობაა.

ის მოიცავს ისეთი მეთოდების გამოყენებას, როგორცაა სტრუქტურის რეკონფიგურაცია, დარეზერვება, ავარიული დაცვა, ტექნიკური მომსახურება, ჩანაცვლება და რემონტი.

სამართ ობიექტზე მოქმედი შემოფოთებების საერთო ნიშანია ის, რომ ისინი აუარესებენ ობიექტის ფუნქციონის ხარისხს მისი ქმედუნარიანობის სრული დაკარგვის ჩათვლით. კოორდინატული და პარამეტრული შემოფოთებების ზეგავლენის მოდელები დამუშავებულია მართვის თეორიის ისეთ დარგებში, როგორცაა ავტომატური მართვის (რეგულირების) თეორია, მდგრადობის თეორია, ინვარიანტობის თეორია, ექსტრემალური მართვის სისტემების თეორია. დღევანდელი ვითარების მიხედვით აღნიშნულ დარგებში მიღებულია ნაყოფიერი და შთამბეჭდავი შედეგები [2-4].

რაც შეეხება სტრუქტურულ შემოფოთებათა ზეგავლენას ობიექტის ქმედუნარიანობაზე, შესაბამისი თეორია ჯერჯერობით ჩამოყალიბების სტადიაზეა. ის ძირითადად ვითარდება საიმედობისა და სიცოცხლისუნარიანობის თეორიების ფარგლებში [4-6].

წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ შევეხებით აღნიშნული პრობლემის ზოგიერთ ასპექტს.

2. ძირითადი ნაწილი

სტრუქტურული მართვის ორგანიზაცია საჭიროებს შემდეგი ფუნქციების განხორციელებას:

ტექნიკური დიაგნოსტიკის ფუნქცია – ეს არის სტრუქტურული მართვის კონტურის ინფორმაციული ფუნქცია და ის მოიცავს შემდეგ ოპერაციების ერთობლიობას: ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობის დადგენა, ტექნიკური მდგომარეობის ცვლილების აღვილის ლოკალიზაცია, ცვლილების სახეობისა და სიღრმის შეფასება.

იმის მიხედვით, თუ როგორ არის ორგანიზებული ობიექტის აღდგენის პროცედურა მისი მტყუნების შემდეგ, აგრეთვე მისი საექსპლუატაციო პარამეტრების ნორმიდან გადახრების კომპენსაცია, განისაზღვრება მმართველ ზემოქმედებათა გამომუშავებისა და რეალიზაციის ფუნქციების შინაარსი. ამ ფუნქციების ნუსხა განისაზღვრება ჩამოთვლილი პროცესების რეალიზაციის აუცილებლობით და უმრავლეს შემთხვევაში მოიცავს შემდეგ სიმრავლეს.

ობიექტის სტრუქტურის რეკონფიგურაციის ფუნქცია, რაც მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს: დიაგნოსტიკის მონაცემების საფუძველზე ტექნიკური მდგომარეობის სახეობის შეფასება, ობიექტის დასაშვები სტრუქტურის ვარიანტების ძებნა, საუკეთესო ვარიანტის არჩევა, სისტემის ელემენტების რევიმებისა და მათ შორის კავშირების შეცვლა, ობიექტის სტრუქტურაზე ზემოქმედების შედეგების კონტროლი.

ავარიული დაცვის ფუნქცია მოიცავს ოპერაციებს: დიაგნოსტიკის მონაცემების მიხედვით ობიექტის მტყუნების შეფასება, ავარიული მტყუნების შემთხვევაში – მისი გავლენის არეალის ლოკალიზაცია, სისტემის გადაყვანა ერთ-ერთ შესაძლებელ ქმედუნარიან მდგომარეობაში ან ავარიულ (მტყუნებულ) მდგომარეობაში.

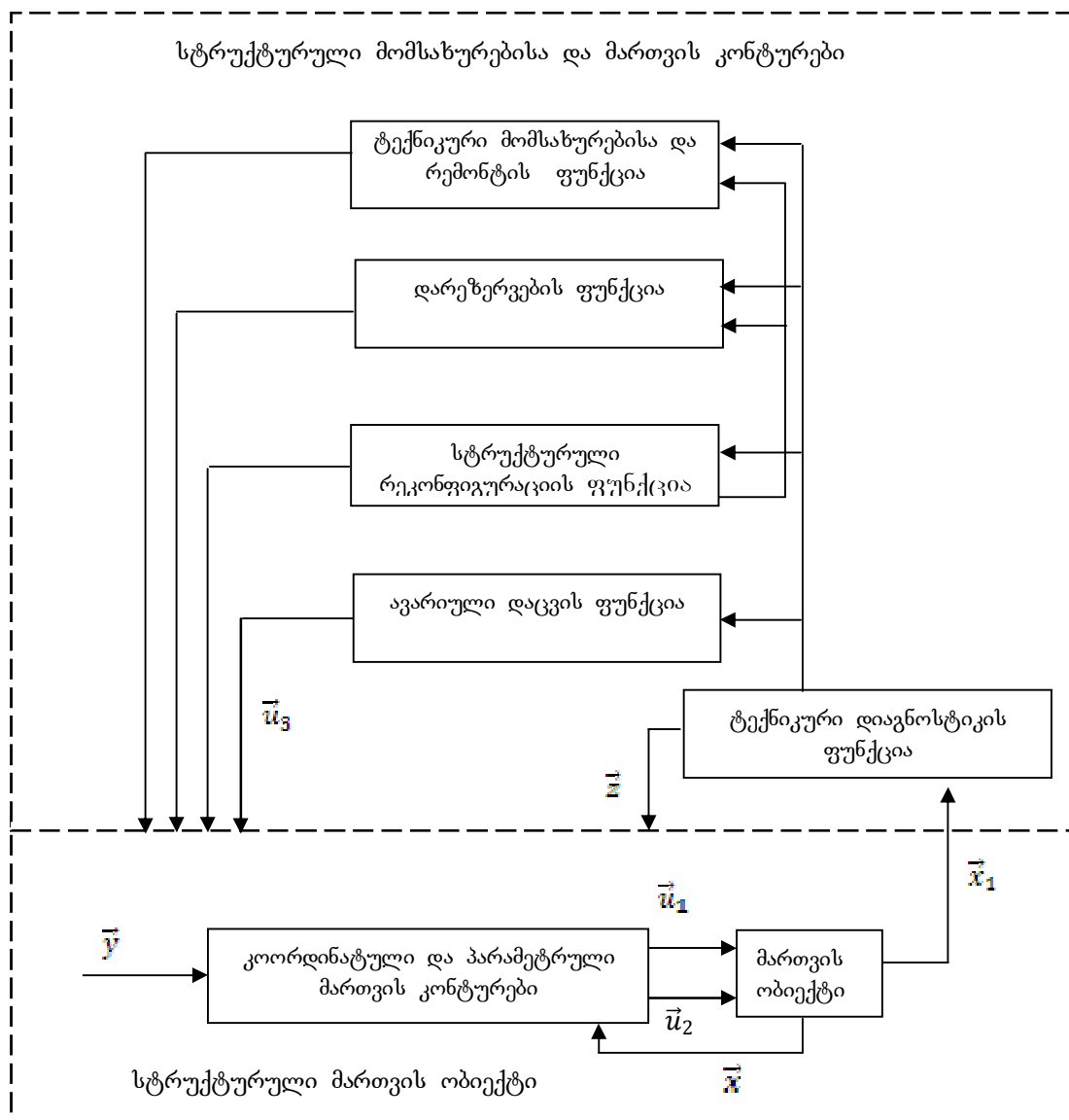
რეზერვების მართვის ფუნქცია ნიშნავს დიაგნოსტიკის მონაცემების საფუძველზე ობიექტის ელემენტების ქმედუნარიანობის დარღვევის გამოვლენას; სარეზერვო ელემენტების შერჩევას გარკვეული სიმრავლიდან დადგენილი წესის შესაბამისად, მათი ჩართვის თაობაზე გადაწყვეტილების მიღებას, დარეზერვების შედეგების კონტროლს.

ტექნიკური მომსახურების ფუნქცია მოიცავს აღდგენის სამუშაოების შინაარსისა და მოცულობის გამოვლენა, ტექნიკური მომსახურების პერიოდში ობიექტის ფუნქციობის რეჟიმის განსაზღვრა, ტექნიკური მომსახურების პროფილაქტიკური სამუშაოებისა და რემონტის ჩატარება, აღდგენითი სამუშაოების შედეგების კონტროლი.

სტრუქტურის შემფოთებები ახასიათებს როგორც მართვის ობიექტს, ასევე ამ ობიექტის კოორდინატული და პარამეტრული მართვის კონტურების რეალიზაციის აპარატურულ და პროგრამულ საშუალებებს, ამიტომ მიზანშეწონილია ისინი განხილულ იქნას ერთიანად, როგორც სტრუქტურული მართვის ობიექტი.

ნახ.1, მმართველი სისტემის ფუნქციობის სხვა ასპექტებთან ერთად ასახავს იმ გარემოებასაც, რომ სტრუქტურული მართვის კონტურისათვის სამართი ობიექტია თავდაპირველი ობიექტი მისი კოორდინატული და პარამეტრული მართვის კონტურებთან ერთად.

\vec{Y} – კოორდინატთა ვექტორი; \vec{X} – ობიექტზე მიმდინარე პროცესების კოორდინატთა ვექტორი; \vec{Z} – კოორდინატულ და პარამეტრულ შემფოთებათა ვექტორი; \vec{u}_1, \vec{u}_2 – კოორდინატული და პარამეტრული მმართველ ზემოქმედებათა ვექტორი; \vec{X}_1 – ქმედუნარიანობის ცვლილების მახასიათებელი ვექტორი (დეგრადაციისა და გადახრათა დაგროვების პროცესები); \vec{u}_3 – ქმედუნარიანობის აღდგენისა და კომპენსაციის მახასიათებელი ვექტორი.



ნახ.1. სტრუქტურული მართვის სისტემა

მივაქციოთ ყურადღება იმ გარემოებას, რომ არსებითად მნიშვნელოვანია სტრუქტურული მართვის კონტურებს შორის ურთიერთქმედების ორგანიზაცია. მაგალითად, რეკონფიგურაციის კონტური მიზანშეწონილია ჩაერთოს მას შემდეგ, როცა ამოიწურება დარეზერვების კონტურის შესაძლებლობები, ხოლო ტექნიკური მომსახურების კონტური – არა მხოლოდ ტექნიკური დიაგნოსტიკის საშუალებებიდან მიღებული ინფორმაციის მიხედვით, არამედ იმ ინფორმაციის გათვალისწინებითაც, რაც მიიღება დარეზერვების, რეკონფიგურაციისა და ავარიული დაცვის კონტურებიდანაც [2, 3].

საზოგადოდ, კოორდინატულ-პარამეტრული და სტრუქტურული მართვის მეთოდები არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და გარკვეული აზრით ისინი ვითარდებიან ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად. პრაქტიკა ადასტურებს, რომ როგორც წესი, ხდება კოორდინატული და პარამეტრული მართვის კონტურების უფრო გულმოდგინედ დამუშავება, ვიდრე სტრუქტურული მართვის კონტურისა. ეს ვითარება მეტწილად მოსათმენი იყო 20-30 წლის უკან, როცა ტექნიკური სისტემების საიმედოობის პრობლემა არ იყო ისეთი მწვავე, როგორც ის გახდა

გასული საუკუნის 70-80-იანი წლებიდან. ამასთან მნიშვნელოვანია ის გარემოება, რომ იგი (საიმედობის პრობლემა) განსაკუთრებულ სიმძაფრეს იძენს თავისუფალი ეკონომიკის პირობებში, როცა ტექნიკური სისტემების სასიცოცხლო ციკლის ყველა ეტაპზე გადაწყვეტილებათა მიღების ძირითადი ფაქტორი ხდება ეკონომიკური კრიტერიუმების (ეფექტიანობის მაჩვენებელი) გამოყენება.

ეფექტიანობის მაჩვენებელი შეიძლება იყოს ობიექტის გამოვლინების სხვადასხვა ასპექტის დამახასიათებელი სიდიდე. სახელდობრ ტექნიკური, ეკონომიკური ან სტრატეგიული ასპექტისა. იმ ცვლადებს შორის, რომლებიც გავლენას ახდენენ ეფექტიანობის მაჩვენებელზე უნდა დავასახელოთ ტექნიკური პარამეტრები (აღვნიშნოთ ფუნქციათა x_1 ვექტორით), ექსპლუატაციის პირობები (ფუნქციათა x_2 ვექტორით), აგრეთვე საიმედობის მაჩვენებელი R (ინგლისურდ Reliability - საიმედობა), რომელიც ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში მიიღებს გარკვეულ სახეს. ეფექტიანობის მაჩვენებელი დამოკიდებულია აგრეთვე t დროზე (კალენდარული ან სამუშაო დრო). ტექნიკურ პარამეტრებს შორის იგულისხმება სწრაფქმედება, სიზუსტე, დინამიკური მახასიათებლები, მოხმარებული სიმძლავრე, წონა, გაბარიტები, თუშცა ცალკეულ, სპეციალურ შემთხვევებში ეს პარამეტრები შეიძლება თვითონ გამოხატავდნენ ობიექტის ეფექტიანობას.

საექსპლუატაციო პირობათა ვექტორის კომპონენტები შეიძლება იყოს სარემონტო-ოპერატიული პერსონალის პარამეტრები, მუშაობის გრაფიკი, კლიმატური პირობები, ავარიული დაცვის პარამეტრები, რეკონფიგურაციის შესაძლებლობები რეზერვის გამოყენებით, ან სხვა მიდგომებით და სხვ. ზოგად შემთხვევაში, ეფექტიანობის განმსაზღვრელი პარამეტრები შემთხვევითი სიდედეებია (ან შემთხვევითი ფუნქციები), ამიტომ ეფექტიანობის მაჩვენებელი, როგორც წესი არის რაიმე შემთხვევითი სიდიდის მათემატიკური მოლოდინი. ამრიგად, ეფექტიანობის მაჩვენებელი არის ფუნქციონალი, ე.ი. ის არის სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია x_1, x_2 შემთხვევით ფუნქციებზე და t დროზე. აღვნიშნავთ, რომ ამ ფუნქციათა სახეები, აგრეთვე მოცემული შეზღუდვები განსაზღვრავს საპროექტო გადაწყვეტილებათა რაიმე არეს. ზოგი ტექნიკური პარამეტრები, აგრეთვე საექსპლუატაციო პირობა შეიძლება იყოს განსაზღვრული მუდმივი სიდიდე და არ იყოს დროზე დამოკიდებული. ნათქვამიდან გამომდინარე ანალიზური დაპროექტების ამოცანა შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს:

$$E[F(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, R, t)] \rightarrow \max \quad (1)$$

$$(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2) \in Q,$$

სადაც გარკვეულობისათვის დასმულია ეფექტიანობის F მაჩვენებლის მაქსიმიზაციის ამოცანა, E არის მათემატიკური მოლოდინის სიმბოლო (expectation - მოლოდინი).

ზოგად შემთხვევაში, საიმედობის R მაჩვენებელი თავის მხრივ იგივე პარამეტრებზეა დამოკიდებული, რაც ეფექტიანობის მაჩვენებელი.

$$R = E[G(x_1, x_2, t)]$$

ამიტომ საიმედობის ის მნიშვნელობა, რაც ანიჭებს მაქსიმუმს ეფექტიანობის F მაჩვენებელს, განისაზღვრება უშუალოდ (1)-დან.

საზოგადოდ, სისტემური ანალიზის, ოპერაციათა გამოკვლევის მეთოდებისა და საიმედობის თეორიის განვითარების თანამედროვე მდგომარეობის შესაბამისად ითვლება, რომ შესაძლებელია (1) ამოცანის დასმის კერძო შემთხვევების განხილვა ჩაკეტილი ფორმით, ე.ი. ამოიხსნას ოპტიმალური საიმედობის მოძებნის ამოცანა ანალიზურად.

ასეთი ამოცანებია სარეზერვო და სათადარიგო ნაწილების სისტემის შექმნის ამოცანა, როცა შეზღუდულია დასაპროექტებელი ობიექტების წონა, გაბარიტები და ღირებულება. ამის გარდა,

ხშირად ხერხდება დასაპროექტებელი ობიექტის საექსპლუატაციო მომსახურების სისტემის აგების ამოცანის ფორმალიზება საკმაოდ ზოგად შეზღუდვებში.

გადაწყვეტილია აგრეთვე საპროექტო გადაწყვეტილებათა მიღების ამოცანები დარეზერვების სახეების, აგრეთვე საექსპლუატაციო სტრატეგიის არჩევის საკითხებში და სხვ.

ამავე დროს თითქმის შეუძლებელია სქემური და კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების მიღების ამოცანათა ფორმალიზება, თუმცა ამ მიმართულებითაც არის გარკვეული მცდელობები.

ამ საკითხების განხილვა ამ ნაშრომის მიზანს არ წარმოადგენს.

3. დასკვნა

მიუხედავად იმისა, რომ საიმედოობის თეორიაში და ტექნიკური მომსახურების სფეროში შემუშავებულია ცნებებისა და ტერმინების მარჯვე სისტემა, ანალიზისა და შეფასების ღრმა თეორიული მოდელები და მეთოდები, მათი გამოყენების ეფექტიანობა რთული ტექნიკური ობიექტების საიმედოობისა და ზოგადად ხარისხის უზრუნველყოფის საქმეში არ არის მაღალი მრავალი მეთოდოლოგიური ასპექტის უგულებელყოფის გამო.

პრინციპულია დებულება იმის თაობაზე, რომ მმართველ სისტემებში აუცილებელია ორი ძირითადი პროცესის ორგანიზაცია: 1) მართვის ობიექტებში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების კორექციისა და კოორდინაციის პროცესი, რაც მიმართულია ობიექტის სასურველი ფუნქციონის მისაღწევად (კოორდინატული და პარამეტრული მართვის კონტურები); 2) სამართი ობიექტის მოწყობილობათა, აგრეთვე პირველი პროცესის განმხორციელებელი ტექნიკური და პროგრამული საშუალებების ქმედუნარიანობის სათანადო დონეზე შენარჩუნებისა და აღდგენის პროცესი (სტრუქტურული მართვის კონტურები).

ტრადიციულად მართვის თეორიაში ძირითადი ადგილი უკავია კოორდინატული და პარამეტრული მართვის პრობლემებს, ხოლო სტრუქტურული მართვის ანალოგიურ პრობლემებზე მუშაობა დაიწყო მხოლოდ გასული საუკუნის 50-იან წლებში, ძირითადად საიმედოობის თეორიის ფარგლებში, ხოლო რთული ტექნიკური ობიექტების საიმედოობის უზრუნველყოფის პრობლემა, როგორც სტრუქტურული მართვის პრობლემა, საბოლოოდ გააზრებულ იქნა 70-იანი წლების ბოლოს და 80-იან წლებში.

აღნიშნული ვითარების გამომწვევ მიზეზთაგან მთავარია ის, რომ ობიექტის მყისიერი მწარმოებლობა და გამომავალი პროდუქციის ხარისხი ძირითადად დამოკიდებულია მისი კოორდინატული და პარამეტრული მართვის ხარისხზე. მაგრამ ობიექტის ინტეგრალური გამოსავალი განისაზღვრება მისი საიმედოობით და შესაბამისად მისი სტრუქტურული მართვის ორგანიზაციის დონით. შეიძლება ითქვას, რომ კოორდინატული და პარამეტრული მართვის ხარისხი ვლინდება მყისიერად (მაღალი სიზუსტე, სწრაფქმედება და ა.შ.), ხოლო სტრუქტურული მართვის ხარისხი – ექსპლუატაციის შედარებით ხანგრძლივი ინტერვალის განმავლობაში.

სხვანაირად ეს ნიშნავს იმას, რომ რთული სისტემების სტრუქტურული მართვა შინაარსობრივად სტრატეგიული ხასიათის ამოცანაა და მისი გადაწყვეტა მოითხოვს შესაბამისი, მისთვის სპეციფიკური, მეთოდებისა და საშუალებების შემუშავებას.

რთული ტექნიკური ობიექტებს მუშაობის ხარისხის და საიმედოობის უზრუნველყოფის წარმოდგენილი პრინციპების რეალიზაცია საშუალებას იძლევა ანალიზური მეთოდებით შეფასდეს ტექნიკური სისტემების ქმედუნარიანობა როგორც დაპროექტების, ისე ექსპლუატაციის პერიოდში.

კონკრეტული მათემატიკური მოდელის სახე დამოკიდებულია მართვის ობიექტის და მმართველი სისტემის დანიშნულებზე, სირთულეზე და საიმედოობის მოთხოვნის მაჩვენებელზე.

ლიტერატურა:

1. Трапезников В. А. Управление и научно-технический прогресс. М.: Наука, 1983.
2. Волик Б. Г., Буянов Б. Б., Лубков Н. В. и др. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем. М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Mohamed Ben-Daya et al. Handbook of Maintenance Management and Engineering. London: Springer, 2009.
4. Kakubava R., Sztrik J. Queuing Models with Two Types of Service: Applications for Dependability Planning of Complex Systems. Proc. MMR2011. Beijing, 2011.
5. Kakubava R., Baiashvili Z., Jojua N. On the Structural Control (Dependability Planning) of the Infocommunication Networks. Informational and Communication Technologies - Theory and Practice: Proceedings of the International Scientific Conference ICTMC-2010 Devoted to the 80th Anniversary of I.V. Prangishvili. Tbilisi, 2011.
6. Kakubava R. Reliability Model for Standby System with Replacement Delays of Failed Elements. Automatic Control and Computer Sciences 2, 54-59, 2013.

RELIABILITY ENSURING AS STRUCTURAL CONTROL PROBLEM

Kakubava R.V., Jojua Z.S., Jojua N.M.
Georgian Technical University

Summary

The article discusses the principles of reliability in terms of the technical object's structural control. In particular, structural control functions of: technical diagnostics, reconfiguration of the object structure, emergency protection, standby control and maintenance are described. These functions are reviewed considering the coordinate and parametric control functions. Since the perturbations arise both in controlled object and in the control system, they are united under one term – structural control object.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КАК ЗАДАЧА СТРУКТУРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Какубава Р.В., Джоджуа З.С., Джоджуа Н.М.
Грузинский Технический Университет

Резюме

В статье обсуждаются принципы обеспечения надежности технического объекта в аспекте структурного управления. В частности, описаны структурные функции управления: техническая диагностика, реконфигурация структуры объекта, противоаварийная защита, управление резервами и техническое обслуживание. Эти функции рассматриваются с учетом координатных и параметрических функций управления объектом. Поскольку возмущения возникают как в управляемом объекте, так и в управляющей системе, они объединены под одним термином – объект структурного управления.