

平成 25 年度

第 1 種
機 械

(第 3 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。
 なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。
2. マークシートには氏名、生年月日、試験地及び受験番号を記入し、受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い、正しくマークしてください。

（受験番号記入例：0141N0123Aの場合）

受 験 番 号										
数 字		記号			数 字		数 字		記号	
0	1	4	1	N	0	1	2	3	A	
●					●	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	●	B
②		②	②		②	②	●	②	●	C
③		③	③		③	③	③	●	●	K
④		●	④		④	④	④	④	●	L
⑤			⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥			⑥	●	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨		

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 解答は、マークシートの間番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば、問1の と表示のある問に対して(イ)と解答する場合は、下の例のように問1の(1)の をマークします。

なお、マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には、採点されません。

(マークシートへの解答記入例)

A					問	
問 1					問	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

正解と思われるものの記号の枠内を、マークシートに印刷されているマーク記入例に従い、濃く塗りつぶす方法で示してください。

6. 問6と問7はどちらか1問を選択してください。選択した問題は、マークシートの「選択問題マーク欄」にマークしてください。2問とも選択した場合は採点されません。

(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。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。
試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題 (配点は1問題当たり小問各2点, 計10点)

問1 次の文章は, 同期発電機に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

図は, 三相同期発電機の界磁電流 I_f に対する1相分の無負荷誘導起電力 E_0 及び三相短絡電流 I_s の特性である。無負荷誘導起電力 E_0 と界磁電流 I_f との関係は,

$$E_0 = \frac{\omega M I_f}{\sqrt{2}}$$

で与えられる。ただし, ω は電気角速度, M は界磁巻線と電機子巻線1相との間の相互インダクタンスである。しかし, 実際の無負荷誘導起電力には, 図中の E_0 のように飽和特性を生じる。これは, 相互インダクタンス M の非線形性に起因するもので, 界磁電流の増加に伴って (1) が減少することにより生じる。一般に, 定格電圧 V_n を得るための界磁電流 I_{fn} は, 飽和特性を考慮しない場合の界磁電流 I'_{fn} に比べて5~15 [%] 程度大きい。

一方, 三相短絡電流は界磁電流にほぼ比例し, 通常の界磁電流の範囲では, 飽和特性の影響は現れない。これは, 電機子電流の (2) によるものである。同期リアクタンス X_s 及び巻線抵抗 r を用いると, 三相短絡電流は,

$I_s = \text{ (3)}$ である。この式を電機子巻線1相の自己インダクタンス L_0 及び漏れインダクタンス l で書き換えると,

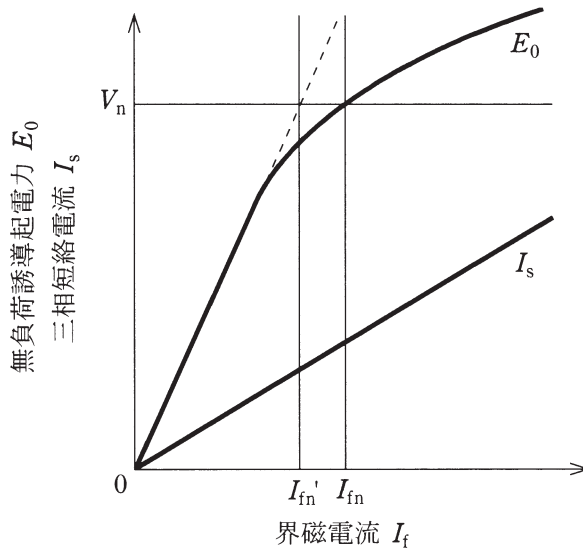
$$I_s = \frac{\frac{\omega M I_f}{\sqrt{2}}}{r + j\omega \left(\frac{3}{2} L_0 + l \right)}$$

となる。界磁電流による (4) は $\frac{M I_f}{\sqrt{2}}$, 短絡電流による (4) は $\frac{3}{2} L_0 I_s$ であるので, 界磁及び電機子の漏れインダクタンスと巻線抵抗とを無視すると,

$$I_s = \frac{\sqrt{2}}{3} K I_f$$

となる。ただし、 K は界磁巻線の電機子巻線に対する (5) である。

上式には、 M や L_0 などの磁氣的に非線形な係数を含まないのので、界磁電流 I_f と三相短絡電流 I_s とは比例関係になる。



[問 1 の解答群]

- | | | | |
|----------------------------|------------|---------------------------------------|--|
| (イ) 磁界 | (ロ) 磁束鎖交数 | (ハ) 透磁率 | (ニ) $\frac{E_0}{r + j\sqrt{\frac{3}{2}}X_s}$ |
| (ホ) 渦電流 | (ヘ) 交差磁化作用 | (ト) 結合係数 | (フ) 起磁力 |
| (リ) 巻数比 | (ヌ) 増磁作用 | (ル) $\frac{E_0}{r + j\frac{3X_s}{2}}$ | (七) 磁気抵抗 |
| (リ) $\frac{E_0}{r + jX_s}$ | (カ) 減磁作用 | (三) 短絡比 | |

問2 次の文章は、電力用の保護機器に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

避雷器は、雷、開閉サージなどに起因する過電圧の波高値がある値を超えた場合、これに伴う電流を分流することによって過電圧を制限して電力用電気設備の絶縁を保護する。また、分流作用に伴う (1) を短時間のうちに遮断して、系統の正常な状態を乱すことなく原状に自復する機能をもつ。その定格電圧は、所定の動作責務が遂行できる商用周波電圧値であり、一線地絡時の (2) ，又は負荷遮断によって電気設備に印加される短時間の電圧に基づいて選択される。また、定格の一つである公称放電電流は (3) の波高値で示され、10 000 [A] 及び 5 000 [A] の2種類が標準的である。

避雷器、及び日本工業規格 (JIS C 5381-1) によって規定された低圧配電システムの保護機器であるサージ防護デバイスには (4) 抵抗特性をもつ ZnO 素子が主として使用されている。その電圧-電流特性は大まかに小電流領域、中電流領域及び大電流領域の三つの電流領域に区分される。小電流領域である連続使用電圧 (動作開始電圧の 90 [%] 以下) における抵抗分電流は、 (5) 程度である。

[問2の解答群]

- | | | |
|----------------|-------------|--------------|
| (イ) 数百マイクロアンペア | (ロ) 逆 流 | (ハ) 数十ミリアンペア |
| (ニ) 高周波電流 | (ホ) 数アンペア | (ヘ) 双曲線 |
| (ト) 急しゅん波電流 | (チ) 続 流 | (リ) 健全相線間電圧 |
| (ヌ) 転 流 | (ル) 地絡相対地電圧 | (フ) 非直線 |
| (ワ) 健全相対地電圧 | (カ) 直 線 | (コ) 雷インパルス電流 |

問3 次の文章は、三相3レベル変換器に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

ブリッジを構成するレグの交流端子と直流の中心点 M とを図1に示すように双方向スイッチ SW で接続した三相3レベル変換器は、例えばU相のレグ及びスイッチは図2に示すように動作し、中心点 M に対して $\frac{V_d}{2}$, 0 , $-\frac{V_d}{2}$ の電圧を出力する。同じIGBTを用いた双方向スイッチがない2レベル変換器の出力容量に対してこの変換器の出力容量は、 (1) である。IGBT Q_1 又は Q_4 がスイッチングするとき IGBT に加わる電圧の変化量は、2レベル変換器の場合の (2) 倍になるので、スイッチング損失を小さくできる。線間交流電圧のレベル数は (3) となり、高調波を大幅に低減できる。このため交流リアクトル L_C による損失も低減でき、効率を高くできる。SW に (4) を用いたときは、SW は (4) を逆並列接続しただけでよくなり、通電損失を小さくできて、さらに効率を高くできる。

直流電圧 V_d が 800 [V] のときに三角波キャリアを用いて正弦波の信号(3次高調波などを重畳しない)で変調したとき、変調率を 1 として発生できる最大線間交流電圧の実効値は、各部の電圧降下を無視したとき (5) [V] である。

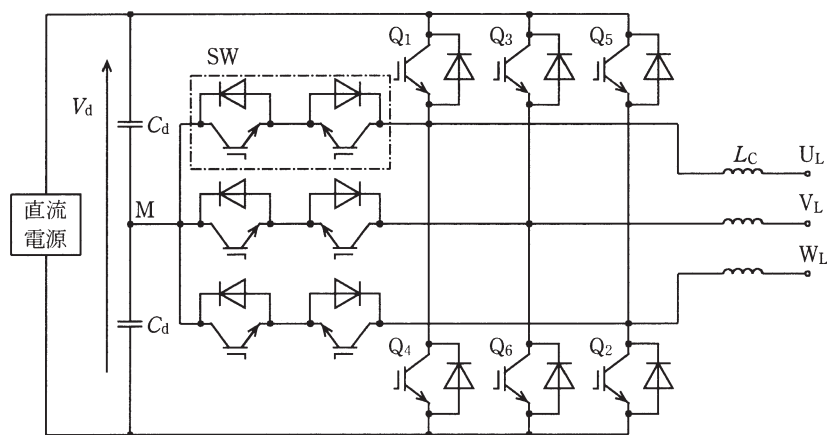


図1 レグの各相交流端子を双方向スイッチで直流中心点に接続した三相変換器

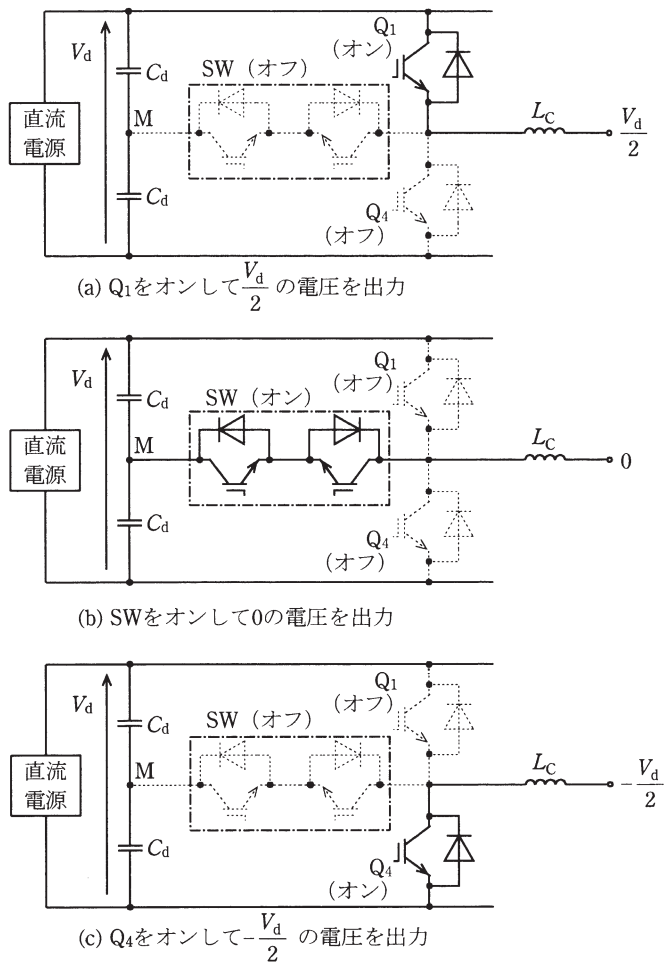


図 2 U相のレグ及びスイッチの動作

[問3の解答群]

- | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| (イ) 同じ | (ロ) 3 | (ハ) 逆阻止 IGBT | (ニ) $\frac{2}{3}$ |
| (ホ) 2 | (ヘ) $\frac{1}{2}$ | (ト) 5 | (チ) 490 |
| (リ) $\frac{3}{2}$ 倍 | (ヌ) 566 | (ル) パワー MOSFET | (フ) 逆導通サイリスタ |
| (ワ) 693 | (カ) $\frac{1}{3}$ | (コ) 2 倍 | |

問4 次の文章は、光源の発光原理及びエネルギー配分に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

光を発生させる方法は、二つに大別される。その一つは熱放射であり、物体がある温度にあるとき、その内部の原子、分子、イオンなどの (1) によって、温度に応じた放射エネルギーを放出する現象である。もう一つは、ルミネセンスであり、物体が、光、放射、電子、電界などのエネルギーを吸収して、原子を構成する電子が励起状態となり、それが元の状態に戻るときに放射エネルギーを放出する現象である。

光源からの放射エネルギーが、単位時間にある面を通過する量を (2) という。そのうち人の目に入って明るさ感覚を生じさせるのは、おおよそ波長範囲 380 ~ 780 [nm] の可視放射である。この可視放射に対する人の目の分光感度特性を国際的に取り決めたものが CIE 標準比視感度であり、それは約 555 [nm] に最大の感度をもつ。光束は、この標準比視感度に基づいて (2) を評価した量であり、単位はルーメン [lm] である。

熱放射を利用した代表的な光源は白熱電球である。一般照明に使用されている白熱電球 100 [W] は、入力に対して可視放射約 (3) [%]、赤外放射約 72 [%] であり、光源効率は約 16 [lm/W] である。

ルミネセンスを利用した光源には、放電によって発生した紫外放射を (4) で可視放射に変換した蛍光ランプ、エレクトロルミネセンスを利用した発光ダイオード (LED) などがある。

古くから使用されている 40 [W] 一般形白色蛍光ランプは、入力に対する可視放射が約 25 [%]、赤外放射が約 30 [%]、損失が約 45 [%] であり、光源効率は約 75 [lm/W] である。1990 年代に開発された高周波点灯形 (Hf) 蛍光ランプは、数十キロヘルツの高周波で点灯して発光効率を高めるとともに電極損失などを低減し、光源効率を 110 [lm/W] まで改善している。

近年注目されている白色 LED では、電気エネルギーを直接青色光放射に変換し、その青色光放射によって (5) 蛍光体を発光させて白色光を得るものが普及している。このタイプは、入力に対する可視放射は 27 ~ 38 [%] であり、光源効率は 70 ~ 110 [lm/W] である。

〔問 4 の解答群〕

- | | | | |
|---------------|----------|-----------|---------|
| (イ) 熱ルミネセンス | (ロ) 放射照度 | (ハ) 赤 色 | (ニ) 5 |
| (ホ) フォトルミネセンス | (ヘ) 熱励起 | (ト) 10 | (チ) 熱振動 |
| (リ) 放射束 | (ヌ) 再結合 | (ル) 20 | (フ) 緑 色 |
| (ワ) 陰極線ルミネセンス | (カ) 黄 色 | (エ) 放射発散度 | |

B問題 (配点は1問題当たり20点)

問5 次の文章は、単巻変圧器に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

図1に示すように一次側と二次側とが絶縁されていないで、巻線の一部が一次と二次に共通に利用されている変圧器を単巻変圧器という。共通部分を分路巻線、残りの部分を (1) という。

高圧側電圧を V_h 、低圧側電圧を V_1 、 (1) 及び分路巻線の電圧をそれぞれ、 V_m 、 V_n とし、巻線の漏れインピーダンス及び励磁電流を無視すれば、次の関係がある。

$$V_h = V_m + V_n, \quad V_1 = V_n \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$S_S = V_m I_h = (V_h - V_1) I_h \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

単巻変圧器では S_S を (2) といい、負荷

に供給できる電力 $S_L = V_h I_h = V_1 I_1$ を負荷容量又は線路容量という。 S_S は (1) と分路巻線を分離して二巻線変圧器として用いた場合の容量で、単巻変圧器の大きさは S_S で決まる。 $\frac{S_S}{S_L}$ を K とすると

$$K = 1 - \frac{V_1}{V_h} \quad \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

となり、原理上、 V_h に対する V_1 の比が (3) に近いほど同一 (2) に対して線路容量が大きくなる。

図2は単巻変圧器3台を用いた三相 Δ 結線である。図3の電圧ベクトル図から各電圧の関係は次式となる。

$$V_1^2 = \text{ (4)} \quad \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

次に、図2に示す電流 I_h 、 I_1 、 I_m 、 I_n 及び電圧 V_h 、 V_1 、 V_m 、 V_n を考える。

$V_m I_m = V_n I_n$ であるから

$$\frac{I_m}{V_n} = \frac{I_n}{V_m} = \frac{I_m + I_n}{V_m + V_n} = \frac{I_1}{V_h} \quad \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

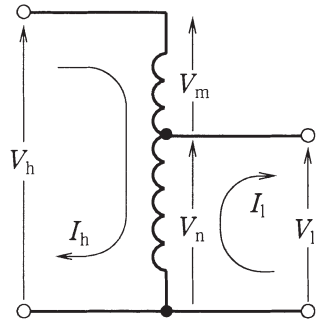


図1

となる。 S_S は⑤式から

$$S_S = 3V_m I_m = 3 \frac{V_m V_n I_1}{V_h} \dots\dots\dots ⑥$$

である。④, ⑥式から V_h, V_1 を用いて $K = \frac{S_S}{S_L}$ は

$$K = \boxed{\text{(5)}} \dots\dots\dots ⑦$$

となる。

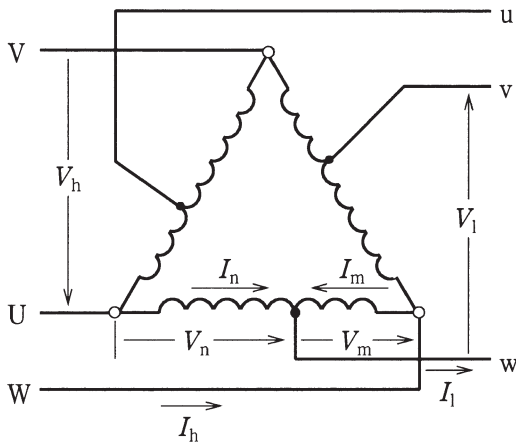


図 2

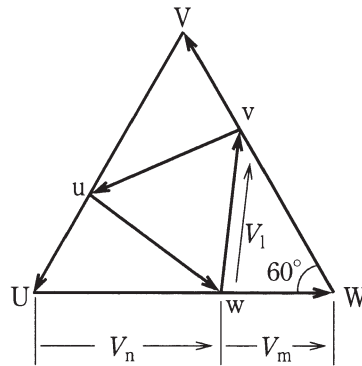


図 3

[問 5 の解答群]

- | | | | |
|--|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| (イ) $V_h^2 - 3V_m V_n$ | (ロ) 分布容量 | (ハ) 安定巻線 | (ニ) $\frac{V_h^2 - V_1^2}{V_h V_1}$ |
| (ホ) $\frac{V_h^2 - V_1^2}{\sqrt{3} V_h V_1}$ | (ヘ) 自己容量 | (ト) 1 | (フ) 短絡容量 |
| (リ) $\sqrt{3}$ | (ヌ) 直列巻線 | (ル) $\frac{V_h^2 - V_1^2}{3V_h V_1}$ | (セ) $V_h^2 - V_m V_n$ |
| (ロ) $V_h^2 - \sqrt{3} V_m V_n$ | (カ) 並列巻線 | (コ) $\sqrt{2}$ | |

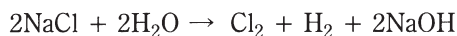
問6及び問7は選択問題です。問6又は問7のどちらかを選んで解答してください。

(両方解答すると採点されませんので注意してください。)

(選択問題)

問6 次の文章は、食塩電解に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

食塩電解は、水溶液を利用する電解工業として、世界的に最も大きな産業である。最近では水銀法及び隔膜法に代わりイオン交換膜法が用いられており、この技術では我が国が世界をリードしている。この電解では次の反応が利用される。



ここでイオン交換膜は、アノード室とカソード室との分離とともにイオンが選択的に移動する機能をもっている。食塩電解においてはイオン交換膜中を (1) イオンがアノード室からカソード室に選択的に移動することによって反応が進む。また、アノードでは (2) 反応が起こり、生成するものは化学式で書くと (3) となる。このアノードで生成する物質1分子が生成するのに関与する電子数は (4) 電子である。また、両極で気体が生成する。生成する気体の単位電気量当たり得られる体積を比べると (5) なる。

この生産方法のエネルギー原単位は水銀法をしのいでおり、省エネルギー技術としても普及が進んでいる。

[問6の解答群]

- | | | |
|---------------------|-----------|--------------|
| (イ) 中和 | (ロ) NaOH | (ハ) 3 |
| (ニ) Cl ₂ | (ホ) ナトリウム | (ヘ) アノードで大きく |
| (ト) H ₂ | (チ) 塩化物 | (リ) 還元 |
| (ヌ) カソードで大きく | (ル) 酸化 | (ヲ) 1 |
| (ワ) 両極で同じに | (カ) 水酸化物 | (ヨ) 2 |

(選択問題)

問7 次の文章は、メカトロニクス分野でのアクチュエータに関する記述である。

文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選びなさい。

メカトロニクス分野で多用されているアクチュエータの一つである (1) は、基本的には同期モータである。位置検出回路を用いず、外部からパルスが与えられたとき、そのパルスの数に対応した角度又は距離の制御を (2) ループで行うことができる。このためパルスモータとも呼ばれ、磁気回路の要素によって、次のような種類がある。

a. パーマネントマグネット形

回転子に永久磁石、その外側の固定子に鉄心及びコイルを配置したもので、コイルに電流を流すと磁界が発生し、回転子と固定子との間の磁気による吸引力及び反発力によって回転子が回転する。

b. (3)

パーマネントマグネット形の永久磁石の回転子に代わって、歯車形の高透磁率材料を用いている。固定子の配置角度と回転子の極数が異なるため、固定子の磁界によって、 (4) が小さくなる位置まで回転子が回転する。さらに空隙面に細かな歯を切った構造のものもあり、誘導子形と呼んでいる。

c. ハイブリッド形

上記の a, b の方式を複合した構造であり、回転子の中央に円筒形の永久磁石を配置し、その両端を歯車状の鉄心で挟み込んでいる。上記の両方式の長所を合わせもち、ステップ角を小さくとることができ、また、 (5) トルクが得られる。

[問7の解答群]

- | | | |
|--------------|---------------|--------------|
| (イ) 2相サーボモータ | (ロ) ステッピングモータ | (ハ) 大きな |
| (ニ) 電気抵抗 | (ホ) 2重フィードバック | (ヘ) DCサーボモータ |
| (ト) 小さな | (チ) 可変リラクタンス形 | (リ) 磁気抵抗 |
| (ヌ) クローズド | (ル) オープン | (ヲ) 滑り |
| (ワ) 連続形 | (カ) 可変リアクタンス形 | (ヰ) 粘性抵抗 |