



КЎП БОҒЛИҚЛИ ДИНАМИК ОБЪЕКТЛАРНИ АВТОМАТИК БОШҚАРИШ ТИЗИМИНИ СИНТЕЗЛАШ

Файзиев Шавкат Исмаилович¹, Исмойилов Ҳаёт
Баратович², Садилаева Саодат Джуроевна³

¹PhD, Бухоро муҳандислик-технология институти доценти,

²Бухоро муҳандислик-технология институти докторанти,

³Бухоро муҳандислик-технология институтида “Рақамли таълим технологияси маркази” Тармоқларни бошқариш бўлими тармоқ администратори

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5557559>

МАҚОЛА ТАРИХИ

Qabul qilindi: 01- oktabr 2021

Ma'qullandi: 05- oktabr 2021

Chop etildi: 10- oktabr 2021

KALIT SO'ZLAR

Оптимальное управление, экстракция, многообъектное автоматическое управление, динамический объект, устойчивость, рост, ростовая компенсация.

ANNOTATSIYA

Мақолада бевосита технологик параметрларни бошқариб туриб, юқори қатламдаги оптимал топшириқларни амалга оширувчи ўзаро боғлиқ локал бошқариш тизимлари тўпламларини ўзида акс эттирувчи экстракция технологик жараёнини бошқаришнинг қуйи қатламини синтезлаш масаласи ечилган.

Оптимальное управление назарияси усуллари билан экстракция жараёнининг бошқариш тизимини синтез қилишнинг асосий муаммоси бу - содда алмашилиш жараёнлари динамикаси моделларининг юқори ўлчовлилиги, ўзгарувчиларнинг ички алоқаси бўлиб, уларнинг тузилиши ва параметрлари кўпгина омилларга боғлиқ ҳолда ўзгариб туради.

Бундан ташқари, бошқариладиган ўзгарувчиларнинг ўзаро боғлиқлигининг мавжудлиги кўп боғлиқли автоматик бошқариш тизимларини синтез қилишда баъзи қийинчиликларни келтириб чиқаради.

Ҳозирги вақтда экстракция жараёни технологик параметрларга эга локал стабилизация тизимлари ёрдамида бошқарилади, бу эса экстрактордан мақсадли маҳсулотни керакли хусусиятларга эга бўлишини ва агрегатнинг оптимал иш режимини қўллаб-қувватлашни таъминламайди.

Ишда озиқ-овқат ва фармацевтика саноатининг технологик жараёнини бошқариш самарадорлигини ошириш мақсадида бошқариш масаласининг ўзига хосликларини ҳисобга олган ҳолда ўсимлик хомашёсини сиқилган карбонат ангидрид гази билан экстракциялаш жараёнининг технологик



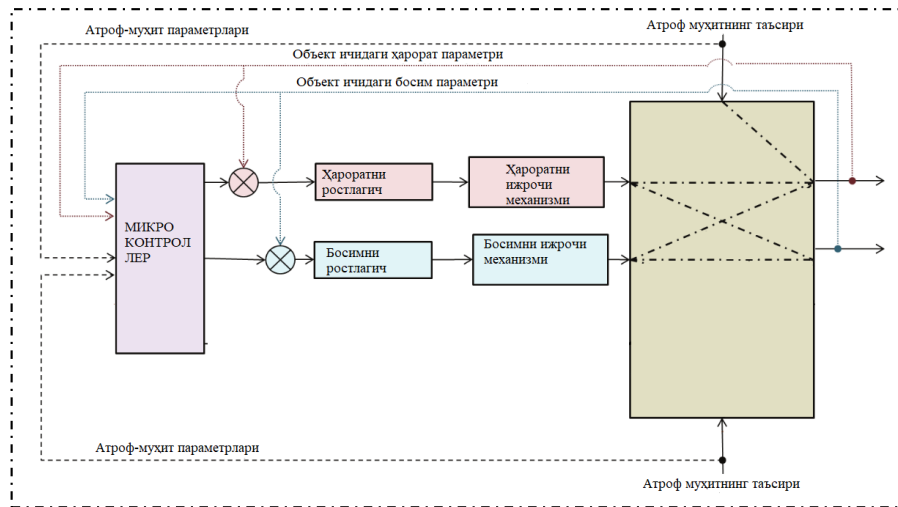
параметрларини рақамли кўп боғлиқли бошқариш тизими ишлаб чиқилди (1-расм).

Экстракция жараёнини бошқариш жуда мураккаблиги ва Р босимнинг ўзгариши Т ҳароратга ва сарфга боғлиқлиги каби бир-бирига боғлиқ бўлган бир нечта бошқариш ўзгарувчиларига эга. Бошқариладиган ўзгарувчиларнинг ўзаро боғлиқлигининг мавжудлиги кўп боғлиқли автоматик бошқариш тизимларини синтез қилишда баъзи қийинчиликларни келтириб чиқаради. Ушбу қийинчиликлар, авваломбор, кўп боғлиқли автоматик бошқариш тизимлари каналларининг ўзаро таъсирларни камайтириш ёки зарурий боғлиқлигини таъминлаш, ҳамда бошқарув тизими турғунлигини ва зарурий динамик хоссаларини берадиган минимал мураккабликга эга ростлагич структурасини аниқлаш билан боғлиқ. Бошқариш тизимини ишлаб чиқишда оптимал режимлар атрофида технологик параметрларнинг ўзаро боғлиқлигини компенсациялашнинг имконияти ва мақсадга мувофиқлиги тўғрисидаги масалалар тадқиқ қилинди.

Экстракция қурилмасини автоматлаштиришнинг оддий тизими алоҳида катталикларни барқарорлаштиришни амалга оширувчи локал бир контурли автоматик ростлаш тизимларини ўз ичига олади. Ушбу автоматик ростлаш тизимлари бир-бири билан жараён орқали боғланиб, экстракторнинг моддий балансини назорат қилишни таъминлайди.

Истеъмол таркиби ва сарфи бўйича сезиларли ва тез-тез ғалаёнланувчи таъсир бўлганда юқори даражадаги тоза маҳсулотларни олиш учун комбинацияланган бошқариш тизимидан фойдаланиш таклиф этилди. Ишда комбинацияланган бошқариш тизимининг ишлашида бошқариладиган қийматларнинг оғиши ва ушбу оғишларни келтириб чиқарадиган ғалаёнланувчи таъсирлар бўйича иккита бошқариш принципи бирлаштирилади. Комбинацияланган бошқарув тизимларидан фойдаланиш оғиш бўйича ўзига хос ростлашнинг талаб этилган аниқлигини сақлашда вужудга келган ғалаёнланувчи таъсирларни тезда компенсациялашга имкон беради. Ғалаёнланувчи бошқариш принципини амалга ошириш учун зарур бўлган математик моделлар баланс тенгламалари ёрдамида олиниши мумкин. [1].

Ўтиш жараёнини таҳлил қилиш бошқариш тизимининг ишлаш қобилияти тўғрисида хулоса қилишга имкон беради: объект дастлабки ҳолатдан якуний ҳолатга ўтказилади. Технологик жараёни автоматик бошқариш сифати одатда интеграл квадратик мезон, ўта ростлаш катталиги, ўтиш жараёнининг давомийлиги ва бошқа кўрсаткичлар билан баҳоланади. Оптималлаштириш орқали ушбу мезоннинг минимал қиймати таъминланди. 600 с.ни ташкил этувчи ўтиш жараёнининг давомийлиги етарлича қониқарли қийматга эга, чунки бошқариш объектининг доимий вақти $T_0 = 600$ с.



автоматик бошқариш тизимини қуйидагича тасвирлаш мумкин:

1-расм. Экстракция жараёнини автоматик бошқариш тизимининг функционал схемаси

Бу ерда, $y_1(t)$ ва $y_2(t) - y_1(t+1)$ ва $y_2(t+1)$ ростланувчи катталикларга мос ҳолда берилувчи таъсирлар, $u_1(t)$ ва $u_2(t) - y_1(t)$ ва $y_2(t)$ учун t вақт моментида бошқарувчи таъсирлар, $e_1(t)$ ва $e_2(t) - y_1(t)$ ва $y_2(t)$ ҳамда $y_1(t+1)$ ва $y_2(t+1)$ ўзгарувчилар орасидаги фарқ.

$y_1(t)$ ва $y_2(t)$ ўзгарувчиларнинг ўтиш жараёнларини таъминлаш, бошқаришнинг мақсади ҳисобланади.

Экстракция жараёнини таҳлил қилиш натижасида, қуйидаги сифат кўрсаткичлари аниқланган:

- ўта ростлашнинг йўқлиги;
- динамик объект ўрнатилган ҳолатида e_0 статик хатоликни берилган қийматда сақланиши;
- e_0 хатоликга эга бўлган T_e ростлаш вақтини берилган қийматда сақланиши;

Кўрилатган динамик объект – экстрактор, монотон ўзаро мос

ўзгарувчан $y_1(t)$ ва $y_2(t)$ ростланувчи катталикларга эга. Ростланувчи катталиклар ўзаро боғланганлиги сабабли, ростлагичдан чиқувчи $u_1(t)$ ва $u_2(t)$ бошқарув таъсирлари, ҳам $y_1(t)$, ҳам $y_2(t)$ катталикларнинг ҳозирги ва кейинги вақтдаги ўзгаришларини инобатга олиши зарур.

CO₂ экстракциялаш жараёнининг асосий технологик параметрларини (ҳарорат ва босим) бошқариш схемаси 1-расмда келтирилган.

Экстракция жараёнини хусусиятларини таҳлил қилиш шунини кўрсатдики, кўрилатган тизим кўп боғлиқли ўзгарувчилар бир-бирига ўзаро таъсир кўрсатади, ҳамда кўп боғлиқли автоматик бошқариш тизимларини синтезлашда айрим қийинчиликларни келтириб чиқаради. Бу масалани учинчи учун бошқарув тизимининг барқарорлиги ва керакли динамик хусусиятларини берадиган



минимал мураккабликка эга
ростлагични танлаш зарур.

Ростлагичнинг тузилиши ва параметрларини аниқлашда жараённинг ўзаро таъсирини ҳисобга олиш керак. Шу билан бирга, автоматик бошқариш тизими ростлагичи ўз таркибида бошқариш объектидаги ўзаро кесишиш каналларини компенсациялаш, турғунлик чегараларини ошириш ва тизимнинг сифат кўрсаткичларини яхшилашга ҳисса қўшадиган кесишиш алоқаларини тўғрилайдиган кўпбоғлиқли бўлиши мумкин.

Кўриб чиқилаётган кўп боғлиқли объект бир хил сонли бошқарувчи ва бошқариладиган ўзгарувчига эга бўлиб, ҳолат ўзгарувчиларидаги тенгламалар билан тавсифланади [2].

$$\dot{x} = Ax + Bu, y = Cx, \quad (1)$$

бу ерда, x – ҳолат вектори, u ва y – бошқарувчи ва бошқариладиган ўзгарувчи векторлар; A, B, C – мос ўлчамли сонли матрицалар.

Объектнинг (1) узатиш матрицаси қуйидаги кўринишга эга:

$$W_{yu}(p) = A^{-1}(p)C(p), \quad (2)$$

бу ерда $A(p) = \det(pE - A)$ - объектнинг характеристик полиноми; $C(p)$ - $q \times q$ полиномли матрица.

Технологик параметрларни бошқаришнинг кўп боғлиқли тизимида ишлаб чиқилган схемаларнинг автономлигига эришиш учун локал ростлагичлар ўртасида объектдаги

кесишиш боғлиқликларни компенсацияловчи кесишиш каналларини қуриш керак.

Локал контурларнинг ҳисоблаш режимларини таъминлаш учун U^* оқимнинг реал тезлиги векторининг формуласи қуйидагича аниқланади:

$$U^* = G_R \cdot V, \quad (3)$$

бу ерда, $G_R = G^{-1}$ – локал ростлагичлар орасидаги кесишмали матрица.

Маълумки, G_R тескари матрицанинг мавжуд бўлиш шарти G матрицанинг хосмаслигидир. Коэффициентлар матрицасининг хос бўлиши шартли равишда шартланганлик сони билан баҳоланади.

Агар қуйидаги шарт бажарилса, G матрицаси яхши шартланган бўлади:

$$1 \leq \text{cond}(G) \leq 100, \quad (4)$$

бу ерда $\text{cond}(G)$ – шартланганлик сонининг белгиланиши.

Технологик объект каналларини ажратиш учун компенсаторнинг узатиш функциясини шундай танлаш керакки, "компенсатор-объект" кетма-кет уланишнинг узатиш функцияси диагональ бўлсин [1].

Бунда W_k^u компенсатор ва W_p^u ростлагичнинг узатиш функцияларининг матрицали ифодасини инobatга олган ҳолда, берк тизимнинг узатиш функциялари матрицаси қуйидагича ифодаланади:



$$\bar{y} = (I + W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u)^{-1} \cdot W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u \cdot y^3 \quad (5)$$

бу ерда I -бирлик матрица, $r \times r$, y^3 -ҳар бир бошқариш канали учун топшириқ.

Алоқа каналининг автономлик шарти $(I + W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u)$ матрица – диагонал бўлганда таъминланади. Маълумки, I -диагонал матрица, шунинг учун $(W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u)$ ифода ҳам диагонал матрица бўлади:

$$W_o^u \cdot W_k^u = \begin{bmatrix} W_o^{u[1][1]}(z) + \sum_{i=2}^r W_o^{u[i][1]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) & \dots & W_o^{u[r][1]}(z) + \sum_{i=2}^{r-1} W_o^{u[i][1]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) \\ W_o^{u[1][2]}(z) + \sum_{i=2}^r W_o^{u[i][2]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) & \dots & W_o^{u[r][2]}(z) + \sum_{i=2}^{r-1} W_o^{u[i][2]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ W_o^{u[1][r]}(z) + \sum_{i=2}^r W_o^{u[i][r]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) & \dots & W_o^{u[r][r]}(z) + \sum_{i=2}^{r-1} W_o^{u[i][r]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) \end{bmatrix} \quad (6)$$

бу ерда, R -диагонал матрица, $r \times r$, $diag[R] = diag[W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u]$.

W_p^u -диагонал матрица бўлганлиги сабабли (6) дан келиб чиқадикки, агар $(W_o^u \cdot W_k^u)$ ифода ҳам диагонал матрица бўлса, R матрица ҳам диагонал бўлади. Ушбу матрицаларни кўпайтирамиз:

Кўпайтмадан ҳосил бўлган матрицанинг диагонал бўлмаган элементларини нолга тенглаштириб, қуйидаги тенгламага келинади:

$$W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_o^{uu} = 0 \quad (8)$$

бу ерда: W_o^u - блокли матрица; W_k^u, W_o^{uu} - блокли векторлар;

$$W_o^u = \begin{bmatrix} W_o^{u[1]} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & W_o^{u[r]} \end{bmatrix}; W_k^u = \begin{bmatrix} W_k^{u[1]} \\ \vdots \\ W_k^{u[r]} \end{bmatrix}; W_o^{uu} = \begin{bmatrix} W_o^{uu[1]} \\ \vdots \\ W_o^{uu[r]} \end{bmatrix}; \quad (9)$$

$W_o^{u[1]} - W_o^u$ матрицанинг i -қатори ва i -устунини ўчиришдан ҳосил бўладиган диагонал матрица; $W_k^{u[1]} - W_k^u$ матрицанинг i -устунидан i -қаторни ўчиришдан ҳосил бўладиган вектор;

$W_o^{uu[1]} - W_o^{uu}$ матрицанинг i -устунидан i -қаторни ўчиришдан ҳосил бўладиган вектор.

Агар W_o^u хосмас бўлса, бу тенглама ягона ечимга эга бўлади:

$$W_k^u = (W_o^u)^{-1} \cdot W_o^{uu} \quad (10)$$

Бундай ҳолатда, ўзаро кесишиш каналлари барқарор ҳолатда бўлади (статикада), шунинг учун алоҳида олинган ростлагичларнинг кучайтириш коэффициентларини ўзгартириш орқали, тизим сифатини яхшилаш мумкин.



Компенсаторнинг матричасини қуйидаги шаклда танлаш орқали, статик масаланинг ечими аниқланади:

$$W_k^u = W_o^{u-1} \text{diag } W_o^u, \quad (11)$$

$$\text{бу ерда, } W_o^u = \begin{bmatrix} W_{11}(0) & W_{12}(0) \\ W_{21}(0) & W_{22}(0) \end{bmatrix}; \quad \text{diag } W_o^u = \begin{bmatrix} W_{11}(0) & 0 \\ 0 & W_{22}(0) \end{bmatrix}$$

Юқоридагилардан, қуйидаги функцияни аниқлаймиз:

$$W_k^u = \frac{1}{W_{11}(0)W_{22}(0) - W_{12}(0)W_{21}(0)} \begin{bmatrix} W_{22}(0) & -W_{12}(0) \\ -W_{21}(0) & W_{11}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{11}(0) & 0 \\ 0 & W_{22}(0) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\text{бу ерда: } D_k^u = W_{11}(0)W_{22}(0) - W_{12}(0)W_{21}(0); \quad r_{k11} = r_{k22} = W_{11}(0)W_{22}(0); \\ r_{k21} = -W_{11}(0)W_{21}(0);$$

Статик автономликка, компенсаторнинг кучайтириш коэффициентларини қуйидаги шаклда танлаш орқали эришилади:

$$g_{11} = \begin{bmatrix} r_{111} / D_k^u \\ r_{121} / D_k^u \end{bmatrix}, \quad g_{12} = \begin{bmatrix} r_{112} / D_k^u \\ r_{122} / D_k^u \end{bmatrix} \quad (13)$$

Бундай коэффициентлар U_1 дан фақат $Y_1=P$ ростлаш учун, $U_2 - Y_2=t$ ростлашни таъминлайди.

Динамик компенсаторнинг узатиш функциясини қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$W_k(p) = W_o^{-1}(p) \text{diag } W_o(p) \quad (14)$$

бу ерда:

$$W(p) = \begin{bmatrix} W_{11}(p) & W_{12}(p) \\ W_{21}(p) & W_{22}(p) \end{bmatrix} \quad (15)$$

Юқоридагилардан, қуйидаги функцияни аниқлаймиз:

$$W_k(p) = \frac{1}{W_{11}(p)W_{22}(p) - W_{12}(p)W_{21}(p)} \begin{bmatrix} W_{22}(p) & -W_{12}(p) \\ -W_{21}(p) & W_{11}(p) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_{11}(p) & 0 \\ 0 & W_{22}(p) \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$\text{ёки } W_k(p) = \frac{1}{D_k(p)} R_k(p) = \frac{1}{D_k(p)} \begin{bmatrix} r_{k11}(p) & r_{k12}(p) \\ r_{k21}(p) & r_{k22}(p) \end{bmatrix},$$

$$\text{бу ерда: } D_k(p) = W_{11}(p)W_{22}(p) - W_{12}(p)W_{21}(p);$$

$$r_{k11}(p) = r_{k22}(p) = W_{11}(p)W_{22}(p);$$

$$r_{k12}(p) = -W_{12}(p)W_{22}(p); \quad (17)$$



$$r_{k21}(p) = -W_{11}(p)W_{21}(p);$$

Юқоридагиларни инобатга олиб, $W_k(p) \leq g_{11}(p), g_{12}(p)$ блоклар учун қуйидагиларни аниқлаймиз:

$$g_{k1}(p) = \left[\frac{W_{11}(p)W_{22}(p)}{[W_{11}(p)W_{22}(p) - W_{12}(p)W_{21}(p)]} \right. \\ \left. - \frac{W_{12}(p)W_{21}(p)}{[W_{11}(p)W_{22}(p) - W_{12}(p)W_{21}(p)]} \right]$$
$$g_{k2}(p) = \left[\frac{W_{12}(p)W_{22}(p)}{[W_{11}(p)W_{22}(p) - W_{12}(p)W_{21}(p)]} \right. \\ \left. - \frac{W_{11}(p)W_{22}(p)}{[W_{11}(p)W_{22}(p) - W_{12}(p)W_{21}(p)]} \right] \quad (18)$$

Компенсаторнинг узатиш функцияси қуйидагича аниқланади:

$$W_k(P) = W_0^{-1}(P) \cdot \text{diag} W_0(P) \quad (19)$$

Берк бошқариш тизимининг олинган диагональ узатиш матрицаси асосида бир ўлчамли тизимлар назариясидан фойдаланган ҳолда, автоном равишда ҳар бир канал учун ростлагични синтез қилиш мумкин. [3].

Кесишиш каналларининг ўтиш функциялари нолга яқинлиги сабабли автоном шартлари амалда бажарилади. Ушбу ишда тақлиф этилган усулдан фойдаланиш, кўп боғлиқли автоматик бошқариш тизимларини барқарорлаштирувчи тескари алоқадан фойдаланмасдан, нотурғун объектлар учун мос келадиган қутблар билан синтез қилишга имкон беради. Бундай

ҳолда, нотурғун объектни бошқариш тизими каналларининг автономлиги тақлиф этилган декомпозицияланган матрицадан фойдаланган ҳолда таъминланади. Диагональ бўлмаган матрицани танлаш орқали керакли алоқани таъминлаш мумкин. Ушбу ишда кўриб чиқилган динамик декомпозиция усули самарали, физик жиҳатдан амалга ошириладиган кўп боғлиқли бошқарув тизимини ўтиш режимида белгиланган сифат кўрсаткичлари билан синтез қилишга имкон беради [4]. У турли хил техник объектларни бошқариш тизимларини яратиш учун ишлатилиши мумкин.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. К.Х.Гафуров, Файзиёв.Ш.И., Ибрагимов У.М. Разработка схемы и программы управления температурой и давлением растворителя в экстракционном контуре производства экстрактов из растительного сырья // Илмий - техникавий журнал. "Бухоро давлат университети илмий ахбороти", Бухоро, БДУ.2016, №3. –с.25-32 (05.00.00; № 20).



2. Сиддиков И.Х., Файзиев Ш.И. Синтез системы автоматического регулирования концентрацией // Журнал “Химическая технология. Контроль и управление”. Ташкент, ТашГТУ. 2019, № 4-5. – с.113-118
3. Fayziev Sh.I. Synthesis of an Automatic Control System with Pulse-width Modulation According to the Speed Criterion // International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)
4. Siddikov I.Kh., Fayziev Sh.I., Gafurov K.Kh., Ibragimov U.M. Automatic control system for the concentration of ingredients from vegetable raw materials using liquefied CO₂ // International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 29, No. 11s, (2020), pp. 32-37.