

Corso di sist. elettrici per telecomunicazioni - 1° prova di laboratorio



PROVE A VUOTO E IN CORTOCIRCUITO SU TRASFORMATORE

Docente del corso: prof.ssa Angela Russo

Galletti Riccardo
Matr. 1265

OBIETTIVO DELL'ESPERIENZA: Obiettivo dell'esercitazione di laboratorio è di effettuare misure su di un trasformatore i cui capi dell'avvolgimento non collegato all'alimentazione risultano connessi tra loro tramite un'impedenza trascurabile (prova in cortocircuito) o lasciati disconnessi (prova a vuoto).

Il risultato finale dell'esercitazione sarà dunque l'ottenimento dei parametri che rappresentano le perdite presenti nel trasformatore.

Queste perdite, che sono nulle solo in condizioni ideali, possono essere così sintetizzate:

- ☞ Perdite per effetto Joule sugli avvolgimenti (sono rappresentate nello schema di fig. 1 tramite le resistenze R_1 e R_2 , in serie agli avvolgimenti stessi);
- ☞ Flussi dispersi dovuti ad un accoppiamento non perfetto (lo schema di fig. 1 ne tiene conto con le reattanze induttive X_1 e X_2);
- ☞ Corrente magnetizzante non nulla dovuta ad una riluttanza non approssimabile con lo zero. Dalla legge di Hopkinson infatti $R\Phi = NI \neq 0$ (questo fenomeno è rappresentato nello schema di fig. 1 tramite l'induttanza B_0);
- ☞ Perdite per isteresi sul nucleo (le rappresentiamo tramite la conduttanza G_0).

Si arriva così allo schema raffigurato qui sotto, dove $Z_1 = R_1 + j X_1$, $Z_2 = R_2 + j X_2$ e $Z_0 = (G_0 + j / B_0)^{-1}$

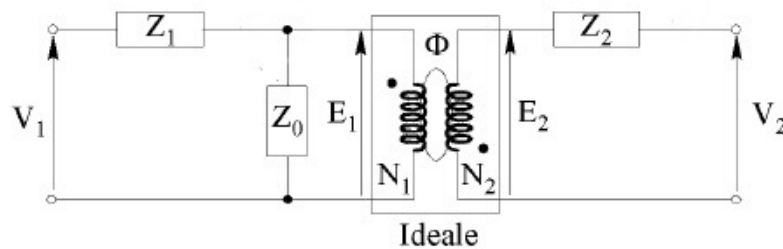
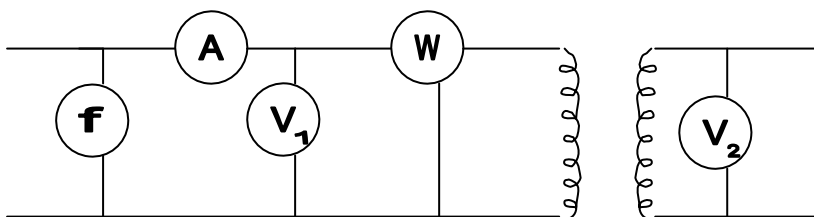


Fig.1

PROVA A VUOTO

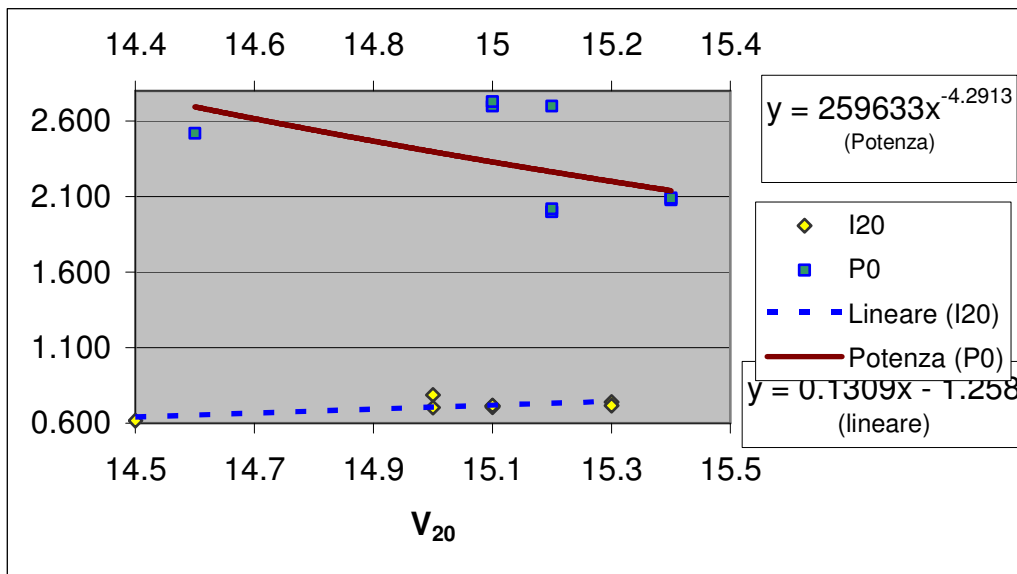


Legenda	
\textcircled{A}	= amperometro
\textcircled{f}	= frequenzimetro
$\textcircled{V_1}$	= voltmetro 1
$\textcircled{V_2}$	= voltmetro 2
\textcircled{W}	= wattmetro

In realtà noi alimentiamo il secondario (e non il primario) utilizzando un variac, ovvero un variatore di tensione, su cui si setterà il valore di 15 V.

Data l'impossibilità di una regolazione sul variac tale da ottenere il valore di $V_{20} = 15$ V, si sono effettuate 9 misure di P_0 (potenza a vuoto) e di I_{10} (corrente a vuoto vista al primario): il valore di quest'ultima è stato rilevato utilizzando una sonda ad effetto Hall.

V_{20}	P_0	I_{20}
15.3	2.08	0.740
15.1	2.70	0.706
15	2.70	0.702
15.1	2.00	0.712
15.1	2.00	0.715
15.3	2.09	0.717
15.1	2.02	0.717
15	2.73	0.787
14.5	2.52	0.616



Per cui, sfruttando le formule con cui Excel ha ottenuto le due linee di tendenza presenti nel grafico, abbiamo:

$$P_0 = 259633 \cdot 15^{-4.2913} \approx 2.33 \text{ W}$$

$$I_{20} = 0.1309 \cdot 15 - 1.258 \approx 0.705 \text{ A}$$

Conoscendo, dai dati di targa dello strumento, la potenza apparente $S = 100 \text{ VA}$ e il rapporto di trasformazione $a = \frac{V_{in}}{V_{2n}} = \frac{220}{15}$, possiamo ricavarci G_0 e B_0 (visti al primario).

$$\text{Innanzitutto essendo } P_0 = V_{20} \cdot I_{20} \cdot \cos(\varphi_{20}) \Rightarrow \cos(\varphi_{20}) = \frac{2.33}{15 \cdot 0.705} = 0.22$$

$$\varphi_{20} = \arccos(0.015) = 1.349 \text{ rad/s}$$

$$Q_0 = \text{pot. reattiva} = V_{20} \cdot I_{20} \cdot \sin(\varphi_{10}) = 15 \cdot 0.705 \cdot \sin(1.349) \approx 10.32 \text{ VAR}$$

Essendo, nella prova a vuoto, la corrente circolante nel trasformatore molto più piccola della corrente nominale (infatti $I_{20}=0.705 \ll I_{2n}=\frac{S}{V_{20}}=\frac{100}{15}=6.67\text{ A}$), possiamo trascurare le perdite per effetto Joule (cioè quello sul rame) rispetto alle perdite nel ferro. Per cui:

$$P_0 \approx P_{FE} = G_0 \cdot V_{2n}^2 \Rightarrow G_0 (\text{al } 2^{\text{ARIO}}) = \frac{2.33}{15^2} = 0.01036\text{ S}$$

$$B_0 (\text{al } 2^{\text{ARIO}}) = Q_0 / V_{2n}^2 = \frac{155}{15^2} = 0.68889\text{ S}$$

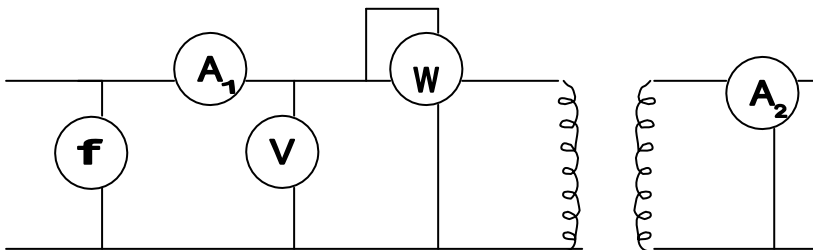
A questo punto, sfruttando il fatto che la potenza è la stessa vista al primario e secondario abbiamo:

$$P_0 = G_0 (\text{al } 2^{\text{ARIO}}) \cdot V_{2n}^2 = G_0 (\text{al } 1^{\text{ARIO}}) \cdot V_{1n}^2 \Rightarrow$$

$$G_0 (\text{al } 1^{\text{ARIO}}) = G_0 (\text{al } 2^{\text{ARIO}}) / a^2 = \frac{0.01036}{\left(\frac{220}{15}\right)^2} = 4.81 \cdot 10^{-5}\text{ S}$$

$$B_0 (\text{al } 1^{\text{ARIO}}) = B_0 (\text{al } 2^{\text{ARIO}}) / a^2 = \frac{0.68889}{\left(\frac{220}{15}\right)^2} = 3.20 \cdot 10^{-3}\text{ S}$$

PROVA IN CORTOCIRCUITO



Legenda	
\textcircled{V}	= voltmetro
\textcircled{f}	= frequenzimetro
$\textcircled{A_1}$	= amperometro 1
$\textcircled{A_2}$	= amperometro 2
\textcircled{W}	= wattmetro

Questa volta pongo il secondario in cortocircuito utilizzando un cavo con impedenza trascurabile, e alimento al primario.

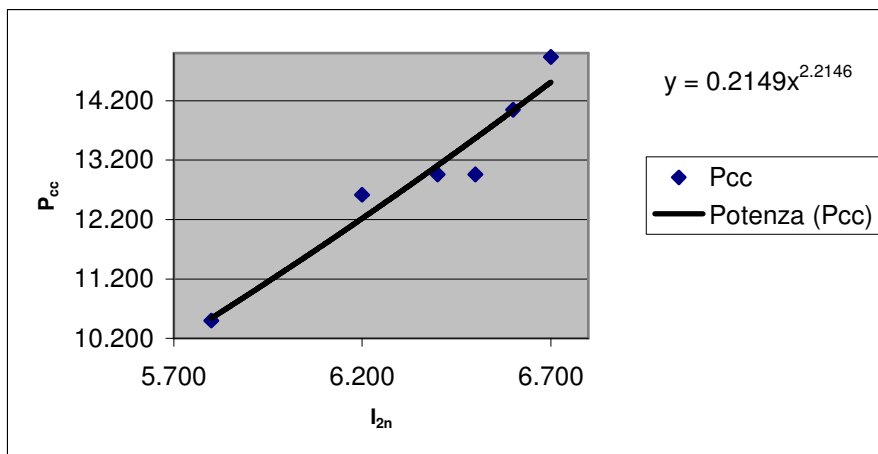
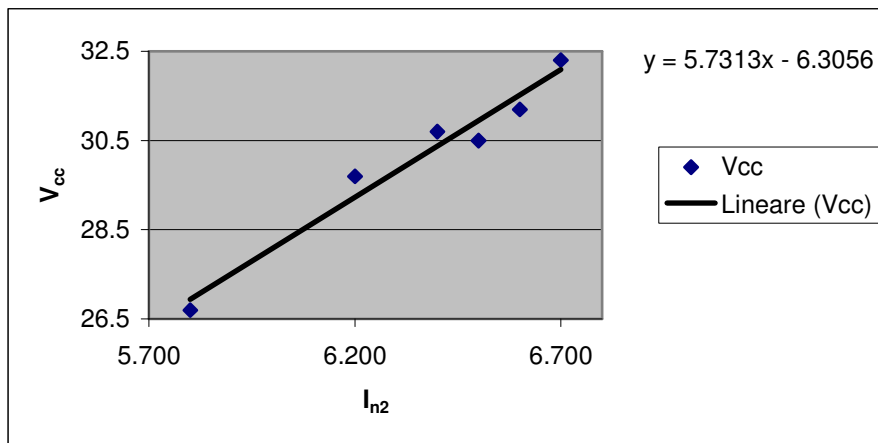
La tensione erogata dal variac è pari a V_{cc1} , ovvero quella tensione che, col secondario in cortocircuito, fa circolare le correnti nominali nel trasformatore.

Come già calcolato $I_{2n}=\frac{S}{V_{20}}=\frac{100}{15}=6.67\text{ A}$, ma, data la scarsa

precisione nell'ottenere quel dato valore nel secondario, si effettuano più misure di V_{cc} e P_{cc} , fino ad ottenere questa tabella:

I_{2n}	V_{cc}	P_{cc}
5.8	26.7	10.500
6.5	30.5	12.955
6.6	31.2	14.045
6.7	32.3	14.932
6.4	30.7	12.955
6.2	29.7	12.614

Vediamo separatamente i legami $I_{n2} - V_{cc}$ e $I_{n2} - P_{cc}$:



Anche qui, sfruttando le formule con cui Excel ha ottenuto le due linee di tendenza presenti nel grafico, abbiamo:

$$V_{cc} = 5.7313 \cdot 6.67 - 6.3056 \approx 31.922 \text{ V}$$

$$P_{cc} = 0.2149 \cdot 6.67^{2.2146} \approx 14.366 \text{ W}$$

Nel funzionamento in cortocircuito $V_{cc} \ll V_n$, ed essendo le perdite nel ferro proporzionali al quadrato della tensione, sono trascurabili rispetto a quelle sul rame. Dunque:

$$P_{cc} \approx P_{cu} = R_{cc} \cdot I_{1n}^2 \quad \text{dove } I_{1n} = I_{2n} / a = \frac{6.67}{\left(\frac{220}{15}\right)} = 0.455 \text{ A}$$

$$\Rightarrow R_{cc} = \frac{P_{cu}}{I_{ln}^2} = \frac{14.366}{0.455^2} = 69.39 \Omega$$

$$\text{Essendo inoltre } P_{cc} = V_{cc} \cdot I_{ln} \cdot \cos(\varphi_{cc}) \Rightarrow \cos(\varphi_{cc}) = \frac{14.366}{31.922 \cdot 0.455} \approx 0.989,$$

$$\varphi_{cc} = 0.148 \text{ rad/s} \quad \text{e} \quad X_{cc} = \text{tg}(\varphi_{cc}) \cdot R_{cc} = \text{tg}(0.148) \cdot 69.39 = 10.34 \Omega$$

Dunque, in conclusione, i parametri trasversali e longitudinali, visti al primario del trasformatore sono:

$$G_0 = 4.81 \cdot 10^{-5} \text{ S}; \quad B_0 = 3.20 \cdot 10^{-3} \text{ S}; \quad R_{cc} = 69.39 \Omega; \quad X_{cc} = 10.34 \Omega$$