

第 2 章 三相感應電動機之特性

1. 三相感應電動機之等效電路：

(1) 每相定子之等效電路：外加電壓 $\bar{V}_1 = \bar{E}_1 + I_1 \bar{Z}_1 = \bar{E}_1 + I_1 (R_1 + jX_1)$

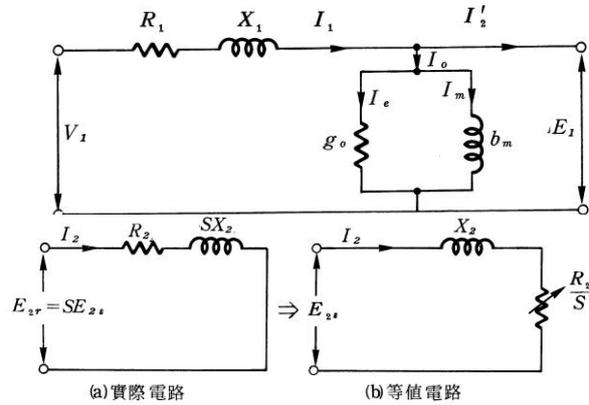
I_o ：激磁電流

I_e ：鐵損電流

I_m ：磁化電流

R_1 ：定子電阻

X_1 ：定子漏電抗



(2) 每相轉子之等效電路：

轉子應電勢：

$$E_{2r} = SE_{2s}$$

轉子漏電抗：

$$X_{2r} = SX_{2s}$$

轉子每相電流：

$$I_2 = \frac{SE_{2s}}{R_2 + jSX_2} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{S}\right)^2 + X_2^2}}$$

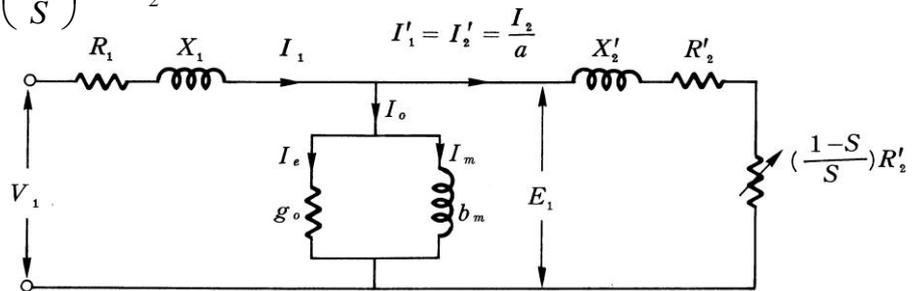
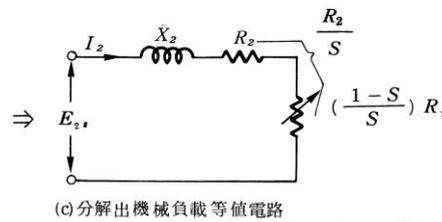


圖 2-3 二次轉換至一次的感應電動機每相等效電路

2. 等效電路之計算：

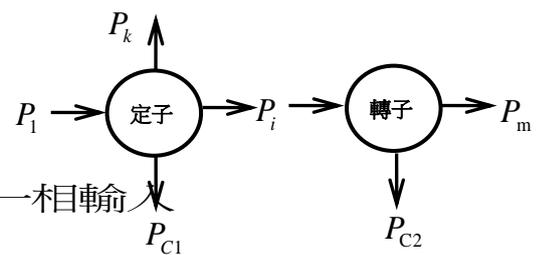
(1) 定子一相輸入功率 P_1 ： $P_1 = V_1 I_1 \cos\theta_1$

(2) 定子一相繞組銅損 P_{C1} ： $P_{C1} = I_2'^2 R_1$

(3) 鐵心一相損失 P_K ： $P_K = V_1^2 G_C = V_1 I_e$

(4) 定子一相輸出 P_i ： $P_i = P_1 - P_K - P_{C1} =$ 轉子一相輸入

(5) 轉子一相輸入 P_i ： $P_i = I_2'^2 \frac{R_2'}{S} =$ 定子一相輸出



轉子電流 $I_2' = I_1' = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \therefore P_i = \frac{V_1^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \times \left(\frac{R_2'}{S}\right)$

(6) 轉子一相銅損 P_{C2} ： $P_{C2} = I_2'^2 R_2' = SP_i$

(7) 轉子一相輸出（內生機械功率） P_M ： $P_M = I_2'^2 \left(\frac{1-S}{S}\right) R_2' = \left(\frac{1-S}{S}\right) P_{C2} = (1-S)P_i$

(8) 轉子一相淨輸出 P_m ： $P_m =$ 內生機械功率 - 摩擦損失 - 風阻損失 - 雜散負載損失

(9) 轉子輸入 P_i ：轉子銅損 P_{C2} ：轉子輸出（內生機械功率） P_M

$$=P_i : SP_i : (1-S) P_i = 1 : S : (1-S)。$$

$$(10) \text{ 電磁轉矩 } T : \quad T = \frac{P_m(\text{內生機械功率})}{\omega r(\text{轉子角速度})} = \frac{(1-S)P_i}{(1-S)\omega s} = \frac{P_i}{\omega s}$$

例 1：某三相感應電動機，當轉差率為 2%，其轉部銅損為 120 瓦，則此電動機之輸出功率為多少瓦特？ (A)5880 (B)5900 (C)5920 (D)5940 (89 四技二專)

例 2：有一台 10 極、60Hz 之三相感應電動機，轉差率為 2% 時，其轉部銅損為 120W，則電動機之電磁轉矩約為若干 N-m？ (A)60 (B)70 (C)80 (D)90。(91 四技二專)

例 3：有一部 220V，60Hz，1HP，4 極之三相感應電動機，轉差率為 4% 時，則電動機之輸出電磁轉矩約為若干 N-m？ (A)1.8 (B)2.1 (C)3.0 (D)4.1。(90 四技二專)

3. 三相感應電動機之轉矩：

(1) 電磁轉矩 T：

$$T = \frac{P_m}{\omega r} = \frac{P_i}{\omega s} = \frac{q}{\omega s} \times I_2'^2 \times \frac{R_2'}{S} = \frac{q}{\omega s} \times \frac{V_1^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \times \left(\frac{R_2'}{S}\right)$$

電磁轉矩與 電源電壓平方 成 正比 與 轉差率 成 正比。

(2) 啟動轉矩 T_s ：

$$T_s = \frac{q}{\omega s} \times \frac{V_1^2}{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2} \times (R_2')$$

啟動轉矩 T_s 與電壓平方成正比與轉子電阻成正比。

(3) 最大轉矩 T_{MAX} 與轉差率 S_{MAX} ：

$$S_{MAX} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}} \cong \frac{R_2'}{X_2'}$$

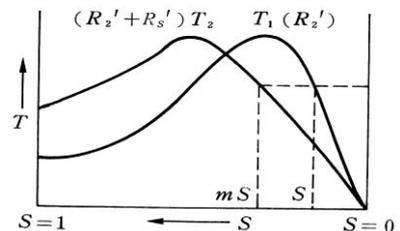
$$T_{MAX} = \frac{P_{i(\max)}}{\omega s} = \frac{q}{\omega s} \cdot \frac{0.5V_1^2}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

最大轉矩 T_{MAX} 與電壓平方成正比與轉子電阻無關。

4. 比例推移：

(1) 轉矩-轉差率，隨二次合成電阻值之變化而移動稱比例

推移，如右圖：
$$\frac{R_2' + R_s'}{S'} = \frac{mR_2'}{mS} = \frac{R_2'}{S}$$



例 1：某三相 220V，50HP 之感應電動機，在額定電壓下的啟動轉矩為 220 牛頓-公尺，若降壓為 110V 啟動

時，其啟動轉矩應為多少牛頓-公尺？ (A)440 (B)330 (C)175 (D)110 (E)55 (89 聯甄)

例 2：某三相四極 220V，60HP 之感應電動機，當靜止時轉子每相電阻為 0.2Ω，電抗為 0.6Ω，則產生最大轉矩時之轉速為多少 rpm？ (A)1400 (B)1200 (C)1000 (D)800 (E)600 (89 聯甄)

例 3：感應電動機最大轉矩與下列何者無關？ (A)定子電阻值 (B)定子電抗值 (C)轉子電阻值 (D)轉子電抗值 (88 保甄)

例 4：某三相感應電動機，轉差率為 3% 時，若將轉部電阻增為兩倍而轉矩保持不變，其轉差率應變為 (A)0.06 (B)0.015 (C)0.045 (D)不變 (86 保甄)

5.三相感應電動機之特性：

(1) 轉子構造可分成：



①普通鼠籠式轉子：

特性：啟動電流最大，啟動轉矩最小，轉差率小，運轉特性佳。

用途：適用小啟動轉矩及恆速場所。

②深槽鼠籠式轉子：

特性：啟動時下層電抗大於上層，故電流走上層高電阻，有良好啟動特性；運轉時電流平均分布，故轉子電阻減少，有良好運轉特性。

用途：適用恆速場所，如吹風機。

③雙鼠籠式轉子：

特性：啟動時下層 B 導體電抗大於上層 A 導體，故電流走 A 導體高電阻，啟動轉矩較高；運轉時下層 B 導體電阻低於上層 A 導體，故電流走 B 導體低電阻，有良好運轉特性。

用途：適用壓縮機、輸送帶之驅動。

④高阻值鼠籠式轉子：

特性：啟動時，轉子電阻大，啟動轉矩是額定的 3 倍；運轉時，S 值較大，運轉特性差，效率低。

用途：適用沖床、剪床等間歇性高衝擊負載。

⑤繞線式轉子：

特性：啟動電流小，啟動轉矩可增加，速率可控制時。

用途：適用高啟動轉矩、啟動時間長及速率可控制之處。

歷屆試題：

102 年：關於三相感應電動機的敘述，下列何者正確？(A)轉速越快，轉子電阻越大 (B)轉速越慢，轉子頻率越小 (C)轉子電抗與轉速無關 (D)電動機的轉矩與轉速有關。

102 年：一部 4P、220V、60Hz 的三相感應電動機，滿載時轉子頻率為 2.4Hz，則氣隙功率與機械功率的比值為何？(A) 0.96 (B) 1.04 (C) 1.12 (D) 1.20。

102 年：一部 6P、200V、50Hz 的三相感應電動機，滿載時轉差率為 0.04、轉矩為 35 牛頓-公尺，則電動機的滿載功率約為多少？(A) 3.5 kW (B) 7.0 kW (C) 4.2 kW (D) 8.4 kW。

101 年：有一部三相感應電動機，其標示為 4P、5HP、200VAC、60Hz。若已知半載轉速為 1746rpm，機械損失為 269W，請問半載時的氣隙功率為何？(A) 2403W (B) 2200W (C) 2134W (D) 1865W。

101 年：有一三相繞線式感應電動機，其轉子使用外加電阻控制轉速。當外加電阻越大時，其轉速的變化為何？(A)降低 (B)升高 (C)不變 (D)不一定。

101 年：有一部三相 4P、220VAC、50Hz、10HP 的感應電動機，其滿載之轉部銅損為 310W，請問此感應電動機之滿載轉速為何？(A) 1728rpm (B) 1680rpm (C) 1440rpm (D) 1152rpm。

- 98 年：關於感應電動機的最大轉矩，下列敘述何者正確？(A)最大轉矩與電源電壓成正比 (B)最大轉矩與同步角速度成正比 (C)最大轉矩與轉子電阻值無關 (D)最大轉矩與定子電阻值成正比。
- 97 年：正常工作下，三相感應電動機負載與轉差率的關係為何？(A)負載增加，轉差率變大 (B)負載增加，轉差率變小 (C)負載減少，轉差率變大 (D)負載變動不會影響轉差率。
- 97 年：下列有關三相雙鼠籠式感應電動機轉子的敘述，何者正確？(A)起動時，轉子電流大部份流過高電阻低電感的上層繞組 (B)起動時，轉子電流大部份流過低電阻高電感的上層繞組 (C)起動時，轉子電流大部份流過高電阻低電感的下層繞組 (D)起動時，轉子電流大部份流過低電阻高電感的下層繞組。
- 96 年：一部三相 4 極，60 Hz 之繞線式轉子感應電動機，轉子每相電阻為 $0.5\ \Omega$ ，運轉於 1200 rpm 時產生最大轉矩，若此電動機要以最大轉矩起動，則轉子每相電路需外加多少電阻？(A) $1\ \Omega$ (B) $2\ \Omega$ (C) $3\ \Omega$ (D) $4\ \Omega$ 。