令和８年度

第　２　種

機械・制御

（第２時限目）

第 2 種

機 械 ・ 制 御

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

O　答案用紙は機械で読み取るため，新たな折り曲げや破るのは禁止です。

O　シール票は本人のものであることを受験票と照合してください。

O　記入にはＨＢの鉛筆またはシャープペンシルを使用してください。薄いと採点されないので，見えづらければＨＢより濃いＢや２Ｂを使用してください。

O　指示がありましたら答案用紙２枚を引き抜き，２枚とも直ちに受験番号及び生年月日を記入し，受験番号シールを貼付してください。氏名は記入不要です。

O　答案用紙は１問につき１枚です。追加支給はありません。

O　答案用紙にはページ番号を付しており，(2)～(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。

O　導出過程が不明瞭な答案は，0 点となる場合があります。

O　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，誤差が出ないよう多く取ってください。

例：線電流 I は，$I = \dfrac{P}{\sqrt{3}V\cos\theta} = \dfrac{10\times10^3}{\sqrt{3}\times200\times0.9} = 32.075$ A （答）32.1 A

１線当たりの損失 P_{L} は，$P_{\mathrm{L}} = I^2R = 32.075^2\times0.2 = 205.76$ W （答）206 W

（記述問題）**問題文の要求に従って記入**してください。

O　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。

第 2 種

機械・制御

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　図１は，分布巻の二極回転機の電機子の断面図である。電機子巻線は，６つのスロットに挿入され，スロット間隔が$\frac{\pi}{3}$である。3 組のコイルのうち，a1-a1'のコイルによる起磁力の分布が，図 2 に示した振幅 F [A]の方形波である。以下の問に答えよ。

(1) コイル a1-a1'，a2-a2'，a3-a3'の合成起磁力の分布を答案用紙に印刷された図に示せ。ただし，各コイルの起磁力分布は，図 2 と同じ振幅の方形波とする。

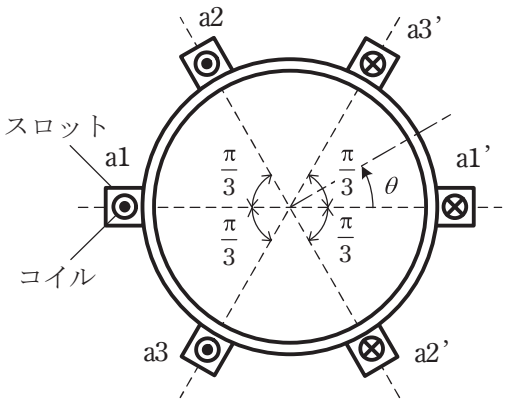


図１　分布巻の二極回転機の電機子の断面図

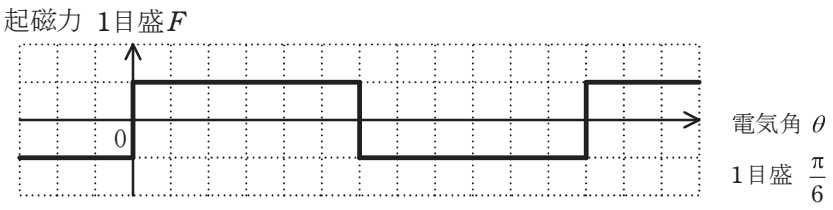


図２　コイル a1-a1'の起磁力分布

(2) 小問(1)における 3 組のコイルによる合成起磁力のうち，基本波成分の振幅［A］を求めよ。ここで，図 2 に示す方形波の基本波成分の振幅は $\frac{4F}{\pi}$［A］で表される。

(3) 各コイルの起磁力の基本波成分の振幅の和に対する合成起磁力の基本波成分の振幅の比として分布係数が求められる。小問(1)の回転機における分布係数を求めよ。

(4) 三相二極の分布巻同期電動機において，毎相毎極のスロット数が 3 のとき，スロット間隔を電気角［rad］で示せ。

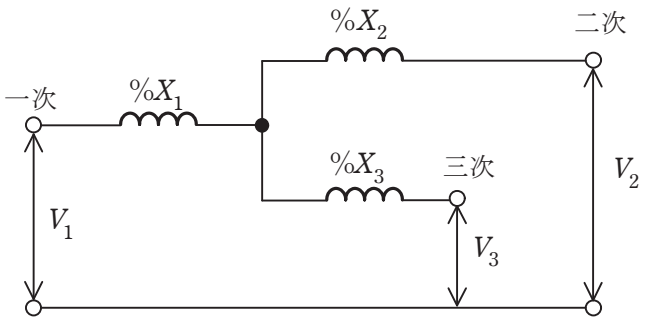
(5) 小問(4)の電動機における分布係数を求めよ。なお，$0 \leqq x < \frac{\pi}{6}$ であるとき，$\sin x \fallingdotseq x$ の近似を用いてもよい。

問２　一次巻線容量 200 kV･A，一次定格電圧 6 kV，二次巻線容量及び三次巻線容量 100 kV･A，二次定格電圧及び三次定格電圧 200 V の単相三巻線変圧器がある。励磁アドミタンスと巻線抵抗分を無視し，各巻線の百分率リアクタンス降下を $\%X_1$，$\%X_2$，$\%X_3$ として単相三巻線変圧器の等価回路を図のように表したとき，次の問に答えよ。ただし，各 2 巻線間の百分率リアクタンス降下は 200 kV･A 基準で，一次と二次間 12 %，一次と三次間 12 %，二次と三次間 6 % である。

(1) 200 kV･A 基準で各巻線の百分率リアクタンス降下 $\%X_1$，$\%X_2$，$\%X_3$ をそれぞれ求めよ。

(2) 一次端子電圧 V_1 を 6 kV に保ち，二次端子を開放したまま三次端子を短絡（三次端子電圧 $V_3 = 0$ V）したとき，二次端子電圧 V_2 [V] を求めよ。

(3) 一次端子電圧 V_1 を 6 kV に保ち，二次端子を開放したまま三次端子を短絡しても二次端子電圧 V_2 が 180 V 以下に降下しないためには，二次と三次間の百分率リアクタンス降下を 200 kV･A 基準で何パーセント以上にすればよいか。ただし，一次と二次間及び一次と三次間の百分率リアクタンス降下は 12 % のままとする。



問３　単相ハーフブリッジインバータの動作に関して，次の問に答えよ。

図１は単相ハーフブリッジインバータの回路と三角波比較正弦波 PWM 制御波形である。図１(a)は直流電圧源 $\frac{E}{2}$，オンオフ機能可制御デバイス（自己消弧形デバイス）Q_1 と Q_2，ダイオード D_1 と D_2 によって構成され，全ての素子は理想的に動作する。負荷は LR 負荷であり，出力電圧 v_o，負荷電流 i_o である。図１(b)は理想的な PWM 制御波形である。信号波 v_o^* と周期 T_c の搬送波 v_c を比較し，v_o^* が v_c より大きい区間で Q_1 をオン，Q_2 をオフし，小さい区間で Q_1 をオフ，Q_2 をオンする。

(1) 図１(b)と同じものが答案用紙に印刷されている。v_o の波形を描け。

通常は，Q_1 と Q_2 の導通状態を切り替えるとき，Q_1 と Q_2 が同時にオフ状態であるデッドタイム T_d を設けて運転する。T_d の期間中は，LR 負荷のインダクタンスにより，いずれかのダイオードを i_o が流れ続けるものとする。図 2 は v_c のある一周期 T_c の間に Q_1 と Q_2 に与えるゲート信号と v_o の波形を示す。ゲート信号のオン期間及びオフ期間は，v_o^* の瞬時値と v_c の大小関係によって変わる。ここで，

①は，$T_d = 0$ で Q_1 と Q_2 に与える理想的なゲート信号

②と③は，T_d を考慮して Q_1 と Q_2 に与えるゲート信号

④は，ゲート信号①により $T_d = 0$ で理想的に Q_1 と Q_2 がオンオフするときの v_o の波形

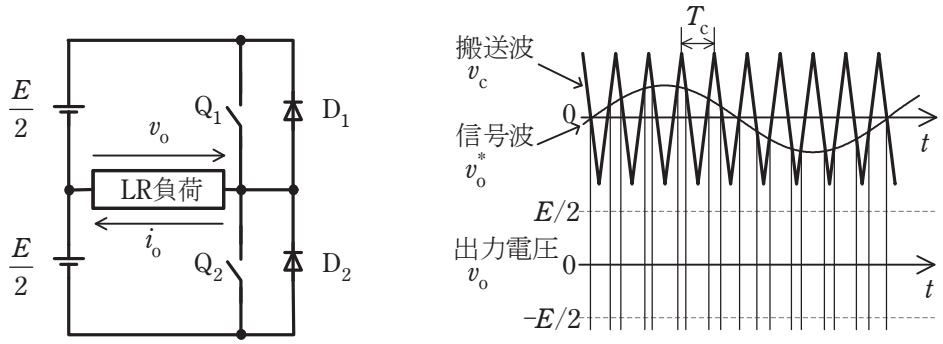
⑤と⑥は，ゲート信号②③による v_o の波形で，⑤は $i_o > 0$，⑥は $i_o < 0$ のときである。

(2) T_d の期間中で $i_o > 0$ のとき，Q_1，Q_2，D_1，D_2 のどれが導通するかを答えよ。

(3) 図 2 と同じものが答案用紙に印刷されている。⑤と⑥の v_o の波形を描け。

(4) ④⑤⑥の中で，v_c 一周期当たりの v_o の平均値が最大のものの記号を答えよ。

(5) ④の v_o の平均値と⑤の v_o の平均値の差を ΔV とする。ΔV の大きさを T_d，T_c，E を用いて表せ。



(a) 単相ハーフブリッジインバータ回路　　(b) 三角波比較正弦波PWM制御波形

図 1　単相ハーフブリッジインバータ回路と三角波比較正弦波 PWM 制御波形

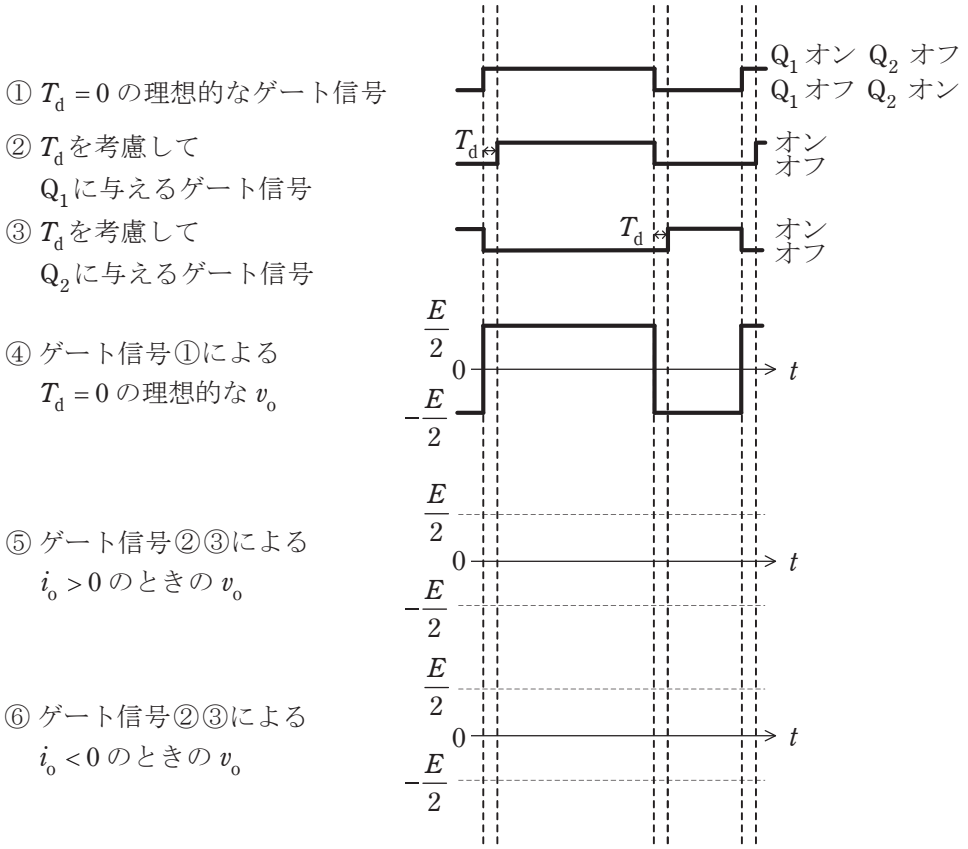


図 2　ゲート信号と出力電圧 v_o の波形

問４　安定な二次遅れ伝達関数を減衰係数ζを用いて

$$G(s)=\frac{1}{s^2+2\zeta s+1}$$

と与える。ただし，$0<\zeta<1$とする。このときインパルス応答は時間関数として，

$$g(t)=\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}\mathrm{e}^{-\zeta t}\sin\left(\sqrt{1-\zeta^2}\ t\right),\quad t>0$$

と表される。また，$G(s)$の式において$s=\mathrm{j}\omega$とすると周波数伝達関数$G(\mathrm{j}\omega)$が得られ，周波数応答のゲイン特性は角周波数ωの関数として，

$$\left|G(\mathrm{j}\omega)\right|=\frac{1}{\sqrt{(1-\omega^2)^2+4\zeta^2\omega^2}}$$

で表される。このとき，以下の問に答えよ。

(1)　$\zeta=0.6$の場合のインパルス応答$g(t)$を求めよ。また，このインパルス応答が$t>0$で最初に$g(t)=0$になる時刻を求めよ。ただし，$\pi=3.141\,6$とする。

(2)伝達関数$G(s)$の極を$-\alpha\pm\mathrm{j}\beta$のように表した場合の$\alpha$，$\beta$を$\zeta$を用いて表せ。ただし，$\alpha>0$　及び$\beta>0$とする。また，$\dfrac{\beta}{\alpha}=\sqrt{3}$となる$\zeta$を求めよ。

(3)　$\zeta=0.6$の場合のゲイン特性$\left|G(\mathrm{j}\omega)\right|$を求めよ。また，ゲインの最大値及び最大となるときの角周波数を求めよ。

(4)　$\zeta=0.8$の場合のゲイン特性$\left|G(\mathrm{j}\omega)\right|$を求めよ。また，この場合は，ゲインは周波数の増加に対して単調減少することを示せ。