

平成 30 年度

第 2 種

機械・制御

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の重要事項及び注意事項

指示がありましたら答案用紙（記述用紙）2枚を引き抜いてください。答案用紙には、2枚とも直ちに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。

1. 重要事項

- a. 「選択した問の番号」欄には、必ず選択した問番号を記入してください。
記入した問番号で採点されます。問番号が未記入のものは、採点されません。
- b. 計算問題では、解に至る過程を簡潔に記入してください。
導出過程が不明瞭な答案は、0点となる場合があります。

2. 注意事項

- 記入には、濃度HBの鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
- 答案用紙は1問につき1枚としてください。
- 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3桁です。なお、解答以外の数値の桁数は、誤差が出ないように多く取ってください。

例：線電流 I は

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.9} = 32.075 \text{ A} \quad (\text{答}) 32.1 \text{ A}$$

1線当たりの損失 P_L は

$$P_L = I^2 R = 32.075^2 \times 0.2 = 205.76 \text{ W} \quad (\text{答}) 206 \text{ W}$$

- 記述問題については、問題の要求を逸脱しないでください。
例：「問題文に3つ答えよ。」という要求で、4つ以上答えてはいけません。
- 氏名は記載しないでください。（答案用紙に氏名記載欄はありません。）

答案用紙は、白紙解答であっても2枚すべて提出してください。
なお、この問題冊子についてはお持ち帰りください。

問 1～問 4 の中から任意の 2 問を解答すること。(配点は 1 問題当たり 30 点)

問 1 三相かご形誘導電動機の始動方式に関し、次の問に答えよ。

- (1) 数キロワット以上の中小容量の三相かご形誘導電動機を全電圧始動した場合、定格電流の 5～8 倍程度の始動電流が流れる。この始動電流によって電動機に関連する設備に生じる可能性がある問題点を二つ挙げよ。
- (2) スターデルタ始動方式を用いた場合、始動電流をほぼ $\frac{1}{3}$ にすることができる。その理由を述べよ。
- (3) スターデルタ始動方式を用いて始動電流を低減させた場合の問題点を二つ挙げよ。
- (4) インバータを用いて、周波数及び電圧を制御して始動し、定格速度まで連続的に加速するインバータ始動方式の優位な点を二つ挙げよ。

問2 図は、三相星形接続の円筒形同期発電機のフェーザ図である。この図を参照して次の間に答えよ。ただし、電機子抵抗による電圧降下及び磁気飽和は無視するものとする。

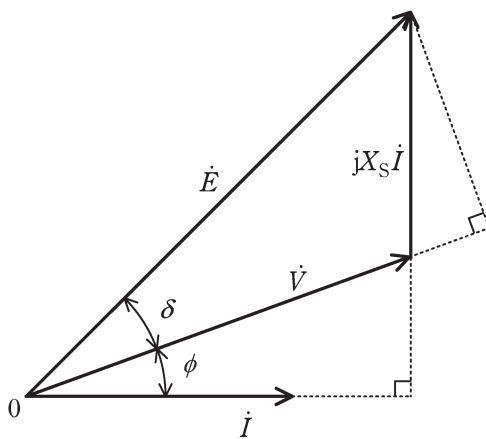
(1) E [V], V [V], δ [rad], X_S [Ω]を用いて、発電機出力 P [kW]を表す式を導出過程を含めて示せ。

(2) 定格皮相電力 30 000 kV・A, 定格端子電圧(線間電圧)6 600 V, 短絡比 0.5 の円筒形三相同期発電機において、次の a, b 及び c の間に答えよ。

a. X_S [Ω]の値を求めよ。

b. 三相平衡交流系統に接続して、 $E = 7\,000$ V, $V = 3\,810$ V, $\delta = \frac{\pi}{6}$ rad で運転しているときの P [kW], I [A], 力率 ($\cos\phi$) の値を求めよ。

c. この発電機を三相平衡交流系統から切り離して、三相平衡抵抗器負荷に接続した。界磁電流を調整して $V = 3\,700$ V, $\delta = \frac{\pi}{3}$ rad で運転し、抵抗器負荷に電力を供給した。このときの P [kW], E [V], I [A], 力率 ($\cos\phi$) の値を求めよ。



\dot{E} : 無負荷誘導起電力 (相電圧)

\dot{V} : 端子電圧 (相電圧)

\dot{I} : 電機子電流

X_S : 同期リアクタンス

δ : 内部相差角

ϕ : 力率角

E, V, I : 各フェーザの大きさ

円筒形三相同期発電機のフェーザ図

問3 図1に三相サイリスタ変換器を2台使用した変換装置を示す。対称三相電圧の①系統、②系統に接続されている変換器をそれぞれ変換器1、変換器2とし、その直流電圧を v_{dc1} 、 v_{dc2} とする。①系統の相順は $u \rightarrow v \rightarrow w$ 相とし、変換器1のサイリスタの番号を図1に示す。直流リアクトル L のインダクタンスは十分に大きく、直流電流 I_d のリプルは無視できる。また、図示されていない回路内のインピーダンス及び回路内の損失も無視できるものとする。なお、 I_d 、 v_{dc1} 、 v_{dc2} の極性は、図1に示す方向を正とする。動作は定常状態にあるものとして、次の問に答えよ。

- (1) ある時刻に変換器1のサイリスタ T_1 及び T_5 がオンしていたとする。電気角で 120° に相当する時間後に通電しているのはどのサイリスタであるかを示せ。
- (2) ①系統の三相交流線間電圧の実効値を V_1 とする。変換器1を図2に示す制御角 α_1 で運転したときに、直流電圧 v_{dc1} の平均値 V_{dc1} を求める式を、 V_1 及び α_1 を用いて示せ。
- (3) 損失がないとしているので、この装置における①系統から入力される有効電力 P_{ac1} と直流電力 P_{dc} とは等しい。有効電力 P_{ac1} を表す式を V_1 、 I_d 及び α_1 を用いて示せ。
- (4) ①系統に流れる波高値 I_d の交流の線電流は半サイクルで 120° 通電の方形波となり、この波形に含まれる基本波実効値 I_1 は $\frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d$ である。この基本波による①系統からの遅れの無効電力 Q_{ac1} を表す式を、 V_1 、 I_d 及び α_1 を用いて示せ。
- (5) 変換器2の直流電圧 v_{dc2} の平均値を V_{dc2} とする。①系統から②系統に電力を送る場合、電流 I_d の極性は正、平均電圧 V_{dc1} 、 V_{dc2} の両方の極性とも正である。逆に、②系統から①系統に電力を送る場合に、電流 I_d 、平均電圧 V_{dc1} 、 V_{dc2} の極性は正であるか負であるかを示せ。

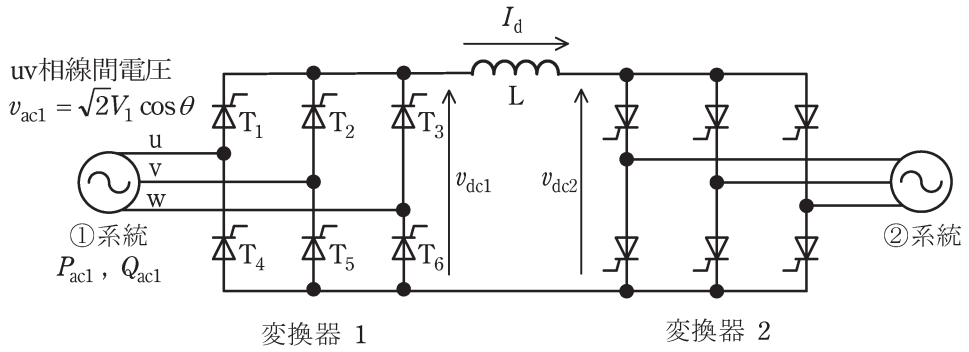


図 1 三相サイリスタ整流回路の変換器を2台使用した変換装置

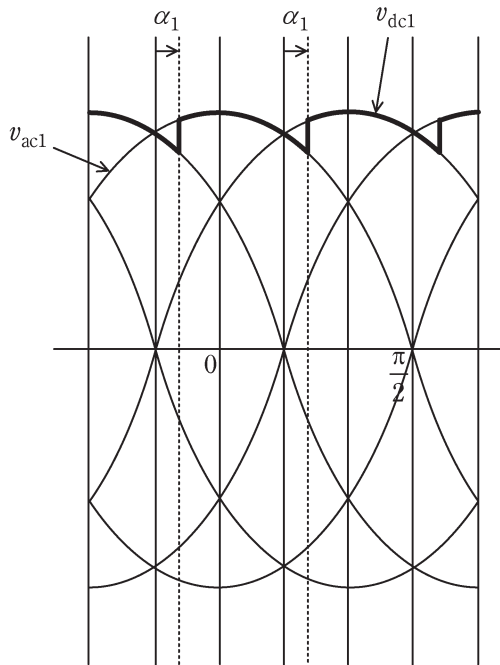


図 2 交流線間電圧と直流電圧の関係

問4 図1のような2自由度制御系がある。ここで $G(s)$ は制御対象、 $C(s)$ 及び $F(s)$ は補償器である。また、 $R(s)$ は目標値、 $D(s)$ は外乱、 $Y(s)$ は制御量、 $E(s)$ は制御偏差である。この制御系について、次の問に答えよ。

- (1) 図1に示すフィードバック補償器 $C(s)$ の係数 K_P 及び T_I の名称を答えよ。
- (2) $K_P = 10$ 、 $T_I = 0.1$ のとき、 $C(s)$ の角周波数 ω [rad/s]に対するゲイン特性の概形を答案用紙に印刷されている図2に折れ線近似で図示せよ。
- (3) $R(s) = 0$ として、外乱 $D(s)$ から制御偏差 $E(s)$ までの閉ループ伝達関数を求めよ。
- (4) 上記小問(3)で求めた閉ループ伝達関数において、固有角周波数が5 rad/s、減衰係数が0.7となるように、 K_P と T_I の値を定めよ。
- (5) $D(s) = 0$ として、目標値 $R(s)$ から制御量 $Y(s)$ までの閉ループ伝達関数を $F(s)$ 、 $C(s)$ 、 $G(s)$ を用いて求めよ。
- (6) 上記小問(3)で求めた閉ループ伝達関数は $F(s)$ に依存しない。また、上記小問(5)で求めた閉ループ伝達関数は $C(s)$ に依存しない。これは制御系にどんな特長をもたらすか答えよ。この性質を利用しているのが2自由度制御系である。

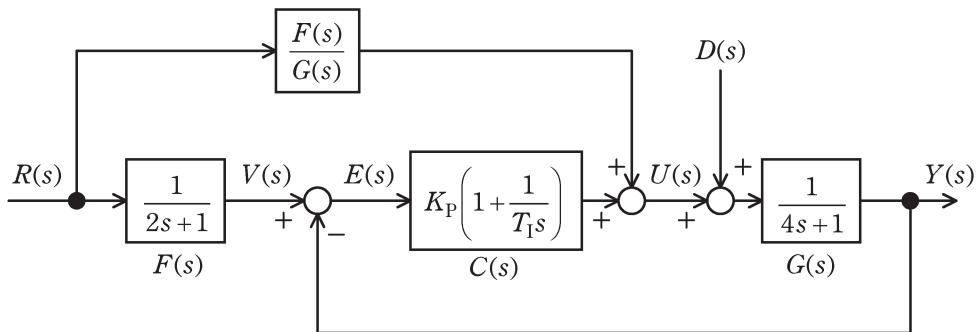


図1

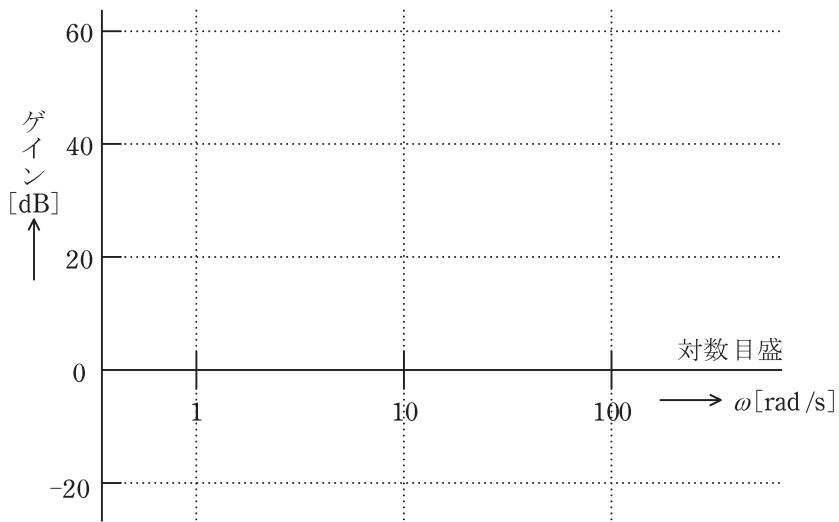


図 2