

ESEMPIO DI CALCOLO

- Dati di specifica

- Potenza nominale: $P = 200 \text{ VA}$
- Frequenza: $f = 50 \text{ Hz}$
- Tensione primaria: $U_1 = 220 \text{ V}$
- Tensione secondaria a pieno carico: $U_2 = 48 \text{ V}$

- Valori fissati

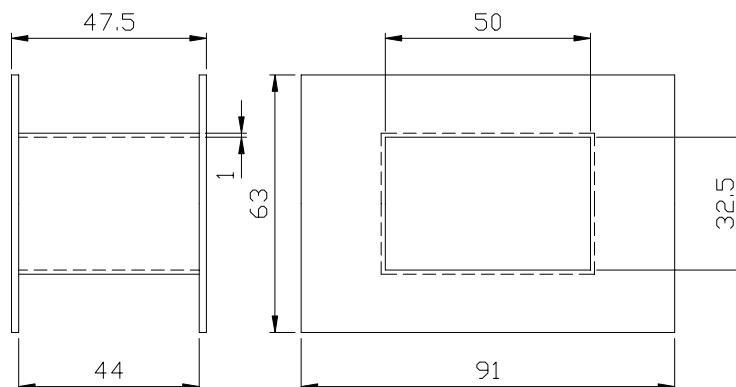
- Classe di isolamento: E ($\Delta\theta = 75 \text{ °C}$)
- Induzione $B_i = 1,3 \text{ T}$
- Cifra di perdita dei lamierini: $w_s = 2,3 \text{ W/kg}$
- Coefficiente di stipamento dei lamierini: $K_s = 0,94$

- Dati di calcolo (ricavati dalle tabelle)

Nella tabella 7 dell'articolo si deve cercare la potenza immediatamente superiore a quella nominale del trasformatore. In tale tabella (lamierino colonna 32) si ha che quella immediatamente superiore a 200 VA è 204 VA. Data però l'esiguità del margine si sceglie, cautelativamente, quella successiva di 223 VA. I valori corrispondenti sono:

- Rocchetto: 32x50 mmxmm
- Densità di corrente: $\delta = 3,72 \text{ A/mm}^2$
- Caduta di tensione: $\Delta u = 8,89 \%$
- Rendimento: $\eta = 0,887$
- Volt per spira: $e = 0,4341 \text{ V/sp}$

- Dati relativi al rocchetto



- Altezza utile per avvolgimento: $E' = 44 \text{ mm}$
- Spessore delle pareti del rocchetto: $c = 1 \text{ mm}$
- Gioco fra rocchetto e nucleo: $g = 0,5 \text{ mm}$

Elemento da calcolare	Esempio numerico
<p>1 - Correnti</p> $I_1 = \frac{P}{\eta \cdot U_1}$ $I_2 = \frac{P}{U_2}$	$I_1 = \frac{200}{0,887 \cdot 220} = 1,02 \text{ A}$ $I_2 = \frac{200}{48} = 4,17 \text{ A}$
<p>2 - Conduttori</p> $s_1 = \frac{I_1}{\delta}$ $s_2 = \frac{I_2}{\delta}$	$s_1 = \frac{1,02}{3,72} = 0,274 \text{ mm}^2$ $s_2 = \frac{14,17}{3,72} = 1,12 \text{ mm}^2$ <p>scelta conduttori</p> <p>– primario $d_1 = 0,63 \text{ mm}$ $s_1 = 0,3115 \text{ mm}^2$</p> <p>– secondario $d_2 = 1,18 \text{ mm}$ $s_2 = 1,093 \text{ mm}^2$</p> <p>$d'_1 = 0,706 \text{ mm}$ $p_1 = 2,771 \text{ g/m}$ $d'_2 = 1,279 \text{ mm}$ $p_2 = 9,722 \text{ g/m}$</p>
<p>NOTA</p> <p>I fili di rame sono stati scelti con le sezioni più prossime a quelle calcolate.</p> <p>d = diametro del filo nudo d' = diametro del filo isolato</p> <p>s = sezione del filo p = peso del filo per unità di lunghezza</p>	
<p>3 - Densità di corrente effettive</p> $\delta_1 = \frac{I_1}{s_1}$ $\delta_2 = \frac{I_2}{s_2}$	$\delta_1 = \frac{1,02}{0,3115} = 3,27 \text{ A/mm}^2$ $\delta_2 = \frac{4,17}{1,039} = 3,82 \text{ A/mm}^2$
<p>4 - Spire</p> $N_1 = \frac{U_1}{e}$ $N_2 = \frac{U_2 \cdot \left(1 + \frac{\Delta u}{100}\right)}{e}$	$N_1 = \frac{220}{0,4341} = 506 \text{ spire}$ $N_2 = \frac{48 \cdot \left(1 + \frac{8,89}{100}\right)}{0,4341} = 120 \text{ spire}$
<p>5 - Coefficiente di riempimento della finestra</p> $K_r = \frac{s_1 \cdot N_1 + s_2 \cdot N_2}{D \cdot E}$	$K_r = \frac{0,3115 \cdot 506 + 1,093 \cdot 120}{16 \cdot 48} = 0,38$

NOTA

<p>D·E = superficie della finestra del lamierino</p> <p>Il calcolo del coefficiente di riempimento dà una prima indicazione se gli avvolgimenti sono contenuti o meno nella finestra. Il valore 0,38 è (rispetto a quanto riportato nella tabella 4) leggermente alto, però accettabile. Si può quindi andare avanti con il calcolo.</p> <p>Un valore troppo basso significherebbe che il ferro non è pienamente sfruttato: conviene quindi scegliere un nucleo più piccolo. Un valore troppo alto indicherebbe che gli avvolgimenti non sono contenuti nella finestra: bisogna allora scegliere un nucleo più grande.</p>	
<p>6 - Spire per stato</p> $n_1 = \frac{E'}{K_a \cdot d'_1}$ $n_2 = \frac{E'}{K_a \cdot d'_2}$	$n_1 = \frac{44}{1,05 \cdot 0,706} = 59 \text{ spire/strato}$ $n_2 = \frac{44}{1,05 \cdot 1,279} = 32 \text{ spire/strato}$
<p>NOTA</p> <p>Il coefficiente K_a tiene conto del fatto che in sede costruttiva le spire non risulteranno perfettamente accostate. Si è posto $K_a = 1,05$.</p> <p><u>Agli effetti degli ingombri il numero delle spire per strato va arrotondato all'intero inferiore.</u></p>	
<p>7 - Strati</p> $z_1 = \frac{N_1}{n_1}$ $z_2 = \frac{N_2}{n_2}$	$z_1 = \frac{506}{59} = 8,6 \rightarrow 9 \text{ strati}$ $z_2 = \frac{120}{32} = 3,8 \rightarrow 4 \text{ strati}$
<p>NOTA</p> <p><u>Agli effetti degli ingombri il numero degli strati va arrotondato all'intero superiore.</u></p>	
<p>8 - Ingombri radiali degli avvolgimenti</p> $a_1 = z_1 \cdot d'_1$ $a_2 = z_2 \cdot d'_2$	$a_1 = 9 \cdot 0,706 = 6,35 \text{ mm}$ $a_2 = 4 \cdot 1,279 = 5,12 \text{ mm}$
<p>9 - Ingombro totale radiale degli avvolgimenti</p> $b = g + c + a_1 + i + a_2 + f$	$b = 0,5 + 1 + 6,35 + 0,3 + 5,12 + 0,20 = 13,72 \text{ mm}$
<p>NOTA:</p> <p>i = isolamento fra primario e secondario = 0,3 mm (3 giri di carta da 0,1 mm)</p> <p>f = fasciatura esterna degli avvolgimenti = 0,2 mm (2 giri di carta da 0,1 mm)</p> <p>L'ingombro totale radiale degli avvolgimenti è inferiore, con un certo margine, alla larghezza della finestra che è di 16 mm. Il rocchetto scelto va quindi bene. In caso contrario bisognerebbe scegliere un rocchetto più grande o, eventualmente, passare alla colonna superiore.</p>	
<p>10 - lunghezza media delle spire</p> $x = g + 2 \cdot c + a_1$ $y = x + a_1 + 2 \cdot i + a_2$ $t = 2 \cdot (C + H)$ $l_1 = t + 4 \cdot x$	$x = 0,5 + 2 + 6,35 = 8,85 \text{ mm}$ $y = 8,85 + 6,36 + 0,6 + 5,12 = 20,92 \text{ mm}$ $t = 2 \cdot (32 + 50) = 164 \text{ mm}$ $l_1 = 164 + 4 \cdot 8,85 = 199 \text{ mm}$ $l_2 = 164 + 4 \cdot 20,92 = 248 \text{ mm}$

$l_2 = t + 4 \cdot y$	
11 - Pesi del rame	
$G_1 = p_1 \cdot N_1 \cdot l_1$	$G_1 = 2,771 \cdot 506 \cdot 199 \cdot 10^{-6} = 0,279 \text{ kg}$
$G_2 = p_2 \cdot N_2 \cdot l_2$	$G_2 = 9,722 \cdot 120 \cdot 248 \cdot 10^{-6} = 0,289 \text{ kg}$
$G_{cu} = G_1 + G_2$	$G_{cu} = 0,279 + 0,289 = 0,568 \text{ kg}$
12 - Peso del ferro	
$G_{fe} = 45,6 \cdot K_s \cdot C^2 \cdot H \cdot 10^{-6}$	$G_{fe} = 45,6 \cdot 0,94 \cdot 32^2 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 2,195 \text{ kg}$
13 - Perdite nel rame	
$p_{cu1} = K_\theta \cdot \delta_1^2 \cdot G_1$	$p_{cu1} = 2,56 \cdot 3,27^2 \cdot 0,279 = 7,64 \text{ W}$
$p_{cu2} = K_\theta \cdot \delta_2^2 \cdot G_2$	$p_{cu2} = 2,56 \cdot 3,82^2 \cdot 0,289 = 10,80 \text{ W}$
$p_{cu} = p_{cu1} + p_{cu2}$	$p_{cu} = 7,64 + 10,80 = 18,44 \text{ W}$
NOTA È stato posto, per $\Delta\theta_{MAX} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$, $K_\theta = 2,56$ (vedi tabella 2 dell'articolo)	
14 - Perdite nel ferro	
$p_{fe} = w_s \cdot B_i^2 \cdot G_{fe}$	$p_{fe} = 2,3 \cdot 1,3^2 \cdot 2,195 = 8,53 \text{ W}$
15 - Rendimento	
$\eta = \frac{P}{P + p_{cu} + p_{fe}}$	$\eta = \frac{200}{200 + 18,44 + 8,53} = 0,881$
NOTA Tale valore è molto prossimo a quello assunto in partenza, quindi non è necessario ripetere i calcoli per ulteriori affinamenti.	
16 - Caduta di tensione percentuale	
$\Delta u = \frac{p_{cu}}{P} \cdot 100$	$\Delta u = \frac{18,44}{200} \cdot 100 = 9,22 \%$
NOTA Anche tale valore è molto prossimo a quello assunto in partenza; pertanto anche qui non è necessario procedere ad ulteriori affinamenti di calcolo. Volendo si possono comunque, con il nuovo valore della caduta di tensione, ricalcolare le spire secondarie.	
17 - Spire secondarie effettive	
$N_2 = N_1 \cdot \frac{U_2 \cdot \left(1 + \frac{\Delta u}{100}\right)}{U_1}$	$N_2 = N_1 \cdot \frac{U_2 \cdot \left(1 + \frac{9,22}{100}\right)}{220} = 120 \text{ spire}$
NOTA Tale valore è identico a quello precedentemente calcolato.	