

# ELEMENTI CRITICI PER LA CORRETTA PROGETTAZIONE CLIMATICA DI UN QUADRO ELETTRICO

## Bilancio termico dell'armadio elettrico

Nei WHITE PAPER “Aria Umida” e “Condizioni ambientali” sono stati introdotti i concetti necessari per comprendere che cosa si intende per “Bilancio termico dell'armadio elettrico”. L'obiettivo del progettista è ottenere le condizioni desiderate all'interno dell'armadio, in termini di umidità relativa e soprattutto di temperatura.

In caso di equilibrio termico stazionario, ovvero in assenza d'inerzie termiche, la sommatoria di tutte le potenze in gioco è nulla.

Per garantire il bilancio termico vale la relazione:  $\Sigma Q_i=0$ ,

dove  $Q_i$  indica la potenza termica i-esima e  $\Sigma Q_i$  è la somma di tutte potenze termiche che agiscono sull'armadio elettrico.

In fase progettuale non si considerano tutte le situazioni possibili, ma solo le più ostili per il quadro elettrico, ovvero:

- Temperatura ambiente massima possibile e massima accettabile all'interno dell'armadio elettrico;
- Temperatura ambiente minima verificabile e minima accettabile nell'armadio elettrico.

Attraverso questa distinzione, così come in ambito civile le condizioni di progetto sono “**caso invernale**” e “**caso estivo**”, per i quadri elettrici i dimensionamenti si distinguono in bilanci termici per il “**riscaldamento**” e per il “**raffrescamento**”. Inoltre bisogna fare un'ulteriore differenziazione in progetti per ambienti “**indoor**” e “**outdoor**”.

Le formule di calcolo da impiegare per i bilanci termici sono:

1. Riscaldamento:  $Q_{diss}+Q_{risc}=0$

( $Q_{diss}$ =dissipazioni attraverso le pareti;  $Q_{risc}$ =potenza di riscaldamento necessaria)

2. Raffrescamento:  $Q_{diss}+Q_{Joule}+Q_{solar}+Q_{raff}=0$

( $Q_{solar}$ =potenza dovuta all'irraggiamento solare, da considerare solo per installazioni outdoor;  $Q_{raff}$ =potenza di raffrescamento necessaria)

\*tutte le potenze dei bilanci **1** e **2** sono misurate in **[W]** termici.

Nelle formule 1 e 2 sono presenti molte componenti di potenza termica, ma in questa fase, l'obiettivo dei WHITE PAPER è fornire indicazioni per il calcolo della potenza dissipata attraverso le pareti dell'armadio elettrico: consideriamo unicamente il termine **Q<sub>diss</sub>**.

## Trasmittanze termiche delle pareti dell'armadio elettrico

Per determinare la potenza termica passante attraverso l'armadio elettrico, occorre calcolare le trasmittanze dei materiali che lo costituiscono, ovvero la capacità di trasmissione del calore di ogni parete.

La formula generale della trasmittanza termica è:

$$U = 1 / (1/\alpha_{in} + s_1/\lambda_1 + s_2/\lambda_2 + \dots + s_n/\lambda_n + 1/\alpha_{out}) \quad [W/m^2K] \quad 1$$

- $\alpha_{in}$  indica il coefficiente di scambio adduttivo interno;
- $s_n$  è lo spessore n-esimo della parete considerata;
- $\lambda_n$  è la conduttività termica del materiale costitutivo della parete;
- $\alpha_{out}$  indica il coefficiente di scambio adduttivo esterno.

Nella pratica comune, i metodi di calcolo per i dimensionamenti termici non tengono conto delle possibili variazioni delle componenti adduttive. Per completezza, si è deciso di studiare l'entità dei singoli parametri che costituiscono la trasmittanza U, coefficienti adduttivi  $\alpha$  inclusi, determinati per via sperimentale o dalla letteratura tecnica.

I **coefficienti adduttivi  $\alpha$**  comprendono scambi termici che avvengono sia per convezione che per irraggiamento e si determinano con la formula:

$$\alpha = \alpha_{conv} + \alpha_{irr}$$

Le conduttività termiche  $\lambda_n$  sono proprie del materiale di costruzione degli armadi, quindi restano fisse e non dipendono dal luogo d'installazione.

### a - Conduttività termiche dei materiali costituenti gli armadi elettrici a temperatura ambiente [20°C]

- A. Acciaio dolce(lamiera):  $\lambda_A = 54 [W/mK]$  ;
- B. Plastica:  $\lambda_B = 0.19 [W/mK]$ ;
- C. Acciaio inox:  $\lambda_C = 16 [W/mK]$ ;
- D. Alluminio:  $\lambda_D = 204 [W/mK]$ ;
- E. PE(polietilene):  $\lambda_E = 0.35 [W/mK]$ ;
- F. Vernice su acciaio:  $\lambda_F = 0.265 [W/mK]$  (interno ed esterno armadio).

Noti gli spessori di ogni strato, si calcolano le rispettive resistenze termiche con la formula  $R_n = s_n / \lambda_n [m^2K/W]$ .

La resistenza totale alla conduzione di calore attraverso le pareti, è data dalla formula

$$R_{\text{tot}} = \sum s_n / \alpha_n \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad 2$$

\*In caso di “acciaio verniciato”, si sommano le resistenze termiche dello strato in acciaio e dei 2 strati di vernice, interno ed esterno. A causa degli spessori irrilevanti degli stessi, è possibile trascurarne il contributo resistivo al passaggio di calore.

b - Coefficienti adduttivi interno ( $\alpha_i$ ) ed esterno ( $\alpha_e$ )

| Direzione flusso termico | ASCENDENTE | DISCENDENTE | ORIZZONTALE |
|--------------------------|------------|-------------|-------------|
| $\alpha_i$               | 10         | 7,7         | 5,88        |
| $\alpha_e$               | 25         | 25          | 25          |

1 - Coefficienti adduttivi interni ( $\alpha_i$ ) ed esterni ( $\alpha_e$ ) per diverse situazioni geometriche

È possibile utilizzare i coefficienti indicati in **tabella 1** o, per dimensionamenti più precisi, calcolare  $h_r$  e  $h_c$  secondo la norma **UNI EN ISO 6946**, come spiegato nel WHITE PAPER “Calcolo dei coefficienti adduttivi interno e esterno”.

*Davide Rocca  
Alberto Tonietti*