

 Технически университет – София

ФАКУЛТЕТ АВТОМАТИКА

Катедра „Електроизмервателна техника”

Презентация № 6

ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ПОСТОЯНЕН ТОК

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

- ❑ ОБЩИ СВЕДЕНИЯ
- ❑ ИЗМЕРВАНЕ НА СЪПРОТИВЛЕНИЯ ЧРЕЗ АМПЕРМЕТЪР И ВОЛТМЕТЪР
- ❑ МОСТОВЕ ЗА ПОСТОЯНЕН ТОК
- ❑ МАГНИТНИ КОМПАРАТОРИ
- ❑ 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!



Европейски социален фонд

ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

- ❑ **Съпротивлението е параметър, характеризиращ електрическите вериги и елементи при постоянен ток.**
- ❑ **Съвременната електроизмервателка техника разполага с разнообразни методи и уреди за измерване на съпротивления**
- ❑ **Изборът на един или друг метод или уред зависи от конкретните изисквания на поставената задача: особеностите на измервания обект, големината на съпротивлението, желаната точност, влиянието на околната среда 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!



Европейски социален фонд

Обхватът на срещаните в електротехниката и електрониката съпротивления е много широк – $10^{-8} \Omega$ до $10^{15} \Omega$.

Разделение на съпротивленията		
Подобхвати	Стойност, Ω	Относителни грешки при измерването, %
Много малки	$10^{-8} - 10^{-4}$	1 - 5
Малки	$10^{-4} - 10$	$10^{-5} - 1$
Средни	$10 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Големи	$10^6 - 10^{10}$	$10^{-3} - 0.1$
Много големи	$10^{10} - 10^{15}$	0.1



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

ИЗМЕРВАНЕ НА СЪПРОТИВЛЕНИЯ ЧРЕЗ АМПЕРМЕТЪР И ВОЛТМЕТЪР

НАЙ- ПРОСТИЯ МЕТОД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА СЪПРОТИВЛЕНИЯ, ОСНОВАВА СЕ НА ЗАКОНА НА ОМ.

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Две схеми на включване на амперметъра и волтметъра:

V - A схема

A - V схема

Определянето на съпротивлението R_x и по двете схеми е съпроводено с методична грешка, която се дължи на собствената консумация на измервателните уреди.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

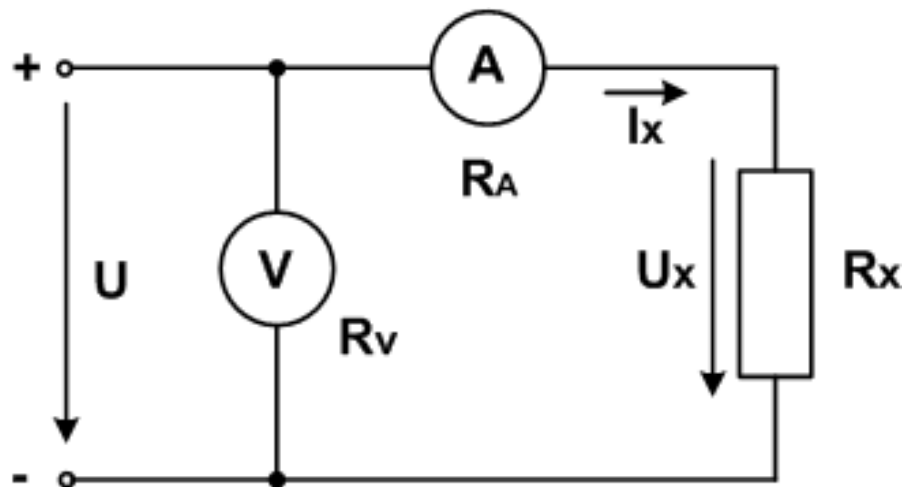
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

V-A СХЕМА



➤ **АБСОЛЮТНА
ГРЕШКА:**

$$R'_X = \frac{U}{I} = \frac{U_X + IR_A}{I} = R_X + R_A$$



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

V-A СХЕМА

➤ ОТНОСИТЕЛНА ГРЕШКА:

$$\delta' = \frac{R'_X - R_X}{R_X} = \frac{R_A}{R_X}$$

**СХЕМА V-A Е ПОДХОДЯЩА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА
СРАВНИТЕЛНО ГОЛЕМИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ ($R_X \gg R_A$)**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

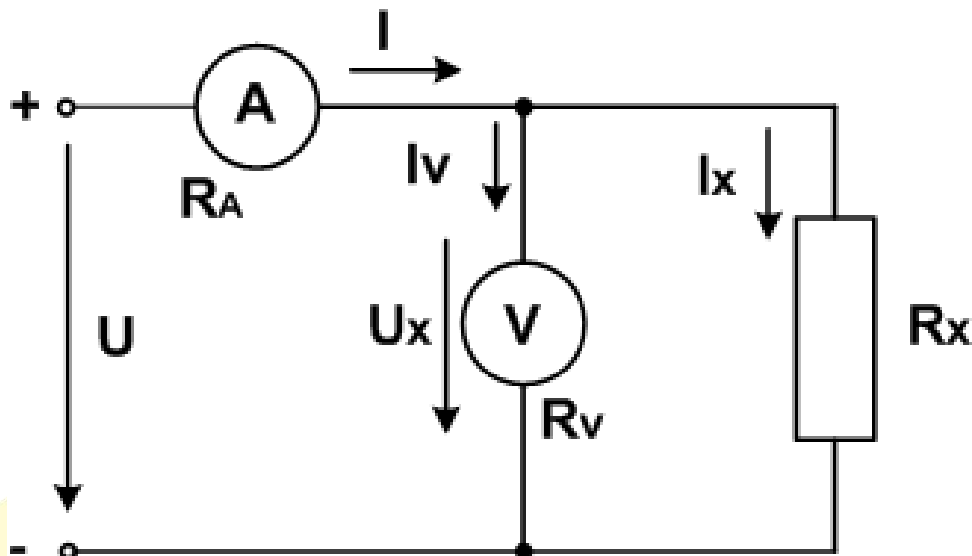
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”

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

A-V СХЕМА



➤ **АБСОЛЮТНА ГРЕШКА:**

$$R''_X = \frac{U}{I} = \frac{U}{I_X + I_V} = \frac{U}{U/R_X + U/R_V} = \frac{R_X R_V}{R_X + R_V}$$



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

➤ ОТНОСИТЕЛНА ГРЕШКА:

$$\delta'' = \frac{R''_X - R_X}{R_X} = -\frac{R_X}{R_X + R_V}$$

ПОДХОДЯЩА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА СРАВНИТЕЛНО
МАЛКИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ ($R_X \ll R_V$)

- ПРЕДИМСТВО НА МЕТОДА – ПОЗВОЛЯВА НЕИЗВЕСТНОТО СЪПРОТИВЛЕНИЕ ДА СЕ ИЗМЕРВА ПРИ РАБОТНИ УСЛОВИЯ.



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

ИЗМЕРВАНЕ НА МАЛКИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ

➤ **ВЛИЯНИЕ НА КОНТАКТНИТЕ
СЪПРОТИВЛЕНИЯ**

➤ **ВЛИЯНИЕ НА СЪПРОТИВЛЕНИЯТА НА
СВЪРЗАЩИТЕ ПРОВОДНИЦИ**

**четириточково
(четириклемно)
свързване на
измерваното
съпротивление**



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

ИЗМЕРВАНЕ НА МАЛКИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ

➤ ПАРАЗИТНИ КОНТАКТНИ
ТЕРМО-Е.Д.Н

използват се проводници от един
и същи материал и потенциалните
изводи се поставят при една и
съща температура.

Грешките имат систематичен характер
и могат да се изключат като се
извършват две измервания при
различна посока на тока.



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

ИЗМЕРВАНЕ НА МНОГО ГОЛЕМИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ

ОСОБЕНОСТИ:

- съпротивлението на диелектриците силно зависи от условията на измерване
- съпротивлението на електроизолационните материали е различно през обема и повърхността на диелектрика
- изолационните съпротивления на свързващите проводници и измервателните уреди могат да се окажат от един и същ порядък с измерваното съпротивление



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

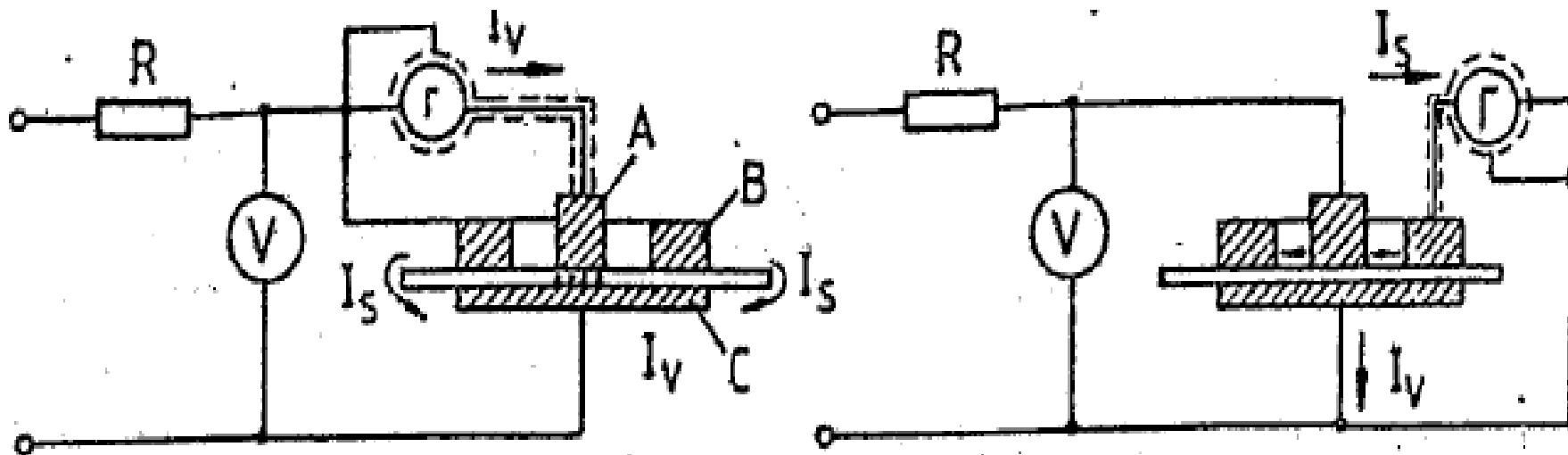
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

ИЗМЕРВАНЕ НА МНОГО ГОЛЕМИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ – A-V МЕТОД



Схеми за измерване на обемно съпротивление и повърхностно съпротивление на листови изолационни материали



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 от три електрода A , B и C реализира разделянето на обемните и повърхностните токове
- ❑ Електродите A и C се използват за измерване на обемното съпротивление R_V
- ❑ Електродите A и B – на повърхностното съпротивление R_S
- ❑ Формата и размерите на електродите са стандартизирани, с цел по-лесното определяне на специфичното обемно ρ_V и специфичното повърхностно ρ_S съпротивление.

Обемно
съпротивление $R_V = \frac{U}{I_V}$

Повърхностно
съпротивление $R_S = \frac{U}{I_S}$



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!



Специфични съпротивления:

$$\rho_V = R_V \frac{\pi d^2}{4\delta}, \Omega.m$$

$$\rho_S = R_S \pi \frac{D+d}{D-d}, \Omega$$

d - диаметърът на електрода A

D - вътрешният диаметър на електрода B

δ - дебелината на измервания диелектрик.

**ЧРЕЗ МЕТОДА НА АМПЕРМЕТЪРА И ВОЛТМЕТЪРА МОГАТ
ДА СЕ ИЗМЕРВАТ СЪПРОТИВЛЕНИЯ ДО $10^9 \Omega$, ПОРАДИ
ОГРАНИЧЕНАТА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ НА ГАЛВАНОМЕТРИТЕ
ЗА ПОСТОЯНЕН ТОК.**



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

ИЗМЕРВАНЕ НА МНОГО ГОЛЕМИ СЪПРОТИВЛЕНИЯ – ИНТЕГРАЛНИ МЕТОДИ

- ✓ За измерване на съпротивления над $10^9 \Omega$
- ✓ Измерва се интегралната стойност на тока за определен интервал от време t

$$Q = \int_0^t i \cdot dt$$

- Метод на кондензаторния заряд
- Метод на кондензаторния разряд

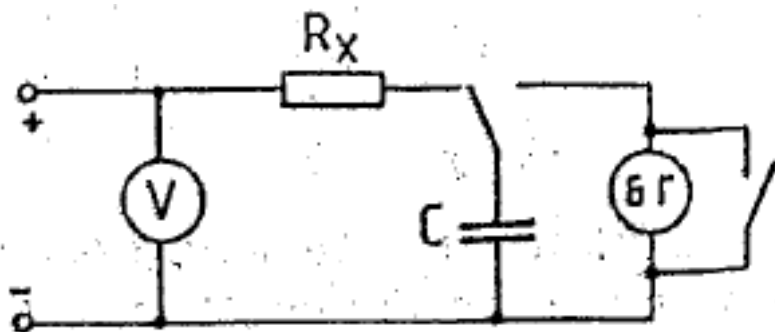


Европейски съюз

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!



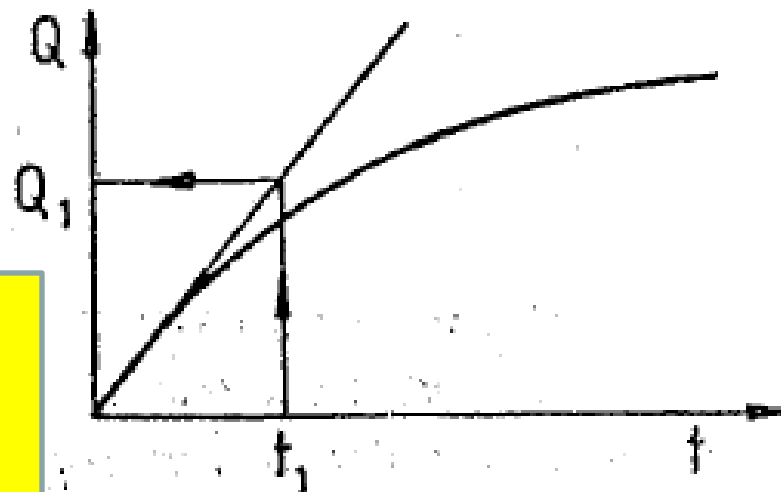
МЕТОД НА КОНДЕНЗАТОРНИЯ ЗАРЯД



$$Q = UC(1 - e^{-t/R_x C})$$

$$\alpha_{1m} = \frac{Q}{C_Q} = \frac{UC(1 - e^{-t/R_x C})}{C_Q}$$

$$R_x = \frac{t}{C \ln[UC / (UC - C_Q \alpha_{1m})]}$$



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

МЕТОД НА КОНДЕНЗАТОРНИЯ ЗАРЯД

$$R_X \approx \frac{tU}{C_Q \alpha_{1m}} \quad \text{когато } t \ll R_X C$$

- Косвен метод за измерване
- Чрез този метод могат да се измерват:
 - ❖ обемни и повърхностни съпротивления.
 - ❖ обемното и повърхностното съпротивление на диелектрици
- Грешките на метода могат да достигнат 5% – 20%.



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

МЕТОД НА КОНДЕНЗАТОРНИЯ РАЗРЯД

- ❑ Измерва се зарядът на кондензатора
- ❑ Кондензаторът се разрежда през измерваното съпротивление за определено време

$$R_X = \frac{t}{C \ln(\alpha_0 / \alpha_1)}$$

- t - времето за разреждане на кондензатора
- α_0 - показанието на БГ, съответстващо на заредения кондензатор преди разреждането
- α_1 - показанието, съответстващо на останалия заряд след разреждането на кондензатора



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

МОСТОВЕ ЗА ПОСТОЯНЕН ТОК

- ✓ Изградени са на базата на нулевия и диференциалния сравнителен метод
- ✓ Мостовата схема е четириполюсник, към двата извода на който е включен:
 - захранващ източник на напрежениеили
 - източник на ток
- ✓ Към другите два извода е включен:
 - нулев индикаторили
 - чувствителен измервателен уред
- ✓ Четирираменни (единични) или шестраменни (двойни)



Европейски съюз

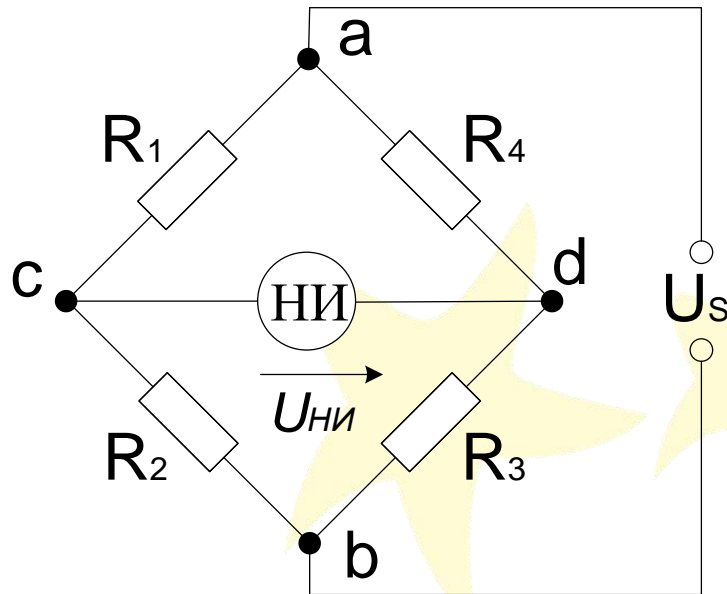
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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!



ЕДИНИЧЕН МОСТ (МОСТ НА УИТСТОН)



- За измерване на съпротивления в обхвата от 10Ω до $10^8 \Omega$
- a-b – захранващ диагонал
- c-d – индикаторен диагонал
- R_1, R_2, R_3, R_4 - рамена на моста
- Два основни режима на работа – **уравновесен** и **неуравновесен**.



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

ЕДИНИЧЕН МОСТ (МОСТ НА УИТСТОН)

ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА СЪПРОТИВЛЕНИЯ СЕ ИЗПОЛЗВАТ
МОСТОВЕ В УРАВНОВЕСЕН РЕЖИМ

Мостът е в равновесно състояние, когато
напрежението през индикатора $U_{HI} = 0$

$$U_{cd} = V_C - V_d = 0$$

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

$$R_X = \frac{R_2}{R_1} R_4$$



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

ЕДИНИЧЕН МОСТ (МОСТ НА УИТСТОН)

Чувствителност на мостовете за постоянен ток:

$$S_M = S_{CX} S_I = \frac{\Delta U_I}{\Delta R / R} \frac{\Delta U_{HI}}{\Delta U_I} = \frac{\Delta U_{HI}}{\Delta R_4 / R_4}$$

S_{CX} - чувствителността на мостовата схема

S_I - чувствителността на индикатора

Грешка от недостатъчна чувствителност на моста:

$$\delta_s = \frac{1}{S_M}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

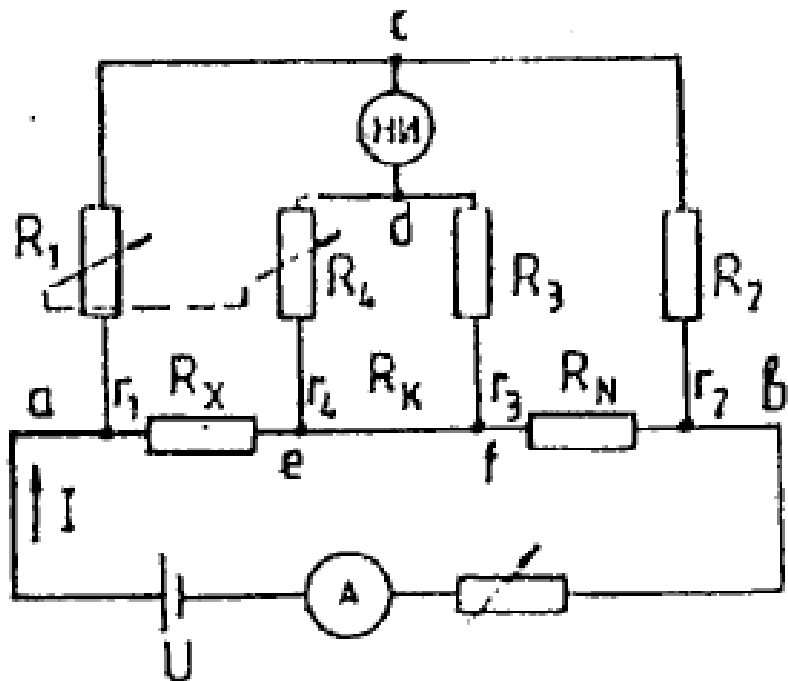
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

ДВОЕН МОСТ (МОСТ НА ТОМСОН)



- За измерване на съпротивления от $10^{-9} \Omega$ до 100Ω
- R_X и резисторът за сравнение R_N се свързват по четириточковна схема.
- Използва се само в уравновесен режим
- Ако триъгълника от резисторите R_4 , R_3 и R_K се преобразува в звезда, то шестраменния мост се превръща в четирираменен



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!



ДВОЕН МОСТ (МОСТ НА ТОМСОН)

$$R_X = R_N \frac{R_1}{R_2} + R_K \frac{R_3}{R_3 + R_4 + R_K} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_4}{R_3} \right)$$

При $R_1/R_2 = R_4/R_3$ и $R_K \approx 0$
вторият член се нулира

ОСОБЕНОСТИ:

- ✓ Четириточково (четириклемно) свързване
- ✓ Токът се пропуска през външни (токови) клеми $J - J$, а напрежителният пад се измерва между вътрешните (потенциални) клеми $P - P$



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

ОСОБЕНОСТИ:

- ✓ Влиянието на паразитните термо е.д.н. е значително и може да доведе до значителна систематична грешка
- ✓ Двойният мост се използва само в уравновесен режим
- ✓ Фабричните мостове за постоянен ток най-често се изпълняват като **комбинирани мостове** – единични и двойни:
 - покриват широк обхват на измерване на съпротивления от $10^{-9} \Omega$ до $10^{14} \Omega$.
 - основната им грешка достига: за най-малките стойности на измерваното съпротивление до $\pm 5 \%$, за средните стойности – до $\pm 0,05 \%$, а за най-големите стойности – до $\pm 15 \%$.



Европейски съюз

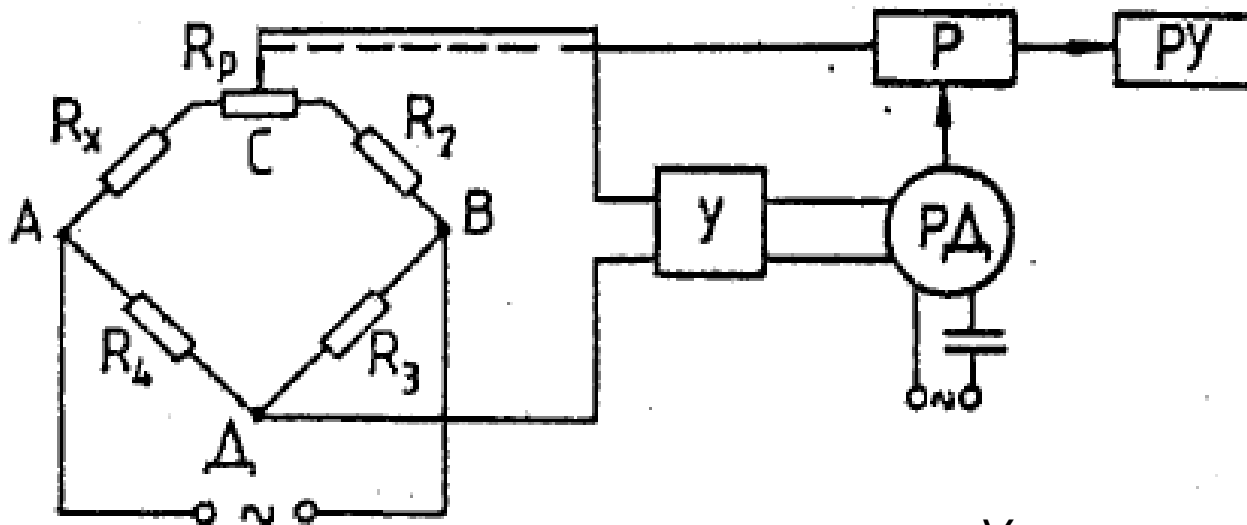
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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!



АВТОМАТИЧНИ МОСТОВЕ



У - усилвател

РД - реверсивен двигател

Р - редуктор

РУ - регистриращо устройство



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

АВТОМАТИЧНИ МОСТОВЕ

- ❑ Процесът на уравновесяване на моста е автоматизиран
- ❑ При равновесие: $U_{CD} = 0$. реверсивния двигател $РД$ е в покой
- ❑ При изменение на измерваното съпротивление $R_x \rightarrow U_{CD} \neq 0$
- ❑ Особености: променливотоково захранване
- ❑ Приложение: в промишлеността при измерване на различни неелектрични величини, преобразувани в съпротивление.
- ❑ Основна грешка: $\pm (0,2\% \div 0,5\%)$ при бързодействие от $0,2$ s до 5 s.



Европейски съюз

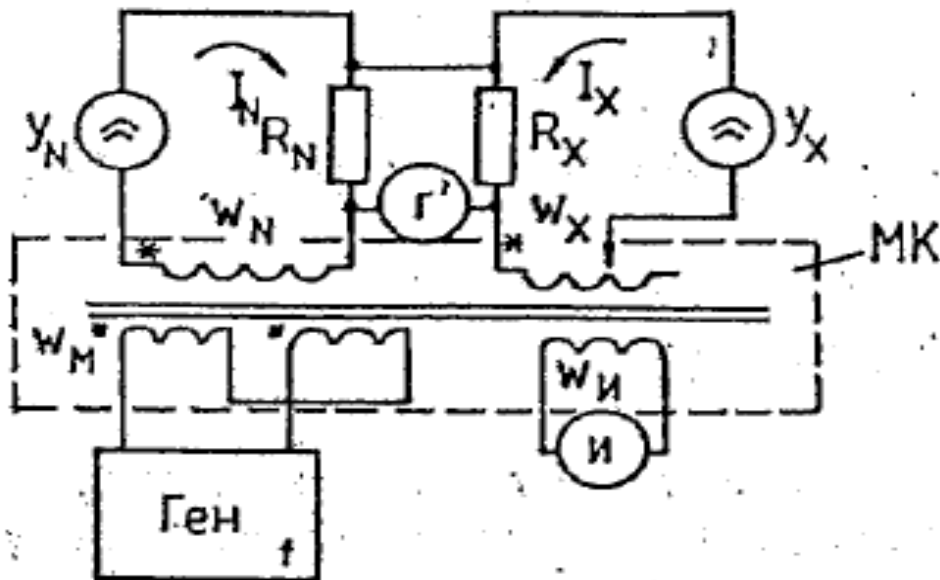
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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!



МАГНИТНИ КОМПАРАТОРИ



- Метод на сравняването
- За измерване на съпротивление в обхвата $10^{-7} \Omega$ до $10^5 \Omega$ при основна грешка до $\pm 10^{-5} \%$

$$R_X = R_N \frac{I_N}{I_X} = R_N \frac{w_X}{w_N}$$



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

- *Метрология и измервателна техника*, том 2 - 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, част 1*, ръководство за лабораторни упражнения - под общата редакция на проф. д-р Пламен Цветков, ТУ-София, 2012



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!

