電験どうでしょう管理人 <u>KWG presents</u>

短期集中講座

第6回制機

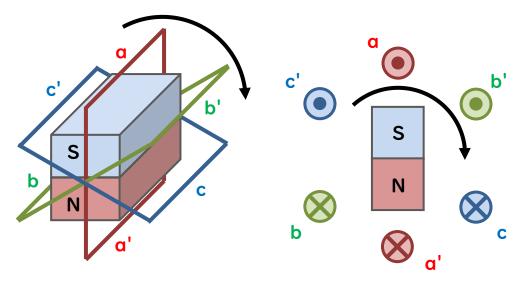


同期発電機の基本特性

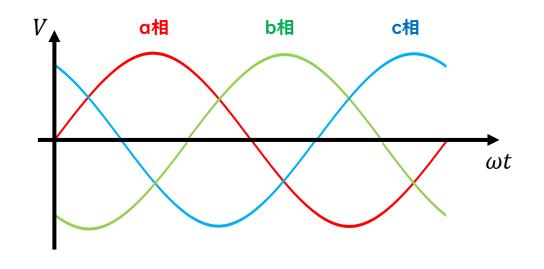
同期発電機の構造



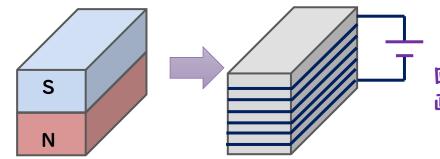
回転子(鉄心+界磁巻線):界磁巻線には直流電流(励磁電流)が流れており、磁石として働く 固定子(鉄心(円筒)+電機子巻線):回転子が回転することで誘導起電力が生じ、電機子電流が流れる



回転子(電磁石)の周りに三種類の巻線を配置 各巻線は120°ずつずらして対象に配置



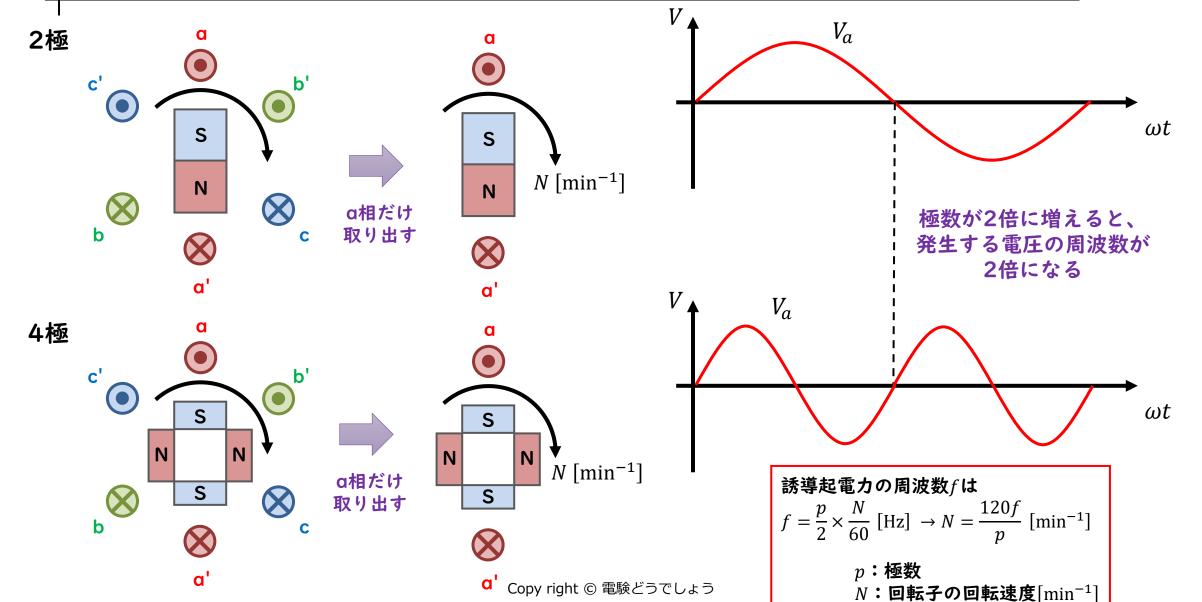
固定子が回転することで 三相交流電圧が電機子巻線に発生する



回転子は鉄心に界磁巻線を巻きつけ、直流電流(励磁電流)により磁束を調整

同期発電機の極数と回転速度

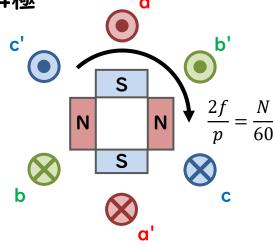




同期発電機の誘導起電力







誘導起電力e は

$$e = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{4B(\theta)l\tau f\Delta t}{\Delta t} = 4B(\theta)l\tau f$$

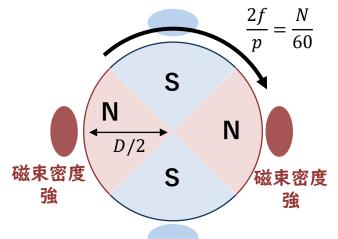
誘導起電力の実効値Eは

$$E = 4\frac{B_m}{\sqrt{2}}l\tau f = 4\frac{1}{\sqrt{2}}l\tau f \times \left(\frac{\pi}{2}\frac{1}{\tau l}\phi\right)$$
$$= \frac{2\pi}{\sqrt{2}}f\phi = 4.44f\phi$$

巻数をnとすると、

$$E = 4.44 fn\phi$$





磁束密度 弱

$$B(\theta) = B(\omega t) = B_m \sin(\omega t)$$

磁束密度は正弦波で変化するので、 磁束密度の平均値Baは

$$B_a = \frac{2}{\pi} B_m$$

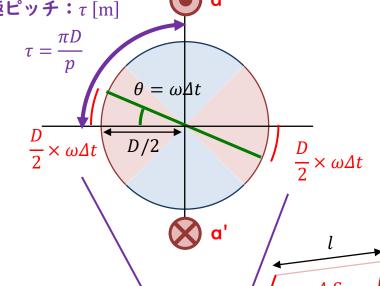
極ピッチで生じる磁束 ϕ は

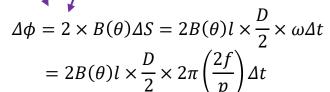
$$\phi = B_a S = \frac{2}{\pi} B_m \tau l$$

$$\to B_m = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\tau l} \phi$$



 B_a





$$=4B(\theta)l\times\frac{\pi D}{p}\times f\Delta t$$

$$=4B(\theta)l\tau f\Delta t$$

 $\frac{D}{2} \times \omega \Delta t$

 $B(\theta)$

R02 問4



問4 次の文章は、回転界磁形三相同期発電機の無負荷誘導起電力に関する記述で ある。

回転磁束を担う回転子磁極の周速を v[m/s], 磁束密度の瞬時値を b[T], 磁束 と直交する導体の長さを l[m]とすると, 1本の導体に生じる誘導起電力 e[V]は次式で表される。

$$e = vbl$$

極数をp, 固定子内側の直径をD[m]とすると,極ピッチ $\tau[m]$ は $\tau=\frac{\pi D}{p}$ であるから,f[Hz]の起電力を生じる場合の周速vは $v=2\tau f$ である。したがって,角周波数 $\omega[rad/s]$ を $\omega=2\pi f$ として,上述の磁束密度瞬時値b[T]を $b(t)=B_m\sin\omega t$ と表した場合,導体 1 本あたりの誘導起電力の瞬時値e(t)は,

$$e(t) = E_{\rm m} \sin \omega t$$

$$E_{\rm m} = \boxed{(7)} B_{\rm m} l$$

となる。

また、回転磁束の空間分布が正弦波でその最大値が $B_{\rm m}$ のとき、1極の磁束密度の (4) B[T]は $B=\frac{2}{\pi}B_{\rm m}$ であるから、1極の磁束 σ [Wb]は $\sigma=\frac{2}{\pi}B_{\rm m}\tau l$ である。したがって、1本の導体に生じる起電力の実効値は次のように表すことができる。

$$\frac{E_{\rm m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} f \boldsymbol{\Phi} = 2.22 f \boldsymbol{\Phi}$$

よって、三相同期発電機の1相あたりの直列に接続された電機子巻線の巻数をNとすると、回転磁束の空間分布が正弦波の場合、1相あたりの誘導起電力(実効値)E[V]は、

$$E = \boxed{(\dot{\eta})} f \mathbf{\Phi} N$$

さらに、電機子巻線には一般に短節巻と分布巻が採用されるので、これらを考慮した場合、1 相あたりの誘導起電力E は次のように表される。

$$E = \begin{array}{|c|c|c|}\hline (\dot{\boldsymbol{\eta}}) & k_{\mathrm{w}} f \boldsymbol{\Phi} N \\ \hline \Box \Box \boldsymbol{\sigma} k_{\mathrm{w}} \, \boldsymbol{\varepsilon} & (\boldsymbol{\mathbf{I}}) & \boldsymbol{\varepsilon} \boldsymbol{\nu} \boldsymbol{\delta} \, . \end{array}$$

上記の記述中の空白箇所(r)~(x)に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(1)
(1)	2 τf	平均值	2.22	巻線係数
(2)	$2\pi f$	最大値	4.44	分布係数
(3)	$2\tau f$	平均值	4.44	巻線係数
(4)	$2\pi f$	最大値	2.22	短節係数
(5)	2 τf	実効値	2.22	巻線係数

R02 問4



問4 次の文章は、回転界磁形三相同期発電機の無負荷誘導起電力に関する記述で ある。

回転磁束を担う回転子磁極の周速を v[m/s], 磁束密度の瞬時値を b[T], 磁束 と直交する導体の長さを l[m]とすると, 1本の導体に生じる誘導起電力 e[V] は次式で表される。

$$e = vbl$$

極数をp, 固定子内側の直径をD[m]とすると,極ピッチ $\tau[m]$ は $\tau=\frac{\pi D}{p}$ であるから,f[Hz]の起電力を生じる場合の周速vは $v=2\tau f$ である。したがって,角周波数 $\omega[rad/s]$ を $\omega=2\pi f$ として,上述の磁束密度瞬時値b[T]を $b(t)=B_m\sin\omega t$ と表した場合,導体 1 本あたりの誘導起電力の瞬時値e(t)は,

$$e(t) = E_{\rm m} \sin \omega t$$

$$E_{\rm m} = \frac{(7)}{2\tau f} B_{\rm m} l$$

となる。

また、回転磁束の空間分布が正弦波でその最大値が $B_{\rm m}$ のとき、1極の磁束密度の B[T]は $B=\frac{2}{\pi}B_{\rm m}$ であるから、1極の磁束 $\Phi[Wb]$ は $\Phi=\frac{2}{\pi}B_{\rm m}\tau l$ である。 **平均値** したがって、1本の導体に生じる起電力の実効値は次のように表すことができる。

$$\frac{E_{\rm m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} f \boldsymbol{\Phi} = 2.22 f \boldsymbol{\Phi}$$

よって、三相同期発電機の1相あたりの直列に接続された電機子巻線の巻数をNとすると、回転磁束の空間分布が正弦波の場合、1相あたりの誘導起電力(実効値)E[V]は、

$$E = \begin{bmatrix} (\dot{\eta}) \\ 4.44 \end{bmatrix} f \Phi N$$
となる。

さらに、電機子巻線には一般に短節巻と分布巻が採用されるので、これらを考慮した場合、1 相あたりの誘導起電力E は次のように表される。

$$E = \begin{bmatrix} 4.44 \\ (!) \end{bmatrix} k_{\text{w}} f \Phi N$$

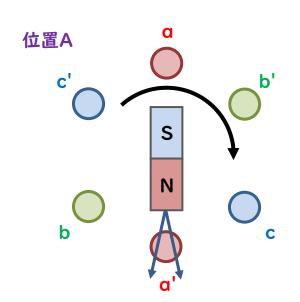
ここで k_{w} を (エ) という。

上記の記述中の空白箇所(r)~(x)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(1)
(1)	2 τf	平均值	2.22	巻線係数
(2)	$2\pi f$	最大値	4.44	分布係数
(3)	2τf	平均值	4.44	巻線係数
(4)	$2\pi f$	最大値	2.22	短節係数
(5)	2 τf	実効値	2.22	巻線係数

同期発電機の電圧と電流





α相で生じる誘導起電力が最大 (貫く磁束が反転するので)

位置B

C'

N

S

C

a'

α相で生じる誘導起電力がゼロ (貫く磁束はほぼ変化しない)

位置C

c'

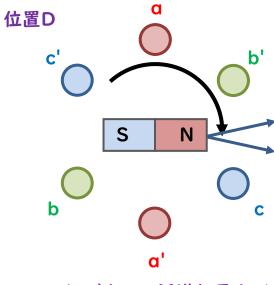
N

S

c

a'

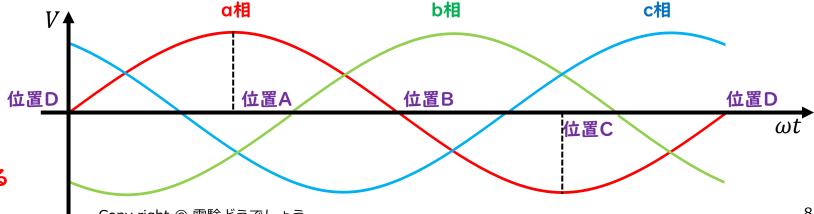
a相で生じる誘導起電力が最大 (貫く磁束が反転するので)



α相で生じる誘導起電力がゼロ (貫く磁束はほぼ変化しない)

- → 回転子の回転方向
- → 回転子の界磁磁束

固定子巻線と回転子の磁界の位置関係 により固定子に生じる誘導起電力が変化する



同期発電機の電圧と電流

回転子の回転方向

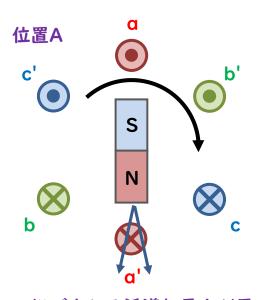
回転子の界磁磁束



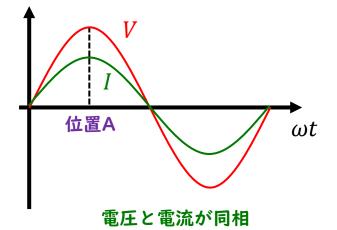


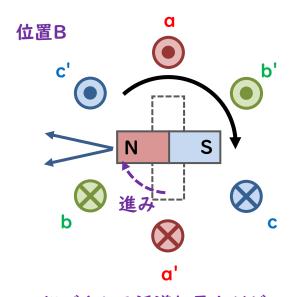
電機子電流



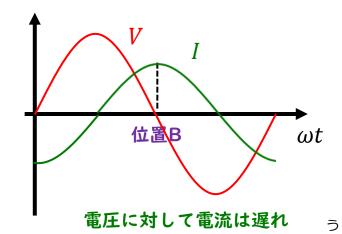


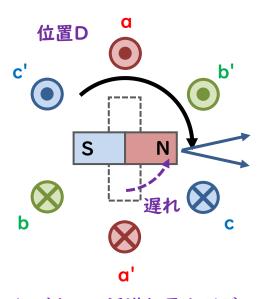
a相で生じる誘導起電力が最大 (貫く磁束が反転するので)



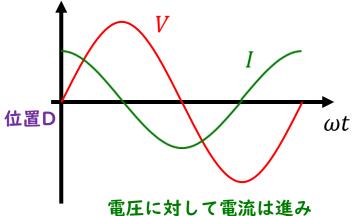


a相で生じる誘導起電力がゼロ (貫く磁束はほぼ変化しない)





a相で生じる誘導起電力がゼロ (貫く磁束はほぼ変化しない)



同期発電機の電機子反作用

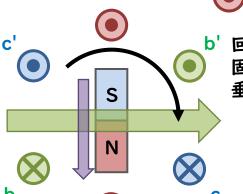


端子電圧//と電機子電流/が 同相(力率 1)

回転子の回転方向







増磁

 \otimes

 \odot

回転子の磁界の方向と

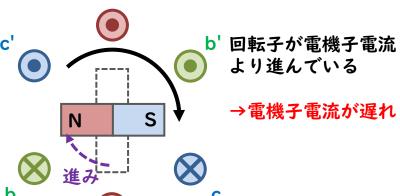
固定子の磁界の方向が 垂直になる

回転子の磁界 固定子の磁界 (電機子反作用)

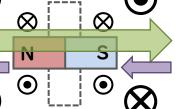
> 回転子の回転方向の 前方は減磁 後方は増磁となる

横軸反作用という

端子電圧/に対して電機子電流/が 遅れ(負荷が誘導性)



(ullet) \otimes \otimes N



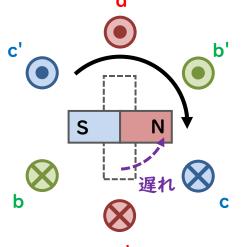
→減磁作用

弱める

固定子の磁界が

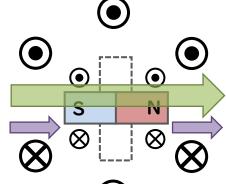
回転子の磁界を

端子電圧Vに対して電機子電流/が 進み(負荷が容量性)



回転子が電機子電流 より遅れている

→電機子電流が進み



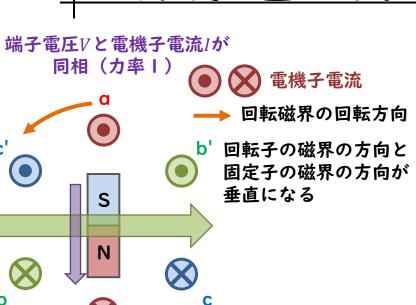
固定子の磁界が 回転子の磁界を 強める

→増磁作用



同期電動機の電機子反作用

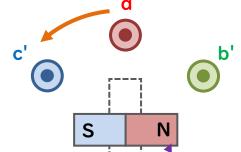




増磁

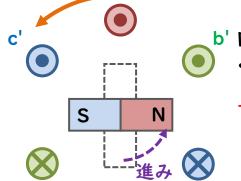
(

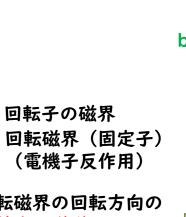
端子電圧/に対して電機子電流/が 遅れ(負荷が誘導性)



回転子が電機子電流 より進んでいる

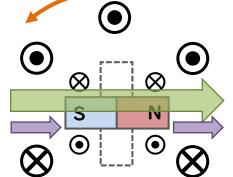
→電機子電流が遅れ





回転磁界の回転方向の 前方は増磁 後方は減磁となる

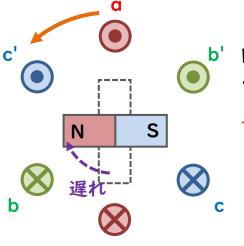
横軸反作用という



回転磁界が 固定子の磁界を 強める

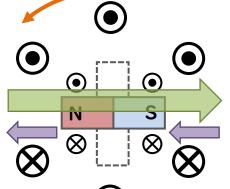
→増磁作用

端子電圧Vに対して電機子電流/が 進み(負荷が容量性)



回転子が電機子電流 より遅れている

→電機子電流が進み



回転磁界が 固定子の磁界が 弱める

→減磁作用



同期機の電機子反作用(まとめ)



電機子反作用とは、界磁磁束(同期機の回転子の磁束)を 電機子電流(同期機の固定子の電流)が生じる磁束で変化させること

直軸反作用

增磁作用:発電機→進相電流、電動機→遅相電流

減磁作用:発電機→遅相電流、電動機→進相電流

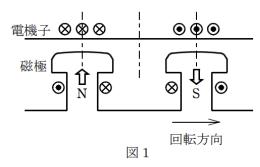
横軸反作用:交さ磁気作用(電圧と電流が同相)

H26 問5

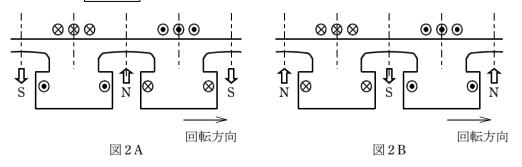


問5 次の文章は、三相同期発電機の電機子反作用に関する記述である。

三相同期発電機の電機子巻線に電流が流れると、この電流によって電機子 反作用が生じる。図1は、力率1の電機子電流が流れている場合の電機子反作用 を説明する図である。電機子電流による磁束は、図の各磁極の 界磁電流による磁束を減少させ,反対側では増加させる交差磁化作用を起こす。



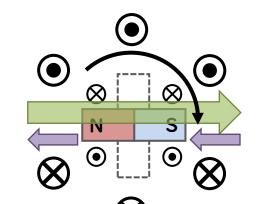
次に遅れ力率 0 の電機子電流が流れた場合を考える。このときの磁極と電機子 電流との関係は、図2 となる。このとき、N及びS両磁極の磁束は いずれも する。進み力率0の電機子電流のときには逆になる。



電機子反作用によるこれらの作用は、等価回路において電機子回路に直列に 接続された (x) として扱うことができる。

上記の記述中の空白箇所(7), (4), (9)及び(x)に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(I)
(1)	右	A	減少	リアクタンス
(2)	右	В	増加	リアクタンス
(3)	左	A	減少	抵抗
(4)	左	В	減少	リアクタンス
(5)	左	A	増加	抵抗



固定子の磁界が 回転子の磁界を 弱める

→減磁作用

回転子の回転方向

回転子の磁界

固定子の磁界

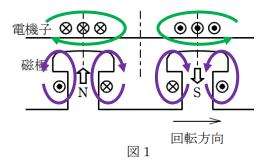
(電機子反作用)

H26 問5

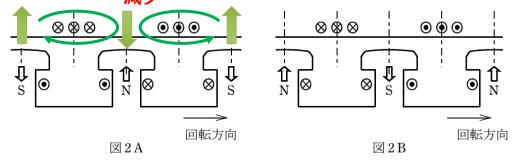


問5 次の文章は、三相同期発電機の電機子反作用に関する記述である。

三相同期発電機の電機子巻線に電流が流れると、この電流によって電機子 反作用が生じる。図1は、力率1の電機子電流が流れている場合の電機子反作用 を説明する図である。電機子電流による磁束は、図の各磁極の (ア) 側では 界磁電流による磁束を減少させ、反対側では増加させる交差磁化作用を起こす。



次に遅れ力率 0 の電機子電流が流れた場合を考える。このときの磁極と電機子電流との関係は、図 2 \bigcirc (4) \bigcirc となる。このとき、N 及び S 両磁極の磁束はいずれも \bigcirc (5) \bigcirc (5) \bigcirc (5) \bigcirc (6) \bigcirc (7) \bigcirc (7) \bigcirc (8) \bigcirc (8) \bigcirc (8) \bigcirc (9) \bigcirc (9) \bigcirc (10) \bigcirc (1



電機子反作用によるこれらの作用は、等価回路において電機子回路に直列に接続された (エ) として扱うことができる。

リアクタンス

上記の記述中の空白箇所(r), (1), (2) 及び(2) に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(1)
(1)	右	A	減少	リアクタンス
(2)	右	В	増加	リアクタンス
(3)	左	A	減少	抵抗
(4)	左	В	減少	リアクタンス
(5)	左	A	増加	抵抗

H30 問5



問5 次の文章は、同期発電機の種類と構造に関する記述である。

同期発電機では一般的に、小容量のものを除き電機子巻線は (7) に設けて、導体の絶縁が容易であり、かつ、大きな電流が取り出せるようにしている。 界磁巻線は (1) に設けて、直流の励磁電流が供給されている。

比較的 (ウ) の水車を原動機とした水車発電機は,50 Hz 又は60 Hz の商用周波数を発生させるために磁極数が多く,回転子の直径が軸方向に比べて大きく作られている。

蒸気タービン等を原動機としたタービン発電機は, (エ) で運転されるため, 回転子の直径を小さく, 軸方向に長くした横軸形として作られている。磁極は回転軸と一体の鍛鋼又は特殊鋼で作られ, スロットに巻線が施される。回転子の形状から (オ) 同期機とも呼ばれる。

上記の記述中の空白箇所(\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}) 及び(\mathcal{F}) に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(\mathcal{F}) のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(I)	(才)
(1)	固定子	回転子	高速度	高速度	突極形
(2)	回転子	固定子	高速度	低速度	円筒形
(3)	回転子	固定子	低速度	低速度	突極形
(4)	回転子	固定子	低速度	高速度	円筒形
(5)	固定子	回転子	低速度	高速度	円筒形

H30 問5



問5 次の文章は、同期発電機の種類と構造に関する記述である。 固定子

同期発電機では一般的に, 小容量のものを除き電機子巻線は けて, 導体の絶縁が容易であり、かつ、大きな電流が取り出せるようにしている。 **回転子** に設けて,直流の励磁電流が供給されている。

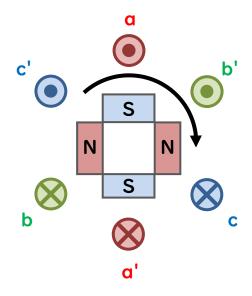
比較的 の水車を原動機とした水車発電機は、50 Hz 又は60 Hz の商 用周波数を発生させるために磁極数が多く、回転子の直径が軸方向に比べて大き く作られている。

蒸気タービン等を原動機としたタービン発電機は, で運転される ため、回転子の直径を小さく、軸方向に長くした横軸形として作られている。磁 極は回転軸と一体の鍛鋼又は特殊鋼で作られ、スロットに巻線が施される。回転 子の形状から 同期機とも呼ばれる。 円筒

上記の記述中の空白箇所(r), (1), (1), (2) 及び(2) に当てはまる組合せとし て、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

		(7)	(1)	(ウ)	(I)	(才)
	(1)	固定子	回転子	高速度	高速度	突極形
	(2)	回転子	固定子	高速度	低速度	円筒形
	(3)	回転子	固定子	低速度	低速度	突極形
	(4)	回転子	固定子	低速度	高速度	円筒形
((5)	固定子	回転子	低速度	高速度	円筒形

突極形

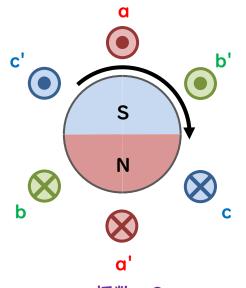


極数:多い 回転速度:低い

用途:水車発電機

誘導起電力の周波数fは

円筒形



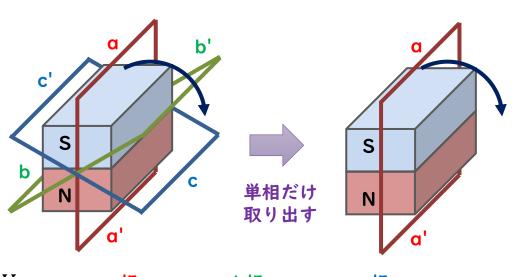
極数:2 回転速度:高い

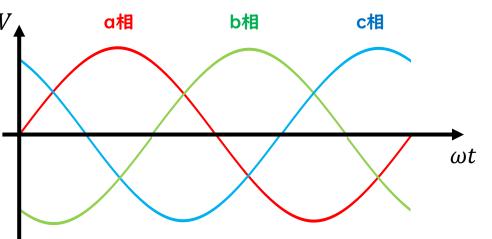
用途:タービン発電機 (火力発電用)

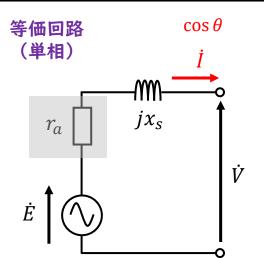
p:極数N:回転子の回転速度[min⁻¹]

同期発電機の等価回路









無負荷誘導起電力: E[V]

電験三種では 電機子巻線抵抗: $r_a[\Omega]$ – ほぼ無視

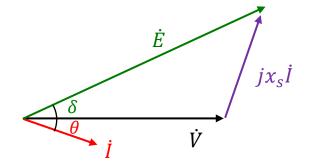
同期リアクタンス: $x_{c}[\Omega]$

端子電圧:V[V]

電機子電流: / [A] _ 接続される負荷

力率: $\cos \theta$

$$\dot{E} = r_a \dot{I} + j x_s \dot{I} + \dot{V} \sim j x_s \dot{I} + \dot{V}$$



電流や電圧の計算は ベクトル図から行う!

同期発電機の出力(有効電力)P $P = 3VI\cos\theta$ [W]

負荷角8:無負荷誘導起電力と端子電圧の位相差 →負荷をつないだことによる誘導起電力の位相変化

H22 問 15



問15 1相当たりの同期リアクタンスが1 [Ω] の三相同期発電機が無負荷電圧 346 [V] (相電圧 200 [V])を発生している。そこに抵抗器負荷を接続すると 電圧が300 [V] (相電圧173 [V])に低下した。次の(a)及び(b)に答えよ。 ただし,三相同期発電機の回転速度は一定で,損失は無視するものとする。

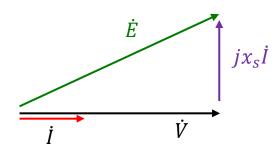
- (a) 電機子電流 [A] の値として、最も近いのは次のうちどれか。
 - (1) 27
- (2) 70
- (3) 100
- (4) 150
- (5) 173
- (b) 出力 [kW] の値として、最も近いのは次のうちどれか。
 - (1) 24
- (2) 30
- (3) 52
- (4) 60
- (5) 156

H22 問 15



問15 1相当たりの同期リアクタンスが 1 [Ω] の三相同期発電機が無負荷電圧 346 [V] (相電圧 200 [V])を発生している。そこに抵抗器負荷を接続すると 電圧が 300 [V] (相電圧 173 [V])に低下した。次の(a)及び(b)に答えよ。 ただし,三相同期発電機の回転速度は一定で,損失は無視するものとする。

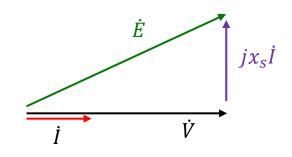
- (a) 電機子電流 [A] の値として、最も近いのは次のうちどれか。
 - (1) 27
- (2) 70
- (3) 100
- (4) 150
- (5) 173
- (b) 出力 [kW] の値として、最も近いのは次のうちどれか。
 - (1) 24
- (2) 30
- (3) 52
- (4) 60
- (5) 156



H22 問 15



問15 1相当たりの同期リアクタンスが1 [Ω] の三相同期発電機が無負荷電圧 346 [V] (相電圧 200 [V])を発生している。そこに抵抗器負荷を接続すると 電圧が300 [V] (相電圧173 [V])に低下した。次の(a)及び(b)に答えよ。 ただし、三相同期発電機の回転速度は一定で、損失は無視するものとする。



- (a) 電機子電流 [A] の値として、最も近いのは次のうちどれか。
 - (1) 27
- (2) 70
- (3) 100
- (4) 150
- (5) 173
- (b) 出力 [kW] の値として、最も近いのは次のうちどれか。
 - (1) 24
- (2) 30
- (3) 52
- (4) 60
- (5) 156

$$x_s I = \sqrt{200^2 - 173^2} = 100.4 \text{ V} \rightarrow I = \frac{100.4}{x_s} = \frac{100.4}{1} = 100.4 \text{ A}$$

$$P = 3VI = 3 \times 173 \times 100.4 = 52108 = 52.1 \text{ kW}$$

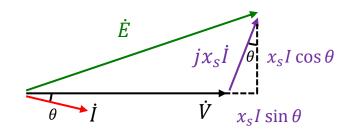
 $\dot{E} = \dot{V} + j x_{\rm s} \dot{I}$



- 問15 定格出力 3 300 kV·A, 定格電圧 6 600 V, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続 1 相当たりの同期リアクタンスは 12.0 Ωである。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の(a) 及び(b) の問に答えよ。
 - (a) 定格運転時における 1 相当たりの内部誘導起電力の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 3 460
- (2) 3 8 1 0
- (3) 6 170
- (4) 7 090
- (5) 8690
- (b) 上記の発電機の励磁を定格状態に保ったまま運転し、星形結線 1 相当たりのインピーダンスが $13+j5\Omega$ の平衡三相誘導性負荷を接続した。このときの発電機端子電圧の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 3810
- (2) 4 010
- (3) 5 9 9 0
- (4) 6600
- (5) 6 950



問15 定格出力 3 300 kV·A, 定格電圧 6 600 V, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続 1 相当たりの同期リアクタンスは 12.0 Ωである。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の(a) 及び(b) の問に答えよ。



- (a) 定格運転時における1相当たりの内部誘導起電力の値 [V] として、最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
- (1) 3460
- (2) 3810
- (3) 6 170
- (4) 7 090
- (5) 8690
- (b) 上記の発電機の励磁を定格状態に保ったまま運転し、星形結線 1 相当たりのインピーダンスが $13+j5\Omega$ の平衡三相誘導性負荷を接続した。このときの発電機端子電圧の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 3810
- (2) 4 010
- (3) 5 990
- (4) 6600
- (5) 6 9 5 0



- 問15 定格出力 3 300 kV·A, 定格電圧 6 600 V, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続 1 相当たりの同期リアクタンスは 12.0 Ωである。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の(a) 及び(b) の間に答えよ。
 - (a) 定格運転時における1相当たりの内部誘導起電力の値 [V] として、最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 3460
- (2) 3810
- (3) 6 170
- (4) 7 090
- (5) 8690
- (b) 上記の発電機の励磁を定格状態に保ったまま運転し、星形結線 1 相当たりのインピーダンスが $13+j5\Omega$ の平衡三相誘導性負荷を接続した。このときの発電機端子電圧の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
- (1) 3810
- (2) 4010
- (3) 5 990
- (4) 6600
- (5) 6950

$$\frac{\dot{E}}{\partial \dot{I}} \frac{\dot{y}}{\dot{x}_{s}I} \cos \theta$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}V} = \frac{3300 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6600} = 289 \text{ A}$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0.9^2} = 0.436$$

$$\dot{E} = \dot{V} + j x_s \dot{I}$$

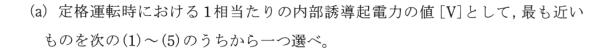
$$E = \sqrt{(V + x_s I \sin \theta)^2 + (x_s I \cos \theta)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{6600}{\sqrt{3}} + 12 \times 289 \times 0.436\right)^2 + (12 \times 289 \times 0.9)^2}$$

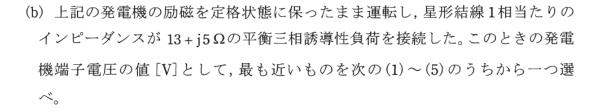
$$= 6170 \text{ V}$$



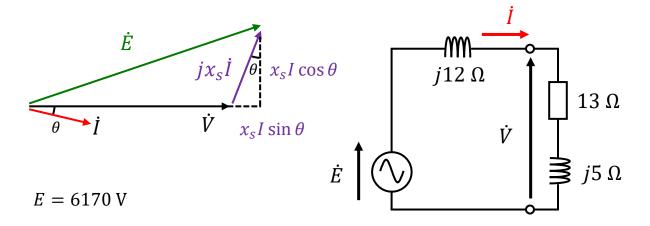
問15 定格出力 3 300 kV·A, 定格電圧 6 600 V, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続 1 相当たりの同期リアクタンスは 12.0 Ωである。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の(a) 及び(b) の問に答えよ。



- (1) 3460
- (2) 3 8 1 0
- (3) 6 170
- (4) 7 090
- (5) 8690

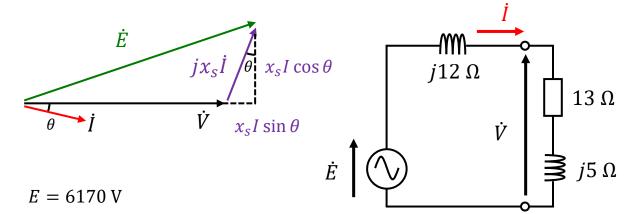


- (1) 3810
- (2) 4 010
- (3) 5 990
- (4) 6600
- (5) 6 9 5 0





- 問15 定格出力 3 300 kV·A, 定格電圧 6 600 V, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続 1 相当たりの同期リアクタンスは 12.0 Ωである。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の (a) 及び (b) の間に答えよ。
 - (a) 定格運転時における1相当たりの内部誘導起電力の値 [V] として、最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 3460
- (2) 3810
- (3) 6 170
- (4) 7090
- (5) 8690
- (b) 上記の発電機の励磁を定格状態に保ったまま運転し、星形結線 1 相当たりのインピーダンスが $13+j5\Omega$ の平衡三相誘導性負荷を接続した。このときの発電機端子電圧の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
- (1) 3810
- (2) 4010
- (3) 5 990
- (4) 6600
- (5) 6 950



$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{\dot{Z} + ix_c} = \frac{\dot{E}}{13 + i5 + i12} = \frac{\dot{E}}{13 + i17}$$

$$\dot{V} = \dot{Z}\dot{I} = (13 + j5) \times \frac{\dot{E}}{13 + j17} = \frac{13 + j5}{13 + j17}\dot{E}$$

$$V = \frac{|13 + j5|}{|13 + j17|} |\dot{E}| = \frac{\sqrt{13^2 + 5^2}}{\sqrt{13^2 + 17^2}} \times 6170$$

$$= \frac{13.9}{21.4} \times 6170 = 4008 \,\mathrm{V}$$



- 問15 定格出力 3 300 kV·A, 定格電圧 6 600 V, 定格力率 0.9 (遅れ) の非突極形三相同期発電機があり, 星形接続 1 相当たりの同期リアクタンスは 12.0 Ωである。電機子の巻線抵抗及び磁気回路の飽和は無視できるものとして, 次の (a) 及び (b) の間に答えよ。
 - (a) 定格運転時における 1 相当たりの内部誘導起電力の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 3460
- (2) 3810
- (3) 6 17
- (4) 7 0 9 0
- (5) 8690
- (b) 上記の発電機の励磁を定格状態に保ったまま運転し、星形結線 1 相当たりのインピーダンスが $13+j5\Omega$ の平衡三相誘導性負荷を接続した。このときの発電機端子電圧の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
- (1) 3810
- (2) 4 010
- (3) 5 990
- (4) 6 600
- (5) 6 950

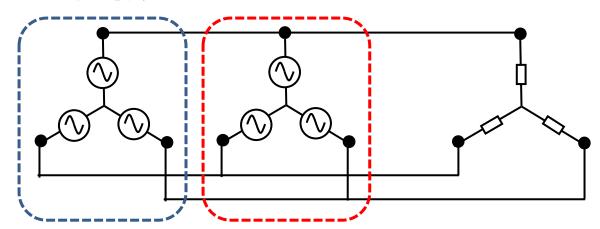


同期発電機の並列運転

同期発電機の並列運転



同期発電機 A 同期発電機 B



それぞれの同期発電機の起電力の

- ・大きさが等しい →回転子の界磁巻線の励磁電流で調整
- ・位相が一致している →回転子の回転速度を調整
- ・周波数が等しい

→回転子の回転速度を調整

- ・相順が等しい
- ※電圧波形(瞬時値)が同じである必要がある

R04上 問4



問4 次の文章は、三相同期発電機の並行運転に関する記述である。

ある母線に同期発電機 A を接続して運転しているとき、同じ母線に同期発電機 B を並列に接続するには、同期発電機 A、B の (7) の大きさが等しくそれらの位相が一致していることが必要である。 (7) の大きさを等しくするには B の (4) 電流を、位相を一致させるには B の原動機の (b) を調整する。位相が一致しているかどうかの確認には (x) が用いられる。

並行運転中に両発電機間で (ア) の位相が等しく大きさが異なるとき, 両発電機間を (オ) 横流が循環する。これは電機子巻線の抵抗損を増加させ, 巻線を加熱させる原因となる。

上記の記述中の空白箇所(r)~(t)に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(I)	(才)
(1)	起電力	界磁	極数	位相検定器	有効
(2)	起電力	界磁	回転速度	同期検定器	無効
(3)	起電力	電機子	極数	位相検定器	無効
(4)	有効電力	界磁	回転速度	位相検定器	有効
(5)	有効電力	電機子	極数	同期検定器	無効

R04上 問4

問4 次の文章は、三相同期発電機の並行運転に関する記述である。

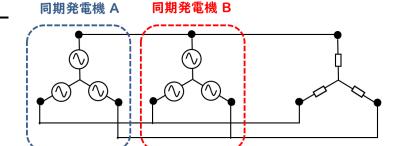
ある母線に同期発電機 A を接続して運転しているとき、同じ母線に同期発電機 B を並列に接続するには、同期発電機 A, B の 起電力 の大きさが等しくそれらの位相が一致していることが必要である。 (7) の大きさを等しくするには B の 電流を、位相を一致させるには B の原動機の (ウ) を調整する。位相が一致しているかどうかの確認には (エ) が用いられる。 で転速度 並行運転中に両発電機間で (ア) の位相が等しく大きさが異なるとき、両発電機間を (オ) 横流が循環する。これは電機子巻線の抵抗損を増加させ、巻線を加熱させる原因となる。

上記の記述中の空白箇所(r)~(t)に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(エ)	(4)
(1)	起電力	界磁	極数	位相検定器	有効
(2)	起電力	界磁	回転速度	同期検定器	無効
(3)	起電力	電機子	極数	位相検定器	無効
(4)	有効電力	界磁	回転速度	位相検定器	有効
(5)	有効電力	電機子	極数	同期検定器	無効

同期発電機の並列運転





それぞれの同期発電機の起電力の

- ・大きさが等しい →回転子の界磁巻線の励磁電流で調整
- ・位相が一致している →回転子の回転速度を調整 ・周波数が等しい →回転子の回転速度を調整
- ・相順が等しい

※電圧波形(瞬時値)が同じである必要がある

界磁電流→磁束を決める→誘導起電力の大きさを決める

位相の微調整→回転速度による

※極数は連続的に調整できない

H29 問4



問4 次の文章は、三相同期発電機の並行運転に関する記述である。

既に同期発電機 A が母線に接続されて運転しているとき、同じ母線に同期発電機 B を並列に接続するために必要な条件又は操作として、誤っているものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

- (1) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の相回転方向が一致していること。同期 発電機 B の設置後又は改修後の最初の運転時に相回転方向の一致を確認すれ ば、その後は母線への並列のたびに相回転方向を確認する必要はない。
- (2) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の位相を合わせるために,同期発電機 B の駆動機の回転速度を調整する。
- (3) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の大きさを等しくするために、同期発電機 B の励磁電流の大きさを調整する。
- (4) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の波形をほぼ等しくするために、同期発電機 B の励磁電流の大きさを変えずに励磁電圧の大きさを調整する。
- (5) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の位相の一致を検出するために,同期検 定器を使用するのが一般的であり,位相が一致したところで母線に並列する遮 断器を閉路する。

H29 問4



問4 次の文章は、三相同期発電機の並行運転に関する記述である。

既に同期発電機 A が母線に接続されて運転しているとき、同じ母線に同期発電機 B を並列に接続するために必要な条件又は操作として、誤っているものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

- (1) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の相回転方向が一致していること。同期 発電機 B の設置後又は改修後の最初の運転時に相回転方向の一致を確認すれ ば、その後は母線への並列のたびに相回転方向を確認する必要はない。
- (2) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の位相を合わせるために,同期発電機 B の駆動機の回転速度を調整する。
- (3) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の大きさを等しくするために、同期発電機 B の励磁電流の大きさを調整する。
- (4) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の波形をほぼ等しくするために、同期発電機 B の励磁電流の大きさを変えずに励磁電圧の大きさを調整する。
- (5) 母線電圧と同期発電機 B の端子電圧の位相の一致を検出するために,同期検 定器を使用するのが一般的であり,位相が一致したところで母線に並列する遮 断器を閉路する。

誘導起電力の調整は励磁電流による



- 問 15 並行運転している A 及び B の 2 台の三相同期発電機がある。それぞれの発電機の負荷分担が同じ $7300\,\mathrm{kW}$ であり、端子電圧が $6600\,\mathrm{V}$ のとき、三相同期発電機 A の負荷電流 I_A が $1000\,\mathrm{A}$ 、三相同期発電機 B の負荷電流 I_B が $800\,\mathrm{A}$ であった。損失は無視できるものとして、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。
 - (a) 三相同期発電機 A の力率の値[%]として,最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 48
- (2) 64
- (3) 67
- (4) 77
- (5) 80
- (b) 2 台の発電機の合計の負荷が調整の前後で変わらずに一定に保たれているものとして、この状態から三相同期発電機 A 及び B の励磁及び駆動機の出力を調整し、三相同期発電機 A の負荷電流は調整前と同じ $1000\,A$ とし、力率は $100\,\%$ とした。このときの三相同期発電機 B の力率の値[%]として、最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

ただし、端子電圧は変わらないものとする。

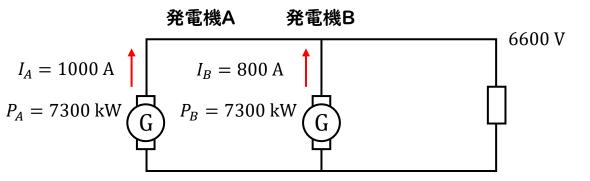
- (1) 22
- (2) 50
- (3) 71
- (4) 87
- (5) 100



- 問 15 並行運転している A 及び B の 2 台の三相同期発電機がある。それぞれの発電機の負荷分担が同じ $7300\,\mathrm{kW}$ であり、端子電圧が $6600\,\mathrm{V}$ のとき、三相同期発電機 A の負荷電流 I_A が $1000\,\mathrm{A}$ 、三相同期発電機 B の負荷電流 I_B が $800\,\mathrm{A}$ であった。損失は無視できるものとして、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。
 - (a) 三相同期発電機 A の力率の値[%]として、最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 48
- (2) 64
- (3) 67
- (4) 77
- (5) 80
- (b) 2 台の発電機の合計の負荷が調整の前後で変わらずに一定に保たれているものとして、この状態から三相同期発電機 A 及び B の励磁及び駆動機の出力を調整し、三相同期発電機 A の負荷電流は調整前と同じ 1000 A とし、力率は100%とした。このときの三相同期発電機 B の力率の値[%]として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、端子電圧は変わらないものとする。

- (1) 22
- (2) 50
- (3) 71
- (4) 87
- (5) 100



(a)

発電機Aの皮相電力をSA求める

$$S_A = \sqrt{3}VI_A = \sqrt{3} \times 6600 \times 1000 = 11432 \text{ kVA}$$

発電機Aの力率 $\cos \theta_A$ 求める

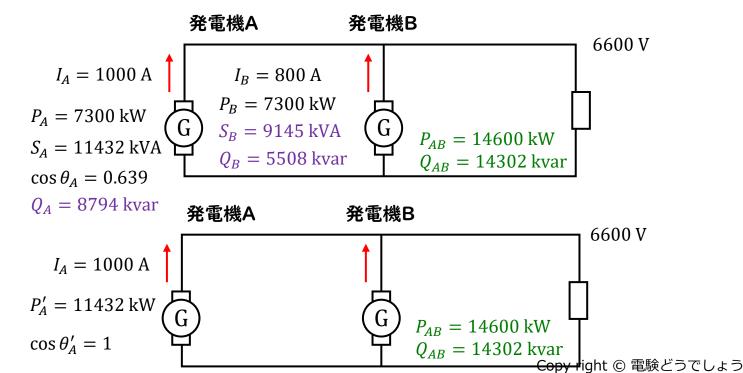
$$\cos \theta_A = \frac{P_A}{S_A} = \frac{7300}{11432} = 0.639 \rightarrow 63.9 \%$$



(b) 2 台の発電機の合計の負荷が調整の前後で変わらずに一定に保たれているものとして、この状態から三相同期発電機 A 及び B の励磁及び駆動機の出力を調整し、三相同期発電機 A の負荷電流は調整前と同じ 1000 A とし、力率は100%とした。このときの三相同期発電機 B の力率の値[%]として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、端子電圧は変わらないものとする。

- (1) 22
- (2) 50
- (3) 71
- (4) 87
- (5) 100



$$Q_A = S_A \sqrt{1 - \cos^2 \theta_A} = 11432 \times \sqrt{1 - 0.639^2} = 8794 \text{ kvar}$$

$$S_B = \sqrt{3}VI_B = \sqrt{3} \times 6600 \times 800 = 9145 \text{ kVA}$$

 $Q_B = \sqrt{S_B^2 - P_B^2} = \sqrt{9145^2 - 7300^2} = 5508 \text{ kvar}$

$$P_{AB} = 7300 + 7300 = 14600 \text{ kW}$$

 $Q_{AB} = 8794 + 5508 = 14302 \text{ kvar}$

$$P_A' = S_A \cos \theta_A' = S_A \times 1 = 11432 \text{ kW}$$

$$P_B' = P_{AB} - P_A' = 14600 - 11432 = 3168 \text{ kW}$$

$$Q'_B = Q_{AB} = 14302 \text{ kvar}$$

$$S_B' = \sqrt{P_B'^2 + Q_B'^2} = \sqrt{3168^2 + 14302^2} = 14649 \text{ kVA}$$

$$\cos \theta_B' = \frac{P_B'}{S_B} = \frac{3168}{14649} = 0.216 \rightarrow 21.6 \%$$



- 問 15 並行運転している A 及び B の 2 台の三相同期発電機がある。それぞれの発電機の負荷分担が同じ $7300\,\mathrm{kW}$ であり、端子電圧が $6600\,\mathrm{V}$ のとき、三相同期発電機 A の負荷電流 I_A が $1000\,\mathrm{A}$ 、三相同期発電機 B の負荷電流 I_B が $800\,\mathrm{A}$ であった。損失は無視できるものとして、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。
 - (a) 三相同期発電機 A の力率の値[%]として,最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 48
- (2) 6
- (3) 67
- (4) 77
- (5) 80
- (b) 2 台の発電機の合計の負荷が調整の前後で変わらずに一定に保たれているものとして、この状態から三相同期発電機 A 及び B の励磁及び駆動機の出力を調整し、三相同期発電機 A の負荷電流は調整前と同じ 1000 A とし、力率は100%とした。このときの三相同期発電機 B の力率の値[%]として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、端子電圧は変わらないものとする。

- (1) 22
- (2) 50
- (3) 71
- (4) 87
- (5) 100



%インピーダンス

同期機に関する%インピーダンス



基準インピーダンス

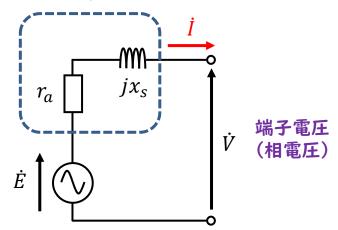
$$Z_{BASE} = \frac{\left($$
線間電圧 $\right)^2}{\left($ 定格電力 $\right)} = \frac{V_n^2}{S_n} = \frac{\left($ 相電圧 $\right)}{\left($ 定格電流 $\right)} = \frac{V_n/\sqrt{3}}{I_n} = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_n}$ $= \frac{V_n}{\sqrt{3}I_n}$ $= \frac{V_n/\sqrt{3}}{Z_{BASE}} \times \frac{Z_{BASE}}{V_n/\sqrt{3}} \times \frac{Z_{BASE}}{Z_{BASE}} \times \frac{V_n/\sqrt{3}}{Z_{BASE}} \times \frac{Z}{V_n/\sqrt{3}} = 100 \times \frac{V_n/\sqrt{3}}{Z_{BASE}} \times \frac{Z}{V_n/\sqrt{3}}$ %インピーダンス

%
$$Z = \frac{(\mathbf{\xi} \mathbf{1} \mathbf{\lambda} \mathbf{l}^2 - \mathbf{g}^2 \mathbf{\lambda} \mathbf{\lambda})}{(\mathbf{\xi}^2 \mathbf{l}^2 \mathbf{l}^2 \mathbf{l}^2 \mathbf{l}^2 \mathbf{k}^2 \mathbf{\lambda})} \times 100 = \frac{Z}{Z_{BASE}} \times 100 [\%]$$

$$\%Z = \frac{z}{Z_{BASE}} \times 100 = 100 \times \frac{z}{Z_{BASE}} \times \frac{V_n/\sqrt{3}}{V_n/\sqrt{3}}$$
$$= 100 \times \frac{V_n/\sqrt{3}}{Z_{BASE}} \times \frac{z}{V_n/\sqrt{3}} = 100 \times \frac{V_n/\sqrt{3}}{Z_{BASE}} \times \frac{z}{V_n/\sqrt{3}}$$

等価回路(単相)

z:同期インピーダンス



<%インピーダンスの単位法による表現>

→XX%を0.XXとすればよい

実際の計算では

$$I [p.u.] = \frac{I}{I_n}$$
 \longrightarrow $I = I_n$ なら $I [p.u.] = 1$ p.u. $V [p.u.] = \frac{V}{V_n (相電圧)}$ \longrightarrow $V = V_n$ なら $V [p.u.] = 1$ p.u. $Z [p.u.] = \frac{Z}{Z_{BASE}}$ \longrightarrow % Z が分かっていたら $Z [p.u.] = \% \frac{Z}{100}$ p.u.



問 6 定格出力 $3\,000\,\mathrm{kV}\cdot\mathrm{A}$, 定格電圧 $6\,000\,\mathrm{V}$ の星形結線三相同期発電機の同期インピーダンスが $6.90\,\Omega$ のとき, 百分率同期インピーダンス[%]はいくらか, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(1) 19.2

(2) 28.8

(3) 33.2

(4) 57.5

(5) 99.6



問 6 定格出力 $3\,000\,\mathrm{kV}\cdot\mathrm{A}$, 定格電圧 $6\,000\,\mathrm{V}$ の星形結線三相同期発電機の同期インピーダンスが $6.90\,\Omega$ のとき, 百分率同期インピーダンス[%]はいくらか, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 19.2
- (2) 28.8
- (3) 33.2
- (4) 57.5
- (5) 99.6

$$Z_{BASE} = \frac{($$
 (線間電圧) $^2}{($ (定格電力) $} = \frac{V_n^2}{S_n} = \frac{($ (相電圧) $}{($ (定格電流) $} = \frac{V_n/\sqrt{3}}{I_n} = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_n}$

%
$$Z = \frac{(\mathbf{\xi} \mathbf{1} \mathbf{\mathcal{L}} \mathbf{\mathcal{L}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}})}{(\mathbf{\xi} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}} \mathbf{\mathcal{I}})} \times 100 = \frac{Z}{Z_{BASE}} \times 100 [\%]$$



問 6 定格出力 $3\,000\,\mathrm{kV}\cdot\mathrm{A}$, 定格電圧 $6\,000\,\mathrm{V}$ の星形結線三相同期発電機の同期インピーダンスが $6.90\,\Omega$ のとき、百分率同期インピーダンス[%]はいくらか、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 19.2
- (2) 28.8
- (3) 33.2
- (4) 57.5
- (5) 99.6

$$Z_{BASE} = \frac{V_n/\sqrt{3}}{I_n} = \frac{V_n^2}{S_n} = \frac{6000^2}{3000 \times 10^3} = 12 \Omega$$

$$\%Z = \frac{Z}{Z_{BASE}} \times 100 = \frac{6.9}{12} \times 100 = 57.5 \%$$

基準インピーダンス

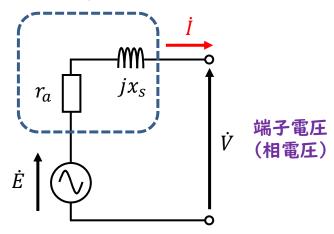
$$Z_{BASE} = \frac{(線間電圧)^2}{(定格電力)} = \frac{V_n^2}{S_n} = \frac{(相電圧)}{(定格電流)} = \frac{V_n/\sqrt{3}}{I_n} = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_n}$$

%インピーダンス

%
$$Z = \frac{(\mathbf{\xi} \mathbf{1})\mathcal{L} - \mathbf{y} \mathbf{z}}{(\mathbf{\xi} \mathbf{1})\mathcal{L} - \mathbf{y} \mathbf{z})} \times 100 = \frac{Z}{Z_{BASE}} \times 100 [\%]$$

等価回路(単相)

z:同期インピーダンス



H27 問4



問4 定格電圧,定格電流,力率 1.0 で運転中の三相同期発電機がある。百分率 同期インピーダンスは 85 %である。励磁電流を変えないで無負荷にしたとき,この発電機の端子電圧は定格電圧の何倍になるか。最も近いものを次の(1)~(5) のうちから一つ選べ。

ただし、電機子巻線抵抗と磁気飽和は無視できるものとする。

- (1) 1.0
- (2) 1.1
- (3) 1.2
 - (4) 1.3
- (5) 1.4

H27 問4



問4 定格電圧,定格電流,力率 1.0 で運転中の三相同期発電機がある。百分率同期インピーダンスは85%である。励磁電流を変えないで無負荷にしたとき,この発電機の端子電圧は定格電圧の何倍になるか。最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、電機子巻線抵抗と磁気飽和は無視できるものとする。

- (1) 1.0
- (2) 1.1
- (3) 1.2
- (4) 1.3
- (5) 1.4

<%インピーダンスの単位法による表現>

→XX%を0.XXとすればよい

実際の計算では

H27 問4



問4 定格電圧,定格電流,力率 1.0 で運転中の三相同期発電機がある。百分率 同期インピーダンスは 85 %である。励磁電流を変えないで無負荷にしたとき, この発電機の端子電圧は定格電圧の何倍になるか。最も近いものを次の(1)~(5) のうちから一つ選べ。

ただし、電機子巻線抵抗と磁気飽和は無視できるものとする。



(2) 1.1

(3) 1.2



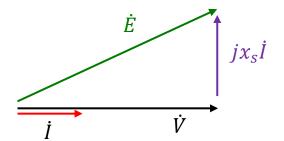
(5) 1.4

<%インピーダンスの単位法による表現>

→XX%を0.XXとすればよい

実際の計算では

$$I [p.u.] = \frac{I}{I_n}$$
 $\qquad \qquad I = I_n$ なら $I [p.u.] = 1$ p.u. $V [p.u.] = \frac{V}{V_n (相電圧)}$ $\qquad \qquad V = V_n$ なら $V [p.u.] = 1$ p.u. $Z [p.u.] = \frac{Z}{Z_{BASE}}$ $\qquad \qquad \qquad \% Z$ が分かっていたら $Z [p.u.] = \% \frac{Z}{100}$ p.u.



定格電圧(相電圧)V = 1 p. u.定格電流 I = 1 p. u.同期インピーダンス z = 0.85 p. u.

$$E = \sqrt{V^2 + (x_s I)^2} = \sqrt{1^2 + (0.85 \times 1)^2}$$
$$= \sqrt{1 + 0.72} = 1.31 \text{ p. u.}$$

H30 問6



問 6 定格容量 $P[kV\cdot A]$, 定格電圧 V[V]の星形結線の三相同期発電機がある。電機子電流が定格電流の 40 %, 負荷力率が遅れ 86.6 % $(\cos 30^\circ = 0.866)$, 定格電圧でこの発電機を運転している。このときのベクトル図を描いて,負荷角 δ の値 $[^\circ]$ として,最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

ただし、この発電機の電機子巻線の1相当たりの同期リアクタンスは単位法で 0.915 p.u., 1 相当たりの抵抗は無視できるものとし、同期リアクタンスは磁気飽 和等に影響されず一定であるとする。

(1) 0 (2) 15 (3) 30 (4) 45 (5) 60

H30 問6



問 6 定格容量 $P[kV\cdot A]$, 定格電圧 V[V]の星形結線の三相同期発電機がある。電機子電流が定格電流の 40 %, 負荷力率が遅れ 86.6 % $(\cos 30^\circ = 0.866)$, 定格電圧でこの発電機を運転している。このときのベクトル図を描いて,負荷角 δ の値 $[^\circ]$ として,最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

ただし、この発電機の電機子巻線の1相当たりの同期リアクタンスは単位法で 0.915 p.u., 1 相当たりの抵抗は無視できるものとし、同期リアクタンスは磁気飽和等に影響されず一定であるとする。

 $(1) \ 0$

(2) 15

(3) 30

(4) 45

(5) 60

<%インピーダンスの単位法による表現>

→XX%を0.XXとすればよい

実際の計算では

H30 問6



問 6 定格容量 $P[kV\cdot A]$, 定格電圧 V[V]の星形結線の三相同期発電機がある。電機子電流が定格電流の 40%, 負荷力率が遅れ $86.6\%(\cos 30^\circ = 0.866)$, 定格電圧でこの発電機を運転している。このときのベクトル図を描いて、負荷角 δ の値[$^\circ$] として、最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

ただし、この発電機の電機子巻線の1相当たりの同期リアクタンスは単位法で $0.915 \, \mathrm{p.u.}$ 、1 相当たりの抵抗は無視できるものとし、同期リアクタンスは磁気飽和等に影響されず一定であるとする。

 $(1) \ 0$



(3) 30

(4) 45

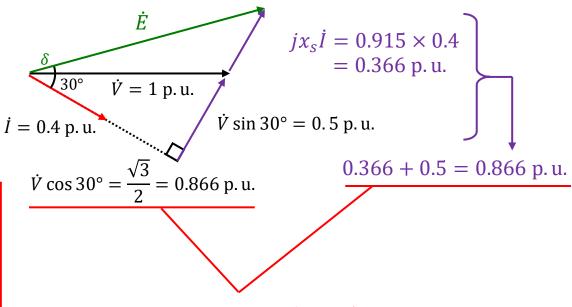
(5) 60

<%インピーダンスの単位法による表現>

→XX%を0.XXとすればよい

実際の計算では

定格電圧(相電圧)V = 1 p. u. 電機子電流 I = 0.4 p. u.



同じ長さ→直角二等辺三角形

$$\delta + 30 = 45^{\circ}$$

 $\delta = 15^{\circ}$



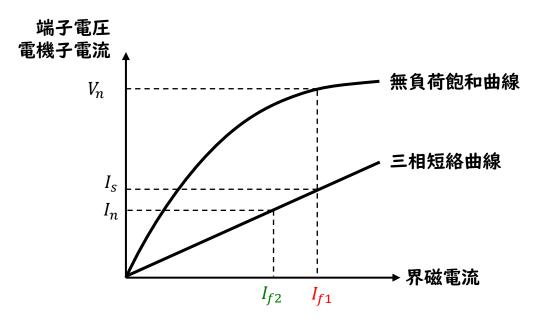
無負荷飽和曲線と三相短絡曲線

無負荷飽和曲線と三相短絡曲線



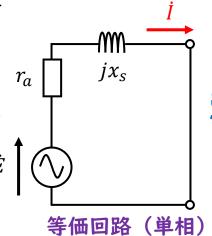


 r_a jx_s 界磁電流を増やして 誘導起電力を増加 \dot{E} \dot{V} 無負荷で端子電圧 を測定



三相短絡曲線

界磁電流を増やして 誘導起電力を増加



等価回路 (単相)

出力端子を短絡して 電機子電流を測定 短絡比 $K_{S}=rac{\left(oldsymbol{eta}$ 毎時に定格電圧を発生させる界磁電流 $I_{f1}
ight)}{\left(短絡時に定格電流を発生させる界磁電流 <math>I_{f2}
ight)}$

短絡比水。と%Zの関係

$$K_S = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{I_S}{I_n} = \frac{100}{\%Z}$$

H2 I 問5



問5 定格出力5000 [kV·A], 定格電圧6600 [V] の三相同期発電機がある。 無負荷時に定格電圧となる励磁電流に対する三相短絡電流(持続短絡電流)は, 500 [A] であった。この同期発電機の短絡比の値として, 最も近いのは次の うちどれか。

(1) 0.660

(2) 0.875

(3) 1.00

(4) 1.14

(5) 1.52

H2 I 問5



問5 定格出力5000 [kV·A], 定格電圧6600 [V]の三相同期発電機がある。 無負荷時に定格電圧となる励磁電流に対する三相短絡電流(持続短絡電流)は, 500 [A] であった。この同期発電機の短絡比の値として, 最も近いのは次の うちどれか。

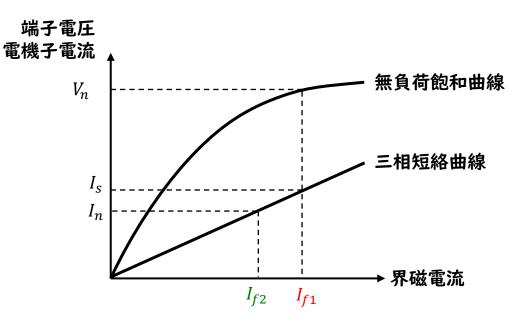
(1) 0.660

(2) 0.875

(3) 1.00

(4) 1.14

(5) 1.52



H2 I 問5



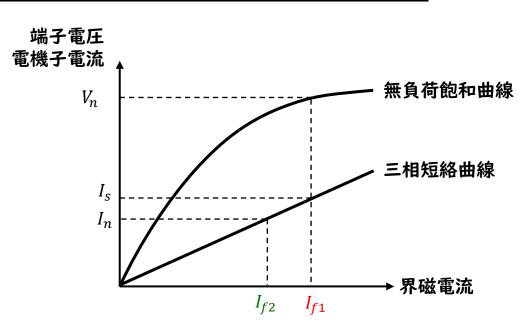
問5 定格出力5000 [kV·A], 定格電圧6600 [V]の三相同期発電機がある。 無負荷時に定格電圧となる励磁電流に対する三相短絡電流(持続短絡電流)は, 500 [A] であった。この同期発電機の短絡比の値として, 最も近いのは次の うちどれか。

- (1) 0.660
- (2) 0.875
- (3) 1.00
- (4) 1.14
- (5) 1.52

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n} = \frac{5000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6600} = 437.4 \text{ A}$$

短絡比 $K_{S}=rac{ig($ 無負荷時に定格電圧を発生させる界磁電流 $I_{f1}ig)}{ig($ 短絡時に定格電流を発生させる界磁電流 $I_{f2}ig)}$

$$K_s = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{I_s}{I_n} = \frac{500}{437.4} = 1.14$$



H25 問6



問6 定格電圧 6.6 [kV], 定格電流 1050 [A] の三相同期発電機がある。この 発電機の短絡比は 1.25 である。

この発電機の同期インピーダンス $[\Omega]$ の値として、最も近いものを次の $(1) \sim (5)$ のうちから一つ選べ。

(1) 0.80 (2) 2.90 (3) 4.54 (4) 5.03 (5) 7.86

|H25 問6



問6 定格電圧 6.6 [kV], 定格電流 1050 [A] の三相同期発電機がある。この 発電機の短絡比は1.25である。

この発電機の同期インピーダンス [Ω] の値として、最も近いものを次の (1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.80
- (3) 4.54 (4) 5.03
- (5) 7.86

短絡比 $K_{s}=rac{\left(無負荷時に定格電圧を発生させる界磁電流 <math>I_{f1}
ight)}{\left(短絡時に定格電流を発生させる界磁電流 <math>I_{f2}
ight)}$

$$K_S = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{I_S}{I_n} \rightarrow I_S = K_S I_n = 1.25 \times 1050 = 1312.5 \text{ A}$$

$$\frac{V_n}{\sqrt{3}} = x_s I_s \to x_s = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_s} = \frac{6600}{\sqrt{3} \times 1312.5} = 2.90 \,\Omega$$

H29 問5



問5 定格出力 10 MV·A, 定格電圧 6.6 kV, 百分率同期インピーダンス 80 %の三相同期発電機がある。三相短絡電流 700 A を流すのに必要な界磁電流が 50 A である場合, この発電機の定格電圧に等しい無負荷端子電圧を発生させるのに必要な界磁電流の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし,百分率同期インピーダンスの抵抗分は無視できるものとする。

(1) 50.0

(2) 62.5

(3) 78.1

(4) 86.6

(5) 135.3

H29 問5



問5 定格出力10 MV·A, 定格電圧6.6 kV, 百分率同期インピーダンス80%の三相同期発電機がある。三相短絡電流700 A を流すのに必要な界磁電流が50 A である場合, この発電機の定格電圧に等しい無負荷端子電圧を発生させるのに必要な界磁電流の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし,百分率同期インピーダンスの抵抗分は無視できるものとする。

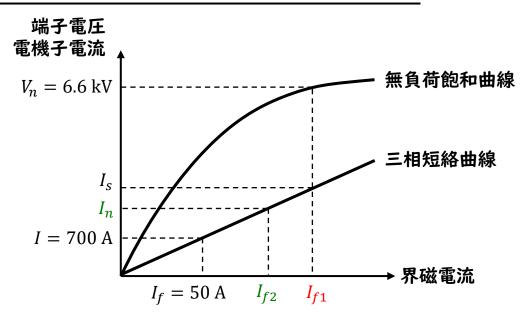
(1) 50.0

(2) 62.5

(3) 78.1

(4) 86.6

(5) 135.3



H29 問5



問5 定格出力10 MV·A, 定格電圧6.6 kV, 百分率同期インピーダンス80%の三相同期発電機がある。三相短絡電流700 A を流すのに必要な界磁電流が50 A である場合, この発電機の定格電圧に等しい無負荷端子電圧を発生させるのに必要な界磁電流の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし,百分率同期インピーダンスの抵抗分は無視できるものとする。

- (1) 50.0
- (2) 62.5
- (3) 78.1
- (4) 86.6
- (5) 135.3

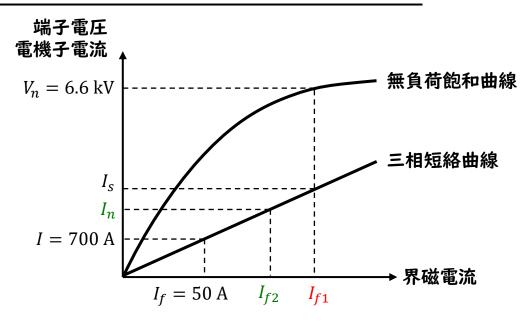
定格電流In

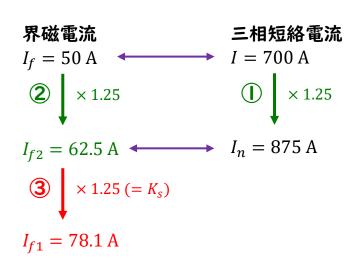
$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n} = \frac{10 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 10^3} = 875 \text{ A}$$

短絡比Ks

$$K_S = \frac{100}{\%Z} = \frac{100}{80} = 1.25$$

短絡比 $K_{S}=rac{\left(無負荷時に定格電圧を発生させる界磁電流 <math>I_{f2}
ight)}{\left(短絡時に定格電流を発生させる界磁電流 <math>I_{f1}
ight)}$



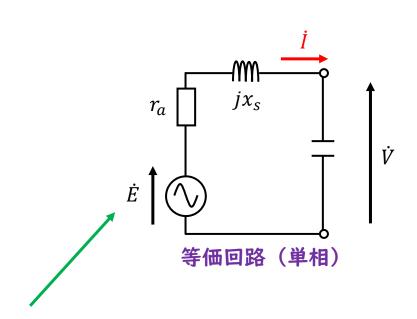




自己励磁現象

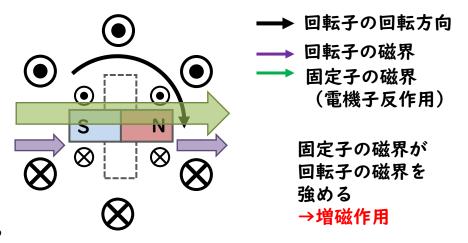
自己励磁現象





端子電圧 端子電圧 発電機の端子電圧 残留磁化による 誘導起電力 電機子電流(進み)

界磁巻線の界磁電流が零でもコンデンサを接続したことで 残留磁化による誘導起電力とコンデンサの進み電流により 誘導起電力が増加していく



H24 問6



問6 次の文章は、同期発電機の自己励磁現象に関する記述である。

同期発電機は励磁電流が零の場合でも残留磁気によってわずかな電圧を発生し、発電機に (ア) 力率の負荷をかけると、その (ア) 電流による電機子反作用は (イ) 作用をするので、発電機の端子電圧は (ウ) する。端子電圧が (ウ) すれば負荷電流は更に (エ) する。このような現象を繰り返すと、発電機の端子電圧は (オ) 負荷に流れる電流と負荷の端子電圧との関係を示す直線と発電機の無負荷飽和曲線との交点まで (ウ) する。このように無励磁の同期発電機に (ア) 電流が流れ、電圧が (ウ) する現象を同期発電機の自己励磁という。

上記の記述中の空白箇所(\mathcal{F}), (\mathcal{F}) 及び(\mathcal{F}) に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(\mathcal{F}) のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(I)	(1)
(1)	進み	増磁	低 下	増加	容量性
(2)	進み	減 磁	低 下	減少	誘導性
(3)	遅れ	減 磁	低 下	減少	誘導性
(4)	遅れ	増磁	上 昇	増加	誘導性
(5)	進み	増磁	上 昇	増加	容量性

60

H24 問6



問6 次の文章は、同期発電機の自己励磁現象に関する記述である。

同期発電機は励磁電流が零の場合でも残留磁気によってわずかな電圧を発生し、発電機に (7) 力率の負荷をかけると、その (7) 電流による電機子反作用は 増磁 作用をするので、発電機の端子電圧は 上昇する。端子電圧が 上昇 すれば負荷電流は更に 増加 する。このような現象を繰り返すと、発電機の端子電圧は 容量性 負荷に流れる電流と負荷の端子電圧との関係を示す直線と発電機の無負荷飽和曲線との交点まで 上昇する。このように無励磁の同期発電機に (7) 電流が流れ、電圧が進みする。このように無励磁の同期発電機に 進み

上記の記述中の空白箇所(\mathcal{P}), (\mathcal{P}), (\mathcal{P}), (\mathcal{P}), (\mathcal{P}) 及び(\mathcal{P}) に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(\mathcal{P}) のうちから一つ選べ。

	()	7)	(1)	((ウ)	(:	ı)	(才)
(1)	進	み	増	磁 低	下	増	加	容量性
(2)	進	み	減	磁 低	下	減	少	誘導性
(3)	遅	れ	減	磁 低	下	減	少	誘導性
(4)	遅	れ	増	磁 上	昇	増	加	誘導性
(5)	進	み	増	磁 上	昇	増	加	容量性

61

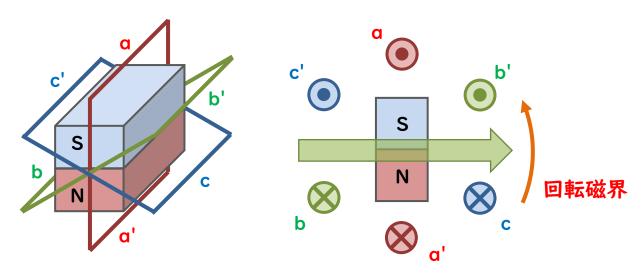


同期電動機

同期電動機の構造



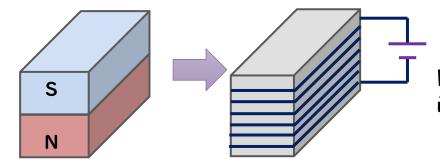
固定子(鉄心(円筒)+電機子巻線):電機子巻線に三相交流を印加し、回転磁界を作る 回転子(鉄心+界磁巻線):界磁巻線には直流電流(励磁電流)が流れており、回転磁界により回転する



V a相 b相 c相 ωt

回転子(電磁石)の周りに三種類の巻線を配置 各巻線は120°ずつずらして対象に配置

固定子の各電機子巻線に三相交流電圧を 印加することで回転磁界を作る

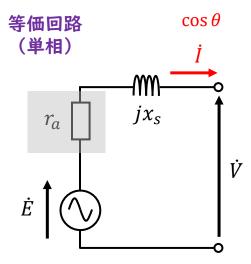


回転子は鉄心に界磁巻線を巻きつけ、直流電流(励磁電流)により磁束を調整

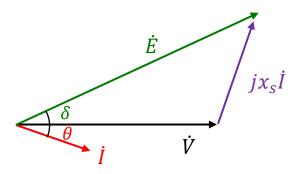
同期電動機の等価回路



同期発電機の等価回路



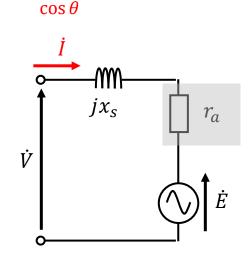
$$\dot{E} = r_a \dot{I} + j x_s \dot{I} + \dot{V} \sim j x_s \dot{I} + \dot{V}$$



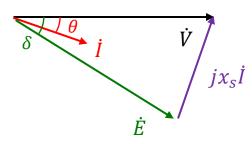
負荷角δ:無負荷誘導起電力と端子電圧の位相差

→負荷をつないだことによる誘導起電力の位相変化

同期電動機の等価回路



 $\dot{V} = r_a \dot{I} + j x_s \dot{I} + \dot{E} \sim j x_s \dot{I} + \dot{E}$



負荷角δ:端子電圧と誘導起電力の位相差

電動機誘導起電力: E[V]

電験三種では 電機子巻線抵抗: $r_a[\Omega]$ ほぼ無視

同期リアクタンス: $x_s[\Omega]$

端子電圧:V[V]

力率: $\cos \theta$

同期電動機の出力(有効電力)P

 $P = 3VI\cos\theta$ [W]

同期電動機のトルクT

$$T = \frac{P}{\omega_s} = \frac{P}{2\pi \frac{N_s}{60}}$$

トルク:*T* [N·m]

同期速度: N_s [min⁻¹]

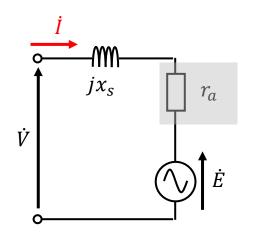
同期角周波数: ω_s [rad/s]

同期電動機の有効電力と負荷角



同期電動機の等価回路

 $\cos \theta$



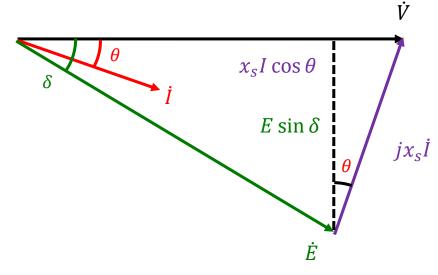
電動機誘導起電力: E[V]電機子巻線抵抗: r_a [Ω] 同期リアクタンス: $x_s[\Omega]$

端子電圧:V[V]

電機子電流: [A]

力率: $\cos \theta$

 $\dot{V} = jx_S \dot{I} + \dot{E}$



負荷角δ:端子電圧と誘導起電力の位相差

同期電動機の出力(有効電力)P $P = 3VI\cos\theta$ [W]

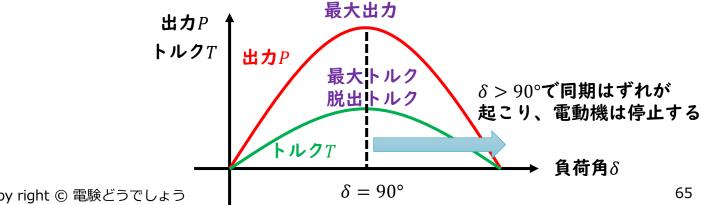
$$E \sin \delta = x_s I \cos \theta$$

$$\to I \cos \theta = \frac{E \sin \delta}{x_s}$$

$$P = 3V \frac{E \sin \delta}{x_s} = 3 \frac{VE \sin \delta}{x_s}$$

端子電圧と誘導起電力を線間電圧とすると

$$P = 3V \frac{E \sin \delta}{x_s} = \frac{V_l E_l \sin \delta}{x_s}$$



ROI 問5



問5 次の文章は、星形結線の円筒形三相同期電動機の入力、出力、トルクに関する記述である。

この三相同期電動機の1相分の誘導起電力E[V],電圧V[V],電流I[A],VとIの位相差を θ [rad]としたときの1相分の入力 $P_i[W]$ は次式で表される。

$$P_{\rm i} = VI \cos \theta$$

また、E と V の位相差を δ [rad] とすると、1 相分の出力 P_o [W] は次式で表される。E と V の位相差 δ は (7) といわれる。

$$P_{o} = EI\cos(\delta - \theta) = \frac{VE}{x}$$
 ((1)

ここで $x[\Omega]$ は同期リアクタンスであり、電機子巻線抵抗は無視できるものとする。

この三相同期電動機の全出力をP[W],同期速度を n_s $[min^{-1}]$ とすると,トルク $T[N\cdot m]$ とPの関係は次式で表される。

$$P = 3P_o = 2\pi \frac{n_s}{60}T$$

これから、T は次式のようになる。

$$T = \frac{60}{2\pi n_{\rm s}} \cdot 3P_{\rm o} = \frac{60}{2\pi n_{\rm s}} \cdot \frac{3VE}{x} \quad \boxed{(4)}$$

以上のことから, $0 \le \delta \le \frac{\pi}{2}$ の範囲において δ が () なるに従って T は (1 なり,理論上 $\frac{\pi}{2}$ [rad]のとき (1 となる。

上記の記述中の空白箇所(\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}) 及び(\mathcal{F}) に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(\mathcal{F}) のうちから一つ選べ。

	(ア)	(1)	(ウ)	(1)	(4)
(1)	負荷角	$\cos\delta$	大きく	大きく	最大値
(2)	力率角	$\cos\delta$	大きく	小さく	最小值
(3)	力率角	$\sin\delta$	小さく	小さく	最小值
(4)	負荷角	$\sin\delta$	大きく	大きく	最大値
(5)	負荷角	$\cos\delta$	小さく	小さく	最大値

ROI 問5



問5 次の文章は、星形結線の円筒形三相同期電動機の入力、出力、トルクに関する記述である。

この三相同期電動機の1相分の誘導起電力E[V],電圧V[V],電流I[A],VとIの位相差を θ [rad]としたときの1相分の入力 $P_i[W]$ は次式で表される。

$$P_{\rm i} = VI \cos \theta$$

また、E と V の位相差を δ [rad] とすると、1 相分の出力 P_o [W] は次式で表される。E と V の位相差 δ は (7) といわれる。 **負荷角**

$$P_{o} = EI\cos(\delta - \theta) = \frac{VE}{x} \frac{(4)}{\sin \delta}$$

ここで $x[\Omega]$ は同期リアクタンスであり、電機子巻線抵抗は無視できるものとする。

この三相同期電動機の全出力をP[W],同期速度を n_s [min $^{-1}$]とすると、トルク $T[N\cdot m]$ とPの関係は次式で表される。

$$P = 3P_o = 2\pi \frac{n_s}{60}T$$

これから、T は次式のようになる。

$$T = \frac{60}{2\pi n_{\rm s}} \cdot 3P_{\rm o} = \frac{60}{2\pi n_{\rm s}} \cdot \frac{3VE}{x} \quad \boxed{(1)} \sin \delta$$

大きく

以上のことから, $0 \le \delta \le \frac{\pi}{2}$ の範囲において δ が (f) なるに従って T は (f) なり,理論上 $\frac{\pi}{2}$ [rad]のとき (f) となる。

大きく

最大值

上記の記述中の空白箇所(\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}), (\mathcal{F}) 及び(\mathcal{F}) に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(\mathcal{F}) のうちから一つ選べ。

		(7)	(1)	(ウ)	(I)	(1)
	(1)	負荷角	$\cos\delta$	大きく	大きく	最大値
	(2)	力率角	$\cos\delta$	大きく	小さく	最小値
	(3)	力率角	$\sin\delta$	小さく	小さく	最小値
((4)	負荷角	$\sin\delta$	大きく	大きく	最大値
	(5)	負荷角	$\cos\delta$	小さく	小さく	最大値
-						



問5 次の文章は、三相同期電動機に関する記述である。

三相同期電動機が負荷を担って回転しているとき、回転子磁極の位置と、固定子の三相巻線によって生じる回転磁界の位置との間には、トルクに応じた角度 δ [rad]が発生する。この角度 δ を δ という。

回転子が円筒形で 2 極の三相同期電動機の場合,トルク T [N·m] は δ が (4) [rad] のときに最大値になる。さらに δ が大きくなると,トルクは減少して電動機は停止する。同期電動機が停止しない最大トルクを (b) という。

また、同期電動機の負荷が急変すると、 δ が変化し、新たな δ 'に落ち着こうとするが、回転子の慣性のために、 δ 'を中心として周期的に変動する。これを〔 (\mathfrak{x}) 」といい、電源の電圧や周波数が変動した場合にも生じる。〔 (\mathfrak{x}) 」を抑制するには、始動巻線も兼ねる〔 (\mathfrak{x}) 」を設けたり、はずみ車を取り付けたりする。

上記の記述中の空白箇所(r)~(t)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(1)	(4)
(1)	負荷角	π	脱出トルク	乱調	界磁巻線
(2)	力率角	π	制動トルク	同期外れ	界磁巻線
(3)	負荷角	$\frac{\pi}{2}$	脱出トルク	乱調	界磁巻線
(4)	力率角	$\frac{\pi}{2}$	制動トルク	同期外れ	制動巻線
(5)	負荷角	$\frac{\pi}{2}$	脱出トルク	乱調	制動卷線



問5 次の文章は、三相同期電動機に関する記述である。

三相同期電動機が負荷を担って回転しているとき、回転子磁極の位置と、固定子の三相巻線によって生じる回転磁界の位置との間には、トルクに応じた角度 δ [rad]が発生する。この角度 δ を δ (ア) という。

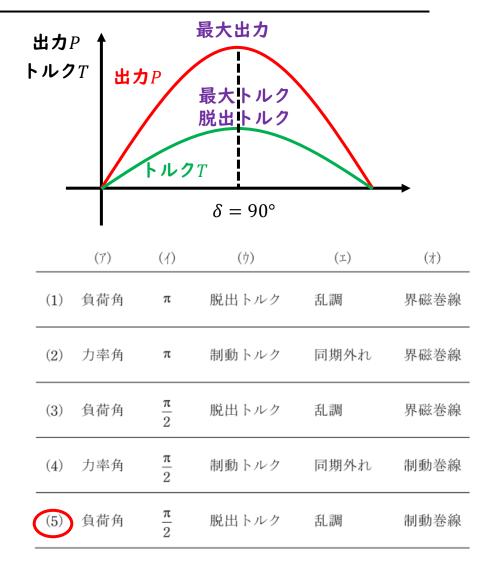
回転子が円筒形で2極の三相同期電動機の場合,トルク T [N·m] は δ が π 2 (4) [rad] のときに最大値になる。さらに δ が大きくなると,トルクは減少して電動機は停止する。同期電動機が停止しない最大トルクを $\hat{\mathbf{W}}$ 出トルク また,同期電動機の負荷が急変すると, δ が変化し,新たな δ に落ち着こうと

また、同期電動機の負荷が急変すると、 δ が変化し、新たな δ に落ら着こうとするが、回転子の慣性のために、 δ' を中心として周期的に変動する。これを

礼調(エ) といい、電源の電圧や周波数が変動した場合にも生じる。 **乱調**を抑制するには、始動巻線も兼ねる (オ) を設けたり、はずみ車を取り付けたりする。 **制動巻線**

上記の記述中の空白箇所(r)~(t)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

乱調のメカニズム 負荷大→トルク大→負荷小→トルク余る →負荷角が周期的に緩やかに変動→電機子電流の振幅や位相が変動



H25 問5

する。



問5 次の文章は、一般的な三相同期電動機の始動方法に関する記述である。

同期電動機は始動のときに回転子を同期速度付近まで回転させる必要がある。
一つの方法として,回転子の磁極面に施した (ア) を利用して,始重
トルクを発生させる方法があり、 (7) は誘導電動機のかご形 (4)
と同じ働きをする。この方法を (ウ) 法という。
この場合, (エ) に全電圧を直接加えると大きな始動電流が流れるので,

始動補償器,直列リアクトル,始動用変圧器などを用い,低い電圧にして始動

他の方法には、誘導電動機や直流電動機を用い、これに直結した三相同期電動機を回転させ、回転子が同期速度付近になったとき同期電動機の界磁巻線を励磁し電源に接続する方法があり、これを (オ) 法という。この方法は主に大容量機に採用されている。

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ), (エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(1)	(1)
(1)	制動巻線	回転子導体	自己始動	固定子巻線	始動電動機
(2)	界磁巻線	回転子導体	Y-Δ 始動	固定子巻線	始動電動機
(3)	制動巻線	固定子巻線	Υ-Δ 始動	回転子導体	自己始動
(4)	界磁巻線	固定子巻線	自己始動	回転子導体	始動電動機
(5)	制動巻線	回転子導体	Y-Δ 始動	固定子巻線	自己始動

H25 問5



問5 次の文章は、一般的な三相同期電動機の始動方法に関する記述である。

同期電動機は始動のときに回転子を同期速度付近まで回転させる必要がある。 一つの方法として、回転子の磁極面に施した (ア) を利用して、始動・ルクを発生させる方法があり、 ままり来ぬは誘導電動機のかご形 (人)

と同じ働きをする。この方法を (ウ) 法という。 **自己始動**

この場合, (エ) に全電圧を直接加えると大きな始動電流が流れるので, **固定子巻線** 始動補償器,直列リアクトル,始動用変圧器などを用い,低い電圧にして始動する。

他の方法には、誘導電動機や直流電動機を用い、これに直結した三相同期電動機を回転させ、回転子が同期速度付近になったとき同期電動機の界磁巻線を励磁し電源に接続する方法があり、これを (t) 法という。この方法は主に大容量機に採用されている。 **始動電動機**

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ), (エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

始動法	内容
自己始動法	回転子に <mark>かご形誘導電動機</mark> に相当する制動巻線を設置し、 始動時の回転は誘導電動機の原理で回転させる。 誘導電動機→始動トルクあり、同期速度でトルク零
始動電動機法	始動から定格速度近くまで、 外部電動機を使って同期電動機を回転させる。
低周波始動法	回転磁界を低周波にして始動し、同期電動機の回転速度に 合わせて、回転磁界の周波数を上げていく。

		(7)	(1)	(ウ)	(I)	(1)
((1)	制動巻線	回転子導体	自己始動	固定子巻線	始動電動機
	(2)	界磁巻線	回転子導体	Y-Δ 始動	固定子巻線	始動電動機
	(3)	制動巻線	固定子巻線	Υ-Δ 始動	回転子導体	自己始動
	(4)	界磁巻線	固定子巻線	自己始動	回転子導体	始動電動機
	(5)	制動巻線	回転子導体	Υ-Δ 始動	固定子巻線	自己始動



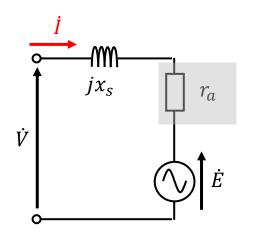
電動機のV字曲線

同期電動機の有効電力と負荷角



同期電動機の等価回路

 $\cos \theta$



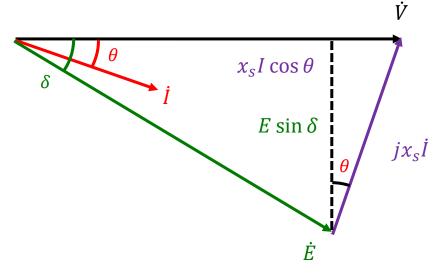
電動機誘導起電力: E [V] 電機子巻線抵抗: r_a [Ω] 同期リアクタンス: x_s [Ω]

端子電圧:V[V]

電機子電流: [A]

力率: $\cos \theta$

 $\dot{V} = jx_S\dot{I} + \dot{E}$



負荷角δ:端子電圧と誘導起電力の位相差

同期電動機の出力(有効電力)P $P = 3VI\cos\theta$ [W]

端子電圧と誘導起電力を線間電圧とすると

$$P = 3V \frac{E \sin \delta}{x_S} = \frac{V_l E_l \sin \delta}{x_S}$$

$$P = \frac{3VE}{x_s} \sin \delta \to E \sin \delta = \frac{x_s P}{3V}$$

負荷の消費電力(または負荷トルク)が 一定ならば、

$$E \sin \delta = -\mathbf{z}$$

電動機の界磁電流 I_f と誘導起電力Eの関係 $E=K_fI_f$

- ・界磁電流を小さくすると、誘導起電力 は小さくなる
- ・界磁電流を大きくすると、誘導起電力 は大きくなる
 - \rightarrow しかし、 $E \sin \delta = -$ 定となる

同期電動機の有効電力と負荷角



$$P = \frac{3VE}{x_s} \sin \delta \rightarrow E \sin \delta = \frac{x_s P}{3V}$$

負荷の消費電力(または負荷トルク)が 一定ならば、

$$E \sin \delta = -\mathbf{z}$$

電動機の界磁電流Ifと誘導起電力Eの関係 $E = K_f I_f$

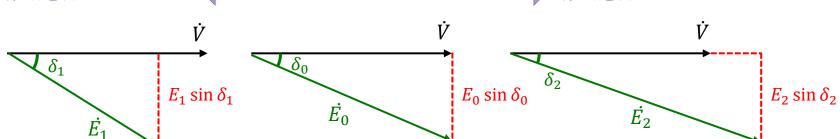
- ・界磁電流を小さくすると、誘導起電力 は小さくなる
- ・界磁電流を大きくすると、誘導起電力 は大きくなる
 - \rightarrow しかし、 $E \sin \delta = -$ 定となる

さらに電機子電流Iと誘導起電力Eの関係

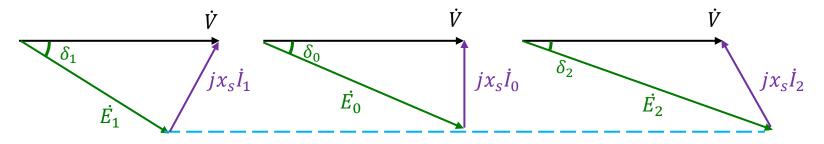
$$E \sin \delta = x_s I \cos \theta$$

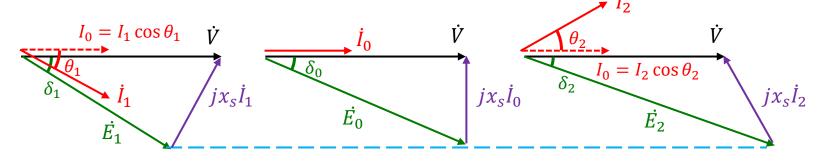
$$I \cos \theta = \frac{E \sin \delta}{x_s} = \mathbf{-定}$$

界磁電流を小さくする



界磁電流を大きくする



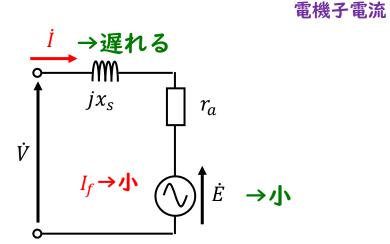


電機子電流は遅れる

電機子電流は進む

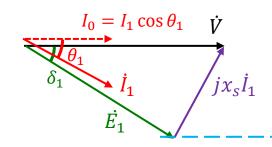
電動機のV字曲線

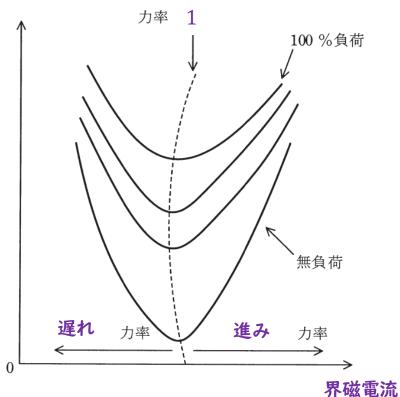


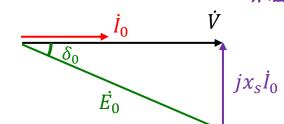


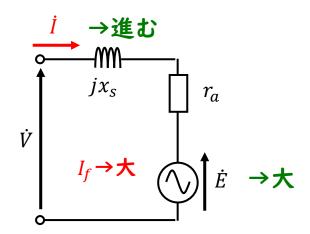
界磁電流を小さくすると

- ・誘導起電力が小さくなる
- ・電機子電流は遅れる
- ・電動機の増磁作用が生じる



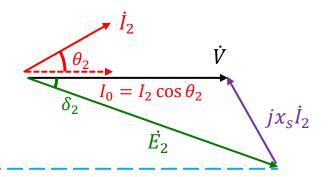






界磁電流を大きくすると

- ・誘導起電力が大きくなる
- ・電機子電流は進む
- ・電動機の減磁作用が生じる



同期電動機の電機子反作用



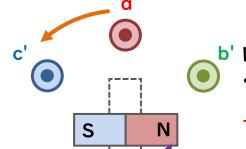
端子電圧//と電機子電流/が 同相(力率 1)

増磁

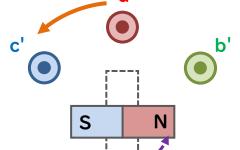
(

回転磁界の回転方向 回転子の磁界の方向と 固定子の磁界の方向が 垂直になる S N

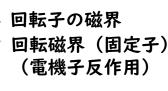
端子電圧/に対して電機子電流/が 遅れ(負荷が誘導性)



回転子が電機子電流 より進んでいる

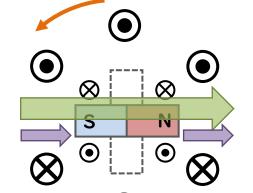


→電機子電流が遅れ



回転磁界の回転方向の 前方は増磁 後方は減磁となる

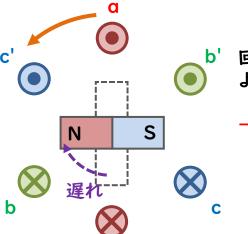
横軸反作用という



回転磁界が 固定子の磁界を 強める

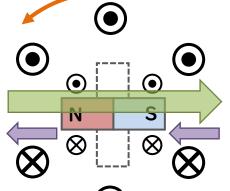
→増磁作用

端子電圧Vに対して電機子電流/が 進み(負荷が容量性)



回転子が電機子電流 より遅れている

→電機子電流が進み



回転磁界が 固定子の磁界が 弱める

→減磁作用



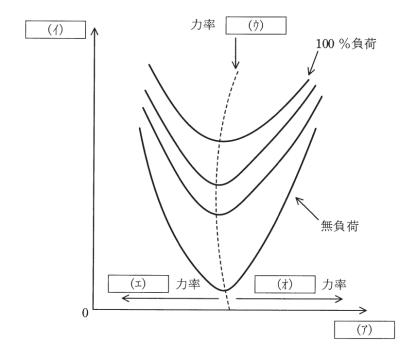
H28 問5



(1)

問5 次の文章は、同期電動機の特性に関する記述である。記述中の空白箇所の記号は、図中の記号と対応している。

図は同期電動機の位相特性曲線を示している。形が Vの字のようになっているので V曲線とも呼ばれている。横軸は (ア) , 縦軸は (イ) で, 負荷が増加するにつれ曲線は上側へ移動する。図中の破線は, 各負荷における力率 (ウ) の動作点を結んだ線であり, この破線の左側の領域は (エ) カ率, 右側の領域は (オ) 力率の領域である。



		* * *			
(1)	電機子電流	界磁電流	1	遅 れ	進み
(2)	界磁電流	電機子電流	1	遅 れ	進み
(3)	界磁電流	電機子電流	1	進み	遅れ
(4)	電機子電流	界磁電流	0	進み	遅れ
(5)	界磁電流	電機子電流	0	遅 れ	進み

(ウ)

(I)

(1)

上記の記述中の空白箇所(\mathfrak{F}),(\mathfrak{f}),(\mathfrak{f}),(\mathfrak{r})及び(\mathfrak{f})に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(\mathfrak{f})~(\mathfrak{f})のうちから一つ選べ。

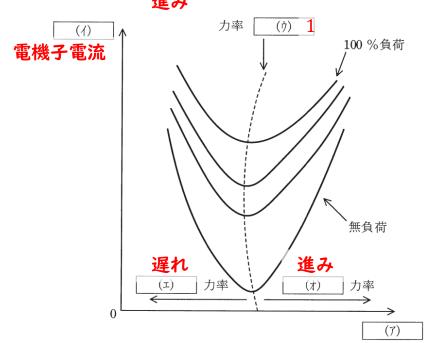
(*T*)

H28 問5



問5 次の文章は、同期電動機の特性に関する記述である。記述中の空白箇所の記 号は,図中の記号と対応している。

図は同期電動機の位相特性曲線を示している。形が Vの字のようになっている のでV曲線とも呼ばれている。横軸は (7) , 縦軸は (4) で, 負荷が 増加するにつれ曲線は上側へ移動する。国内の破線は、台負荷における力率 の動作点を結んだ線であり、この破線の左側の領域は 遅れ 率,右側の領域は (オ) 力率の領域である。



界磁電流 上記の記述中の空白箇所(ア),(イ),(ウ),(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとし T, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(I)	(1)
(1)	電機子電流	茂機子電流 界磁電流		遅れ	進み
(2)	界磁電流	電機子電流	1	遅れ	進み
(3)	界磁電流	電機子電流	1	進み	遅れ
(4)	電機子電流	界磁電流	0	進み	遅れ
(5)	界磁電流	電機子電流	0	遅 れ	進み

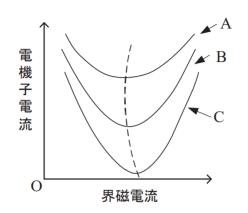
R04下 問4



問4 次の文章は、三相同期電動機の位相特性に関する記述である。

図は三相同期電動機の位相特性曲線(V 曲線)の一例である。同期電動機は、 界磁電流を変えると、電機子電流の端子電圧に対する位相が変わり、さらに、電 機子電流の大きさも変わる。図の曲線の最低点は力率が 1 となる点で、図の破線 より右側は (r) 電流、左側は (4) 電流の範囲となる。また、電動機の出 力を大きくするにつれて、曲線は (b) \to (c) の順に変化する。

この位相特性を利用して,三相同期電動機を需要家機器と並列に接続して無負荷運転し,需要家機器の端子電圧を調整することができる。このような目的で用いる三相同期電動機を (オ) という。



上記の記述中の空白箇所(r)~(t)に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(7)	(1)	(ウ)	(1)	(1/2)
(1)	遅れ	進み	A	С	静止形無効電力補償装置
(2)	遅れ	進み	С	A	静止形無効電力補償装置
(3)	遅れ	進み	A	С	同期調相機
(4)	進み	遅れ	С	A	同期調相機
(5)	進み	遅れ	A	С	————— 同期調相機

でしょう 79

R04下 問4



問4 次の文章は、三相同期電動機の位相特性に関する記述である。

図は三相同期電動機の位相特性曲線(V 曲線)の一例である。同期電動機は, 界磁電流を変えると,電機子電流の端子電圧に対する位相が変わり,さらに,電 機子電流の大きさも変わる。図の曲線の最低点は力率が1となる点で,図の破線 より右側は (7) 電流,左側は (4) 電流の範囲となる。また,電動機の出 力を大きくするにつれて,曲線は (7) \rightarrow (7) の順に変化する。

この位相特性を利用して、三相同期電動機を需要家機器と並列に接続して無負荷運転し、需要家機器の端子電圧を調整することができる。このような目的で用同期調相機いる三相同期電動機を「(オ)」という。

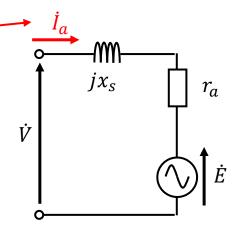


同期電動機の等価回路

電機子電流が増えると 出力が増える

遅れ 進み A カ率 I B B で C R磁電流

上記の記述中の空白箇所(r)~(t)に当てはまる組合せとして,正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



 $\cos \theta$

電動機出力 $P = VI_a \cos \theta$ $(r_a$ が無視できる場合)

電動機誘導起電力: E[V] 電機子巻線抵抗: $r_a[\Omega]$ 同期リアクタンス: $x_s[\Omega]$

端子電圧:V[V]

電機子電流: [A]

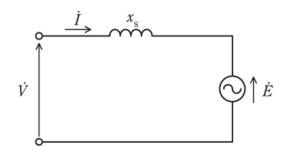
力率: $\cos \theta$

でしょう

R02 問5



問 5 図はある三相同期電動機の 1 相分の等価回路である。ただし、電機子巻線抵抗は無視している。相電圧 \dot{V} の大きさは $V=200\,\mathrm{V}$ 、同期リアクタンスは $x_\mathrm{s}=8\,\Omega$ である。この電動機を運転して力率が 1 になるように界磁電流を調整したところ、電機子電流 \dot{I} の大きさIが $10\,\mathrm{A}$ になった。このときの誘導起電力E の値 $[\mathrm{V}]$ として、最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

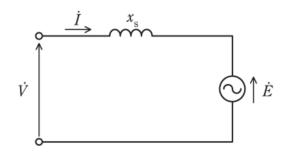


- (1) 120
- (2) 140
- (3) 183
- (4) 215
- (5) 280

R02 問5



問 5 図はある三相同期電動機の 1 相分の等価回路である。ただし、電機子巻線抵抗は無視している。相電圧 \dot{V} の大きさは $V=200\,\mathrm{V}$ 、同期リアクタンスは $x_\mathrm{s}=8\,\Omega$ である。この電動機を運転して力率が 1 になるように界磁電流を調整したところ、電機子電流 \dot{I} の大きさIが $10\,\mathrm{A}$ になった。このときの誘導起電力E の値 $[\mathrm{V}]$ として、最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。



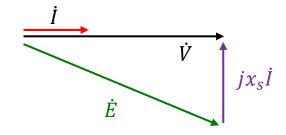
(1) 120

(2) 140

(3) 183

(4) 215

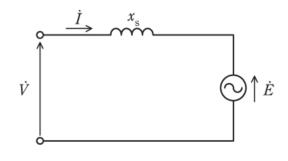
(5) 280



R02 問5



問 5 図はある三相同期電動機の 1 相分の等価回路である。ただし、電機子巻線抵抗は無視している。相電圧 \dot{V} の大きさは $V=200\,\mathrm{V}$ 、同期リアクタンスは $x_\mathrm{s}=8\,\Omega$ である。この電動機を運転して力率が 1 になるように界磁電流を調整したところ、電機子電流 \dot{I} の大きさIが $10\,\mathrm{A}$ になった。このときの誘導起電力E の値 $[\mathrm{V}]$ として、最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。



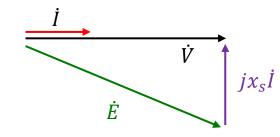
(1) 120

(2) 140

(3) 183



(5) 280



$$\dot{V} = \dot{E} + j x_{\rm S} \dot{I}$$

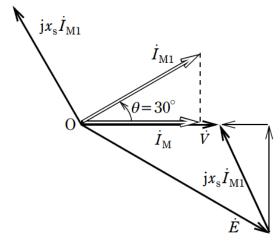
$$E = \sqrt{200^2 + (8 \times 10)^2} = \sqrt{40000 + 6400} = 215.4 \text{ V}$$



問15 周波数が $60~\rm{Hz}$ の電源で駆動されている $4~\rm{t}$ 極の三相同期電動機(星形結線)があり、端子の相電圧 V [V] は $\frac{400}{\sqrt{3}}~\rm{V}$ 、電機子電流 $I_{\rm M}$ [A] は $200~\rm{A}$ 、力率 $1~\rm{t}$ で運転している。 $1~\rm{t}$ 相の同期リアクタンス $x_{\rm s}$ [Ω] は $1.00~\Omega$ であり、電機子の巻線抵抗、及び機械損などの損失は無視できるものとして、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

- (a) 上記の同期電動機のトルクの値 $[N \cdot m]$ として最も近いものを、次の(1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 12.3
- (2) 368
- (3) 735
- (4) 1270
- (5) 1470

(b) 上記の同期電動機の端子電圧及び出力を一定にしたまま界磁電流を増やしたところ、電機子電流が $I_{\rm M1}$ [A] に変化し、力率 $\cos\theta$ が $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (θ = 30°)の進み負荷となった。出力が一定なので入力電力は変わらない。図はこのときの状態を説明するための 1 相の概略のベクトル図である。このときの 1 相の誘導起電力 E [V] として、最も近い E の値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 374
- (2) 387
- (3) 400
- (4) 446
- (5) 475



問15 周波数が $60~\rm{Hz}$ の電源で駆動されている $4~\rm{t}$ 極の三相同期電動機(星形結線)があり,端子の相電圧 V [V] は $\frac{400}{\sqrt{3}}~\rm{V}$,電機子電流 $I_{\rm M}$ [A] は $200~\rm{A}$,力率 $1~\rm{t}$ で運転している。 $1~\rm{t}$ 相の同期リアクタンス $x_{\rm s}$ [Ω] は $1.00~\Omega$ であり,電機子の巻線抵抗,及び機械損などの損失は無視できるものとして,次の(a)及び(b)の間に答えよ。

- (a) 上記の同期電動機のトルクの値 $[N \cdot m]$ として最も近いものを、次の(1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 12.3
- (2) 368
- (3) 735
- (4) 1270
- (5) 1470

電動機出力Pは

$$P = 3VI \cos \theta = 3 \times \frac{400}{\sqrt{3}} \times 200 \times 1 = 138.6 \text{ kW}$$

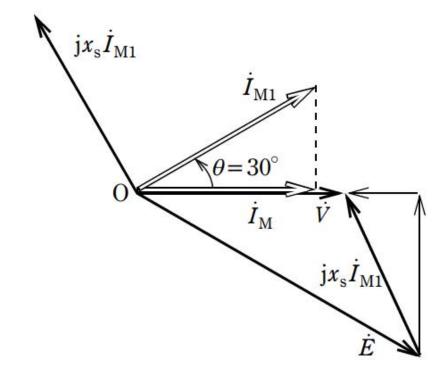
回転速度Nは

$$N = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \,\mathrm{min^{-1}}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{138.6 \times 10^3}{2\pi \frac{1800}{60}} = 735 \text{ N} \cdot \text{m}$$

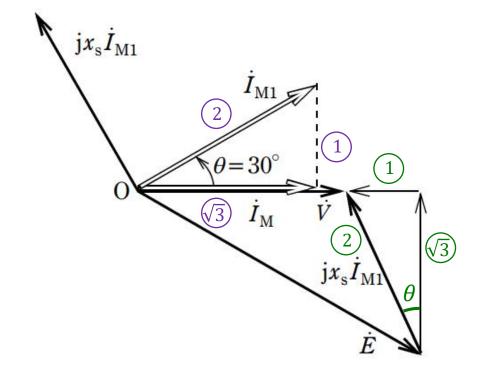


- 問15 周波数が $60~\rm{Hz}$ の電源で駆動されている $4~\rm{t}$ 極の三相同期電動機(星形結線)があり、端子の相電圧 V [V] は $\frac{400}{\sqrt{3}}~\rm{V}$ 、電機子電流 $I_{\rm M}$ [A] は $200~\rm{A}$ 、力率 $1~\rm{t}$ で運転している。 $1~\rm{t}$ 相の同期リアクタンス $x_{\rm s}$ [Ω] は $1.00~\Omega$ であり、電機子の巻線抵抗、及び機械損などの損失は無視できるものとして、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。
- (b) 上記の同期電動機の端子電圧及び出力を一定にしたまま界磁電流を増やしたところ、電機子電流が $I_{\rm M1}$ [A] に変化し、力率 $\cos\theta$ が $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (θ = 30°)の進み負荷となった。出力が一定なので入力電力は変わらない。図はこのときの状態を説明するための 1 相の概略のベクトル図である。このときの 1 相の誘導起電力 E [V] として、最も近い E の値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 374
- (2) 387
- (3) 400
- (4) 446
- (5) 475





- 問15 周波数が $60~\rm{Hz}$ の電源で駆動されている $4~\rm{t}$ 極の三相同期電動機 (星形結線)があり、端子の相電圧 V [V] は $\frac{400}{\sqrt{3}}~\rm{V}$ 、電機子電流 $I_{\rm M}$ [A] は $200~\rm{A}$ 、力率 $1~\rm{t}$ で運転している。 $1~\rm{t}$ 相の同期リアクタンス $x_{\rm s}$ [Ω] は $1.00~\Omega$ であり、電機子の巻線抵抗、及び機械損などの損失は無視できるものとして、次の(a)及び(b)の間に答えよ。
- (b) 上記の同期電動機の端子電圧及び出力を一定にしたまま界磁電流を増やしたところ、電機子電流が $I_{\rm M1}$ [A] に変化し、力率 $\cos\theta$ が $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (θ = 30°)の進み負荷となった。出力が一定なので入力電力は変わらない。図はこのときの状態を説明するための 1 相の概略のベクトル図である。このときの 1 相の誘導起電力 E [V] として、最も近い E の値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 374
- (2) 387
- (3) 400
- (4) 446
- (5) 475



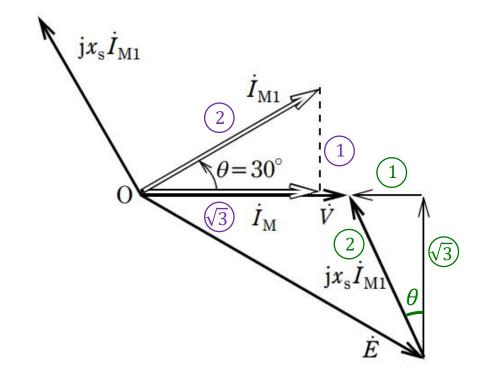


- 問15 周波数が $60~\rm{Hz}$ の電源で駆動されている $4~\rm{te}$ の三相同期電動機(星形結線)があり,端子の相電圧 V [V] は $\frac{400}{\sqrt{3}}~\rm{V}$,電機子電流 $I_{\rm M}$ [A] は $200~\rm{A}$,力率 $1~\rm{c}$ で運転している。 $1~\rm{te}$ 相の同期リアクタンス $x_{\rm s}$ [Ω] は $1.00~\Omega$ であり,電機子の巻線抵抗,及び機械損などの損失は無視できるものとして,次の(a)及び(b)の問に答えよ。
- (b) 上記の同期電動機の端子電圧及び出力を一定にしたまま界磁電流を増やしたところ、電機子電流が $I_{\rm M1}$ [A] に変化し、力率 $\cos\theta$ が $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (θ = 30°)の進み負荷となった。出力が一定なので入力電力は変わらない。図はこのときの状態を説明するための 1 相の概略のベクトル図である。このときの 1 相の誘導起電力 E [V] として、最も近い E の値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 374
- (2) 387
- (3) 400
- (4) 446
- (5) 475

$$I_{M1} = \frac{2}{\sqrt{3}}I_M = \frac{2}{\sqrt{3}} \times 200 = \frac{400}{\sqrt{3}}$$

$$E = \sqrt{(V + x_s I_{M1} \sin \theta)^2 + (x_s I_{M1} \cos \theta)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{400}{\sqrt{3}} + 1 \times \frac{400}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2}\right)^2 + \left(1 \times \frac{400}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = 400 \text{ V}$$
Copy right

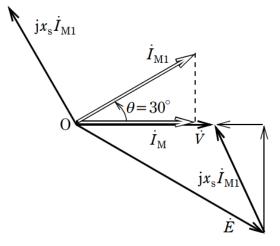




問15 周波数が $60~\rm{Hz}$ の電源で駆動されている $4~\rm{t}$ 極の三相同期電動機(星形結線)があり、端子の相電圧 V [V] は $\frac{400}{\sqrt{3}}~\rm{V}$ 、電機子電流 $I_{\rm M}$ [A] は $200~\rm{A}$ 、力率 $1~\rm{t}$ で運転している。 $1~\rm{t}$ 相の同期リアクタンス $x_{\rm s}$ [Ω] は $1.00~\Omega$ であり、電機子の巻線抵抗、及び機械損などの損失は無視できるものとして、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

- (a) 上記の同期電動機のトルクの値 $[N \cdot m]$ として最も近いものを、次の(1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 12.3
- (2) 368
- (3) 73
- (4) 1270
- (5) 1470

(b) 上記の同期電動機の端子電圧及び出力を一定にしたまま界磁電流を増やしたところ、電機子電流が $I_{\rm M1}$ [A] に変化し、力率 $\cos\theta$ が $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (θ = 30°)の進み負荷となった。出力が一定なので入力電力は変わらない。図はこのときの状態を説明するための 1 相の概略のベクトル図である。このときの 1 相の誘導起電力 E [V] として、最も近い E の値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 374
- (2) 387
- (3) 400
- (4) 446
- (5) 475



問16 三相同期電動機が定格電圧 3.3 [kV] で運転している。

ただし、三相同期電動機は星形結線で1相当たりの同期リアクタンスは $10[\Omega]$ であり、電機子抵抗、損失及び磁気飽和は無視できるものとする。 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

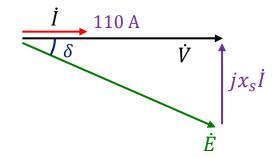
- (a) 負荷電流(電機子電流)110 [A], 力率 $\cos \varphi = 1$ で運転しているときの 1 相当たりの内部誘導起電力 [V] の値として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 1100
- (2) 1600
- (3) 1900
- (4) 2200
- (5) 3300
- (b) 上記(a)の場合と電圧及び出力は同一で、界磁電流を 1.5 倍に増加したときの負荷角(電動機端子電圧と内部誘導起電力との位相差)を δ' とするとき、 $\sin \delta'$ の値として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.250
- $(2) \quad 0.333$
- (3) 0.500
- (4) 0.707
- (5) 0.866



問16 三相同期電動機が定格電圧 3.3 [kV] で運転している。

ただし、三相同期電動機は星形結線で1相当たりの同期リアクタンスは $10[\Omega]$ であり、電機子抵抗、損失及び磁気飽和は無視できるものとする。 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

- (a) 負荷電流(電機子電流)110 [A], 力率 $\cos \varphi = 1$ で運転しているときの 1 相当たりの内部誘導起電力 [V] の値として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 1100
- (2) 1600
- (3) 1900
- (4) 2 200
- (5) 3300
- (b) 上記(a) の場合と電圧及び出力は同一で、界磁電流を 1.5 倍に増加したときの負荷角(電動機端子電圧と内部誘導起電力との位相差) を δ' とするとき、 $\sin \delta'$ の値として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.250
- (2) 0.333
- (3) 0.500
- (4) 0.707
- (5) 0.866



$$\dot{V} = \dot{E} + jx_S\dot{I} \rightarrow \dot{E} = \dot{V} - jx_S\dot{I}$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{3300}{\sqrt{3}}\right)^2 + (10 \times 110)^2} = 2200 \text{ V}$$



問16 三相同期電動機が定格電圧 3.3 [kV] で運転している。

ただし、三相同期電動機は星形結線で1相当たりの同期リアクタンスは $10[\Omega]$ であり、電機子抵抗、損失及び磁気飽和は無視できるものとする。 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

- (b) 上記(a)の場合と電圧及び出力は同一で、界磁電流を 1.5 倍に増加したときの負荷角(電動機端子電圧と内部誘導起電力との位相差)を δ' とするとき、 $\sin \delta'$ の値として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.250
- $(2) \quad 0.333$
- (3) 0.500
- (4) 0.707
- (5) 0.866

$$\dot{V} = \dot{E} + jx_s\dot{I} \quad \rightarrow \quad \dot{E} = \dot{V} - jx_s\dot{I}$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{3300}{\sqrt{3}}\right)^2 + (10 \times 110)^2} = 2200 \text{ V}$$

誘導起電力は界磁(電流)に比例するので

$$E = K\phi = K'I_f$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{K'I'_f}{K'I_f} = \frac{K' \times (1.5I_f)}{K'I_f} = 1.5$$

$$\to E' = 1.5E = 1.5 \times 2200 = 3300 \text{ V}$$

$$P = 3\frac{VE}{x_s}\sin\delta$$

$$P' = 3\frac{VE'}{x_s}\sin\delta'$$

$$P' = P \rightarrow 3 \frac{VE'}{x_s} \sin \delta' = 3 \frac{VE}{x_s} \sin \delta$$

$$\rightarrow E' \sin \delta' = E \sin \delta$$

Copy right © 電験どうでしょう

$$E \sin \delta = x_s I \rightarrow E' \sin \delta' = x_s I$$

$$\sin \delta' = \frac{x_s I}{E'} = \frac{10 \times 110}{3300} = \frac{1}{3} = 0.333$$



問16 三相同期電動機が定格電圧 3.3 [kV] で運転している。

ただし、三相同期電動機は星形結線で1相当たりの同期リアクタンスは $10[\Omega]$ であり、電機子抵抗、損失及び磁気飽和は無視できるものとする。 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

- (a) 負荷電流(電機子電流)110 [A], 力率 $\cos \varphi = 1$ で運転しているときの 1 相当たりの内部誘導起電力 [V] の値として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 1100
- (2) 1600
- (3) 1900
- (4) 2 200
- (5) 3300
- (b) 上記(a)の場合と電圧及び出力は同一で、界磁電流を 1.5 倍に増加したときの負荷角(電動機端子電圧と内部誘導起電力との位相差)を δ' とするとき、 $\sin \delta'$ の値として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.250
- (2) 0.333
- (3) 0.500
- (4) 0.707
- (5) 0.866



ご聴講ありがとうございました!!