

**УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ – СТРУКТУРНИ СХЕМИ,
СТАТИЧНИ, ДИНАМИЧНИ И МЕТРОЛОГИЧНИ
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

дисциплина „Електрически измервания”

*ОКС „Бакалавър” от Учебен план за студентите на специалност
АИУТ, професионално направление*

5.2. Електротехника, електроника и автоматика



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

СЪДЪРЖАНИЕ

- ❑ УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ
- ❑ СТРУКТУРНИ СХЕМИ НА УРЕДИТЕ ЗА ИЗМЕРВАНЕ
- ❑ СТАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ
- ❑ ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ
- ❑ МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ
- ❑ ЛИТЕРАТУРА



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!



1.1. УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ

Уреди за измерване - технически устройства, с помощта на които се осъществява измервателният процес и които имат нормирани метрологични характеристики.

Елементарни:

- Мерки
- Измервателни преобразуватели
- Компаратори

Комплексни



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

3.2. СТРУКТУРНИ СХЕМИ НА УРЕДИТЕ ЗА ИЗМЕРВАНЕ

По структурните си особености измервателните уреди се разделят на:

**Уреди с
уравновесяване**

**Уреди със
смесено
преобразуване**

**Уреди с пряко
преобразуване - с
отворена структурна
схема**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

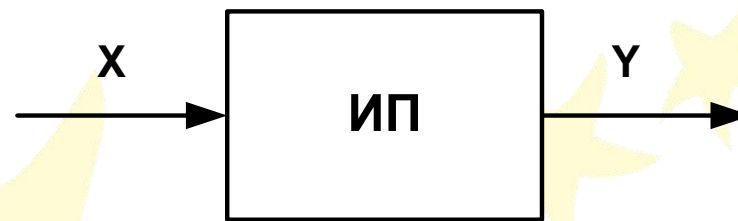
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”**

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

Измервателните уреди представляват съвкупност от елементарни средства за измерване и притежават определена структура. Структурната им схема разкрива общата структура на уреда и предаването на информацията между елементите му



Структурна схема на измервателен преобразувател

Измервателните преобразуватели в структурните схеми се представят с правоъгълник. Връзката между входната X и изходната Y величина се изразява чрез функцията на преобразуване.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

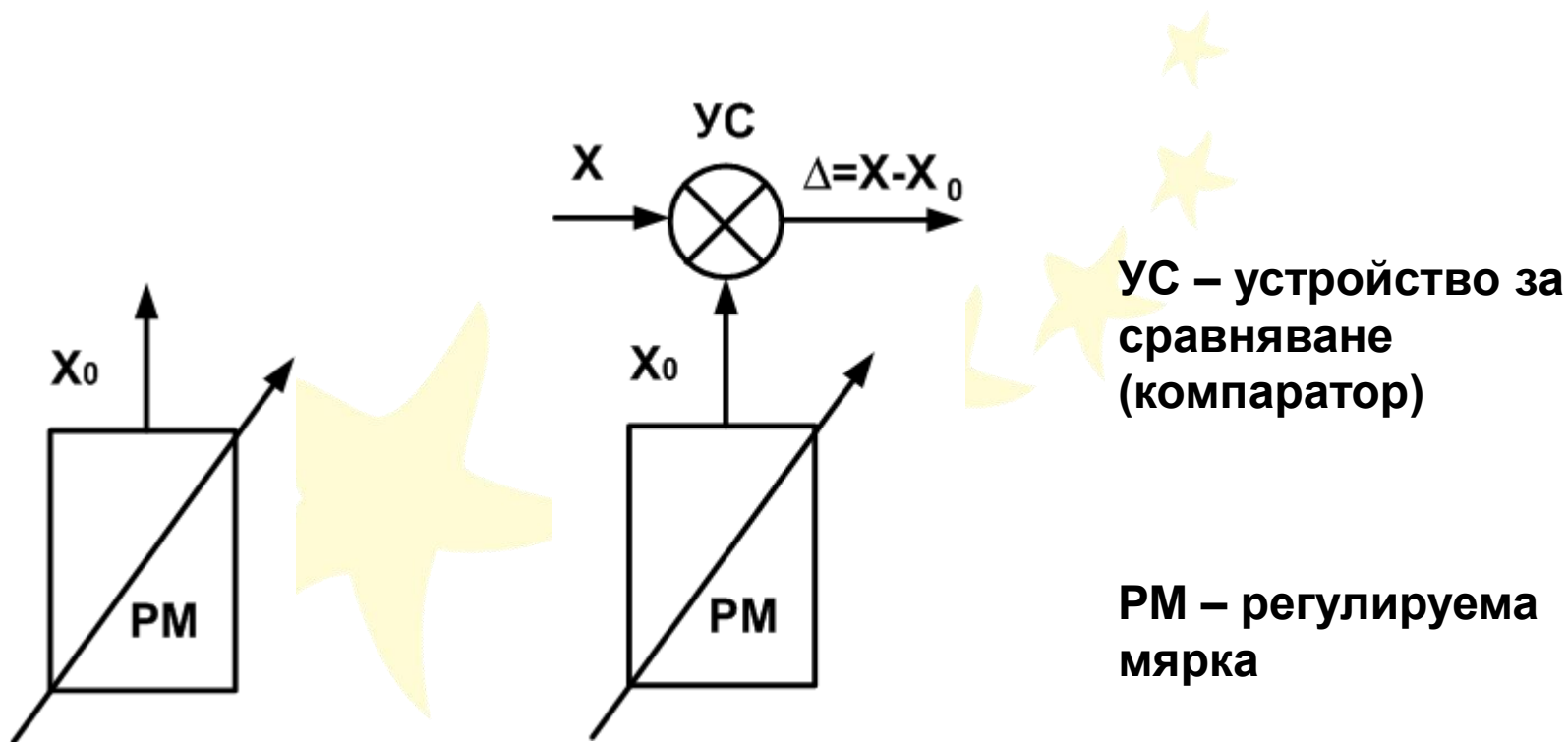
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

СТРУКТУРНА СХЕМА НА РЕГУЛИРУЕМА МЯРКА



**УС – устройство за
сравняване
(компаратор)**

**PM – регулируема
мярка**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

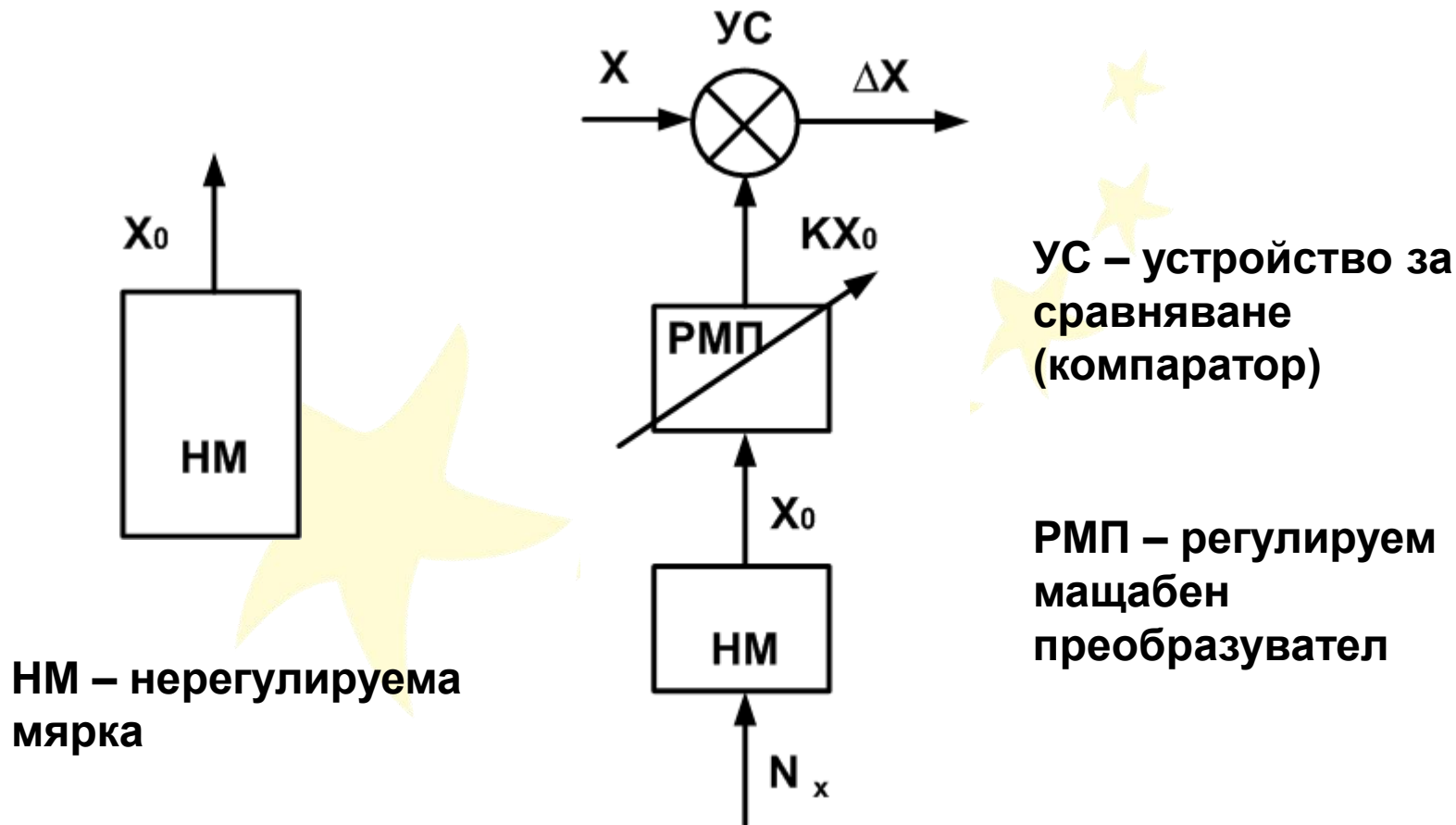
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”

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

СТРУКТУРНА СХЕМА НА НЕРЕГУЛИРУЕМА МЯРКА



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

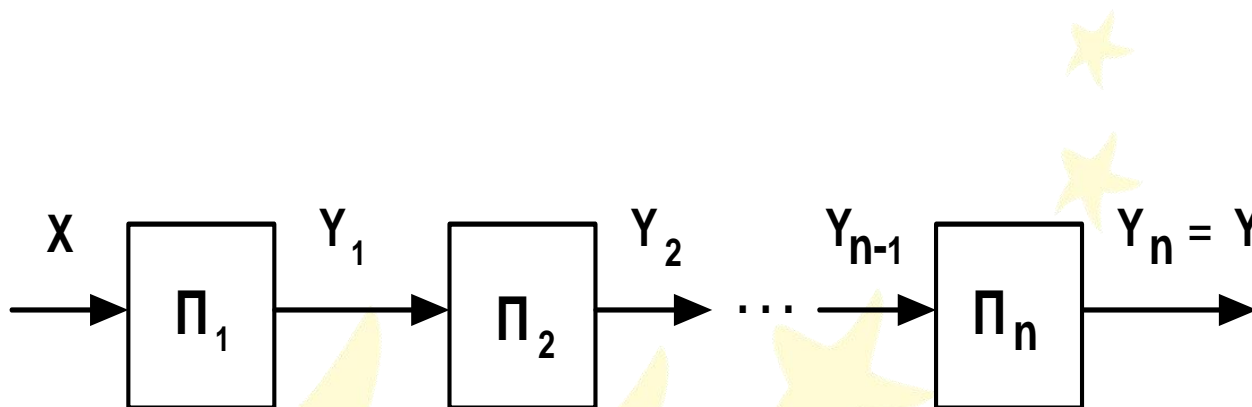
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

- Уреди с пряко преобразуване: информацията се предава само в една посока - от входа X към изхода Y



X – входна величина

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ - преобразуватели

Y_1, Y_2, \dots, Y_n - междинни изходни
величини на отделните преобразуватели



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

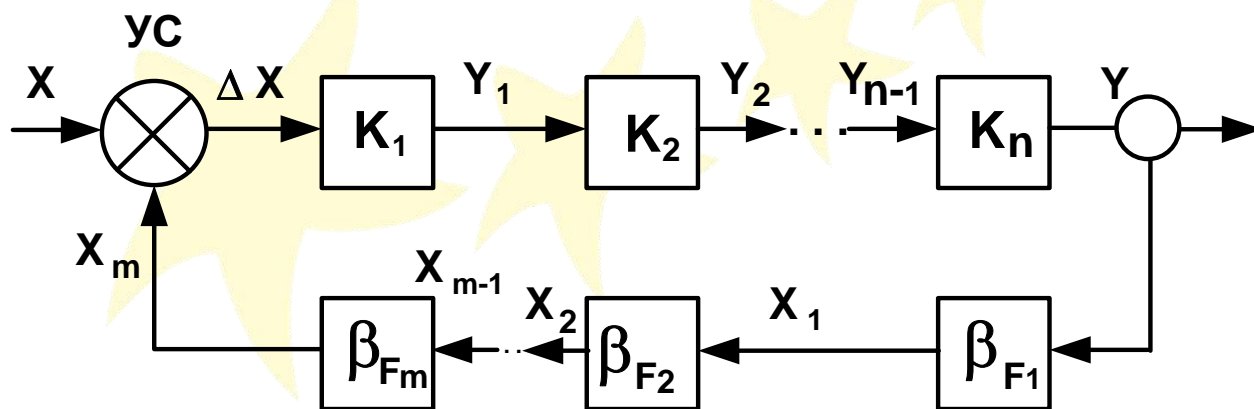
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”**

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!



□ Уреди с уравновесяване (уреди с непосредствено сравняване)

Изграждат се по затворена структурна схема с две вериги: верига на правото преобразуване K_1, K_2, \dots, K_n и верига на обратното преобразуване, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$.



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

□ Уреди с уравновесяване (уреди с непосредствено сравняване)

Резултатът се определя от състоянието на устройството за сравняване при $\Delta X=0$. Структурната схема е затворена.

$$\Delta X = X - X_m$$

$$Y = K_1 K_2 \dots K_n \Delta X = \prod_{i=1}^n K_i \Delta X = K \Delta X$$

$$X_m = \beta_1 \beta_2 \dots \beta_m Y = \prod_{j=1}^m \beta_j Y = \beta Y$$

$$K_F = \frac{Y}{X} = \frac{K \Delta X}{\Delta X + X_m} = \frac{K \Delta X}{\Delta X + \beta Y} = \frac{K \Delta X}{\Delta X + \beta K \Delta X} = \frac{K}{1 + \beta K}$$



входната величина X се сравнява в устройството за сравняване (УС) с еднородната величина X_m



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

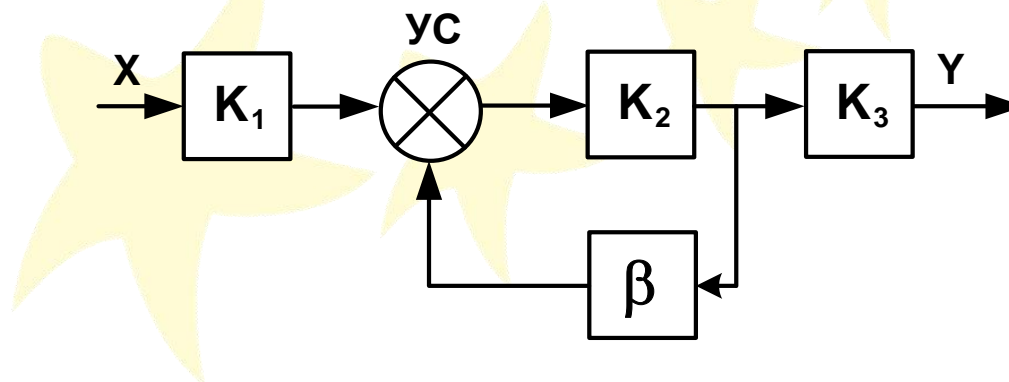
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

□ Уреди със смесено преобразуване

Те имат структурна схема, в която само една част от звената са обхванати от обратна връзка. Пример за измервателен уред с такава схема е електронният волтметър



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

□ Уреди със смесено преобразуване - само една част от звената са обхванати от обратна връзка

- K_1 , K_2 и K_3 - коефициенти на преобразуване в правата верига
- β коефициент на преобразуване в обратната верига

Коефициент на преобразуване на измервателен уред със смесено преобразуване:

$$K_{Fc} = \frac{Y}{X} = K_1 \frac{K_2}{1 + \beta K_2} K_3$$



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

По начин на представяне на изходната информация уредите за измерване са:

- **Аналогови** - аналоговите уреди имат непрекъснатата скала и преобразуването на показанието в число се извършва от наблюдателя.

- **Цифрови** - измерваната величина се представя на изхода в дискретна форма.

Информационно- измервателна система - функционална съвкупност от средства за измерване и е предназначена за изпълнение на сложни измервателни задачи.



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!



3.3. СТАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

■ **Функция на преобразуване** - връзката между информативните параметри на входния сигнал X и изходния сигнал Y

$$Y = f(X_1, \dots, X_n, a_1, \dots, a_n, g_1, \dots, g_n, b_1, \dots, b_n)$$

➤ Върху вида и характера на статичната характеристика влияние оказват:

- параметрите на уредите за измерване – величини, които обуславят конструкцията и функционирането му;
- вътрешните дестабилизиращи фактори – вредно действащи величини, които нарушават условията на работа на уредите за измерване



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!



3.3. СТАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- **Коефициент на преобразуване** - отношението на информативния параметър Y на изходния сигнал към информативния параметър X на входния сигнал на линейния измервателен преобразувател:

$$K = Y/X$$

- **Градуировъчна характеристика** - експериментално определената зависимост между входната и изходната величина:

$$Y = f(X)$$



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!



3.3. СТАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- **Чувствителност** - способността на уредите за измерване да възприемат измененията ΔX на измерваната величина

При линейна функция на преобразуване чувствителността S е:

$$S = \frac{dY}{dX} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

Най-малката стойност $\Delta X_{\text{пр.ч.}}$, която може да възприеме средството за измерване, се нарича **праг на чувствителност**.



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

3.3. СТАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

■ **Константа С** - въвежда се при аналоговите измервателни уреди, чиято скала е разграфена на деления. Тя представлява число, с което се умножава показанието на уреда, изразено в деления θ , за да се получи стойността на измерваната величина.

$$C = X_N/\theta_N \text{ (при линейна скала);}$$

$$C = X/\theta \text{ (при не-линейна скала)}$$

■ **Стабилност** - характеризира неизменността на характеристиките на уредите на измерване и параметрите им във времето.



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

3.3. СТАТИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- **Константа С** - въвежда се при аналоговите измервателни уреди, чиято скала е разграфена на деления. Тя представлява число, с което се умножава показанието на уреда, изразено в деления θ , за да се *получи стойността на измерваната величина*.
- **Енергиен обмен** – уредите за измерване се свързват към обекта на измерване, при което се променя в една или друга степен информативният параметър на изхода му. Уредите за измерване се характеризират с ***входни и изходни импеданси и мощности***



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!



3.4. ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- **Динамична функция на преобразуване** – зависимостта между променящите се във времето входна $X(t)$ и изходна $Y(t)$ величини – описват се с линейни диференциални уравнения. Най-често се използва *операторният метод* на основата на преобразуването на Лаплас
- **Предавателна функция** – определя се при типови входни въздействия:

$$K(p) = Y(p)/X(p)$$



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

3.4. ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- **Преходна характеристика** (функция) $h(t)$ – характеризира реакцията на изхода на уреда за измерване (изменението на изходния сигнал) при входно въздействие с единичен стъпаловиден сигнал; характеризира преходния процес при преминаване от един уравнивесен режим в друг.
- **Импулсна характеристика** (функция) $h_1(t)$ – реакцията $Y(t)$ при входно въздействие с единична импулсна функция $I'(t)$ и нулеви начални условия. Тя характеризира преходния процес в импулсен режим. Единичната импулсна функция представлява производна на единичната стъпаловидна функция.



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!



3.4. ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

□ **Комплексен коефициент на преобразуване** - реакцията на преобразувателите при синусоиден входен сигнал, дава информация за честотните характеристики на уреда за измерване.

$$K(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$



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

3.4. ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- **Амплитудно-честотна характеристика** $A(\omega)$ - зависимостта на отношението на амплитудата на изходния сигнал към амплитудата на входния синусоидален сигнал от изменението на честотата.
- **Фазово-честотна характеристика** $\varphi(\omega)$ - представлява зависимостта на фазовата разлика между изходния и входния синусоидален сигнал от честотата.



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!



3.4. ДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

□ Бързодействие

- При **аналоговите** измервателни уреди - времето t_y за установяване на показанието със зададена точност след промяна на входния сигнал.
- При **цифровите** измервателни уреди - бързодействието се оценява по броя на измерванията в секунда или чрез времето от момента на изменение на измерваната величина до установяване на съответното цифрово показание.



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!



3.5. МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Метрологични характеристики - характеристики, които оказват пряко влияние върху резултата и грешката на измерване; Те служат за оценка на грешките на измерванията, извършвани при известни работни условия както в статичен, така и в динамичен режим.

Метрологичните характеристики се делят на:

- статични характеристики;
- динамични характеристики.



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

3.5. МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Нормируеми метрологични характеристики (НМХ) – метрологични характеристики, които подлежат на нормиране според документите на законодателната метрология

НМХ се делят на две групи:

- НМХ при нормални условия на работа;
- НМХ при промяна на влияещите фактори, т.е. при условия, различни от нормалните.



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!



3.5. МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

□ **НМХ при нормални условия на измерване** – за тях е дефинирана нормална област на влияещите фактори. Нормалните условия се задават в нормативно-техническата документация на уредите за измерване.

□ **НМХ при работни условия на измерване** – за тях е дефинирана област на влияещите величини, които може да са различни от нормалните.



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!



3.5. МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Нормират се следните основни метрологични характеристики:

- номинална статична функция на преобразуване - може да се зададе във вид на формула, графика или таблица;
- номинална стойност на мярка;
- константа;
- чувствителност;



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

3.5. МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- характеристика на грешката;
- вариация на изходния сигнал на измервателния преобразовател;
- вариация на показанията на измервателния уред;
- входен и изходен импеданс на средствата за измерване;
- динамична функция на преобразуване;



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!



3.5. МЕТРОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- номинални АЧХ и ФЧХ;
- функции на влияние;
- най-големи допустими изменения на НМХ, предизвикани от изменение на влияещите величини (поотделно за всяка влияеща величина)



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

ЛИТЕРАТУРА

- *Метрология и измервателна техника*, том 1 - под общата редакция на проф. Христо Радев, София, Софттрейд, 2010
- *Електрически измервания* – под общата редакция на проф. Борис Матраков, София, ИПК при ТУ, 1999
- *Електрически измервания* – под общата редакция на проф. Ал. Балтаджиев, София, ДИ Техника, 1977



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!

