

ESERCIZIO SUL TRASFORMATORE MONOFASE

Dato il trasformatore monofase avente i seguenti dati:

$$S_n = 25 \text{ kVA}$$

$$V_{1n} = 10 \text{ kV}$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

$$I_0 = 0,083 \text{ A}$$

$$r_1 = 30,73 \Omega$$

$$r_2 = 0,016 \Omega$$

$$X_1 = 73,86 \Omega$$

$$X_2 = 0,040 \Omega$$

$$N_1/N_2 = 45$$

Calcolare la tensione secondaria a vuoto e in funzionamento sotto carico nominale con fattore di potenza primario di 0,8. Si calcoli inoltre la caduta di tensione percentuale.

SVOLGIMENTO

In condizioni di funzionamento a vuoto la tensione secondaria è uguale alla tensione indotta secondaria, che a sua volta è legata alla tensione indotta primaria attraverso il rapporto spire:

$$V_{20} = E_{20} = \frac{N_2}{N_1} E_{10}.$$

La tensione indotta primaria può essere ricavata dal circuito equivalente del trasformatore in condizioni di funzionamento a vuoto:

$$E_{10} = jX_m I_{10} = \frac{jX_m}{r_1 + jX_m} V_{1n}.$$

Il valore della reattanza di magnetizzazione può essere ricavato dalla prova a vuoto. In tali condizioni il II principio di Kirchhoff alla maglia del primario fornisce:

$$V_{1n} = (r_1 + jX_1) I_{10} + jX_m I_{10},$$

da cui passando ai moduli:

$$V_{1n} = \sqrt{r_1^2 + (X_1 + X_m)^2} I_{10}.$$

Dall'eq. precedente si ricava infine X_m :

$$X_m = -X_1 + \sqrt{\left(\frac{V_{1n}}{I_{10}}\right)^2 - r_1^2} \cong \frac{V_{1n}}{I_{10}} = 120 \text{ k}\Omega.$$

Combinando le equazioni precedenti si ottiene infine:

$$V_{20} = \left| \frac{N_2}{N_1} \frac{jX_m}{r_1 + jX_m} V_{1n} \right| = 222,2 \text{ V}$$

Si calcoli ora la corrente nominale del trasformatore:

$$I_{1n} = \frac{S_n}{V_{1n}} = 2,5 \text{ A}.$$

Siccome il fattore di potenza in condizioni nominali è 0,8 e considerando come riferimento per i fasori la tensione primaria, il fasore della corrente primaria vale:

$$I_1 = I_{1n} e^{-j\varphi_n} = 2,5(0,8 - j0,6) = 2 - j1,5.$$

La tensione indotta sotto carico vale allora:

$$E_1 = V_1 - (r_1 + jX_1) I_1 = 9828 - j101,6 = 9828 e^{-j0,0103}.$$

Dal circuito equivalente è possibile poi ricavare la corrente secondaria riportata al primario applicando il I principio di Kirchhoff:

$$I'_2 = I_m - I_1 = \frac{E_1}{jX_m} - I_1 = -2 + j1,42.$$

Si può quindi ricavare la tensione secondaria sotto carico applicando il II principio di Kirchhoff alla maglia del secondario:

$$\mathbf{V}'_2 = \mathbf{E}_1 + (r'_2 + jX'_2)\mathbf{I}'_2,$$

dove:

$$r'_2 = r_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = 32.4 \, \Omega;$$

$$X'_2 = X_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = 81 \, \Omega.$$

Sostituendo i valori numerici, si ha:

$$\mathbf{V}'_2 = 9648 - j218 = 9650 e^{-j0.023}$$

da cui infine:

$$V_{2n} = \left| \frac{N_2}{N_1} \mathbf{V}'_2 \right| = 214,4 \, \text{V}.$$

È quindi possibile calcolare la caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V_{\%} = \frac{V_{20} - V_{2n}}{V_{20}} 100 = 3,6\%.$$