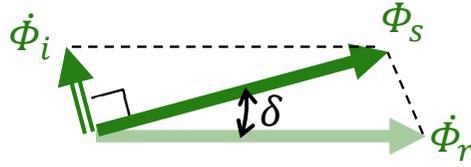
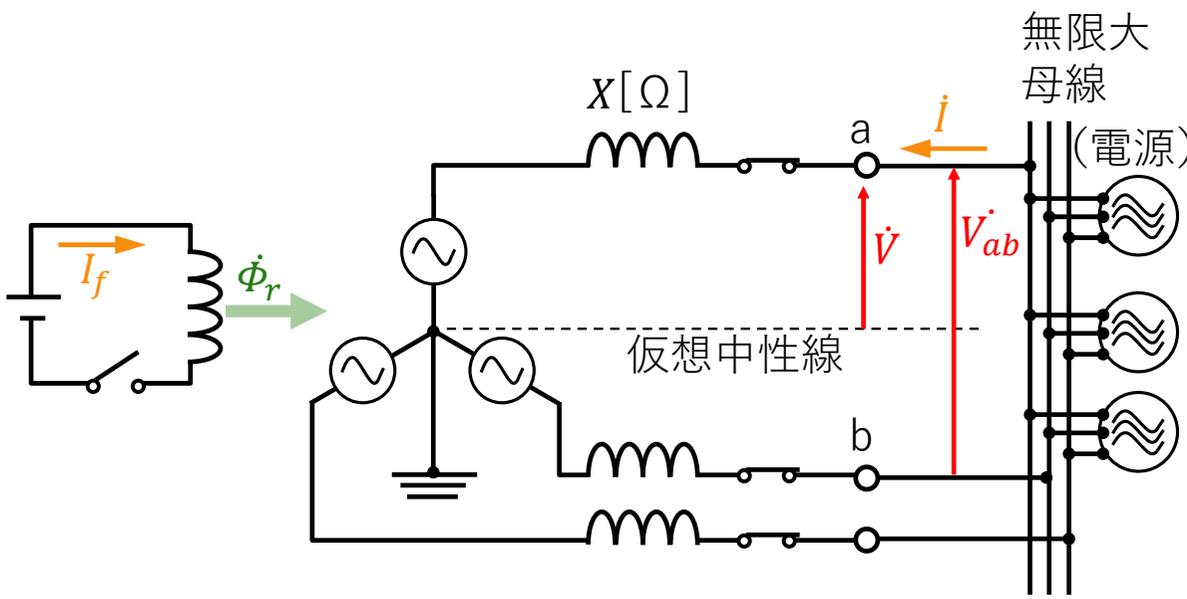
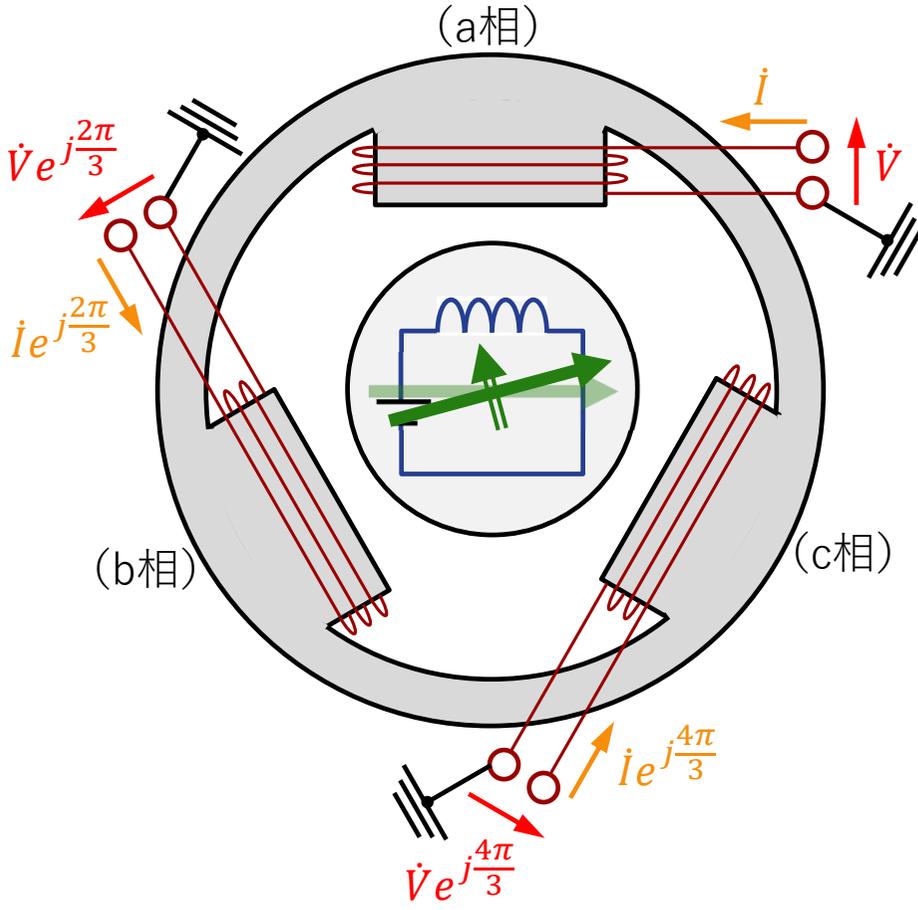


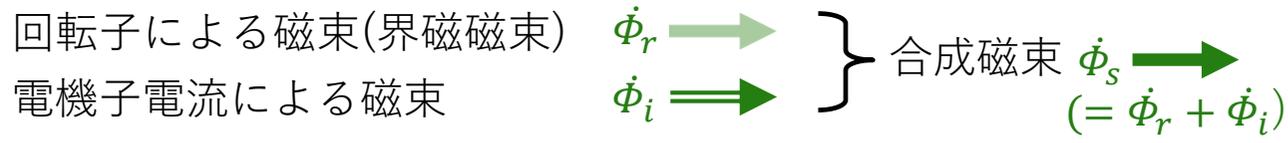
同期機 (16) - 1 《同期電動機の磁束ベクトル》



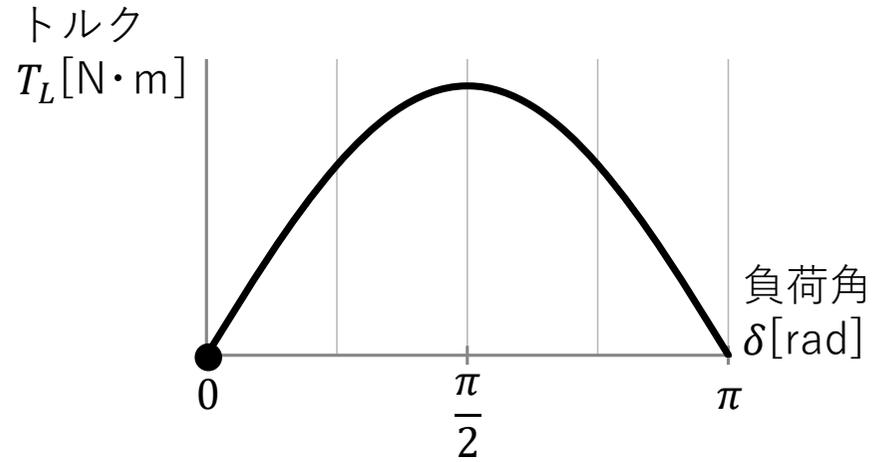
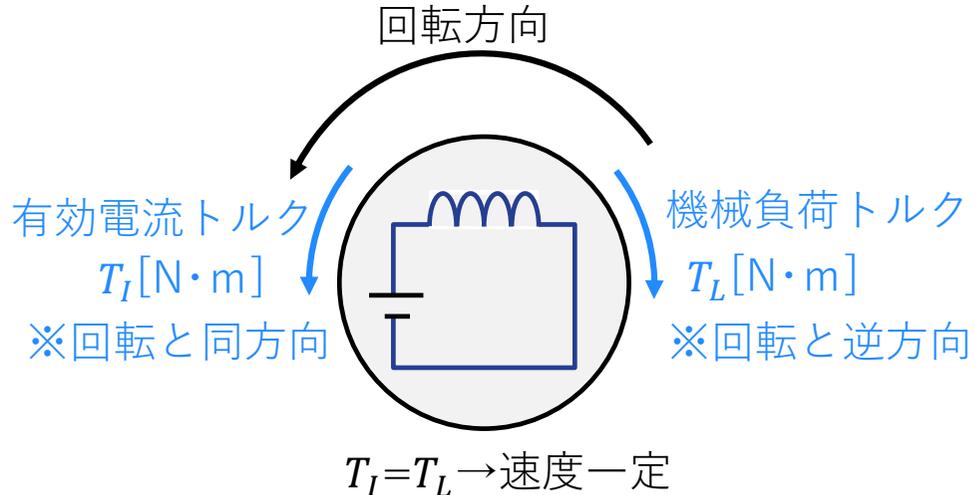
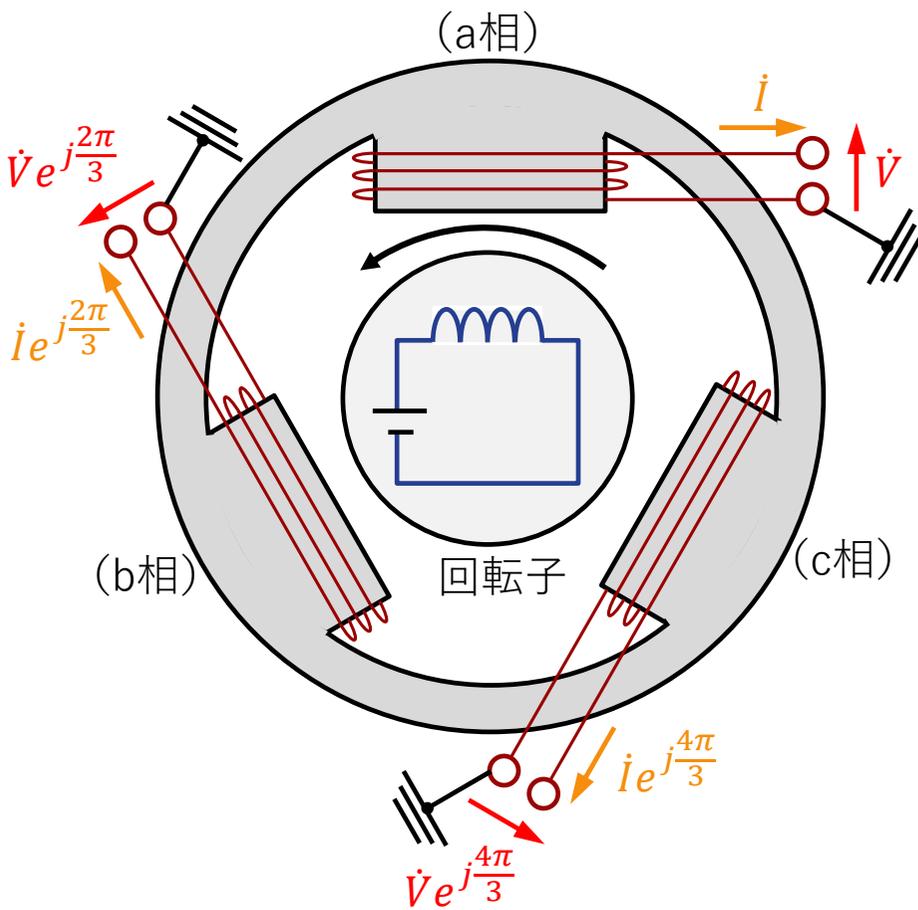
負荷角 δ [rad]
 : 合成磁束に対する
 回転子軸の位相遅れ

【重要】 端子電圧 \dot{V} は合成磁束 Φ_s に対応する。
 (ファラデーの法則)

→ 無限大母線では、 \dot{V} 一定なので、 Φ_s 一定となる



同期機 (16) - 2 《同期電動機のトルクと負荷角》



負荷角 $\delta [rad]$: 合成磁束に対する回転子軸の位相遅れ

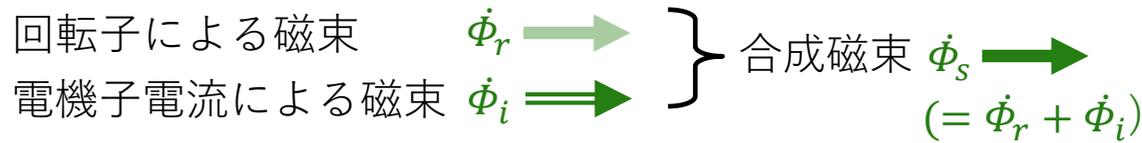
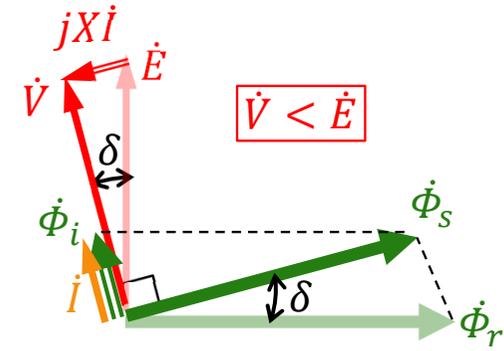
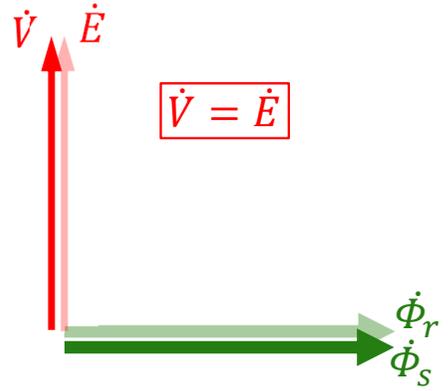
※トルクが増えるほど位相が遅れていき、負荷角 $\frac{\pi}{2} [rad]$ (= 90°) のときが最大トルク

■ $T_L = 0$

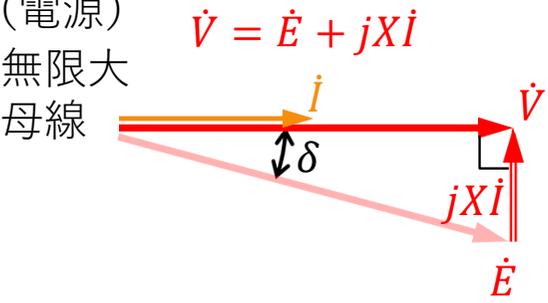
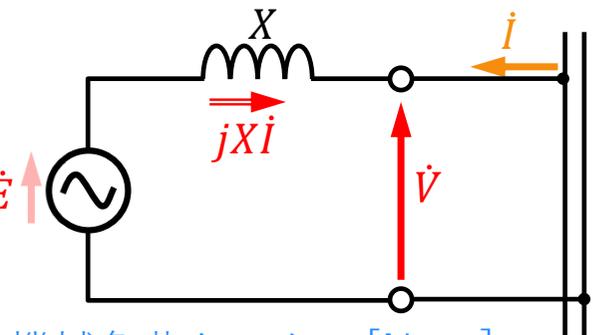
負荷角 $\delta: 0$

■ T_L : 増加

負荷角 δ : 増加



端子電圧 \dot{V} は無限大母線により拘束されるため、ファラデーの法則より合成磁束 $\dot{\Phi}_s$ も拘束される。

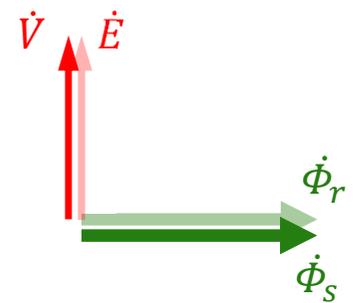


T_L 変化によって負荷角 δ が変化したとき、 $\dot{\Phi}_s = \dot{\Phi}_r + \dot{\Phi}_i$ となるための、 $\dot{\Phi}_i$ を作り出す電流 i が流れる。

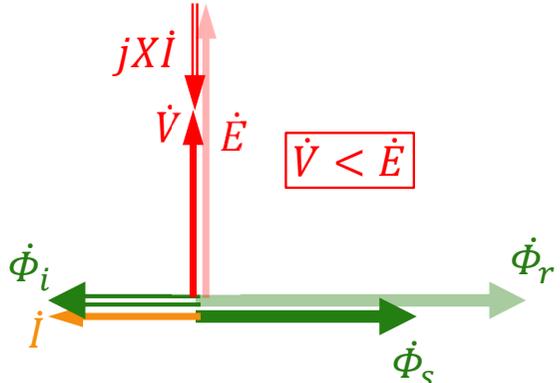
この電流 i は、端子電圧 \dot{V} と同位相成分であり、有効電力となる。

機械負荷トルク T_L [N·m]

■ 無負荷のとき



■ 励磁電流 I_f 増加 → $\dot{\Phi}_r$ 増加

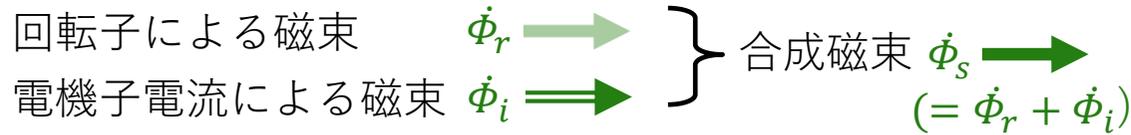
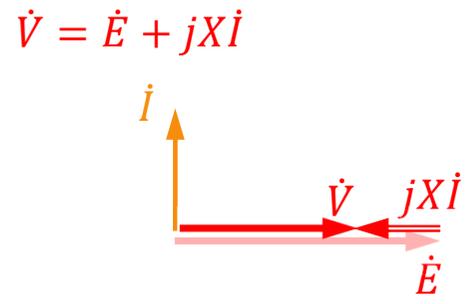
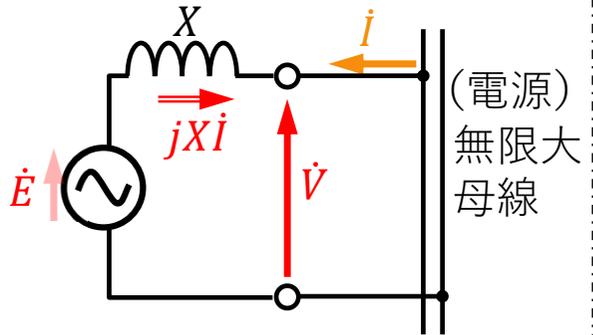


端子電圧 \dot{V} は無限大母線により固定されるため、ファラデーの法則より合成磁束 $\dot{\Phi}_s$ も固定される。

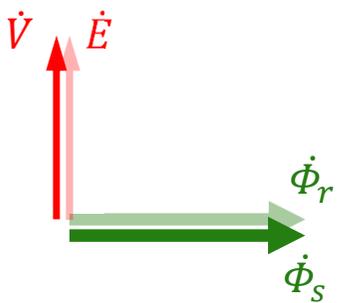
回転子による磁束 $\dot{\Phi}_r$ は励磁電流 I_f 増加によって、増加する。

$\dot{\Phi}_s = \dot{\Phi}_r + \dot{\Phi}_i$ となるための、 $\dot{\Phi}_i$ を作り出す電流 i が流れる。

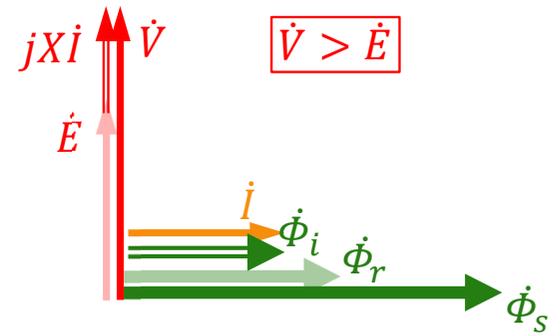
この電流 i は、端子電圧 \dot{V} に対し 90° 進んだ成分になるため、進み無効電力となる。



■ 無負荷のとき



■ 励磁電流 I_f 減少 → $\dot{\Phi}_r$ 減少

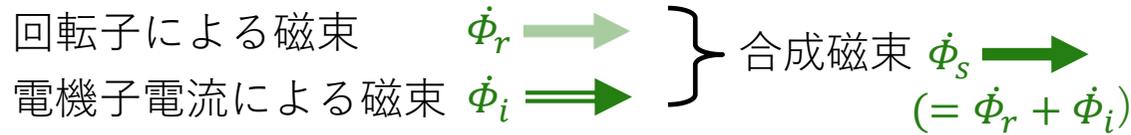
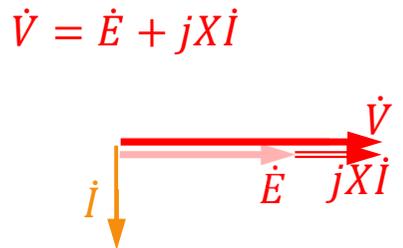
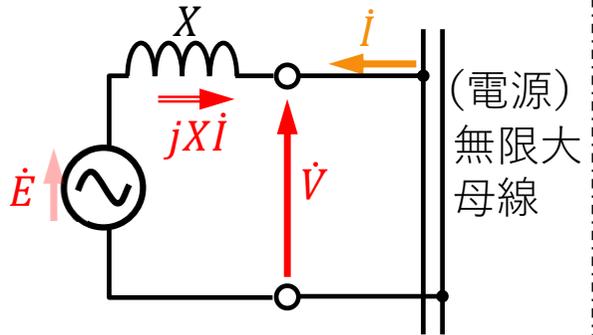


端子電圧 \dot{V} は無限大母線により拘束されるため、ファラデーの法則より合成磁束 $\dot{\Phi}_s$ も拘束される。

回転子による磁束 $\dot{\Phi}_r$ は励磁電流 I_f 減少によって、減少する。

$\dot{\Phi}_s = \dot{\Phi}_r + \dot{\Phi}_i$ となるための、 $\dot{\Phi}_i$ を作り出す電流 i が流れる。

この電流 i は、端子電圧 \dot{V} に対し 90° 遅れた成分になるため、遅れ無効電力となる。



同期機 (16) - 6 《同期電動機の特性》

(極数: p)

■ 回転数 N [rpm] : 電源周波数 f [Hz] によって一定の同期速度 $N = \frac{120f}{p}$

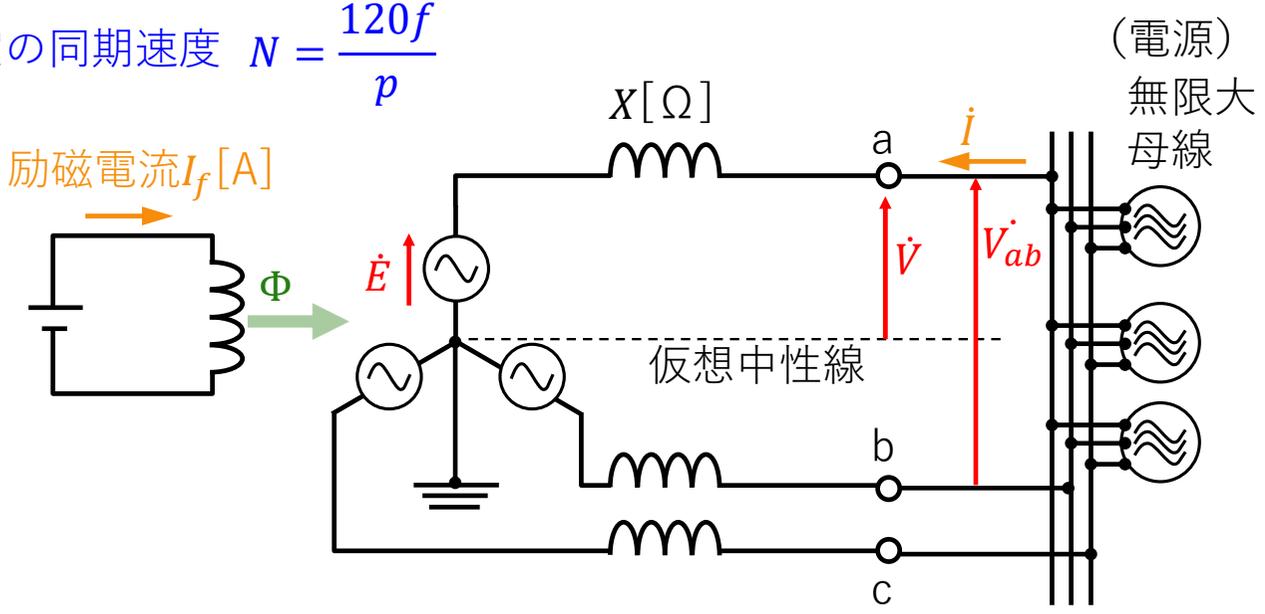
■ 有効電力 P [W] : T_L に依存
 T_L 増 \rightarrow P 増 T_L 減 \rightarrow P 減

※ P は機械負荷トルクに依存するので、電氣的に調節することはできない。

■ 端子電圧 V [V] : 電源によって一定

■ 無効電力 Q [var] : I_f によって調節可能
 I_f 増 \rightarrow Q (遅れ) 減 I_f 減 \rightarrow Q (遅れ) 増
 I_f 増 \rightarrow Q (進み) 増 I_f 減 \rightarrow Q (進み) 減

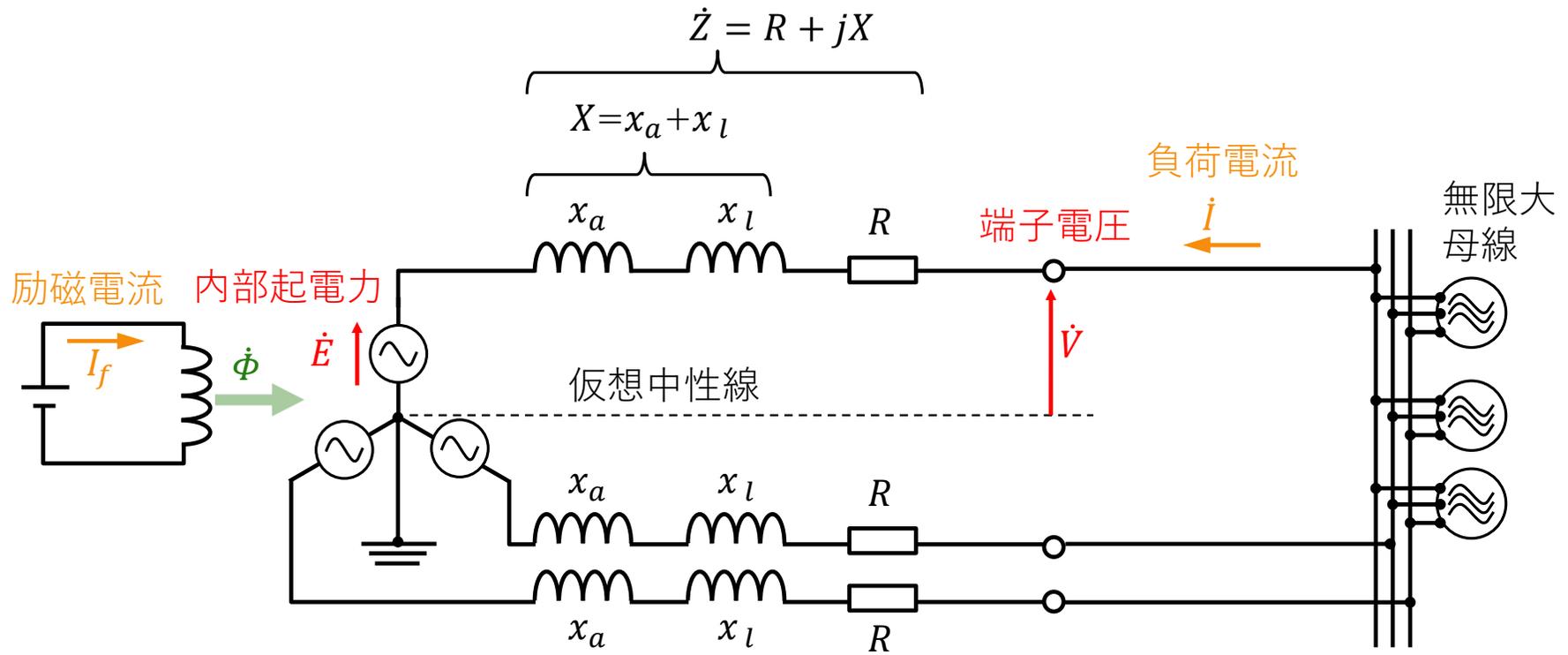
※ Q を調節できるので、力率を調節することができる。



機械負荷トルク T_L [N·m]

無限大母線とは、
 電圧・周波数が一定に保たれた電力系統
 (近似的に電力会社の配電網が該当)

同期機 (16) - 7 《同期電動機の等価回路》

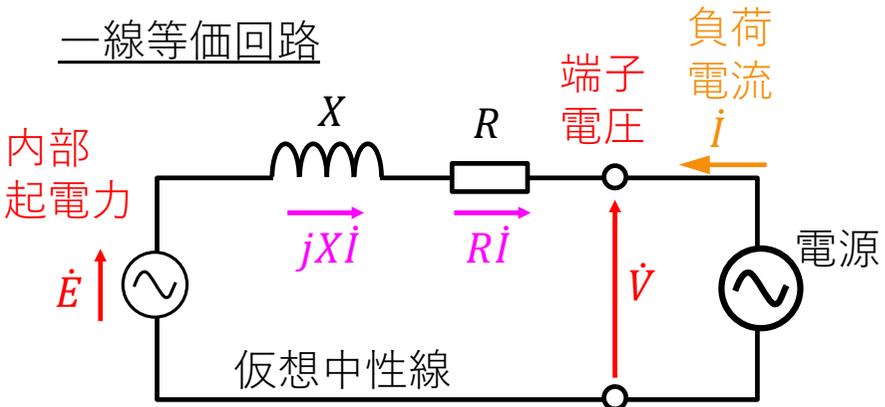


電機子反作用リアクタンス $[\Omega]$: x_a }
 漏れリアクタンス $[\Omega]$: x_l }

電機子巻線抵抗 $[\Omega]$: R }
 同期リアクタンス $[\Omega]$: X }

同期インピーダンス : Z

同期機 (16) - 8 《同期電動機のベクトル図》



$$\dot{V} = \dot{E} + Ri + jXi$$

電機子巻線抵抗[Ω] : R

同期リアクタンス[Ω] : X

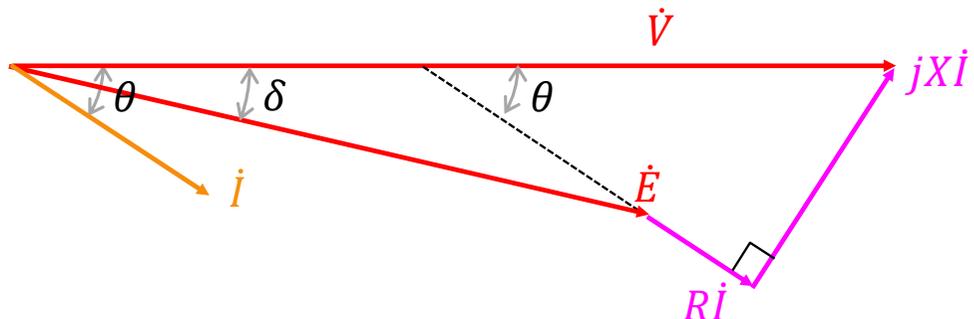
負荷角[rad] : δ

電動機の場合は V より E が必ず遅れる。

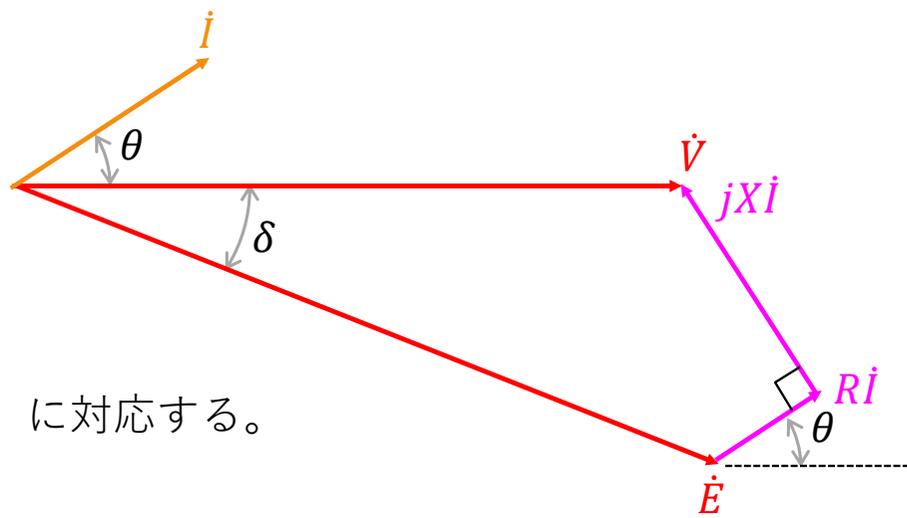
E は回転子の界磁磁束、 V は合成回転磁束（電源）に対応する。

V より E が遅れているのは、電源によって、回転子を牽引している電動機の状態である。

遅れ力率の場合 :

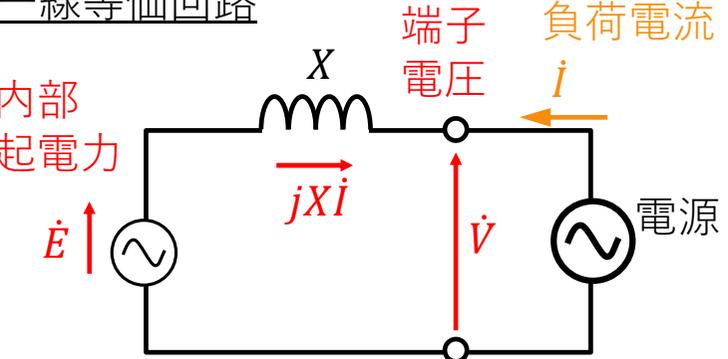


進み力率の場合 :



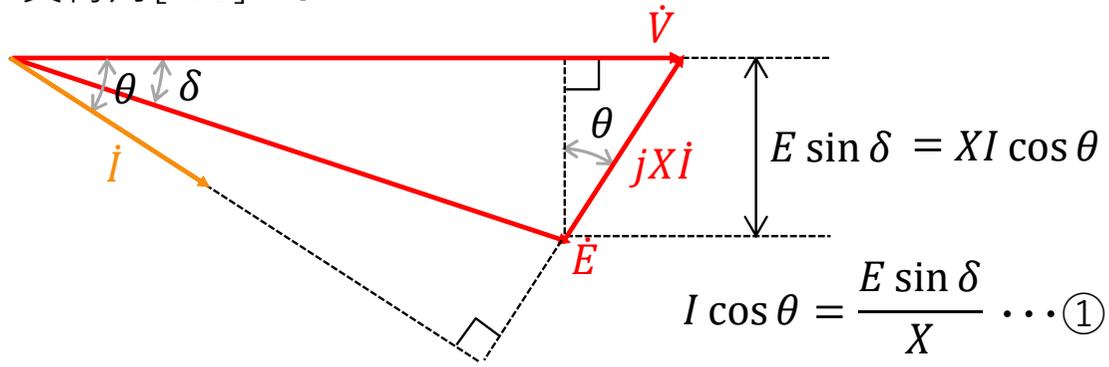
同期機 (16) - 9 《同期電動機の出力と負荷角》

一線等価回路



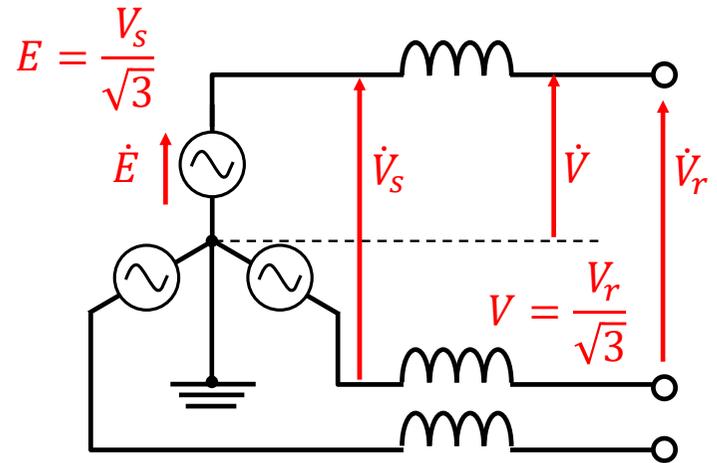
同期リアクタンス[Ω] : X

$\dot{V} = \dot{E} + jXI$
 負荷角[rad] : δ



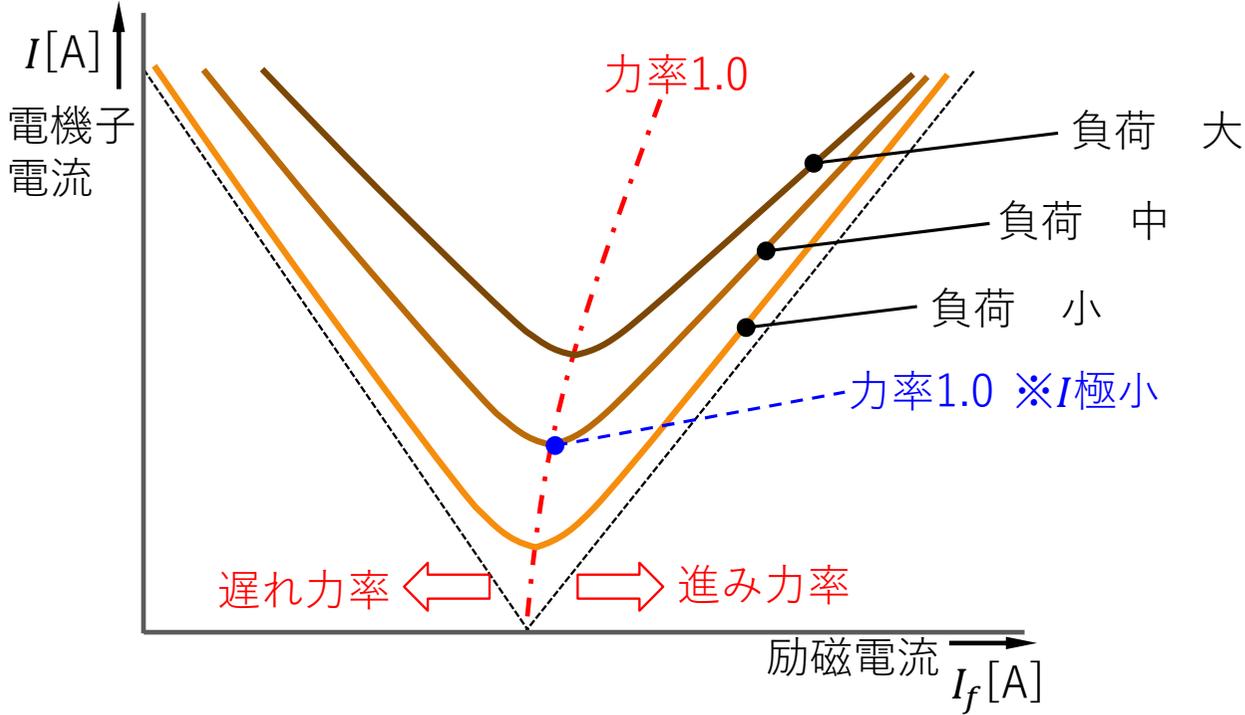
有効電力[W] : $P_1 = VI \cos \theta = V \cdot \frac{E \sin \delta}{X} = \frac{VE \sin \delta}{X}$
 (一相分) ①を代入

有効電力[W] : $P = 3 \times P_1 = \frac{3VE \sin \delta}{X}$ ※相電圧
 $= \frac{3 \cdot \frac{V_s}{\sqrt{3}} \cdot \frac{V_r}{\sqrt{3}} \sin \delta}{X} = \frac{V_s V_r \sin \delta}{X}$ ※線間電圧

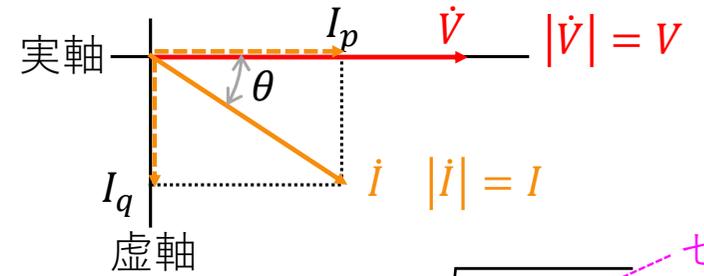


同期機 (16) - 10 《同期電動機の位相特性》

位相特性曲線 (Vカーブ) ※有効電力一定条件



励磁電流を調節することで力率を調整することができる。



$$\dot{i} = I_p + jI_q \quad |i| = \sqrt{I_p^2 + I_q^2}$$

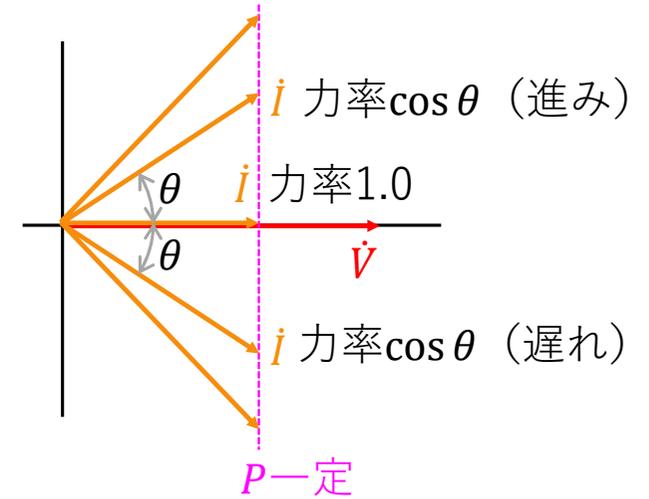
ゼロのとき I 極小

電流の有効成分: $I_p = I \cos \theta$

電流の無効成分: $I_q = I \sin \theta$

有効電力 [W]: $P = VI \cos \theta = VI_p$

無効電力 [var]: $Q = VI \sin \theta = VI_q$

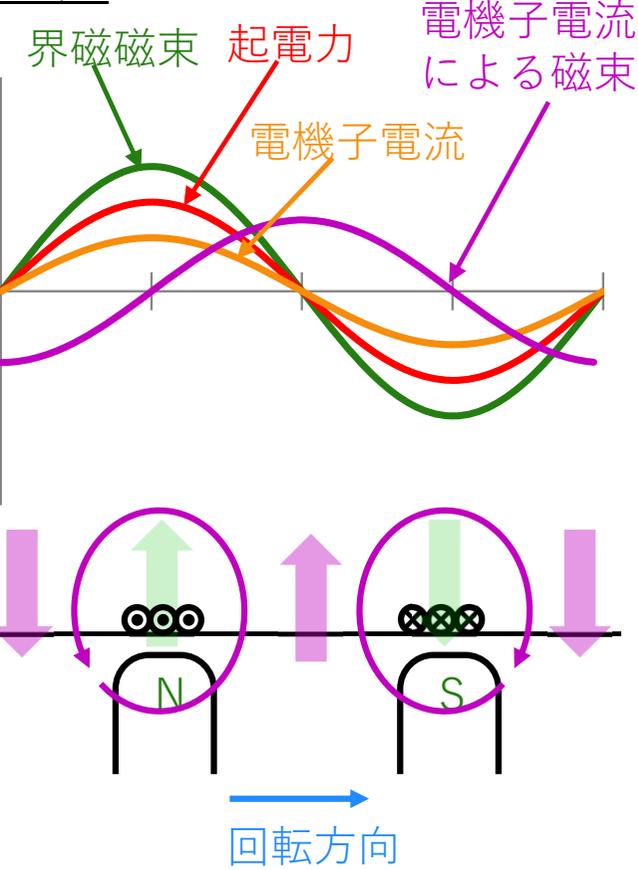


同期機 (16) - 11 《同期電動機の電機子反作用》

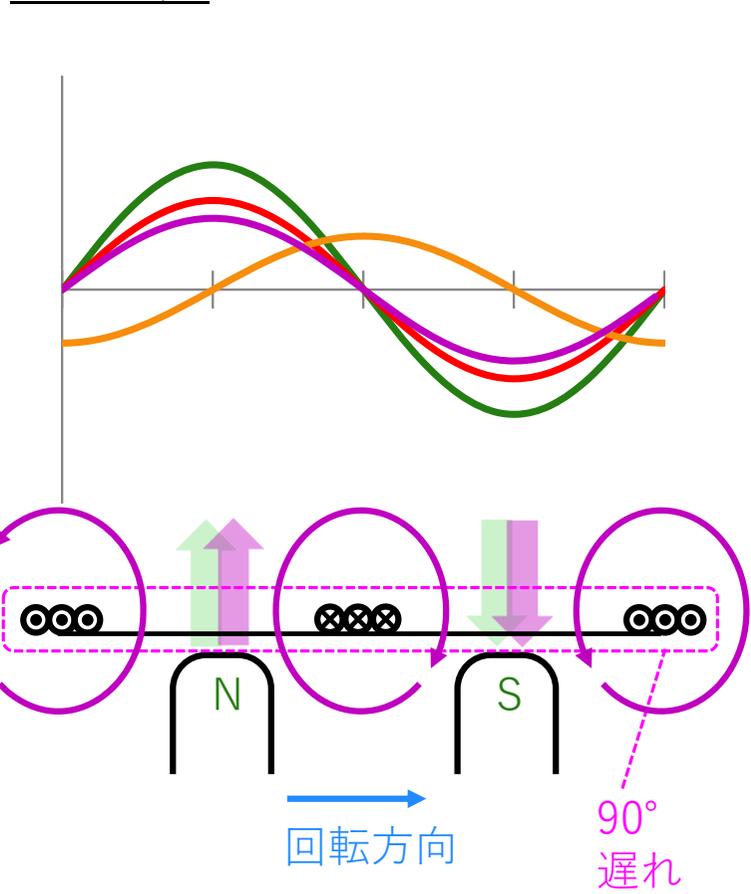
界磁磁束 

電機子電流による磁束 

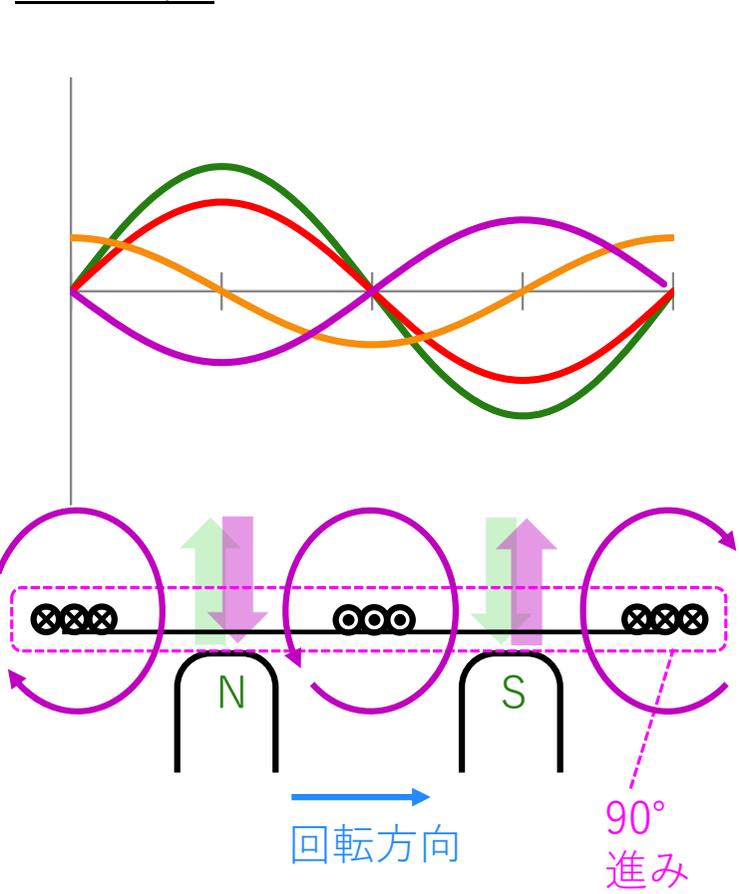
力率1



遅れ力率0



進み力率0



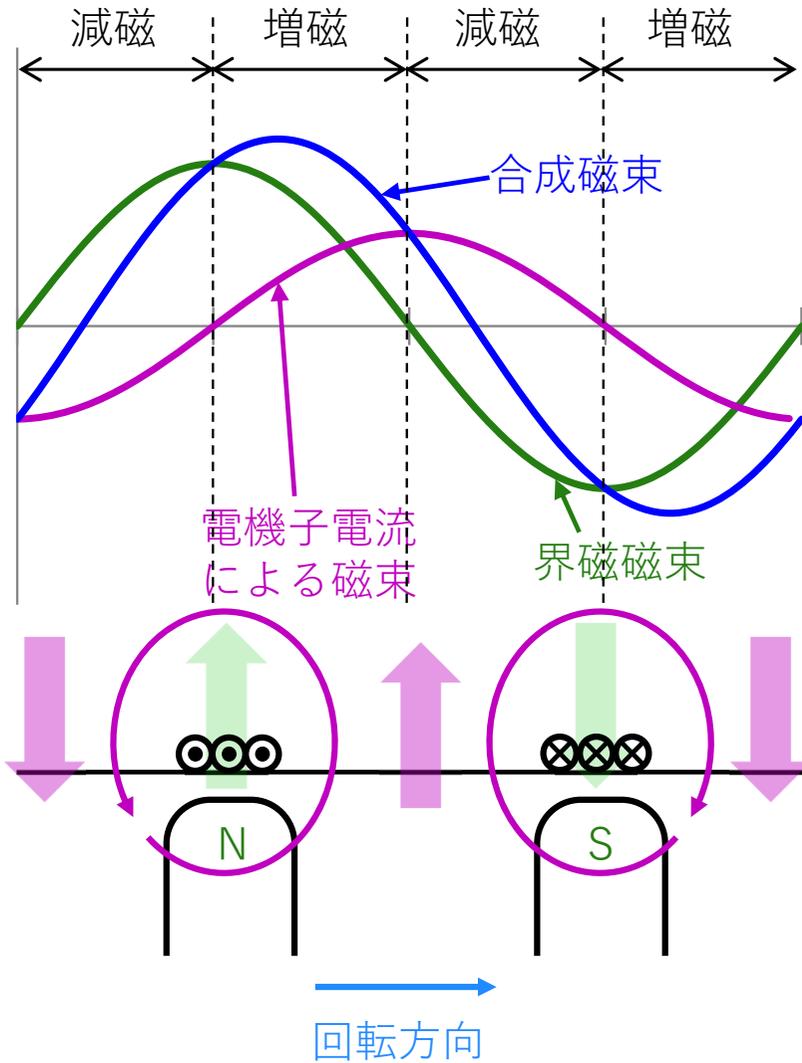
同期機 (16) - 12 《同期電動機の電機子反作用》

【力率 1 の場合：電流・電圧が同位相】

回転子磁極の回転方向側は、
界磁磁束と電機子電流による磁束は同方向となり、
界磁磁束は強められる。

回転子磁極の反回転方向側は、
界磁磁束と、電機子電流による磁束は逆方向となり、
界磁磁束は弱められる。

合成磁束の分布は偏りを見せ、これを 交さ磁化作用 という。



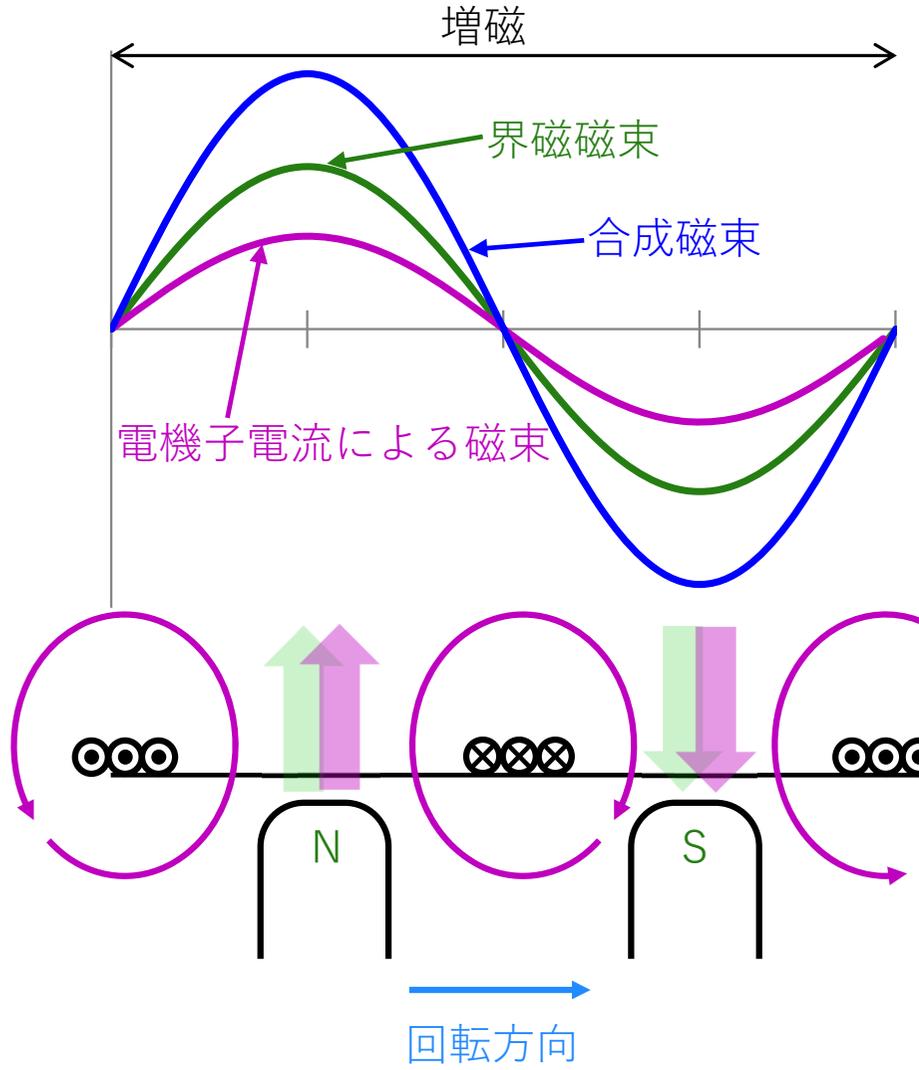
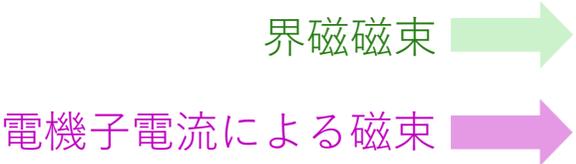
同期機 (16) - 13 《同期電動機の電機子反作用》

【遅れ力率0の場合：電流が電圧に対し90° 遅れ】

界磁磁束と、電機子電流による磁束の方向が同じ向きとなり、界磁磁束が強められる。

これを **増磁作用** という。

励磁電流を減らして、界磁磁束を減らした状態であり、端子電圧に相当する合成磁束となるように、遅れ無効電流が電動機へ流入する。



同期機 (16) - 14 《同期電動機の電機子反作用》

【進み力率0の場合：電流が電圧に対し90° 進み】

界磁磁束と、電機子電流による磁束の方向が反対向きとなり、界磁磁束が弱められる。

これを減磁作用という。

励磁電流を増やして、界磁磁束を増やした状態であり、端子電圧に相当する合成磁束となるように、進み無効電流が電動機へ流入する。

