

Теория на електронните схеми

Чувствителност на електронни схеми: Метод на присъединените схеми

Доц. д-р инж. Тодор Тодоров



Катедра Електронна техника, ФЕТТ



Технически университет – София



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!



Съдържание

- Образователни цели
- Изчисляване на чувствителност от първи ред по метода на присъединените схеми



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!



Образователни цели

След изучаването на този раздел вие ще трябва да можете:

- Да дефинирате полюсните и компонентните уравнения на двете взаимно присъединени схеми
- Да обяснявате приложението на теоремата на Телеген при малки изменения на параметрите на дадената схема
- Да интерпретирате метода на присъединените схеми за определяне на коефициентите на чувствителността на полюсните параметри на проводимостта на схемата N
- Да определяте условията на възбуждане на полюсите на двете взаимно присъединени схеми при определяне на коефициентите на чувствителност на конкретна схемна функция



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

Метод на присъединените схеми

- Методът на присъединените схеми за анализ на многопараметрична чувствителност се основава на теоремата на Телеген за съотношенията между токовете и напреженията в две схеми с еднаква топология - дадената схема **N** , разглеждана при малки изменения на нейните параметри, а от там и малки изменения на токовете и напреженията в нея - **ΔI** и **ΔU** , и присъединената ѝ схема

$$[\hat{U}]^t [\Delta I] = [\hat{I}]^t [\Delta U] = 0$$



Европейски съюз

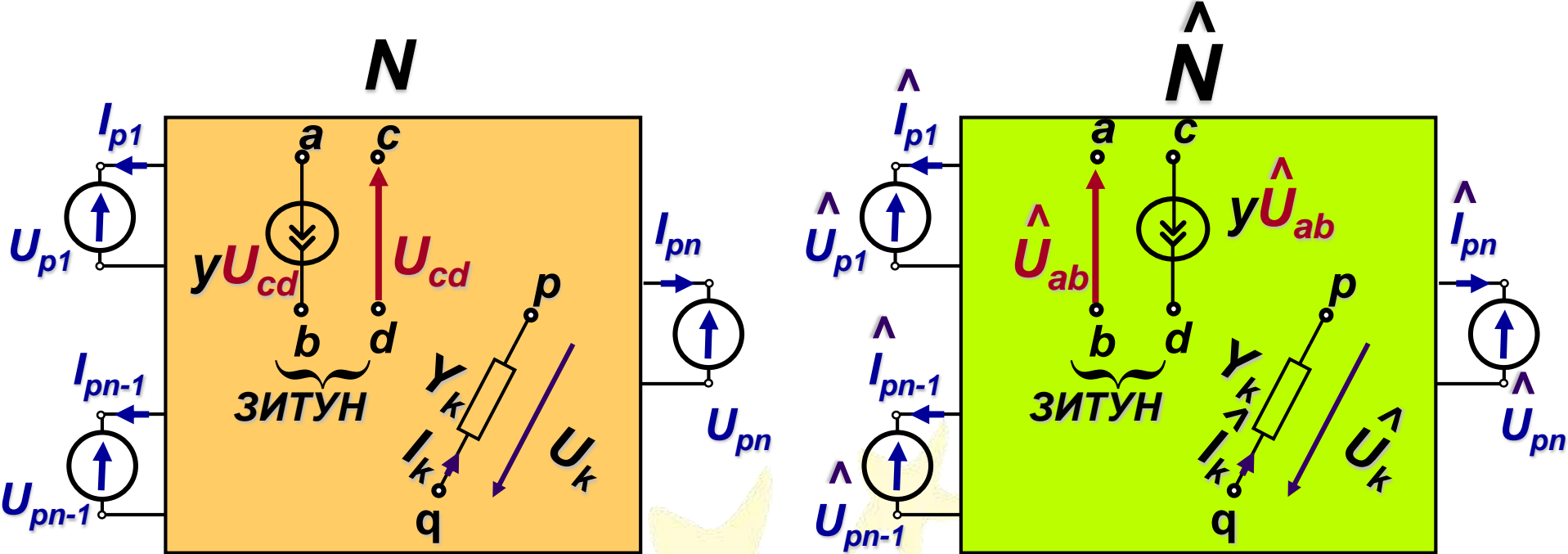
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



- За определяне на чувствителността на полюсните параметри на проводимостта на схемата N , а именно: $\frac{\partial Y_{pij}}{\partial Y_{kmtq}}$,

теоремата на Телеген се записва за токовете и напреженията в двата вида клони: със задаващи източници – с индекс p и без задаващи източници – с индекс k



Европейски съюз

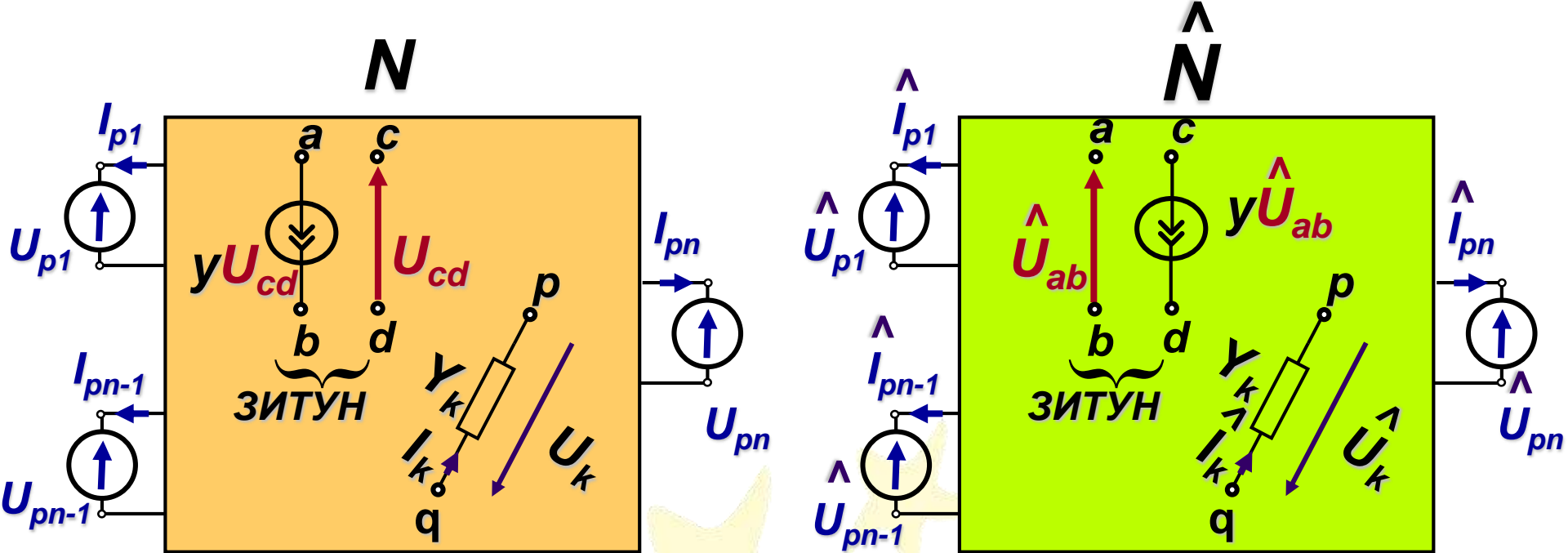
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



теоремата на Телеген за двата вида
клони (p, k) има вида:

$$[\hat{U}_p]^t [\Delta I_p] + [\hat{U}_k]^t [\Delta I_k] = [\hat{I}_p]^t [\Delta U_p] + [\hat{I}_k]^t [\Delta U_k]$$



Европейски съюз

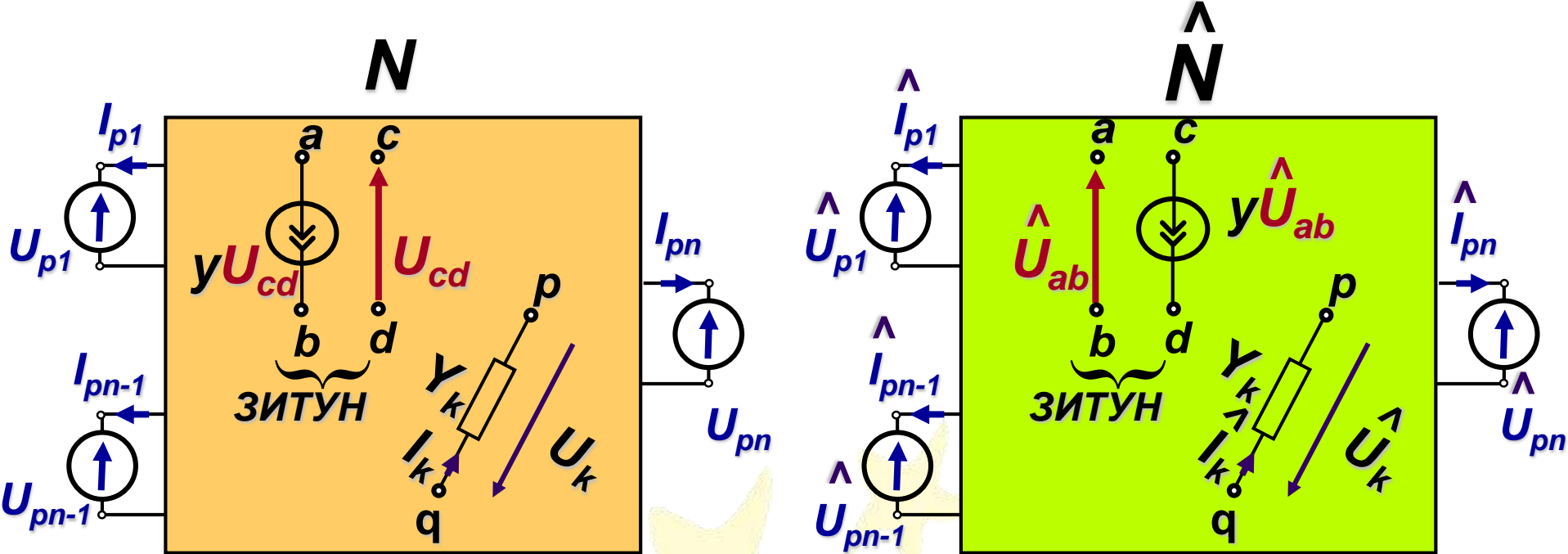
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



Групираат се полюсните и клоновете токове и напрежения:

$$[\hat{U}_p]^t [\Delta I_p] + [\hat{U}_k]^t [\Delta I_k] = [\hat{I}_p]^t [\Delta U_p] + [\hat{I}_k]^t [\Delta U_k]$$

$$[\hat{U}_p]^t [\Delta I_p] - [\hat{I}_p]^t [\Delta U_p] = [\hat{I}_k]^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t [\Delta I_k]$$



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

Записват се уравненията за полюсните токове в двете схеми

$$[I_p] = - [Y_p][U_p]$$

$$[\hat{I}_p] = - [\hat{Y}_p][\hat{U}_p], \text{ където}$$

$[Y_p]$ е полюсната матрица (*схемната функция*) на дадената схема N , чиято чувствителност се анализира
 $[U_p]$ е вектор-стълб на полюсните напрежения, който представя *условията на възбуждане на схемата 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

Записват се уравненията за полюсните токове в двете схеми

$$[I_p] = - [Y_p][U_p]$$

$$[I_p] = - [Y_p][U_p], \text{ където}$$

$[Y_p]$ е полюсната матрица на присъединената схема N
 $[U_p]$ е вектор-стълб на полюсните напрежения, който
 представя условията на възбуждане на присъединената
 схема N



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



За малките изменения на полюсните токове ΔI_p се записва

$$[I_p] + [\Delta I_p] = - ([Y_p] + [\Delta Y_p])([U_p] + [\Delta U_p])$$

$$[I_p] + [\Delta I_p] = -[Y_p][U_p] - [Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p][U_p] - [\Delta Y_p][\Delta U_p]$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

- **Изключва се номиналното полюсно уравнение**
- **Пренебрегват се малките изменения на полюсните токове от втори ред**

$$[I_p] + [\Delta I_p] = -[Y_p][U_p] - [Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p][U_p] - [\Delta Y_p][\Delta U_p]$$

$$\approx 0$$

$$[I_p] = - [Y_p][U_p]$$

Следователно за ΔI_p се получава:

$$[\Delta I_p] = - [Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p][U_p]$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

$$[I_k] = [Y_k][U_k]$$

$$[\hat{I}_k] = [\hat{Y}_k][\hat{U}_k]$$

Аналогично, за малките изменения на клоновите токове ΔI_k се отчитат само *промените от първи ред* и след изключване на *компонентното уравнение за номиналните стойности* на схемните параметри, следва:

$$[\Delta I_k] = [Y_k][\Delta U_k] + [\Delta Y_k][U_k]$$



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

$$[\Delta I_p] = - [Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p]$$

$$[\Delta I_k] = [Y_k][\Delta U_k] + [\Delta Y_k][U_k]$$

Получените изрази за малките изменения на полюсните и клоновите токове (ΔI_p и ΔI_k) в анализираната схема N , заедно с изразите за полюсните и клоновите токове \hat{I}_p и \hat{I}_k в присъединената схема \hat{N} се заместват в уравнението, изразяващо теоремата на Телеген:

$$[\hat{U}_p]^t [\Delta I_p] - [\hat{I}_p]^t [\Delta U_p] = [\hat{I}_k]^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t [\Delta I_k]$$

$$[\hat{U}_p]^t (- [Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p][U_p]) - (- [Y_p][\hat{U}_p])^t [\Delta U_p] =$$

$$([\hat{Y}_k][\hat{U}_k])^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t ([Y_k][\Delta U_k] + [\Delta Y_k][U_k])$$



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

$$\hat{[U_p]}^t (-[Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p][U_p]) - (-[\hat{Y}_p][\hat{U}_p])^t [\Delta U_p] =$$

$$([\hat{Y}_k][\hat{U}_k])^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t ([Y_k][\Delta U_k] + [\Delta Y_k][U_k])$$

За лявата страна на горната зависимост се получава

~~$$-\hat{[U_p]}^t [Y_p][\Delta U_p] - \hat{[U_p]}^t [\Delta Y_p][U_p] + \hat{[U_p]}^t [\hat{Y}_p]^t [\Delta U_p] =$$~~

$$= - \hat{[U_p]}^t [\Delta Y_p][U_p]$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

$$\hat{[U_p]}^t (-[Y_p][\Delta U_p] - [\Delta Y_p][U_p]) - (-[\hat{Y}_p][\hat{U}_p])^t [\Delta U_p] =$$

$$([\hat{Y}_k][\hat{U}_k])^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t ([Y_k][\Delta U_k] + [\Delta Y_k][U_k])$$

За дясната страна на горната зависимост се получава

~~$$[\hat{U}_k]^t [\hat{Y}_k]^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t [Y_k][\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t [\Delta Y_k][U_k] =$$~~

$$= -[\hat{U}_k]^t [\Delta Y_k][U_k]$$



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!



Обединяването на получените зависимости води до резултат, който е в основата на метода на присъединените схеми за анализ на многопараметрична чувствителност от първи ред.

$$+ [\hat{U}_p]^t [\Delta Y_p] [U_p] = + [\hat{U}_k]^t [\Delta Y_k] [U_k],$$

Интерпретация на горната зависимост показва, че промените на полюсната матрица $[\Delta Y_p]$, т.е. на схемната функция, са в пряка зависимост от промените на компонентната матрица $[\Delta Y_k]$, т.е. на първичните параметрични промени на изследваната схема N , **което е задачата за анализ 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

$$[\hat{U}_p]^t [\Delta Y_p] [U_p] = [\hat{U}_k]^t [\Delta Y_k] [U_k],$$

За по-доброто разбиране на метода, е полезно горните зависимости да се запишат в разгънат вид
За лявата страна следва:

$$[\hat{U}_{p1}, \hat{U}_{p2}, \dots, \hat{U}_{pn}] \begin{bmatrix} \Delta Y_{p11} & \Delta Y_{p12} & \dots & \Delta Y_{p1n} \\ \Delta Y_{p21} & \Delta Y_{p22} & \dots & \Delta Y_{p2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta Y_{pn1} & \Delta Y_{pn2} & \dots & \Delta Y_{pnn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{p1} \\ U_{p2} \\ \dots \\ U_{pn} \end{bmatrix} =$$

$$= \sum_{i=1, n}^{\wedge} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{pi1} U_{p1} + \sum_{i=1, n}^{\wedge} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{pi2} U_{p2} + \dots + \sum_{i=1, n}^{\wedge} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{pi1} U_{p1} =$$

$$= \sum_{i, j=1, n}^{\wedge} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{pij} U_{pj}$$

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

на и технологична инфраструктура за учене през
я живот и развитие на компетенции”

т се осъществява с финансовата подкрепа на
а програма „Развитие на човешките ресурси”,

съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



За дясната част резултатът е аналогичен:

$$[\hat{U}_{k1}, \hat{U}_{k2}, \dots, \hat{U}_{kl}] \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \Delta Y_{k11} & \Delta Y_{k12} & \dots & \Delta Y_{k1l} \\ \hline \Delta Y_{k21} & \Delta Y_{k22} & \dots & \Delta Y_{k2l} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline \Delta Y_{kl1} & \Delta Y_{kl2} & \dots & \Delta Y_{kl l} \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline U_{k1} \\ \hline U_{k2} \\ \hline \dots \\ \hline U_{kl} \\ \hline \end{array} =$$

$$= \sum_{m,q=1,l} \hat{U}_{km} \Delta Y_{kmq} U_{kq}$$



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

Обединяването на получените зависимости води до търсения резултат, който изразява метода на присъединените схеми за определяне на чувствителността на полюсните параметри на проводимостта на схемата **N**:

$$\sum_{i,j=1,n} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{pij} U_{pj} = \sum_{m,q=1,l} \hat{U}_{km} \Delta Y_{kmq} U_{kq}$$

За да се определи чувствителността на схемната функция в лявата част на равенството е необходимо да остане само ΔY_{pij} т.е.

$$1 \cdot \Delta Y_{pij} \cdot 1$$



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

$1 \cdot \Delta Y_{rij} \cdot 1$

$$[\hat{U}_p]^t = [\hat{U}_{p1} \hat{U}_{p2} \dots \hat{U}_{pi} \dots \hat{U}_{pn}]$$

0	0	...	1	...	0
---	---	-----	---	-----	---

$$[U_p]^t = [U_{p1} U_{p2} \dots U_{pj} \dots U_{pn}]$$

0	0	...	1	...	0
---	---	-----	---	-----	---

Следователно, условията за възбуждане на двете взаимно присъединени схеми са съответно **единично възбуждане на полюса i в N и на полюса j в N , докато всички останали полюси са свързани накъсо**



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

$$\sum_{i,j=1,n} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{pij} U_{pj} = \sum_{m,q=1,l} \hat{U}_{km} \Delta Y_{kmq} U_{kq}$$

В случай, че ΔY_{kmq} е единствената параметрична промяна в компонентната матрица $[Y_k]$, в дясната част на равенството остава само един член, именно

$$1 \cdot \Delta Y_{pij} \cdot 1 = \hat{U}_{km} \Delta Y_{kmq} U_{kq}$$



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

$$\sum_{i,j=1,n} \hat{U}_{pi} \Delta Y_{rij} U_{pj} = \sum_{m,q=1,l} \hat{U}_{km} \Delta Y_{kmq} U_{kq}$$

$$1 \cdot \Delta Y_{rij} \cdot 1 = \hat{U}_{km} \Delta Y_{kmq} U_{kq}$$

Следователно, за коефициента на чувствителността на полюсния параметър Y_{rij} по отношение на Y_{kmq} се получава:

$$\frac{\Delta Y_{rij}}{\Delta Y_{kmq}} = \frac{\partial Y_{rij}}{\partial Y_{kmq}} = \hat{U}_{km} U_{kq}$$



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

$$\frac{\partial Y_{pij}}{\partial Y_{kmq}} = \hat{U}_{km} U_{kq}$$

Интерпретацията на горната зависимост разкрива същността на метода и показва, че коефициентът на чувствителността схемната функция ($\partial T / \partial x_i$), в случая на полюсния параметър Y_{pij} по отношение на Y_{kmq} , се изчислява като произведение на напрежението в клона m в присъединената схема и напрежението в клона q в дадената схема, които са определени от анализа на двете схеми при разгледаните условия на възбуждане



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

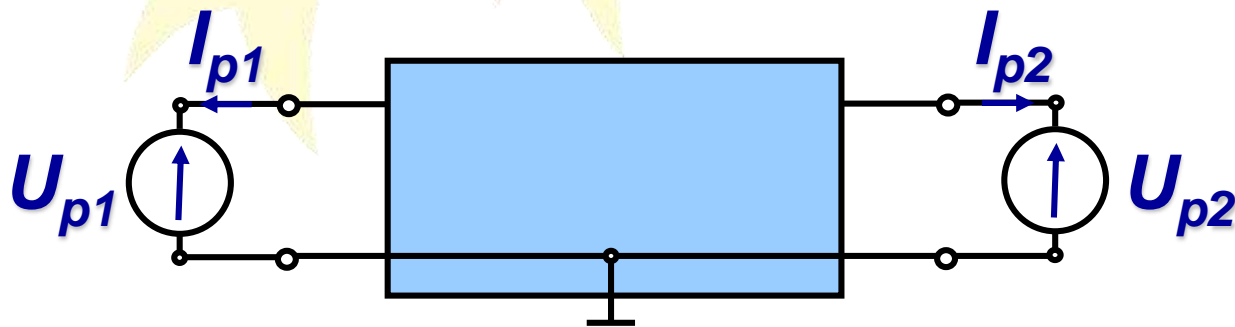
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

- **Определяне на условията за възбуждане на двете схеми при анализ на чувствителността на различни схемни функции**

За най-често срещания практически случай, когато схемата се разглежда като четириполусник, тя се характеризира с полюсните електрически величини $[U_{p1} \ U_{p2}]$ и $[I_{p1} \ I_{p2}]$



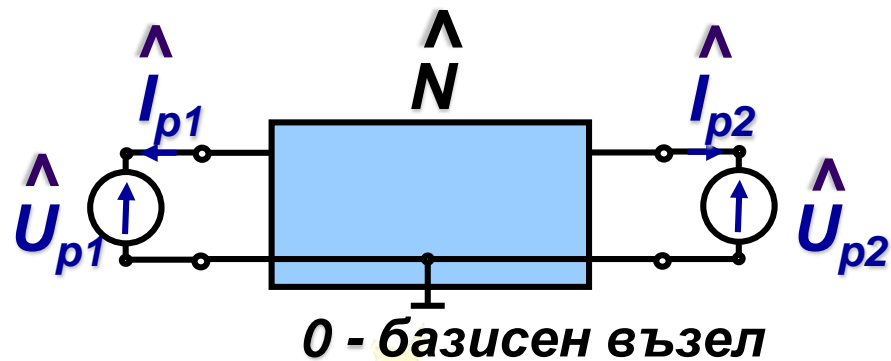
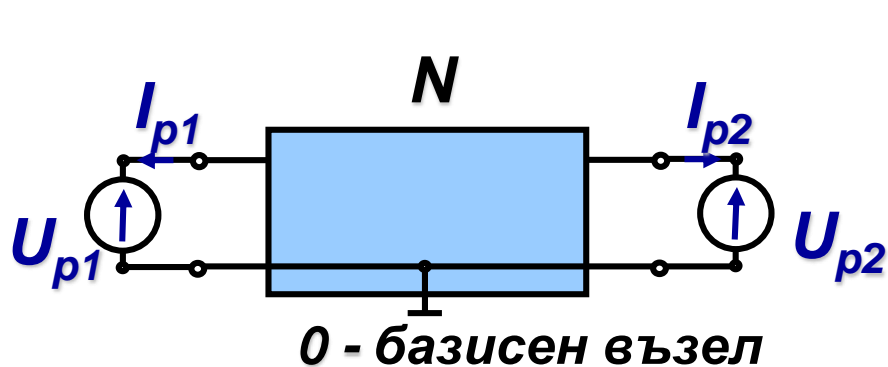
0 - базисен възел

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!





Според теоремата на Телеген,

$$[\hat{U}_p]^t [\Delta I_p] - [I_p]^t [\Delta U_p] = [\hat{I}_k]^t [\Delta U_k] - [\hat{U}_k]^t [\Delta I_k]$$

за двете взаимно присъединени схеми, разгледани като четириполусник, се записва:

$$[\hat{U}_{p1} \hat{U}_{p2}] \begin{bmatrix} \Delta I_{p1} \\ \Delta I_{p2} \end{bmatrix} - [I_{p1} \ I_{p2}] \begin{bmatrix} \Delta U_{p1} \\ \Delta U_{p2} \end{bmatrix} = \sum_{k=1, l} (\hat{I}_k \Delta U_k - \hat{U}_k \Delta I_k)$$



Европейски съюз

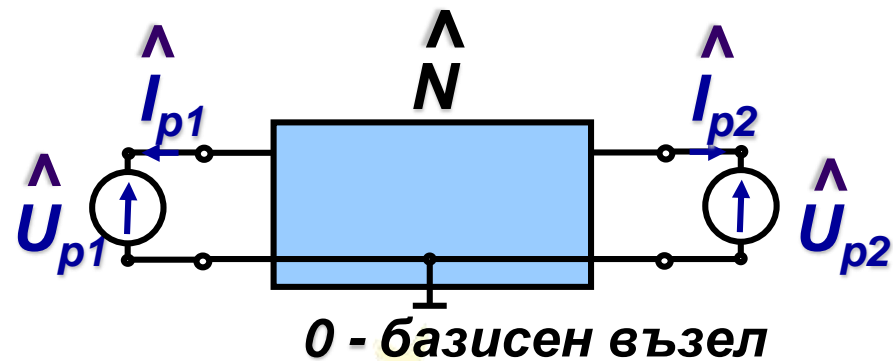
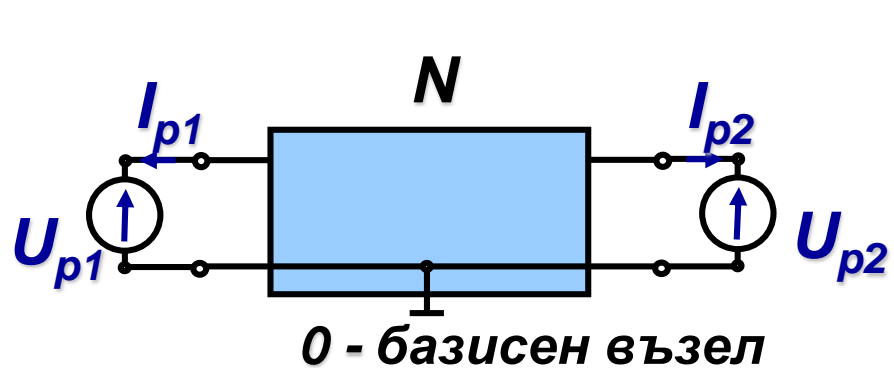
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



$$[\hat{U}_{p1} \hat{U}_{p2}] \begin{bmatrix} \Delta I_{p1} \\ \Delta I_{p2} \end{bmatrix} - [\hat{I}_{p1} \hat{I}_{p2}] \begin{bmatrix} \Delta U_{p1} \\ \Delta U_{p2} \end{bmatrix} = \sum_{k=1, l} (\hat{I}_k \Delta U_k - \hat{U}_k \Delta I_k)$$

Развиват се произведенията в лявата страна и се записва:

$$\hat{U}_{p1} \Delta I_{p1} + \hat{U}_{p2} \Delta I_{p2} - \hat{I}_{p1} \Delta U_{p1} - \hat{I}_{p2} \Delta U_{p2} = \sum_{k=1, l} (\hat{I}_k \Delta U_k - \hat{U}_k \Delta I_k)$$



Европейски съюз

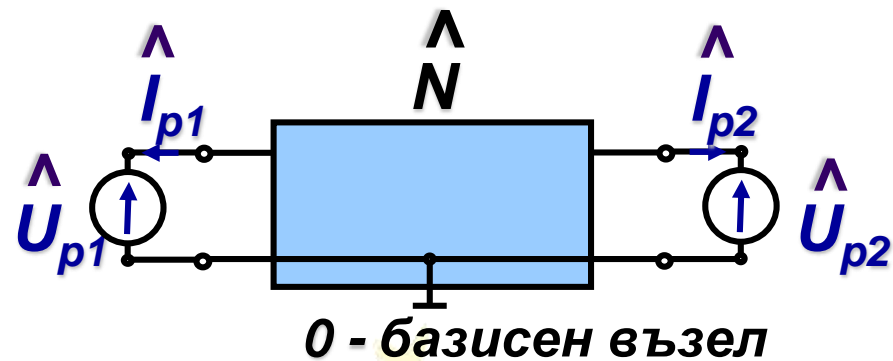
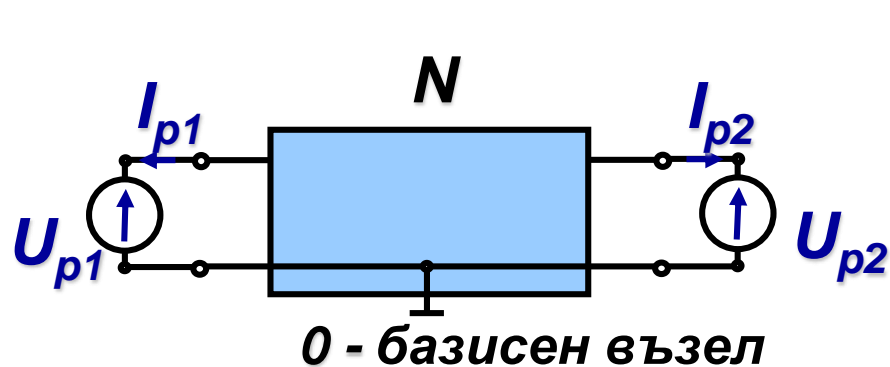
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



$$\hat{U}_{p1} \Delta I_{p1} + \hat{U}_{p2} \Delta I_{p2} - \hat{I}_{p1} \Delta U_{p1} - \hat{I}_{p2} \Delta U_{p2} = \sum_{k=1, l} (\hat{I}_k \Delta U_k - \hat{U}_k \Delta I_k)$$

Условията, при които в лявата страна на горното равенство остава само онази величина, чието изменение се търси, определят фактически условията на възбуждане на входовете и изходите на двете взаимно присъединени схеми



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

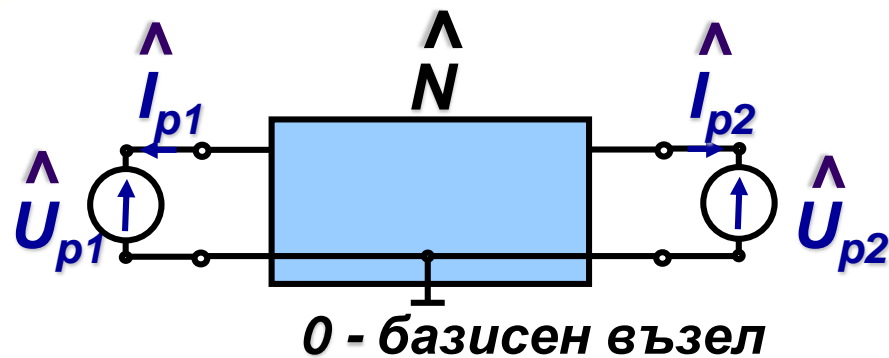
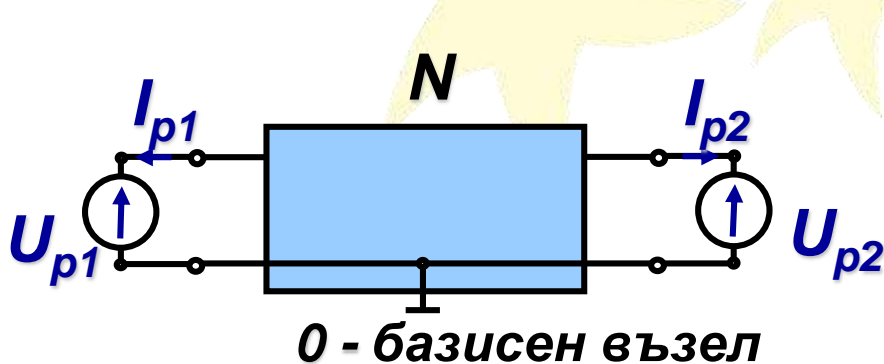
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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: Да се определят условията на възбуждане на входовете и изходите на двете взаимно присъединени схеми N и N при анализ на чувствителността на коефициента на предаване по напрежение K_U спрямо изменението на параметрите в схемата N



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



При единично възбуждане на входа на дадената схема N , т.е. $U_{p1} = 1$, за коефициента на предаване по напрежение K_U се получава:

$$K_U = \frac{U_{p2}}{U_{p1}} = \frac{U_{p2}}{1}$$

Следователно, определянето на чувствителността на коефициента на предаване по напрежение K_U спрямо измененията на параметрите в схемата N , се свежда до определяне на чувствителността на изходното напрежение, т.е.

$$\frac{\partial K_U}{\partial x_{1i}} = \frac{\partial U_{p2}}{\partial x_{1i}}$$



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

$$\frac{\partial K_U}{\partial x_{1i}} \quad \frac{\partial U_{p2}}{\partial x_{1i}}$$

Следователно, в лявата страна на зависимостта

$$\hat{U}_{p1} \Delta I_{p1} + \hat{U}_{p2} \Delta I_{p2} - \hat{I}_{p1} \Delta U_{p1} - \hat{I}_{p2} \Delta U_{p2} = \sum_{k=1,l} (\hat{I}_k \Delta U_k - \hat{U}_k \Delta I_k)$$

трябва да остане само промяната на изходното напрежение $1 \cdot \Delta U_{p2}$, от където следва

$$\hat{U}_{p1} = 0$$

$$\Delta I_{p2} = 0$$

$$I_{p2} = 0$$

$$\Delta U_{p1} = 0$$

$$\hat{I}_{p2} = 1$$



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



Метод на присъединените схеми - Пример

$\frac{\partial K_U}{\partial x_{1i}}$	$\frac{\partial U_{p2}}{\partial x_{1i}}$
--	---

$$\hat{U}_{p1} = 0$$

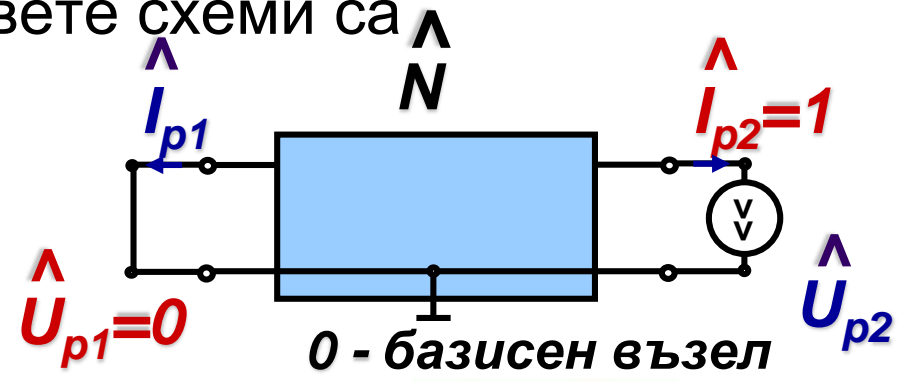
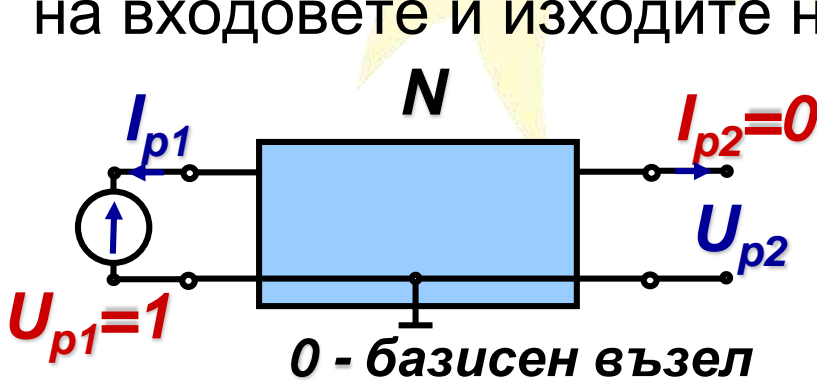
$$\Delta I_{p2} = 0$$

$$I_{p2} = 0$$

$$\Delta U_{p1} = 0$$

$$\hat{I}_{p2} = 1$$

При изчисляване на чувствителността на K_U спрямо измененията на параметрите в схемата N , състоянието на входовете и изходите на двете схеми са



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



Метод на присъединените схеми - обобщение

Частните производни на схемната функция $\partial T / \partial x_i$ (Коефициентите на чувствителност) се изчисляват като произведения на съответни токове и напрежения в клоните в следния ред:

- Анализират се дадената схема **N** и присъединената схема **N** при подходящо избрани условия за възбуждане на техните полюси, в зависимост от това на коя схемна функция се анализира чувствителността. Определят се токовете и напреженията в клоните.
- Извършват се умножения на съответните клонови електрически величини, според следващата таблица



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

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



Европейски социален фонд

Метод на присъединените схеми - обобщение

Коефициенти на чувствителност спрямо параметрите на основни схемни елементи

Параметър x_i	Уравнение в N	Уравнение в \hat{N}	$\partial T / \partial x_i$
R	$U = R I$	$\hat{U} = R \hat{I}$	$-I \hat{I}$
G	$I = G U$	$\hat{I} = G \hat{U}$	$U \hat{U}$
C	$I = j\omega C U$	$\hat{I} = j\omega C \hat{U}$	$j\omega U \hat{U}$
L	$U = j\omega L I$	$\hat{U} = j\omega L \hat{I}$	$-j\omega I \hat{I}$
g_m	$I_2 = g_m U_1$	$\hat{I}_1 = g_m \hat{U}_2$	$U_1 \hat{U}_2$



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

Метод на присъединените схеми - обобщение

- При анализ на чувствителност по метода на присъединените схеми, ефективността на изчисленията значително нараства, ако за решаване на формираните системи уравнения се използва подходящ метод, например метода на **LU** разлагане, тъй като матриците на проводимостите на дадената и на присъединената ѝ схема са свързани с равенството

$$[Y]^t = [\hat{Y}]$$



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



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!

