

平成 28 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。

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 定格線間電圧 200 V，定格周波数 50 Hz，4 極の星形結線の三相かご形誘導電動機があり，L 形等価回路において 1 相一次換算の抵抗値及びリアクタンス値は次のとおりである。

一次抵抗 $r_1 = 0.707 \Omega$ ，リアクタンス $x_1 + x_2' = 0.439 \Omega$

二次抵抗 $r_2' = 0.710 \Omega$ ，

この電動機が回転速度 1470 min^{-1} で運転しているとき，次の値を求めよ。ただし，鉄損，機械損，励磁電流は無視する。

- (1) 一次電流
- (2) 二次入力
- (3) 電動機の軸出力
- (4) 二次銅損
- (5) 電動機の効率

問2 定格容量 50 kV・A, 定格一次電圧 11000 V, 定格二次電圧 3300 V, 定格周波数 50 Hz の単相変圧器があり, 高圧側からの試験結果は次のとおりであった。

無負荷試験 無負荷損 : $P_0 = 290 \text{ W}$

無負荷電流 : $I_0 = 0.221 \text{ A}$

短絡試験 インピーダンス電圧 : $V_{1S} = 550 \text{ V}$

一次電流 : $I_{1S} = 4.55 \text{ A}$

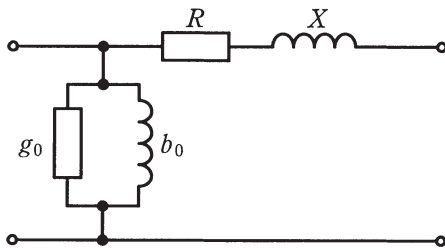
インピーダンスワット : $P_S = 740 \text{ W}$

次の問に答えよ。

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。

$$\varepsilon = p \cos\phi + q \sin\phi + \frac{1}{200}(q \cos\phi - p \sin\phi)^2 \text{ [%]}$$

- (1) 図に示す簡易等価回路の回路定数(一次側換算値)をそれぞれ求めよ。
- (2) 遅れ力率 80%, 全負荷における電圧の変動率を求めよ。
- (3) 遅れ力率 80%, $\frac{1}{2}$ 負荷における効率を求めよ。
- (4) 遅れ力率 80%, $\frac{1}{2}$ 負荷における電圧の変動率を求めよ。



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には、R相→S相→T相の相順で、 180° 通電モードで運転する三相インバータとその三相負荷の回路を示す。直流電圧を E_d 一定、三相インバータ内には損失がないものとして、次の間に答えよ。

- (1) 図2は三相インバータの動作を説明する図であり、波形 n_R はR相のノッチ波である。ノッチ波は1のときにプラス側のパワーデバイスをオンし、0のときにマイナス側のパワーデバイスをオンすることを意味している。図2の位相 θ_0 において、オン信号を与えているパワーデバイスは、R相では Q_1 であるが、S相及びT相ではどのパワーデバイスであるかを答えよ。
- (2) 答案用紙に図2と同じ図が印刷されているので、図1のR相電圧 v_{RO} 、R-S相線間電圧 v_{RS} の波形を、波形の大きさとスイッチングの位相が明確に分かるように、太線で明確に描け。ただし、 v_{RO} の基準電位点は、直流電源の中間電位点Oとする。
- (3) 上記小問(2)において、二つの電圧波形 v_{RO} 、 v_{RS} のうち、出力周波数に対して3の整数倍次数の高調波が含まれている波形はどちらの波形であるかを答えよ。
- (4) 上記小問(2)において、線間電圧 v_{RS} の実効値 E_0 を表す式を、 E_d を用いて示せ。
- (5) 負荷電流が正弦波であるとみなせるとき、ある遅れの力率の場合の直流電流 i_d の波形を図2の最下段に示している。負荷に供給される有効電力が $P=50$ kW、力率が $\cos\phi = \frac{\sqrt{3}}{2}$ であり、 $E_d=200$ Vであった場合の直流電流の平均値 I_d [A] を求めよ。

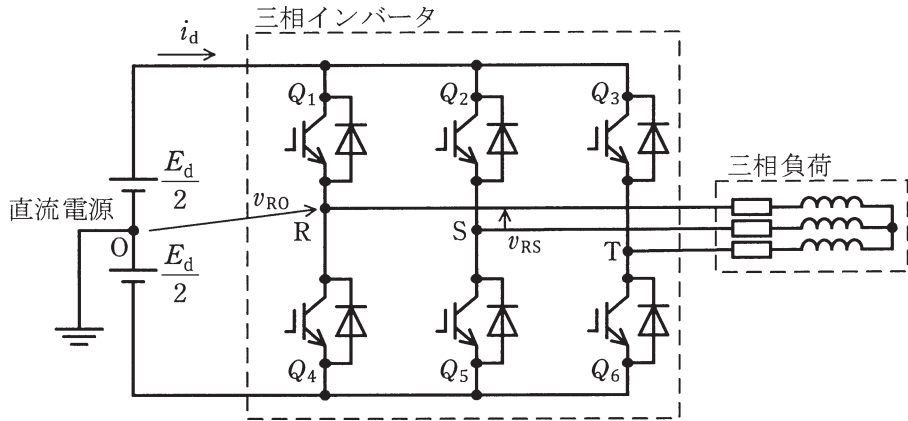


図 1

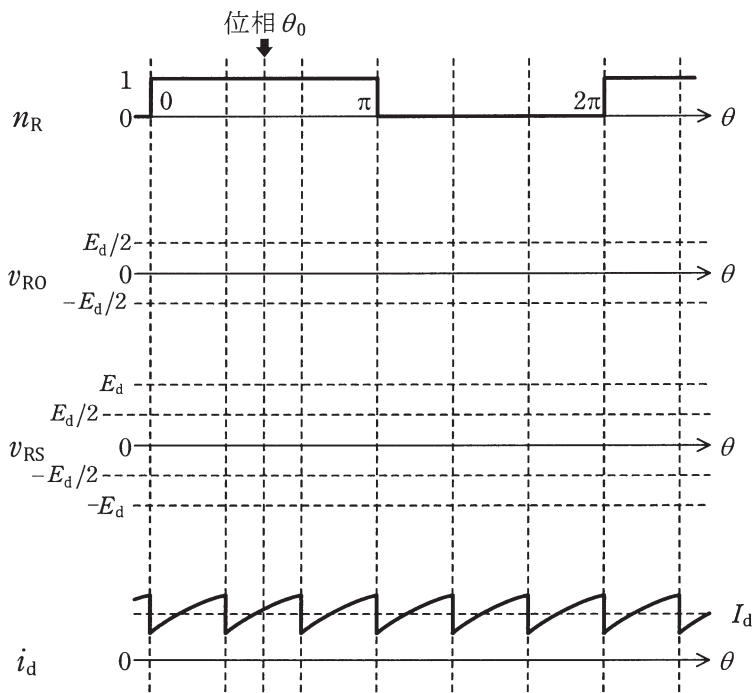


図 2

問4 図に示す構造の制御系を考える。ここで $r(t)$ は目標値, $e(t)$ は制御偏差, $u(t)$ は入力, $x(t)$ は状態, $y(t)$ は出力を表し, 制御対象は次の状態方程式で記述される。

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = cx(t)$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad c = (2 \quad 1)$$

次の問に答えよ。

- (1) 図中の直列補償器のゲイン k を零として, 状態フィードバック係数ベクトル $f = (f_1 \quad f_2)$ を用いて見掛け上の制御対象の特性改善を図る。行列 $A - bf$ の固有値を $-3, -4$ に配置する f を計算せよ。
- (2) 上記小問(1)で求めた f を用いて特性改善をした見掛け上の制御対象に対して, 目標値 $r(t)$ に出力 $y(t)$ が追従することを目的に, 図に示すフィードバック制御系を構成した。閉ループ系が安定になるように直列補償器のゲイン k を設計できたとするとき, 入力 $u(t)$ を $x(t), r(t), c, f, k$ を用いて表せ。
- (3) 上記小問(2)の入力 $u(t)$ を制御対象に加える。閉ループ系の状態方程式を $\dot{x}(t), x(t), r(t), A, b, c, f, k$ を用いて表せ。
- (4) 上記小問(3)で求めた状態方程式の中の A, b, c, f に, 与えられた数値及び上記小問(1)で求めた数値を代入して整理せよ。ただし, k は変数のままとする。
- (5) 目標値を大きさ r_0 でステップ状に変化させる場合を考える。上記小問(2)の仮定より閉ループ系は安定なので, 状態 $x(t)$ は定常, すなわち $\dot{x}(\infty) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ となる。このときの定常値 $x(\infty)$ を k と r_0 を用いて表せ。
- (6) 関係式 $e(\infty) = r_0 - y(\infty) = r_0 - cx(\infty)$ を使って, 定常偏差 $e(\infty)$ を k と r_0 を用いて表せ。

見掛け上の制御対象

