

 **Технически университет – София**

ФАКУЛТЕТ АВТОМАТИКА

Катедра „Електроизмервателна техника“

Презентация № 2

ГРЕШКИ НА УРЕДИТЕ ЗА ИЗМЕРВАНЕ

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

- Класификация на грешките на средствата за измерване
 - Според начина на изразяване
 - Според причината и условията на възникване на грешката
 - Според режима на изменение на измерваната величина
 - Според характера на изменение на грешката
 - Според вида на зависимостта на грешката от измерваната величина X
- Клас на точност
- 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!



Както беше споменато в Лекция 1, резултатът от измерването на физичната величина се представя с число (което показва *колко пъти измервателната единица се съдържа в измерваната величина*) и грешка на резултата от измерването.

Отклонението на резултата от измерването $X_{изм}$ от истинската стойност на измерваната величина X представлява грешката на резултата от измерването.

Сумарната грешка на резултата от измерването в най-общия случай има **три съставлящи**:

➤ **инструментална** – определя се от основните метрологични характеристики на средството 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!



- **методическа** – зависи от използвания метод за измерване, но не и от самия уред. Тя може да е значителна, но често може да се оцени и компенсира (понякога дори изцяло)
- **субективна** – определя се главно от квалификацията на ползвателя на уреда (субекта). Не винаги може да се предвиди или оцени.

Грешките на средствата за измерване (т.е. *инструменталните грешки*) се класифицират по различни признаци, някои от които се явяват общи за тях и за грешката на резултата от измерването.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

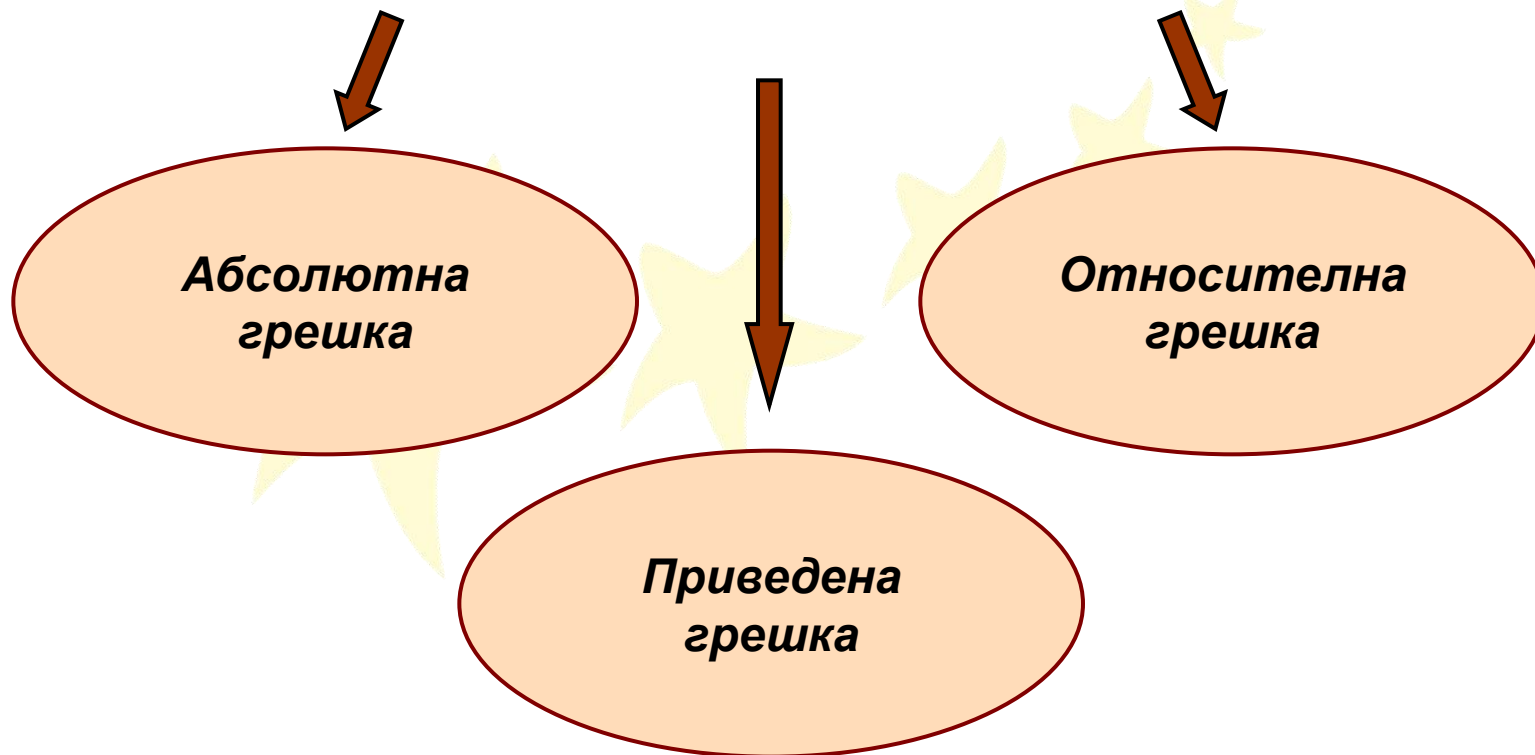
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

1. Според начина на изразяване (т.е. според размерността)



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

Абсолютната грешка (Δ) – представлява разликата между стойността на измерената величина $X_{изм}$ и истинската ѝ стойност X .

$$\Delta = X_{изм} - X$$

Абсолютната грешка се изразява в единиците на измерваната величина

! Ако средството за измерване е мярка, под $X_{изм}$ се има пред вид възпроизведената стойност на величината, а ако е измервателен преобразувател - $X_{изм}$ е преобразуваната стойност на величината



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

Относителната грешка (δ) – представлява отношението на абсолютната грешка Δ към истинската стойност на измерваната величина X .

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \quad \text{или} \quad \delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100 \%$$

Относителната грешка е безразмерна величина или се изразява в проценти



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

Приведената грешка (γ) – представлява отношението на абсолютната грешка Δ към нормиращата стойност X_H

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_H} \quad \text{или} \quad \gamma = \frac{\Delta}{X_H} \cdot 100 \%$$

Приведената грешка е безразмерна величина или се изразява в проценти

X_H зависи от типа на скалата на средството за измерване. Ако скалата е едностранна с най-малка стойност 0, то X_H е най-голямата стойност. Ако скалата е двустранна с 0 в центъра, то X_H е сумата от крайните стойности на диапазона на измерването.

!



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

2. Според причината и условията на възникване на грешката (в зависимост от влияещите величини)



Основна грешка

Допълнителна грешка



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

Нормални условия за средството за измерване са условията, при които са извършени градуиране, настройка и проверка.

Грешката определена при нормални условия се нарича **основна грешка**.

При отклонение на влияещите величини от стойностите при нормални условия (виж слайд 11 и 12), грешката може да се промени.

Това изменение на грешката се нарича **допълнителна грешка**.



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!



Нека функцията на преобразуване на средството за измерване има вида $y = f(x; \alpha_1; \alpha_2; \dots; \alpha_n)$, където x е входната величина, y е изходната, а $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ са влияещите величини.

Изменението на изходната величина Δy се определя не само от изменението на входната величина Δx , но и от изменението на влияещите величини $\Delta \alpha_1, \Delta \alpha_2, \dots, \Delta \alpha_n$

В този случай
$$\Delta y = \frac{dy}{dx} \Delta x + \frac{dy}{d\alpha_1} \Delta \alpha_1 + \dots + \frac{dy}{d\alpha_n} \Delta \alpha_n$$
 , където вторият и следващите членове се явяват съставляващи на грешката. Ако измененията на влияещите величини са в рамките на нормалните условия, всички указани членове влизат в състава на основната грешка.



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!



При отклонение на влияещите величини над рамките на нормалните условия, указаните членове на уравнението образуват допълнителната грешка.

Функциите $\frac{dy}{d\alpha_1}(\alpha_{1\text{норм}} - \alpha_1)$, ..., $\frac{dy}{d\alpha_n}(\alpha_{n\text{норм}} - \alpha_n)$ се наричат *функции на влиянието*, където $\alpha_{1\text{норм}}$, ..., $\alpha_{n\text{норм}}$ са нормалните стойности на влияещите величини, а α_1 , ..., α_n са тези за които се определят допълнителните грешки.

Производните $\frac{dy}{d\alpha_1}$, ..., $\frac{dy}{d\alpha_n}$ се наричат *коэффициенти на влияние*.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

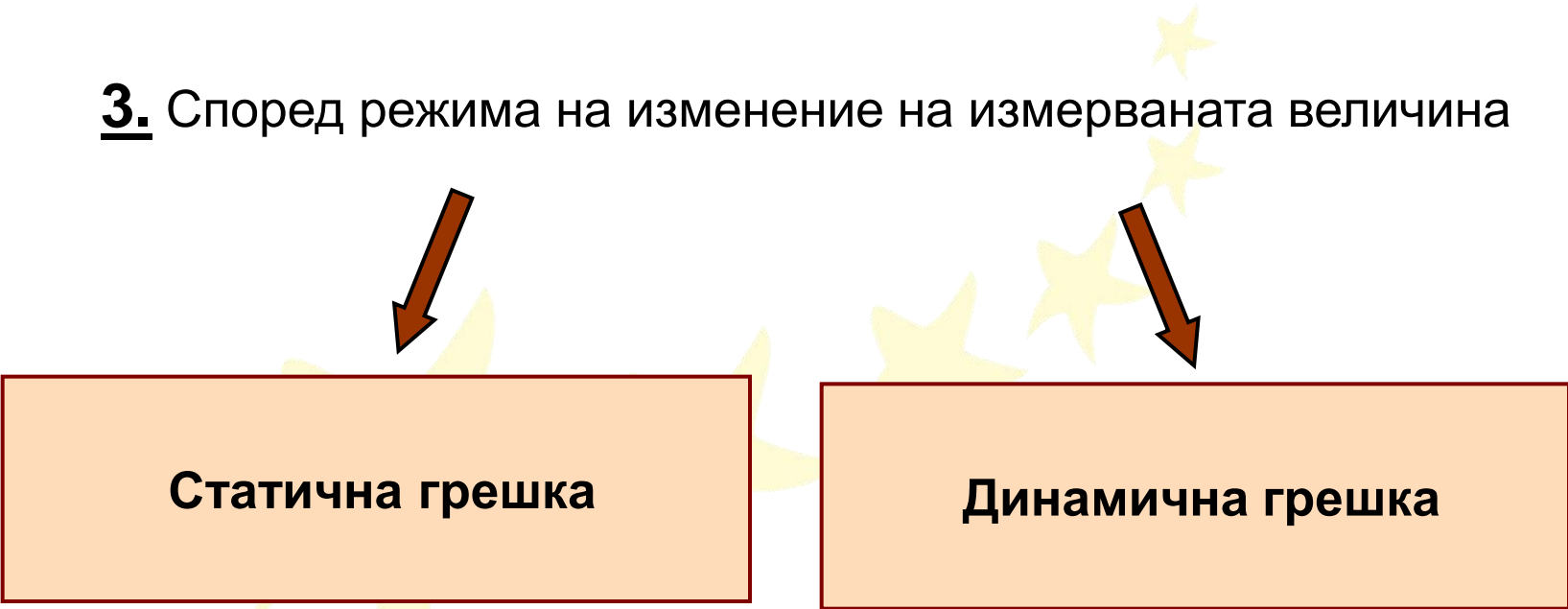
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

3. Според режима на изменение на измерваната величина



Статична грешка

Динамична грешка



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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

При статичен режим (когато входната величина X е постоянна $X=const$), функцията на преобразуване на средството за измерване $Y=f(X)$, изразяваща връзката между установените стойности на входния (X) и изходния (Y) сигнал, се нарича **статична характеристика**.

При нормални условия и номинални стойности на параметрите на средството за измерване неговата статична характеристика се нарича **номинална**.



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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

На практика обаче, *реалната статична характеристика* може да се различава от *номиналната* (предписаната). Причини за това могат да бъдат, както нестабилността на производството, така и дестабилизиращото въздействие на влияещите величини

Разликата на реалната и номиналната статична характеристика обуславя възникването на **статичната грешка**.



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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

Динамичната грешка възниква при измерване на променливи, бързо изменящи се във времето величини.

Тя представлява разликата между грешката на средството за измерване (уреда) в динамични условия и неговата статична грешка, съответстваща на стойността на измерваната величина в даденият момент от времето. Тази разлика се обуславя от реакцията на уреда на скоростта (честотата) на изменение на входният сигнал, т.е. от динамичните свойства (*инерционност*) на средството 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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

4. Според характера на изменение на грешката

Систематична грешка

Случайна грешка



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

Систематична е грешката, която при повторни измервания на една и съща физична величина, при едни и същи условия, остава постоянна или се изменя по определен закон.

Причини за възникване на систематична грешка могат да бъдат: отклонение на параметрите на реалния уред от конструктивно предписаните; грешка при градуиране или леко отклонение в скалата, износване на работната повърхност на контакт на механизмите и др.

Точността е качество на средството за измерване отразяващо близостта на систематичните му грешки до нула.



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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

Случайна е грешката, която при повторни измервания на една и съща физична величина, при едни и същи условия, има различна стойност, която не може да се предвиди предварително.

Случайните грешки могат да се породят от съвместното действие на различни причини: например вътрешни шумове на елементи на електронни схеми; индуктирани ел. магнитни смущения на входа на средствата за измерване, пулсации на постоянно захранващо напрежение и др.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

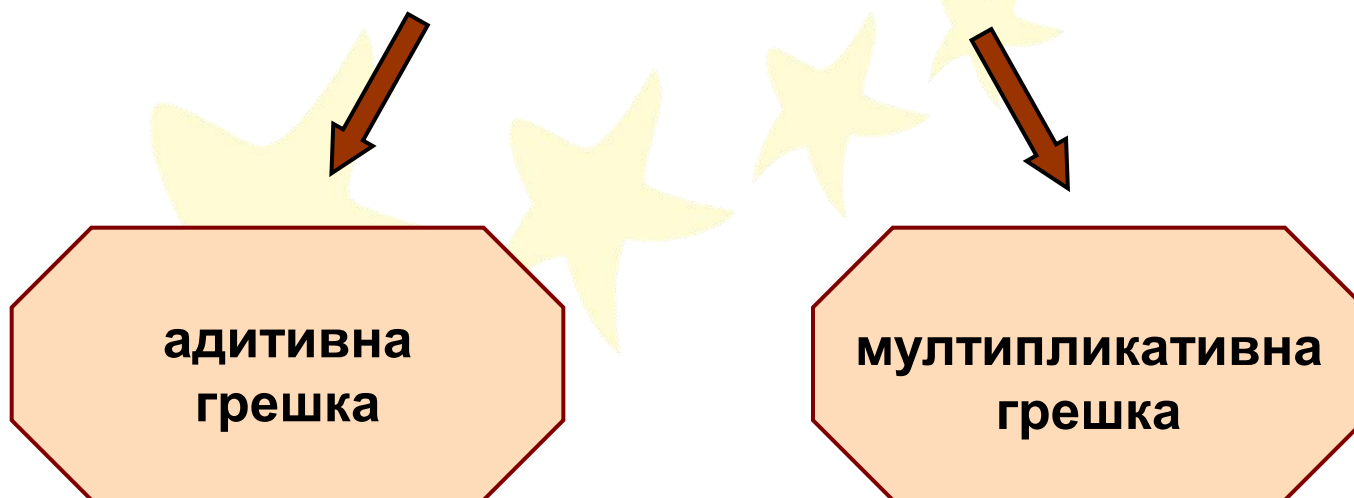
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Класификация на грешките на средствата за измерване

5. Според вида на зависимостта на грешката от измерваната величина X



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

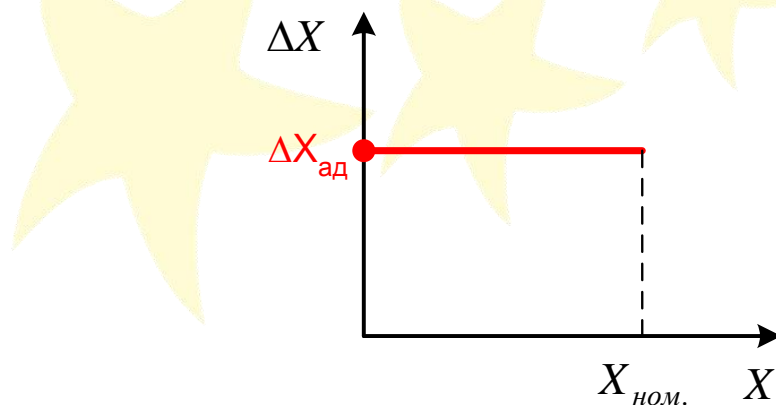
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Класификация на грешките на средствата за измерване

Аддитивната грешка не зависи от стойността на измерваната величина X . Тя е постоянна в целия диапазон на измерваната величина, включително и при стойност нула



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

Класификация на грешките на средствата за измерване

Мултипликативната грешка е пропорционална на стойността на измерваната величина 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!



Европейски социален фонд

Клас на точност

Класът на точност е основна метрологична характеристика и представлява обобщена характеристика на точността на средството на измерване.

Класът на точност определя границите на допустимите основни и допълнителни грешки

Начините за изразяването му чрез допустимата абсолютна, приведена или относителна грешка се установяват в съответни стандарти за различните видове средства 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!



Европейски социален фонд

Клас на точност

!

Особено важно е да се отбележи, че:

Въпреки, че характеризира съвкупността на метрологичните свойства на даденото средство за измерване, класът на точност не определя еднозначно **точността на измерването**, тъй като тя зависи и от метода на измерване и условията, при които то се провежда.



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

Клас на точност

В зависимост от начина на изразяване на допустимите гранични грешки, класът на точност се означава по следните начини:

1. Чрез поредни цифри - (например кл.1, кл. 2, кл. 3)

при средства за измерване, където границите на допустимата основна грешка се изразяват във вид на абсолютна грешка.



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

Клас на точност

2. Чрез ред от числа – при средства за измерване, чиито гранични допустими грешки се изразяват във вид на приведена грешка в проценти.

Например за аналоговите показващи уреди класовете на точност са :

0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,5 ; 5,0

Т.е. ако например класът на точност на аналогов волтметър е 1,0 това означава, че най-голямата основна приведена грешка трябва да не надвишава

$$\gamma_{\max} = \frac{\Delta_{\max}}{U_H} \cdot 100\% = 1\%$$



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

3. Чрез число заградено в кръгче - (например 0,5) равно на граничната допустима относителна грешка в проценти.

Например: означение $\textcircled{0,5}$ върху самия уред, което отговаря на клас на точност в документацията 0,5 и означава че максималната относителна грешка на уреда трябва да не надвишава $\delta = \pm 0,5 \%$

Към средствата за измерване от тази група спадат например индукционните електромери



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

4. Чрез двучленна формула:

$$\gamma_0 = \pm [c + d(X_{II} / X - 1)]$$

където: $c = \gamma_a + \delta_m$ е сумата от стойностите на приведената адитивна (γ_a) и относителната мултипликативна (δ_m) съставка на грешката при $X = X_{II}$, а $d = \gamma_a$. Коефициентите c и d са положителни числа.

Към тази група се отнасят например цифровите уреди с уравновесяване – мостове, компенсатори.



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

5. Чрез число поставено между две линии под ъгъл:

например /0,5/, при средства за измерване със силно неравномерна скала, за които се нормира приведената към дължината на скалата линейна процентна грешка ($\Delta/l_{КС}$)

Към тази група спадат например средства за измерване с хиперболична или логаритмична скала, като омметри и фарадметри.



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

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

