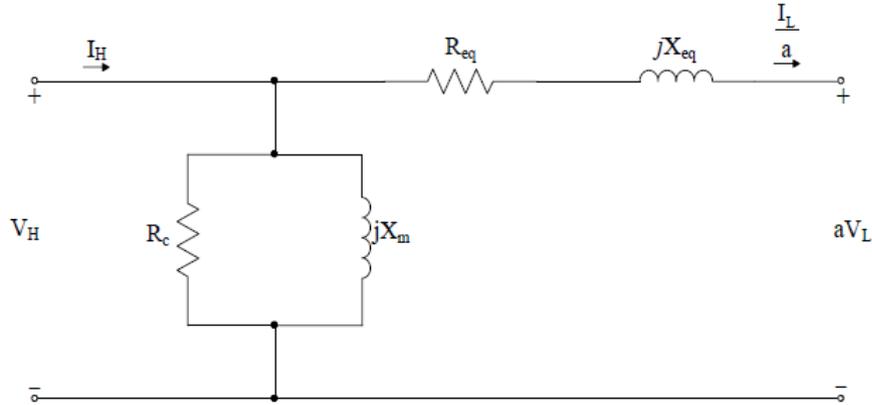


111 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電力工程
科 目：電機機械

古正信老師解題

一、圖一為變壓器於二次低壓側進行開路試驗，一次高壓側進行短路試驗，並將試驗量測數據運算得到參考至一次側之近似等效電路圖。若高、低壓側額定電壓比為 $a = \frac{V_L}{V_H}$ ，敘述如何進行開路試驗與短路試驗的程序，以取得那些試驗的數據，直接推算等效電路上 R_c 、 X_m 、 R_{eq} 及 X_{eq} 的參數值，並說明等效電路上每一參數在變壓器運轉時所代表的意義。(25 分)



圖一 變壓器近似等效電路圖

【解題關鍵】

《考題難易》★★

《破題關鍵》變壓器開路試驗、短路試驗

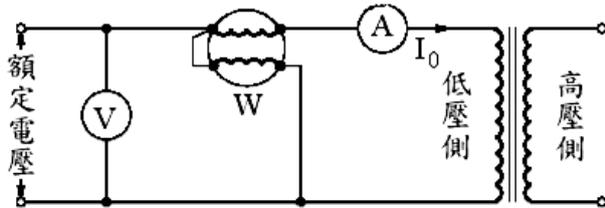
《使用學說》開路試驗、短路試驗與變壓器參數之關係

【擬答】

開路試驗（無載試驗）

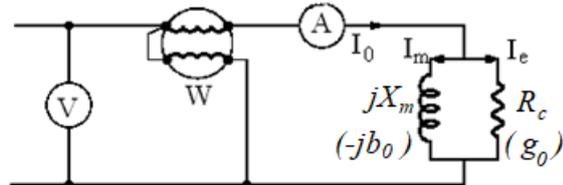
目的：測量鐵損、激磁等效電路、無載功因及無載特性。

接線：高壓側開路，低壓側加入額定電壓，儀表置於低壓側。



額定電壓加於低壓側的理由：

1. 使人體不與高壓線路接近。
2. 適合於儀表之實際絕緣與載量。



若瓦特表指示值為 P_0 、安培表指示值為 I_0 電壓表指示值為 V_0 時：

$$\text{激磁導納 } y_0 = \frac{I_0}{V_0}$$

$$\text{激磁電導 } g_0 = \frac{P_0}{V_0^2}, \text{ 激磁等效電阻 } R_c = \frac{1}{g_0}, \text{ 激磁等效電阻代表鐵損特性}$$

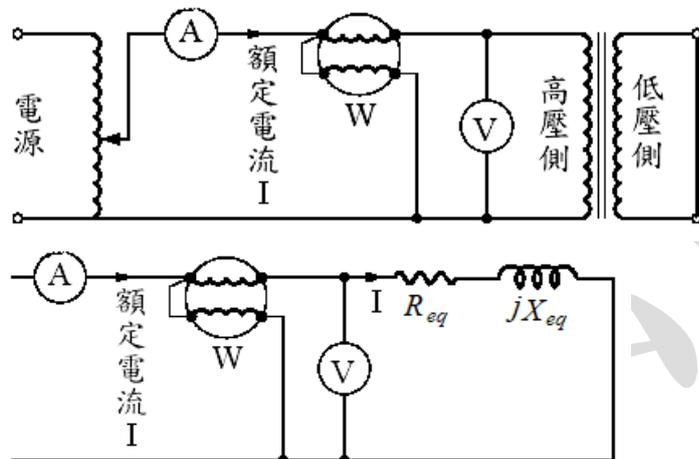
激磁電納 $b_0 = \sqrt{\left(\frac{I_0}{V_0}\right)^2 - \left(\frac{P_0}{V_0^2}\right)^2}$ ，激磁等效電抗 $X_m = \frac{1}{b_0}$ ，激磁等效電抗代表激磁特性

無載功率因數 $\cos \theta_0 = \frac{P_0}{V_0 I_0}$

短路試驗（捷路試驗）

目的：測量銅損及等值阻抗

接線：高壓側加入額定電流，低壓側短路。



若瓦特表指示值為 P_c 、安培表指示值為 I_s 、電壓表指示值為 V_s 時：

阻抗 $Z_{eq} = \frac{V_s}{I_s}$ ，串聯等效電抗代表一、二次繞組之等效漏電抗值

電阻 $R_{eq} = \frac{P_c}{I_s^2}$ ，串聯等效電阻代表一、二次繞組之等效電阻值

電抗 $X_{eq} = \sqrt{\left(\frac{V_s}{I_s}\right)^2 - \left(\frac{P_c}{I_s^2}\right)^2}$

公職王歷屆試題 (111 高等考試)

二、一部感應繞線式轉子運轉電動機在額定電壓與頻率下運轉，滑環短路並且負載是電動機額定值的 100%，如果在轉子電路中插入額外的電阻，使得電動機的轉子電阻可以調變。試由感應繞線式轉子電阻變動之轉矩與速度特性曲線，詳細說明轉子電阻增加時，對以下各項參數的影響：（每小題 5 分，共 25 分）

- (一)轉差率 s
- (二)電動機速度 n_m
- (三)轉子的感應電壓
- (四)電動機啟動轉矩
- (五)電動機最大轉矩（脫出轉矩, Pull-out torque）

【解題關鍵】

《考題難易》★

《破題關鍵》感應繞線式轉子運轉電動機、插入額外的電阻，使得轉子電阻可以調變

《使用學說》轉矩不變下，轉差率與轉子電阻成正比： $\frac{R_2}{s} = \frac{R_2 + r_1}{s_1} = \frac{R_2 + r_2}{s_2} = \dots = \frac{R_2 + r_n}{s_n}$ ，

轉矩不變下，轉子外加電阻可改變轉差率即改變轉速。

【擬答】

- (一) $\frac{R_2}{s} = \frac{R_2 + r_1}{s_1} = \frac{R_2 + r_2}{s_2} = \dots = \frac{R_2 + r_n}{s_n}$ ，設插入之電阻為 r_n ，轉差率與轉子電阻 $(R_2 + r_n)$ 成正比，所以，在可運轉的條件下，當插入電阻值越大，則轉差率將跟著變大。
- (二) 設同步轉速為 n_s 、轉差率為 s ，電動機速度 $n_m = (1-s)n_s$ ，當轉差率愈大時，轉速將會降低。
- (三) 轉子的感應電壓 $E'_2 = sE_2 = s \times 4.44N_2f_1\phi_m$ ，當轉差率愈大時，轉子的感應電壓將會降低。
- (四) 設 $R'_2 = R_2 + r_n$ ，電動機啟動轉矩起動轉矩 $T_{start} = \frac{q}{\omega_s} \cdot \frac{V_1^2}{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2} \cdot R'_2$ ，在可運轉的條件下， T_{start} 分子的增加量大於分母的增量，在正常運轉的條件下，插入轉子電阻會使啟動轉矩升高。
- (五) 電動機最大轉矩 $T_{max} = \frac{1}{\omega_s} \cdot \frac{0.5qV_1^2}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$ 與轉子插入電阻無關。

三、一部三相 Y 連接同步發電機之額定為 60 MVA、13.8 kV、0.8 PF 落後，60 Hz。其每相同步電抗為 1.2 Ω，電樞電阻可忽略。

- (一) 此同步發電機之電壓調整率為何？（10 分）
- (二) 發電機若維持在額定狀況下運轉。但內部生成電壓 E_A 因激磁調整而下降 10%，則激磁調整 10% 後的電樞電流 I_A 將為何？（15 分）

【解題關鍵】

《考題難易》★★

《破題關鍵》同步發電機、電壓調整率、激磁調整

《使用學說》電壓調整率、同步發電機感應電勢與激磁成正比

【擬答】

- (一)
三相 Y 連接，線電流等於相電流，依題意：60 MVA、13.8 kV、0.8 PF 落後
 $60MVA = \sqrt{3} \times 13.8kV \times |\overline{I_p}|$ ， $\overline{I_p} = 2510.2186 \angle -36.87^\circ$
同步發電機內部相感應電勢 $E_p = \frac{13.8kV}{\sqrt{3}} + j1.2 \times 2510.2186 \angle -36.87^\circ \approx 10.0675kV \angle 13.8491^\circ$

$$\text{電壓調整率 } \varepsilon\% = \frac{10.0675kV - \frac{13.8kV}{\sqrt{3}}}{\frac{13.8kV}{\sqrt{3}}} \times 100\% \approx 26.3581\%$$

(二)此題目有瑕疵，依題意，內部生成電壓 E_A 因激磁調整而下降 10%，會下列幾種維持原狀況的情形：

1. 發電機端所接之負載(阻抗)不變。
2. 額定負載容量下運轉，但，輸出端電壓不可能為額定電壓 13.8 kV。
3. 要滿足額定電壓下運轉且內部生成電壓 E_A 因激磁調整而下降 10%，輸出不可能為額定容量 60MVA、0.8PF，且功率角 δ 因負載不確定無法得知。

(1)負載(阻抗)不變：

$$\text{原每相負載阻抗為 } Z_p = \frac{13.8kV}{2510.2186\angle -36.87^\circ} \approx 5.4975\angle 36.87^\circ$$

$$\text{電樞電流 } I_A = \left| \frac{10.0675kV \times 0.9}{j1.2 + 5.4975\angle 36.87^\circ} \right| \approx 1440.2310 \text{ A}$$

(2)額定負載容量下運轉：

設相端電壓為 $V_p\angle 0^\circ$

$$0.9 \times 10.0675kV \angle \delta^\circ - j1.2 \times I_A \angle -36.87^\circ = V_p \angle 0^\circ \Rightarrow 0.9 \times 10.0675kV \angle \delta^\circ - 1.2 \times I_A \angle 53.13^\circ = V_p \angle 0^\circ$$

$$\begin{cases} 0.9 \times 10.0675kV \cos \delta^\circ - 1.2 \times I_A \cos 53.13^\circ = V_p \dots (1) \\ 0.9 \times 10.0675kV \sin \delta^\circ - 1.2 \times I_A \sin 53.13^\circ = 0 \dots (2) \end{cases}$$

$$V_p \times I_A = \frac{60MVA}{3} = 20MVA \dots (3)$$

$$\begin{cases} 9060.75 \times I_A \times \cos \delta^\circ - 0.72 I_A^2 = 20MVA \dots (4) \\ 9060.75 \times \sin \delta^\circ = 0.96 I_A \dots (5) \end{cases}$$

由第(5)式得 $I_A = 9438.28125 \times \sin \delta$ 帶入第(4)式得：

$$42758953.42 \times 2 \times \sin \delta \times \cos \delta - 32069215.06 \times 2 \times (\sin \delta)^2 = 20MVA$$

$$42758953.42 \times \sin 2\delta - 32069215.06 \times (1 - \cos 2\delta) = 20MVA$$

$$42758953.42 \times \sin 2\delta + 32069215.06 \times \cos 2\delta = 52069215.06$$

$$\cos 36.87^\circ \times \sin 2\delta + \sin 36.87^\circ \times \cos 2\delta \approx 0.9742$$

$$\sin(36.87^\circ + 2\delta) \approx \sin 76.9544^\circ, \delta \approx 20.0422^\circ$$

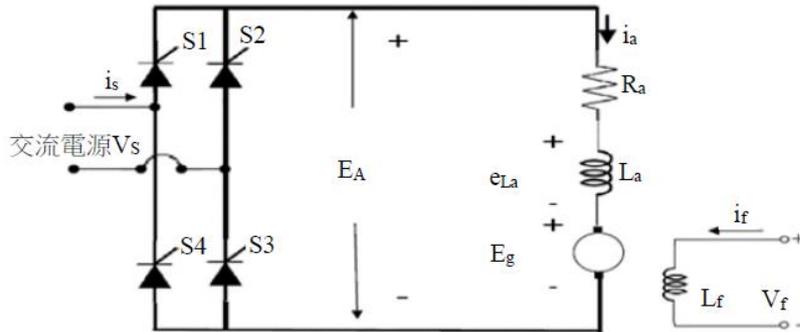
$$I_A = 9438.28125 \times \sin 20.0422^\circ \approx 3234.6120 \text{ A}$$

公職王歷屆試題 (111 高等考試)

四、如圖二所示之單相全控式固態直流機驅動系統，含一部額定輸入電壓 180V、輸出功率 5 馬力的它激式直流馬達，電樞電阻 $R_a=0.25$ 歐姆，電樞電感 L_a ，磁場電流 i_f ，額定滿載電樞電流 20 安培，由一單相全控式相位控制整流器驅動。以交流電源正弦波由負轉正之零交越點為基準的觸發角零度，當開關 S1 與 S3 觸發角為 α 時，則 S2 與 S4 的觸發角為 $\alpha+\pi$ 。若其交流側正弦波電源電壓之均方根值為 $V_s=220V$ ，假定電樞電感 L_a 夠大且足以使電樞電流連續，可忽略漣波，且開關元件壓降亦可忽略。此時整流器的輸出電壓 E_A 與觸發角 α 的關係式如下：

$$E_A = (2\sqrt{2} V_s \cos \alpha) / \pi$$

- (一) 在額定激磁場電流及滿載電樞電流運轉時，觸發角 α 為 45° ，轉速為 800 rpm。此時的平均電樞電壓 E_A 與反電勢電壓 (Back electromotive force) E_g 應是多少？(10 分)
- (二) 若在額定激磁場電流及額定滿載下，欲使馬達轉速控制為 1000 rpm，此時的平均電樞電壓 E_A 、反電勢電壓 E_g 與觸發角 α 應為多少？(15 分)



圖二 單相全控式固態直流機驅動系統圖

【解題關鍵】

《考題難易》★

《破題關鍵》它激式直流馬達、電樞電壓、反電勢電壓

《使用學說》它激式直流馬達等效電路

註：此題忽略漣波，代表為理想直流，電壓由題目給的公式即可求得。

【擬答】

(一)

$$\text{觸發角 } \alpha \text{ 為 } 45^\circ, \text{ 平均電樞電壓 } E_A = (2\sqrt{2} V_s \cos \alpha) / \pi = (2 \times \sqrt{2} \times 220 \times \cos 45^\circ) / \pi = \frac{440}{\pi} \text{ V}$$

$$\text{此時在額定激磁場電流及滿載電樞電流運轉時，反電勢電壓 } E_g = \frac{440}{\pi} - 20 \times 0.25 \approx 135.0563 \text{ V}$$

(二)

$$\text{反電勢電壓 } E_g = k\phi n$$

$$135.0563 = k\phi \times 800, E'_g = k\phi \times 1000, \text{ 得此時反電勢電壓 } E_g = 135.0563 \times \frac{1000}{800} \approx 168.8204 \text{ V}$$

$$\text{此時平均電樞電壓 } E_A = 168.8204 + 20 \times 0.25 = 173.8204 \text{ V}$$

$$E_A = 173.8204 = (2 \times \sqrt{2} \times 220 \times \cos \alpha^\circ) / \pi$$

$$\text{此時觸發角 } \alpha = 28.6491^\circ$$



112年 虛實整合

多元學習新型態



突破傳統上課形式 **5大方式**彈性又便利

| 面授學習 | 直播學習 | 在家學習 | 視訊學習 | Wifi學習 |

◆學習◆
零時差

同類科各班別
皆可同步直播上課

◆服務◆
零死角

服務緊貼需求
隨時掌握學習狀況



線上
課業諮詢



老師
申論批閱



雙師資
雙循環



多元
補課方式



上榜生
經驗親授



時事
專題講座



歷屆試題
練習



班導師
制度

各班服務略有不同，詳情請洽全國志光、保成、學儒門市

志光 學儒 保成

到底怎樣才能 輕鬆考取?



快來掌握 8 大課程密招



法科架構班

結合實務例子
建構法科概念



扎實正規班

完整堂數
循序漸進



工科全科班

公職+國營
一次到位



作文實戰班

強化寫作架構
理清邏輯概念



主題題庫班

主題教學
考點分析



精華總複習

掌握考點
增強實力



全真模擬考

比照真實考試
檢視應考實力



考前關懷講座

名師最終提點
觀念更加清晰

