交流电机的绕组、电动势和磁动势

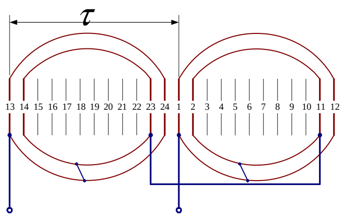
习题课

电动势部分的基本点、要点和收获，最让你思考的地方

例题1

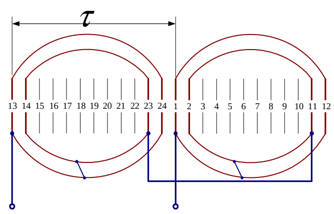
- 一台交流电机，极对数p=1，定子采用单层同心式绕组，槽数Q=24，一相绕组展开图如下所示。

如果每个线圈的匝数相同，求**基波绕组因数**。



例题1

- **解**：假设一个同样匝数的整距线圈（节距=$Q/2p$=12）的基波电动势为$\boldsymbol{E}_{\mathbf{k1}}$，则每个极相组里各线圈的基波电动势:



$$E_{13\sim24} \overset{节距=11}{=} k_{p1(13\sim24)}E_{K1}$$

$$E_{14\sim23} \overset{节距=9}{=} k_{p1(14\sim23)}E_{K1}$$

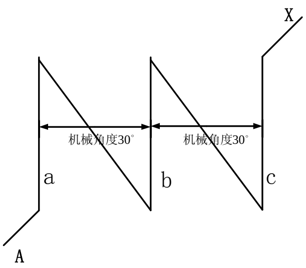
基波绕组因数:

$$\begin{aligned}k_{dp1} &= \frac{E_{13\sim24}+E_{14\sim23}}{2E_{K1}} \\ &= \frac{1}{2}[k_{p1(13\sim24)}+k_{p1(14\sim23)}] \\ &= \frac{1}{2}[\sin(\frac{11}{12}90^{\circ})+\sin(\frac{9}{12}90^{\circ})] \\ &= 0.9577\end{aligned}$$

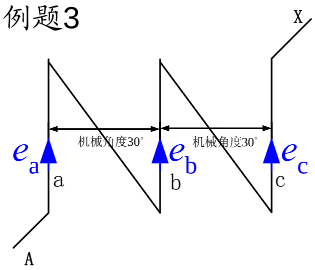
例题3

- 交流电机的一个线圈如下图所示。极对数p=2，每根导体基波和3次谐波电动势分别为10V和2V。

求：线圈总的基波电动势和3次谐波电动势。

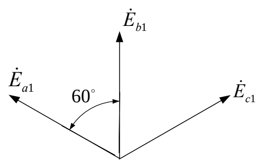


例题3



$e_{AX}=e_a+e_b+e_c$

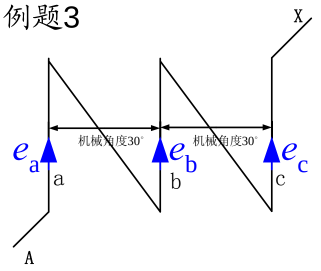
基波感应电动势:



$$\dot{E}_{AX1}=\dot{E}_{a1}+\dot{E}_{b1}+\dot{E}_{c1}$$

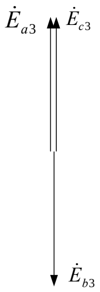
$$E_{AX1}=2E_{a1}=20V$$

例题3



$e_{AX}=e_a+e_b+e_c$

3次谐波感应电动势：

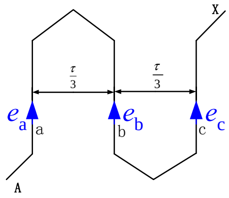


$\dot{E}_{AX3}=\dot{E}_{a3}+\dot{E}_{b3}+\dot{E}_{c3}$

$E_{AX3}=E_{a3}=2V$

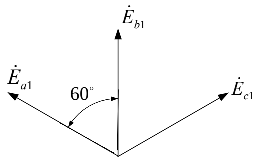
例题3

- 如果线圈变成这样的形状：



$e_{AX}=e_a-e_b+e_c$

基波感应电动势：

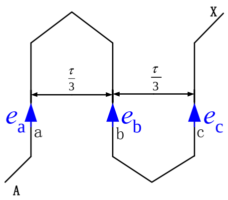


$\dot{E}_{AX1}=\dot{E}_{a1}-\dot{E}_{b1}+\dot{E}_{c1}$

$E_{AX1}=0$

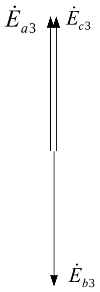
例题3

- 如果线圈变成这样的形状：



$e_{AX}=e_a-e_b+e_c$

3次谐波感应电动势：



$\dot{E}_{AX3}=\dot{E}_{a3}-\dot{E}_{b3}+\dot{E}_{c3}$

$E_{AX3}=3E_{a3}=6V$

磁动势部分的基本点、要点和收获，最让你思考的地方。

6-9 一台同步电机，转子不动。在励磁绕组中通以单相交流电流，并将定子三相绕组端点短接起来，则定子三相感应电流产生的合成基波磁动势是旋转的还是脉振的？

思考题6-14

- 一相绕组通电流产生的磁动势，空间分布呈矩形波（阶梯波），周期为2π（电角度），可分解为空间基波磁动势和3、5等空间奇数次谐波磁动势。
- **空间ν次谐波磁动势**的磁极对数是基波的ν倍（即νP对极），幅值位于绕组轴线。
  - 如果所通电流是角频率为ω的交流电流：
    - 空间ν次谐波磁动势的幅值随时间变化，为脉振磁动势，脉振频率为 $f=\omega/2\pi$ 。

      $i_A=\sqrt{2}I_A\sin(\omega t) \Longrightarrow f_{A\nu}=F_{A\nu m}\sin\omega t\cdot\cos\nu\alpha$

    - **空间ν次谐波磁动势可以分解为两个幅值相等而旋转方向相反的ν次谐波旋转磁动势，转速大小** $n_\nu=60\frac{\omega/\nu}{2P\pi}$

      $f_{A\nu}=-\frac{1}{2}F_{A\nu m}\sin(\nu\alpha-\omega t)+\frac{1}{2}F_{A\nu m}\sin(\nu\alpha+\omega t)$

思考题6-14

三相合成谐波磁动势 $\sum f_\nu = f_{A\nu} + f_{B\nu} + f_{C\nu}$

$$= -\frac{F_{A\nu m}}{2}\left\{\sin(\nu\alpha-\omega t)+\sin\left[\nu(\alpha-120^\circ)-(\omega t-120^\circ)\right]+\sin\left[\nu(\alpha+120^\circ)-(\omega t+120^\circ)\right]\right\}$$
$$+\frac{F_{A\nu m}}{2}\left\{\sin(\nu\alpha+\omega t)+\sin\left[\nu(\alpha-120^\circ)+(\omega t-120^\circ)\right]+\sin\left[\nu(\alpha+120^\circ)+(\omega t+120^\circ)\right]\right\}$$

- $\nu=6k-1$: $\sum f_\nu = \frac{3F_{A\nu m}}{2}\sin(\nu\alpha+\omega t)$

  ——**反转**（转向为A-C-B）的**圆形旋转磁场**

- $\nu=6k+1$: $\sum f_\nu = -\frac{3F_{A\nu m}}{2}\sin(\nu\alpha-\omega t)$

  ——**正转**（转向为A-B-C）的**圆形旋转磁场**

- $\nu=6k+3$: $\sum f_\nu = 0$

思考题6-14

定子基波电流（f_1=50Hz）产生	空间**基波**磁动势 $F_1\sin(\alpha-\omega t)$	**5次谐波**磁动势 $F_5\sin(5\alpha+\omega t)$	**7次谐波**磁动势 $F_7\sin(7\alpha-\omega t)$
极对数	P	$5P$	$7P$
（相对定子的）**转速**	$+n_1$	$-n_1/5$	$+n_1/7$
在**定子**绕组中**感应电动势**的频率	$f=\frac{Pn_1}{60}=f_1=50\text{Hz}$	$f=\frac{5P\cdot n_1/5}{60}=f_1=50\text{Hz}$	$f=\frac{7P\cdot n_1/7}{60}=f_1=50\text{Hz}$
相对转子的转速	0	$-\frac{6}{5}n_1$	$-\frac{6}{7}n_1$
在**转子**绕组中**感应电动势**的频率		$f=\frac{5P\cdot\left(\frac{6}{5}n_1\right)}{60}=6f_1=300\text{Hz}$	$f=\frac{7P\cdot\left(\frac{6}{7}n_1\right)}{60}=6f_1=300\text{Hz}$

思考题6-15

- 一相绕组通电流产生的磁动势，空间分布呈矩形波（阶梯波），周期为2π（电角度），可分解为空间基波磁动势和3、5等空间奇数次谐波磁动势。
- **空间基波磁动势**的磁极对数与原矩形波相同（*P*对极），幅值位于绕组轴线。
  - 如果所**通**电流是角频率为ω的**交流电流**，那么**空间基波磁动势**的幅值随时间变化，**为脉振磁动势**，**脉振频率为** $f=\omega/2\pi$ 。

$$i_A=\sqrt{2}I_A\sin(\omega t) \Longrightarrow f_{A1}=F_{A1m}\sin\omega t\cdot\cos\alpha$$

$$i_A=I_{m\nu}\sin\nu\omega t \qquad f_{A1}=F'_{A1m}\sin\nu\omega t\cdot\cos\alpha$$

——基波磁动势为脉振磁动势，**脉振频率为** $f_\nu=\nu\omega/2\pi$

思考题6-15

各相基波磁动势：

$$f_{A1}=F_{A1m}\sin\nu\omega t\cdot\cos\alpha$$
$$=-\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\nu\omega t)+\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\nu\omega t)$$

$$F_{A1m}=0.9\frac{N_A\cdot I_{m\nu}/\sqrt{2}}{p}$$

$$f_{B1}=F_{B1m}\sin\nu(\omega t-120^\circ)\cdot\cos(\alpha-120^\circ)$$
$$=-\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\nu\omega t+(\nu-1)120^\circ)+\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\nu\omega t-(\nu+1)120^\circ)$$

$$f_{C1}=F_{C1m}\sin\nu(\omega t+120^\circ)\cdot\cos(\alpha+120^\circ)$$
$$=-\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\nu\omega t-(\nu-1)120^\circ)+\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\nu\omega t+(\nu+1)120^\circ)$$

思考题6-15

三相合成基波磁动势 $\sum f_1 = f_{A1}+f_{B1}+f_{C1}$

$$=-\frac{F_{A1m}}{2}\left[\sin(\alpha-\nu\omega t)+\sin(\alpha-\nu\omega t+(\nu-1)120^\circ)+\sin(\alpha-\nu\omega t-(\nu-1)120^\circ)\right]$$
$$+\frac{F_{A1m}}{2}\left[\sin(\alpha+\nu\omega t)+\sin(\alpha+\nu\omega t-(\nu+1)120^\circ)+\sin(\alpha+\nu\omega t+(\nu+1)120^\circ)\right]$$

- $\nu=3k$: $\sum f_1=0$
- $\nu=3k+1$: $\sum f_1=-\frac{3F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\nu\omega t)$

  合成磁动势为圆形磁动势，转向为A-B-C，转速为 $n_\nu=\nu n_1=60\frac{\nu\omega}{2P\pi}$
- $\nu=3k+2$: $\sum f_1=\frac{3F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\nu\omega t)$

  合成磁动势为圆形磁动势，转向为A-C-B，转速为 $n_\nu=\nu n_1=60\frac{\nu\omega}{2P\pi}$ 。

- **设定子绕组通电产生的磁动势** $f=F\cos(\nu\alpha-k\omega t)$ ，**试问其在定子绕组、以转速n旋转的转子绕组中感应电动势的频率分别是多少？**

磁动势相对于定子的转速为 $n' = \dfrac{60k\omega}{2\pi\nu p}$

转子绕组感应电动势频率为 $f = \dfrac{\nu p}{60}\left|n - \dfrac{60k\omega}{2\pi\nu p}\right| = \left|\dfrac{\nu pn}{60} - \dfrac{k\omega}{2\pi}\right|$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，**Y**联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$＝1：0.3：0.2：0.15。

求：

（1）电机的**极对数**；

（2）**定子槽数**；

（3）**绕组因数**k_{dp1}、k_{dp3}、k_{dp5}和k_{dp7}；

（4）相电动势$E_{\phi 1}$、$E_{\phi 3}$、$E_{\phi 5}$和$E_{\phi 7}$及**相电动势**E_ϕ，**线电动势**E。

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，**Y**联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$＝1：0.3：0.2：0.15。

解：

（1）$f = \dfrac{pn}{60} \Longrightarrow p = \dfrac{60f}{n} = \dfrac{50\times 60}{1000} = 3$

频率	极对数	同步转速（rpm）
f=50Hz	**1**	**3000**
	2	1500
	3	1000
	⋮	⋮

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，**Y**联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$＝1：0.3：0.2：0.15。

解：

（2）$Z = 2p\cdot m\cdot q = 2\times 3\times 3\times 2 = 36$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，**Y**联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$＝1：0.3：0.2：0.15。

解：

（3）短距比 y=5/6

基波节距因数：$k_{p1} = \sin y\dfrac{\pi}{2} = \sin\dfrac{5}{6}\dfrac{\pi}{2} = 0.9659$

ν次谐波节距因数 $k_{p\nu} = \sin \nu y\dfrac{\pi}{2}$

$k_{p3} = -0.7071$

$k_{p5} = 0.2588$

$k_{p7} = 0.2588$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，**Y**联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$＝1：0.3：0.2：0.15。

解：

（3）定子槽距角 $\alpha = \dfrac{60^\circ}{q} = \dfrac{60^\circ}{2} = 30^\circ$ （电角度）

基波分布因数：$k_{d1} = \dfrac{\sin q\dfrac{\alpha}{2}}{q\sin\dfrac{\alpha}{2}} = \dfrac{\sin\dfrac{2\times 30^\circ}{2}}{2\sin\dfrac{30^\circ}{2}} = 0.9659$

ν次谐波分布因数：$k_{d\nu} = \dfrac{\sin q\dfrac{\nu\alpha}{2}}{q\sin\dfrac{\nu\alpha}{2}}$

$k_{d3} = 0.7071$

$k_{d5} = 0.2588$

$k_{d7} = -0.2588$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，Y联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$ = 1：0.3：0.2：0.15。

解：

（3）基波绕组因数：$k_{dp1}=k_{d1}k_{p1}$

$$=0.9659\times0.9659=0.9330$$

ν次谐波绕组因数 $k_{dp\nu}=k_{d\nu}k_{p\nu}$

$$k_{dp3}=-0.5$$
$$k_{dp5}=0.0670$$
$$k_{dp7}=0.0670$$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，Y联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$ = 1：0.3：0.2：0.15。

解：

（4）相绕组的基波感应电动势 $E_{\phi1}=4.44f\left(k_{dp1}N_1\right)\Phi_1$

$$=4.44\times50\times0.9330\times72\times8.9\times10^{-3}$$
$$=132.73\text{（V）}$$

ν次谐波感应电动势 $E_{\phi\nu}=4.44\nu f\left(k_{dp\nu}N_1\right)\Phi_\nu$

$E_{\phi3}=21.34$（V）

$E_{\phi5}=1.91$（V）

$E_{\phi7}=1.43$（V）

相电动势有效值

$$E_\phi=\sqrt{E_{\phi1}^2+E_{\phi3}^2+E_{\phi5}^2+E_{\phi7}^2}$$
$$=134.46\text{（V）}$$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，Y联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$ = 1：0.3：0.2：0.15。

解：

（4）气隙基波每极磁通量 $\Phi_1=\dfrac{2}{\pi}B_{\delta1m}l\tau$

ν次谐波每极磁通量 $\Phi_\nu=\dfrac{2}{\pi}B_{\delta\nu m}l\dfrac{\tau}{\nu}$

$$\frac{\Phi_\nu}{\Phi_1}=\frac{B_{\delta\nu m}}{\nu B_{\delta1m}}$$

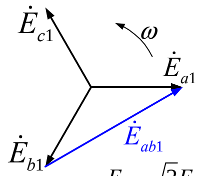
$\Phi_3=\frac{1}{3}\times0.3\times\Phi_1$=8.9×10^{-4} (Wb)

$\Phi_5=\frac{1}{5}\times0.2\times\Phi_1$=3.56×10^{-4} (Wb)

$\Phi_7=\frac{1}{7}\times0.15\times\Phi_1$=1.91×10^{-4} (Wb)

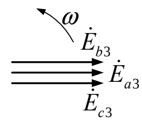
例题2

基波感应电动势：



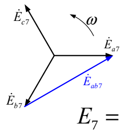
$E_1=\sqrt{3}E_{\phi1}$

3次谐波感应电动势：



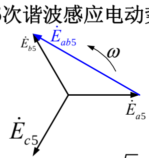
$E_3=0$

7次谐波感应电动势：



$E_7=\sqrt{3}E_{\phi7}$

5次谐波感应电动势：



$E_5=\sqrt{3}E_{\phi5}$

例题2

- 一台三相同步发电机，f=50Hz，n_N=1000rpm。定子采用双层短距绕组，q=2，y_1=5/6 τ，每相串联匝数N_1=72，Y联接，每极基波磁通Φ_1=8.9×10^{-3}（Wb），$B_{\delta 1m}$：$B_{\delta 3m}$：$B_{\delta 5m}$：$B_{\delta 7m}$ = 1：0.3：0.2：0.15。

解：

（4）线电动势有效值 $E=\sqrt{E_1^2+E_5^2+E_7^2}$

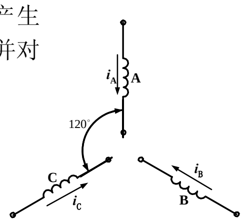
$$=\sqrt{3}\sqrt{E_{\phi1}^2+E_{\phi5}^2+E_{\phi7}^2}$$
$$=229.93\text{（V）}$$

例题4

- 一台交流电机的定子铁心上绕有一个**四极**、**双层**、**对称三相绕组**。每极每相槽数q=3，每一线圈内的匝数N_k=4，线圈的节距为7槽，并联支路数为1。现在三相绕组中通入电流如图。

试就下列各种情况求出所产生的**合成磁动势基波**的最大幅值，并对性质加以说明。

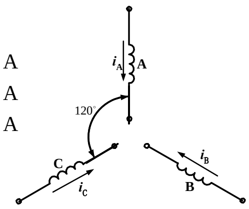
(1)
$$\begin{cases} i_a=141\sin(314t) & \text{A}\\ i_b=141\sin(314t-120^\circ) & \text{A}\\ i_c=141\sin(314t+120^\circ) & \text{A}\end{cases}$$



例题4

(2) $\begin{cases} i_a = 141\sin(314t) & \text{A} \\ i_b = -141\sin(314t) & \text{A} \\ i_c = 0 \end{cases}$

(3) $\begin{cases} i_a = 141\sin(314t) & \text{A} \\ i_b = -707\sin(314t-60^\circ) & \text{A} \\ i_c = -122\sin(314t+30^\circ) & \text{A} \end{cases}$



例题4

解： 将空间坐标α的零点放在+A轴上，并以逆时针方向为α的正方向：

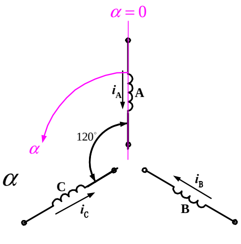
$i_A = \sqrt{2}I_A\sin(\omega t)$ $\quad I_A = 100$, $\omega = 314$

$$f_{A1} = \frac{4}{\pi}\frac{k_{dp1}N_1 i_A}{2p}\cos\alpha$$

$$= \frac{4}{\pi}\frac{k_{dp1}N_1\sqrt{2}I_A\sin(\omega t)}{2p}\cos\alpha$$

$$= F_{A1m}\sin\omega t\cdot\cos\alpha$$

$$F_{A1m} = 0.9\frac{k_{dp1}N_1 I_A}{p}$$



例题4

解：

- 每相串联匝数 $N_1 = \frac{2pqN_k}{a} = \frac{2\times2\times3\times4}{1} = 48$
- 求基波节距因数：

  极距：$\tau_p = m\cdot q = 3\times3 = 9$（槽数）

  线圈的短距比：$y = y1/\tau_p = 7/9$

  $$k_{p1} = \sin y\frac{\pi}{2} = \sin\frac{7}{9}\frac{\pi}{2} = 0.9397$$

- 求基波分布因数：

  定子槽距角：$\alpha = \frac{60^\circ}{q} = \frac{60^\circ}{3} = 20^\circ$

  $$k_{d1} = \frac{\sin q\frac{\alpha}{2}}{q\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin 3\times\frac{20}{2}}{3\sin\frac{20}{2}} = 0.9598$$

相绕组有效匝数：

$$k_{dp1}N_1 = k_{d1}k_{p1}N_1 = 0.9397\times0.9598\times48 = 43.29$$

例题4

解：

（1）$f_{B1} = \frac{4}{\pi}\frac{k_{dp1}N_1 i_B}{2p}\cos(\alpha-240^\circ)$

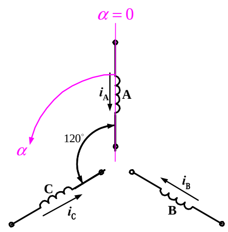
$$= \frac{4}{\pi}\frac{k_{dp1}N_1\sqrt{2}I_A\sin(\omega t-120^\circ)}{2p}\cos(\alpha-240^\circ)$$

$$= F_{B1m}\sin(\omega t-120^\circ)\cdot\cos(\alpha-240^\circ)$$

$$f_{C1} = F_{C1m}\sin(\omega t+120^\circ)\cdot\cos(\alpha-120^\circ)$$

$$F_{A1m} = F_{B1m} = F_{C1m}$$

$$= 0.9\frac{k_{dp1}N_1 I_A}{p} = 0.9\times\frac{43.29\times100}{2} = 1948.1$$



例题4

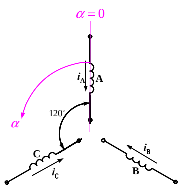
解：

（1）三相合成基波磁动势 $f_1 = f_{A1} + f_{B1} + f_{C1}$

$$f_{A1} = F_{A1m}\sin\omega t\cdot\cos\alpha = -\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t) + \frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t)$$

$$f_{B1} = F_{B1m}\sin(\omega t-120^\circ)\cdot\cos(\alpha-240^\circ) = -\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t-120^\circ) + \frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t)$$

$$f_{C1} = F_{C1m}\sin(\omega t+120^\circ)\cdot\cos(\alpha-120^\circ) = -\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t-240^\circ) + \frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t)$$



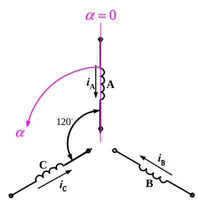
$$\Longrightarrow f_1 = \frac{3}{2}F_{A1m}\sin(\omega t+\alpha) = 2922\sin(\omega t+\alpha)$$

例题4

解：

（1）$f_1 = \frac{3}{2}F_{A1m}\sin(\omega t+\alpha)$

$$= 2922\sin(314t+\alpha)$$

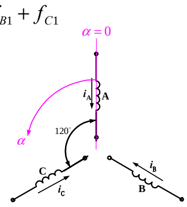


空间对称的三相绕组，通以对称的三相电流，产生的合成基波磁动势为圆形旋转磁动势，转速n_1=（60/P）·（ω/2π）（ω为电流角频率）、沿A-B-C方向（顺时针）旋转，幅值为2922安匝。

例题4

解：

（2）三相合成基波磁动势$f_1 = f_{A1} + f_{B1} + f_{C1}$



$$f_{A1} = F_{A1m}\sin\omega t\cdot\cos\alpha$$

$$= -\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t)+\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t)$$

$$f_{B1} = F_{B1m}(-\sin\omega t)\cdot\cos(\alpha-240°)$$

$$= -\frac{F_{B1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t-60°)+\frac{F_{B1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t-60°)$$

$$f_{C1}=0$$

$$F_{A1m}=F_{B1m}=0.9\frac{k_{dp1}N_1I_A}{p}=0.9\times\frac{43.29\times100}{2}=1948.1$$

$$\Rightarrow f_1=-\frac{\sqrt{3}}{2}F_{A1m}\sin(\alpha-\omega t-30°)+\frac{\sqrt{3}}{2}F_{A1m}\sin(\alpha+\omega t-30°)$$

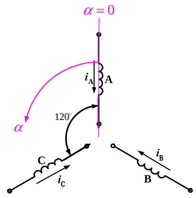
例题4

解：

（2）$f_1=-\frac{\sqrt{3}}{2}F_{A1m}\sin(\alpha-\omega t-30°)+\frac{\sqrt{3}}{2}F_{A1m}\sin(\alpha+\omega t-30°)$

$$=\sqrt{3}F_{A1m}\sin\omega t\cdot\cos(\alpha-30°)$$

$$=3374.21\sin 314t\cdot\cos(\alpha-30°)$$

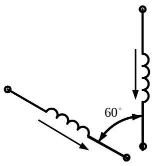


空间位置不同的两相绕组，通以瞬时值大小相等而方向相反的交流电流，产生的合成基波磁动势为脉振磁动势，其脉振频率等于电流频率$f=\omega/2\pi$，最大幅值为3374.21安匝。

例题5

- 一台交流电机的定子铁心上绕有两相绕组**A**和**B**，两绕组间相距60度（电角度），绕组**A**和绕组**B**的有效匝数之比为**1:2**。在绕组**A**中送入一电流 $i_A=0.5\sin(314t)$（A）。

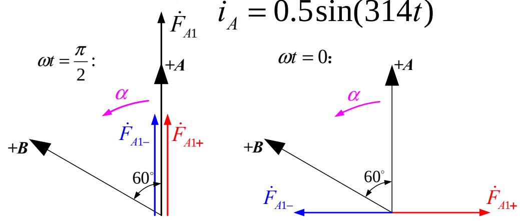
要得到**圆形旋转磁动势**，需在绕组**B**中通入什么样的电流（给出表达式）。



例题5

- 方法1：矢量图法

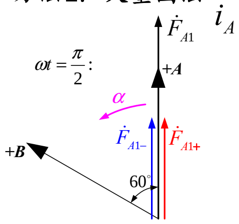
$$i_A=0.5\sin(314t)$$

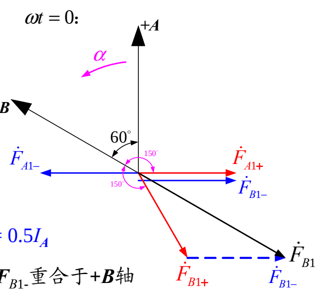


例题5

- 方法1：矢量图法

$$i_A=0.5\sin(314t)$$





（1）使$\dot{F}_{B1-}=-\dot{F}_{A1-}$：

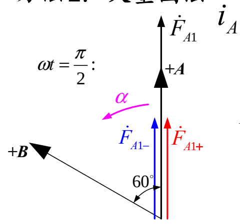
- $N_AI_A=N_BI_B$ $\rightarrow I_B=0.5I_A$
- ωt=210°时，F_{B1+}与F_{B1-}重合于+**B**轴 $\rightarrow \varphi_B=-120°$

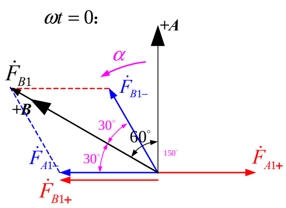
$$i_B=0.25\sin(314t-120°)$$

例题5

- 方法1：矢量图法

$$i_A=0.5\sin(314t)$$





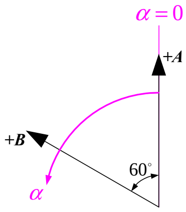
（2）使$\dot{F}_{B1+}=-\dot{F}_{A1+}$：

- $N_AI_A=N_BI_B$ $\rightarrow I_B=0.5I_A$
- ωt = -30°时，F_{B1+}与F_{B1-}重合于+**B**轴 $\rightarrow \varphi_B=120°$

$$i_B=0.25\sin(314t+120°)$$

例题5

- 方法2：解析法



将空间坐标α的零点放在+A轴上，并以逆时针方向为α的正方向：

$i_A = \sqrt{2} I_A \sin(\omega t)$ $\quad I_A = \frac{0.5}{\sqrt{2}}$ $\quad \omega = 314$

基波磁动势 $f_{A1} = \frac{4}{\pi}\frac{N_A i_A}{2p}\cos\alpha$

$$= \frac{4}{\pi}\frac{N_A \sqrt{2} I_A \sin(\omega t)}{2p}\cos\alpha$$

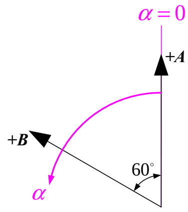
$$= F_{A1m}\sin\omega t \cdot \cos\alpha$$

$$F_{A1m} = 0.9\frac{N_A I_A}{p}$$

$$f_{A1}(\alpha,t) = -\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t) + \frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t)$$

例题5

- 方法2：解析法



设 $i_B = \sqrt{2} I_B \sin(\omega t + \varphi)$

基波磁动势 $f_{B1} = \frac{4}{\pi}\frac{N_B i_B}{2p}\cos(\alpha - 60^\circ)$

$$= \frac{4}{\pi}\frac{N_B \sqrt{2} I_B \sin(\omega t+\varphi)}{2p}\cos(\alpha-60^\circ)$$

$$= F_{B1m}\sin(\omega t+\varphi)\cdot\cos(\alpha-60^\circ)$$

$$F_{B1m} = 0.9\frac{N_B I_B}{p}$$

$$f_{B1}(\alpha,t) = -\frac{F_{B1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t-60^\circ-\varphi) + \frac{F_{B1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t-60^\circ+\varphi)$$

例题5

- 方法2：解析法

要合成圆形磁动势：

（1）令 $+\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t) + \frac{F_{B1m}}{2}\sin(\alpha+\omega t-60^\circ+\varphi) = 0$

$$\begin{cases} F_{A1m} = F_{B1m} \\ \sin(\alpha+\omega t) + \sin(\alpha+\omega t-60^\circ+\varphi) = 0 \end{cases} \longrightarrow \begin{matrix} I_B = \frac{N_A}{N_B} I_A \\ \varphi = -120^\circ \end{matrix}$$

$$i_B = 0.25\sin(314t - 120^\circ)$$

（2）令 $-\frac{F_{A1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t) - \frac{F_{B1m}}{2}\sin(\alpha-\omega t-60^\circ-\varphi) = 0$

$$\begin{cases} F_{A1m} = F_{B1m} \\ \sin(\alpha-\omega t) + \sin(\alpha-\omega t-60^\circ-\varphi) = 0 \end{cases} \longrightarrow \begin{matrix} I_B = \frac{N_A}{N_B} I_A \\ \varphi = 120^\circ \end{matrix}$$

$$i_B = 0.25\sin(314t + 120^\circ)$$