

令和 3 年度

第 2 種

機械・制御

(第 2 時限目)

## 答案用紙記入上の重要事項及び注意事項

指示がありましたら答案用紙（記述用紙）2枚を引き抜いてください。答案用紙には、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。

## 1. 重要事項

- a. 「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。
- b. 計算問題では、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。

## 2. 注意事項

- 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。
- 答案用紙は1問につき1枚としてください。
- 計算問題の答は、特に指定がない限り、有効数字は3桁です。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

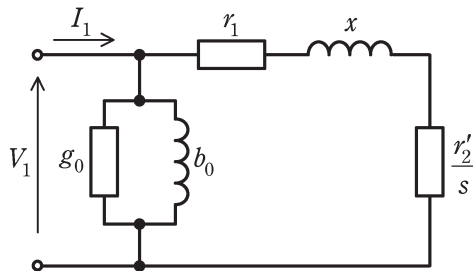
$$P_L = I^2 R = 32.075^2 \times 0.2 = 205.76 \text{ W} \quad (\text{答}) 206 \text{ W}$$

- 記述問題については、問題の要求を逸脱しないでください。  
例：「問題文に3つ答えよ。」という要求で、4つ以上答えてはいけません。
- 氏名は記載しないでください。（答案用紙に氏名記載欄はありません。）

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 滑り  $s$  で運転している三相誘導電動機の星形結線一相当りの L 形等価回路を下図に示す。回路定数はそれぞれ以下のとおりである。ただし、等価回路の端子電圧(相電圧)を  $V_1$ 、入力電流を  $I_1$ 、電源周波数を  $f$ 、極対数を  $p$  とし、等価回路の励磁コンダクタンス  $g_0$  及び励磁サセプタンス  $b_0$  は無視できるものとする。



$g_0$  : 励磁コンダクタンス

$b_0$  : 励磁サセプタンス

$r_1$  : 一次抵抗

$r'_2$  : 一次換算二次抵抗

$x$  : 漏れリアクタンス

次の問については、図に記載されている記号を用いて答えよ。

- (1) 入力電流  $I_1$  の式を求めよ。
- (2) 機械的出力  $P_o$  の式を求めよ。
- (3) 同期角速度  $\omega_s$  を電源周波数  $f$  及び極対数  $p$  を用いて表せ。
- (4) この誘導電動機の発生トルク  $T$  の式を求めよ。
- (5) 最大トルクが得られる滑り  $s_m$  の式を求めよ。
- (6) 最大トルク  $T_m$  の式を求めよ。

問2 容量  $200 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、一次電圧  $11\,000 \text{ V}$ 、二次電圧  $440 \text{ V}$ 、周波数  $50 \text{ Hz}$  を定格とし、自己容量基準の短絡インピーダンス  $\%z$  が  $4.5\%$  の単相変圧器がある。この変圧器の二次側を短絡し一次側に定格電流を流したときの一次側の電力計の指示は  $1.5 \text{ kW}$  であった。

この変圧器について、次の問に答えよ。ただし、変圧器の励磁電流、鉄損は無視できるものとする。

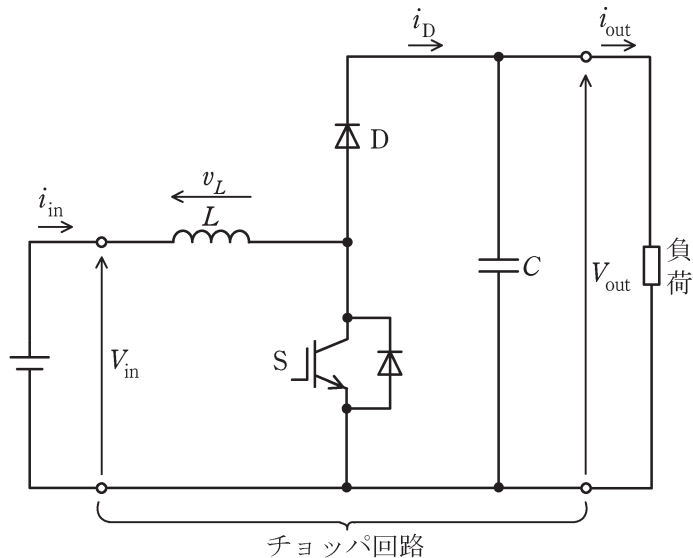
- (1)  $\%z$  のうち抵抗分 ( $\%r$ )、リアクタンス分 ( $\%x$ ) を答えよ。
- (2) 短絡インピーダンスの一次換算値  $Z[\Omega]$  を答えよ。
- (3)  $Z[\Omega]$  の抵抗分  $R[\Omega]$  及び、リアクタンス分  $X[\Omega]$  を答えよ。
- (4) この変圧器の二次側にリアクトルを接続し、一次側に交流  $11\,000 \text{ V}$  を加えたときの二次電流は  $400 \text{ A}$  であった。このときの変圧器二次電圧  $V_2 [\text{V}]$  及び、リアクトルの無効電力  $Q_L [\text{kvar}]$  を求めよ。なお、リアクトルの抵抗分は無視してよい。

問3 図はIGBTをスイッチングデバイスS(以下, デバイスSと略す)に用いたチョップパ回路である。このチョップパの機能は, キャパシタンス  $C$  のコンデンサとリアクタンス  $L$  のリアクトルの働きによって実現されている。入力は直流電圧  $V_{in}$  (一定値), 出力は  $V_{out}$  である。デバイスSは,  $T_{on}$  の時間はオン,  $T_{off}$  の時間はオフを繰り返す, 周期は一定で,  $T_{on} + T_{off}$  である。入力電流  $i_{in} > 0$ , 全ての回路素子は理想的と仮定して, 次の間に答えよ。

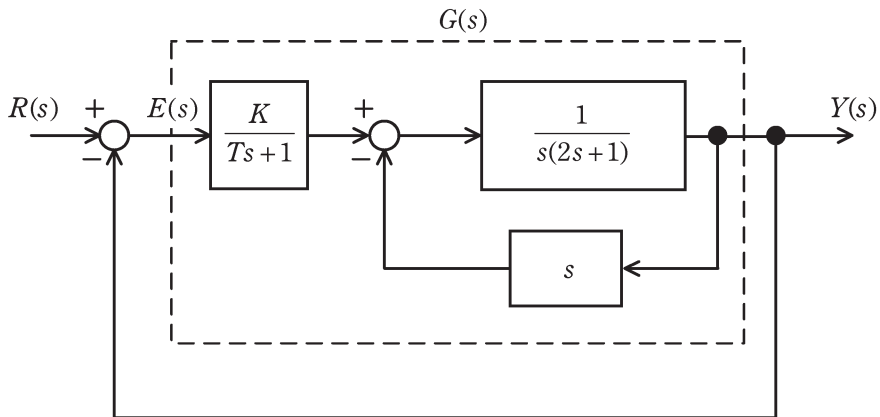
- (1) このチョップパ回路は太陽光発電でよく用いられている。その理由についてチョップパ回路の  $V_{in}$  と  $V_{out}$  の大小関係に触れつつ簡単に述べよ。
- (2)  $T_{on}$  の時間において, リアクトルの電圧  $v_L$  を求めよ。また, 求めた式をもとに電流  $i_{in}$  は増加するか, 減少するか述べよ。
- (3)  $T_{off}$  の時間において, リアクトルの電圧  $v_L$  を求めよ。また, 求めた式をもとに電流  $i_{in}$  は増加するか, 減少するか述べよ。

次に, コンデンサのキャパシタンス  $C$  は十分に大きく, チョップパの出力電圧は一定値  $V_{out}$  に平滑されているものとする。さらに, 電流  $i_{in}$  のリップルが十分に小さく一定値  $I_{in}$  と見なせると仮定する。このとき,

- (4) ダイオードDに流れる電流  $i_D$  の平均値  $I_D$  を  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ ,  $I_{in}$  を用いて示せ。
- (5) 出力電圧  $V_{out}$  を  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ ,  $V_{in}$  を用いて示せ。



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。ここで、 $R(s)$ は目標値、 $E(s)$ は制御偏差、 $Y(s)$ は制御量であり、 $K > 0$ とする。



- (1) 開ループ伝達関数  $G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)}$  を求めよ。
- (2) 閉ループ伝達関数  $W(s) = \frac{Y(s)}{R(s)}$  を求めよ。
- (3) この制御系において、 $T=0$ としたとき、閉ループ伝達関数  $W(s)$  の特性方程式は二次方程式となる。目標値のステップ状変化に対する制御量の時間応答  $y(t)$  が振動的になる  $K$  の条件を求めよ。
- (4) 小問(3)の制御系において  $K=1$ としたとき、目標値の単位インパルス変化に対する制御量の時間応答  $y(t)$  を求めよ。  
必要に応じて、ラプラス変換の複素領域における推移定理である  $\mathcal{L}[e^{-at}x(t)] = X(s+a)$  を使ってよい。
- (5) この制御系において、 $T=2$ としたとき、閉ループ伝達関数  $W(s)$  の特性方程式は三次方程式となる。制御系を安定にする  $K$  の条件をラウス・フルビッツの安定判別法を適用して求めよ。