



Zeno Martini (admin)

LA TEMPERATURA DI UNA RESISTENZA

16 April 2004

Domanda:

Vorrei sapere come si calcola l'aumento di temperatura in un conduttore percorso da corrente. In pratica, a parità di condizioni ambientali e di installazione escludendo quindi tutte le altre variabili, come si calcola l'aumento di temperatura provocato esclusivamente da una diversa densità di corrente.

Risponde admin

A parità di ogni altra condizione la differenza di temperatura del conduttore rispetto all'ambiente varia con il quadrato della densità di corrente. Quindi se la densità di corrente raddoppia la differenza di temperatura quadruplica. Il problema non è solo elettrotecnico ma anche termodinamico. Quando inizia la produzione di calore il conduttore innalza la sua temperatura determinando un flusso di calore verso l'ambiente. Tre sono le modalità di trasmissione del calore: conduzione (propagazione del calore senza spostamento di materia), convezione (calore trasportato da un fluido mediante il movimento delle sue particelle), irraggiamento (emissione di onde elettromagnetiche). Ognuna è regolata da leggi proprie e tutte in generale sono sempre presenti. Spesso una di esse prevale nettamente sulle altre: è il caso della convezione nel caso dei conduttori dei normali circuiti elettrici. Il flusso di calore cresce con la differenza di temperatura finché questa è tale che tutto il calore prodotto è trasmesso all'ambiente. A quel punto la temperatura del conduttore rimane costante. Il flusso di calore è proporzionale al salto di temperatura ed alla totale superficie disperdente. La costante di proporzionalità dipende dalle modalità in cui avviene la convezione. Maggiore è la possibilità di movimento del fluido, maggiore è il calore asportato a parità delle altre condizioni. Facendo molte ipotesi semplificative, (ad esempio considerare un unico conduttore, senza isolante, ignorando l'effetto pelle e la variazione di resistività con la temperatura) l'equazione che permette di determinare la differenza di temperatura (DT) a regime è il bilancio termico:

potenza dissipata per effetto joule = potenza trasmessa.

Quindi $R \cdot I^2 = h \cdot S \cdot (T_c - T_a)$ dove R è la resistenza del conduttore (ohm), I (ampere) l'intensità di corrente, S (metri quadri) la superficie disperdente, T_a la temperatura ambiente, T_c la temperatura del conduttore (gradi °), h (watt/(metro quadro*grado °)) il coefficiente di trasmissione, che dipende dalle condizioni di posa del conduttore.

Se si vuole considerare la densità di corrente $d=I/A$ (ampere/metro quadro), il primo membro dell'equazione diventa $r \cdot L \cdot A \cdot d^2$, dove r è la resistività del conduttore ($0,02 \cdot 10^{-6}$) ohm*metro per il rame) ed A la sua sezione. Il conduttore è un cilindro di diametro D lungo L : quindi $S=3,14 \cdot D \cdot L$ ed $A=0,785 \cdot D^2$. Sostituendo nell'equazione del bilancio termico e semplificando si ricava

$$\mathbf{DT=T_c-T_a=0,25 \cdot (r/h) \cdot D \cdot d^2}.$$

Si vede dunque che a parità di ogni altra condizione $\mathbf{DT=K \cdot d^2}$, come affermato all'inizio. Per il calcolo dell'effettiva temperatura occorre conoscere h che per la convenzione naturale può variare tra 2 e 40 W/m²°C)

Esempio numerico con $h=10\text{W/mq}^\circ\text{C}$; filo di rame, $d=10\text{ A/mm}^2=10^7\text{A/m}^2$, $D=1\text{ mm}=10^{-3}\text{m}$; $T_a=30^\circ\text{C}$: $T_c=30+5 \cdot 10=80\text{ }^\circ\text{C}$.