

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

Хамидов Б.Т.

АВТОМАТИК БОШҚАРИШ
НАЗАРИЯСИДАН МАСАЛАЛАР
ТЎПЛАМИ
(ЧИЗИҚЛИ ТИЗИМЛАР)

ЎҚУВ ҚЎЛЛАНМА

Тошкент - 2007 й.

Хамидов Б.Т. Автоматик бошқариш назариясидан масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. - Тошкент: ТКТИ наширёти, 2007. –

Ушбу ўқув қўлланма 5521800 “Автоматлаштириш ва бошқарув” таълим йўналиши талабалари учун “Автоматик бошқариш назарияси” фанидан амалий машғулотларни ўтказиш учун мўлжалланган бўлиб, ундан шу фанга қизиқиш билдирган магистратура босқичидаги талабалар, аспирантлар, докторантлар, илмий ходимлар ва профессор - ўқитувчилар фойдаланишлари мумкин.

Такризчилар:

т.ф.д. Абдукодиров А.А.
доц. Акрамходжаев Ю.Т.

Тошкент кимё технология
институтини 2007 й.

КИРИШ

Автоматика фан ва техниканинг автоматик бошқариш назарияси ва амалиёти, автоматик тизимларни куриш принциплари ва техник жиҳатларини ўз ичига олади. Автоматлаштириш – бу техник жиҳозларнинг қўлланилиши, математик усуллар ва бошқариш тизимларида, бунинг натижасида инсон қисман ёки бутунлай информация олишда ўзгартириш, узатиш ва энергияни ишлатишдан озод бўлади.

Автоматлаштиришнинг мақсади – меҳнат унумдорлиги ва ишлаб чиқаришнинг сифатини ошириш режаларини автоматлаштириш, оптималлаштириш ва бошқариш, инсонни зарарли шароитларда ишлашдан озод қилишдир. У фан ва техникани умумий ривожлантириш натижасидир. Технологик жараёнларни автоматлаштиришнинг ривожланиши асосан 50-60 - йилларда бошланган. Техника сиёсатини мақсад сари йўналтирилганлиги ҳисобига кимёвий ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларида автоматлаштиришнинг даражаси ошди. Технологик жиҳозланишнинг яхлитлиги ва ундаги ўзлаштирилган технологик жараёнларни бошқаришни технологик жараёнда амалга оширилиши, технологик объектни бошқаришни ташкил қилади. Ахборотларни автоматлаштирилган ҳолда йиғиш ва қайта ишлашни таъминловчи ҳамда инсон фаолиятининг турли соҳалардаги оптимал бошқариш учун зарур бўлган инсон-машина тизимига – автоматлаштирилган бошқариш тизими (АБТ) дейилади.

1 - АМАЛИЙ МАСЪУЛОТ

БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИНГ МАТЕМАТИК ИФОДАЛАРИ. ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЕНГЛАМАЛАР. ФАЗОВИЙ ХОЛАТЛАР.

Мисол. Бошқариш объектининг модели $\ddot{y} + 5\dot{y} + 7y = 10u$. кўринишга эга бўлса, объектнинг ҳолат тенгламасини ёзинг.

Ечилиши. Ҳолатнинг ўзгарувчиларини танлаймиз $x_1 = y$, $x_2 = \dot{y}$. Ҳар қайси ҳолат ўзгарувчилари учун биринчи тартибли дифференциал тенгламаларини объектнинг берилган тенгламаси учун ёзамиз

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -7x_1 - 5x_2 + 10u. \end{cases}$$

МАСАЛАЛАР

1.1. Бошқариш объектининг дифференциал тенгламаси $\ddot{y} + 5\dot{y} + \dot{y} + 2y = 3u$. кўринишга эга. Ҳолат ддифференциал тенгламасини ёзинг.

1.2. Бошқариш объектининг дифференциал тенгламаси $\ddot{y} - 3\dot{y} + y = 10u$. кўринишга эга. Ҳолат ддифференциал тенгламасини ёзинг.

1.3. Бошқариш объектининг дифференциал тегламаси $\ddot{y} + \dot{y} + 7y = 2u$.
кўринишга эга. A, B, C матрицларни аниқланг.

1.4. Тизимнинг кириш ва чиқиш ўзгарувчиларига нисбатан дифференциал тенглама кўринишдаги ифодаси берилган $0.5 \cdot y^{(3)} + 4 \cdot y^{(2)} + 3 \cdot y^{(1)} + 2 \cdot y = 1.5 \cdot u$.
Фазодаги ҳолатни моделини ёзиш ва A, B, C матрицларни аниқлаш талаб этилади.

1.5. Бошқариш объектининг дифференциал тегламаси

$$\begin{aligned}2\ddot{x} + 7\dot{x} - 6x &= 8u, \\ y &= 3x - \dot{x}.\end{aligned}$$

кўринишга эга. Ҳолат ддифференциал тенгламасини ёзинг.

1.6. Бошқариш объектининг дифференциал тегламаси кўринишга эга:

$$\begin{aligned}\ddot{x} + 4\dot{x} - \dot{x} &= 5u, \\ y &= x + 3\dot{x} + \ddot{x}.\end{aligned}$$

кўринишга эга. A, B, C матрицларни аниқланг.

1.7. Бошқариш объектининг дифференциал тегламаси $\ddot{y} + 3\dot{y} + y = 2\dot{u} + u$.
кўринишга эга. A, B, C матрицларни аниқланг.

1.8. Бошқариш объектининг дифференциал тегламаси $4y^{(2)} + 2y^{(1)} + y = 3\dot{u}^{(1)} + 2u$.
кўринишга эга. Бошқариш объектининг тегламаси Коши шаклида ёзинг.

1.9. Бошқариш объектининг дифференциал тегламаси $\ddot{y} + 3\dot{y} - \dot{y} + y = \dot{u} + 2\dot{u} + 5u$.
кўринишга эга. A, B, C матрицларни аниқланг.

1.10. Бошқариш объектининг модели $2y^{(3)} + 4y^{(2)} + 5y^{(1)} + 3y = 4\dot{u}^{(2)} + 3\dot{u}^{(1)} + 2u$.
кўринишга эга. Бошқариш объектининг тегламаси Коши шаклида ёзинг.

1.11. Бошқариш объектининг модели $2y^{(3)} + 5y^{(1)} + 3y = 4\dot{u}^{(2)} + 5\dot{u}^{(1)} + u$.
кўринишга эга. Бошқариш объектининг тегламаси Коши шаклида ёзинг.

1.12. Объектнинг математик модели маълум бўлса,

$$\begin{cases}x^{(4)} + 5x^{(3)} + 2x^{(2)} - x = 7u, \\ y = 2x - x^{(1)} + 3x^{(2)}.\end{cases}$$

A, B, C матрицларни аниқланг.

1.13. Агар объектнинг математик модели маълум бўлса,

$$\begin{cases} x^{(4)} + 7x^{(3)} + 2x^{(2)} + x^{(1)} + x = 2u, \\ y = 5x - x^{(2)}. \end{cases}$$

A, B, C матрицларни аниқланг.

1.14. Холатнинг дифференциал тенгламаси

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -3x_1 + x_2 + 2u, \\ \dot{x}_2 = x_1 - 5x_2 - u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

кўринишга эга. A, B, C матрицларни аниқланг.

1.15. Агар объектнинг математик модели маълум бўлса,

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -2x_1 - x_2 + 7u, \\ y = x_1 + 3x_2. \end{cases}$$

A, B, C матрицларни аниқланг.

1.16. Куйида келтирилган тенгламалар тизими учун A, B, C матрицларнинг коэффициентларини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -3 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 + 0.5 \cdot u_1, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 4 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3, \\ \dot{x}_3 = -2 \cdot x_1 - x_2 - x_3 + u_1 + 2 \cdot u_2, \\ y_1 = x_1 + x_2, \\ y_2 = x_3. \end{cases}$$

1.17. Агар тизимнинг A, B, C матрицларнинг коэффициентлари маълум бўлса,

$$A = \begin{pmatrix} -4 & 1 & 0 \\ 0 & -4 & 2 \\ -1 & -2.5 & -5 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 2.5 \\ 0.8 \end{pmatrix}, \quad C = (0.7 \quad 1).$$

Тизимнинг фазовий ҳолатдаги математик моделини ёзинг.

1.18. Бошқариш объектининг дифференциал тенгласи қуйидаги кўринишга эга бўлса, y, u ҳолда тизимнинг ўзгарувчиларига нисбатан скаляр тенгласининг ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -2x_1 - 5x_2 - x_3 + 7u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

1.19. A, B, C матрицлар маълум бўлса, y, u ҳолда тизимнинг ўзгарувчиларига нисбатан скаляр тенгласининг ёзинг:

$$A = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ -1 & -3 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 5 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 0]$$

1.20. A, B, C матрицлар маълум бўлса, y, u ҳолда тизимнинг ўзгарувчиларига нисбатан скаляр тенгласининг ёзинг:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & -2 & 1 \\ -3 & 5 & -1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 0 \quad 0]$$

1.21. Тизимнинг фазовий ҳолат ифодаси қуйидаги кўринишда берилган бўлса, y, u ҳолда A, B ва C матрица коэффициентларини аниқланг ва тизимнинг ўзгарувчиларига нисбатан ифодасини ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2 \cdot x_2, \\ \dot{x}_2 = 5 \cdot x_3, \\ \dot{x}_3 = -4 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - x_3 + 5 \cdot u, \\ y = 0.1 \cdot x_1. \end{cases}$$

1.22. Тизимнинг фазовий ҳолат ифодаси қуйидаги кўринишда берилган бўлса, y, u ҳолда A, B ва C матрица коэффициентларини аниқланг ва тизимнинг ўзгарувчиларига нисбатан ифодасини ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - x_1, \\ \dot{x}_2 = 0.1x_3 - x_2, \\ \dot{x}_3 = -x_1 - 2x_2 - 5x_3 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

1.23. Тизимнинг фазовий ҳолат ифодаси қуйидаги кўринишда берилган бўлса, u ҳолда тизимнинг y, u ўзгарувчиларига нисбатан дифференциал тенглама кўринишга ўтказинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3 - 0.5x_2, \\ \dot{x}_3 = -x_1 - 2x_2 - 4x_3 + 5u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

1.24. Қуйида келтирилган бошқариш объектининг моделини иккинчи тартибли битта дифференциал тенглама кўринишидаги ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -2x_1 + 6x_2 - 3u, \\ \dot{x}_2 = 4x_1 - 3x_2 + 2u, \\ y = -5x_1 + 2x_2. \end{cases}$$

1.25. Тизимнинг фазовий ҳолат ифодаси қуйидаги кўринишда берилган бўлса, u ҳолда тизимнинг y, u ўзгарувчиларига нисбатан дифференциал тенглама кўринишга ўтказинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 - x_3 - u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_2 - x_3 + u, \\ \dot{x}_3 = x_1 - x_2 - x_3 + 2u, \\ y = x_1 + x_2 + x_3. \end{cases}$$

2 - АМАЛИЙ МАСЪУЛОТ

ЎЗАТИШ ФУНКЦИЯЛАРИ

Бир ўлчамли узлуксиз стационар чизиқли системанинг дифференциал тенгламасини умумий кўринишда қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\left[a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) \right] = \left[b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_m x(t) \right]. \quad (2.1)$$

Система ёки звенонинг узатиш функцияси деб – бошланғич шартлари нол бўлганида чиқиш сигналининг Лаплас тасвирини кириш сигналининг Лаплас тасвири сигнали нисбатига айтилади. (2.1)-тенгламани Лаплас тасвири бўйича ўзгартирамиз, бунинг учун дифференциал тенгламада $\frac{d}{dt}$ операторни « p » комплекс ўзгарувчи билан алмаштирамиз

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n) y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m) x(p). \quad (2.2)$$

Узатиш функциясининг таърифига мувофиқ $W(p)$ ни қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} \Big|_{t=0} = \frac{(b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)}{(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)}. \quad (2.3)$$

ёки

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$$

бунда $P(p) = b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m$ - m даражали кўпхад;

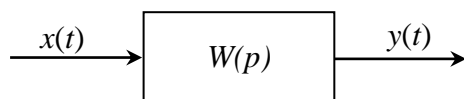
$Q(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n$ - n даражали кўпхад.

Системани амалга ошириш учун $m < n$ шарт бажарилиши керак. Шундагини система ишлаши мумкин.

(2.3) тенгламага мувофиқ звено ёки системанинг чиқиш сигналининг Лаплас тасвири

$$y(p) = W(p) \cdot x(p). \quad (2.4)$$

Энди звено ёки системанинг узатиш $W(p)$ функцияси билан ўткинчи функцияси $h(t)$ ҳамда импульсли ўткинчи функцияси $\omega(t)$ орасидаги боғланишни кўриб чиқамиз (2.1-расм).



2.1 – расм

а) Агар кириш сигнали $x(t)=1(t)$ бўлса, унда унинг Лаплас тасвири $x(p) = \frac{1}{p}$ бўлади. (2.1) формулага мувофиқ чиқиш сигналининг Лаплас тасвири $y(p) = W(p) \cdot \frac{1}{p}$ га тенг бўлади. Бундан оригинал функцияга ўтсак

$$y(t) = h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} \text{ бўлади.}$$

Демак, ўткинчи функция $h(t)$ билан узатиш функцияси $W(p)$ бир маъноли боғланган экан.

б) Агар $x(t)=\delta(t)$ бўлса, унда $x(p)=1$ бўлади. (2.4) формулага мувофиқ чиқиш сигналининг Лаплас тасвири $y(p)=W(p)$ бўлиб, унинг оригинали импульсли ўткинчи функция бўлади, яъни $y(t) = \omega(t) = L^{-1} \{W(p)\}$.

Демак, импульсли ўткинчи функция $\omega(t)$ узатиш функциясининг оригинали экан.

Энди узатиш функциясининг моҳиятини аниқ мисолда кўриб чиқамиз.

Мисол. Объектнинг модели қуйидаги кўринишга эга: $\ddot{y} + 6\dot{y} + 5y = 2\dot{u} + 12u$.
Объект учун узатиш функциясини ёзинг ва унинг ноли и полюсни аниқланг.

Ечилиши. Объектнинг тенгламасини дифференциаллаш оператори кўринишида ёзамиз $(p^2 + 6p + 5)y = (2p + 12)u$.

Объектнинг узатиш функциясини аниқлаш учун $W(p) = \frac{y}{u}$ ифодалаймиз:

$$W(p) = \frac{y}{u} = \frac{2p + 12}{p^2 + 6p + 5}.$$

Тизимнинг характеристик тенгламаси $A(p) = p^2 + 6p + 5 = 0$. кўринишга эга бўлади.

Унинг илдизлари эса, $p_1 = -5$ и $p_2 = -1$ полюс деб аталади. Узатиш функцияси махраждаги полином илдизи $z_1 = -6$ нол деб аталади.

МАСАЛАЛАР

2.1. Объект учун қуйидаги принципал схема берилган (2.1 расм). Агар $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ кОм; $C = 10^{-3}$ ф тенг бўлса, уҳолда объектнинг узатиш функциясини, нолини ва полюсни аниқланг:

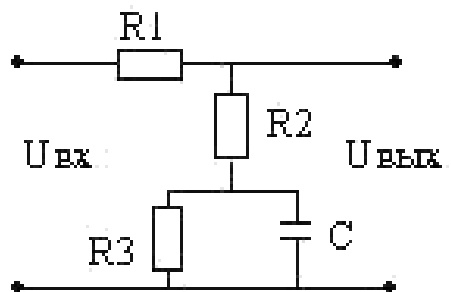


Рис. 2.1.

2.2. Объектнинг дифференциал тенгламаси $\ddot{y} + 6\dot{y} + y = 5u$ бўйича узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг.

2.3. Объектнинг дифференциал тенгламаси $\ddot{y} + 7\dot{y} - 5y = \dot{u} + 5u$ бўйича узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг.

2.4. Объектнинг дифференциал тенгламаси $\ddot{y} + 6\dot{y} + 3y = 5u$. бўйича узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг.

2.5. Объектнинг дифференциал тенгламаси $\ddot{y} + 2\dot{y} + y = 2\ddot{u} + 3\dot{u} + u$. бўйича узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг.

2.6. $y^{(2)} + 0.4y^{(1)} + 0.6y = 2u^{(1)} + 0.8u$, узатиш функциясини, нолини ва полюсни аниқланг.

2.7. Модели келтирилган $0.4y^{(3)} + 7y^{(2)} + 2y^{(1)} = 0.8u$, характеристик тенгламасини ва полюсни аниқланг.

2.8. Модели келтирилган $6y^{(2)} + 7.4y^{(1)} + 0.8y = 0.1u^{(2)} + 0.6u^{(1)} + 2u$, Дана математическая модель объекта дифференциал тенглама орқали ифодаланган объектнинг узатиш функциясини, нолини, полюсни ва тартибини аниқланг.

2.9. Математик модели $2y^{(3)} + 4y^{(2)} + 2y^{(1)} + 4y = u$. кўринишган эга бўлган бошқариш объектнинг узатиш функциясини аниқланг.

2.10. Математик модели $2y^{(3)} + 5y^{(1)} + 3y = 6u^{(2)} + 2u^{(1)} + u$. кўринишган эга бўлган бошқариш объектнинг узатиш функциясини аниқланг.

2.11. Математик модели $3y^{(3)} + 6y^{(2)} + 2y^{(1)} + 4y = 2u^{(2)} + 3u^{(1)} + u$. кўринишган эга бўлган бошқариш объектнинг узатиш функциясини аниқланг.

2.12. Агар объектнинг узатиш функцияси $W(p) = (10p + 1)/(p^2 + 3p - 1)$ маълум бўлса, у ҳолда унинг дифференциал тенгламасини ёзинг.

2.13. Объектнинг қуйидаги берилган узатиш функцияси бўйича y ва u нисбатан дифференциал тенгламасини ёзинг ва тартибини аниқланг:

$$W(p) = \frac{0.3p + 1}{4p^3 + 6p^2 + 2.1p + 1.2}$$

2.14. Бошқариш объектнинг қуйида келтирилган $W(p) = 4/(6p^3 + 4p^2 + 2)$ узатиш функцияси орқали биринчи тартибли дифференциал тенгламалар тизими кўринишидаги моделини ёзинг:

$$W(p) = \frac{2p^2 + 3p + 1}{2p^3 + 4p^2 + 6p + 2}$$

2.15. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + 2x_2 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -5x_1 - x_3 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.16. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -5x_1 - x_2 - x_3 + 2u, \\ y = 3x_1 + 2x_2 + x_3. \end{cases}$$

2.17. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг характеристик тенгламасини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -2x_1 - 5x_2 - x_3 + 10u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.18. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = -5x_1 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -3x_1 - 2x_2 - x_3 + 4u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.19. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = 2x_1 - x_3, \\ \dot{x}_3 = -4x_1 - x_2 + x_3 + 5u, \\ y = x_1 - 4x_2 + x_3. \end{cases}$$

2.20. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -2x_1 - x_2 - 3x_3 + 4u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.21. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = 2x_2 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -5x_1 + x_2 - x_3 + 10u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.22. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + x_3 + 2u, \\ \dot{x}_3 = -3x_1 + 5x_2 - 7x_3 - u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.23. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -4x_1 - x_2 - x_3 + 6u, \\ y = x_1 + 2x_2 - x_3. \end{cases}$$

2.24. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, у ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг. Объект узатиш функциясини ноли ва полюсни ҳисобланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 3x_2 + 10u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.25. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, u ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг ва характеристик тенгламасини ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -5x_1 - x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.26. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, u ҳолда унинг узатиш функциясини $W(p) = y(p)/u(p)$. аниқланг ва характеристик тенгламасини ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -7x_1 - 2x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.27. Агар объект ҳолати қуйидаги келтирилган дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган бўлса, u ҳолда унинг узатиш функциясини $W_1(p) = x_1(p)/u(p)$, $W(p) = y(p)/u(p)$ аниқланг ва характеристик тенгламасини ёзинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -5x_1 - x_2 - 3x_3 + 4u, \\ y = 2x_1 - x_2 + x_3. \end{cases}$$

2.28. Қуйида келтирилган объект модели асосида матрицали узатиш функцияси аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -2x_1 - 0.5x_2 + 4u_1, \\ \dot{x}_2 = -0.1x_1 - x_2 + 0.4u_2, \\ y_1 = 2x_1, \\ y_2 = x_1 + x_2. \end{cases}$$

2.29. Қуйида келтирилган объект модели асосида узатиш функцияси аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -4x_1 - 6x_2 - 8x_3 + 10u, \\ y = 0.4x_1. \end{cases}$$

2.30. Қуйида келтирилган объект модели асосида объектнинг характеристик тенгламасини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -0.4x_1 + 2x_2, \\ \dot{x}_2 = -0.1x_1 - 0.2x_2 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -4x_1 - 4.6x_2 - 10x_3 + 1.6u, \\ y = x_1 + 0.6x_2. \end{cases}$$

2.31. Қуйида келтирилган дифференциал тенгламалар тизими орқали бошқариш объектнинг узатиш функциясини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_1 + 4x_2, \\ \dot{x}_2 = x_2 + 3x_1 + 4u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

2.32. Қуйида келтирилган дифференциал тенгламалар тизими орқали бошқариш объектнинг узатиш функциясини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = 3x_2 + 4x_1 + 2u, \\ y = x_2 + x_1. \end{cases}$$

2.33. Қуйида келтирилган дифференциал тенгламалар тизими орқали бошқариш объектнинг узатиш функциясини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1 + 2x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_2 + 4x_1 + 2u, \\ y = x_1 + 2x_2 \end{cases}$$

2.34. Объектнинг ҳолатини ифодаловчи A, B, C , матрицалар маълум бўлса, у ҳолда объектнинг узатиш функциясини аниқланг:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.35. Объектнинг ҳолатини ифодаловчи A, B, C , матрицалар маълум бўлса, у ҳолда объектнинг узатиш функциясини аниқланг:

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ -3 & -5 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.36. Объектнинг ҳолатини ифодаловчи A, B, C , матрицалар маълум бўлса, у ҳолда объектнинг узатиш функциясини аниқланг ва характеристик тенгламасини ёзинг:

$$A = \begin{pmatrix} -0.4 & 2 \\ -2 & -6 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 8 & 0 \\ 0 & 5 \end{pmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.37. Агар объектнинг узатиш функцияси $W(p) = (p+5)/(p^3+3p^2+p+1)$ маълум бўлса, у холда объектнинг холат тенгламасини ёзинг.

2.38. Агар объектнинг узатиш функцияси $W(p) = 8/(p^3+5p^2-3p+7)$ маълум бўлса, у холда A, B, C матрицаларни аниқланг.

2.39. Агар объектнинг узатиш функцияси $W(p) = 5/(p^3+3p^2+6p+2)$ маълум бўлса, у холда A, B, C матрицаларни аниқланг.

2.40. Агар объектнинг узатиш функцияси келтирилган $W(p) = 5/(p^2+7p+3)$ кўринишга эга бўлса, у холда объектнинг характеристик тенгламасини ёзинг.

2.41. Агар объектнинг узатиш функцияси келтирилган $W(p) = (3p+2)/(p^3+5p^2+p+1)$ кўринишга эга бўлса, у холда объектнинг характеристик тенгламасини ёзинг.

2.42. Агар объектнинг узатиш функцияси $W(p) = 2/(p^3+5p^2+p+7)$ маълум бўлса, у холда уни дифференциал тенглама кўринишида ифодаланг.

2.43. Берилган узатиш функцияси $W(p) = 4/(2p^3+0.8p^2+6p+0.4)$ орқали объектнинг математик моделини тузинг.

2.44. Агар объектнинг узатиш функцияси куйидаги кўринишда берилган бўлса, у холда бошқариш объектнинг математик моделини Коши шаклида ифодаланг:

$$W(p) = \frac{4p+3}{4p^3+8p^2+8p+3}$$

3 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

ЧАСТОТАВИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАР

Чизиқли стационар системаларни тасвирлашда частотали характеристикалар жуда муҳим роль ўйнайди. Бир ўлчамли чизиқли стационар системанинг умумий кўринишдаги оператор тенгламасини куйидагича ифодалаш мумкин:

$$(a_0p^n + a_1p^{n-1} + a_2p^{n-2} + \dots + a_n)y(p) = (b_0p^m + b_1p^{m-1} + b_2p^{m-2} + \dots + b_m)x(p).$$

Узатиш функциясининг таърифига кўра

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{b_0p^m + b_1p^{m-1} + b_2p^{m-2} + \dots + b_m}{a_0p^n + a_1p^{n-1} + a_2p^{n-2} + \dots + a_n} = \frac{P(p)}{Q(p)}.$$

$W(j\omega)$ функциянинг узатиш функцияси $W(p)$ дан $p = j\omega$ билан алмаштириш орқали олинади ва *частотавий узатиш функцияси* дейилади

$$W(j\omega) = \frac{b_0(j\omega)^m + b_1(j\omega)^{m-1} + b_2(j\omega)^{m-2} + \dots + b_m}{a_0(j\omega)^n + a_1(j\omega)^{n-1} + a_2(j\omega)^{n-2} + \dots + a_n}$$

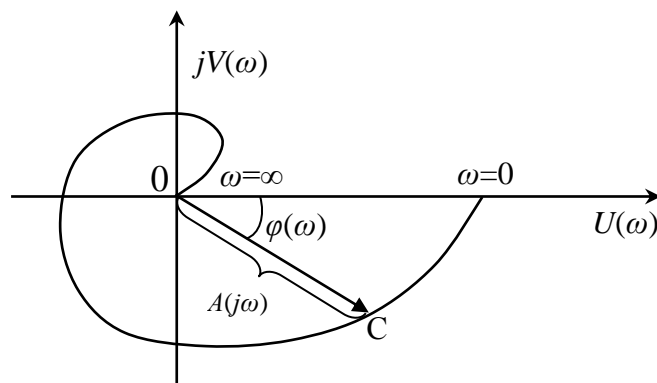
Частотавий узатиш функция $W(j\omega)$ частота деб аталувчи ҳақиқий ўзгарувчи « ω » га боғлиқ бўлган комплекс функциядир.

$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ - алгебраик кўриниши;

$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ - даражали кўриниши,

бу ерда $U(\omega)$ - ҳақиқий қисм; $V(\omega)$ - мавҳум қисм; $A(\omega)$ - амплитуда; $\varphi(\omega)$ - фаза.

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} ; \varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)}$$



3.1 – расм.

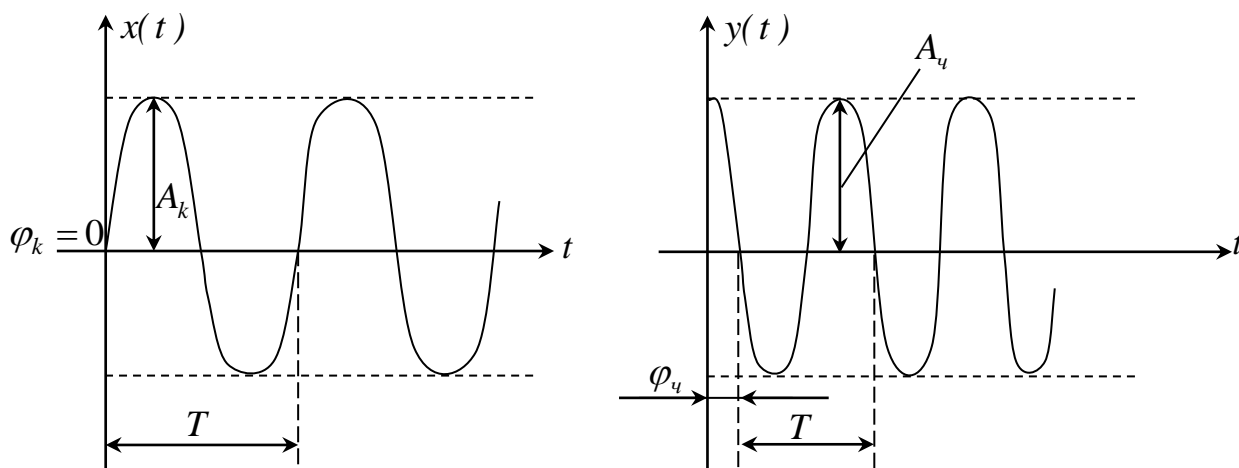
Комплекс текислигида $W(j\omega)$ функциясини \overline{OC} вектор орқали ифодалаш мумкин. Бу векторнинг узунлиги частотали узатиш функциясининг амплитудаси « A »га векторнинг ҳақиқий мусбат ққ билан хосил қилган бурчаги фазаси « φ »га тенг бўлади (3.1-расм).

Частота нолдан чиксиз ($0 < \omega < \infty$) ораликда қзгарганда \overline{OC} векторнинг комплекс текислигида чизган эгри чизиғига *амплитуда-фазали характеристика* (АФХ) дейилади, ёки бошқа қилиб айтганда АФХ деб комплекс текислигида частотанинг қзгаришига қараб амплитуда ва фазанинг қзгаришига айтиш мумкин.

Частотали узатиш функциясининг *амплитудаси* чиқиш сигналининг амплитудасини кириш сигналининг амплитудасига нисбатан неча маротаба катталигини кқрсатади. Частотали узатиш функциясининг модули амплитудасини

беради, яъни $A(\omega) = \operatorname{mod} W(j\omega) = \frac{A_y(\omega)}{A_x(\omega)}$; частотали узатиш функциясининг

аргументи чиқиш ва кириш сигналлари орасидаги бурчак силжишини кқрсатади, яъни $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$;



3.2 – расм.

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{A_y(\omega)e^{j[\omega t + \varphi_y]}}{A_x(\omega)e^{j[\omega t + \varphi_x]}} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

$A(\omega)$ - кучайтиришнинг амплитудаси

$$A(\omega) = \frac{A_{\text{чик}}(\omega)}{A_{\text{кир}}(\omega)}; \varphi(\omega) = \varphi_{\text{чик}} - \varphi_{\text{кир}}.$$

$W(j\omega)$ - амплитуда фазавий характеристика (АФХ);

$U(\omega)$ - ҳақиқий частотавий характеристика (ХЧХ);

$V(\omega)$ - мавҳум частотавий характеристика (МЧХ);

$A(\omega)$ - амплитуда частотавий характеристика (АЧХ);

$\varphi(\omega)$ - фаза частотавий характеристика (ФЧХ).

Бу характеристикаларнинг ҳаммаси оддий чизиқли масштабда чизилади. Юқоридаги характеристикалардан ташқари куйидаги иккита логарифмик характеристика ҳам мавжуддир.

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$ функция - логарифмик амплитуда частотавий характеристика (ЛАЧХ) дейилади. Амплитуданинг $\lg \omega$ га нисбатан чизилган графигига логарифмик амплитуда частотавий характеристика (ЛАЧХ) дейилади. $\varphi(\omega)$ ни $\lg \omega$ га нисбатан чизилган графигига логарифмик фазо-частотавий характеристика (ЛФЧХ) дейилади.

$\lg \omega$ нинг ўлчов бирлиги «дакада», бир декада частотанинг ўн марта ошишини билдиради.

$L(\omega)$ нинг ўлчов бирлиги «децибелл» кувватни ўн марта кўпайтириш бир беллни беради, яъни $1 \text{ дБ} = \frac{1}{10} \text{ белл}$.

$$L(\omega) = 10 \lg P(\omega) = 10 \lg U \cdot I = 10 \lg A^2(\omega) = 20 \lg A(\omega).$$



Мисол. Агар объектнинг узатиш функцияси $W(p) = 10 / (p + 1)$. маълум бўлса, у ҳолда унинг АФХ, ҲЧХ, ФЧХ ларини қуринг:

Ечилиши. Узатиш функциясига узгатиришлар киритамиз, яъни:

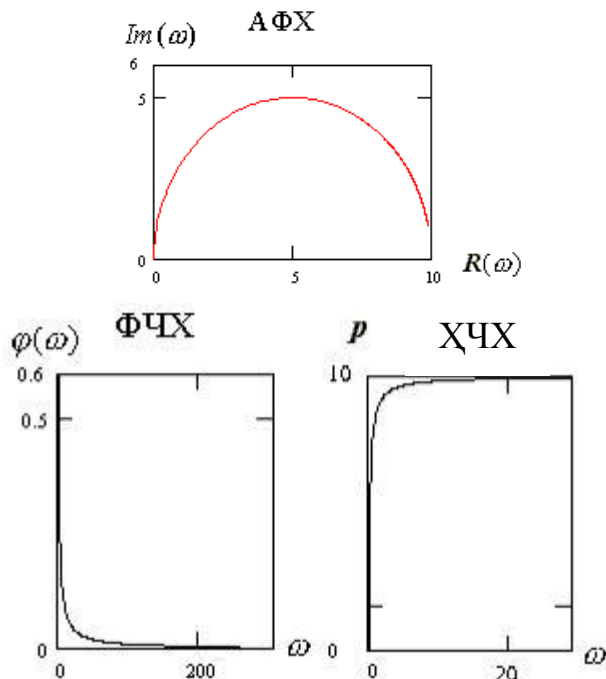
$$p \rightarrow j\omega$$

$$W(j\omega) = \frac{10j\omega}{j\omega + 1} = \frac{10\omega^2}{\omega^2 + 1} + j \frac{10\omega}{\omega^2 + 1}.$$

ВЧХ ва ФЧХ ларни ифодаловчи функциялар қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$R(\omega) = \frac{10\omega^2}{\omega^2 + 1}, \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{\text{Im}}{\text{Re}} = \arctg \frac{1}{\omega}.$$

Частотани 0 дан то чексизликкача ўзгартириб, ВЧХ ва ФЧХ ни қурамиз: (3.1. расм)



МАСАЛАЛАР

3.1. Узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг ВЧХ ни қуринг:

$$W(p) = \frac{p+1}{5p+1}.$$

3.2. Узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг АФХ, ХЧХ, ФЧХ ларини қуринг:

$$W(p) = 10p/(p+1)^2.$$

3.3. Узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг ФЧХ ни қуринг:

$$W(p) = \frac{0.5p+1}{p(4p^2+p+1)}$$

3.4. Узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг АФХ, ЛЧХ ларини қуринг:

$$W(p) = \frac{10}{(p+1)(0.1p+1)}$$

3.5. Узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг АФХ, ФЧХ ларини қуринг:

$$W(p) = (p+1)/(9p^2+3p+1)$$

3.6. Узатиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг АФХ, ФЧХ ларини қуринг:

$$W(p) = 16/[p(p+4)]$$

3.7. Берилган узатиш функцияси $W(p) = 10/(4p+1)$ бўйича бошқариш объектнинг барча частотавий характеристикалар учун аналитик ифодаларни ёзинг. Уларнинг сифатий кўринишларини тасвирланг.

3.8. Берилган узатиш функцияси $W(p) = p/(0.1p+1)$ бўйича бошқариш объектнинг барча амплитуда- частотавий характеристикаси учун аналитик ифодани ёзинг. Уларнинг сифатий кўринишларини тасвирланг.

3.9. Берилган узатиш функцияси $W(p) = 4/(2p^2+p)$ бўйича бошқариш объектнинг барча частотавий характеристикалар учун аналитик ифодаларни ёзинг. Уларнинг сифатий кўринишларини тасвирланг.

3.10. Берилган узатиш функцияси $W(p) = 4/(4p^2 + p + 1)$ бўйича бошқариш объектининг барча частотавий характеристикалар учун аналитик ифодаларни ёзинг. Уларнинг сифатий кўринишларини тасвирланг.

3.11. Берилган узатиш функцияси $W(p) = 8p/(4p^2 + 4p + 1)$ бўйича бошқариш объектининг барча частотавий характеристикалар учун аналитик ифодаларни ёзинг. Уларнинг сифатий кўринишларини тасвирланг.

3.12. $y' = ku$ тенглама билан ифодаланган объект учун $k = 0.1$ ва $k = 10$ бўлганда ЛАЧХ сини курунг ҳамда k ни ЛАЧХ га таъсирини баҳоланг.

3.13. Объектнинг модели $0,1y = 10u' + u$. Кўринишга эга бўлса, u ҳолда унинг ЛАЧХ, ФЧХ ларини курунг.

3.14. Холат дифференциал тенгламаси маълум бўлса,

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = -x_1 - x_2 + 2u, \\ y = x_1 + 5x_2. \end{cases}$$

тизимнинг АФХ курунг.

3.15. Холат дифференциал тенгламаси маълум бўлса,

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = -2x_1 - x_2 + 5u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

тизимнинг ХЧХ курунг.

3.16. Холат дифференциал тенгламаси маълум бўлса,

$$\begin{cases} x_1' = -x_1 + x_2, \\ x_2' = -2x_1 - x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

тизимнинг ХЧХ ва МЧХ учун ифодаларини ёзинг.

3.17. Холат дифференциал тенгламаси маълум бўлса,

$$\begin{cases} x_1' = -2x_1 + x_2, \\ x_2' = -x_1 - 5x_2 + u, \\ y = x_1 - x_2. \end{cases}$$

тизимнинг ВЧХ қуринг.

3.18. Холат дифференциал тенгламаси маълум бўлса,

$$\begin{cases} x_1' = -x_1 + x_2, \\ x_2' = -5x_1 - 3x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

тизимнинг АФХ қуринг.

3.19. Объект қуйдаги дифференциал тенгламалар тизим орқали ифодаланган бўлса, унинг АЧХ, ҲЧХ қуринг:

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = -x_1 - x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

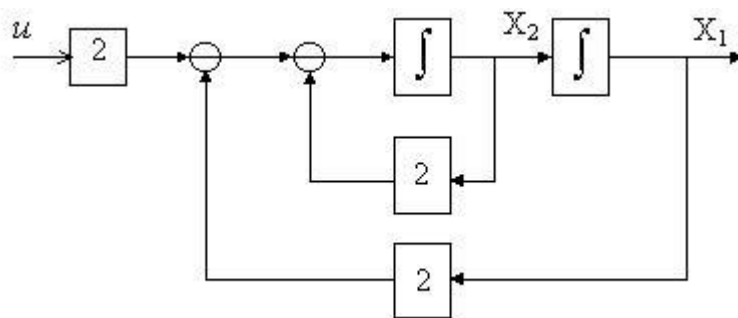
3.20. Объект қуйдаги дифференциал тенгламалар тизим орқали ифодаланган бўлса, унинг АЧХ қуринг:

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = x_3, \\ x_3' = -0.1x_1 - 2x_2 - 2x_3 + 5u, \\ y = 4x_1. \end{cases}$$

3.21. Объект қуйдаги дифференциал тенгламалар тизим орқали ифодаланган бўлса, унинг АФХ қуринг:

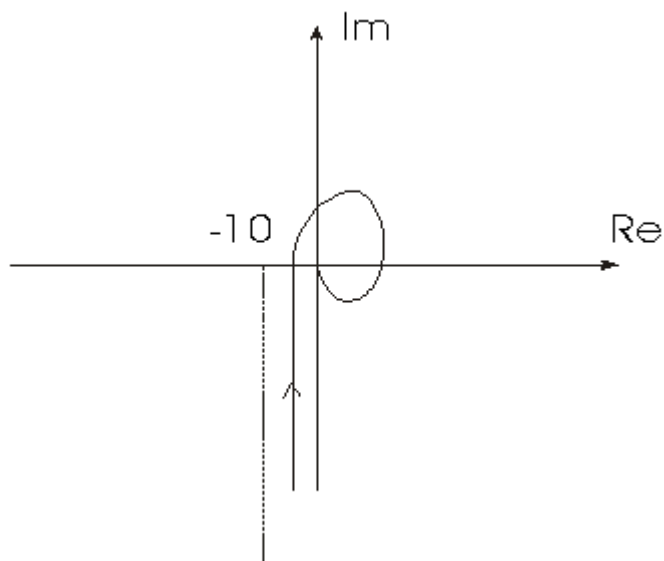
$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = x_3, \\ x_3' = -4x_1 - 0.5x_2 - x_3 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

3.22. Тизимнинг Структуравий схемаси қуйдаги кўринишга эга:



Тизимнинг ХЧХ ва МЧХ курунг.

3.23. Объектнинг АФХ си қуйидаги кўринишга эга:



Объектнинг ХЧХ и МЧХ тасвирланг.

3.24. Объектнинг АЧХ қуйидаги кўринишга эга:

$$A(\omega) = \frac{10\sqrt{\omega^2 + 1}}{\omega^2 \sqrt{0,01\omega^2 + 1}}$$

Объектнинг асимптотик ЛАЧХ ни курунг.

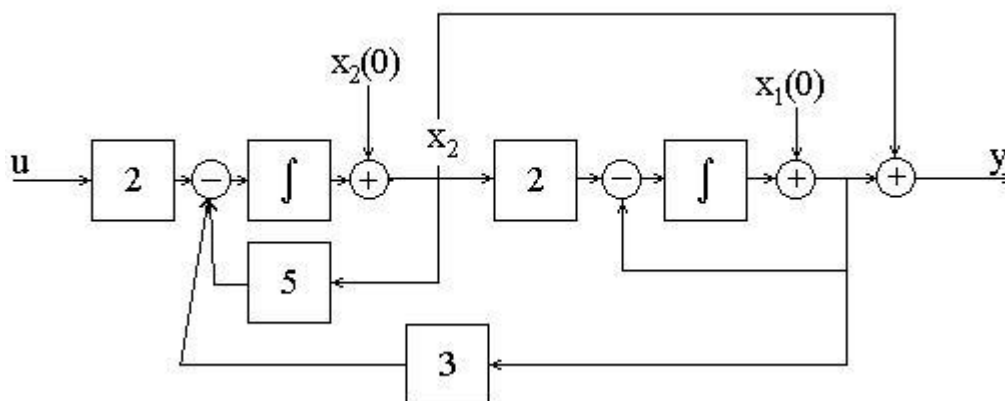
4 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

СТРУКТУРАВИЙ УСУЛ

Мисол. Қуйида объектнинг дифференциал тенгламалар тизими орқали берилган модели асосида объектнинг структуравий схемасини тасвирланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + 2x_2, \\ \dot{x}_2 = -3x_1 - 5x_2 + 2u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

Ечилиши. Объектнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:



МАСАЛАЛАР

4.1. Бошқариш объектнинг дифференциал тенгламаси $y''' + 7y'' - 3y' + y = 2u$ кўринишга эга бўлса, у ҳолда объектнинг структуравий схемасини тасвирланг.

4.2. Бошқариш объектнинг қуйидаги дифференциал тенгламалар тизими орқали ифодаланган бўлса, у ҳолда объектнинг структуравий схемасини тасвирланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -6x_1 + x_2 + 2u, \\ \dot{x}_2 = 2x_1 - 5x_2 - 3u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

4.3. Бошқариш объектнинг қуйидаги дифференциал тенгламалар тизими орқали ифодаланган бўлса, у ҳолда объектнинг структуравий схемасини тасвирланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = -3x_1 - 2x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

4.4. Объектни ифодаловчи келтирилган $x_1'' + x_1' + 2x_1 = u' + u, x_1 = y$ дифференциал тенгламадан структуравий схемага ўтинг.

4.5. Объектни ифодаловчи келтирилган $2y''' + 6y'' + 0.8y' + 4y = 0.4u' + u$ дифференциал тенгламадан структуравий схемага ўтинг.

4.6. Куйида математик модели дифференциал тенгламалар тизими орқали ифодаланган объектнинг структуравий схемасини тасвирланг:

$$\begin{cases} x_1' = 2x_2 - x_3, \\ x_2' = -x_1 - x_2 - 3x_3, \\ x_3' = -3x_1 - 2x_2 - x_3 + u, \\ y = 2x_1 + x_2. \end{cases}$$

4.7. Объектнинг модели куйида келтирилган дифференциал тенгламалар тизими орқали ифодаланган:

$$\begin{cases} x_1' = -x_1 - x_2 + 0.4u, \\ x_2' = -2x_1 - 0.3x_2 + 5u, \\ y = 4x_1. \end{cases}$$

Интегралланувчи элементлар орқали объектнинг структуравий схемасини тасвирланг.

4.8. Объектнинг куйида келтирилган узатиш функцияси бўйича объектни ифодаловчи дифференциал тенгламасини ёзинг ва унинг структуравий схемасини тасвирланг:

$$W(p) = \frac{0.6p + 0.3}{0.11p^2 + 0.86p + 0.2}$$

4.9. Бошқариш объектнинг модели куйида келтирилган дифференциал тенгламалар тизими орқали ифодаланган:

$$\begin{cases} x_1' = 2x_1 + 3x_2 + 4u, \\ x_2' = x_1 - x_2 + 3u, \\ x_3' = x_1 + 2x_2, \\ y = x_1 + x_2 \end{cases}$$

Бошқариш объектнинг структуравий схемасини тасвирланг.

4.10. Бошқариш объектнинг модели куйида келтирилган дифференциал тенглама орқали ифодаланган:

$$3y'' + 4y' + 2y = 5u$$

Бошқариш объектнинг структуравий схемасини тасвирланг.

4.11. Бошқариш объектнинг модели куйида келтирилган дифференциал тенглама орқали ифодаланган:

$$2y''' + 4y'' + 3y' + 5y = 6u'' + 4u' + 3u$$

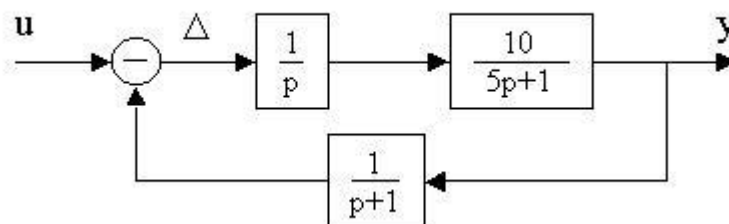
Бошқариш объектнинг структуравий схемасини тасвирланг.

4.12. Бошқариш объектнинг қуйида келтирилган узатиш функцияси бўйича структуравий схемасини фақат интегратор, суматор ва кучайтиргич орқали тасвирланг:

$$W(p) = \frac{4p+5}{2p^3+4p^2+6p+8}$$

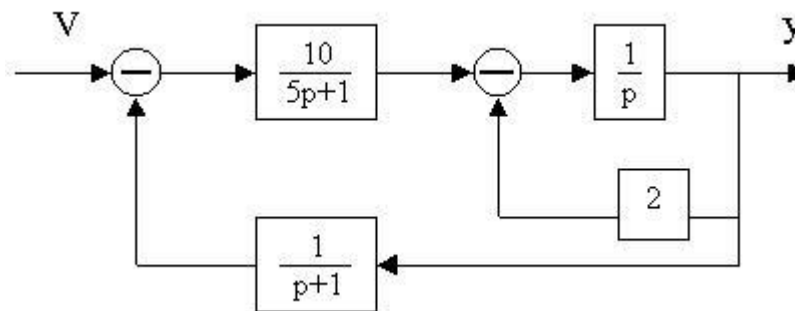
4.13. Бошқариш объектнинг келтирилган $\Omega(p)$ узатиш функцияси бўйича структуравий схемасини фақат интегратор, суматор ва кучайтиргич орқали тасвирланг.

4.14. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишга эга:



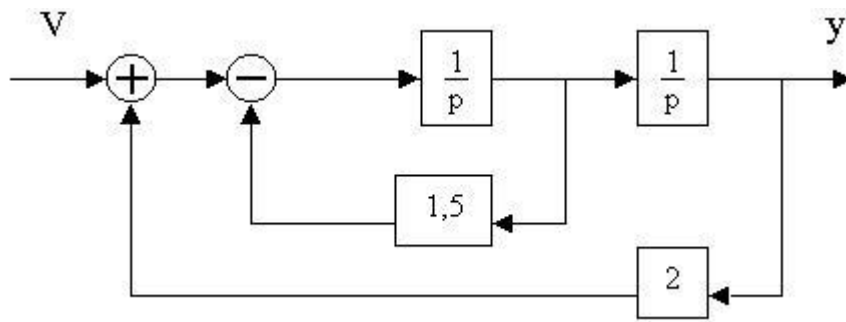
Тизимнинг узатиш функцияси $W_{\Delta}(p) = \Delta(p)/u(p)$ ни аниқланг.

4.15. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишга эга:

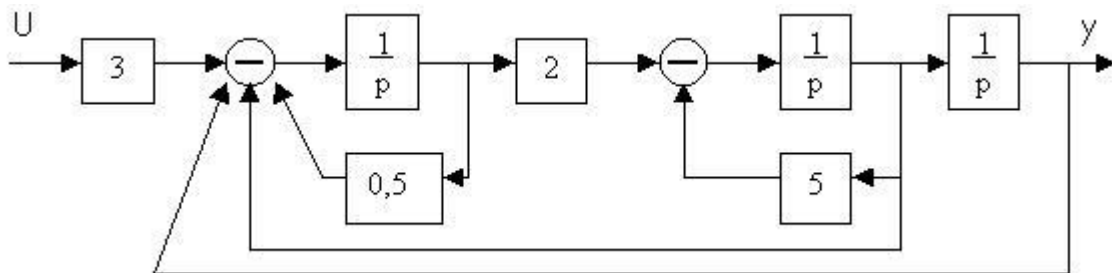


Тизимнинг узатиш функцияси $W(p) = y(p)/v(p)$ ни аниқланг.

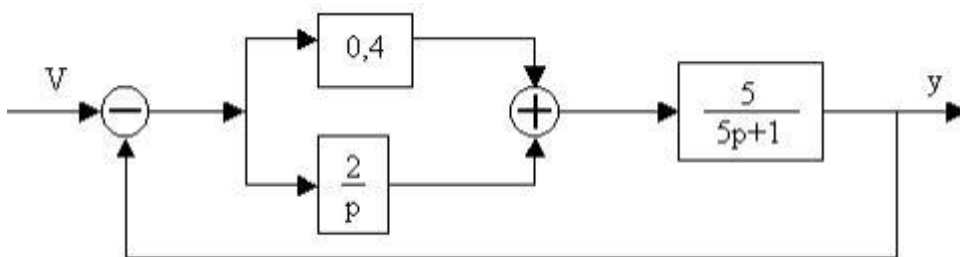
4.16. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\Omega(p)=y(p)/u(p)$ ни аниқланг ва математик ифодасини тузинг:



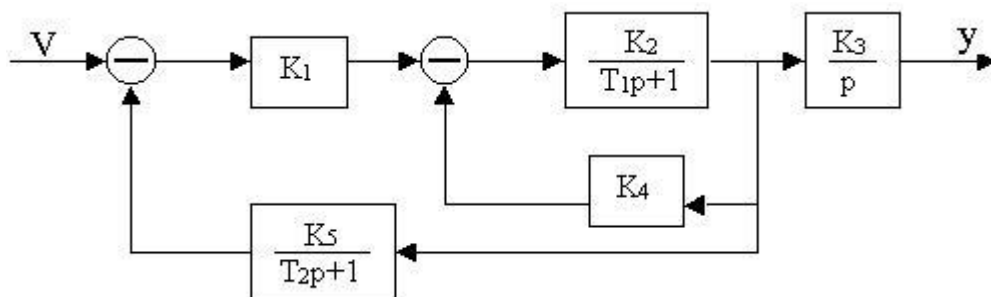
4.17. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)=y(p)/u(p)$ ни аниқланг ва математик ифодасини тузинг:



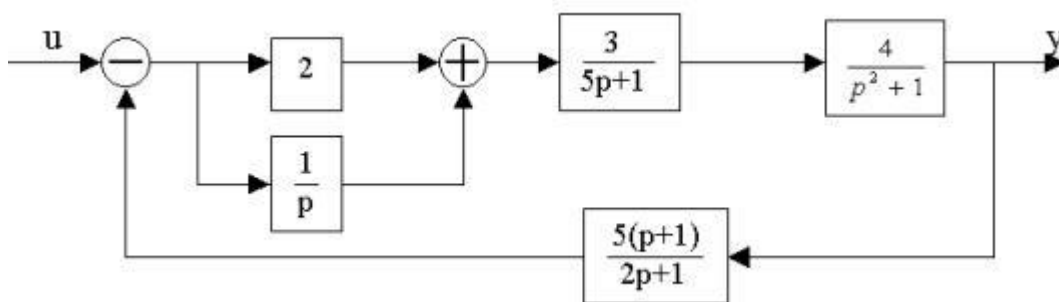
4.18. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)=y(p)/u(p)$ ни аниқланг:



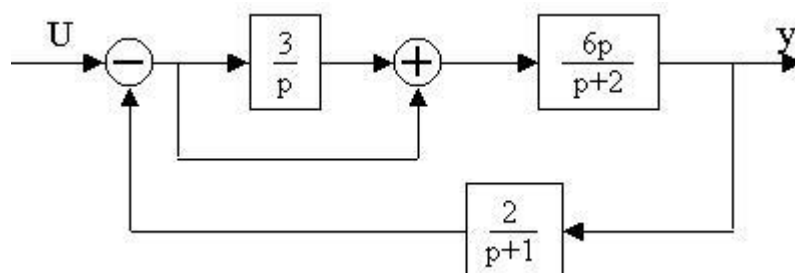
4.19. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)=y(p)/u(p)$ ни аниқланг ($K_1=10, K_2=1, K_3=2, K_4=3, K_5=1, T_1=0,5$ с, $T_2=0,2$ с):



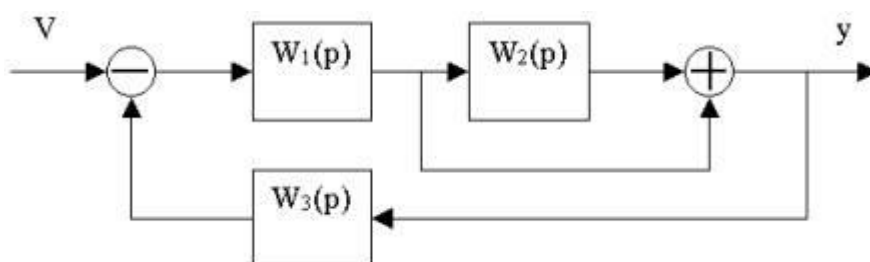
4.20. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)=y(p)/u(p)$ ни аниқланг:



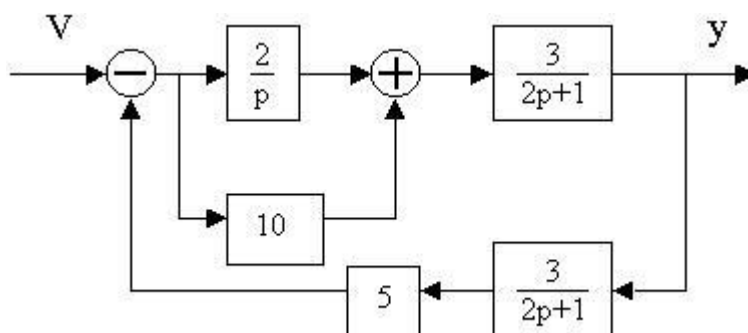
4.21. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)$ ни аниқланг:



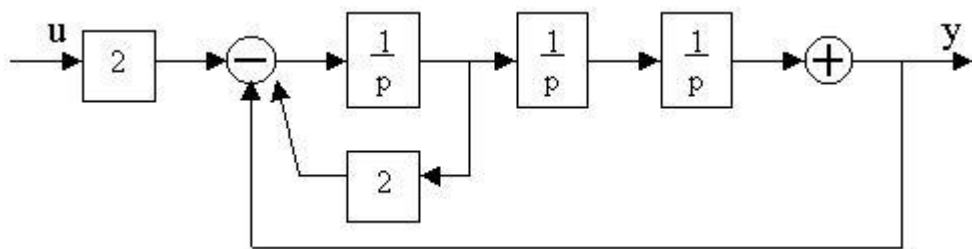
4.22. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)$ ни аниқланг:



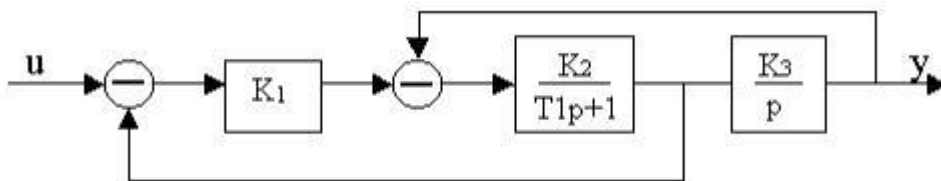
4.23. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)$ ни аниқланг:



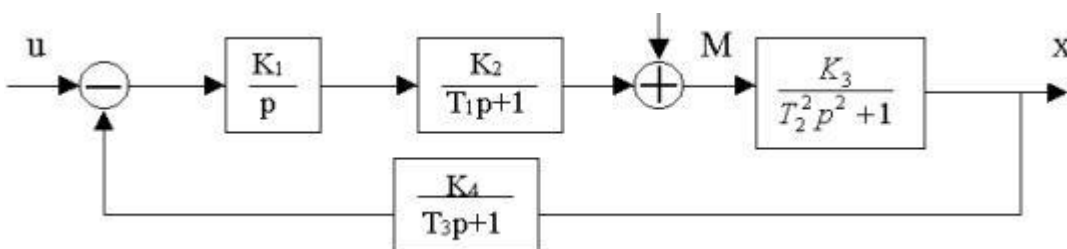
4.24. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)$ ни аниқланг ва y , u ларга нисбатан дифференциал тенгламасини ёзинг:



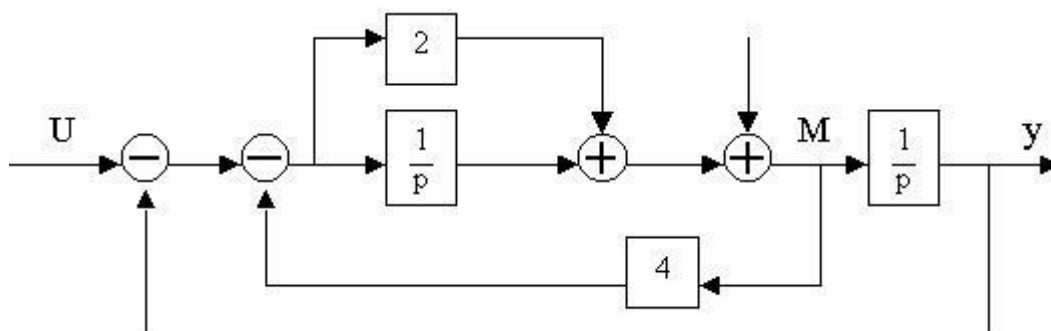
4.25. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega(p)$ ни аниқланг:



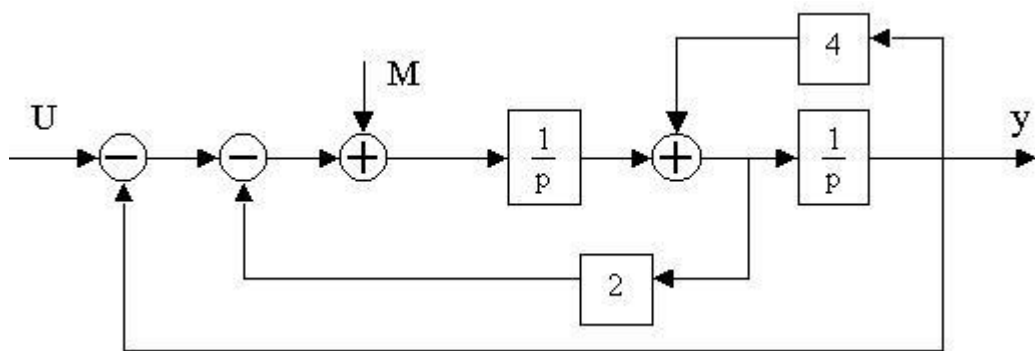
4.26. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\Omega_U=x(p)/u(p)$ ва $\omega_M=x(p)/M(p)$ лари ни аниқланг:



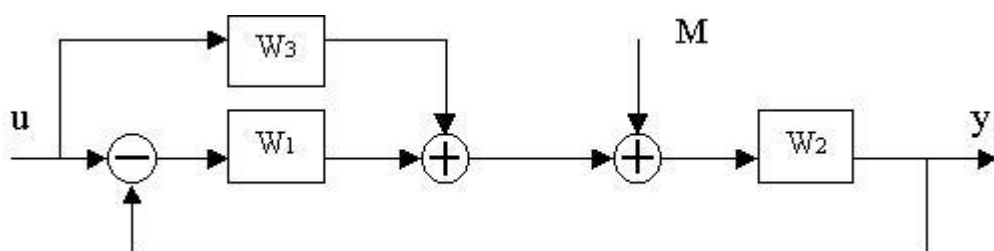
4.27. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



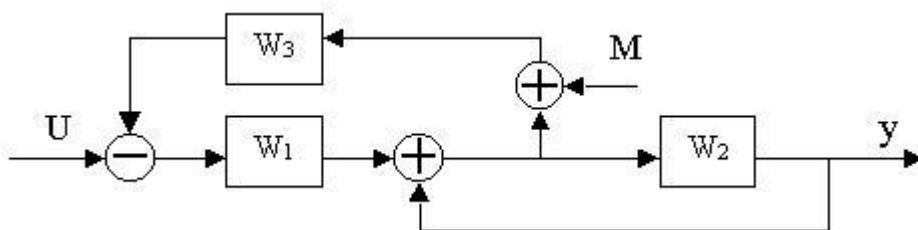
4.28. Тизимнинг қуйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



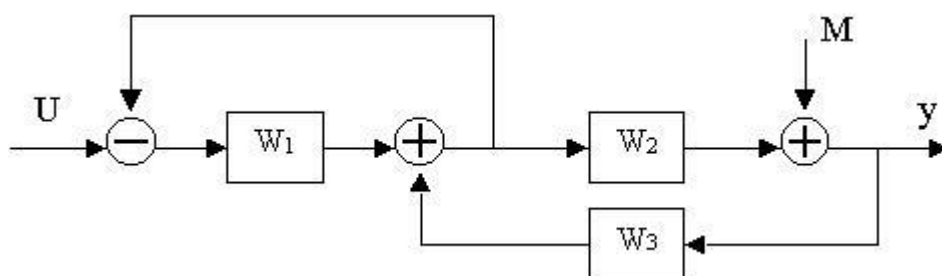
4.29. Тизимнинг куйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



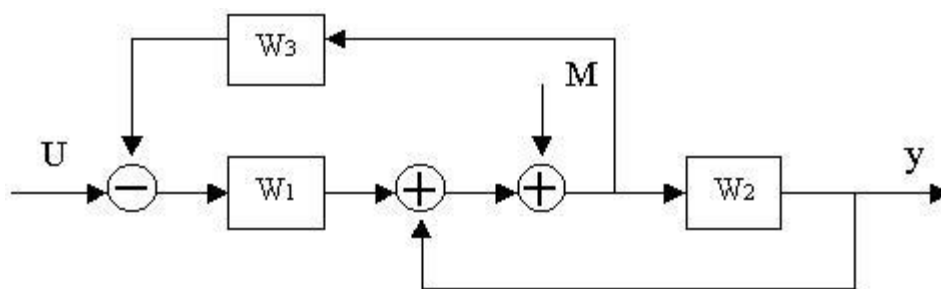
4.30. Тизимнинг куйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



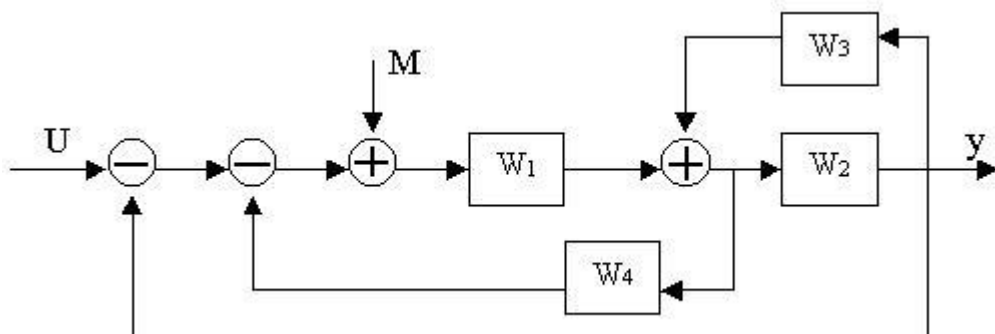
4.31. Тизимнинг куйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



4.32. Тизимнинг куйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



4.33. Тизимнинг куйида келтирилган структуравий схемаси орқали узатиш функцияси $\omega_1(p)=y(p)/u(p)$ ва $\omega_2(p)=y(p)/M(p)$ ларини аниқланг:



5 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

ЧИЗИҚЛИ ТИЗИМЛАРИНИ ТУРҒУНЛИГИ

Автоматик бошқариш тизимларини ишлаш қобилиятига қўйилган талаб, уларнинг турли хил ташқи кўзғатувчи таъсирига носезгир бўлишига мўлжалланган бўлишидир.

Агарда система турғун бўлса, унда у ташқи кўзғатувчи таъсирларга бордош бера олади ва сезининг мувозанат ҳолатидан чиқарилганда яна маълум аниқликда шу ҳолатига қайтиб келади. Агарда система нотурғун бўлса, унда у ташқи кўзғатувчи таъсир натижасида мувозанат ҳолати атрофида чексиз катта амплитудага эга бўлган тебранишлар ҳосил қилади ёки мувозанат ҳолатидан чексиз узоклашади.

Агарда ҳар қандай чекланган кириш катталигининг абсолют қийматида чиқиш катталиги ҳам чекланган қийматга эга бўлса, бундай система *турғун* деб юритилади.

Раусс – Гурвиц алгебраик мезони. Бу мезон 1877 йилда инглиз олими Раусс ва 1893 йилда немис математиги Гурвиц томонидан таърифланган:

n -тартибли чизиқли тизимнинг турғун бўлиши учун берилган тизимнинг характеристик тенгламасида коэффицентлардан ташкил топган n та аниқловчилар мусбат бўлиши зарур ва етарли:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (5.1)$$

Бунда куйидаги қоидаларга асосан коэффицент $a_0 > 0$ бўлиши керак:

1) асосий диагональ бўйича ўсиш тартибида a_1 дан a_n гача барча координаталар кўчириб ёзилади;

2) аниқловчининг барча устунлари диагоналдан юқорига индекслари ўсаётган коэффициентлар, диагонал элементларидан пастга эса индекслари камаювчи коэффициентлар билан тўлдирилади;

3) энг катта тартибли Гурвиц аниқловчиси тизимнинг характеристик тенгламаси даражасига тўғри келади;

4) n дан катта индексли коэффициентлар нолга тенг;

5) индекслари нолдан кичик бўлган коэффициентлар нолга тенглаштирилади;

6) охириги Δ_n аниқловчи $a_n \Delta_{n-1}$ га тенг. Шунга мувофиқ Гурвиц аниқловчилари қуйидагича бўлади:

$$\Delta_1 = a_1; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}$$

ва ҳоказо.

Гурвиц аниқловчисининг умумий кўриниши эса:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{vmatrix}$$

Раусс-Гурвиц мезони асосида энг содда тизимлар турғунлигининг қуйидаги шартлари келиб чиқади: 1) агар биринчи ва иккинчи тартибли тизимларда характеристик тенгламанинг барча коэффициентлари мусбат бўлса, бу тизимлар турғун бўлади; 2) агар учинчи тартибли тизимда характеристик тенгламанинг барча коэффициентлари мусбат бўлиб, $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$ бўлса, тизим турғун бўлади; 3) агар характеристик тенгламанинг барча коэффициентлари мусбат бўлиб, $a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 > a_0 \cdot a_3^2 \cdot a_4 \cdot a_1^2$ бўлса, тўртинчи тартибли тизим турғун ҳисобланади.

Раусс-Гурвиц мезонидан фойдаланилганда Δ_1 дан Δ_n гача барча аниқловчиларни ҳисоблашнинг кераги йўқ. Масалан, учинчи тартибли тизимнинг турғунлигини аниқлаш керак бўлса, учта аниқловчидан бирини топишнинг ўзи кифоя. a_4 ва a_5 коэффициентлар Δ_3 аниқловчида нолга тенг:

$$\Delta_2 < \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 .$$

Агар Δ_2 аниқловчи мусбат бўлса, Δ_3 аниқловчи ҳам мусбат бўлади. $\Delta_3 = a_3 \Delta_2 > 0$, чунки $a_3 > 0$. Δ_1 аниқловчи эса маълум ($\Delta_1 = a_1$) ва мусбат (чунки $a_1 > 0$). Алгебраик мезон бешинчи тартибдан ошмайди ва у кечикишсиз чизиқли тизимлар учун анча қулай.

Михайлов геометрик мезони. Чизиқли автоматик ростлаш тизимининг турғунлик мезони А.В. Михайлов томонидан 1938 йилда таклиф этилган. Комплекс ўзгарувчининг текислигидаги ростлаш тизимининг характеристик тенгламаси орқали аниқланувчи вектор тизимнинг характеристик тенгламаси (5.1) даги ω катталиқ мавҳум $j\omega$ аргумент билан алмаштириш йўли билан топилади:

$$L(j\omega) = a_n (j\omega)^n + a_{n-1} (j\omega)^{n-1} + \dots + a_1 (j\omega) + a_0 \quad (5.2)$$

$j = \sqrt{-1}; j^2 = -1; j^3 = -j; j^4 = 1; \dots$ эканлигини эсга оламиз. (5.2) характеристик функция таркибига кирган барча жуфт даражали $j(\omega)$ қўшилувчилар хақиқий, тоқ даражалиги эса мавҳум катталиқ бўлади. Демак:

$$L(j\omega) = M(\omega) + jN(\omega),$$

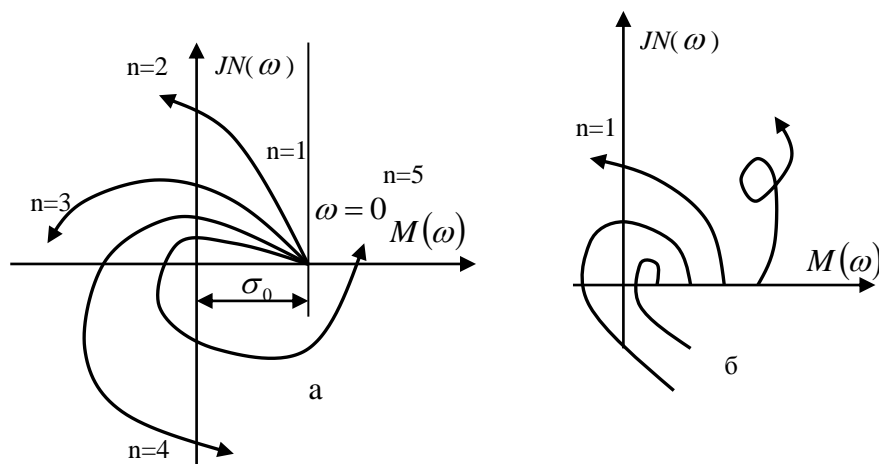
бунда

$$M(\omega) = a_0 - a_2\omega^2 + a_4\omega^4 - \dots,$$

$$N(\omega) = a_1 - a_3\omega^3 + a_5\omega^5 - \dots$$

Агар ω ни 0 дан ∞ гача кетма-кет ўзгартирсак, вектор Михайлов годографи номли эгри чизикни ҳосил қилади. Комплекс текисликдаги годограф шакли бўйича тадқиқ қилинаётган тизимнинг турғунлиги хақида фикр юритиш мумкин. Михайлов критерийси қуйидагича ифодаланади: Агар $L(j\omega)$ характеристик функциясининг годографи ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгаришида мусбат йуналишда комплекс текисликнинг n квадрантларни биронтасини ҳам тушириб қолдирмай айланиб чиқса (n – кўрилаётган тизим характеристик тенгламасининг даражаси), ростлаш тизими турғун бўлади. Бу хусусий ҳолда соат стрелкасининг ҳаракатига тескари йўналиш мусбат ҳисобланади.

Агар (5.1) ёки (5.2) ифодаларда $\omega=0$ деб фараз қилинса, $L(j\omega)=a_0$ бўлади. Бошқача қилиб айтганда $\omega=0$ бўлса, годограф хақиқий ўқни координата бошидан a_0 масофада турган нуқтада кесиб ўтади. Агар $M(\omega)$ ўзгарувчи ω нинг жуфт, $N(\omega)$ эса тоқ функцияси эканлигини эътиборга олсак, годограф хақиқий ўққа нисбатан симметрик жойлашади деган хулосага келамиз. Шунинг учун ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгаришида годографнинг ярим тармоғини қуришнинг ўзи кифоя.

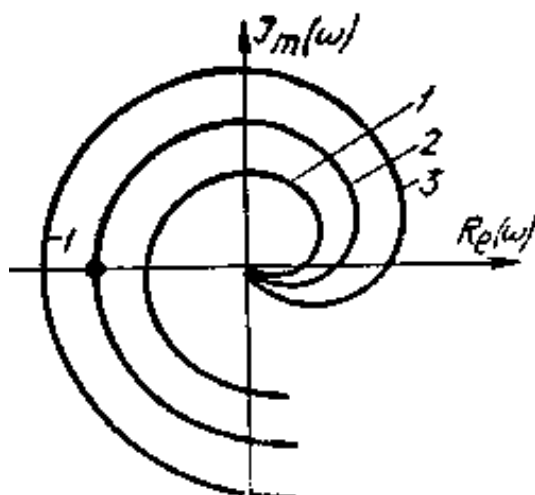


5.1 – расм. Михайлов годографлари:

а – турғун тизимлар учун; б – нотурғун тизимлар учун

5.1-расмда биринчи тартибдан бешинчи тартибгача бўлган турғун ва нотурғун тизимлар учун Михайлов годографлари кўрсатилган. Биринчи тартибли тенгламага – мавҳум ўққа параллел бўлиб, ундан a_0 масофада турган тўғри чизик мос келади. Юқори тартибли тизимларга эгри чизиклар мосдир. Михайлов мезонидан кечикишга эга бўлган турғун чизикли тизимларни ўрганишда ҳам фойдаланиш мумкин.

Найквист-Михайлов частота мезони. Бу мезон 1932 йилда электрон кучайтиргичларнинг турғунлигини тадқиқ қилиш учун Найквист томонидан таклиф этилган. Автоматик ростлаш назариясида частота мезони 1936 йилда умумлаштирилган ҳолда қўлланилган. Туташмас тизимнинг таҳлилида Найквист-Михайлов амплитуда-фаза мезонидан фойдаланиб, ростлаш тизимининг турғунлиги ҳақида фикр юритилади. Турғунликни бу метод бўйича ўрганишда тажриба усулида аниқланган амплитуда-фаза тавсифлардан фойдаланилади. Ниҳоят, мезон тизимнинг турғунлик даражаси ҳақида маълумот олишга имкон беради. Агар тизим нотурғун бўлса, Найквист-Михайлов мезони тизимни стабиллаштириш ва тўғриловчи звено ҳамда контурлар ёрдамида туташ тизимнинг исталган тавсифига эришиш йўлларини кўрсатади.



5.2-расм. Турли тизимлар учун амплитуда-фаза тавсифларининг намуналари:
1 – турғун тизимлар учун; 2 – турғунликка яқин тизимлар учун; 3 –нотурғун тизимлар учун

Бу мезоннинг ифодаси қуйидагича: туташмас ҳолатда турғун бўлган автоматик ростлаш тизими агар туташмас тизимнинг амплитуда фаза тавсифи ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгаришида $(-1, 10)$ координаталарга эга бўлган нуқтага етмаса, ёпиқ ҳолатда ҳам турғун бўлади.

5.2-расмда турғун ва нотурғун, шунингдек, турғунлик чегарасида турган тизимларнинг очик ҳолатидаги амплитуда-фаза тавсифлари келтирилган. Биринчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали тавсифланувчи тизимларнинг АФХ бир квадрантда жойлашади. Иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали тавсифланувчи тизимларнинг АФХ икки квадрантга жойлашади. Характеристик тенгламаларнинг коэффицентлари мусбат бўлса, бу тизимлар турғун бўлади.

1-мисол. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини баҳоланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -2x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_3, \\ \dot{x}_3 = -5x_1 + 8x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Ечилиши. Берилган тенгламалар тизимини оператор шаклида ёзамиз:

$$\begin{cases} px_1 = -2x_1 + x_2, \\ px_2 = x_1 - x_3, \\ px_3 = -5x_1 + 8x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Узатиш функциясини аниқлаймиз:

$$W(p) = \frac{-2}{p^3 + 3p^2 + 9p + 10}$$

Характеристик тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$A(p) = p^3 + 3p^2 + 9p + 10.$$

Унинг асосида Гурвиц матричасини ёзамиз:

$$H = \begin{bmatrix} 3 & 10 & 0 \\ 1 & 9 & 0 \\ 0 & 3 & 10 \end{bmatrix}$$

Унинг турли тартибдаги аниқловчиларини топамиз:

$$\Delta_1 = 3 > 0, \Delta_2 = \begin{vmatrix} 3 & 10 \\ 1 & 9 \end{vmatrix} = 17 > 0, \Delta_3 = \det|H| = 170 > 0.$$

Чунончи ҳамма диагоналли минорлар мусбат бўлганлиги учун берилган тизим турғундир.

2 - мисол. Михайлов критерияси ёрдамида $\ddot{y} + 5\dot{y} + 2y = 5u$ тизимнинг турғунлигини текширинг.

Ечилиши. Тизимнинг узатиш функцияси қуйидагича

$$W_{y/u}(p) = \frac{5}{p^3 + 5p^2 + 2p + 20}$$

Характеристик полиномини ёзамиз

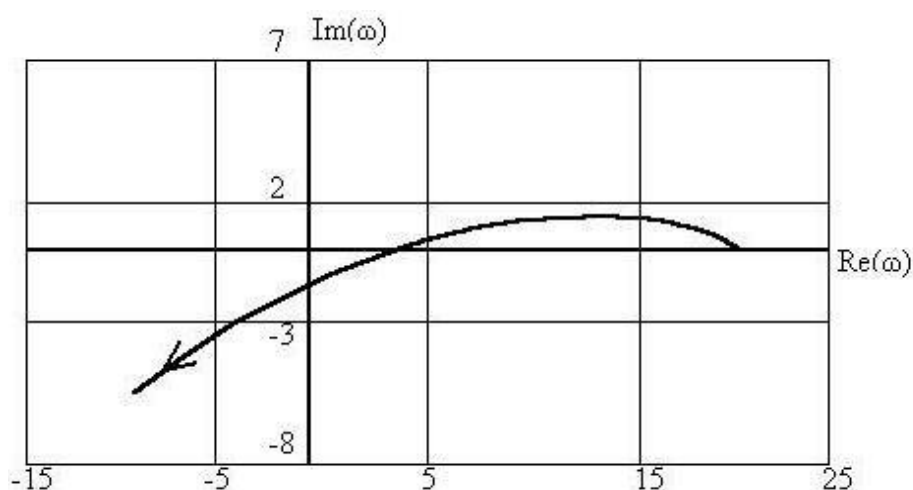
$$A(p) = p^3 + 5p^2 + 2p + 20$$

P ни $j\omega$ га алмаштириб $A(j\omega) = (j\omega)^3 + 5(j\omega)^2 + 2j\omega + 20$ ифодани оламиз.

$A(j\omega)$ ҳақиқий ва мавҳум қисмларга ажратамиз

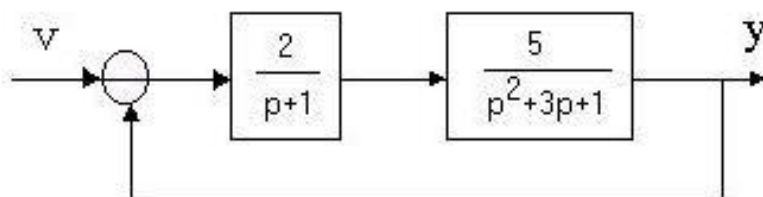
$$\begin{cases} \operatorname{Re}(\omega) = 20 - 5\omega^2 \\ \operatorname{Im}(\omega) = 2\omega - \omega^3 \end{cases}$$

ω ни 0 дан то ∞ ўзгартириб, Михайлов годографини курамиз



Бундан кўринадики, тизим турғун эмас, негаки Михайлов критерияси шартларини бажарилмаяпти.

3 - мисол. Найквист критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.



Ечилиши. Очиқ тизимнинг узатиш функциясини топамиз

$$W_p(p) = \frac{2}{p+1} \times \frac{5}{p^2+3p+1} = \frac{10}{p^3+4p^2+4p+1}$$

p ни $j\omega$ алмаштириб, тизимнинг частотовий характеристикасига ўтамыз

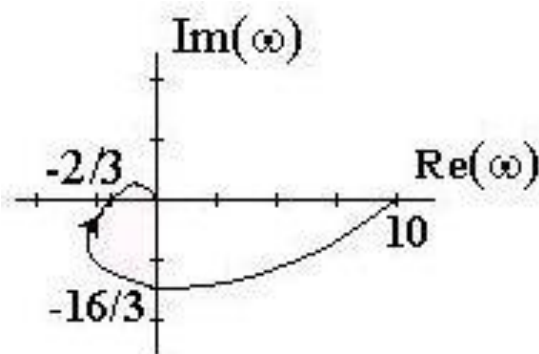
$$W_p(j\omega) = \frac{10}{(1-4\omega^2) + j(4\omega - \omega^3)}$$

Ҳақиқий ва мавҳум қисмларга ажратамыз

$$\begin{cases} \operatorname{Re}(\omega) = \frac{10(1-4\omega^2)}{(1-4\omega^2)^2 + (4\omega - \omega^3)^2}; \\ \operatorname{Im}(\omega) = \frac{10(4\omega - \omega^3)}{(1-4\omega^2)^2 + (4\omega - \omega^3)^2}; \end{cases}$$

ω ни 0 дан то ∞ ўзгартириб, очик тизимнинг АФХ ни курамыз

ω	0.5	2	∞
$\operatorname{Im}(\omega)$	16/3	0	0
$\operatorname{Re}(\omega)$	10	-2/3	0



Шундай қилиб, очик тизимнинг АФХ си координата нукталарга $(-1; j0)$ эга бўлмаяпти, нунинг учун очик тизим турғун эмас.

МАСАЛАЛАР

5.1. Агар тизимнинг характеристик тенгламалари қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда тизимнинг полюслари бўйича турғунлигини баҳоланг:

)	$p(p^2 + p + 1) = 0$)	$(p - 1)(p^2 + 2p + 1) = 0$
)	$(p^2 + 4)(p + 2) = 0$)	$(p + 3)(4p^2 + 2p + 1) = 0$

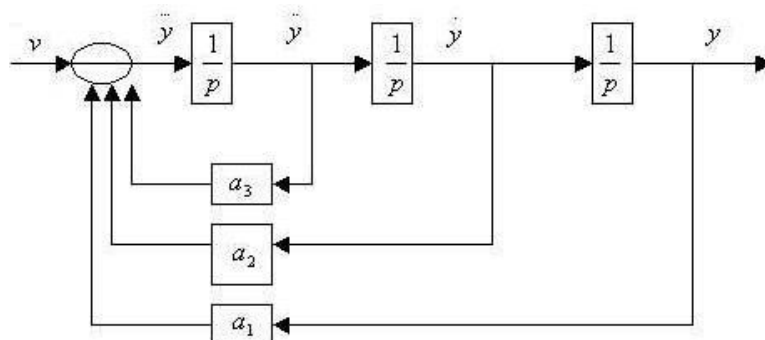
5.2. Характеристик тенглама илдизлари бўйича тизимнинг турғунлигини баҳоланг.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 2x_1, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 0.8x_2 + 5u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

5.3. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.

$$y^{(4)} + 2\ddot{y} + 4\dot{y} + 6y = 5u.$$

5.4. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг (5.1 - расм), бунда $a_1=28$; $a_2=7$; $a_3=4$.

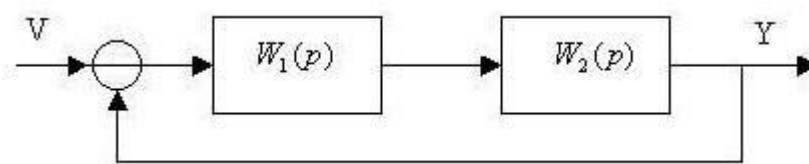


5.1- расм

5.5. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг (5.1 - расм), бунда $a_1=0,8$; $a_2=4$; $a_3=2$.

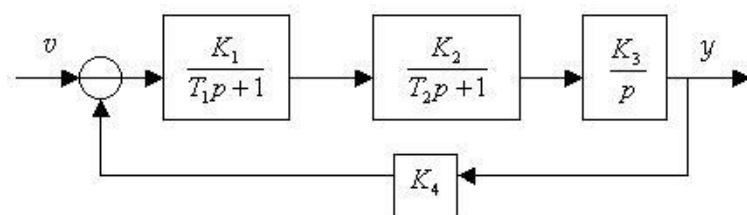
5.6. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг (5.1 - расм), бунда $a_1=2$; $a_2=6$; $a_3=3$.

5.7. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг (5.2 - расм), бунда $\omega_1(p)=2/(p+1)$; $\omega_2(p)=1/(p^2+2p+2)$.



5.2 - расм.

5.8. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.



Бунда звеноларнинг кўрсаткичлари қуйидагича:

$$K_1=1; K_2=5; K_3=K_4=2; T_1=2c; T_2=0.5c.$$

5.9. Агар очик тизимнинг ҳолат тенгламаси қуйида келтирилган кўринишда бўлса, у ҳолда Гурвиц критерияси ёрдамида очик тизимнинг турғунлигини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -x_2 - 5x_3 + 10u, \\ y = x_1 + 2x_2. \end{cases}$$

5.10. Агар ёпиқ тизимнинг ҳолат тенгламаси қуйида келтирилган кўринишда бўлса, у ҳолда Гурвиц критерияси ёрдамида ёпиқ тизимнинг турғунлигини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = x_4, \\ \dot{x}_4 = -2x_1 - 5x_2 - 3x_3 - 10x_4 + 2u, u = 0.5(v - y), \\ y = x_1. \end{cases}$$

5.11. Агар ёпиқ тизимнинг ҳолат тенгламаси қуйида келтирилган кўринишда бўлиб, $u=2(v-y)$ бўлса, у ҳолда Гурвиц критерияси ёрдамида ёпиқ тизимнинг турғунлигини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -x_2 - 5x_3 + 10u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

5.12. Агар ёпиқ тизимнинг ҳолат тенгламаси қуйида келтирилган кўринишда бўлса, у ҳолда Гурвиц критерияси ёрдамида ёпиқ тизимнинг турғунлигини текширинг:

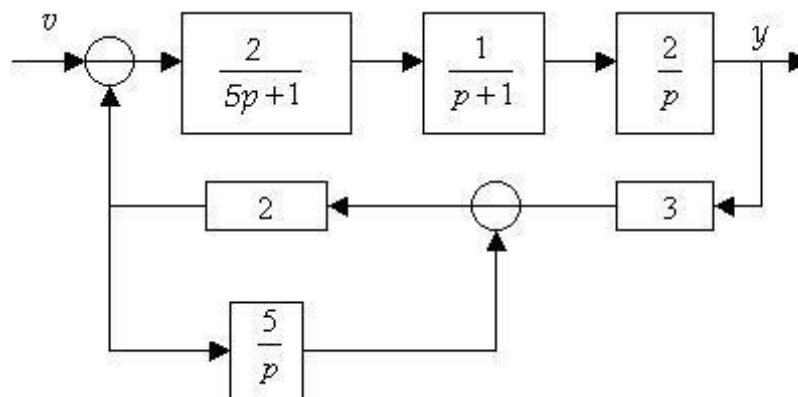
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + 2x_3, \\ \dot{x}_3 = x_4, \\ \dot{x}_4 = -3x_1 - 7x_2 - x_3 - 2x_4 + u, u = v - y, \\ y = x_1. \end{cases}$$

5.13. Агар ёпиқ тизимнинг узатиш функцияси қуйида келтирилган кўринишда бўлса, у ҳолда Гурвиц критерияси ёрдамида ёпиқ тизимнинг турғунлигини текширинг:

$$W(p) = \frac{10(2p+1)}{p(5p+1)(3p+1)}.$$

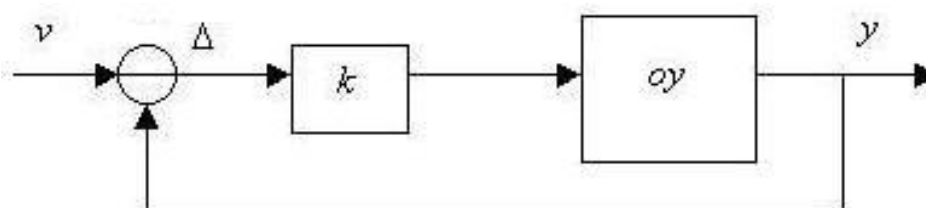
5.14 Гурвиц критерияси ёрдамида узтириш функцияси $\omega_1(p)=2$; $\omega_2(p)=2/(6p^2+2p+1)$ кўринишга эга бўлган тизимнинг (5.2 - расм) турғунлигини текширинг.

5.15. Гурвиц критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.



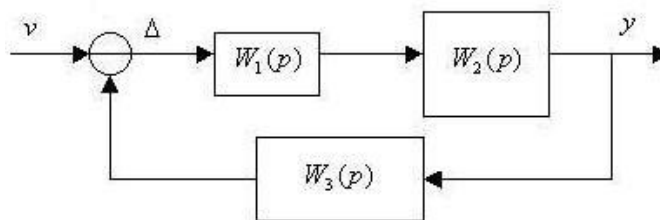
5.16. Ёпиқ тизимнинг (5.3 - расм, бунда $k=3$) турғунлигини Гурвиц критерияси ёрдамида текширинг. Бошқариш объектнинг модели қуйидаги кўринишга эга:

$$3\ddot{y} + 6\dot{y} + 2y = 2u$$



5.3 - расм

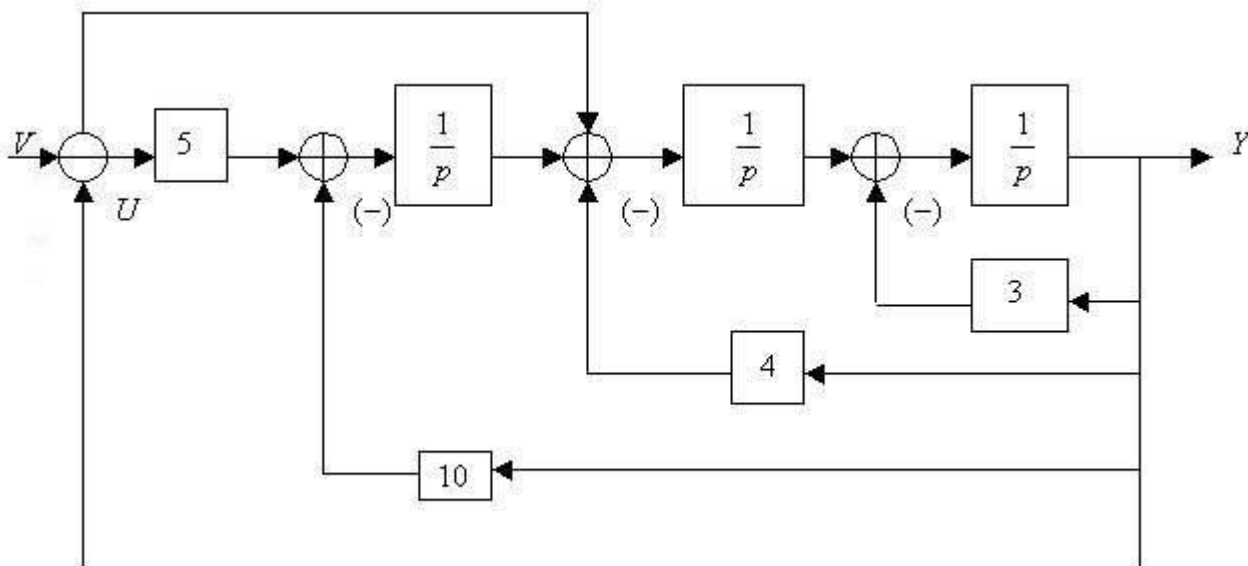
5.17. Гурвиц критериясидан фойдаланган ҳолда тизимнинг (5.4 – расм) турғунлигини текширинг. Бунда $k=1$, $\Omega_1(p)=k/(p+1)$; $\Omega_2(p)=1/(5p+1)$; $\Omega_3(p)=1/(0.5p+1)$.



5.4 – расм

5.18. Характеристик тенгламаси $p^3+10p^2+1=0$ кўринишга эга бўлган тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг.

5.19. Тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг.



5.20. Агар очик тизим тенгламаси $y^{(4)} + \ddot{y} + 3\dot{y} + 2y + 4y = 10u$ келтирилган кўринишга эга бўлса, у ҳолда ёпиқ тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг.

5.21. Тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -2x_1 - 3x_2 - 5x_3 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

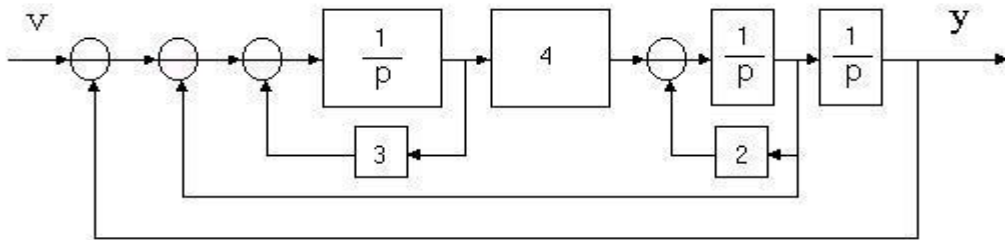
5.22. Тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг

$$W(p) = \frac{5}{p^3 + p^2 + 2p + 6}$$

5.23. Агар тизимнинг (5.4 – расм) узатиш функциялари $\Omega_1(p)=5/(2p+1)$, $\Omega_2(p)=1/(p+1)$, $\Omega_3(p)=2/(0.5p+1)$ келтирилган кўринишга эга бўлса, у холда тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг.

5.24. Агар тизимнинг (5.4 – расм) узатиш функциялари $\Omega_1(p)=3/(p+1)$, $\Omega_2(p)=2/(0.5p^2+p+1)$, $\Omega_3(p)=10$ келтирилган кўринишга эга бўлса, у холда тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг.

5.25. Тизимнинг турғунлигини Михайлов критерияси ёрдамида текширинг.

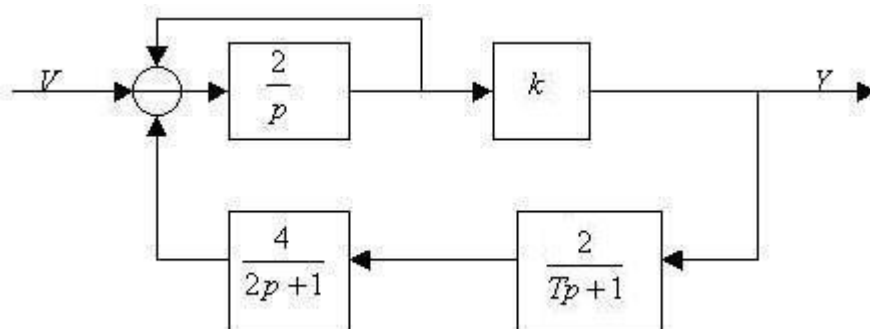


5.26. Михайлов критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини $k=1$ бўлганда текширинг.

$$\Omega_1(p)=k/(p+1); \Omega_2(p)=1/(5p+1); \Omega_3(p)=1/(0.5p+1).$$

5.27. Михайлов критериясидан фойдаланиб, узатиш функциялари $\Omega_1(p)=k/p$; $\Omega_2(p)=1/(T_1p+1)$; $\Omega_3(p)=1/(T_2p+1)$ кўринишга эга булган тизимнинг турғунлигини текширинг. Бунда $k=58, T_1=0.57, T_2=0.01$.

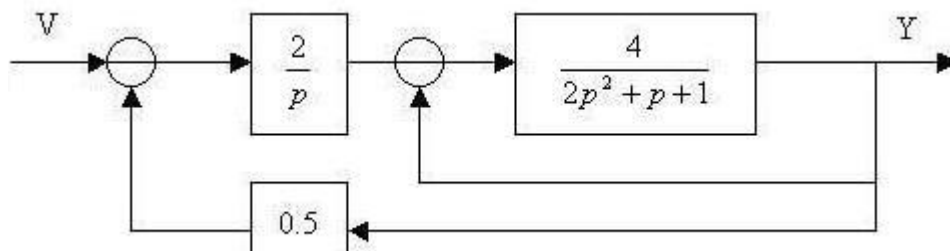
5.28. Михайлов критерияси бўйича $k=1, T=1$ бўлганда тизимнинг турғунлик хоссаларини текширинг.



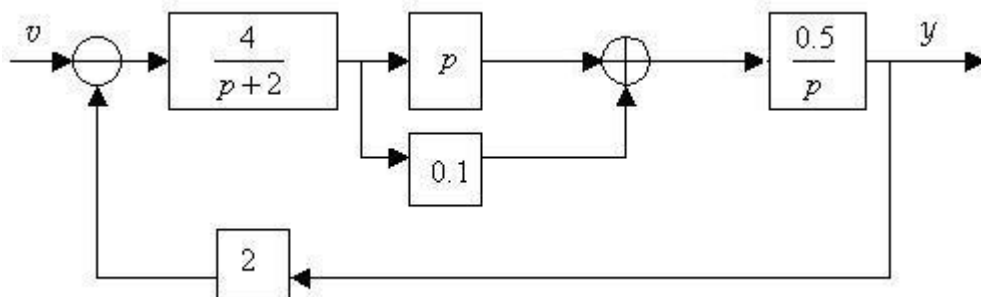
5.29. Агар ёпиқ тизимнинг узатиш функцияси қуйида келтирилган кўринишда бўлиб, $u=v$ -у бўлса, у холда Найквист логарифмик критерияси ёрдамида ёпиқ тизимнинг турғунлигини текширинг:

$$W_{\text{зад}}(p) = \frac{15(p+1)}{p(0.01p^2 + 0.8p + 1)}$$

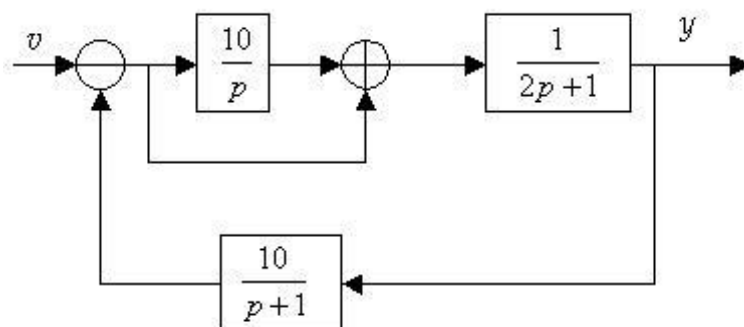
5.30. Найквист критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.



5.31. Найквист критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.

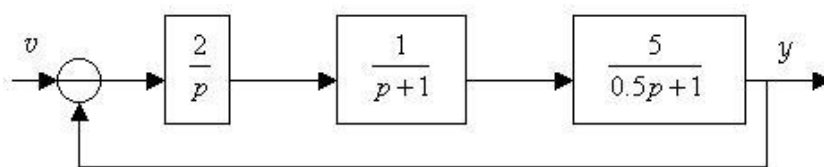


5.32. Найквист критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.



5.33. Тизимнинг (5.1 – расм) турғунлигини Найквист критерияси ёрдамида текширинг. Бунда $a_1=1$, $a_2=2$, $a_3=4$.

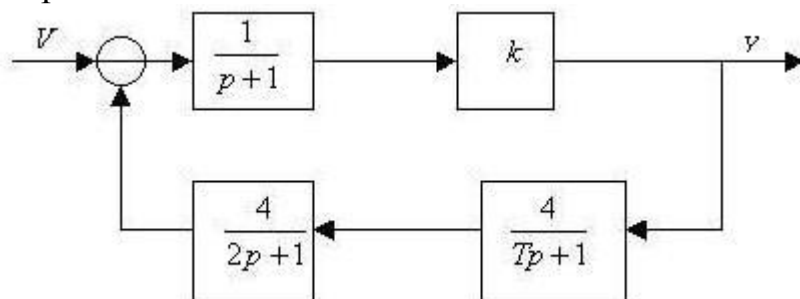
5.34. Найквист критерияси ёрдамида тизимнинг турғунлигини текширинг.



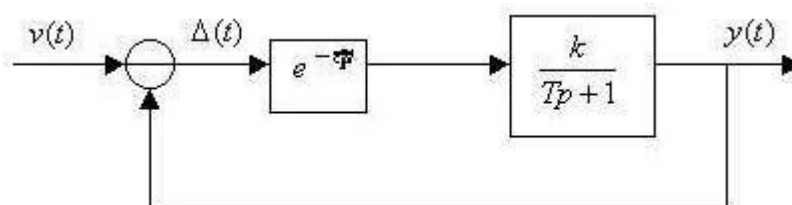
5.35. Тизимнинг (5.3 – расм) турғунлигини Найквист критерияси ёрдамида текширинг. Бунда при $k=4$. Бошқариш объектининг модели $2\ddot{y} + 6\dot{y} + 3y = 2u$ кўринишга эга.

5.36. Тизимнинг (5.4 – расм) турғунлигини $k=1$ бўлганда Найквист критерияси ёрдамида текширинг. Бунда при $k=4$. Тизимнинг узатиш функциялари $\Omega_1(p)=k/(2p+1)$, $\Omega_2(p)=1/(p+1)$, $\Omega_3(p)=1/(p+1)$ кўринишга эга.

5.37. Найквист критерияси ёрдамида $k=1$, $T=1$ бўлганда тизимнинг турғунлигини текширинг.



5.38. $K=2$, $T=1$, $\tau=3\pi/4$ бўлганда тизимнинг турғунлигини текширинг.



6 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

ТУРҒУНЛИК СОҲАЛАРИ ВА ЗАХИРАЛАРИ

1 - мисол.

Михайлов критерияси ёрдамида $y^{(4)} + y^{(3)} + 3y^{(2)} + ay^{(1)} + y = 0.6u$ кўринишда ифодаланган объект учун чегаравий қийматларни аниқланг.

Ечилиши. Объект тенгламасини тенгламасини оператор кўринишида ёзамиз

$$(p^4 + p^3 + 3p + ap + 1)y = 0,6u.$$

Унинг характеристик полиноми қуйидаги кўринишда бўлади

$$A(p) = p^4 + p^3 + 3p^2 + ap + 1.$$

p ни $j\omega$ га алмаштириб Михайлов годографи учун қуйидаги ифрдани оламиз:

$$A(j\omega) = (j\omega)^4 + (j\omega)^3 + 3(j\omega)^2 + a(j\omega) + 1$$

$A(j\omega)$ нинг ҳақиқий ва мавҳум қисмларга ажратамиз

$$\begin{cases} \operatorname{Re} A(j\omega) = \omega^4 - 3\omega^2 + 1, \\ \operatorname{Im} A(j\omega) = -\omega^3 + a\omega. \end{cases}$$

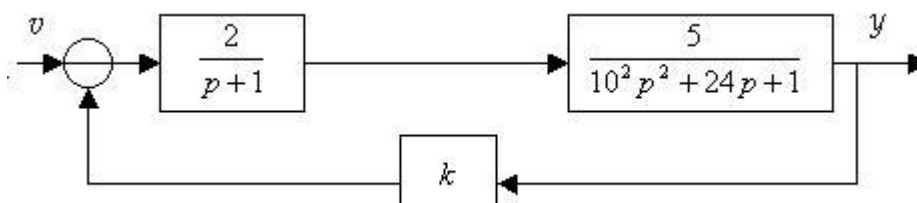
Михайлов критерияси бўйича турғунликнинг чегаравий шартларини ёзамиз

$$\begin{cases} \omega^4 - 3\omega^2 + 1 = 0, \\ -\omega^3 + a\omega = 0. \end{cases}$$

Шарт $\omega_1 = 0,618$ и $\omega_2 = 1,618$ бўлганда бажарилади. Бундан кўрсаткичнинг қуйидаги чегаравий қийматларини оламиз:

$$a_{1ч} = 0,382, \quad a_{2ч} = 2,618$$

2 - мисол. D - бўлиниш усули бўйича k кўрсаткичнинг қийматлар қабул қилиш соҳасини аниқланг.



Ечилиши. Тўғри канал ва бутун тизимнинг узатиш функцияларини аниқлаймиз

$$W_p(p) = \frac{10}{(100p^2 + 24p + 1)(p + 1)} \quad W_p(p) = \frac{10}{(100p^2 + 24p + 1)(p + 1) + 10k}$$

Кўрсаткичи чизикли равишда кирган хол учун характеристик тенгламасини ёзамиз:

$$A(p) = 100p^3 + 124p^2 + 25p + 1 + 10D = 0, \text{ где } D = k.$$

p ни $j\omega$ алмаштириб

$$A(j\omega) = -j100\omega^3 - 124\omega^2 + j25\omega + 1 + 10D = 0$$

Тенгламани D нисбатан ечамиз

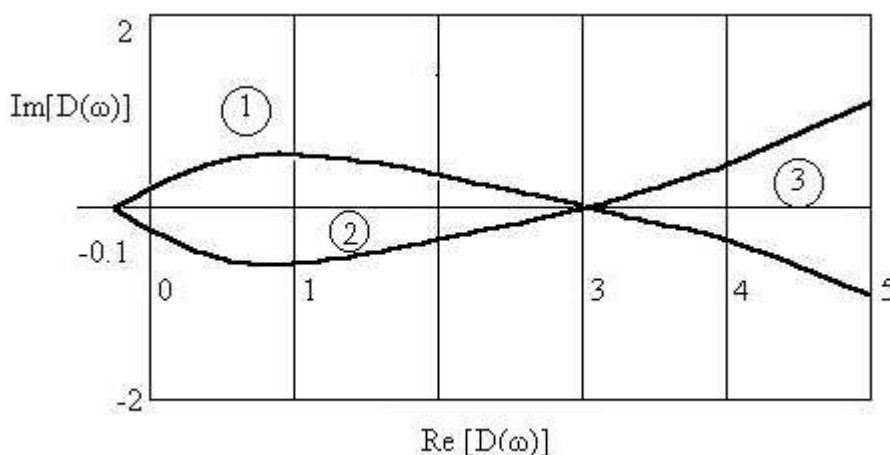
$$D(j\omega) = j10\omega^3 + 12,4\omega^2 - j2,5\omega - 0,1$$

Ҳақиқий ва мавҳум қисмларга ажратамиз

$$\begin{cases} \operatorname{Re}_D(\omega) = 12,4\omega^2 - 0,1 \\ \operatorname{Im}_D(\omega) = 10\omega^3 - 2,5\omega \end{cases}$$

ω ни 0 дан ∞ гача ўзгартириб, D -бўлиниш эгри чизигини кураемиз

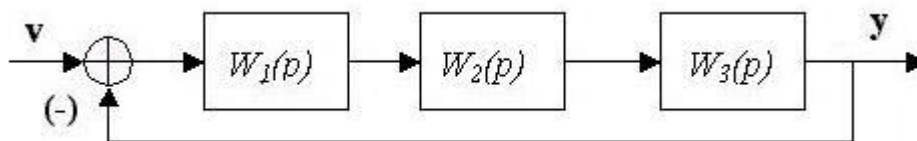
ω	0	0,09	0,5	$+\infty$
$\operatorname{Re}_D(\omega)$	-0,1	0	3	$+\infty$
$\operatorname{Im}_D(\omega)$	0	-0,217	0	$+\infty$



Эгнни чизик ҳақиқий ўққа нисбатан симметрик бўлиб, у текисликни 3 соҳага ажратади. Турғунлик соҳасини аниқлаш учун ҳар бир соҳадан D ни қийматлари танлаб олинади ва тизимнинг турғунлиги текширилади. Агар қайсидир қийматда тизим турғун бўлса, у ҳолда D нинг шу соҳадаги бошқа қийматларида ҳам турғун бўлади. Турғунликнинг зарурий шарти $-\infty < D < -0,1$ соҳа учун бажарилмайди. Соҳалар галма-гал алмашиб туради. Тизим 2 - соҳада турғундир. Шундай қилиб, тизимнинг турғунлик соҳаси $-0,1 < k < 3$ бўлади.

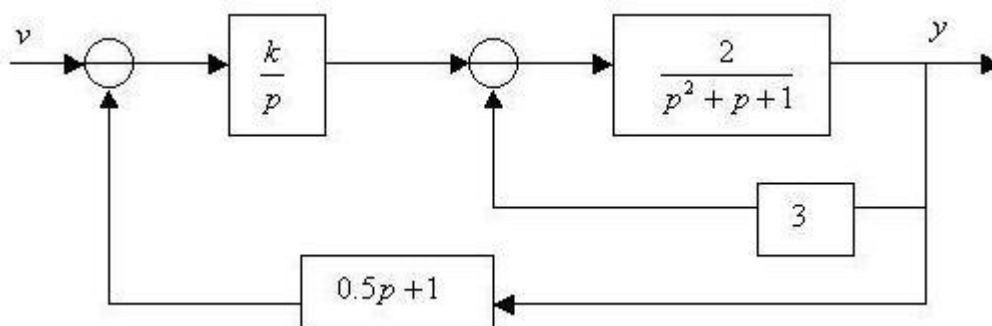
МАСАЛАЛАР

6.1. Гурвиц критерияси ёрдамида 6.1 - расмда тасвирланган тизим учун $T_{\text{чег}}$ аниқланг. Бунда $\Omega_1(p) = 2/(0.5p+1)$, $\Omega_2(p) = 5/(Tp+1)$, $\Omega_3(p) = 1/p$.



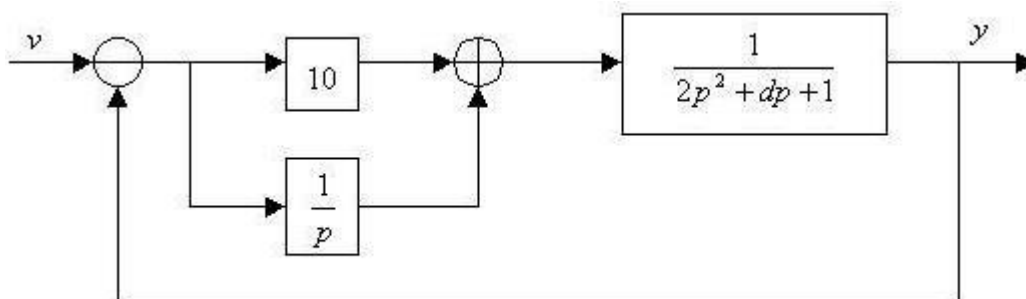
6.1 - расм

6.2. Гурвиц критерияси ёрдамида 6.2 - расмда тасвирланган тизим учун $K_{\text{чег}}$ аниқланг.



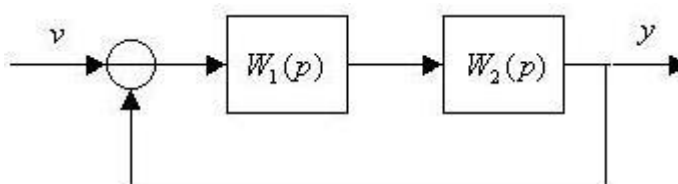
6.2 - расм

6.3. Гурвиц критерияси ёрдамида 6.3 - расмда тасвирланган тизим учун $d_{\text{чег}}$ аниқланг.



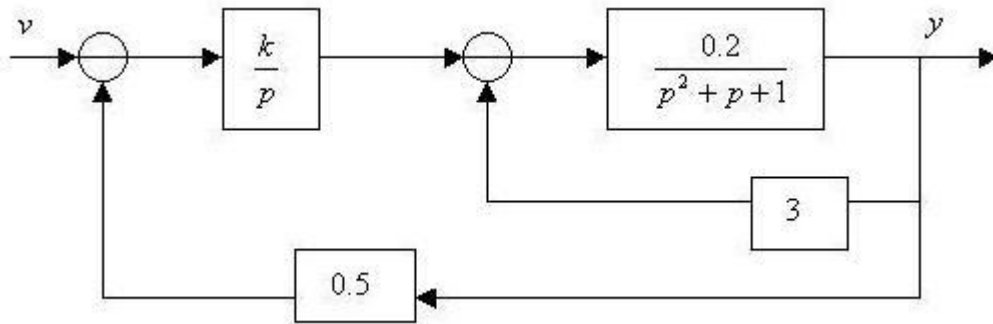
6.3 - расм

6.4. Гурвиц критерияси ёрдамида 6.4 - расмда тасвирланган тизим учун k нинг қийматлар қабул қилиш соҳасини аниқланг. Бунда $\Omega_1(p) = k/(p+1)$, $\Omega_2(p) = 0.2/(p^2 + 0.4p + 1)$.



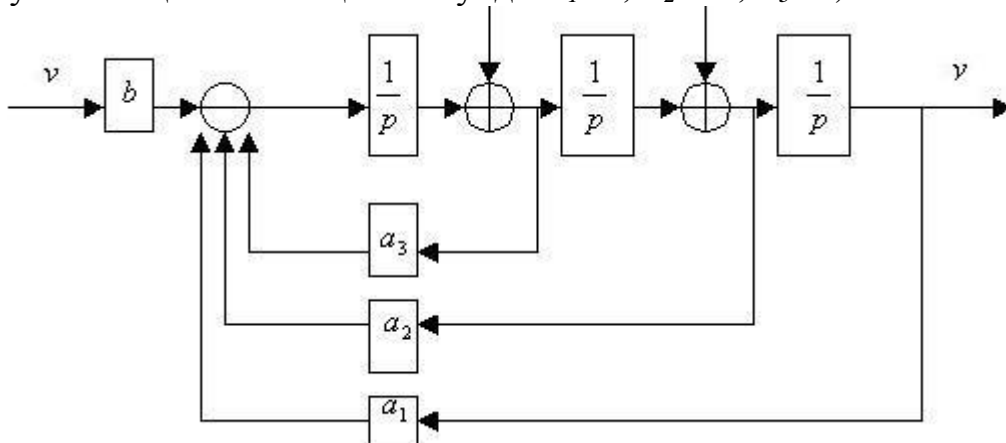
6.4 – расм

6.5. Қуйида тасвирланган тизим учун Гурвиц критерияси ёрдамида $K_{\text{чег}}$ аниқланг.



6.6. Михайлов критерияси ёрдамида 6.1 – расмда тасвирланган тизимнинг $K_{\text{чег}}$ аниқланг. Бунда $\Omega_1(p)=k/(2p+1)$, $\Omega_2(p)=4/(5p+1)$, $\Omega_3(p)=1/(p+1)$.

6.7. Михайлов критерияси ёрдамида 6.5 – расмда тасвирланган тизим учун a бўйича турғунлик соҳасини аниқланг. Бунда $a_1=3$; $a_2=a$; $a_3=5$; $b=4$.



6.5 – расм

6.8. Найквист критерияси ёрдамида 6.6 – расмда тасвирланган тизим учун $d_{\text{чег}}$ аниқланг. Бунда $\Omega_1(p)=5/(p+1)$, $\Omega_2(p)=1/(p^2+2dp+1)$, $\Omega_3(p)=2$.

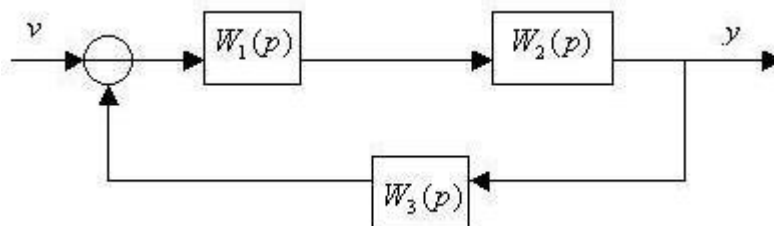
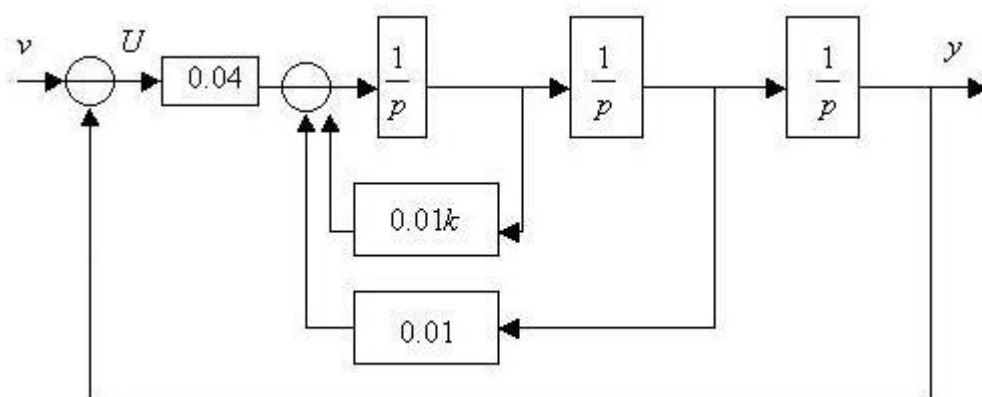


Рис.6.6

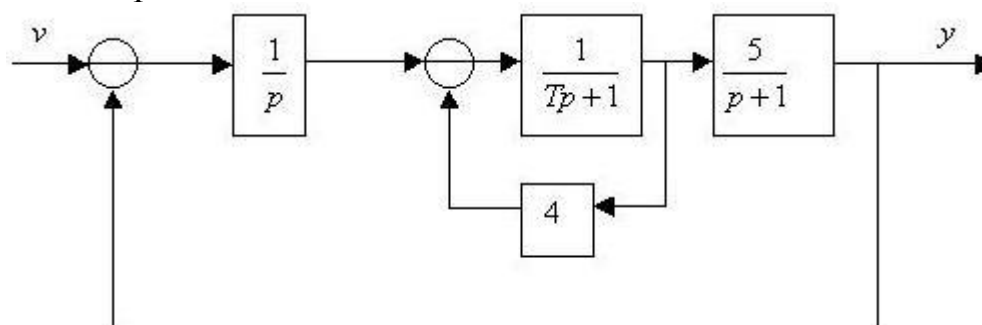
6.9. Найквист критерияси ёрдамида 6.4 – расмда тасвирланган тизим учун k бўйича турғунлик соҳасини аниқланг. Бунда $\Omega_1(p)=5/(p+1)$, $\Omega_2(p)=k/(p^2+0.8p+1)$.

6.10. Найквист критерияси ёрдамида қуйида тасвирланган тизим учун $K_{\text{чег}}$ аниқланг.



6.11. 6.2 – расмда тасвирланган тизим учун $K_{\text{чег}}$ аниқланг. Бунда $\Omega_1(p)=1/(2p+1)$, $\Omega_2(p)=k/(p^2+p+1)$.

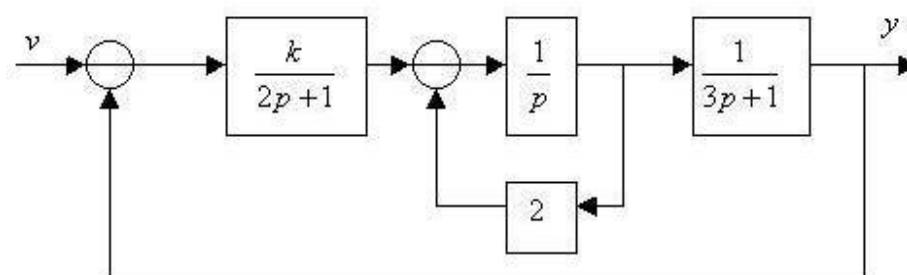
6.12. Найквист критерияси ёрдамида қуйида тасвирланган тизим учун T нинг чегаравий қийматларини аниқланг.



6.13. 6.6 – расмда тасвирланган тизим учун K бўйича турғунлик соҳасини аниқланг. Бунда $\Omega_1(p)=1/(p+5)$, $\Omega_2(p)=k/(p+1)$, $\Omega_3(p)=1/(p+2)$.

6.14. . 6.5 – расмда тасвирланган тизим учун a бўйича турғунлик соҳасини топинг. Бунда $a_1=a$; $a_2=3$; $a_3=4$; $b=2$.

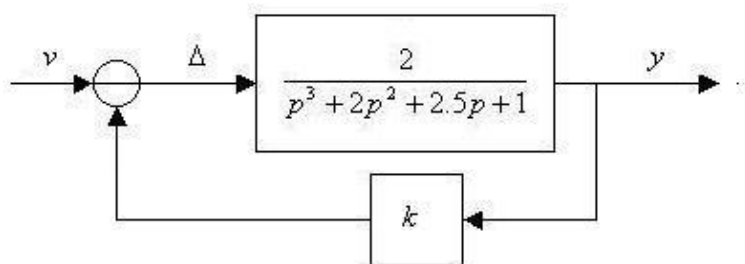
6.15. Қуйдаги расмда тасвирланган тизим учун K бўйича турғунлик соҳасини аниқланг:



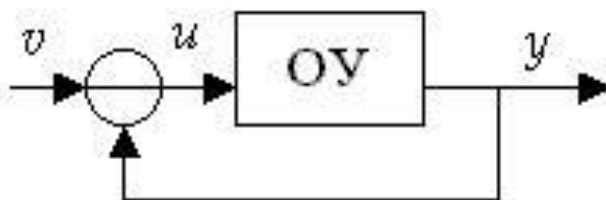
6.16. Қуйида келтирилган тизим учун D - бўлиниш усулида a кўрсаткичнинг қийматлар қабул қилиш соҳасини аниқланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -2x_1 - \alpha x_2 - 5x_3 + 0.4u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

6.17. Қуйида келтирилган тизим учун D - бўлиниш усулида K бўйича турғунлик соҳасини топинг:



6.18. Қуйида келтирилган тизим учун D - бўлиниш усулида a кўрсаткич бўйича турғунлик соҳасини топинг:



Бунда бошқариш объектининг модели

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -\alpha \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 - 4 \cdot x_3 + 5 \cdot u. \end{cases}$$

кўринишда берилган.

6.19. Қуйида узатиш функциялари берилган тизим учун D - бўлиниш усулида $k=4$ бўлганда T кўрсаткич бўйича турғунлик соҳасини топинг:

$$W_1(p) = \frac{2}{p} \quad W_2(p) = \frac{4}{Tp+1} \quad W_3(p) = \frac{k}{5p+1}$$

6.20. 6.1 – расмда тасвирланган ва қуйида узатиш функциялари берилган тизим учун D - бўлиниш усулида $T=1$ бўлганда k кўрсаткич бўйича турғунлик соҳасини топинг:

$$W_1(p) = \frac{2}{p} \quad W_2(p) = \frac{4}{Tp+1} \quad W_3(p) = \frac{k}{5p+1}$$

6.21. 6.6 – расмда тасвирланган ва қуйида узатиш функциялари берилган тизим учун D - бўлиниш усулида k кўрсаткич бўйича турғунлик соҳасини топинг:

$$W_1(p) = \frac{k}{p+1} \quad W_2(p) = \frac{1}{p+1} \quad W_3(p) = \frac{1}{p+1}$$

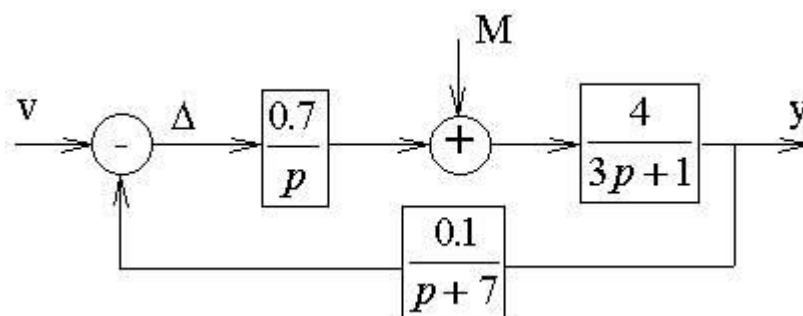
6.22. 6.6 – расмда тасвирланган тизим учун D - бўлиниш усулида T кўрсаткич бўйича турғунлик соҳасини топинг:

$$W_1(p) = \frac{12}{p+1} \quad W_2(p) = \frac{1}{p+1} \quad W_3(p) = \frac{1}{Tp+1}$$

7 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

ЎРНАТИЛГАН РЕЖИМНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ

1 - мисол. Қуйида структуравий схемаси тасвирланган тизимнинг тўла статистик хатолигини $V=4(t)$, $M=2(t)$ деб ҳисоблаган ҳолда аниқланг:



Ечилиши. Хатолик учун оператор шаклидаги ифода қуйидаги кўринишга эга:

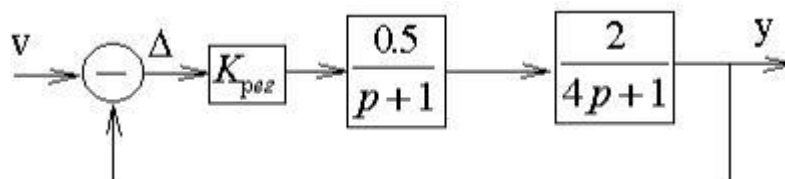
$$\Delta(p) = \frac{p(3p+1)(p+7)}{p(3p+1)(p+7) + 0,28} v(p) - \frac{0,4p}{p(3p+1)(p+7) + 0,28} M(p).$$

Тизим учун тўла статистик хатолик

$$\Delta^0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Delta(p) = 0.$$

Бундай вазиятда хатолик v ва M кўрсаткичларга боғлиқ эмас.

2 - мисол. Тизимнинг маълум бўлган структуравий схемаси ва 5 % га тенг деб берилган статистик хатолиги бўйича ростлагич коэффициентни қиймати $K_{рос}$ ни аниқланг.



Ечилиши. Кириш таъсирининг хатолиги қуйидаги оператор шаклидаги ифода бўйича аниқланади:

$$\Delta = W_v(p)v, \quad \text{где} \quad W_v = \frac{4p^2 + 5p + 1}{4p^2 + 5p + 1 + k}.$$

$p \rightarrow 0$ да, статистик хатолик

$$\Delta_{\text{ст}}^0 = \frac{1}{1+k} v,$$

Қуйида келтирилган тенгсизликни қаноатлантириши керак

$$\frac{1}{1+k} \leq 0,05.$$

Бундан узатиш коэффициентини $k \geq 19$ ни топамиз.

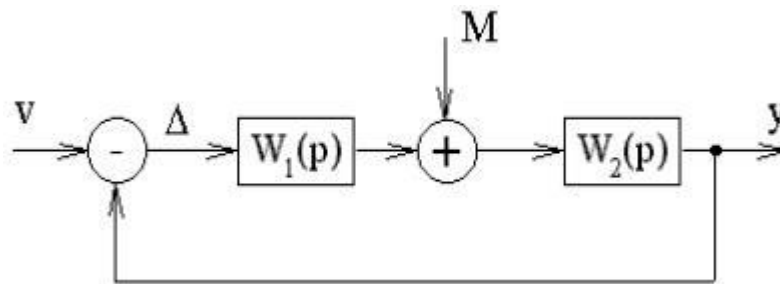
Мулоҳаза: Агар хатолик учун ифода Лаплас алмаштиришлари асосида олинган бўлса, у ҳолда ўрнатилган режимдаги хатолик қиймати чегаравий теоремага мувофиқ қуйида келтирилган муносабат асосида ҳисобланади:

$$\Delta^0 = \lim_{p \rightarrow 0} p \Delta(p).$$

МАСАЛАЛАР

7.1. Структуравий схемаси 7.1 - расмда тасвирланган тизимнинг тўла динамик хатолигини ифодасини ёзинг ва абсолют статик хатолигини аниқланг. Бунда

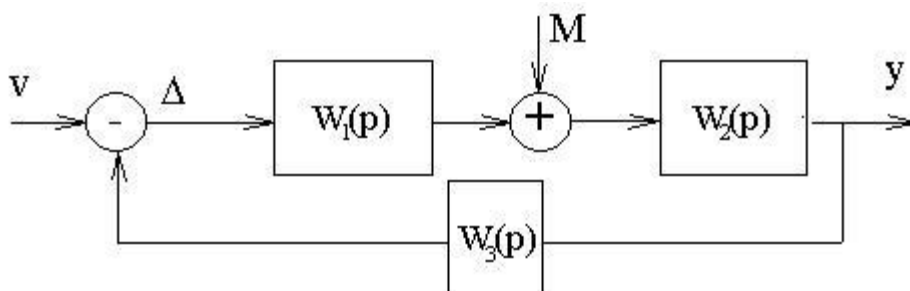
$$V = 1(t), \quad M = 2(t), \quad W_1(p) = 10, \quad W_2(p) = \frac{0,2}{3p+1}.$$



7.1 – расм

7.2. Структуравий схемаси 7.2 - расмда тасвирланган тизимнинг тўла статик хатолигини аниқланг. Бунда

$$W_1(p) = \frac{5}{p^2 + 2p + 2}; \quad W_2(p) = \frac{0,1}{0,4p + 1}; \quad W_3(p) = \frac{10}{p + 10}; \quad V = 1(t); \quad M = 10(t).$$

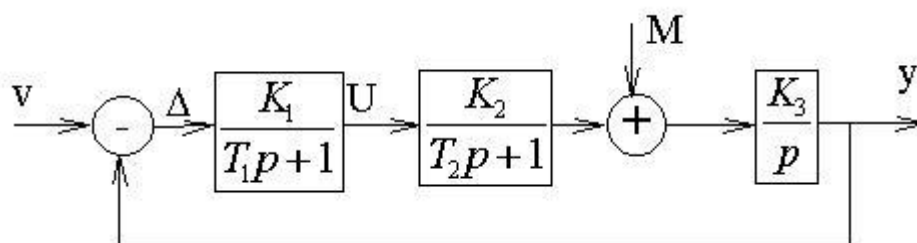


7.2 – расм

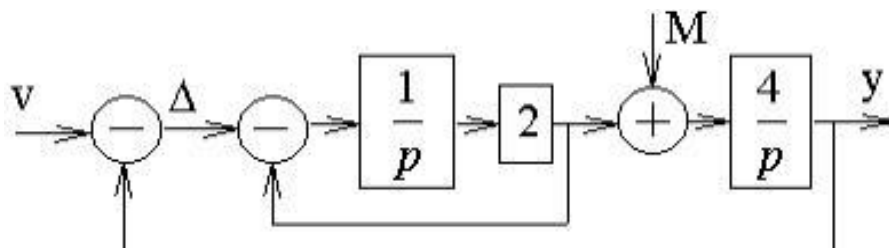
7.3. Структуравий схемаси 7.2 - расмда тасвирланган тизимнинг тўла статик хатолигини аниқланг. Бунда

$$W_1(p) = \frac{0,7}{p}; W_2(p) = \frac{4}{3p+1}; W_3(p) = \frac{7}{p+7}; V = 4(t); M = 2(t).$$

7.4. Структуравий схемаси берилган тизим учун кириш таъсирининг абсолют статик хатолигини ва ташқи ғалаёнланиш M нинг бошқарувчи U га таъсири “хисса”сини баҳоланг ($v, M = \text{const}$).

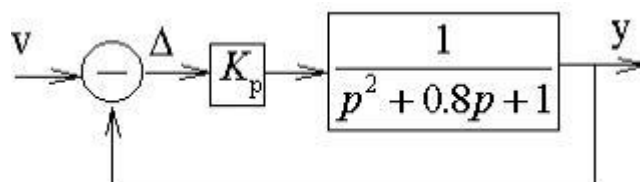


7.5. Структуравий схемаси 7.3 - расмда тасвирланган тизимнинг статик ва тезкорлик хатоликларини аниқланг. Бунда $V = 5 * t * 1(t)$



7.3 – расм

7.6. Қуйида структуравий схемаси тасвирланган тизимда статик хатолиги 1% дан катта бўлмаган ҳолда узатиш коэффициенти қийматини K_p аниқланг.



7.7. Агар очиқ тизимнинг узатиш функцияси маълум бўлса, у ҳолда узатиш коэффициенти K ни 5% дан катта бўлмаган тезкор хатоликда қийматини аниқланг. Бунда $T = 1.6$ с.

$$W_p(p) = \frac{K}{p(1 + Tp)},$$

α - катталиги t_p ва $1/m$ лар билан қуйидагича боғланган.

$$1/m = e^{-\alpha t_p}$$

Бу ифодани логарифмлаймиз - $\ln m = -\alpha t_p$, $\alpha = \frac{\ln m}{t_p}$

Шундай қилиб, мавҳум ўқ билан унга яқин жойлашган илдизлар орасидаги масофа $\frac{\ln m}{t_p}$ ростлаш вақтидан катта бўлмаслиги зарур.

Текшириш учун янги ўзгарувчи киритамиз: $z = p + \frac{\ln m}{t_p}$ ва қуйидаги шарт бажарилишини кўриб чиқамиз. $1/m = e^{-\alpha t}$

Янги ўзгарувчи z – учун мавҳум ўқ P – текислигида $\frac{\ln m}{t_p}$ катталиқда чапга сурилган бўлади, у ҳолда характеристик тенглама қуйидаги кўринишда бўлади.

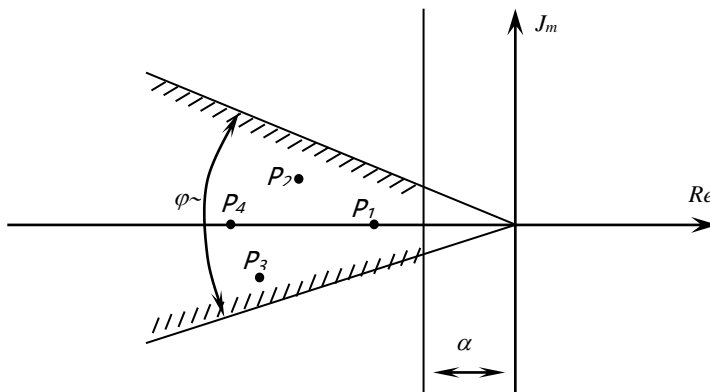
$$C_0(z - \frac{\ln m}{t_p})^n + C_1(z - \frac{\ln m}{t_p})^{n-1} + \dots + C_n = 0 \quad (8.1)$$

Охирги тенгламадаги ҳар бир айирманинг даражаси даражали қаторга ёйилиши мумкин:

$$\begin{aligned} \left(z - \frac{\ln m}{t_p}\right)^n &= z^n - n z^{n-1} \frac{\ln m}{t_p} + \frac{n(n-1)}{2!} z^{n-2} \left(\frac{\ln m}{t_p}\right)^2 - \\ &- \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} z^{n-3} \left(\frac{\ln m}{t_p}\right)^3 + \dots + (-1)^n \left(\frac{\ln m}{t_p}\right)^n \end{aligned} \quad (8.2)$$

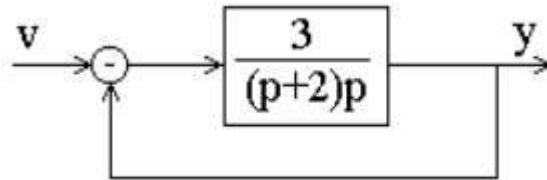
Агар (8.1) – тенглама учун (8.2) – қаторга ёйиш шартини ҳисобга олган ҳолда турғунлик шarti бажарилса, тизимнинг ростлаш вақти t_p дан катта бўлмайди.

Бу усулнинг геометрик шарҳи қуйидагича.



$\cos \varphi$ катталиги тизимнинг сўниш коэффициенти дейилади. Бу катталиқ қанча кичик бўлса, тизим шунчалик тебранишларга мойил бўлади. α катталиги эса турғунлик даражасини аниқлайди.

Мисол. Қуйида тасвирланган тизимнинг структуравий схема асосида ўтиш жараёнининг вақтига баҳо беринг:



Ечилиши. Ёпиқ тизимнинг ўтиш функциясини топамиз

$$W_{y/v}(p) = \frac{3}{p^2 + 2p + 3}.$$

Унинг характеристик тенгламасини $p^2 + 2p + 3 = 0$ ёрдамида илдизларини топамиз ҳамда турғунлигини баҳолаймиз:

$$\lambda_{1,2} = -1 \pm j\sqrt{2}, \quad \eta = 1.$$

Натижада ўтиш жараёни вақтини топамиз:

$$t_{\pi} \approx \frac{3}{\eta} = 3 \text{ с.}$$

МАСАЛАЛАР

8.1. Қуйида ўтиш функцияси берилган объектдаги ўтиш жараёнининг вақтини баҳоланг:

$$W(p) = \frac{(6p + 1)}{(p^2 + 4p + 5)}.$$

8.2. Қуйида ўтиш функцияси берилган объектдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:

$$W(p) = \frac{10}{(p^2 + 3p + 1)}.$$

8.3 Ўзатиш функцияси берилган объектдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:

$$W(p) = \frac{10}{p^3 + 4p^2 + p + 1}.$$

8.4. Қуйида ҳолат тенламаси берилган тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -3x_1 + x_2, \\ \dot{x}_2 = -2x_1 - 5x_2 + 6u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

8.5. Қуйида ҳолат тенламаси берилган тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -3x_1 + 2x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 5x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

8.6. Қуйида ҳолат тенламаси берилган очик тизимдаги ўтиш жараёни вақти ва қайта ростланувчанлик вақтини баҳоланг, бунда $u=v-y$:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -8x_1 - 4x_2 + 5u, \\ y = 0.5x_1. \end{cases}$$

8.7. Тесқари боғланиш қонуни тенгламаси $u=2(v-y)$ кўринишга эга бўлса, y ҳолда $5\ddot{y} + 6\dot{y} + 2y = 0.8u$ кўринишга эга бўлган тенглама орқали тизимдаги қайта ростланувчанлик ва тебранувчанликни баҳоланг.

8.8. Қуйида ҳолат тенламаси берилган очик тизимдаги қайта ростланувчанлик ва тебранувчанликни баҳоланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 2x_1, \\ \dot{x}_2 = -4x_1 - 6x_2 + 7v, \\ y = x_1. \end{cases}$$

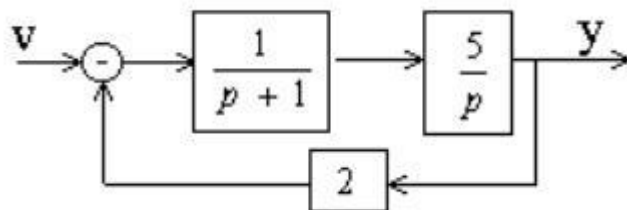
8.9. Илдиз усулида $4\ddot{y} + 0.4\dot{y} + 2y = 10\dot{v} + v$ кўринишга эга бўлган тенглама орқали тизимдаги ўтиш жараёнини вақтини баҳоланг.

8.10. $6\ddot{y} + 0.8\dot{y} + 4y = 8v$ кўринишга эга бўлган тизимдаги ўтиш жараёни ва қайта ростланувчанлик вақтини топинг.

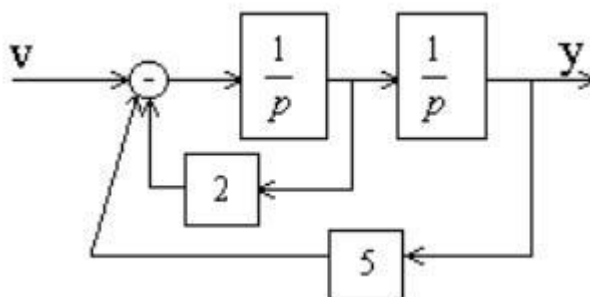
8.11. Агар очик тизимнинг ўтиш функцияси қуйидаги кўринишга эга бўлса, у ҳолда илдиз усули ёрдамида birlik манфий тескари боғланган ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёни вақтини баҳоланг:

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{1.8}{(2.2p^2 + 0.6p + 3)}$$

8.12. Агар тизимнинг структуравий схема қуйидагича тасвирланган бўлса, у ҳолда ундаги ўтиш жараёни вақтини баҳоланг:

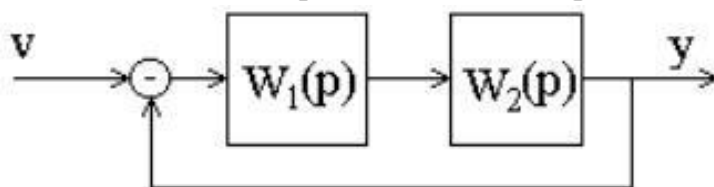


8.13. Агар тизимнинг структуравий схема қуйидагича тасвирланган бўлса, у ҳолда ундаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:



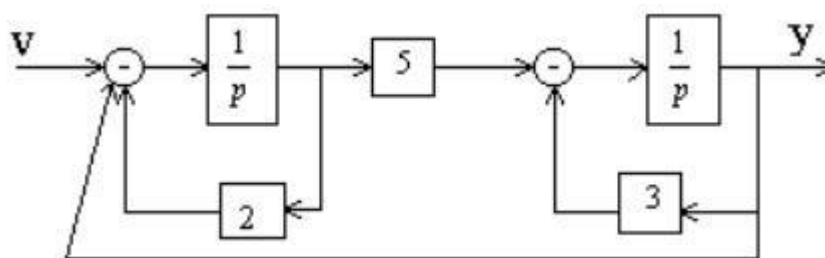
8.14. Структуравий схемаси 8.1- расмда тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:

$$W_1(p) = \frac{2}{(p+1)}, W_2(p) = \frac{1}{p}$$

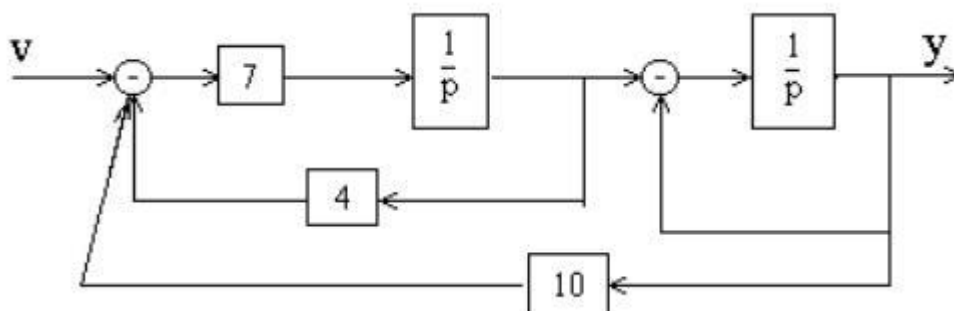


8.1- расм

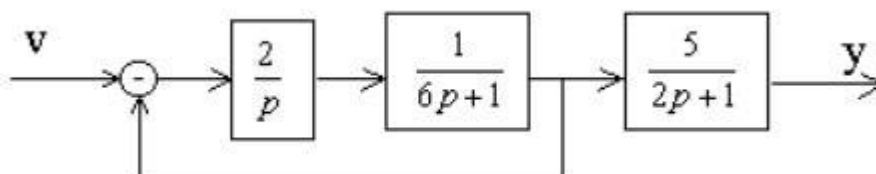
8.15. Структуравий схемаси қуйида тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг вақтини баҳоланг:



8.16. Структуравий схемаси қуйида тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:



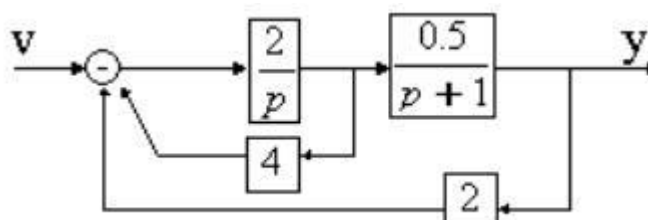
8.17. Структуравий схемаси қуйида тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:



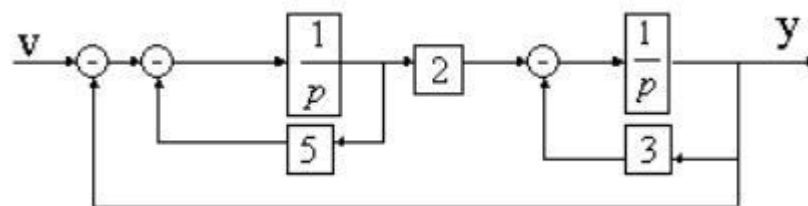
8.18. Структуравий схемаси 8.1- расмда тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини баҳоланг:

$$W_1(p) = \frac{1}{(5p+1)}, W_2(p) = \frac{2}{p+1}.$$

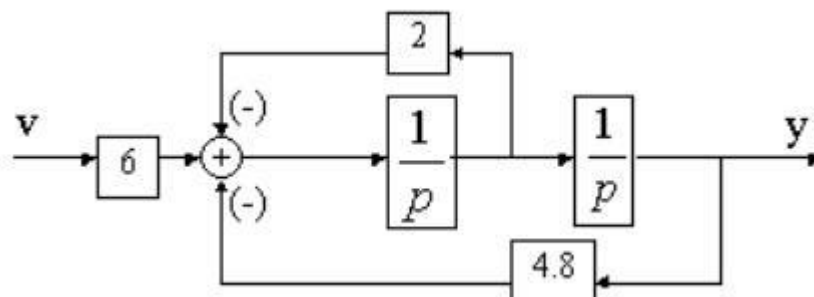
8.19. Структуравий схемаси қуйида тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини илдиз усулида топинг:



8.20. Структуравий схемаси қуйида тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини илдиз усулида топинг:



8.21. Тизимдаги ўтиш жараёнининг сифатини баҳоланг.

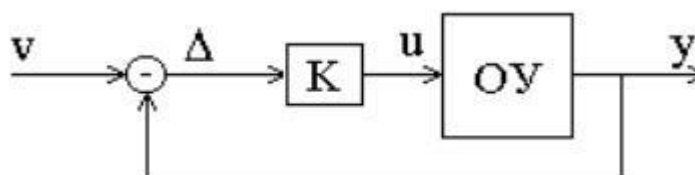


8.22. Структуравий схемаси 8.1 - расмда тасвирланган тизимдаги ўтиш жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини илдиз усулида топинг:

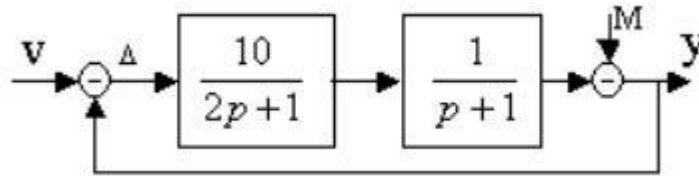
$$W_1(p) = k, W_2(p) = \frac{2}{(p^2 + 1.6p + 1)}.$$

8.23. Илдиз усулини қўллаган ҳолда ёпиқ тизимдаги $K=2$ бўлганда ўтиш жараёни ва қайта ростланувчанлик вақтини баҳоланг. Бошқариш объектининг математик модели ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 - x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2 + 2u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

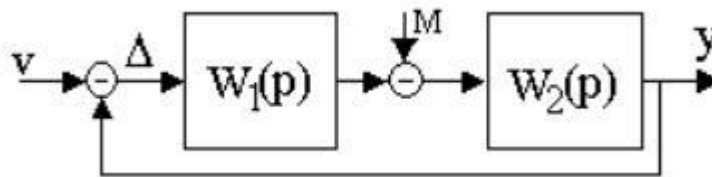


8.24. Структуравий схемаси қуйида тасвирланган тизимдаги жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини ҳамда унинг кириш таъсири ν ва ташқи галаёнланиш M бўйича нисбий статик хатолигини аниқланг.



8.25. Кириш таъсири v бўйича нисбий статик хатолиги 2% ошмаган 8.2 - расмда тасвирланган тизимнинг ўтиш k коэффициентни аниқланг. Ўтиш k коэффициентининг топилган қиймати бўйича жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини баҳоланг:

$$W_1(p) = \frac{k}{(8p+1)}, W_2(p) = \frac{2}{(2p+1)}.$$



8.2 - расм

8.26. Ташқи ғалаёнланиш таъсири M бўйича нисбий статик хатолиги 1% ошмаган 8.2 - расмда тасвирланган тизимнинг ўтиш k коэффициентни аниқланг. Ўтиш k коэффициентининг топилган қиймати бўйича жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини баҳоланг:

$$W_1(p) = \frac{k}{(p+1)}, W_2(p) = \frac{5}{(2p+1)}.$$

8.27. Кириш таъсири v бўйича нисбий статик хатолиги 2% ошмаган 8.2 - расмда тасвирланган тизимнинг ўтиш k коэффициентни аниқланг. Ўтиш k коэффициентининг топилган қиймати бўйича жараёнининг ўтиш ва қайта ростланувчанлик вақтини баҳоланг:

$$W_1(p) = \frac{k}{p}, W_2(p) = \frac{2}{(0.1p+1)}.$$

9 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

ЎТИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ЧАСТОТАВИЙ УСУЛДА ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ

Автоматик тизимларнинг сифатини таҳлил қилишда бу усул кенг қўлланилади. Бизга ўнг ва нол қутблари бўлмаган тизимнинг узатиш функцияси $W(p)$ берилган бўлсин. Бу тизимнинг вазн функциясини аниқлаш учун Фурьенинг тескари алмаштиришидан фойдаланиш мумкин.

$$\omega(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(j\omega) (\cos \omega t + j \sin \omega t) d\omega \quad (9.1)$$

(9.1)– тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\omega(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega - \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} J_m W(j\omega) \sin \omega t d\omega \quad (9.2)$$

$t < 0$ бўлганда, вазн функцияси нолга тенг бўлишини ва $\sin \omega t$ тоқ функция эканлигини ҳисобга олиб, (9.2) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\omega(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} J_m \sin \omega t d\omega = 0 \quad (9.3)$$

(9.1)– тенгламадан

$$\operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t = -J_m W(j\omega) \sin \omega t \quad (9.4)$$

(9.1) ва (9.4) – тенгламалар асосида ёзишимиз мумкин.

$$\left. \begin{aligned} \omega(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega \\ \omega(t) &= -\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} J_m W(j\omega) \sin \omega t d\omega \end{aligned} \right\} \quad (9.5)$$

Агар тизимнинг киришига бирлик поғонали функция таъсир қилаётган бўлса, ўтиш функцияси $h(t)$ ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

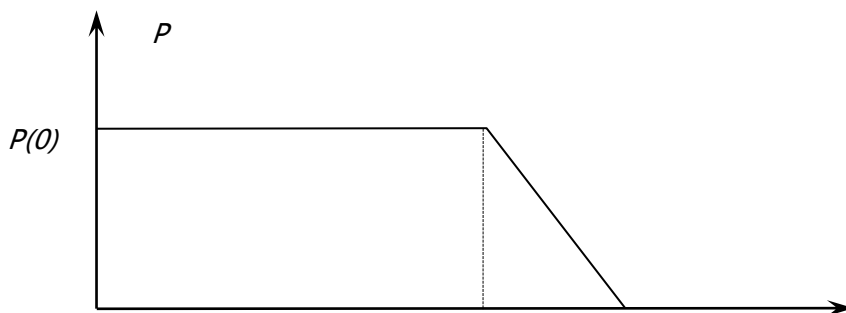
$$\begin{aligned} h(t) &= \int_0^t \omega(t) dt = \int_0^t \left[\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega \right] dt = \\ &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P(\omega) \sin \omega t}{\omega} d\omega \end{aligned} \quad (9.6)$$

$P(\omega)$ – туташ тизимнинг ҳақиқий частота тавсифи.

(9.6) – тенглама автоматик тизимларнинг сифат таҳлилида асос қилиб олинади. (9.6) – тенглама асосида ўтиш жараёнини куришнинг трапеция усули ёки В.В.Солодовниковнинг h функция усулини кўриб чиқамиз.

Бу усулга асосан бошлагич ҳақиқий частота тавсифи типик трапецияларга бўлинади ва Солодовниковнинг h – функция жадвали бўйича ҳар бир трапеция учун ўтиш жараёни курилади ва типик ўтиш функцияларини алгебраик қўшиш йўли билан изланаётган ўтиш жараёни ҳосил қилинади.

Фараз қиламиз, туташ тизимнинг ҳақиқий частота тавсифи қуйидагича:



бу ерда ω_0 – тизимнинг ўтказиш ё

ω_d – тизимнинг бир текис ўтказиш йўли.

Ўтиш функцияси қуйидаги ифода билан аниқланади.

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\omega_d} \frac{P_0 \sin \omega t}{\omega} d\omega + \frac{2}{\pi} \int_{\omega_d}^{\omega_0} \frac{a - b_{\omega}}{\omega} \sin \omega t d\omega$$

Охирги тенгламада a ва b ни қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$a = P(0) \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega_1} = P(0) \frac{1}{1 - \lambda}; \quad \lambda = \frac{\omega_d}{\omega_0}$$

$$b = \frac{P(0)}{\omega} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega_1} = \frac{P(0)}{\omega} \cdot \frac{1}{1 - \lambda}; \quad 0 \leq \lambda \leq 1$$

Қабул қилинган белгилашни ҳисобга олиб, $P(0)=1$ учун охирги ифодани интеграллаймиз

$$h_{\lambda}(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{1 - \lambda} \left[\text{si } \tau - \lambda \text{si } \tau + \frac{\cos \tau - \cos \tau}{\tau} \right]$$

бу ерда

$$\text{si } \tau = \int_0^{\infty} \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \quad - \text{ интеграл синус}$$

$$\tau = \omega_0 \cdot t$$

Охирги ифода бирлик трапеция учун ўтиш функциясини тасвирлайди ва у вақтга нисбатан ўлчамсиздир. Қуйидаги тенгламалар орқали ўлчамли вақт ва модулга ўтиш мумкин:

$$h(t) = h_{\lambda}(\tau) \cdot P(0); \quad t = \frac{\tau}{\omega_0}$$

Ҳақиқий частота тавсифининг ва уларга мос келадиган ўтиш жараёнининг асосий хоссаларини кўриб чиқамиз:

1) Чизиқли хоссаси: агар ҳақиқий частота тавсифини йиғинди ҳолда ифодалаш мумкин бўлсин,

$$\left. \begin{aligned} P(\omega) &= \sum_{i=1}^n P_i(\omega) \\ h_i(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P_i(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega \end{aligned} \right\} \quad (9.7)$$

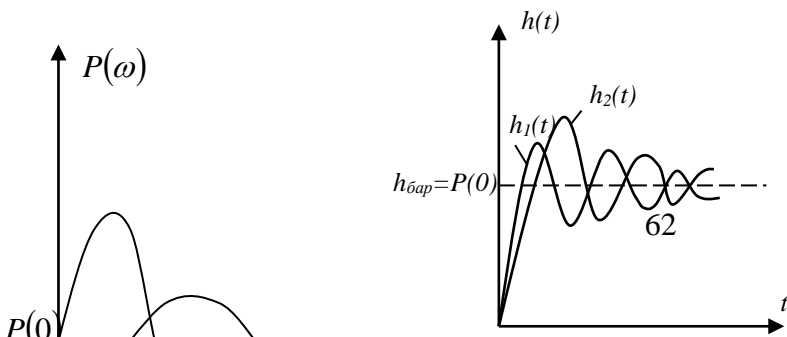
Ўтиш жараёнини ҳам йиғинди ҳолда ифодалаш мумкин:

$$h(t) = \sum_{i=1}^n R_i(t) \quad (9.8)$$

2) ордината ўқи бўйича $P(\omega)$ ва $h(t)$ нинг масштабининг мос келиши. Агар $P(\omega)$ ни доимий кўпайтувчи a га кўпайтирилса, $h(t)$ нинг мос қийматлари ҳам a кўпайтувчига кўпаяди.

3) $P(\omega)$ ва $h(t)$ нинг абцисса ўқи бўйича масштабларининг мос келиши.

Агар аргумент ω частота тавсифининг мос ифодаси доимий сонга кўпайтирилса, у ҳолда аргумент ўтиш жараёнига мос келадиган ифодада шу сонга бўлинади (9.1-расм а) ва б)).



9.1-расм.

4) Ҳақиқий частота тавсифининг бошланғич қиймати ўтиш тавсифининг охири қийматига тенг:

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} P(\omega) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{\omega \rightarrow 0} h(t)$$

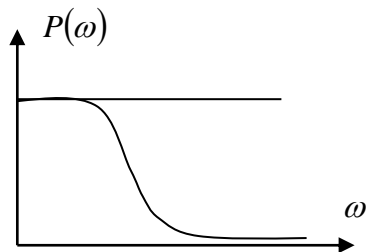
Мавҳум частота тавсифининг бошланғич қиймати

$$Q(0)=0$$

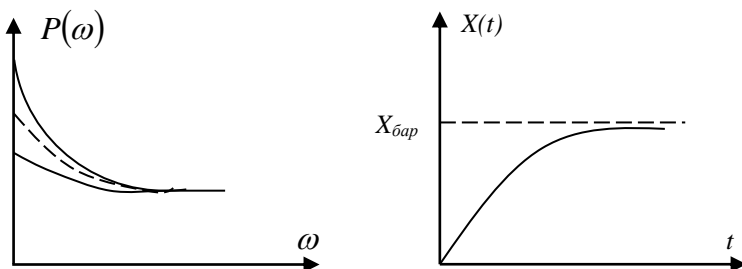
5) Ҳақиқий частота тавсифининг охири қиймати ўтиш тавсифи оригиналининг бошланғич қийматига тенг:

$$\lim_{t \rightarrow 0} P(0) = \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{t \rightarrow 0} h(t)$$

6) Тизим ўтиш тавсифининг ўта ростланиши 18% дан ошмаслиги учун ($\sigma \leq 18\%$) ҳақиқий частота тавсифи частотанинг мусбат ўсиб бормайдиган функцияси бўлиши керак, яъни $t(\omega) > 0$ да $\frac{dp(\omega)}{d\omega} \leq 0$ бўлиши керак



7) Ўтиш жараёнининг монотон бўлиш шарти.



$$P(\omega) > 0 \text{ да } \left| \frac{dP}{d\omega} \right| < 0$$

Ўтиш жараёни монотон характерга эга бўлиши учун, унга мос келадиган ҳақиқий частота тавсифи мусбат ва частотанинг фукнкцияси бўлиши, ҳамда унинг ҳосиласи манфий ва абсолют қиймати камайиб борувчи бўлиши керак, яъни

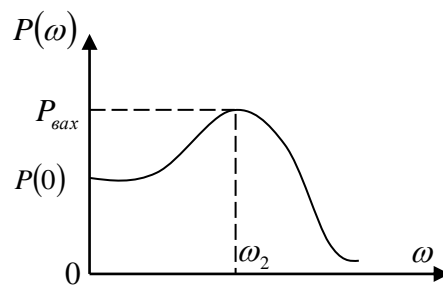
$$P(\omega) > 0 \quad \left| \frac{dP(\omega)}{d\omega} \right| < 0$$

8) Ўтиш жараёнининг ўта ростланишининг энг катта қийматини ҳақиқий частота тавсифининг максимуми бўйича топиш

$$\sigma_{\max} = [1.18P_{\max} - P(0)]/P(0)$$

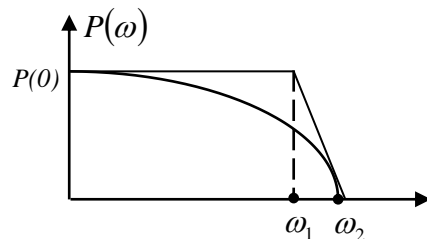
бу ерда $P_{\max} - P(\omega)$ нинг максимал қиймати

$P(0) - P(\omega)$ нинг бошланғич қиймати

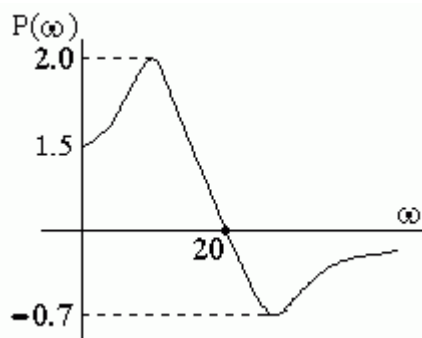


9) Агар ҳақиқий частота тавсифи трапеция кўринишига яқин бўлса, уни частоталар доираси ω_2 ва нишаблик коэффициенти $\chi = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ орқали аппроксимация қилиш мумкин.

Бунда $\frac{\pi}{\omega_2} < t_p < \frac{4\pi}{\omega_2}$ агар $P(\omega)$ максимумга эга бўлса, $\frac{3\pi}{\omega_2} < t_p < \frac{8\pi}{\omega_2}$ бўлади.



1 - мисол. Қуйида келтирилган объектнинг ҳақиқий частотавий характеристикаси $P(\omega)$ бўйича ўтиш жараёнининг сифатий кўрсаткичлари (ω, t_c) ни топинг.



Ечилиши. Ўтиш функциясининг бошланғич $h(0)=P(\infty)=0$ ва ўрнатилган $h(0)=P(\infty)=1$ қийматларини топамиз.

Қуйидаги формула ёрдамида тизимдаги қайта ростланиш учун баҳолашни ҳисоблаймиз:

$$\sigma = \frac{1.27 \cdot P_{\max} + 0.3 \cdot |P_{\min}| - P(0)}{P(0)} \cdot 100\%.$$

Юқорида келтирилган объектнинг ҳақиқий частотавий характеристикасидан $P_{\max} = 2.0$ ва $P_{\min} = -0.7$ эканлигидан қуйидаги қийматни оламиз:

$$\sigma = \frac{1.27 \cdot 2.0 + 0.3 \cdot 0.7 - 1.5}{1.5} \cdot 100\% = 83.3\%.$$

Энди тизимдаги ўтиш жараёни вақтини қуйидаги ифода орқали топамиз:

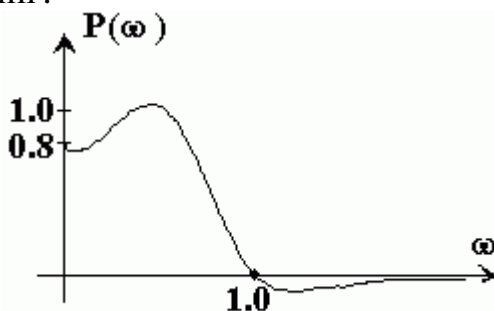
$$t_n = \frac{(3 \div 5)\pi}{\omega_n}$$

Бунда $\omega = 20 \text{ с}^{-1}$ бўлса, унда

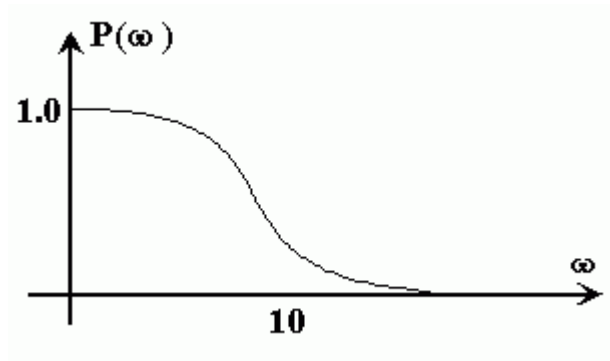
$$t_n = \frac{(3 \div 5)\pi}{20} = 0,15\pi \div 0,25\pi = 0,471 \div 0,785$$

МАСАЛАЛАР

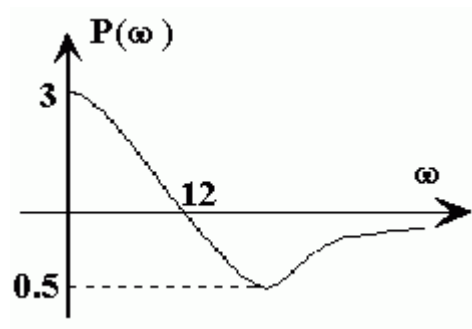
9.1. Тизимнинг қуйида тасвирланган ҳақиқий частотавий характеристикаси кўринишига қараб ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини ҳисобланг ва ўтиш характеристикаларини чизинг:



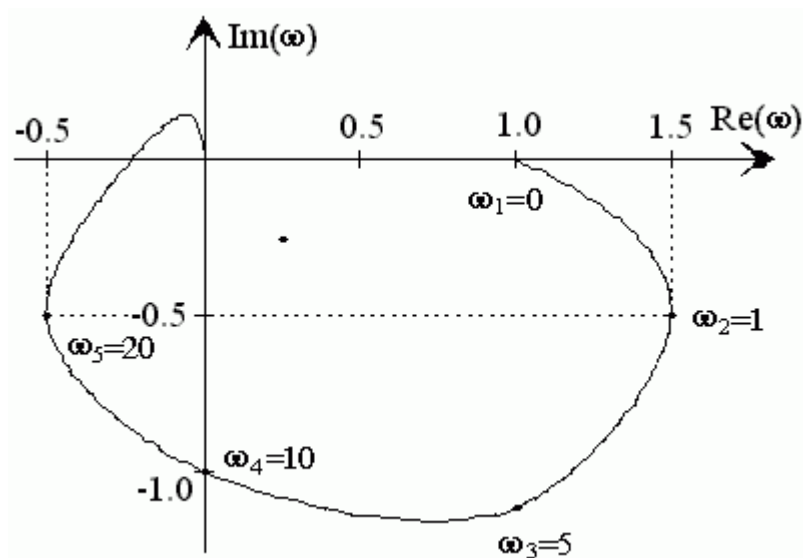
9.2. Тизимнинг қуйида тасвирланган ҳақиқий частотавий характеристикаси $P(\omega)$ кўринишига қараб ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини (σ , t_c) ҳисобланг:



9.3. Тизимнинг қуйида тасвирланган ҳақиқий частотавий характеристикаси $P(\omega)$ кўринишига қараб ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини (σ , t_c) ҳисобланг:

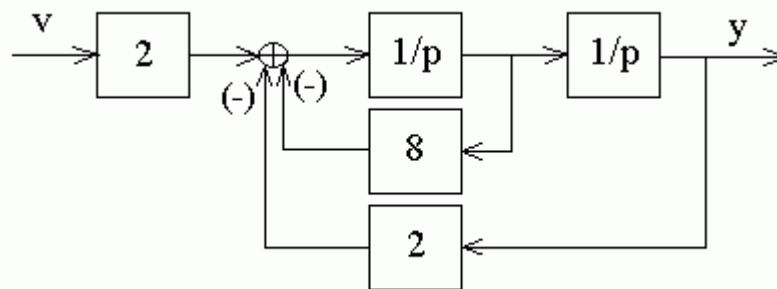


9.4. Ёпиқ тизимнинг қуйида тасвирланган АФХ си кўринишига қараб, тизимдаги ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини ($\Delta(t=\infty)$, σ ва t_c) аниқланг:



9.5. Тизимнинг узатиш функцияси $\Omega(p)=16/(p^2+0.8p+1)$ кўринишига эга. Тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари ва t_c ни топинг.

9.6. Тизимнинг қуйида тасвирланган структуравий схемаси асосида тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари σ ва t_n ни топинг:



9.7. Агар тизимнинг модели дифференциал тенглама $\ddot{y} + 5\dot{y} + 4y = 0.8u$ кўринишда бўлса, у ҳолда тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари σ ва t_c ни топинг.

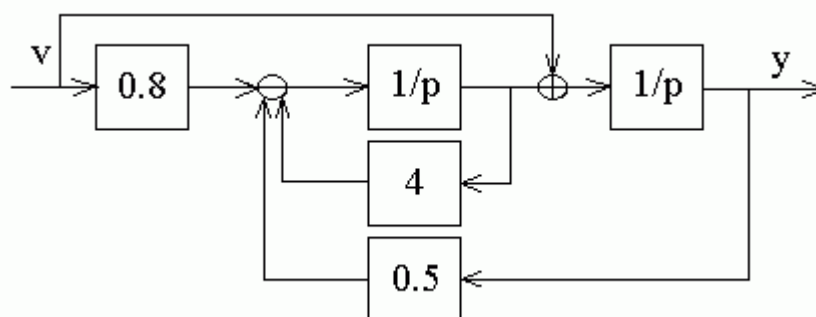
9.8. Агар тизимнинг модели қуйида келтирилган тенгламалар тизими кўринишда бўлса, у ҳолда тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари σ ва t_c ни топинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -0.5x_1 - 2x_2 - 2x_3 + 4u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

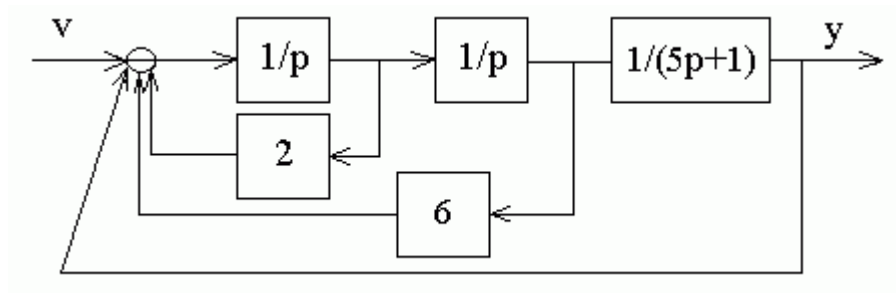
9.9. Агар тизимнинг модели қуйида келтирилган тенгламалар тизими кўринишда бўлса, у ҳолда тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари σ ва t_c ни топинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 0.2x_1 + 0.1u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 3x_2 + 1.5u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

9.10. Агар тизимнинг структуравий схемаси қуйида тасвирланган кўринишда бўлса, у ҳолда тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари σ ва t_c ни топинг:

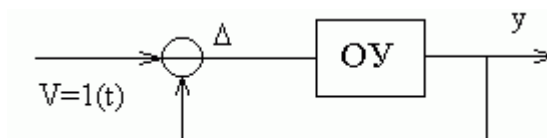


9.11. Агар тизимнинг структуравий схемаси қуйида тасвирланган кўринишда бўлса, у ҳолда тизимдаги ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари σ ва t_c ни топинг:



9.12. Қуйида бошқариш объектининг узатиш функцияси берилган. Частотавий усул ёрдамида ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини $\Delta(t=\infty)$, σ ва t_c аниқланг:

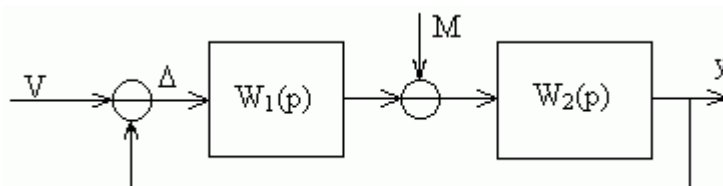
$$\Omega_0 = 100 / (p^2 + 10p + 1)$$



9.13. Қуйида бошқариш объектининг модели тенгламалар тизими кўринишида. Частотавий усул ёрдамида ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини $\Delta(t=\infty)$, σ ва t_c аниқланг, бунда $u = v - y$:

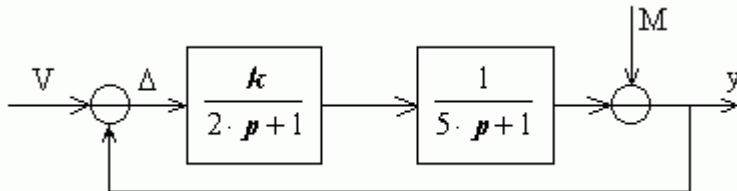
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 10x_2 + 5u \\ y = x_1 \end{cases}$$

9.14. Нисбий статик хатолиги кириш таъсири v бўйича 10 % дан ҳамда ташқи ғалаёнланиш таъсири M бўйича 5% дан ошмаган 9.1 – расмда структуравий схемаси келтирилган тизимнинг ўтиш коэффициентни қиймати k ни топинг. Топилган ўтиш коэффициентни қиймати k учун частотавий усулда ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини σ ва t_c аниқланг. Бу ерда $\Omega_1(p) = k/(p+1)$, $\Omega_2(p) = 10/(3p+1)$:

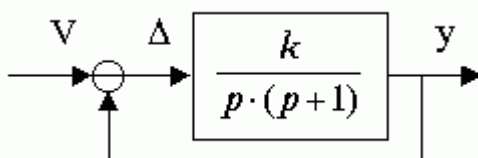


9.1 – расм

9.15. Нисбий статик хатолиги мувозанат ҳолатида кириш таъсири v бўйича 1 % дан ошмаган қуйида структуравий схемаси келтирилган тизимнинг ўтиш коэффициентни қиймати k ни топинг. Топилган ўтиш коэффициентни қиймати k учун частотавий усулда ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини σ ва t_c аниқланг. Мувозанат ҳолатидаги ташқи ғалаёнланиш таъсири M бўйича нисбий хатолигини ҳисобланг:



9.16. Жадаллик хатолиги кириш таъсири v бўйича 10 % дан ошмаган қуйида структуравий схемаси келтирилган тизимнинг ўтиш коэффициентни қиймати k ни топинг. Топилган ўтиш коэффициентни қиймати k учун частотавий усулда ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини σ ва t_c аниқланг:

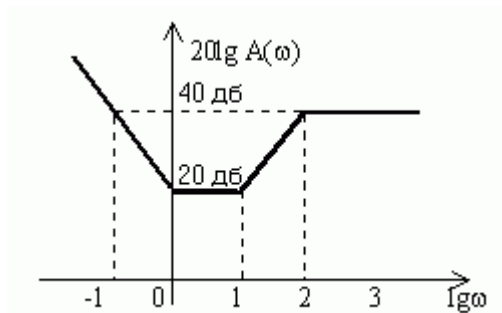


9.17. Нисбий статик хатолиги мувозанат ҳолатида кириш таъсири v бўйича 2 % дан ошмаган 9.1 – расмда структуравий схемаси келтирилган тизимнинг ўтиш коэффициентни қиймати k ни топинг. Топилган ўтиш коэффициентни қиймати k учун частотавий усулда ўтиш жараёнини сифат кўрсаткичларини σ ва t_c аниқланг. Мувозанат ҳолатидаги ташқи ғалаёнланиш таъсири M бўйича нисбий хатолигини ҳисобланг. Бу еда $\Omega_1(p) = k / (2p + 1)$ $\Omega_2(p) = 1 / (2p + 1)$.

10 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

АСИМПТОТИК ЛОГОРФИК АМПЛИТУДАВИЙ ЧАСТОТАВИЙ ХАРАКТЕРИСТИКА (ЛАЧХ)

1-мисол. Динамик тизимнинг ЛАЧХ кўриниши бўйича унинг узатиш функциясини ёзинг.



Ечилиши. Ўзаро боғланган частоталарини ва уларга мос келувчи вақт доимийларини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} \lg \omega_1 = -1 &\Rightarrow T = 0.1; \quad \lg \omega_2 = 0 &\Rightarrow T = 1; \\ \lg \omega_3 = 1 &\Rightarrow T = 10; \quad \lg \omega_4 = 2 &\Rightarrow T = 100 \end{aligned}$$

Кучайтириш коэффициентини аниқлаймиз:

$$20\lg k = 20, \quad k = 10.$$

Натижада динамик тизимнинг узатиш функциясини оламиз:

$$W(p) = \frac{10(p+1)(10p+1)}{(0.1p+1)(100p+1)}$$

МАСАЛАЛАР

10.1. Берилган узатиш функцияси бўйича тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курунг

$$W(p) = 10 / [(p+1)(0.1p+1)].$$

10.2. Берилган узатиш функцияси бўйича тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курунг

$$W(p) = \frac{10(0.1p+1)}{(0.01p+1)(10p^2+11p+1)}$$

10.3. Берилган узатиш функцияси бўйича тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курунг

$$W(p) = (p+10) / (9p^3+10p^2+p).$$

10.4. Берилган узатиш функцияси бўйича тизимнинг ЛАЧХ ни курунг

$$W(p) = \frac{10(p+1)}{(0.01p^2+0.06p+1)(10p+1)}$$

10.5. Берилган узатиш функцияси бўйича тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курилинг

$$W_{pas}(p) = \frac{k \cdot (T_1 \cdot p + 1)}{p^2 \cdot (T_2^2 \cdot p^2 + 2 \cdot d \cdot T_2 + 1)}$$

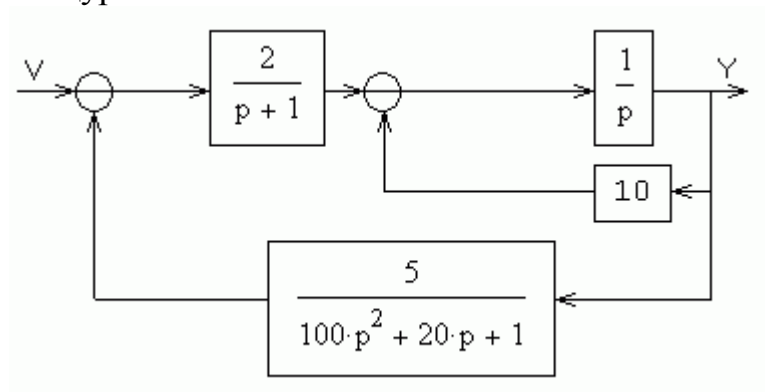
Кўрсаткичларнинг қийматлари қуйидаги жадвалда келтирилган:

	1	2	3	4	5	6	7	8
k	100	0,1	1	10	100	1	0,1	100
T_1	10	100	20	1	10	50	0	1
T_2	1	10	1	10	0	10	0,1	10
d	0,8	1	0,6	0,7	0	0,6	0,8	1,5

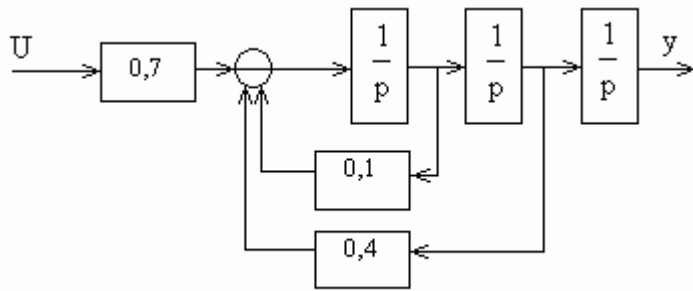
10.6. Қуйида математик модели келтирилган тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курилинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -x_1 - x_2 + 5u \\ y = x_2 \end{cases}$$

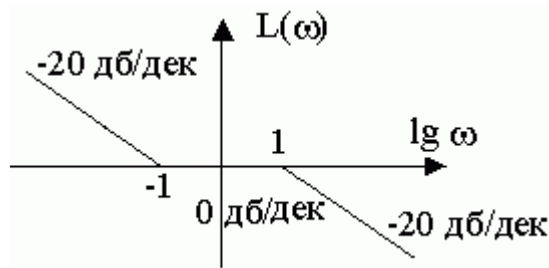
10.7. Қуйида структуравий схемаси тасвирланган динамик тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курилинг:



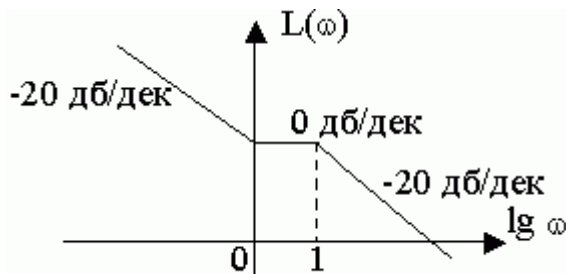
10.8. Қуйида структуравий схемаси тасвирланган динамик тизимнинг асимптотик ЛАЧХ ни курилинг:



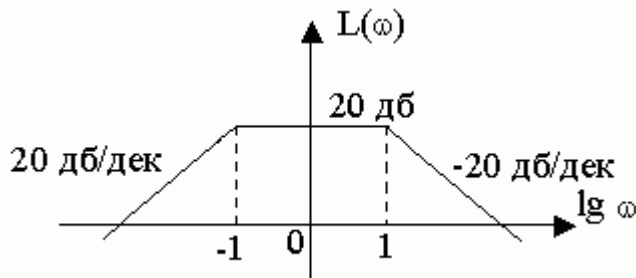
10.9. Қуйида тасвирланган асимптотик ЛАЧХ кўринишига қараб тизимнинг узатиш функциясини ёзинг:



10.10. Қуйида тасвирланган асимптотик ЛАЧХ кўринишига қараб тизимнинг узатиш функциясини ёзинг ва частоталари $\omega_1=0,1\text{c}^{-1}$, $\omega_2=10\text{c}^{-1}$, $\omega_3=1000\text{c}^{-1}$ бўлганда сигналларнинг узатиш коэффициентларини аниқланг. Ягона манфий тескари боғланишли ёпиқ тизимдаги статик ва жадаллик хатоликларини аниқланг:

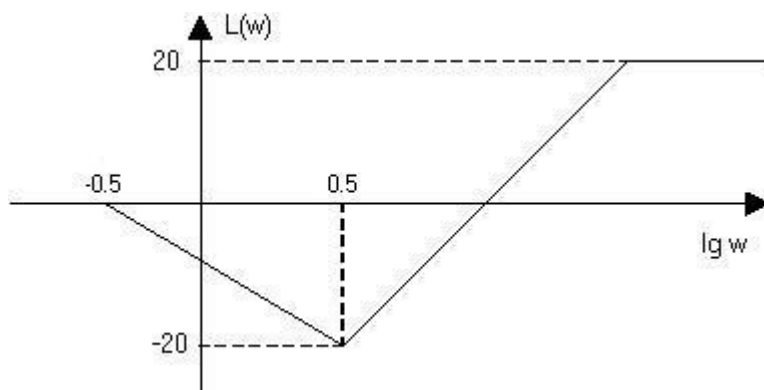


10.11. Қуйида тасвирланган асимптотик ЛАЧХ кўринишига қараб тизимнинг узатиш функциясини ёзинг ва частотаси $\omega=15\text{c}^{-1}$ бўлганда гармоник сигналларнинг узатиш коэффициентларини аниқланг:

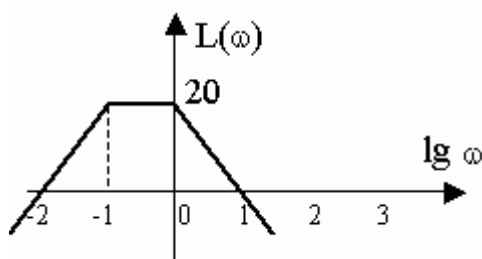


10.12. Қуйида тасвирланган асимптотик ЛАЧХ кўринишига қараб тизимнинг узатиш функциясини ёзинг ва частоталари $\omega_1=1\text{c}^{-1}$, $\omega_2=1000\text{c}^{-1}$ бўлганда

сигналларнинг узатиш коэффициентларини аниқланг. Ягона манфий тескари боғланишли ёпиқ тизимдаги статик хатолик қийматини аниқланг:



10.13. Қуйида тасвирланган логарифмик амплитуда - частотавий характеристикаси кўринишига қараб тизимнинг узатиш функциясини ёзинг:



11 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

ИСТАЛГАН ЛАЧХ ҚУРИШ

Мисол. Иккинчи тартибли тизимда жараёнларнинг сифатига қўйилган талаб бўйича ($\sigma=30\%$, $t_c=10$ с, $\Delta_{ст}=5\%$) исталган ЛАЧХ (ПЧ ва ЎЧ-асимптотлар) ни қуринг.

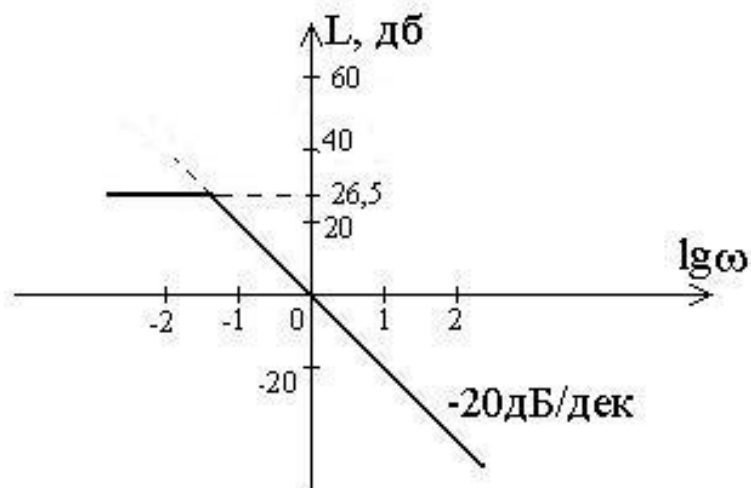
Ечилиши. Очиқ тизимнинг исталган кучайтириш коэффициентни топамиз

$$1 / (1 + k_p) \leq 0,05, \text{ т.е. } k_p \geq 21$$

$$20 \lg k_p = 20 \lg 21 = 26,5$$

Номограмма бўйича t_c аниқлаймиз. Шунингдек, $\sigma = 30\%$ учун $t_n = 5\pi/\omega_n$ ифрдани оламиз, ундан $\omega_n = 5\pi/t_n = 5\pi/10 = 1,57$ келиб чиқади. Кейин ω_c и ΔL ҳисоблаймиз:

$$\omega_c = (0,7 \div 0,9)\omega_n = 1 \Rightarrow \lg \omega_c = \lg 1 = 0, \Delta L = 15.$$

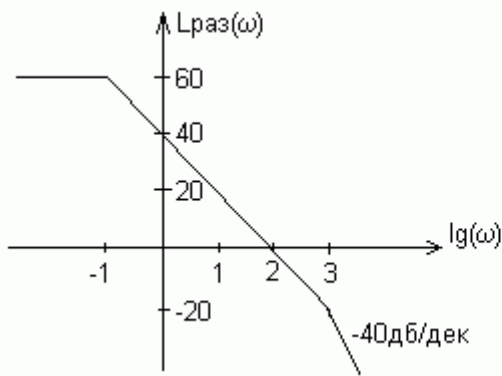


МАСАЛАЛАР

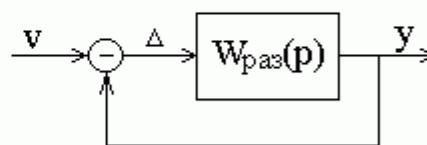
11.1. Учинчи тартибли тизимда жараёнларнинг сифатига қўйилган талаб бўйича ($\sigma=40\%$, $t_{п}=5с$, $\Delta_{\text{скор}}=5\%$) исталган ЛАЧХ (ПЧ, ЎЧ ва ЮЧ - асимптотлар) ни кулинг.

11.2. Тўртинчи тартибли тизимда жараёнларнинг сифатига қўйилган талаб бўйича ($\sigma=20\%$, $t_{п}=5с$, $\Delta_{\text{ст}}=0\%$) исталган ЛАЧХ (ПЧ ва ЎЧ - асимптотлар) ни кулинг.

11.3. 11.1 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. Ягона манфий тескари боғланган тизим учун $\sigma\%$, $t_{п}$ ва Δ^0 топиш керак.



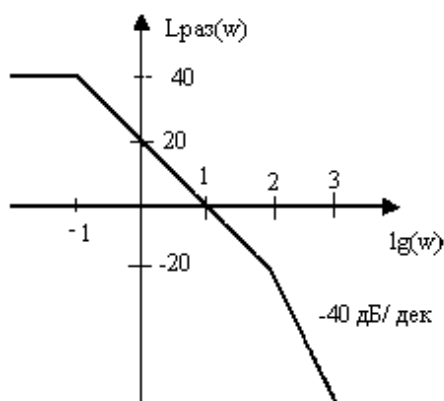
11.1 – расм



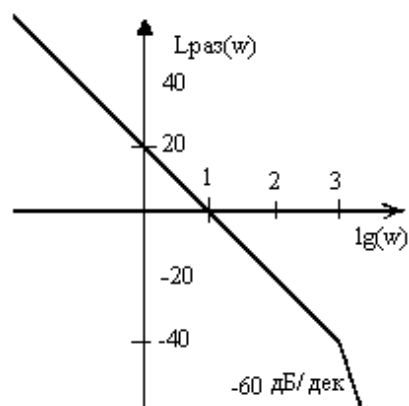
11.2 – расм

11.4. 11.3 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. 11.2 – расмда тасвирланган ёпиқ тизим учун $\sigma\%$, $t_{п}$ ва Δ^0 топиш керак.

11.5. 11.4 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. 11.2 – расмда тасвирланган ёпиқ тизим учун $\sigma\%$, $t_{п}$ ва Δ^0 топиш керак.

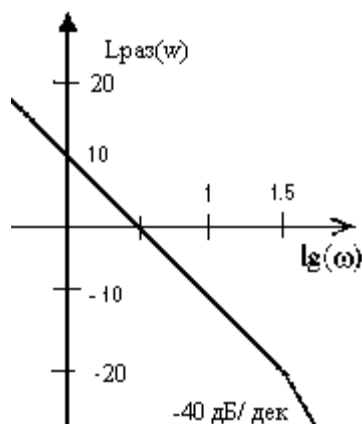


11.3 – расм



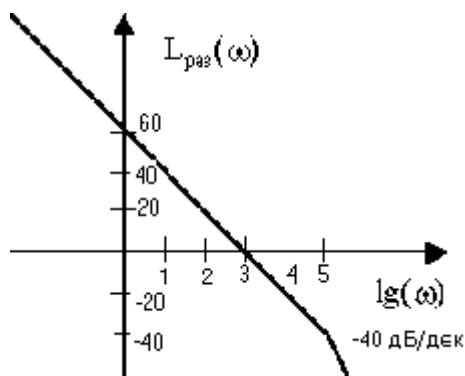
11.4 – расм

11.6. 11.5 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. Гармоник сигналнинг чиқиш частотаси $\omega = 0,1 \text{ c}^{-1}$ бўлганда нисбий хатолик қийматини ҳисобланг, 11.2 – расмда тасвирланган ёпиқ тизим учун $\sigma\%$ ва t_n топиш керак.



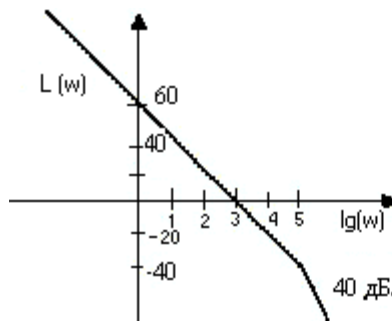
11.5 – расм

11.7 11.6 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. Гармоник сигналнинг чиқиш частотаси $\omega = 10 \text{ c}^{-1}$ бўлганда нисбий хатолик қийматини ҳисобланг, 11.2 – расмда тасвирланган ёпиқ тизим учун $\sigma\%$ ва t_n топиш керак.

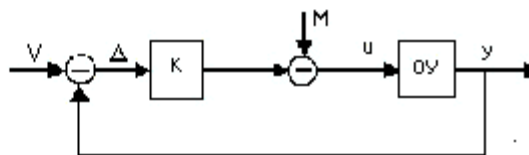


11.6 – расм

11.8. 11.7 – расмда бошқариш объектининг ЛАЧХ тасвирланган. 11.8 – расмда тасвирланган тизим учун гармоник сигналнинг чиқиш частотаси $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$ бўлганда кириш таъсирига нисбатан нисбий хатолик $\Delta \approx 5\%$ шартни қаноатлантирган ҳолда кучайтириш коэффициенти k ни топинг. Топилган k ни қиймати учун $\sigma\%$ ва t_c ва ғалаёнланиш M бўйича хатолик катталигини ҳисобланг.

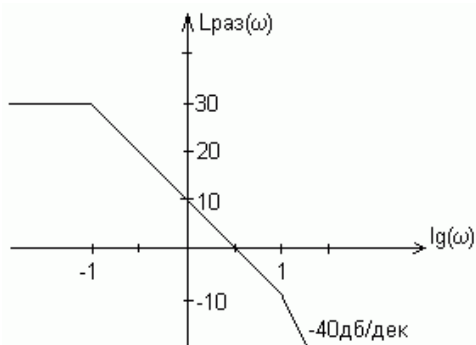


11.7 – расм

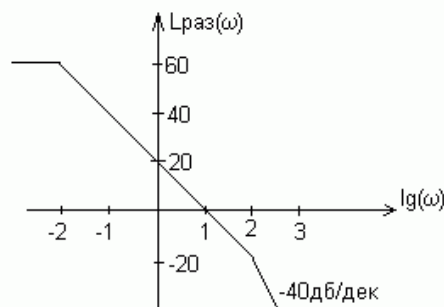


11.8 – расм

11.9. 11.9 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. 11.2 – расмда тасвирланган тизим учун очик тизим ЛАЧХ кўринишига қараб $\sigma\%$, t_c ва Δ^0 топинг. Гармоник сигналнинг чиқиш частотаси $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$ бўлганда нисбий хатолик қийматини ҳисобланг.



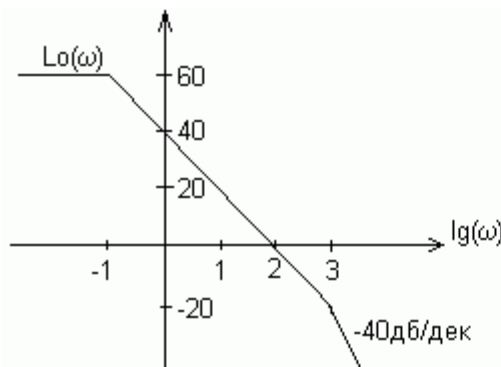
11.9 – расм



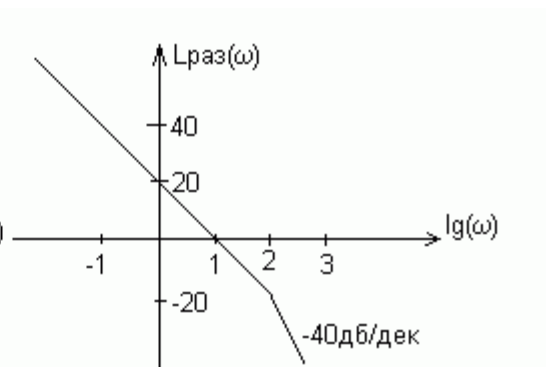
11.10 – расм

11.10. 11.10 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. 11.2 – расмда тасвирланган тизим учун очик тизим ЛАЧХ кўринишига қараб $\sigma\%$, t_c ва Δ^0 топинг. Гармоник сигналнинг чиқиш частотаси $\omega = 0.1 \text{ с}^{-1}$ бўлганда нисбий хатолик қийматини ҳисобланг.

11.11. 11.11 – расмда бошқариш объектининг модели ЛАЧХ кўринишида тасвирланган. 11.8 – расмда тасвирланган тизим учун кириш таъсирига нисбатан нисбий хатолик $\Delta \approx 5\%$ шартни қаноатлантирган ҳолда кучайтириш коэффициенти k ни топинг. Топилган k ни қиймати учун ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичлари $\sigma\%$ ва t_c ҳисобланг.



11.11 – расм



11.12 – расм

11.12. 11.12 – расмда очик тизимнинг ЛАЧХ тасвирланган. очик тизимнинг ЛАЧХ кўринишига караб гармоник сигналнинг чиқиш частотаси $\omega = 0.01 \text{ с}^{-1}$ бўлганда хатоликгини ҳисобланг ҳамда сифат кўрсаткичлари $\sigma\%$ ва t_c баҳоланг.

12 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

СИНТЕЗ ҚИЛИШНИНГ ЧАСТОТАВИЙ УСУЛИДА КОРРЕКТИРЛОВЧИ БЎҒИННИ ҲИСОБЛАШ

Мисол. Корректирланмаган тизимнинг узатиш функцияси ва сифат кўрсаткичлари. Частотавий усул ёрдамида ростлагичнинг кўрсаткичларини ҳисоблаш керак.

$$W_{н.с.}(p) = \frac{1}{(1.7p + 100)(0.25p^2 + 0.425p + 1)};$$

$$\sigma, \% \approx 30\%; \quad t_n = 1.5 \text{ с}; \quad \Delta_{см.} \% = 1\%.$$

Ечилиши. Объектнинг ЛАЧХ курамыз. Аввал туташ частоталар асимптотасини аниқлаймиз:

$$W_{н.с.}(p) = \frac{1}{(1.7p + 100)(0.25p^2 + 0.425p + 1)},$$

$$T_1 = 0.017 \text{ с}, \omega_1 = 1/0.017 = 58.8, \lg \omega_1 = 1.8, T_2 = 0.5 \text{ с}, \omega_2 = 2, \lg \omega_2 = 0.3.$$

Узатиш коэффициенти (k_0) 1 тенг, унда $20 \lg k_0 = 20 \lg 1 = 0$

Кейин исталган ЛАЧХ курамыз. Статик хатолик катталиги бўйича очик тизимнинг исталган коэффициенти ва ростлагич коэффициенти: $\Delta_{см.} \% = 1\%$, $1/(1 + k_p) \leq 0.01$, $k_p \geq 99$. $k_p = 100$ танлаймиз.

Бу ҳолатда очик тизимнинг узатиш ва ростлагичнинг коэффициентлари тенг. Динамик тизимларнинг хоссаларига қўйилган талаблар бўйича номограмма ёрдамида кесик частота (ω_c) ва турғунлик захирасини (ΔL) аниқлаймиз:

$$\omega_c = 3\pi/1.5 = 6.28, \lg \omega_c = 0.8, \Delta L = 16 \text{ дБ}.$$

Исталган ЛАЧХ паст частотали (ПЧ) асимптотаси 0 дБ/дек кияликка эга бўлиб, $20 \lg k_p$ қийматни аниқланиш даржаси бўйича ўтади. Ўрта частотали (ЎЧ) асимптотани -20 дБ/дек киялик билан ω_c орқали ўтказамиз. Чапдан ЎЧ – асимптотани ПЧ – асимптота билан кесишгунча ўтказамиз. Ўнгдан ПЧ асимптотани ΔL_0 орқали ω_1 частотагача, шундан кейин асимптота киялиги -60 дБ/дек гача ўзгаради. ПЧ ва ЎЧ асимптоталар боғлиқлиги -20 дБ/дек қияликка эга бўлган тўғри чизик кесмаси ёрдамида аниқланади.

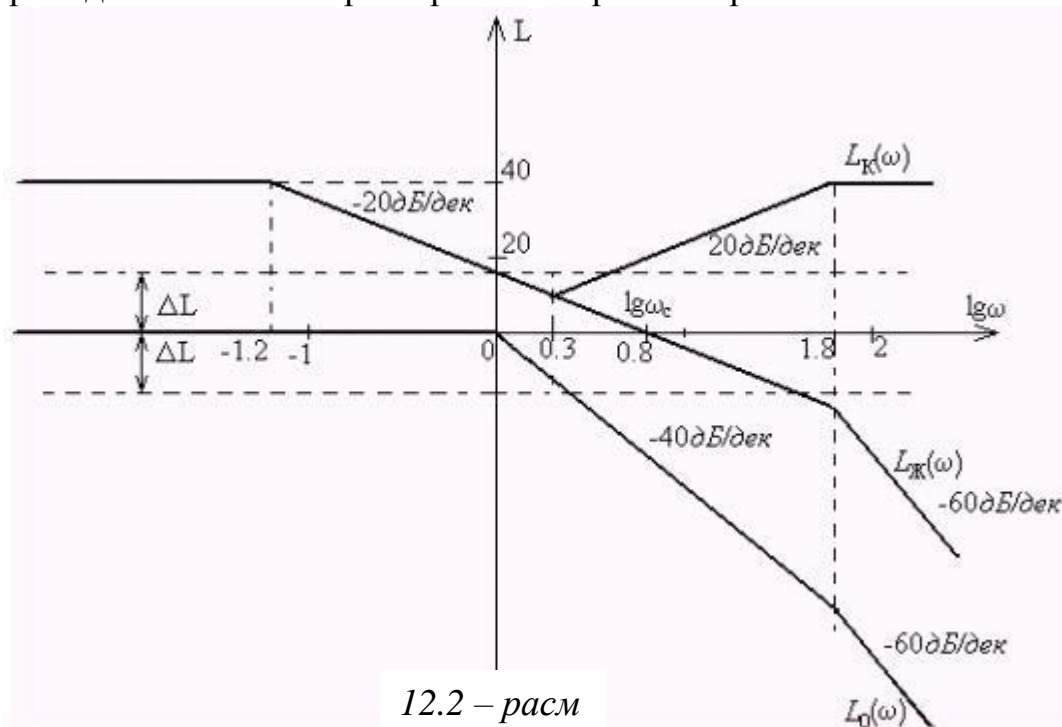
Исталган ЛАЧХ бундай қурилиши ростлагич тартибини камайишига имкон беради. Исталган ЛАЧХ дан корректирланмаган тизимнинг ЛАЧХ сини геометрик айриб, ростлагичнинг ЛАЧХ ни аниқлаймиз. Олинган характеристика орқали номаълум боғланган частотани аниқлаймиз ва ростлагичнинг узатиш функциясини ёзамиз: $\lg \omega_3 = -1.2$, $\omega_3 = 0.063$, $T_c = 15.85$,

$$W_{рез}(p) = \frac{100(T_2 p^2 + 2dT_2 p + 1)}{(T_3 p + 1)(T_1 p + 1)}$$

$d=0.8$ учун

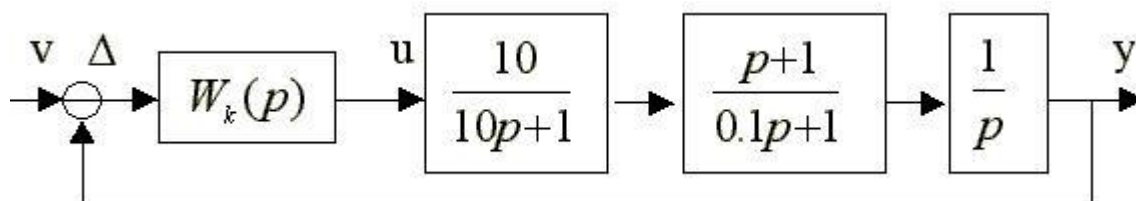
$$W_{рез}(p) = \frac{100(0.25 p^2 + 0.8 p + 1)}{(15.85 p + 1)(0.017 p + 1)}$$

12.2 –расмда тизимнинг характеристикалари келтирилган.



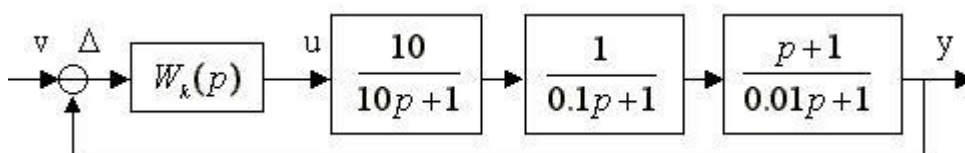
МАСАЛАЛАР

12.1. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 10\text{с}$, $\sigma\% = 30\%$, $\Delta^0 \leq 3\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

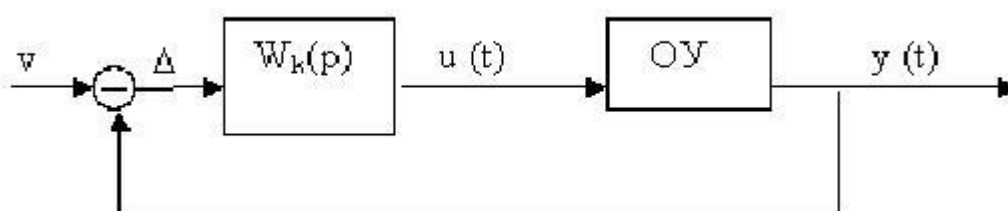
12.2. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 10\text{с}$, $\sigma\% = 30\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

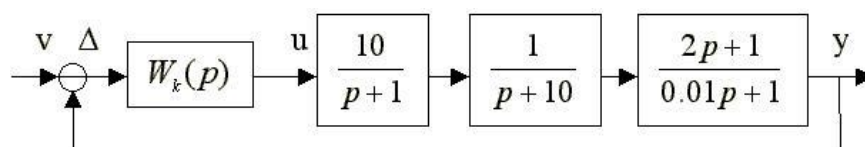
12.3. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

$$\Omega_o = 10 / [(10p + 1)(0,01p^2 + 0,1p + 1)]$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 10\text{с}$, $\sigma\% = 30\%$, $\Delta^0 \leq 5\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

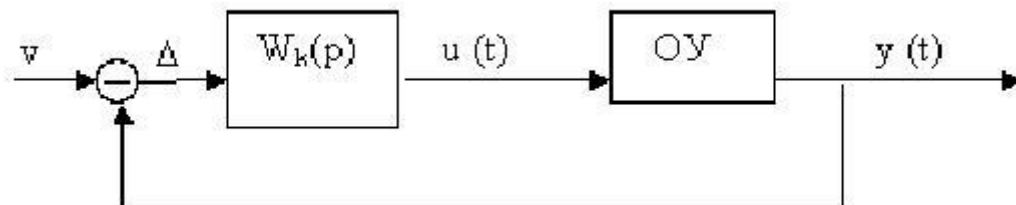
12.4. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:



Корректирловчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 10\text{с}$, $\sigma\% = 30\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

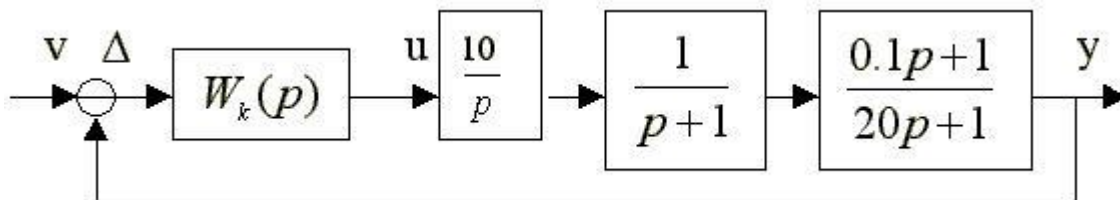
12.5. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

$$\Omega_o = [10(p + 1)]/[p(0,01p^2 + 0,1p + 1)]$$



Корректирловчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 3\text{с}$, $\sigma\% = 30\%$, $\delta_{mez} \leq 3\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

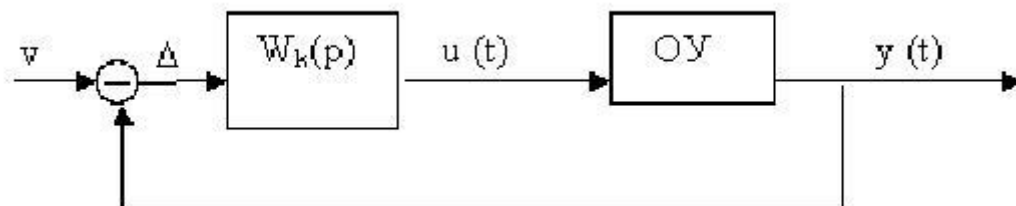
12.6. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:



Корректирловчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 3\text{с}$, $\sigma\% = 30\%$, $\delta_{mez} \leq 5\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

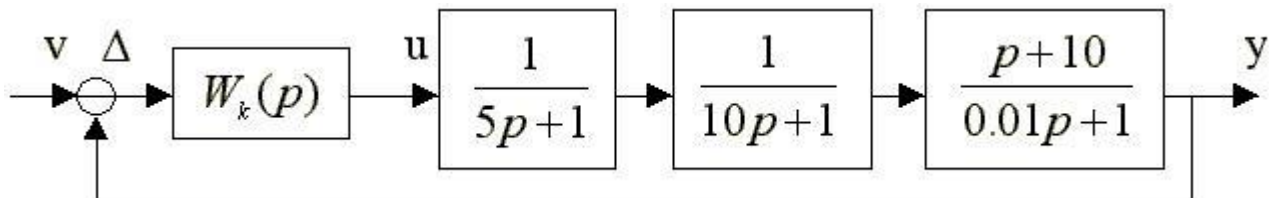
12.7. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

$$\Omega_o = 100/[(p + 10)(100p^2 + 10p + 1)]$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 3c$, $\sigma\% = 30\%$, $\Delta^0 \leq 5\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

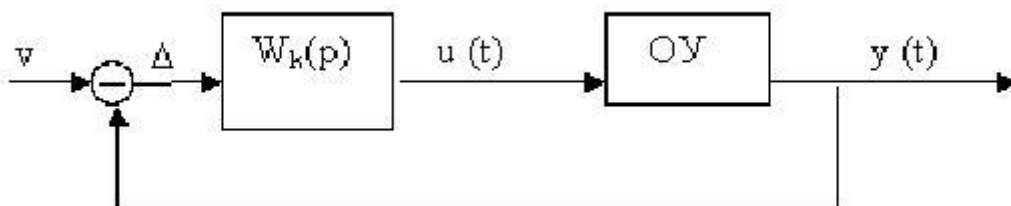
12.8. Тизимнинг структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 5c$, $\sigma\% = 30\%$, $\Delta^0 \leq 5\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

12.9. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

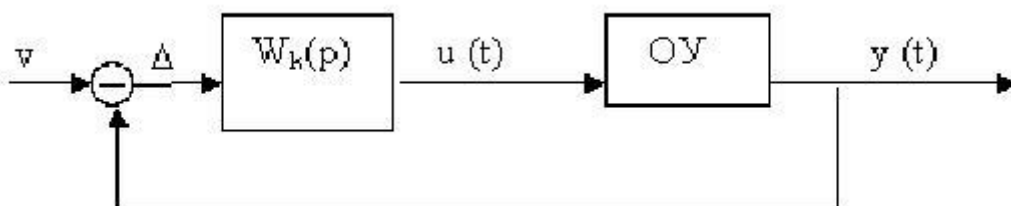
$$W_0(p) = \frac{10(p + 0,1)}{p(5p + 1)(0,1p + 1)},$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $t_n \leq 2c$, $\sigma\% = 30\%$, $\delta_{mez}^0 \leq 3\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

12.10. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

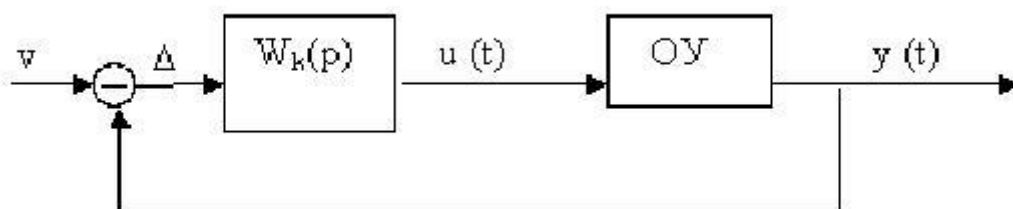
$$W(p) = \frac{10^4}{(1.7 \cdot p + 100)(0.25 \cdot p^2 + 0.425 \cdot p + 1)}$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\sigma \approx 30\%$; $t_n \approx 1,5$ с ; $\Delta^0 = 1\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

12.11. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

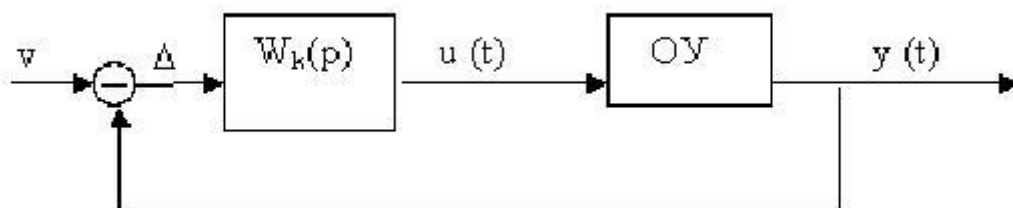
$$W_{xc}(p) = \frac{10}{p \cdot (p + 1)(0.1 \cdot p + 1)}$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\sigma \approx 30\%$; $t_n \leq 10$ с келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

12.12. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

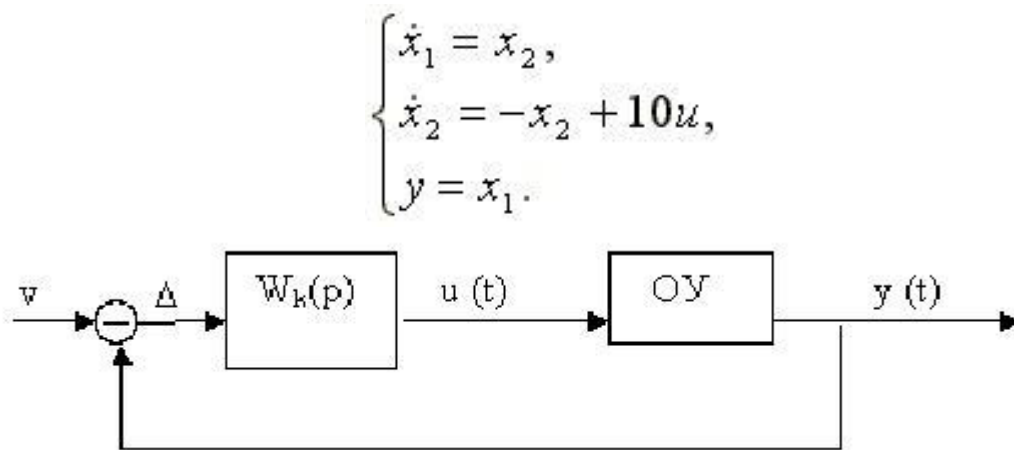
$$W_{xc}(p) = 50 / [(10 \cdot p + 1)(p + 1)(0.01 \cdot p + 1)]$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини частотавий усулда шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\sigma \approx 20\%$; $t_n \approx 2$ с ; $\Delta^0 = 5\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

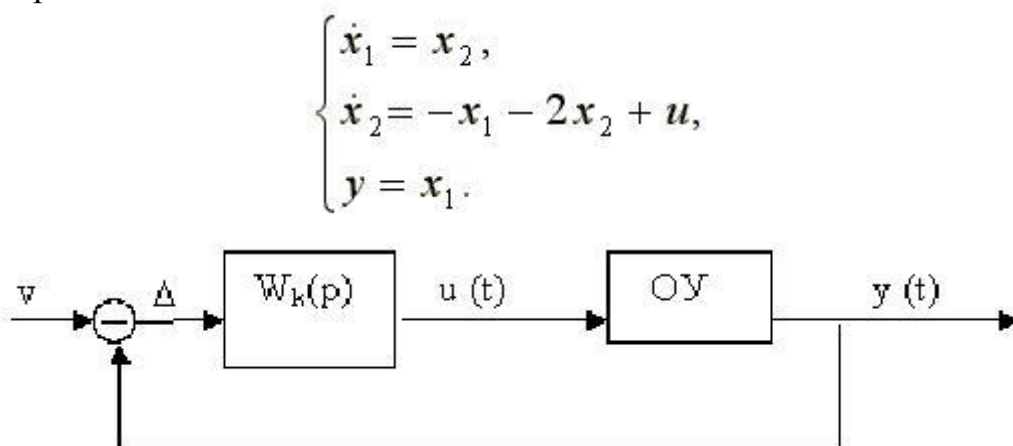
12.13. 12.12 – масалани $\Omega_o = 2 / [(0.1p + 1)(0.01p + 1)]$ га нисбатан ечинг.

12.14. Тизимнинг математик модели ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини синтез қилишнинг частотавий усулида шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\Delta(t=\infty) \leq 1\%$, $\sigma\% = 30\%$, $t_{\text{п}} \approx 10$ с келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

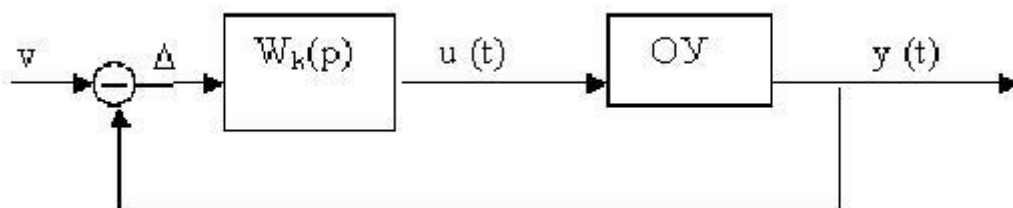
12.15. Тизимнинг математик модели ва структуравий схемаси куйидаги кўринишда берилган:



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини синтез қилишнинг частотавий усулида шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\Delta(t=\infty) \leq 1\%$, $\sigma\% = 30\%$, $t_{\text{п}} \approx 20$ с келтирилган шартларни қаноатлантирсин.

12.16. Тизимнинг математик модели ва структуравий схемаси куйидаги кўринишда берилган:

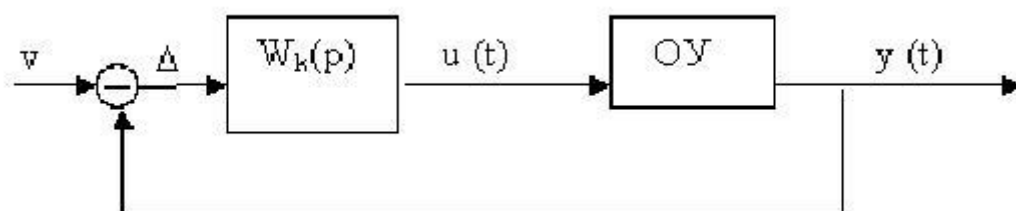
$$0.1y^{(2)} + y^{(1)} = 2u$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини синтез қилишнинг частотавий усулида шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\Delta(\omega) = 20 \text{ рад/сек} \approx 1\%$, $\sigma\% = 30\%$, $t_n \approx 4\text{с}$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин. Бу ерда $\Delta(\omega)$ - ω [с⁻¹] частотали гармоник сигналнинг нисбий хатолик катталиги.

12.17. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

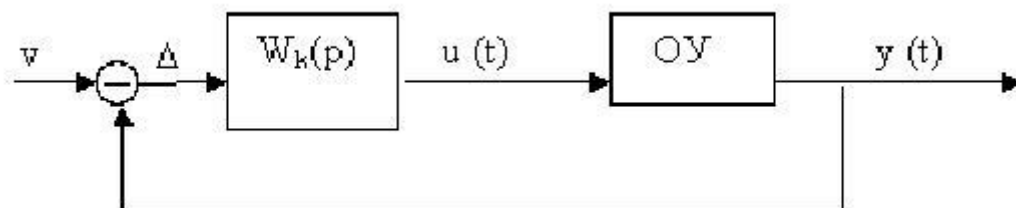
$$\Omega_o = 10/(0,1p^2 + 10,01p + 1)]$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини синтез қилишнинг частотавий усулида шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\Delta^0 \approx 1\%$, $t_n \approx 800 \text{ с}$, $\sigma \approx 20\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин. Бу ерда Δ^0 - мувозанат ҳолатидаги нисбий хатолик катталиги.

12.18. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

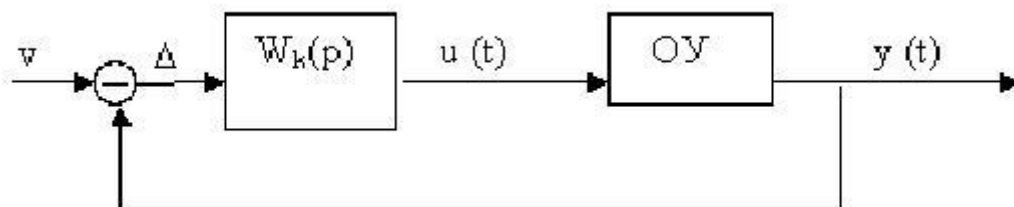
$$\Omega_o(p) = \Omega_o = 10/[(0,1p + 1)(0,01p + 1)(p + 1)]$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини синтез қилишнинг частотавий усулида шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\Delta^0 \approx 2\%$, $t_n \approx 100 \text{ с}$, $\sigma \approx 20\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин. Бу ерда Δ^0 - мувозанат ҳолатидаги нисбий хатолик катталиги.

12.19. Тизимнинг узатиш функцияси ва структуравий схемаси қуйидаги кўринишда берилган:

$$\Omega_o(p) = 0,1/(0,001p^3 + 0,11p^2 + p)$$



Корректировчи бўғиннинг кўрсаткичларини синтез қилишнинг частотавий усулида шундай ҳисоблансинки, ёпиқ тизимдаги ўтиш жараёнларнинг сифат кўрсаткичлари $\Delta^0_{\text{тез}} \approx 2\%$, $t_{\text{п}} \approx 100$ с, $\sigma \approx 20\%$ келтирилган шартларни қаноатлантирсин. Бу ерда Δ^0 - нисбий тезкор хатолик катталиги.

13 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

БОШҚАРИЛУВЧАНЛИКНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ

Мисол. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объект учун бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -3x_3 - 5x_2 - x_1 + u. \end{cases}$$

Ечилиши. Тизим (А) ва (В) матрицларнинг коэффициентларини аниқлаймиз

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -3 & -5 & -1 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -4 \end{bmatrix}$$

Тизимнинг тартиби 3 тенг, бошқарилувчанлик матрицаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Q = (B \ AB \ A^2B).$$

Матрицаларни ҳисоблаймиз

$$AB = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}; A^2B = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -4 \end{bmatrix}$$

бошқарилувчанлик матрицасини тузамиз

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -4 \end{bmatrix}$$

Шундай қилиб бошқариш объектининг $\det Q = -1$, следователно, объект упрвляем.

МАСАЛАЛАР

13.1 Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объект учун бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + 5x_2 + 2u. \end{cases}$$

13.2. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объект учун бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = 2x_1 - x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Объект учун узатиш функциясини ёзинг ва унинг ноли и полюсни аниқланг.

13.3. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объект учун бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - x_2 + u, \\ y = x_1 + 3x_2. \end{cases}$$

Объект учун узатиш функциясини ёзинг ва унинг ноли и полюсни аниқланг.

13.4. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объект учун бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_2 + x_3, \\ y = x_1 - x_3 + 2u. \end{cases}$$

13.5. Объектнинг модели узатиш функцияси кўринишида берилган:

$$W(p) = \frac{2p+1}{p^2+5p+6}.$$

Объект моделининг тенгламасини Коши шаклида ёзинг ва бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

13.6. Объектнинг модели узатиш функцияси кўринишида берилган:

$$W(p) = \frac{p+1}{p^2+3p+2}.$$

Объект моделининг тенгламасини Коши шаклида ёзинг ва бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

13.7. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объект учун бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -4x_1 - x_2 + 2u, \\ \dot{x}_2 = x_2 - 5x_3 - u, \\ \dot{x}_3 = -x_1 + x_3 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

13.8. Объектнинг модели узатиш функцияси кўринишида берилган:

$$W(p) = \frac{2}{p^3+4p^2+3p+5} = \frac{Y}{U}.$$

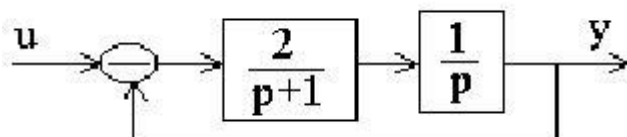
Бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

13.9. Объектнинг модели узатиш функцияси кўринишида берилган:

$$W(p) = \frac{2}{p^2+5p+1} = \frac{Y}{U}.$$

Бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

13.10. Объектнинг структуравий схемаси берилган:



Бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

13.11. Чизикли объектнинг модели қуйидаги матрицалар ABC кўринишида берилган:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}; C = [1 \ 0 \ 1]$$

Бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

13.12. Тизимнинг ҳолат тенгламалари берилган:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu, \\ y = Cx, \end{cases} \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, C = [1 \ 0].$$

Бошқарилувчанлик хусусиятларини текширинг.

14 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

СИНТЕЗ ҚИЛИШНИНГ МОДАЛ УСУЛИ

1 - мисол. Бошқариш объектнинг модели қуйидаги кўринишга эга:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = 2x_2 + x_1 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases} \quad (14.1)$$

Бошқариш қонунининг кўрсаткичларини ушбу шартларни $\sigma \% \leq 30\%$, $t_n \approx 10$ с бажарилишини таъминлаб, синтез қилишнинг модал усулининг матрицали процедураси асосида ҳисобланг.

Ечилиши. Иккинчи тартибли объект учун бошқариш қонуни қуйидаги кўринишга эга:

$$u = k_1 x_1 + k_2 x_2 + dv \quad (14.2)$$

Бу ерда k_1 , k_2 , d - қиймати аниқланиши лозим бўлган номаълум коэффицентлар (ростлагич кўрсаткичлари).

(14.2) ни (14.1) га қуйиб, ёпиқ тизимни ифодаловчи тенгламалар тизимни оламит:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = 2(1 + k_2)x_2 + (1 + 2k_1)x_1 + dv, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Тизимнинг матрица коэффициентлари

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1+2k_1 & 2(1+k_2) \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix} C = [1 \quad 0]$$

Тизимнинг характеристик полиномини аниқлаймиз:

$$\det(pI - A) = p^2 - 2p(1+k_2) - (1+2k_1).$$

k_1 ва k_2 номаълум коэффициентларни (14.3) тенгликдан аниқлаш мумкин.

$\sigma\%$ ва t_n ларнинг қийматлари асосида ёпиқ тизим илдизларининг қабул қилиш соҳаларини топамиз. Маълумки, тизимнинг тартиби иккига тенг, шунинг учун соҳадан иккита илдизни танлаб оламиз, масалан:

$$p_{1,2} = -0.4 \pm j.$$

Исталган полиномни топамиз:

$$C_{\text{ж}}(p) = (p - p_1)(p - p_2) = ((p + 0.4)^2 + 1) = p^2 + 0.8p + 1.16$$

14.3) ва (14.4) тенгламаларнинг полиномлари бир хил даражадаги p ларнинг коэффициентларини тенглаб,

$$k_2 = -0.6; k_1 = -0.08$$

эга бўламиз.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = v$$

Статиканинг шартидан номаълум коэффициент d ни топамиз:

$$d = (CA^{-1}B)^{-1} = 0.43$$

Ростлагичнинг тенгламаси қуйидагига тенг бўлади:

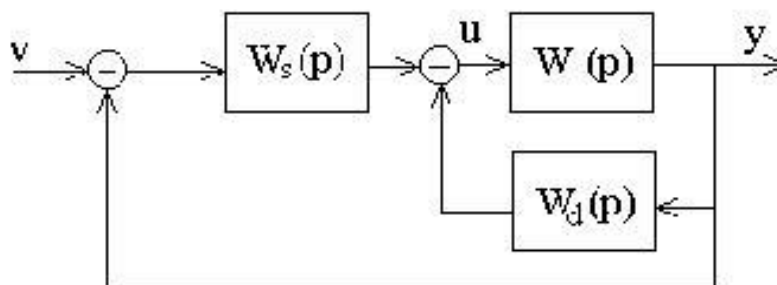
$$u = -0.08x_1 - 0.6x_2 + 0.43v$$

2 - мисол. Бошқариш объектининг модели қуйидаги кўринишга эга:

$$W(p) = \frac{5}{p^2 + 3p - 1}$$

Ростлагич кўрсаткичларини ушбу шартларни $t_n \leq 3c$; $\sigma\% = 0\%$, $\Delta_{\text{ст}}^0 = 0$ бажарилишини таъминлаб, синтез қилишнинг модал усулининг операторли процедураси асосида ҳисобланг.

Ечилиши. Ёпиқ тизимнинг ҳисоблаш структуравий схемаси



Бу ерда $\Omega_s = k/p$ – ростлагичнинг нолга тенг бўлган статистик хатоликни таъминлаб берувчи ташкил этувчиси; $\Omega_d(p) = (d_1p + d_0)/5$ – ростлагичнинг

динамик хусусиятларини таъминловчи ташкил этувчиси; (k, d_1, d_0) – номаълум коэффициентлар.

Ёпиқ тизимнинг характеристик тенгламаси

$$A(p) = p(p^2 + 3p - 1 + d_1p + d_0) + 5k = 0$$

ёки

$$A(p) = p^3 + (3 + d_1)p^2 + (d_0 - 1)p + 5k = 0.$$

Жараёнларнинг сифатига қўйилган талабни таъминловчи илдизларни тақсимланишини танлаб, 3-тартибли исталган характеристик тенгламани шакллантирамиз

$$\lambda_1 = -2; \lambda_2 = -2.5; \lambda_3 = -3.$$

Исталган характеристик тенгламани оламиз

$$C(p) = (p - \lambda_1)(p - \lambda_2)(p - \lambda_3) = 0$$

ёки

$$C(p) = p^3 + 7.5p^2 + 18.5p + 15 = 0.$$

Ҳисоблаш тенгламасини p операторнинг мос даражаларининг коэффициентларини тенглаб оламиз

$$3 + d_1 = 7.5, d_0 - 1 = 18.5, 5k = 15$$

Будан ростлагичнинг кўрсаткичларини топамиз

$$d_1 = 4.5; d_0 = 19.5; k = 3.$$

МАСАЛАЛАР

14.1. Ўтиш жараёнларнинг сифатига қўйилган талаб бўйича $t_n \leq 3c, \mu \leq 1.5$, 3-тартибли исталган характеристик тенгламасини ёзинг.

14.2. Ўтиш жараёнларнинг сифатига қўйилган талаб бўйича $t_n \leq 5c, \sigma \leq 20\%, n = 4$, исталган характеристик тенгламасини ёзинг.

14.3. 2-тартибли стабилизация тизимининг моделини қуйидаги келтирилган ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қаноатлантирган ҳолда тузинг:

$$\Delta_{cr} \% = 5\%, t_n = 6c, \sigma \% = 15\%, \lim_{t \rightarrow \infty} (v - y) \leq \Delta_{cr}, v = \text{const.}$$

14.4. Қуйида келтирилган ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини бўйича 4-тартибли исталган характеристик полиномни ёзинг:

$$\Delta_{cr} \% \leq 10\%, t_n \leq 3c, \sigma \% = 30\%.$$

14.5. Қуйида келтирилган ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини бўйича 3-тартибли исталган характеристик полиномни ёзинг:

$$\Delta_{\text{ст}} \% \approx 0\%, t_n \leq 10\text{с}, \sigma \% \leq 40\%.$$

14.6. Объектнинг модели (узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\Omega(p) = 2/(p-1) \\ t_n \leq 1\text{с}, \sigma = 0\%.$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.7. Объектнинг модели(узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$W(p) = 2/(p^3 + 4p^2 + p - 1) \\ t_n \leq 1\text{с}, \sigma = 30\%.$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.8. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases} \quad , t_n \leq 3\text{с}, \sigma = 30\%$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.9. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dot{x}_3 = -4x_1 - x_2 - x_3 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases} \quad , t_n \leq 3\text{с}, \sigma = 0\%.$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.10. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_2, \\ y = x_1 - x_2. \end{cases} \quad t_n \approx 10\text{с}, \leq \sigma 30\%$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.11. Объектнинг модели(узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$W_0(p) = [2(3p + 1)] / [(5p + 1)(p + 2)].$$

$$t_n \leq 10\text{с}, \sigma = 30\%, \Delta^0 = 2\% .$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.12. Объектнинг модели(узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$W_0(p) = 2 / [(3p + 1)(0,5p + 1)].$$

$$t_n \leq 3\text{с}, \sigma = 0\%, \Delta^0 = 2\%$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.13. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_2, \\ y = x_1. \end{cases} \quad , t_n \leq 3\text{с}, \sigma = 30\%, \Delta^0 = 0\%$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.14. Объектнинг модели(узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$W_0(p) = [5(2p + 1)] / (p^2 + 3p - 1),$$

$$t_n \leq 5\text{с}, \sigma = 0\%, \Delta^0 = 2\% \text{ от } v.$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.15. Объектнинг модели(дифференциал тенглама кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\dot{y} - y = 2u,$$

$$\Delta^0_{ст} = 0\%, t_n \leq 3с, \sigma = 30\%.$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг ва тизимнинг структуравий схемасини тасвирланг.

14.16. Объектнинг модели(узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\Omega(p) = 10/(4p^2 + 0.4p + 1).$$

$$\Delta(t = \infty) = 0, \sigma \leq 30\%, t_{nn} \approx 1 с$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.17. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = 2x_1 + x_2 + 10u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

$$, \Delta(t = \infty) = 0, \sigma \leq 30\%, t_{nn} \approx 1 с$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.18. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + 2x_2 + 2u + f, \\ y = x_1. \end{cases}$$

$$\sigma \leq 30\%, t_{nn} \approx 1с, \Delta^0=0 \text{ бунда } f \in [-5;5]$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

14.19. Объектнинг модели(дифференциал тенгламалар тизими кўринишида) ва тизимнинг характеристик тенгласининг исталган илдизлари қуйида келтирилган:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -0.25x_1 - 0.1x_2 + 0.025u, \\ y = x_1, \end{cases}$$

$$p_{1,2} = -2 \pm j, p_3 = -1 \text{ при } \Delta = 0 \%$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг ва тизимнинг структуравий схемасини тасвирланг.

14.20. Объектнинг модели(узатиш функцияси кўринишида) ва ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларини қуйида келтирилган:

$$W_0(p) = \frac{2(p-1)}{(2p-1)(p+2)},$$

$$t_n \approx 3 \text{ сек}, \sigma \approx 30\%, \bar{\Delta}^0 \approx 0.02.$$

Синтез қилишнинг модал усули ёрдамида ростлагич кўрсаткичларини ҳисобланг.

15 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

КУЗАТУВЧАНЛИКНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ. ХОЛАТ КУЗАТУВЧИЛАРИ

1–мисол. Модал усулининг оператор процедурасини қўллаган ҳолда қуйида дифференциал тенгламалар тизими орқали ифодаланган объектнинг кузатиш ҳолатини ҳисобланг.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 - 3x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_1 + x_2 + u, \\ y = 2x_1 + x_2. \end{cases}$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари $t_n \approx 1 \text{ с}, \sigma = 30\%$.

Ечилиши. Объект матрица коэффициентларини аниқлаймиз

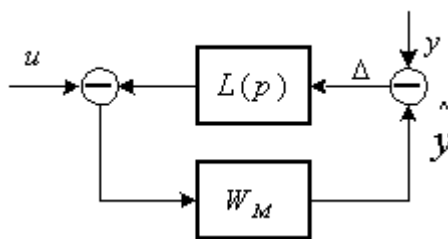
$$A = \begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, C = [2 \quad 1],$$

Узатиш функцияси

$$W_o(p) = C(pI - A)^{-1} B, \quad I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad W_o(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{3p - 8}{p^2 - 2p + 4}.$$

Холат кузатувчиси сифатида 15.1-расмда келтирилган объект модели ва динамик бўғин кўринишидаги коррективловчи қурилма иборат филтрани $\Omega_M(p) = \Omega_o(p)$ танлаймиз:

$$L(p) = k \frac{\tau_1 p + 1}{\tau_2 p + 1}.$$



15.1 - расм.

Кузатувчининг характеристик тенгламаси

$$N(p) = A(p) + B(p)L(p) = 0$$

ёки

$$p^3 + p^2 \left(\frac{1}{\tau_2} - 2 + 3 \frac{k\tau_1}{\tau_2} \right) + p \left(4 - \frac{2}{\tau_2} + \frac{3k}{\tau_2} - \frac{8k\tau_1}{\tau_2} \right) + \frac{4 - 8k}{\tau_2} = 0.$$

кўринишга эга.

Ўтиш жараёнининг сифат кўрсаткичларига қўйилган талабларга асосан характеристик тенгламанинг илдизлари қабул қилиш соҳасини аниқлаб, учта илдизни танлаб оламиз:

$$p_{1,2} = -30 + j78, \quad p_3 = -30,$$

Кузатувчининг исталган характеристик полиномини ёзамиз:

$$N_{ож}(p) = p^3 + 90p^2 + 8784p + 209520.$$

$N(p) = N_{ож}(p)$ тенгликдан ўтиш функциясининг номаълум коэффициентларини топамиз $L(p), (k, \tau_1, \tau_2)$.

2-мисол. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -5x_1 - 2x_2 + 10u, \\ y = x_1 - 3x_2. \end{cases}$$

Берилган объектнинг узатиш функциясини ноллари ва полюсини ҳисобланг.

Ечилиши. Объект матрица коэффициентларини аниқлаймиз

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -5 & -2 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \end{bmatrix}, C = [1 \quad -3].$$

Кузатувчанлик матричасини тузамиз

$$N = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 15 & 7 \end{bmatrix}.$$

Тизим бир каналлик, ҳамда $\det N \neq 0$, шунинг учун кучатувчанлик хоссалари бажарилади.

Тизимнинг узатиш функциясини ёзамиз

$$W(p) = \frac{y(p)}{u(p)} = \frac{10(1-3p)}{p^2 + 2p + 5}.$$

Узатиш функциясини полюсини $p^2 + 2p + 5 = 0$ характеристик тенглама орқали аниқлаймиз, бунда $p_{1,2} = -2 \pm j$. Полюсни $1-3p=0$ муносабат бўйича аниқлаймиз. Тизимнинг узатиш функцияси битта нолга эга $z_1=1/3$.

МАСАЛАЛАР

15.1. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1 + 4u, \\ \dot{x}_2 = -9x_2 + 0.2u. \end{cases}$$

15.2. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1, \\ \dot{x}_2 = -2x_1 - 0.5x_2 + 0.9u, \\ y = 3x_1 + x_2. \end{cases}$$

15.3. Объектнинг $\dot{x} = Ax + Bu, y = Cx$, кузатувчанлик хоссаларини текширинг бу ерда

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -0.7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1.3 & 0 & 1.3 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.7 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, C = [-2.1 \quad 0 \quad 2.1 \quad 0].$$

15.4 Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + 2x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Берилган объектнинг узатиш функциясини ноллари ва полюсини ҳисобланг.

15.5. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + 2x_2 + 4u, \\ y = x_1 + x_2. \end{cases}$$

Берилган объектнинг узатиш функциясини ноллари ва полюсини ҳисобланг.

15.6. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - x_2 + u, \\ y = x_1 + 3x_2. \end{cases}$$

Берилган объектнинг узатиш функциясини ноллари ва полюсини ҳисобланг.

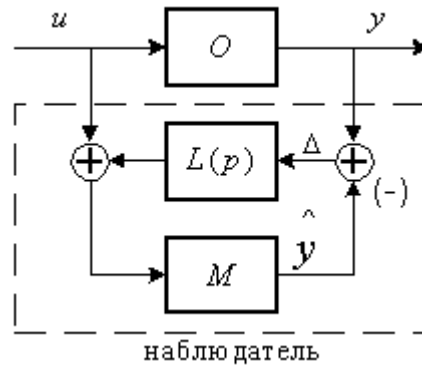
15.7. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини матрицали процедура асосида ҳисобланг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2 + 2u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари: $t_n \approx 3c$, $\sigma = 0\%$. Холат кузатувчисининг структуравий схемсини тасвирланг.

15.8. Қуйида келтирилган объект билан кузатувчининг боғлаш схемаси орқали кузатувчининг узатиш функцияси ва характеристик тенгламасини ёзинг. Бу ерда O - объект, M - модел, $L(p)$ - динамик бўғин.

$$W_O(p) = W_M(p) = \frac{B(p)}{A(p)}.$$



15.9. Объектнинг узатиш функцияси

$$W_O(p) = \frac{0.2}{p^2 + 2p - 1}$$

кўринишга эга.

Кузатувчининг турғунлиги шартидан $K_L = L(p)$ қийматини аниқланг.

15.10. Объектнинг узатиш функцияси

$$W_O(p) = \frac{0.5p + 0.1}{p^2 + 5.1p + 0.5}$$

кўринишга эга.

Корректирловчи бўғиннинг

$$L(p) = K_I \cdot \frac{T_{I1}p + 1}{T_{I2}p + 1}$$

кўрсаткичларини қуйида келтирилган кузатувчида ўтадиган жараёнларнинг исталган сифат кўрсаткичларига қўйилган талабларга асосида аниқланг:

$$t_{\text{нх}} \approx 0.3\text{с}, \sigma \leq 18\%, \Delta_{\text{см}}^0 \% \leq 5\%$$

Кузатувчининг структуравий схемсини тасвирланг.

15.12. Объектнинг узатиш функцияси

$$W_O(p) = \frac{0.8p^2 + 0.4p + 1}{5p^2 + 4.4p - 2}$$

кўринишга эга.

Кузатувчининг корректирловчи бўғинининг структурасини ва кўрсаткичларини қуйида келтирилган кузатувчининг чиқишидаги жараёнларнинг исталган сифат кўрсаткичларига қўйилган талабларга асосида аниқланг:

$$t_{\text{нх}} \leq 0.1\text{с}, \sigma \leq 30\%, \Delta_{\text{см}}^0 \% \leq 10\%$$

15.13. Қуйида модели дифференциал тенгламалар тизими кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини текширинг:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + 3x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2 + u, \\ y = 2x_1 + x_2. \end{cases}$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари: $t_n \approx 1c$, $\sigma = 30\%$. Холат кузатувчисининг структуравий схемсини тасвирланг.

15.14. Қуйида модели узатиш функцияси кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини матрицали процедура асосида ҳисобланг:

$$W(p) = \frac{2(p+1)}{8p^2 + 6p + 1}.$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари: $t_n \approx 0.3c$, $\sigma = 0\%$. Холат кузатувчисининг структуравий схемсини тасвирланг.

15.15. Қуйида модели узатиш функцияси кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини матрицали процедура асосида ҳисобланг:

$$W(p) = \frac{2p+1}{p^2-1}.$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари: $t_n \approx 3c$, $\sigma = 30\%$. Холат кузатувчисининг структуравий схемсини тасвирланг.

15.16. Қуйида модели узатиш функцияси кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини операторли процедура асосида ҳисобланг:

$$W(p) = \frac{5}{p^3 + p^2 - p + 1}.$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари: $t_n \approx 1c$, $\sigma = 0\%$. Холат кузатувчисининг структуравий схемсини тасвирланг.

15.17. Қуйида модели узатиш функцияси кўринишида берилган объектнинг кузатувчанлик хоссаларини ҳисобланг:

$$W(p) = \frac{p-1}{p^2 + p + 1}.$$

Кузатиш хатолиги учун ўтиш жараёнининг талаб қилинган сифат кўрсаткичлари: $t_n \approx 0.2c$, $\sigma = 30\%$. Холат кузатувчисининг структуравий схемсини тасвирланг.

16 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

СИНТЕЗ ҚИЛИШНИНГ МОДАЛ УСУЛИ. РОСТЛАГИЧЛАРНИ РЕАЛИЗАЦИЯ ҚИЛИШ.

1-мисол. Объект модели ва тизимнинг исталган характеристик тенгламаси илдизларининг қийматлари маълум:

$$W_0(p) = \frac{0.2}{p^2 + 2p - 1}, p_1 = 1, p_{2,3} = -2 \pm j2$$

Модал усулида ростлагичнинг кўрсаткичларини нол статистик хатолик билан аниқланг.

Корректирловчи бўғинли

$$L(p) = \frac{K_L (T_{1L} + 1)}{T_{2L} p + 1}$$

ва полюсли $p_{1,2} = -20 \pm j10, p_3 = -30$. кузатувчини хисобланг.

Ечилиши. Нулевая статическая ошибка системы будет обеспечена, если выбрать корректоры статики $\Omega_s(p)$ и динамики $\Omega_d(p)$ в виде

$$W_s(p) = \frac{k_s}{p}, W_d(p) = \frac{D(p)}{B(p)},$$

где k_s - коэффициент передачи, $B(p)$ - полином числителя передаточной функции объекта управления (в примере $B(p)=0.2$), $D(p)$ - полином степени $(n - 1)$, n – порядок объекта, $D(p)=d_1p+d_0$

Структурная схема замкнутой системы приведена на рис.16.1.

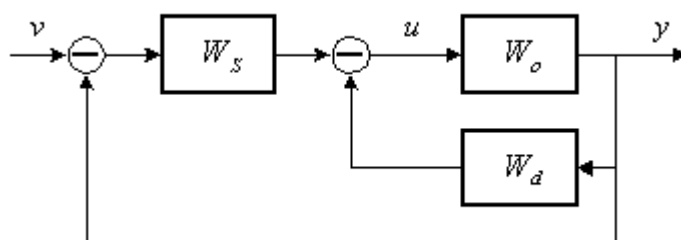


Рис.16.1.

Определим неизвестные коэффициенты корректирующих звеньев: k_s, d_1, d_0 . По структурной схеме запишем характеристический полином замкнутой системы:

$$p(A(p) + D(p)) + k_s B(p) = p^3 + (2 + d_1)p^2 + (d_0 - 1)p + 0.2k_s.$$

По известным корням найдем желаемый полином замкнутой системы:

$$(p + 1)(p^2 + 4p + 8) = p^3 + 5p^2 + 12p + 8.$$

Приравнявая коэффициенты при соответствующих степенях p , получим систему из трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} 2 + d_1 = 5, \\ d_0 - 1 = 12, \\ 0.2k_s = 4. \end{cases}$$

Решение системы: $d_1=3, d_0=13, k_s=20$.

Корректирующие звенья с найденными значениями коэффициентов имеют передаточные функции вида:

$$W_S(p) = \frac{20}{p}, \quad W_d(p) = 15p + 65.$$

Корректор динамики является форсирующим звеном. Одним из способов реализации корректора динамики является введение наблюдателя состояния в виде параллельной модели ($\Omega_M(p)$) с корректирующим звеном ($L(p)$) (рис.16.2)

$$W_M(p) = W_0(p), \quad L(p) = k_L \frac{T_{1L}p + 1}{T_{2L}p + 1}.$$

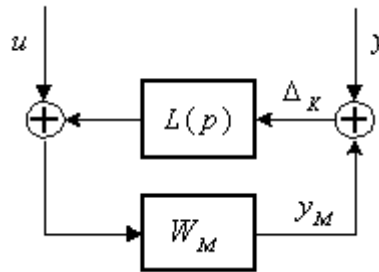


Рис.16.2.

Для расчета коэффициентов k_L, T_{1L}, T_{2L} используем модальный метод. Характеристические уравнения наблюдателя действительное и желаемое

$$A(p) + L(p)B(p) = 0$$

или

$$p^3 + \frac{(2T_{2L} + 1)}{T_{2L}} p^2 + \frac{(-T_{2L} + 2 + 0.2k_L T_{1L})}{T_{2L}} p - \frac{1 - 0.2k_L}{T_{2L}} = 0,$$

$$(p + 30)((p + 20)^2 + 100) = p^3 + 70p^2 + 1700p + 15000.$$

Составим систему уравнений и найдем неизвестные коэффициенты $L(p)$

$$\begin{cases} \frac{2T_{2L} + 1}{T_{2L}} = 70, \\ \frac{-T_{2L} + 2 + 0.2k_L T_{1L}}{T_{2L}} = 1700, \\ \frac{0.2k_L - 1}{T_{2L}} = 15000, \end{cases}$$

$$T_{1L} = 0.1, \quad T_{2L} = 0.015, \quad k_L = 1108.$$

Отметим, что использование наблюдателя для реализации корректора динамики имеет смысл, когда $\deg D(p) - \deg B(p) \geq 2$.

Задачи

16.1. Известна модель объекта

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -0.25x_1 - 0.1x_2 + 0.025u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Задано требование $\Delta^0 = 0\%$ и значения желаемых корней

характеристического уравнения системы при $p_{1,2} = -2 \pm j$, $p_3 = -1$. Рассчитать параметры регулятора, изобразить структурную схему. Для реализации корректора динамики использовать параллельную модель объекта. Учесть, что

$$\Delta^0 = \lim_{t \rightarrow \infty} \{v - y(t)\}.$$

для измерения доступен только выход y ,

16.2. Известна модель объекта

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -0.6x_1 - 0.2x_2 + 0.25u, \\ y = 2x_1. \end{cases}$$

Заданы желаемые показатели качества процессов в системе

$$\Delta^0 = 5\%, t_n \leq 0.5c, \sigma \leq 10\%.$$

Требуется:

- 1) определить показатели качества переходного процесса собственно объекта управления и сравнить их с желаемыми показателями;
- 2) рассчитать параметры регулятора, уравнение которого имеет вид:
 $u = k_1x_1 + k_2x_2 + kv$;
- 3) изобразить структурную схему системы управления с параллельной моделью.

16.3. Известна модель объекта $\ddot{y} + 0.2\dot{y} + 4y = 2\dot{u} - u$, заданы желаемые показатели качества переходных процессов в системе

$$\Delta^0 = 2\%, t_n \leq 0.5c, \sigma \leq 10\%.$$

Рассчитать параметры регулятора $u = k_1y + k_2\dot{y} + dv$, определить параметры наблюдателя, изобразить структурную схему системы управления.

$$W_0(p) = \frac{0.2}{p^2 + 2p - 1},$$

16.4. Известна модель объекта

желаемых корней характеристического уравнения системы $p_1 = 1; p_{2,3} = -2 \pm j2$.

Определить параметры регулятора модальным методом для системы с нулевой статической ошибкой. Рассчитать наблюдатель с корректирующим динамическим

$$L(p) = \frac{K_L(T_{1L}p + 1)}{T_{2L}p + 1},$$

звеном задавая следующие корни характеристического

уравнения наблюдателя: $p_{1,2} = -20 \pm j10, p_3 = -30$ Изобразить структурную схему системы уравнения.

16.5. Выполнить расчет регулятора, используя матричную процедуру модального метода синтеза для объекта, модель которого имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 - x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = x_1 + x_2 + u, \\ y = x_1 + 2x_2. \end{cases}$$

Измерению доступен только выход объекта управления. Обеспечить следующие требования к показателям качества переходных процессов в замкнутой системе:

$$\Delta^0 \approx 5\%, t_n \approx 6c, \sigma \approx 30\%.$$

Получить структурную схему регулятора.

16.6. Выполнить расчет регулятора, используя матричную процедуру модального метода синтеза для объекта, модель которого имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_2 + 3u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

Измерению доступен только выход объекта управления. Обеспечить следующие требования к показателям качества переходных процессов в замкнутой системе:

$$\Delta^0 \approx 1\%, t_n \approx 3c, \sigma \approx 0\%.$$

Получить структурную схему регулятора.

16.7. Выполнить расчет регулятора, используя матричную процедуру модального метода синтеза для объекта, модель которого имеет вид:

$$W(p) = \frac{3p + 1}{2p^2 - p + 1}.$$

Измерению доступен только выход объекта управления. Обеспечить следующие требования к показателям качества переходных процессов в замкнутой системе:

$$\Delta^0 \approx 5\%, t_n \approx 1c, \sigma \approx 30\%.$$

Получить структурную схему регулятора.

16.8. Выполнить расчет регулятора, используя операторную процедуру модального метода синтеза для объекта, модель которого имеет вид:

$$W(p) = \frac{2}{3p^2 + p - 1}.$$

Измерению доступен только выход объекта управления. Обеспечить следующие показатели качества переходных процессов в замкнутой системе:

$$\Delta^0 \approx 0\%, t_n \approx 2c, \sigma \approx 10\%.$$

Получить структурную схему регулятора.

16.9. На основе модального метода синтеза выполнить расчет регулятора для объекта, модель которого имеет вид:

$$W(p) = \frac{2p - 1}{3p^2 - 2p + 1}.$$

Измерению доступен только выход объекта управления. Обеспечить следующие показатели качества переходных процессов в замкнутой системе:

$$t_n \approx 3c, \sigma \approx 30\%.$$

Получить структурную схему регулятора.

16.10. Рассчитать параметры регулятора и наблюдателя состояний для объекта, поведение которого описывается передаточной функцией вида:

$$W_0(p) = \frac{5(3p + 1)}{(p + 1)(p - 2)}.$$

Качество переходных процессов в замкнутой системе должно соответствовать следующим оценкам: $t_n \leq 10c$, $\sigma\% = 30\%$, $\Delta^0 \leq 2\%$ от v .
Изобразить структурную схему системы.

16.11. Рассчитать параметры регулятора и наблюдателя состояний для объекта, поведение которого описывается передаточной функцией вида:

$$W_0(p) = \frac{10}{(2p + 1)(5p + 1)}.$$

Качество переходных процессов в замкнутой системе должно соответствовать следующим оценкам: $t_n \leq 12c$, $\sigma\% = 30\%$, $\Delta^0 \leq 5\%$ от v .
Изобразить структурную схему систем

1. Бошқариш тизимларининг математик ифодалари. Дифференциал тенгламалар. Фазовий ҳолатлар.
2. Узатиш функциялари
3. Частотавий характеристикалар
4. Структуравий усул
5. Чизиқли тизимларини турғунлиги
6. Турғунлик соҳалари ва захиралари
7. Ўрнатилган режимни таҳлил қилиш
8. Ўтиш жараёнларини илдиз усулида таҳлил қилиш
9. Ўтиш жараёнларини частотавий усулда таҳлил қилиш
10. Асимптотик логорфмик амплитудавий частотавий характеристика (ЛАЧХ)
11. Исталган ЛАЧХ куриш
12. Синтез қилишнинг частотавий усулида корректирловчи бўғинни ҳисоблаш
13. Бошқарилувчанликни таҳлил қилиш
14. Синтез қилишнинг модал усули
15. Кузатувчанликни таҳлил қилиш. Ҳолат кузатувчилари
16. Синтез қилишнинг модал усули. Ростлагичларни реализация қилиш.