

102 學年度第一學期 電機機械 Homework #3 (參考答案)

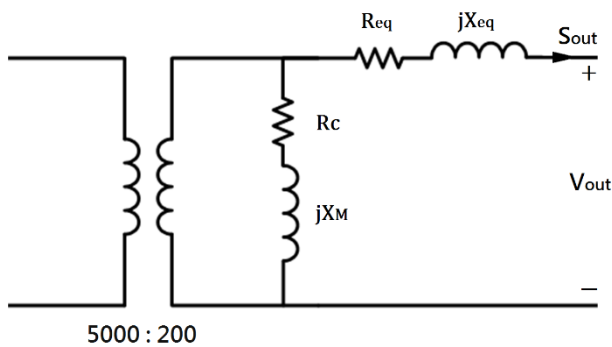
P1. 已知一 10 kVA, 5000 V : 200 V 變壓器開路、短路測試求得之參數如下表：

	開路測試	短路測試
P	0.02 pu	0.012 pu
V	1.0 pu	0.06115 pu
I	0.0856 pu	1.0 pu

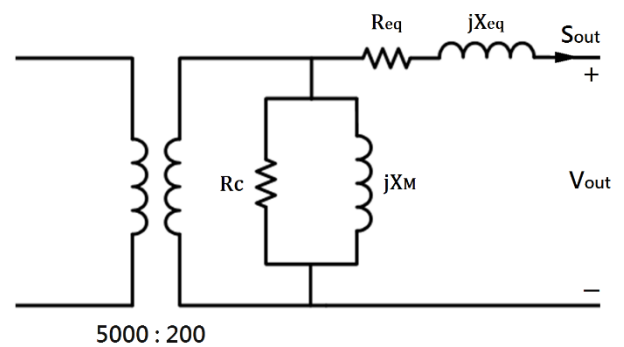
a. 請依分配到的電路模型，根據以上資料求出變壓器等效電路中各元件的參數。

※ 由於題目中未給頻率，故只需求出元件阻抗即可，其中包括：(i) R_{eq} (ii) jX_{eq} (iii) R_c (iv) jX_m

Group A



Group B



b. 請依分配到的負載，根據 a 小題求出的參數求出此變壓器的 (1)效率 η (2)電壓調整率 VR。

Group A : S_{out1} : rated, $pf_1 = 0.8$ lagging ; S_{out2} : rated, $pf_2 = 0.8$ leading

Group B : S_{out1} : rated, $pf_1 = 0.7$ lagging ; S_{out2} : rated, $pf_2 = 0.7$ leading

• 由於題目給定的是標么值，故本題以標么法進行運算，其中 Base 值依額定操作條件設定如下：

	高壓側 (1 st)	低壓側 (2 nd)
S	10 KVA	10 KVA
V	5000 V	200 V
I	2 A	50 A
Z	2500 Ω	4 Ω

■ Part a.

Group A

$$P_{oc,pu} = 0.02 \cong I_{oc,pu}^2 R_{c,pu} = 0.0856^2 R_{c,pu}$$

$$R_c = R_{c,pu} \times Z_{base_2} = 2.7295 \times 4 = 10.9180 \Omega$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_c^2} \cong \sqrt{\left(\frac{V_{oc,pu}}{I_{oc,pu}}\right)^2 - R_{c,pu}^2} \times Z_{base_2} = 11.3589 \times 4 = 45.4356 \Omega$$

$$P_{sc,pu} = 0.012 \cong I_{sc,pu}^2 R_{eq,pu} = 1.0^2 R_{eq,pu}$$

$$R_{eq} = R_{eq,pu} \times Z_{base_2} = 0.012 \times 4 = 0.048 \Omega$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} \cong \sqrt{\left(\frac{V_{sc,pu}}{I_{sc,pu}}\right)^2 - R_{eq,pu}^2} \times Z_{base_2} = 0.05996 \times 4 = 0.2398 \Omega$$

Group B

$$P_{oc,pu} = 0.02 \cong \frac{V_{oc,pu}^2}{R_{c,pu}} = \frac{1.0^2}{R_{c,pu}}$$

$$R_c = R_{c,pu} \times Z_{base_2} = 50 \times 4 = 200 \Omega$$

$$X_m = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_{m,pu}^2} - \frac{1}{R_{c,pu}^2}}} \cong \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{I_{oc,pu}}{V_{oc,pu}}\right)^2 - \frac{1}{R_{c,pu}^2}}} \times Z_{base_2} = 12.0148 \times 4 = 48.0592 \Omega$$

$$P_{sc,pu} = 0.012 \cong I_{sc,pu}^2 R_{eq,pu} = 1.0^2 R_{eq,pu}$$

$$R_{eq} = R_{eq,pu} \times Z_{base_2} = 0.012 \times 4 = 0.048 \Omega$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} \cong \sqrt{\left(\frac{V_{sc,pu}}{I_{sc,pu}}\right)^2 - R_{eq,pu}^2} \times Z_{base_2} = 0.05996 \times 4 = 0.2398 \Omega$$

※ 其中 B 組的同學可以嘗試將 R_c 和 X_m 並聯，如此將會發現並聯後等效阻抗 Z 將會和 A 組同學求出來的數值幾乎相同。

■ Part b.

- 首先，由於題目告知變壓器操作在額定負載條件，故此時輸出電壓應為額定輸出電壓 200 V。
- 由於相位差是電壓、電流之間的相對關係，在此令輸出電壓相位為 0°

Group A

Case1 : $S_{out1} = 10\text{kVA}$, $\text{pf} = 0.8$ lagging

$$S_{out1} = 8000 + j6000 = V_{rated} I_{out1}^* = 200\angle 0^\circ \times I_{out1}^* \quad , \quad I_{out1} = 40 - j30 \text{ A}$$

則開路電壓 $V_{out1,nl}$ 等於額定輸出電壓加上線路壓降，即是跨在 Z_m 上的電壓：

$$V_{out1,nl} = V_{rated} + I_{out1} Z_{eq} = 200\angle 0^\circ + (40 - j30)(0.048 + j0.2398) = 209.2742\angle 2.2329^\circ \text{ V}$$

此外， P_{out} 根據題目已知為 8000 W，而 P_{in} 為 P_{out} 加上線路損耗：

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss} = P_{out} + I_{out}^2 R_{eq} + \text{Re} \left\{ \frac{V_{out1,nl}^2}{Z_m^*} \right\} = 8000 + 120 + 218.9788 = 8338.9788 \text{ W}$$

$$\cdot \text{電壓調整率 } VR = \frac{209.2742 - 200}{200} \times 100\% = 4.6371\%$$

$$\cdot \text{效率 } \eta = \frac{8000}{8338.9788} \times 100\% = 95.9350\%$$

Case2 : $S_{out2} = 10\text{kVA}$, $\text{pf} = 0.8$ leading

$$S_{out2} = 8000 - j6000 = V_{rated} I_{out2}^* = 200\angle 0^\circ \times I_{out2}^* \quad , \quad I_{out2} = 40 + j30 \text{ A}$$

則開路電壓 $V_{out2,nl}$ 等於額定輸出電壓加上線路壓降，即是跨在 Z_m 上的電壓：

$$V_{out2,nl} = V_{rated} + I_{out2} Z_{eq} = 200\angle 0^\circ + (40 + j30)(0.048 + j0.2398) = 195.0383\angle 3.2426^\circ \text{ V}$$

此外， P_{out} 根據題目已知為 8000 W，而 P_{in} 為 P_{out} 加上線路損耗：

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss} = P_{out} + I_{out}^2 R_{eq} + \text{Re} \left\{ \frac{V_{out2,nl}^2}{Z_m^*} \right\} = 8000 + 120 + 190.2000 = 8310.2000 \text{ W}$$

$$\cdot \text{電壓調整率 } VR = \frac{195.0383 - 200}{200} \times 100\% = -2.4809\%$$

$$\cdot \text{效率 } \eta = \frac{8000}{8310.2000} \times 100\% = 96.2672\%$$

Group B

Case1 : $S_{out1} = 10\text{kVA}$, $\text{pf} = 0.7$ lagging

$$S_{out1} = 7000 + j7141.4284 = V_{rated} I_{out1}^* = 200\angle 0^\circ \times I_{out1}^* \quad , \quad I_{out1} = 50\angle -45.5730^\circ \text{ A}$$

則開路電壓 $V_{out1,nl}$ 等於額定輸出電壓加上線路壓降，即是跨在 Z_m 上的電壓：

$$V_{out1,nl} = V_{rated} + I_{out1} Z_{eq} = 200\angle 0^\circ + (50\angle -45.5730^\circ)(0.048 + j0.2398) = 210.3486\angle 1.8196^\circ \text{ V}$$

此外， P_{out} 根據題目已知為 7000 W ，而 P_{in} 為 P_{out} 加上線路損耗：

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss} = P_{out} + I_{out}^2 R_{eq} + \frac{V_{out1,nl}^2}{R_c} = 7000 + 120 + 221.5327 = 7341.2327 \text{ W}$$

$$\cdot \text{電壓調整率 } VR = \frac{210.3486 - 200}{200} \times 100\% = 5.1743\%$$

$$\cdot \text{效率 } \eta = \frac{8000}{7306.9824} \times 100\% = 95.3518\%$$

Case2 : $S_{out1} = 10\text{kVA}$, $\text{pf} = 0.8$ leading

$$S_{out2} = 7000 - j7141.4284 = V_{rated} I_{out2}^* = 200\angle 0^\circ \times I_{out2}^* \quad , \quad I_{out2} = 50\angle 45.5730^\circ \text{ A}$$

則開路電壓 $V_{out2,nl}$ 等於額定輸出電壓加上線路壓降，即是跨在 Z_m 上的電壓：

$$V_{out2,nl} = V_{rated} + I_{out2} Z_{eq} = 200\angle 0^\circ + (50\angle 45.5730^\circ)(0.048 + j0.2398) = 193.3817\angle 2.9959^\circ \text{ V}$$

此外， P_{out} 根據題目已知為 7000 W ，而 P_{in} 為 P_{out} 加上線路損耗：

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss} = P_{out} + I_{out}^2 R_{eq} + \frac{V_{out2,nl}^2}{R_c} = 7000 + 120 + 186.9824 = 7306.9824 \text{ W}$$

$$\cdot \text{電壓調整率 } VR = \frac{193.3817 - 200}{200} \times 100\% = -3.3091\%$$

$$\cdot \text{效率 } \eta = \frac{8000}{7306.9824} \times 100\% = 95.7988\%$$

※ 若對解答有任何疑問，請告知及詢問助教，謝謝。