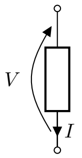
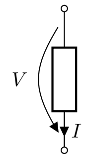
Bipolo

Utilizzatori



$$V = R \times I \text{ [V]}$$
$$P_{Ass} = V \times I \text{ [W]}$$
$$P_{Ero} = -V \times I \text{ [W]}$$

Generatori

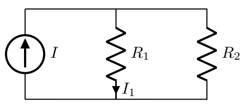


$$V = -R \times I \text{ [V]}$$
$$P_{Ass} = -V \times I \text{ [W]}$$
$$P_{Ero} = V \times I \text{ [W]}$$

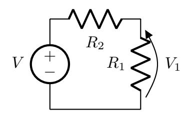
Teorema di Tellegen

$$\sum V_n \times I_n = 0$$

Partitori



$$I_1 = I \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$V_1 = V \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Nota: Dovre è presente una maggiore resistenza, sarà presente una minore intensità di corrente ed una maggiore tensione.

	Serie	**Parallelo**
Corrente	$I = I_1 = \ldots = I_n$	$I = \sum I_n$
Tensione	$V = \sum V_n$	$V = V_1 = \ldots = V_n$

Trasformazioni

Stella → triangolo

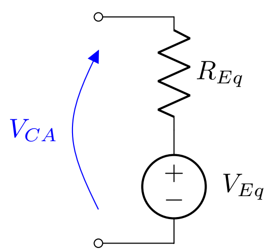
$$G_{12} = \frac{G_1 \times G_2}{\sum G_n}$$

Triangolo → stella

$$R_1 = \frac{R_{12} \times R_{13}}{\sum R_n}$$

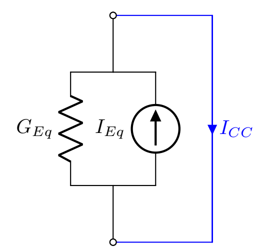
Equivalenti

Thévenin



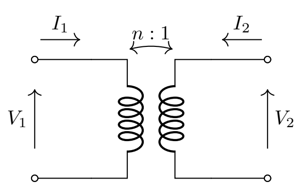
$$V_{Eq} = V_{CA}$$
$$R_{Eq} = \frac{1}{G_{Eq}}$$

Norton

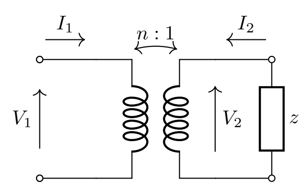


$$I_{Eq} = I_{CC}$$
$$G_{Eq} = \frac{1}{R_{Eq}}$$

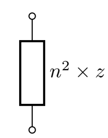
Trasformatore ideale



$$V_1 = n \times V_2$$
$$I_1 = -\frac{1}{n} \times I_2$$



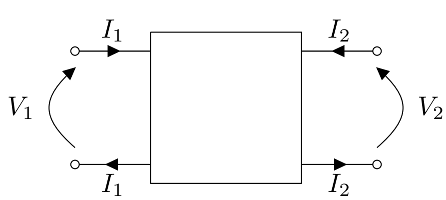
$$z_{AB} = n^2 \times z \quad \Longleftrightarrow$$



Doppi bipoli

$$R : \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{V}_1 \\ \hat{V}_2 \end{bmatrix}$$

$$G : \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{I}_1 \\ \hat{I}_2 \end{bmatrix}$$



Ibride

$$\text{Diretta} : \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{V}_1 \\ \hat{I}_2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Inversa} : \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h'_{11} & h'_{12} \\ h'_{21} & h'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{I}_1 \\ \hat{V}_2 \end{bmatrix}$$

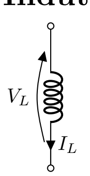
Trasmissione

$$\text{Diretta} : \begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{V}_1 \\ \hat{I}_1 \end{bmatrix}$$

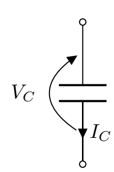
$$\text{Inversa} : \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t'_{11} & t'_{12} \\ t'_{21} & t'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ -I_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{V}_2 \\ \hat{I}_2 \end{bmatrix}$$

Nota: se le relazioni non vengono trovate risolvendo il circuito, bisogna utilizzare il metodo delle prove semplici, spegnendo i generatori secondo necessità , risolvendo i risultanti circuiti.

Induttori e generatori



$$V_L = L \times \frac{\mathrm{d}i_L(t)}{\mathrm{d}t}$$
$$[L] = [H]$$



$$I_C = C \times \frac{\mathrm{d}v_C(t)}{\mathrm{d}t}$$
$$[C] = [F]$$

$$R = \frac{\overbrace{l}^{\text{lunghezza}}}{\underbrace{s}_{\text{sezione}} \times \underbrace{c}_{\text{conducibilità}}}$$

Generatori trifase

$$|\overline{V}_L| = \sqrt{3} V_{Fase} \qquad |\overline{I}_L| = \sqrt{3} I_{Fase} \qquad V_{Fase} = |\overline{E}_1| \qquad I_{Fase} = |\overline{I}_{f31}|$$

Induttori mutuamente accoppiati in serie e parallelo

$$\text{Serie: } L_{Eq} = L_1 + L_2 \pm 2M \qquad \text{Parallelo: } L_{Eq} = \frac{L_1 L_2 - 2M}{L_1 + L_2 \mp 2M}$$

Analisi nodale

Semplice

LKC ai nodi con le correnti in funzione dei ponziali di nodo (verso positivo uscente). Risolvo poi il sistema risultante.

Modificata

Aggiungo un'equazione per ogni variabile aggiunta non controllabile in tensione. Risolvo poi il sistema risultante.

Per ispezione

- Matrice dei coefficienti:
  - Diagonale principale posizione (x, x): somma delle conduttanze che arrivano al nodo x.
  - Fuori dalla diagonale principale posizione (i, j): la conduttanza tra i nodi i e j con segno meno.
- Vettore dei termini noti riga i: valore del generatore di corrente entrante nel nodo i.

Nota: Ogni generatore si deve presentare due volte con segno opposto nel vettore dei termini noti od una sola volta se collegato al nodo di riferimento.

Regime alternato sinusoidale

$$v(t) = \underbrace{A}_{\text{ampiezza}} \times \cos\left(\underbrace{\omega}_{\text{pulsazione}} t + \underbrace{\varphi}_{\text{fase}}\right) \iff \underbrace{\overline{V}}_{\text{fasore}} = \underbrace{A}_{\text{ampiezza}} \times e^{j\overbrace{\varphi}^{\text{fase}}} = a + jb$$

$$\underbrace{\omega}_{\text{pulsazione}} = 2\pi \underbrace{\nu}_{\text{frequenza}} \qquad A = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad \Phi = \arctan\frac{b}{a}$$

Nota: attenzione al quadrante. **Nota**: $\overline{V} \in \mathbb{C}$.

$$\underbrace{Z}_{\text{impedenza}} = \underbrace{R}_{\text{resistenza}} + j \underbrace{X}_{\text{reattanza}} \qquad \underbrace{Y}_{\text{ammettenza}} = \underbrace{R}_{\text{conduttanza}} + j \underbrace{B}_{\text{suscettanza}} \qquad \measuredangle Z = -\measuredangle Y$$

Resistori, condensatori ed induttori in RAS

Resisori

$$Z_R = R \qquad Y_R = \frac{1}{R}$$

Condensatori

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{1}{\omega C} \times j \qquad Y_C = j\omega C$$

Induttori

$$Z_L = j\omega L \qquad Y_L = \frac{1}{j\omega L} = -\frac{1}{\omega L} \times j$$

L'**immettenza** è un termine generico per indicare l'impedenza o l'ammettenza.

Potenza in RAS

$$\underbrace{S}_{\text{potenza complessa [VA]}} = \underbrace{P}_{\text{potenza attiva [W]}} + j \underbrace{Q}_{\text{potenza reattiva [VAR]}} \qquad S = \begin{cases} \overline{V}_{Eff} \times \overline{I}^*_{Eff} \\ \frac{1}{2} \times \overline{V} \times \overline{I}^* \end{cases} \qquad \overline{V}_{Eff} = \frac{\overline{V}}{\sqrt{2}} \quad \overline{I}_{Eff} = \frac{\overline{I}}{\sqrt{2}}$$

$$S = |S| \times \underbrace{\cos\varphi}_{\text{fattore di potenza}} + j|S| \times \sin\varphi \qquad \cos\varphi = \frac{P}{|S|}$$

Notiamo che $\measuredangle \overline{I} = -\measuredangle \overline{I}^*$, quindi $\varphi = \varphi_{Tensione} - \varphi_{Corrente}$

Massimo trasferimento di potenza: $Z_{Sorgente} = Z^*_{Carico}$

Bipoli passivi

- Bipoli passivi: $R \geqslant 0$, $G \geqslant 0$, $P \geqslant 0$, $-90° \leqslant \varphi \leqslant 90°$
- Bipoli resistivi: $X = B = 0$, $Q = 0$, $\varphi = 0°$
- Bipoli reattivi: $R = G = 0$, $P = 0$, $\varphi = \pm 90°$
- Bipoli induttivi: $X > 0$, $B < 0$, $Q > 0$, $0° < \varphi \leqslant 90°$
- Bipoli capacitivi: $X < 0$, $B > 0$, $Q < 0$, $-90° \leqslant \varphi < 0°$

Induttori mutuamente accoppiati

$$\text{Tempo:} \begin{cases} v_1(t) = L_1 \frac{\mathrm{d}i_1(t)}{\mathrm{d}t} + M \frac{\mathrm{d}i_2(t)}{\mathrm{d}t} \\ v_2(t) = M \frac{\mathrm{d}i_1(t)}{\mathrm{d}t} + L_2 \frac{\mathrm{d}i_2(t)}{\mathrm{d}t} \end{cases} \iff \text{Fasori:} \begin{cases} \overline{V}_1 = j\omega L_1 \overline{I}_1 + j\omega M \overline{I}_2 \\ \overline{V}_2 = j\omega M \overline{I}_1 + j\omega L_2 \overline{I}_2 \end{cases}$$

$$\underbrace{k}_{\text{coefficiente di accoppiamento}} = \frac{|M|}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

Transitorio

Esponenziale

- $i_L(t) = I_{L\infty} + (i_{L0} - i_{L\infty}) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$
- $v_C(t) = v_{C\infty} + (v_{C0} - v_{C\infty}) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$

Rampa

- $i_L(t) = \frac{V_L}{L}(t - T_0) + I_{L0}$
- $v_C(t) = \frac{I_C}{C}(t - T_0) + V_{C0}$

$$\tau_L = LG = \frac{L}{R} \qquad \tau_C = RC$$

Circuiti magnetici

Ψ_B: flusso attraveso la sezione $\qquad \Phi_B$: flusso concatenato con l'avvolgimento $\qquad v = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} \qquad \Phi_B = LI \to v = \frac{\mathrm{d}\Phi_B}{\mathrm{d}t}$

$\Phi_B = n\,\Psi_B \qquad \mathcal{R} = \frac{l}{S\mu} \qquad \mu$: permeabilità magnetica $\qquad \mathcal{F} = \mathcal{R}\,\Psi_B \qquad$ Equivalente ad un generatore di tensione con $V_{Eq} = n\,I$

Induzione magnetica

1. Prendo il verso della sorgente come positivo
2. LKT a sinistra dell'uguale
3. Alla destra dell'uguale $\to +\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$

Esempio:

$$E - R\,I = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$$