

エネルギー変換機器 第12章演習問題 FAQ

(8) 三相同期電動機の負荷電流と出力を求める問題

Q: 線電流はどのようにして求めればよいのですか？

A: テキスト図 12.16 の 1 相についての等価回路とベクトル図を参考にして、負荷電流の大きさ I_M を求めてください。

Q: 出力はどのようにして求めるのでしょうか？

A: テキスト(12.11)式を使って三相同期電動機出力を算出します。

(9) 同期電動機の容量に関する問題

Q: 問題文の「4000 [kW]の機械的負荷を負いながら…」というのはどういうことですか？

A: この問題は、同期電動機が有効電力 $P = 4000$ [kW]を機械エネルギーとして供給し、同時に電源側の力率改善のために Q [kvar]の無効電力を電源側に供給しているという状態を考えて、同期電動機の容量(皮相電力) S [kVA]を求めます。すなわち、無効電力 Q を求め、 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ から容量 S を求めます。力率改善のための無効電力 Q の求め方は、10 章の演習問題(6) (ii)と同じような考え方で求めることができます(有効電力が 10000 [kW]の状況下で力率を 0.8 から 0.9 に変えるための無効電力を求める)。

(10) 誘導起電力、端子電圧、最大出力が与えられたとき、同期リアクタンスを求める問題

Q: ヒントをください。

A: テキスト(12.11)式において、三相同期機の出力が最大になるのはトルク角 δ がどのようなときかを考えてください。

(11) 三相同期発電機の出力 P_o の導出に関する問題

Q: どのようなベクトル図を描けばよいのですか？

A: テキスト図 12.10 を参考にしてください。

(12) 電圧変動率を求める問題

Q: テキスト(6.17)式を用いて電圧変動率を求めることができますか？

A: はい、求めることができます。しかし、数パーセントの誤差が生じます。テキスト(6.17)式の導出のところで示されているように、力率角 θ が小さい場合を仮定して、長さ(OB) = 長さ(OF) と近似して電圧変動率を求めています。そのため、近似せずに無負荷時の電圧 V_1 (ここでは誘導起電力 E_0) を求めて電圧変動率を算出した場合に比べて、数パーセントの誤差が生じます(力率角が大きくなるほど、この誤差も大きくなります)。

テキスト(6.17)式を用いて電圧変動率を求めるには、同期(複素)インピーダンス $Z_s = r + jX_s = 1 + j10$ の抵抗分 r が変圧器の巻線抵抗 R 、同期リアクタンス X_s が変圧器の漏れリアクタンス X に相当します。そして、定格電圧(相電圧)が V_{2n} に、定格電流が I_{2n} に相当します。

Q: 近似を用いずに電圧変動率を求める場合にはどうしたらよいのですか？

A: まず, (三相) 定格容量と定格電圧 (線間) の関係から定格電流を求めてください. ここでは一相の等価回路で考えますので, 容量や電圧をそれぞれ, 一相分, 相電圧に変換して電流を算出してください. テキスト図 6.16 の関係から, V_1 (ここでは誘導起電力 E_0 に相当) を (近似せずに) 求めます. すなわち, $V_1 = \sqrt{\text{長さ(OF)}^2 + \text{長さ(BF)}^2}$ です. ここで, 長さ(BF) = 長さ(BE) - 長さ(CD) です. 無負荷時の電圧 V_1 が求めれば, 電圧変動率の式 $\varepsilon = (\text{無負荷時の電圧} - \text{定格時の電圧}) / \text{定格時の電圧}$ から (近似を用いない) 電圧変動率を計算することができます. 近似した場合と近似していない場合の電圧変動率を算出して比較してみてください. この設問の場合には, 近似した電圧変動率は約 2% の誤差があることがわかります.

(13) 電圧変動率に関する問題

Q: ベクトル図はどうなりますか?

A: テキスト 6.4 節の図 6.16 を参考にしてください.

Q: 電圧変動率はどのようにして求めればよいのですか?

A: 前問(12)が理解できていれば, 同様の手順で電圧変動率を求めることができるはずです.

(14) 同期電動機に関する問題

Q: この問題はテキストの図 12.17 (円線図) のような図を描き, 与えられた情報を書き込んで, 最後に界磁電流 2 [A] の時のベクトル I_M とベクトル V との角度を求めればよいのですか?

A: 解き方の方針は,

- 1) 界磁電流 5 [A] のときの逆起電力 (誘導起電力) E_0 を求める.
- 2) 逆起電力 (誘導起電力) は界磁電流に比例する (テキスト(9.11)式) ことを使って, 界磁電流 2 [A] のときの逆起電力を求める.
- 3) 電源電圧と逆起電力そして同期リアクタンスから入力電流を求める.
- 4) 電源電圧と逆起電力の大きさの関係から, 入力電流が遅れか進みかを判別する.

テキスト図 12.17 を使っても解くことができますが, 電源電圧, 逆起電力, 入力電流をそのまま表したテキスト図 12.16 (b) を使って考えた方がわかり易いと思います. その際, 無負荷運転をしているので, パワー (有効電力) は零, すなわちトルク角 $\delta = 0$ となります. また, 界磁電流 5 [A] のときの負荷電流 I_M は力率 0 (進み), すなわち力率角 $\phi = +90^\circ$ の電流になります.

ステップ 3) で界磁電流 2 [A] のときの入力電流を求めるときにも, 無負荷運転状態なのでトルク角 $\delta = 0$ のままです. しかし, 電源電圧と逆起電力の大小関係は, 界磁電流 5 [A] のときと異っています. このことから, 同期リアクタンスにかかる電圧の向きが変わることに注意してください.

その他注意点として, テキスト図 12.16 は一相分の等価回路ですので, 問題で与えられている (線間) 電圧は相電圧に変換して計算してください.