

# SISTEME ELECTROENERGETICE

## Capitolul 5.4 ECHIVALENTI ETI

---

---

---

---

---

---

---

---

### Neajunsul echivalentilor REI

Datorită valorilor admitanțelor calculate pentru rețeaua RBN, laturile echivalentului REI au admitanțe pentru care rapoartele  $X / R$  se abat semnificativ de la valorile uzuale pentru laturile din schema reală. Rezulta implicații negative asupra convergenței metodei Newton – Raphson folosită în studiile de contingențe.

Pentru asigurarea bilanțului nul al pierderilor de putere în RBN se impune ca cel puțin una dintre aceste admitanțe să rezulte cu partea reală negativă.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Soluție

Utilizarea unei rețele RBN care nu mai folosește admitanțe (deci în rețeaua RBN nu se produc pierderi), ci transformatoare ideale de tensiune, care asigură legătura între nodul fictiv de echivalare (cu tensiune unică) și nodurile neesențiale din sistemul extern (cu tensiuni distincte).

Nodul fictiv *pământ* dispare.

RBN (echivalent REI) → rețea cu pierderi nule – RPN.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Generalitati

Echivalentul de sistem construit pe baza rețelei RPN se numește echivalent cu transformatoare ideale, sau pe scurt echivalent ETI.

Echivalenții ETI au fost propuși în vederea utilizării în studiile de stabilitate tranzitorie, însă pot fi aplicați cu succes și în analiza regimului permanent de funcționare al sistemelor electroenergetice și în studiile de contingente.

---

---

---

---

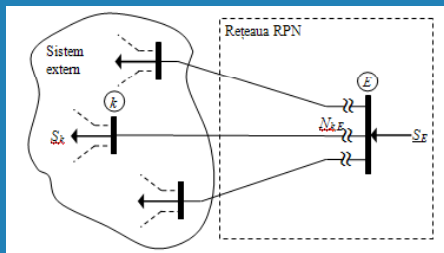
---

---

---

---

## Reteaua RPN



---

---

---

---

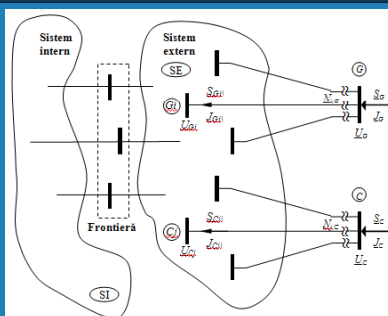
---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive



---

---

---

---

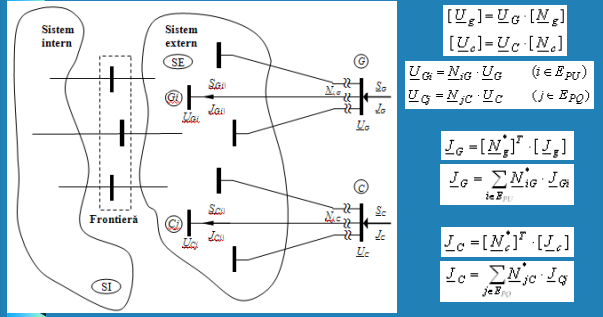
---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

- $[N_G]$  și  $[N_C]$  - vectorii cu rapoartele de transformare complexe ale transformatoarelor ideale din laturile rețelelor RPN asociate nodurilor generatoare și nodurilor consumatoare.
- $U_{Gi}$  și  $U_{Cj}$  tensiunile complexe din nodurile generatoare  $G_i$  și nodul consumatoare  $C_j$ .
- $J_{Gi}$  și  $J_{Cj}$  injectiile de curenți din nodul generatoare  $G_i$  și nodurile consumatoare  $C_j$ .
- $U_G$  și  $U_C$  tensiunile nodurilor fictive  $G$  și  $C$  de echivalare a nodurilor generatoare și consumatoare.
- $J_G$  și  $J_C$  injectiile de curenți în nodurilor fictive  $G$  și  $C$ .

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Bilantul de puteri in nodurile de echivalare

$$\begin{aligned}
 \underline{S}_G &= \underline{U}_G \cdot \underline{J}_G^* = \underline{U}_G \cdot \left[ \sum_{i \in \mathcal{B}_{PG}} N_{iG}^* \cdot \underline{J}_{Gi} \right]^* = \sum_{i \in \mathcal{B}_{PG}} N_{iG} \cdot \underline{U}_G \cdot \underline{J}_{Gi}^* = \\
 &= \sum_{i \in \mathcal{B}_{PG}} \underline{U}_{Gi} \cdot \underline{J}_{Gi}^* = \sum_{i \in \mathcal{B}_{PG}} \underline{S}_{Gi} \\
 \underline{S}_C &= \underline{U}_C \cdot \underline{J}_C^* = \underline{U}_C \cdot \left[ \sum_{j \in \mathcal{B}_{PC}} N_{jC}^* \cdot \underline{J}_{Cj} \right]^* = \sum_{j \in \mathcal{B}_{PC}} N_{jC} \cdot \underline{U}_C \cdot \underline{J}_{Cj}^* = \\
 &= \sum_{j \in \mathcal{B}_{PC}} \underline{U}_{Cj} \cdot \underline{J}_{Cj}^* = \sum_{j \in \mathcal{B}_{PC}} \underline{S}_{Cj}
 \end{aligned}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

$$\begin{array}{c} E \\ F \\ I \end{array} \begin{array}{|c|c|c|} \hline Y_{EE} & Y_{EF} & 0 \\ \hline Y_{FE} & Y_{FF} & Y_{FI} \\ \hline 0 & Y_{IF} & Y_{II} \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline U_E \\ \hline U_F \\ \hline U_I \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline J_E \\ \hline J_F \\ \hline J_I \\ \hline \end{array}$$

$$[Y] \cdot [U] = [J]$$

$$\begin{array}{c} g \\ c \\ F \\ I \end{array} \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline Y_{gg} & Y_{gc} & Y_{gF} & 0 \\ \hline Y_{cg} & Y_{cc} & Y_{cF} & 0 \\ \hline Y_{Fg} & Y_{Fc} & Y_{FF} & Y_{FI} \\ \hline 0 & 0 & Y_{IF} & Y_{II} \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline U_g \\ \hline U_c \\ \hline U_F \\ \hline U_I \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline J_g \\ \hline J_c \\ \hline J_F \\ \hline J_I \\ \hline \end{array}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

$$\begin{array}{c} g \\ c \\ F \\ I \end{array} \begin{array}{|c|} \hline U_g \\ \hline U_c \\ \hline U_F \\ \hline U_I \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline N_g & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & N_c & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline U_g \\ \hline U_c \\ \hline U_F \\ \hline U_I \\ \hline \end{array}$$

$$[U] = [N] \cdot [U']$$

$$\begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ F \\ I \end{array} \begin{array}{|c|} \hline J_g \\ \hline J_c \\ \hline J_F \\ \hline J_I \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline [N_g^*]^T & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & [N_c^*]^T & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \cdot \begin{array}{|c|} \hline J_g \\ \hline J_c \\ \hline J_F \\ \hline J_I \\ \hline \end{array}$$

$$[J] = [N^*]^T [J']$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

De la relatiile:

$$[Y] \cdot [U] = [J]$$

$$[U] = [N] \cdot [U']$$

$$[J] = [N^*]^T [J']$$

se ajunge la relatia:

$$[Y'] \cdot [U'] = [J']$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

$$[Y'] = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 1 & F & I \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 1 \\ F \\ I \end{matrix} & \begin{bmatrix} [N_g^*]^T \cdot [Y_{gg}] \cdot [N_g] & [N_g^*]^T \cdot [Y_{gc}] \cdot [N_c] & [N_g^*]^T \cdot [Y_{gf}] & 0 \\ [N_c^*]^T \cdot [Y_{cg}] \cdot [N_g] & [N_c^*]^T \cdot [Y_{cc}] \cdot [N_c] & [N_c^*]^T \cdot [Y_{cf}] & 0 \\ [Y_{fg}] \cdot [N_g] & [Y_{fc}] \cdot [N_c] & [Y_{ff}] & [Y_{fi}] \\ 0 & 0 & [Y_{fi}] & [Y_{ii}] \end{bmatrix} \end{matrix}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

$$\begin{matrix} G \\ C \\ F \\ I \end{matrix} \begin{bmatrix} Y'_{GG} & Y'_{GC} & Y'_{GF} & 0 \\ Y'_{CG} & Y'_{CC} & Y'_{CF} & 0 \\ Y'_{FG} & Y'_{FC} & Y'_{FF} & Y'_{FI} \\ 0 & 0 & Y'_{fi} & Y'_{ii} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_G \\ U_C \\ U_F \\ U_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_G \\ J_C \\ J_F \\ J_I \end{bmatrix}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

$$\begin{aligned} Y'_{GG} &= [N_g^*]^T \cdot [Y_{gg}] \cdot [N_g] & Y'_{GG} &= \sum_g \sum_{g'} Y_{gg'} \cdot N_g^* \cdot N_{g'} \\ Y'_{CC} &= [N_c^*]^T \cdot [Y_{cc}] \cdot [N_c] & Y'_{CC} &= \sum_c \sum_{c'} Y_{cc'} \cdot N_c^* \cdot N_{c'} \\ Y'_{GC} &= [N_g^*]^T \cdot [Y_{gc}] \cdot [N_c] & Y'_{GC} &= \sum_g \sum_{c'} Y_{gc'} \cdot N_g^* \cdot N_{c'} \\ Y'_{CG} &= [N_c^*]^T \cdot [Y_{cg}] \cdot [N_g] & Y'_{CG} &= \sum_c \sum_g Y_{cg} \cdot N_c^* \cdot N_g \end{aligned}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Echivalent ETI cu 2 noduri fictive

### Deducerea modelului matematic

$$[Y'_{GF}] = [N_g^*]^T \cdot [Y_{gF}] \quad Y'_{Gf} = \sum_g Y_{gf} \cdot N_g^*, \quad f=1, \dots, F$$

$$[Y'_{cF}] = [N_c^*]^T \cdot [Y_{cF}] \quad Y'_{cf} = \sum_c Y_{cf} \cdot N_c^*, \quad f=1, \dots, F$$

$$[Y'_{FG}] = [Y_{FG}] \cdot [N_g] \quad Y'_{fG} = \sum_g Y_{fg} \cdot N_g, \quad f=1, \dots, F$$

$$[Y'_{Fc}] = [Y_{Fc}] \cdot [N_c] \quad Y'_{fc} = \sum_c Y_{fc} \cdot N_c, \quad f=1, \dots, F$$

---

---

---

---

---

---

---

---

SFARSIT

---

---

---

---

---

---

---

---