

არაწრფივი აგრეგირებადი პროპორციულ-დიფერენციალური რეგულატორების სტრუქტურული კონსტრუქცია და სიმეტრია

ვალიდა სესაძე, ნანა მაღლაკელიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია არაწრფივი რეგულატორების ანალიზური კონსტრუქციების ამოცანა სინერგეტიკული მეთოდით, რომელიც ემყარება მდგომარეობათა სივრცეში სისტემის კოორდინატებს შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულების-ატრაქტორების შემოღებას, რომლებზედაც ობიექტის ბუნებრივი თვისებები საუკეთესოდ ეთანადება მართვის ტექნოლოგიურ მოთხოვნებს. სინერგეტიკული მიდგომის მიხედვით დამყარებულია შესაბამისობა ინვარიანტულ მრავალსახეობებსა და საოპტიმიზირებელ ფუნქციონალებს შორის.

საკვანძო სიტყვები: რეგულატორი. პდ-რეგულატორი. სინერგეტიკა. სიმეტრია. სტრუქტურული კონსტრუქცია.

1. შესავალი

აგრეგირებული რეგულატორების ანალიზური კონსტრუქციების პრობლემის გადაჭრის თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია იმ ზოგადი თვისების გამოვლენა, რომელსაც ემყარება არაწრფივი აგრეგირებული სისტემის დინამიკური ობიექტების მართვის თეორია [3,4].

მართვის არაწრფივი სისტემის სინთეზის პრობლემაში მოცემული კონცეპცია იყენებს ინვარიანტების და ინვარიანტული დამოკიდებულებების ცნებას. თუმცა, ინვარიანტების კლასიკური თეორიისაგან განსხვავებით ის ეფუძნება, პირველ რიგში, დისიპატიური სტრუქტურების თეორიას და მეორე რიგში, ინვარიანტების – ატრაქტორების (სინერგეტიკის) მიზნობრივ შემოტანას, რომლებშიც ხორციელდება სისტემის მიმართული თვითორგანიზაცია.

სინერგეტიკულ მეთოდში გაერთიანებულია კავშირი ინვარიანტულ მრავალსახეობებსა და სისტემების საოპტიმიზაციო ფუნქციონალებს შორის. სინერგეტიკის თვალსაზრისით ოპტიმიზაციის მეთოდი ეყრდნობა ორ წარმოდგენას: ფუნქციონალის სინერგეტიკულ ინტერპრეტაციას და უშუალო კავშირის დამყარებას ოპტიმალური რეგულატორების ანალიზური კონსტრუქციების (ორაკ)-ის თეორიის ხარისხის კვადრატულ და სხვა კრიტერიუმებს და თანმხლებ ფუნქციონალებს შორის. თუმცა, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ამ მიდგომის გამოყენება არაწრფივი სისტემების მართვის ანალიტიკური კონსტრუქციების ამოცანებში ეფუძნება ინვარიანტულ მრავალსახეობებს და არა რომელიმე ოპტიმალურობის კრიტერიუმს, რომლებსაც აქ გააჩნიათ თანმხლები, მეორადი ხასიათი [1].

2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ აგრეგირებული რეგულატორების სტრუქტურული სინთეზის ამოცანა აგრეგირებული რეგულატორების ანალიზური კონსტრუქციების (არაკ)-ის მეთოდით [1,2], მეორე რიგის არაწრფივი ობიექტებისათვის, რომელიც აღიწერება შემდეგი განტოლებათა სისტემით

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= f_1(x_1) + a_2 x_2 \\ \dot{x}_2(t) &= f_2(x_1, x_2) + u \end{aligned} \quad (1)$$

სადაც f_1, f_2 ფუნქციებია, რომლებიც დიფერენცირებადია თავისი არგუმენტების მიხედვით და აკმაყოფილებს საწყის პირობებს $f_1(0) = 0, f_2(0) = 0$. არაწრფივი აგრეგირებული რეგულატორების ანალიზური კონსტრუირების მეთოდის თანახმად, შემოვიტანოთ მაკროცვლადი

$$\psi_1 = x_2 + \varphi_1(x_1), \quad (2)$$

თუ ψ_1 შევიტანოთ ფუნქციონალურ განტოლებაში მივიღებთ:

$$T_1 \dot{\psi}_1(t) + \psi_1 = 0,$$

(1) ობიექტის განტოლების გათვალისწინებით მივიღებთ მართვის კანონს

$$u = -\dot{\varphi}_1(t) - \frac{1}{T_1} \varphi_1 - \frac{1}{T_1} x_2 - f_2(x_1, x_2). \quad (3)$$

(3) მართვას გადაჰყავს სისტემის გამომსახველი წერტილი (2) $\psi_1 = 0$ მრავალსახეობის გარემოში, რომლის გასწვრივაც მოძრაობა აღიწერება შემდეგი სახის დიფერენციალური განტოლებით

$$\dot{x}_{1\psi_1}(t) = f_1(x_{1\psi_1}) + a_2 \varphi_1(x_{1\psi_1}). \quad (4)$$

(4) განტოლების ნულოვანი ამონახსნის მდგრადობისათვის უნდა შესრულდეს პირობა:

$$a_2 \varphi_1(x_1) = f_1(x_1) + ax_1 \quad (5)$$

უკანასკნელი გამოსახულების გათვალისწინებით (1)-(3) ჩაკეტილი სისტემის განტოლება x_1 გამომავალი კოორდინატის მიმართ მიიღებს სახეს:

$$\frac{T_1}{a} \ddot{x}_1(t) + \left(T_1 + \frac{1}{a} \right) \dot{x}_1(t) + x_1 = 0,$$

რომელიც $a > 0, T_1 > 0$ პირობების შემთხვევაში ასიმპტოტურად მდგრადია მთელში. u მართვის მიღებული (3) გამოსახულება გვიჩვენებს, რომ სინთეზირებულ რეგულატორს გააჩნია პროპორციული-დიფერენციალური მართვის ალგორითმი φ_1 ფუნქციის მიმართ. რეგულატორის ასაგებად საჭიროა შემოვიტანოთ φ_1 ფუნქცია მასში x_1 კოორდინატის და $f_1(x_1)$ ფუნქციის შემოტანით, შემდგომ x_2 კოორდინატისა და $f_2(x_1, x_2)$ ფუნქციის შემოტანით. რეგულატორის ტექნიკურად რეალიზაციისათვის საჭიროა დიფერენციატორი და ამჯამავი. რეგულატორის ტექნიკური რეალიზაცია შეიძლება განხორციელდეს სერიულად გამოშვებული ავტომატიზაციის საშუალებებით ან პროგრამულად იქნეს აგებული მიკროპროცესორებზე და მიკრო ეგმ-ზე.

ანალოგიურად წინა შემთხვევის განვიხილოთ რეგულატორების სტრუქტურული სინთეზი არაწრფივი მესამე რიგის შემდეგი სახის ობიექტებისათვის:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= f_1(x_1) + a_2 x_2, \\ \dot{x}_2(t) &= f_2(x_1, x_2) + a_3 x_3, \\ \dot{x}_3(t) &= f_3(x_1, x_2, x_3) + u, \end{aligned} \quad (6)$$

სადაც f_1, f_2, f_3 - ცვლადების მიხედვით დიფერენცირებადი ფუნქციებია და აკმაყოფილებენ საწყის პირობებს $f_1(0) = 0, f_2(0) = 0, f_3(0) = 0$.

შემოვიტანოთ შემდეგი სახის პირველი მაკროცვლადი

$$\psi_1 = x_3 + \varphi_1(x_1, x_2), \quad (7)$$

რომლის ჩასმითაც $T_1 \dot{\psi}_1(t) + \psi_1 = 0$, ფუნქციონალურ განტოლებაში და (6) ობიექტის განტოლების გათვალისწინებით მივიღებთ შემდეგი სახის მართვის კანონს:

$$u = -\dot{\varphi}_1(t) - \frac{1}{T_1} \varphi_1 - \frac{1}{T_1} x_3 - f_3(x_1, x_2, x_3). \quad (8)$$

მიღებულ მართვის კანონს გადაჰყავს სისტემის გამომსახველი წერტილი გადაჰყავს $\psi_1 = 0$ პირველი მრავალსახეობის გარემოში, რომლის გასწვრივაც მოძრაობა აღიწერება შემდეგი დიფერენციალური განტოლებებით

$$\begin{aligned} \dot{x}_{1\psi_1}(t) &= f_1(x_{1\psi_1}) + a_2 x_{2\psi_1} \\ \dot{x}_{2\psi_1}(t) &= f_2(x_{1\psi_1}, x_{2\psi_1}) - a_3 \varphi_1(x_{1\psi_1}, x_{2\psi_1}) \end{aligned} \quad (9)$$

შემოვიტანოთ მეორე მაკროცვლადი

$$\psi_2 = x_2 + \varphi_2(x_1). \quad (10)$$

თუ ჩავსვამთ მას $T_2\dot{\psi}_2(t) + \psi_2 = 0$, ფუნქციონალურ განტოლებაში (9) განტოლების გამოყენებით ვპოულობთ შემდეგი სახის შუალედურ მართვას

$$a_3\varphi_1 = \dot{\varphi}_2(t) + \frac{1}{T_2}\varphi_1 + \frac{1}{T_2}x_2 + f_2(x_1, x_2). \quad (11)$$

მართვა (11) თავისი სტრუქტურით (8) და (3) მართვის კანონების იდენტურია და თავის მხრივ, გადაჰყავს გამომსახველი წერტილი $\psi_2 = 0$ მრავალსახეობის მიდამოში, რომლის გასწვრივაც მოძრაობა აღიწერება განტოლებით

$$\dot{x}_{1\psi_2}(t) = f_1(x_{1\psi_2}) + a_2\varphi_2(x_{1\psi_2}) \quad (12)$$

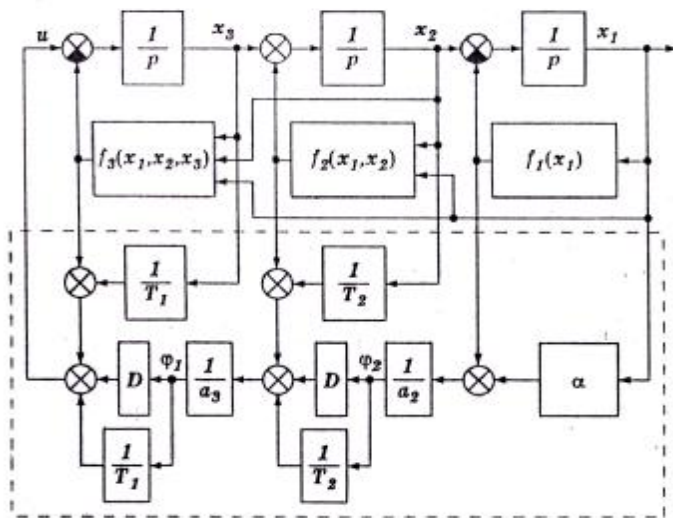
$\varphi_1(x_1)$ ფუნქციის შერჩევა

$$a_2\varphi_2(x_1) = f_1(x_1) + ax_1 \quad (13)$$

სახით გვაძლევს საშუალებას უზრუნველვყოთ (12) განტოლების ნულოვანი ამონახსნის ასიმპტოტური მდგრადობა მთელში. ხორციელდება ჩაკეტილი სისტემის სინთეზი, რომლის განტოლებასაც x_1 კოორდინატის მიმართ აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{T_1 T_2}{a} \ddot{x}_1 + \left(T_1 T_2 + \frac{T_1}{a} + \frac{T_2}{a} \right) \dot{x}_1 + \left(T_1 + T_2 + \frac{1}{a} \right) x_1 = 0 \quad (14)$$

როგორც (14) განტოლებიდან გამომდინარეობს, როცა $a > 0, T_1 > 0, T_2 > 0$ სისტემა, პირველ რიგში, ასიმპტოტურად მდგრადია, ხოლო მეორე რიგში აქვს გარდამავალი პროცესების აპერიოდულად მიღწევადი ხასიათი. ფუნქცია φ_2 -ის სახე ემთხვევა (5)-ს. (8) და (11) გამოსახულებებიდან გამომდინარეობს, რომ აგებული მართვის (8) და (11) კანონები წარმოადგენენ მიმდევრობით შეერთებულ პროპორციულ-დიფერენციალურ რეგულატორებს რომელთა შესასვლელზეც მიეწოდებათ სიგნალები, რომლებიც შეესაბამებიან x_1 და x_2 კოორდინატებს და $f_1(x_1)$ და $f_2(x_1, x_2)$ ფუნქციებს.



ზემოთ ნახსენები რგოლები სტანდარტული პროპორციულ-დიფერენციალური სტრუქტურის როგორც ტიპური ელემენტარული რგოლები

3. დასკვნა

სიმეტრიის თვისება გამოვლენილ სტრუქტურებს და სინთეზირებულ აგრეგირებულ რეგულატორს შორის ამტკიცებს რომ სიმეტრია – ეს ერთგვარი განზოგადოებული ბუნებრივი თვისებაა, რომელიც დამახასიათებელია ბუნების კანონებისათვის. მათ შორის რასაკვირველია ტექნი-

ნახაზზე გამოსახულია ჩაკეტილი სისტემის სტრუქტურული სქემა, რომლის მართვის მოწყობილობა წარმოადგენს ორ მიმდევრობით შეერთებულ პროპორციულ-დიფერენციალურ რეგულატორს, რომელთა შესასვლელზეც მიეწოდება შესაბამისი ცვლადები. ნახაზიდან შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ აგრეგირებული რეგულატორები შედგება მიმდევრობით შეერთებული რეგულირებადი ელემენტარული რგოლებისგან, რომლებიც ახორციელებს შემაჯავლი სიგნალების დიფერენცირებისა და მასშტაბირების ოპერაციას.

აგრეგირებული რეგულატორების ეს თვისება საშუალებას გვაძლევს გამოვყოთ

კური დინამიკური ობიექტების მართვის აგრეგირებული სისტემებისათვისაც. ჩამოყალიბებული აგრეგირებული რეგულატორების სტრუქტურული კონსტრუირების ხერხი ილუსტრირებული იქნა მეორე და მესამე რიგის არაწრფივი ობიექტების სკალარული მართვის სინთეზის ამოცანაზე.

ლიტერატურა:

1. გუგუშვილი ა., ხუროძე რ., იმედაძე თ., გარგი დ. მართვის თეორია. არაწრფივი სისტემები მე-2 ნაწ., სტუ, თბილისი. 1999
2. გუგუშვილი ა., ხუროძე რ., იმედაძე თ., გარგი დ. მართვის თეორია. სინერგეტიკა. მე-3 ნაწ., სტუ, თბილისი. 2000
3. Красовский А.А. Алгоритмические основы оптимальных адаптивных регуляторов нового класса. Автоматика и телемеханика. 1995. №9
4. Загарий Г.И., Шубладзе А.М. Синтез систем управления на основе критерия максимальной степени устойчивости. М.: Энергоатомиздат, 1988

STRUCTURAL DESIGNING AND SYMMETRY OF THE NONLINEAR REGULATORS AGGREGATED PROPORTIONALLY-DIFFERENTIATION

Valida Sesadze Nana Maglakelidze
Georgian Technical University

Summary

Problem decisions of analytical designing of nonlinear regulators of synergetic method, which is based on carried in functional dependence in space of positions of attractors on which natural properties are arranged with technological requirements of control as considered. By the synergetic approach conformity between invariant diversives and optimizing functions is established.

СТРУКТУРНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ И СИММЕТРИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ АГРЕГИРОВАННЫХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ДИФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

Сесадзе В., Маглакелидзе Н.И.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассматривается решение задачи аналитического конструирования нелинейных регуляторов синергетическим методом, которое основано на введении функциональной зависимости в пространстве положений - аттракторов, на которых естественные свойства объекта наилучшим образом подстраиваются к технологическим потребностям управления. Исходя из синергетического подхода установлено соответствие между инвариантными многообразными и оптимизирующими функционалами.