

電験二種 オンライン講座

機械制御 同期機

R06 問1



問1 同期機の特性に関して、次の問に答えよ。

(1) 図に同期機の無負荷飽和曲線と三相短絡特性曲線を示している。

(a) 図中の(A)はどちらの特性曲線か示せ。また、この特性曲線を得る試験方法を100字程度以内で述べよ。

(b) 図中の(B)はどちらの特性曲線か示せ。また、この特性曲線を得る試験方法を100字程度以内で述べよ。

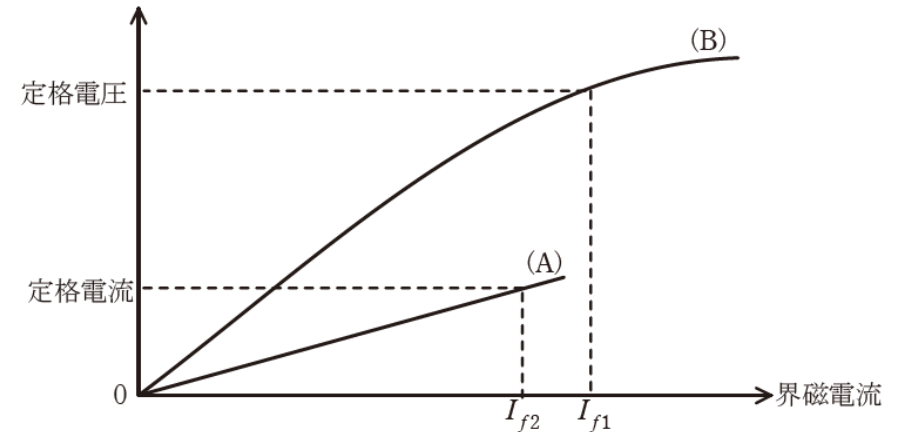
(c) 短絡比は界磁電流を用いて $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$ として求めることができるが、短絡比の定義を、電機子電流の観点から100字程度以内で述べよ。

(2) 定格電圧 200V、定格電流 144.3 A、50Hz の三相同期発電機を試験した結果、図中の I_{f1} 、 I_{f2} はそれぞれ $I_{f1} = 2.8$ A、 $I_{f2} = 2.5$ A として得られた。

(a) この同期発電機の定格容量[kV・A]を求めよ。

(b) この同期発電機の単位法で表した同期インピーダンス[p.u.]を求めよ。

(c) この同期発電機の同期インピーダンス[Ω]を求めよ。



R06 問1

問1 同期機の特性に関して、次の問に答えよ。

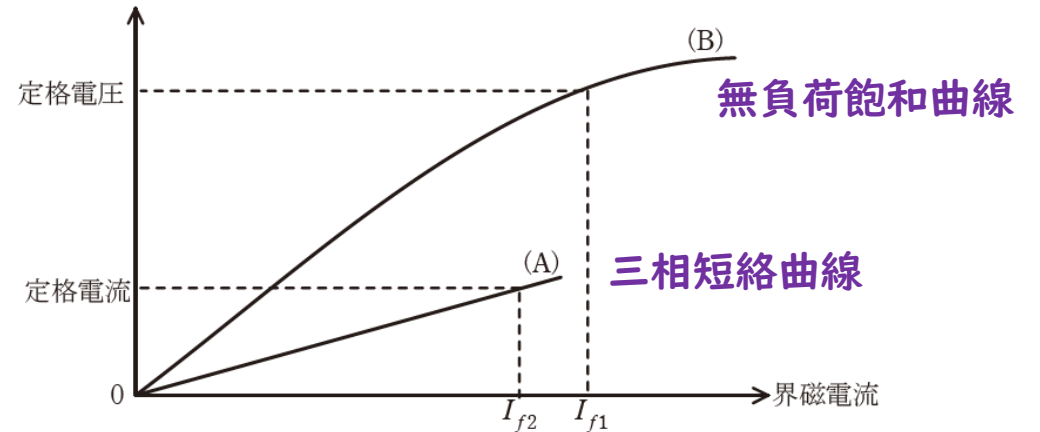
(1) 図に同期機の無負荷飽和曲線と三相短絡特性曲線を示している。

(a) 図中の(A)はどちらの特性曲線か示せ。また、この特性曲線を得る試験方法を100字程度以内で述べよ。

同期機の電機子端子を三相短絡し、定格速度で回転させた状態で、界磁電流を徐々に大きくし、電機子電流を測定することで三相短絡曲線を得ることができる

(b) 図中の(B)はどちらの特性曲線か示せ。また、この特性曲線を得る試験方法を100字程度以内で述べよ。

同期機の電機子端子を開放し、定格速度で回転させた状態で、界磁電流を徐々に大きくし、電機子端子の電圧を測定することで無負荷飽和曲線を得ることができる



(c) 短絡比は界磁電流を用いて $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$ として求めることができるが、短絡比の定義を、電機子電流の観点から100字程度以内で述べよ。

定格運転で回転させた状態で、

- ・負荷を開放して電機子端子で定格電圧が発生する界磁電流 I_{f1}
 - ・負荷を短絡して電機子電流が定格電流となる界磁電流 I_{f2}
- を求め、その比 I_{f1}/I_{f2} が短絡比となる

そして、この界磁電流の比は、定格電流に対する三相短絡電流の割合を表している。

R06 問1



問1 同期機の特性に関して、次の問に答えよ。

(2) 定格電圧 200V, 定格電流 144.3 A, 50Hz の三相同期発電機を試験した結果、
図中の I_{f1} , I_{f2} はそれぞれ $I_{f1} = 2.8$ A, $I_{f2} = 2.5$ A として得られた。

(a) この同期発電機の定格容量[kV・A]を求めよ。

$$S_n = \sqrt{3}V_n I_n = \sqrt{3} \times 200 \times 144.3 = 49,987 \text{ VA} = 50.0 \text{ kVA}$$

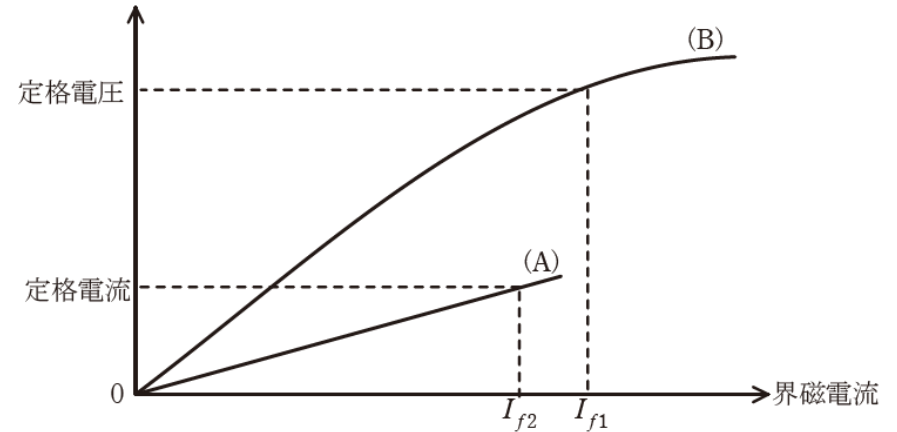
(b) この同期発電機の単位法で表した同期インピーダンス[p.u.]を求めよ。

短絡比 K_n を求める

$$K_n = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{2.8}{2.5} = 1.12 \text{ [p.u.]}$$

短絡比 K_n を求めると %Z の関係より

$$K_n = \frac{1}{\%Z} \rightarrow \%Z = \frac{1}{K_n} = \frac{1}{1.12} = 0.89286 \sim 0.893 \text{ [p.u.]}$$



(c) この同期発電機の同期インピーダンス[Ω]を求めよ。

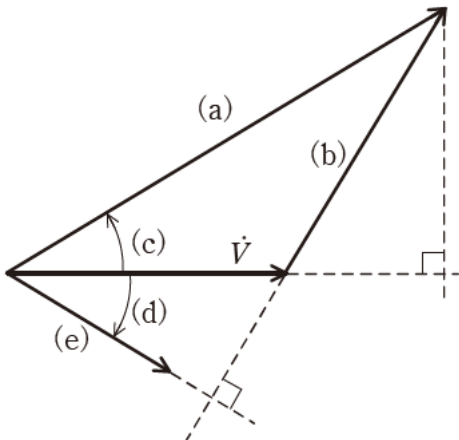
$$\%Z = \frac{zS_n}{V_n^2} \rightarrow z = \%Z \times \frac{V_n^2}{S_n} = 0.89286 \times \frac{200^2}{49987} = 0.71447$$

$$z = 0.714 \Omega$$

R05 問1

問1 三相円筒形同期発電機を無限大母線に接続して運転する場合に関して、次の間に答えよ。ただし、無限大母線の電圧は同期機の定格電圧に等しく、同期機の定格皮相電力は $15 \text{ MV}\cdot\text{A}$ 、定格力率は遅れ 80% 、同期リアクタンス X_s は 1.8 p.u. 、また単位法は自己定格皮相電力及び自己定格電圧を基準とし、同期機の磁気飽和と損失は無視するものとする。

- (1) この発電機を遅れ力率で運転したとき、端子電圧（相電圧）を V [p.u.]、無負荷誘導起電力を E [p.u.]、電流を I [p.u.]、負荷角を δ [rad]、力率角を θ [rad]、として、端子電圧のフェーザ \dot{V} を基準にしたフェーザ図は以下ようになった。このフェーザ図中の (a)、(b)、(c)、(d)、(e) に当てはまる記号を答えよ。（解答例 (a) $jX_s \dot{I}$ 、(b) θ 、(c) \dot{I} 、…）

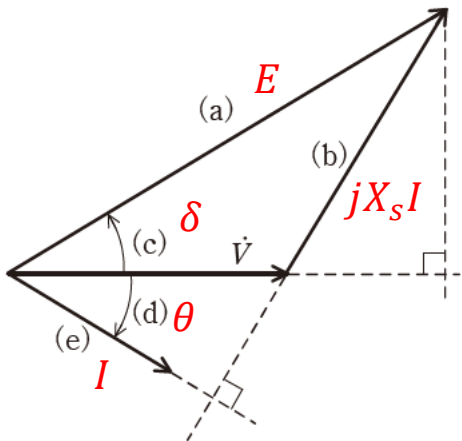


- (2) フェーザ図から無負荷誘導起電力 E [p.u.] を V 、 I 、 θ 、及び X_s で表す式を導出し、定格運転時における無負荷誘導起電力を E_n [p.u.] として、その値を求めよ。
- (3) フェーザ図と有効電力 $P = VI \cos \theta$ [p.u.] の式から、 P を V 、 E 、 δ 、及び X_s で表す式を導出せよ。
- (4) この発電機を定格運転した場合に、次の間に答えよ。
 a) 定格運転時の負荷角を δ_n として、 $\sin \delta_n$ の値を求めよ。
 b) 小問(3)で求めた式の最大値が定態安定極限電力 P_m [p.u.] である。この P_m を表す式を示せ。また、定格運転時の定態安定極限電力を P_{mn} [MW] として、その値を求めよ。
- (5) 定格運転中の発電機において、界磁電流を定格値の 80% に減少させた場合に、次の間に答えよ。
 a) このときの発電機の定態安定極限電力 P'_m [MW] は定格運転時と比べて増加または減少するかいずれか答えよ。また、 P'_m の値を求めよ。
 b) このときの発電機の負荷角を δ' として、 $\sin \delta'$ の値を求めよ。また、このときの発電機の定態安定度（同期安定性）は定格運転時と比べて向上又は低下するかいずれか答えよ。

R05 問1

問1 三相円筒形同期発電機を無限大母線に接続して運転する場合に関して、次の問に答えよ。ただし、無限大母線の電圧は同期機の定格電圧に等しく、同期機の定格皮相電力は15 MV・A、定格力率は遅れ80%、同期リアクタンス X_s は1.8 p.u.、また単位法は自己定格皮相電力及び自己定格電圧を基準とし、同期機の磁気飽和と損失は無視するものとする。

(1) この発電機を遅れ力率で運転したとき、端子電圧（相電圧）を V [p.u.]、無負荷誘導起電力を E [p.u.]、電流を I [p.u.]、負荷角を δ [rad]、力率角を θ [rad]、として、端子電圧のフェーザ \dot{V} を基準にしたフェーザ図は以下のようになった。このフェーザ図中の(a)、(b)、(c)、(d)、(e)に当てはまる記号を答えよ。（解答例 (a) $jX_s I$ 、(b) θ 、(c) I 、…）



力率角 θ ：
端子電圧と負荷電流の間の位相角

負荷角 δ ：
無負荷誘導起電力と端子電圧の位相角

(2) フェーザ図から無負荷誘導起電力 E [p.u.]を V 、 I 、 θ 、及び X_s で表す式を導出し、定格運転時における無負荷誘導起電力を E_n [p.u.]として、その値を求めよ。

$$\dot{E} = \dot{V} + jX_s \dot{I} \rightarrow \dot{E} = V + jX_s I e^{-j\theta} = V + jX_s I (\cos \theta - j \sin \theta)$$

$$\dot{E} = V + X_s I \sin \theta + jX_s I \cos \theta$$

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(V + X_s I \sin \theta)^2 + (X_s I \cos \theta)^2} \\ &= \sqrt{V^2 + 2VX_s I \sin \theta + (X_s I \sin \theta)^2 + (X_s I \cos \theta)^2} \\ &= \sqrt{V^2 + 2VX_s I \sin \theta + (X_s I)^2} \end{aligned}$$

問題で与えられている条件より

$$\cos \theta = 0.8 \quad \sin \theta = 0.6 \quad X_s = 1.8 \text{ p.u.}$$

定格運転の条件より

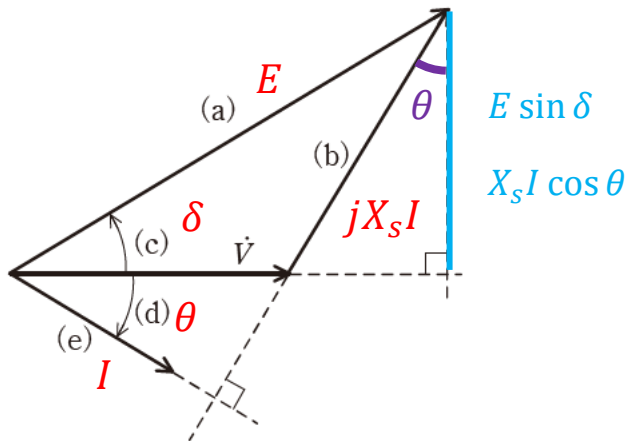
$$V = 1 \text{ p.u.} \quad I = 1 \text{ p.u.} \quad S = 1 \text{ p.u.}$$

$$\begin{aligned} E_n &= \sqrt{1^2 + 2 \times 1 \times 1.8 \times 0.6 + (1.8 \times 1)^2} \\ &= \sqrt{1 + 2.16 + 1.8^2} = 2.5298 \rightarrow E_n = 2.53 \text{ p.u.} \end{aligned}$$

R05 問1

問1 三相円筒形同期発電機を無限大母線に接続して運転する場合に関して、次の問に答えよ。ただし、無限大母線の電圧は同期機の定格電圧に等しく、同期機の定格皮相電力は15 MV・A、定格力率は遅れ80%、同期リアクタンス X_s は1.8 p.u.、また単位法は自己定格皮相電力及び自己定格電圧を基準とし、同期機の磁気飽和と損失は無視するものとする。

- (1) この発電機を遅れ力率で運転したとき、端子電圧（相電圧）を V [p.u.]、無負荷誘導起電力を E [p.u.]、電流を I [p.u.]、負荷角を δ [rad]、力率角を θ [rad]、として、端子電圧のフェーザ \dot{V} を基準にしたフェーザ図は以下ようになった。このフェーザ図中の (a)、(b)、(c)、(d)、(e) に当てはまる記号を答えよ。（解答例 (a) $jX_s I$ 、(b) θ 、(c) I 、…）



- (2) フェーザ図から無負荷誘導起電力 E [p.u.] を V 、 I 、 θ 、及び X_s で表す式を導出し、定格運転時における無負荷誘導起電力を E_n [p.u.] として、その値を求めよ。

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

$$E_n = 2.53 \text{ p.u.}$$

- (3) フェーザ図と有効電力 $P = VI \cos \theta$ [p.u.] の式から、 P を V 、 E 、 δ 、及び X_s で表す式を導出せよ。

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

$$P = VI \cos \theta = V \left(\frac{E \sin \delta}{X_s} \right)$$

$$P = \frac{EV}{X_s} \sin \delta$$

R05 問1

問1 三相円筒形同期発電機を無限大母線に接続して運転する場合に関して、次の間に答えよ。ただし、無限大母線の電圧は同期機の定格電圧に等しく、同期機の定格皮相電力は15 MV・A、定格力率は遅れ80%、同期リアクタンス X_s は1.8 p.u.、また単位法は自己定格皮相電力及び自己定格電圧を基準とし、同期機の磁気飽和と損失は無視するものとする。

(4) この発電機を定格運転した場合に、次の間に答えよ。

a) 定格運転時の負荷角を δ_n として、 $\sin \delta_n$ の値を求めよ。

$$E \sin \delta_n = X_s I \cos \theta \rightarrow \sin \delta_n = \frac{X_s I \cos \theta}{E}$$

$$\cos \theta = 0.8 \quad \sin \theta = 0.6 \quad X_s = 1.8 \text{ p.u.}$$

$$V = 1 \text{ p.u.} \quad I = 1 \text{ p.u.} \quad S = 1 \text{ p.u.} \quad E_n = 2.5298 \text{ p.u.}$$

$$\sin \delta_n = \frac{X_s I \cos \theta}{E} = \frac{1.8 \times 1 \times 0.8}{2.5298} = 0.56921 \sim 0.569 \text{ p.u.}$$

b) 小問(3)で求めた式の最大値が定態安定極限電力 P_m [p.u.]である。この P_m を表す式を示せ。また、定格運転時の定態安定極限電力を P_{mn} [MW]として、その値を求めよ。

$$P_m = \frac{EV}{X_s} \sin 90^\circ = \frac{EV}{X_s} \quad P_m = \frac{2.5298 \times 1}{1.8} = 1.4054 \text{ p.u.}$$
$$P_{mn} = 15 \times 1.4054 = 21.082 \sim 21.1 \text{ MW}$$

(5) 定格運転中の発電機において、界磁電流を定格値の80%に減少させた場合に、次の間に答えよ。

a) このときの発電機の定態安定極限電力 P'_m [MW]は定格運転時と比べて増加または減少するかいずれか答えよ。また、 P'_m の値を求めよ。

無負荷誘導起電力は界磁電流に比例するので、無負荷誘導起電力も80%に減少する $E \rightarrow 0.8E$

このときの定態安定極限電力 P'_m は

$$P'_m = \frac{0.8EV}{X_s} = 0.8 \times 1.4054 = 1.1243 \text{ p.u.}$$

$$P'_m = 1.1243 \times 15 = 16.865 \sim 16.9 \text{ MW} \quad \text{となり減少する}$$

b) このときの発電機の負荷角を δ' として、 $\sin \delta'$ の値を求めよ。また、このときの発電機の定態安定度(同期安定性)は定格運転時と比べて向上又は低下するかいずれか答えよ。

負荷に供給する有効電力は変化しないので $P = \frac{EV}{X_s} \sin \delta \rightarrow P = \frac{(0.8E)V}{X_s} \sin \delta'$

$$\sin \delta' = \frac{X_s P}{0.8EV} = \frac{X_s S \cos \theta}{0.8EV} = \frac{1.8 \times 1 \times 0.8}{0.8 \times 2.5298 \times 1} = 0.71152 \sim 0.712 \text{ p.u.}$$

安定度は低下している

R04 問1



問1 同期発電機に関して、次の問に答えよ。

定格電圧 6000 V、容量 5000 kV・A の三相同期発電機がある。無負荷で定格電圧を発生させる界磁電流における三相短絡電流は 300 A であった。この発電機について次の問に答えよ。なお、巻線抵抗は無視し、定格力率は 90 % とする。また、磁気飽和は無視する。

- (1) 定格電流 I_N [A] を求めよ。
- (2) 短絡比 K を求めよ。
- (3) 基準インピーダンス Z_N [Ω] を求めよ。
- (4) 同期リアクタンス Z_s [Ω] を求めよ。
- (5) 定格状態で運転しているときの電圧変動率 ε [%] を求めよ。

R04 問1



問1 同期発電機に関して、次の問に答えよ。

定格電圧 6000 V、容量 5000 kV・A の三相同期発電機がある。無負荷で定格電圧を発生させる界磁電流における三相短絡電流は 300 A であった。この発電機について次の問に答えよ。なお、巻線抵抗は無視し、定格力率は 90 % とする。また、磁気飽和は無視する。

(1) 定格電流 I_N [A] を求めよ。

$$I_N = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n} = \frac{5000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6000} = 481.13 \sim 481 \text{ A}$$

(2) 短絡比 K を求めよ。

$$K = \frac{I_s}{I_N} = \frac{300}{481.13} = 0.62354 \sim 0.624$$

(3) 基準インピーダンス Z_N [Ω] を求めよ。

$$Z_N = \frac{V_N}{I_N} = \frac{6000}{481.13} = 7.1999 \sim 7.20 \text{ } \Omega$$

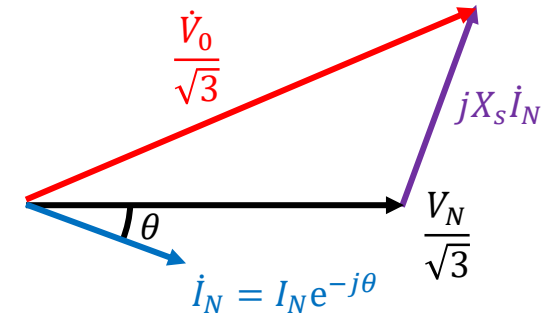
(4) 同期リアクタンス Z_s [Ω] を求めよ。

$$Z_s = \frac{V_N}{I_s} = \frac{6000}{300} = 11.547 \sim 11.5 \text{ } \Omega$$

(5) 定格状態で運転しているときの電圧変動率 ε [%] を求めよ。

$$\varepsilon = \frac{V_0 - V_N}{V_N}$$

$$\frac{\dot{V}_0}{\sqrt{3}} = \frac{V_N}{\sqrt{3}} + jX_s I_N e^{-j\theta}$$



$$\frac{\dot{V}_0}{\sqrt{3}} = \frac{V_N}{\sqrt{3}} + jX_s I_N (\cos \theta - j \sin \theta) = \frac{V_N}{\sqrt{3}} + X_s I_N \sin \theta + jX_s I_N \cos \theta$$

$$\frac{V_0}{\sqrt{3}} = \sqrt{\left(\frac{V_N}{\sqrt{3}} + X_s I_N \sin \theta\right)^2 + (X_s I_N \cos \theta)^2}$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - 0.9^2} = 0.43589$$

$$= \sqrt{\frac{V_N^2}{3} + 2 \frac{V_N}{\sqrt{3}} X_s I_N \sin \theta + (X_s I_N \sin \theta)^2 + (X_s I_N \cos \theta)^2} = \sqrt{\frac{V_N^2}{3} + 2 \frac{V_N}{\sqrt{3}} X_s I_N \sin \theta + X_s^2 I_N^2}$$

$$V_0 = \sqrt{3} \times \sqrt{\frac{6000^2}{3} + 2 \frac{6000}{\sqrt{3}} \times 11.547 \times 481.13 \times 0.43589 + (11.547 \times 481.13)^2} = 13376 \text{ V}$$

$$\varepsilon = \frac{13376 - 6000}{6000} = 1.2294 \sim 123 \text{ } \%$$

ご聴講ありがとうございました!!