

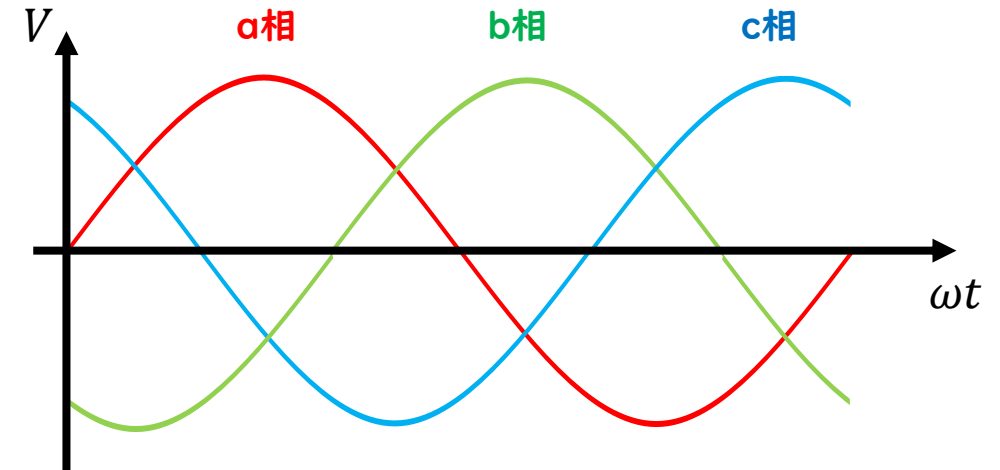
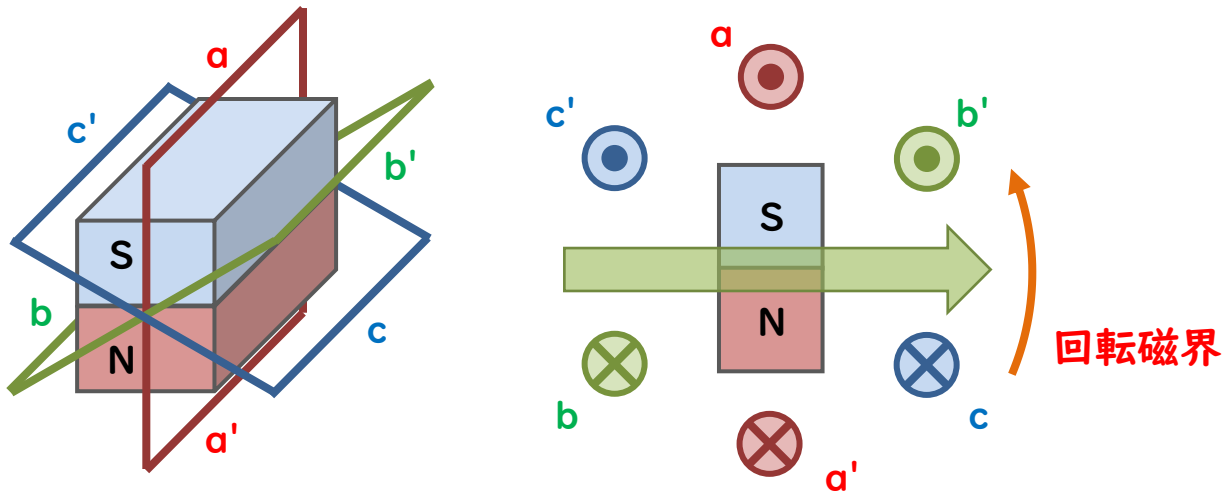
電験二種/三種 オンライン講座

機械 同期機 (3)

同期電動機の構造

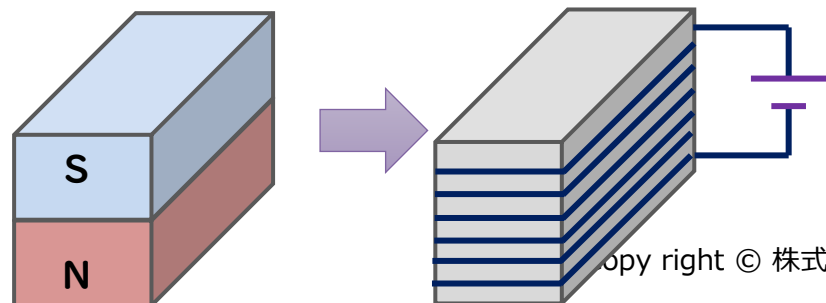
固定子（鉄心（円筒）+電機子巻線）：電機子巻線に三相交流を印加し、**回転磁界を作る**

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**



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

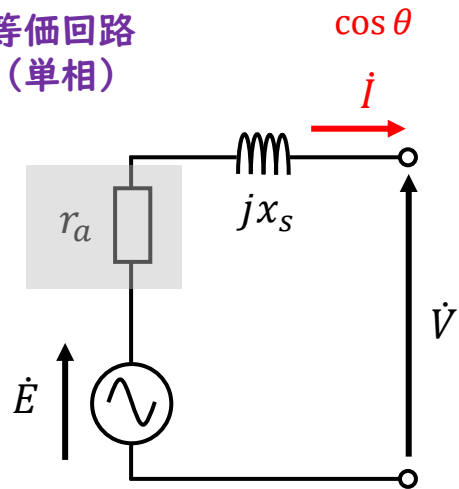


回転子は鉄心に界磁巻線を巻きつけ、
直流電流（励磁電流）により磁束を調整

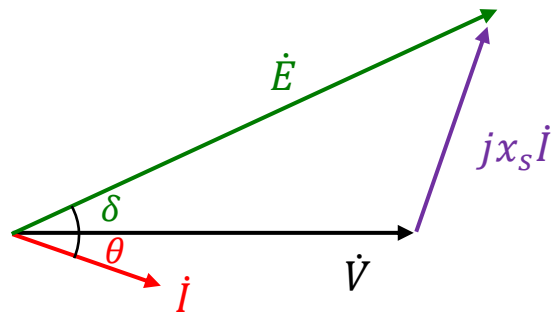
同期電動機の等価回路

同期発電機の等価回路

等価回路
(単相)

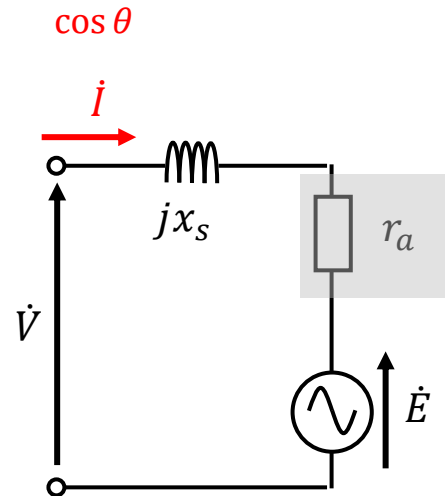


$$\dot{E} = r_a \dot{I} + jx_s \dot{I} + \dot{V} \sim jx_s \dot{I} + \dot{V}$$

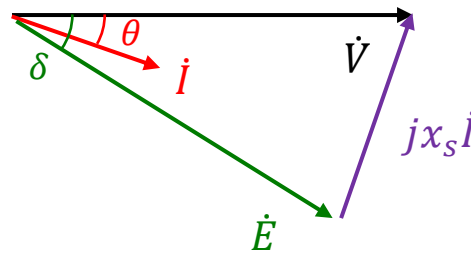


負荷角 δ : 無負荷誘導起電力と端子電圧の位相差
→ 負荷をつないだことによる誘導起電力の位相変化

同期電動機の等価回路



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



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]

電験三種では
ほぼ無視

電機子電流 : I [A]
力率 : $\cos \theta$

電動機の負荷特性で決まる

同期電動機の実出力 (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}]

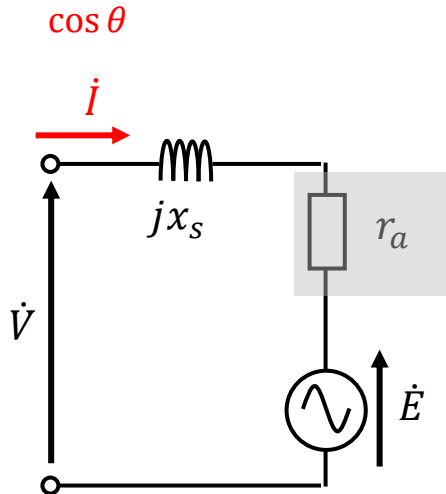
同期角周波数 : ω_s [rad/s]

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

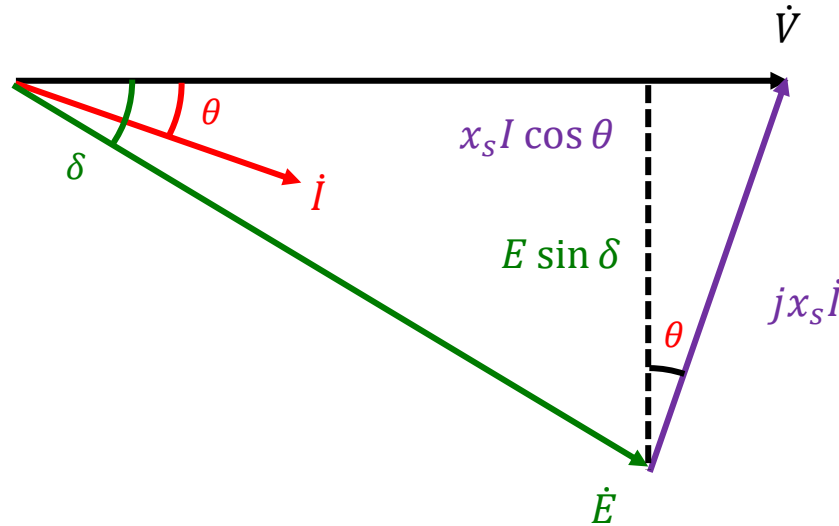
同期電動機の有効電力と負荷角 ×



同期電動機の等価回路



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



同期電動機出力（有効電力） P

$$P = 3VI \cos \theta \quad [\text{W}]$$

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

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

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

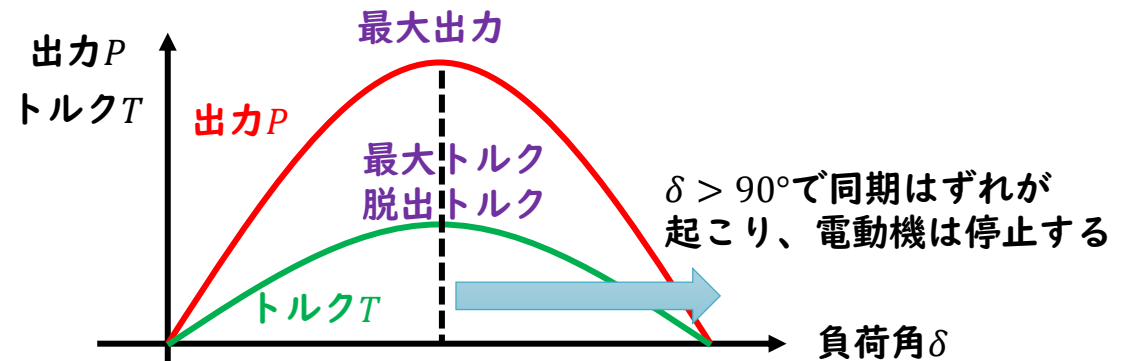
端子電圧と誘導起電力を線間電圧とすると

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

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： I [A]
 力率： $\cos \theta$

負荷角 δ ：端子電圧と誘導起電力の位相差



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。

$$P_i = VI \cos \theta$$

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 といわれる。

$$P_o = EI \cos(\delta - \theta) = \frac{VE}{x} \quad \text{(イ)}$$

ここで x [Ω] 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 [$\text{N}\cdot\text{m}$] 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。

$$T = \frac{60}{2\pi n_s} \cdot 3P_o = \frac{60}{2\pi n_s} \cdot \frac{3VE}{x} \quad \text{(イ)}$$

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

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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(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

R01 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。

$$P_i = VI \cos \theta$$

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 $\boxed{\text{(ア)}}$ といわれる。

負荷角

$$P_o = EI \cos(\delta - \theta) = \frac{VE}{x} \boxed{\text{(イ)}} \sin \delta$$

ここで x [Ω] 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 [$\text{N}\cdot\text{m}$] 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。

$$T = \frac{60}{2\pi n_s} \cdot 3P_o = \frac{60}{2\pi n_s} \cdot \frac{3VE}{x} \boxed{\text{(イ)}} \sin \delta$$

大きく

以上のことから、 $0 \leq \delta \leq \frac{\pi}{2}$ の範囲において δ が $\boxed{\text{(ウ)}}$ なるに従って T は

$\boxed{\text{(エ)}}$ なり、理論上 $\frac{\pi}{2}$ [rad] のとき $\boxed{\text{(オ)}}$ となる。

大きく

最大値

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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(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

R03 問5

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 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 [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 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 といい、電源の電圧や周波数が変動した場合にも生じる。 を抑制するには、始動巻線も兼ねる 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(ア)～(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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(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	制動巻線

R03 問5

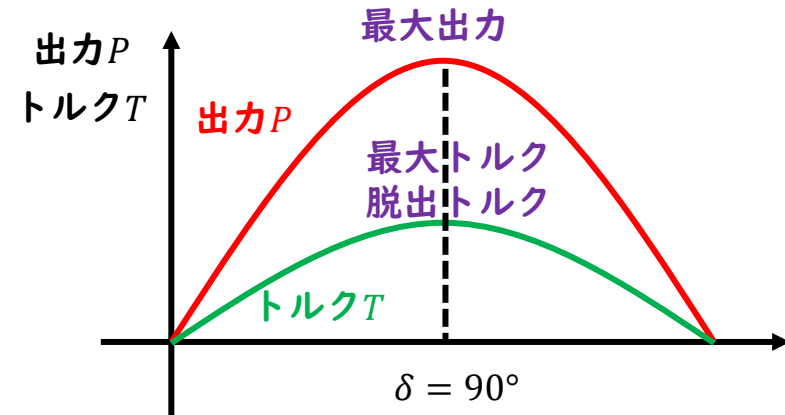
問5 次の文章は、三相同期電動機に関する記述である。

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 **(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 $\frac{\pi}{2}$ **(イ)** [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 **(ウ)** 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 **乱調** **(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。**(カ)** 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。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(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	制動巻線

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

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 を利用して、始動トルクを発生させる方法があり、 は誘導電動機のかご形 と同じ働きをする。この方法を 法という。

この場合、 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 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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(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	Y-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、始動トルクを発生させる方法があり、(ア) は誘導電動機のかご形 (イ) 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 (オ) 法という。この方法は主に大容量機に採用されている。

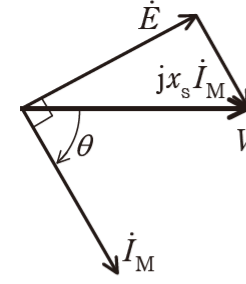
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

始動法	内容
自己始動法	回転子にかご形誘導電動機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。

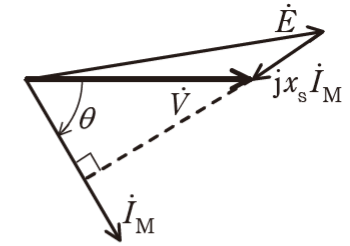
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	制動巻線	回転子導体	自己始動	固定子巻線	始動電動機
(2)	界磁巻線	回転子導体	Y-Δ 始動	固定子巻線	始動電動機
(3)	制動巻線	固定子巻線	Y-Δ 始動	回転子導体	自己始動
(4)	界磁巻線	固定子巻線	自己始動	回転子導体	始動電動機
(5)	制動巻線	回転子導体	Y-Δ 始動	固定子巻線	自己始動

R05下 問5

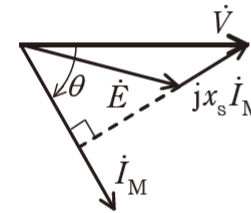
問5 円筒形三相同期電動機において、電動機の励磁電流を調整して、遅れ力率 θ で運転しているものとする。このとき、供給電圧 \dot{V} [V]、電機子電流 \dot{I}_M [A]としたとき、誘導起電力 \dot{E} [V]、並びに同期リアクタンスによる電圧降下 $jx_s \dot{I}_M$ [V]の関係を示すベクトル図として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。なお、同期リアクタンスの大きさに対して巻線抵抗は十分小さいとみなせるものとする。



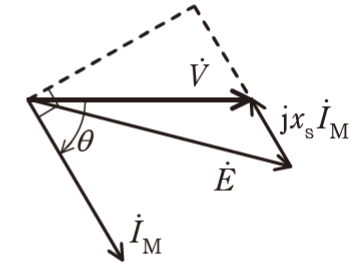
(1)



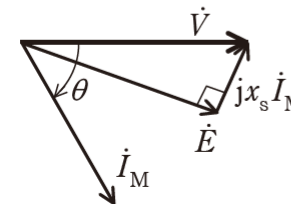
(2)



(3)



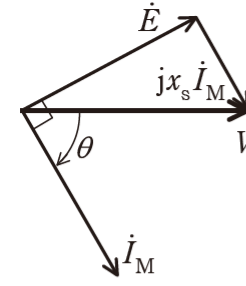
(4)



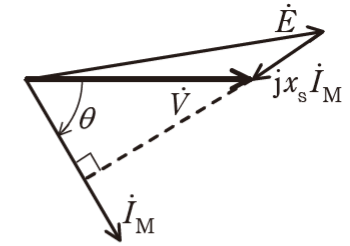
(5)

R05下 問5

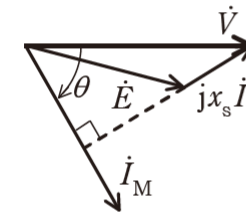
問5 円筒形三相同期電動機において、電動機の励磁電流を調整して、遅れ力率 θ で運転しているものとする。このとき、供給電圧 \dot{V} [V]、電機子電流 \dot{I}_M [A]としたとき、誘導起電力 \dot{E} [V]、並びに同期リアクタンスによる電圧降下 $jx_s \dot{I}_M$ [V]の関係を示すベクトル図として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。なお、同期リアクタンスの大きさに対して巻線抵抗は十分小さいとみなせるものとする。



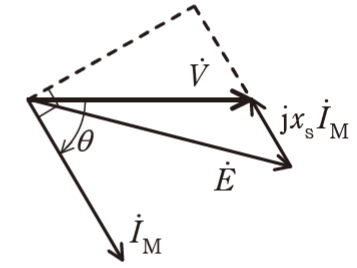
(1)



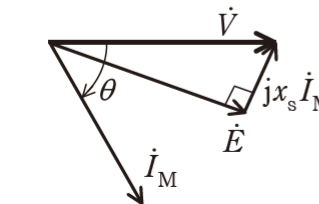
(2)



(3)

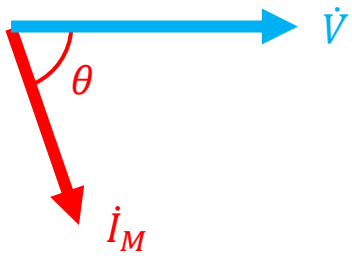


(4)

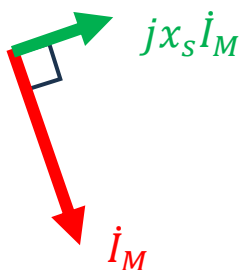


(5)

供給電圧 \dot{V} と電機子電流 \dot{I}_M の関係



供給電圧 \dot{V} と誘導起電力 \dot{E} の関係 $\dot{V} = \dot{E} + jx_s \dot{I}_M$



H17 問4

問4 回転界磁形同期電動機が停止している状態で、固定子巻線に対称三相交流電圧を印加すると回転磁界が生じる。しかし、励磁された回転子磁極が受けるトルクは、同じ大きさで向きが交互に変わるので、その平均トルクは零になり電動機は起動しない。これを改善するために、回転子の磁極面に を施す。これは、 と同じ起動原理を利用したもので、誘導トルクによって電動機を起動させる。

起動時には、回転磁束によって誘導される高電圧によって絶縁が破壊するおそれがあるので、 を抵抗で短絡して起動する。回転子の回転速度が同期速度に近づくと、この短絡を切り放し で励磁すると、回転子は同期速度に引き込まれる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に記入する語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	補償巻線	巻線形誘導電動機	界磁巻線	交流
(2)	制動巻線	かご形誘導電動機	固定子巻線	直流
(3)	制動巻線	巻線形誘導電動機	界磁巻線	交流
(4)	制動巻線	かご形誘導電動機	界磁巻線	直流
(5)	補償巻線	かご形誘導電動機	固定子巻線	直流

H17 問4

問4 回転界磁形同期電動機が停止している状態で、固定子巻線に対称三相交流電圧を印加すると回転磁界が生じる。しかし、励磁された回転子磁極が受けるトルクは、同じ大きさで向きが交互に変わるので、その平均トルクは零になり電動機は起動しない。これを改善するために、回転子の磁極面に **制動巻線** を施す。これは **かご形誘導電動機** と同じ起動原理を利用したもので、誘導トルクによって電動機を起動させる。

起動時には、回転磁束によって誘導される高電圧によって絶縁が破壊するおそれがあるので、**界磁巻線** を抵抗で短絡して起動する。回転子の回転速度が同期速度に近づくと、この短絡を切り放し **直流** で励磁すると、回転子は同期速度に引き込まれる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に記入する語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1) 補償巻線	巻線形誘導電動機	界磁巻線	交流
(2) 制動巻線	かご形誘導電動機	固定子巻線	直流
(3) 制動巻線	巻線形誘導電動機	界磁巻線	交流
(4) 制動巻線	かご形誘導電動機	界磁巻線	直流
(5) 補償巻線	かご形誘導電動機	固定子巻線	直流

内容

回転子に**かご形誘導電動機**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

二種 R02 問1

問1 次の文章は、同期電動機の始動法に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

同期電動機には以下のような始動法がある。

自己始動法は、回転子に施されている (1) 巻線を、誘導電動機の二次巻線として始動トルクを発生させ、同期速度付近に達したとき、界磁巻線に直流励磁を与えて、 (2) トルクによって同期化する方法である。始動時には、回転磁束により界磁巻線に高電圧を誘導し、その絶縁破壊の恐れがあるため、適当な抵抗を通じて界磁巻線を短絡しておく必要がある。この始動法の場合、定格電圧、定格周波数の電源電圧を直接加えて始動する全電圧始動と、始動時に始動電流を抑制するために、電動機電機子電圧を低減して始動する低減電圧始動がある。

始動電動機法は、主機と同軸に設備した小形の始動電動機によって主機を同期速度まで加速してから交流電源に接続して同期化させる方法である。始動電動機として (3) を用いる場合は、主機よりも2～4極程度極数が (4) のものが使われる。

(5) 始動法は、始動用電源として可変周波数の電源を使用し、定格周波数の25～30%の周波数で同期化し、その後、定格周波数まで周波数を上昇させてから主電源に同期投入する方法である。

[問1の解答群]

- | | | | |
|---------|-----------|------------|---------|
| (イ) 直流 | (ロ) プルアップ | (ハ) 多い | (ニ) 制動 |
| (ホ) 直流機 | (ヘ) スロット | (ト) 停動 | (チ) 少ない |
| (リ) 補償 | (ヌ) 可変周波 | (ル) 交流整流子機 | (フ) 低周波 |
| (ワ) 引入れ | (カ) 誘導機 | (ヨ) 脱出 | |

二種 R02 問1

問1 次の文章は、同期電動機の始動法に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

同期電動機には以下のような始動法がある **制動**

自己始動法は、回転子に施されている (1) 巻線を、誘導電動機の二次巻線として始動トルクを発生させ、同期速度付近に達したとき、界磁巻線に直流励磁を与えて、 **引入れ** (2) トルクによって同期化する方法である。始動時には、回転磁束により界磁巻線に高電圧を誘導し、その絶縁破壊の恐れがあるため、適当な抵抗を通じて界磁巻線を短絡しておく必要がある。この始動法の場合、定格電圧、定格周波数の電源電圧を直接加えて始動する全電圧始動と、始動時に始動電流を抑制するために、電動機電機子電圧を低減して始動する低減電圧始動がある。

始動電動機法は、主機と同軸に設備した小形の始動電動機によって主機を同期速度まで加速してから交流電源に接続して同期化させる方法である。始動電動機として (3) を用いる場合は、主機よりも2~4極程度極数が **少ない** (4) のものが使われる。 **誘導機**

(5) 始動法は、始動用電源として可変周波数の電源を使用し、**低周波** 定格周波数の25~30%の周波数で同期化し、その後、定格周波数まで周波数を上昇させてから主電源に同期投入する方法である。

界磁巻線に直流電流を流して回転子を励磁すると、
回転子が同期速度に引入れされる。
このトルクを「引入れトルク」という。

誘導機の速度を少し速くしたいので、極数は少なく
する。

[問1の解答群]

- | | | | |
|-------------|-------------|------------|-------------|
| (イ) 直流 | (ロ) プルアップ | (ハ) 多い | (ニ) 制動 (1) |
| (ホ) 直流機 | (ヘ) スロット | (ト) 停動 | (チ) 少ない (4) |
| (リ) 補償 | (ヌ) 可変周波 | (ル) 交流整流子機 | (ツ) 低周波 (5) |
| (ワ) 引入れ (2) | (カ) 誘導機 (3) | (コ) 脱出 | |

二種 H25 問5

問5 次の文章は、突極形同期機の制動巻線に関する記述である。文中の

□ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

突極形同期機の回転子の □ (1) に設けたスロットに □ (2) 又は黄銅棒を挿入し、かご形誘導電動機の □ (3) 巻線のように短絡環によって相互に接続して構成する巻線を制動巻線という。負荷の急変に伴う同期機の過渡運転の状態において回転子の回転速度に動揺が起こると、電源（系統）周波数で決まる同期速度との間に滑りが生じ、この巻線に誘導電動機としてのトルクが発生する。このトルクは速度変動を抑える方向に働く。

この巻線は、電機子巻線と界磁巻線の磁路中に介在する □ (4) インピーダンス巻線であるため、制動の機能以外に三相不平衡負荷に起因する逆相磁界又は負荷電流のひずみなどに起因する □ (5) を吸収する効果がある。

[解答群]

- | | | | |
|-----------|----------|-----------|-------------|
| (イ) 銅棒 | (ロ) 継鉄 | (ハ) 一次 | (ニ) 高 |
| (ホ) 低 | (ヘ) 過大 | (ト) 電機子鉄心 | (チ) 鉄棒 |
| (リ) 正相磁界 | (ヌ) 磁極頭部 | (ル) 励磁 | (ヲ) ステンレス鋼棒 |
| (リ) 高調波磁界 | (カ) 二次 | (ヨ) 零相磁界 | |

二種 H25 問5

問5 次の文章は、突極形同期機の制動巻線に関する記述である。文中の

□ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

突極形同期機の回転子の **磁極頭部** (1) に設けたスロットに **銅棒** (2) 又は黄銅棒を挿入し、かご形誘導電動機の **二次** (3) 巻線のように短絡環によって相互に接続して構成する巻線を制動巻線という。負荷の急変に伴う同期機の過渡運転の状態において回転子の回転速度に動揺が起こると、電源（系統）周波数で決まる同期速度との間に滑りが生じ、この巻線に誘導電動機としてのトルクが発生する。このトルクは速度変動を抑える方向に働く。 **低**

この巻線は、電機子巻線と界磁巻線の磁路中に介在する (4) インピーダンス巻線であるため、制動の機能以外に三相不平衡負荷に起因する逆相磁界又は負荷電流のひずみなどに起因する (5) を吸収する効果がある。

高調波磁界

[解答群]

- | | | | |
|---------------|--------------|-----------|-------------|
| (イ) 銅棒 (2) | (ロ) 継鉄 | (ハ) 一次 | (ニ) 高 |
| (ホ) 低 (4) | (ヘ) 過大 | (ト) 電機子鉄心 | (チ) 鉄棒 |
| (リ) 正相磁界 | (ヌ) 磁極頭部 (1) | (ル) 励磁 | (ヲ) ステンレス鋼棒 |
| (リ) 高調波磁界 (5) | (カ) 二次 (3) | (ク) 零相磁界 | |

制動巻線

同期機の回転子（磁極頭部）の巻線

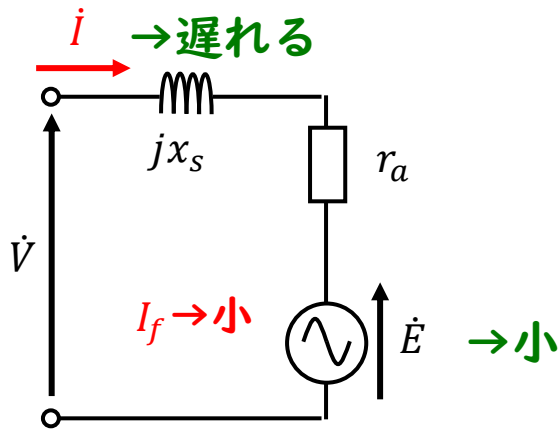
（※ 実際には誘導機のかごのような構造）

誘導機の二次巻線のような効果があり、始動トルクを生み出したり、速度変動を抑制する効果がある

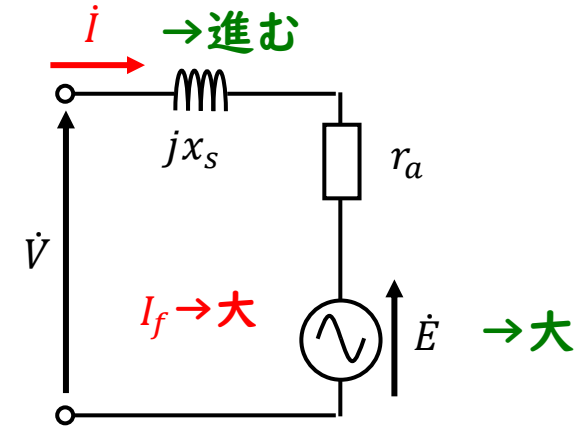
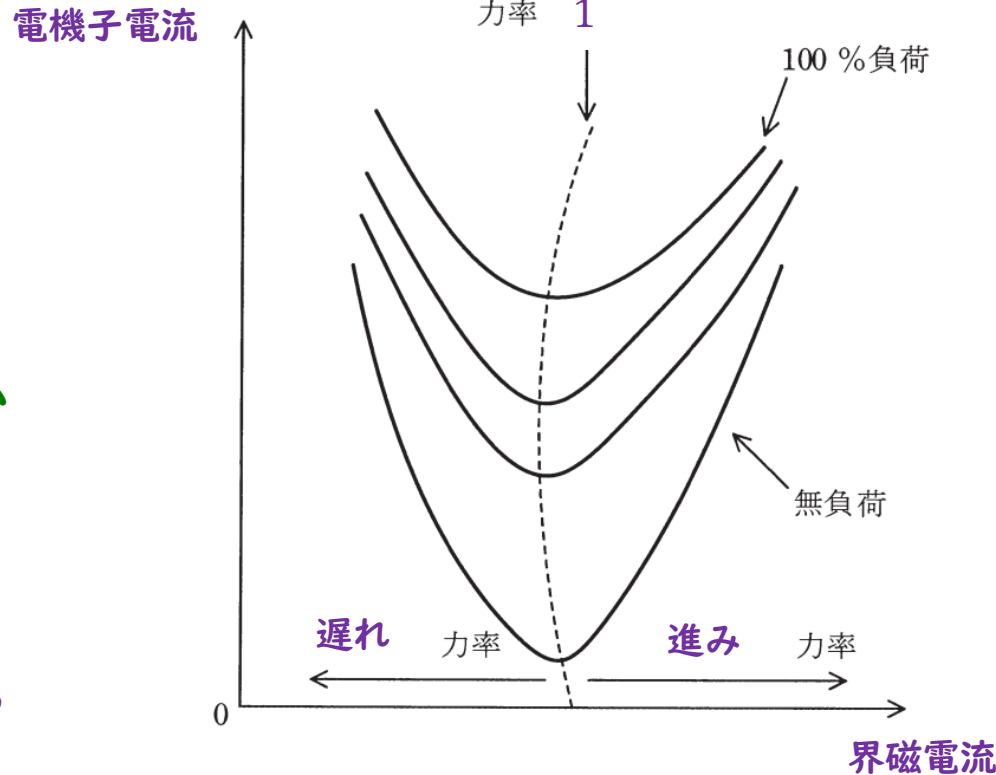
電流ひずみという言葉が出てきたら「高調波」と考えてよい

電動機のV字曲線

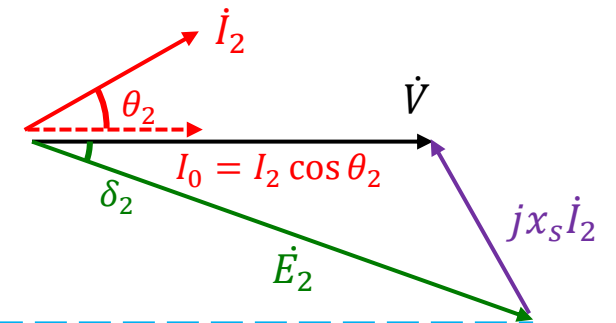
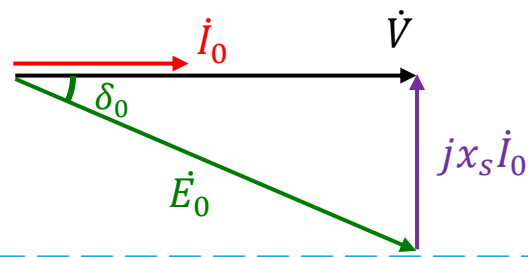
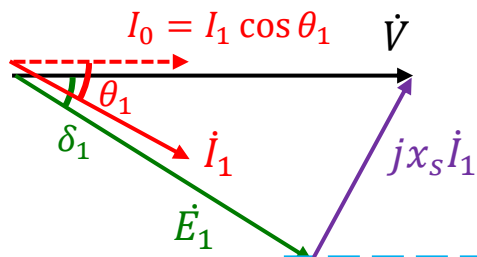
電動機のV字曲線



- 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



H18 問4

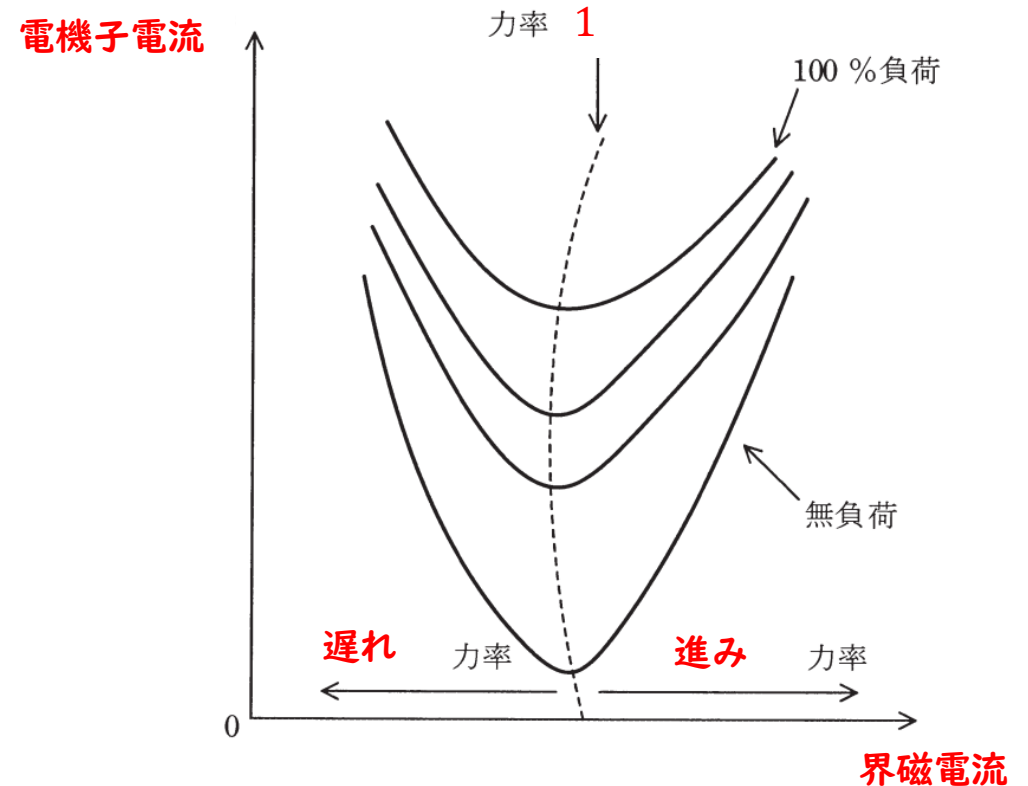
問4 同期電動機が一定の負荷で、力率1の状態 で運転されている。この状態から、負荷を一定に保って、界磁電流のみを増加させたとき、電機子電流の大きさと同期電動機の力率の変化に関する記述として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 電機子電流は増加し、進み力率になる。
- (2) 電機子電流は増加し、遅れ力率になる。
- (3) 電機子電流は減少し、力率は変化しない。
- (4) 電機子電流は減少し、進み力率になる。
- (5) 電機子電流は変化せず、遅れ力率になる。

H18 問4

問4 同期電動機が一定の負荷で、力率1の状態では運転されている。この状態から、負荷を一定に保って、界磁電流のみを増加させたとき、電機子電流の大きさと同期電動機の力率の変化に関する記述として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 電機子電流は増加し、進み力率になる。
- (2) 電機子電流は増加し、遅れ力率になる。
- (3) 電機子電流は減少し、力率は変化しない。
- (4) 電機子電流は減少し、進み力率になる。
- (5) 電機子電流は変化せず、遅れ力率になる。



H22 問5

問5 三相同期電動機は、50 [Hz] 又は 60 [Hz] の商用交流電源で駆動されることが一般的であった。電動機としては、極数と商用交流電源の周波数によって決まる一定速度の運転となること、 電流を調整することで力率を調整することができ、三相誘導電動機に比べて高い力率の運転ができることなどに特徴がある。さらに、誘導電動機に比べて を大きくできるという構造的な特徴などがあることから、回転子に強い衝撃が加わる鉄鋼圧延機などに用いられている。

しかし、商用交流電源で三相同期電動機を駆動する場合、 トルクを確保する必要がある。近年、インバータなどパワーエレクトロニクス装置の利用拡大によって可変電圧可変周波数の電源が容易に得られるようになった。出力の電圧と周波数がほぼ比例するパワーエレクトロニクス装置を使用すれば、 を変えると が変わり、このときのトルクを確保することができる。

さらに、回転子の位置を検出して電機子電流と界磁電流をあわせて制御することによって幅広い速度範囲でトルク応答性の優れた運転も可能となり、応用範囲を拡大させている。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	励磁	固定子	過負荷	周波数	定格速度
(2)	励磁	固定子	始動	電圧	定格速度
(3)	電機子	空げき	過負荷	電圧	定格速度
(4)	電機子	固定子	始動	周波数	同期速度
(5)	励磁	空げき	始動	周波数	同期速度

H22 問5

問5 三相同期電動機は、50 [Hz] 又は 60 [Hz] の商用交流電源で駆動されることが一般的であった。電動機としては、極数と商用交流電源の周波数によって決まる一定速度の運転となること、**励磁** 電流を調整することで力率を調整することができ、三相誘導電動機に比べて高い力率の運転ができることなどに特徴がある。さらに、誘導電動機に比べて**空げき**を大きくできるという構造的な特徴などがあることから、回転子に強い衝撃が加わる鉄鋼圧延機などに用いられている。

しかし、商用交流電源で三相同期電動機を駆動する場合、**始動**トルクを確保する必要がある。近年、インバータなどパワーエレクトロニクス装置の利用拡大によって可変電圧可変周波数の電源が容易に得られるようになった。出力の電圧と周波数がほぼ比例するパワーエレクトロニクス装置を使用すれば、**周波数**を変えると**同期速度**が変わり、このときのトルクを確保することができる。

さらに、回転子の位置を検出して電機子電流と界磁電流をあわせて制御することによって幅広い速度範囲でトルク応答性の優れた運転も可能となり、応用範囲を拡大させている。

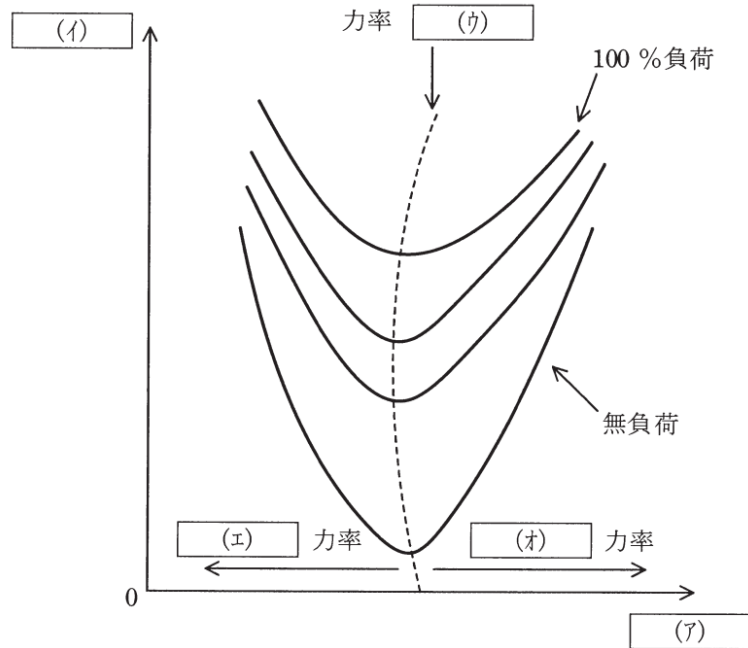
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	励磁	固定子	過負荷	周波数	定格速度
(2)	励磁	固定子	始動	電圧	定格速度
(3)	電機子	空げき	過負荷	電圧	定格速度
(4)	電機子	固定子	始動	周波数	同期速度
(5)	励磁	空げき	始動	周波数	同期速度

H28 問5

問5 次の文章は、同期電動機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 、縦軸は 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 の動作点を結んだ線であり、この破線の左側の領域は 力率、右側の領域は 力率の領域である。



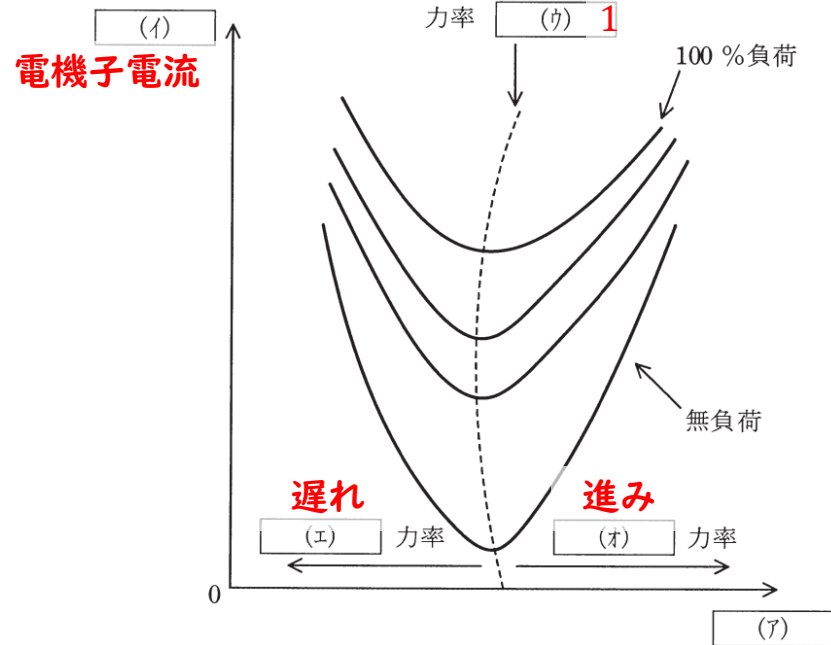
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	電機子電流	界磁電流	1	遅れ	進み
(2)	界磁電流	電機子電流	1	遅れ	進み
(3)	界磁電流	電機子電流	1	進み	遅れ
(4)	電機子電流	界磁電流	0	進み	遅れ
(5)	界磁電流	電機子電流	0	遅れ	進み

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。

H28 問5

問5 次の文章は、同期電動機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 、縦軸は 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 **1** の動作点を結んだ線であり、この破線の左側の領域は 力率、右側の領域は 力率の領域である。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(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

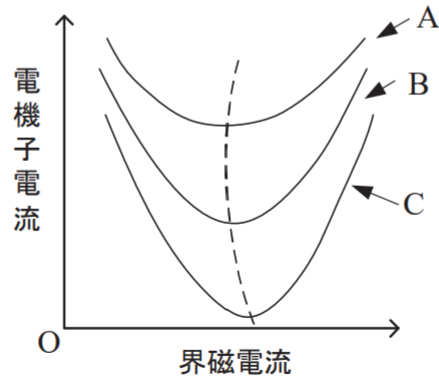
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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 (ア) 電流、左側は (イ) 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 (ウ) → B → (エ) 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(ア)～(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。

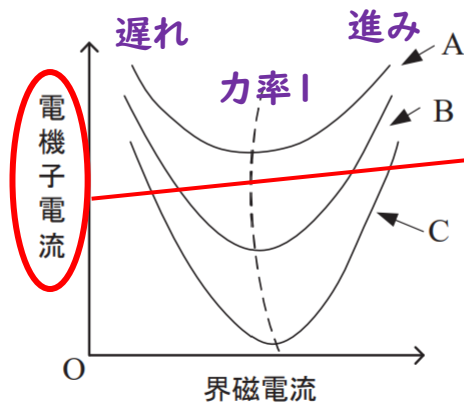
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	遅れ	進み	A	C	静止形無効電力補償装置
(2)	遅れ	進み	C	A	静止形無効電力補償装置
(3)	遅れ	進み	A	C	同期調相機
(4)	進み	遅れ	C	A	同期調相機
(5)	進み	遅れ	A	C	同期調相機

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 **進み** 電流、左側は **遅れ** 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 **(ウ)** → B → **(エ)** の順に変化する。

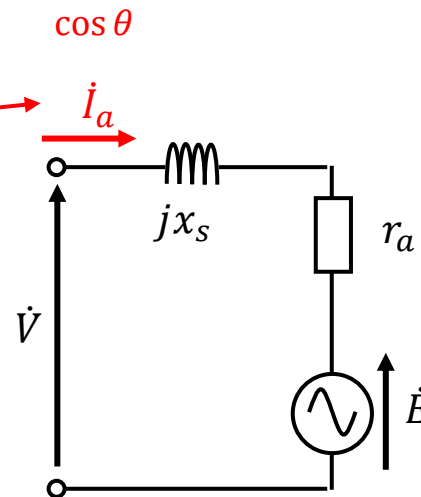
この位相特性を利用して、三相同期電動機を需要家機器と並列に接続して無負荷運転し、需要家機器の端子電圧を調整することができる。このような目的で用いる三相同期電動機を **同期調相機** という。



上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	遅れ	進み	A	C	静止形無効電力補償装置
(2)	遅れ	進み	C	A	静止形無効電力補償装置
(3)	遅れ	進み	A	C	同期調相機
(4)	進み	遅れ	C	A	同期調相機
(5)	進み	遅れ	A	C	同期調相機

同期電動機の等価回路



電機子電流が増えたと出力が増える

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 [Ω]
同期リアクタンス: x_s [Ω]
端子電圧: V [V]

電機子電流: I [A]
力率: $\cos \theta$

二種 H29 問1



問1 次の文章は、同期機の運転特性に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

同期電動機は、定常運転時において、負荷の大小にかかわらず、 (1) と (2) とで定まる同期速度で回転する交流機であり、一般に定速度電動機として用いられる。同期電動機が一定の負荷にて定速運転を行っているとき、界磁電流を増加させると電機子電流の位相は界磁電流増加前よりも (3) 方向に変化し、減少させると逆方向に変化する。これにより、運転力率を任意に調整することができる。

同期電動機を原動機で駆動すれば、同期発電機として動作させることができる。電機子電流及び端子電圧の大きさ並びに回転速度及び回転方向は電動機運転時と変えず、同期発電機として遅れ力率で運転する場合の界磁電流は、遅れ力率で運転していた同期電動機の界磁電流 (4) 。

同期電動機は、インバータ電源などを用いて (2) を制御することによって可変速運転を行うことができる。一般に、誘導起電力は回転速度に比例して増減する。したがって、回転速度を定格速度より低くする場合、電源電圧と (2) との比を一定に維持するように制御を行えば、磁束をほぼ一定に保つことができる。

永久磁石同期電動機で速度制御を行う場合、高速領域で誘導起電力が電源電圧より高くなり、そのままでは回転速度を上げることができなくなるときがある。このような場合に、電機子電流の位相を進み方向に制御し、 (5) によって磁束を弱めるようにすれば、運転領域を高速側に拡大することができる。

〔問1の解答群〕

- | | | | |
|-----------|------------|-------------|---------|
| (イ) 並列回路数 | (ロ) 自己励磁作用 | (ハ) より大きい | (ニ) 後退 |
| (ホ) 進み | (ヘ) 同じである | (ト) 電機子反作用 | (チ) 相数 |
| (リ) 極数 | (ヌ) 電源周波数 | (ル) 遅れ | (フ) 巻線数 |
| (ワ) 界磁電圧 | (カ) より小さい | (ヨ) 電機子漏れ磁束 | |

二種 H29 問1

問1 次の文章は、同期機の運転特性に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

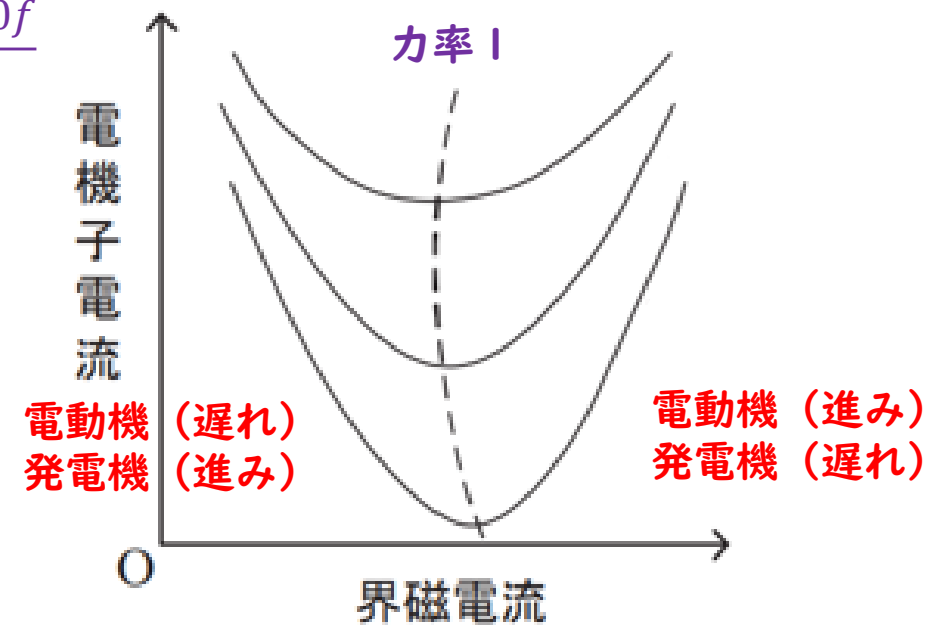
同期電動機は、定常運転時において、負荷の大小にかかわらず、 (1) ^{極数}と (2) ^{電源周波数}とで定まる同期速度で回転する交流機であり、一般に定速度電動機として用いられる。同期電動機が一定の負荷にて定速運転を行っているとき、界磁電流を増加させると電機子電流の位相は界磁電流増加前よりも (3) ^{進み}方向に変化し、減少させると逆方向に変化する。これにより、運転力率を任意に調整することができる。

同期電動機を原動機で駆動すれば、同期発電機として動作させることができる。電機子電流及び端子電圧の大きさ並びに回転速度及び回転方向は電動機運転時と変えず、同期発電機として遅れ力率で運転する場合の界磁電流は、遅れ力率で運転していた同期電動機の界磁電流 (4) ^{より大きい}。

同期電動機は、インバータ電源などを用いて (2) ^{電源周波数}を制御することによって可変速運転を行うことができる。一般に、誘導起電力は回転速度に比例して増減する。したがって、回転速度を定格速度より低くする場合、電源電圧と (2) ^{電源周波数}との比を一定に維持するように制御を行えば、磁束をほぼ一定に保つことができる。

永久磁石同期電動機で速度制御を行う場合、高速領域で誘導起電力が電源電圧より高くなり、そのままでは回転速度を上げることができなくなるときがある。このような場合に、電機子電流の位相を進み方向に制御し、 (5) ^{電機子反作用}によって磁束を弱めるようにすれば、運転領域を高速側に拡大することができる。

$$N_s = \frac{120f}{p}$$



[問1の解答群]

- | | | | |
|------------|---------------|----------------|---------|
| (イ) 並列回路数 | (ロ) 自己励磁作用 | (ハ) より大きい (4) | (ニ) 後退 |
| (ホ) 進み (3) | (ヘ) と同じである | (ト) 電機子反作用 (5) | (チ) 相数 |
| (リ) 極数 (1) | (ヌ) 電源周波数 (2) | (ル) 遅れ | (テ) 巻線数 |
| (ワ) 界磁電圧 | (カ) より小さい | (コ) 電機子漏れ磁束 | |

ご聴講ありがとうございました!!