სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანა მართვის არაწრფივი, განაწილებულპარამეტრებიანი ობიექტებისათვის ორმაგი ბმით

ნოდარ ნარიმანაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია არაწრფივი ორგანზომილებიანი მართვის ობიექტების იდენტიფიკაციის ამოცანა, როდესაც ეს ობიექტები კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებებით აღიწერება. დამუშავებულია ექსპერიმენტული მეთოდი რომელიც ასეთი ობიექტების ძირითადი სტრუქტურების ამოცნობის საშუალებას იძლევა. მეთოდი ეფუძნება სისტემის დამყარებული რეჟიმების სიხშირულ ანალიზს.

საკვანძო სიტყვები: ობიექტების იდენტიფიკაცია. განაწილებულპარამეტრებიანი სისტემა. ჰამერშტეინ-ვინერის მოდელი. აქტიური ექსპერიმენტი.

1. შესავალი

მართვის არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაციის თეორიასა და პრაქტიკაში კარგადაა ცნობილი მეთოდი, რომელიც ემყარება ამ სისტემის წრფივი დინამიკური რგოლებისა და არაწრფივი სტატიკური ელემენტების შეერთების სხვადასხვა ვარიანტებით წარმოდგენას [1,2].

არაწრფივი სისტემის სტრუქტურის ამ ფორმით დაზუსტება მნიშვნელოვნად ამარტივებს იდენტიფიკაციის საერთო ამოცანებს და ქმნის ხელსაყრელ პირობებს პარამეტრების იდენტიფიკაციისთვის. მართვის ობიექტების სტრუქტურული და პარამეტრული იდენტიფიკაციის პრობლემების გადაწყვეტას ბოლო ათწლეულებში მიეძღვნა მრავალი ნაშრომი, მაგრამ პრობლემის მასშტაბურობის გამო ეს ამოცანა კვლავ ინარჩუნებს აქტუალურობას და წარმოადგენს ეფექტური მართვის სისტემის აგების აუცილებელ წინაპირობას. მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ იდენტიფიკაციის პროცესში ხშირად ხდება იმ ფარული რესურსებისა და შესაძლებლობების გამოვლენა, რომლებიც დადებითად აისახება მართვის სისტემის საპროექტო ვარიანტებში.

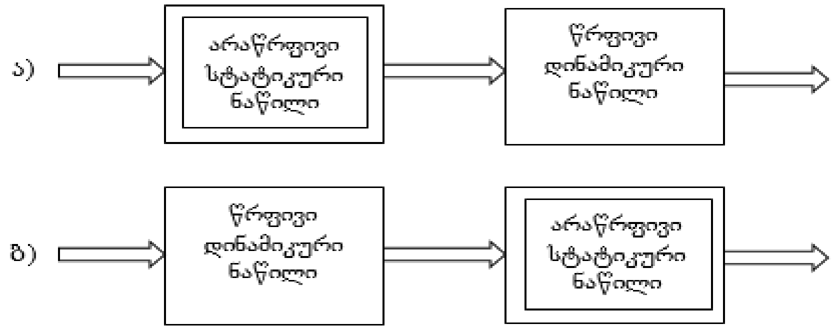
2. ძირითადი ნაწილი

ნაშრომის მიზანია სტრუქტურული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტა მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი ობიექტისათვის დროსა და სივრცეში განაწილებული პარამეტრებით.

არაწრფივობათა მრავალფეროვნების მიუხედავად, მართვის სისტემების იდენტიფიკაციის თეორიაში ყველაზე ხშირად განიხილავენ არაწრფივი მოდელების ორ ძირითად სახეს:

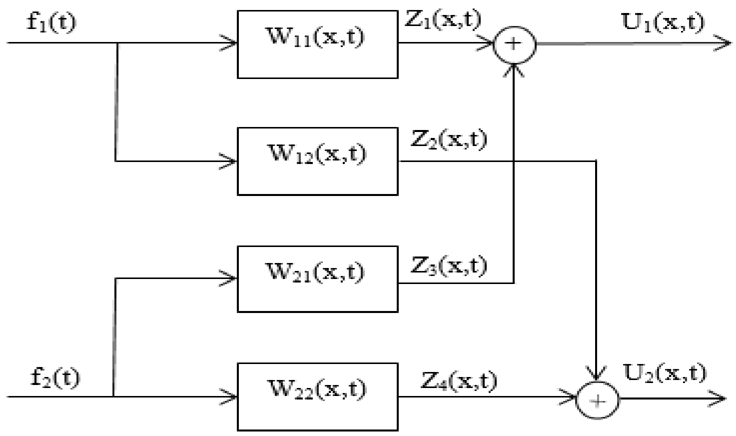
ა) ჰამერშტეინის მარტივი მოდელი, რომელშიც ობიექტის არაწრფივი სტატიკური ნაწილი წინ უსწრებს წრფივ დინამიკურ მოდელს (ნახ.1-ა);

ბ) ვინერის მარტივი მოდელი, რომელშიც სისტემის შემავალი სიდიდეების არაწრფივი რიცხობრივი გარდაქმნა ხდება წრფივი დინამიკური გარდაქმნის შემდეგ (ნახ.1-ბ);



ნახ.1

პირველადი ამოცანა მდგომარეობს საიდენტიფიკაციო ობიექტისათვის ამ სტრუქტურებიდან ერთ-ერთის შერჩევაში (ამოცნობაში). სტრუქტურული იდენტი-ფიკაციის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ არაწრფივი განაწილებულპარამეტრებიანი სისტემა ორმაგი ბმით, რომლის ზოგადი ბლოკ-დიაგრამა მოცემულია მე-2 ნახაზზე.



ნახ.2

ასეთი სტრუქტურა აქვთ პრაქტიკაში საკმაოდ გავრცელებულ მართვის ობიექტებს დროსა და სივრცეში განაწილებული პროცესებით, როგორიცაა ჰაერის კონდიცირების სისტემა (ურთიერთდაკავშირებული სიდიდეებია ტემპერატურა და ტენიანობა), ჰიდროტურბინა (წნევა და ბრუნვის კუთხური სიჩქარე), დისტილაციური სვეტი (სითხის დონე და ტემპერატურა) და სხვა [1,3,4].

ვიგულისხმოთ, რომ სისტემის თითოეული Gij არხი (i=1;2; j=1;2) შეიძლება აღვწეროთ პირველი რიგის კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებით, ხოლო სიდიდეთა არაწრფივი სტატიკური გარდაქმნა ხდება $Y= Kx^2$ არაწრფივი კანონით (K=const).

ამოცანის მიზანია ექსპერიმენტულად ვიპოვოთ კრიტერიუმი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს ასეთი ობიექტი მივაკუთვნოთ შემოთავაზებული ორი მოდელიდან ერთ-ერთს.

კვლევის მეთოდად ავირჩიოთ სიხშირული მეთოდი. შესაბამისად, გამოსაკვლევი ობიექტის შესასვლელზე მოვდოთ სინუსოიდური სიგნალი მუდმივი ამპლიტუდით და კუთხური სიხშირის ცვლილების შესაძლებლობით.

ამასთან, ექსპერიმენტის პროცესში სინუსოიდურად იცვლება მხოლოდ ერთ-ერთი არხის შესასვლელი, ხოლო დანარჩენი შესასვლელი სიდიდეები მუდმივია. მოვდოთ G_{11} (x,t) არხის შესასვლელზე დროში ცვალებადი სინუსოიდური სიგნალი:

$$f_1(t) = A\sin\omega t, \tag{1}$$

თუ არაწრფივი სისტემის სტრუქტურა ჰამერშტეინის მოდელს თანხვდება, მაშინ არაწრფივი სტატიკური რგოლის გამოსასვლელზე მივიღებთ სიგნალს ორმაგი სიხშირით:

$$Y_1(t) = \frac{1}{2}K_1A^2(1-\cos 2\omega t) \tag{2}$$

არხის წრფივი ნაწილი წარმოვადგინოთ პირველი რიგის კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალური განტოლებით:

$$\frac{\partial Z_1}{\partial t} + a\frac{\partial Z_1}{\partial x} = y_1(t) \tag{3}$$

მუდმივი საწყისი პირობებისათვის (3) განტოლების ამონახსნი (2)-ის გათვალისწინებით მიიღებს სახეს [1, 4]:

$$Z_1(x,t) = \frac{K_1A^2x}{a} + \frac{K_1A^2}{4\omega}\left(\sin 2\omega\left(t-\frac{x}{a}\right) - \sin 2\omega t\right) + e^{-t+\frac{x}{a}} \tag{4}$$

G21(x,t) არხისათვის გვაქვს განტოლებები:

$$\left.\begin{array}{c} f_2(t) = B = const \\ \frac{\partial Z_3}{\partial t} + a\frac{\partial Z_3}{\partial x} = B^2 \end{array}\right\} \tag{5}$$

(5) სისტემის ამონახსნი შემდეგი სახისაა:

$$Z_3(x,t) = \frac{K_3B^2}{a}x + e^{\frac{x}{a}-t}; \tag{6}$$

მაშინ მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილი სისტემის პირველი (ზედა) გამოსასვლელი U_1(x,t) სიდიდე შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$U_1(x,t) = Z_1(x;t) + Z_2(x;t) = \frac{K_1A^2x}{a} + 2e^{\frac{x}{a}-t} + \frac{K_3B^2}{a}x + \frac{K_1A^2}{4\omega}\sin 2\omega\left(t-\frac{x}{a}\right) + \frac{K_1A^2}{4\omega}\sin 2\omega t; \tag{7}$$

დამყარებულ რეჟიმში, როდესაც t მიისწრაფის უსასრულობისაკენ, მიილევა ექსპონენციალური მდგენელი და საბოლოოდ მივიღებთ შემდეგი სახის სიგნალს:

$$U_1(x,t) = \frac{x}{a}(K_1A^2 + K_3B^2) + \frac{K_1A^2}{4\omega}\left(\sin 2\omega t - \sin 2\omega\left(t-\frac{x}{a}\right)\right) \tag{8}$$

ანალოგიური ტიპის დამყარებულ სიგნალს მივიღებთ მეორე არხის გამოსას-ვლელზე, როდესაც $f_2(t)=A\sin\omega t$, $f_1(t)=B$ და საწყისი პირობები იგივეა:

$$U_2(x,t) = Z_2(x,t) + Z_4(x,t) = \frac{x}{a}(K_2A^2 + K_4B^2) + \frac{K_4A^2}{4\omega}\left(\sin 2\omega t + \sin\left(2\omega t - \frac{2\omega x}{a}\right)\right) \quad (9)$$

(8) და (9) ამონახსნები ნათლად გვიჩვენებს, რომ ჰამერშტეინის ტიპის სტრუქტურაში, შემავალი სიგნალის სიხშირის ცვლილება გამოიწვევს მხოლოდ გამოსასვლელი სიდიდის ჰარმონიული მდგენელის ცვლილებას და უცვლელად დატოვებს მის მუდმივ მდგენელს.

ჩავატაროთ ასეთივე ექსპერიმენტი ვინერის მოდელისთვისაც, როდესაც ობიექტის არაწრფივი ნაწილი განთავსებულია წრფივი ნაწილის შემდეგ. ასეთ შემთხვევაში თითოეული არხის წრფივი ნაწილი ჰარმონიული შესასვლელი შესასვლელისთვის შემდეგნაირად ჩაიწერება:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + a\frac{\partial y}{\partial x} = A\sin\omega t; \quad (10)$$

(10) დიფერენციალური განტოლების ამონახსნი მუდმივი საწყისი პირობებისათ-ვის, შემდეგი სახისაა [4]:

$$y(x_1 t) = \frac{A}{\omega}\left(\cos\omega\left(t - \frac{x}{a}\right) - \cos\omega t\right) - e^{\frac{x}{a} - t} \quad (11)$$

შესაბამისად პირველი არხის გამოსასვლელზე მივიღებთ სიგნალს:

$$Z_1(x,t) = KY^2(x,t) = \frac{A^2}{\omega^2}\left(\cos^2\omega\left(t - \frac{x}{a}\right) + \cos^2\omega t\right) + e^{-2t + \frac{2}{a}x} - \frac{2A}{\omega}\cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{a}\right)\right)\cdot\cos\omega t -$$
$$-\frac{2A}{\omega}\left(\cos\omega\left(t - \frac{x}{a}\right) - \cos\omega t\right)\cdot e^{\frac{x}{a} - t} \quad (12)$$

მეორე არხის შესასვლელის მუდმივობის გამო გამოსასვლელზე მივიღებთ სიგნალს:

$$Z_3(x,t) = KY^2(t) = K\left(\frac{B}{a}x + e^{-t + \frac{x}{a}}\right)^2 \quad (13)$$

პირველი არხის საერთო გამოსასვლელზე გვექნება:

$$U_1(x,t) = Z_1(x,t) + Z_3(x,t) = \left(\frac{A}{\omega}\left(\cos\left(t - \frac{x}{a}\right) - \cos\omega t\right) - e^{-t + \frac{x}{a}}\right)^2 + \frac{B}{a}x + e^{-t + \frac{x}{a}}\Big)^2 \quad (14)$$

დამყარებულ რეჟიმში (14)-ე ამონახსნი მიიღებს სახეს:

$$U_1(x,t) = \frac{KA^2}{2\omega^2} + \frac{KA}{2\omega} + \frac{KB^2x^2}{a^2} + \frac{KA}{2\omega}\cos\frac{\omega x}{a} + \frac{A^2K}{2\omega^2}\cos 2\omega\left(t - \frac{x}{a}\right) + \frac{KA}{\omega}\cos\omega\left(2t - \frac{x}{a}\right) + \frac{KA}{2\omega}\cos 2\omega t; \quad (15)$$

სათანადო აღნიშვნებში ეს ამონახსნი ასე წარმოიდგინება:

$$U_1(x,t) = f_1(\omega) + f_2(\omega^2) + f_3(\cos(2\omega t)) \quad (16)$$

ანალოგიური ტიპის სიგნალი მიიღება ობიექტის $U_2(x,t)$ გამოსასვლელზეც, რაც მიანიშნებს იმაზე, რომ ვინერის მარტივი სტრუქტურისათვის საიდენტიფიკაციო ობიექტის გამოსასვლელი სიდიდე კვადრატულადაა დამოკიდებული შემავალი ჰარმონიული სიგნალის სიხშირეზე.

3. დასკვნა

განაწილებულპარამეტრებიანი ორმაგი ბმის მქონე მართვის ობიექტების განტოლებების ამონახსნების ანალიზით დგინდება, რომ მარტივი ექსპერიმენტების შედეგების საფუძველზე ადვილად შეიძლება დავადგინოთ არაწრფივი ობიეტის ძირითადი სტრუქტურა და მოვამზადოთ პირობები სტრუქტურების შემდგომი დაზუსტებისა და პარამეტრების რიცხობრივი შეფასებისთვის.

ლიტერატურა:

1. Нариманашвили Н.И. (1989). Идентификация нелинейных объектов с распределенными параметрами. Автореф. кандидатской дисс. ГПИ., Тбилиси
2. Шаншиашвили В.Г. (2014). Структурная идентификация нелинейных динамических систем на множестве непрерывных блочно-ориентированных моделей. XII Всероссийское совещание по проблемам уравнения, Москва, 16-19 июля
3. Нариманашвили Н. (2007). Структурная идентификация нелинейных распределенных объектов определенного класса. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ინფორმაციული ტექნოლოგიები მართვაში". 10-12. ოქტ., თბილისი. გვ. 217-219
4. Тихонов А.Н., Саморский А.А. (1977). Уравнения математической физики. -М, „Наука".

THE TASK OF STRUCTURAL IDENTIFICATION FOR THE NON-LINEAR CONTROL OBJECTS WITH DISTRIBUTED PARAMETERS AND WITH DOUBLE BOND

Narimanashvili Nodar
Georgian Technical University

Summary

The article deals the identification task of with non-linear two-dimensional control objects, when these objects are described by the partial differential equations. Developed an experimental method that allows the identification of the structure of such facilities. The method is based on the systems mode of frequency analysis.

ЗАДАЧА СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЙ ДЛЯ НЕЛИНЕЙННОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА С ДВУМЯ СВЯЗЬЮ

Нариманашвили Н.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассмотрена задача идентификации для нелинейных многосвязных объектов управления, которые описиваются дифференциальными уравнениями в частных производных. Разработан экспериментальный метод опознавания основных структур таких объектов. Метод основан на частотный анализ установленных режимов системы.