



Enrico Biagi

CALCOLO DI UNA REATTANZA

14 June 2006

PREMESSA

Un carico funziona ad una tensione inferiore a quella della linea di alimentazione. Dato che il carico è costante, può essere alimentato con una reattanza in grado di produrre la caduta di tensione necessaria.

Casi tipici possono essere:

- Lampada a scarica nei gas (per esempio a vapori di mercurio) che funziona ad una tensione inferiore a 220 V (in questo caso la reattanza ha anche la funzione di stabilizzare l'arco elettrico).
- Motore asincrono che deve essere avviato ad una tensione inferiore a quella nominale allo scopo di ridurre la corrente di spunto.

In entrambi i casi la reattanza viene inserita in serie al carico.

NOTA: Il metodo di calcolo è simile a quello usato per il calcolo dei trasformatori monofasi riportato nel mio articolo pubblicato sul N. 3/87 di "ELETTRIFICAZIONE" (presente nella sezione "Pubblicazioni" del sito). Esso si basa sostanzialmente sulla consultazione di apposite tabelle dalle quali ricavare i "Dati di calcolo".

LINEA DI ALIMENTAZIONE

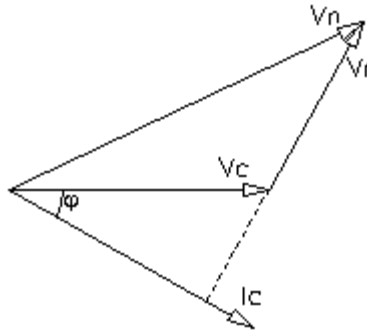
- Tensione nominale: $V_n = 220$
- Frequenza: $f = 50$ Hz

CARICO

- Tensione: $V_c = 120$ V
- Fattore di potenza: $\cos\phi_c = 0,5$
- Corrente: $I_c = 2$ A

REATTANZA

Calcolo della tensione di reattanza, della potenza, dell'induttanza



$$V_r^2 + 2 \cdot V_c \cdot \sin\varphi_c \cdot V_r + V_c^2 - V_n^2 = 0$$

$$V_r^2 + 2 \cdot 120 \cdot 0,866 \cdot V_r + 120^2 - 220^2 = 0$$

$$V_r^2 + 208 \cdot V_r - 34.000 = 0$$

$$V_r = -104 \pm \sqrt{104^2 + 34.000} = -104 \pm 211,7$$

$$V_r = 107,7 \text{ V}$$

Dati di specifica

$$V_r = 108 \text{ V} \quad I_r = 2 \text{ A} \quad P_r = V_r \cdot I_r = 108 \cdot 2 = 216 \text{ VA}$$

$$L = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot I} = \frac{108}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2} = 0,172 \text{ H}$$

DATI PRELIMINARI (fissati dal progettista)

- Induzione: $B = 1,1 \text{ T}$
- Cifra di perdita dei lamierini: $w_s = 2,3 \text{ W/Kg}$
- Coefficiente di stipamento dei lamierini: $K_s = 0,94$
- Classe di isolamento: $CI = E$ ($DJ = 75^\circ\text{C}$)

DATI DI CALCOLO (dalle tabelle)

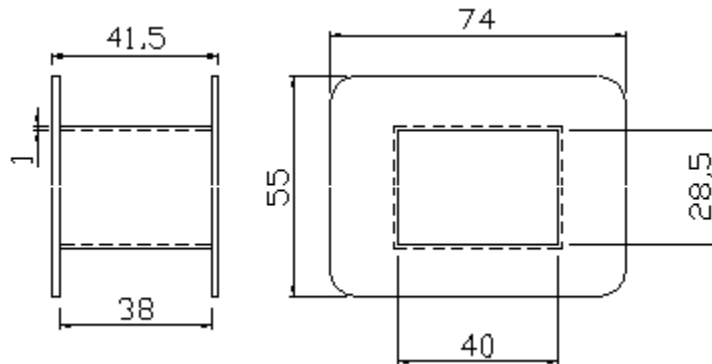
Questi dati si ricavano da apposite tabelle (nella sezione "Software"

[di questo sito](#) è presente [un programma in Basic che fornisce le dette tab](#)).

I dati sono quelli corrispondenti ad una potenza superiore alla potenza della reattanza (216 VA).

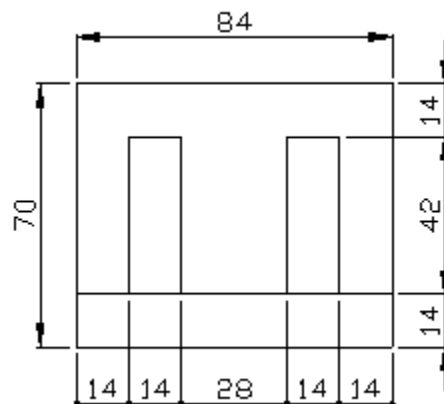
- Rocchetto: 28 x 40 mm x mm
- Densità di corrente: $d = 4,44 \text{ A/mm}^2$
- Caduta di tensione: $\Delta v\% = 7,55\%$
- Volt per spira: $e = 0,2571 \text{ V/sp}$

ROCCHETTO



- Tipo: 28 x 40 Nylon
- Altezza utile per avvolgimento: $E = 38 \text{ mm}$
- Spessore pareti: $c = 1 \text{ mm}$
- Gioco rocchetto/nucleo: $g = 0,5 \text{ mm}$

LAMIERINO



- Tipo: EI 28
- Superficie finestra: $F = 588 \text{ mm}^2$
- Peso unitario: $p = 0,0358 \text{ Kg/mm}$

CALCOLO

Conduttore $s = \frac{I}{\delta}$	$s = \frac{2}{4,44} = 0,450 \text{ mm}^2$ $d = 0,75 \text{ mm} \quad d' = 0,832 \text{ mm}$ $s = 0,4418 \text{ mm}^2 \quad p = 3,928 \text{ Kg/Km}$
Densità di corrente effettiva $\delta = \frac{I}{s}$	$\delta = \frac{2}{0,4418} = 4,53 \text{ A/mm}^2$
Spire $N = \frac{V}{e}$	$N = \frac{108}{0,2571} = 420 \text{ spire}$
Traferro $l_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot \mu_0 \cdot N \cdot I}{B}$	$l_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 420 \cdot 2}{1,1} = 0,00136 \text{ m} = 1,36 \text{ mm}$ $(0,68 + 0,68 \text{ mm})$

VERIFICHE

Coefficiente riempimento finestra	$K_r = \frac{420 \cdot 0,4418}{588} = 0,32$
--	---

$K_r = \frac{N \cdot s}{F}$	Valore accettabile (vedi tab.4 dell'articolo citato)
<p>Spire per strato</p> $n = \frac{E}{1,05 \cdot d'}$	$n = \frac{38}{1,05 \cdot 0,832} = 43,4 \rightarrow 43 \text{ spire/strato}$ <p>Le spire per strato vanno arrotondate all'intero inferiore</p>
<p>Strati</p> $z = \frac{N}{n}$	$z = \frac{420}{43} = 9,8 \rightarrow 10 \text{ strati}$ <p>Gli strati vanno arrotondati all'intero superiore</p>
<p>Ingombro radiale avvolgimento</p> $a = z \cdot d'$	$a = 10 \cdot 0,832 = 8,32 \text{ mm}$
<p>Ingombro radiale totale</p> $b = g + c + a + f$ <p>f = fasciatura esterna avvolgimento (due giri di carta da 0,1 mm)</p>	$b = 0,5 + 1 + 8,32 + 0,2 = 10,02 \text{ mm}$ <p>Valore accettabile essendo la larghezza della finestra D = 14 mm</p>
<p>Lunghezza media spire</p> $x = g + 2 \cdot c + a$ $t = 2 \cdot (C + H)$ $l = t + 4 \cdot x$	$x = 0,5 + 2 \cdot 1 + 8,33 = 10,82 \text{ mm}$ $t = 2 \cdot (28 + 40) = 136 \text{ mm}$ $l = 136 + 4 \cdot 10,82 = 179 \text{ mm}$
<p>Peso del rame</p>	$G_{cu} = 179 \cdot 10^{-6} \cdot 420 \cdot 3,928 = 0,295 \text{ Kg}$

$G_{cu} = l \cdot N \cdot p_{cu}$	
Peso del ferro $G_{fe} = p_{fe} \cdot H \cdot K_s$	$G_{fe} = 0,0358 \cdot 40 \cdot 0,94 = 1,346 \text{ Kg}$
Perdite nel rame $W_{cu} = K_{\theta} \cdot \delta^2 \cdot G_{cu}$	$W_{cu} = 2,56 \cdot 4,53^2 \cdot 0,295 = 15,50 \text{ W}$ Per il valore di K_J vedere tab.2 dell'articolo citato
Perdite nel ferro $W_{fe} = w_s \cdot B^2 \cdot G_{fe}$	$W_{fe} = 2,3 \cdot 1,1^2 \cdot 1,346 = 3,75 \text{ W}$
Perdite totali $W = W_{cu} + W_{fe}$	$W = 15,50 + 3,75 = 19,25 \text{ W}$
Induttanza (verifica) $L = \frac{N^2 \cdot \mu_0 \cdot K_s \cdot C \cdot H}{l_0}$	$L = \frac{420^2 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \cdot 0,94 \cdot 28 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{1,36 \cdot 10^{-3}} =$ $= 0,172 \text{ H}$ <p>Tale valore coincide praticamente con quello iniziale</p>
Caduta di tensione ohmica (verifica) $\Delta V_r = \frac{W_{cu}}{I}$ $\Delta V_r \% = \frac{\Delta V_r}{V_r} \cdot 100$	$\Delta V_r = \frac{15,50}{2} = 7,8 \text{ V}$ $\Delta V_r \% = \frac{7,8}{108} \cdot 100 = 7,22\%$ <p>Anche tale valore non differisce molto da quello relativo ai dati di calcolo</p>

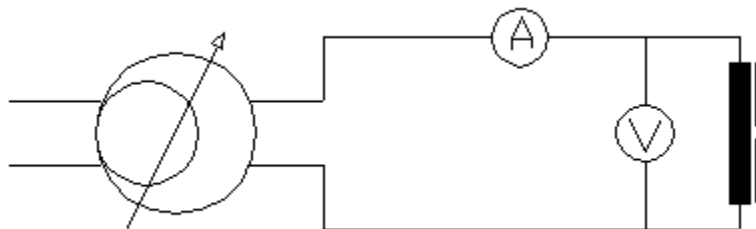
<p>Caduta di tensione induttiva</p> $\Delta V_l = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \cdot I$	$\Delta V_l = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,172 \cdot 2 = 108 \text{ V}$
<p>Tensione di reattanza (verifica)</p> $V_r = \sqrt{\Delta V_r^2 + \Delta V_l^2}$	$V_r = \sqrt{7,8^2 + 108^2} \approx 108 \text{ V}$ <p>Valore praticamente coincidente con quello di progetto</p>
<p>Induzione (verifica)</p> $B = \frac{\sqrt{2} \cdot L \cdot I}{N \cdot K_s \cdot C \cdot H}$	$B = \frac{\sqrt{2} \cdot 0,172 \cdot 2}{420 \cdot 0,94 \cdot 28 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-3}} \approx 1,1 \text{ T}$ <p>Anche il valore dell'induzione coincide con quello di progetto</p>

TARATURA DELLA REATTANZA

Una volta costruita, la reattanza deve essere tarata, intendendo con ciò l'aggiustamento del traferro allo spessore definitivo (quello teorico difficilmente sarà quello giusto).

Si procede nel seguente modo.

Circuito di taratura



- Si alimenta la reattanza con la sua tensione nominale (nel caso dell'esempio 108 V) tramite un regolatore di tensione (per esempio un variac).

- Si regola lo spessore del traferro fino ad ottenere la corrente nominale della reattanza (nel caso dell'esempio 2 A).

Essendo la corrente proporzionale alla lunghezza del traferro:

$$I = K \times l_0$$

in pratica si opera così:

- Se la corrente è inferiore a quella nominale, bisogna aumentare il traferro.
- Se la corrente è superiore a quella nominale, bisogna diminuire il traferro.

FINITURA

Trovato il traferro "giusto" occorre bloccare il nucleo con apposite squadrette, viti e bulloni e quindi trattare la reattanza con vernice isolante (impregnazione ed essiccazione possibilmente in forno).