

ენერგოსისტემებში სინქრონიზირებადი მართვა სინერგეტიკის მეთოდების გამოყენებით

გოჩა დალაქიშვილი, გელა ჭიკაძე, ვლადიმერ კეკელიძე, ვალიდა სესაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია ენერგოსისტემებში სინქრონიზირებადი პროცესების მართვა სინერგეტიკის მეთოდების გამოყენებით. ნაჩვენებია, რომ მოდელირების შედეგები აჩვენებს სისტემის ტრაექტორიების კრებადობას სასურველ ატრაქტორებში გასწვრივი მოძრაობის მოცემული რეჟიმებისათვის. მოტანილია ექსპერიმენტის შედეგები წრფივი, არაწრფივი და ელიფსური ფორმის ატრაქტორებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ენერგოსისტემა. სინქრონიზაცია. მართვა. არაწრფივი სისტემა. ატრაქტორი.

1. შესავალი

მართვადი სინქრონიზაციის პრობლემა იმაში მდგომარეობს, რომ ორ ან მეტ (ხშირად პერიოდულ) $y_i(t)$ დინამიკურ პროცესს უნდა ჰქონდეს ერთნაირი განვითარების სტრუქტურა. კონტროლირებადი სისტემის სხვადასხვა ნაწილების ქცევის მსგავსების საჭირო დამთხვევა ანალიტიკურად გამოხატულია სინქრონიზაციის პირობებით, რომლებიც შეიძლება მოცემული იყოს ცხადი ან დიფერენციალური საჭირო – $y_{d_i}(t)$ პერიოდული ამონახსნების აღწერით, $y_1 = y_2 = \dots = y_m$ პროცესის განვითარების იდენტურობით ან უფრო ზოგადი წრფივი და არაწრფივი პოლინომიური $\varphi(y_1, y_2, \dots, y_m) = 0$ კავშირებით, ასევე პერიოდული ორბიტების ანალიტიკური აღწერით, რომლებიც მიჩნეულია არატრევიალური სისტემის ატრაქტორებად [1,2].

მართვადი სისტემის მოდელზე დაყრდნობით იყო შემოთავაზებული სხვადასხვა მიდგომები. სინქრონიზირების რეჟიმების ანალიზისათვის. ისინი შეიცავენ ლიაპუნოვის სტაბილიზაციის კლასიკურ მეთოდებს, გადამკვეთი უკუკავშირების სინქრონიზირების კონცეფციას, წრფივი და არაწრფივი მეთოდების შეთანხმებულ კონტროლს, ორბიტების და ატრაქტორების სტაბილიზაციას.

სინქრონიზაციას, ორბიტალური მოძრაობის მომზადების საშუალებით, გააჩნია გამოკვეთილად გეომეტრიული ხასიათი. ეს დაკავშირებულია მექანიკის ძირითად პრობლემებთან. მატერიალური წერტილის მოძრაობა გლუვ მრუდებზე (ნიუტონის, ბერტრანდის და სუსლოვის კლასიკური პრობლემები) ასევე თანამედროვე მიმართულებას არაწრფივ მართვაში.

აქ ჩვენ ვიხილავთ ლაგრანჟის სისტემის ოსცილატორული ქცევის ანალიზს, სინქრონიზაციის მთავარი პრობლემა წარმოდგენილია სისტემის გამოსავალის ცვლადების პოლინომიალური დამოკიდებულებით [3].

შესაფერისი დიაგრამების კოორდინატების გამოყენება ყველაზე მეტად შეთავსებადია სინქრონიზაციის სისტემის მტკიცებასთან. მოძრავი ჩარჩოს თვისებები, რომლებიც დაკავშირებულია ატრაქტორთან, ისევე, როგორც ნაწილობრივი წრფივი სისტემის მოდელის აპროქსიმაცია ორბიტასთან ახლოს, საშუალებას გვაძლევს გამოვავლინოთ პრობლემის მთავარი გეომეტრიული და დინამიკური სპეციფიკური თვისებები და შემოვთავაზოთ არაწრფივი მართვის შესაფერისი კანონები.

ჩვენ შევისწავლეთ განსაკუთრებული შემთხვევები, დაკავშირებული ორკავშირიანი ლაგრანჟის სისტემის ორგანოზომილებიან რეჟიმებთან და შედეგები წარმოდგენილია მიდგომის თვისებების გამოსავლენად.

ჩვენ ვიხილავთ სისტემას, დაკავშირებულს ღია სივრცეში, რომელიც აღწერილია ლაგრანჟის განტოლებით:

$$A(y)\dot{y} + b(y, \dot{y}) = u \quad (1)$$

სადაც $u = \{u_j\}$, $y = \{y_j\}$ – მართვის (შესავალი) და გამოსავლის ცვლადების m -განზომილებიანი ვექტორებია, $A = \{a_{jk}\}$ ინვერტირებადი მატრიცაა და a_{jk}, b_j ფუნქციები გლუვია. (1) მოდელი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას, როგორც m – არაწრფივი ინტერაქტიული SISO ქვესისტემების ერთობლიობა.

სინქრონიზაციის მარტივი პრობლემა, განვსაზღვროთ (1) სისტემის გაშუალებული მოძრაობის ცვლადები:

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \sum y_j \quad (2)$$

და მოვიყვანოთ $m-1$ სინქრონიზაციის პირობები:

$$y_1 = y_2 = \dots = y_m \quad (3)$$

სისტემური რხევების მოდელი მოცემულია გაშუალებული მოძრაობის მოდელის საშუალებით:

$$\ddot{\bar{y}} + 2\xi\omega\dot{\bar{y}} + \omega^2\bar{y} = 0 \quad (4)$$

სადაც ω – რხევების სიხშირეა და ξ დემფირების დამოკიდებულებაა $-1 < \xi < 1$. მაშინ, (3)-ის გათვალისწინებით $y_j = \bar{y}(t)$ და სისტემის ყველა ცვლადი ვითარდება (4) განტოლების პერიოდული ამოხსნის შესაბამისად.

რომ განვსაზღვროთ სინქრონული რეჟიმისაგან გადახრა, ჩვენ ვიხილავთ შეცდომებს:

$$\varepsilon_j = y_j - y_{j-1} \quad (5)$$

რომლებიც უნდა შევამციროთ სისტემური სინქრონიზაციის პროცესში. მაშინ სინქრონიზაციის მარტივი პრობლემა შემდეგნაირად ჩამოყალიბდება:

უნდა მოიძებნოს ისეთი მართვა $u = U(y)$, რომ ყოველი $y \in Y$ -თვის უზრუნველყოფილ იქნას სინქრონიზაციის პირობების მხარდაჭერა (ან შეცდომების ასიმპტოტური განულება) და მოცემული გაშუალებული რხევები $\bar{y}(t)$ (4) განტოლებიდან.

სინქრონიზაციის განზოგადებულ პრობლემებში შეიძლება ვიგულისხმოთ ის, რომ შეგვიძლია განვსაზღვროთ სინქრონული რხევების (1-სიხშირით) საერთო რეჟიმის უფრო მეტი რაოდენობა y_j ცვლადების წრფივი დამოკიდებულების ამორჩევით, რომლებიც იქნებიან ექვივალენტური ცალკეული რხევების ამპლიტუდების რანჟირებისა.

\bar{y} გაშუალებული მოძრაობის არაწრფივი დამოკიდებულება და უფრო რთული განსაზღვრა საშუალებას მოგვცემს, განვსაზღვროთ მოთხოვნები არაწრფივი რხევების თავისუფალი ფორმებისადმი.

(1) პრობლემის გადაწყვეტისათვის, შეკრული მარყუჟის მართვა უნდა ამოვირჩიოთ ისე, რომ მივაღწიოთ სასურველი სისტემური სივრცის განვითარებას, რომელიც აღწერილია (4), განტოლებებით.

განვიხილოთ ზემოთ განხილული მოდელების კერძო შემთხვევები:

1. წრფივი სინქრონიზაცია. სინქრონიზაციის პირობა მდგომარეობს შემდეგში:

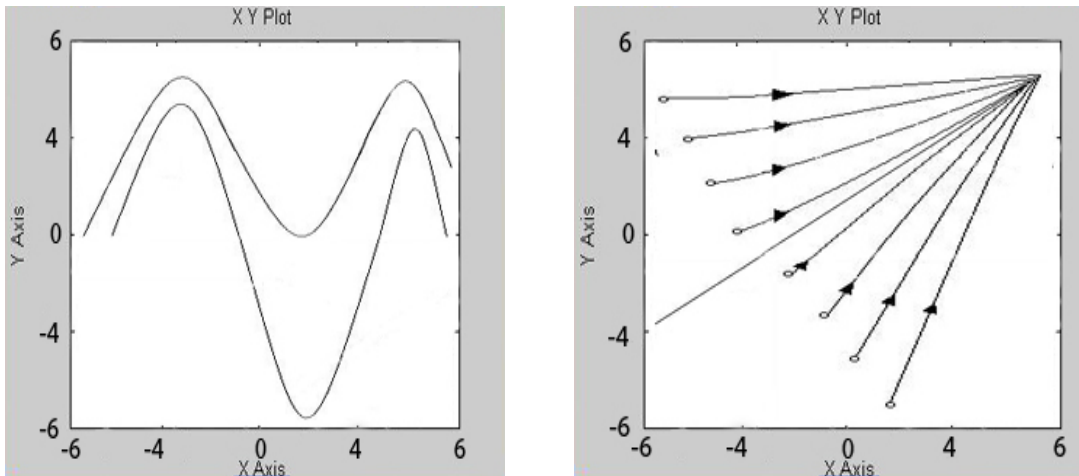
$$y_1 - 2 \cdot y_2 = 0 \quad (6)$$

(6) ემთხვევა წრფის განტოლებას და გაშუალებული ცვლადი ამორჩეულია შემდეგი ფორმით:

$$\bar{y} = y_1 + y_2 \quad (7)$$

გაშუალებული მოძრაობის დინამიკა მოცემულია (4) განტოლებით, სადაც $\xi = 0$, $\omega = 2$.

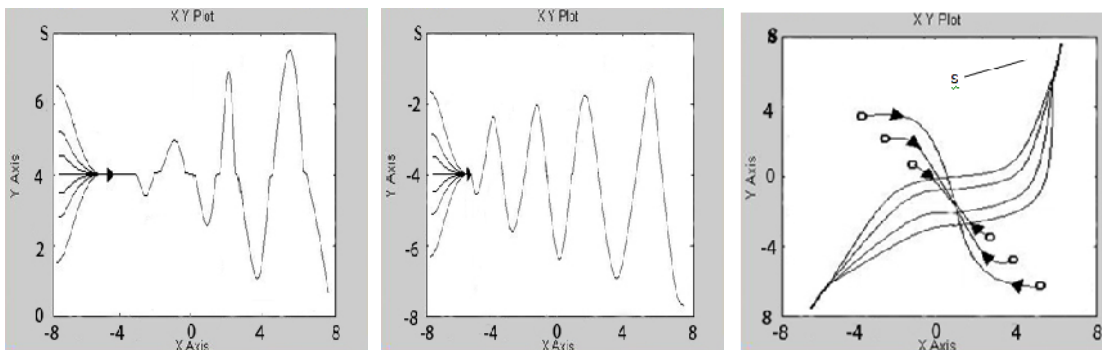
მარყუჟის წრფივი სინქრონიზაციის გამოყენებისას იყო გამომუშავებული მნიშვნელოვანი მართვის მოწყობილობა. წრფის გასწვრივ სისტემის მოძრაობის ტრაექტორიები, დაწყებული სხვადასხვა შიდა წერტილებიდან ნაჩვენებია 1-ელ ნახაზზე.



ა) ბ)

ნახ.1. წრფივი სინქრონიზაცია

2. არაწრფივი სინქრონიზაცია. სინქრონიზაციის პირობა მოცემულია კუბური პარაბოლის განტოლებით $y_2 - 0.1 \cdot y_1^3 = 0$ და გაშუალებული ცვლადი წარმოდგენილია, როგორც $\bar{y} = y_1$. სასურველი რხევები მიღევადაა, როცა $\xi = -0.39$. როგორც პირველ შემთხვევაში, არაწრფივი სინქრონიზირებადი მარყუჟების გამოყენება, საშუალებას გვაძლევს ჩამოვყალიბოთ მნიშვნელოვანი მართვის კანონები. სხვადასხვა საწყისი წერტილიდან დაწყებული, პარაბოლის გასწვრივ სისტემის მოძრაობის ტრაექტორიები და მისი გამოსასვლელების დროში ამოქმედება მოცემულია მე-2 ნახაზზე.



ა) ბ) გ)

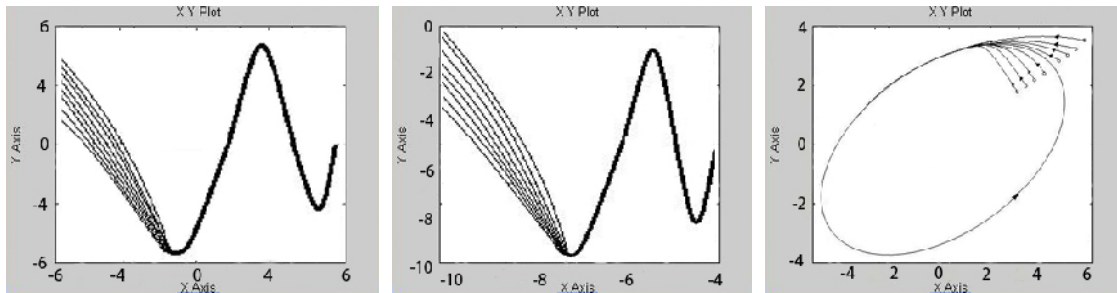
ნახ.2. არაწრფივი სინქრონიზაცია

3. სინქრონიზაცი ელიფსური ორბიტის მიმართ. სინქრონიზაციის პირობა მოცემულია ელიფსის განტოლებით.

$$\frac{(0.87y_1 + 0.5y_2)^2}{16} + \frac{(0.5y_1 - 0.87y_2)^2}{4} - 1 = 0 \quad (8)$$

თუ დავუშვებთ, რომ გასწვრივი ცვლადი $s^0 = 17.89$ და φ^0 - გამოთვლილია y_1/y_2 და y_2/y_1 ინვერტული ტრიგონომეტრიული ფუნქციების საშუალებით. პროპორციული გასწვრივი მოძრაობა მიღებულია $v_d = 1$ ნორმირებული სიხშირის ამორჩევით.

ელიფსურ ორბიტაზე სისტემის მოძრაობის ტრაექტორიები და სისტემის გამოსასვლელების დროზე დამოკიდებულება ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე.



ა)

ბ)

გ)

ნახ.3. სიქრონიზაცია ელიფსური ორბიტის მიმართ

მოდელირების შედეგები აჩვენებს სისტემის ტრაექტორიების კრებადობას სასურველ ატრაქტორებში გასწვრივი მოძრაობის მოცემული რეჟიმებისათვის.

ლიტერატურა:

1. მართვის თეორია. სინერგეტიკა. წიგნი 3. თბ., სტუ. 2000
2. გუგუშვილი ა., სესაძე ვ., დალაქიშვილი გ. სინქრონიზაციის პრობლემა და სიმეტრიების პრინციპი. „ინტელექტი“ №2(16), 2003, გვ.63-66
3. სესაძე ვ., დალაქიშვილი გ., ჭიკაძე გ., კეკენაძე ვ. ენერგეტიკული სისტემების გამოკვლევა მართვის არაწრფივი მეთოდების გამოყენებით. სტუ. თბ., 2009.

**CONTROL OF SYNCHRONIZABLE PROCESSES IN POWER SYSTEMS
USE METHODS OF SYNERGETICS**

Dalakishvili Gocha, Chikadze Gela, Kekenadze Vladimer,
Sesadze Valida
Georgian Technical University

Summary

In the article there is considered a problem of control of synchronal processes in a power systems using synergetic methods. Results of modeling show convergence of a desirable trajectory of movement of system on modes of desirable attractors. Results of experiments for linear, nonlinear and elliptic attractors are given.

**УПРАВЛЕНИЕ СИНХРОНИЗИРУЕМЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ
МЕТОДАМИ СИНЕРГЕТИКИ**

Далакишвили Г., Чикадзе Г., Кекенадзе В., Сесадзе В.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассматривается проблема управления синхронизируемых процессов в энергетике методами синергетики. Результаты моделирования показывают сходимость желаемой траектории движения системы по режимам желаемых аттракторов. Приведены результаты экспериментов для линейных, нелинейных и эллиптических аттракторов.