

**ESERCIZIO 1 (8 Punti)**

Sia dato un trasformatore monofase con i seguenti dati di targa:

Potenza apparente nominale	$A_n = 300 \text{ kVA}$
Tensione nominale avv. 1	$V_{1n} = 10000 \text{ V}$
Tensione nominale avv. 2	$V_{2n} = 380 \text{ V}$
Tensione di corto circuito	$V_{cc\%} = 5\%$
Potenza di corto circuito	$P_{cc\%} = 3\%$
Corrente a vuoto	$I_{0\%} = 1\%$
Potenza a vuoto	$P_{0\%} = 0,4\%$

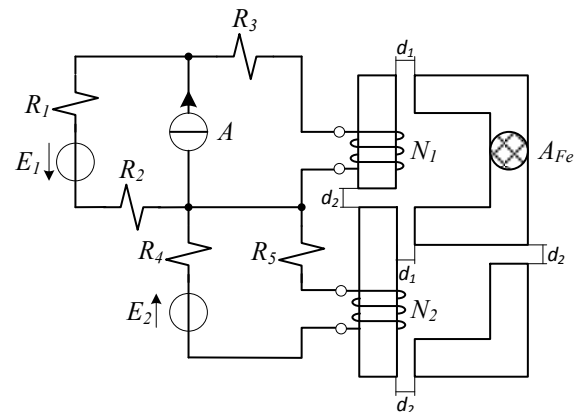
Il trasformatore alimenta un carico che assorbe 150 kW ad una tensione di 295 V e  $\cos\varphi = 0,90$ . Si determinino i parametri del circuito equivalente e le condizioni di alimentazione primarie, in termini di tensione e corrente e  $\cos\varphi$ .

**ESERCIZIO 2 (7 punti)**

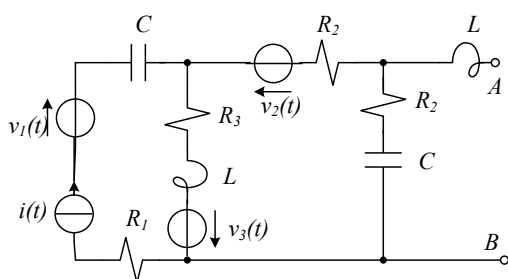
Sia dato il sistema di figura con ingressi stazionari nel tempo. Si calcolino i coefficienti di auto e mutua induttanza e l'energia magnetica accumulata

DATI

$E_1 = 10 \text{ V}$	$E_2 = 5 \text{ V}$	$A = 4 \text{ A}$
$R_1 = 5 \Omega$	$R_2 = 3 \Omega$	$R_3 = 2 \Omega$
$R_4 = 4 \Omega$	$R_5 = 5 \Omega$	
$A_{fe} = 5 \text{ cm}^2$	$\delta_1 = 3 \text{ mm}$	$\delta_2 = 2 \text{ mm}$
$N_1 = 250$	$N_2 = 200$	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$
		$\mu_{fe} = \infty \text{ H/m}$

**ESERCIZIO 3 (7 punti)**

Sia data la rete in regime alternato sinusoidale indicata in Figura.



$f = 50 \text{ Hz}$

$$v1(t) = v2(t) \sqrt{2} \cdot 100 \cdot \sin(2\pi f \cdot t + \frac{\pi}{3})$$

$$v3(t) = \sqrt{2} \cdot 120 \cdot \sin(2\pi f \cdot t - \frac{\pi}{4})$$

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot 10 \cdot \cos(2\pi f \cdot t + \frac{\pi}{6})$$

$$R_1 = 10 \Omega \quad R_2 = 5 \Omega \quad R_3 = 6 \Omega$$

$$C = 120 \mu\text{F}$$

$$L = 5 \text{ mH}$$

Si determini il circuito equivalente di thevenin ai morsetti AB

**TEORIA (4 punti + 4 punti)**

1. Le leggi di Kirchhoff delle correnti e delle tensioni e il teorema fondamentale dell'elettrotecnica.'
2. Potenze in regime alternato sinusoidale monofase. Definizioni e significato delle potenze attiva, reattiva ed apparente. Il teorema di Tellegen e il corollario di Boucherot

**SOLUZIONI****ESERCIZIO 1**

Si utilizza il circuito equivalente del trasformatore con ramo derivato  $R_o-X_o$  lato primario e ramo serie ( $R_{cc}-X_{cc}$ ) lato secondario. Si procede con l'identificazione dei parametri del circuito equivalente a partire dai dati delle prove.

$$I_{2n} = A_n / \sqrt{V_{2n}} = 789.4737 \text{ A}$$

$$I_{1n} = A_n / \sqrt{V_{1n}} = 30 \text{ A}$$

$$P_{cc} = p_{cc} \% / 100 * A_n = 9000 \text{ W}$$

$$V_c = v_c \% / 100 * \sqrt{V_{2n}} = 19 \text{ V}$$

$$I_o = i_o \% / 100 * I_{1n} = 0.3 \text{ A}$$

$$P_o = p_o \% / 100 * A_n = 1200 \text{ W}$$

$$R_c = P_{cc} / I_{2n}^2 = 0.0144 \ \Omega$$

$$\cos(\phi_c) = P_{cc} / (V_c * I_{2n}) = 0.6$$

$$X_c = P_{cc} * \tan(\phi_c) / I_{2n}^2 = 0,0193 \ \Omega$$

$$R_o = \sqrt{V_{1n}^2 / P_o} = 8.3333e+04 \ \Omega$$

$$\cos(\phi_o) = P_o / (V_{1n} * I_o) = 0.4$$

$$X_o = \sqrt{V_{1n}^2 / (P_o * \tan(\phi_o))} = 3.6370e+04 \ \Omega$$

Si procede utilizzando Boucherot dal carico verso il primario sommando ogni volta i contributi di potenza attiva e reattiva. Si calcolano i dati mancanti di corrente e potenza reattiva del carico

$$I = P / (V * \cos(\phi)) = 564.9718 \text{ A}$$

$$Q = P * \tan(\phi) = 7.2648e+04 \text{ VAR}$$

Sez a

$$P_a = P + R_c * I^2 = 1.5461e+05 \text{ W}$$

$$Q_a = Q + X_c * I^2 = 7.8794e+04 \text{ VAR}$$

$I_a = I$

$$V_a = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2} / I_a = 307.1471 \text{ V}$$

La tensione  $V_a$  lato primario è pari a  $V_{ap} = V_a * k = 8.0828e+03 \text{ V}$  con  $k = \sqrt{V_{1n} / V_{2n}}$ .

Sez B

$$P_b = P_a + V_{ap}^2 / R_o = 1.5539e+05 \text{ W}$$

$$Q_b = Q_a + V_{ap}^2 / X_o = 7.8794e+04 \text{ VAR}$$

$V_b = V_{ap}$

$$I_b = \sqrt{P_b^2 + Q_b^2} / V_b = 21.5554 \text{ A}$$

$$\cos(\phi_b) = P_b / (V_b * I_b) = 0.8919$$

**ESERCIZIO 2**

Si risolve prima il circuito magnetico. Le auto induttanza  $L_1$  e  $L_2$  sono pari a  $L_1 = N_1^2 / \mu_{eq1} = 0.0058 \text{ H}$  e  $L_2 = N_2^2 / \mu_{eq2} = 0.0043 \text{ H}$ , con

$$\mu_{eq1} = (2 * \mu_2 * \mu_1) / (2 * \mu_2 + \mu_1) + \mu_2 + \mu_1 = 1.0686e+07 \text{ H}^{-1}, \text{ e } \mu_{eq2} =$$

$$((\mu_1 + \mu_2) * \mu_1) / (2 * \mu_1 + \mu_2) + 2 * \mu_2 = 9.3504e+06 \text{ H}^{-1}.$$

Per il calcolo della mutua induttanza si procede dalla definizione e si ottiene

$$L_m = (N_1 * N_2 / (\mu_{eq1})) * \mu_1 / (\mu_1 + 2 * \mu_2) = 0.0020 \text{ H}.$$

Si risolve la parte elettrica per trovare le correnti  $I_a$  e  $I_b$  che interessano le  $N_1$  e  $N_2$  spire entranti

entrambe nel morsetto superiore (morsetti corrispondenti).  $I_b = E_2 / (R_4 + R_5) = 0.5556 \text{ A}$ , per il

calcolo di  $I_a$  si utilizza Millmann e si trova la tensione ai capi del generatore di corrente  $A$   $V_{mill} = (A - E_1 / (R_1 + R_2)) / (1 / (R_1 + R_2) + 1 / R_3) = 4.4 \text{ V}$ , quindi  $I_a = V_{mill} / R_3 = 2.2000 \text{ A}$ , l'energia è pari a

$$W = 1/2 * L_1 * I_a^2 + 1/2 * L_2 * I_b^2 + L_m * I_a * I_b = 0.0173 \text{ J}.$$

**ESERCIZIO 3**

Si trasformano in fasori le grandezze nel dominio del tempo:

$$V1 = 100 \cdot \exp(j \cdot (\pi/3 - \pi/2)) = 86.6025 - 50.0000i \text{ V}$$

$$V3 = 120 \cdot \exp(j \cdot (-\pi/4 - \pi/2)) = -84.8528 - 84.8528i \text{ V}$$

$$I = 10 \cdot \exp(j \cdot \pi/6) = 8.6603 + 5.0000i \text{ A}$$

Si calcola la tensione sul ramo  $V3 - R3 + j \cdot Xl$  utilizzando Millman:

$$V_{\text{millman}} = (I - V3 / (R3 + j \cdot Xl) + V2 / (2 \cdot R2 - j \cdot Xc)) / (1 / (R3 + j \cdot Xl) + 1 / (2 \cdot R2 - j \cdot Xc)) = 1.6173e+02 + 1.0849e+02i \text{ V}$$

Utilizzando il partitore di tensione si calcola la tensione di thevenin

$$V_v = (V_{\text{millman}} - v_2) \cdot (R2 - j \cdot Xc) / (2 \cdot R2 - j \cdot Xc) = 9.6614e+01 + 1.3623e+02i \text{ V}$$

L'impedenza equivalente è pari a

$$Z_{\text{eq}} = ((R2 + R3 + j \cdot Xl) \cdot (R2 - j \cdot Xc)) / (2 \cdot R2 + R3 + j \cdot (Xl - Xc)) + j \cdot Xl = 9.8232 - 0.8537i \ \Omega$$