

ორელემენტური მაინტეგრირებადი რგოლის რობასტულობის ანალიზი

ქეთევან კოტრიკაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ნაშრომში დასაბუთებულია ორელემენტური მაინტეგრირებადი რგოლის სტრუქტურული რობასტულობა; მაკორექტირებადი რგოლის გადაცემის ფუნქციის ფესვური პოლოგრაფების საშუალებით მიღწეულია სტრუქტურული რობასტულობის კომპენსაცია.

საკვანძო სიტყვები: კორექცია. მაკორექტირებადი რგოლი. მაინტეგრირებადი რგოლი. სტრუქტურული რობასტულობა. გადაცემის ფუნქცია. ფესვური პოლოგრაფი. ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ-სიხშირული (ლასმ-ი) მახასიათებელი.

1. შესავალი

ავტომატური რეგულირების სისტემებში ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია მაკორექტირებადი რგოლები. კერძოდ, მაინტეგრირებადი რგოლები. მათი ანალიზისთვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნას რობასტული მართვის პრინციპები, ვინაიდან მაკორექტირებადი მაინტეგრირებადი რგოლების პარამეტრები შესაძლებელია საკმაოდ ფართო საზღვრებში იცვლებოდეს. ნაშრომში განხილულია ორელემენტური მაკორექტირებადი მაინტეგრირებადი რგოლების რობასტული ანალიზის ამოცანა.

2. ძირითადი ნაწილი

განვიხილოთ ორელემენტური მაინტეგრირებადი მაკორექტირებადი რგოლი r, L, C წყაროთი. ასეთი წრედი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მხოლოდ და მხოლოდ ცვლადი დენის წრედებში. რგოლის ჩართვის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. სქემისთვის გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები: E - შემავალი სიგნალის წყაროს ემძ; r, L, C_0 - წინაღობის ოპერატორის მდგენელებია; R, C - რგოლის პარამეტრებია; $R_{\text{ღ}}$ - რგოლის დატვირთვის წინააღობაა. თუ ვისარგებლებთ შემდეგი აღნიშვნებით: $Z_{\varphi} = r + LS + \frac{1}{C_0 S}$; $Z_1 = R$; $Z_2 = \frac{1}{CS}$; $Z_{\text{ღ}} = R_{\text{ღ}}$ და რგოლის გადაცემის ფუნქციით [1] მივიღებთ:

$$W_{EU_{\delta}}(S) = \frac{U_{\delta}(S)}{E(S)} = \frac{Z_2 Z_{\text{ღ}}}{(Z_{\varphi} + Z_1)(Z_2 + Z_{\text{ღ}}) + Z_2 Z_{\text{ღ}}} \quad (1)$$

ანუ

$$W_{EU_{\delta}}(S) = \frac{R_{\text{ღ}} C_0 S}{[(r + R)C_0 S + LC_0 S^2 + 1](R_{\text{ღ}} CS + 1) + R_{\text{ღ}} C_0 S} \quad (2)$$

თუ $R_{\Sigma} \rightarrow \infty$, მაშინ (2)-დან მივიღებთ:

$$W_{EU_{\delta}}^*(S) = \frac{1}{\tau T' \cdot S^2 + T' \cdot S + \frac{1}{k}}, \quad (3)$$

სადაც $\tau = \frac{L}{r+R}$; $T' = (r+R) \cdot C$; $k = \frac{C_0}{C+C_0}$.

გამოვიკვლიოთ (3) გადაცემის ფუნქციის პოლუსების ტრაქტორიები, როცა ადგილი აქვს τ -ს ცვლილებას $[0; +\infty)$ ინტერვალში.

თუ $\tau = 0$, მაშინ $W_{EU_{\delta}}^*(S)$ -ის საწყისი პოლუსია: $S = \frac{1}{kT'}$; თუ $\tau \rightarrow \infty$, მაშინ (3)-ს პოლუსები მიისწრაფიან საბოლოო ორმაგი პოლუსისკენ $S = 0$.

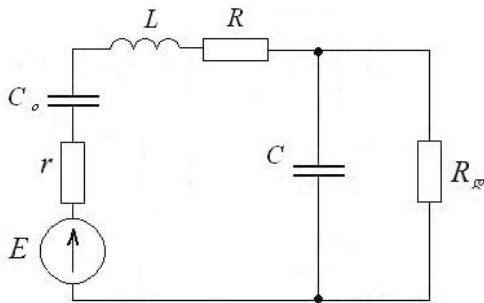
თუ ვისარგებლებთ ფევური პოდოგრაფების განტოლებით [2,3]:

$$\begin{aligned} & \left[P_n(\delta) - \frac{\omega^2}{2!} P_n''(\delta) + \dots \right] \cdot \left[Q_m(\delta) - \frac{\omega^2}{3!} Q_m'''(\delta) + \dots \right] - \\ & - \left[P_n'(\delta) - \frac{\omega^2}{3!} P_n'''(\delta) + \dots \right] \cdot \left[Q_m(\delta) - \frac{\omega^2}{2!} Q_m''(\delta) + \dots \right] = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

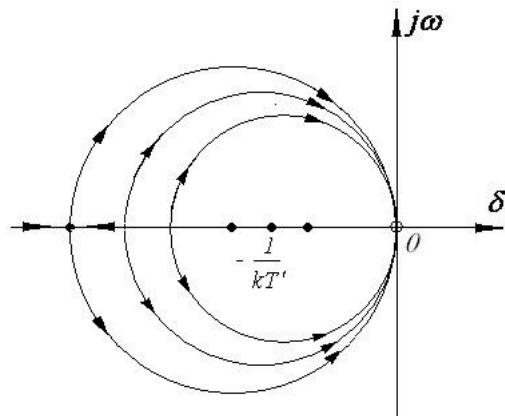
მაშინ მივიღებთ (3) გადაცემის ფუნქციის პოლუსების ტრაქტორიების განტოლება ჩაწერილს ნორმირებულ [4] სახეში:

$$\left(\delta + \frac{1}{kT'} \right)^2 + \omega^2 = \left(\frac{1}{kT'} \right)^2. \quad (5)$$

(5) წარმოადგენს წრეწირთა ოჯახს ცენტრით $\left(-\frac{1}{kT'}, 0 \right)$ და რადიუსით $\rho = \frac{1}{kT'}$ (ნახ. 2).



ნახ. 1



ნახ. 2

ფესვური პოლოგრავის ნამდვილი ორმაგი წერტილია: $S = -\frac{2}{kT'}$. ამ წერტილში τ პარამეტრის მნიშვნელობაა: $\tau = 0,25kT'$. ფესვური პოლოგრავის უდიდესი წარმოსახვითი ნაწილის მქონე წერტილებია: $S = -\frac{1}{kT'} \pm j \frac{1}{kT'}$. ამ წერტილებში $\tau = 0,5kT'$.

იდეალური გადაცემის ფუნქციას მაინტეგრირებელი რგოლისთვის აქვს სახე:

$$W_{EU\delta}^{ol}(S) = \frac{1}{TS+1}. \quad (6)$$

აქედან გამომდინარე, (3) გადაცემის ფუნქციის ერთი პოლუსი უნდა იყოს: $S = -\frac{1}{T}$, ხოლო მეორე პოლუსი უნდა იმყოფებოდეს წარმოსახვითი ღერძიდან მარცხნივ გაცილებით შორს ვიდრე $S = -\frac{1}{T}$ ფესვია.

ეს უკანასკნელი პირობა შესრულდება, მაშინ თუ $S = -\frac{1}{kT'}$ საწყისი წერტილი ახლოს იქნება $S = -\frac{1}{T}$ სასურველ პოლუსთან. დავუშვათ, რომ $S = -\frac{1}{T}$ და $S = c$ საწყისს პოლუსს შორის მანძილი ტოლია სასურველ პოლუსამდე მანძილის $\mu\%$ -ის. ეს პირობა ტოლობის სახით ასე ჩაიწერება:

$$-\frac{1}{kT'} + \frac{1}{T} = \frac{\mu}{100} \frac{1}{T}. \quad (7)$$

აქედან

$$kT' = \frac{100 \cdot T}{100 - \mu}. \quad (8)$$

თუ (3)-ის ერთი პოლუსია $S = -\frac{1}{T}$, მაშინ მეორე პოლუსი იქნება $S = -\frac{100 - \mu}{\mu T}$; ხოლო τ

პარამეტრს უნდა ჰქონდეს მნიშვნელობა $\tau = \frac{\mu T}{100}$; აქედან ჩანს, რომ (3)-ის მარცხენა პოლუსი

$\frac{100 - \mu}{\mu}$ -ჯერ მეტადაა დაშორებული წარმოსახვითი ღერძიდან, ვიდრე მარჯვენა პოლუსი. ცხადია,

რომ რაც უფრო მცირეა μ , მით უფრო შორსაა $j\omega$ ღერძიდან მარცხენა ფესვი და მით უფრო ზუსტად შეიძლება მივიღოთ იდეალური გადაცემის ფუნქცია (6).

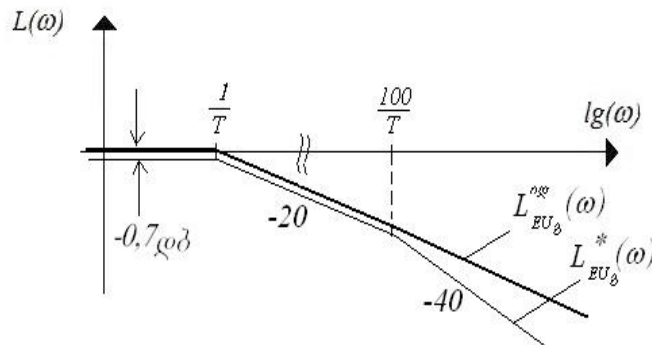
ამგვარად, რგოლის პარამეტრების ანგარიშის თანმიმდევრობა ასეთია: ვირჩევთ μ -ს და (8) ფორმულით ვანგარიშობთ kT' -ს; ვპოულობთ $\tau = \frac{\mu T}{100}$ და ვპოულობთ (3)-ის მეორე პოლუსის მნიშვნელობას $S = -\frac{100-\mu}{\mu T}$; მაშინ (3)-ის გადაცემის ფუნქცია მიიღებს სახეს:

$$W_{EU\delta}^*(S) = \frac{k}{(TS+1)\left(\frac{\mu T}{100-\mu} \cdot S+1\right)} \approx \frac{k}{TS+1} \approx \frac{1}{TS+1} \approx W_{EU\delta}^{ol}(S). \quad (9)$$

ჩატარებული ანალიზის ჭეშმარიტება ვაჩვენოთ მაგალითის საშუალებით. დავუშვათ, მოცემულია $R=1$ კომი, $r=0,1$ კომი, $C=10$ მკფ, მაშინ $T=0,01$ წმ. ავირჩიოთ $\mu=1\%$, მაშინ $L=0,11$ ჰმ, $C=112$ მკფ და $k=0,92$.

$$W_{EU\delta}^*(S) = \frac{0,92}{(TS+1)(0,01 \cdot TS+1)} \approx \frac{0,92}{TS+1} \approx \frac{1}{TS+1} \approx W_{EU\delta}^{ol}(S). \quad (10)$$

$W_{EU\delta}^*(S)$ და $W_{EU\delta}^{ol}(S)$ -ის ლოგარითმულ-ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლები ნაჩვენებია (ლასში) ნახ. 3-ზე. $W_{EU\delta}^{ol}(S)$ -ის ლასში-ის დახრებია 0, -20 და -40 დბ/დეკ.; ამასთანავე ბოლო შეუღლების სიხშირე, წინა შეუღლების სიხშირეზე 100-ჯერ მეტია, ამიტომ იგი კორექტირებული სისტემის სიხშირეთა ზოლის მაღალ არეში ხვდება და იგი სისტემის დინამიკაზე პრაქტიკულად არ მოქმედებს.



ნახ.3

3. დასკვნა

დასბუთებულია R, L, C მაინტეგრებელი რგოლის სტრუქტურული რობასტულობა, რომელიც გამოწვეულია შემავალი სიგნალის წყაროს არანულოვანი ოპერატორით. ფესვური პოლოგრამის გამოყენებით, დასაბუთებულია სტრუქტურული რობასტულობის კომპენსაციის შესაძლებლობა და კერძო მაგალითზე ნაჩვენებია განხილული მეთოდის ეფექტურობა.

ლიტერატურა:

1. Зайцев Т. Ф. Коррекция систем автоматического управления потаянного и переменного тока. Москва: Энергия, 1989.
2. Evans W.R. Control systems sintesis by root locus method, Trans AJEE 69, 1950.
3. Удерман Э. Т. Метод корневого годографа в теорий автоматических систем. Москва: Наука, 1972 .
4. Котрикадзе О. Г. "Аналитические основы построения корневых годографов", Сборник докладов международной научной конференции "Проблемы урпавления и энергетики", №8, Тбилиси, 2004 г.

TWO-ELEMENT INTEGRATING CHAIN ROBUST ANALYSIS

Kotrikadze Ketevan

Georgian Technical University

Summary

In the represented article there is proved the structural robustness of two-element integrating chain; structural robustness is compensated by correction chain transfer function's root locus.

РОБАСТНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХЭЛЕМЕНТНОГО ИНТЕГРИРУЮЩЕГО ЗВЕНА

Котрикадзе К.

Грузинский Технический Университет

Резюме

В работе доказана структурная робастность двухэлементного интегрирующего звена; с помощью корневых годографов предаточной функции корректирующего звена достигнута компенсация структурной робастности.