

ESERCIZIO 1 (tratto dal tema d'esame del 9/9/05)

Ad un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 70 \text{ kVA}$ e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 500 \text{ V} / 10000 \text{ V}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$ a è connesso un carico che assorbe a $V_2 = 8000 \text{ V}$, $I_2 = 5 \text{ A}$ a $\cos \varphi_2 = 0,8$. La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $P_{cc\%} = 5\%$, $\cos \varphi_{cc} = 0,5$

Prova a vuoto: $P_{o\%} = 0,4\%$, $\cos \varphi_o = 0,2$

Si determinino:

- 1) Tensione di alimentazione V_1 e la corrente I_1 del trasformatore e il $\cos \phi_1$

[Si procede utilizzando il metodo di Boucherot partendo dal carico e risalendo fino lato primario. La potenza attiva e reattiva assorbite dal carico sono pari a $P_2 = V_2 * I_2 * \cos \phi_2 = 32 \text{ kW}$ e $Q_2 = P_2 * \tan \phi_2 = 24 \text{ kVar}$. I parametri serie si calcolano a partire dai risultati della prova in corto circuito: $P_{cc} = (p_{cc\%}/100) * A_n = 3.5 \text{ kW}$, da cui si ricava $R_c = P_{cc} / I_2^2 = 71.429 \ \Omega$, dove $I_2 = A_n / V_{20} = 7 \text{ A}$, $X_c = R_c * \tan \phi_c = 123.72 \ \Omega$. Chiamando sezione B la sezione che comprende l'impedenza serie $R_c - X_c$, si ottiene $P_b = P_2 + R_c * I_2^2 = 33.79 \text{ kW}$ e $Q_b = Q_2 + X_c I_2^2 = 27.09 \text{ kVar}$. La tensione V_b è pari a $V_b = (\sqrt{P_b^2 + Q_b^2}) / I_2 = 8.66 \text{ kV}$. Chiamando k il rapporto di trasformazione $(V_{1n} / V_{20}) = 0.05$, si ha che la tensione V_b riportata al primario del trasformatore è pari a $V_b' = V_b * k = 433.07 \text{ V}$. E' ora necessario ricavare i parametri derivati: $P_o = (P_{o\%}/100) * A_n = 280 \text{ W}$, $Q_o = P_o * \tan \phi_o = 1.372 \text{ kVar}$, da cui si ricava $X_o = V_{1n}^2 / Q_o = 182.254 \ \Omega$ e $R_o = V_{1n}^2 / P_o = 892.85 \ \Omega$. Chiamando A la sezione primaria del trasformatore si ottiene $P_a = P_b + V_b'^2 / R_o = 34 \text{ kW}$ e $Q_a = Q_b + V_b'^2 / X_o = 28.12 \text{ kVar}$ $V_a = V_b'$, $I_a = (\sqrt{P_a^2 + Q_a^2}) / V_b' = 101.87 \text{ A}$ e $\cos \phi_a = P_a / (V_b' * I_a) = 0.771$]

ESERCIZIO 2 (tratto dal tema d'esame del 8/2/05)

Un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 240 \text{ kVA}$ e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 2000 \text{ V} / 5000 \text{ V}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$ è connesso un carico sul secondario che assorbe una corrente pari alla nominale e ha una tensione $V_2 = 3000 \text{ V}$ a $\cos \varphi_2 = 0,8$ in ritardo (carico ohmico-induttivo). La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $v_{cc\%} = 3 \%$, $p_{cc\%} = 1,8 \%$

Prova a vuoto: $I_{o\%} = 1\%$, $\cos \varphi_o = 0,2$

Si determinino la tensione primaria V_1 , la corrente I_1 assorbita e il $\cos \varphi_1$.

[Si procede utilizzando il metodo di Boucherot partendo dal carico e risalendo fino lato primario. La potenza attiva e reattiva assorbite dal carico sono pari a $P_2 = V_2 * I_2 * \cos \phi_2 = 11.52 \text{ kW}$ e $Q_2 = P_2 * \tan \phi_2 = 86.4 \text{ kVar}$, dove $I_2 = A_n / V_{20} = 48 \text{ A}$. Poiche' il trasformatore lavora a corrente nominale non è necessario calcolare i parametri serie ma è sufficiente calcolare la potenza attiva e reattiva di corto circuito. Dai risultati della prova in corto circuito: $P_{cc} = (p_{cc\%}/100) * A_n = 4.32 \text{ kW}$, $Q_{cc} = P_{cc} * \tan \phi_c = 5.76 \text{ kVar}$, dove per calcolare $\tan \phi_c$ si procede nel seguente modo: si calcola $V_{c2} = (v_{c\%}/100) * V_{20} = 150 \text{ V}$ e $\cos \phi_c = P_{cc} / (V_{c2} * I_2) = 0.6$. Chiamando sezione B la sezione che comprende l'impedenza serie $R_c - X_c$, si ottiene $P_b = P_2 + P_c = 119.5 \text{ kW}$ e $Q_b = Q_2 + Q_c = 92.16 \text{ kVar}$. La tensione V_b è pari a $V_b = (\sqrt{P_b^2 + Q_b^2}) / I_2$ e la tensione V_b riportata al primario è pari a $V_b' = V_b * k = 1.258 \text{ kV}$. E' ora necessario ricavare i parametri derivati: $I_o = (I_{o\%}/100) * I_{1n} = 1.2 \text{ A}$ dove $I_{1n} = A_n / V_{1n} = 120 \text{ A}$, $P_o = V_{1n} * I_o * \cos \phi_o = 480 \text{ W}$ e $Q_o = P_o * \tan \phi_o = 2.352 \text{ kVar}$, da cui si ricava $X_o = V_{1n}^2 / Q_o = 1.701 \text{ k}\Omega$ e $R_o = V_{1n}^2 / P_o = 8.33 \text{ k}\Omega$. Chiamando A la sezione primaria del

trasformatore si ottiene $P_a = P_b + V_b'^2/R_o = 119.7 \text{ kW}$ e $Q_a = Q_b + V_b'^2/X_o = 93.09 \text{ kVar}$ $V_a = V_b'$,
 $I_a = (\sqrt{P_a^2 + Q_a^2})/V_b' = 120.572 \text{ A}$ e $\cos \phi_a = P_a/(V_b' * I_a) = 0.789$

ESERCIZIO 3

Un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 80 \text{ kVA}$ e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 2000 \text{ V} / 500 \text{ V}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$ alimentato a tensione e a frequenza nominali assorbe $I_1 = 10 \text{ A}$ a $\cos \phi_1 = 0,5$ in ritardo. La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $v_{cc\%} = 10 \%$, $\cos \phi_{cc} = 0,6$

Prova a vuoto: $I_{o\%} = 10\%$, $\cos \phi_o = 0,2$

Si determinino la tensione V_2 , la corrente I_2 e il $\cos \phi_2$ del carico.

[La potenza assorbita $A_1 = V_1 * I_1 = 20 \text{ kVA}$, $P_1 = A_1 * \cos(\phi_1) = 10 \text{ kW}$, $Q_1 = A_1 * \sin(\phi_1) = 17.32 \text{ kVAR}$. Dalla prova a vuoto si ricava $I_o = (I_{o\%}/100) * I_{1n} = 4 \text{ A}$, dove $I_{1n} = A_n / V_{1n} = 40 \text{ A}$, da cui si ricava $P_o = V_{1n} * I_o * \cos(\phi_1) = 1.6 \text{ kW}$ e $Q_o = V_{1n} * I_o * \sin(\phi_1) = 8 \text{ kVAR}$. La potenza attiva e reattiva a valle del ramo derivato ($R_o - X_o$) è pari a $P_A = P_1 - P_o = 8.4 \text{ kW}$, $Q_A = Q_1 - Q_o = 9.48 \text{ kVAR}$, $A_A = 12.67 \text{ kVA}$. Al secondario si avra una tensione pari a V_2 (visto che il primario e' alimentato a tensione nominale), di conseguenza $I_2 = A_A / V_2 = 25.34 \text{ A}$. Dalla prova in cto cto si ricava: $V_c = (v_{c\%}/100) * V_2 = 2050 \text{ V}$, $P_c = V_c * I_{2n} * \cos(\phi_{cc})$ e $Q_c = V_c * I_{2n} * \sin(\phi_{cc})$, dove $I_{2n} = A_n / V_2 = 160 \text{ A}$. Si ricava $R_c = P_c / (I_{2n}^2) = 0.1875 \Omega$. $X_c = Q_c / (I_{2n}^2) = 0.25 \Omega$. Lato carico si trova $P_{carico} = P_A - (R_c * I_2^2) = 8279.6 \text{ W}$, $Q_{carico} = Q_A - (X_c * I_2^2) = 9319.5 \text{ VAR}$. Si ricava quindi $\cos \phi_{carico} = \cos(\text{atan}(Q_{carico}/P_{carico})) = 0.66$, $V_{carico} = \sqrt{P_{carico}^2 + Q_{carico}^2} / I_2 = 491.9 \text{ V}$ e $I_{carico} = I_2$.]

ESERCIZIO 4

Un trasformatore monofase di potenza nominale $A_n = 240 \text{ kVA}$ e rapporto di trasformazione $K = V_{1n} / V_{20} = 2000 \text{ V} / 5000 \text{ V}$, $f_n = 50 \text{ Hz}$ è connesso un carico sul secondario che assorbe una corrente pari alla nominale e ha una tensione $V_2 = 3000 \text{ V}$ a $\cos \phi_2 = 0,5$ in ritardo (carico ohmico-induttivo). La prova di corto circuito e la prova a vuoto hanno fornito i seguenti risultati:

Prova di corto circuito: $v_{cc\%} = 3 \%$, $p_{cc\%} = 1,8$

Prova a vuoto: $I_{o\%} = 1\%$, $\cos \phi_o = 0,2$

Si determinino la tensione primaria V_1 , la corrente I_1 assorbita e il $\cos \phi_1$.

La potenza assorbita dal carico e' pari a $P_1 = V_2 * I_{2n} * \cos(\phi_2) = 72 \text{ kW}$, $Q_1 = P_1 * \tan(\phi_2) = 124.7 \text{ kVAR}$, dove $I_{2n} = A_n / V_{2n} = 48 \text{ A}$. Dalla prova a vuoto si ricava $I_o = (I_{o\%}/100) * I_{1n} = 1.2 \text{ A}$, dove $I_{1n} = A_n / V_{1n} = 120 \text{ A}$, da cui si ricava $P_o = V_{1n} * I_o * \cos(\phi_o) = 480 \text{ W}$ e $Q_o = V_{1n} * I_o * \sin(\phi_o) = 2.352 \text{ kVAR}$. La resistenza R_o è quindi pari a $R_o = V_{1n}^2 / P_o = 8.33 \text{ k}\Omega$ e la reattanza X_o è data da $X_o = V_{1n}^2 / Q_o = 1.7 \text{ k}\Omega$. La potenza assorbita dall'impedenza serie è pari a $P_c = (p_{c\%}/100) * A_n = 4.32 \text{ kW}$ e $Q_c = P_c * \tan(\phi_c) = 5.76 \text{ kVAR}$, dove $V_{c1} = (v_{c\%}/100) * V_{1n} = 60 \text{ V}$ e $\cos(\phi_c) = P_c / (V_{c1} * I_{1n}) = 0.6$. LA potenza attiva e reattiva a valle del ramo derivato sono pari a $P_{AA} = P_1 + P_c = 76.32 \text{ kW}$ e $Q_{AA} = Q_1 + Q_c = 130.5 \text{ kVAR}$. La tensione V_{AA} e' pari a $V_{AA} = \sqrt{P_{AA}^2 + Q_{AA}^2} / I_{1n} = 1.26 \text{ kV}$. Lato rete si trova $P_{rete} = P_{AA} + (V_{AA}^2 / R_o) = 76.51 \text{ kW}$, $Q_{carico} = Q_{AA} + (V_{AA}^2 / X_o) = 131.4 \text{ kVAR}$. Si ricava quindi $\cos \phi_{rete} = \text{atan}(Q_{rete}/P_{rete}) = 0.503$, $I_{rete} = 120.72 \text{ A}$ e $V_{rete} = V_{AA}$.]