

Seconda legge di Ohm e caduta di tensione

In elettrotecnica scolastica si parla spesso di “seconda legge di Ohm”. Il nome è comodo, ma bisogna capirlo bene: non è una legge fondamentale come la prima legge di Ohm. È una relazione pratica che permette di calcolare la resistenza di un conduttore conoscendo: il materiale, la lunghezza, la sezione. In pratica serve a capire perché un conduttore lungo e sottile ha più resistenza di un conduttore corto e grosso.

Resistività

Ogni materiale si oppone in modo diverso al passaggio della corrente elettrica. Questa proprietà si chiama resistività. Si indica con la lettera greca: ρ che si legge rho.

La resistività dipende dal materiale e dalla temperatura. Per il rame, nei calcoli pratici, si usa spesso: $\rho = 0,0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Questo valore è riferito a circa 20 °C. Se la temperatura aumenta, aumenta anche la resistività.

Formula della resistenza del conduttore

La resistenza di un conduttore si calcola con la formula:

$$R = \rho \cdot L / S$$

dove:

R = resistenza del conduttore, in Ω

ρ = resistività del materiale, in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

L = lunghezza del conduttore, in m

S = sezione del conduttore, in mm^2

Significato della formula

La resistenza aumenta se aumenta la lunghezza del conduttore.

La resistenza diminuisce se aumenta la sezione del conduttore.

Quindi:

un conduttore più lungo ha più resistenza;

un conduttore più grosso ha meno resistenza.

Linea monofase

In una linea monofase la corrente percorre due conduttori: fase e neutro. La corrente arriva al carico attraverso la fase e ritorna attraverso il neutro. Per questo, nei calcoli, bisogna considerare il percorso completo di andata e ritorno. Se la lunghezza reale della linea è L, la lunghezza totale del percorso elettrico è: $L_{\text{totale}} = 2 \cdot L$

La formula diventa:

$$R = \rho \cdot 2L / S$$

dove:

R = resistenza totale dei due conduttori, in Ω

ρ = resistività del materiale, in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

L = lunghezza reale della linea, in m

S = sezione dei conduttori, in mm^2

Caduta di tensione

Quando la corrente passa in un conduttore, una parte della tensione si perde lungo la linea. Questa perdita si chiama caduta di tensione.

La caduta di tensione si calcola con la formula:

$$\Delta V = R \cdot I$$

dove:

ΔV = caduta di tensione, in V

R = resistenza del percorso elettrico, in Ω

I = corrente, in A

Percentuale di caduta di tensione

Per capire se la caduta di tensione è accettabile, spesso si calcola la percentuale rispetto alla tensione nominale.

Formula:

$$\% \text{ caduta} = \Delta V / V_{\text{nominale}} \cdot 100$$

dove:

% caduta = caduta di tensione percentuale

ΔV = caduta di tensione, in V

V_{nominale} = tensione nominale dell'impianto, in V

Esercizio 1

Una linea monofase in rame alimenta un carico distante 30 m.

Dati:

$$\rho = 0,0175 \, \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$L = 30 \, \text{m}$$

$$S = 2,5 \, \text{mm}^2$$

Calcola la resistenza totale della linea.

Formula:

$$R = \rho \cdot 2L / S$$

Sostituzione:

$$R = 0,0175 \cdot 2 \cdot 30 / 2,5$$

$$R = 0,0175 \cdot 60 / 2,5$$

$$R = 1,05 / 2,5$$

$$R = 0,42 \, \Omega$$

Risposta:

La resistenza totale della linea è:

$$R = 0,42 \, \Omega$$

Esercizio 2

Una linea monofase in rame ha una resistenza totale di:

$$R = 0,42 \, \Omega$$

La corrente assorbita dal carico è:

$$I = 10 \, \text{A}$$

Calcola la caduta di tensione.

Formula:

$$\Delta V = R \cdot I$$

Sostituzione:

$$\Delta V = 0,42 \cdot 10$$

$$\Delta V = 4,2 \, \text{V}$$

Risposta:

La caduta di tensione è:

$$\Delta V = 4,2 \text{ V}$$

Esercizio 3

Una linea monofase a 230 V ha una caduta di tensione di:

$$\Delta V = 4,2 \text{ V}$$

Calcola la percentuale di caduta di tensione.

Formula:

$$\% \text{ caduta} = \Delta V / V_{\text{nominale}} \cdot 100$$

Sostituzione:

$$\% \text{ caduta} = 4,2 / 230 \cdot 100$$

$$\% \text{ caduta} = 0,0183 \cdot 100$$

$$\% \text{ caduta} = 1,83 \%$$

Risposta:

La caduta di tensione percentuale è:

$$1,83 \%$$

Esercizio 4

Una linea monofase in rame alimenta un carico distante 40 m.

Dati:

$$\rho = 0,0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

$$I = 25 \text{ A}$$

$$V_{\text{nominale}} = 230 \text{ V}$$

Calcola:

la resistenza totale della linea;

la caduta di tensione;

la percentuale di caduta di tensione.

Passo 1: resistenza totale della linea

Formula:

$$R = \rho \cdot 2L / S$$

Sostituzione:

$$R = 0,0175 \cdot 2 \cdot 40 / 4$$

$$R = 0,0175 \cdot 80 / 4$$

$$R = 1,4 / 4$$

$$R = 0,35 \Omega$$

Passo 2: caduta di tensione

Formula:

$$\Delta V = R \cdot I$$

Sostituzione:

$$\Delta V = 0,35 \cdot 25$$

$$\Delta V = 8,75 \text{ V}$$

Passo 3: percentuale di caduta di tensione

Formula:

$$\% \text{ caduta} = \Delta V / V_{\text{nominale}} \cdot 100$$

Sostituzione:

$$\% \text{ caduta} = 8,75 / 230 \cdot 100$$

$$\% \text{ caduta} = 0,0380 \cdot 100$$

$$\% \text{ caduta} = 3,80 \%$$

Risposta:

La resistenza totale della linea è:

$$R = 0,35 \Omega$$

La caduta di tensione è:

$$\Delta V = 8,75 \text{ V}$$

La caduta di tensione percentuale è:

$$3,80 \%$$

Nota finale

Questo calcolo serve per studiare la resistenza del conduttore e la caduta di tensione. Nella scelta reale della sezione di un cavo bisogna verificare anche altri aspetti, come:

portata del cavo;

tipo di posa;

temperatura ambiente;

protezione magnetotermica;

corrente di cortocircuito.

Fonti

IEC 60228:2023 Conduttori dei cavi isolati. IEC 60364-5-52:2009 + AMD1:2024 Scelta e posa dei sistemi di cablaggio. Schneider Electric Electrical Installation Guide Guida tecnica per dimensionamento dei conduttori e caduta di tensione.