令和 6 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　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。

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。

O　「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。**

O　**答案用紙は１問につき１枚**です。

O　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。

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。

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。

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　同期機の特性に関して，次の問に答えよ。

(1) 図に同期機の無負荷飽和曲線と三相短絡特性曲線を示している。

(a) 図中の(A)はどちらの特性曲線か示せ。また，この特性曲線を得る試験方法を 100 字程度以内で述べよ。

(b) 図中の(B)はどちらの特性曲線か示せ。また，この特性曲線を得る試験方法を 100 字程度以内で述べよ。

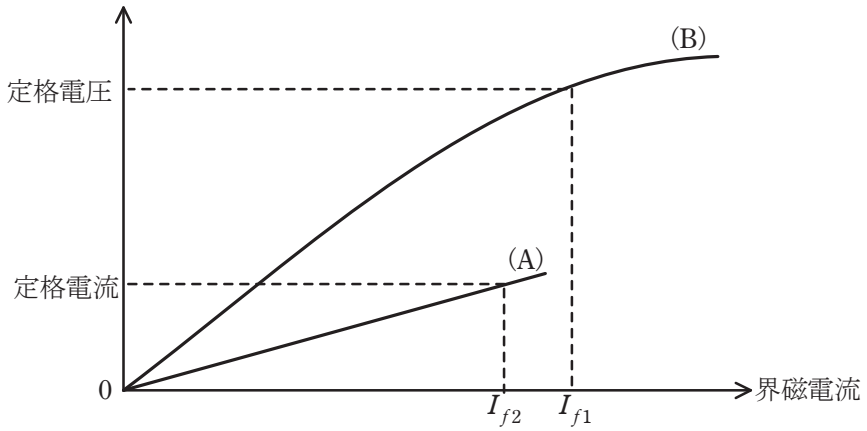
(c) 短絡比は界磁電流を用いて $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$ として求めることができるが，短絡比の定義を，電機子電流の観点から 100 字程度以内で述べよ。

(2) 定格電圧 200V，定格電流 144.3 A，50Hz の三相同期発電機を試験した結果，図中の I_{f1}，I_{f2} はそれぞれ $I_{f1} = 2.8$ A，$I_{f2} = 2.5$ A として得られた。

(a) この同期発電機の定格容量[kV･A]を求めよ。

(b) この同期発電機の単位法で表した同期インピーダンス[p.u.]を求めよ。

(c) この同期発電機の同期インピーダンス[Ω]を求めよ。



問２　定格容量 10 kV･A，定格一次電圧 2 000 V，定格二次電圧 110 V，定格周波数 60 Hz の単相変圧器があり，試験結果は次のとおりであった。

無負荷試験　　無負荷損：$P_0 = 200\ \mathrm{W}$

無負荷電流：$I_0 = 0.26\ \mathrm{A}$

短絡試験　　インピーダンス電圧：$V_{1s} = 100\ \mathrm{V}$

一次電流：$I_{1s} = 5\ \mathrm{A}$

インピーダンスワット：$P_s = 400\ \mathrm{W}$

この変圧器について次の問に答えよ。

(1) 図に示す一次換算の簡易等価回路の回路定数を求めよ。

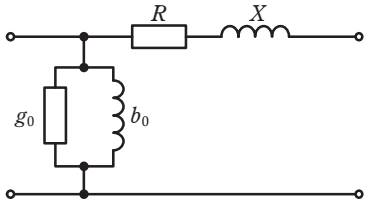
(2) 百分率抵抗降下 p [%]，百分率リアクタンス降下 q [%]を求めよ。

(3) 遅れ力率 80 %，全負荷における電圧の変動率 ε [%]を求めよ。

(4) 遅れ力率 80 %，$\frac{1}{2}$ 負荷における電圧の変動率 ε' [%]を求めよ。

ただし，定格負荷時の力率 $\cos\phi$ における電圧の変動率 ε [%]は，百分率抵抗降下を p [%]，百分率リアクタンス降下を q [%]とすれば，次式で表せるものとする。

$$\varepsilon = p\cos\phi + q\sin\phi\ [\%]$$



一次換算全巻線抵抗：R

一次換算全漏れリアクタンス：X

励磁コンダクタンス：g_0

励磁サセプタンス：b_0

問３　図１は電源電圧を E，負荷電圧を v_O とし，抵抗成分を無視できるインダクタンス L とキャパシタンス C によるチョッパ回路である。理想的な半導体スイッチQと順方向電圧降下を無視できるダイオードDを用いている。$E = 12$ V，$L = 450\,\mu$H，$R = 1\,\Omega$であり，十分に大きい C によって v_O は一定値 V_O，負荷電流 i_O は一定値 I_O とみなすことができる。Qは図２のオン・オフ状態で動作しており，この回路は周期定常状態にあるものとする。図２と同じものが答案用紙に描かれている。インダクタ電流は連続しているものとして，以下の問に答えよ。

(1) インダクタ電圧 v_L の波形を答案用紙に描け。なお，v_L の最大値及び最小値を図中に E と v_O（$= V_O$）を用いて表せ。

(2) V_O の値を求めよ。

(3) I_O の値を求めよ。

(4) インダクタ電流 i_L の平均値 I_L を求めよ。

(5) i_L の最大値と最小値の差（リプル）を求めよ。

(6) i_L の波形を答案用紙に描け。最大値と最小値を明示せよ。

(7) ダイオード電流 i_D の波形を答案用紙に描け。最大値を明示せよ。

(8) i_L の最大値と最小値の差（リプル）を 0.1A とするための L の値を求めよ。

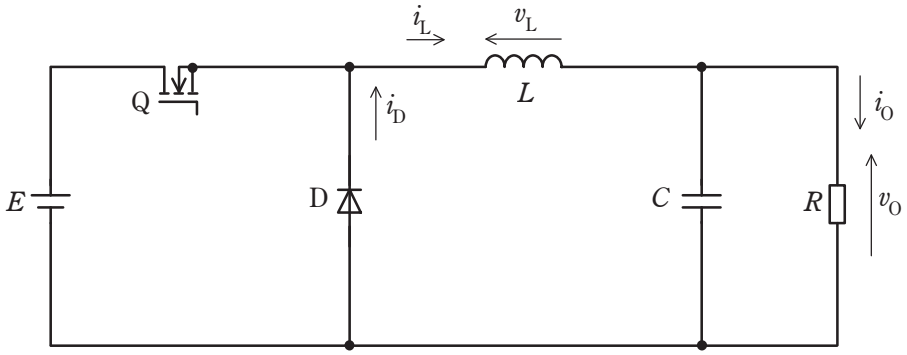


図1 チョッパ回路

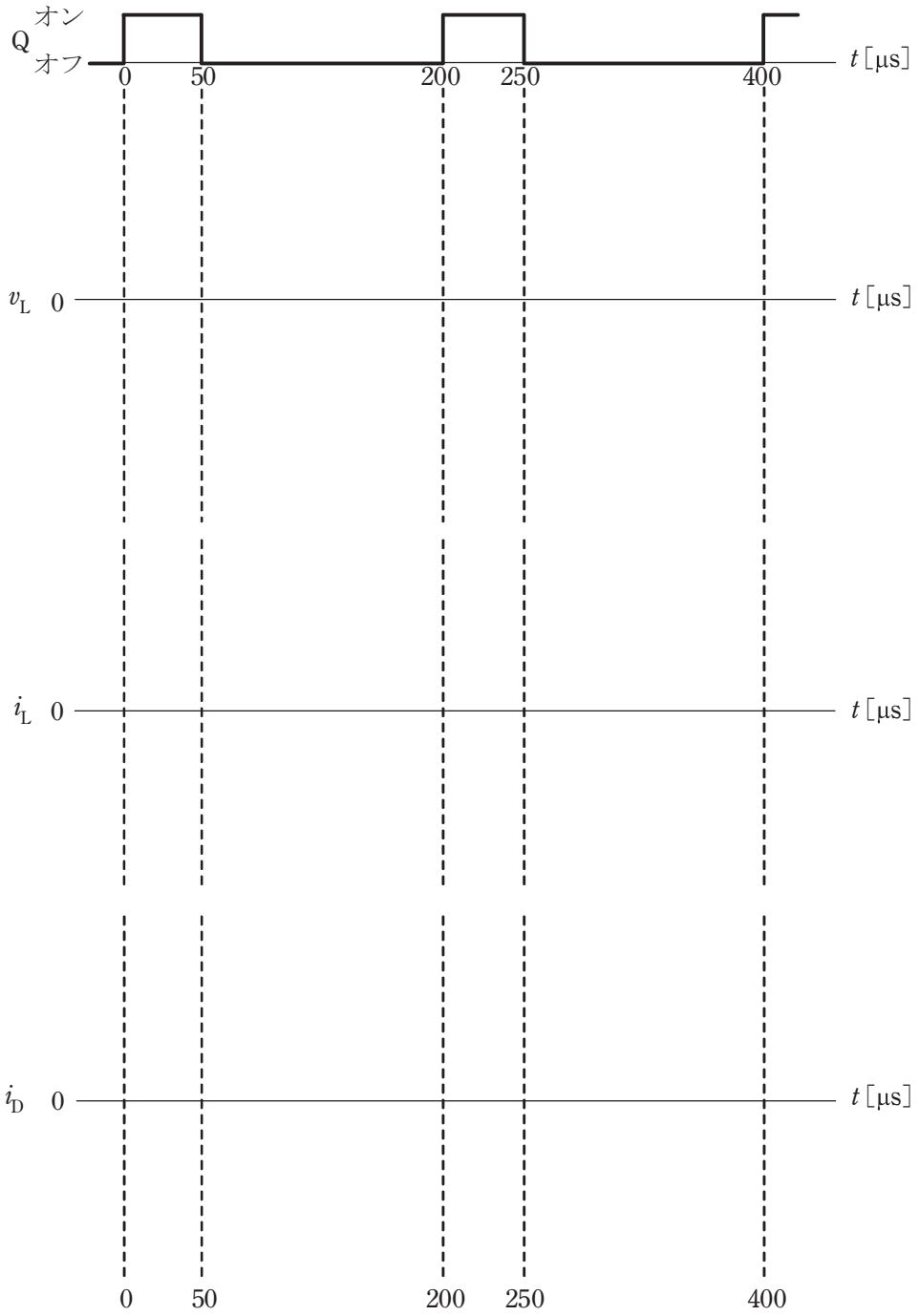


図2 Qのオン・オフと各部の電圧電流波形

問４　伝達関数$G_1(s)$，$G_2(s)$ に対して図１のように直列結合した制御系と図２のように並列結合した制御系が与えられている。$U(s)$は入力量，$Y_1(s)$は直列結合した場合の出力量，$Y_2(s)$は並列結合した場合の出力量をあらわしている。$U(s)$，$Y_1(s)$，$Y_2(s)$は時間信号$u(t)$，$y_1(t)$，$y_2(t)$をそれぞれラプラス変換したものである。

伝達関数 $G_1(s)$，$G_2(s)$ が，

$$G_1(s)=\frac{3}{s+2},\quad G_2(s)=\frac{5}{s^2+5s+6}$$

のように与えられているとき，以下の問に答えよ。

(1) 図１の直列結合された制御系の$U(s)$から$Y_1(s)$の伝達関数を求めよ。なお，伝達関数は，一つの有理関数で表すとし，分母及び分子はsの多項式で示すこと。

(2) (1)で求めた直列結合された伝達関数に単位ステップ信号を加えたときの出力量$Y_1(s)$の定常値を求めよ。

(3) 図 2 の並列結合された制御系のインパルス信号を加えたときの$Y_2(s)$の時間応答を求めよ。

(4) (3)で求めた並列結合された伝達関数に$u(t)=2\mathrm{e}^{-t}$を加えたときの$Y_2(s)$の時間応答を求めよ。

(5) (3)で求めた並列結合された伝達関数の周波数応答において，周波数を十分に大きくしたときの位相を求めよ。

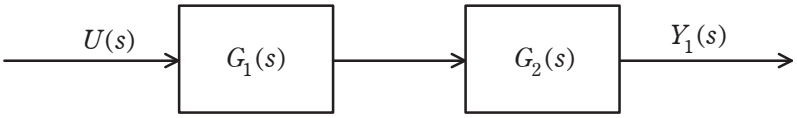


図1 直列結合された制御系

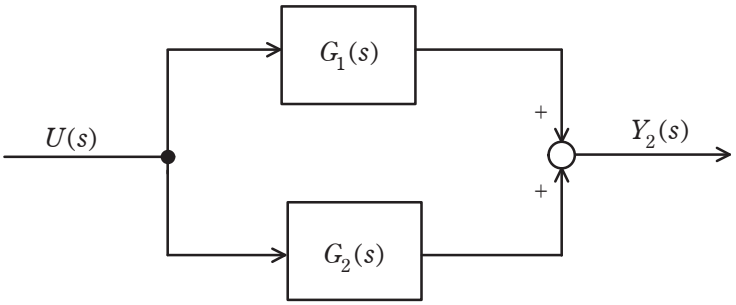


図2 並列結合された制御系