

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ირაკლი რომანაძე

საზღვაო გემების ამძრავთა ავტომატიზებული სისტემების
დინამიკური მოდელირება და კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2016 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი N 501 საწარმოო
ტექნოლოგიური მანქანების და მექატრონიკის დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ., პროფესორი თამაზ მჭედლიძე

რეცენზენტები: ტ.მ.კ. ასოც. პროფ. ემზარ გეგეშიძე

ტ.მ.კ. ნუგზარ სულამანიძე

დისერტაციის დაცვა შედგება 2016 წლის "--13----" --02-----, -----
საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სადისერტაციო
კოლეგიის სხდომაზე.

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68^ა.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი
ასოცირებული პროფესორი

დავით ბუცხრიკიძე

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თანამედროვე გემების და მათი ცალკეული მექანიზმების და მოწყობილობების მუშა პროცესების ავტომატური მართვა წარმოადგენს მათი კონსტრუქციების და ექსპლუატაციის თვისებების სრულყოფის საშუალებას.

თანამედროვე დროში ავტომატიზირებულია და ავტომატიზირდებიან პრაქტიკულად ყველა მოწყობილობები, მექანიზმები, ელექტროენერგეტიკის სისტემები, დამხმარე მექანიზმები, გემთწამყვანის სისტემები, საღებავ-მისაბმელი, საბუქსირო და სხვა დანადგარები, რომლებიც შედიან გემის ტექნიკური საშუალებების შემადგენლობაში, იჭრება კომპლექსური ავტომატიზაციის და ტექნიკური საშუალებების მართვის კომპლექსური სისტემების ამოცანები.

გემების სისტემების ავტომატიზაციის ხარისხის ამაღლება, რაც იწვევს ამძრავთა მიერ შესასრულებელ ფუნქციათა გართულებას, სიზუსტის და საიმედოობის მხრივ, პროექტირებისას თხოულობს უფრო ზუსტ და სრულ გაანგარიშებებს და დაკავშირებულია სხვადასხვა სახის ოპტიმიზაციური ამონახსნების მოძიებასთან შესამუშავებელი სისტემის კონსტრუქციული პარამეტრების და სტრუქტურის შერჩევის არეში.

გემის კურსისა და მდებარეობის მართვის სისტემები, რომლებიც ახორციელებენ გემთწამყვანის ძირითად ამოცანას, დაკავშირებულს წაყენებული ამოცანის და მოცემული ხარისხობრივი კრიტერიუმების შესაბამისად გემის ზუსტ და უსაფრთხო მართვასთან, თავის მხრივ გემების ავტომატიზირებულ ამძრავთა შორის წარმოადგენენ უმეტესად რთულ მრავალკონტურიან ელექტროჰიდრავლიკურ და ელექტრომექანიკურ ამძრავთა სისტემებს.

ასეთივე რთული სტრუქტურის დინამიკურ სისტემებს მიეკუთვნებიან:

1) მართვის პირდაპირი და არაპირდაპირი მოქმედების რეგულატორებით აღჭურვილი გემის სადიზელო დანადგარების მუხლა ლილვების ბრუნვის სიხშირეთა რეგულირების და აგრეთვე ავტომატიზებული საბუქსირო მოწყობილობების ავტომატური მართვის სისტემები.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს გემის ლოკალური ავტომატიზებული კურსისა და მდებარეობის მართვის, ძალური დანადგარების მუხლა ლილვების ბრუნვის სიხშირეთა რეგულირების და საბუქსირო მოწყობილობების რთული დინამიკური სისტემების ახალი სქემების, დინამიკური ანალიზისა და სინთეზის მეთოდებისა და მეთოდიკების შემუშავება, მიმართული საკვლევი სისტემების ხარისხისა და ეფექტურობის ამაღლებისაკენ.

დასახული მიზნის მიღწევისათვის კვლევის ამოცანებში ჩართულია:

- ამძრავთა საკვლევი სისტემების, მოდელირების, მათი დინამიკური ანალიზისა და სინთეზის მეთოდებისა და მეთოდიკების შემუშავების საკითხების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი და შემდგომი კვლევის ამოცანების ფორმირება;
- გემის მდებარეობისა და კურსის მართვის რთული სტრუქტურის ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური სისტემების შემდგომი სტრუქტურული და პარამეტრული ოპტიმიზაციური ამოცანების გადაჭრისათვის საჭირო ძირითადი მეცნიერული მიდგომების ჩამოყალიბება;
- ჩამოყალიბებული მიდგომების გამოყენებით საკვლევი სისტემის დინამიკური სტრუქტურული სქემების, გადამცემი ფუნქციების და რეგულირებად კოორდინატთა გამოსახულებების აგება, როგორც სინთეზის დასამუშავებელი მეთოდის შემადგენელი ნაწილისა;
- სტრუქტურული და პარამეტრული სინთეზის ძირითადი კანონზომიერებების გამოვლენა და გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის პროცედურათა ჩამოყალიბება;
- გემის მდებარეობისა და კურსის მართვის კონკრეტული სახის მრავალკონტურიანი სისტემების კვლევა, შემუშავებული მეთოდებისა და სისტემების თავისებურებების და ეფექტურობის ხარისხის გამოვლენა;
- გემის ძალური სადიზელო დანადგარის მუხლა ლილვის ბრუნთა სიხშირის რეგულირების რთული სტრუქტურის სისტემის პარამეტრული

სინთეზის შემდგომი ამოცანების გადაჭრისაკენ მიმართული ახალი მოდელების შემუშავება;

- გემის საბუქსირო ჯალამბარის ავტომატიზებული მართვის ელექტრომექანიკური სისტემის დინამიკის მათემატიკური მოდელების და დინამიკური სტრუქტურული სქემების აგება დრეკადობის გათვალისწინებით მექანიკურ ნაწილში, დინამიკური ანალიზისა და სინთეზის საკითხების გადაჭრისათვის საჭირო კანონზომიერებების გამოვლენა.

ნაშრომის სამეცნიერო ღირებულება მდგომარეობს:

- ცალკეული მათემატიკური მოდელების, ცალკეული პროცედურების და მეთოდების ანალიზთან და აგებასთან და მთლიანობაში გემის მრავალკონტურიანი კურსისა და მდებარეობის მართვის ამძრავთა მოთვალთვალე სისტემების სინთეზის შემუშავებული ოპტიმიზაციური სინთეზის მეთოდთან მიმართებაში გამოყენებულ ახალი მეთოდოლოგიურ მიდგომებში;
- გემის სადიზელო ძალური დანადგარის მუხლა ლილვის ბრუნვის სიხშირის რეგულირების სისტემების და საბუქსირო ჯალამბარის ავტომატური მართვის ამძრავთა სისტემების ახალი დინამიკურ მოდელებში და მათი კვლევისათვის საჭირო მეთოდოლოგიურ მიდგომებში.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულებაა საკვლევი ამძრავთა სისტემების დინამიკური ანალიზისა და სინთეზის მეთოდები და მეთოდები და კვლევის შედეგები, მიმართული გემების კონკრეტული ამძრავთა ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური სისტემების ხარისხისა და ეფექტურობის ამაღლებისაკენ.

სამეცნიერო დებულებების, დასკვნებისა და რეკომენდაციების უტყუარობა უზრუნველყოფილია მათემატიკური მოდელირების, რეგულირების რთული სისტემების სტრუქტურული და პარამეტრული სინთეზის მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების გამოყენებით.

ნაშრომის აპრობაცია. ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებული იქნა საერთაშორისო კონფერენციებზე:

- 1) ინოვაციური ტექნოლოგიები და მასალები. თბილისი, 2011;
- 2) 21 საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები. თბილისი, 2013;
- 3) International Scientific Conference. Mechanics, 2014.

პუბლიკაციები. დისერტაციების მასალები წარმოდგენილია 11 სამეცნიერო ნაშრომში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ლიტერატურული მიმოხილვის, დასკვნების, განსჯისა და საერთო დასკვნებისაგან. წარმოდგენილია 143 გვერდზე, შეიცავს 43 ნახაზს და ლიტერატურის სიას 117 დასახელებისაგან.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალ ნაწილში დასაბუთებულია სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალურობა.

თავი 1. ლიტერატურის მიმოხილვა ჩატარებულია გემებზე გამოყენებული ამძრავთა ავტომატიზებული სისტემების პროექტირებისა და კვლევის საკითხების მიმოხილვა და ხარისხობრივი ანალიზი.

აღნიშნულია, რომ გემის ავტომატიზებული სისტემები – ეგრეთ წოდებული ტექნიკური საშუალებების ფუნქციონალური კომპლექსები და გემის ტექნიკური საშუალებების მართვის კომპლექსური სისტემები - აღჭურვილია სხვადასხვა სახის მოთვალთვალე სისტემებით, რომელთა შორის პირველ რიგში აღსანიშნავია: მდებარეობისა და კურსის მართვის სისტემა, გემების დიზელური დანადგარების მუხლა ლილვის ბრუნვის სიჩქარის რეგულირების სისტემები და გემის შეკავებისა და ბუქსირების მოწყობილობების მართვის სისტემები.

აღნიშნულია, რომ გემის კურსის მართვის სისტემებში, ფართო გამოყენება ჰპოვეს ელექტროჰიდრავლიკურმა ასევე ელექტრომექანიკურმა ამძრავებმა.

გემების ელექტროჰიდრავლიკურ სისტემებში ყველაზე გავრცელებულს განეკუთვნებიან ჰიდროამძრავთა სისტემები შემსრულებელი კასკადებით: ცვალებადი წარმოებადობის ტუმბო – ჰიდრავლიკური მანქანის დგუშები და მუდმივი წარმოებადობის ჰიდროტუმბო – დგუში ელექტრული უკუ კავშირით.

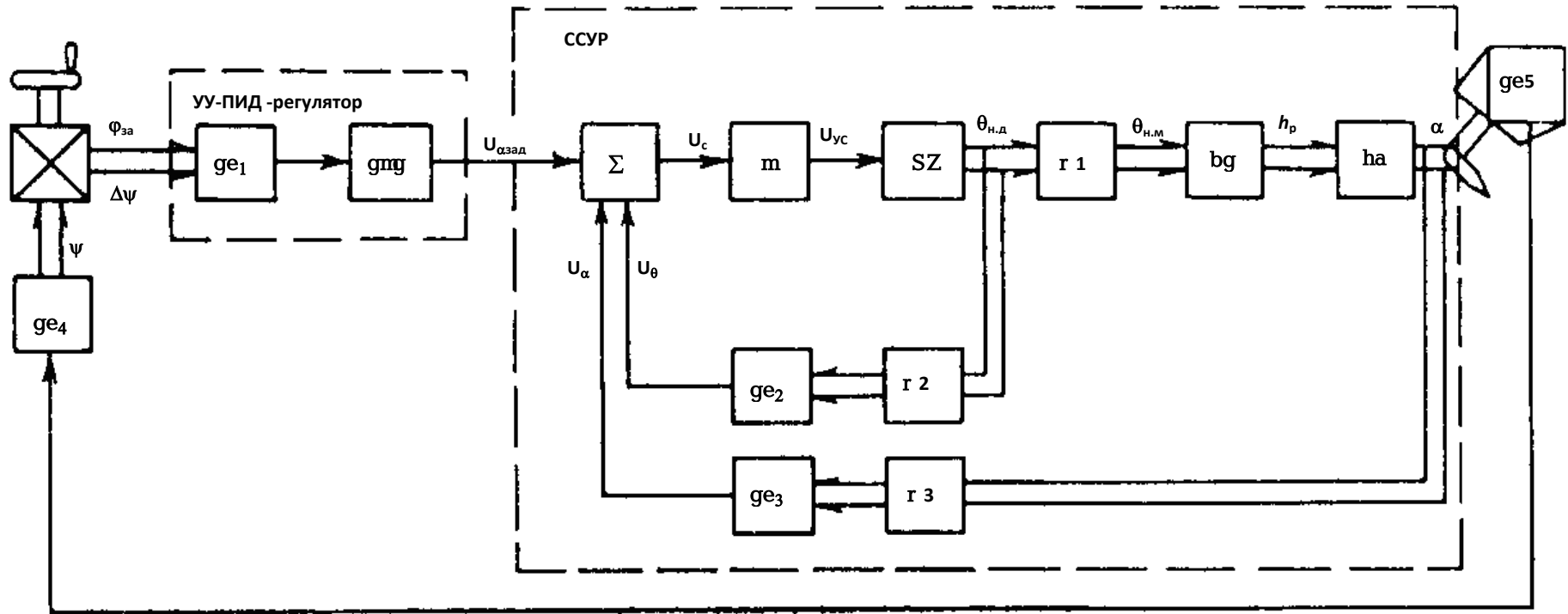
ნახ. 1 მოცემულია გემის კურსის მართვის ელექტროჰიდრავლიკური სისტემის ფუნქციონალური სქემა.

ამ სქემაზე **გმგ** – გამომთვლელი მოწყობილობათა ბლოკი, რომლის ამოცანაც არის სიგნალების მიღება, რომლებიც პროპორციონალურია წარმოებულის და ინტეგრალის კურსის გაუთანხმოებიდან; გე4 და გე5 გარდამქმნელი ელემენტები, რომლებიც ქმნიან სელსინის გამზომ რგოლს, ახორციელებენ უკუკავშირს კურსით გადაცემის კოეფიციენტით, რომელიც ტოლია ერთის; მო – მართული ობიექტი, შ.ე – შემსრულებელი ელექტროძრავი; ბგ – ბერკეტული გადაცემა; რ₁, რ₂ და რ₃ – რედუქტორები; მ – ელექტრონული გამაძლიერებლები; მე1 და მე2 სელსინი – ადგილობრივი და უკუკავშირის გადამწოდები; ჰა ჰიდროამძრავი.

ელექტრომექანიკური სისტემების ფუნქციონალური და სტრუქტურული თავისებურებების ანალიზის თვალსაზრისით აგრეთვე მოყვანილია გემის კურსის მართვის ელექტრომექანიკური სისტემების ფუნქციონალური სქემა.

განხილვად რეგულირების სისტემებში როგორც შემსრულებელი ელემენტები ფართოდ იყენებენ მუდმივი დენის ძრავებს. დამოუკიდებელი აგზნებით, რომელთა ბრუნვის სიჩქარე რეგულირდება ლუზაზე მიწოდებული დენის ძაბვით. ასეთი ძრავები გამოირჩევიან საუკეთესო სარეგულირებელი და დინამიკური მახასიათებლებით.

საჭის მოწყობილობის გადამცემი მექანიზმი ელექტრომექანიკურ ამძრავში ახორციელებს კავშირს საჭესა და შემსრულებელ ძრავს შორის. ერთ-ერთი პირველი გადამცემი იყო ხრახნული გადამცემი მექანიზმი, შემუშავებული ა. ფედორეცკის მიერ. ეს მექანიზმი მოიხსნება როგორც „ფედორეცკის ხრახნული ამძრავი დიფერენციალით“.



ნახ. 1. გემის კურსის მართვის ავტომატური სისტემის ფუნქციონალური სქემა

გემებზე მდებარე და მათი მოძრაობისათვის გამიზნული ენერგეტიკული დანადგარები მოიცავენ ენერგიის წყაროს, ჰიდრავლიკურ მამოძრავებელს და მოძრაობათა გარდამქმნელ მოწყობილობას, რომლითაც ხორციელდება ენერგიის წყაროს დაკავშირება მამოძრავებელთან.

აღწერილია გადამცემი მექანიზმის სქემა, რომელიც ახორციელებს კინემატიკურ კავშირს ძრავის ლილვისა და საჭეს შორის.

ამასთან ერთად განხილულია აგრეთვე ტურბოგენერატორული სანიჩბავე და ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების ავტომატური რეგულირების სისტემების ფუნქციონალური სქემები და ჩატარებულია მათი ანალიზი.

ავტომატიზებული ამძრავები ფართოდ გამოიყენებიან აგრეთვე გემების სხვა ფუნქციონალურ, კერძოდ საბუქსირო მოწყობილობებში. საბუქსირო მოწყობილობა (ავტომატური საბუქსირო ჯალამბარი (ასჯ)) საშუალებას აძლევს გემს განახორციელოს სხვა მოცურავე ობიექტის ბუქსირზიდვა.

ასჯ–ს მთავარი თავისებურებაა საბუქსირო ჯალამბარის დოლის წინ გვარლის დაჭიმულობის შენარჩუნება წინასწარ მოცემულ ზღვრებში.

დატვირთვის გაზრდისას მოცემული ზღვრული სიდიდის მაღლა ავტომატურად ირთვება გვარლის გაშვება. გვარლის გაშვება ხორციელდება იქამდის, სანამ დატვირთვის სიდიდე იმყოფება მოცემულზე ზევით. თუ გვარლის დაჭიმულობა აღმოჩნდება ნომინალურზე ნაკლები, მაშინ ჯალამბარი იწვევს გვარლის შემოწერას დოლისაკენ, სანამ დაჭიმულობა არ მიიღებს ნომინალურ მნიშვნელობას.

მოყვანილია და გაანალიზებულია საბუქსირო ჯალამბარის ავტომატური მართვის ელექტრომექანიკური სისტემის ფუნქციონალური სქემა, მისი ძირითადი დამახასიათებელი თავისებურებები.

ჩატარებულია მექანიზმებისა და სისტემების პროექტირებისა და დინამიკური პროცესების კვლევის არსებული მეთოდების მიმოხილვა, რომელთა მეშვეობით შესაძლოა რთული მრავალბმული ამძრავთა

სისტემების და მთლიანობაში საკვლევი მოწყობილობების შემდგომი სრულყოფა.

ნაშრომის ძირითად ნაწილში განხილულია მრავალკონტურიანი საკვლევი ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური სისტემების ცალკეული ფუნქციონალური ელემენტების დინამიკური მოდელები და მათი გამოყენებით აგებული მთლიანი სისტემების მათემატიკური მოდელები.

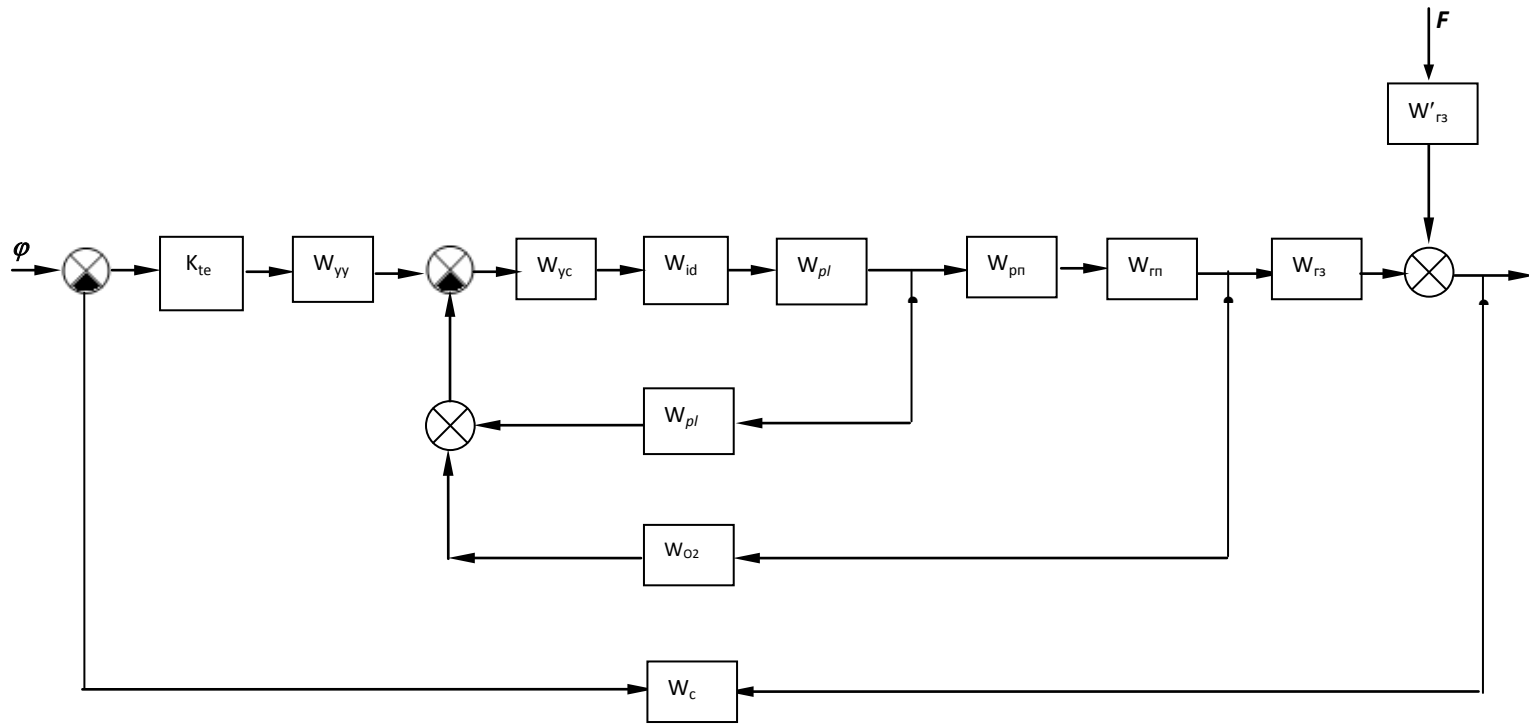
საკვლევი სისტემის ცალკეული შემადგენელი ელემენტების გაწრფივებული მოდელების გამოყენების საფუძველზე აგებული ელექტროჰიდრავლიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა მოყვანილია ნახ. 2:

აქ: $K_{\text{ms}} = K_1$ – გარდამქმნელი ელემენტის გაძლიერების კოეფიციენტი; W_{yy} – მმართველი YY მოწყობილობის გადამცემი ფუნქცია; W_{yc} – ნახევარ-გამტარიანი მაძლიერებლის გადამცემი ფუნქცია; W_{yo} – შემსრულებელი ძრავის გადამცემი ფუნქცია; W_{p1} – მექანიკური რედუქტორის გადამცემი ფუნქცია; W_{oc1} , W_{oc2} და W_{oc} – უკუკავშირების გადამცემი ფუნქციები; W_{pn} – ბერკეტული გადამცემის გადამცემი ფუნქცია; $W_{\Gamma 3}$ და $W'_{\Gamma 3}$ – მართვის ობიექტების **მო** (გემის) გადამცემი ფუნქციები მმართველი და შემაშფოთებელი ზემოქმედებების მიმართ; W_{rc} – ჰიდრავლიკური სისტემის გადამცემი ფუნქცია.

განხილვადი სისტემა მიეკუთვნება მრავალრეჟიმიანს: მუშაობს გემის საჭის მოთვალთვალე სისტემის რეჟიმებში (CCYP – სისტემა α), რომელიც წარმოადგენს $U_{\alpha 3 \alpha 0}$ და α კოორდინატების ურთიერთდამაკავშირებელ ჩაკეტილ სისტემას და გემის კურსის მოთვალთვალე მართვის სისტემის რეჟიმებში. მეორე სისტემა აკავშირებს კოორდინატებს $\psi_{3 \alpha 0}$ და ψ .

გადამცემი ფუნქციები გამოსახებიან ასე:

$$W_{yy}(s) = \frac{W_{yy}(s)W_{\alpha}(s)W_{\Gamma 3}(s)}{1 + W_{yy}(s)W_{\alpha}(s)W_{\Gamma 3}(s)}; \quad (1)$$



ნახ.2. სტრუქტურული სქემა

$$W_{\psi B}(s) = \frac{W_{\Gamma_3}(s)}{1 + W_{yy}(s)W_{\alpha}(s)W_{\Gamma_3}(s)}. \quad (2)$$

ზემოთმოყვანილი დამოკიდებულებების გამოყენებით შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$\Psi_y(s) = \frac{K_1 \left(\frac{K_{um}}{s} + 1 + \frac{K_{\text{du}\phi} s}{T_{\text{du}\phi} s + 1} \right) W_{\alpha}(s) W_{\Gamma_3}(s)}{1 + K_1 \left(\frac{K_{um}}{s} + 1 + \frac{K_{\text{du}\phi} s}{T_{\text{du}\phi} s + 1} \right) W_{\alpha}(s) W_{\Gamma_3}(s)}. \quad (3)$$

სისტემა α -თან მიმართებაში გვექნება

$$W_{\alpha}(s) = \frac{W_1(s)W_p(s)W_{\Gamma_3}(s)}{1 + W_1(s)W_p(s)W_{\Gamma_n}(s)W_{oc}(s)}. \quad (4)$$

მიღებული იქნა გადამცემი ფუნქციები:

$$\begin{aligned} W_{\alpha}(s) &= \frac{W_1(s)K_{pn} \frac{K_{\Gamma n}}{s}}{1 + W_1(s)K_{pn} \frac{K_{\Gamma n}}{s} \cdot K_{oc}} = \frac{W_1(s)K_{pn} K_{\Gamma n}}{S + W_1(s)K_{pn} K_{\Gamma n} K_{oc}} = \\ &= \frac{\frac{K_c}{s + K_c K_{oc1}} K_{pn} K_{\Gamma n}}{S + \frac{K_c}{s + K_c K_{oc1}} K_{pn} K_{\Gamma n} \cdot K_{oc}} = \frac{K_{\alpha}}{S(s + K_c K_{oc1}) + K_{\alpha} K_{oc}} = \\ &= \frac{K_{\alpha}}{S^2 + K_c \cdot K_{oc1} s + K_{\alpha} \cdot K_{oc}}. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Psi_y(s) &= \frac{(K_1 K_{\text{ინტ}} T_{\text{დიფ}} s + K_1 K_{\text{ინტ}} + K_{\text{დიფ}} K_1 s^2 + K_1 T_{\text{დიფ}} s^2 + K_1 s) W_{\Gamma_3}(s)}{K_{oc\alpha} L(s) + K_{\text{ინტ}} K_1 K_{oc\alpha} T_{\text{დიფ}} s W_{\Gamma_3}(s) + K_{\text{ინტ}} K_1 K_{oc\alpha} W_{\Gamma_3}(s) +} \\ &= \frac{M^0(s)}{N^0(s)}. \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც

$$W_{\Gamma_3} = \frac{K_{\Gamma_3}(1 + T_{\text{ოკ}} s)}{s(1 + T_{1\kappa} s + T_{\text{ოკ}} s^2)} = \frac{W_4(s)}{W_3(s)}.$$

ანალოგიურად მიღებული იქნა ელექტრომექანიკური სისტემის გადამცემი ფუნქციები და აგებული იქნა სისტემის სტრუქტურული სქემა.

შესამუშავებელი სისტემების ეფექტურობის შემდგომი ამაღლების ტენდენციები მოითხოვენ ოპტიმიზაციური დინამიკური სინთეზისაკენ მიმართული დინამიკური კვლევების მეთოდებისა და მეთოდიკების

შემდგომ სრულყოფას, აგებულს სისტემათა როგორც პარამეტრულ, აგრეთვე სტრუქტურულ ვარიაციაზეც.

აღნიშნულია, რომ ასეთი მრავალგანზომილებიანი სისტემების ოპტიმიზაციური სინთეზის ერთ–ერთ ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს სინთეზის მეთოდი მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით.

ნაშრომში განიხილება საკვლევი სისტემების მუშაობის დინამიკური მაჩვენებლების შემდგომი სრულყოფის ამოცანა დამატებითი პარალელური მაკორექტირებელი რგოლების გამოყენებით. მოცემულია დამატებითი უკუკავშირების მეშვეობით. მართვის ოპტიმალური კანონის მარეალიზებელი სისტემის ბლოკ–სქემა.

აქვე მატრიცული ფორმით მოცემულია კანონზომიერებები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია პარამეტრების შერჩევა მოცემული სასურველი პროცესის მიღების პირობიდან.

გემის კურსის მართვის ელექტროჰიდრავლიკურ სისტემათა მიმართებაში შუალედური კოორდინატების შერჩევის თვალსაზრისით, რომლებიც გამოიყენებიან სინთეზის პროცედურებში პარალელური უკუკავშირების თვალსაზრისით, ვისარგებლოთ ჰიდრორგოლის დინამიკის განტოლებით

$$(T_{2κ} p^3 + T_{1κ} p^2 + p)\psi = K_{z3} (T_{ok} p + 1)\alpha, \quad (7)$$

ჩაწერით პირველი რიგის განტოლებათა სისტემის სახით.

შემოგვაქვს ახალი ცვლადები

$$y_1 = \frac{d\psi}{dt}; \quad y_2 = \frac{dy_1}{dt}; \quad \alpha_1 = \frac{d\alpha}{dt},$$

დავდივართ განტოლებათა სისტემაზე

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\alpha}{dt} &= \alpha_1; \\ \alpha_2 &= K_{k2} T_{ok} \alpha_1 + K_{z3} \alpha; \\ \frac{d\psi}{dt} &= y_1 = \dot{\psi}; \\ \frac{dy_1}{dt} &= y_2 = \dot{\dot{\psi}}; \\ \frac{dy_2}{dt} &= \frac{1}{T_{2κ}} (T_{1κ} y_2 + y_1 - T_{2κ} \alpha_2). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

თუ ამასთან ერთდროულად განვიხილავთ α – სისტემას მე-2 რიგის განტოლების სახით

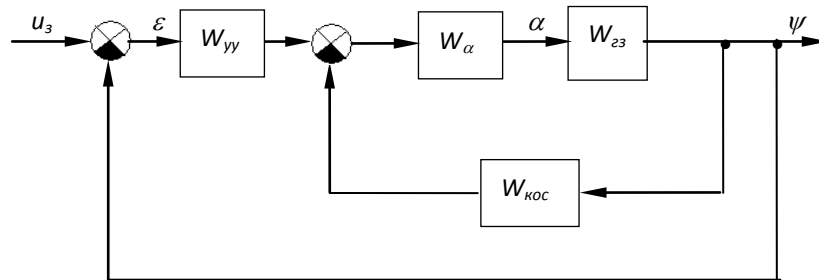
$$(a_{\alpha 2} p^2 + a_{\alpha 1} p + 1)\alpha = K_{\alpha 1} \varphi, \quad (9)$$

მაშინ განტოლებათა სისტემა (8) უნდა იქნას შევსებული განტოლებით

$$\frac{d\alpha_1}{dt} = \frac{K_{\alpha}}{a_{\alpha 2}} \varphi - \frac{a_{\alpha 1}}{a_{\alpha 2}} \alpha_1 - \alpha. \quad (10)$$

მიღებული (8)-(10) განტოლებათა სისტემის ანალიზიდან გამომდინარეობს, რომ სინთეზის შემდგომი ამოცანის რეალიზაციისათვის მიზანშეწონილია ψ , $\dot{\psi}$, $\dot{\alpha}$ და α . შუალედური კოორდინატების გამოყენება.

ψ – სისტემის სტრუქტურული სქემა მაკორექტირებელი უკუკავშირითი რგოლების გათვალისწინებით შესაძლოა წარმოვიდგინოთ ისე, როგორც ეს მოცემულია ნახ. 3-ზე. ამ ნახაზზე $W_{\text{კოც}}(s)$ უკუკავშირთა გადამცემი ფუნქცია.



ნახ. 3. გარდაქმნილი სტრუქტურული სქემა.

ჩავწეროთ $W_{\text{კოც}}(s)$ გადამცემი ფუნქციის გამოსახულება. ამისათვის პირველ რიგში ვსაზღვრავთ α და $\dot{\alpha}$ შუალედურ კოორდინატებს ფუნქციონალურ კავშირში ψ კოორდინატთან. განტოლება (7)-ის გამოყენებით:

$$\alpha(s) = \frac{T_{2\kappa} s^3 + T_{1\kappa} s + s}{K_{z3} (T_{\text{ოკ}} s + 1)} \psi(s); \quad (11)$$

$$\dot{\alpha}(s) = \frac{T_{2\kappa} s^4 + T_{1\kappa} s^3 + s^2}{K_{z3} (T_{\text{ოკ}} p + 1)} \psi(s). \quad (12)$$

ტოლობების (11) და (12) გამოყენებით გვექნება:

$$W_{\text{კოც}}(s) = K_{\dot{\psi}} s \psi + K_{\psi} s^2 \psi + K_{\alpha} W_{\psi\alpha} \psi + K_{\dot{\alpha}} W_{\psi\dot{\alpha}} \psi =$$

$$= (K_{\psi} s^2 + K_{\dot{\psi}} s^2 + K_2 W_{\psi\alpha} + K_{\dot{\alpha}} W_{\psi\dot{\alpha}}). \quad (13)$$

სადაც:

$$W_{\psi\alpha}(s) = \frac{T_{2\kappa} s^3 + T_{1\kappa} s + s}{K_{z3} (T_{ok} s + 1)};$$

$$W_{\psi\dot{\alpha}}(s) = \frac{T_{2\kappa} s^4 + T_{1\kappa} s^3 + s^2}{K_{z3} (T_{ok} p + 1)}.$$

მთლიანი სისტემის გადამცემი ფუნქცია მიიღებს სახეს:

$$W_{yy}(s) = K_y + \frac{K_{\text{ou}\phi}}{T_{\text{ou}\phi} s + 1} + K_{\text{um}} \frac{1}{s}. \quad (14)$$

გარკვეული გარდაქმნების შემდეგ შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$W_0(s) = \frac{K_{\text{ou}\phi} b_0(s) + K_{\text{um}} \frac{1}{s} + K_y}{A_1(s) + K_{\dot{\psi}}(s^2) + K_{\ddot{\psi}} s^3 + K_{\alpha} B_{\alpha 1^*}(s) + K_{\dot{\alpha}} B_{\dot{\alpha} 1^*}(s) + K_{\text{ou}\phi} b_0(s) + \frac{K_{\text{um}}}{s}} + K_y, \quad (15)$$

სადაც:

$$b_0(s) = \frac{s}{T_{\text{ou}\phi} s + 1};$$

$$B_{\alpha 1^*}(s) = W_{\psi\alpha}(s),$$

$$B_{\dot{\alpha} 1^*}(s) = W_{\psi\dot{\alpha}}(s).$$

მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის პროცედურათა რეალიზაციისათვის ვწერთ საწყის ტოლობას

$$W_0(s) U_3(s) \approx W_{\text{xc}}(s) U_3(s) = \frac{M^0(s)}{N^0(s)} U_3(s), \quad (16)$$

სადაც: $W_{\text{xc}}(s)$ – სასურველი გადამცემი ფუნქცია; $U_3(s)$ – სასურველი კოორდინატი.

საძიებლებს მიეკუთვნებიან პარამეტრები: $K_{\text{ou}\phi}$, K_{um} , K_y , $K_{\dot{\psi}}$, $K_{\ddot{\psi}}$, K_{α} და $K_{\dot{\alpha}}$.

ტოლობა (16)–ის თანახმად ვწერთ პირობით განტოლებათა სისტემას:

გამსხვილებული ფორმით ტოლობა (16) ჩაიწერება ასე:

$$\begin{aligned} [A_{1^*}(s) + K_{\dot{\psi}} s^2 + K_{\ddot{\psi}} s^3 + K_{\alpha} B_{\alpha 1^*}(s) + K_{\dot{\alpha}} B_{\dot{\alpha} 1^*}(s) + K_{\text{ou}\phi} b_0(s) + K_y s + K_{\text{um}}] M^0(s) = \\ = [K_{\text{ou}\phi} b_0(s) + K_y s + K_{\text{um}}] N^0(s). \end{aligned} \quad (17)$$

გარდაქმნილი სახით გვექნება:

$$\begin{aligned} \Phi_1(s) \cdot K_y + \Phi_2(s) \cdot K_{\text{ou}\phi} + \Phi_3(s) \cdot K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + \Phi_4(s) + \Phi_5(s)K_{\ddot{\psi}} + \\ + \Phi_6(s)K_\alpha + \Phi_7(s)K_{\dot{\alpha}} = \Phi_0(s). \end{aligned} \quad (18)$$

წარმოსახვით სიხშირეთა მახასიათებლების გამოყენებით ვწერთ პირობით განტოლებათა სისტემას სააპროქსიმაციო წერტილებში $\delta = \delta_v$

$$\begin{aligned} \Phi_1(\delta_v)K_y + \Phi_2(\delta_v)K_{\text{ou}\phi} + \Phi_3(\delta_v)K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + \Phi_4(\delta_v)K_{\dot{\psi}} + \Phi_5(\delta_v)K_{\ddot{\psi}} + \\ + \Phi_6(\delta_v)K_\alpha + \Phi_7(\delta_v)K_{\dot{\alpha}} = \Phi_0(\delta_v), \end{aligned} \quad (19)$$

$$v = 1, \dots, l.$$

მიღებულ განტოლებათა სისტემას ვამუშავებთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდით K_y , $K_{\text{ou}\phi}$, $K_{\text{u}\text{m}\text{m}}$, $K_{\dot{\psi}}$, $K_{\ddot{\psi}}$, K_α , $K_{\dot{\alpha}}$ პარამეტრების მიმართ და ვიღებთ

$$\begin{aligned} K_y \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1^2(\delta_v) + K_{\text{ou}\phi} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1(\delta_v) \Phi_2(\delta_v) + K_{\text{u}\text{m}\text{m}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1(\delta_v) \Phi_3(\delta_v) + \\ + K_{\dot{\psi}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1(\delta_v) \Phi_4(\delta_v) + K_{\ddot{\psi}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1(\delta_v) \Phi_5(\delta_v) + \\ + K_\alpha \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1(\delta_v) \Phi_6(\delta_v) + K_{\dot{\alpha}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) = \sum_v \gamma_v^2 \Phi_0(\delta_v) \Phi_1(\delta_v); \end{aligned} \quad (20)$$

.....

$$\begin{aligned} K_y \sum_v \gamma_v^2 \Phi_1^2(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) + K_{\text{ou}\phi} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_2(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) + K_{\text{u}\text{m}\text{m}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_3(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) + \\ + K_{\dot{\psi}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_4(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) + K_{\ddot{\psi}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_5(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) + \\ + K_\alpha \sum_v \gamma_v^2 \Phi_6(\delta_v) \Phi_7(\delta_v) + K_{\dot{\alpha}} \sum_v \gamma_v^2 \Phi_7(\delta_v) = \sum_v \gamma_v^2 \Phi_0(\delta_v) \Phi_7(\delta_v). \end{aligned} \quad (21)$$

ახალ აღნიშვნათა სისტემა მიიღებს სახეს:

$$D_{11}K_y + D_{12}K_{\text{ou}\phi} + D_{13}K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + D_{14}K_{\dot{\psi}} + D_{15}K_{\ddot{\psi}} + D_{16}K_\alpha + D_{17}K_{\dot{\alpha}} = D_{01}. \quad (22)$$

$$D_{21}K_y + D_{22}K_{\text{ou}\phi} + D_{23}K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + D_{24}K_{\dot{\psi}} + D_{25}K_{\ddot{\psi}} + D_{26}K_\alpha + D_{27}K_{\dot{\alpha}} = D_{02}. \quad (23)$$

$$D_{31}K_y + D_{32}K_{\text{ou}\phi} + D_{33}K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + D_{34}K_{\dot{\psi}} + D_{35}K_{\ddot{\psi}} + D_{36}K_\alpha + D_{37}K_{\dot{\alpha}} = D_{03}; \quad (24)$$

$$D_{41}K_y + D_{42}K_{\text{ou}\phi} + D_{43}K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + D_{44}K_{\dot{\psi}} + D_{45}K_{\ddot{\psi}} + D_{46}K_\alpha + D_{47}K_{\dot{\alpha}} = D_{04}; \quad (25)$$

$$D_{51}K_y + D_{52}K_{\text{ou}\phi} + D_{53}K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + D_{54}K_{\dot{\psi}} + D_{55}K_{\ddot{\psi}} + D_{56}K_\alpha + D_{57}K_{\dot{\alpha}} = D_{05}; \quad (26)$$

$$D_{61}K_y + D_{62}K_{\text{ou}\phi} + D_{63}K_{\text{u}\text{m}\text{m}} + D_{64}K_{\dot{\psi}} + D_{65}K_{\ddot{\psi}} + D_{66}K_\alpha + D_{67}K_{\dot{\alpha}} = D_{06}; \quad (27)$$

$$D_{71}K_y + D_{72}K_{\partial u\phi} + D_{73}K_{uum} + D_{74}K_{\dot{\psi}} + D_{75}K_{\ddot{\psi}} + D_{76}K_{\alpha} + D_{77}K_{\dot{\alpha}} = D_{07} \cdot (28)$$

მიღებულ განტოლებათა სისტემის ამოხსნით ვიღებთ:

$$K_y = \frac{D_y}{D};$$

$$K_{\partial u\phi} = \frac{D_{\partial u\phi}}{D};$$

$$K_{uum} = \frac{D_{uum}}{D};$$

$$K_{\dot{\psi}} = \frac{D_{\dot{\psi}}}{D};$$

$$K_{\ddot{\psi}} = \frac{D_{\ddot{\psi}}}{D};$$

$$K_{\alpha} = \frac{D_{\alpha}}{D};$$

$$K_{\dot{\alpha}} = \frac{D_{\dot{\alpha}}}{D},$$

ტექნიკური მხრიდან შესაძლოა გაძნელდეს $\dot{\psi}$ -ის შესაბამისი სიგნალის მიღება. მაშინ ამ ამოცანის შემოვლისათვის შესაძლოა შემოვიტანოთ სიგნალი, პროპორციული გამოსახულებისა

$$\Delta\psi = \alpha - \psi,$$

გარდაქმნილი სახით ეს შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$(T_{2k}p^2 + T_{1k}p + 1)\psi = K_{23}T_{ok}\alpha + K_{23}\frac{\alpha}{p}, \quad (29)$$

საიდანაც

$$T_{2k}p^2\psi = (K_{23}T_{ok})\alpha + K_{23}\frac{1}{p}\alpha - T_{1k}p\psi. \quad (30)$$

შემდგომ ვწერთ:

$$\begin{aligned} T_{2k}\dot{\psi} &= [(K_{23}T_{ok})\alpha - \psi] + K_{23}\frac{1}{p}\alpha - T_{1k}\dot{\psi} = (\alpha - \psi) + (K_{23}T_{ok} - 1)\alpha + \\ &\quad - T_{1k}\dot{\psi} + K_{23}\frac{1}{p}\alpha. \end{aligned} \quad (31)$$

უკანასკნელი ტოლობიდან გამომდინარე ისე, რომ უკუკავშირების საშუალებით მიღებული ეფექტის რეალიზაციისათვის შეგვიძლია

ვიხელმძვანელოთ უკუკავშირების შემოტანით α , $\dot{\alpha}$, ψ და $\Delta\varphi = \alpha - \psi$ კოორდინატების მიხედვით.

გაშლილი ფორმით $\psi(t)$ კოორდინატის მიმართ გადამცემი ფუნქცია მიიღებს სახეს

$$W_\psi(s) = \frac{c_{L4}s^4 + c_{L3}s^3 + c_{L2}s^2 + c_{L1}s + c_{L0}}{d_{L7}s^7 + d_{L6}s^6 + d_{L5}s^5 + d_{L4}s^4 + d_{L3}s^3 + d_{L2}s^2 + d_{L1}s + d_{L0}}. \quad (32)$$

გამოსაკვლევ $\psi(s)$ სისტემაში მდგრადობის პირობის შემოტანის პროცედურის რეალიზაციისათვის განვიხილავთ სისტემის მახასიათებელ განტოლებას.

იმის გამო, რომ საქმე გვაქვს მე-7-ე ხარისხის მახასიათებელ განტოლებასთან მდგრადობის სინთეზისათვის ვსარგებლობთ უწყვეტი სტაციონარული სისტემის დინამიკური მდგრადობის ანალიზის ცნობილი მეთოდიკით.

აღნიშნული მეთოდიკის თანახმად განიხილავენ დამხმარე პარამეტრებს λ_i , რომლებიც გამოისახებიან დამოკიდებულებებით:

$$\lambda_i = a_{i-1}a_{i+2}/a_i a_{i+1}, \quad i = 2, n-2.$$

ჩვენ შემთხვევაში გვექნება:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= a_0 a_3 / a_1 a_2; \\ \lambda_2 &= a_1 a_4 / a_2 a_3; \\ \lambda_3 &= a_2 a_5 / a_3 a_4; \\ \lambda_4 &= a_3 a_6 / a_4 a_5; \\ \lambda_5 &= a_4 a_7 / a_5 a_6. \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

საკვლევი სისტემის მდგრადობისათვის საკმარისია, რომ სრულდებოდეს პირობა:

$$\lambda_i < \lambda^* = 0,465, \quad \forall i = \overline{1, n-2};$$

$$\lambda_i + \lambda_{i+1} < \lambda^{**} = 0,89, \quad \forall i = \overline{1, n-3};$$

$$\lambda_i + \lambda_{i+1} + \lambda_{i+2} < 1, \quad \forall i = \overline{1, n-4};$$

$$\lambda_i < (1 - \lambda_{i-1})(1 - \lambda_{i+1}), \quad \forall i = \overline{2, n-3}.$$

ψ – სისტემის სინთეზის პროცედურების ჩატარებისათვის სასურველი პროცესის სახით შერჩეული იქნა ფუნქცია

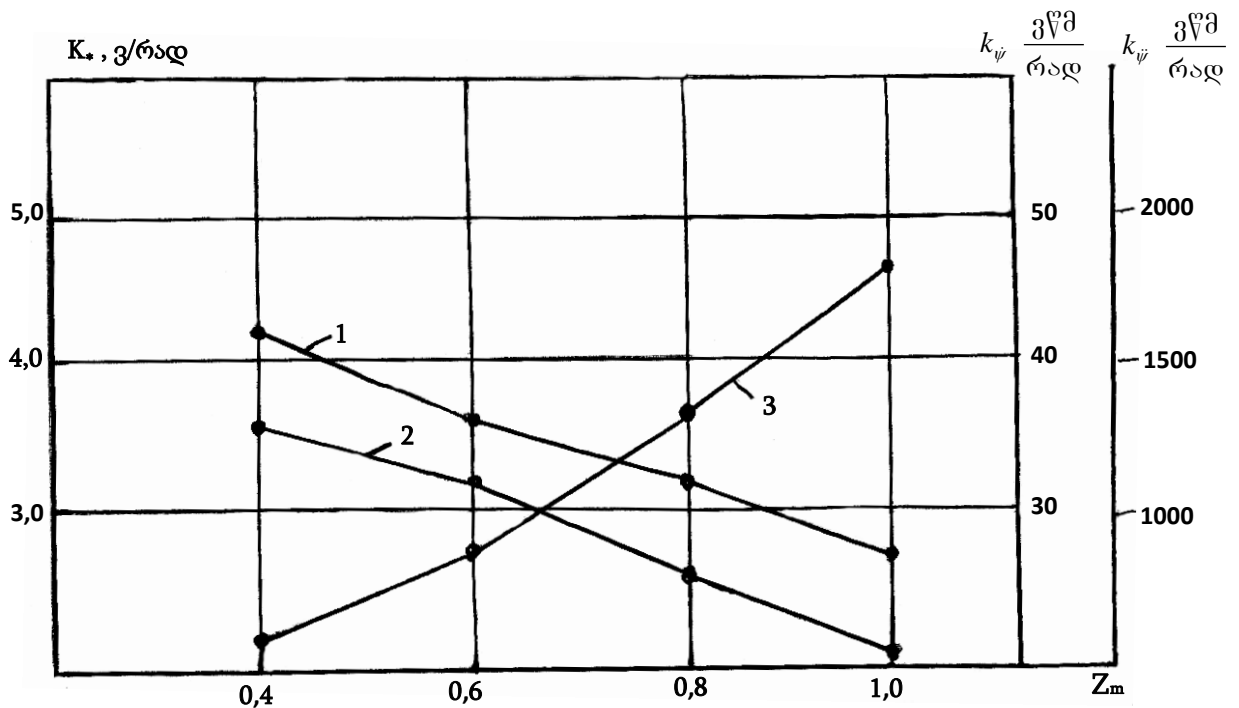
$$\psi^0(t) = \frac{A_0 \left(\frac{a_{x1}}{2} z_m p + 1 \right)}{a_{x2} z_m^2 p^2 + a_{x1} z_m + 1} = \frac{M^0(p)}{N^0(p)} = A_0 - A_1 e^{-\frac{u_1}{z_m}} + A_2 e^{-\frac{u_2}{z_m}}, \quad (34)$$

სადაც p -კარსონის ოპერატორი, z_m დროის მასშტაბური კოეფიციენტი,

$$A_1 = 0,5A_0.$$

ამასთან ერთად საკვლევ სისტემასთან მიმართებაში არარეგულირებად პარამეტრებად შერჩეული იქნა: $K_{z3} = 0,100$ წმ⁻¹, $T_{ok} = 9,81$ წმ, $T_{1k} = 3,31$ წმ, $T_2 = 2,86$ წმ.

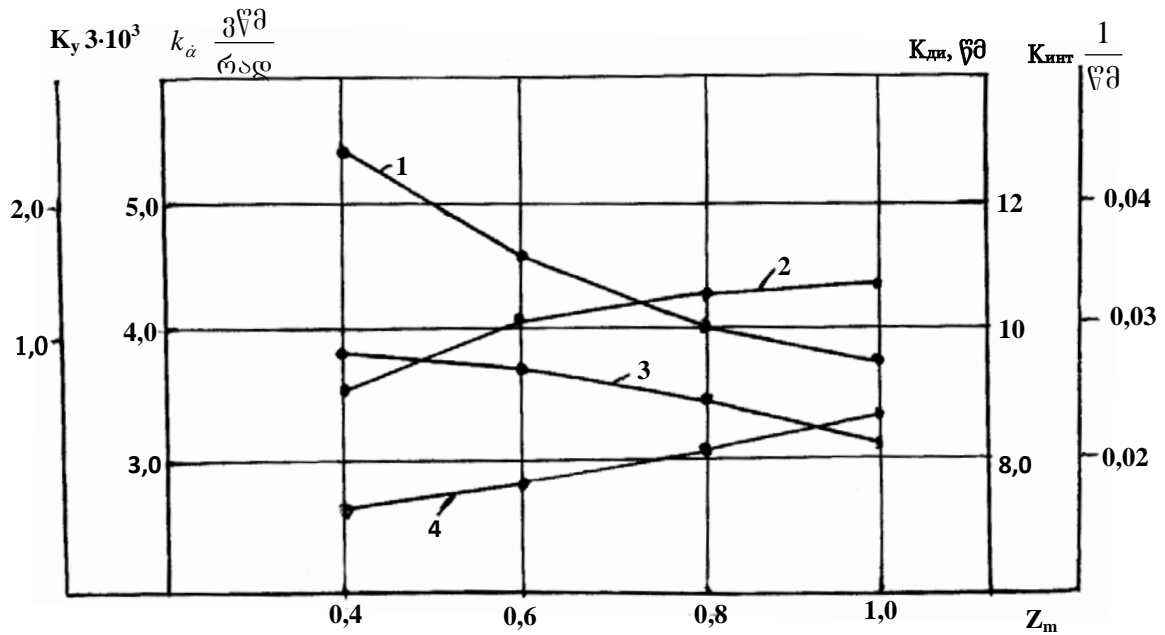
ψ -სისტემის სინთეზის შემოთავაზებული მეთოდის აპრობაციისათვის ვატარებთ კონკრეტულ საანგარიშო გამოკვლევებს. ამისათვის სასურველი პროცესის საწყის პარამეტრებად იქნა შერჩეული $u_1 = 0,006 \frac{1}{\text{წმ}}$ და $u_1 = 0,012 \frac{1}{\text{წმ}}$. ამასთან ერთად თვით საკვლევ სისტემასთან მიმართებაში ჰიდრორგოლის არარეგულირებადი პარამეტრების მნიშვნელობები იქნა შერჩეული: $K_{z3} = 0,104$ წმ⁻¹, $T_{ok} = 9,81$ წმ, $T_1 = 3,31$ წმ, $T_2 = 2,86$ წმ.



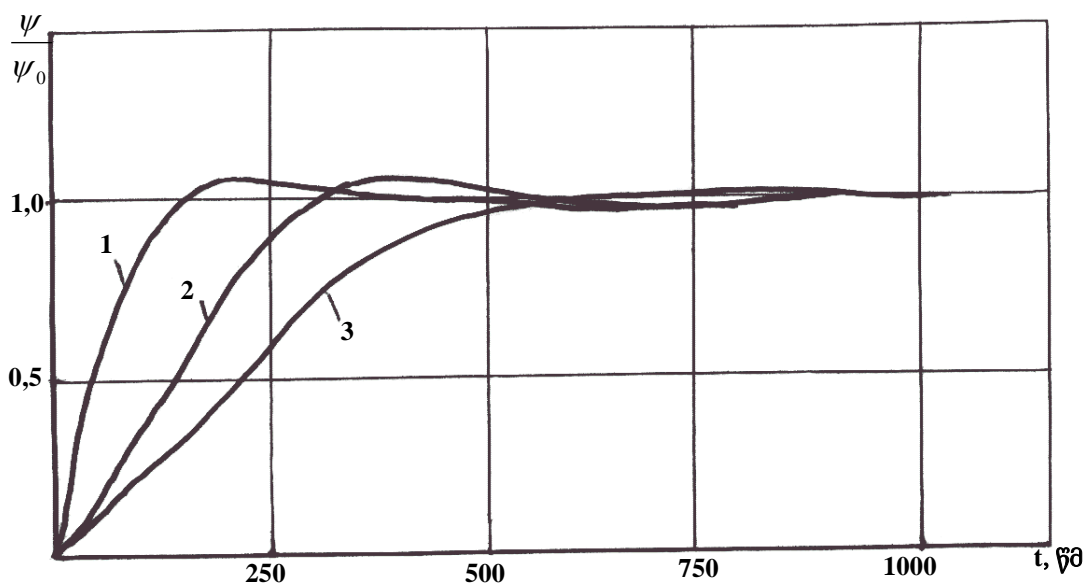
ნახ. 4. სინთეზის შედეგად მიღებული დამოკიდებულებები:
 1 - $k_{\psi}(z_m)$, 2 - $k_{\psi}(z_m)$, 3 - $K_{\alpha}(z_m)$

ჩატარებული საანგარიშო გამოკვლევების შედეგად ნახ. 4 და 5 მოყვანილია სინთეზირებული პარამეტრების მნიშვნელობები ფუნქციონალურ კავშირში z_m მასშტაბურ კოეფიციენტთან.

თვით გარდამავალი პროცესების მრუდები კი მოყვანილია ნახ. 5 და შეესაბამებთან მასშტაბური კოეფიციენტის მნიშვნელობებს $z_m = 1,0$, $z_m = 0,6$ და $z_m = 0,4$.



ნახ. 5. სინთეზის შედეგად მიღებული დამოკიდებულებები:
 1 – $K_y(z_m)$, 2 – $K_\alpha(z_m)$, 3 – $K_{dif}(z_m)$, 4 – $K_{int}(z_m)$



ნახ. 6. გარდამავალი პროცესების მრუდები:
 1 – $z_m = 0,4$; 2 – $z_m = 0,6$, 3 – $z_m = 1,0$

დინამიკური მდგრადობის ანალიზთან დაკავშირებით შესაბამისად ნახ. 6 მოყვანილი პროცესებისათვის, λ - კოეფიციენტების $z_m = 0,4$ თანამიმდევრობები შესაბამისად აისახებიან მნიშვნელობებით:

$$\lambda_5 = 0,41, \lambda_4 = 0,35, \lambda_3 = 0,33, \lambda_2 = 0,39, \lambda_1 = 0,44$$

შემთხვევას კი როდესაც $z_m = 0,6$

$$\lambda_5 = 0,98, \lambda_4 = 0,30, \lambda_3 = 0,27, \lambda_2 = 0,25, \lambda_1 = 0,38.$$

და როდესაც $z_m = 1,0$.

$$\lambda_5 = 0,11, \lambda_4 = 0,22, \lambda_3 = 0,189, \lambda_2 = 0,215, \lambda_1 = 0,32.$$

გამოკვლევების შედეგები მიგვითითებენ, როგორც სისტემათა მდგრადობაზე, ასევე სინთეზირებადი პროცესების სიახლოვეზე სასურველ პროცესებთან.

ანალოგიურად გამოკვლეულია გემის კურსის მართვის ელექტრომექანიკური სისტემა. აგებულია სისტემის სტრუქტურული სქემა დრეკადობის გათვალისწინებით სისტემის მექანიკურ ნაწილში.

კვლევების შედეგად მიღებული იქნა მათემატიკური დამოკიდებულებები სტრუქტურულ-პარამეტრული ოპტიმიზაციური სინთეზისათვის დამატებითი უკუკავშირების გამოყენებით,

ნაშრომის შემდგომ ნაწილებში განხილულია გემების ენერგეტიკული დანადგარები მუხლა ლილვების ბრუნთა რიცხვის ავტომატური რეგულირების სისტემათა დინამიკასთან დაკავშირებული საკითხები.

აგებული იქნა არაპირდაპირი მოქმედების სტაბილიზაციის სისტემის დინამიკის მათემატიკური მექანიკური და ჰიდრომექანიკური გადაცემებით სანიჩზე ხრახნის ლილვამდის.

ჰმტ-ის დინამიკის განტოლებათა აგებისათვის ვიყენებთ სიჩქარის მოცულობითი რეგულირების ჰიდროამძრავის მიმართ ცნობილ დამოკიდებულებებს:

$$q_m \frac{d\alpha_m}{dt} + \frac{v_0}{2B_{\text{oc}}} \frac{dp_m}{dt} + k_{\Sigma} p_m = Q_H; \quad (35)$$

$$Q_H = K_H \operatorname{tg} \beta \cdot \omega_H + K_{\beta} \frac{d}{dt}(\operatorname{tg} \beta), \quad (36)$$

სადაც

$$K_H = \frac{F_{nH} z_H D_H}{2\pi};$$

$$K_\beta = \frac{F_{nH} z_H D_H}{4};$$

q_m – ჰიდრომოდტორის მუშა მოცულობა დაყვანილი მბრუნავი ლილვის მობრუნების კუთხის 1 რადიანზე (დამახასიათებელი მოცულობა):

$$q_m = \frac{F_{nm} z_m D_m \operatorname{tg} \beta_m}{2\pi};$$

V_0 – მილსადენის შიგა მოცულობა მასთან მიერთებული ტუმბოსი და ჰიდრომოდტორის არეების მოცულობასთან ერთად; $B_{\text{სი}}$ – სითხის მოცულობითი დრეკადობის მოდული:

$$k_\Sigma = k_{yT} + 2k_{nep} + \frac{k_{\text{სი}}}{2};$$

k_{ym} – ტუმბოდან და ჰიდრომოდტორიდან სითხის დაკარგვის ღრეჩოთა გამტარიანობა; k_{nep} – ტუმბოში და ჰიდრომოდტორში მაღალი წნევის არეებიდან დაბალი წნევის არეებში სითხის გადადენის ღრეჩოთა გამტარიანობა; $k_{\text{სი}}$ – საყრდენი სარქველის გამტარიანობა; Q_H – ტუმბოს მომენტალური მიწოდება; β და β_m – შესაბამისად ტომბოსი და ჰიდრომოდტორის ცილინდრების ბლოკების დახრის კუთხე; F_{nH} და F_n – ერთი ცილინდრის მუშა ფართო ტუმბოში და მოტორში z_H და z_m – ტუმბოსი და მოტორის ცილინდრთა რიცხვები; D_H და D_m – წრეწირთა დიამეტრებზე, რომლებზედაც განლაგებულია ტუმბოსა და მოტორის დგუშების ღერძები; p_m – ჰიდრომოდტორში დატვირთვის გადამლახი წნევათა სხვაობა; α_m – მოტორის ლილვის კუთხური კოორდინატები.

განხილვად შემთხვევაში

$$p_m = \frac{I_m}{q_m} \ddot{\alpha}_m + \frac{k_{Tp}}{q_m} \dot{\alpha}_m + \frac{1}{q_m} |P_{mp}| \operatorname{sign} \dot{\alpha}_m + \frac{1}{q_m} M_\Sigma, \quad (37)$$

სადაც: I_m – ჰიდრომოდტორის ლილვზე დაყვანილი მოძრავი ნაწილების ინერციის მომენტი:

$$k_{Tp} = K_{Rp1} + K_{Tp2};$$

K_{Rp1} და K_{Tp2} – ჰიდრავლიკური ხახუნის კოეფიციენტები ჰიდრომოდტორში და დატვირთვაში; P_{mp} – მშრალი ხახუნის ძალა; M_{Σ} – დატვირთვაში არსებულ წინაღობის ძალთა მოტორის ლილვზე დაყვანილი ჯამური მომენტი.

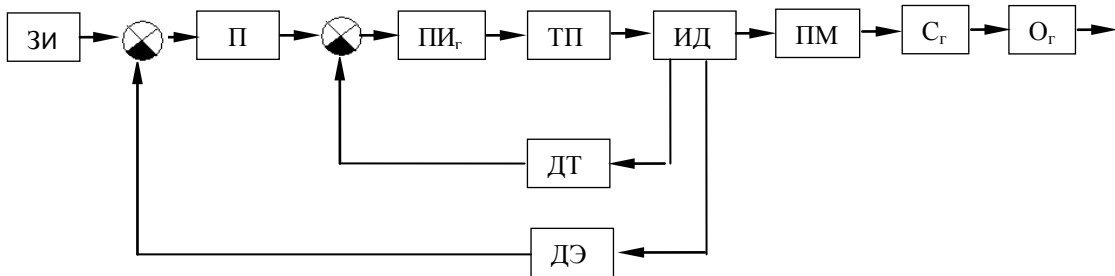
დამოკიდებულებების (35), (36) და (37) გამოყენებით ვიღებთ განსახილველი ჰმტ–ის დინამიკის განტოლებას:

$$A_{10}\ddot{\alpha}_m + A_{11}\dot{\alpha}_m + A_{12}\alpha_m + A_{13}\frac{d}{dt}M_{\Sigma} + A_{13}\frac{d}{dt}[P_{mp}|\text{sign}\dot{\alpha}_m] + A_{14}M_{\Sigma} + A_{14}|P_{mp}|\text{sign}\dot{\alpha}_m = K_H \text{tg}\beta\omega_H + K_{\beta}\frac{d}{dt}(\text{tg}\beta), \quad (38)$$

თანამედროვე გემებზე გამოყენებულ ამძრავთა ავტომატიზებულ სისტემათა შორის შეგვიძლია აღვნიშნოთ გემების ბუქსირებისათვის და ტვირთსაზიდვისათვის გამიზნული მართვის ელექტრომექანიკური სისტემა ბუქსირული მოწყობილობებით.

საბუქსირო მოწყობილობის საიმედო და ეფექტური მართვა წარმოადგენს თავის მხრივ გემის უსაფრთხოების მნიშვნელოვან ფაქტორს.

ნახაზზე 7 გამოსახული განსახილველი ავტომატიზებული ელექტრომექანიკური ამძრავის ფუნქციონალური სქემა.



ნახ. 7. ელექტრომექანიკური ამძრავის ფუნქციონალური სქემა

აქ: O – საბუქსირო ჯალამბარი;

C_r – დრეკადი კავშირი (საბუქსირო გვარლი);

ИД – შემსრულებელი ძრავა;

ПМ – გარდამქმნელი მექანიზმი;

ТП – ტირისტორული გარდამქმნელი;

ДТ და ДЭ – დენის და ელექტრომაგნიტური ძალის გადამწოდები;

ПИ_г – ელექტრომაგნიტური ძალის პროპორციული რეგულატორი.

ავტომატური რეგულირების და მართვის განსახილველ სისტემაში ძირითადებს მიეკუთვნება ელექტრომაგნიტური ძალის (ემძ) П – რეგულატორის კონტური, რომლის გამომავალი სიგნალი წარმოადგენს შემავალ სიგნალი, მასზე დაქვემდებარებულ დენის ПИ – რეგულატორისათვის. კონტური ელექტრომაგნიტური ძალის П – რეგულატორის გამოყენება საბუქსირო გვარლის ამოღებისას, გაშვებისას და მისი შეზღუდვისა გვარლის დრეკადი კავშირის გაწყვეტისას.

ზოგადი სახით საბუქსირო რეგულირების ობიექტის O განტოლება შესაძლოა გამოვსახოთ ასე

$$m(1 + k_{11}) \frac{dv}{dt} = T_x - X - X_{BB}, \quad (39)$$

სადაც: m – საბუქსირო ობიექტის მასა;

k_{11} – წყლის მიერთებული მასის კოეფიციენტი;

T_x – წვეის ძალა;

X_{BB} – ქართ, ტალღებით, წყლის დინებით და ა.შ. განპირობებული და ობიექტზე O მოქმედი შედეგობრივი ძალა;

X – არაინერციული ძალა, რომელიც პირველი მიახლოებით განისაზღვრება დამოკიდებულებით

$$X = k_x v^2,$$

k_x – ობიექტი O წყლისქვეშა ნაწილის შემოვლებაზე დამოკიდებული კოეფიციენტი

v – საბუქსირო წრფივი მოძრაობის სიჩქარე.

სისტემის ПИ₁-C_r-O მოძრაობის განტოლება შეიძლება იქნას წარმოდგენილი როგორც ძრავას ლილვზე, ასევე ობიექტის O მოძრაობებზე დაყვანილი ორმასიანი მოდელით.

განსახილველი სისტემის დინამიკის გამოკვლევებისას შეგვიძლია განვიხილოთ მექანიკური ნაწილის შემდეგი აპროქსიმაციული მოდელები.

პირველი ვარიანტი: მექანიკურ სისტემას რედუქტორი-ამძრავი შკივი ვცვლით ორმასიანი მოდელით, მთლიანობაში მთელ მა-ს ვიხილავთ სამმასიანი მოდელის სახით.

მეორე ვარიანტი: ვიხილავთ ორმასიან მოდელს ობიექტის გადაადგილების $x_{\text{ბიქ}}$ გამომავალი კოორდინატის მიმართ. ან და ვაგებთ ორმასიან მოდელს M_{23} დინამიკური მომენტის მიმართ მჭევველ ბაგირში.

სამმასიანი აპროქსიმაციული მოდელის განხილვისას მექანიკური სისტემის განტოლებათა სისტემა გამოისახება ასე:

$$I_1 \ddot{\phi}_1 + b_{12} (\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2) + b_{\phi_1} \dot{\phi}_1 + c_{12} (\phi_1 - \phi_2) = M_{\phi_1} - M_{c_1}; \quad (40)$$

$$I_2 \ddot{\phi}_2 + b_{12} (\dot{\phi}_2 - \dot{\phi}_1) + b_{\phi_2} \dot{\phi}_2 + c_{12} (\phi_2 - \phi_1) = C_{\kappa} R_{uu} (R_{uu} \phi_2 - x) + b_{xx} R_{uu} (R_{uu} \dot{\phi}_2 - \dot{x}) - M_{c_2}, \quad (41)$$

$$(m + b_{11}) \ddot{x} + b_{xx} (\dot{x} - R_{uu} \dot{\phi}_2) + C_{\kappa} (x - R_{uu} \phi_2) + b_{xx} \dot{x} = -X - X_{BB} - P_{\text{ტპ}}, \quad (42)$$

სადაც: I_1 და I_2 – ინერციის დაყვანილი მომენტები რედუქტორის ორმასიან მოდელში c_{12} , b_{12} – სიხისტისა და დემპფირების კოეფიციენტების დაყვანილი მნიშვნელობები დრეკად კავშირებში; b_{ϕ_1} და b_{ϕ_2} – დემპფირების კოეფიციენტები გადამცემი ელემენტების შესახსრებებში; R_{uu} – წამყვანი დოლის რადიუსი; C_{κ} და b_{xx} – სიხისტისა და დემპფირების კოეფიციენტების თვით ბაგირისა; b_x – დემპფირების კოეფიციენტები ბაგირის კინემატიკურ რესახსრებებში; x – ობიექტის წრფივი გადაადგილების კოორდინატი; $M_{\text{ტპ1}}$ და $M_{\text{ტპ2}}$ – ხახუნის ძალთა მომენტები; $P_{\text{ტპ}}$ – გარე დატვირთვა.

თავის მხრივ მთლიანი სისტემის დინამიკა შეიძლება აღვწეროთ განტოლებათა სისტემით:

$$u_c = K_{p\delta} \varepsilon; \quad (43)$$

$$\varepsilon = u_s - K_E e = u_s - K_{\omega} \omega_1; \quad (44)$$

$$\varepsilon_T = u_c - u_{\text{ტ}}; \quad (45)$$

$$T_{oc} \dot{u}_d + 1 = K_{oc} i_A; \quad (46)$$

$$T_u \dot{u}_T = T_d \dot{\varepsilon}_T + \varepsilon_T; \quad (47)$$

$$T_{\text{тн}} \dot{u} + u = K_{\text{тн}} u_{\text{т}}; \quad (48)$$

$$T_{\text{я}} \frac{di_{\text{я}}}{dt} + i_{\text{я}} = \frac{1}{R_{\text{я}}} u; \quad (49)$$

$$I_1 \ddot{\phi}_1 + b_{I_1} \dot{\phi}_1 + c_{I_2} \phi_1 = ci_{\text{я}} + b_{I_2} \dot{\phi}_2 + c_{I_2} \phi_2 - M_{\text{тп1}}; \quad (50)$$

$$I_2 \ddot{\phi}_2 + b_{I_2} \dot{\phi}_2 + c_{I_2} \phi_2 = -M_{\text{тп2}} + b_{I_2} \dot{\phi}_1 + c_{I_2} \phi_1 + b_{\text{хф}} \dot{\phi}_x + c_{\text{хф}} \phi_x; \quad (51)$$

$$I_x \ddot{\phi}_x + b_{\text{фх}} \dot{\phi}_x + c_{\text{фх}} \phi_x = -M_{\text{БН}} - M_{\text{тпх}} + b_{\text{хф}} \dot{\phi}_2 + c_{\text{фх}} \phi_2, \quad (52)$$

სადაც:

$$b_{I_2} = b_{I_2} + b_{\phi_2} + b_{\text{xx}} R_{\text{u}}^2;$$

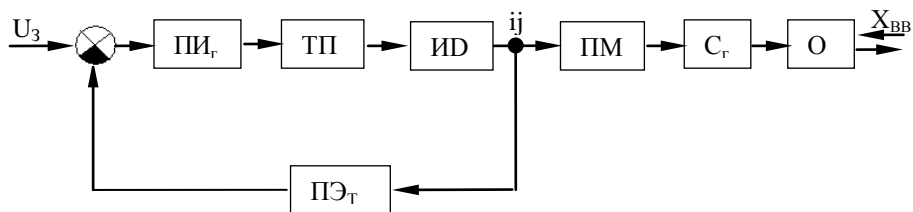
$$C_{I_2} = c_{I_2} + c_{\kappa} R_{\text{u}}^2;$$

c – ძრავის მაგნიტური ნაკადის პროპორციული მუდმივა; $i_{\text{я}}$ – ღუზის დენი; $R_{\text{я}}$ – ძრავას ღუზის აქტიური წინაღობა; ω_1 – კუთხური სიჩქარე; e – ელექტრომომძრავებელი ძალა; Π -რეგულატორი გამლიერების კოეფიციენტი;

$$K_{\omega} = K_E c.$$

ამასთან ერთად აგებული იქნება დინამიკური განტოლებები სისტემისათვის, რომელშიც ვიხილავთ მექანიკური ნაწილის სამმასიან მოდელს. მიღებული იქნა შემდგომი კვლევებისათვის საჭირო დამოკიდებულებები.

გვარლის დაჭიმულობის ძალვის სტაბილიზაციის (შემსრულებელის სტატიკური დენის სტაბილიზაციის) სისტემის ფუნქციონალური სქემა მოცემულია ნახ. 8-ზე.



ნახ. 8. ფუნქციონალური ბლოკ-სქემა

განხილვადი შემთხვევისათვის დინამიკურ გამოკვლევებში, რომელთა ერთ-ერთი ძირითადი დანიშნულებაა დინამიკური დატვირთვების

განსაზღვრა საწევ გვარლაში, სავსებით შესაძლებელია მექანიკური სისტემის ორმასიანი მოდელის გამოყენება.

აგებული იქნა საკვლევი სისტემის დინამიკური სტრუქტურული სქემა, შემუშავებული იქნა დინამიკის მათემატიკური მოდელები, რომლებიც გამოყენებულია მექანიკური ნაწილის ორმასიანი მოდელები.

ამ მათემატიკურ მოდელებთან შორის ერთ-ერთი აღიწერება განტოლებათა შემდეგი სისტემით:

$$\tau \frac{di_a}{dt} + i_a = K_{\Delta u} (\Delta u - u_h); \quad (53)$$

$$T_{yu} \frac{du_h}{dt} + u_h = K_{\phi a} i_a = K_{M\phi} M_{12} - K_{M\phi} \dot{M}_{12}; \quad (54)$$

$$\frac{1}{\Omega_1^2} \frac{d^2 M_{12}}{dt^2} + \frac{2\alpha_{BT}}{\Omega_{12}^2} \frac{dM_{12}}{dt} + M_{12} = I_1 c_a i_a. \quad (55)$$

სადაც

$$K_{\phi a} = \frac{K_{\phi} C_a}{I_{12} C_{12}};$$

$$K_{M\phi} = \frac{K_{\phi}}{I_1};$$

$$K_{M\phi} = \frac{K_{\phi} b_1}{I_c C_1}.$$

მიღებული იქნა მექანიკურ ნაწილში წინააღმდეგობის ძალის ნახტომისებრი ზემოქმედებით გამოწვეული დინამიკური დატვირთვების ამსახველი ოპერატორული გამოსახულებები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან მივიღოთ საკვლევი დინამიკური სისტემების მიახლოებითი ამონახსნები.

მიღებული დამოკიდებულებები საჭიროა განსახილველი სისტემების ოპტიმიზაციური გაანგარიშებებისათვის:

1. საბუქსირო ობიექტის მოძრაობათა სტაბილიზაციის თვალსაზრისით და
2. ძალოვანი გაანგარიშებებისათვის მექანიკურ გადაცემებში.

ყოველივე ეს უაღრესად მნიშვნელოვანია საკვლევი სისტემის პარამეტრების ოპტიმიზაციურ შერჩევისათვის.

დასკვნები

1. საზღვაო გემების კურსისა და მდებარეობის, ძალური დიზელური დანადგარების მუხლა ლილვების ბრუნთა რიცხვის და საბუქსირო ჯალამბარის მართვისა და რეგულირების თანამედროვე დონის ლოკალური სისტემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ უკანასკნელეში ფართო გამოყენება ჰპოვეს რთული სტრუქტურის მქონე მრავალრეჟიმიანმა ელექტროჰიდრავლიკურმა და ელექტრომექანიკურმა ამძრავებმა და ასეთი სისტემის გაანგარიშებისა და პროექტირების საკითხები მათი ოპტიმიზაციური სტრუქტურული და პარამეტრული სინთეზის თვალსაზრისით წარმოადგენენ აქტუალურ სამეცნიერო-ტექნიკურ ამოცანას.
2. საკვლევი რთული სტრუქტურის მქონე სისტემების ცალკეული ელემენტების სტრუქტურული აგების, მათი თავისებურებების, დინამიკური მოდელირების, ანალიზისა და სინთეზის საკითხების გადაჭრის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ამ სისტემათა პროექტირებისა და ექსპლუატაციის ეფექტურობის ამაღლების თვალსაზრისით არსებული მათემატიკური მოდელები, ანალიზისა და დინამიკური სინთეზის მეთოდები და მეთოდები მოითხოვენ მათ შემდგომ განვითარებას.
3. ცნობილი კვლევების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დინამიკური მოდელირებისა და კვლევების ეფექტურობის ამაღლების თვალსაზრისით საჭიროა სისტემათა ცალკეული ელემენტების უფრო ზუსტი და ადეკვატური მოდელების, ახალი სტრუქტურული ელემენტების, კერძოდ დამატებითი მაკორექტირებელი კონტურებისა და რგოლების, მრავალმასიან მექანიკურ ნაწილში არსებული დრეკადი კავშირების გათვალისწინება და ა.შ. ყოველივე აღნიშნული კი თავის მხრივ დაკავშირებულია ცალკეული ფუნქციონალური ელემენტების შეთანწყობასთან მთლიანი სისტემის მოდელირებისა და კვლევის საკითხებთან.

4. გემის კურსისა და მდებარეობის მართვის სისტემათა ავტომატიზებული ელექტროჰიდრაულიკური და ელექტრომექანიკური ამპრავების ცალკეული ელემენტების და მთლიანობაში სისტემის მათემატიკური მოდელების ანალიზის საფუძველზე შემოთავაზებულია სინთეზის მეთოდოლოგიის აგების მიზანშეწონილობა დამატებითი პარალელური მაკორექტირებელი რგოლების ვარიაციის სქემის შემოტანით მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის ცნობილ მეთოდში.

შემოთავაზებულია სისტემათა გარდაქმნილი სტრუქტურული სქემები და მათემატიკური მოდელები, რომლებიც იძლევიან რეგულირებად კოორდინატთა გამოსახულებათა მიღების საშუალებას საძიებელ პარამეტრებთან მიმართ წრფივი დამოკიდებულებების სახით, რაც საგრძნობლად ამარტივებს ინტეგრალურ მიახლოებათა პროცედურებს სინთეზის მეთოდში გარდამავალი პროცესების მიხედვით.

5. ჩამოყალიბებულია სინთეზის გამოყენებითი თეორიის აგების ზოგადი სქემა. ლაპლასის (ან კარსონის) გარდაქმნებში ჩაწერილი რეგულირებადი კოორდინატების გამოსახულებების ხარისხობრივი ანალიზის საფუძველზე დასაბუთებულია აგების შესაძლებლობა და აგებულია რეგულირებადი და რეალიზაციისათვის სასურველი კოორდინატების მიახლოებითი ტოლობის მათემატიკური მოდელები ცალკეული მდგენელების ჯამის სახით, რომლებშიც წრფივი მამრავლები (კოეფიციენტების) სახით წარმოდგენილია განსახილველი სისტემის სინთეზირებადი კრიტერიული პარამეტრები. ამის საფუძველზე განხორციელებულია მრავალპარამეტრული სინთეზის პროცედურათა მიმდევრობითი რეალიზაცია შემდეგი სქემით: საძიებელ პარამეტრებთან მიმართებაში წრფივი პირობითი და შემდგომ ნორმალური განტოლებების სისტემების შედგენა, დინამიკური მდგრადობის შემდგომი შემოტანით სასურველი კოორდინატების გამოსახულებებში არგუმენტების სახით არსებული დროის მასშტაბური კოეფიციენტის ვარიაციით.

6. მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის თეორიის შემუშავებული ზოგადი სქემის და აგრეთვე რეგულირებადი

კოორდინატების სასურველებთან ინტეგრალური მიახლოვების შემადგენელი მათემატიკური მოდელების და პროცედურების გამოყენებით იმავდროული მდგრადობის პირობის შემოტანით აგებულია პარამეტრული სინთეზის ამოცანების ამოხსნის ალგორითმები.

საკვლევი მრავალკონტურიანი სისტემების მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით შემუშავებული სინთეზის თეორიის გარკვეული კანონზომიერებების და უტყუარობის გამოვლენისათვის ნაშრომში რეალიზებულია საკვლევი ელექტრომექანიკური სისტემის საანგარიშო გამოკვლევების გარკვეული წრე.

გაანგარიშების შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ შემუშავებული თეორია საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ სინთეზირებადი პარამეტრების მიზანდასახული შერჩევა, მიღებული შედეგების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი თვალსაზრისით კი გარდამავალი პროცესები სინთეზირებულ სისტემაში საკმაოდ ახლოს არიან სასურველ პროცესებთან.

7. გემის დიზელური დანადგარის მუხლა ლილვის ბრუნთა რიცხვის სტაბილიზაციის დინამიკური სისტემების მოდელებში ცალკეული ფუნქციონალური ელემენტების, კერძოდ მუხლა ლილვიდან სანიჩზე ხრახნამდის არსებული ტრანსმისიის მოდელების საფუძველზე აგებულია სტრუქტურულად რთული არაპირდაპირი რეგულირების სისტემათა დინამიკის მათემატიკური მოდელები, როგორც ჰიდრომოცულობით, აგრეთვე მექანიკურ ტრანსმისიებთან მიმართებაში. დასაბუთებულია მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით ცნობილი სინთეზის მეთოდის გამოყენების მიზანშეწონილობა საკვლევ სისტემათა შემდგომ დინამიკურ გამოკვლევებში.
8. გემებზე გამოყენებული საბუქსირო ჯალამბარის მარტივ ავტომატიზებული ელექტრომექანიკური სისტემების ცალკეული ფუნქციონალური ელემენტების და მთლიანობაში საკვლევის სისტემის. დინამიკის მათემატიკური მოდელების შემდგომი სრულყოფის თვალსაზრისით. გამოკვეთილად აღნიშნულია მექანიკური გადაცემების და საბუქსირო

გვარლის დრეკადი მახასიათებლების გათვალისწინების მიზანშეწონილობა.

აღნიშნულის გათვალისწინებით შემადგენელი ელემენტების მოდელირებისა და მათი შეთანწყობის საკითხების გათვალისწინებით აგებულია მთლიანი სისტემის დინამიკური მოდელები. მექანიკური ნაწილის მოდელირების საკითხის გადაჭრაში გამოყენებულია მრავალმასიან სისტემიდან ორ და სამმასიან მოდელებზე გადასვლის ორიგინალური მეთოდოლოგია, აგებული წარმოსახვით სიხშირეთა მოდიფიცირებული მახასიათებლების გამოყენებაზე.

აგებულია გარდაქმნილი მოდელები და შემოთავაზებულია დინამიკური კვლევის ორიგონალური მეთოდოლოგია, აგებული რხევითი მდგენელების გამოყოფისა და ანალიზის ორიგონალურ მიდგომებზე.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში:

1. Романадзе И.Р., Мквзришвили В.Т., Анджапаридзе Т.Н., Диасамидзе Р.А. К построению модели динамики системы регулирования с гидрообъемной трансмиссией // Транспорт и машиностроение, Тбилиси, № 1(20), 2011, с.90-96.
2. Диасамидзе Т.А., Романадзе И.Р., Диасамидзе А.А., Диасамидзе М.Р. К исследованию динамики судовой электромеханической системы управления курсом / Транспорт и машиностроение, Тбилиси, № 1(23), 2012, с. 22-28.
3. Мchedlishvili Т.Ф., Чхолария Н.Н., Романадзе И.Р., Балахадзе Д.Д. К вопросу динамических исследований электромеханических систем приводов с учетом упругостей и зазоров в механической части // Транспорт и машиностроение, Тбилиси, № 1(23), 2012, с. 117-123.
4. Диасамидзе Т.А., Тавадзе А.Т., Романадзе И.Р., Диасамидзе М.Р. К вопросу динамики судовой электромеханической следящей системы управления рулем / Транспорт и машиностроение, Тбилиси, № 2(27), 2013. с.71-77.
5. Т. Mchedlishvili, R. Diasamidze, I. Romanadze. Т. Diasamidze. On issue of parametric synthesis of vessel course control System // Problems of Mechanics, Tbilisi, 2013, N 4(53), pp. 82-86.
6. Мchedlishvili Т.Ф. Кирия В.И., Романадзе И.Р., Голетиани Г.С. К вопросу динамики электромеханической системы привода с упругими

- звеньями в механической части // Сб. научных трудов международной конференции «Иновационные технологии и материалы» 24-25 октября 2011, Тбилиси, Техн. университет, с. 80-86.
7. Мchedlishvili T.F., Gviniasvili Z.M., Demetrasvili K.G., Romanadze T.P. К вопросу синтеза сложных систем регулирования по заданным переходным процессам // Транспорт и машиностроение, Тбилиси, №2(24), 2012, с. 81-87.
 8. Мchedlishvili T.F., Romanadze I.A., Diasamidze T.A., Cholaria N.N. К вопросу оптимизационного синтеза электромеханических следящих приводов по заданным переходным процессам / Труды международной конференции «21 საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიის განვითარების ძირითადი პარადიგმები», Тбилиси, 2012, с. 199-203.
 9. Romanadze I.P., Kapnadze T.V., Marsagishvili L.G., Nakashidze N.P., Tkeshelashvili V.G. К динамическому синтезу многоконтурной электрогидравлической следящей системы // Транспорт и машиностроение, № 3(31), Тбилиси, 2014. с. 15-20.
 10. T. Mchedlishvili, I. Romanadze, O. Tedoradze, N. Nakashvili, L. Rediacgvili. On issue of parametric synthesis of vessel Course control. // Problems of Mechanics, Tbilisi, N2(58), 2015, pp. .

Abstract

Automatic control of modern ships and their separate mechanisms and devices working processes represents the mean to improve their structures and operation properties.

In modern times, are automated and being automatizing marine ship practically all equipment, machinery, electric power systems, support mechanisms, navigation systems, anchoring, towing and other installations including to the ship's technical facilities, are tasks of complex automation and management of facilities complex systems.

Ship course and location control systems that perform the main task of navigation, relating to according stated task and qualitative criteria for ship's precision and safe control, in turn, the ships automated drives mostly represents complex multi contour electro hydraulic and electro mechanical drive systems.

The same complex dynamic systems include: 1) equipped with the control of direct and indirect action regulators ship Diesel installation with crank shafts rotation frequency regulation as well as automation towel equipment automatic control systems.

The objective of work is the development of ship's local automated course and location control, power plants crank shafts rotational frequency regulation and towing devices complex dynamic systems new schemes, dynamic analysis and synthesis methods and techniques, directed towards improving the quality and effectiveness of systems under study.

For achieving the objective of in tasks of research are included:

- Analysis of the current state of modeling, development of methods and techniques of their dynamic analysis and synthesis of systems under study and formulation of further research tasks;
- Formulation of required for the solution of further structural and parametric optimization tasks of having complex electromechanical structure vessel's location and course control systems basic scientific approaches;
- Due application of formulated approaches construction of dynamic structural schemes of system under study, transmission functions and regulated coordinates expressions, as an integral part of the synthesis method under study;
- Revealing of basic principles of structural and parametric synthesis and accordingly of transition processes the establishment of synthesis procedures;
- Research of vessel's location and course control for specific types multicontour systems, revealing of developed methods and systems features and quality of effectiveness;
- Directed of aimed for the solution of further tasks vessel's diesel power plant crankshaft rotation frequency having complex systems of regulation parametric synthesis development of new models;
- Construction of mathematical models of the dynamics and dynamic structural schemes of vessel towing winch automated control electromechanical system

with taking into account of elasticity in the mechanical part revealing of regularities of required for solution of dynamic the analysis and synthesis issues.

The scientific value of work includes:

- In relation with certain mathematical models, certain procedures and analysis and construction of methods and in overall of the vessel's multicontour course and location control drive follow-up systems synthesis developed optimization synthesis method was applied new methodological approaches;
- Vessel Diesel power plant crankshaft rotational frequency regulation systems and towing winch drive automatic control systems the new dynamical models and required for their research methodological approaches.

Practical value of the work represent in the results of research of dynamic analysis and synthesis methods for drive systems under study, aimed to improving the quality and efficiency of the vessels electrohydraulic systems.

The authenticity of **scientific provisions**, conclusions and recommendations is provided by application of mathematical modeling, scientifically justified methods of structural and parametric synthesis of complex regulation systems.

In the introductory part is justified the urgency of dissertation work. An overview of used in vessels equipment automated systems is carried out. Are considered the applied in vessel's course and location control systems used follow-up systems, in particular, widely used electric-hydraulic or electromechanical drives, vessel's diesel plants crank shafts rotation stabilization dynamic systems and these systems structural and constructive features.

Are analyzed related to vessel's towing devices construction and operation issues. It is noted that in this system are widely used automated electromechanical systems.

Are conducted modeling and research issues of dynamical systems under study.

In the consideration part of work are considered widely used in the vessel's course and location control system drives. For the further improvement of dynamic characteristics of the multi-contour system under study is proposed parametric and structural synthesis with application of the additional corrective links.

The electromechanical systems with taking into account the elasticity in mechanical parts are considered.

Are proposed systems transformed structural schemes and mathematical models that give the possibility to obtain the regulated coordinate expressions related to desired parameters as linear dependencies.

Has been developed the methodology of synthesis according to the given transition processes with respect of electro-hydraulic, as well as electromechanical systems.

For the approbation of research formulated procedures were conducted design studies of electro-hydraulic systems, which demonstrated the effectiveness of practical engineering methodology developed for the synthesis of the desired

processes, as well as its proximity to the further improvement of facilities in terms of their characteristics.

In the vessel's Diesel plant crankshaft rotation stabilizing device dynamic systems models with separate functional elements, in particular based on the models of existing transmission from the crankshaft up to blade shaft, are constructed mathematical models of the structurally complex indirect regulation dynamic systems with respect to hydro-volumetric, as well as mechanical transmissions. Is justified the advisability of application of accordingly of stated transition process in systems under study for further dynamic studies.

For the further improvement dynamic mathematical models for applied in vessel's towing winch ships easy automatic electromechanical systems separate functional elements and the whole system under study. Clearly are marked the advisability of elastic characteristics of manual transmissions and towing cables.

Due taking into account the mentioned with consideration of constituent elements modeling and issues of their linkage are constructed dynamic models of whole system. In solution of mechanical part modeling issue is applied from multi-mass system the original methodology of transition on two and three mass models, based on the application of imaginary frequencies characteristics.

Are constructed transformed models and is proposed original methodology of dynamic research, based on the separation of vibration component and original approaches of analysis.