

 **Технически университет – София**

Факултет по Автоматика

Катедра „Електроизмервателна техника“

Модул № 2

**Измервателни трансформатори – устройство, схема
на свързване, работен режим, векторни диаграми.
Приложение.**

Доц. д-р Георги Милушев

**дисциплина „Електрически измервания“ – FBE21
ОКС „Бакалавър“ от Учебен план за студентите на специалност
Електроника, 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
- Токови измервателни трансформатори (ТИТ) – приложение
- ТИТ – конструкция
- Параметри на ТИТ
- Векторна диаграма на ТИТ
- Грешки при токовите трансформатори
- Параметри, видове и приложения на ТИТ
- Видове и конструкции на ТИТ
- Измервателен трансформатор за постоянен ток
- Напрежителни измервателни трансформатори (НИТ)
- Параметри на Напрежителните Трансформатори
- Векторна диаграма на НИТ
- Векторна диаграма на ТИТ
- Видове НИТ
- Конструкции на НИТ
- 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!



Измервателни трансформатори

Използват се във веригите за променлив ток при големи токове и високи напрежения, когато непосредственото включване на контролни и измервателни средства, релета и елементи на системите за управление и автоматика е технически невъзможно или недопустимо по условията за техническа безопасност.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

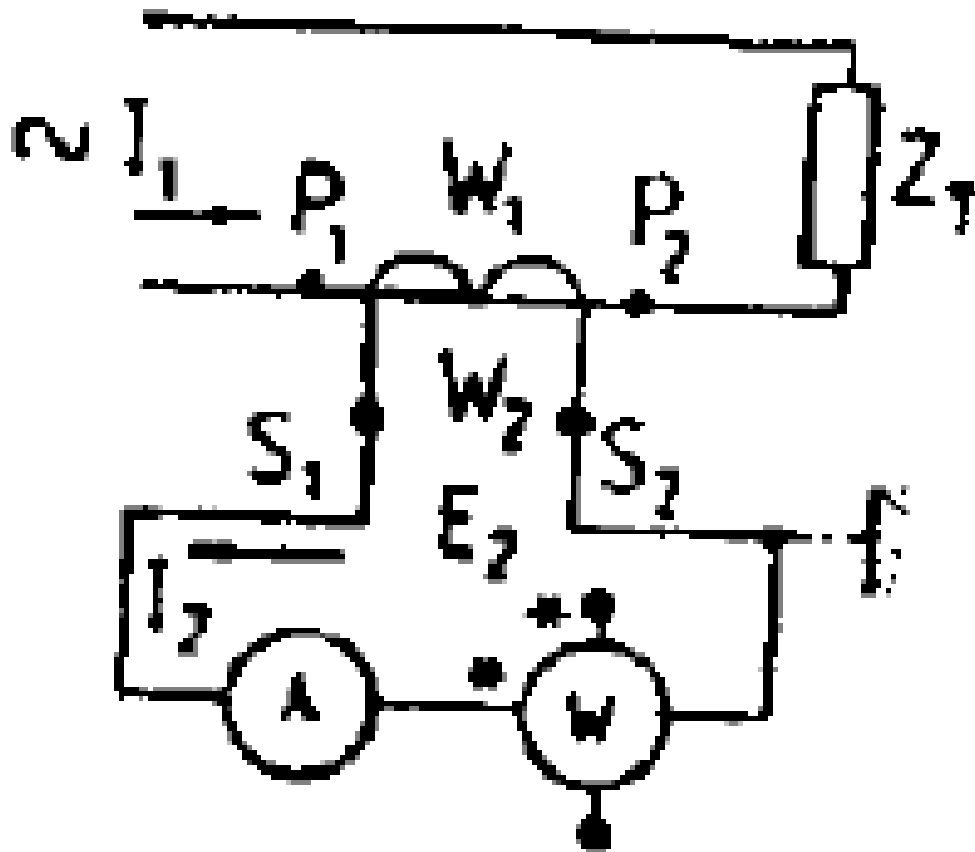
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Токови измервателни трансформатори

- Приложение в енергетиката - при измерване на:
 - Големи променливи токове
 - Мощност
 - Енергия
 - Фазова разлика
 - Като източници на сигнал за различни защитни устройства в енергийната система.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

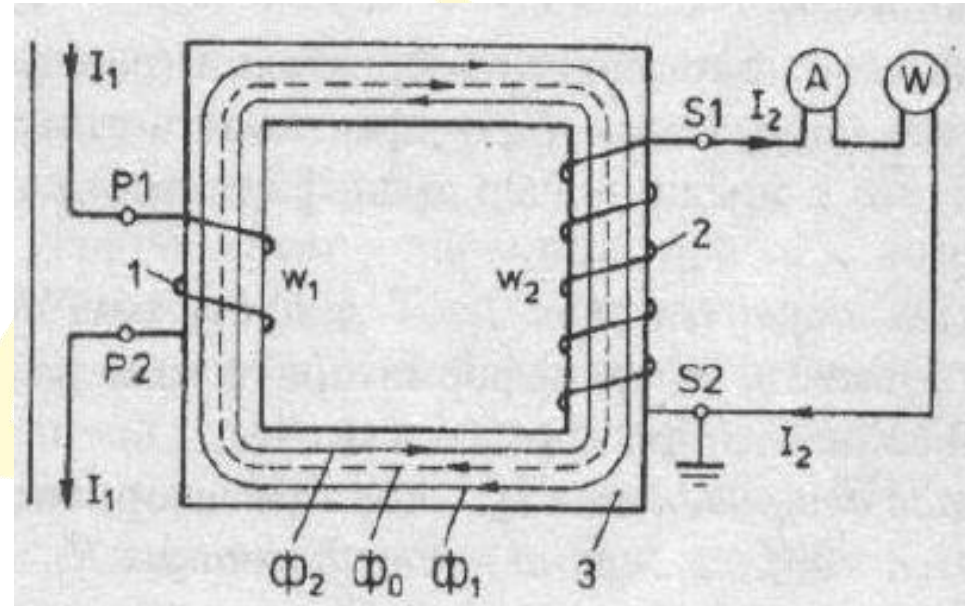
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Токови измервателни трансформатори

- Магнитопроводи - висока магнитна проницаемост (специална електротехническа силициева ламарина или пермалой).
- Схема на свързване
- Вторичната намотка задължително се заземява за осигуряване на безопасност при евентуален пробив на изолацията между двете намотки



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

Параметри на ТИТ

- Токовете трансформатори се проектират и изработват за унифициран вторичен ток. Типови стойности са: 5 А, 2 А, 1 А, или 0,5 А. Най-често се използва обхвата 5 А.
- Важни параметри на токовете трансформатори са:

- Номинално преводно отношение

$$K_{In} = I_{1n}/I_{2n}$$

- Номинална изходна мощност

$$S_{2n} = I_{2n}^2 Z_{2n}$$



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

Параметри на ТИТ

- Намагнитващ ток
- Режим на работа при зададен първичен ток I_1 и нормален режим на работа на вторичната намотка - режим на късо съединение
- Модулна грешка δ_I
- Ъглова (фазова) грешка $\delta_{I\psi}$

$$\dot{I}_1 w_1 = \dot{I}_{10} w_1 - \dot{I}_2 w_2$$

$$I_2 = 0; \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_{10}$$

$$K_I = \frac{I_1}{I_2} \neq K_{I_n}$$

$$\delta_I = \frac{I_2 K_{I_n} - I_1}{I_1} = \frac{K_{I_n} - K_I}{K_I}$$

$$\delta_I \approx \frac{K_{I_n} - K_I}{K_{I_n}} = 1 - \frac{K_I}{K_{I_n}}$$



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!



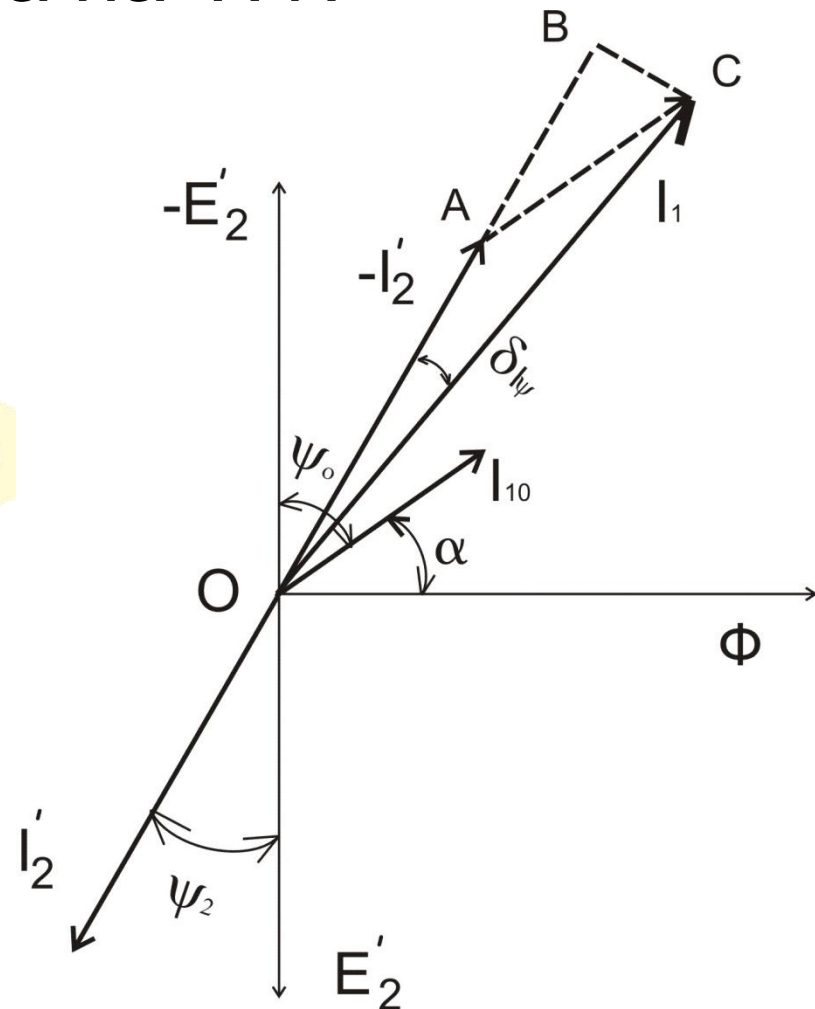
Европейски социален фонд

Векторна диаграма на ТИТ

$$E'_2 = \frac{w_1}{w_2} E_2; \quad I'_2 = \frac{w_2}{w_1} I_2$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{10} - \dot{I}'_2$$

$$I_1 = I'_2 + I_{10} \cos(\psi_0 - \psi_2)$$



Европейски съюз

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



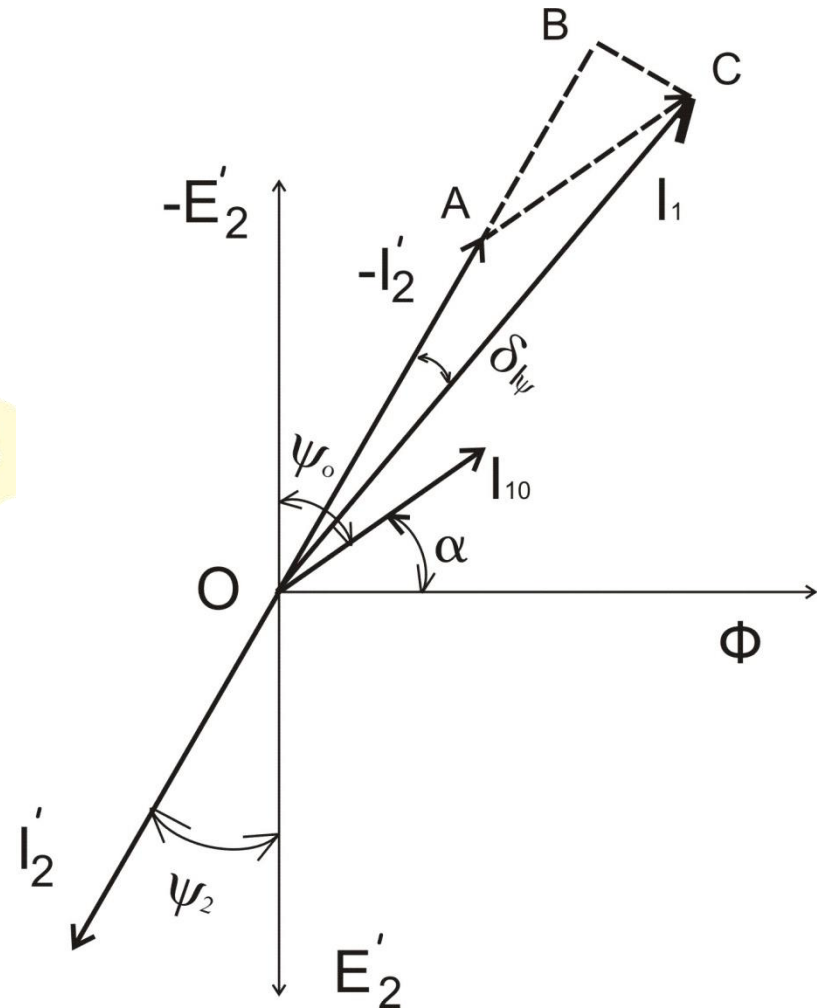
Европейски социален фонд

Векторна диаграма на ТИТ

$$I_1 = I_2' + I_{10} \cos(\psi_0 - \psi_2)$$

$$\delta_I = 1 - \frac{K_I}{K_{I_n}} = 1 - \frac{I_1}{I_2 K_{I_n}}$$

$$\delta_I = 1 - \frac{w_2}{w_1 K_{I_n}} - \frac{I_{10} \cos(\psi_0 - \psi_2)}{I_2 K_{I_n}}$$



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

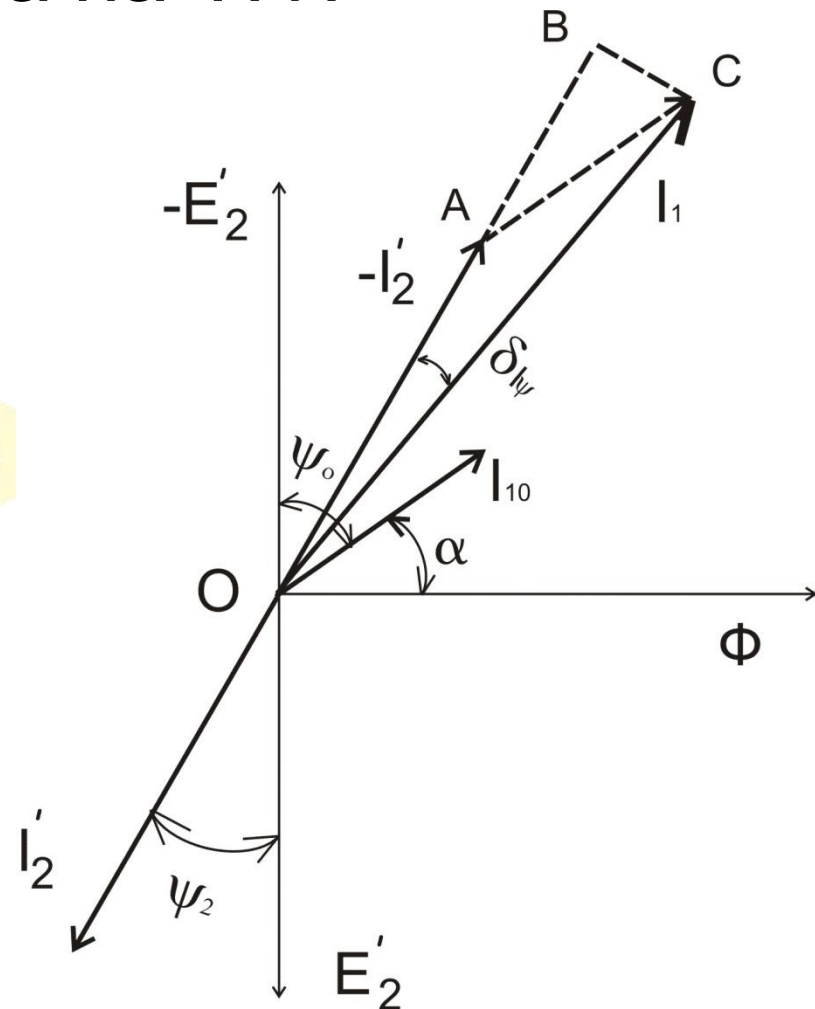
Векторна диаграма на ТИТ

$$\delta_I = 1 - \frac{w_2}{w_1 K_{I_n}} - \frac{I_{10} \cos(\psi_0 - \psi_2)}{I_2 K_{I_n}}$$

$$\delta_I = C_I - \frac{I_{10} \cos(\psi_0 - \psi_2)}{I_2 K_{I_n}}$$

$$C_I > 0 \rightarrow \delta_I = 0 \text{ при } I_2 = 0,5 I_{2n}$$

$$\begin{aligned} \delta_{I\psi} &= \operatorname{tg} \delta_{I\psi} = \frac{\overline{CB}}{\overline{OB}} = \\ &= \frac{I_{10} \sin(\psi_0 - \psi_2)}{I_2' + I_{10} \cos(\psi_0 - \psi_2)} \approx \\ &\approx \frac{w_1 I_{10} (\psi_0 - \psi_2)}{w_2 I_2} \end{aligned}$$



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

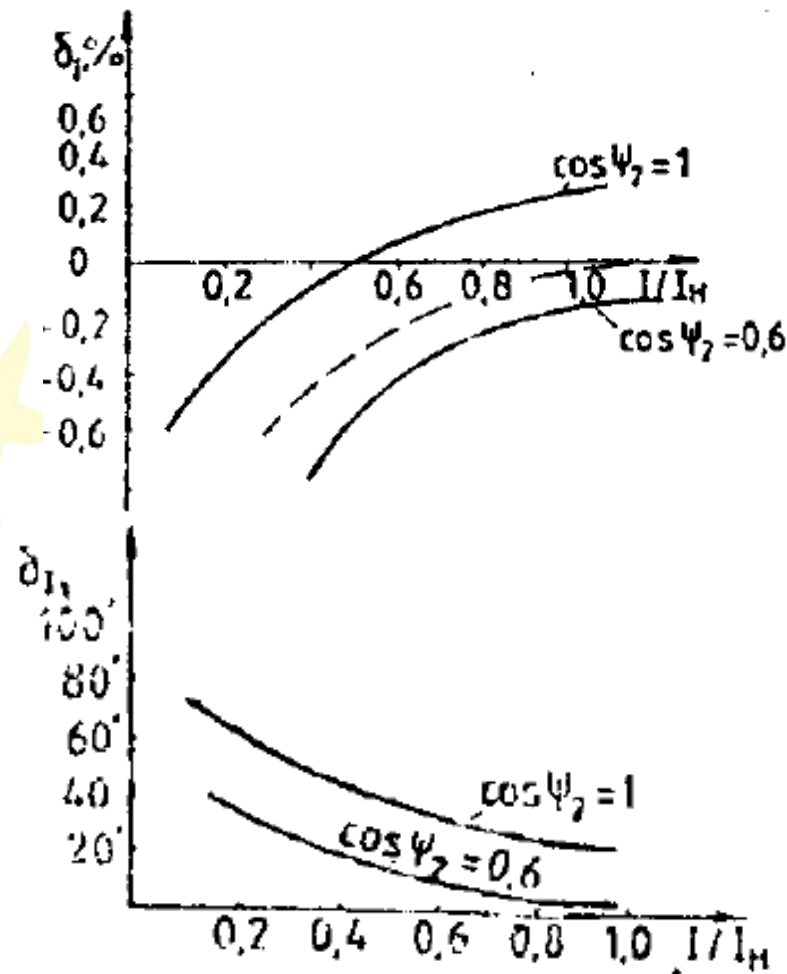
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Грешки при токовите трансформатори

- Грешките δ_I и $\delta_{I\psi}$ зависят силно от тока на празен ход I_{10} – конструктивни мерки за неговото намаляване.
- Увеличаването на вторичната мощност S_2 на товара - броя на включените измервателни уреди към вторичната намотка - води до намаляване на тока I_{2n} , т.е. до увеличаване на I_{10} и грешките. Кл.Т. на ТТ се гарантира за определена номинална вторична мощност S_{2n}



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

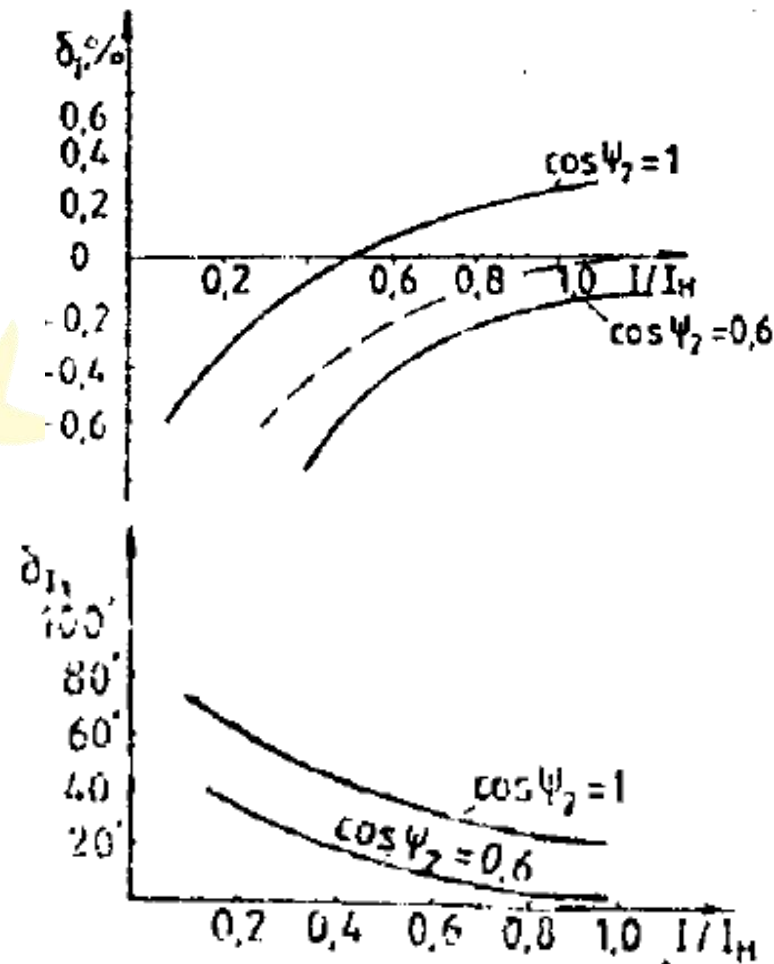
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Грешки при токовите трансформатори

- Грешките δ_I и $\delta_{I\psi}$ зависят и от отношението на реактивните и активните съставки на импедансите на първичната и вторичната намотка на трансформатора и товара, т.е. от ψ_0 и ψ_2 . При големи стойности на ψ_2 ъгловата грешка може да стане отрицателна.



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

Параметри, видове и приложения на ТИТ

- **Термична устойчивост** - отношението на ефективната стойност на тока, който трансформаторът може да издържи без повреда в продължение на една секунда към номиналния първичен ток.
- **Динамична устойчивост** - отношението на амплитудната стойност на тока, който трансформаторът може да издържи, без да измени своите електрически и механични свойства в продължение на един полупериод, към амплитудата на номиналния първичен 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

Параметри, видове и приложения на ТИТ

- В зависимост от областта на приложение:
 - **Лабораторни** – обикновено са многообхватни
 - **Стационарни** – еднообхватни
 - **Клецови** – с подвижен магнитопровод - за техническа диагностика и контрол
- **Класове на точност:**
 - лабораторни - 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2;
 - стационарни и клещови - 0,2; 0,5; 1,0; 3; 5; 10



Европейски съюз

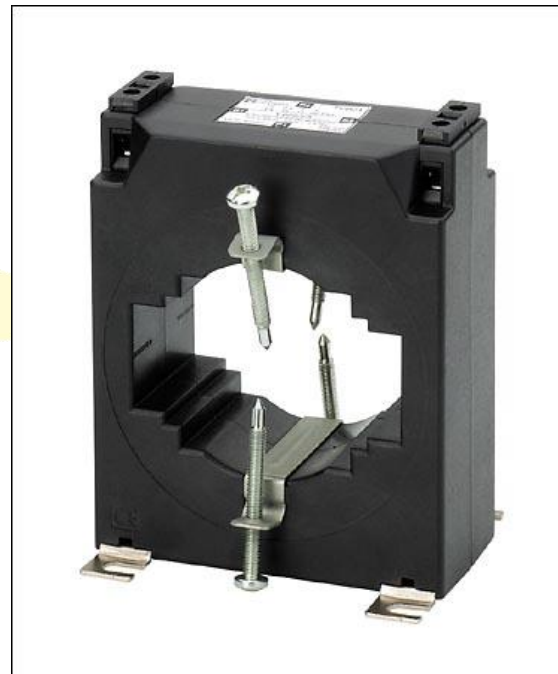
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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!



Видове и конструкции на ТИТ



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

Видове и конструкции на ТИТ



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

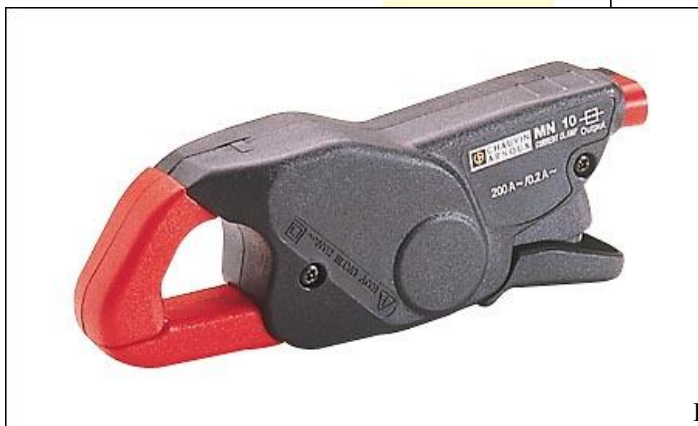
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

Клецови Токови Трансформатори



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!



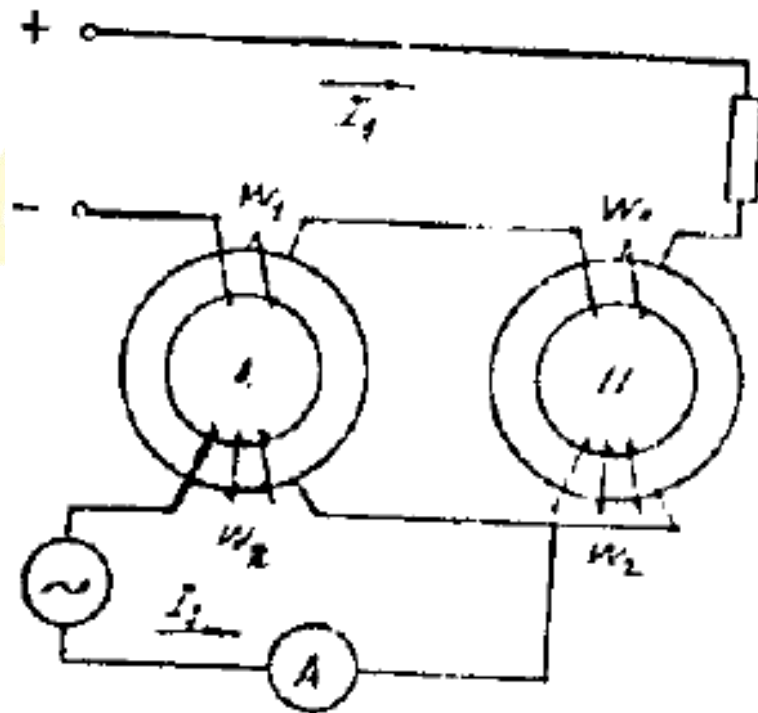
Европейски съюз



Европейски социален фонд

Измервателен трансформатор за ПОСТОЯНЕН ТОК

- Намират приложение при измерване на постоянни токове, по-големи от 15 кА
- Дросели, които се подмагнитват от измервания постоянен ток
- Магнитопроводите I и II са от пермалой с тороидална форма и напълно еднакви размери.
- Вторичните намотки са свързани противоположно и се захранват от източник на 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!

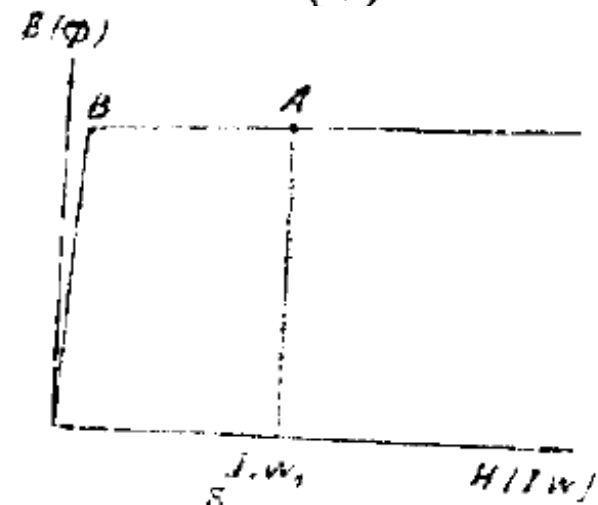
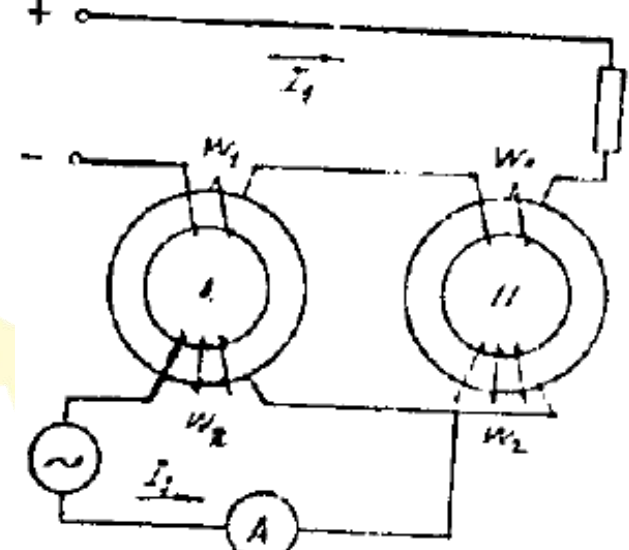


Европейски социален фонд

Измервателен трансформатор за

ПОСТОЯНЕН ТОК +

- При достатъчно голямо напрежение на променливотоковия източник и магнитопровод с идеална правоъгълна форма на кривата на намагнитването, формата на тока I_2 ще бъде приблизително правоъгълна и I_{2m} няма да зависи от големината и честотата на напрежението на променливотоковния източник,
- Токът I_2 се измерва с детекторен амперметър.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

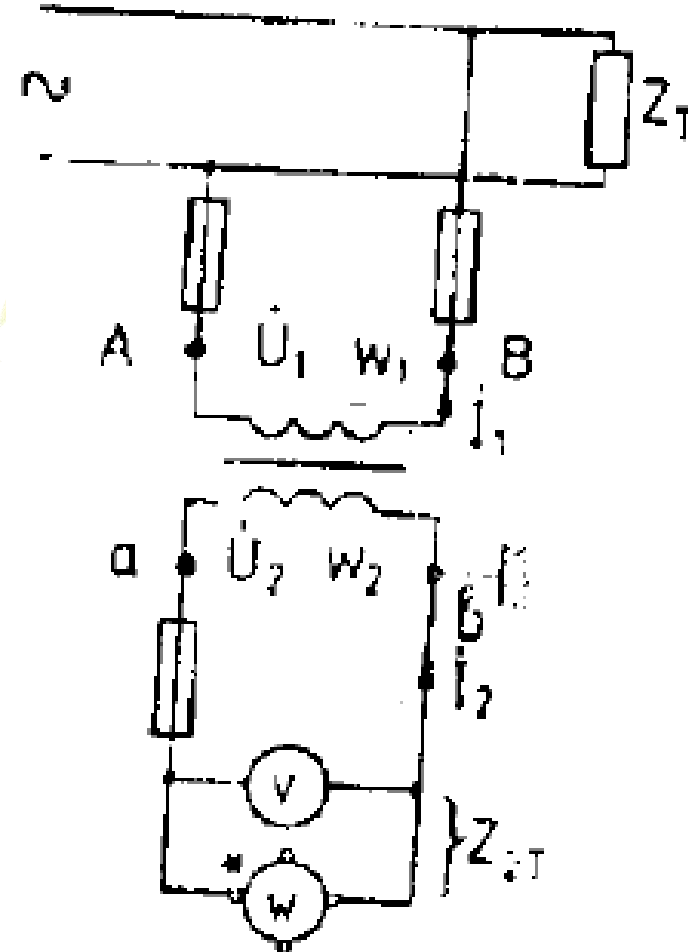
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Напрежителни измервателни трансформатори

- Приложение:
 - мащабно преобразуване на високи променливи напрежения в по-ниски
 - галванично разделяне на напрежителни вериги
- Режим – близък до режим на празен ход при зададено първично напрежение
- Вторични напрежения – унифицирани стойности 100 V, $100/\sqrt{3}$ V и 150 V
- Първични напрежения – от 100 V до 400 kV.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

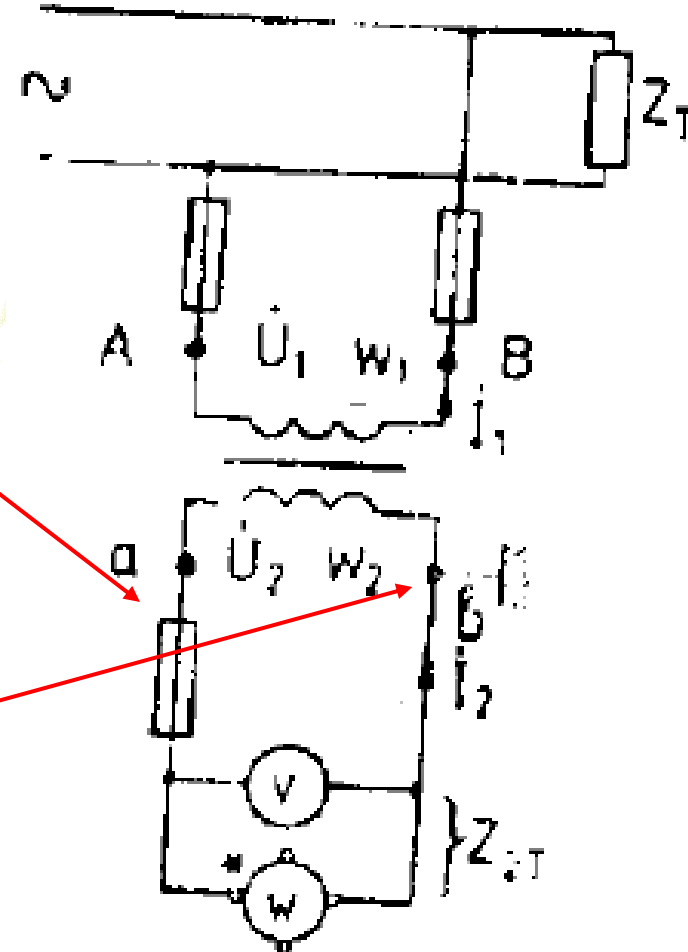
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!



Напрежителни измервателни трансформатори

- Предпазители във вторичната верига - за защита на напрежителните трансформатори от претоварване къси съединения
- Заземяване на вторичната верига – за обезопасяване при евентуален пробив в изолацията



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

Параметри на Напрежителните Трансформатори

- Номинално преводно отношение

$$K_{U_n} = U_{1n}/U_{2n}$$

- Номинална изходна мощност S_{2n}
- В работни условия преводното отношение $K_U \neq K_{U_n}$, вследствие на което се получава модулна напрежителна грешка δ_U

- Аналогично на токовите трансформатори възниква ъглова (фазова) грешка $\delta_{U\psi}$

$$\delta_U = \frac{U_2 K_{U_n} - U_1}{U_1} \approx 1 - \frac{K_U}{K_{U_n}}$$



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

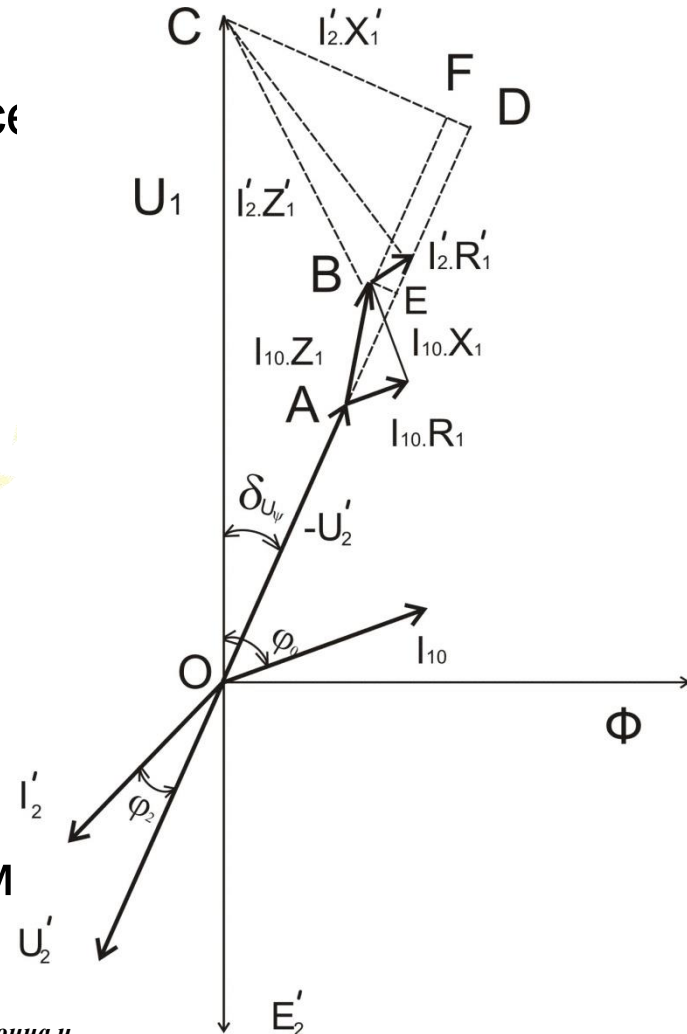
Векторна диаграма на НИТ

- Напрежението в първичната верига се уравновесява от индуктираното в първичната намотка противо – е.д.н. E_1 и падовете в активното и индуктивно съпротивление

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1(R_1 + jX_1)$$

$$\dot{E}'_2 = \dot{U}'_2 + \dot{I}'_2(R'_2 + jX'_2) = \dot{E}'_1$$

- Приведени стойности на индуктираното е.д.н. във вторичната намотка и съответните стойности към първичната



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

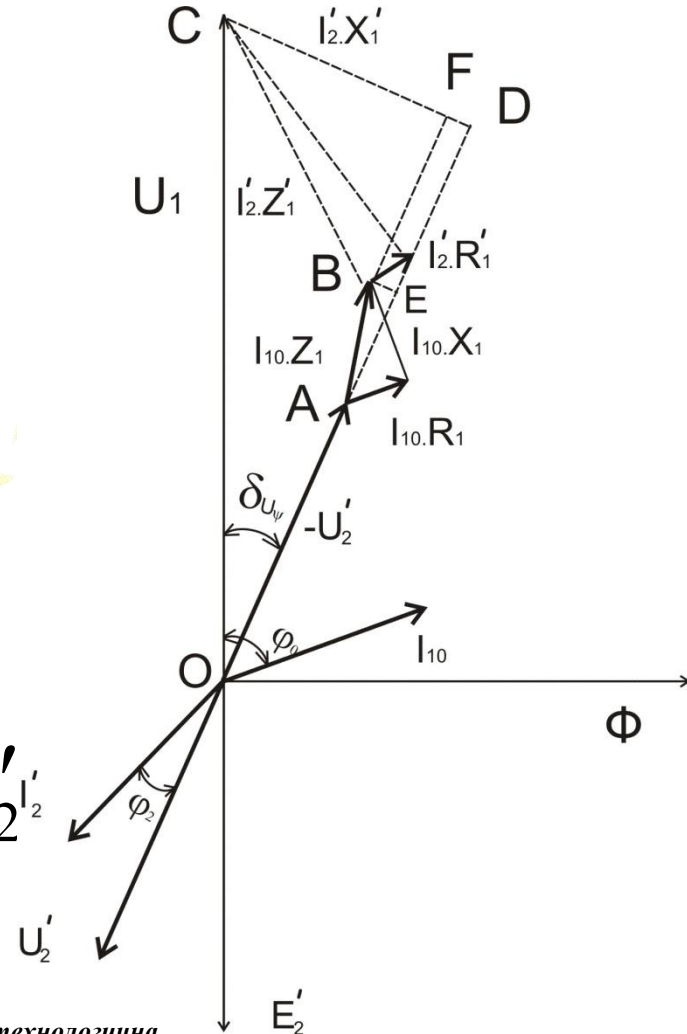
Векторна диаграма на НИТ

- Токовете във двете вериги са свързани с отношението:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{10} - \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_1 = -\dot{U}'_2 + \dot{I}_{10}(R_1 + jX_1) - \dot{I}'_2(R'_1 + jX'_1)$$

$$R'_1 = R_1 + R_2 \quad X'_1 = X_1 + X_{2'} I'_2$$



Европейски съюз

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



Европейски социален фонд

Векторна диаграма на НИТ

- Ъгъл между вектора на намагнитващия ток и U'_2

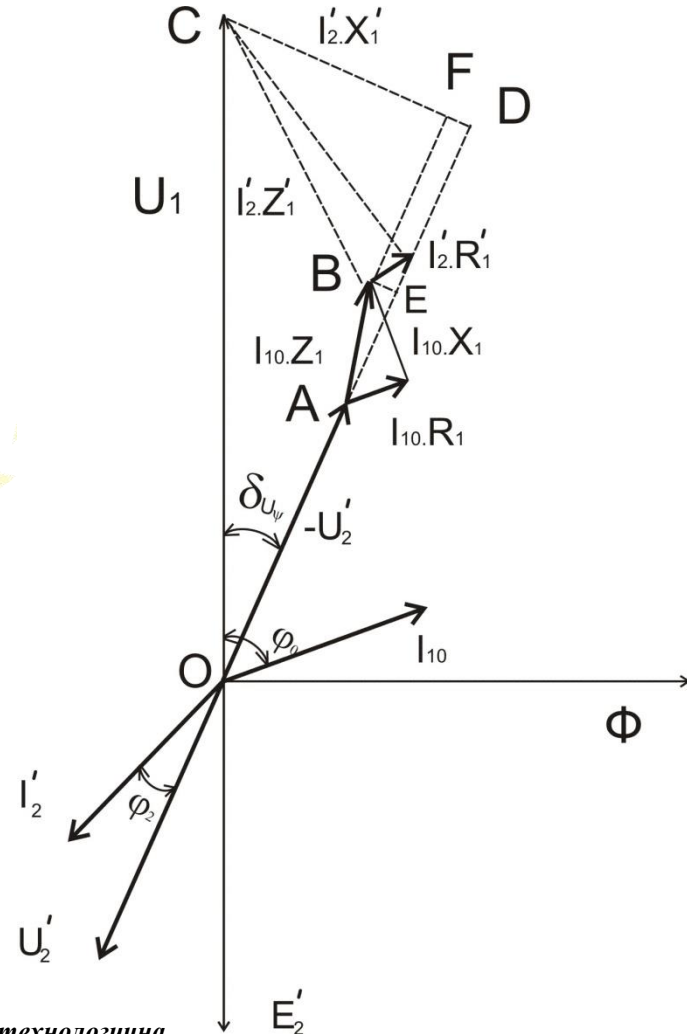
$$U_1 = \overline{OD} =$$

$$= U'_2 + I_{10}Z_1 \cos[\varphi_k - (\varphi_0 - \delta_{U\varphi})] +$$

$$+ I'_2 Z'_1 \cos(\varphi_k - \varphi_2)$$

$$\varphi_k = \arctg \frac{X_1}{R_1} = \arctg \frac{X_2}{R_2} = \arctg \frac{X'_1}{R'_1}$$

- Обикновено при НТ отношенията между реактивните и активните съпротивления в двете намотки да са еднакви



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

Векторна диаграма на НИТ

- Ако се пренебрегне $\delta_{U\phi}$ и се положи

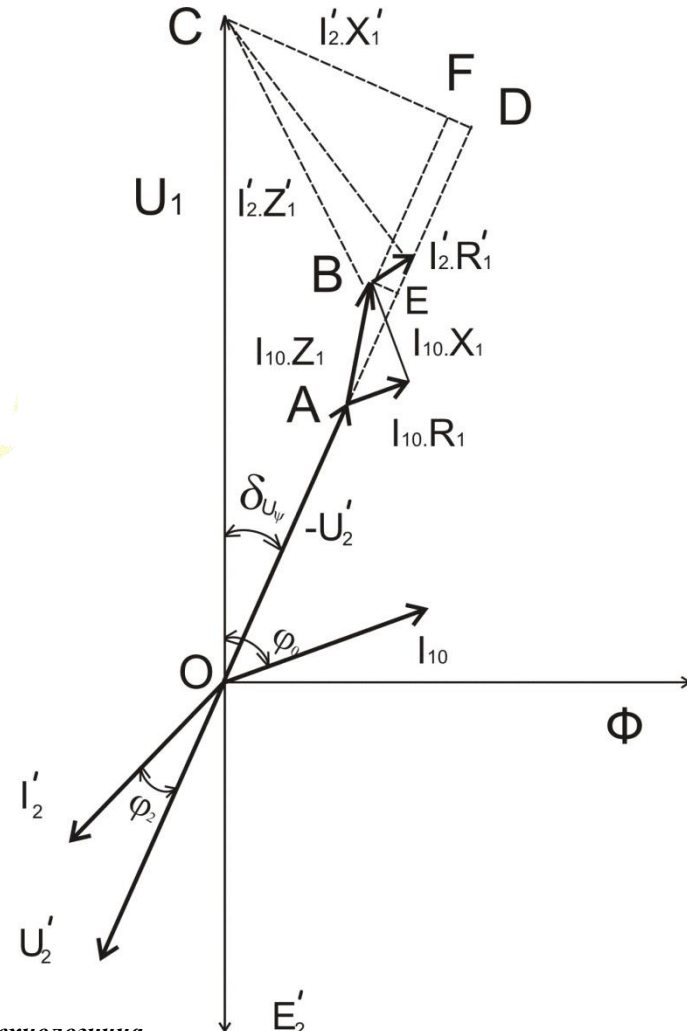
$$Z_1 = \frac{R_1}{\cos \phi_k} \quad Z'_1 = \frac{R'_1}{\cos \phi_k}$$

$$U_1 = U'_2 + \frac{I_{10}R_1 \cos(\phi_k - \phi_0) + I'_2R'_1 \cos(\phi_k - \phi_2)}{\cos \phi_k}$$

$$\delta_U = 1 - \frac{w_1}{w_2 K_{U_n}} - \frac{I_{10}R_1 \cos(\phi_k - \phi_0) + I'_2R'_1 \cos(\phi_k - \phi_2)}{U_2 K_{U_n} \cos \phi_k}$$

- За фазовата грешка се получава

$$\delta_{U\phi} = - \frac{I_{10}R_1 \cos(\phi_k - \phi_0) + I'_2R'_1 \cos(\phi_k - \phi_2)}{U'_2 \cos \phi_k}$$



Европейски съюз

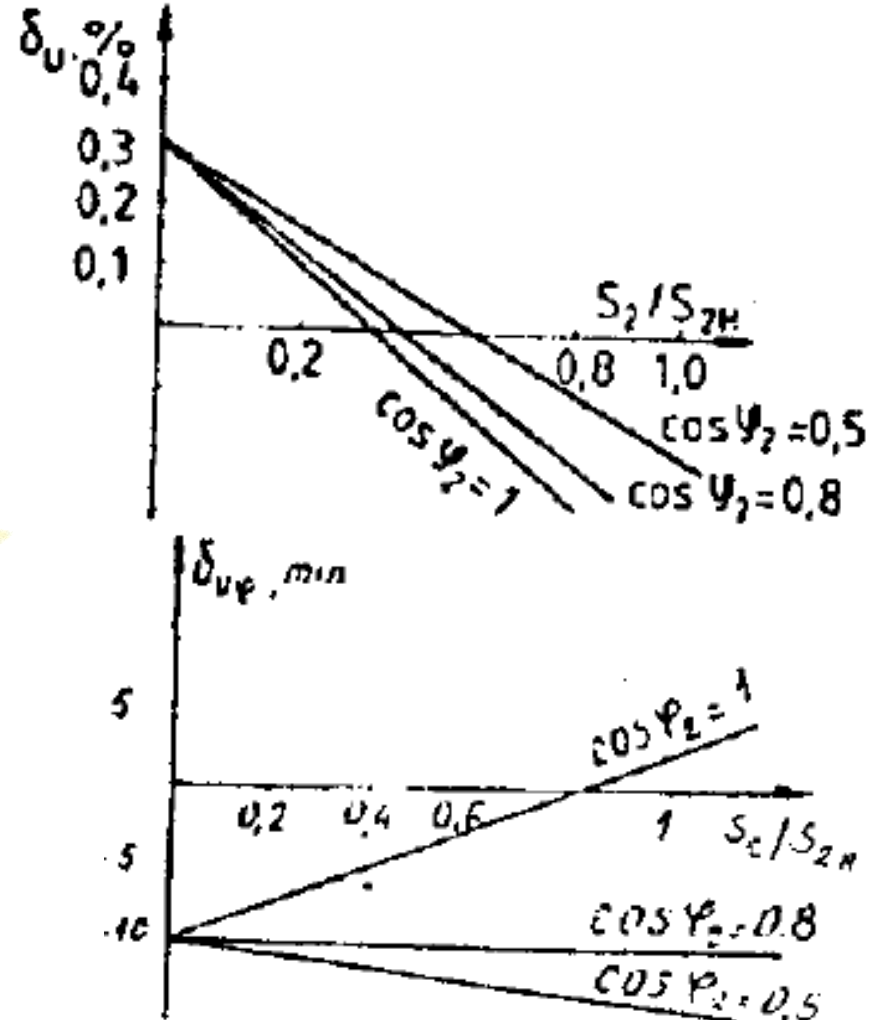
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции” Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира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



Европейски социален фонд

Влияние на товара на НИТ

- Грешката $\delta_{U\varphi}$ е отрицателна, защото векторът $-U'_2$ изостава от вектора на U_1
- Видът на зависимостите $\delta_U(U)$ и $\delta_{U\varphi}(U)$ при различен характер на товара във вторичната страна (параметър $\cos \varphi_2$) е:

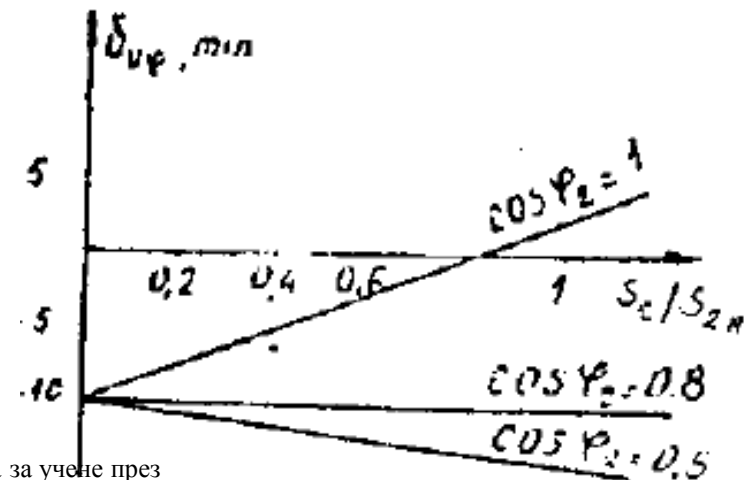
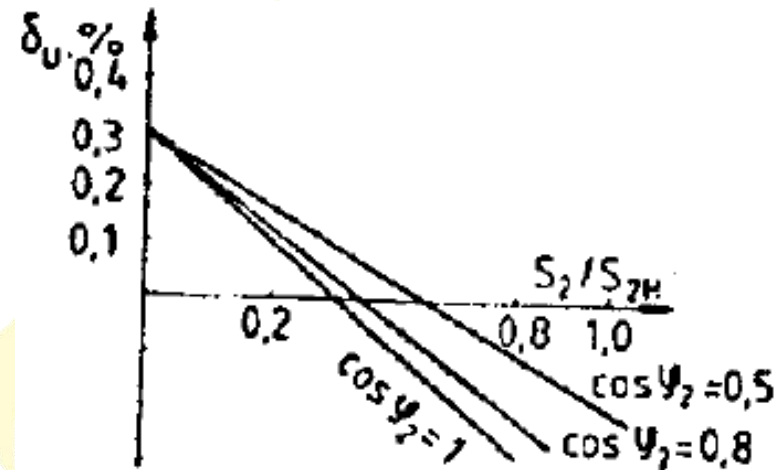


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции” Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз *Инвестира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



Влияние на товара на НИТ

- За намаляване на R_1 и R_2 токовата плътност е 15 - 20 пъти по-малка от тази при силовите трансформатори (0,1 до 0,3 A/mm²).
- Токът I_{10} влияе върху грешките по-слабо, отколкото при токовите трансформатори, поради което се избира по-висока магнитна индукция в магнитопровода - до 0,6 ÷ 1 Т. Това помага за намаляване на съпротивленията на намотките, сечението на магнитопровода и масата



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

Видове Напрежителни Трансформатори

- Лабораторни – класове на точност 0,05; 0,1 и 0,2
- Стационарни (еднофазни и трифазни) – класове на точност 0,2; 0,5; 1 и 3
- Ъглови грешки - от $\pm 2'$ до $\pm 100'$
- В напрежителните трансформатори за по-високи напрежения се използва маслено охлаждане. Тяхното тегло и обем са пропорционални на квадрата на напрежението, затова се прибегва до каскадно включване на няколко по-малки трансформатора.



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!



Конструкции на Напрежителни Трансформатори



Напреженови
Трансформатори
за Ниско
Напрежение



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

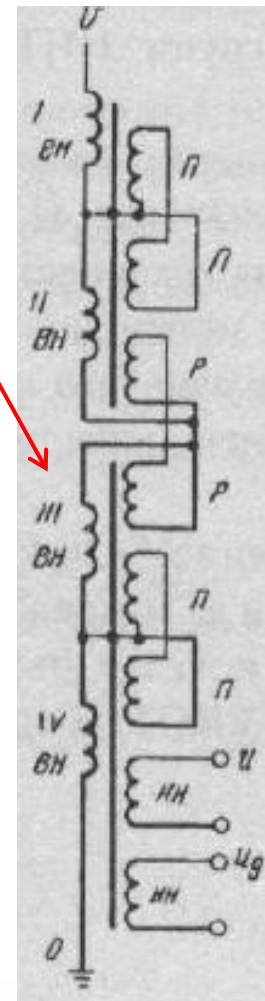
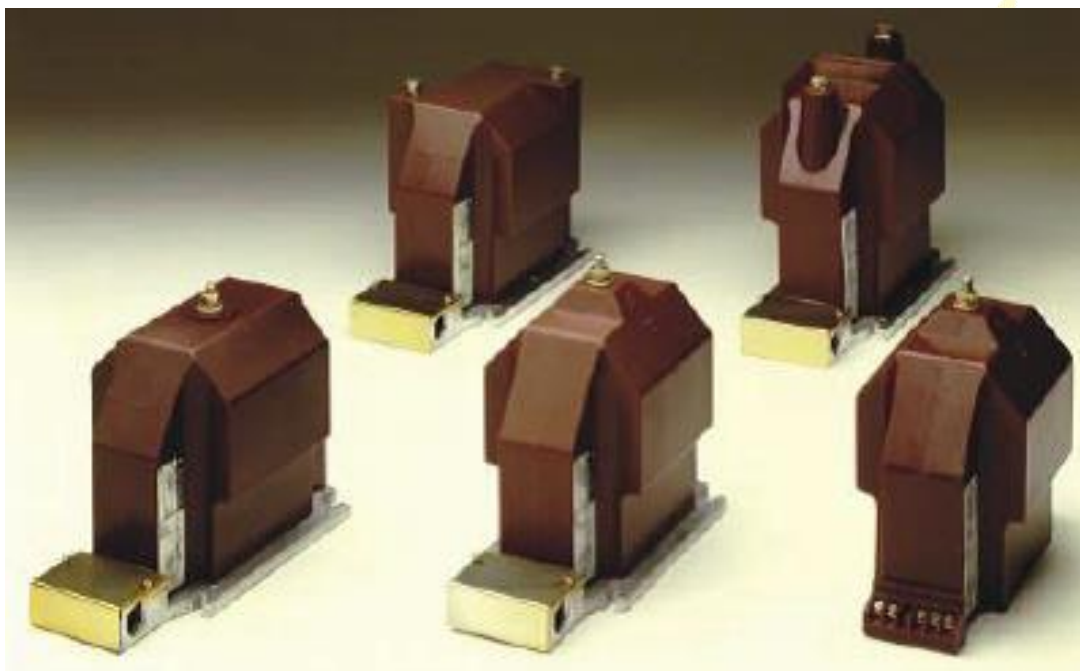
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Конструкции на Напрежителни Трансформатори

Каскаден НТ



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
- 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!



Европейски социален фонд