

電力系統講義

第六回

502322-6



社團法
考友社
出版發行

輸配電學講義 第六回 目錄

第六回 (1/2)

| | |
|----------------|----|
| 第十五講 系統模型..... | 1 |
| 命題重點..... | 1 |
| 精選試題..... | 15 |

第六回 (2/2)

| | |
|----------------|----|
| 第十六講 網路計算..... | 1 |
| 命題重點..... | 1 |
| 精選試題..... | 16 |

第十五講 系統模型

◎ 命題重點 ◎

一、同步電機之電路模型

當電樞電流為零時，轉子磁通 ϕ_f 產生無載電壓 E_f 。電樞反應之磁動勢產生磁通 ϕ_{ar} ，並與電樞電流同相位。 ϕ_f 與 ϕ_{ar} 之合成磁通 ϕ ，即為跨越電機空氣隙的磁通，並在定子產生電壓 E_r 。 E_{ar} 的大小由 ϕ_{ar} 決定，定義感抗 X_{ar} ，並使得

$$E_{ar} = -jI_a X_{ar}$$

空氣隙磁通產生之電壓 E_r

$$E_r = E_f + E_{ar} = E_f - jI_a X_{ar}$$

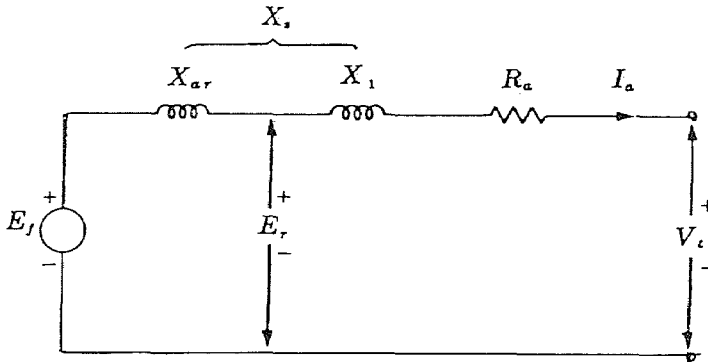
每相電樞電流與繞組的漏抗 X_l 的乘積用來計算電樞電流產生之磁通當中未跨越電機空氣隙的那一部份磁通所引起的電壓降。端電壓若為 V_t ，則

$$\begin{aligned} V_t &= E_r - jI_a X_l = E_f - jI_a X_{ar} - jI_a X_l \\ &= E_f - jI_a (X_{ar} + X_l) = E_f - jI_a X_s \end{aligned}$$

X_s 稱為同步電抗，且 $X_s = X_{ar} + X_l$ 。考慮電樞電阻 R_a 為

$$V_t = E_f - I_a (R_a + jX_s)$$

代表同步發電機之等值電路如下圖所示



同步電動機的等值電路與發電機的等值電路相同，只需將電流 I_a 所示的方向倒轉即可。

二、同步電機之激磁效應

改變同步電機之激磁為控制無效電力潮流之一項重要因素。過激磁的發電機供給系統滯後的電流，亦可視為自系統吸取越前的電流，宛若電容器般，供應無效電力給系統。而欠激磁之發電機則供應系統越前的電流，或可考慮為自系統吸取滯後的電流、自系統吸取無效電力。過激磁之電動機吸取越前之電流，可供應無效電力給網路系統。欠激磁電動機吸取滯後之電流，從網路系統吸收無效電力。總之，過激磁之發電機與電動機對網路系統供應無效電力，而欠激磁發電機與電動機則自網路系統吸取無效電力。

三、理想變壓器

變壓器係由兩個或多個線圈置於彼此可以互相感應的位置並以同一磁通交鏈而成。理想變壓器係指鐵心的導磁係數 μ 為無限大及繞組電阻為零。鐵心的導磁係數 μ 無限大即表示全部的磁通均限制在鐵心內，因此與各繞組的所有匝數線圈均交鏈。變化磁通而在各繞組感應的電壓因繞組的電阻為零，故也等於繞組的端點電壓。並得

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

應用安培定律可以求得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

阻抗 Z_2 連接於繞組 2 的兩端，則自一次繞組兩端量度之等值阻抗 Z'_2 爲

$$Z'_2 = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2 = \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^2 Z_2$$

因此，連接在二次側的阻抗換算到一次側時，係將變壓器二次側的阻抗乘以一次電壓與二次電壓比值的平方。

理想變壓器輸入一次繞組的伏安數及複電力與二次繞組輸出者相等。

例題 1 若理想變壓器電路裡 $N_1 = 2000$ 匝及 $N_2 = 500$ 匝， $V_1 = 1200 \angle 0^\circ V$ 及 $I_1 = 5 \angle -30^\circ A$ ，阻抗 Z_2 連接於繞組 2 之兩端，求 V_2 、 I_2 及 Z_2 。及阻抗 Z'_2 ， Z'_2 定義爲 Z_2 換算到變壓器一次側的阻抗值。

$$\text{解： } V_2 = \frac{500}{2000} (1200 \angle 0^\circ) = 300 \angle 0^\circ V$$

$$I_2 = \frac{2000 \times 5}{500} \angle -30^\circ = 20 \angle -30^\circ A$$

$$Z_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{300 \angle 0^\circ}{20 \angle -30^\circ} = 15 \angle 30^\circ \Omega$$

$$Z'_2 = \left(\frac{2000}{500} \right)^2 (15 \angle 30^\circ) = 240 \angle 30^\circ \Omega$$

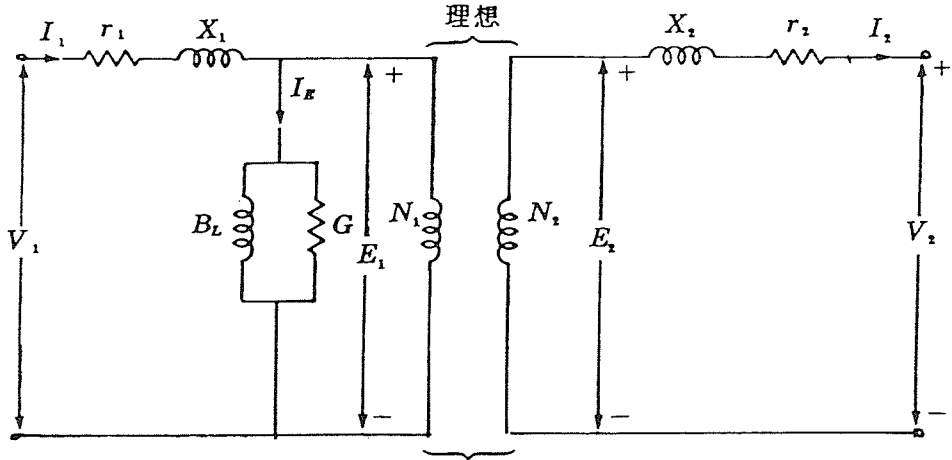
$$\text{或 } Z'_2 = \frac{1200 \angle 0^\circ}{5 \angle -30^\circ} = 240 \angle 30^\circ \Omega$$

四、實用變壓器的等值電路

實用變壓器(1)導磁係數並非無限大，(2)繞組電阻存在，(3)鐵心內因爲磁通週期性變化而產生損失，及(4)並非交鏈於任何一個繞組的磁通，全部都交鏈於其他的繞組。

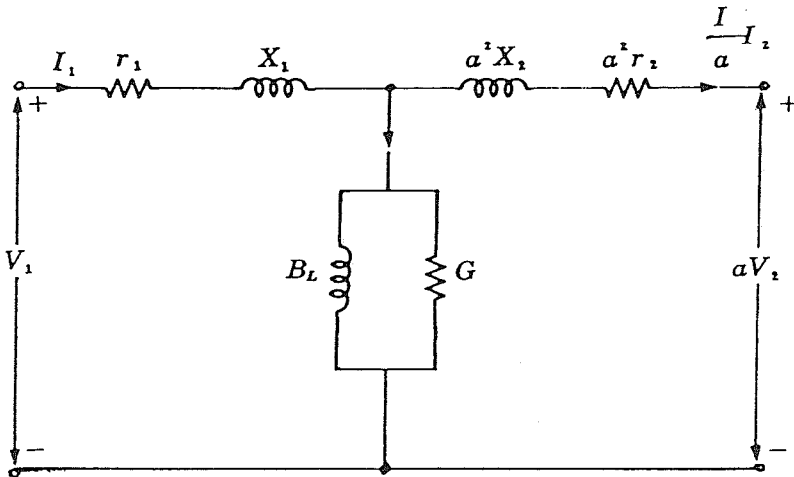
變壓器的等值電路裡磁化電流 I_E 可用感納 B_L 並聯於電導 G 計算。交鏈於一次繞組的磁通當中有一部份磁通並未交鏈於二次繞組。這一部份磁通與一次電流成並例並產生電壓降，而此電壓降可用漏抗 X_1 計算。同理，漏抗 X_2 爲二次繞組用以計算僅交鏈於二次繞組而未交鏈於一次繞組的那一部份磁通所產生的電壓降。若計及各繞組的電阻 r_1

及 r_2 時即可獲得如下之變壓器電路模型。



若所有的電量都換算到變壓器之同一側，則變壓器等值電路模型裡之理想變壓器可以省略，因而獲得下圖所示之等值電路模型。

$$(a = \frac{N_1}{N_2})$$



忽略磁化電流，更進一步簡化電路模型，令

$$R_1 = r_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 r_2$$

及
$$X_1 = x_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 x_2$$

$$I = \frac{0.6}{0.9565} = 0.6273 \quad \underline{0^\circ} \text{ 標么}$$

發電機之端電壓 V_t 為

$$\begin{aligned} V_t &= 0.9565 + 0.6273 (j 0.0915 + j 0.1815 + j 0.0857) \\ &= 0.9565 + j 0.2250 = 0.9826 \quad \underline{13.2^\circ} \text{ 標么} \\ &= 0.9826 \times 20 \\ &= 19.65 \text{ KV} \end{aligned}$$

十、標么計算的優點

- 1 製造廠家經常以電機設備之額定為基準而指明其標么阻抗。
- 2 標么阻抗在一很小的範圍內變化。
- 3 標么阻抗以適當的基準表示時，無論換算到變壓器的那一邊都相同
- 4 三相變壓器的接線方式不會影響等值電路的標么阻抗。

● 精選試題 ●

1 (15.6) 式至 (15.8) 式所表示的三個磁動勢的總和等於(15.10) 式所給的磁動勢行進波，說明其步驟。

$$\text{解： } F_a = F_m \cos \theta_a \cos \omega t$$

$$F_b = F_m \cos(\theta_a - 120^\circ) \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$F_c = F_m \cos(\theta_a - 240^\circ) \cos(\omega t - 240^\circ)$$

$$\begin{aligned} F_a + F_b + F_c &= F_m \{ \cos \theta_a \cos \omega t + \cos(\theta_a - 240^\circ) \\ &\quad \cos(\omega t - 240^\circ) + \cos(\theta_a - 120^\circ) \\ &\quad \cos(\omega t - 120^\circ) \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{F_m}{2} \{ \cos(\theta_a + \omega t) + \cos(\theta_a - \omega t) + \\ &\quad \cos(\theta_a + \omega t - 480^\circ) + \cos(\theta_a - \\ &\quad \omega t) + \cos(\theta_a + \omega t - 240^\circ) + \\ &\quad \cos(\theta_a - \omega t) \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{F_m}{2} \{ [\cos(\theta_a + \omega t) + \cos(\theta_a + \omega t - \\ &\quad 120^\circ) + \cos(\theta_a + \omega t - 240^\circ)] \\ &\quad + 3 \cos(\theta_a - \omega t) \} \end{aligned}$$

$$= \frac{3}{2} F_m \cos(\theta_a - \omega t)$$

2 兩部發電機嵌於同一轉軸之上並驅動之，致其一發電機的頻率為 60 Hz，另一發電機之頻率則為 25 Hz。決定轉軸之最高速度，每一部發電機之極數為若干？

解：發電機之極數分別以 P_1 及 P_2 表示，轉軸每分鐘之轉速為 $N r p m.$ ， $f_1 = 60 \text{ Hz}$ $f_2 = 25 \text{ Hz}$ 。

$$N = \frac{120 f_1}{p_1} = \frac{120 f_2}{p_2}$$

$$\frac{f_1}{p_1} = \frac{f_2}{p_2}$$

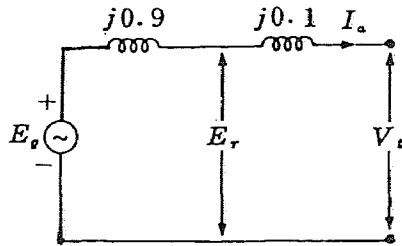
$$\text{得 } P_1 = \frac{f_1}{f_2} P_2 = \frac{60}{25} P_2 = 2.4 P_2$$

P_1 及 P_2 均必為正偶數，故得

$$P_2 = 10 \text{ 極} \quad P_1 = 24 \text{ 極}$$

$$N = \frac{120 \times 25}{10} = 300 \text{ r p m.}$$

3 一發電機之同步電抗為 1.0 標么。此發電機所連接的大系統其滙流排上 a 相到中性點的電壓為 1.0 0° 標么，且發電機供給一電流 I_a 等於 1.0 -30° 標么。忽略繞組的電阻及求(a)由於電樞反應而在電機內產生的電壓降、(b)發電機 a 相到中性點的無載電壓 E_a 、及(c)供給該滙流排的 P 及 Q 之標么值。



$$\begin{aligned}
 jx_s &= j0.1 \text{ 標么} \quad jx_r = j1.0 \text{ 標么} \quad V_t = 1.0 \angle 0^\circ \text{ 標么} \\
 jx_{sr} &= j(x_s - x_r) = j0.9 \text{ 標么} \quad I_a = 1.0 \angle -30^\circ \text{ 標么} \\
 \text{(a) } E_r &= jx_{sr} I_a = j0.9 \times 1.0 \angle -30^\circ \\
 &= 0.9 \times 1.0 \angle 90^\circ - 30^\circ = 0.9 \angle 60^\circ \text{ 標么} \\
 \text{(b) } E_a &= V_t + j(x_s + x_{sr}) I_a = V_t + jx_s I_a = 1.0 \angle 0^\circ + \\
 &\quad j1.0 \times 1.0 \angle -30^\circ = 1.0 \angle 0^\circ + 1.0 \angle 90^\circ - 30^\circ \\
 &= 1.0 \angle 0^\circ + 1.0 \angle 60^\circ = 1.414 \angle 30^\circ \text{ 標么}
 \end{aligned}$$