

**8 дәріс**

**Автоматты реттеу заңдары**

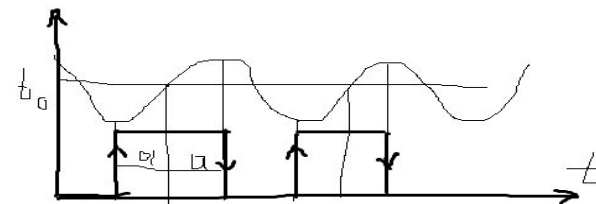
Басқарылатын шаманың берілген және нақты мәндерінің айырмасын қабылдай отырып атқарушы органға берілген заңдылықпен басқару ықпалын жасайтын құрылғыны автоматты регулятор деп атайды.

Регулятордың негізгі екі түрі болады – позициялық және үздіксіз жұмыс істеуші.

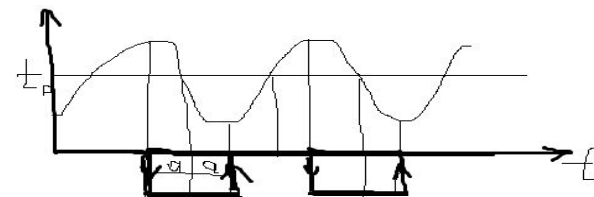
Үздіксіз істеуші регуляторлар пропорционал (П), пропорционал-интегралды (ПИ) және пропорционал-интегралды-дифференциалды (ПИД) болады.

**1. Позициялы (релелі) регулятордың сигналы реттеуші органды берілген позицияға немесе орынға жылжытады.**

Мұндай позициялар екіден аз болмайды.



Нагреватель



Холодильник

*2a* шамасы екі позициялы регулятордың *бір мағаналы емес* зонасы (1, б суреті).

*Кіріс x шамасы* (өзі – объектінің шығыс шамасымен тең) берілген *a шамасына* өскенде *шығыс y шамасы* (реттеуші әсер) секіріп  $V_1$  мәніне жетеді.

*Кіріс x шамасы* берілген сол *a шамасына* азайғанда *шығыс шамасы* секіріп  $V_2$  мәніне көшеді. Мұнда  $V_1 \neq V_2$ .

**Яғни** екі позициялы регулятордың басқарылатын екі параметрі бар: *бір мағаналы емес 2a зонасы және басқарушы әсер B*.

Басқарылатын *y шамасының өзгеруі* автотербеліс сипатты болады.

Үш позициялы регуляторларда (1, б суреті) екі позициялы регуляторларға қарағанда екі тұрақты «көбірек»  $V_1$  және «азырақ»  $V_2$  орындарынан басқа үшінші «норма» деген орын болады.

Үш позициялы регулятордың басқару органының  $2\Delta$  сезбейтін және басқарушы  $V$  әсерін тағайындайтын мүмкіншілігі болады. Үш позициялы регуляторлардың екі позициялы регуляторлардан айырмасы  $-\Delta < y < +\Delta$  арасында өзгергенде автотербелістің жоқтығы және басқарылатын шаманың тербелісінің амплитудасының аздығы болып табылады.

Үш позициялы регулятор реттеуші органы тұрақты жылдамдықпен қозғалатын атқарушы механизммен жұмыс істей алады.

Статикалық сипаттамаға сәйкес реттеуші органның  $dx/dt$  жылдамдығы  $1/T_{им}$  мәніне секіріп өзгереді. Мұнда  $T_{им}$  — атқарушы механизмнің толық жолына кететін уақыт (1, в суреті). Бұлардың *сезбейтін және бір мағаналы емес* зоналары болады. **04**

## 2. Пропорционалды реттеу заңы

Бұл заң келесі теңдеумен өрнектеледі

$$x_p(t) = -Ke(t)$$

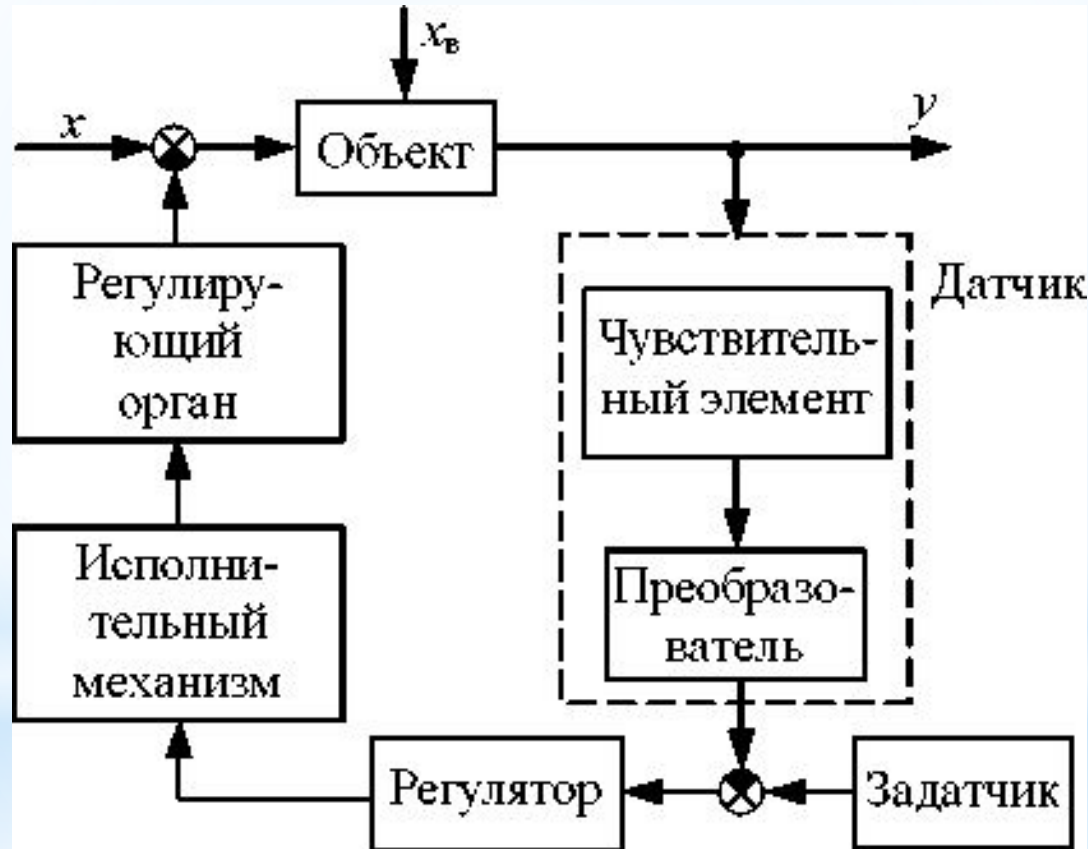
мұнда  $K$  – баптау параметрі, ал **(–) таңбасы** регулятордың жүйеге теріс кері байланыс принципімен тізбектелетінін көрсетеді.

Пропорционал регулятор ретінде объектіге теріс кері буын сияқты қосылған және өзгеріп отыратын коэффициенті бар күшейтуші буын пайдаланылады.

Сондықтан П-регулятордың динамикалық сипаттамасы күшейтуші буындікімен бірдей болады. Оның беріліс функциясы

$$W(s) = -K .$$

Передаточной функцией объекта называется отношение преобразованного по Лапласу выхода объекта  $y(p)$  к преобразованному по Лапласу входу  $x(p)$  при нулевых начальных условиях.



П-регуляторімен кез келген тұрақты объектіні басқаруға болады.

Бірақ онда өтпелі процесс баяу өтеді. Статикалық қате нөлге тең болмайды. Статикалық қате болмас үшін  $K \rightarrow \infty$ .

Статикалық қате пропорционалды регуляторы бар автоматты реттеу жүйесінің (АРЖ) негізгі кемшілігі болып табылады.

Бірақ П-регулятор сумен қамтамасыз ететін мұнара сияқты тұрақты объектілерде кеңінен пайдаланылады.



### 3. Интегралды реттеу заңы

Интегралды заңмен реттеу теңдеуі

$$x_p(t) = -K_I \int_0^t e(t) dt$$

немесе

$$\frac{dx_p}{dt} = -K_I e(t),$$

мұнда  $K_I$ — регуляторды баптау параметрі.

Айнымалы коэффициенті бар және объектіге теріс **кері байланыс** арқылы қосылған интегралды буын интегралды регулятор бола алады. И-регулятордың беріліс функциясы

$$W(s) = -\frac{K_I}{p}$$

Интегралды регулятордың ең басты қасиеті — реттеудегі **статикалық қатенің жоқтығы**.

## 4. Пропорционал-интегралды реттеу заңы

Пропорционал-интегралды реттеу заңы келесі теңдеумен суреттеледі

$$x_p(t) = -(Ke(t) + K_I \int_0^t Ke(t) dt).$$

Беріліс функциясы

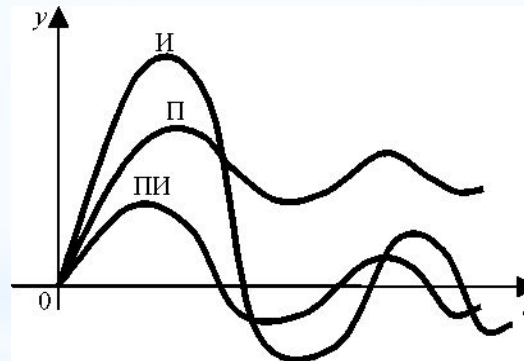
$$W(s) = K + \frac{K_I}{s}.$$

Бұл заң параллель қосылған пропорционал және интеграл бөліктерінен тұрады..

Пропорционал-интегралды регулятор П және И-заңдарының тиімді қасиеттеріне негізделген. Оның **пропорционал бөлігі** регулятордың **тез жұмыс істеуін** қамтиды, ал **интеграл бөлігі реттеудің статикалық қатесін** жояды.

Басқару процесінің басында басты рольді пропорционал бөлігі атқарады. Себебі интеграл бөлігі абсолютті мәнге ғана емес уақытқа да тәуелді. Уақыт өткен сайын статикалық қатені жойушы интеграл бөлігінің ролі артады.

$K$  және  $K_I$  параметрлерін үйлестіре отырып реттеу процесіне әр бөліктің әсерін өзгертуге болады. ПИ реттеуші  $K_I = 0$  болғанда П-регулятор сияқты жұмыс істейді, ал  $K = 0$  болса И-регулятор тәріздес болады.



1 сурет. П, И және ПИ реттеу заңдарымен жұмыс істейтін автоматты реттеу жүйелеріндегі өтпелі процесстер

## 5. Дифференциалды реттеу заңы

Дифференциалды реттеу заңының теңдеуі идеал дифференциал буындікіне ұқсас

$$x_p(t) = -K_D \frac{de(t)}{dt}$$

мұнда  $K_D$  – баптау параметр.

Беріліс функциясы

$$W(s) = -K_D p.$$

Реттелетін шама тұрақты болғанда шығыс сигналы нөлге тең болатындықтан дифференциалды регулятор реттеу үшін пайдаланылбайды.

Дифференциалды регулятор реттелетін шаманың абсолютті мәні емес оның өзгеру жылдамдығына әсер ететін болғандықтан оны тек күрделі регулятордың құрамына реттеу жылдамдығын өсіру үшін қосады.

Нәтижесінде өтпелі процестің сапасы жақсарады.

## 6. Пропорционал-дифференциалды реттеу заңы

Пропорционал-дифференциалды реттеу заңының теңдеуі

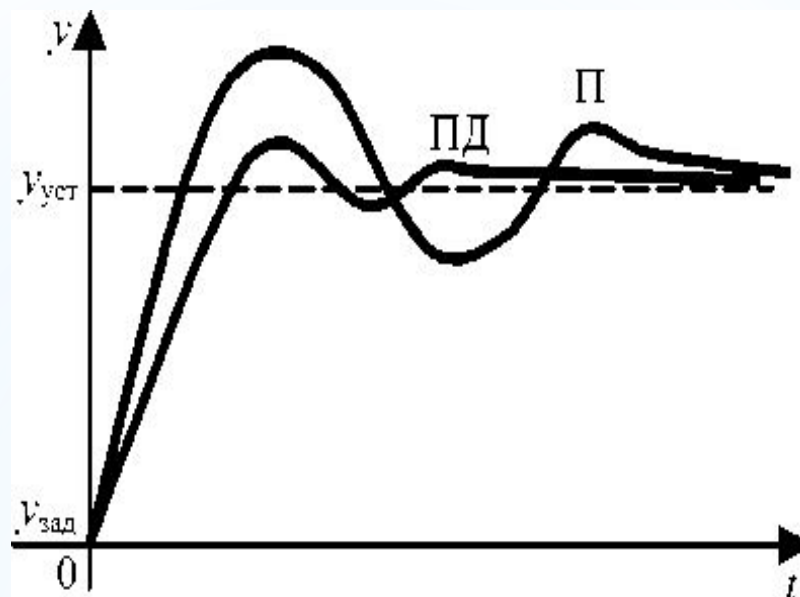
$$x_p(t) = -(Ke(t) + K_D \frac{de(t)}{dt}).$$

Бұл регулятор екі параллель қосылған бөліктен тұрады: пропорционалды және дифференциалды.

Беріліс функциясы

$$W(p) = -(K + K_D p).$$

Тұрақты режимде ол П-регулятор тәрізді жұмыс істейді. Сондықтан статикалық қатенің шамасы тек қана П-регулятордікіндей болып қала береді.



2 с урет. П және ПД реттеу заңдарымен жұмыс істейтін автоматты реттеу жүйелеріндегі өтпелі процесстер

## 7. Пропорционал-интеграл-дифференциалды реттеу заңы

Пропорционал-интеграл-дифференциалды реттеу заңының теңдеуі

$$x_p(t) = -(Ke(t) + K_I \int_0^t Ke(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}).$$

Беріліс функциясы

$$W(p) = -(K + \frac{K_I}{p} + K_D p).$$

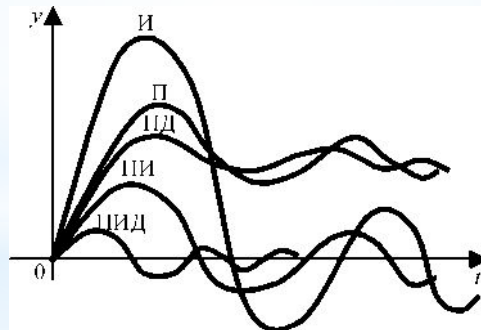
ПИД-регуляторда үш қарапайым заңдардың барлық артықшылықтары пайдаланылады: **тез жылдамдық және статикалық қатенің жоқтығы.**



Дифференциалдық бөлікті пайдалану әрдайым пайдалы болмайды.

Мысалы реттеу каналында үлкен кешігу бар объектілерге реттелетін мәннің туныдысынан әсер берудің пайдасы жоқ. Себебі туынды импульсі қоздыру келгеннен кейінгі таза кешігу уақытынан кейін келеді де объектіде үлкен ауытқулар туындап кетеді.

Ол емес кейде ПД- немесе ПИД-регуляторда объектіні шайқап жібері мүмкін. Мұндай жағдайда жүйе тұрақтылығын жоғалтып алуы мүмкін.



3 сурет. . Әртүрлі заңдарымен жұмыс істейтін автоматты реттеу жүйелеріндегі өтпелі процесстер