CAPITOLO 5

Influenza della Temperatura sui Conduttori

Durata didattica consigliata: 2 ore

Obiettivi del capitolo

Al termine di questo capitolo l'allievo sarà in grado di:

- Comprendere come la temperatura influenza le proprietà elettriche dei conduttori.
- Spiegare perché la resistenza elettrica varia con il calore.
- Descrivere il fenomeno dell'effetto Joule.
- Interpretare le conseguenze del surriscaldamento nei cavi elettrici.
- Comprendere l'importanza della ventilazione e del corretto dimensionamento dei conduttori.
- Conoscere le principali temperature di esercizio dei cavi elettrici.

5.1 Introduzione

I conduttori elettrici non mantengono sempre le stesse caratteristiche.

Una delle variabili che influenza maggiormente il loro comportamento è la temperatura.

Quando un conduttore si riscalda:

- aumenta la sua resistenza elettrica;
- aumentano le perdite di energia;
- diminuisce l'efficienza del sistema;
- cresce il rischio di danneggiamento dell'impianto.

Per questo motivo la temperatura rappresenta un fattore fondamentale nella progettazione e nella gestione degli impianti elettrici.

5.2 Temperatura e movimento degli elettroni

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, la corrente elettrica è dovuta al movimento degli elettroni liberi all'interno del materiale.

Quando la temperatura aumenta:

- gli atomi del materiale vibrano più intensamente;
- gli elettroni incontrano maggiori ostacoli;
- il loro movimento diventa più difficoltoso.

Di conseguenza aumenta la resistenza elettrica del conduttore.

Visualizzazione del fenomeno

Possiamo immaginare gli elettroni come persone che camminano in un corridoio.

- Corridoio libero → movimento rapido.
- Corridoio affollato → movimento rallentato.

L'aumento della temperatura rende il "corridoio" più affollato, ostacolando il passaggio delle cariche elettriche.

5.3 Variazione della resistenza con la temperatura

Per la maggior parte dei metalli:

- temperatura ↑ → resistenza ↑
- temperatura ↓ → resistenza ↓

Questo comportamento è tipico di:

- rame;
- alluminio;
- argento;
- oro;
- ferro.

Esempio pratico

Supponiamo di avere un cavo in rame.

A temperatura ambiente presenta una determinata resistenza.

Se il cavo viene attraversato da una corrente elevata:

- si riscalda;
- la resistenza aumenta;
- il riscaldamento cresce ulteriormente.

Si crea così un processo che deve essere controllato per evitare danni.

5.4 Coefficiente di temperatura

Per valutare l'influenza della temperatura si utilizza il:

coefficiente di temperatura della resistenza

Indicato generalmente con la lettera greca:

α (alfa)

Significato

Il coefficiente α indica quanto varia la resistenza per ogni grado Celsius di variazione della temperatura.

Ogni materiale possiede un proprio coefficiente.

Valori indicativi

Materiale	Coefficiente α (1/°C)
Rame	0,0039

Alluminio	0,0040
Argento	0,0038
Oro	0,0034

5.5 Formula della variazione della resistenza

Per stimare la resistenza a una temperatura diversa si utilizza la seguente relazione:

$Rt=R0(1+\alpha\Delta T)R_t = R_0(1+\alpha \Delta T)Rt=R0(1+αΔT)$

dove:

- Rt = resistenza alla temperatura finale;
- R_0 = resistenza alla temperatura iniziale;
- α = coefficiente di temperatura;
- ΔT = variazione di temperatura.

5.6 Esempio di calcolo

Un conduttore in rame possiede:

- R_0 = 2 Ω a 20 °C
- α = 0,0039
- temperatura finale = 70 °C

Calcolare la nuova resistenza.

Calcolo

Differenza di temperatura:

$\Delta T=70-20=50°C\Delta T = 70 - 20 = 50°C\Delta T=70−20=50°C$

Applicando la formula:

Rt=2×(1+0,0039×50)R_t = 2 \times (1 + 0,0039 \times 50)Rt=2×(1+0,0039×50) Rt=2×(1+0,195)R_t = 2 \times (1 + 0,195)Rt=2×(1+0,195) Rt=2×1,195R_t = 2 \times 1,195Rt=2×1,195 Rt=2,39ΩR_t = 2,39 \OmegaRt=2,39Ω

Risultato: la resistenza passa da 2 Ω a 2,39 Ω.

5.7 L'effetto Joule

Quando la corrente attraversa un conduttore, una parte dell'energia elettrica viene trasformata in calore.

Questo fenomeno prende il nome di:

Effetto Joule

dal nome del fisico James Prescott Joule.

Formula dell'effetto Joule

La potenza dissipata sotto forma di calore è:

P=RI2P = R I^2P=RI2

dove:

- P = potenza dissipata (W)
- R = resistenza (Ω)
- I = corrente (A)

Interpretazione

La formula mostra che:

- se la corrente raddoppia,
- il calore prodotto aumenta di quattro volte.

Per questo motivo i sovraccarichi sono particolarmente pericolosi.

5.8 Applicazioni utili dell'effetto Joule

L'effetto Joule non è sempre indesiderato.

Molti apparecchi sfruttano proprio questo fenomeno.

Esempi

Stufe elettriche

Trasformano energia elettrica in calore.

Forni elettrici

Utilizzano resistenze riscaldanti.

Bollitori elettrici

Riscaldano rapidamente l'acqua.

Tostapane

Le resistenze diventano incandescenti e producono calore.

5.9 Effetti negativi del surriscaldamento

Quando il calore prodotto è eccessivo si possono verificare problemi.

Aumento delle perdite

Maggiore resistenza significa:

- minore rendimento;

- maggior consumo energetico.

Danneggiamento dell'isolamento

I materiali isolanti possono degradarsi.

Possibili conseguenze:

- cortocircuiti;
- dispersioni;
- guasti.

Riduzione della vita utile

L'invecchiamento dei materiali accelera.

Rischio incendio

Temperature elevate possono innescare incendi in presenza di materiali infiammabili.

5.10 Temperature di esercizio dei cavi

I cavi elettrici sono progettati per funzionare entro specifici limiti termici.

Isolamento in PVC

Temperatura massima tipica:

70 °C

Isolamento in XLPE

Polietilene reticolato.

Temperatura massima tipica:

90 °C

Cavi speciali

Possono operare anche oltre i 100 °C.

Utilizzati in:

- industria;
- automazione;
- impianti speciali.

5.11 Cause del surriscaldamento

Le principali cause sono:

Sovraccarico

La corrente supera quella prevista.

Cortocircuito

Correnti elevatissime attraversano il circuito.

Sezione insufficiente

Il cavo è sottodimensionato.

Ventilazione insufficiente

Il calore non riesce a dissiparsi.

Connessioni difettose

Morsetti allentati generano punti caldi.

5.12 Sistemi di protezione

Per evitare il surriscaldamento vengono utilizzati dispositivi di protezione.

Interruttore magnetotermico

Protegge da:

- sovraccarichi;
- cortocircuiti.

Fusibili

Interrompono il circuito quando la corrente supera un determinato valore.

Sensori termici

Monitorano la temperatura nei sistemi industriali.

Caso pratico

Una prolunga avvolta

Una prolunga elettrica alimenta un carico elevato.

Se rimane completamente avvolta sul tamburo:

- il calore si accumula;
- la temperatura aumenta;
- cresce il rischio di danneggiamento.

Per questo motivo i produttori raccomandano di srotolare completamente il cavo durante l'utilizzo.

Approfondimento tecnico

Perché i cavi vengono dimensionati con margine di sicurezza?

Le condizioni reali di funzionamento possono variare.

Occorre considerare:

- temperatura ambiente;
- ventilazione;
- durata del carico;
- possibili sovraccarichi.

Per questo motivo le norme tecniche prevedono coefficienti di sicurezza che consentono ai cavi di lavorare senza raggiungere temperature pericolose.

Riepilogo del capitolo

Abbiamo imparato che:

✓ L'aumento della temperatura provoca l'aumento della resistenza nei metalli.

✓ Gli elettroni incontrano maggiori ostacoli quando il materiale si riscalda.

✓ Il coefficiente α misura la variazione della resistenza con la temperatura.

✓ L'effetto Joule trasforma energia elettrica in calore.

✓ Il surriscaldamento può provocare guasti e incendi.

✓ I cavi sono progettati per lavorare entro limiti di temperatura definiti.

✓ Le protezioni elettriche limitano i rischi dovuti all'eccessivo riscaldamento.

Esercizi di verifica

Domanda 1

Quando la temperatura aumenta in un conduttore metallico:

a) la resistenza diminuisce

b) la resistenza rimane costante

c) la resistenza aumenta

d) la corrente aumenta sempre

Risposta corretta: c)

Domanda 2

Quale fenomeno produce calore nei conduttori?

a) Effetto Volta

b) Effetto Joule

c) Effetto Faraday

d) Effetto Ampère

Risposta corretta: b)

Domanda 3

Qual è la temperatura tipica massima di esercizio dei cavi isolati in PVC?

a) 40 °C

b) 50 °C

c) 70 °C

d) 120 °C

Risposta corretta: c)

Domanda 4

Quale dispositivo protegge dai sovraccarichi?

a) Lampada

b) Magnetotermico

c) Presa elettrica

d) Trasformatore

Risposta corretta: b)

Domanda 5

Una connessione allentata può provocare:

a) raffreddamento

b) aumento della conducibilità

c) punti caldi

d) diminuzione della tensione di alimentazione

Risposta corretta: c)

Attività pratica di laboratorio (30 minuti)

Osservazione dell'effetto Joule

Materiale necessario

- Alimentatore a bassa tensione
- Resistenza di potenza
- Multimetro
- Termometro digitale o sonda termica

Attività

1. Alimentare la resistenza con una corrente controllata.
2. Misurare la temperatura iniziale.
3. Monitorare l'aumento della temperatura nel tempo.
4. Analizzare il rapporto tra corrente e calore prodotto.
5. Discutere i risultati osservati.

Esercizio finale svolto

Un conduttore presenta:

- resistenza = 5 Ω
- corrente = 4 A

Calcolare la potenza dissipata per effetto Joule.

Formula:

P=R×I2P = R \times I^2P=R×I2 P=5×42P = 5 \times 4^2P=5×42 P=5×16P = 5 \times 16P=5×16 P=80WP = 80WP=80W

Risultato: il conduttore dissipa 80 W sotto forma di calore.