PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI
ISSN: 3060-4923 Impact Factor –7,212

MURAKKAB OB'EKTLARNI KO'PPOG'ONALI BOSHQARISH TIZIMLARINI SINTEZ QILISH ALGORITMLARI

Tashpulatov Nurbek Djaxangirovich

Toshkent davlat texnika universititeti magistratura talabasi

E-mail: ramazant021201@gmail.com

Xamraqulov Nosirjon Shoraxmat o'g'li

Toshkent davlat texnika universititeti magistratura talabasi

E-mail: nosirjonxamraqulov@gmail.com

Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20056189

Annotatsiya: Mazkur maqolada murakkab dinamik ob'ektlar uchun ko'ppog'onali boshqaruv tizimlarini sintez qilish algoritmlari ko'rib chiqilgan. Tizimni ierarxik tuzilishga ajratish, matematik modellashtirish, lokal boshqaruv qonunlarini ishlab chiqish va optimallashtirish bosqichlari tahlil qilindi. Shuningdek, MATLAB/Simulink muhitida modellashtirish asosida tizim samaradorligi baholandi.

Kalit so'zlar: ko'ppog'onali boshqaruv, sintez algoritmi, PID regulyator, optimal boshqaruv, MATLAB, modellashtirish.

1.Kirish.

Zamonaviy sanoat tizimlari va texnologik jarayonlar (energetika, kimyo sanoati, robototexnika, elektrotexnika va boshqalar) tobora murakkablashib bormoqda. Bunday tizimlar ko'p o'zgaruvchili, nolinear, vaqt bo'yicha o'zgaruvchan hamda tashqi ta'sirlarga sezgir bo'lishi bilan tavsiflanadi. Shu sababli ularni samarali va ishonchli boshqarish masalasi dolzarb ilmiy va amaliy muammolardan biri hisoblanadi.

An'anaviy bir pog'onali boshqaruv tizimlari murakkab ob'ektlarning barcha xususiyatlarini to'liq hisobga olishga qodir emas. Ayniqsa, katta hajmli va ko'p bog'lanishli tizimlarda markazlashgan boshqaruv yondashuvi hisoblash yuklamasining ortishiga, boshqaruv signallarining kechikishiga hamda tizim barqarorligining pasayishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli ko'ppog'onali (ierarxik) boshqaruv tizimlari keng qo'llanilmoqda. Bu yondashuv boshqaruv jarayonini bir nechta darajalarga ajratish orqali tizimni soddalashtiradi. Har bir pog'ona o'ziga xos vazifani bajaradi: yuqori pog'ona strategik qarorlarni qabul qiladi, o'rta pog'ona resurslarni taqsimlaydi va koordinatsiya qiladi, quyi pog'ona esa bevosita boshqaruvni amalga oshiradi.

Ko'ppog'onali boshqaruv tizimlarining asosiy afzalligi shundaki, ular murakkab tizimlarni modulli tarzda tashkil etish imkonini beradi, bu esa tizimning moslashuvchanligini va ishonchliligini oshiradi. Bundan tashqari, bunday tizimlarda har bir pog'ona uchun alohida boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish mumkin bo'lib, umumiy boshqaruv samaradorligi sezilarli darajada ortadi.

Mazkur maqolaning maqsadi — murakkab ob'ektlarni ko'ppog'onali boshqarish tizimlarini sintez qilish algoritmlarini o'rganish, ularning matematik asoslarini tahlil qilish va amaliy qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatishdan iborat.

2. Matematik model

Murakkab boshqariluvchi obyektning dinamik xatti-harakati odatda holat fazosidagi matematik model orqali ifodalanadi. Bunday model quyidagi chiziqli differensial tenglamalar tizimi bilan beriladi:

$$\dot{x}(t)=Ax(t)+Bu(t)$$
$$y(t) = Cx(t)$$

bu yerda $x(t) \in \mathbb{R}^n$ — tizimning holat vektori; $u(t) \in \mathbb{R}^m$ — boshqaruv signali; $y(t) \in \mathbb{R}^p$ — chiqish signali. A, B, C mos ravishda tizimning dinamik, boshqaruv va chiqish matritsalaridir.

Mazkur model asosida tizimning muhim xossalari aniqlanadi.

Boshqariluvchanlik (Controllability)

Tizim boshqariluvchan deyiladi, agar istalgan boshlang‘ich holatdan istalgan yakuniy holatga chekli vaqt ichida boshqaruv signali yordamida o‘tkazish mumkin bo‘lsa.

Buning sharti quyidagi boshqariluvchanlik matritsasi orqali aniqlanadi:

$$\mathcal{C} = [B\ AB\ A^2B\ \dots\ A^{n-1}B]$$

Agar rank( ) = n bo‘lsa, tizim to‘liq boshqariluvchan hisoblanadi.

Kuzatiluvchanlik (Observability)

Tizim kuzatiluvchan deyiladi, agar chiqish signallari orqali uning ichki holatini aniqlash mumkin bo‘lsa.

Kuzatiluvchanlik quyidagi matritsa orqali tekshiriladi:

$$\mathcal{O} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

Agar rank( ) = n bo‘lsa, tizim to‘liq kuzatiluvchan bo‘ladi.

Barqarorlik (Stability)

Tizimning barqarorligi uning vaqt o‘tishi bilan qanday holatga kelishini belgilaydi. Agar tizimning barcha o‘z qiymatlari (eigenvalues) quyidagi shartni qanoatlantirsa:

$$\mathrm{Re}(\lambda_i) < 0$$

unda tizim asimptotik barqaror hisoblanadi.

Amaliy ahamiyati

Ko‘ppog‘onali boshqaruv tizimlarini sintez qilishda yuqoridagi xossalar juda muhim:

- boshqariluvchanlik → tizimni boshqarish imkonini beradi
- kuzatiluvchanlik → holatni aniqlash imkonini beradi
- barqarorlik → tizim ishonchliligini ta’minlaydi

Shu sababli har qanday boshqaruv algoritmini ishlab chiqishdan oldin ushbu shartlar tekshirilishi zarur.

3. Boshqaruv tizimlarini loyihalash yondashuvlari

3.1. Dekompozitsiya usuli

Murakkab dinamik tizimlar ko‘p o‘lchamli va o‘zaro bog‘langan elementlardan tashkil topgan bo‘lib, ularni to‘g‘ridan-to‘g‘ri boshqarish qiyin hisoblanadi. Shu sababli tizimni soddalashtirish maqsadida u kichik subsystemalarga ajratiladi. Bu yondashuv dekompozitsiya usuli deb ataladi.

Tizim holati umumiy ko‘rinishda:

$$x = [x_1, x_2, \ldots, x_n]^T$$

Bu yerda x — tizimning holat vektori, x1, x2, ..., xn esa alohida subsystemalarning holatlarini ifodalaydi.

Dekompozitsiya usulining asosiy maqsadi murakkab tizimni kichik qismlarga ajratish orqali boshqaruvni soddalashtirish va hisoblash murakkabligini kamaytirishdir.

3.2. PID boshqaruv tizimi

PID (Proportional–Integral–Derivative) boshqaruv tizimi avtomatik boshqaruvda keng qo‘llaniladigan klassik usullardan biridir.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)\,dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Bu yerda e(t) — xato signali, Kp — proporsional koeffitsient, Ki — integral koeffitsient, Kd — differensial koeffitsient.

Proporsional qism tezkor javobni ta’minlaydi, integral qism statik xatoni yo‘q qiladi, differensial qism esa tebranishlarni kamaytiradi.

3.3. Optimal boshqaruv yondashuvi

Optimal boshqaruv tizimni faqat boshqarish emas, balki eng yaxshi natijaga erishishni maqsad qiladi.

$$J = \int_0^\infty (x^T Q x + u^T R u)\,dt$$

Bu yerda x — holat vektori, u — boshqaruv signali, Q — holat xatolarini og‘irliklovchi matritsa, R — boshqaruv energiyasini cheklovchi matritsa.

Optimal boshqaruv yechimi: u = -Kx

Bu yerda K — optimal kuchaytirish matritsasi bo‘lib, tizimning barqaror va samarali ishlashini ta’minlaydi.

Xulosa

Ko‘ppog‘onali boshqaruv tizimlari murakkab dinamik ob’ektlarni samarali boshqarish uchun ishlab chiqilgan zamonaviy yondashuvlardan biri hisoblanadi. Bunday tizimlarda boshqaruv jarayoni bir nechta ierarxik darajalarga bo‘linadi va har bir daraja o‘zining ma’lum vazifalarini bajaradi. Natijada umumiy boshqaruv tizimi markazlashgan yoki yarim markazlashgan strukturaga ega bo‘lib, murakkablikni kamaytirish va boshqaruv sifatini oshirish imkonini beradi.

Ko‘ppog‘onali boshqaruvning asosiy g‘oyasi shundan iboratki, yuqori pog‘ona tizimning umumiy strategik maqsadlarini belgilaydi, ya’ni optimal holatga erishish uchun kerakli yo‘nalishlarni aniqlaydi. Pastki pog‘onalar esa bevosita ijro jarayonlarini amalga oshiradi va lokal boshqaruvni ta’minlaydi. Shu tarzda har bir pog‘ona o‘z darajasidagi axborot asosida qaror qabul qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ogata K. *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.

2. Dorf R.C., Bishop R.H. *Modern Control Systems*. Pearson, 2017.

3. Åström K.J., Murray R.M. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press, 2008.

4. Franklin G.F., Powell J.D., Emami-Naeini A. *Feedback Control of Dynamic Systems*. Pearson, 2015.

5. Khalil H.K. *Nonlinear Systems*. Prentice Hall, 2002.

6. Zhou K., Doyle J.C., Glover K. *Robust and Optimal Control*. Prentice Hall, 1996.

7. MATLAB Documentation. *Control System Toolbox User’s Guide*. MathWorks Inc.

8. Ziegler J.G., Nichols N.B. *Optimum Settings for Automatic Controllers*. ASME Transactions, 1942.

9. Mirziyoyev I.M., Tursunov A.T. *Avtomatik boshqaruv tizimlari asoslari*. Toshkent, 2020.

10. Sokolov V.V. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya*. Moskva, 2015.