平成 24 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

この試験は，**４問中任意の２問を選び解答する方式**です。**解答する際には，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

$$I=\frac{P}{\sqrt{3}V\cos\theta}=\frac{10\times10^{3}}{\sqrt{3}\times200\times0.9}=32.075\text{〔A〕}\quad\text{答 }32.1\text{〔A〕}$$

１線当たりの損失 P_L は

$$P_L=I^2R=32.075^2\times0.2=205.76\text{〔W〕}\quad\text{答 }206\text{〔W〕}$$

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。）

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のように，他励直流電動機を 200〔V〕の直流電源に接続し，定格トルクを課したところ，軸出力は 3.75〔kW〕で，回転速度は 1500〔min^{-1}〕，電機子電流は 20〔A〕，正負ブラシの全電圧降下は 2.5〔V〕であった。ただし，電動機の許容最高回転速度は十分に高く，界磁電流は一定とし，鉄損，界磁損及び機械損は無視できるものとする。

この電動機を図２のように可逆チョッパに接続した。可逆チョッパの直流入力電圧は 200〔V〕であり，IGBT の電圧降下は 2〔V〕，逆並列ダイオードの電圧降下は 1〔V〕とする。ただし，スイッチング損失，平滑リアクトルの抵抗及び出力電流リプルは無視できるものとする。次の値を求めよ。

(1) 電機子巻線抵抗〔Ω〕

(2) 定格トルクを課し，回転速度が 1 500〔min^{-1}〕のときの誘導起電力〔V〕

(3) 可逆チョッパに接続し，定格トルクを課した場合の最高回転速度〔min^{-1}〕

(4) 回転速度 1 000〔min^{-1}〕で，定格の 50〔%〕トルクの負荷を課した場合の電機子の端子電圧〔V〕

(5) 上記(4)の運転状態とするための IGBT S_1 の通流率

(6) 制動トルクを定格トルクに制御できる回転速度〔min^{-1}〕の範囲

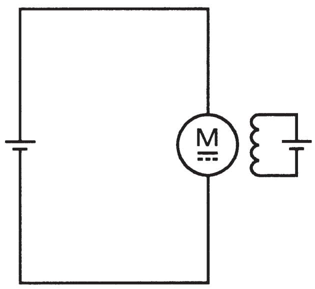


図 1

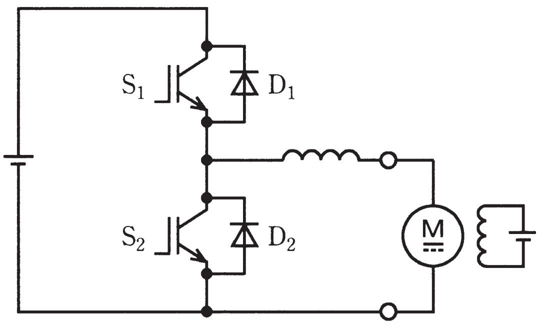


図 2

問２　同期発電機の誘導起電力と巻線係数に関して，図を参照して次の問に答えよ。

(1) 同期発電機のコイル辺間隔が磁極間隔に等しく電気角で π〔rad〕隔たり(全節巻)，かつ，毎極毎相のスロット数が１(集中巻)の場合，１相の誘導起電力の実効値 E〔V〕を，周波数 f〔Hz〕，１相のコイル直列巻数 n_c 及びコイルと鎖交する磁束の最大値 Φ_m〔Wb〕を用いて表す式を導出せよ。ここで，コイルと鎖交する磁束の瞬時値 ϕ〔Wb〕は $\phi = \Phi_m \cos\omega t$ とする。

(2) 毎極毎相の導体を１個のスロットに納めないで，何個かのスロットに分布して配置するのを分布巻という。一般に，毎極毎相のスロット数を n，相数を m とすれば，各コイル間の誘導起電力の基本波の場合の位相差は $\dfrac{\pi}{mn}$ となり，n 個のコイルが発生する誘導起電力に関して，そのベクトル和の代数和に対する比を分布係数 K_d という。図１を参照して，基本波に対する分布係数 K_d を m 及び n を用いて表す式を導出せよ。また，その算出式を使って，$m = 3$，$n = 3$ として，基本波に対する分布係数 K_d を算出せよ。
なお，$\sin\dfrac{\pi}{9} = 0.34202$，$\sin\dfrac{\pi}{18} = 0.17365$，$\sin\dfrac{\pi}{27} = 0.11609$ とする。

(3) コイル辺の間隔を磁極間隔より狭いコイルを用いた巻線を短節巻といい，コイル両辺の誘導起電力に位相差が生じ，コイル両辺の誘導起電力のベクトル和がコイル１個の誘導起電力となり，このベクトル和のコイル両辺の誘導起電力の代数和に対する比を短節係数 K_p という。図２を参照して，コイル間隔が $\beta\pi$〔rad〕($\beta < 1$)で，基本波に対する短節係数 K_p を β を用いて表す式を導出せよ。また，その算出式を使って，$\beta = \dfrac{2}{3}$ の場合の基本波に対する短節係数 K_p を算出せよ。

(4) 分布巻で短節巻である巻線の１相の誘導起電力の実効値 E〔V〕を，上記(1)で導出した全節巻及び集中巻の場合の１相の誘導起電力の実効値の式と分布係数 K_d と短節係数 K_p を用いて表す式を導出せよ。また，$f = 50$〔Hz〕，$n_c = 12$，$\Phi_m = 1.5$〔Wb〕として，$m = 3$，$n = 3$ の基本波に対する K_d，及び $\beta = \dfrac{2}{3}$ の場合の基本波に対する K_p を代入して，分布巻で短節巻である巻線の E〔V〕を算出せよ。

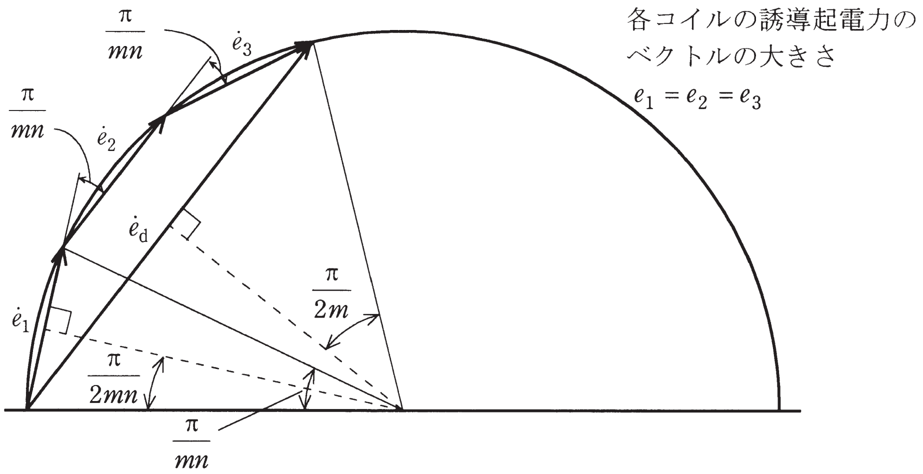


図 1　分布係数の説明図(n=3の場合の例)

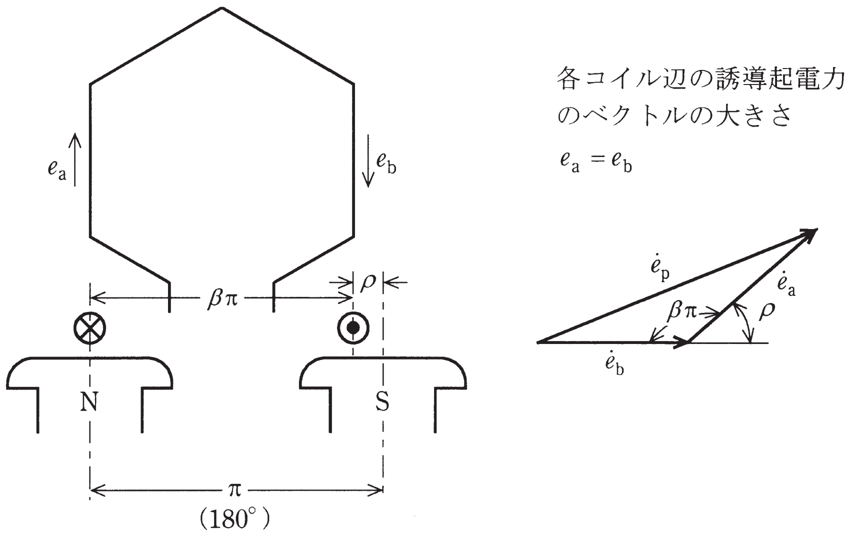


図 2　短節係数の説明図

●S2－K011

問３　図１に示す単相 PWM 制御電圧形インバータは，定格交流電流 30〔A〕，直流電圧 $E_d = 150$〔V〕であり，リアクタンス $X = 0.4$〔Ω〕のリアクトル(抵抗は，無視できるものとする。)を介して電圧 $V_L = 100$〔V〕の交流電源に連系している。このインバータに次の信号 s

$$s = K\sin(\omega t + \phi)$$

を入力したとき，インバータにおける出力交流電圧の基本波瞬時値 v_v は，次になるものとする。

$$v_v = E_d \cdot K\sin(\omega t + \phi)\ \text{〔V〕}$$

ここで，K：変調率（$0 \leqq K \leqq 1$）（1 まで可能なものとする。）

ω：交流電源の角周波数

ϕ：交流電源電圧の位相を基準とした v_v の位相角

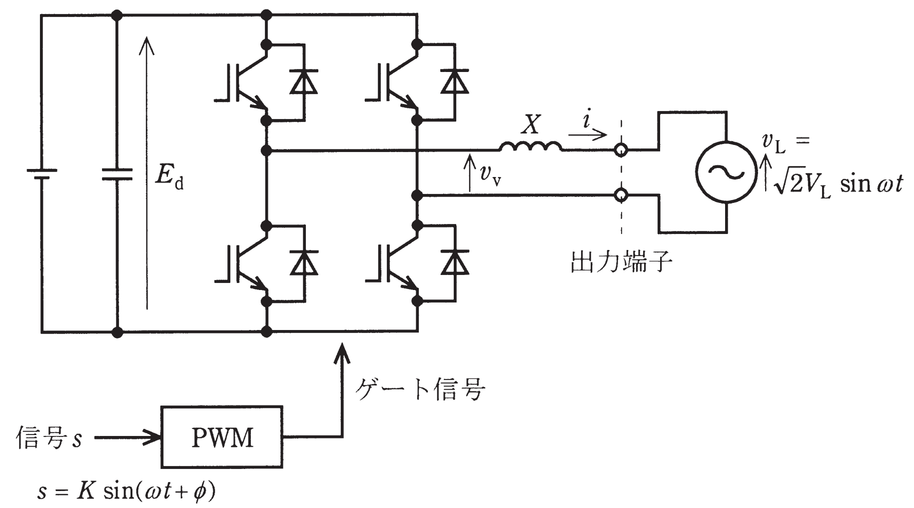


図 1

このインバータで交流電流 i を出力したときの動作について次の問に答えよ。ただし，高調波は考えないものとする。

(1) フェーザで表したインバータ出力電流 $\dot{I}$，交流電源電圧 V_L（位相の基準としているので実数で表示）及び X を用いて，インバータ出力電圧 $\dot{V}_v$ を求める式を示せ。

●S2−K012

(2) このインバータが図1に示す出力端子において3〔kW〕の有効電力を力率1で出力している。このとき，次の値を求めよ。

a．$\dot{V}_v$ の大きさ V_v〔V〕（実効値）

b．K

c．$\tan\phi$

(3) このインバータを力率1以外でも運転するものとする。出力電流 $\dot{I}$ を実数分 I_P と虚数分 I_Q とに分けて $\dot{I} = I_P + jI_Q$ と表す。I_P，I_Q，V_L 及び X を用いて V_v〔V〕の値を求める式を示せ（絶対値の記号を付けただけでは不可。その値を求める式とする。）。

(4) I_P 及び I_Q の出力可能な範囲は，図2の網掛け範囲となる。$\dot{I}$ の大きさ（実効値）I〔A〕は，定格電流である30〔A〕に制限される。I_Pは，インバータとして正の範囲（零を含む）に限定している。このほか，上記(3)の V_v の値を求める式で，V_v が $K = 1$ のときの値 $\dfrac{E_d}{\sqrt{2}}$〔V〕に制限されることによっても電流の範囲が制限される。$I_P = 0$〔A〕における I_Q の最小値 I_{Qmin}〔A〕の値を求めよ。

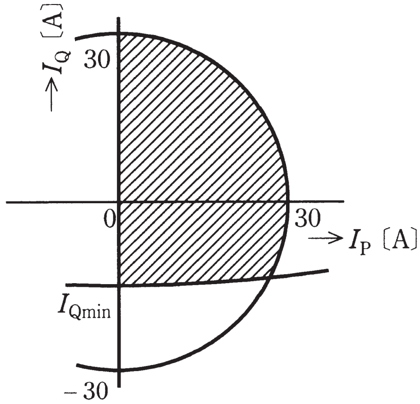
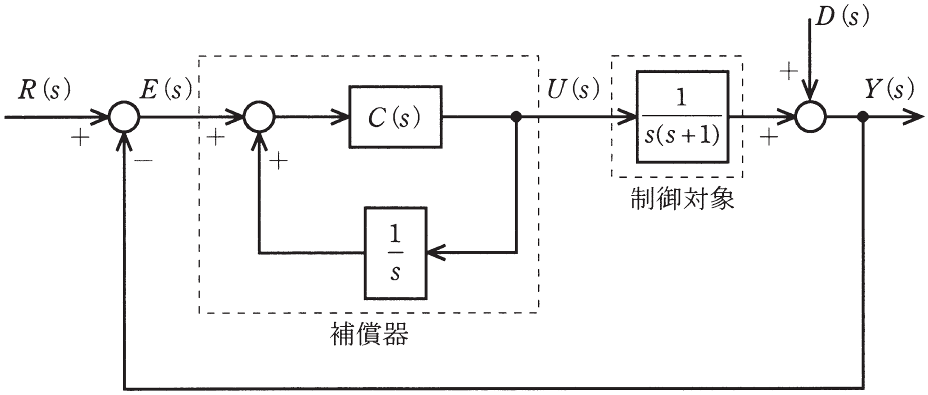


図 2

●S2－K013

問４　図のフィードバック制御系について，次の問に答えよ。ただし，$R(s)$，$E(s)$，$U(s)$，$D(s)$及び$Y(s)$は，目標値$r(t)$，偏差$e(t)$，制御入力$u(t)$，外乱$d(t)$及び出力 $y(t)$をそれぞれラプラス変換したものであり，$C(s)$は点線で囲んだ補償器内の補償要素の伝達関数を表す。



(1) $D(s)=0$ の場合，制御対象だけを取り出したとき，$u(t)$として単位ステップ入力を加えたときの出力応答$y(t)$を求めよ。

(2) 点線で囲んだ補償器だけを取り出したとき，$E(s)$から$U(s)$までの伝達関数を求めよ。

(3) 図のフィードバック制御系において，$R(s)=0$ のとき，$D(s)$から$E(s)$までの伝達関数を求めよ。

(4) $R(s)=0$ の場合，$C(s)$として，$C(s)=\dfrac{s}{Ts+1}$を選んだとき，外乱$d(t)$がランプ関数 $d(t)=t$　$(t\geqq 0)$で与えられるときの定常速度偏差を求めよ。

(5) (4)の$C(s)$を選んだとき，外乱$d(t)$の影響が偏差$e(t)$に現れないようにするには，$C(s)$の時定数Tをどのように選べばよいかを説明せよ。

(6) 点線で囲んだ補償器を$K_1+\dfrac{K_2}{s}$に置き換えたときのフィードバック制御系が安定となる条件を求めよ。

●S2－K014