

令和 4 年度

第 1 種

機械・制御

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

1. 答案用紙（記述用紙）について

- 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。
- 指示がありましたら答案用紙2枚を引き抜き、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。なお、氏名は記入不要です。
- 「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。

○ 答案用紙は1問につき1枚です。

- 答案用紙にはページ番号を付しており、(1)～(3)ページに記述します。(4)ページは、図表等の問題に使用するもので、使用する場合は問題文で指定します。

2. 試験問題について

(計算問題) 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。
- 計算問題において、簡略式を用いても算出できる場合もありますが、問題文中に明記がある場合を除き、簡略式は使用しないでください。
- 答は、問題文で指定がない限り、3桁（4桁目を四捨五入）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) 問題文の要求に従って記入してください。

- 例えば「3つ答えよ。」という要求は、4つ以上答えてはいけません。

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)

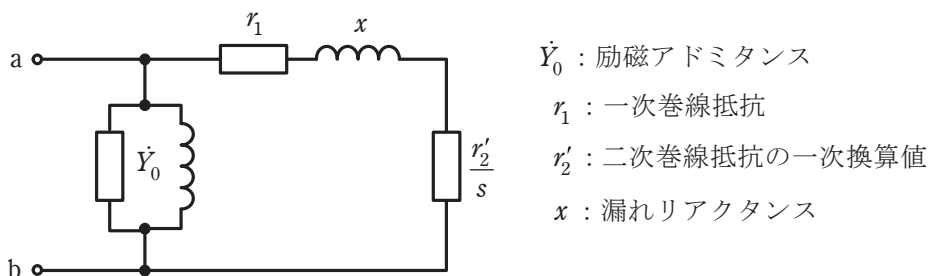
問 1 定格電圧(相電圧)が V_n [p.u.]，定格電流が I_n [p.u.]，定格力率が $\cos\theta_n$ (80 % 遅れ)，及び同期リアクタンスが X_s である三相円筒形同期発電機に関して，次の問に答えよ。なお，単位法は自己定格容量及び自己定格電圧を基準とし，電機子抵抗や磁気飽和は無視する。

- (1) この発電機のフェーザ図を端子電圧(相電圧)を基準にして描き，図中に $\dot{V}_n$ ， $\dot{I}_n$ ， $jX_s\dot{I}_n$ ， θ_n ，及び定格時の無負荷誘導起電力 $\dot{E}_n$ ，を示せ。
- (2) 同期機の電圧変動率 ε [%] は，定格運転状態から回転速度と界磁電流を一定に保って無負荷にしたときの端子電圧の変化率を表したものである。 ε [%] を表す式を E_n と V_n を用いて示せ。
- (3) フェーザ図から， E_n を V_n ， θ_n ，及び $X_s I_n$ で表す式を導出し，さらに ε を V_n ， θ_n ，及び $X_s I_n$ を用いて表す式を示せ。
- (4)
 - a. この発電機の同期リアクタンス X_s を 1.25 p.u. として，電圧変動率 ε の値を求めよ。
 - b. 次に，この発電機を定格電圧，定格電流，及び力率 100% で運転する場合に，そのときの端子電圧の変動率 ε' [%] の値を求めよ。ただし， ε' は，任意の運転状態から無負荷にした場合の端子電圧の変動率とする。
 - c. 上記の問題の結果のように同じ発電機でも力率が 80% と 100% の場合で電圧の変動率が異なる理由を，150 字を上限としてできるだけ簡単に述べよ。
- (5) 同期発電機の電圧変動率 ε は，短絡比が大きい発電機の方がより小さい値になる。発電機の定格力率が 80% 遅れの場合，その電圧変動率 ε が 50% になるような発電機の同期リアクタンスを求めよ。

問2 定格電圧 200 V，定格周波数 50 Hz，定格出力 15 kW，4 極の三相誘導電動機がある。図は滑り s で運転中の三相誘導電動機の星形一相分の L 形等価回路であり，各回路定数は次のとおりであった。

$$\dot{Y}_0 = \frac{1}{0.625 + j15.5} \text{ S}, \quad r_1 = r'_2 = 0.285 \Omega, \quad x = 1.05 \Omega$$

この電動機が 1590 min^{-1} で回生制動している場合について，次の問に答えよ。ただし，機械損，漂遊負荷損は無視できるものとする。



- (1) 同期速度 N_0 及び滑り s を求めよ。
- (2) 機械的な出力 P_m を求めよ。ただし，制動中の P_m は負となる。
- (3) 電動機トルク T を求めよ。
- (4) 電源側に回生される電力 P_r を求めよ。

問3 三相インバータの出力電圧に関して、次の問に答えよ。

図1は、三相インバータの回路を示す。インバータの直流電源電圧を V_s として、直流電源の中心点 O を接地する。中心点 O と点 u, v, w の間の電圧を v_u, v_v, v_w とし、それらは $\frac{V_s}{2}$ または $-\frac{V_s}{2}$ となる。負荷は星形結線されたRL三相平衡負荷である。中心点 O と負荷の中性点 n の間の電圧を v_n とする。図2は、デバイス S_1 から S_6 のうちのオンのゲート信号が与えられているデバイスと、電圧 v_u, v_v, v_w の波形を示す。デバイス S_1 から S_6 のオンオフ切替の周期を T として、以下の問に答えよ。

し、それらは $\frac{V_s}{2}$ または $-\frac{V_s}{2}$ となる。負荷は星形結線されたRL三相平衡負荷である。中心点 O と負荷の中性点 n の間の電圧を v_n とする。図2は、デバイス S_1 から S_6 のうちのオンのゲート信号が与えられているデバイスと、電圧 v_u, v_v, v_w の波形を示す。デバイス S_1 から S_6 のオンオフ切替の周期を T として、以下の問に答えよ。

である。中心点 O と負荷の中性点 n の間の電圧を v_n とする。図2は、デバイス S_1 から S_6 のうちのオンのゲート信号が与えられているデバイスと、電圧 v_u, v_v, v_w の波形を示す。デバイス S_1 から S_6 のオンオフ切替の周期を T として、以下の問に答えよ。

- (1) 線間電圧 $v_{uv} = v_u - v_v$ を解答用紙の図に示せ。最大値と最小値を明示せよ。
- (2) 負荷電流 i_u, i_v, i_w の和がゼロであることより、中心点 O と負荷の中性点 n の間の電圧 v_n の式を電圧 v_u, v_v, v_w を用いて表せ。
- (3) 小問(2)で求めた電圧 v_n を解答用紙の図に示せ。最大値と最小値を明示せよ。
- (4) 負荷相電圧 $v_{un} = v_u - v_n$ を解答用紙の図に示せ。最大値と最小値を明示せよ。
- (5) 直流電源電流 i_s に含まれる変動成分の繰り返し周波数を求めよ。

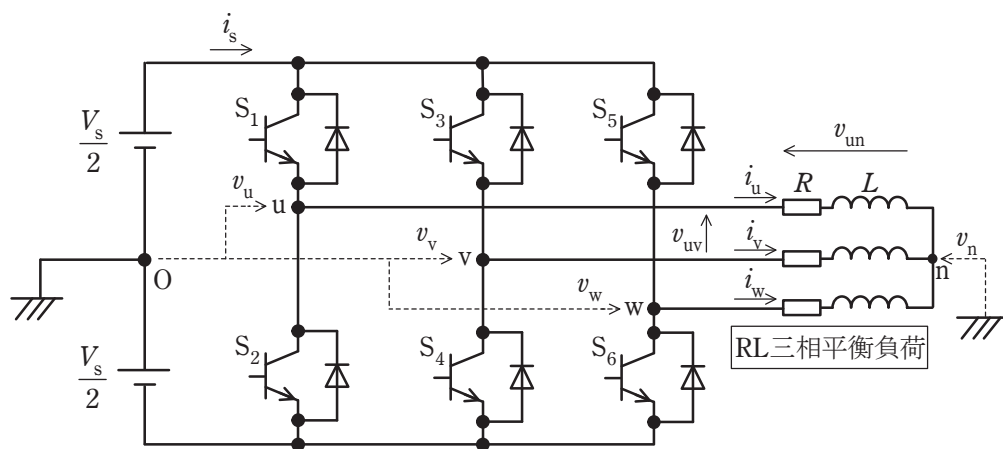


図1 三相インバータ回路

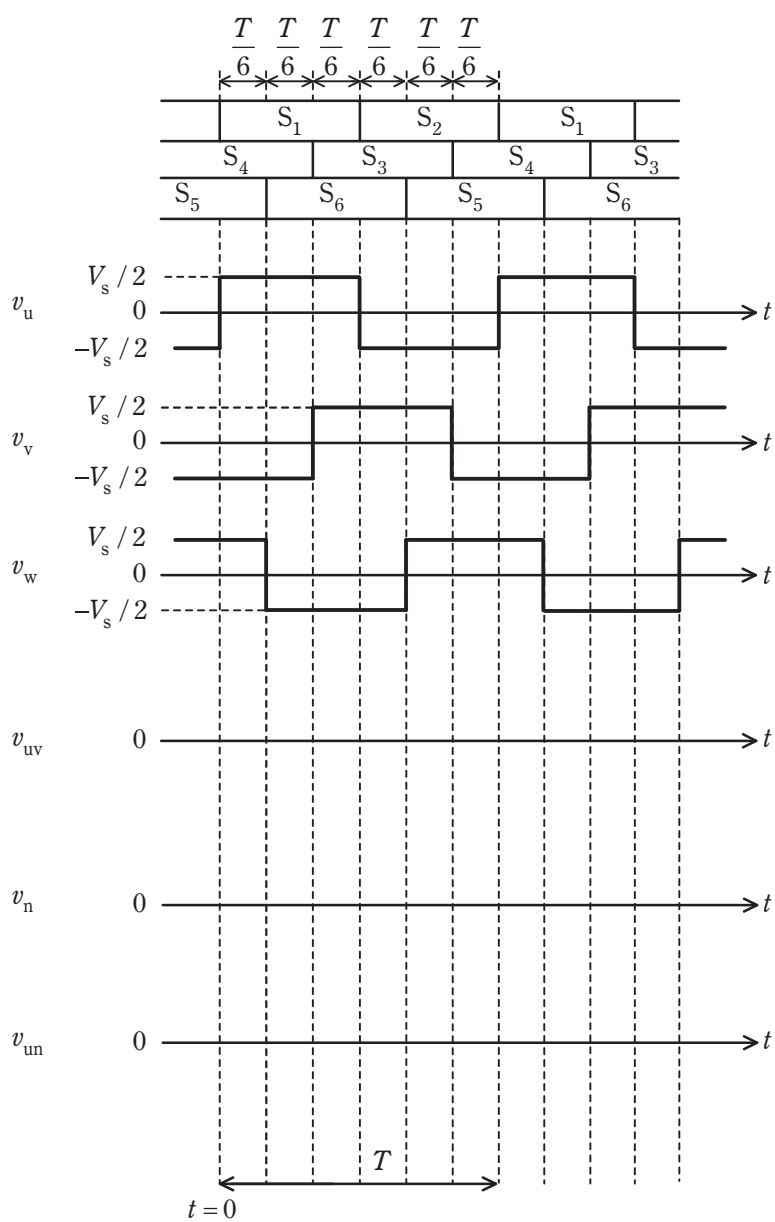


図2 オン状態のデバイスと電圧波形

問4 図に示すフィードバック制御系について、次の問に答えよ。ただし、 $R(s)$ は目標値、 $Y(s)$ は制御量、 $E(s)$ は制御偏差、 $Z(s)$ は積分器の出力であり、時間信号 $r(t)$ 、 $y(t)$ 、 $e(t)$ 、 $z(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。また、 K_1 、 K_2 は定数である。

- (1) 目標値 $R(s)$ から制御量 $Y(s)$ までの伝達関数 $T_{YR}(s)$ を求めよ。
- (2) $T_{YR}(s)$ を二次遅れ要素の標準形で表したときの減衰係数を $\zeta=0.5$ ，固有角周波数を $\omega_n=10\text{ rad/s}$ とするための K_1 、 K_2 の値を求めよ。
- (3) 目標値 $R(s)$ から制御偏差 $E(s)$ までの伝達関数 $T_{ER}(s)$ を求めよ。このとき、小問(2)の K_1 、 K_2 を用いよ。
- (4) 小問(3)の結果を用いて、目標値 $R(s)$ を単位ランプ変化させたときの定常速度偏差 e_v をラプラス変換の最終値の定理を適用して求めよ。
- (5) 小問(3)の結果を用いて、目標値 $R(s)$ を単位ランプ変化させたときの制御偏差の時間応答 $e(t)$ を計算せよ。その上で、 $e(\infty)$ を求め、小問(4)で求めた e_v と一致することを確かめよ。

