

平成 22 年度

第 2 種

機械・制御

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

この試験は、4問中任意の2問を選び解答する方式です。解答するには、この問題に折込まれている答案用紙（記述用紙）を引き抜いてから記入してください。

以下は、答案用紙記入上の注意事項です。

1. 筆記用具は、濃度HBの鉛筆又はHB（又はB）の芯を用いたシャープペンシルを使用してください。
2. 2枚の答案用紙を引き抜いたらすぐに試験地、受験番号及び生年月日を記入してください。
3. 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。
4. 問題は4問あります。この中から任意の2問を選び、1問につき1枚の答案用紙にて、解答してください。この場合、答案用紙には、選択した問の番号を記入してください。
5. 計算問題については、答案用紙に計算過程を明記してください。また、必要に応じ、計算根拠となる式も書いてください。
6. 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3けたです。なお、解答以外の数値のけた数は、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

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

7. 問3を選択する場合は、答案用紙の裏面に図が印刷されているので、どちらか1枚を使用して解答してください。選択しない場合、図は無視してください。

以 上

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

問 1～問 4 の中から任意の 2 問を解答すること。

問 1 三相突発短絡試験による円筒界磁形同期発電機の定数測定法に関して、次の問に答えよ。

- (1) 三相突発短絡試験による定数測定法とは、同期発電機を無負荷定格回転速度で運転し、電機子定格電圧の 15～30% の電圧が発生した状態で電機子端子三相を開閉器で突発短絡し、電機子電流及び界磁電流の変化をオシログラフで記録し、直軸初期過渡リアクタンス、直軸過渡リアクタンス、短絡初期過渡時定数及び短絡過渡時定数を求める方法である。

無負荷で電圧が発生している同期発電機の端子を三相突発短絡させた場合の突発短絡相電流 i_{ph} は次式で表され、交流分の振幅は大きな初期過渡状態から時間の経過とともに減衰して過渡状態を経て持続短絡状態になる。

$$i_{ph} = \left[\left(\boxed{A} \right) \exp\left(\frac{-t}{T_d''}\right) + \left(\boxed{B} \right) \exp\left(\frac{-t}{T_d'}\right) + \left(\boxed{C} \right) \right] \cos(\omega t - \alpha) + i_{dc}$$

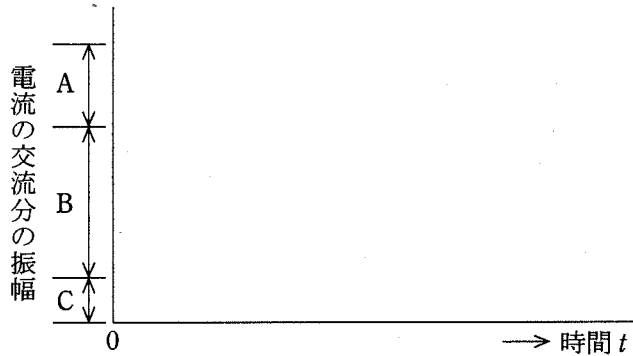
ここで、 T_d'' ：短絡初期過渡時定数、 T_d' ：短絡過渡時定数、

ω ： $2\pi f$ (f は周波数)、 t ：時間、 α ：短絡瞬時の電圧の位相角、

i_{dc} ：過渡直流電流

上記の突発短絡相電流の交流分の振幅の A、B 及び C の式を直軸初期過渡リアクタンス X_d'' 、直軸過渡リアクタンス X_d' 、直軸同期リアクタンス X_d 及び短絡前の電機子相電圧(波高値) E_0 を用いて示しなさい。

(2) 突発短絡相電流 i_{ph} の交流分に関して、振幅の減衰曲線を振幅の第1項、第2項及び第3項の時間特性が判るように図で示しなさい。図を答案用紙に書き写して答えよ。さらに、直軸初期過渡リアクタンス X_d'' 及び直軸過渡リアクタンス X_d' の算出式を E_0 , A, B 及び C を用いて示しなさい。



問2 定格容量 300 [kV·A]，定格一次電圧 6600 [V]，定格二次電圧 440 [V]，
定格周波数 60 [Hz] の単相変圧器がある。この変圧器の二次側の端子を開放
して，一次側に定格周波数，定格一次電圧を印加したところ，一次側に 0.483 [A]
の電流が流れ，力率は 0.325 (遅れ) であった。

また，負荷力率 1 で運転したとき，定格容量の 30 [%] 負荷時の効率と定格
容量の 70 [%] 負荷時の効率とが等しくなった。

この変圧器について，次の値を求めよ。ただし，損失は鉄損と銅損以外は
無視できるものとする。

- (1) 鉄損 [W]
- (2) 定格負荷で運転したときの銅損 [W]
- (3) 負荷力率 1 で負荷率を変えて運転したときの最大効率 [%]

問3 図1に示すように、三相 IGBT インバータで負荷に電流を供給する動作を考える。図2に直流中間点 E を基準とした a 相の出力電圧 v_a 、及び負荷電流 i_a の波形を示す。この図のように、インバータは 1 パルス運転でも負荷電流 i_a は正弦波とみなすことができるとする。このとき、次の間に答えよ。

- (1) 負荷の力率(基本波力率、以下同じ)が遅れ $0.866(\cos\frac{\pi}{6})$ 及び遅れ $0(\cos\frac{\pi}{2})$ の二つの場合を考える。図3に示すように、a 相上アームの IGBT(Q_1) に与えられるゲート信号 G_{ON} のオンのタイミングに合わせて、a 相の負荷電流 $i_{a(0.866)}$ 及び $i_{a(0)}$ が流れる。このとき、図3と同じ図が答案用紙に印刷されているので、負荷力率が遅れ 0.866 及び遅れ 0 の場合に流れる IGBT(Q_1) 及びその逆並列ダイオード(D_1)の電流 $i_{Q(0.866)}$ 、 $i_{D(0.866)}$ 、 $i_{Q(0)}$ 及び $i_{D(0)}$ の波形を太線で明確に描け。
- (2) a 相の負荷電流 i_a の実効値が 100 [A] であったとする。負荷の力率が遅れ 0.866 の場合における IGBT(Q_1) 電流の平均値 $I_{Q(0.866)}$ [A]、及び負荷の力率が遅れ 0 の場合におけるダイオード(D_1)電流の平均値 $I_{D(0)}$ [A] を求めよ。

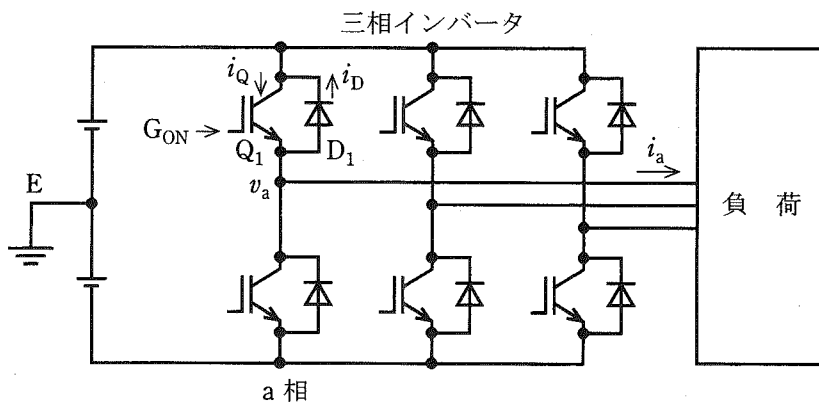


図1 三相インバータと負荷

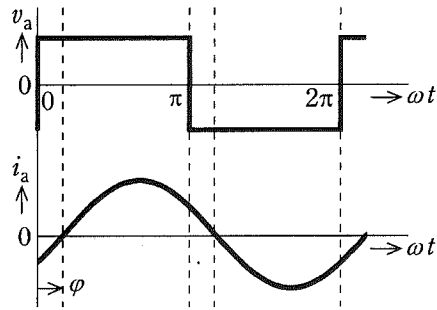


図2 直流中間点Eを基準としたa相の出力電圧 v_a 、及び負荷電流 i_a の波形
(負荷電流は正弦波、遅れ力率角 φ の場合)

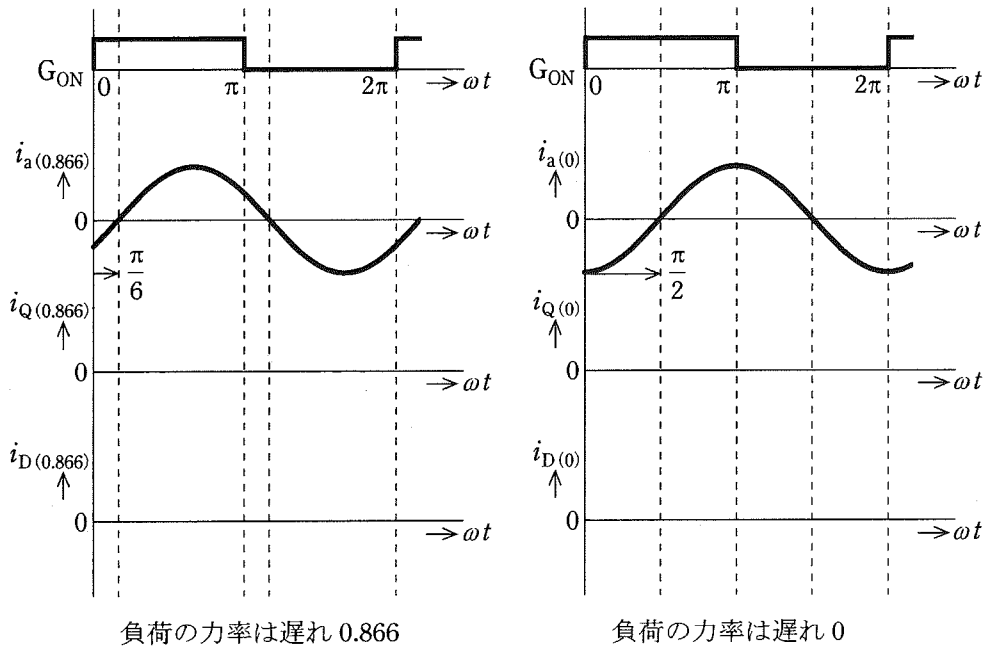


図3 a相上アームのIGBT(Q_1)ゲート信号及び各部の電流波形

問4 図1のようなフィードバック制御系について、次の間に答えよ。ただし、 $R(s)$ は目標値、 $Y(s)$ は出力、 $E(s)$ は偏差であり、時間信号 $r(t)$ 、 $y(t)$ 、 $e(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。

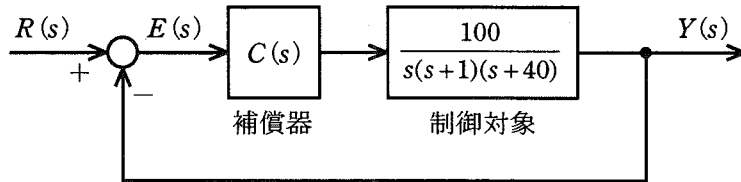


図1

- (1) 補償器を $C(s) = K_1$ に選ぶとき、図1のフィードバック系の安定限界を与える K_1 の値とそのときの持続振動の角周波数 ω_1 を求めよ。ただし、答は平方根を含む形でよい。
- (2) 図1において、 $C(s) = K_1$ に選び、 $K_1 = 1$ とおく。目標値 $r(t)$ が振幅1、角周波数1 [rad/s] の正弦波信号のとき、十分に時間が経過したときの偏差 $e(t)$ の振幅を求めよ。
- (3) 補償器を $C(s) = K_2 \frac{s+1}{s+10}$ に選ぶとき、この補償器の名称を答えよ。

- (4) 上記(3)において、 $K_2 = 10$ のとき、補償器のゲイン(利得)特性の概形を折れ線近似で図示せよ。図2を答案用紙に書き写して答えよ。

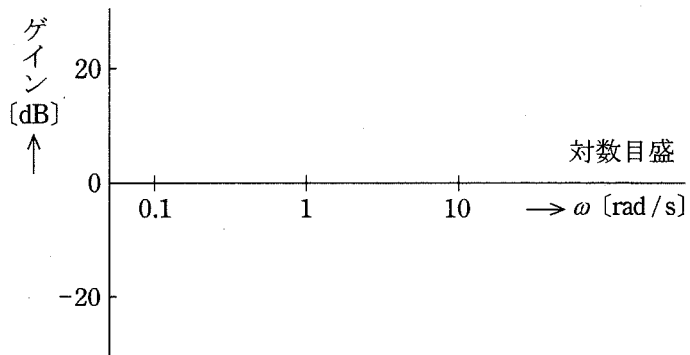


図2

- (5) 一般に、上記(3)の補償器により改善できるフィードバック制御系の代表的な性能を述べよ。