

ტექნიკური სისტემების ხარისხისა და საიმედოობის უზრუნველყოფის ზომიერო საკითხის შესახებ

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

რეზიუმე

განიხილება ტექნიკური ობიექტების ფუნქციონირების ხარისხის და საიმედოობის უზრუნველყოფის საკითხები, სტრუქტურული მართვის თვალსაზრისით. ნაჩვენებია, რომ საიმედოობის მათემატიკური მოდელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მართვის სისტემის ძირითადი მახასიათებლები დაპროექტების საწყის სტადიაზე, როდესაც არ არსებობს საკმარისი საწყისი მონაცემები. ნაჩვენებია, რომ სისტემის საიმედოობის მახასიათებლების განსაზღვრისას უნდა იქნას მიღწეული რაციონალური თანაფარდობა მართვის ობიექტის და მმართველი სისტემის საიმედოობათა შორის, რათა არ იქნეს დაშვებული არამიზნობრივი ხარჯები მმართველი სისტემის საიმედოობის ამაღლებაზე.

საკვანძო სიტყვები: მართვის ობიექტი. მართვის სისტემა. სტრუქტურული მართვა. საიმედოობა. მათემატიკური მოდელი.

1. შესავალი

თანამედროვე რთული ტექნიკური ობიექტების მმართველი სისტემების სინთეზის ძირითადი მიდგომაა სისტემური (სისტემოტექნიკური) მეთოდი, რაც გულისხმობს სისტემის რეალიზაციის ვარიანტების ყოვლისმომცველ განხილვას და ამ სიმრავლიდან საუკეთესოს ამორჩევას, რომელიც სისტემოტექნიკის ძირითადი ამოცანაა. ცნობილია, რომ სისტემური მიდგომა გულისხმობს სისტემის განხილვას როგორც ინტეგრირებული მთელისა მაშინაც კი, როდესაც ის შედგება რამდენიმე ქვესისტემისგან საკუთარი მიზნობრივი მაჩვენებლებით. სისტემოტექნიკის მეთოდი მდგომარეობს კერძო მიზნობრივი მაჩვენებლების ისეთი შეხამების შერჩევაში, რომელიც უზრუნველყოფს სისტემის მიზნობრივი მაჩვენებლის (მაჩვენებლების) მაქსიმუმს (ან მინიმუმს), გამომდინარე ამოცანიდან. ცნობილია, რომ სისტემური მიდგომის ძირითადი ცნებებია:

1. ცვლილებათა იდეა, რომელიც შეიძლება აისახოს ფორმულებით:

$$\Delta f = \int (\text{ცვლილებათა ტემპი წარსულში}) dt.$$

$$\text{მომაგალი} = \Delta f + \int (\text{ცვლილებათა ტემპი მომავალში}) dt$$

2. ოპერაციათა შესრულების ალტერნატიული გზები - მდგომარეობს მიზნის მიღწევის ეფექტური გზების შერჩევაში, როგორც აწმყოსთვის, ისე მომავლისთვის;

3. სისტემის შეფასების საყოველთაო მაჩვენებლები, რომელიც განსაზღვრავს სისტემის ეფექტიანობას და მოიცავს: მუშაობისუნარიანობას (ფუნქციონირებას), ღირებულებას, დამუშავების ხანგრძლივობას (აისახება ღირებულებაზე), საიმედოობას, საექსპლუატაციოდ მოხერხებულობას;

4. გარემოსთან ურთიერთქმედება - ყველა სისტემა გარკვეულად რაღაცის ქვესისტემაა და გულისხმობს როგორც მომცველი სისტემის ზემოქმედებას, ასევე გარემო შემამოფოთებელი ფაქტორების ზემოქმედებას;

5. გამოთვლითი ტექნიკა და საექსპერიმენტო ტექნიკა - აუცილებელია რთული ტექნიკური სისტემების ან მათი ფრაგმენტების მოდელირებისათვის, განსაკუთრებით თუ სისტემა უნიკალურია.

ამ ზოგადი პრინციპებიდან გამომდინარე, ნაშრომში გაშუქებულია მართვის სისტემის (მართვის ობიექტი + მმართველი სისტემა) კომპონენტების საიმედოობის მაჩვენებლების ეკონომიკურად გამართლებული შეხამების საკითხები. კერძოდ, მათემატიკური მოდელების გამოყენების მიზანშეწონილობაზე, განსაკუთრებით სისტემის დაპროექტების საწყის ეტაპზე, როდესაც მკაფიოდ არ არის განსაზღვრული სისტემის კომპონენტების საიმედოობის მაჩვენებლები.

2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ რთული სისტემის ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობათა საიმედოობის თანაფარდობის დადგენის საკითხები, ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემის მაგალითზე. ასეთი სისტემის შექმნა გამართლებულია მაშინ, როცა მისი დანერგვით შესაძლებელია სამართი ობიექტის წარმადობის გაზრდა, ან ნედლეულის დანაკარგების შემცირება, ან გამოშვებული პროდუქციის მაღალი თვისობრივი მაჩვენებლების მიღწევა და სხვ. მაგრამ ყველა ეს უპირატესობა, რაც ახასიათებს ავტომატიზებულ სისტემას, უნდა შეედაროს იმ დანახარჯებს და დამატებითი ღონისძიებების გატარებას, რაც დაკავშირებულია მის ექსპლუატაციასთან. სწორედ აქ პირველ რიგში გამოდის საიმედოობის ასპექტი, ე.ი. სისტემის უნარი გარკვეული დროის განმავლობაში სათანადო ხარისხით შეძლოს მართვის პროცესების განხორციელება. შეიძლება ისე მოხდეს, რომ მართვის საჭირო ხარისხის მიღწევა და სამართი ობიექტის ეკონომიკური ეფექტი შესაძლებელია დიდი ერთდროული დაბანდებისა და მაღალი საექსპლუატაციო დანახარჯების შედეგად მხოლოდ მრავალწლიანი ექსპლუატაციის შემდეგ. ეს დრო თუ აღმოჩნდება იმაზე მეტი, რაც აღემატება ეკონომიკურად დასაბუთებულ ხანგრძლივობას, მაშინ ცხადია, რომ ავტომატიზაცია არ არის მიზანშეწონილი.

ცნობილია ზოგადი დამოკიდებულებები მართვის სისტემის მაჩვენებლებს შორის. დავუშვათ:

$G \sim \{G_1, G_2, \dots, G_k\}$ – არის სისტემის მიმართ წაყენებული მოთხოვნები;

$M \sim \{M_1, M_2, \dots, M_m\}$ – არის სისტემის ტექნიკური მახასიათებლები;

$O \sim \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ – არის შეზღუდვები სისტემის ტექნიკურ მახასიათებლებზე.

$F(G, M, O)$ – არის სისტემის ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმი.

მაშინ სისტემური პროექტირების ძირითადი ამოცანა ფორმულირდება შედეგნაირად: მოცემული G და O ვექტორების პირობებში მოიძებნოს ისეთი $M_1=f_1(G, M, O)$, $M_2=f_2(G, M, O)$, ..., $M_m=f_m(G, M, O)$ ვექტორები, რომლებიც $F(G, M, O)$ კრიტერიუმს მინიმუმ მინიმუმის ან მაქსიმუმის მნიშვნელობას გამომდინარე კრიტერიუმის სახიდან, ანუ ტექნიკურ მახასიათებელთა შესაძლებლობა იქნება ოპტიმალური.

სისტემური პროექტირების სიძნელეს განაპირობებს ტექნიკურ მახასიათებლებს შორის რთული დამოკიდებულებები, მოთხოვნათა წინააღმდეგობრივი ხასიათი, აგრეთვე ის, რომ რთული დასადგენია

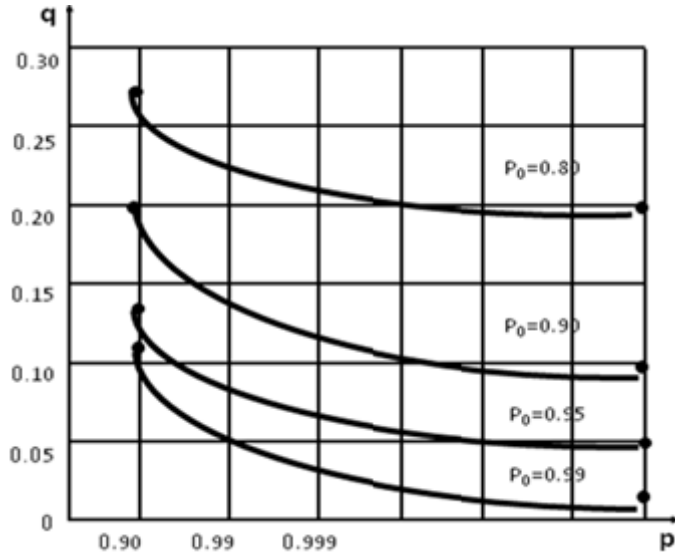
$M_j=f_j(G, M, O)$ ფუნქციის სახე. ამიტომ, პირველი ნაბიჯები კეთდება კერძო დამოკიდებულებების გარკვევით - $M_j=f_j(G)$, $M_i=\varphi_i(M)$.

მმართველი სისტემის ტექნიკურ მახასიათებლებს შორის ერთერთი მთავარია საიმედოობის მახასიათებლების განსაზღვრა, განსაკუთრებით სისტემებისთვის, რომლებიც გამოიყენებიან რთული და საპასუხისმგებლო ტექნიკური და ტექნოლოგიური ობიექტების მართვისათვის.

ამავე დროს შეცდომა იქნებოდა, რომ მმართველი სისტემის საიმედოობის მაჩვენებლები განიხილებოდეს ცალკე, ძირითადი ტექნოლოგიური მოწყობილობის საიმედოობისაგან დამოუკიდებლად. ამან შეიძლება გამოიწვიოს როგორც მმართველი სისტემის ზედმეტად გაძვირება, ასევე მთელი სისტემის ეფექტიანობის შემცირება. საილუსტრაციოდ განვიხილოდ მართვის სისტემის (სამართი ობიექტი + მმართველი სისტემა) მტყუნების q ალბათობის დამოკიდებულება მმართველი სისტემის p საიმედოობაზე ტექნოლოგიური მოწყობილობის p_0 საიმედოობის სხვადასხვა მნიშვნელობის მიხედვით.

ეს დამოკიდებულება ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე. იგულისხმება, რომ ტექნოლოგიური პროცესი ირრევეა როგორც ძირითადი მოწყობილობის, ასევე ავტომატიზაციის აპარატურის მტყუნების შედეგად. ბუნებრივია, ველოდოთ, რომ ავტომატიკის საიმედოობის გაზრდით უნდა მცირდებოდეს მთელი სისტემის მტყუნების ალბათობა.

ნახაზის მიხედვით ეს კანონზომიერება კარგად ჩანს. ამასთან ადვილი შესაძენეა, რომ p -ს გარკვეული მნიშვნელობიდან დაწყებული მთელი სისტემის მტყუნების ალბათობა თითქმის არ



მცირდება, როგორც დიდი არ უნდა იყოს ავტომატიკის აპარატურის საიმედოობა. ამიტომ რესურსების შემდგომი დაბანდება ავტომატიკის აპარატურის საიმედოობის ასამაღლებლად არ იქნება გონივრული. ამ მაგალითის საშუალებით შეიძლება გავაცნობიეროთ ავტომატიზაციის სისტემების დაპროექტების მნიშვნელოვანი ასპექტი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ არსებითად მნიშვნელოვანია ძირითადი და დამხმარე მოწყობილობათა საიმედოობის ღონეების რაციონალური შესაბამისობის დადგენა.

ნახ.1. ავტომატიზებული სისტემის მტყუნების q ალბათობის დამოკიდებულება მმართველი მოწყობილობის p საიმედოობაზე ძირითადი მოწყობილობის ფიქსირებულ P_0 საიმედოობის დროს

მათემატიკური მოდელები, რომლებიც აღწერენ ტექნიკური სისტემის ფუნქციონას, საშუალებას იძლევა თეორიულად შევავსოთ დასაპროექტებელი სისტემის თვისებები. მაგრამ საწყისი პარამეტრების შესახებ სტატისტიკური მონაცემების უქონლობის ან სიმწირის პირობებში კონკრეტული რეკომენდაციებისა და დასკვნების შესაძლებლობები, როგორც წესი შეზღუდულია. ამასთან დაკავშირებით ზოგიერთ სპეციალისტს შეექმნა შთაბეჭდილება, რომ საიმედოობის თეორიულ გამოკვლევათა ღირებულება არ არის დიდი. ეს გარემოება განსაკუთრებით ეხება საიმედოობის მათემატიკური მოდელების აგებას და გამოკვლევას ანალიზური, რიცხვითი (მიანხლოებით) ან სტატისტიკური მეთოდებით.

რასაკვირველია, არ იქნებოდა გონივრული, გადაჭარბებით შეგვეფასებინა მათემატიკური მოდელების როლი საიმედოობისა და საზოგადოდ, ეფექტიანობის უზრუნველყოფის საქმეში. მათემატიკური მოდელი, ისევე როგორც ნებისმიერი სხვა ხერხი გამოკვლევისა, ვერ მოგვცემს ამომწურავ პასუხებს ყველა კითხვაზე, რაც აინტერესებს სისტემის დამპროექტებელს, მფლობელსა თუ ოპერატორს, მით უფრო იმ შემთხვევებში, როცა საწყისი პარამეტრების მნიშვნელობები უცნობია და ეს არ უნდა იყოს გასაკვირი. აქ უპრიანია გავიხსენოთ ოპერაციათა გამოკვლევის (სახელდობრ ანალიზური მოდელირების) ცნობილი სპეციალისტის თომას საატის ხატოვანი გამონათქვამი “ოპერაციათა გამოკვლევა არის მეთოდი, რომელიც იძლევა ცუდ პასუხებს ისეთ კითხვებზე, რომლებსაც სხვა მეთოდები საერთოდ ვერ პასუხობენ”. ჩამოყალიბებულია პრინციპული დებულება, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ მათემატიკური მოდელი ხშირ შემთხვევაში არის საკვლევი ობიექტის შეფასების ერთადერთი ხერხი.

სახელდობრ, საიმედოობის მოდელი მიღებულ ჰიპოტეზათა საკმარისი რეალურობის დროს საშუალებას იძლევა დადგინდეს სისტემის ყველაზე სუსტი ადგილები, რაც კვლევისა და დაპროექტების უაღრესად არსებითი ასპექტია. ამასთანავე, ის იძლევა საშუალებას დადგინდეს სისტემის მგძნობიარობა ზოგიერთი გაუთვალისწინებელი, მაგრამ მოსალოდნელი პირობების მიმართ და ეხმარება დამპროექტებელს უფრო ღრმად გაერკვიოს მის წინაშე დასახული ამოცანის არსში.

რასაკვირველია მათემატიკური მოდელის გამოყენება არ გამოირიცხავს პარამეტრების განსაზღვრის რაციონალური მეთოდების ძებნის აუცილებლობას. მაგრამ საწყისი ინფორმაციის უქონლობის შემთხვევაში შეიძლება ნაწილობრივი ან მთლიანი გადაწყვეტილებების მიღება. სისტემის დაპროექტების ეტაპზე ცალკეული ელემენტების პარამეტრების არცოდნა ქმნის სიტუაციას, რასაც უწოდებენ “ბუნებასთან თამაშს”. ეს ნიშნავს, რომ პირი, რომელიც იღებს გადაწყვეტილებას, მოქმედებს ინფორმაციის სრული არქონის პირობებში. უცნობი ობიექტი გაიგივებულია მოწინააღმდეგესთან, ისე როგორც ეს ხდება თამაშთა თეორიაში და პასუხისმგებელი პირი ირჩევს მოქმედების ისეთ სტრატეგიას, რაც უზრუნველყოფს უმცირეს დანაკარგებს მოწინააღმდეგის მაქსიმალური დაპირისპირების შემთხვევაში, ე.ი. ობიექტის ყველაზე არახელსაყრელი მდგომარეობის დროს.

ასეთი გადაწყვეტილება, როგორც წესი, ძალიან უხეშია, რამდენადაც შეესაბამება ყველაზე უარეს შემთხვევას, რაც სინამდვილეში შეიძლება არც განხორციელდეს. მიუხედავად ამისა, ასეთი მიდგომა ხშირად იძლევა უაღრესად სასარგებლო რეკომენდაციებს. სახელდობრ, დადგენილია, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში საერთოდ არ არის მიზანშეწონილი მოწყობილობათა მომსახურების ორგანიზაცია, სხვა შემთხვევაში აგებულია შემოწმებათა განრიგი არასაიმედო მოწყობილობისათვის, რაც უზრუნველყოფს იმ დანაკარგთა მაქსიმუმის მინიმუმს, რაც დაკავშირებულია მის არასაიმედოობასთან.

გაურკვევლობის დროს გადაწყვეტილობათა მიღების შესაძლებლობას იძლევა აგრეთვე ბაიესის მიდგომა. ამ შემთხვევაში ივარაუდება, რომ საიმედოობის მაჩვენებლებისა და გარემოს პირობების განაწილებები აპრიორი ცნობილია. დამატებითი ექსპერიმენტის საფუძველზე ღებინდება საჭირო პარამეტრების აპოსტერიორი (ემპირიული) განაწილებები. ამის შემდეგ, მოცემულ ნაბიჯზე მიიღება გადაწყვეტილება გამოთვლილი ემპირიული განაწილების საფუძველზე.

არსებობს გადაწყვეტილებათა მიღების სხვა ხერხებიც, რომლებიც არ საჭიროებენ აპრიორულ ინფორმაციას. ჩვენი ნაშრომის მიზანს არ წარმოადგენს მათში ჩაღრმავება, ამიტომ მივეუთითებთ მხოლოდ ზოგიერთ ლიტერატურულ წყაროს.

3. დასკვნა

ნაშრომში ყურადღება გამახვილებულია კომპლექსურ საკითხზე: რთული ტექნიკური ობიექტების საიმედოობის ეკონომიკურად გამართლებული დონის უზრუნველყოფა დაპროექტების პერიოდში. საკითხი განიხილება სისტემური მიდგომის(სისტემოტექნიკის) პრინციპების თვალსაზრისით. დასაბუთებულია, რომ პროექტირების საწყის ეტაპზე, როდესაც არ არსებობს ან მწირია ობიექტური ინფორმაცია მართვის სისტემის მოწყობილობების საიმედოობის შესახებ, მიზანშეწონილი და გამართლებულია(ზოგჯერ ერთადერთი საშუალებაა) მათემატიკური მოდელების გამოყენება. ამასთან, საჭიროა მართვის ობიექტის და მმართველი სისტემის საიმედოობათა ისეთი შეხამების შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს მართვის სისტემის მაქსიმალურ საიმედოობას მინიმალური ეკონომიკური დანახარჯებით. ცხადია, ეს ოპტიმიზაციის ამოცანაა და დაკავშირებულია მათემატიკური მოდელების შედგენასა და გამოყენებასთან. მითითებულია სირთულეები, რომელიც თან სდევს მათემატიკური მოდელების დამუშავებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგადად ნაშრომში დასმული საკითხები არ წარმოადგენს სიახლეს, მაგრამ ავტორთა მიზანი იყო ყურადღება გაემახვილებინათ იმაზე, რომ მხოლოდ მმართველი სისტემის მაღალი საიმედოობა ვერ უზრუნველყოფს მთლიანად სისტემის მაღალ საიმედოობას და ამდენად ეკონომიკურად არახელსაყრელია; სისტემის საიმედოობის უზრუნველყოფა როგორც დაპროექტების ისე ექსპლუატაციის დროს უნდა იყოს განხილული როგორც სისტემური (სტრუქტურული) მართვის ამოცანა; ყველა შესაძლო შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს მათემატიკური

მოდელები, თუნდაც ის ეყრდნობოდეს ზოგად ემპირიულ ცოდნას და ჰიპოთეტურ დაშვებებს. ეს სასარგებლოა სწორი ორიენტაციისთვის სისტემების დაპროექტებასა და გამოყენებაში.

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. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. Киев: Наукова Думка, 2011.
5. Kakubava R., Sztrik J. Queuing Models with Two Types of Service: Applications for Dependability Planning of Complex Systems. Proc. MMR2011. Beijing, 2011.
6. 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 Intern. Sc.Conf. ICTMC-2010, Tbilisi, 2011.
7. Kakubava R. Reliability Model for Standby System with Replacement Delays of Failed Elements. Automatic Control and Computer Sciences 2, 54-59, 2013.
8. Честнат Г. Техника больших систем (средства системотехники). Пер. с англ.. Под ред. О. И. Авена. М., «Энергия», 1969.

ON SOME PROBLEMS OF PROVISION OF QUALITY AND RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS

Kakubava Revaz, Jojua Zaur, Jojua Nino, Kekelia Valeri
Georgian Technical University

Summary

The article deals with the problems of assessment and provision of quality and reliability of complex technical objects. They are considered from the point of view of structural control. It is shown that the reliability model makes it possible to identify the main characteristics of the control system at the initial design stage, when there is not enough accurate baseline data. It is demonstrated that in determining the reliability characteristics of the system rational relationship between the reliability of control object and control system have to be achieved to prevent inexpedient spending for improving the reliability of the control system.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Какубава Р. В., Джоджуа З. С., Джоджуа Н. М., Кекелиа В. И.
Грузинский технический университет

Резюме

Рассматриваются вопросы оценки и обеспечения качества и надежности функционирования сложных технических объектов с точки зрения структурного управления. Показано, что математическая модель надежности дает возможность определить основные характеристики системы управления на начальной стадии проектирования, когда не существуют достаточно точные исходные данные. Продемонстрировано, что при определении надежностных характеристик системы должны быть достигнуты рациональные соотношения между надежностями объекта управления и управляющей системы, чтобы не допустить нецелесообразные расходы на повышение надежности управляющей системы.