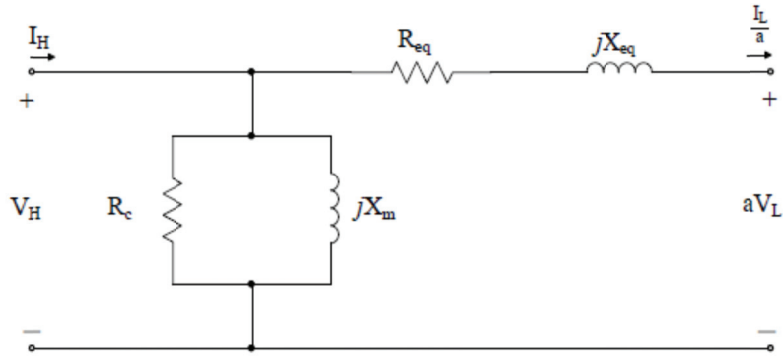


103 年公務人員高等考試一級暨二級考試試題

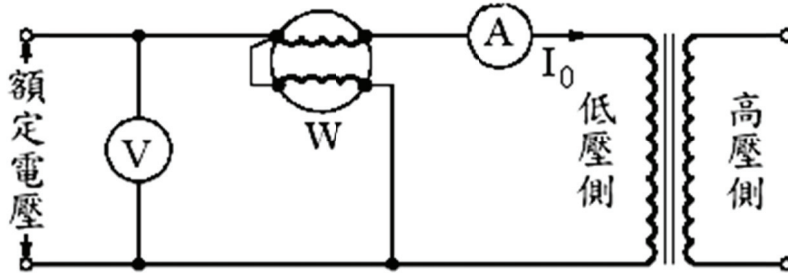
等 別：高考二級
 類 科：電力工程
 科 目：電機機械

一、如何應用伏特計、安培計及瓦特計進行變壓器開路試驗 (open-circuit test) 與短路試驗 (short-circuit test)，求得如下圖之參考至高壓側的等效電路參數？



解：

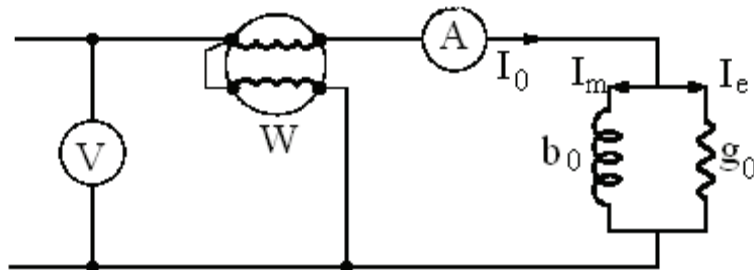
- (一)開路試驗 (無載試驗)
- (二)目的：測量鐵損、激磁等效電路、無載功因及無載特性。
- (三)接線：高壓側開路，低壓側加入額定電壓，儀表置於低壓側。



開路試驗接線圖

(四)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。



開路試驗等效電路圖

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 (額定電壓) 時：

$$\text{激磁導納 } y_0 = \frac{I_0}{V_0}, \text{ 激磁電導 } g_0 = \frac{P_0}{V_0^2}, \text{ 激磁電納 } b_0 = \sqrt{\left(\frac{I_0}{V_0}\right)^2 - \left(\frac{P_0}{V_0^2}\right)^2}$$

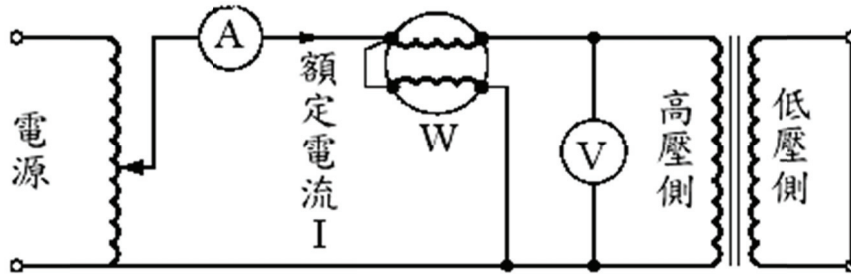
公職王歷屆試題 (103 年高等考試二級)

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

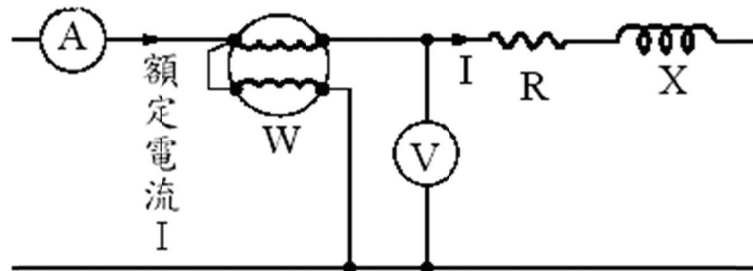
短路試驗 (捷路試驗)

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。



短路試驗接線圖



短路試驗等效電路圖

若瓦特表指示值為 P_c 、安培表指示值為 I_s (額定電流)，電壓表指示值為 V_s 時：

阻抗 $Z = \frac{V_s}{I_s}$ ，電阻 $R = \frac{I_s^2}{P_c}$ ，電抗 $X = \sqrt{\left(\frac{V_s}{I_s}\right)^2 - \left(\frac{I_s^2}{P_c}\right)^2}$

題意中參考至高壓側的等效電路參數：

令 $a = \frac{V_H}{V_L}$

$R_C = \frac{a^2}{g_0} = a^2 \times \frac{V_0^2}{P_0}$ ， $X_M = \frac{a^2}{b_0} = \frac{a^2}{\sqrt{\left(\frac{I_0}{V_0}\right)^2 - \left(\frac{P_0}{V_0^2}\right)^2}}$

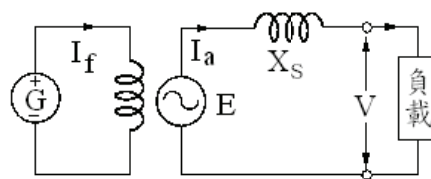
$R_{eq} = R = \frac{I_s^2}{P_c}$ ，電抗 $X_{eq} = X = \sqrt{\left(\frac{V_s}{I_s}\right)^2 - \left(\frac{I_s^2}{P_c}\right)^2}$

二、一部 480 V、60 Hz、Y 連接、六極之同步發電機，每相同步電抗 X_s 為 1.0 Ω ，其中假設電樞電阻 R_a 可忽略，無載時電場電流已調整至使端電壓為 480 V，滿載時電樞電流為 50 A。

(一) 發電機運轉在 0.8 滯後功率因數之滿載時之端電壓為何？(15 分)

(二) 當發電機運轉於 0.8 滯後功率因數時，求其電壓調整率。(10 分)

解：



同步發電機每相等效電路

$V_p = E_p - I_a \times jX_s = \frac{480}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ - 50 \angle -36.87^\circ \times 1 \angle 90^\circ = 247.13 - j40 = 250.34 \angle -9.19^\circ \text{ V}$

(一)端電壓 $V_L = \sqrt{3} \times 250.34 = 433.6 \text{ V}$

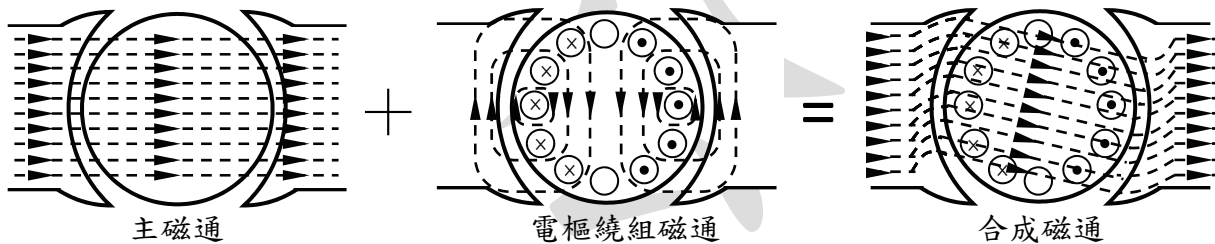
(二) $\varepsilon = \frac{\frac{480}{\sqrt{3}} - 250.34}{250.34} \times 100\% = 10.7\%$

三、如何利用「移動電刷」、「中間極 (interpole)」與「補償繞組 (compensating winding)」的方法，解決直流電機換向的問題？並說明這些方法的優缺點。(25 分)

解：

直流電樞反應(以發電機為例)

直流機加入負載後產生電樞電流 \rightarrow 行成電樞繞組磁通 \rightarrow 主磁場磁力線畸變。主磁場磁力線畸變情形如下圖所示，因其起因於電樞電流，稱之為電樞反應。



(一)影響：磁場歪斜、磁中性面偏移，造成換向困難。

發電機：前極尖磁通減少，後極尖磁通增加，整體磁通減少。

電動機：前極尖磁通增加，後極尖磁通減少，整體磁通減少。

(二)改善方法

處在機械中性面的換向線圈，原本無電樞反應時，線圈亦位在磁中性面上（指線圈在此位置時無感應電式存在），因電樞反應使得磁場歪斜(如上圖和成磁通部分)，機械中性面與磁中性面不在同一位置上，此時線圈機械中性面上，卻非在磁中性面上，線圈會產生感應電勢，電壓不為零，接線圈出線頭的兩個相鄰換向片此時被電刷短路，除了正常的輸出、入電流外，電刷與換向片間有短路環流在流動，換向片易產生火花。

(三)改善換向方法：

裝設補償繞組：抵銷電樞反應。最有效，但相對成本高，一般使用於較大型之直流電機上。

裝設中間極：改善換向（局部消除電樞反應）。只在換向區域將電樞反應抵銷，非換向區域則未能提供消除電樞反應的功用，一般用於中小型直流電機。

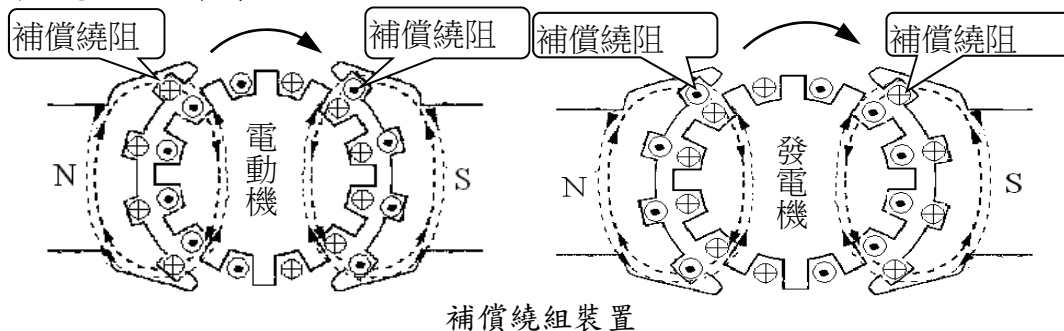
移刷換向法（因實際使用時，無論發電機或電動機之負載隨時在變動，移刷角度需與負載大小之不同而改變，故實際使用上有難度，只限於原理討論）。

(四)說明：

1. 補償繞組

置於主磁極之極面上，如下圖所示，電流方向與對應之電樞繞組電流方向相反，亦即是使補償繞組磁通與電樞繞組磁通相反，消除電樞反應。

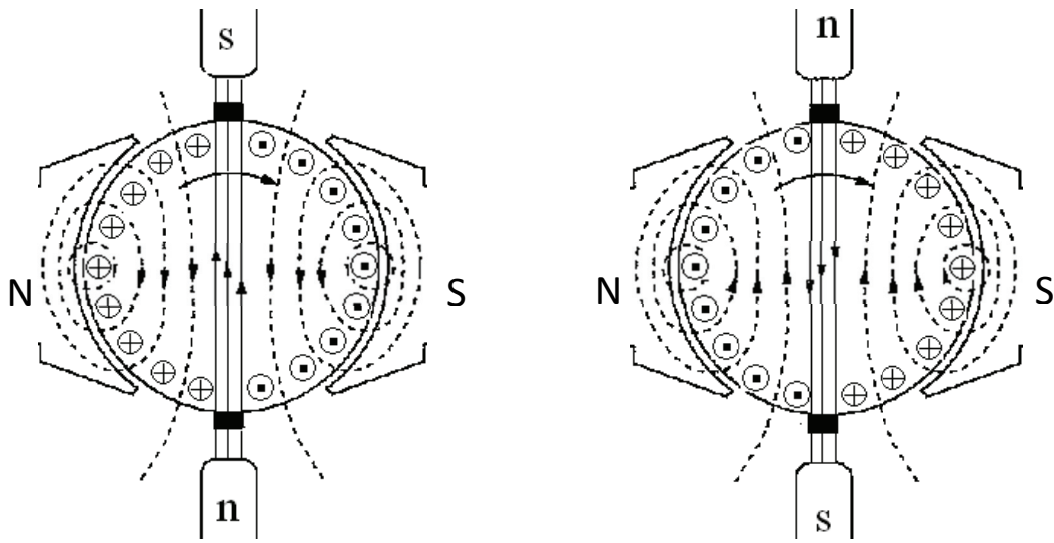
另因電樞反應隨電樞電流大小隨時在變動，補償繞組磁通亦需隨時變動，故需與電樞繞組串聯，流過相同的電樞電流，即可隨電樞電流的增減而增減，隨時抵銷電樞磁通。消除電樞反應最有效的方法。



補償繞組裝置

2. 中間極

將中間極置於兩主磁極間之換向區域，磁通方向與電樞磁通相反，消除換向區域之電樞反應。中間極為一狹長，極無極心極掌之分。與補償繞組觀念相同，因為電樞反應隨電樞電流大小隨時在變動，中間極繞組亦需隨時變動，故需與電樞繞組串聯，流過電樞電流。

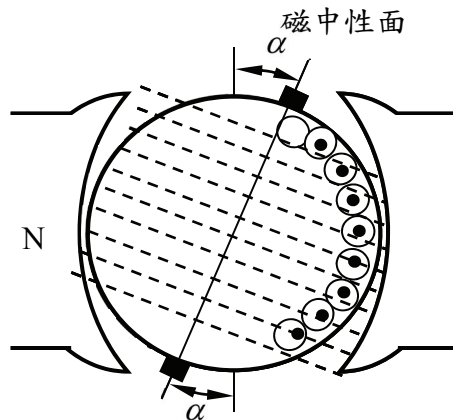


(a) 發電機裝設中間極

(b) 電動機裝設中間極

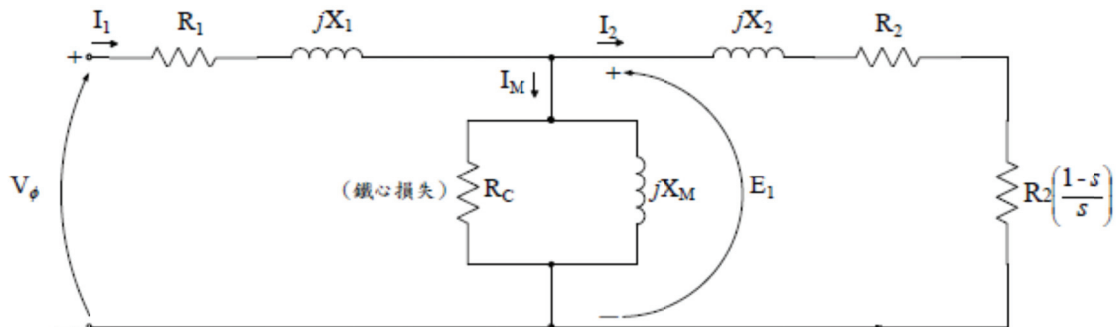
3. 移刷換向法

將電刷移至磁中性面上如下圖所示，使得換向線圈上之導體於換向時運動方向與磁通平行，無感應電勢存在，完成換向。



四、一部 380V、25 馬力、60Hz、四極、Y 接的感應電動機 (induction motor)，其換算到定子側的單相等效電路及參數值如下所列：

$$R_1 = 0.66\Omega, R_2 = 0.33\Omega, X_1 = 1.0\Omega, X_2 = 0.5\Omega, X_M = 0.5\Omega$$



鐵心損失 (core loss) 可忽略不計，三相定子輸入電壓為：

公職王歷屆試題 (103 年高等考試二級)

$$v_{AN} = 220\sqrt{2} \sin(2\pi ft) \text{、} v_{BN} = 220\sqrt{2} \sin(2\pi ft + 120^\circ) \text{、} v_{CN} = 220\sqrt{2} \sin(2\pi ft - 120^\circ)$$

若轉子轉差率 s 在額定電壓與頻率 $f = 60 \text{ Hz}$ 時是 2.2% ，試求出電動機的：

(一)轉速 (10 分)

(二)相定子輸入電流如何表示？ (15 分)

解：

$$(一) \text{轉速} \quad N = \frac{120}{P} \times f \times (1-s) = \frac{120}{4} \times 60 \times (1-2.2\%) = 1760.4 \text{ rpm}$$

$$(二) \text{每向總阻抗為} \quad R_1 + jX_1 + (jX_M) // \left[jX_2 + R_2 + R_2 \left(\frac{1-s}{s} \right) \right]$$

$$= 0.66 + j1.0 + (j25) // \left[j0.5 + 0.33 + 0.33 \left(\frac{1-2.2\%}{2.2\%} \right) \right] = 11.37 + j7.79$$

$$= 13.784 \angle 34.42^\circ \quad \Omega$$

$$\text{三相定子輸入電流} = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{13.784 \angle 34.42^\circ} = 15.92 \angle -34.42^\circ \quad A$$

公
職
王