

*Тема: АБТнинг оддий  
(андозали) бўғинлари ва  
уларнинг характеристикалари*

**Тошкент-2013**

# Режа:

---

- Андозали бўғинлар:
  - Пропорционал (кучайтирувчи) бўғин
  - 1-даражали апериодик (инерцион) бўғин
  - Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин
  - Интегралловчи бўғин
  - Дифференциалловчи бўғин
  - Соф кечиктирувчи бўғин
- АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари

# *АРТ нинг андозали бўғинлари*

---

- Маълум бир динамик хусусияти бўйича гурухланган АРТ элементларига андозали бўғинлар дейилади. Бу динамик хусусиятлар бўғиннинг киришига поғонали сигнал берилганда чиқишдаги ўтиш жараёнининг формасига нисбатан аниқланади.
- Ўтиш жараёни формасига нисбатан АРТ элементлари асосан қуйидаги андозали бўғинларга бўлинади: кучайтирувчи, аперiodик, тебранувчи, интегралловчи, дифференциалловчи ва кечиктирувчи бўғинлар.

## Пропорционал (кучайтирувчи) бўғин

Пропорционал (кучайтирувчи ёки инерциясиз) бўғинлар киришдаги сигнални кечиктирмасдан ёки тезлаштирмасдан чиқишга узатади. Бу бўғинда чиқиш сигнали киришдаги сигналга пропорционал бўлгани учун пропорционал бўғин деб ҳам аталади. Бўғин қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$y(t) = k_y x(t)$$

бўғиннинг узатиш функцияси:  $W_o(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = k_y$

# Пропорционал (кучайтирувчи) бўғин

Ўтиш жараёни -  $h(t)=k$ .

Частотали характеристикалари:

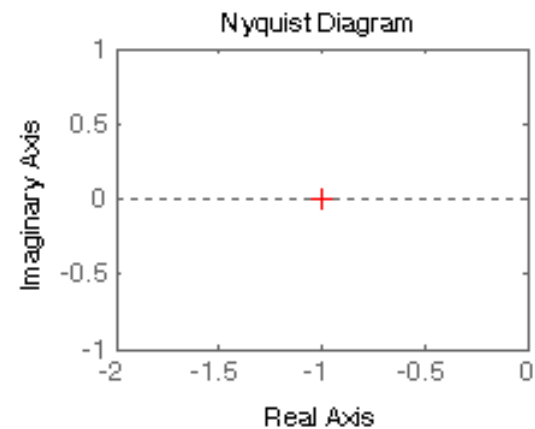
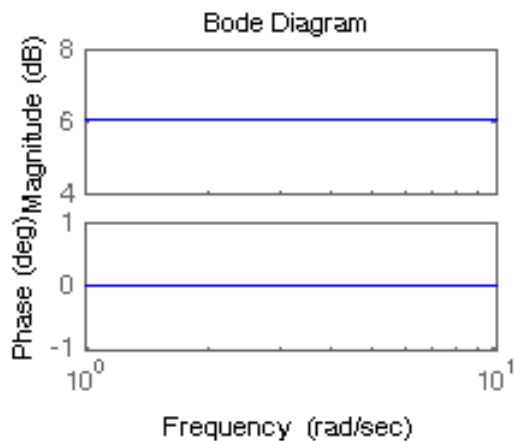
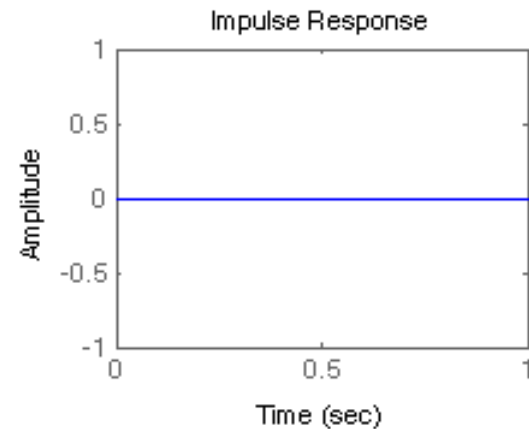
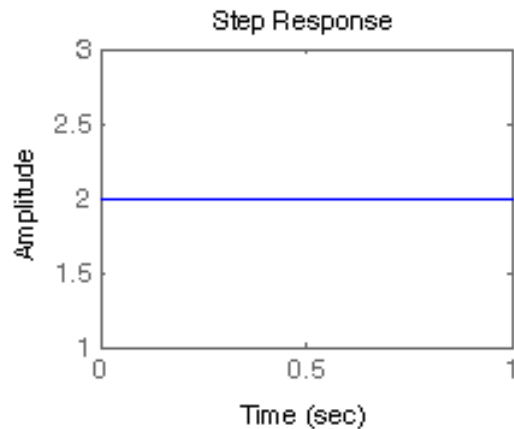
-АФЧХ -  $W(\omega)=U(\omega)+jV(\omega)=k$ ,  $U(\omega)=k$ ,  $V(\omega)=0$ ;

-АЧХ -  $A(\omega)=k$ ;

-ФЧХ -  $\varphi(\omega)=0$ .

# Пропорционал (кучайтирувчи) бўғин

$$W(p)=K=2$$



# *1-даражсали апериодик (инерцион) бўғин*

Апериодик (инерцион) бўғиннинг чиқиш ва кириш сигналларини ўзаро боғлиқлиги қуйидагича ифодаланади:

$$T \frac{dy_{\text{чик}}}{dt} + y_{\text{чик}} = kx_{\text{кир}}$$

бўғиннинг узатиш функцияси:  $W(p) = \frac{k}{TP + 1}$

# 1-даражсали аперидик (инерцион) бўгин

Ўтиш жараёни -  $y(t) = h(t) = k(t - e^{-t/T})$

Частотали характеристикалар:

АФЧХ -  $W(j\omega) = \frac{k}{jT\omega + 1} = R_e(\omega) + jI_m(\omega)$

Бу ерда -  $R_e(\omega) = \frac{k}{T^2\omega^2 + 1}; I_m(\omega) = -\frac{kT\omega}{T^2\omega^2 + 1}$

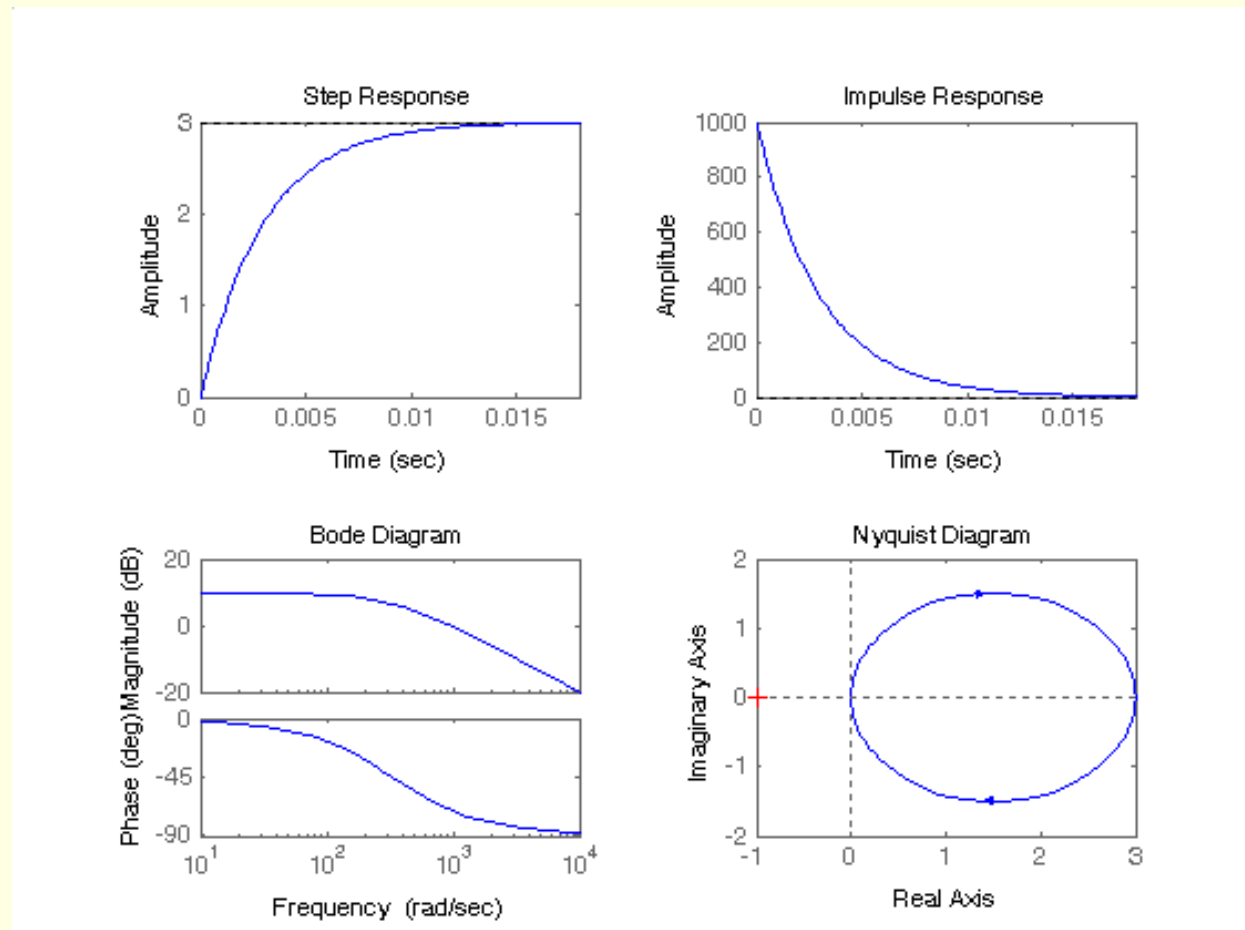
АЧХ -  $A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}}$

ФЧХ -  $\varphi = -\arctg T\omega$



# 1-даражсали аperiодик (инерцион) бўгин

$$W(p) = \frac{K}{Tp+1} = \frac{3}{0.003p+1}$$



# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

Бу бўғин энергияни йиғиш ва қаршилиқ орқали алмашилиш хусусиятига эга бўлган элементлардан ташкил топади. Тебранувчи бўғинларда тебранишларнинг сўниш коэффиценти  $\zeta < 1$  бўлганда чиқиш ва кириш сигналларнинг ўзаро боғлиқлиги иккинчи даражали чизиқли дифференциал тенгламалар билан ёзилади:

$$T^2 \frac{d^2 y_{\text{чик}}}{dt^2} + 2\zeta T \frac{dy_{\text{чик}}}{dt} + y_{\text{чик}} = kx_{\text{кир}}$$

бўғиннинг узатиш функцияси:  $W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\zeta T p + 1}$

# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

Узатиш функцияси: 
$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\zeta TP + 1}$$

ёки  $T_1 < 2T_2$  бўлганда 
$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$$

Бу ерда,  $T = T_2$ ;  $\zeta = \frac{T_1}{2T_2}$ ;  $0 < \zeta < 1$  – сўниш коэффициентлари.

$\zeta < 1$  бўлганда тебраниш жараёнлари сўнувчи,  
 $\zeta > 1$  бўлганда эса тебраниш жараёнлари ўсувчи  
бўлади.

# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

ЧУФ: 
$$W(j\omega) = \frac{k^2}{-T^2\omega^2 + 2\zeta Tj\omega + 1}$$

АФЧХ -

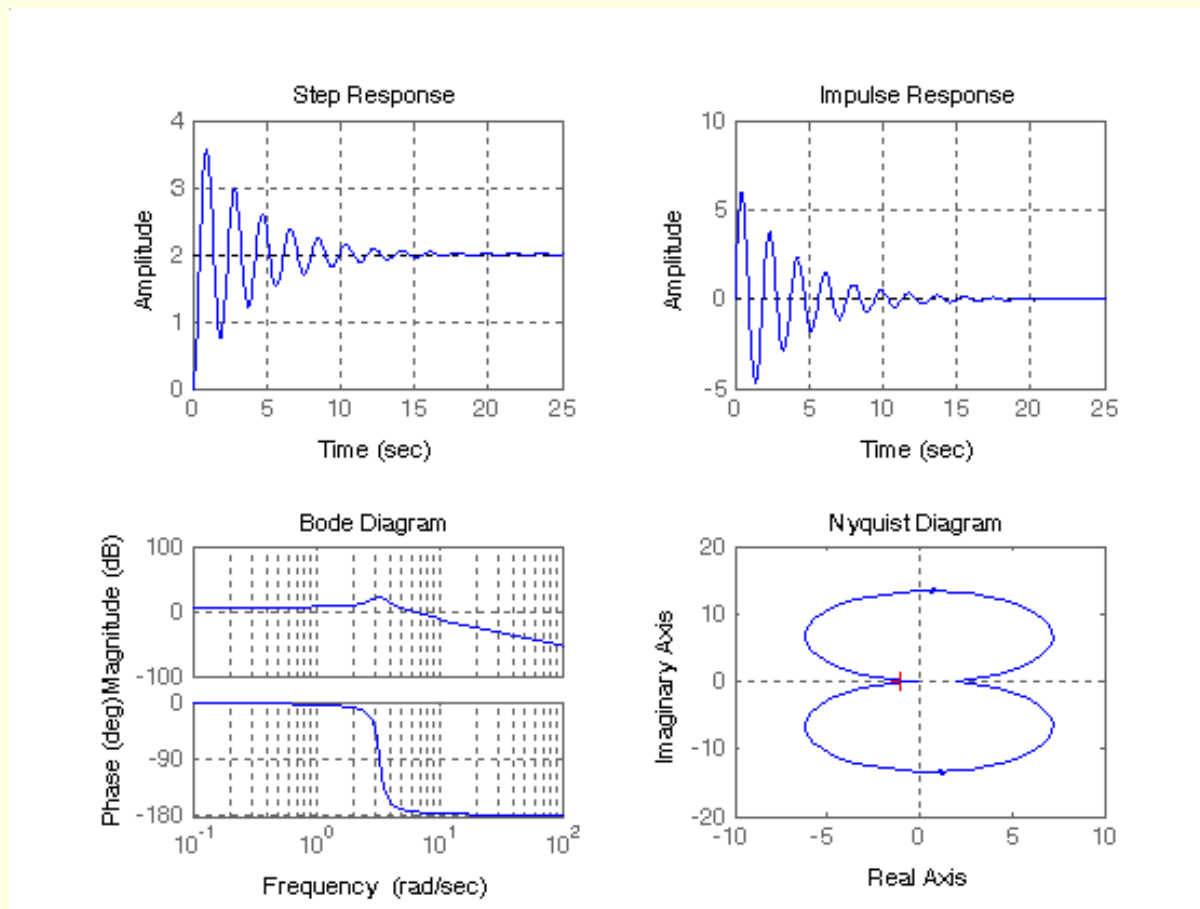
$$U(\omega) = \frac{\kappa(1 - T^2\omega^2)}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2\xi T\omega)^2} \quad V(\omega) = \frac{-2\kappa\xi T\omega}{(1 - T^2\omega^2)^2 + (2\xi T\omega)^2}$$

АЧХ - 
$$A(\omega) = \frac{\kappa}{\sqrt{(1 - T^2\omega^2)^2 + 4(\xi T\omega)^2}}$$

ФЧХ - 
$$\left\{ \begin{array}{ll} \arctg \frac{2\xi T\omega}{1 - T^2\omega^2} & \omega \leq 1/T \text{ бўлганда,} \\ -\pi - \arctg \frac{2\xi T\omega}{1 - T^2\omega^2} & \omega > 1/T \text{ бўлганда.} \end{array} \right.$$

# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1} = \frac{2}{0.3^2 p^2 + 2 \cdot 0.3 \cdot 0.5 p + 1} = \frac{2}{0.09 p^2 + 0.045 p + 1}$$



# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

$T_1 \geq 2T_2$  ва  $\zeta=1$  бўлганда тебранувчи бўғин 2-даражали апериодик (2-даражали инерцион ёки статик) бўғин дейилади. Бу бўғиннинг дифф. тенгламаси:

$$T_2^2 \frac{d^2 y_{\text{чик}}}{dt^2} + T_1 \frac{dy_{\text{чик}}}{dt} + y_{\text{чик}} = kx_{\text{кир}}$$

Узатиш.

функцияси:

$$W(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} \quad T_1 \geq 2T_2 \text{ бўлганда}$$

ёки

$$W(p) = \frac{k}{(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

бу ерда

$$T_{3,4} = \frac{T_1}{2} \pm \sqrt{\frac{T_1^2}{4} - T_2^2}$$

# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

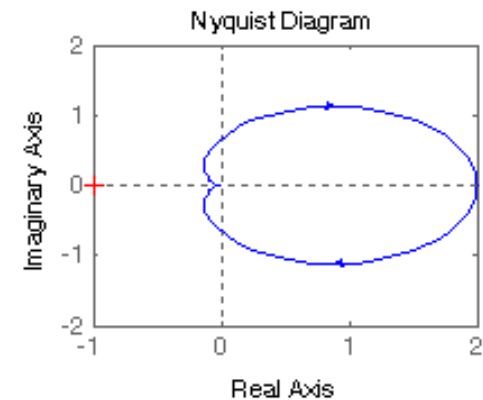
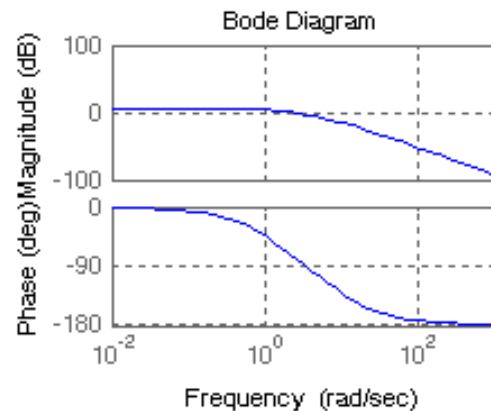
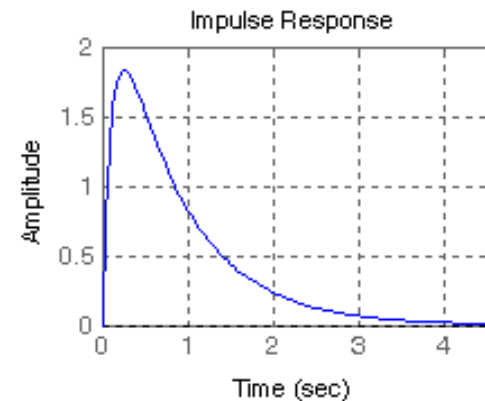
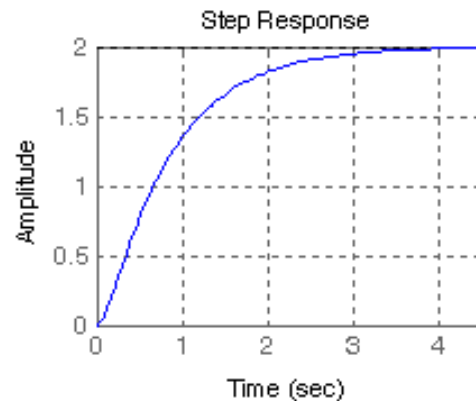
ЧУФ: 
$$W(P) = \frac{k}{(T_3 j\omega + 1)(T_4 j\omega + 1)}$$

АЧХ - 
$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(T_3^2 \omega^2 + 1)(T_4^2 \omega^2 + 1)}}$$

ФЧХ - 
$$\varphi(\omega) = -\text{arctg} T_3 \omega - \text{arctg} T_4 \omega$$

# Тебранувчи ва 2-даражали инерцион бўғин

$$W(s) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} = \frac{2}{0.3^2 p^2 + 0.9p + 1}$$





# Интегралловчи бўғин

Интегралловчи бўғинларнинг математик ифодаси қуйидагича  $y_{чик}(t) = k \int_0^t x_{кир} dt$  ёки

$$\frac{dy_{чик}(t)}{dt} = kx_{кир} \Rightarrow PY_{чик}(P) = kX_{кир}(P)$$

бўғиннинг узатиш функцияси:  $W(p) = \frac{Y_{чик}(p)}{X_{кир}(p)} = \frac{k}{p}$

Интегралловчи бўғинларда чиқиш сигнаlining тезлиги кириш сигналига пропорционал. Интегралловчи зевенолар *1-даражали астатик бўғиндлар* деб ҳам юритилади.

# Интегралловчи бўғин

ЧУФ:  $W(j\omega) = \frac{k}{j\omega} = -\frac{jk}{\omega}$

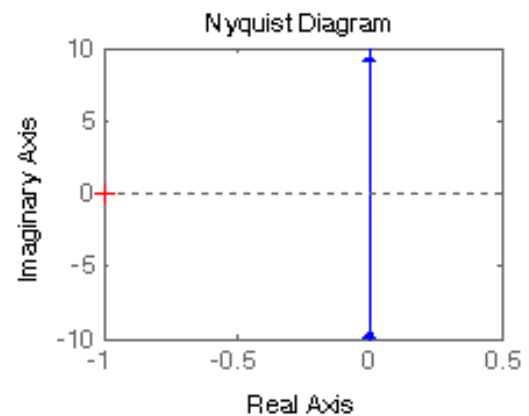
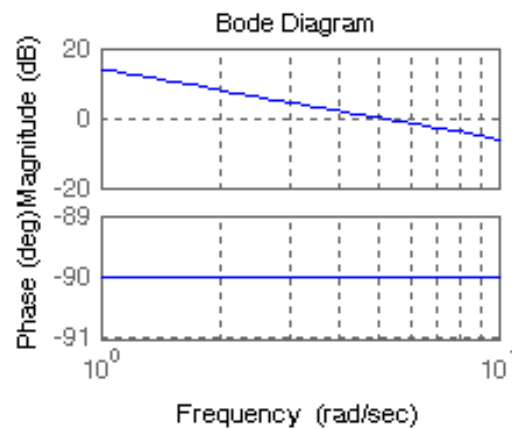
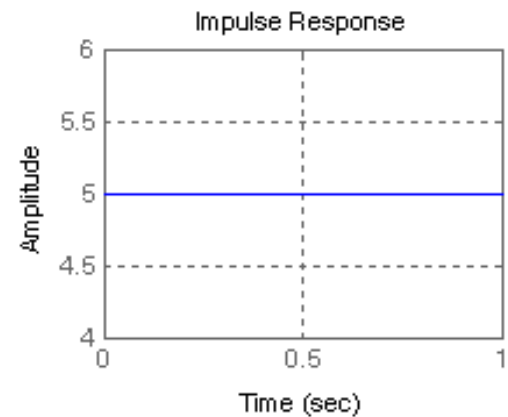
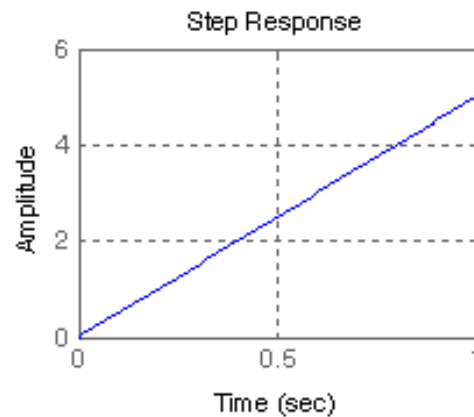
АФЧХ -  $U(\omega)=0; V(\omega)=-\frac{\kappa}{\omega}$

АЧХ -  $A(\omega) = \frac{\kappa}{\omega}$

ФЧХ -  $\varphi(\omega) = -90^\circ$

# Интегралловчи бўғин

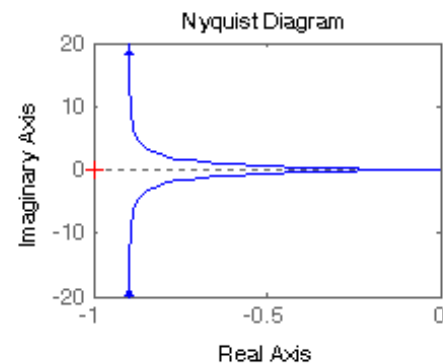
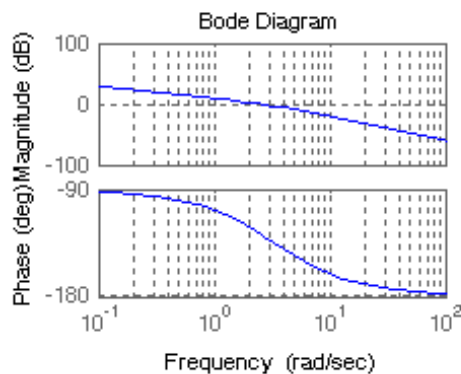
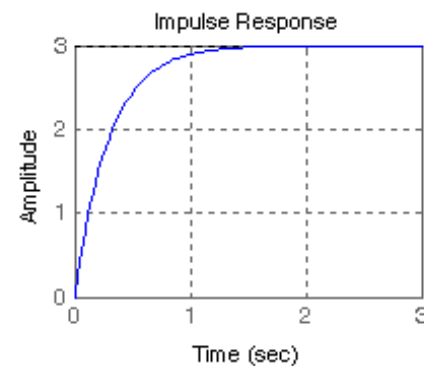
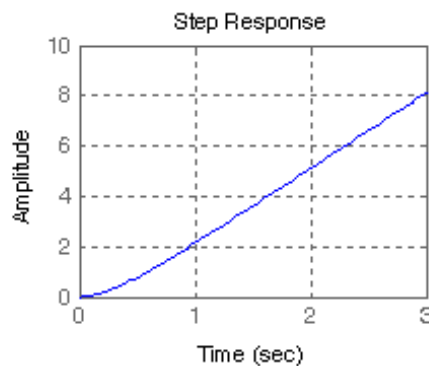
$$W(p) = \frac{1}{Tp} = \frac{1}{0.2 \cdot p}$$



# Реал интеграловчи бўғин

бўғиннинг УФ: 
$$W(p) = \frac{k}{p(Tp + 1)}$$

$$W(p) = \frac{3}{p(0.3p + 1)}$$



# Дифференциалловчи бўғин

Дифференциалловчи бўғинлар идеал ва реал дифференциалловчи бўғинларга бўлинади. Идеал дифференциалловчи бўғин АРТ нинг андозали бўғини хисобланади ва қуйидаги математик тенглама билан ифодаланади

$$y_{чик}(t) = \tau \frac{dx_{кир}}{dt}$$

бўғиннинг узатиш функцияси:

$$W(p) = \frac{y_{чик}(p)}{x_{кир}(p)} = \tau p$$

бу ерда  $\tau$ - бўғиннинг вақт доимийси

# Дифференциалловчи бўғин

---

ЧУФ:  $W(j\omega) = \tau j\omega$

АФЧХ -  $U(\omega)=0; V(\omega)=\tau\omega$

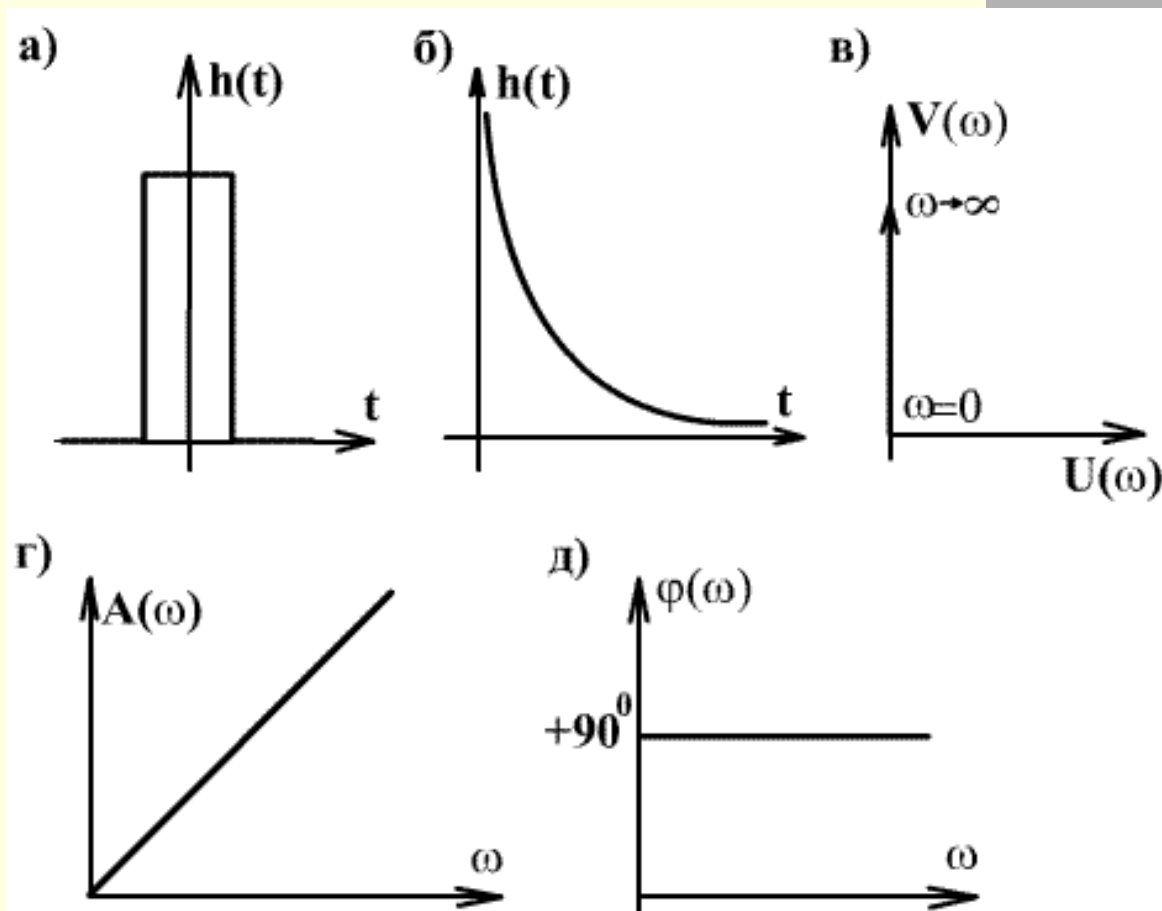
АЧХ -  $A(\omega)=\tau\omega$

ФЧХ -  $\varphi(\omega)= 90^\circ$

## *Дифференциалловчи бўғин*

Идеал дифференциалловчи бўғиннинг киришига поғонали таъсир берилганда, унинг чиқишидаги сигнал чексиз катта поғонали сигнал бўлади. Идеал дифференциалловчи бўғиннинг чиқиш сигнали кириш таъсирининг ўзгариш тезлигига тўғри пропорционал ва кириш таъсири ўзгарганда ўтиш жараёни оний вақтларда кечади. Бундай бўғинларга чиқиш қаршилиги нолга тенг бўлган электр занжирларни мисол қилиш мумкин.

# Дифференциалловчи бўғин

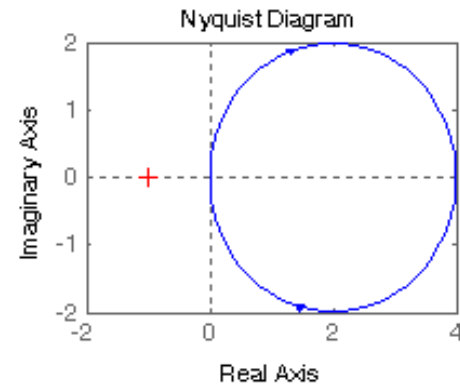
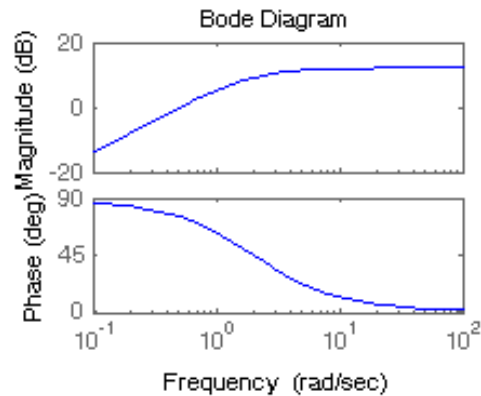
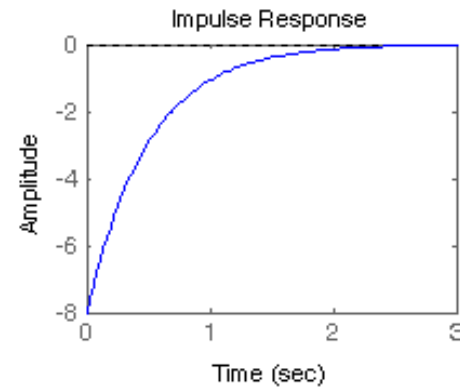
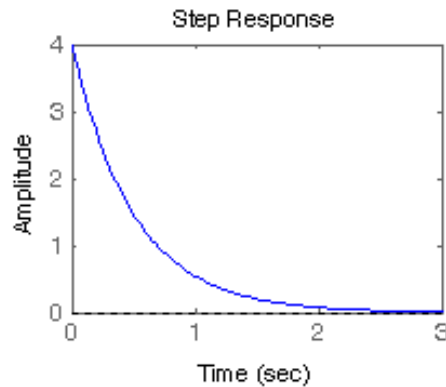


а) и б) Идеал ва реал дифф. бўғиннинг ўтиш жараёни;  
в) АФЧХ; г) АЧХ; д) ФЧХ



# Реал дифференциалловчи бўгин

$$W(p) = \frac{K_p}{T_p + 1} = \frac{2p}{0.5p + 1}$$



## *Соф кечиктирувчи бўғин*

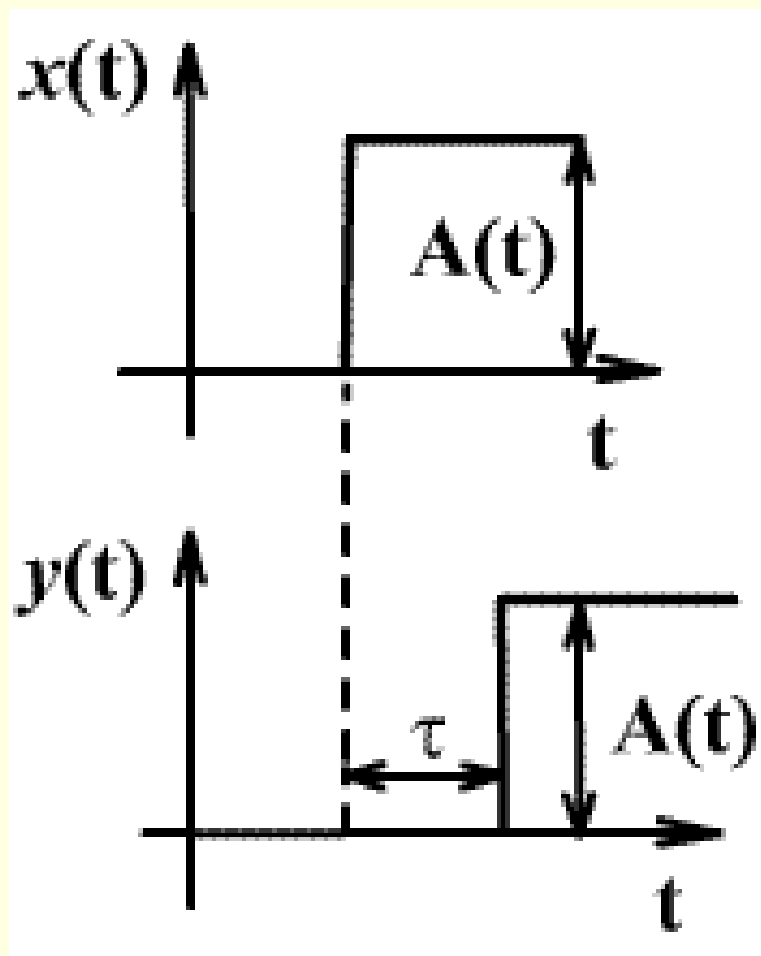
Соф кечиктирувчи бўғин кириш таъсирини хеч қандай ўзгартирмасдан маълум бир вақт кечиктириб узатади. Бу бўғиннинг математик ифодаси қуйидигича:

$$y(t) = kx(t - \tau)$$

бу ерда  $\tau$  - чиқишдаги сигналнинг кечикиш вақти.  
бўғиннинг узатиш функцияси

$$W(p) = ke^{-pt}$$

# Соф кечиктиривчи бўғин



бўғиннинг ўтиш жараёни

# *АРТнинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

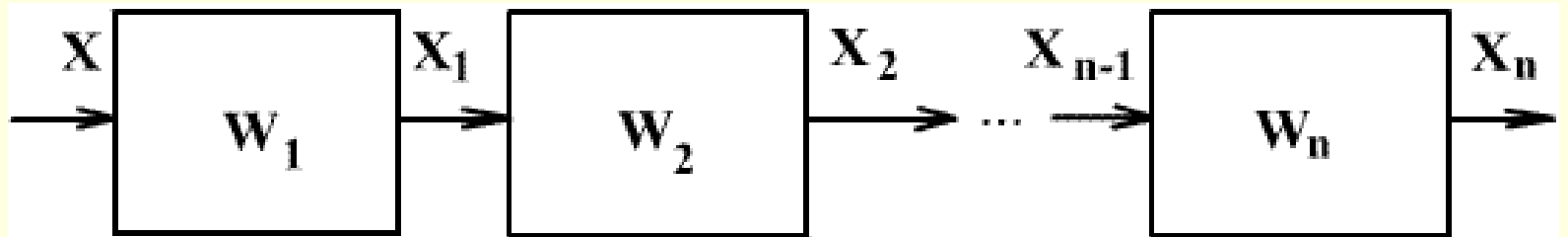
---

АРТнинг структурали схемасида тизимнинг элементларидаги жараённинг ёки бажарилаётган функциянинг математик ифодасини акс эттиралади.

Хар қандай чизиқли АРТ нинг бўғинлари ўзаро *кетма-кет, параллел, аралаш, акс алоқали* уланиши мумкин

# *АРТнинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

Бўғинлари кетма-кет уланган тизимнинг структурали схемаси:



$$W_1(p) = \frac{X_1(p)}{X(p)} ; W_2(p) = \frac{X_2(p)}{X_1(p)} ; W_n(p) = \frac{X_n(p)}{X_{n-1}(p)} ; W_{ум}(p) = \frac{X_n(p)}{X(p)}$$

$$W_{ум}(p) = \frac{X_1(p)}{X(p)} * \frac{X_2(p)}{X_1(p)} * \dots * \frac{X_n(p)}{X_{n-1}(p)} = \frac{X_n(p)}{X(p)} = W_1(p) * W_2(p) * \dots * W_n(p)$$

# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

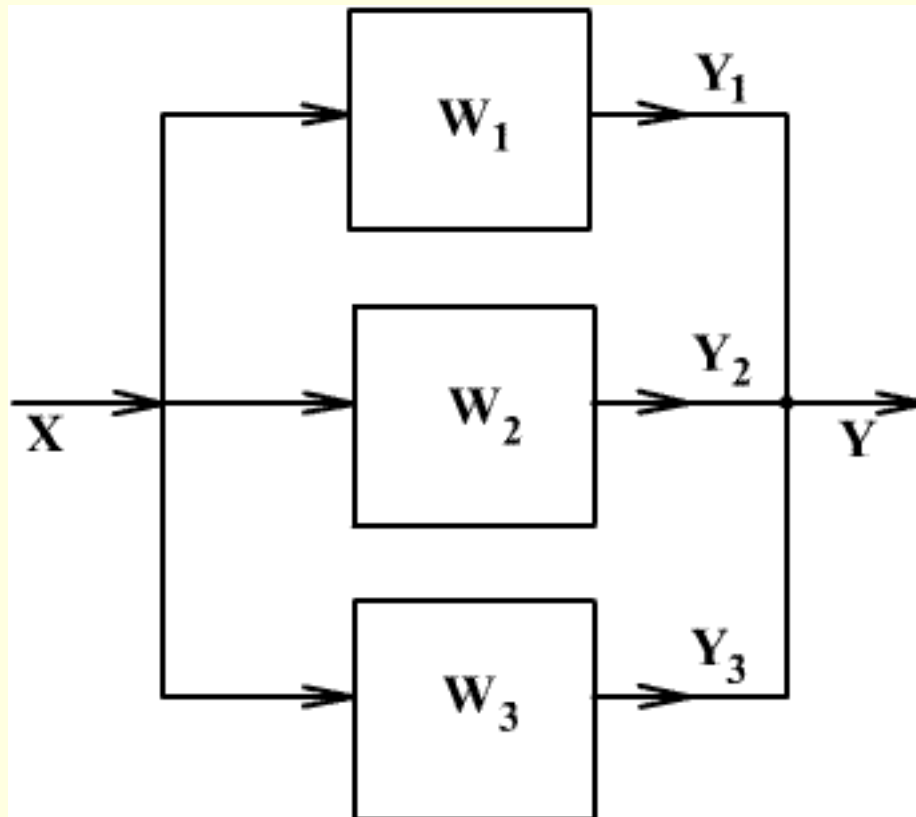
---

Шундай қилиб, бўғинлари кетма-кет уланган тизимнинг узатиш функцияси алоҳида бўғинларнинг узатиш функцияларининг купайтмасига тенг

$$W(P) = \prod_{i=1}^n W_i(p) \quad \text{бу ерда } i=1, n$$

# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

бўғинлари параллел уланган тизимнинг  
структурали схемаси



# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

бўғинлари параллел уланган тизимнинг узатиш функцияси алохида бўғинларнинг узатиш функциялари йиғиндисига тенг:

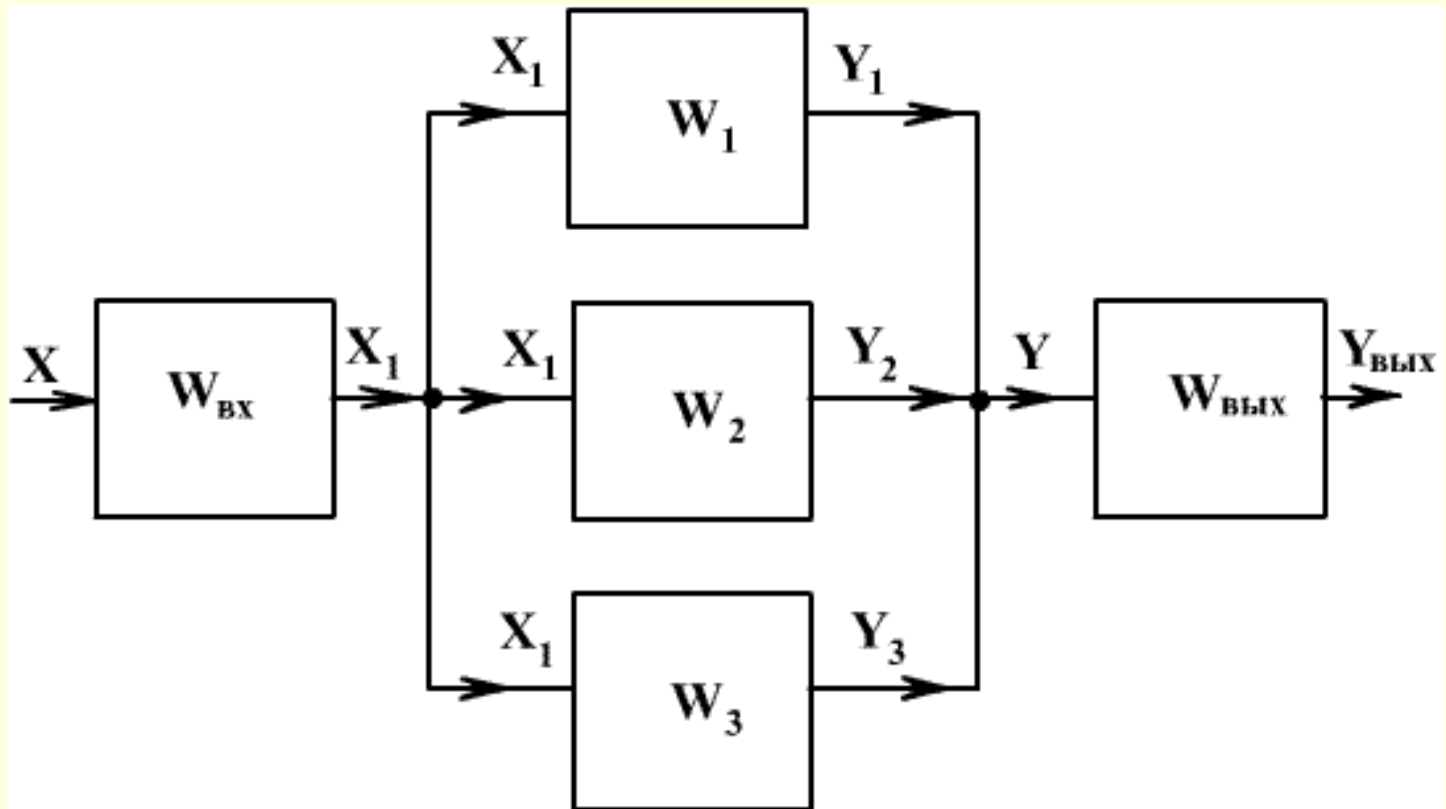
$$W_1(p) = \frac{Y_1(p)}{X(p)} ; W_2(p) = \frac{Y_2(p)}{X(p)} ; W_n(p) = \frac{Y_n(p)}{X(p)}$$

$$W_{ум}(p) = \frac{Y_1(p)}{X(p)} + \frac{Y_2(p)}{X(p)} + \dots + \frac{Y_n(p)}{X(p)} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i(p)}{X(p)} = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$



# *АРТнинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

бўғинлари арлаш уланган тизимнинг  
структурали схемаси



# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

---

бўғинлари параллел уланган қисмнинг узатиш функцияси:

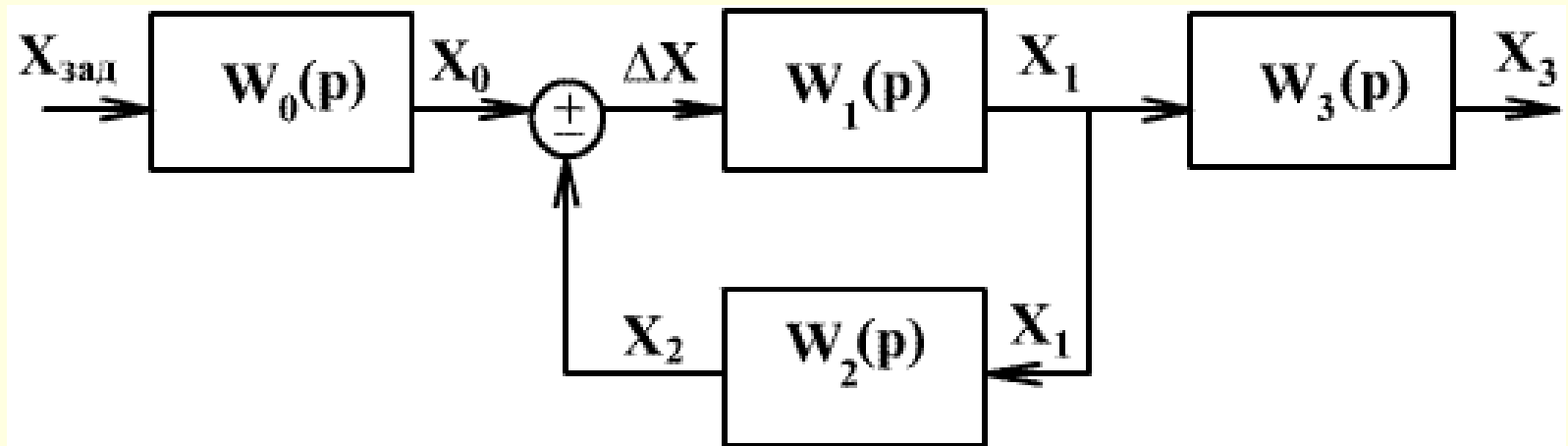
$$W_{ум}(p) = W_{кир}(p) * W_{э}(p) * \dots * W_{чик}(p)$$

Бу ерда

$$W_{э}(p) = \frac{Y_1(p)}{X(p)} + \frac{Y_2(p)}{X(p)} + \dots + \frac{Y_n(p)}{X(p)} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i(p)}{X(p)} = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

# *АРТнинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

Акс алоқа линияси билан уралган тизимнинг структурали схемаси



# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

Акс алоқа билан уралган тизимнинг узатиш функцияси:

$$\Delta X = X_0 - X_2,$$

где  $X_2 = X_1 * W_2(P)$ .

$$X_1 = \Delta X * W_1(P) = W_1(P) * (X_0 - X_1 * W_2(P));$$

$$X_1 = W_1(P) * X_0 - X_1 * W_2(P) * W_1(P);$$

$$X_1 + X_1 * W_2(P) * W_1(P) = W_1(P) * X_0;$$

$$X_1 (1 + W_2(P) * W_1(P)) = W_1(P) * X_0;$$

$$\frac{X_1}{X_0} = \frac{W_1(p)}{1 + W_2(p) * W_1(p)}$$

# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

Тизимнинг узатиш функцияси –

$$W(p) = \frac{X_3}{X_{куп}} = \frac{W_0 * W_1(p) * W_3(p)}{1 + W_2(p) * W_1(p)} = \frac{W_{очик}(p)}{1 + W_{AA}(p) * W_{ур}(p)}$$

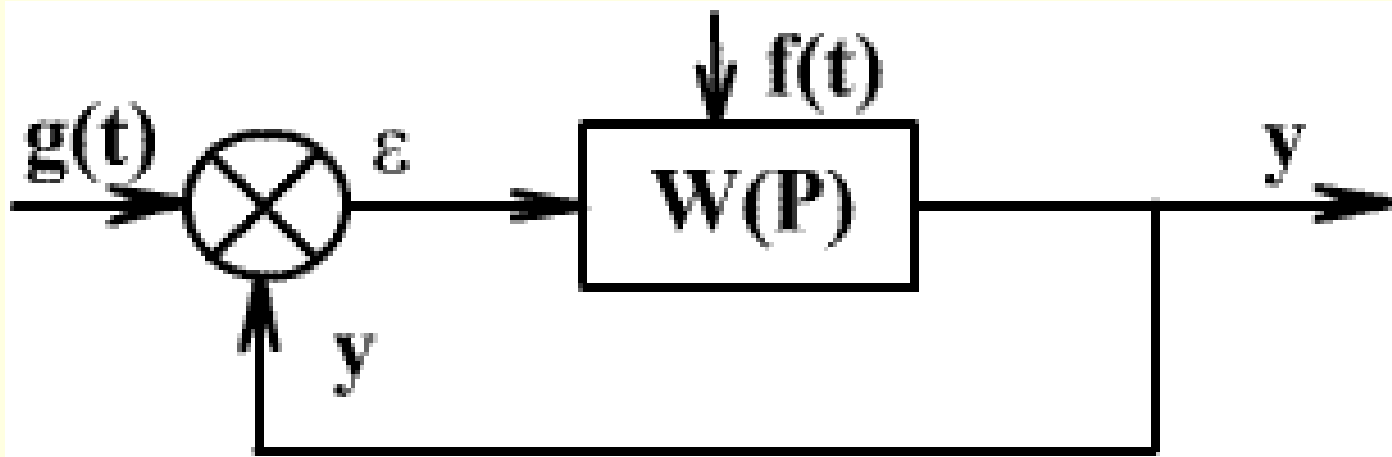
$W_{очик}(p)$  - Очиқ тизимнинг узатиш функцияси;

$W_{AA}(p)$  - Акс алоқа линиясининг узатиш функцияси;

$W_{ур}(p)$  - Тизимнинг акс алоқа билан уралган қисмининг узатиш функцияси.

# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

Акс алоқа линиясининг узатиш функцияси  
коэффиценти бирга тенг бўлган тизимнинг  
структурали схемаси



# *АРТ нинг структурали схемалари ва узатиш функциялари*

---

Узатиш коэффициентини бир бўлган акс алоқали тизимнинг –

$$W_{\text{берк}}(P) = \frac{W(P)}{1 \pm W(P)}$$

ёки

$$W_{\text{берк}}(P) = \frac{W_{\text{очик}}(P)}{1 \pm W_{\text{очик}}(P)}$$