



**Дәріс 8. Басқару
жүйелерінің типтік
реттегіштеріне мысалдар.
П, ПИ және ПД-
реттегіштер.**

PhD, Калиева Н.Б.

Реттегіш синтезі

Пропорционалды реттегіш (П-реттегіш)

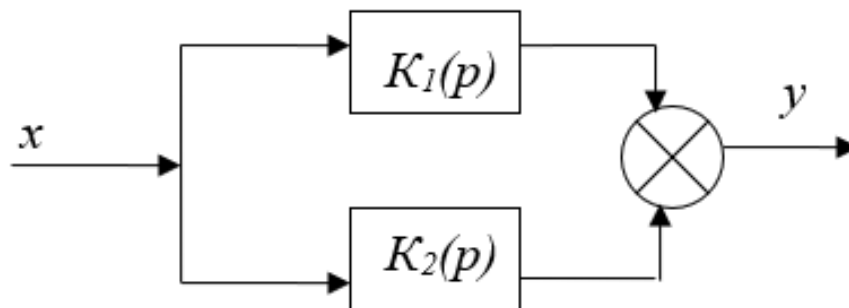
Беріліс функциясы:

$$W(p) = k.$$

Бұл реттегіш үлкен статикалық қателікке ие. Сол себепті ол, басқару дәлдігіне жоғары талап қойылмайтын жүйелерге ғана қолданылады. Бірақ П-реттегіштің бір ерекшелігі аз уақыт аралығында реттеуді жүзеге асырады.

Пропорционалды-интегралдаушы реттегіш (ПИ-реттегіш)

ПИ-реттегішті күшейткіш және интегралдаушы буындарды параллель қосу арқылы алады:



Беріліс функциясы:

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

Мұндағы k – реттегіштің коэффициенті, T – реттеу уақыты.

k және T параметрлерін өзгерте отырып, реттегішті қажетімізге сай түрлендіруге болады: мысалы, кіріс параметрінің шамасын арттыру не кеміту арқылы шығыс параметрінің шамасын өзгертуге болады.

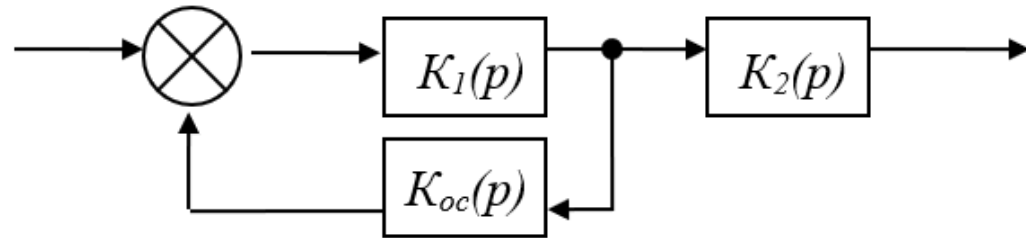
Жиіліктік сипаттамалар:

$$W(j\omega) = k - \frac{1}{T\omega}, \quad A(\omega) = \frac{1}{T\omega} \sqrt{1 + k^2 T^2 \omega^2}, \quad \phi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{1}{kT\omega}.$$

ПИ-реттегіштің ***өтпелі функциясы*** сызықты тәуелділікпен сипатталады

$$h(t) = k + \frac{1}{T} t.$$

ПИ-реттегішті алудың балама әдісі: күшейткіш буынға инерциялық буынды кері байланыспен қосып, оған интегралдаушы буынды тізбектей жалғаймыз.



$$K_1(p) = k_1, K_{oc}(p) = \frac{k_3}{T_3 p + 1}, K_2(p) = \frac{1}{T_2 p}.$$

$K \gg 1$ болса, реттегіштің *беріліс функциясы*:

$$W(p) = \frac{k_1}{\left(1 + k_1 \frac{k_3}{T_3 p + 1}\right)} = \frac{T_3}{k_3 T_2} + \frac{1}{k_3 T_2 p}$$

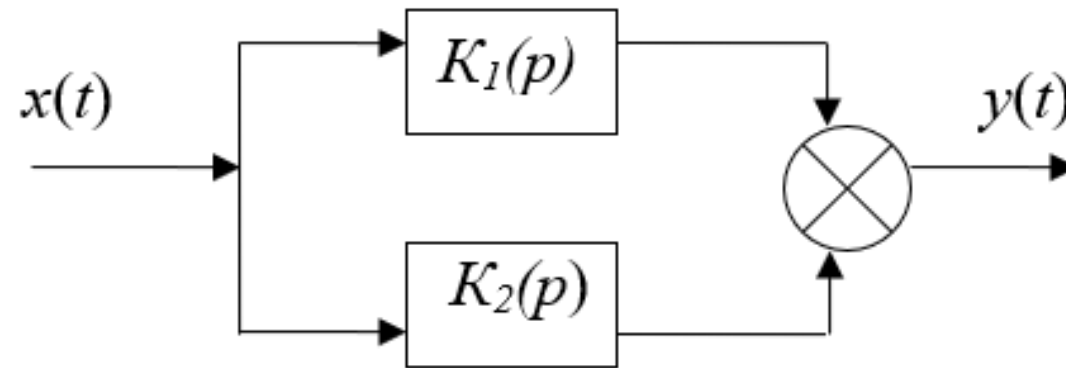
$T_3 / k_3 T_2 = k$, $k_3 T_2 = T$ болсын, онда:

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

Көріп тұрғанымыздай беріліс функциясының түрі өзгермеді, тек күйге келтірілетін тиіс параметрлер саны көбейді k_3 , T_3 , T_2 . k_1 параметрі реттелуге әсер етпейді.

Прапорционалды-дифференциалдаушы реттегіш (ПД-реттегіш)

Күшейткіш және идеалды-дифференциалданатын буындардың параллель жалғау арқылы прапорционалды-дифференциалдаушы реттегішті аламыз.

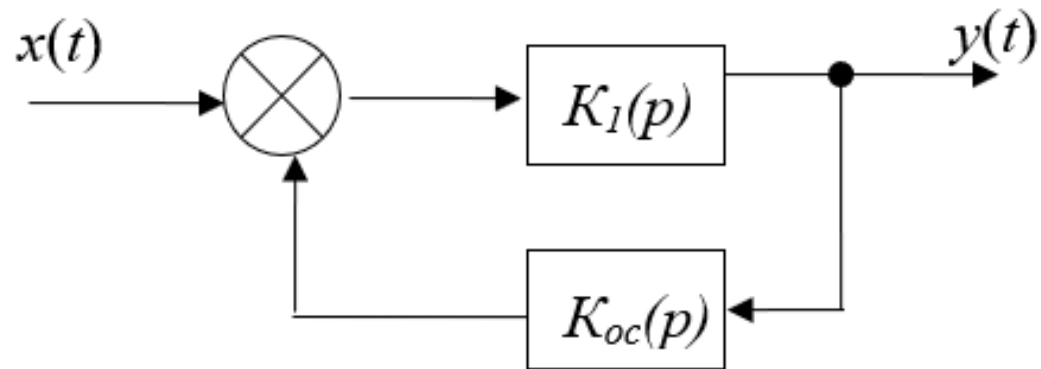


k –реттегіш коэффициенті, T –дифференциалдау уақыты. k және T параметрлерін өлшей отырып, реттегішті қажетінше түзетуге болады: яғни шығыс параметрдің $y(t)$ шамасын өзгерту үшін, кіріс $x(t)$ әсерді күшейтуге немесе кемітуге болады.

ПД-реттегіштің *беріліс функциясы*:

$$W(p) = k + Tp.$$

Практикада идеал дифференциалдаушы реттегішті жүзеге асыру мүмкін емес. Сондықтан ПД-реттегішке эквивалентті сызба құрылып, онда үлкен күшейткіш коэффициентке ие күшейткіш буынға, инерциалық буын арқылы кері байланыс жасалады.



Сызбада $K_1(p) = k_1$, $K_{oc}(p) = k_2 / (T_2 p + 1)$.

$k_1 \gg 1$ болса, реттегіштің *беріліс функциясы*:

$$W(p) = \frac{k_1}{1 + k_1 \frac{k_2}{T_2 p + 1}} = \frac{1}{k_2} + \frac{T_2}{k_2} p$$

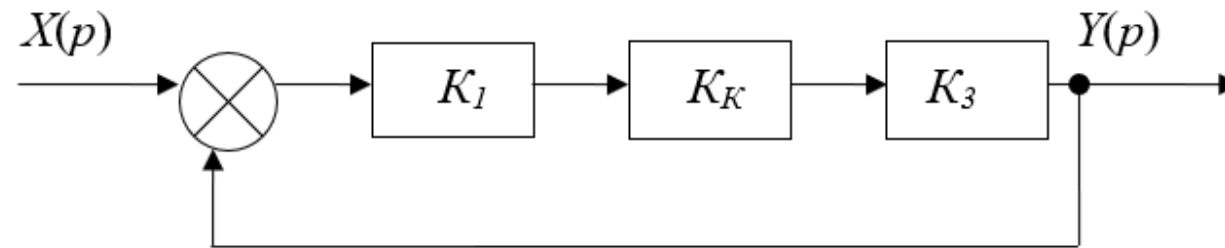
$k = 1/k_2$, $T = T/k_2$ жаңа айнымалыларын енгіземіз:

$$W(p) = k + Tp.$$

Демек, дифференциалдаушы буыны жоқ сызба, ПД –реттегіш сияқты жұмыс атқарады.

Жүйені коррекциялау

Тізбектей коррекциялау



Тізбектей қосылған буындардан тұратын тұйық жүйе үшін беріліс функциясын алу керек болсын. Ол үшін $K_1(p)$ және $K_3(p)$ буындары арасына түзетуші $K_K(p)$ буыны қосылады. Онда оның беріліс функциясын табу керек болады.

Берілген тұйық жүйенің беріліс функциясы тұйық емес жүйенің беріліс функциясымен өрнектеледі:

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

Тұйық емес жүйенің беріліс функциясының ішінде түзетуші буынның беріліс функциясы бар:

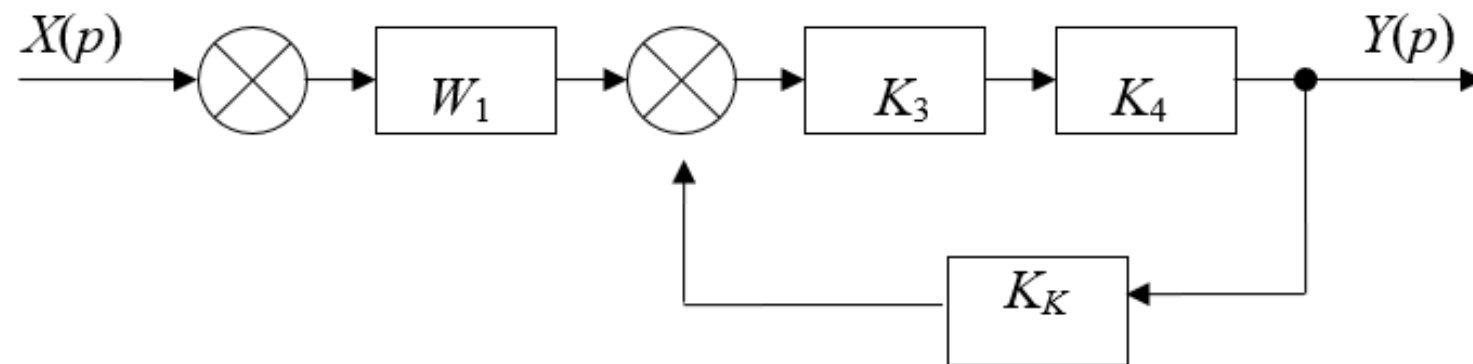
$$W(p) = K_1(p)K_K(p)K_3(p).$$

$K_1(p)$ и $K_3(p)$ беріліс функциялары белгілі. $K_1(p)$, $K_K(p)$, $K_3(p)$ -лар арқылы $\overline{W}(p)$ -ны жазып, одан $K_K(p)$ -ны тапсақ:

$$K_K(p) = \frac{\overline{W}(p)}{K_1(p)K_3(p)(1-\overline{W}(p))}.$$

Керек өрнек теориялық түрғыдан анықталды. Осыдан кейін беріліс функциясы $K_K(p)$ тең түзеткіш құрылғының іс жүзінде қолдану мәселесі шешіледі.

Параллель коррекция лау



Тұйық емес жүйенің *беріліс функциясын* анықтаймыз:

$$W_2(p) = K_3(p)K_4(p), \overline{W}_3(p) = \frac{W_2(p)}{1+W_2(p)K_K(p)}, \overline{W}_4(p) = W_1(p)\overline{W(p)}.$$

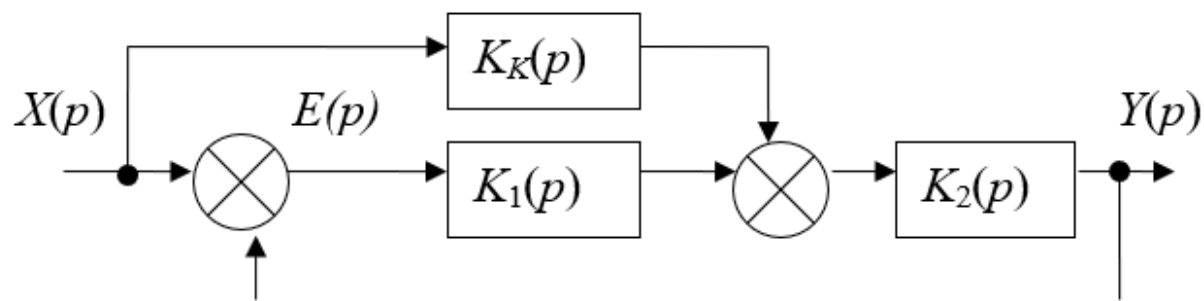
Тұйық жүйенің *беріліс функциясын* табамыз:

$$\overline{W}(p) = \frac{W_4(p)}{1+W_4(p)}.$$

Енді бізге белгілі беріліс функциялары арқылы *түзеткіш құрылғының беріліс функциясы* табылады:

$$K_K(p) = \frac{W_1(p)W_2(p) - (W_1(p)W_2(p) + 1)\overline{W(p)}}{W_2(p)\overline{W(p)}}.$$

Ұйытқу бойынша коррекциялау



Түзеткіш құрылғы қосалқы тікелей байланысқа қосылады. $X(p)$ басқарушы сигнал осы байланыс арқылы жүйеге енеді.

$$W(p) = \frac{K_2(p)(K_1(p) + K_K(p))}{1 + K_1(p)K_2(p)}.$$

Осыдан:

$$K_K(p) = \frac{W(1 + K_1K_2) - K_1K_2}{K_2}.$$

Осы сызба үшін қателік бойынша беріліс функциясы:

$$W_\varepsilon(p) = \frac{1 - K_K(p)K_2(p)}{1 + K_1(p)K_2(p)}$$

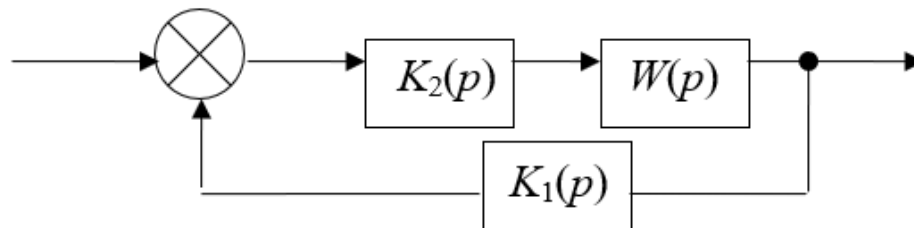
Реттеу уақытын коррекциялау

Беріліс функциясы төмендегідей тұйық емес жүйе берілсін: $W(p) = k + \frac{1}{Tp}$.

Ол жүйенің өтпелі функциясы: $h(t) = k[1 - \exp(-t/T)]$.

Сезбеу шегі $\Delta = 0,05$ үшін $h(\infty)$ реттеу уақыты ($h(t) = k - \Delta$): $t_{p1} = T \ln \frac{k}{\Delta}$,
($p = -\frac{1}{T} \alpha = \frac{1}{T}$).

Күшейткіш буынды беріліс функциясы $W(p)$ болатын буынға тізбектей жалғап, басқа күшейткіш буын арқылы кері байланыспен тұйықтау арқылы жүйені алайық



$K_1(p) = k_1$, $K_2(p) = k_2$, $k_2 > k_1$ болсын. Тұйық жүйенің беріліс функциясын жазайық:

$$\bar{W}(p) = \frac{K_2(p)W(p)}{1+K_1(p)K_2(p)W(p)} = \frac{K_1K_2}{(1+k_1k_2k)+Tp}.$$

$\bar{W}(p)$ беріліс функциясына сәйкес дифференциалдық теңдеу,

$$T \frac{dy}{dt} + Ay = B,$$

Мұндағы $A = 1 + k_1 k_2 k$, $B = k k_2$.

Бірлік сатылы әсер кезінде оның шешімі:

$$h(t) = \frac{B}{A} [1 - \exp(-t/T)]$$

төмендегідей болады.

Реттеу уақыты:

$$t_{p2} = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{h(\infty)}{\Delta} = \frac{T}{A} \ln \frac{B}{A\Delta}.$$

$T = 1$, $k = 5$, $k_1 = 2$, $k_2 = 10$ параметрлері үшін t_{p2} және t_{p1} салыстырайық. $h(\infty) = B / A$. $\Delta = 0,05$ $h(\infty) = 0,025$.

$$\frac{t_{p2}}{t_{p1}} = \frac{1 \ln 20}{A \ln 20} = 0,01.$$

Көріп тұрғанымыздай, тұйық емес жүйеге қарағанда, тұйық жүйенің реттеу уақыты 100 есе кеміді.

Ұсынылатын әдебиеттер:

1. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
2. Қыдырбекұлы А.Б. Автоматика негіздері : оқу құралы / Қыдырбекұлы А.Б., Ибраев Ғ.Е.. — Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014. — 114 с.
3. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. Теория систем автоматического управления. – С.-Пб.: Профессия, 2004. – 752 с.
4. Лукас В.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – Екатеринбург: Из-во УГГГА, 2002. – 675 с.
5. Kluever C. A. Dynamic systems: modeling, simulation, and control. – John Wiley & Sons, 2020.