

## **КОМПЕНСАЦИОНЕН МЕТОД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕЛИЧИНИ**

**дисциплина „Електрически измервания” – ВАІСЕ27,  
ОКС „Бакалавър” от Учебен план за студентите на специалност  
АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННА И УПРАВЛЯВАЩА ТЕХНИКА,  
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

## 5.1 Същност на компенсационния метод

## 5.2 Компенсатори на постоянно напрежение

### 5.2.1 Схемни реализации

### 5.2.2 Точност и чувствителност на компенсаторите за постоянно напрежение

### 5.2.3 Приложение на компенсаторите за постоянно напрежение

## 5.3 Автоматични компенсатори

## 5.4 Компенсатори на променливо напрежение

### 5.4.1 Полярно-координатен компенсатор

### 5.4.2 Правоъгълно-координатен компенсатор

### 5.4.3 Източници на грешки при компенсаторите за променливо напрежение

### 5.4.4 Приложение на променливотоковите компенсатори

## 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!*

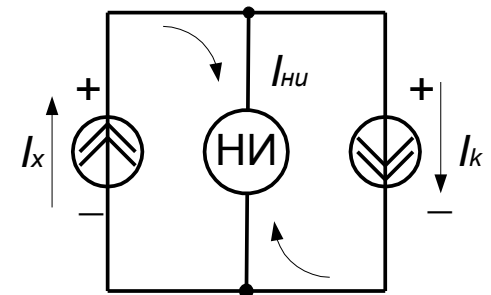
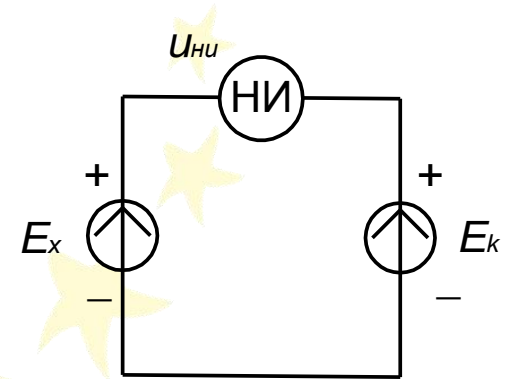


стр. 2 от 32

# СЪЩНОСТ НА КОМПЕНСАЦИОННИЯ МЕТОД

Компенсационният метод е

- сравнителен нулев метод
- извършва се пряко сравняване (противопоставяне) на две независими една от друга еднородни енергийни величини (напряжения или токове)



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!*

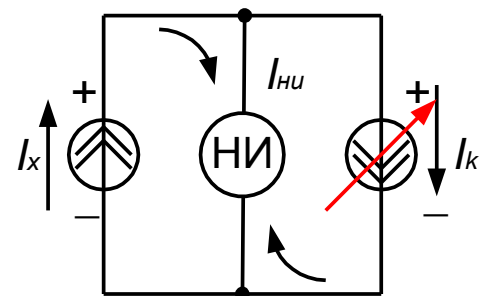
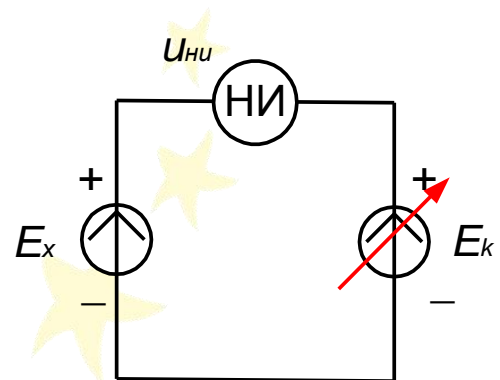


Европейски социален фонд

# СЪЩНОСТ НА КОМПЕНСАЦИОННИЯ МЕТОД

Компенсационният метод е

- сравнителен нулев метод
- извършва се пряко сравняване (противопоставяне) на две независими една от друга еднородни енергийни величини (напрежения или токове)
- една от величините е регулируема и известна (компенсираща), а другата е измерваната.



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!*



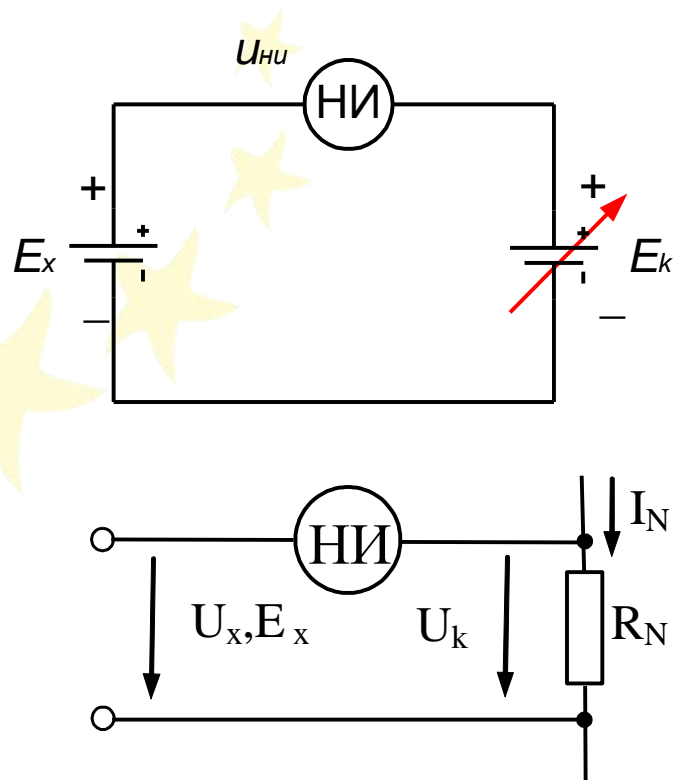
Европейски социален фонд

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Най-често

$$E_X = U_K = I_P R_K$$

- Предимство: При равновесие (компенсация) през източника на напрежението  $E_X$  не протича ток, т.е. не се реализира пад на напрежение върху вътрешното му съпротивление. Това дава възможност чрез компенсатора да се измерва електродвижещо напрежение (е.д.н.).



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!*

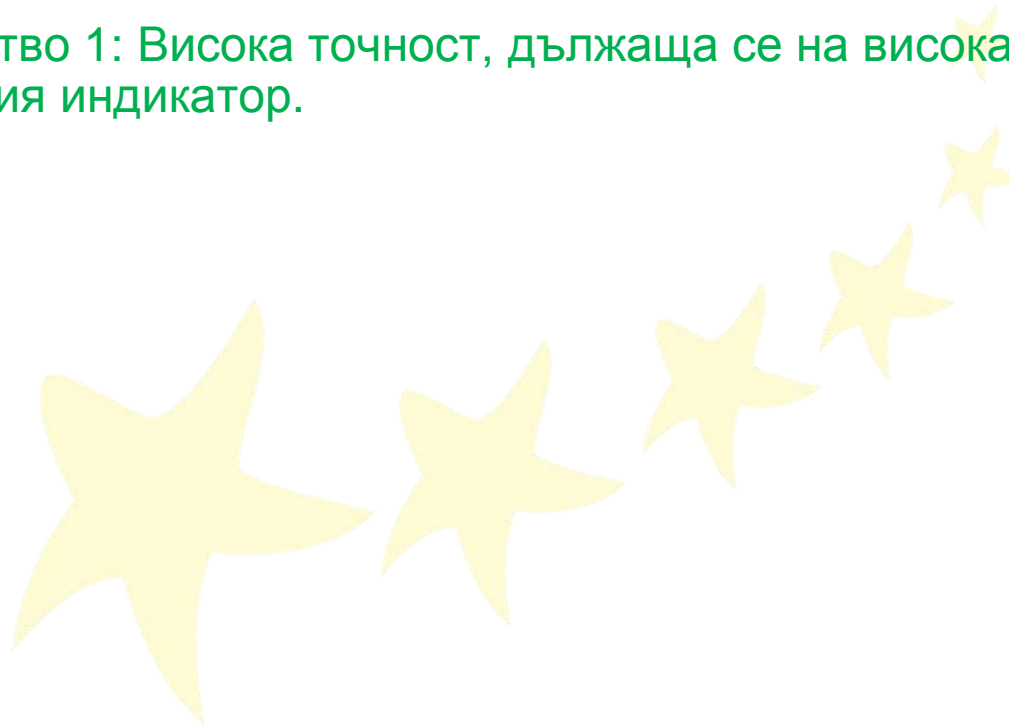


Европейски социален фонд

стр. 5 от 32

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

- Предимство 1: Висока точност, дължаща се на високата чувствителност на нулевия индикатор.



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

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

- Предимство 1: Висока точност, дължаща се на високата чувствителност на нулевия индикатор.
- Предимство 2: Съпротивлението на съединителните проводници в компенсационната верига не оказват влияние върху резултата от измерването, например при измерване на напрежения на отдалечени източници.



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!***



# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

- Предимство 1: Висока точност, дължаща се на високата чувствителност на нулевия индикатор.
- Предимство 2: Съпротивлението на съединителните проводници в компенсационната верига не оказват влияние върху резултата от измерването, например при измерване на напрежения на отдалечени източници.
- Предимство 3: Универсалност на приложения за измерване на:
  - пряко – е.д.н. и напрежителни падове
  - косвено – токове, съпротивление и мощност.



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!***



стр. 8 от 32



# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

- Предимство 1: Висока точност, дължаща се на високата чувствителност на нулевия индикатор.
- Предимство 2: Съпротивлението на съединителните проводници в компенсационната верига не оказват влияние върху резултата от измерването, например при измерване на напрежения на отдалечени източници.
- Предимство 3: Универсалност на приложения за измерване на:
  - пряко – е.д.н. и напрежителни падове
  - косвено – токове, съпротивление и мощност.
- Въпрос: Как с висока точност да се формира променящо се компенсиращото напрежение?

$$U_K = I_P R_K$$



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!**



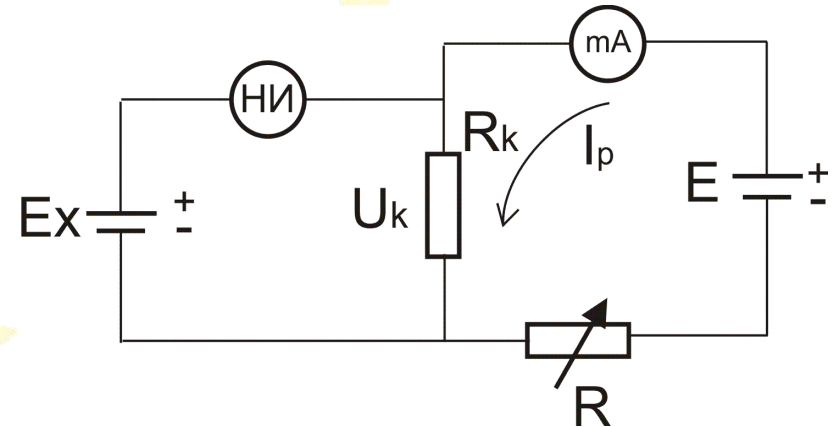
стр. 9 от 32

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Схемни реализации:

1. Компенсиращото напрежение се променя чрез регулиране на работния ток  $I_P$  при постоянно съпротивление  $R_K$ .

$$E_X = U_K = I_P R_K$$



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

стр. 10 от 32

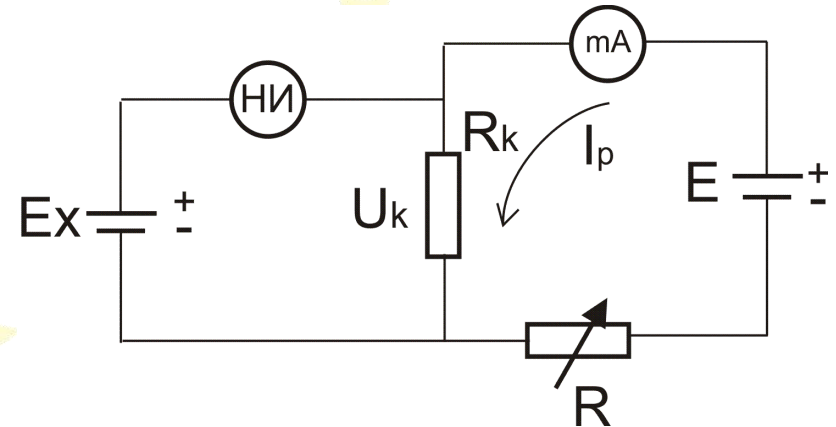
# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Схемни реализации:

1. Компенсиращото напрежение се променя чрез регулиране на работния ток  $I_P$  при постоянно съпротивление  $R_K$ .

$$E_X = U_K = I_P R_K$$

Недостатък: Необходимо е да се знае (измери и зададе/настрои) работния ток  $I_P$ .



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!*



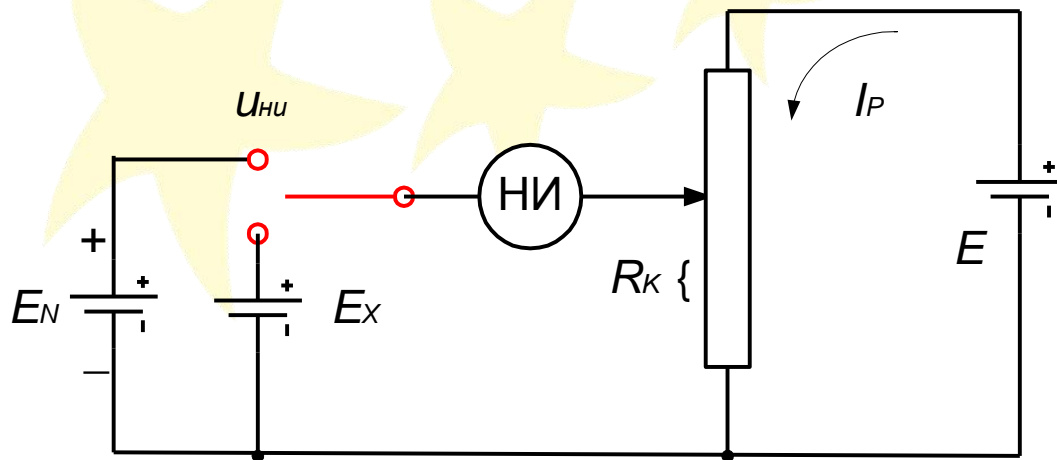
# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

## Схемни реализации:

За постигане на висока точност без да се измерва работния ток  $I_P$  се допълнително се използва еталонен или образцов източник на постоянно напрежение  $E_N$

$$I_P = \frac{E_X}{R_{KX}} = \frac{E_N}{R_{KN}}$$

$$E_X = E_N \frac{R_{KX}}{R_{KN}}$$



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

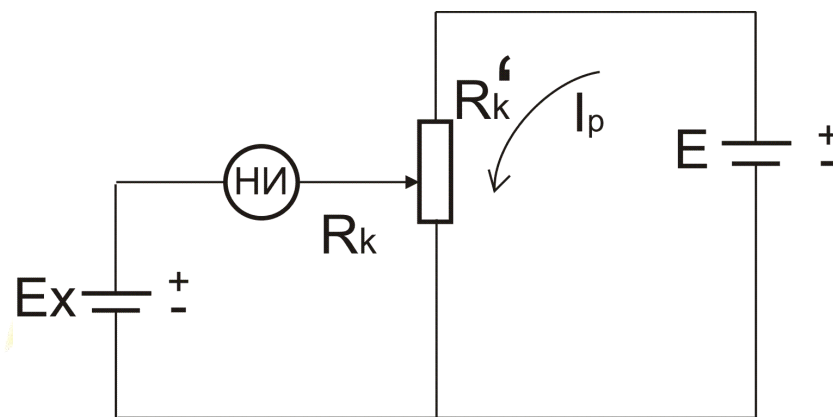
# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Схемни реализации:

2. Компенсиращото напрежение се променя чрез регулиране на  $R_K$  при постоянен (предварително настроен и известен) работен ток  $I_P$

$$E_X = U_K = I_P \frac{R_K}{R_K^*}$$

За целта се използва еталонен или образцов източник на постоянно напрежение  $E_N$  при настройката на работния ток  $I_P$ , който предварително се задава.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

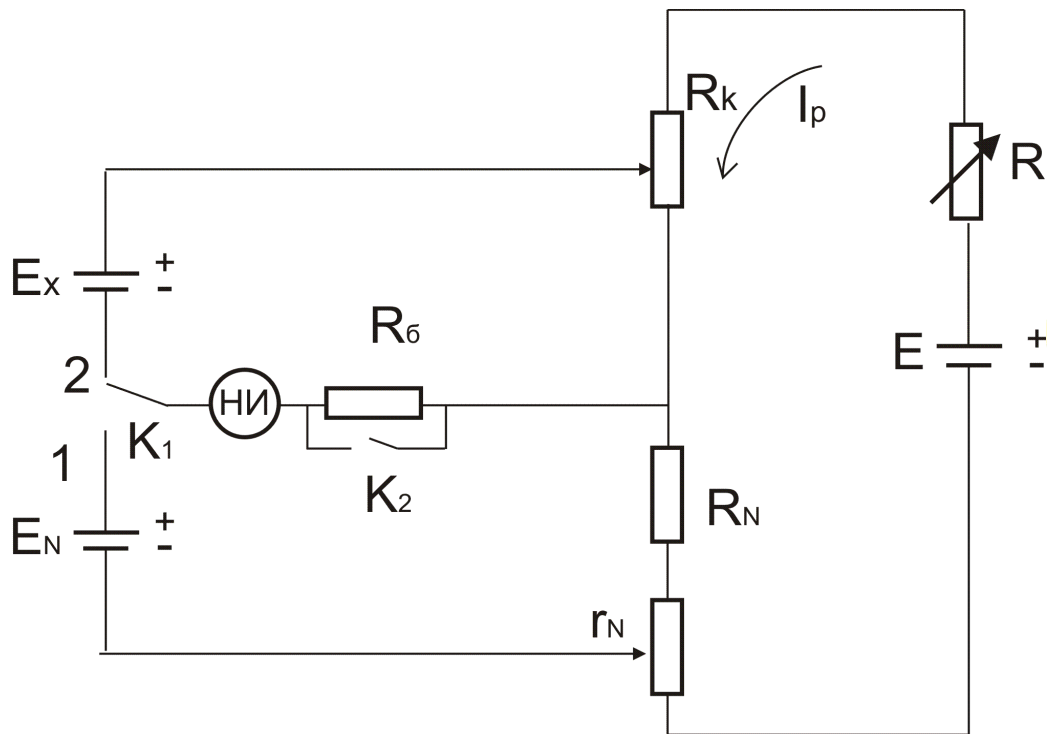
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



стр. 13 от 32

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Схемни реализации:



$$R_N + r_N = \frac{E_N}{I_P}$$

Работният ток  $I_P$  се настройва чрез съпротивлението  $R$ .



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

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Точност и чувствителност на компенсаторите за постоянно напрежение :

- Точността се определя от:
  - конструктивните грешки на използваните резистори  $R_K$  ,  $R_N$  и  $r_N$  ;
  - грешката от нечувствителност и отместване на нулата на нулевия индикатор;
  - грешката на нормалния елемент (образцовия източник) на напрежение.
- Клас на точност от 0,0005 до 0,2



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!***



стр. 15 от 32

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

Точност и чувствителност на компенсаторите за постоянно напрежение :

- Чувствителността се определя от:

$$S_K = \frac{dI_{НИ}}{dE_X} = \frac{1}{R_{K,изх} + R_{НИ} + R_X}$$

Най-висока чувствителност  $S_K$  имат нискоомните 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!**

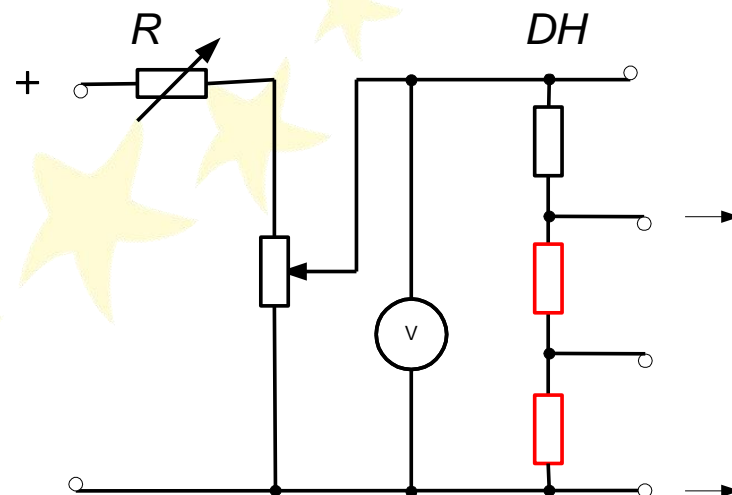


Европейски социален фонд



# ПРИЛОЖЕНИЕ НА КОМПЕНСАТОРИТЕ ЗА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

- **Непосредствено измерване на напрежения**
- при измерване на напрежения, по-големи от обхвата на компенсатора, се използват делители на напрежение



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

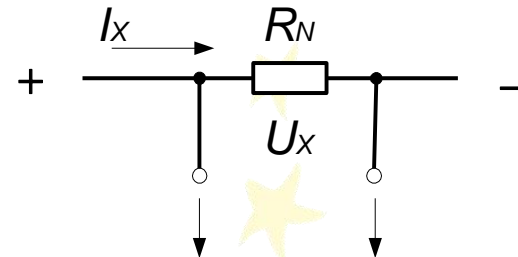
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

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!*



# ПРИЛОЖЕНИЕ НА КОМПЕНСАТОРИТЕ ЗА ПОСТОЯННО НАПРЕЖЕНИЕ

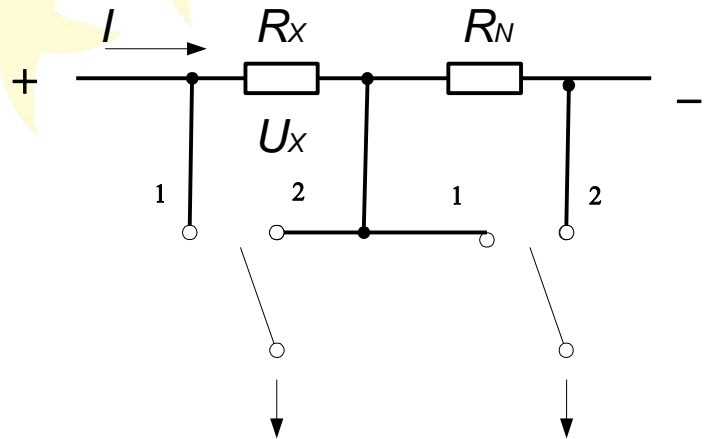
- Косвено измерване на токове с висока точност



- Косвено измерване на съпротивления с висока точност – сравнителен метод

$$R_X = R_N \frac{U_X}{U_N}$$

- Особено подходящи за проверка и калибриране на точни СИ: волтметри, амперметри, ватметри и мерки за 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

# АВТОМАТИЧНИ КОМПЕНСАТОРИ

Автоматизиран процес на уравновесяване

Видове:

- **с циклично уравновесяване** (обикновено цифрови) – компенсиращото напрежение  $U_K$  се разгъва линейно от  $0$  до  $U_{Kt}$  и се отчита стойността му при  $U_K = E_X$ .
- **със следящо уравновесяване** – компенсиращото напрежение се изменя в посока, която зависи от знака на разликата  $\Delta U = E_X - U_K$ .



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

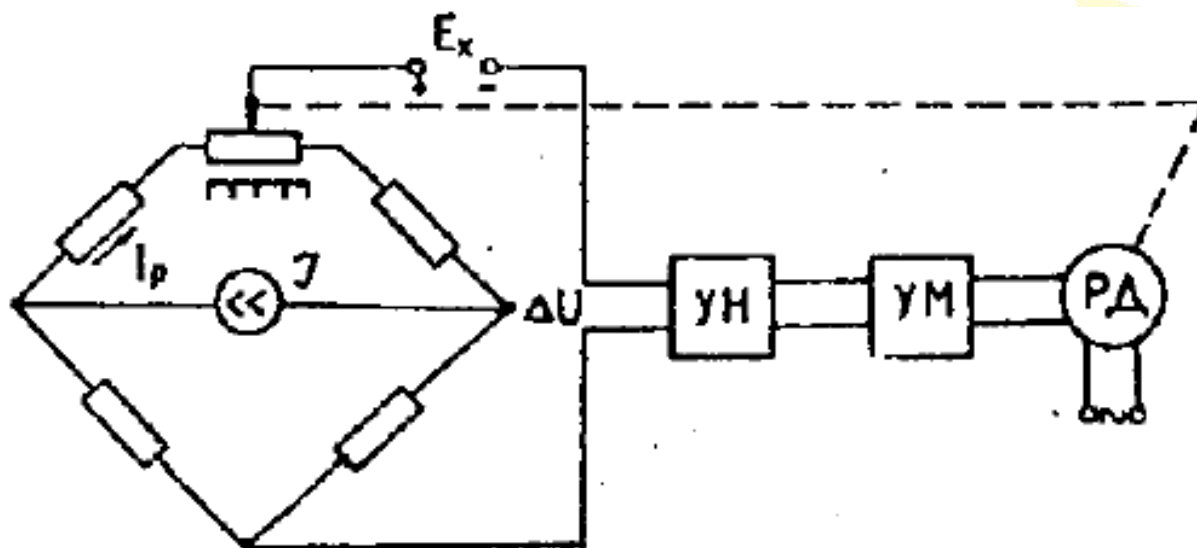
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

стр. 19 от 32

# АВТОМАТИЧНИ 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!*



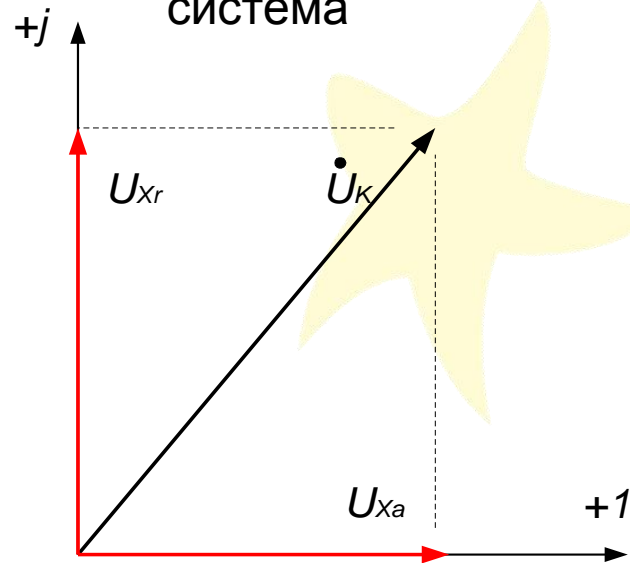
Европейски социален фонд

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

При измерване на синусни променливи напрежения.

Представят се като вектори в:

- полярно-координатна система
- правоъгълно-координатна система



$$\dot{U}_X = U_X e^{j\varphi_X}$$

$$U_X = U_K; \varphi_X = \varphi_K + \pi$$

$$\dot{U}_X = U_{X_1} + jU_{X_2}$$

$$U_{K_1} = U_{X_1}; U_{K_2} = U_{X_2}$$

$$f_{\dot{U}_X} = f_{\dot{U}_K}$$



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

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

Особености в променливотоковите компенсационни схеми:

- При **несинусно измервано напрежение** (съдържа висши хармоници) се компенсира и измерва **само основният хармоник**, чиято честота съвпада с честотата на синусоидалното компенсиращо напрежение
- Като нулеви индикатори се използват вибрационни (резонансни) галванометри
- При по-високи честоти като нулеви индикатори се използват селективни електронни индикатори
- **Липса на нормален елемент** за променливо напрежение, т.е. работния ток се измерва с точен електродинамичен амперметър, което **ограничава точността** на компенсаторите за променливо напрежение.



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!*

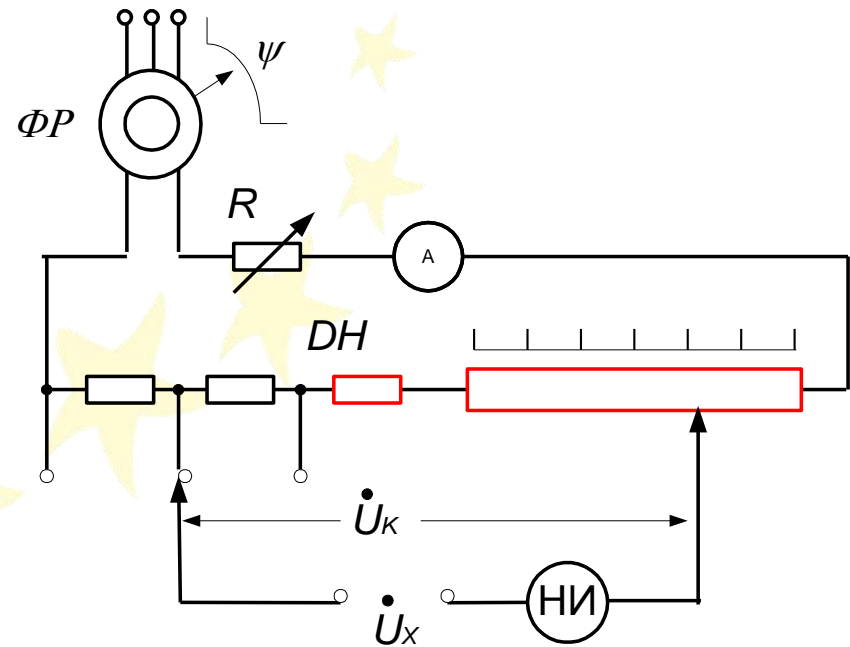


стр. 22 от 32

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Полярно-координатен компенсатор

- Компенсиращото напрежение  $U_K$  се изменя по модул чрез регулируем делител на напрежение ДН и по фаза чрез фазорегулатор ФР.
- Реостатът  $R$  и амперметърът  $A$  служат за настройка и контрол на работния ток.
- Принулево показание на вибрационния галванометър ВГ резултатът за измерваното напрежение  $U_X$  се отчита непосредствено от делителя ДН и фазорегулатора ФР
- Няма широко приложение поради ниската точност на фазорегулаторите.
- Отчитане на фазата с грешка, не по-малка от  $0,5 \div 1^\circ$



$$\dot{U}_X = U_X e^{j\varphi_X}$$

$$U_X = U_K; \quad \varphi_X = \varphi_K + \pi$$



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!*

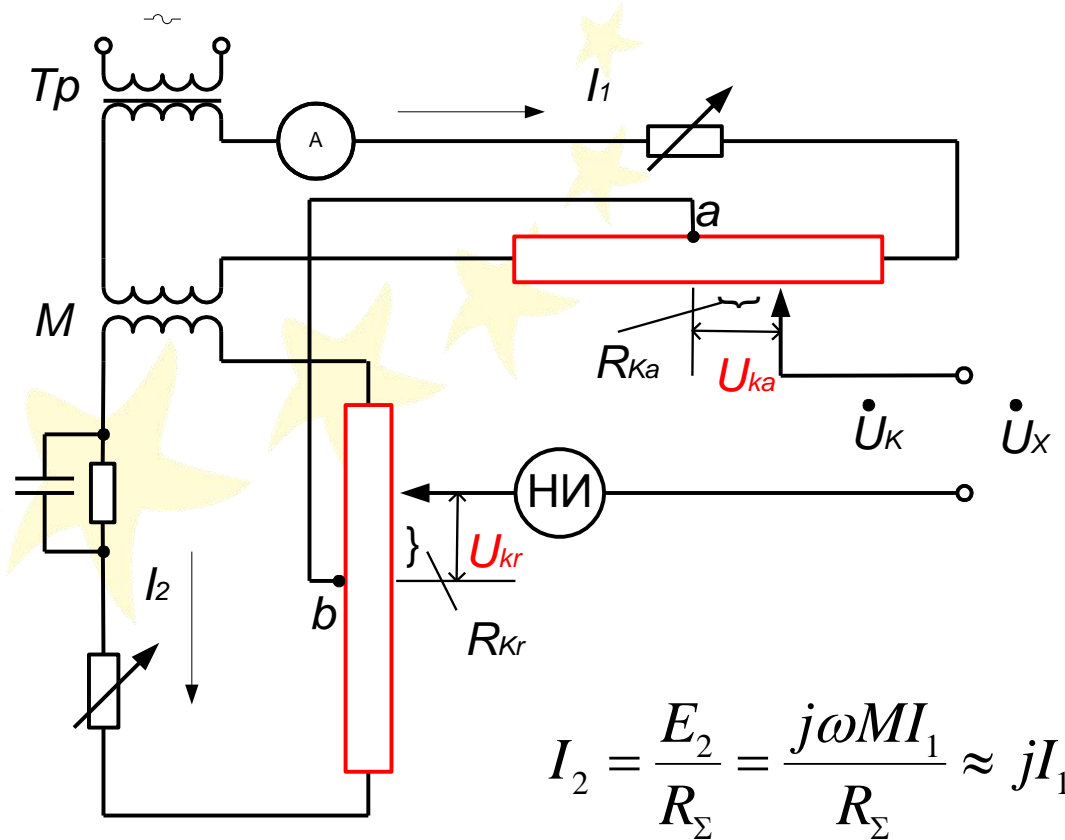


Европейски социален фонд

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Правоъгълно-координатен (комплексен) компенсатор

- Компенсиращото напрежение съдържа две независими взаимно-дефазирани на  $\pi/2$  съставки. Това условие се постига чрез постоянна взаимна индуктивност  $M$ .
- Компенсират се поотделно активната и реактивната съставки на  $U_X$



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!*





# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Правоъгълно-координатен (комплексен) компенсатор

$$I_2 = \frac{E_2}{R_\Sigma} = \frac{j\omega MI_1}{R_\Sigma} \approx jI_1$$

$$\dot{U}_X = U_{Xa} + jU_{Xr}$$

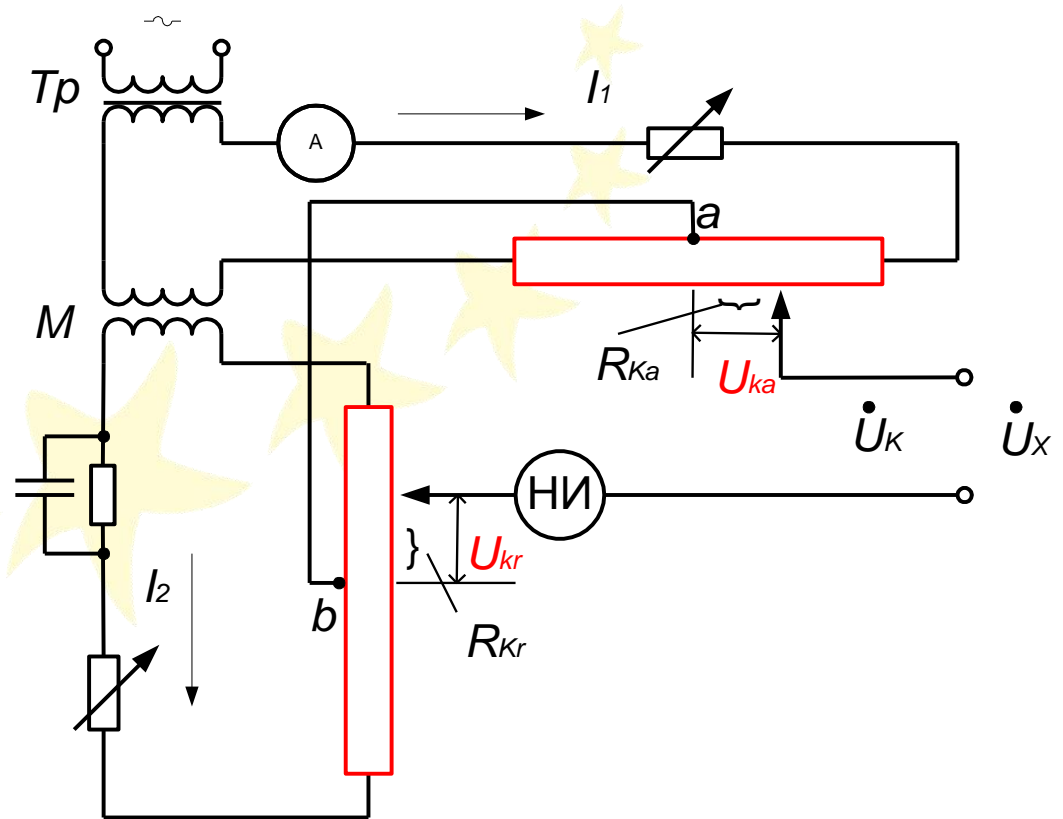
$$\dot{U}_K = U_{Ka} + U_{Kr}$$

$$U_{Ka} = I_1 R_{Ka}$$

$$U_{Kr} = I_2 R_{Kr} = jI_1 R_{Kr}$$

$$U_{Xa} = I_1 R_{Ka}$$

$$U_{Xr} = I_1 R_{Kr}$$



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

стр. 25 от 32

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Източници на грешки при компенсаторите за променливо напрежение

- Влияние на висши хармоници в измерваното напрежение
- Инструментални грешки
- Влияние на външни магнитни полета
- Неточно установяване на работния ток → използват се компараторни методи за установяване на работния ток, при което общата грешка може да се сведе до 0,1 %.
- Недостатък: продължителен и труден процес на уравнивяване - неколккратно регулиране по два параметъра → автоматични 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

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Приложение на променливотоковите компенсатори

За измерване на:

- Малки променливи е.д.н.
- Комплексни съпротивления
- Коефициенти на предаване на четириполюсници
- Активни мощности
- Проверка на измервателни трансформатори



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

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Приложение на променливотоковите компенсатори

За измерване на:

- Проверка на фазомери
- Изследване на магнитните характеристики на феромагнитни материали
- Измерване на различни неелектрически величини, преобразувани в напрежение
- и др.



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

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

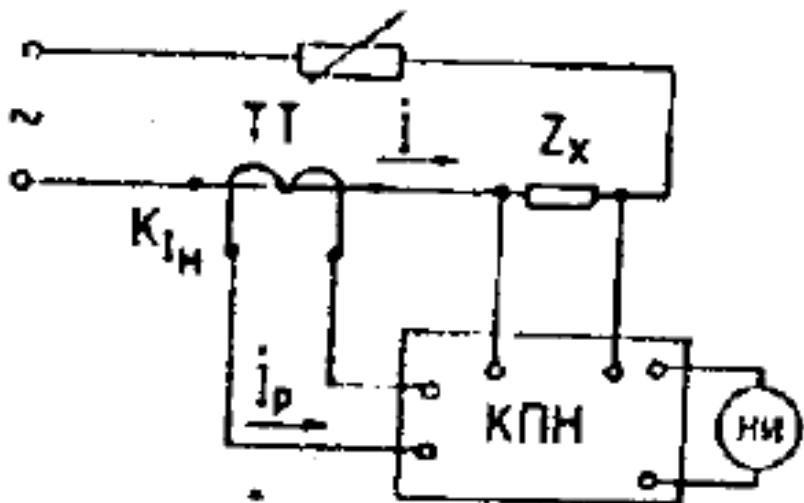
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
***Инвестира във вашето бъдеще!***



Европейски социален фонд

# КОМПЕНСАТОРИ НА ПРОМЕНЛИВО НАПРЕЖЕНИЕ

## Приложение на променливотоковите компенсатори



$$U_1 = U_{Xa} = K_{I_H} I_P R_{Ka} = IR_X$$

$$U_2 = U_{Xr} = K_{I_H} I_P R_{Kr} = IX_X$$

$$R_X = \frac{U_1}{K_{I_H} I_P} = \frac{K_{I_H} I_P R_{Ka}}{K_{I_H} I_P}; R_X = \frac{R_{Ka}}{K_{I_H}};$$

$$X_X = \frac{U_2}{K_{I_H} I_P} = \frac{K_{I_H} I_P R_{Kr}}{K_{I_H} I_P}; X_X = \frac{R_{Kr}}{K_{I_H}};$$



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

стр. 29 от 32

# ЛИТЕРАТУРА

## Компенсационен метод за измерване на електрически величини

- 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
- Метрология и измервателна техника, том 1,2,3 - под общата редакция на проф. Христо Радев, София, Софтрейд, 2010.



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!***

