

Презентация

Модул 4:

Структурни схеми.

Структурни

преобразувания.

Курс: Теория на Управлението 1
Автор: доц. д-р Александър Ищев



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Литература в Модул 4

- Ищев, К., Н. Атанасов и Ал. Ищев, Теория на управлението (част1), ТУ-Варна, 2011(глава 2, стр. 32 - 41)
- Ищев, К., Теория на автоматичното управление, ТУ-София, 2007 (глава 2)
- Ищев, Ал., Теория на автоматичното регулиране и управление- сборник задачи (теория, решени примери и задачи)., ТУ-София, 2006 (Тема 2, стр. 19 - 32)
- http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Цели на модула

- Структурна схема
- Преобразуване на структурни схеми
 - Стандартни свързвания
 - Еквивалентни преобразувания
 - Примери
- Системи със смущаващи въздействия
- Многомерни системи



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”*
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Структурна схема

тя е: **аналитичен модел на САУ в Лапласовата област**
(еквивалентен на набора риференциални уравнения на нейните звена)

съдържа:

- модели на звената – предавателни функции
- връзки между звената – структура на системата
- входно изходни сигнали (Лапласови изображения)



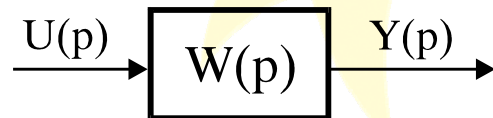
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Структурна схема - елементи

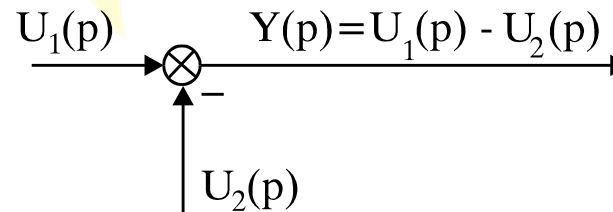
| елемент във времевата област | елемент в структурната схема |
|------------------------------|----------------------------------|
| диференциално уравнение | блок (фиг а)) |
| сумиране на сигнали | суматор(фиг б)) |
| разклонение на сигнал | възел на разклонение (фиг в)) |

а)



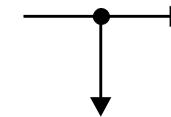
блок (звено)

б)



суматор

в)



възел на разклонение



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

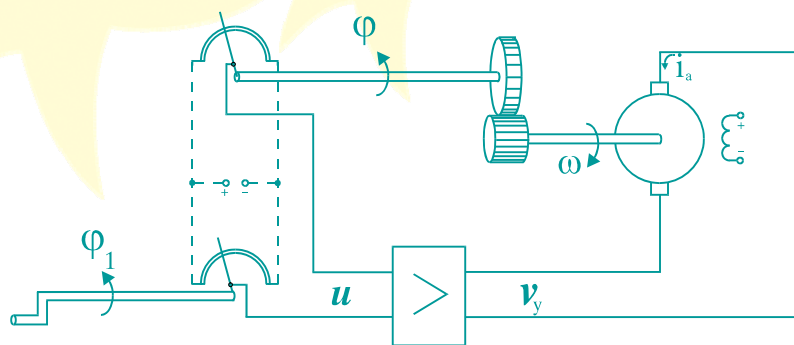


Европейски социален фонд

Съставяне на структурна схема

Потенциометрична следяща система (ПСС)

Функционална схема на ПСС:



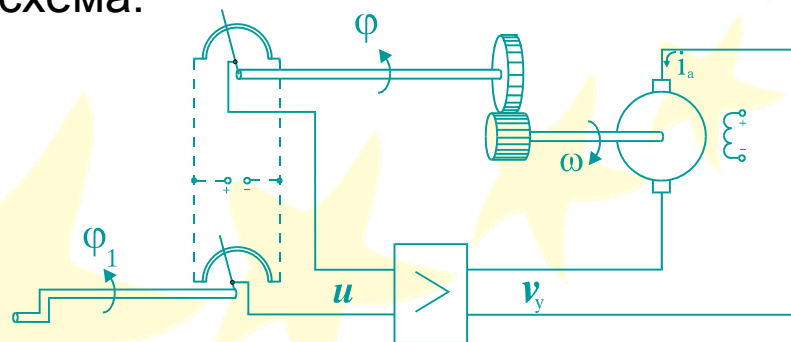
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”*
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



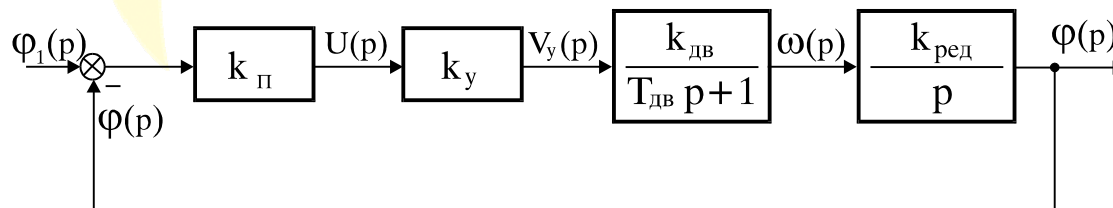
Съставяне на структурна схема

ПСС - Сравняващ елемент

Функционална схема:



Структурна схема:



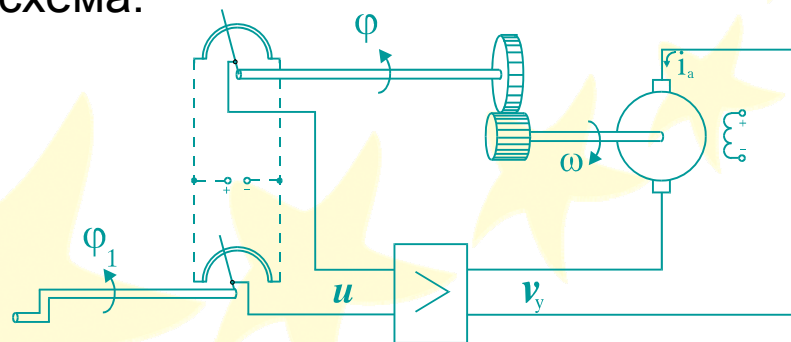
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



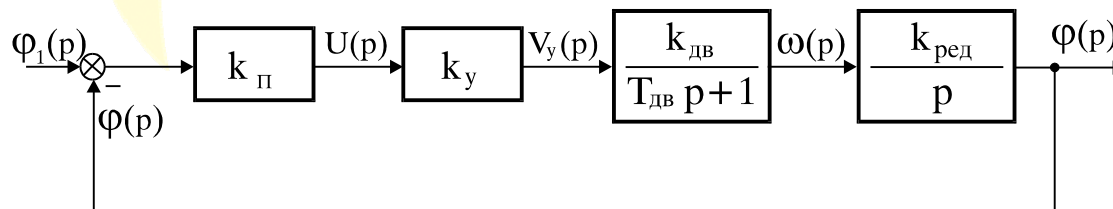
Съставяне на структурна схема

ПСС - Усилвател

Функционална схема:



Структурна схема:



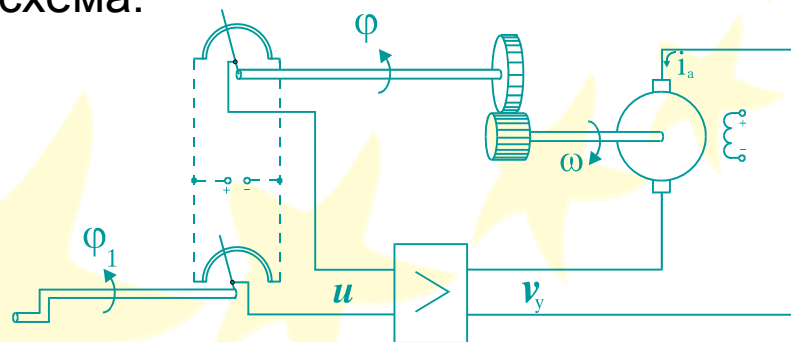
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



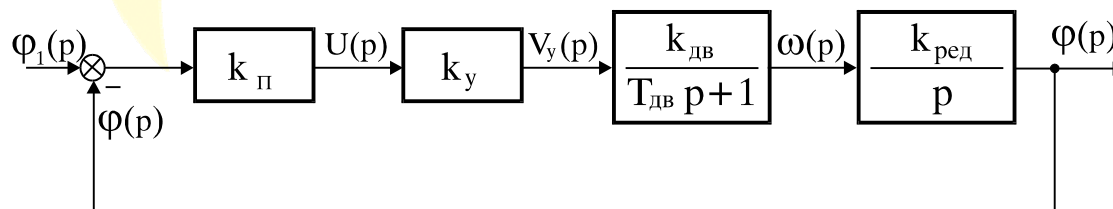
Съставяне на структурна схема

ПСС - Двигател

Функционална схема:



Структурна схема:



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

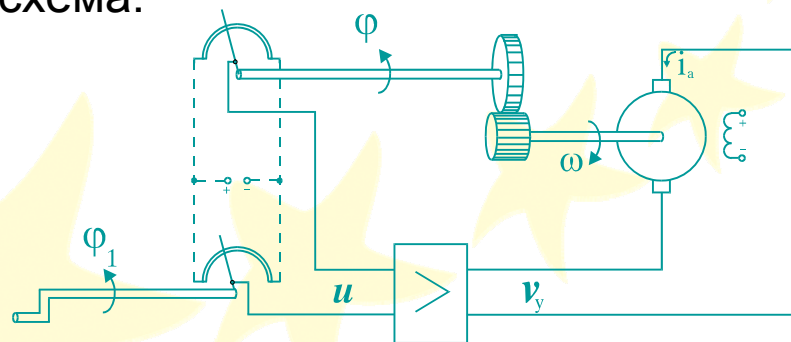
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



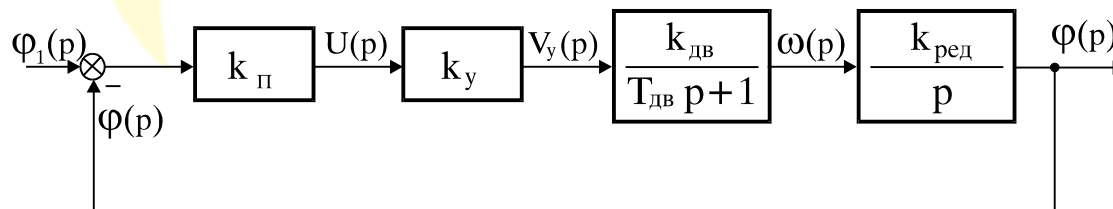
Съставяне на структурна схема

ПСС - Редуктор

Функционална схема:



Структурна схема:

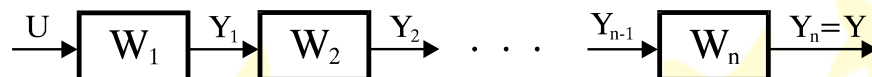


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Преобразуване на структурни схеми

- Последователно свързване



$$Y_1(p) = W_1(p) U(p)$$

$$Y_2(p) = W_2(p) Y_1(p)$$

$$\vdots$$

$$Y_n(p) = W_n(p) Y_{n-1}(p) \quad ,$$

$$Y(p) = Y_n(p) =$$

$$W_n(p) W_{n-1}(p) \cdots W_2(p) W_1(p) U(p)$$

$$W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p)$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

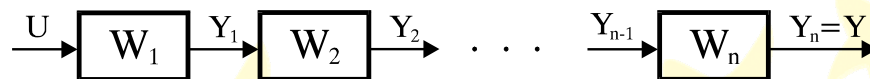
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Преобразуване на структурни схеми

- Последователно свързване 2



$$W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p)$$

Извод:

В структурните схеми последователно свързани звена могат да бъдат заменени с едно звено. Еквивалентната предавателна функция на последователно свързани звена е произведение от предавателните функции на отделните звена.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

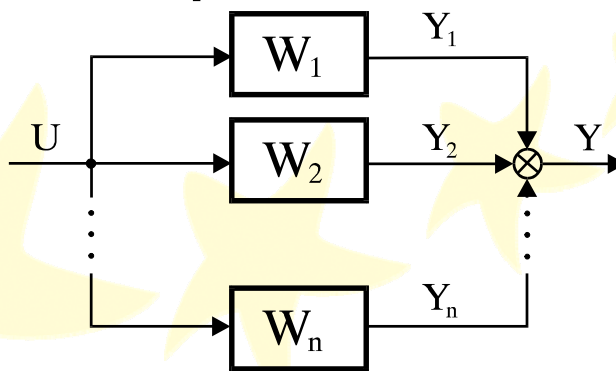
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Преобразуване на структурни схеми

- Паралелно свързване



$$Y_1(p) = W_1(p) U(p)$$

$$Y_2(p) = W_2(p) U(p)$$

$$\vdots$$

$$Y_n(p) = W_n(p) U(p) \quad .$$

$$Y(p) = \sum_{i=1}^n Y_i(p)$$

$$W(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

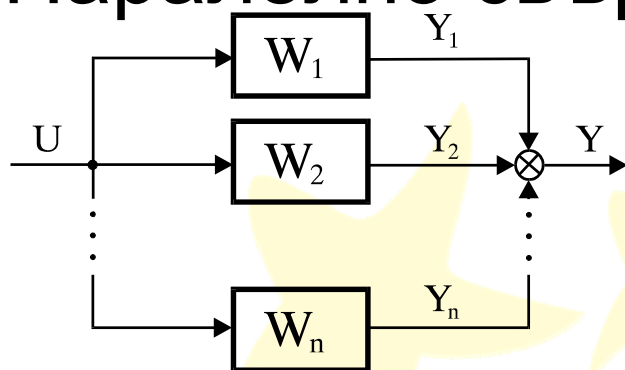


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Преобразуване на структурни схеми

- Паралелно свързване



$$W(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

Извод:

В структурните схеми паралелно свързани звена могат да бъдат заменени с едно звено. Еквивалентната предавателна функция на паралелно свързани звена е сума (със съответните знаци) от предавателните функции на отделните звена.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

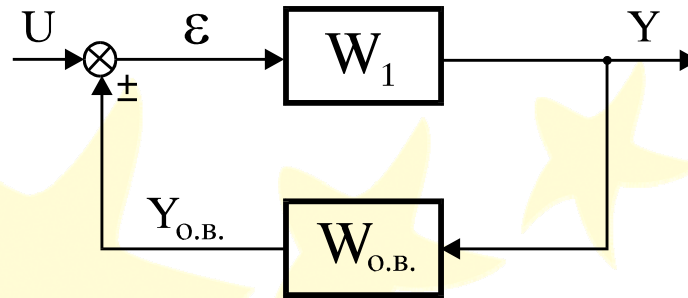
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Преобразуване на структурни схеми

- Свързване с обратна връзка



$$Y(p) = W_1(p) \varepsilon(p);$$

$$Y(p) = W_1(p) [U(p) \pm W_{OB}(p) Y(p)]$$

$$Y_{OB}(p) = W_{OB}(p) Y(p);$$

$$[1 \mp W_1(p) W_{OB}(p)] Y(p) = W_1(p) U(p)$$

$$\varepsilon(p) = U(p) \pm Y_{OB}(p).$$

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 \mp W_1(p) W_{OB}(p)}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

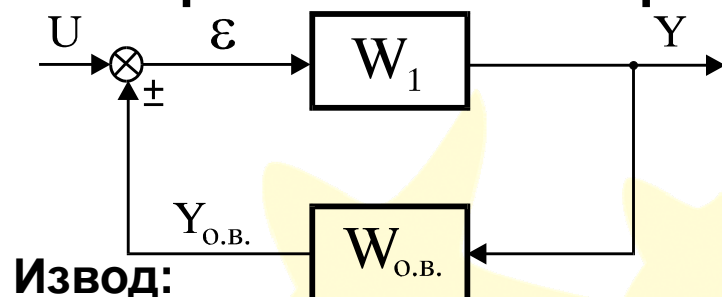
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Преобразуване на структурни схеми

- Свързване с обратна връзка



$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 \mp W_1(p)W_{OB}(p)}$$

В структурните схеми свързване с обратна връзка може да бъде заменено с едно звено. Еквивалентната предавателна функция на свързването е

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_{OB}(p)} \quad , \text{когато тази } OB \text{ е отрицателна и}$$

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 - W_1(p)W_{OB}(p)} \quad , \text{когато тази } OB \text{ е положителна}$$



Европейски съюз

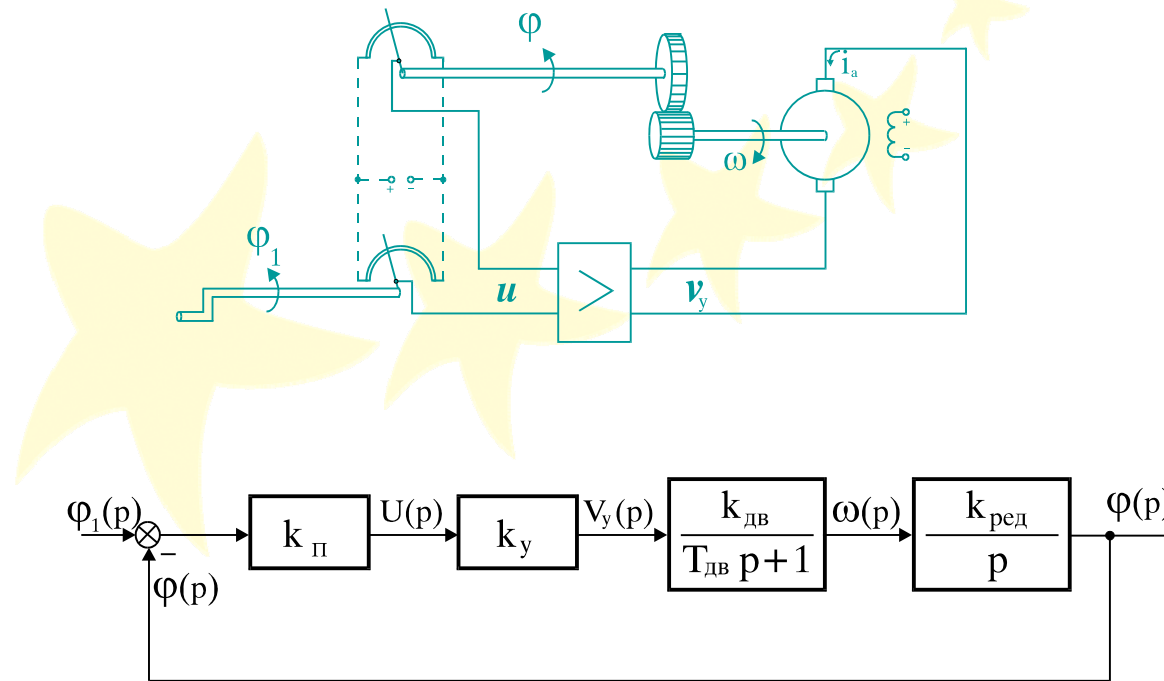
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



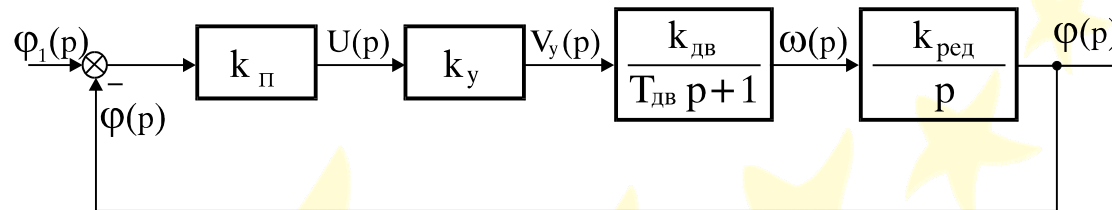
Потенциометрична следяща система



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Потенциометрична следяща система 2



последователно свързани звена
с еквивалентна предавателна функция

$$W(p) = \frac{k}{p(T_{дв} p + 1)}$$

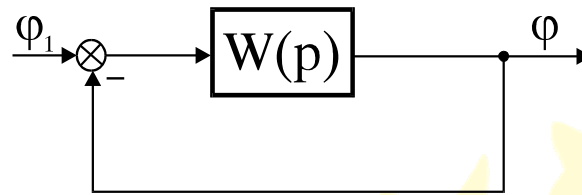
$$k = k_n k_y k_{дв} k_{ред} \quad \text{общ коефициент на пропорционалност на ОС}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Потенциометрична следяща система 2



система с единична отрицателна обратна връзка

предавателната функция на **отворената система (ОС)**

$$W(p) = \frac{k}{p(T_{\text{об}}p + 1)} \quad k = k_n k_y k_{\text{об}} k_{\text{ред}}$$

предавателната функция на **затворената система (ЗС)**

(свързване с отрицателна ОБ с $W_{\text{об}}(p) = 1$)

$$W_{\text{зс}}(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)} = \frac{k}{T_{\text{об}}p^2 + p + k}$$



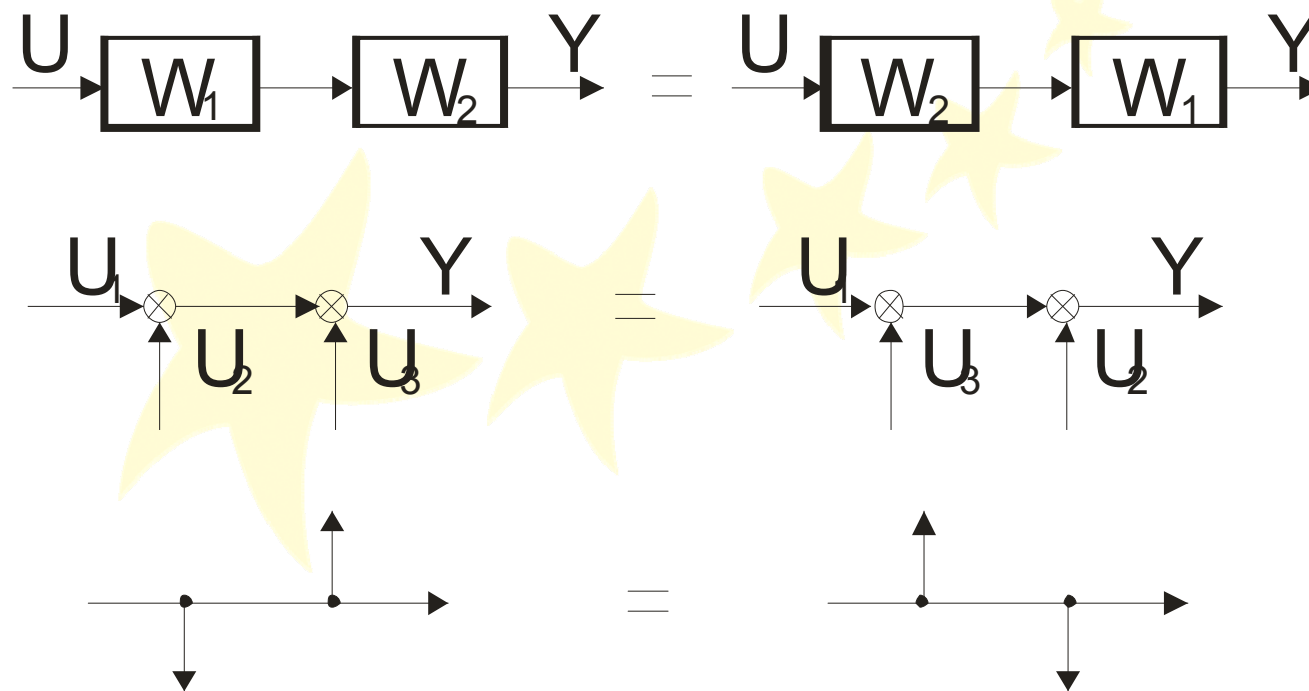
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Смяна на местата на еднотипни звена

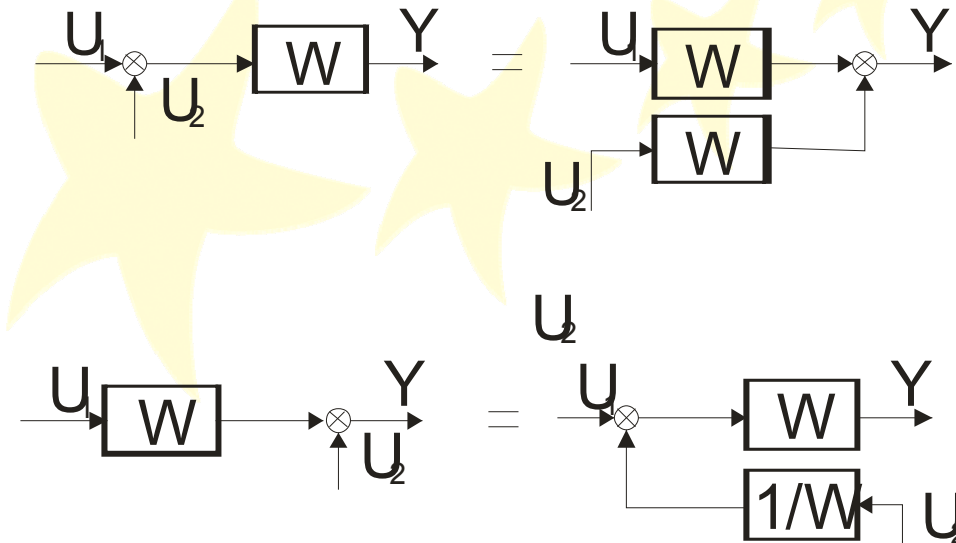


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”*
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Правила за еквивалентни преобразувания

- Пренасяне на суматор през звено



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

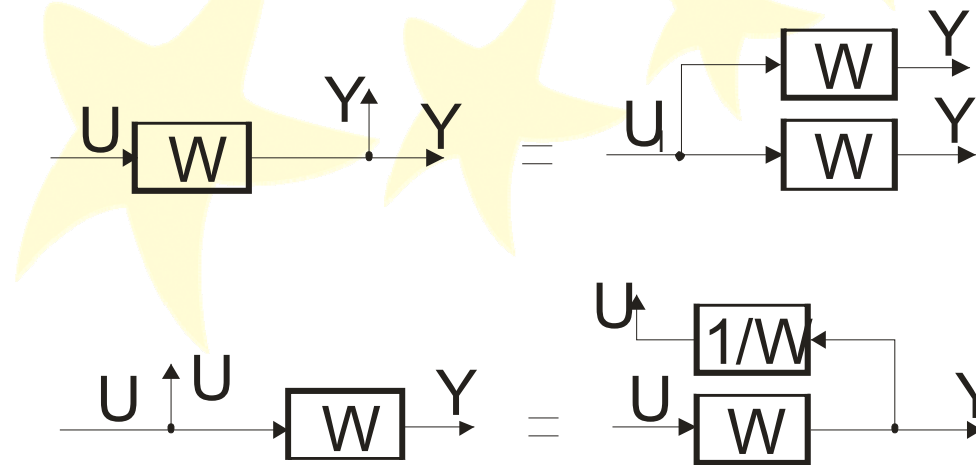
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Правила за еквивалентни преобразувания

- Пренасяне на възел на разклонение през звено



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

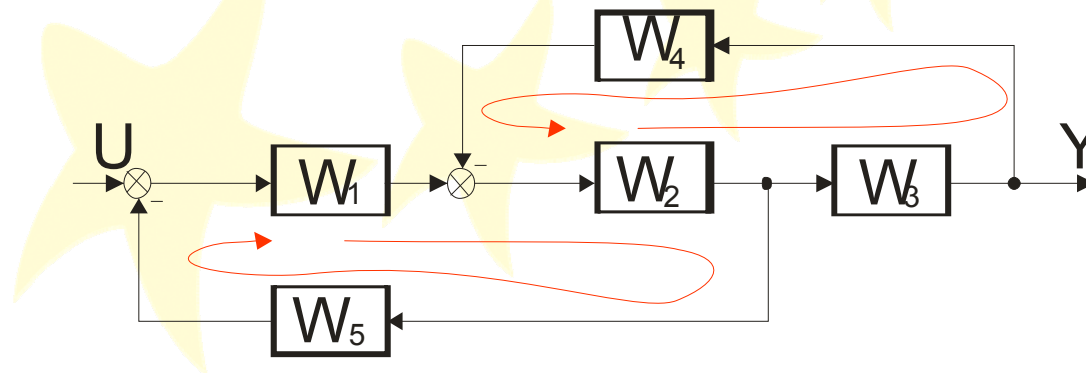
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Правила за еквивалентни преобразувания

- Пример за кръстосани обратни връзки



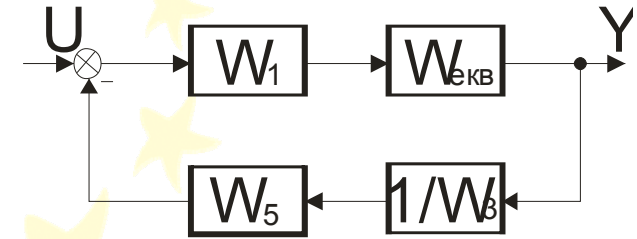
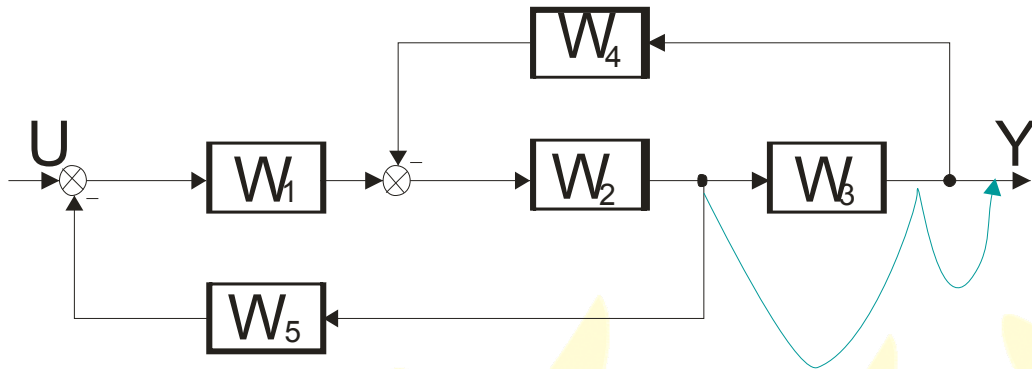
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

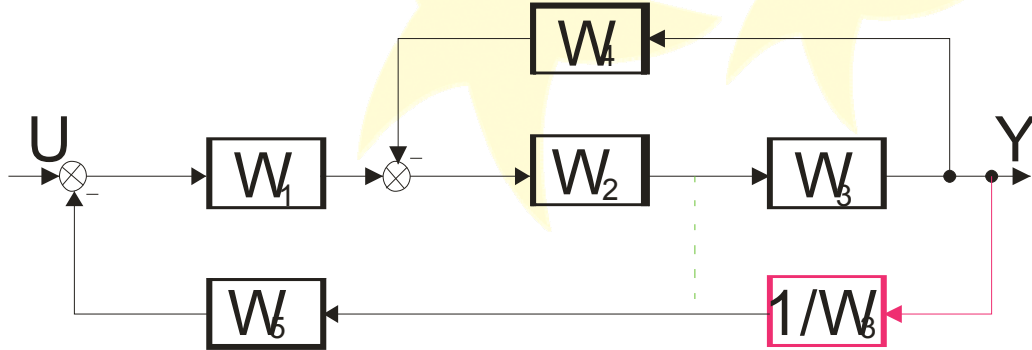
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Пример



$$W_{екв}(p) = \frac{W_2(p)W_3(p)}{1 + W_2(p)W_3(p)W_4(p)}$$



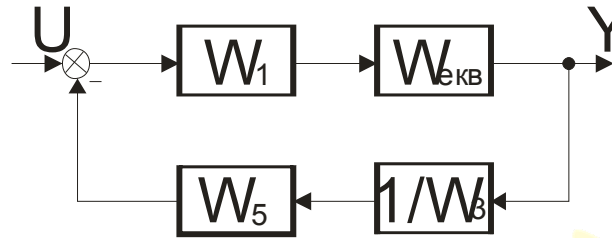
$$W_{yu}(p) = \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_5(p) + W_2(p)W_3(p)W_4(p)}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Пример 2



$$W_{екв}(p) = \frac{W_2(p)W_3(p)}{1 + W_2(p)W_3(p)W_4(p)}$$



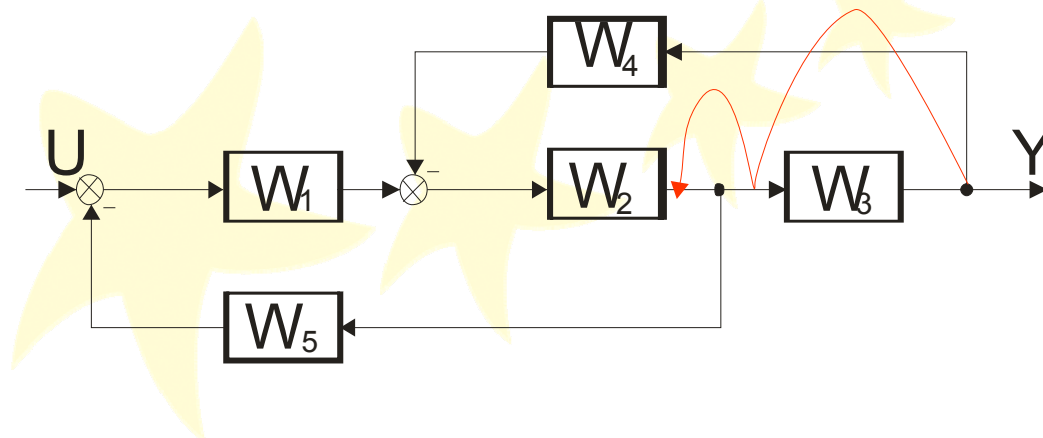
$$W_{yu}(p) = \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)W_5(p) + W_2(p)W_3(p)W_4(p)}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



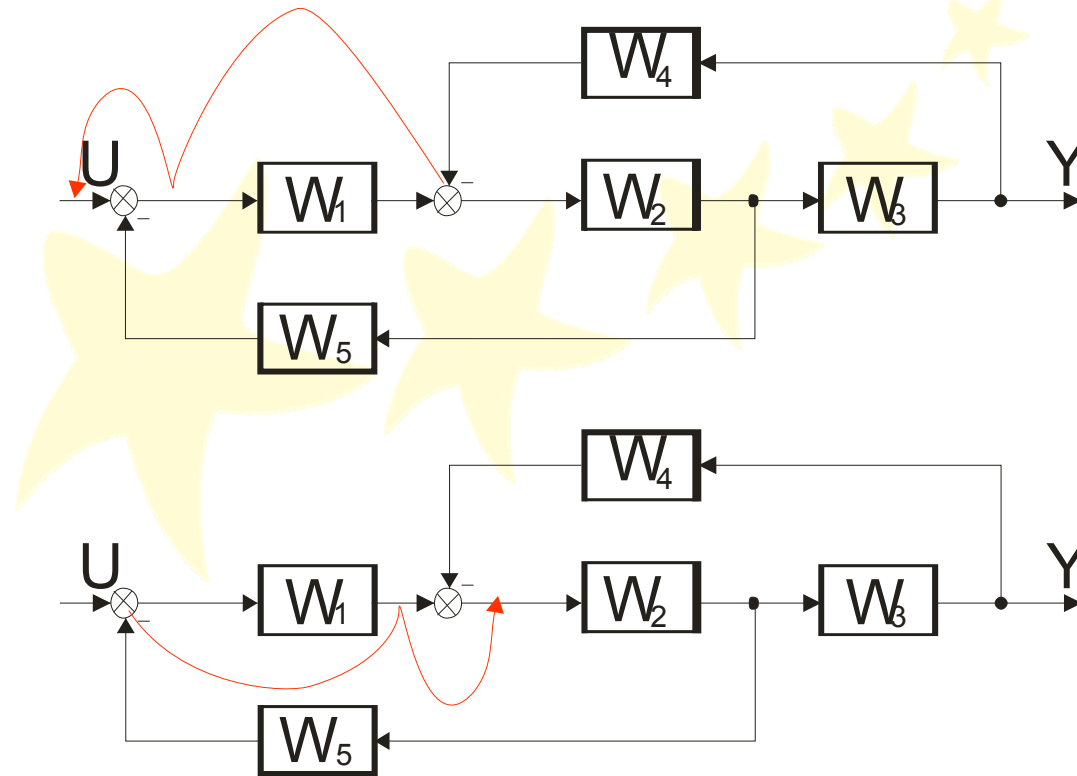
Пример 3 (алтернативни решения)



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”*
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Пример 3 (алтернативни решения)



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Потенциометрична следяща система

- Сравняващ елемент

$$u = k_n (\varphi_1 - \varphi) \quad W_n(p) = k_n$$

- Усилвател

$$v_y = k_y u \quad W_y(p) = k_y$$

- Двигател

$$T_{\text{дв}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{дв}} v_y \quad W_{\text{дв}}(p) = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} p + 1}$$

- Редуктор

$$\frac{d\varphi}{dt} = k_{\text{ред}} \omega \quad W_{\text{ред}}(p) = \frac{k_{\text{ред}}}{p}$$

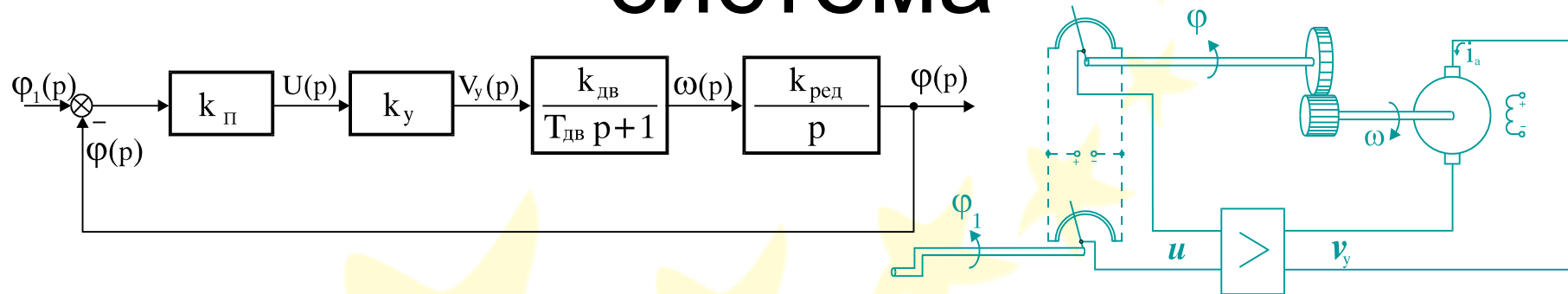
$$(\omega_{\text{ред}} = k_{\text{ред}} \omega)$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

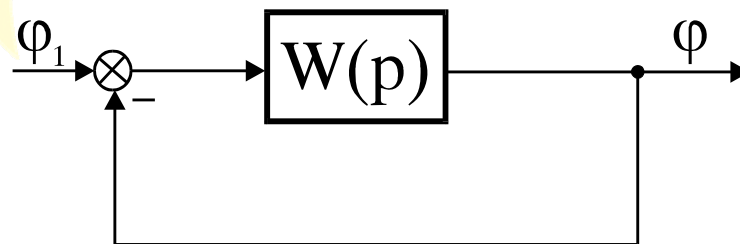


Потенциометрична следяща система



последователно свързани звена
с еквивалентна предавателна функция

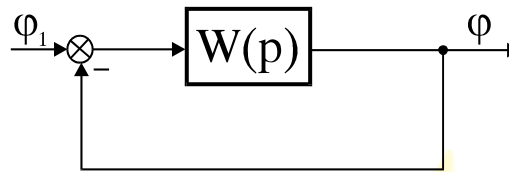
система с единична отрицателна обратна връзка



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Потенциометрична следяща система



предавателната функция на **отворената система (ОС)**

$$W(p) = \frac{k}{p(T_{\text{дв}}p + 1)}$$

$k = k_n k_y k_{\text{дв}} k_{\text{ред}}$ общ **коэффициент на пропорционалност на ОС**

Предавателна функция на **затворената система**
(свързване с отрицателна ОВ с $W_{\text{ОВ}}(p) = 1$)

$$W_{\text{зс}}(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)} = \frac{k}{T_{\text{дв}}p^2 + p + k}$$

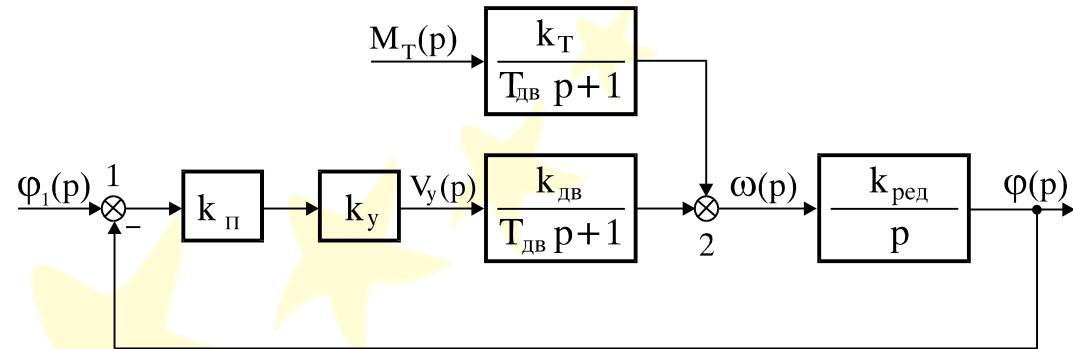


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Система със смущаващи въздействия

$$T_{\partial\delta} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\partial\delta} v_y - \frac{R}{k_M k_e} M_T$$



$$\omega(p) = \frac{k_{\partial\delta}}{T_{\partial\delta} p + 1} V_y(p) + \frac{k_T}{T_{\partial\delta} p + 1} M_T(p)$$

$$k_T = -\frac{R}{k_M k_e}$$

$$W_{\omega, V_y}(p) = \frac{k_{\partial\delta}}{T_{\partial\delta} p + 1}; W_{\omega, M_T}(p) = \frac{k_T}{T_{\partial\delta} p + 1}$$

$$W_{\varphi, M_T}(p) = \frac{k_T k_{ред}}{T_{\partial\delta} p^2 + p + k}$$

$$\varphi(p) = W_{\varphi, \varphi_1}(p) \varphi_1(p) + W_{\varphi, M_T}(p) M_T(p)$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



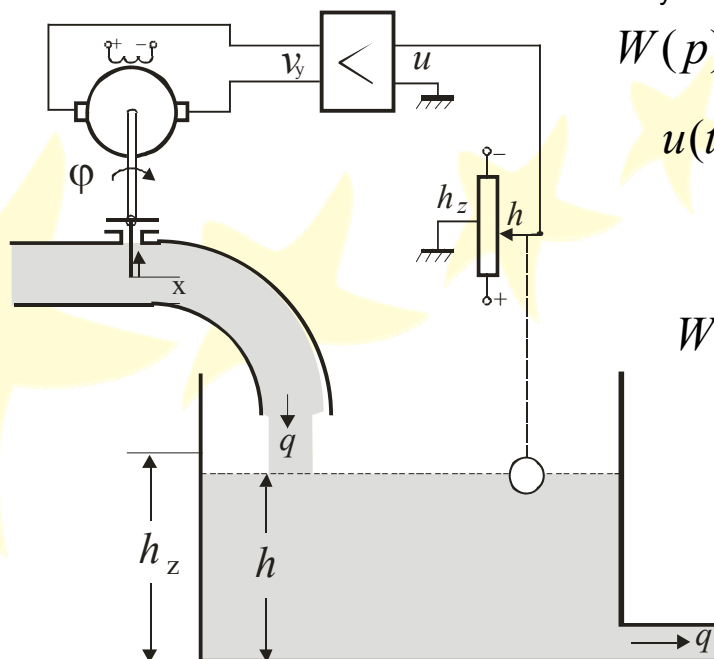
Регулиране на ниво в резервоар

$$W(p) = \frac{k_3}{p}$$

$$x(t) = k_4\varphi(t)$$

$$q(t) = k_5x(t)$$

$$W(p) = \frac{k_6}{Tp + 1}$$



$$v_y(t) = k_2u(t)$$

$$W(p) = k_2$$

$$u(t) = k_1[h_z - h(t)]$$

$$h_z - h(t)$$

$$W(p) = k_1$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

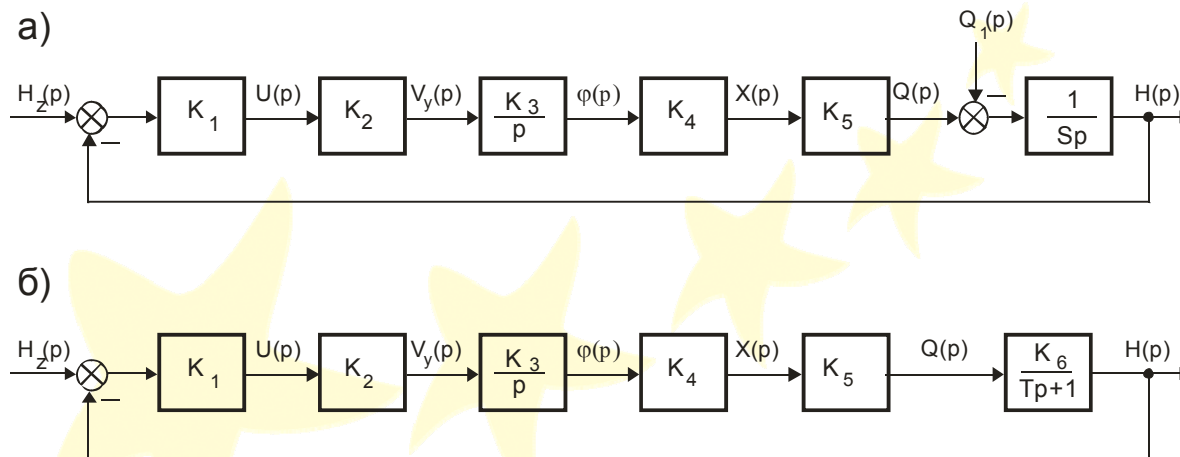
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Регулиране на ниво в резервоар



$$W(p) = K_1 K_2 \frac{K_3}{p} K_4 K_5 \frac{K_6}{Tp+1} =$$

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6$$

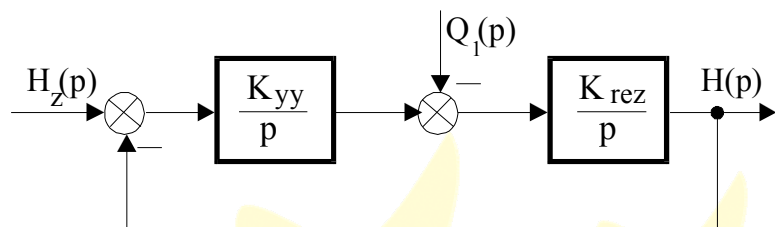
$$= \frac{K}{p(Tp+1)}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Регулиране на ниво в резервоар



$$K_{rez} = \frac{1}{S}$$

$$K_{yy} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$$

$$W_{y,v}(p) = \frac{H(p)}{H_z(p)}$$

$$W_{y,v}(p) = \frac{\frac{k_{yy} k_{rez}}{p^2}}{1 + \frac{k_{yy} k_{rez}}{p^2}} = \frac{k_{yy} k_{rez}}{p^2 + k_{yy} k_{rez}}$$

$$W_{y,z}(p) = \frac{H(p)}{Q_1(p)}$$

$$W_{y,z}(p) = \frac{\frac{k_{rez}}{p}}{1 + \frac{k_{yy} k_{rez}}{p^2}} = \frac{k_{rez} p}{p^2 + k_{yy} k_{rez}}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

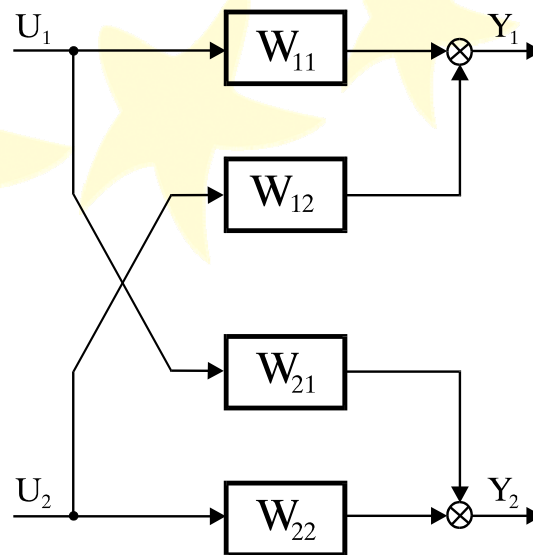


Европейски социален фонд

Система с два входа и два изхода

$$Y_1(p) = W_{11}(p)U_1(p) + W_{12}(p)U_2(p)$$

$$Y_2(p) = W_{21}(p)U_1(p) + W_{22}(p)U_2(p)$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

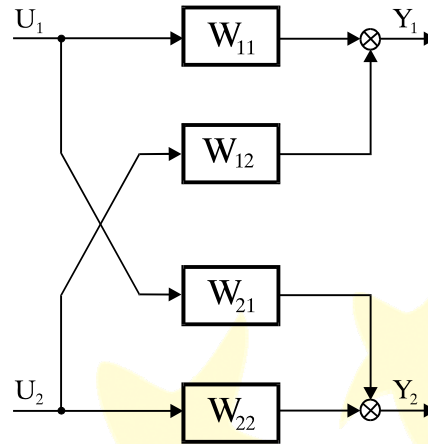
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Многомерни системи

$$\mathbf{U}(p) = \begin{bmatrix} U_1(p) \\ \vdots \\ U_r(p) \end{bmatrix}$$



$$\mathbf{Y}(p) = \begin{bmatrix} Y_1(p) \\ \vdots \\ Y_l(p) \end{bmatrix}$$

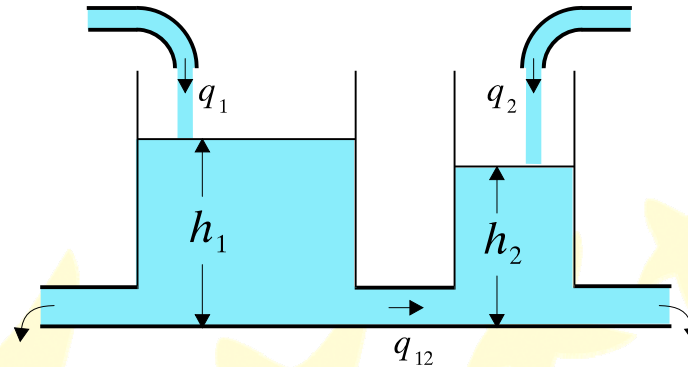
$$\mathbf{Y}(p) = \mathbf{W}(p)\mathbf{U}(p) \quad \mathbf{W}(p) = \begin{bmatrix} W_{11}(p) & \cdots & W_{1r}(p) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{l1}(p) & \cdots & W_{lr}(p) \end{bmatrix}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Скачени резервоари



$$S_1 \frac{dh_1}{dt} + c_1 h_1(t) = q_1(t) - q_{12}(t)$$

$$S_2 \frac{dh_2}{dt} + c_2 h_2(t) = q_2(t) + q_{12}(t)$$

$$q_{12} = c_{12}(h_1 - h_2)$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Скачени резервоари 2

$$\begin{aligned}(S_1 p + c_1 + c_{12})h_1(p) - c_{12}h_2(p) &= q_1(p) \\ -c_{12}h_1(p) + (S_2 p + c_2 + c_{12})h_2(p) &= q_2(p)\end{aligned}$$

$$h_1(p) = \frac{1}{S_1 p + c_1 + c_{12}} [q_1(p) + c_{12}h_2(p)]$$

$$h_2(p) = \frac{1}{S_2 p + c_2 + c_{12}} [q_2(p) + c_{12}h_1(p)] \quad ,$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

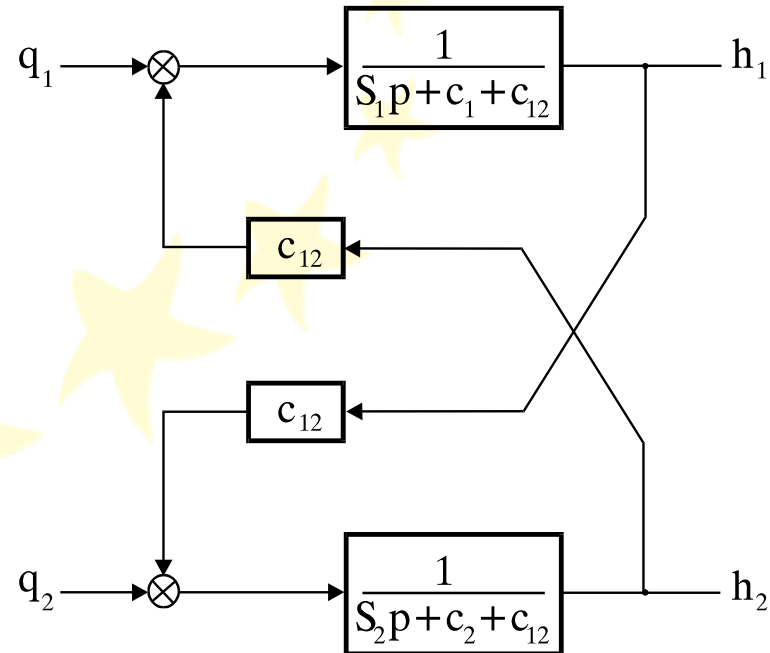


Скачени резервоари

$$W_{11}(p) = \frac{h_1(p)}{q_1(p)} = \frac{S_2 p + c_2 + c_{12}}{D(p)}$$

$$W_{22}(p) = \frac{h_2(p)}{q_2(p)} = \frac{S_1 p + c_1 + c_{12}}{D(p)}$$

$$W_{12}(p) = W_{21}(p) = \frac{c_{12}}{D(p)}$$



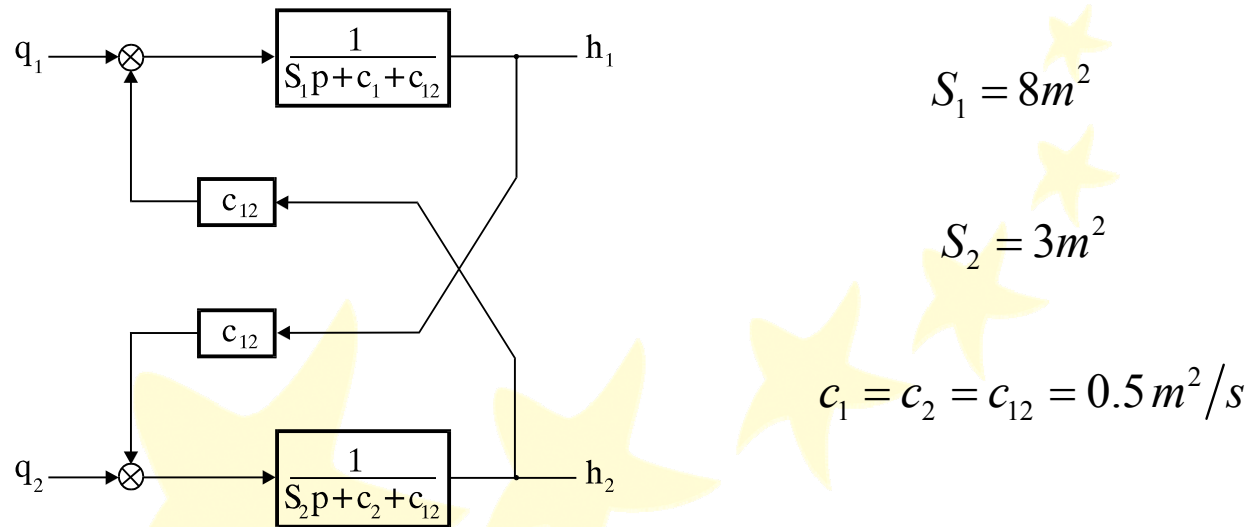
$$D(p) = S_1 S_2 p^2 + [S_1 (c_2 + c_{12}) + S_2 (c_1 + c_{12})] p + c_1 c_2 + c_1 c_{12} + c_2 c_{12}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през
 целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Скачени резервоари



$$W(p) = \begin{bmatrix} \frac{3p + 1}{24p^2 + 11p + 0.75} & \frac{0.5}{24p^2 + 11p + 0.75} \\ \frac{0.5}{24p^2 + 11p + 0.75} & \frac{8p + 1}{24p^2 + 11p + 0.75} \end{bmatrix}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Скачени резервоари

$$\mathbf{A}(p)\mathbf{Y}(p) = \mathbf{B}(p)\mathbf{U}(p)$$

$$\mathbf{W}(p) = \mathbf{A}^{-1}(p)\mathbf{B}(p)$$

$$\mathbf{A}(p) = \begin{bmatrix} S_1 p + c_1 + c_{12} & -c_{12} \\ -c_{12} & S_2 p + c_2 + c_{12} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Y}(p) = \begin{bmatrix} h_1(p) \\ h_2(p) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}(p) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{U}(p) = \begin{bmatrix} q_1(p) \\ q_2(p) \end{bmatrix}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

