

 **Технически университет – София**

 **Факултет по автоматика**

Катедра „Електроизмервателна техника”

Презентация модул № 8

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ И ЕНЕРГИЯ

**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

8.1 Мощност- дефиниция, особености, видове

8.2 Измерване на мощност

8.2.1 Методи за измерване на мощност

8.2.2 Измерване на мощност във вериги за постоянен ток

8.2.3 Измерване на мощност в линейни монофазни системи

8.2.4 Измерване на мощност във вериги с повишено напрежение

8.2.5 Измерване на активна мощност при високи честоти

8.3 Уреди за измерване на електрическа мощност

8.4 Уреди за измерване на енергия

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

МОЩНОСТ – ДЕФИНИЦИЯ И ОСОБЕНОСТИ

Когато напрежението u и токът i са периодични функции, средната стойност на произведението им за един период T се нарича **активната мощност**

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt$$

Най-разпространените форми на тока и напрежението с оглед на преобразуване и предаване на електрическата енергия са синусоидалните.

Това се предопределя от методите на физично преобразуване на механичната енергия в електрическа чрез ротационни машини при промишлена честота или преобразуването на постояннотоковата енергия чрез използването на резонансни процеси при по-високи честоти.



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

МОЩНОСТ – ДЕФИНИЦИЯ И ОСОБЕНОСТИ

Преобладаваща част от електроенергийните източници – генератори или преобразователи генерират, преобразуват, трансформират или предават енергията при синусна форма на напрежението. Теоретично, на изхода си такъв източник обезпечава синусоидално напрежение с максимална стойност постоянна във времето и ъглова честота от вида

$$u = U_m \sin \omega t$$

Ъгловата честота се определя като $\omega = 2\pi f$ където честотата е

$$f = \frac{1}{T}$$



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 МОЩНОСТ

Методи за измерване на мощност

Преки методи - използват се уреди с непосредствена оценка – ватметри: електродинамични, феродинамични, електронни и други.

Ватметрите са уреди с вътрешно умножение на величините, което се постига по електромагнитен, схемно аналогов или цифров път. Те са уреди за пряко измерване на електрическа мощност.

Косвени методи - пряко се измерват величини, свързани с мощността: ток, напрежение, фаза, количество топлина и други.

Косвените методи при измерване на мощност се използват рядко поради необходимостта от последваща обработка на резултатите, което утежнява измервателния процес.

Косвените методи намират ограничено приложение: например при измерване на високи (MHz) и свръхвисоки (GHz) честоти се използват термоелектрически преобразуватели, директно базирани на дефиницията за ефективна стойност на тока. Известни са още осцилоскопни и други косвени методи.



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!

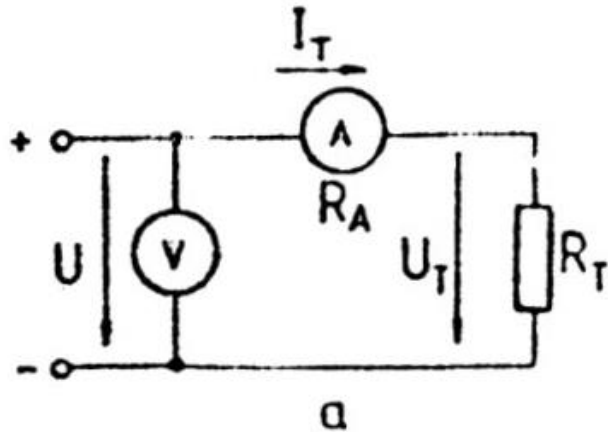


Европейски социален фонд

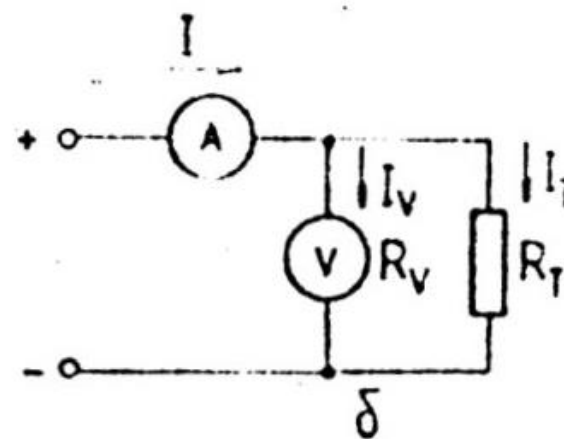
ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност във вериги за постоянен ток

- Косвено - чрез амперметър и волтметър



а) V-A схема,



б) A - V схема



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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

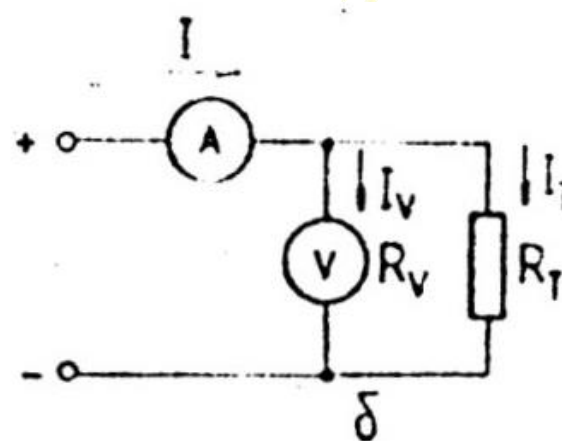
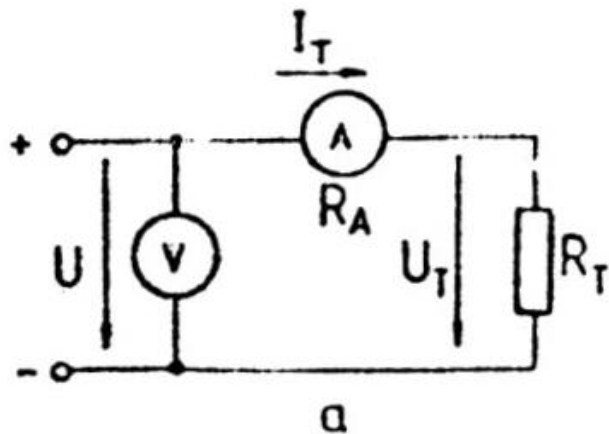


Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност във вериги за постоянен ток

- Методична грешка



$$P_{VA} = UI_T = (U_T + I_T R_A) I_T =$$

$$= U_T I_T + I_T^2 R_A = P + I_T^2 R_A$$

$$\delta_{VA} = \frac{P_{VA} - P}{P} = \frac{I_T^2 R_A}{U_T I_T} = \frac{I_T}{U_T} R_A = \frac{R_A}{R_T}$$

$$P_{AV} = UI = U(I_T + I_V) =$$

$$= UI_T + \frac{U^2}{R_V} = P + \frac{U^2}{R_V}$$

$$\delta_{AV} = \frac{P_{AV} - P}{P} = \frac{U^2}{UI_T R_V} = \frac{U}{I_T R_V} = \frac{R_T}{R_V}$$



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!

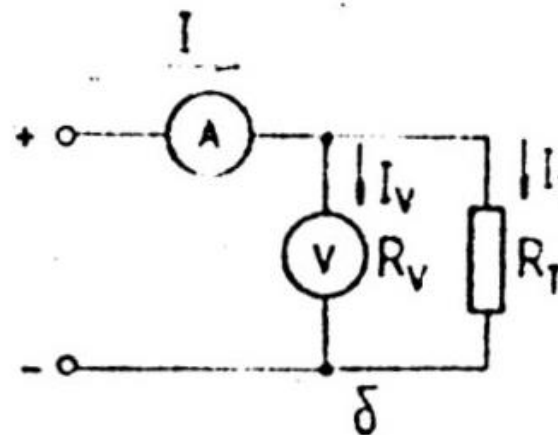
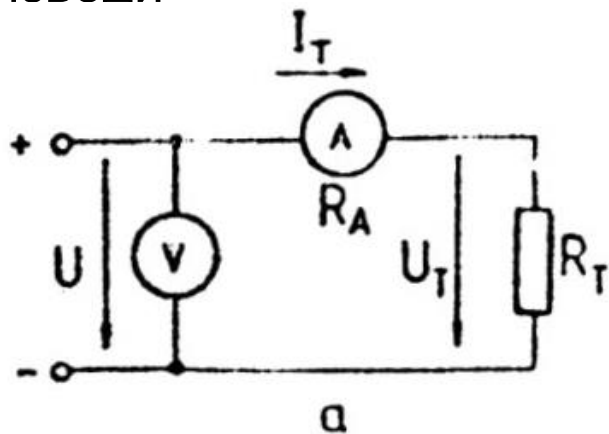


Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност във вериги за постоянен ток

- Изводи



Измерената мощност на товара винаги е по-голяма от действителната, следствие на собствената консумация на уредите във веригата на консуматора.

При измерване на мощността на генератор, може да се докаже, че измерената мощност винаги е по-малка от тази на генератора, като разликата съответства на консумацията на уредите, включени във веригата на генератора.

За всеки конкретен случай трябва да се избира тази схема, при която грешката от собствена консумация на уредите е по-малка.



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!

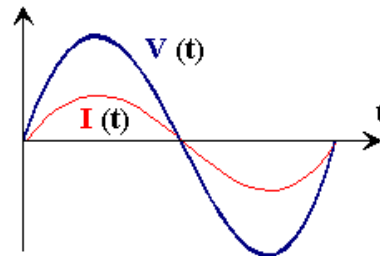
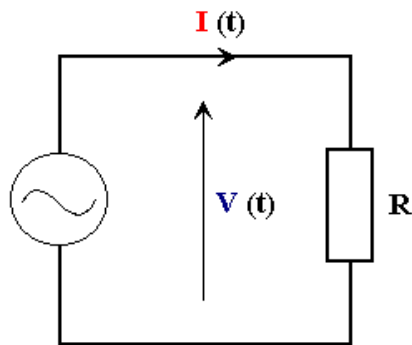


Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

Активната електрична мощност се преобразува необратимо в друг вид мощност – механична, светлинна, топлинна. В този смисъл, оптималния енергиен товар е линеен активен консуматор



$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = UI$$

където U и I са съответните ефективни стойности.



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 МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

- **Ефективни стойности в линейни системи**

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

За определянето на ефективната стойност се използва топлинният ефект, тъй като количеството на отделената топлина не зависи от посоката на тока.

По дефиниция, ефективната стойност на променливия ток е равна на онази еквивалентна стойност на постоянен ток, който за време един период би предизвикал отделянето в даден резистор на същото количество топлина. За синусоидални величини се извежда:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$



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

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

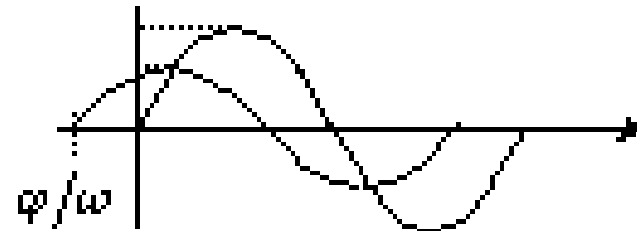
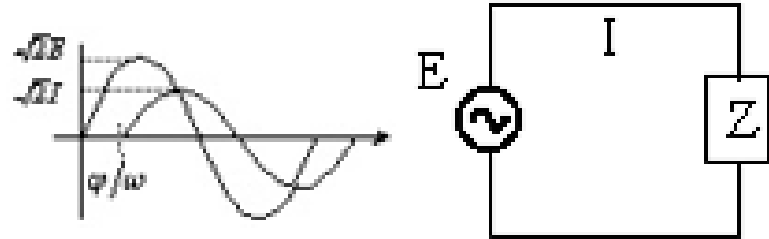
Когато товарът е линеен консуматор, токът през него е с идентична форма с тази на напрежението – синусна.

$$u = U_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin(\omega t \pm \varphi)$$

При синусоидални форми на напрежението и тока и наличен фазов ъгъл между тях φ , за активната мощност се получава:

$$P = UI \cos \varphi$$



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

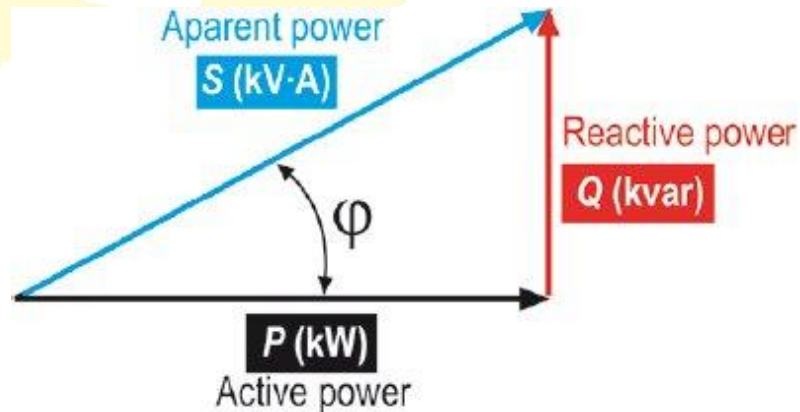
ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

При линеен товар, който не е изцяло активен, поради наличието на електромагнитна енергия като компонент в общия енергиен обмен между източника и консуматора, част от генерираната мощност остава неоползотворена. Тази мощност се дефинира с понятието **реактивна мощност (Q)**:

$$Q = UI \sin \varphi$$

Графично, реактивната мощност се представя в квадратура на активната 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!



Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

Пълната или привидната мощност (S) се получава като векторна сума на активната и реактивната мощности

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Качествена характеристика на процеса на оползотворяването на мощността е **факторът на мощността** PF , който в случай на линеен товар съвпада с косинуса от ъгъла между напрежението и тока:

$$PF = \frac{P}{S} = \cos \varphi$$



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!



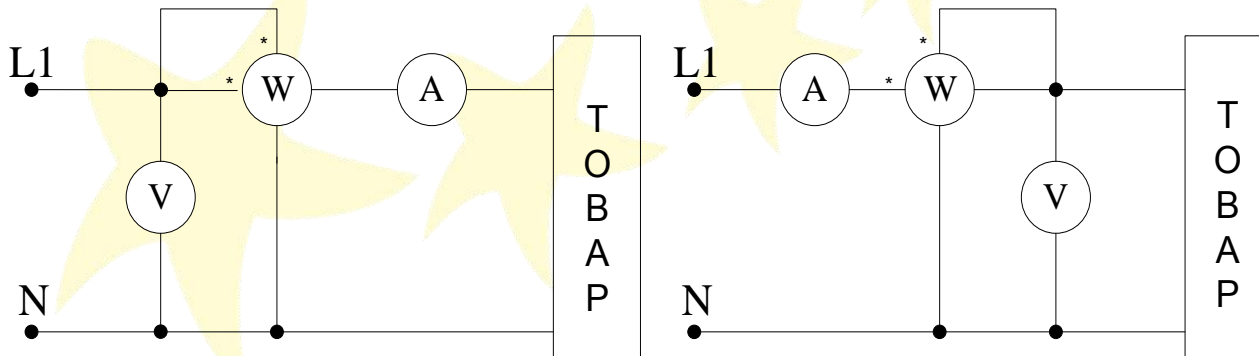
Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

Методът на косвено измерване на мощност с амперметър и волтметър се използва сравнително рядко.

В практиката се използват уреди с вътрешно умножение на величините, което се постига по електромагнитен, схемно-аналогов или цифров път. Такива уреди са ватметрите. Те се включват във веригата аналогично на показаните A-V и V-A схеми. Ватметрите се използват и за измерване на мощност при постоянен ток.



Имат същите методични грешки от собствена консумация.

За разширяване на обхвата по напрежение се използва допълнителен резистор, в края на напрежената верига.



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 МОЩНОСТ

Измерване на мощност в линейни монофазни системи

Негативи от наличието на реактивна съставка на товара при AC:

- наличие на значителна фазова грешка на ватметъра;
- нараства грешката от собствена консумация на уредите пъти. Например, за V-A схемата методичната грешка, ще бъде

$$\delta_P = \frac{I^2 (R_A + R_W)}{U_T I} \frac{1}{\cos \varphi}$$

- при механичните измервателни уреди и при голям фазов ъгъл между напрежението и тока е възможно претоварване на някоя от веригите на ватметъра - контролни уреди – A и V;
- при силно реактивен товар, особено при механичните измервателни уреди, се проявява нечувствителност, увеличаваща относителната грешка. В такива случаи се проектират и градуират специални уреди за $\cos \varphi = 0,5; 0,2$ или $0,1$



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!

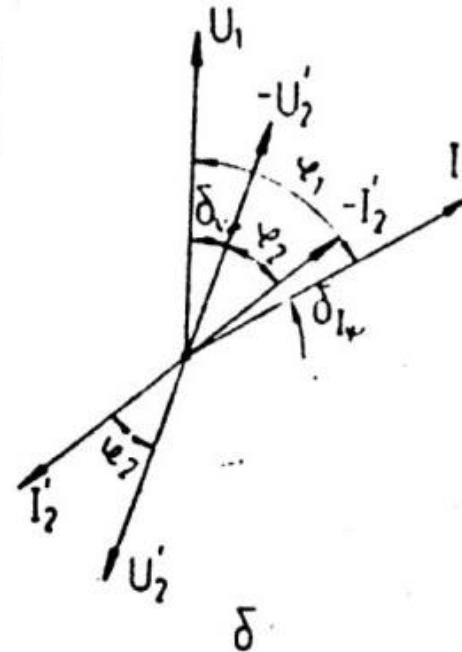
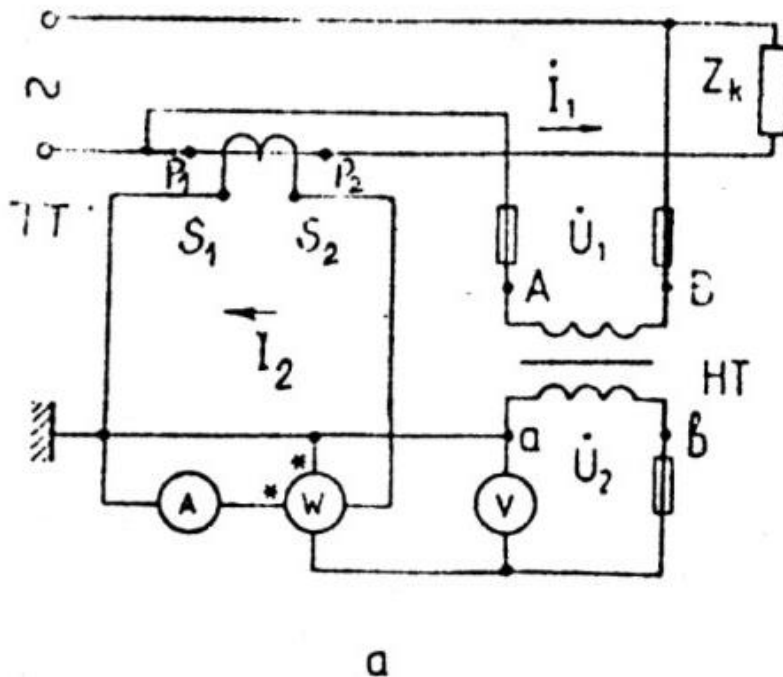


Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на мощност във вериги с повишено напрежение

При измерване на мощност във вериги с повишено спрямо напрежителния обхват на ватметъра напрежение, ватметрите се включват чрез напреженов и токов измервателни трансформатори, независимо от големината 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 МОЩНОСТ

Измерване на мощност във вериги с повишено напрежение

Консумираната мощност P_1 се намира, като се умножи отчетената от ватметъра мощност P_W с номиналните преводни отношения K_U и K_I на измервателните трансформатори

$$P_1 = K_U K_I P_W$$

Трансформаторите имат собствени грешки в преводните отношения (δ_U и δ_I) и ъглови грешки ($\delta_{U\varphi}$ и $\delta_{I\varphi}$), които водят до разлики между определената мощност P_1 и действителната мощност P_L на товара Z_k . На основата на векторната диаграма, за мощността P_1 се определя

$$P_1 = U_1 (1 + \delta_U) I_1 (1 + \delta_I) \cos[\varphi_1 - (\delta_{I\varphi} + \delta_{U\varphi})]$$



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 МОЩНОСТ

Измерване на мощност във вериги с повишено напрежение

Като се има предвид, че

$$K_I I_2 = I_1(1 + \delta_I) \quad K_U U_2 = U_1(1 + \delta_U)$$

за малки ъгли може да се приеме

$$\cos \delta_{I\varphi} \approx 1 \quad \cos \delta_{U\varphi} \approx 1 \quad \sin \delta_{I\varphi} \approx \delta_{I\varphi} \quad \sin \delta_{U\varphi} \approx \delta_{U\varphi}$$

следователно

$$\delta_P = \frac{P_1 - P_L}{P_L} \approx \delta_U + \delta_I + (\delta_{I\varphi} + \delta_{U\varphi}) \operatorname{tg} \varphi_1$$

при големи фазови ъгли φ_1 влиянието на ъгловите грешки $\delta_{U\varphi}$ и $\delta_{I\varphi}$ е значително. Тогава се изчислява δ_1 и се коригира измерената 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!

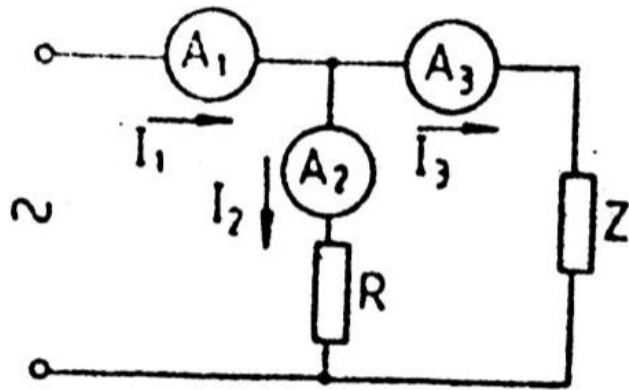


Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на активна мощност при високи честоти

Активната мощност в еднофазни и постояннотокови вериги може да се определи косвено чрез **метода на три амперметъра**, като се използват три амперметъра и известен резистор



$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i_3 dt = \frac{R}{T} \int_0^T i_2 i_3 dt$$

$$i_1^2 = (i_2 + i_3)^2$$

$$i_2 i_3 = \frac{1}{2} (i_1^2 - i_2^2 - i_3^2)$$

$$P = \frac{R}{2} (I_1^2 - I_2^2 - I_3^2)$$

По аналогичен начин може да се измери активна мощност и чрез три волтметъра и известен резистор или с два уреда и еталонен резистор - намират приложение в практиката за измерване на мощност при висока честота, като на мястото на амперметрите се включат термоелектрически преобразуватели.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



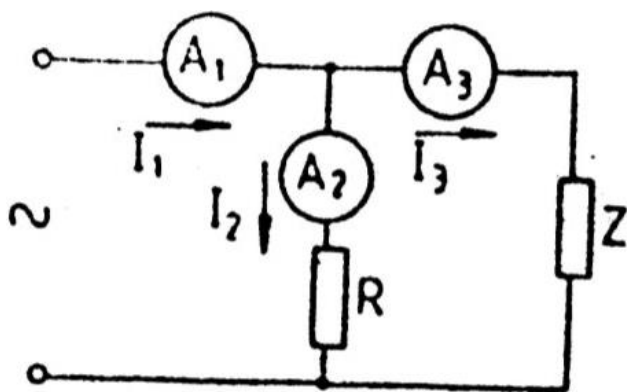
Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на активна мощност при високи честоти

Метод с термоелектрически преобразуватели :

За измерване на мощност при високи честоти на местата на амперметрите се включат термоелектрически преобразуватели.



$$E = e + e + e$$

Напрежението, което се измерва е постоянно и лесно и с висока точност се измерва с волтметър



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

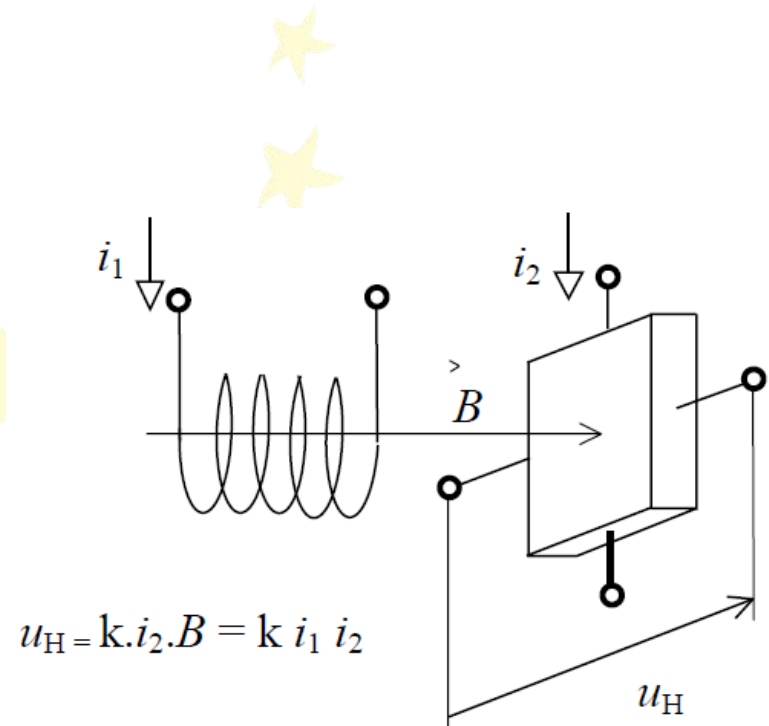
Измерване на активна мощност при високи честоти

Метод с преобразувател на Хол (холотрон):

Изключително разпространени са умножителите с преобразуватели на Хол.

Използват се в честотния обхват от единици Hz до стотици kHz и имат точност на преобразуването от порядъка на $0,1\%$ до $0,5\%$.

Чрез холотрони може да се измерва мощност в монофазни и трифазни вериги. На фигурата е разгледан еднофазния вариант, при който токът, протичащ през консуматора преминава през електромагнитът E , със сърцевина от висококачествен феромагнит, в чиято въздушна междина е поставен холотронът.



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 МОЩНОСТ

Измерване на активна мощност при високи честоти

Може да се приеме, че индукцията B във въздушната междина е пропорционална на тока в намотката на електромагнита

$$B = ki_1$$

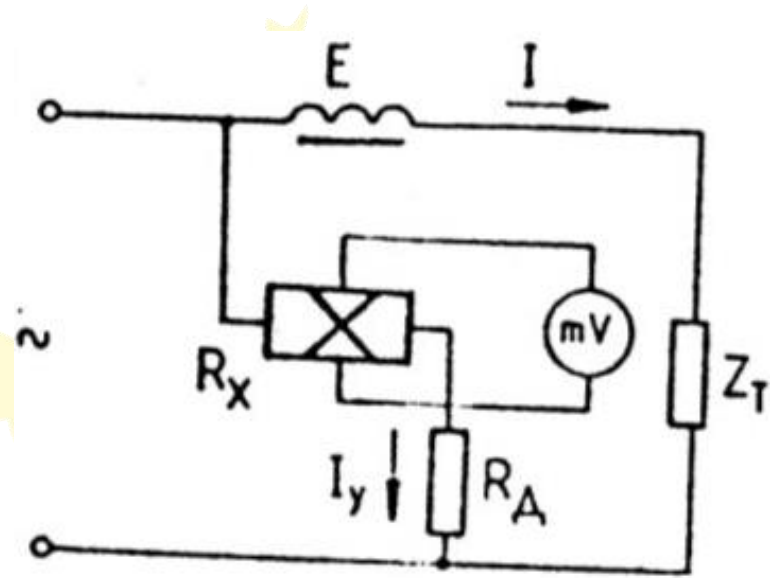
където k е коефициент, характеризиращ електромагнита.

Напрежителната верига е управляваща верига за холоторна. За тока в нея може да се запише

$$i_2 = \frac{u}{R_X + R_D}$$

Средната стойност на изходното напрежение, отчетено на потенциалните изходи на холоторна е

Където K е коефициентът на преобразуване на мощността в напрежение на изхода на холоторна.



$$U_H = \frac{1}{T} \int_0^T Bi_2 dt = \frac{k}{(R_X + R_D)} \frac{1}{T} \int_0^T ui_1 dt = KP$$



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!



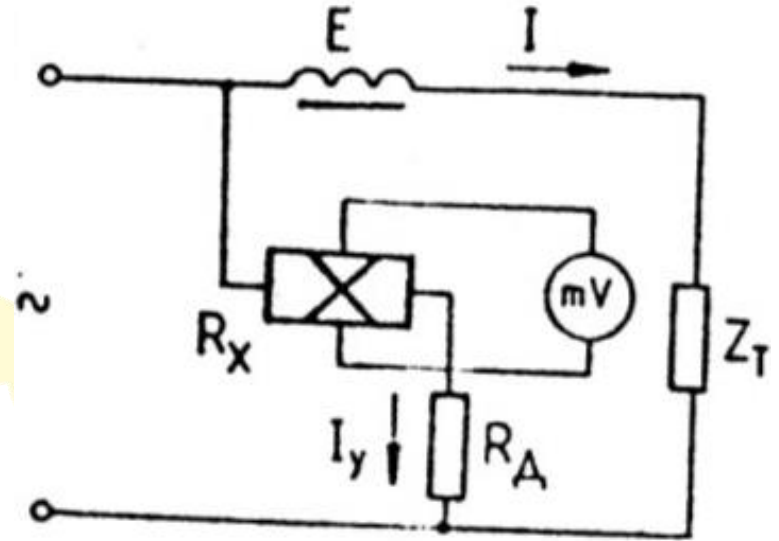
Европейски социален фонд

ИЗМЕРВАНЕ НА МОЩНОСТ

Измерване на активна мощност при високи честоти

Метрологични характеристики:

- Ватметрите с преобразователи на Хол имат проста конструкция и се отличават с висока надеждност. Общата им основна грешка не надвишава 0,5% до 1%.
- Полученото изходящо напрежение може да се предаде на разстояние като сигнал от производствен или електроенергиен процес.
- Съществено приложение преобразувателите на Хол намират при преобразуването на мощността и измерването на енергия в електронните (статични) 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

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА МОЩНОСТ

Ватметри

Електро-механичните ватметри са предимно от електродинамичната и феродинамичната система и се проектират за промишлени честоти.

Те са разпространени, но все повече биват заменяни от електронни уреди и преобразуватели, които са:

- по-точни;
- внасят по-малки методични грешки;
- по-устойчиви са на външни влияния – електромагнитни полета, температура, влага и т.н.
- информацията от тях може да се пренася на разстояние посредством различни интерфейси и преносна среда.

Блоковата схема на **електронен трифазен ватметър** се състои от три независими еднотипни измервателни канала подадени към трифазов суматор (Σ), след който следва аналогово – цифров преобразувател (АЦП).

Всеки от каналите по същество представлява отделен ватметър, който в еднофазния случай (очертан с плътни линии) завършва директно с АЦП.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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

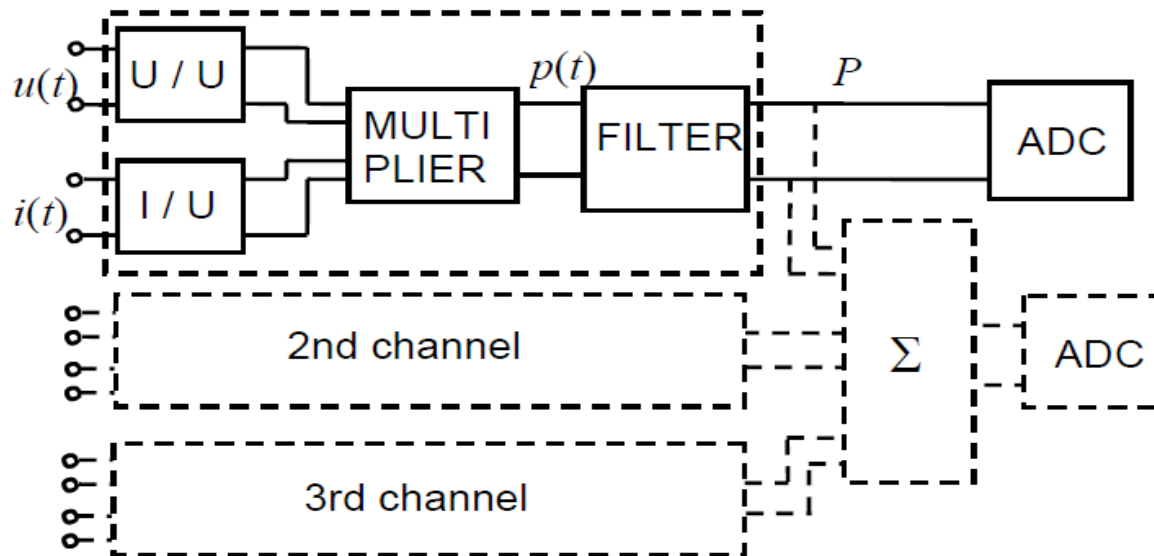


УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА МОЩНОСТ

Електронни ватметри

Входовете на всеки канал включват съответно: **преобразуватели** на напрежение в напрежение U/U и ток в напрежение I/U , умножител и филтър.

Преобразувателите обезпечават също галваничното разделяне на измервателните вериги и електрическата безопасност на оператора.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

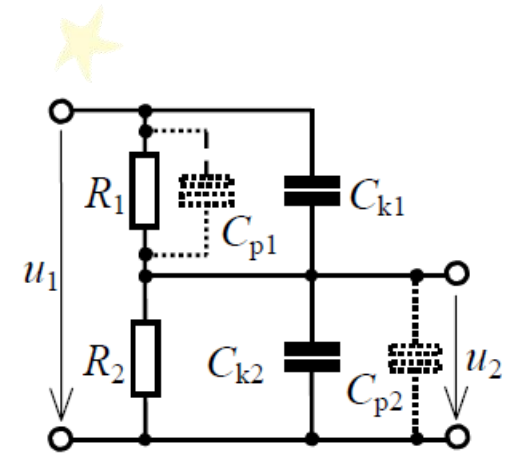
УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА МОЩНОСТ

Електронни ватметри

В преобладаваща част от случаите, преобразувателя U/U представлява честотно компенсирани напрежен делител, последван от галванично разделяне и усилвател.

Преобразувателя I/U в зависимост от честотния обхват може да е:

- за промишлена честота и в обхвата до няколко kHz - **трансформатор ток-напрежение**, последван от операционен усилвател;
- за измерване на постоянноточови или едновременно постоянноточови и променливоточови сигнали до десетки kHz се използва **преобразувател на Хол**;
- за измерване на постоянноточови или едновременно постоянноточови и променливоточови сигнали до стотици kHz се използва **коаксиален (честотно-независим) шунт**, последван от галванично-изолиран усилвател.



$$R_1(C_{k1} \parallel C_{p1}) = R_2(C_{k2} \parallel C_{p2})$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА МОЩНОСТ

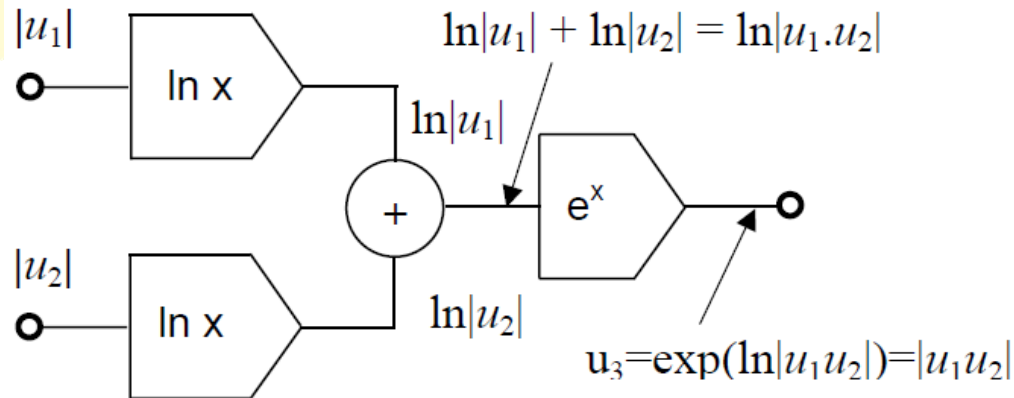
Електронни ватметри

Основен блок при ватметричното преобразуване е умножителят.

Умножител от вида логаритъм – антилогаритъм - използва се в честотния обхват от промишлени честоти до няколко десетки kHz и обезпечават точност на преобразуването от порядъка на $0,2\%$ до $0,5\%$.

Променливите напрежения не могат да се приложат директно към умножителя, тъй като логаритмуването е възможно само за положителен аргумент.

Прилага се метода на суперпозицията на постояннотокови компоненти, като се използват допълнителни външни вериги за индикация на поляритета и управление на изхода.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

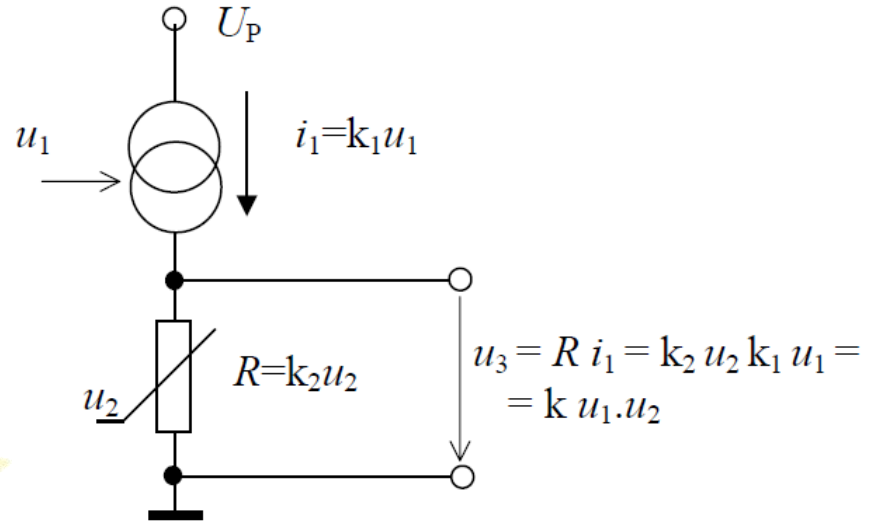
УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА МОЩНОСТ

Електронни ватметри

Нелинеен умножител от вида нелинейно съпротивление или променлива проводимост се реализира с:

- напреженово – управляемо съпротивление – линейризиран униполярен транзистор в серия с напреженово - управляем генератор на ток или
- диференциален усилвател с биполярни транзистори с напреженово-управляеми емитерни токови генератори.

Нелинейните умножители се използват в честотния обхват от десетки Hz до десетки MHz и обезпечават точност на преобразуването от порядъка на 0,2% до 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!

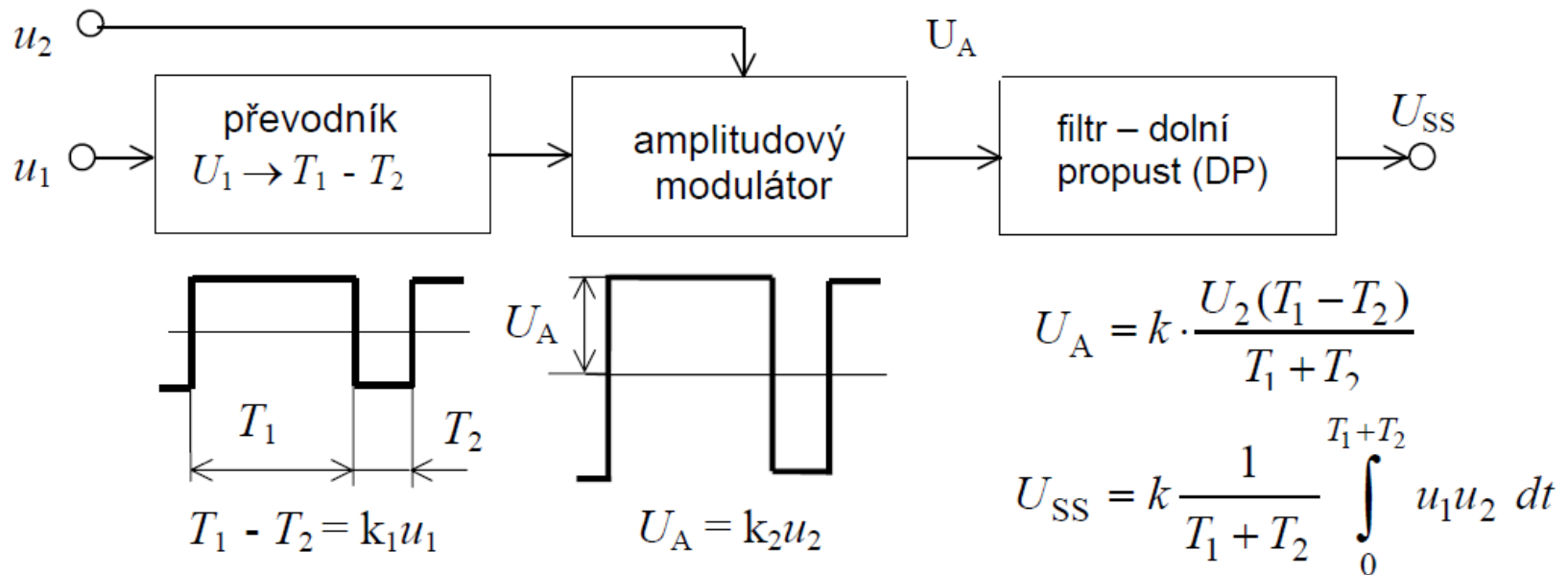


Европейски социален фонд

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА МОЩНОСТ

Електронни ватметри

Постояннотокови напреженови умножители с широчинно-импулсна и амплитудно импулсна модулация се прилагат от свръх нискочестотния обхват до няколко kHz и се характеризират с точност на преобразуването от порядъка на 0,1% до 0,5%.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Електромери

Измерването на активната електрична енергия се основава на връзката с активната мощност. Ако през време на интегриране t мощността P остава постоянна, то

$$W = Pt$$

Уредите за непосредствено отчитане на електричната енергия се наричат електромери. Първоначално са разработени и се използват електромеханични електромери от индукционната система.

Действието на индукционния електромер е сходно на действието на електродинамичния ватметър, където също има токова (CC) и напрежителна (VC) намотка. Разликата е в това, че за обезпечаване на интегриращата функция, подвижната система на стрелката е заменена от въртящ се, задвижван от вихрови токове диск, чиито обороти се отчитат от механичен брояч.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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

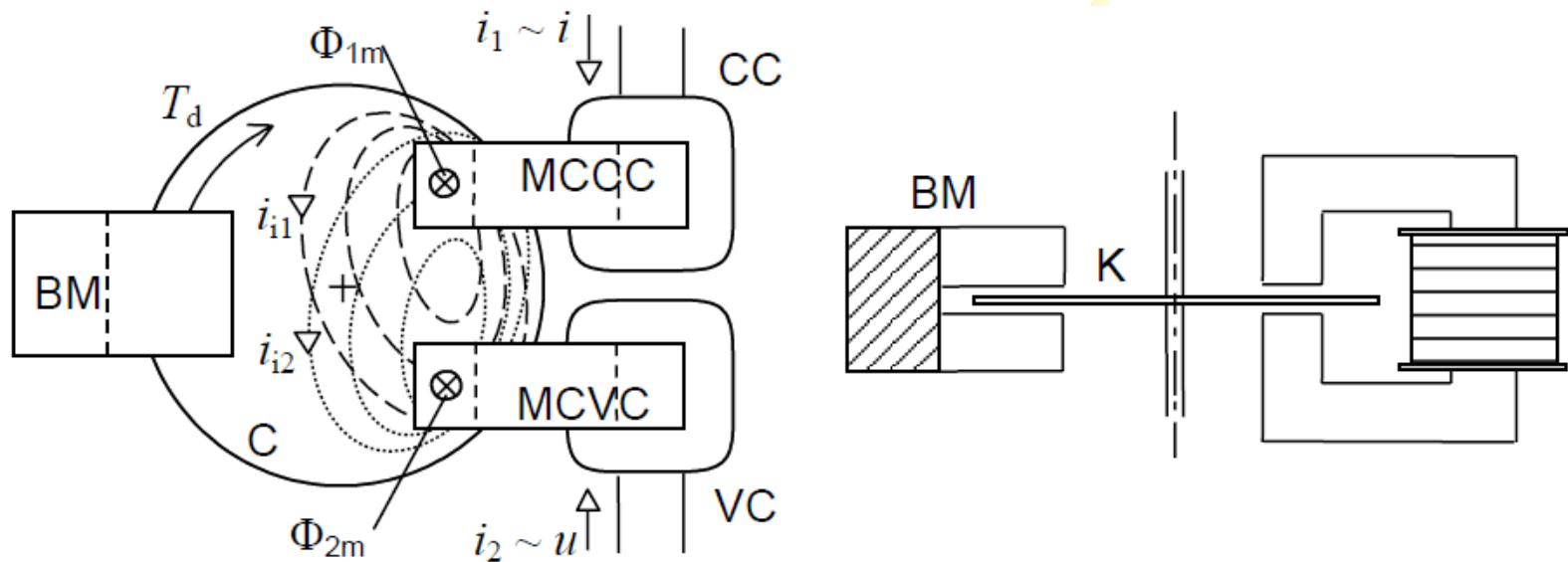


Европейски социален фонд

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Индукционни електромери

Индукционните електромери са разработени отдавна в теоретичен и практически аспект и енергийната система е наситена с тях, но техните конструктивни особености не им позволяват да покрият нуждите от измерване и едновременно наблюдение на повече от една величини в съвременните енергийни системи.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Индукционни и/или статични електромери

Индукционните електромери са проектирани да измерват само приетата от консуматора енергия, т.е. те са еднопосочни (двуквадрантни по отношение на мощността). В съвременните разпределени енергийни системи, особено при наличие на собствена генерация на потребителя, все повече се налага отчитане на „върнатата“ енергия. По тази причина електромеханичните индукционни електромери постепенно излизат употреба.

На тяхно място навлизат в употреба електронните електромери, наречени “статични”, защото нямат механично движещи се елементи. Те са многофункционални, лишени са от неудобствата на електромеханичните индукционни 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!

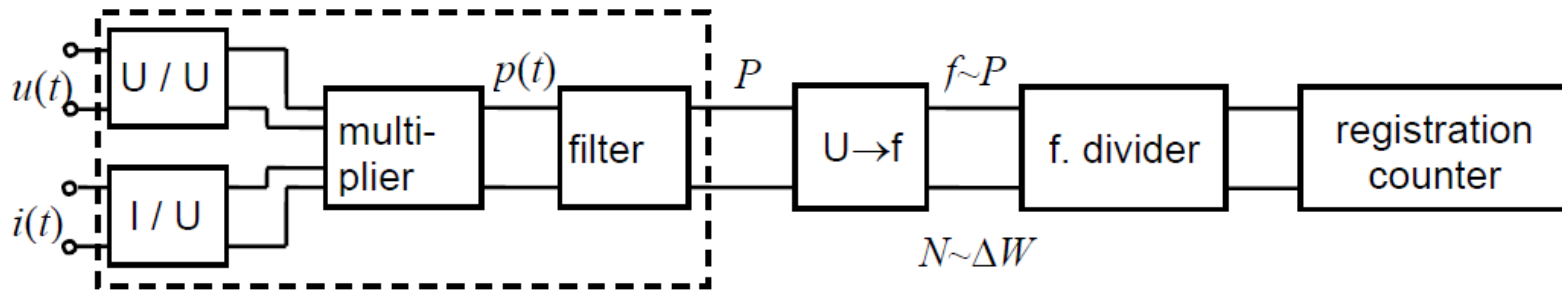


Европейски социален фонд

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

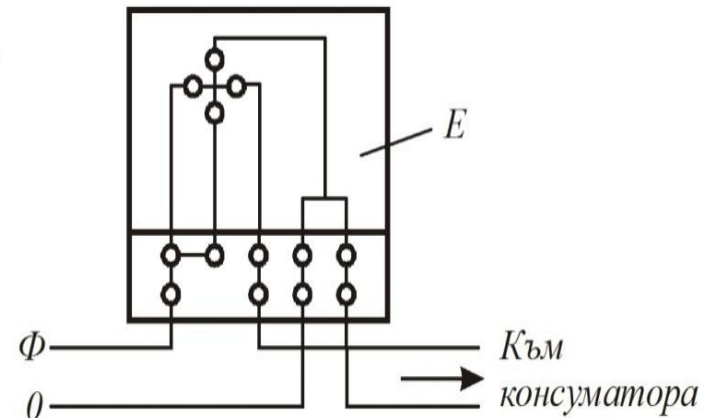
Статични електромери

Блокова схема на монофазен електронен електромер за активна енергия.



Обособен е тракта за измерване на мощност P , последван от преобразувател на напрежение в честота. Честотата е пропорционална на текущата мощност, а отброяването на честотните импулси (периоди) с натрупване обезпечава интегриращата функция

В еднофазните вериги се използват едноелементни монофазни 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

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Статични електромери

Статичните електромери, използващи цифрово умножение на напреженови и токови дискретизирани сигнали са най-точните уреди за измерване на електрическа мощност и енергия.

Предимствата на такива уреди са:

- кратковременна и дълготрайна стабилност,
- измерване на комплекс от параметри,
- възможности за дистанционно отчитане и управление,
- автокалибриране,
- вградени тестове за работоспособност и много други функции в резултат на процесорно-базираната 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!



Европейски социален фонд

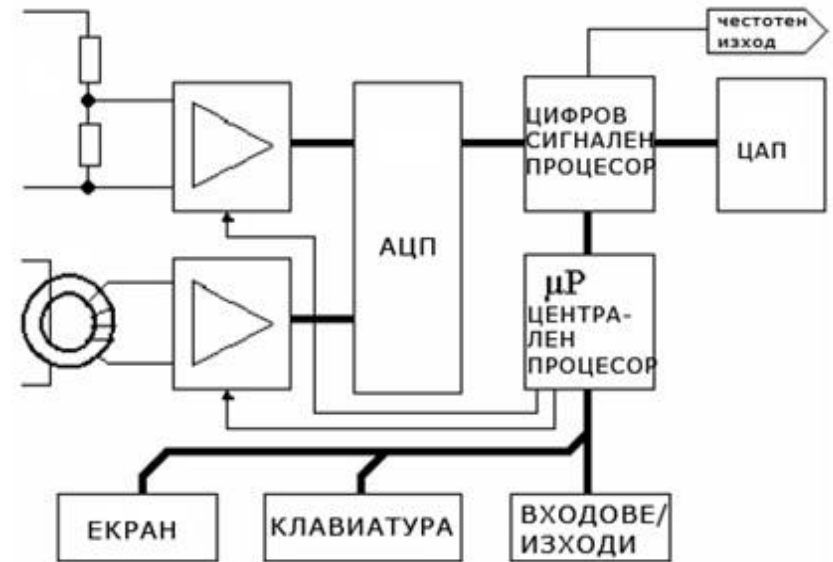
УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Статичен процесорен електромер

При съвременните цифрови сигнални процесори (*DSP*) се опростява задачата за обработка и получаване на стойности поотделно за: токовете,

- напреженията,
- активната
- реактивната мощност,
- пълната мощност,
- фактора на мощността,
- хармоничния (честотен) спектър и други параметри на захранващата система.

Задачи на централният процесор μP : преобразуване на обхватите, промяна в константата при визуализация, сумиране на резултати 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

УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ

Статичен процесорен електромер

Точността на електромера зависи от:

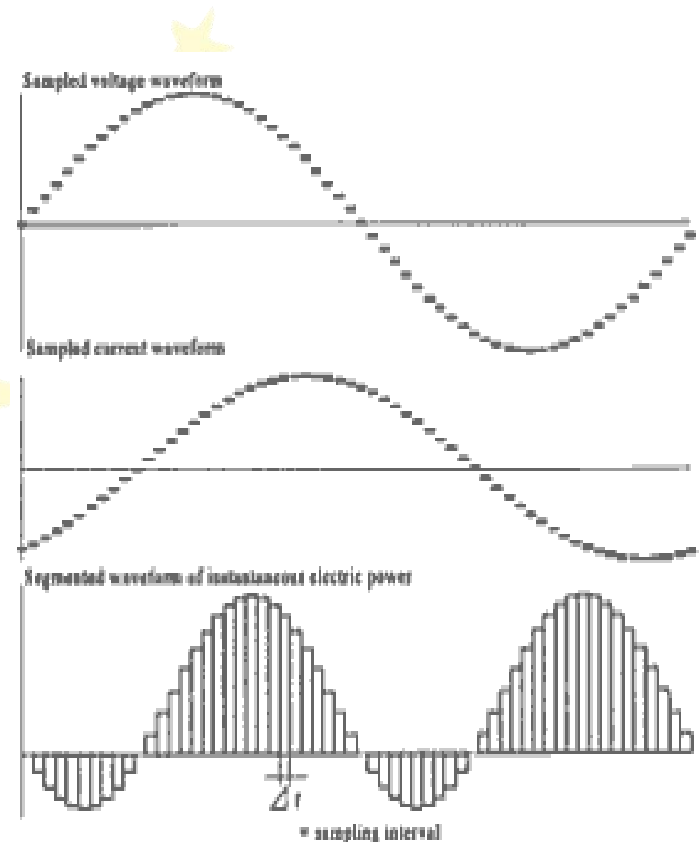
- точността на аналоговите входни вериги,
- точността на процеса на дискретизация,
- точността на аналогово-цифровото преобразуване и цифровия изчислителен процес.

Основен фактор е стабилността на параметрите на елементите в измервателния тракт.

За повишаване на точността на дискретите и намаляване на интервала за сканиране Δt , вместо от един АЦП (A/D) с мултиплексирани входове се използват отделни АЦП за всеки отделен сигнал.

Класът на точност на най-добрите електромери достига до 0,01%.

Статичните цифрови електромери използват напреженови и токови отчети



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

Измерване на мощност и енергия

- 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!



Европейски социален фонд