

Теория на електронните схеми

Чувствителност на електронни схеми: Основни понятия и определения

Доц. д-р инж. Тодор Тодоров



Катедра Електронна техника, ФЕТТ



Технически университет – София



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

- Образователни цели
- Основни понятия и определения. Видове чувствителност
- Теорема на Телеген



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

Образователни цели

След изучаването на този раздел вие ще трябва да можете:

- Да дефинирате функцията на относителната чувствителност
- Да определяте сумарното изменение на схемната функция, предизвикано от малките независими изменения на нейните параметри
- Да дефинирате различните видове чувствителност
- Да разбирате същността на теоремата на Телеген



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!





ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ



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

Анализ на чувствителността

- Анализът на чувствителността на изходните параметри на схемата към измененията на нейните входни параметри (параметрите на елементите – резистори, капацитети, диоди, транзистори и ОУ), има голямо значение за схемотехническото проектиране на електроните схеми
- Той е необходим етап при оценката на отклонението на схемните характеристики в постояннотоков, честотен и преходен режим
- Анализът на чувствителността е в основата на толерансния анализ с неговите два аспекта



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!



Анализ на чувствителността

- Първият аспект позволява да се определи до каква степен параметрите на градивните елементи влияят върху схемните характеристики, тъй като на тази основа се избират допустимите отклонения на входните параметри от номиналните им стойности
- Вторият аспект на анализа е, да се прогнозира отклоненията на вторичните параметри
- Връзката между схемните параметри, анализа на схемата и оптималното ѝ проектиране се дава с функцията на чувствителността **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!



Функция на чувствителността S

- Ако с $T(x)$ се означава произволна схемна функция – отношение на напрежения или токове, преходна, входна или изходна проводимост, то в общия случай тя е функция на комплексната променлива p
- С $X \rightarrow = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ е означен векторът на входните параметри (съпротивление, проводимост, температура...)



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

Функция на чувствителността S

- Функцията на относителната чувствителност на $T(x)$ по отношение на параметъра x_i се означава с S^T_{xi} и се дефинира чрез безразмерната величина

$$S^T_{xi} = \frac{\Delta T}{T} / \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

T - номинална предавателна функция

x_i – номинална стойност на параметъра

ΔT - изменение на схемната функция при изменение на параметъра Δx_i



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

Функция на чувствителността S

- При малки изменения на параметрите спрямо номиналната им стойност, функцията на относителната чувствителност S^T_{xi} се дефинира както следва

$$S^T_{xi} = \frac{\Delta T}{T} / \frac{\Delta x_i}{x_i} = \frac{\partial T}{T} / \frac{\partial x_i}{x_i} = \frac{\partial T}{\partial x_i} \frac{x_i}{T}$$



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

Сумарно изменение на схемната функция ΔT

- Сумарното изменение на схемната функция ΔT , предизвикано от малките независими изменения на нейните параметри (на брой n) се определя като

$$\Delta T = \sum_{i=1,n} \frac{\partial T}{\partial x_i} \Delta x_i = \sum_{i=1,n} A_i \Delta x_i ,$$

където частните производни

$$A_i = \frac{\partial T}{\partial x_i}$$

са коефициентите на чувствителност



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

Сумарно изменение на схемната функция ΔT

- Относителното сумарно изменение на схемната функция се получава от

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{T} \sum_{i=1, n} \frac{\partial T}{\partial x_i} \Delta x_i = \sum_{i=1, n} \frac{\partial T}{\partial x_i} \frac{x_i}{T} \frac{\Delta x_i}{x_i} = \sum_{i=1, n} S_{x_i}^T \delta x_i$$

където

$$\delta x_i = \frac{\Delta x_i}{x_i}$$

е относителното изменение на параметъра x_i



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



ПРИМЕР

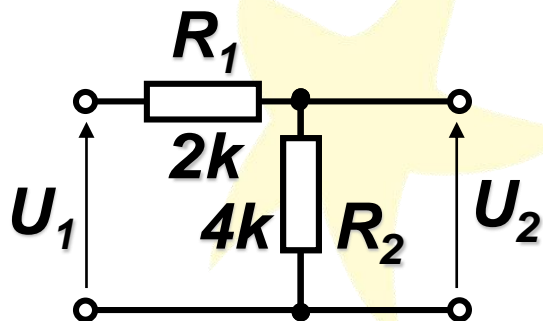


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”

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!



- Да се определят допустимите еднакви толеранси на параметрите на съпротивителния делител $R_1 = 2k$ и $R_2 = 4k$ при условие, че относителното изменение на коефициента на предаване по напрежение K_U не превишава 2% , т.е.



$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| \leq 2\%$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = ?$$



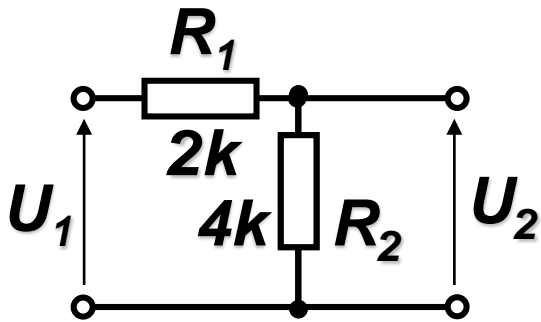
Европейски съюз

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!





$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| \leq 2\%$$

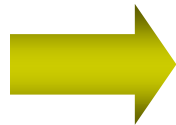
$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = ?$$

$$K_U = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{\Delta K_U}{K_U} = \sum_{i=1,2} S^{Ku}_{Ri} \delta R_i$$

$$S^{Ku}_{Ri} = \frac{\partial K_U}{\partial R_i} \frac{R_i}{K_U} \quad i=1,2$$

$$\delta R_i = \frac{\Delta R_i}{R_i}$$



Европейски съюз

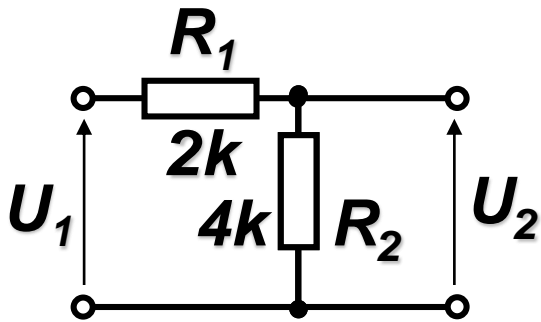
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| \leq 2\%$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = ?$$

$$K_U = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



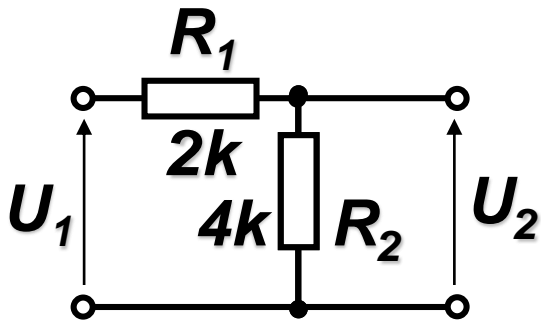
$$\frac{\partial K_U}{\partial R_1} = - \frac{R_2}{(R_1 + R_2)^2}$$

$$\frac{\partial K_U}{\partial R_2} = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2}$$



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!





$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| \leq 2\%$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = ?$$

$$S^{K_U}_{R_1} = \frac{\partial K_U}{\partial R_1} \frac{R_1}{K_U} = - \frac{R_1}{R_1 + R_2} = - \frac{2k}{2k + 4k} = - \frac{1}{3}$$

$$S^{K_U}_{R_2} = \frac{\partial K_U}{\partial R_2} \frac{R_2}{K_U} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{2k}{2k + 4k} = \frac{1}{3}$$



Европейски съюз

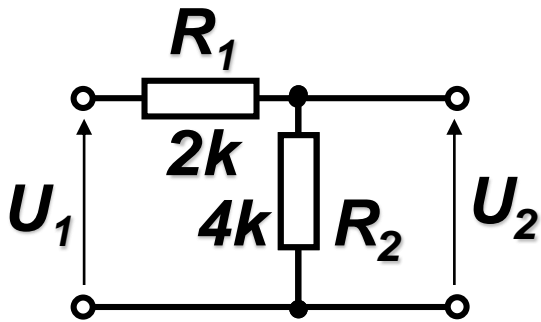
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| \leq 2\%$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = ?$$

$$\frac{\Delta K_U}{K_U} = S^{K_U}_{R1} \frac{\Delta R_1}{R_1} + S^{K_U}_{R2} \frac{\Delta R_2}{R_2} = -\frac{1}{3} \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{1}{3} \frac{\Delta R_2}{R_2}$$

$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| = \frac{1}{3} \left(\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| + \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| \right) \leq 0,02$$

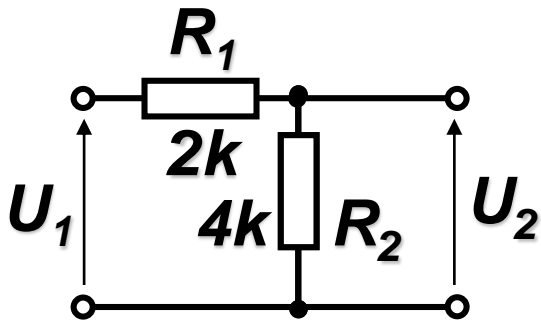
$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| + \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| \leq 0,06$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| \leq 3\%$$



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!





$$\left| \frac{\Delta K_U}{K_U} \right| \leq 2\%$$

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| = ?$$

- В най-лошия случай, делителят на напрежение може да се реализира с резистори, които имат 3% толеранс на съпротивленията

$$\left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right| = \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right| \leq 3\%$$



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 ЧУВСТВИТЕЛНОСТ



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

Чувствителност в постояннотокова област

Измененията на параметрите на схемните елементи (вкл. поради влиянието на температура, влага, стареене и др.) води до промяна на токовете и напреженията в схемата. Тогава функцията на относителната чувствителност $S_{x_i}^T$ се дефинира както

$$S_{x_i}^T = \frac{\partial T}{\partial x_i} \frac{x_i}{T}, \text{ където } T \text{ е ток или напрежение}$$

Или като функция на полуотносителната чувствителност:

$$S_{x_i}^T = \frac{\partial T}{\partial x_i} x_i$$



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

Чувствителност в честотна област

Чувствителността на $T(p) = |T(p)| e^{j\theta(p)}$ спрямо измененията на параметрите се дефинира като комплексна величина:

$$S_{x_i}^T = \frac{\partial T(p)}{\partial x_i} \frac{x_i}{T(p)} = S_{|T(p)|}^{x_i} + j\theta(p) S_{\theta(p)}^{x_i}$$



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

Чувствителност във времева област

Чувствителността на схемната функция спрямо измененията на параметрите в преходен режим се дефинира за определен момент от времето

$$S_{xi}^T = \frac{\partial T(t)}{\partial x_i} \frac{x_i}{T(t)} \Big|_{t=t_j}$$



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



ЗАКОН ЗА ЗАПАЗВАНЕ НА ЕНЕРГИЯТА



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

За всяка схема N с l клони и ν сечения е в сила закона за запазване на енергията, според който сумата от моментните мощности на всички клони в схемата е равна на нула

$$\sum_{k=1,l} u_k i_k = 0$$

$[i_k]$ - вектор на моментните стойности на токовете в клоните

$[u_k]$ - вектор на моментните стойности на напреженията в клоните

$[u]$ - вектор на моментните стойности на възловите напрежения

Първият закон на Кирхов е
$$[\Gamma] [i_k] = [0]$$

 $\nu \times 1 \quad l \times 1 \quad \nu \times 1$



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

Образува се произведението

$$\begin{matrix} [u_k]^t & [i_k] & = & \sum_{k=1,l} u_k i_k \\ 1 \times 1 & 1 \times 1 & & \end{matrix}$$

което изразява сумата на моментните мощности на всички клони в схемата

- векторът на напреженията в клоните $[u_k]$ се изразява чрез вектора на възловите напрежения $[u]$ и топологичната матрица $[П]$
- прилага се първият закон на Кирхов

$$\sum_{k=1,l} u_k i_k = [u_k]^t [i_k] = ([П]^t [u])^t [i_k] = [u] [П] [i_k] = 0$$



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

$$\sum_{k=1,l} u_k i_k = \underset{1 \times l}{[u_k]^t} \underset{l \times 1}{[i_k]} = \underset{1 \times l}{[i_k]^t} \underset{l \times 1}{[u_k]} = 0$$

Този резултат потвърждава *закона за запазване на енергията*, според който сумата на моментните мощности на всички клони в схемата е равна на нула



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд



ТЕОРЕМА НА ТЕЛЕГЕН

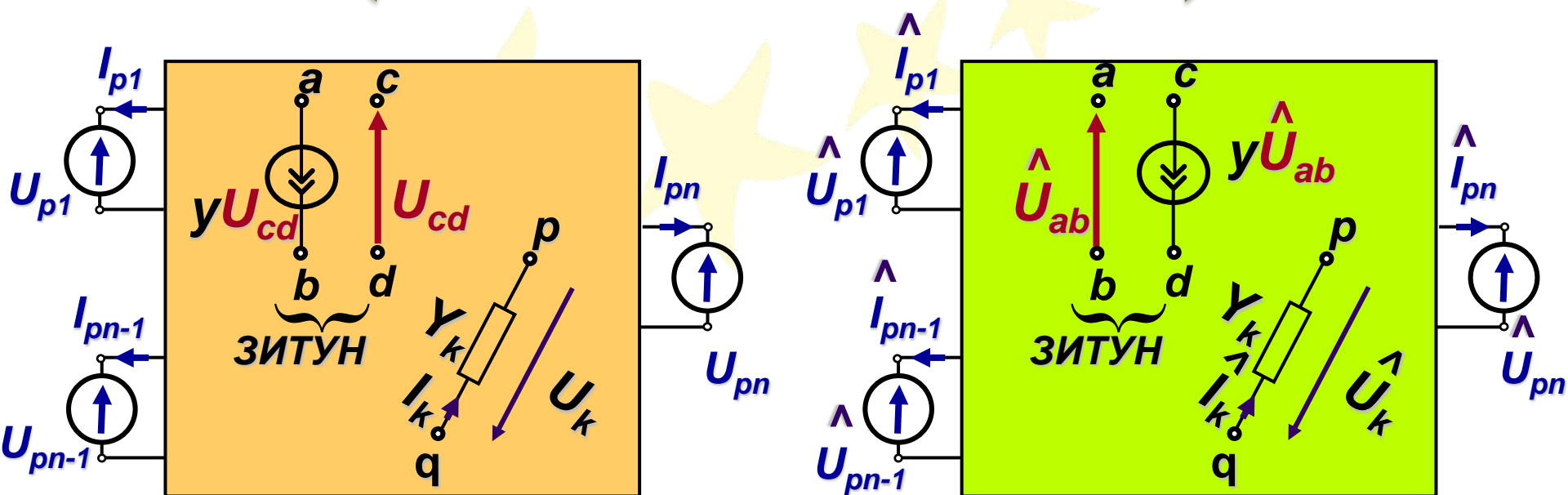


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през
целия живот и развитие на компетенции”

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!



Теоремата на Телеген, изразява съотношенията между токовете и напреженията в две схеми с еднаква **ТОПОЛОГИЯ**, т.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!



При еднаква номерация на клоните и възлите и
избор на еднакви положителни посоки на токовете
и напреженията в двете схеми N и \hat{N} ,
съществува равенство между топологичните
матрици

$$[N] = [\hat{N}]$$



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

Означения

$\hat{[П]}$	Матрица на сеченията на \hat{N}
\hat{u}_k	Напрежения в клоните на \hat{N}
\hat{i}_k	Токове в клоните на \hat{N}
\hat{u}	Възлови напрежения на \hat{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

Теорема на Телеген

Теоремата на Телеген утвърждава, че между токовете и напреженията на две схеми с еднаква топология (N и \hat{N}) съществуват зависимостите

$$[\hat{u}_k]^t [i_k] = [\hat{i}_k]^t [u_k] = 0$$

или в скаларен вид

$$\sum_{k=1,l} \hat{u}_k i_k = \sum_{k=1,l} \hat{i}_k u_k = \sum_{k=1,l} i_k \hat{u}_k = \sum_{k=1,l} u_k \hat{i}_k = 0$$



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

$$[\hat{u}_k]^t [i_k] = [i_k]^t [u_k] = 0$$

$$\sum_{k=1,l} \hat{u}_k i_k = \sum_{k=1,l} \hat{i}_k u_k = \sum_{k=1,l} i_k \hat{u}_k = \sum_{k=1,l} u_k \hat{i}_k = 0$$

Тези зависимости нямат физически смисъл на “сума от моментните мощности на всички клони”, тъй като токовете и напреженията са в две различни схеми N и \hat{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!





ttodorov@tu-sofia.bg



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!

