

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლევან მარსაგიშვილი

ჰიდრაულიკური და ელექტროჰიდრაულიკური ამძრავთა  
სისტემების დინამიკური მოდელირება და სინთეზი  
მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა: მანქანათმცოდნეობა, მანქანათმშენებლობა და  
საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესები, შიფრი 0408  
თბილისი  
2017 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი  
№ 501 საწარმოო ტექნოლოგიური მანქანების და მექატრონიკის  
დეპარტამენტი

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

რეცენზენტები: ტ.მ.დ. პროფესორი ზაურ ბალაძე  
ტ.მ.კ. ბელა ნავროზაშვილი

დაცვა შედგება 2017 წლის "7" ივლისი, 15 საათზე საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის  
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია 632.  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი  
პროფესორი

ნ. ნათბილაძე

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

ნაშრომის აქტუალურობა. ტექნიკის განვითარების თანამედროვე ტენდენციები ხასიათდებიან ავტომატიზებული მანქანების ფართო დანერგვით. ინერგება პროგრამული მართვის ჩარხები, რობოტოტექნიკური სისტემები, ავტომატიკის ელემენტების შემცველი სატრანსპორტო მოწყობილობები და ა.შ.

ავტომატიზებული მანქანების ერთ-ერთ ძირითად ფუნქციონალურ ელემენტებს წარმოადგენენ მექანიკური, ელექტრო, ჰიდრო და პნევმო ამძრავები, რომლებიც მრავალ შემთხვევაში წარმოადგენენ სტრუქტურულად რთულ ტექნიკურ მოწყობილობებს.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, მანქანების კონსტრუქცია და სტრუქტურა მრავალ წილად განპირობებულია ამძრავთა სისტემების სტრუქტურითა და კონსტრუქციებით.

ზემოთაღნიშნული ამძრავთა კონკრეტული სისტემების შემუშავებასთან და კვლევასთან დაკავშირებული ნაშრომების მიმოხილვა მიგვითითებს, რომ ბოლო დროს ამ სისტემებში ფართო გამოყენება ჰპოვეს ჰიდრავლიკურმა და ელექტროჰიდრავლიკურმა ამძრავთა სისტემებმა.

ჩარხებში ამ სისტემების სამრეწველო გამოყენების საწყისები მიეკუთვნებიან 1940–1955 წლებს. ამ პერიოდში მოთვალთვალე სისტემების

ბაზაზე შემუშავებული იქნა ავტომატიზებული მაკოპირებელი ჩარხები, რომლებიც უნივერსალურ ჩარხებთან შედარებით იძლევიან დეტალის დამუშავების შრომატევადობის შემცირების საშუალებას.

ასეთი სისტემის გამოყენება მკვეთრად გაიზარდა რიცხოვრივი პროგრამული მართვის ჩარხების წარმოშობასთან და რობოტოტექნიკური სისტემების ფართო გამოყენებასთან დაკავშირებით.

ჰიდრო, ელექტროჰიდრო- და ელექტროჰიდრომექანიკური სისტემები ხასიათდებიან მაღალი სწრაფმედებით და საშუალებას იძლევიან განვახორციელოთ ჩარხის სწრაფი რევერსირება და დამუხრუჭება. ამასთან ერთად ამძრავი ხასიათდება დაბალი მასით და ახორციელებს მდორე სვლას.

ელექტროჰიდრომექანიკურმა და ელექტროჰიდრავლიკურმა ამძრავებმა ფართო გამოყენება ჰპოვეს თანამედროვე გემების მართვის საპასუხისმგებლო სისტემებში.

გემის კურსისა და მდებარეობის მართვის სისტემები და მათში გამოყენებული ელექტროჰიდრომექანიკური ამძრავები ახორციელებენ გემთწამყვანის ძირითად ამოცანას, დაკავშირებულს წაყენებულ ამოცანისა და მოცემული ხარისხობრივი კრიტერიუმების შესაბამისად გემის ზუსტ და უსაფრთხო მართვასთან. თავის მხრივ გემების ავტომატიზებულ ამძრავთა შორის წარმოადგენენ უმეტესად რთულ მრავალკონტურიან სისტემებს.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს

თანამედროვე მანქანებში და მანქანათა სისტემებში ფართოდ გამოყენებული ამძრავთა სისტემების მიმოხილვა, რთული სტრუქტურის ჰიდრავლიკური, ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტრომექანიკური მოთვალთვალე სისტემების ორიგინალური მათემატიკური მოდელების და დინამიკური კვლევის მეთოდებისა და მეთოდიკების შემუშავება მიმართული ამ სისტემათა ხარისხისა და ეფექტურობის ამაღლებისაკენ.

დასახული მიზნის მიღწევისათვის კვლევის ამოცანებში ჩართულია:

- ამბრავთა საკვლევი სისტემების, მათი დინამიკური ანალიზისა და სინთეზის მეთოდებისა და მეთოდიკების შემუშავების საკითხის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი და შემდგომი კვლევის ამოცანების ფორმირება;
- საკვლევი მრავალკონტურიანი სისტემების ცალკეული ფუნქციონალური ელემენტების მათემატიკური მოდელების ანალიზი და მათ საფუძველზე მთლიანი სისტემების დინამიკური მოდელების შემუშავება მექანიკურ ნაწილში როგორც აბსოლუტურად ხისტი, აგრეთვე დრეკადრგოლებიანი მოდელების გათვალისწინებით;
- შემუშავებული მოდელების გამოყენებით საკვლევ სისტემათა დინამიკური სტრუქტურული სქემების, გადამცემი ფუნქციების და რეგულირებად კოორდინატთა გამოსახულებების აგება როგორც სინთეზის დასამუშავებელი მეთოდის შემადგენელი ნაწილისა;
- შესამუშავებელი მეთოდის ძირითადი კანონზომიერებების გამოვლენა და მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის ალგორითმების აგება;
- კონკრეტული მოთვალთვალე სისტემების კვლევა, შემუშავებული მეთოდებისა და სისტემების თავისებურებების და ეფექტურობის ხარისხის გამოვლენა.  
ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს:
- საკვლევი ჰიდრაულიკური, ელექტროჰიდრაულიკური და ელექტროჰიდ–რომექანიკურ სისტემებთან მიმართებაში დინამიკის მათემატიკური მოდელირების, მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის მეთოდში სასურველი პროცესების ფორმირებისა და სინთეზირებადი პარამეტრების ძიების მეთოდების აგების ახალ მეთოდოლოგიურ მიდგომებში.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულებას წარმოადგენენ საკვლევი ამძრავთა სისტემების დინამიკური ანალიზისა და სინთეზის მეთოდები და მეთოდიკები და კვლევის შედეგები, მიმართული განსაზღვრული ამძრავთა 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. 21 საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების ძირითადი პარადიგმები. თბილისი, 2012.
2. International Scientific Conference. Mechanics, 2016.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალის, ლიტერატურული მიმოხილვის, დასკვნების, განსჯისა და საერთო დასკვნებისაგან. წარმოდგენილი 137 გვერდზე, შეიცავს 24 ნახაზს და ლიტერატურის სიას 120 დასახელებისაგან.

### ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალ ნაწილში დასაბუთებულია სადისერტაციო ნაშრომის აქტუალურობა.

ლიტერატურის მიმოხილვა. ჩატარებულია თანამედროვე ტექნიკაში ფართოდ გამოყენებული ამძრავთა, მათ შორის ჰიდრავლიკური, ელექტრო-ჰიდრავლიკური და ელექტროჰიდრომექანიკური ამძრავების ზოგადი ფუნქციონალური და სტრუქტურული თავისებურებების მიმოხილვა. ჩატარებულია განხილვადი დინამიკური სისტემების მოდელირებისა და კვლევის საკითხების მიმოხილვა. კერძოდ გაანალიზებულია, როგორც

მექანიკური ნაწილის მოდელირება-კვლევისათვის საჭირო მათემატიკური კანონზომიერებები, აგრეთვე მოთვალთვალე ავტომატიზებული ამძრავთა სისტემების აგებისა და კვლევის ძირითადი მეთოდები და მეთოდიკები. ნაშრომის ძირითად ნაწილში განხილულია ავტომატიზებულ ჩარხებში, რობოტოტექნიკურ და გემების მართვის სისტემებში გამოყენებული კონკრეტული სახის ჰიდრავლიკური, ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტროჰიდრომექანიკურ ამძრავთა სისტემები.

აღნიშნულია, რომ ჰიდრავლიკური და ელექტროჰიდრავლიკური სისტემები წარმოადგენენ რთულ არაწრფივ სისტემებს. ძალოვანი ნაწილის არაწრფივობებთან ერთად მრავალკასკადიანი ამძრავები შეიძლება მოიცავდნენ არაწრფივობებს, აგრეთვე ელექტრომექანიკური მამლიერებლები და მაკორექტირებელი რგოლები. კვლევის პირველ სტადიაზე განვიხილოთ ისეთი სისტემები, რომლებშიც არაწრფივობები არიან წარმოდგენილნი ძალოვანი კასკადის დიფერენციალურ განტოლებებში. ზემოაღნიშნული დაშვებების გათვალისწინებით ოთხხვერელიანი ძალოვანი მკვეთარიანი საკვლევი მოთვალთვალე სისტემების დინამიკა შეიძლება იქნას მოყვანილი ასე:

$$\begin{aligned}
 m_i \ddot{x}_i + h_i \dot{x}_i + k_{oc} x_i &= \frac{d}{dt} \left[ P_{mp} \operatorname{sign} \dot{x}_i + k_{oc} F_f(p_n; F; x_{bx}; x; \mathbb{R}) \right]; \\
 T_{1i} x_{1i} + x_{1i} &= f_{1i}(k_{1i}; x_{1i}; x_{2i}; \mathbb{R}); \\
 T_{12} \dot{x}_{2j} + T_{2j} x_{2j} &= f_{2j}(k_{1j}; x_{1j}; x_{2j}; x_{1i}; \mathbb{R}),
 \end{aligned} \tag{1}$$

სადაც  $i = 1, 2, 3, \mathbb{R}$ ;  $j = 1, 2, 3, \mathbb{R}$ ;  $x_{ax}$  — შემავალი ზემოქმედება;  $x$  — შემსრულებელი ჰიდროცილინდრის მოძრავი რგოლის გადაადგილებები;  $m$  — შემსრულებელი ჰიდროცილინდრის მოძრავ რგოლზე დაყვანილი სისტემის მოძრავი ნაწილების მასა.

$P$  – ტუმბოდან ძალოვან მკვეთარასთან მოყვანილი სითხის წნევა;  $p_{mp}$  – მშრალი ხახუნის ძალა;  $F$  – შემსრულებელი ჰიდროცილინდრის დეჟუმის ფართი;  $k$ ,  $k_{oc}$  და  $k_v$  – შესაბამისად ბლანტი ხახუნის, სიხისტისა და ძალოვანი კასკადის სიჩქარის მიმართ გაძლიერების კოეფიციენტები;  $T_{1i}$ ,  $T_{1j}$ ,  $T_{2j}$  – მმართველი კასკადების დინამიკური ელემენტების დროის მუდმივები;  $k_{1i}$ ,  $k_{2j}$  – გაძლიერების კოეფიციენტები;  $x_{1j}$ ,  $x_{2j}$  – დინამიკური რგოლების გამომავალი კოორდინატები;  $f_{1i}$ ,  $f_{2j}$  – წრფივი პოლინომები არგუმენტების მიმართ:

$$k_{oc} = 4EH \square F \square 14KF_{mp2} \square K4_{mp}; \quad K_{mp} = \frac{fE \square mp l_{mp}}{4}$$

4

$H$  – ჰიდროცილინდრის დეჟუმის სვლის სიგრძე;  $E_u$  და  $E_{mp}$  – სითხისა და ჰიდროცილინდრის კედლების დაყვანილი დრეკადობის მოდულები;  $f$  – მკვეთარის ჰიდროცილინდრთან დამაკავშირებელი მილსადენის გამავალი კვეთის ფართი;  $l_{mp}$  – მილსადენის სიგრძე; არაწრფივი ფუნქცია

$F_f(p_n; F; x_{bx}; x; \square)$  განისაზღვრება ამპრავის ძალოვანი ნაწილის ოთხხვერელიანი მოთვალთვალე მკვეთარის ხარჯვითი მახასიათებლებით. აღვნიშნოთ, რომ სისტემა (17) სამართლიანია ყველა

$$x'_{n \square \square} \square 0$$

$$t \square 0 \text{ და } x'_{1 \square \square}$$

მნიშვნელობისას.



აღნიშნულია, რომ მკაცრი მიდგომით არაწრფივი ფუნქცია  $F_f(p_n; F; x_{bx}; x; \Xi)$  გამოსახება განსხვავებული დამოკიდებულებებით შესაბამისად გახსნილობებისას  $\Xi \ll 150$  მკმ და  $\Xi \gg 150$  მკმ.

შესაბამისად სიჩქარითი მახასიათებლის განტოლება შემთხვევისათვის  $\Xi \ll 0,15$  მმ ჩაიწერება სახით:

$$F_f(p_n; \Xi) \approx k_v \sqrt[1]{\frac{1}{F} [B_2' x' \approx B_1 x' \approx R(t) \approx |P_{mp}| \text{sign} x'] \approx \text{sign} \Xi \Xi}. \quad (2) \quad p_n$$

ოთხივე ღია ხვრელიანი მკვეთარებისათვის, როდესაც წინასწარი გახსნილობები მნიშვნელოვანი და სითხის ხარჯს ხვრელებში გააჩნია კვადრატული ფორმა ყველა  $\Xi \ll 0$  შემთხვევებისათვის სიჩქარით მახასიათებლის განტოლება გამოსახება ასე

$$F_f(p_n; \Xi) \approx k_v \sqrt[1]{\frac{1}{p_n F} [B_2' x' \approx B_1 x' \approx R(t) \approx |P_{mp}| \text{sign} x'] \approx (\Xi_0 \Xi \Xi) \approx \sqrt[1]{\frac{1}{p_n F} [B_2' x' \approx B_1 x' \approx R(t) \approx |P_{mp}| \text{sign} x'] \approx (\Xi_0 \Xi \Xi)}. \quad (3)$$

განტოლებათა (3) სისტემის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სისტემის ძალოვანი ნაწილის დიფერენციალური განტოლება მოიცავს რიგ არაწრფივობებს და ეს, როგორც იყო აღნიშნული ადრე, მნიშვნელოვნად ართულებს ანალიზისა და სინთეზის საკითხებს.

იმპულსური ფუნქციის  $H(t)$  ანალიზი გვიჩვენებს [56], რომ შემთხვევაში  $|P_{mp}| \approx \text{const}$  უკნასკნელი არსებობს მარტოდმარტო სისტემის გამომავალი კოორდინატის  $x'(t)$  სიჩქარის ცვალებადობასთან შესაბამის დროის მომენტებში  $t_{0i}$  ( $i \approx 1, 2, 3, \dots$ ).

თუ ვითვალისწინებთ მშრალი ხახუნის ძალის მოდულის მუდმივ

მნიშვნელობას,  $H(t)$  ფუნქციის გამოსახულება იღებს სახეს:

$$H(t) = \int_{-\infty}^t [P_{mp} \operatorname{sign} x'] dt - \int_{-\infty}^t [1(t) - \delta(t)] dt, \quad (4)$$

სადაც  $\delta(t)$  წარმოადგენს  $\delta$ -ფუნქციას, რომელიც უდრის ნულს ყველა არა  $t_{0i}$ -ის ტოლ  $t$  დროის მომენტში და უდრის უსასრულოდ დროს  $t = t_{0i}$  დროის მომენტებში.

დავუშვათ, რომ დროის უსასრულოდ მცირე მონაკვეთზე  $2\Delta t$   $f_{1i}(t) = \text{const}$  და  $f_{2i}(t) = \text{const}$ . ეს შეესაბამება იმას, რომ  $x_{1i}, x_{2j}, x$  კოორდინატები და მათი წარმოებულები დროის მონაკვეთზე  $\Delta t$  არ განიცდიან მნიშვნელოვან ცვლილებებს. ამ შემთხვევაში (++) განტოლებათა სისტემის ანალიზი დროის მონაკვეთზე  $\Delta t$  შეიძლება შეიცვალოს მარტო ამპრავის ნაწილის განტოლების

$$m \ddot{x} = d_1 \dot{x} + d_2 x + f_{\text{ext}}(t) = P_{mp} \operatorname{sign} \frac{dx}{dt} [1(t)] \quad (5)$$

ანალიზით.

შემდგომში კვლევების თანახმად ჩამოყალიბებულია იმპულსური ფუნქციის გათვალისწინების ორიგინალური მეთოდოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს აჩქარებათა ნახტომებს. დროის საზღვრებში

$(t_{0i} \pm \Delta t) \rightarrow (t_{0i} \pm \Delta t)$ .

ეს ნახტომი განისაზღვრება დამოკიდებულებით

$$\dot{x}' = \operatorname{sign} x' \int_{-\infty}^t \delta(t - t_{0i}) dt - \int_{-\infty}^t \delta(t - t_{0i}) dt \approx 2 P_{mp} \operatorname{sign} x' \delta(t - t_{0i}). \quad (6)$$

პროგრამული მართვის ჩარხებში და რობოტებში ფართო გამოყენება ჰპოვეს ელექტროჰიდრომექანიკურმა მოთვალთვალე სისტემებმა, რომელთა ძალოვან ნაწილს წარმოადგენენ ჰიდროამპრავები დროსელური რეგულირებით და მექანიკური ტრანსმისიები – მექანიკურ რგოლებს

რედუქტორისა და გადაცემისა ხრახნი-ქანჭიკი. ცნობილია, რომ განსახილველი სისტემის დინამიკის გაღრმავებული მოდელირებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მექანიკური გადამცემი რგოლების დრეკადი თვისებების გათვალისწინებას.

შემდგომი კვლევების ჩატარებისათვის ნაშრომში წარმოდგენილი სიჩქარისა და მდებარეობის მიხედვით უკუკავშირების მქონე ელექტროჰიდრომექანიკური მოთვალთვალე სისტემის ფუნქციონალური ბლოკ-სქემა, რომლის ძირითადი სტრუქტურული ელემენტებია: მუდმივი დენის გამაძლიერებლები, ელექტროჰიდრავლიკური გარდამქმნელები, მკვეთარასა და ჰიდროძრავის შემცველი რგოლი, მექანიკური რედუქტორი და შეერთება სავალი ხრახნი-ქანჭი.

ასეთი სისტემები ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე ავტომატიზებულ ჩარხებში. იმ შემთხვევაში კი თუ საქმე გვაქვს რობოტებთან ამ შემთხვევებში მუშა ორგანოს სახით ნაცვლად გადაცემისა ხრახნი-ქანჭი წარმოდგენილია რობოტის შემდრულელებელი მექანიზმი.

საკვლევი სისტემის დინამიკის მათემატიკური მოდელის აგებისათვის პირველ რიგში ვწერთ შემსრულებელი ჰიდროამძრავის და ამძრავის დრეკადრგოლებიანი მექანიკური ნაწილის დინამიკის განტოლების. აპროქსიმაციური მოდელების სახით შესაძლოა შერჩეული იქნან ორ და სამმასიანი მოდელები.

დრეკადი რგოლების სახით რედუქტორისა და სავალი ხრახნი-ქანჭის დრეკად რგოლებთან ერთად ვითვალისწინებთ აგრეთვე თუ არსებობს ძრავას ლილვისა და რედუქტორის შემავალი ლილვის დამაკავშირებელი მექანიკური გადამცემი სისტემა.

სამმასიანი მოდელის გამოყენებისას შეყურსული მასების დაყვანის წერტილებად შესაძლოა გამოყენებული იქნან: ძრავას გამომავალი ლილვი, რედუქტორის გამომავალი ლილვი და წინსვლითად მოძრავი მასების დაყვანის წერტილი.

მექანიკური ნაწილისათვის ორმასიანი აპროქსიმაციული მოდელის

შერჩევას მივიღებთ განტოლებათა შემდეგ სისტემას:

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 + b_1 \dot{\varphi}_1 + b_{12}(\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) + c_{12}(\varphi_1 + \varphi_2) + K_M p_g, \quad (7)$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 + b_2 \dot{\varphi}_2 + b_{12}(\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) + c_{12}(\varphi_1 + \varphi_2) + M_H, \quad (8)$$

$$Q_g = \frac{q^s}{2} + r_g p_g = \frac{W_{go} dp^s}{E_{np} at}, \quad (9)$$

სადაც:  $q_g$  – ჰიდრომოტორის მუშა მოცულობა;

$$p_g = p_{g1} + p_{g2}$$

$p_{g1}$  და  $p_{g2}$  – შესაბამისად წნევები შემომყვან და გამყვან მაგისტრალეებში;  $r_g p_g$  –

$Q_{ym}$  – ჰიდრომოტორის არეთაშორისი წნევათა სხვაობის პროპორციული

გაქონვების კომპენსაციაზე წასული ხარჯი;  $W_{go}$  – სითხის დეფორმირებად

მოცულობა ჰიდრომოტორის არეებში და მომწოდებელ არხებში;  $E_{np}$  –

სითხის დეფორმირებადი მოცულობის დაყვანილი დრეკადობის მოდული:

$$E_{np} = E_{1.ж} + E_{dmpo},$$

$E_{ж}$  და  $E_{mp}$  – შესაბამისად სითხისა და მილსადენების კედლების დრეკადობის მოდულები;

$d_0$  და  $\varphi_0$  – შესაბამისად მილსადენის შიგა დიამეტრი და კედლის სისქე;  $b_1$  –

ბლანტი ხახუნის დაყვანილი ჯამური კოეფიციენტი მექანიკურ

ელემენტებში და ჰიდრომოტორში;

$b_2$  – ბლანტი ხახუნის ჯამური კოეფიციენტი ამძრავის მექანიკური ნაწილის

კინემატიკურ შესახსრებას;  $I_1$  და  $I_2$  – ინერციით მოცემული

მომენტები;  $c_{12}$  და  $b_{12}$  – სიხისტისა და ბლანტი ხახუნის დაყვანილი

კოეფიციენტები

დრეკად ელემენტებში;

$K_m$  — ჰიდრომოტორის გამლიერების კოეფიციენტი მომენტის მიმართ;  $M_H$  — გარე მომენტი;  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  — ჰიდროძრავას გამომავალი ლილვის და მექანიკური ნაწილის ბრუნვის კუთხური კოორდინატები. განტოლება (9) -ის თანახმად

$$W = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = (r_g p - q_3) \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha = q_3 (\alpha_2 - \alpha_1), \quad (10) \text{ E}_{np} \text{ at } 2$$

სადაც

$$q_3 = c_1 h - c_2 p.$$

შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$W = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = (r_g - c_2) p \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha - c_1 h \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha = q_3 (\alpha_2 - \alpha_1), \quad (11) \text{ E}_{np} \text{ at } 2$$

სადაც:  $q_3$  — სითხის რაოდენობა მკვეთარას გამოსასვლელზე;  $h$  — ჰიდრავლიკური მკვეთარას წრფივი გადაადგილების კოორდინატი.

განტოლებების (7)-(8) გამოყენებით შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$I_1 = b_1 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = c_{12} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = K_m p \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = c_{12} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp; \quad (12)$$

$$I_2 = b_2 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = c_{12} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = M_H \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = c_{12} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp; \quad (13)$$

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dp = A_{1P} p - c_1 h \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha, \quad (14)$$

$$A_{2P} \text{ at}$$

სადაც:

$$b_1 = b_1 - b_{12};$$

$$b_2 = b_2 - b_{12};$$

$$A_{2p} = \frac{W^{go}}{E_{np}};$$

$$A_{1p} = r_g = c_2;$$

$$c_1 = \frac{g_s}{2}.$$

გამოსახულებები  $c_1$  და  $c_2$  განისაზღვრებიან ასე:

$$c_1 = b_3 \sqrt{P^n}; \quad (15)$$

$$c_2 = 2 b_3 h_0 \sqrt{1 - P_n}, \quad (16)$$

რომლებიც მიიღებიან ოთხხვერელიანი ჰიდრავლიკური მოთვალთვალე მკვეთარას ხარჯვითი მახასიათებლის გამოსახულების

$$q_3 = b_3 h \sqrt{P}. \quad (17) P_n$$

გაწრფივების საფუძველზე

სადაც:  $b_3$  ხარჯის კოეფიციენტი;

$b_3$  სითხის სიმკვრივე;  $b_3$  ხვერელის სიგანე;  $p_n$  მიწოდებული წნევა;  $h_0$

მკვეთარის ნულოვანი ღერძული გახსნილობა.

განტოლება (17) ჩაიწერება სახით:

$$dp = p = K h = K_{11} \frac{1}{T_{po} dt}, \quad (18)$$

სადაც:

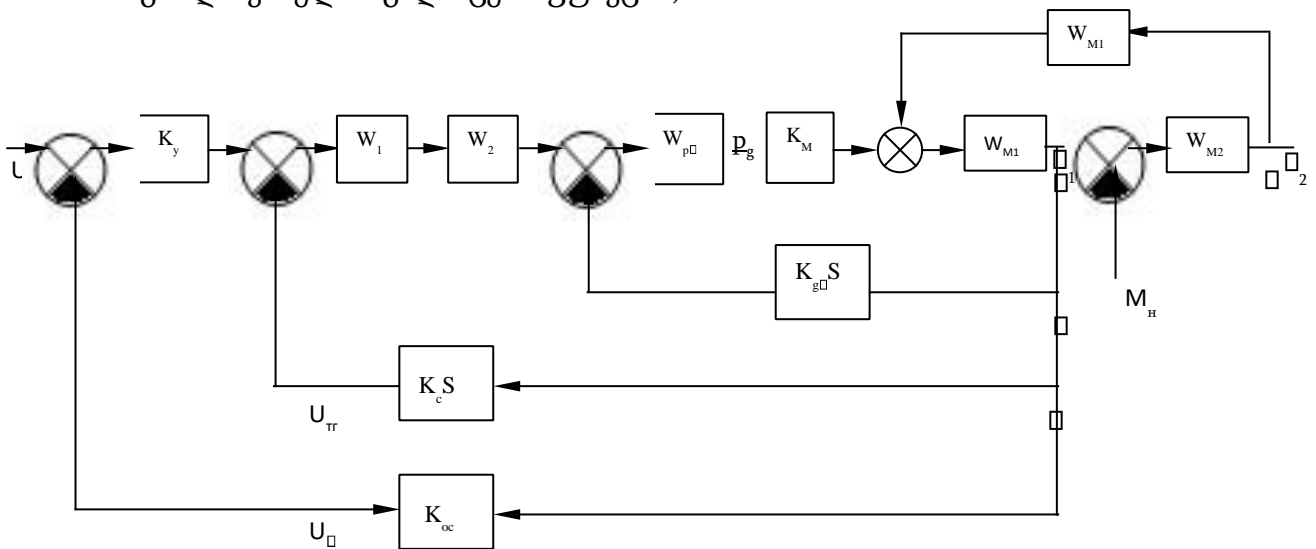
$$T_{p0} = \frac{A_{2p}}{A_p} = \frac{W_{Dp}}{E_{np}} c_2;$$

$$K_{0h} = \frac{c_1}{A_{1p}} = \frac{b_3 \sqrt{\frac{P_n}{\rho}}}{r_g c_2};$$

$$K_{\text{tr}} = \frac{q_0}{c} = \frac{2}{A_{1p} r_g c_2}.$$

ნახაზზე 1 მოყვანილია განხილვადი სისტემის სტრუქტურული სქემა.

აქ:  $K_y$  — გამაძლიერებლის გადამცემი ფუნქცია;  $W_1 = K_{y2m} W_{kc} = W_{kc}$  გადამცემი ფუნქციის მქონე მაკორექტირებელი მოწყობილობით აღჭურვილი მუდმივი დენის გამაძლიერებლის გადამცემი ფუნქცია;  $W_2$  — ელექტროჰიდრავლიკური გარდამქმნელის გადამცემი ფუნქცია;



ნახ. 1. სისტემის სტრუქტურული სქემა

$$W_2 = \frac{1}{s} \frac{K_2}{T_2 s + 1} \frac{K_2}{T_{2mn} s + 1};$$

$$K_1(T_2 s + 1);$$

$$s + 1)(T_{2mn} s + 1)$$

$K_{\text{ენ}}$   $\square$  გამძლიერების კოეფიციენტი;

$T_3$   $\square$  ელექტრომექანიკური გარდამქმნელის ხვიათა დროის მუდმივა;  $T_2$   $\square$  საქშენ-საფარი გამაძლიერებლის გადამცემი ფუნქცია:

$$W_{m1} \square \frac{I_{s2} \square b1 \square 1s \square c12}{1};$$

$$W_{m2} \square \frac{I_{2s2} b \square 12 s b \square 2 c s \square 12 \square c12}{1};$$

$$W_{21} \square b_{12} s \square c_{12};$$

$$W_{p} \square \frac{A_{2ps} c \square 1 A_{1p}}{1};$$

$K_{ocn}$ ,  $K_c$  და  $c$   $\square$  უკუკავშირების კოეფიციენტები შესაბამისად მდებარეობს და კუთხურ სიჩქარეთა მიმართ;  $s$   $\square$  ლაპლასის ოპერატორი.

საკვლევი სისტემის დინამიკის განტოლებათა სისტემა აღიწერება შემდეგი სახით

$$u_1 \square K_{pn} \square u \square K_{pn} (u_3 \square K_{oc} \square 1); \tag{19}$$

$$T_{pc} u \dot{c} \square K_{pc} T_{pc} \dot{c} \square K_{pc} \square c; \tag{20}$$

$$\square c \square u_1 \square K_c \square 1; \tag{21}$$

$$i \square K_y u_c; \tag{22}$$

$$\frac{dF}{at} \square F \square K_3 i; \tag{23}$$

$$T_{\text{ჰმნ}}^2 \ddot{h} \square 1 \square 2 \square \text{ჰმნ} T_{\text{ჰმნ}} \dot{h} \square 1 \square K_2 F; \tag{24}$$

$$T_2 \dot{h} \square \dot{h} \square K_3 h_1; \tag{25}$$



$$(26) \quad T_p \frac{dp^\delta}{dt} = p_\delta K_{gh} h = K_\delta \dot{p}_1;$$

$$I_1 \ddot{p}_1 = b_{p1} \dot{p}_1 + c_{12} p_1 + K_M p_0 = b_{12} \dot{p}_2 + c_{12} p_2; \quad (27)$$

$$I_2 \ddot{p}_2 = b_{p2} \dot{p}_2 + c_{12} p_2 = M_H = b_{12} \dot{p}_1 + c_{12} p_1. \quad (28)$$

ამ სისტემის შესაბამისად:

(23) – ელექტრომექანიკური გარდამქმნელის (ეგმ) ხვების დინამიკის განტოლება; (24) – ელექტრომექანიკური გარდამქმნელის განტოლება; (25) – საქშენ-საფარი ჰიდრომაძლიერებლის დინამიკის განტოლება.

იმ შემთხვევაში, როდესაც გამსხვილებულად ვუშვებთ, რომ  $i$  და  $h$  კოორდინატა შორისი დამოკიდებულება მიახლოვებით განსაზღვრით გადამცემი ფუნქციით

$$W_3(s) = hi((ss)) = T_{32n} K_{S_{32n}} \dot{p}_1,$$

სადაც  $s$  – ლაპლასის გარდაქმნათა ოპერატორია, მათემატიკურ მოდელში (25)-(26), (23)-(25) განტოლებათა ნაცვლად გვექნება ერთი განტოლება  $T_{32n} h$

$$\dot{p}_1 = h = K_{32n} i.$$

განტოლებათა სისტემას (27)-(28) გარდაქმნის სახით

$$I_1 \ddot{p}_1 = b_{p1} \dot{p}_1 + b_{12} \dot{p}_2 + c_{12} p_2 = K_M p_g, \quad (29)$$

$$I_2 \ddot{p}_2 = I_2 \ddot{p}_2 = b_{p2} \dot{p}_2 + b_{12} \dot{p}_1 + b_{p2} \dot{p}_2 = b_{12} \dot{p}_1 + c_{12} p_1 = M_H,$$

(30) სადაც  $p_1$  და  $p_2$ . ვაჯამებთ რა განტოლებებს (29) და (30) გადავდივართ განტოლებათა სისტემაზე

$$(I_1 + I_2) \ddot{p}_1 = (b_{p1} + b_{p2}) \dot{p}_1 + K_M p_g + I_2 \ddot{p}_2 = b_{p2} \dot{p}_2 + M_H. \quad (31)$$

$$I_2 \ddot{p}_2 = (b_{p2} + b_{12}) \dot{p}_2 + c_{12} p_2 + I_2 \ddot{p}_1 = b_{12} \dot{p}_1 + M_H. \quad (32)$$

ვახორციელებთ შიგა კონტურის სინთეზის პროცედურას, რომლის გადამცემი ფუნქციაა

$$W^{pn} W^{kc}$$

$$(33) \quad W_{nb} \square \frac{\square K_{oc} W_{pn} W_{kc}}{1}$$

გადავდივართ

$$(34) \quad W_0(s) \square \frac{W^{nb} W^l \square W^{\square}}{1} \square W_{nb} W_{\square} W_{\square} W_{\square},$$

გადამცემი ფუნქციის სიხშირულ ანალიზზე გამოსახულებით

$$W_{\square}(s) \square \frac{K_M W_{pn} W W^l_{p} W_{\square} W_{pc}}{\square} \quad (35)$$

შემდგომი ანალიზი ემყარება (31) გადამცემი ფუნქციის ანალიზს საგნობრივი  $U(\square)$  და წარმოსახვითი  $V(\square)$  სიხშირითი მახასიათებლების გამოყენებით, რხევითი მდგენელების  $\square$  და  $\square$  პარამეტრების გამოვლენისათვის.

განხილულია ზოგადი ფორმით საკვლევი სისტემების მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სტრუქტურულ-პარამეტრული სინთეზის მეთოდოლოგიის ცალკეული ეტაპები და პროცედურები. უკანასკნელთან დაკავშირებით აღნიშნულია, რომ დროსელი და მოცულობითი რეგულირების ჰიდრავლიკური მოთვალთვალე სისტემების მდგრადობის ამაღლების ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს უკუკავშირის შემოტანა ძრავის არეებში მოქმედი წნევების სხვაობის (დატვირთვებისა და აჩქარების) მიმართ. აღნიშნულთან მიმართებაში დამატებითი უკუკავშირი შეიძლება შემოტანილი იქნას სპეციალური მადიფერენცირებული გადამწოდვიდან, რომელიც ჩართული იქნება შემსრულებელი ძრავასაკენ მიმავალ მილსადენში ან და მოწყობილობიდან, რომელიც პროპორციულია ძრავის ლილვთან მიერთებული ტაქოგენერატორის მავის წარმოებულისა. წნევის (დატვირთვის) მიმართ რეალიზებული უარყოფითი უკუკავშირის ეფექტი ვლინდება ამძრავის დემპფირებაში, მისი რხევადობის შემცირებაში.

შემუშავებული იქნა სინთეზის პროცედურების ჩატარების ზოგადი სახის კანონზომიერებები და მათი მატრიცული გამოსახულებები. ზემოთ მოყვანილი ელექტროჰიდრომექანიკური სისტემის სტრუქტურულ სქემაში ელექტროჰიდრომექანიკური გარდამქმნელის გადამცემი ფუნქცია, შეგვიძლია გამოვსახოთ დამოკიდებულებით

$$W_{\text{ენ}} \square T \text{---} \text{---} \text{---} K_{S_{\text{ენ}}} \square 1 .$$

შესაბამისად დინამიკის განტოლებათა სისტემა ჩაიწერება ასე:

$$U_1 \square K_{pn} \square u \square K_{pn} (u_{gx} \square K_{oc} \square \square_2) , \quad (36)$$

$$\square_c \square u_1 \square K_c \square \square_1 , \quad (37)$$

$$T_{pc} \dot{u}_c \square K_{pc} T_{pc} \dot{\square}_c \square K_{pc} \square_c , \quad (38)$$

$$i \square K_{\text{ენ}} \square u_c , \quad (39)$$

$$T_{\text{ენ}x} \dot{x} \square x \square K_{\text{ენ}i} i , \quad (40)$$

$$dp \square$$

$$T_{p\theta} \frac{d}{dt} \square p_\theta \square K_{gx} x \square K_\theta \square \square_1 , \quad (41)$$

$$I_1 \square \square_1 \square b_{\square_1} \square \square_1 \square c_{12} \square_1 \square K_{\text{M}} p_\theta \square b_{12} \square_2 \square c_{12} \square_2 , \quad (42)$$

$$I_2 \square \square_1 \square b_{\square_2} \square \square_2 \square c_{12} \square_2 \square \square M_{\text{H}} \square b_{12} \square_1 \square c_{12} \square . \quad (43)$$

განვიხილოთ საკვლევი სისტემის სტრუქტურულ-პარამეტრული ამოცანა, რომელიც აგებულია მის სტრუქტურაში პარალელური მაკორექტირებელი კავშირების შემოტანაზე მოდალური მართვის თეორიის შესაბამისად, უკანასკნელთა მიმართებით მათემატიკურ მოდელში (36–43) განტოლება (36) მიიღებს სახეს

$$U_1 \square K_{pn} \square u \square K_{pn} [u_1 \square K_{oc} \square_2 \square g(t)] ,$$

სადაც  $g(t)$  წარმოადგენს უკუკავშირებით რეალიზებული დამატებით ზემოქმედებად.

სისტემის სინთეზისათვის მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით პირველ რიგში შემოგვაქვს სასურველ გამავალი კოორდინატი  $\square_{2*}(t)$  და მასთან ურთიერთკავშირში ყველა სასურველი შუალედური

კოორდინატები  $\square_{1*}$ ,  $\square_{\square_1}$ ,  $p_{\partial}$  და  $x$ .

შეგვიძლია ჩავწეროთ:

$$\square_{1*} \square \frac{I_{2S3} \square b_{\square 2S2} \square c_{12S}}{b_{12S}} \square c_{12} \square_{2*} \square W_{\square 1}(s) \square_{2*}; \quad (44)$$

$$\square_{\square*} \square \square \square P^2 s^2 b_{12} \square s b_{\square} \square s c^2_{12} \square c^{12} \square 1 \square \square \square \square_{2*} \square W_{\square}(s) \square_{2*}; \quad (45)$$

$$P_{\partial*} \square \square \square \frac{(I^2_{1S^2} \square b^{\square}_{1S} \square c^{12}) (I^2_{2S^2} \square b^{\square}_{2S} \square c^{12}) \square b^{12}_S \square c^{12} \square \square_{2*} \square W_{p\partial}(s) \square_{2*}}{K_M (b_{12S} \square c_{12}) K_M \square \square} \quad (46)$$

$$x^* \square \frac{T_{p\partial} P_{\partial*} \square P_{\partial*} \square K_{\partial} \square_{1*}}{K_{gx}} \square \frac{T_{p\partial} s W_{p\partial}(s) \square W_{p\partial}(s) \square K_{\partial} W_{\square}(s) \square_{2*}}{K_{gx}} \square W_x(s) \square_{2*}. \quad (47)$$

და თუ მივიღებთ  $b_{\square_1}$ ,  $b_{\square_2}$  და  $b_{12}$ , ამ შემთხვევაში

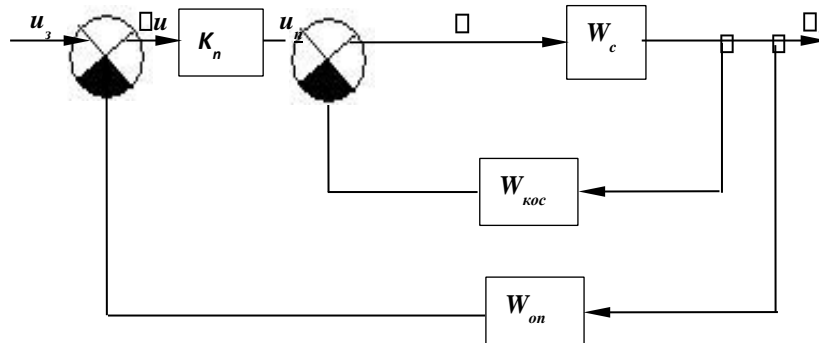
$$\square \square(s) \square \frac{I_{2S2}}{b_{12S} \square c_{12}} \square_{2*}.$$

უკუკავშირებში შესატან კოორდინატთა გამოსახულებების გამოყენებით ზოგადი სახით ვაგებთ დამატებით ზემოქმედებას

$$g(t) \square K_{\square 1} \square_{1*} \square K_{\square 2} \square_{2*} \square k_{\square} \square \square \square K_p p_{\partial} \square K_x x \square \square [K_{\square 1} W_{\square 1} \square K_{\square 2S} \square K_{\square} W_{\square} \square K_p W_{p\partial} \square K_x W_x] \square_{2*} \square W_{koc}(s) \square_{2*}, \quad (48)$$

სადაც:  $K_{\square 1}, K_{\square 2}, K_{\square}, K_p, K_x$  წარმოადგენენ უკუკავშირების სინთეზირებად კოეფიციენტებს.

მიღებული დამოკიდებულებების გათვალისწინებით პარალელური მაკორექტირებელი უკუკავშირების რგოლებიანი სტრუქტურული სქემა გარე  $M_n$  ზემოქმედების გათვალისწინების გარეშე შეგვიძლია წარმოვადგინოთ ნახ. 2 მოყვანილი სტრუქტურული სქემის სახით.



ნახ. 2. გამსხვილებული სტრუქტურული სქემა

აქ:

$$W_I(s) = W_{kc} K_{yHT} W_2,$$

$$W_c(s) = \frac{1}{1 - W_I W W_{III} W_{II} W_{12}};$$

$$\frac{K_c}{W_{M2}}$$

$$W_{p0} K_M W_M$$

$$W_{II}(s) = \frac{1}{1 - W_{p0}} \frac{W_{12}}{W_{M2}};$$

$$\frac{K_M W_M K_{\theta} S}{W_{M2}}$$

$$W_{M1} K_{M2} W_{12}$$

$$W_M(s) = 1 - \frac{W_{M1} K_{M2} W_{12}}{W_M W_{12} W_{21}} = W_{M1} K_{M2} W_{12} \dots$$

თავის მხრივ მთლიანი სისტემის ერთიანი გადამცემი ფუნქცია ჩაიწერება სახით:

$$W_0(s) = \frac{K^{pn} W_{III}}{1 + K_{on} K_n W_{III}} \quad (49) \quad U_1(s)$$

სადაც:

$$W_{III}(s) = \frac{U_{2n}(ss) - W_c}{1 + W_c W_{koc}}$$

ანდა გაშლილი სახით

$$W_0(s) = \frac{K^{pn} W_c}{(50) \quad 1 + W_c (W_{koc} + K_{on} K^{pn})}$$

გამოსახულება (50)-ის გამოყენებით გადავდივართ სისტემის სინთეზის ამოცანაზე მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით წარმოსახვით სიხშირეთა მახასიათებლების აპარატის გამოყენებით. ამასთან დაკავშირებით მოცემულ სასურველ პროცესთან  $\Pi_2^*(t)$  შესაბამისად ვწერთ საწყის მიახლოვებით ტოლობას  $\Pi_1(t)$  რეგულირებადი და  $\Pi_2^*(t)$  სასურველ კოორდინატთა შორის, რომელიც ლაპლასის გარდაქმნებში მიიღებს სახეს:

$$\Pi_2(s) = \Pi_2^*(z_m s) \frac{MN((z_m^m s))}{U_1(s)}, \quad (51)$$

სადაც:  $M$  და  $N$  – შესაბამისად წარმოადგენენ სასურველი კოორდინატის გამოსახულების მრიცხველსა და მნიშვნელს;  $z_m$  – სასურველი პროცესის ვარიაციის განხორციელებისათვის საჭირო დროის მასშტაბური კოეფიციენტი.

დამოკიდებულების (51) გამოყენებით ვწერთ:

$$[1 + W_c (W_{koc} + K_{on} K^{pn}) M^*(z_m s) - W_c K_n N^*(z_m s)] \quad (52)$$

დამოკიდებულების

$$W_c(s) = \frac{BA_{cc}(ss)}{s},$$

გამოყენებით (52) იღებს სახეს:

$$M^*A_c(W_{\square 1}K_{\square 1} + z_{ms}K_{\square 2} + W_{\square\square}K_{\square\square} + W_{p\square}K_{p\square} + W_xK_x + K_{on}K_n) + N^*B_cK_n = M^*B_c = 0. \quad (53)$$

უფრო გამსხვილებულად გვეყენება:

$$\square_1(z_{ms})K_{\square 1} + \square_2(z_{ms})K_{\square 2} + \square_3(z_{ms})K_{\square\square} + \square_4(z_{ms})K_{p\square} + \square_5(z_{ms})K_x + \square_6(z_{ms})K_{pn} + \square_0(z_{ms}) = 0. \quad (54)$$

მიღებული დამოკიდებულების (54) თანახმად ვწერთ აპროქსიმაციათა  $l$  კვანძების  $\square\square_v$  ( $\square_v$  იღებს დადებით საგნობრივ მნიშვნელობებს) მიმართ პირობით განტოლებათა სისტემას

$$\square_1(\square_v)K_{\square 1} + \square_2(\square_v)K_{\square 2} + \square_3(\square_v)K_{\square\square} + \square_4(\square_v)K_{p\square} + \square_5(\square_v)K_x + \square_6(\square_v)K_{pn} + \square_0(\square_v), \quad (55)$$

$$v = 1, 2, \dots, l.$$

ასეთი საშუალებით მიღებულ განტოლებათა სისტემას ვამუშავებთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდით საძიებელი  $K_{\square 1}$ ,  $K_{\square 2}$ ,  $K_{\square\square}$ ,  $K_{p\square}$ ,  $K_x$  და  $K_{pn}$  პარამეტრების მიმართ და ვიღებთ განტოლებათა სისტემას:

$$D_{11}K_{\square 1} + D_{12}K_{\square 2} + D_{13}K_{\square\square} + D_{14}K_{p\square} + K_{15}K_x + D_{16}K_{pn} = D_{01}; \quad (56)$$

$$D_{21}K_{\square 1} + D_{22}K_{\square 2} + D_{23}K_{\square\square} + D_{24}K_{p\square} + K_{25}K_x + D_{26}K_{pn} = D_{02}; \quad (57)$$

$$D_{31}K_{\square 1} + D_{32}K_{\square 2} + D_{33}K_{\square\square} + D_{34}K_{p\square} + K_{35}K_x + D_{36}K_{pn} = D_{03}; \quad (58)$$

$$D_{41}K_{\square 1} + D_{42}K_{\square 2} + D_{43}K_{\square\square} + D_{44}K_{p\square} + K_{45}K_x + D_{46}K_{pn} = D_{04}; \quad (59)$$

$$D_{51}K_{\square 1} + D_{52}K_{\square 2} + D_{53}K_{\square\square} + D_{54}K_{p\square} + K_{55}K_x + D_{56}K_{pn} = D_{05}, \quad (60)$$

$$D_{61}K_{\square 1} + D_{62}K_{\square 2} + D_{63}K_{\square\square} + D_{64}K_{p\square} + K_{65}K_x + D_{66} = D_{06}. \quad (61)$$

მთლიანი სისტემის გადამცემი ფუნქცია შეგვიძლია ჩავწეროთ შემდეგი სახით

$$W_0(s) = \frac{K^0(I^2 s^2 \square b^{\square 2} s \square c^{12})}{A_{s7} \square A_{6s6} \square A_{5s5} \square A_{4s4} \square A_{2s2} \square A_{1s} \square A_0,} \quad (62)$$

დინამიკური მდგრადობის ანალიზისათვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ უწყვეტი სტაციონარული სისტემის მდგრადობის ანალიზის ცნობილი მეთოდით.

აღნიშნული მეთოდის თანახმად განიხილავენ დამხმარე პარამეტრებს  $\square_i$ , რომლებიც გამოისახებიან დამოკიდებულებებით

$$\square_i \square A_{i+1} A_{i+2} / A_i A_{i+1}, \quad i \square 1, \quad n \square 2. \quad (63)$$

ჩვენ შემთხვევაში გვექნება

$$\begin{aligned} \square_1 &\square A_0 A_3 / A_1 A_2; \\ \square_2 &\square \quad / \\ &\quad / \\ &\quad / \\ &\quad / \\ &A_1 A_4 A_2 A_3; \quad \square_3 \square \\ &A_2 A_5 A_3 A_4; \\ \square_4 &\square A_3 A_5 A_4 A_5, \\ &5 \quad 4 \ 7 \ 5 \ 6. \end{aligned}$$

გადავდივართ ამპლიტუდურ-ფაზურ მახასიათებლებზე, რისთვისაც  $\square_2$  კოორდინატის გამოსახულებაში  $s$  ოპერატორის ნაცვლად შემოგვაქვს არგუმენტი  $j$ , სადაც  $\square$  – წრიული სიხშირე და  $j$  – წარმოსახვითი ერთიანია. საკვლევი სისტემის სინთეზის პროცედურების ჩატარებისათვის სასურველი პროცესის სახით შერჩეული იქნა ფუნქცია



$$A_0 \approx a z p \approx 1$$

$$z_2(t) \approx a z_2 p z_1 \frac{a m z_m}{m} \approx MN_{00}(pp) \approx A_0 \approx A_1 e^{z_m t} \approx A_2 e^{z_m t}, \quad (64)$$

სადაც  $p$  – კარსონის ოპერატორი,  $z_m$  – მასშტაბური კოეფიციენტი.

$$A_1 \approx A_2 \approx A_0.$$

სინთეზის შემოთავაზებული მეთოდის აპრობაციისათვის საკვლევ სისტემასთან მიმართებაში არარეგულირებად პარამეტრებად შერჩეული იქნა

$$I_1 \approx 1,19 \cdot 10^{02} \text{ კგ/მ}^2; \quad I_2 \approx 3,55 \cdot 10^{03} \text{ კგ/მ}^2; \quad C_{12} \approx 660 \text{ ნმ/რად},$$

$$\rho_{12} \approx 1,75 \cdot 10^{02} \text{ ნმ წმ/რად}, \quad T_\theta \approx 48 \cdot 10^{03} \text{ წმ}, \quad K_{pn} \approx \frac{\text{mpa} \cdot \text{nm}}{\text{m}}$$

$$K_{p\theta} \approx \text{mpam}; \quad K_y \approx 2,0 \text{ mv}; \quad K_{\text{ავ}} \approx 0,86 \cdot 10^{02} \text{ მ/ს}, \quad T_{\text{ავ}} \approx 3,12 \cdot 10^{03} \text{ ს}, \quad k_v \approx 60 \text{ wმ}^1.$$

ამასთან ერთი სასურველი პროცესის საწყისი პარამეტრებია

$$u_1 \approx 0,014 \text{ wმ}^1 \quad \text{და} \quad u_2 \approx 0,028 \text{ wმ}^1.$$

ჩატარებული საანგარიშო გამოკვლევების შედეგად ნახ. 3, ა და ბ მოყვანილია სინთეზირებული პარამეტრების მნიშვნელობები ფუნქციონალურ კავშირში  $z_m$  მასშტაბურ კოეფიციენტთან.

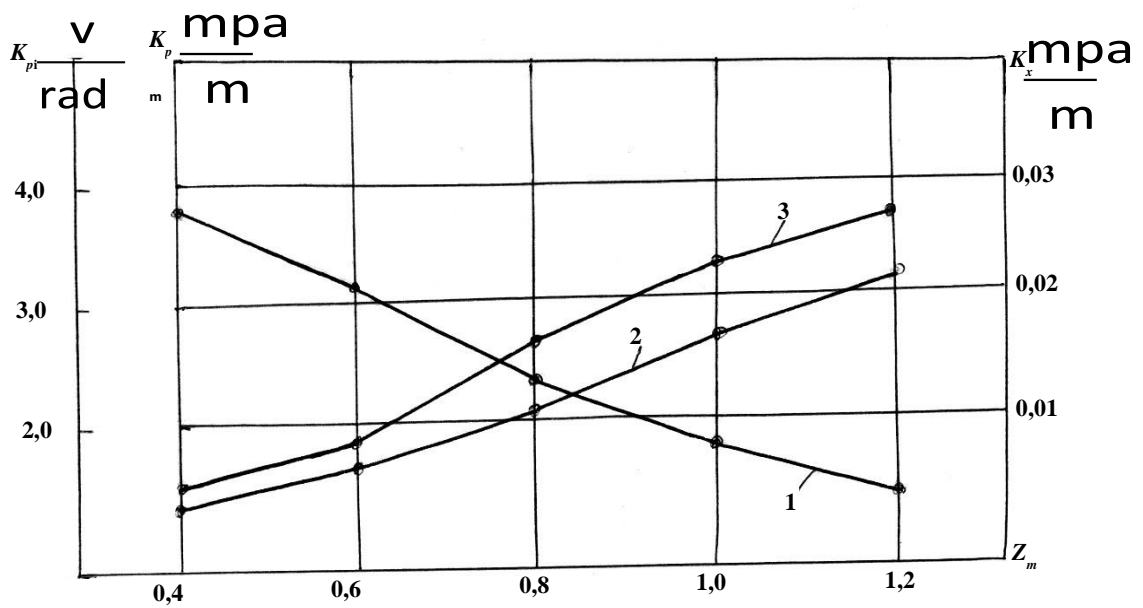
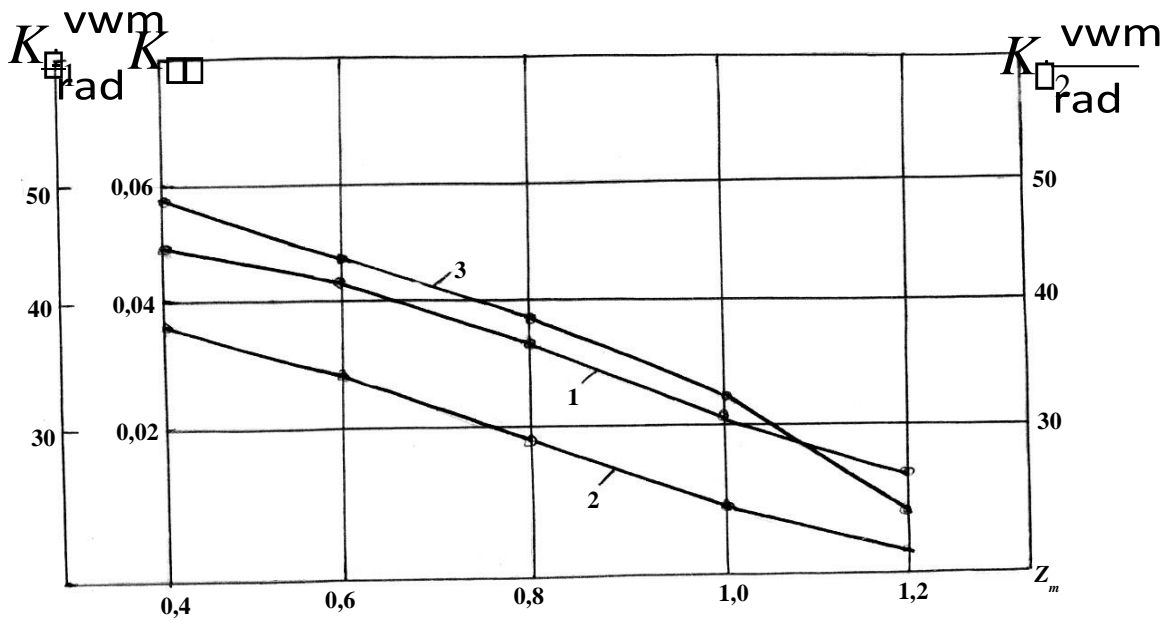
თვით გარდამავალი პროცესების მრუდები კი მოყვანილია ნახაზზე 4.

$$\square \square A \text{ AA } A$$

დინამიკური მდგრადობის ანალიზთან დაკავშირებით შესაბამისად

ნახ. 4 მოყვანილი პროცესისათვის  $\square$  – კოეფიციენტები გამოისახებიან

მნიშვნელობებით:



ნახ. 3. სინთეზის შედეგად მიღებული დამოკიდებულებები:

ა) 1 –  $K_{\square}(Z_m)$  ; 2 –  $K_{\square_1}(Z_m)$  , 2 –  $K_{\square_2}(Z_m)$  ;

ბ) 1 –  $K_{p1}(Z_m)$  , 2 –  $K_x(Z_m)$  , 3 –  $K_{p0}(Z_m)$  .

როდესაც  $Z_m \square 0,4$

$$\alpha_5 = 0,41, \alpha_4 = 0,36, \alpha_3 = 0,31, \alpha_2 = 0,38$$

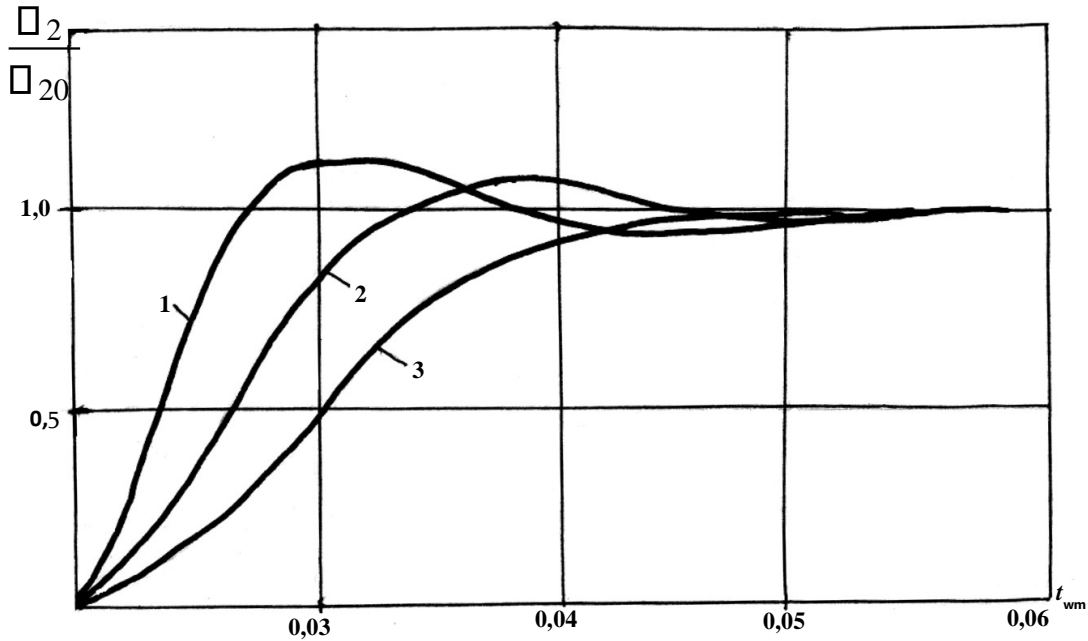
როდესაც  $z_m = 0,6$

$$\alpha_5 = 0,97, \alpha_4 = 0,32, \alpha_3 = 0,28, \alpha_1 = 0,311$$

როდესაც  $z_m = 1,0$

$$\alpha_5 = 0,12, \alpha_4 = 0,23, \alpha_3 = 0,189, \alpha_1 = 0,126, \alpha_2 = 0,32.$$

მოყვანილი მონაცემები მიგვითითებენ სისტემათა მდგრადობაზე.



ნახ. 4. გარდამავალი პროცესების მრუდები:

$$1 - z_m = 0,4; 2 - z_m = 0,6; 3 - z_m = 1,0$$

გემის კურსისა და მდებარეობის მართვის ელექტროჰიდრომექანიკურ სისტემებთან მიმართებაში განხილულია სისტემები, რომელთა ძალოვან ნაწილს წარმოადგენენ ოთხხვერელიანი მკვეთარებით მართვადი წრფივი გადაადგილების ჰიდროცილინდრები და გადამცემი მექანიზმები, რომლებსაც მოძრაობაში მოჰყავთ გემის საჭის ბალები. განხილულია როგორც ცნობილი, აგრეთვე რეგულირების არაწრფივი კანონის მქონე ძალოვანი ჰიდროსისტემები. შემუშავებულია განხილვადი სისტემების მთლიანი დინამიკური მოდელები და დინამიკური სტრუქტურული სქემები.

შემუშავებულია ძალოვანი ნაწილის დინამიკის ორიგინალური არაწრფივი და გაწრფივებული მოდელები დრეკადობის გათვალისწინებით მექანიკურ გადაცემაში ძალოვანი ჰიდროცილინდრის ჭოკისა და საჭის ბალერის შორის.

ნაჩვენებია, რომ თუ მექანიკური ნაწილის მათემატიკურ მოდელს განვიხილავთ ორმასიანი მოდელის სახით

$$I_1 \ddot{x}_1 + b_{12} \dot{x}_1 + c_{12} x_1 + b_{12} \dot{x}_2 + c_{12} x_2 = M_{\text{ფგ}}, \quad (65)$$

$$I_2 \ddot{x}_2 + b_{12} \dot{x}_2 + c_{12} x_2 + b_{12} \dot{x}_1 + c_{12} x_1 = M_{\text{ფ}}, \quad (66)$$

მაშინ ჰიდროცილინდრის ჭოკზე ორმასიანი მოდელიდან მოდებული წინაღობის ძალა გამოისახება ასე:

$$P_I = \frac{1}{r_r} [I_1 \ddot{x}_1 + b_{12} \dot{x}_1 + c_{12} x_1 + b_{12} \dot{x}_2 + c_{12} x_2] = \frac{M^{mp1}}{r_r}. \quad (67)$$

თავის მხრივ ჰიდროცილინდრის ჭოკზე სწორხაზოვნად მოძრავი დეტალებიდან მოდებული ძალა განისაზღვრება დამოკიდებულებით

$$P_{\text{noc}} = m_n \ddot{x}' + b_n \dot{x}' + P_{\text{mpn}}. \quad (68)$$

თავის მხრივ

$$P = P_I + P_{\text{noc}}.$$

ასეთ შემთხვევაში ჰიდრავლიკური შემსრულებელი მექანიზმის ოთხხვრელიანი მკვეთარა - ჰიდროცილინდრი - ჩაიწერება სახით.

$$m_n \ddot{x}' + b_n \dot{x}' = d [P_{\text{mpn}} \text{sign} \dot{x}'] + k_{\text{oc}} \left[ I_1 \ddot{x}_1 + b_{12} \dot{x}_1 + c_{12} x_1 + b_{12} \dot{x}_2 + c_{12} x_2 \right] + dt$$

$$+ br_{12} \ddot{x}_2 + cr_{12} \dot{x}_2 = \frac{1}{dt} [Mr^{mp1} \text{sign} \dot{x}] + F(p; F, \text{ფ}),$$

$$(69)$$

სადაც

$$F(p; F, \mathbb{R}) = k_v \cdot 1 \sqrt{\frac{1 [B_{11}^* x + B_{12}^* x + I_1 \dots + b_{12}^2 \cdot 1 + c_{12}^2 \cdot 1 \cdot 1]}{P_n F}} \quad (70)$$

$$= b_{r^{12}} \cdot 2 \cdot c_{r^{12}} \cdot P_{mpn} \text{sign} x \cdot \dots \cdot M_r^{mp} \text{sign} \cdot 1 \cdot \dots \cdot \text{sign} \cdot,$$

$$B_{11}^* = b_n \cdot B_{11} \cdot F;$$

$$B_{12}^* = m_k \cdot B_{22} \cdot,$$

$m_n$  – ჰიდროცილინდრის ჭოკთან ერთად წინსვლით-უკუქცევითად მოძრაობის მასა;  $M_n$  – გარე დატვირთვის მომენტი;  $r$  – ჰიდროცილინდრის სავარცხელასთან მოდებში მყოფი კბილა სექტორის რადიუსი;  $I_1$  და  $I_2$  – ინერციის დაყვანილი მომენტები აპროქსიმაციულ ორმასიან მოდელში.

განხილვადი ამძრავის ჰიდრავლიკური ნაწილი გადაცემის მექანიზმი ჩაიწერება როგორც სისტემა, რომელიც შედგება განტოლებიდან (69)

$$I_2 \cdot \ddot{x}_2 = b_{22} \cdot \dot{x}_2 + c_{12} \cdot x_2 + b_{12} \cdot \dot{x}_1 + c_{12} \cdot x_1 + M_n \cdot \text{sign} | \dot{x}_1 | + M_{mp} \cdot \text{sign} \dot{x}_1. \quad (71)$$

განხილვადი სისტემის (65-67) განტოლებების თანახმად სტრუქტურულ სქემაში მექანიკური ნაწილი წარმოდგენილი იქნება გადამცემი ფუნქციებით:

$$W_M(s) = \frac{I s b_2^{12} + s b_{12} + c_{12} s^2 + c_{12}}{2} \quad (72)$$

$$W_{Mn}(s) = b_{12}^* s + c_{12}^*. \quad (73)$$

სტრუქტურული სქემის მეორე ვარიანტი შეიძლება წარმოდგენილი იყოს, როგორც სისტემა, რომელიც შემორტყმულია უკუკავშირით  $\Pi_1$  კოორდინატის მიმართ.

არაწრფივი განტოლებათა სისტემის (69) გაწრფივებული მოდელი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ სახით:

$$m_c \cdot \ddot{x} + h_c \cdot \dot{x} + k_x \cdot x = k_{ye} k_v \cdot y + A_1 \cdot \dot{x} + A_2 \cdot x + A_{\Pi_1} \cdot \dot{x}_2 + A_{2\Pi_1} \cdot x_2$$

$$\square A_{10}\square_1 \square A_{20}\square_1 \square A_{10}\square_2 \square A_{20}\square_2. \quad (74)$$

$$\text{აქ: } \square_1 \square \frac{x}{r}.$$

უკანასკნელის გათვალისწინებით ვიღებთ განტოლებას:

$$m_c \dot{x} \square B_h \dot{x} \square B_{k_{\text{oc}}} \dot{x} \square k_{\text{oc}} k_v y \square A_{10}\square_2 \square A_{20}\square. \quad (75)$$

ნაშრომის წინა პარაგრაფებში მოყვანილი მეთოდოლოგიის თანახმად დრეკადრგოლებიანი სისტემის ჰიდრომექანიკური ნაწილის გაწრფივებული მოდელი აღიწერება განტოლებებით

$$\square p^\theta \square p_\theta \square K_{gy} y \square K_{g\square} \square_1, \quad (76)$$

$$T_{p\theta} dt$$

$$I_1 \square_1 \square b_{12}\square_1 \square c_{12}\square_1 \square K_M p_\theta \square b_{12}\square_2 \square c_{12}\square_2, \quad (77)$$

$$I_2 \square_2 \square b_{12}\square_1 \square c_{12}\square_1 \square M_n \square b_{12}\square_1 \square c_{12}\square_1. \quad (78)$$

### დასკვნები

1. ტექნიკის განვითარების თანამედროვე ტენდენციები ხასიათდებიან ავტომატიზებული მანქანების ფართო დანერგვით – ინერგება პროგრამული

მართვის ჩარხები, რობოტოტექნიკური სისტემები, ავტომატიკის ელემენტების შემცველი სატრანსპორტო მოწყობილობები, კერძოდ გემის კურსის და მდებარეობის მართვის სისტემები და ა.შ. ასეთი მანქანების ერთ–ერთ ძირითად ფუნქციონალურ ელემენტებს წარმოადგენენ ამძრავთა ავტომატიზებული სისტემები, რომელთა შორის საკმაოდ ფართო გამოყენების სფერო უკავიათ ამძრავთა ჰიდრო–, ელექტროჰიდრო და ელექტროჰიდრომექანიკურ, მათ შორის მრავალკონტურიან, ამძრავთა სისტემებს.

აღნიშნულია, რომ მათი სტრუქტურული გართულება გამოწვეულია მუშაობის რეჟიმის და შესასრულებელი ფუნქციების გაფართოვების,

მუშა ორგანოთა სიჩქარეთა გაზრდის, ლითონტევადობის და ენერგოდანახარჯების შემცირების აუცილებლობით.

2. აღნიშნულია, რომ თუ ჰიდრავლიკურ სისტემებთან მიმართებაში მათი შემდგომი განვითარება დაკავშირებულია ჰიდრავლიკური ელემენტების ტექნიკურ მახასიათებლებთან, ელექტროჰიდრავლიკურ სისტემებში დიდი მნიშვნელობა აქვთ, როგორც ცალკეული სტრუქტურული ელემენტების მაჩვენებლებთან დაკავშირებულ საკითხებს, აგრეთვე ამ ელემენტების სწორ შეთანწყობას მათი შიგა დინამიკური მაჩვენებლების მიხედვით.

ამძრავთა თანამედროვე რთული სტრუქტურის ჰიდრავლიკური და მრავალკონტურიან ელექტროჰიდრავლიკური და ელექტროჰიდრო-მექანიკური ამძრავთა სისტემების და მათი ცალკეული ფუნქციონალური ელემენტების სტრუქტურული აგების, დინამიკური მოდელირებისა და კვლევის საკითხების მიმოხილვა მიგვითითებს იმაზე, რომ ასეთი სისტემების კვლევის მეთოდები და მეთოდიკები მოითხოვენ შემდგომ სრულყოფას, მიმართულს მათი მაჩვენებლების ოპტიმიზაციისაკენ.

3. ამძრავთა ჰიდრავლიკური ელექტროჰიდრავლიკური და სტრუქტურულად უფრო რთული ელექტროჰიდრომექანიკური სისტემების ჰიდრავლიკური ნაწილის აღმწერი განტოლებათა სისტემების ანალიზის საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ უკანასკნელნი წარმოადგენენ არაწრფივ სისტემებს და

მათში ჰიდრავლიკური მმართველი მკვეთარების ხარჯვითი მახასიათებლებით წარმოქმნილ არაწრფივ ფუნქციებთან და ხახუნის ძალის მახასიათებელთან ერთად საქმე გვაქვს მშრალი ხახუნის ძალის მოქმედებით წარმოქმნილ არაწრფივ იმპულსურ ფუნქციასთან.

ჩამოყალიბებულია აღნიშნულ სისტემათა ანალიზის ორიგინალური მეთოდოლოგია იმპულსური ფუნქციის ზემოქმედებათა გათვალისწინებით.

აქვე ნაჩვენებია, რომ უკანასკნელის მოქმედება წარმოადგენს დამატებითი დემოფირებადი ზემოქმედების შემოტანას, რის შედეგადაც დინამიკურ კვლევებთან მიმართებაში იმპულსური ფუნქციის მოქმედება შესაძლოა განხილული იქნას საკვლევი პროცესების უკანასკნელ ეტაპებზე.

4. თანამედროვე ავტომატიზებული მანქანებში ფართოდ გამოყენებულ ელექტროჰიდრომექანიკურ ამძრავთა სისტემებთან მიმართებაში ცნობილი კვლევების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დინამიკური მოდელირებისა და კვლევების ეფექტურობის ამაღლების თვალსაზრისით საჭიროა სისტემის, მრავალ შემთხვევაში მრავალმასიან, ნაწილში არსებული დრეკადი კავშირების გათვალისწინება. უკანასკნელი ნაწილის კვლევის მეთოდებისა და მეთოდიკების შეთანწყობასთან მთლიანი სისტემის მოდელირებისა და კვლევის საკითხებთან.
5. საკვლევი სისტემების ცალკეული ელემენტების მიმართ შემუშავებული მოდელების და მათი შეთანწყობის საკითხების გათვალისწინებით აგებულია ავტომატიზებულ (მათ შორის პროგრამული) მართვის ჩარხებში, რობოტოტექნიკურ სისტემებში და გემების მდებარეობისა და კურსის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში ფართო გამოყენებული მთლიან ელექტრომექანიკური სისტემების დინამიკური მოდელები. მექანიკური ნაწილის მოდელირების საკითხის გადაჭრაში მთლიანი სისტემის სტრუქტურასთან შეთანწყობაში გამოყენებულია აპროქსიმაციულ მოდელებზე გადასვლის ორიგინალური მეთოდოლოგია წარმოსახვით სიხშირეთა მოდიფიცირებული მახასიათებლების გამოყენებაზე.
6. აღნიშნულ ელექტროჰიდრომექანიკურ სისტემებთან მიმართებაში შესწავლილია მკვეთარას გავლით სითხის ხარჯის, წნევის ვარდნის და ჰიდროძრავაში მოხმარებული სითხის რაოდენობის კანონზომიერებები და მათი გათვალისწინებით შემუშავებულია დრეკადრგოლებიანი ორ– და სამმასიანი აპროქსიმაციული მოდელების შემცველი სისტემები,



როგორც ბრუნვითი ჰიდროამძრავების და ჰიდროცილინდრების გათვალისწინებით.

გემის კურსისა და მდებარეობის მართვის ელექტროჰიდრომექანიკური სისტემისათვის არაწრფივი დინამიკური მოდელის აგებისას გამოყენებულია ჰიდრო და დრეკადრგოლებიანი მექანიკური ნაწილის ორიგინალური ურთიერთდამაკავშირებელი მათემატიკური კანონზო- მიერებები.

7. შემუშავებული მათემატიკური მოდელირებისა და აგრეთვე ცნობილი კვლევების ანალიზი დინამიკური სინთეზის ძირითადი კრიტერიული პარამეტრების გამოვლენის თვალსაზრისით მიგვითითებს საკვლევი სისტემის სინთეზის თეორიის შემუშავების მიზანშეწონილობაზე ცნობილი მოცემული გარდამავალი პროცესების მიხედვით სინთეზის მეთოდის გამოყენების საფუძველზე. შემოთავაზებულია სინთეზის გამოყენებითი თეორიის აგების ზოგადი სქემა, რომელიც მიმართულია ტექნიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაციისკენ.
8. ავტომატიზირებულ ჩარხებში და რობოტოტექნიკურ სისტემებში ფართოდ გამოყენებული ელექტრომექანიკური სისტემის მიმართ. 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 მამრავლების (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.

9. 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 სტრუქტურულ-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.

10. 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.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში:

1. Мchedlishvili Т.Ф., Marsagishvili Л.Г., Demetrasvili К.Г. К моделированию динамики электрогидромеханической следящей системы с упругими связями в механической части привода // Транспорт и машиностроение, № 2(24). Тбилиси, 2012, с.14-21.
2. Мchedlishvili Т.Ф., Marsagishvili Л.Г., Zubiashvili Г.М., Balakhadze Д.Д. К вопросу динамики электрогидравлической следящей системы с упругими связями в механической части привода // Труды международной конференции „21 საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“. том II, Тбилиси, 2012. с. 196–199.
3. Мchedlishvili Т.Ф., Marsagishvili Л.Г., Diasamidze Т.А., Gviniasvili З.М. К вопросу оптимизационного синтеза электромеханических систем по заданным переходным процессам // Труды международной конференции „21 საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“, том II, Тбилиси, 2012. с. 191–195.
4. Романадзе И.Р., Капанадзе Т.В., Marsagishvili Л.Г., Накашидзе Н.Р., Ткешелашвили В.Г. К динамическому синтезу многоконтурной электрогидравлической следящей системы // Транспорт и машиностроение, № 3(31), Тбилиси, 2014. с. 15-20.
5. T. Mhedlishvili, M. Kashibadze, T. Kapanadze, L. Marsagishvili, Kh. Amkoladze. To optimizarion synthesic of Follow-UP Drive with elastic in Mechanical Part || Proceedingcs Mechanics 2016. The International Scientific Confenerce on Mechanics 2916, Tbilisi, 2016, pp. 105-110.
6. Мchedlishvili Т.Ф., Marsagishvili Л.Г., Amkoladze Х.М., Beriashvili Б. К оптимизационному синтезу электрогидромеханических систем с упругими звеньями в механической части // Транспорт и машиностроение, № 3(37), Тбилиси, 2016, с. 25-31.

Abstract

Modern trends of technology development are characterized by a wide implementation of variety of automated machines. Are implemented the programmable machines, robotic systems and transportation equipment including automation elements, etc.

The one of the main functional elements of automated machine represents the mechanical, electrical, hydraulic and pneumatic drives that in many cases are structurally complex technical devices.

In this regard, the machine's design and structure are largely determined by the drive systems structure and design.

The related with development and research of above mentioned drive systems papers reviews suggesting that currently these systems were widely used in hydraulic and electro-hydraulic and electro-hydro-mechanical drive systems.

Such systems were widely used in automated, including software control machines, robotic complexes, responsible control systems of modern ships.

The related with development and research of above mentioned drive systems papers reviews suggesting on the relevance of improvement of scientific and technological task analysis and synthesis methods and techniques for carried out in them dynamic processes that represents constituent part of general problem of optimization calculation of complex multi-link, multi-contour systems.

The objective of the work is:

The review of widely used in modern machines and machine systems drive systems, the development of original mathematical models and dynamic research methods and techniques of complex structure hydraulic, electro-hydraulic and electromechanical systems directed on increasing the effectiveness and quality of these systems.

For achievement of intended objective of the research tasks are included:

- The analysis of modern state of drive systems under study, the issue of development of their dynamic analysis and synthesis methods and techniques and formation of further research tasks;
- The analysis of mathematical models of individual functional elements of multi-contour systems under study and on their basis the development of dynamic models of entire system developed in the mechanical part as absolutely rigid, as well as with consideration of models with flexible links;
- By application of developed models developed for the dynamical schemes of systems under study, construction of transmission functions and regulated coordinate's expressions as a component of method under development;
- The revealing basic principles of a method under development and accordingly to transient construction of synthesis algorithms;
- The research of specific follow-up systems. Revealing of features and degree of efficiency of developed methods and systems.

The scientific novelty of work lies in:

□ the new methodological approaches of construction of desired processes formation and the search of synthesized parameters method accordingly of stated transient processes of hydraulic, electro-hydraulic and electro-hydronechanical systems under study mathematical modeling of dynamics.

Practical value of the work. The methods and methodologies of multi-mode drive systems under study dynamic analysis and synthesis and the results of research, directed on the improvement of quality and efficiency of the drive electromechanical systems.

The reliability of scientific provisions, conclusions and recommendations are provided by the application of mathematical modeling, scientifically proven methods complex structural systems regulation and parametric synthesis.

In the introduction part is justified the urgency of the thesis, the review widely applied in the latest technology drives, including hydraulic, electrohydraulic and electro-hydro mechanical actuators general functional and structural features.

Is carried out the overview of the issues of construction dynamic systems modeling and research, in particular, is analyzed the necessary for research of mathematical modeling of mechanical part, as well as basic methods and methodologies for follow-up officers automated drive systems design and research.

In the main part of the work are considered used for in the automated machine, robotic and ship control systems specific types of hydraulic, electrohydraulic and electro hydro-mechanical drive systems.

Based on the analysis of describing hydraulic part simultaneous equations describing is shown that the latter belongs to the essentially non-linear systems and with their hydraulic valve charge characteristics we deal with non-linear functions generated by dry friction force nonlinear pulse function.

Is stated the original methodology of dynamic analysis of mentioned system with taking into account of the impacts of the pulse function.

With taking into account the individual elements of the developed models and their matching issues are constructed in automated machines (including software control), robotic systems and ships location and course automated control systems widely are applied dynamic models of the entire electro-mechanical systems. In the solution of issue of the modeling of mechanical part with matching with whole system structure is applied the original methodology of transition on approximation models with application of imaginary frequencies modified characteristics.

With respect of mentioned electro-hydro-mechanical systems have been studied the laws of liquid consumption through valve, pressure drop and consumed in hydraulic drive their liquid amount has been developed taking into account the containing two- and three-mass approximated models systems with flexible links.

At construction of nonlinear dynamical models for the ship's course and location control electro-hydro-mechanical systems are applied original interconnection laws of hydro and mechanical part with flexible links.

Are considered in the general form accordingly of stated transition processes of the systems under study the individual stages and procedures of structural and parametric synthesis methodology.

For widely used in the automated machines and robotic systems are electro-hydro-mechanical systems. In terms of the realization of synthesis methodology: has been developed required for the structural synthesis expressions of the intermediate coordinates, has been generated the expressions of the desired processes for system; were obtained conditional and normal simultaneous equations with respect to the written down desired parameters, are stated the expressions for solution of normal simultaneous equations.

For the approbation of procedures used for testing ere conducted engineering studies with respect to the having certain initial parameters system.

The carried out researches have shown the practical effectiveness of developed theory of engineering synthesis of systems under study with the proximity of desired processes in terms of the and their characteristics as well as in terms of further improvement of their parameters.