

平成 21 年度

第 2 種
機械・制御

(第 2 時限目)

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

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

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。）

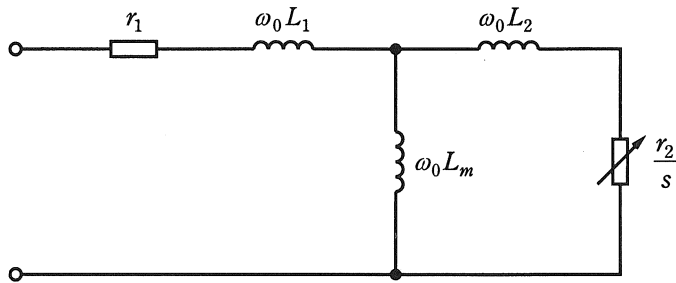
第 2 種

機 械 ・ 制 御

問 1 ～ 問 4 の中から任意の 2 問を解答すること。

問 1 三相誘導電動機の電源側遮断器を運転中に開放すると、誘導電動機の一次電圧はすぐに零とならず、いわゆる残留電圧が現れる。この残留電圧に関し、次の問に答えよ。

- (1) 誘導電動機回転子に鎖交する磁束は二次電流に比例して減衰する。このときの開路時定数 T_o [s] を求めよ。ただし、誘導電動機は定格周波数が 60 [Hz]、一次側に換算した T 形等価回路の定数は、一次抵抗 $r_1 = 0.0198$ [Ω]、一次漏れリアクタンス $\omega_0 L_1 = 0.501$ [Ω]、二次抵抗 $r_2 = 0.0198$ [Ω]、二次漏れリアクタンス $\omega_0 L_2 = 0.501$ [Ω] 及び励磁リアクタンス $\omega_0 L_m = 20.4$ [Ω] とする。ここでは、 $\omega_0 = 2\pi \times 60 = 377$ [rad/s] として計算せよ。



一次側に換算した三相誘導電動機の一相分の T 形等価回路 (s は滑り)

- (2) ある相の残留電圧波形が遮断器開放時点からの時刻 t を用いて近似的に次式で表されるものとする。

$$v_a = -\sqrt{2}\omega_m L_m I_{20} e^{-\frac{t}{T_0}} \sin(\omega_m t + \theta_0) = -\sqrt{2}V_a(t) \sin(\omega_m t + \theta_0)$$

ここで、 ω_m は 2 極機として考えたときの回転子角速度、 I_{20} は遮断器開放直後の二次電流の実効値、 θ_0 は遮断器開放直後の電圧位相角である。

時刻 $\frac{T_0}{2}$ [s] において、回転子角速度 ω_m が遮断器開放直後の 80 [%] となった。このときの残留電圧の大きさ $V_a(t)$ は遮断器開放直後の電圧の何倍であるかを求めよ。ただし、自然対数の底 e の値は 2.718 とする。

- (3) 力率改善用の進相コンデンサが誘導電動機端子に接続されている場合を考える。誘導電動機と進相コンデンサとが共通の遮断器で電源側から開放された場合の誘導電動機の残留電圧の様相について、この場合に進相コンデンサ容量が過大なときに生じる特有な異常現象名も挙げて説明せよ。

問2 定格一次電圧 66 [kV] , 定格二次電圧 6.6 [kV] の A, B 2 台の変圧器がある。変圧器 A の定格容量は 20 [MV・A] , 百分率リアクタンス降下は 12 [%] である。一方, 変圧器 B の定格容量は 10 [MV・A] で, 百分率リアクタンス降下は不明である。これら 2 台の変圧器を定格二次電圧で並行運転したところ, 負荷電力が 22.5 [MV・A] となったところで変圧器 B が定格容量に達した。励磁電流及び抵抗分は無視するものとして, 次の値を求めよ。

- (1) 変圧器 B の百分率リアクタンス降下(自己容量基準) [%]
- (2) この負荷条件における電圧変動率 [%]。ただし、負荷力率は 0.8(遅れ)とする。

問3 図1は三相サイリスタ変換器の応用例を示す。負荷側サイリスタ変換器に接続される負荷の電圧が確立すると安定な運転ができるので、例として回転している同期電動機を示している。次の問に答えよ。

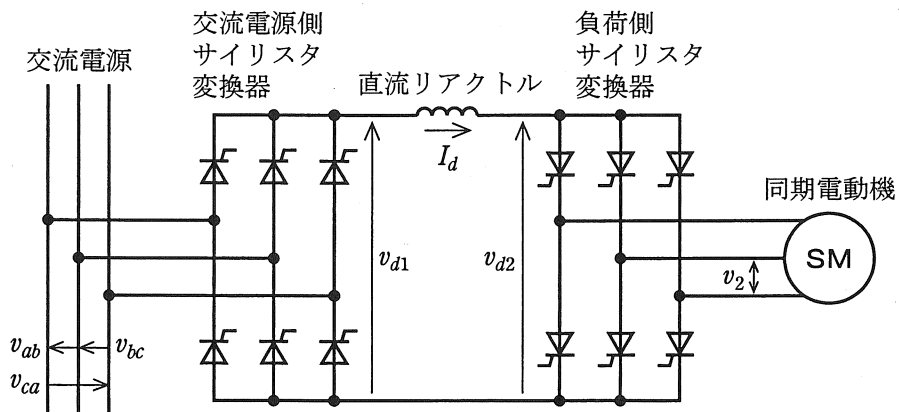


図1

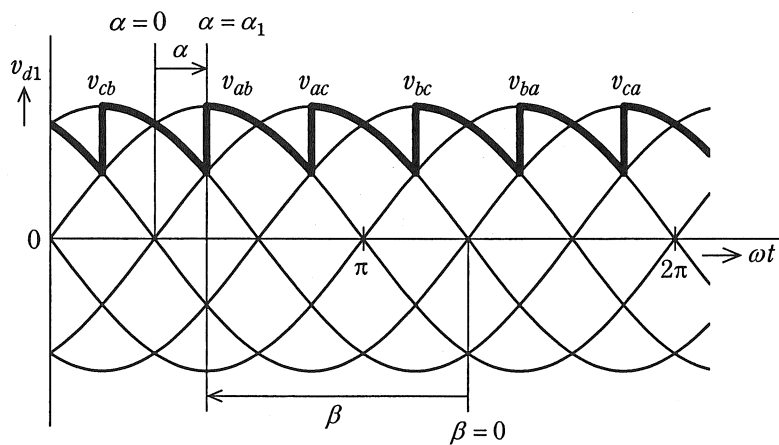


図2

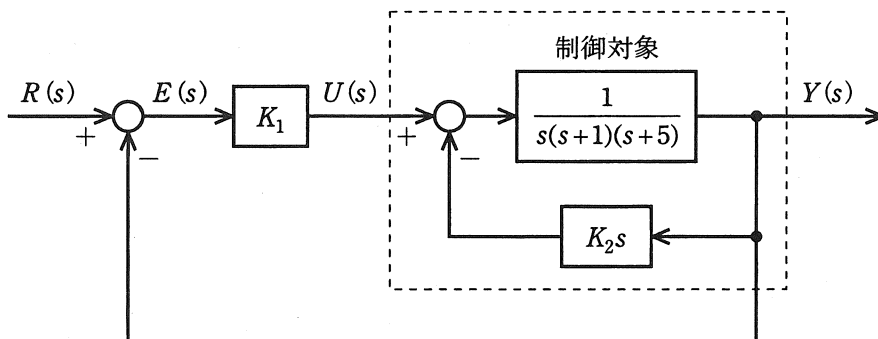
(1) 運転のモードとして、交流電源から負荷に電力を供給する力行モード及び負荷から交流電源に電力を戻す回生モードがある。それぞれのモードにおいて、交流電源側、負荷側それぞれのサイリスタ変換器の直流電圧平均値 V_{d1} [V]、 V_{d2} [V] は正、負のいずれであるか。ただし、図示する方向の極性を正とする。

(2) 直流電流はリップルがなく一定の電流 I_d [A] とし、負荷側の交流線間電圧 v_2 は実効値 V_2 [V] の正弦波電圧波形とする。このとき、負荷側サイリスタ変換器は、重なり角が無視できて、一般の三相サイリスタ変換器と同様の表記として制御進み角 β_2 [rad] で運転しているものとする。実効値 V_2 [V] と制御進み角 β_2 [rad] を使って表す直流電圧平均値 V_{d2} [V] の式を、その導出過程を含めて示せ。

なお、図 2 は制御遅れ角 $\alpha = \alpha_1$ で運転している交流電源側サイリスタ変換器の動作を線間電圧波形を用いて示した図であり、式を導出する際の参考にされたい。一般に制御進み角 β [rad] は、 $\beta = \pi - \alpha$ [rad] の関係があるので、 $\beta = 0$ のタイミングは図 2 に示すようになる。

(3) このとき、負荷側サイリスタ変換器の損失を零として、力行モードで負荷に供給している有効電力の平均値 P_2 [W] を電流 I_d [A] と制御進み角 β_2 [rad] を使って式で示せ。

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。ただし、 $R(s)$ は目標値、 $U(s)$ は操作量、 $Y(s)$ は出力、 $E(s)$ は偏差であり、時間信号 $r(t)$, $u(t)$, $y(t)$, $e(t)$ をそれぞれラプラス変換したものである。



- (1) 点線で囲まれたブロック線図だけを取り出したとき、 $U(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数を求めよ。
- (2) $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数を求めよ。
- (3) 図のフィードバック制御系が安定となるための K_1 と K_2 が満たすべき条件及び安定限界における持続振動の角周波数 ω_c を K_2 を用いて表せ。
- (4) 目標値 $r(t)$ がランプ関数 $r(t) = t$ のときの定常速度偏差を求めよ。
- (5) 図のフィードバック制御系が安定となるように K_1 と K_2 が選ばれるとする。上記(3)及び(4)の結果を踏まえて、以下の問に答えよ。
 - a. K_1 を固定したとき、 K_2 を大きくすると、速応性と定常特性はどのように変化するかを理由とともに答えよ。
 - b. K_2 を固定したとき、 K_1 を大きくすると、減衰特性と定常特性はどのように変化するかを理由とともに答えよ。