

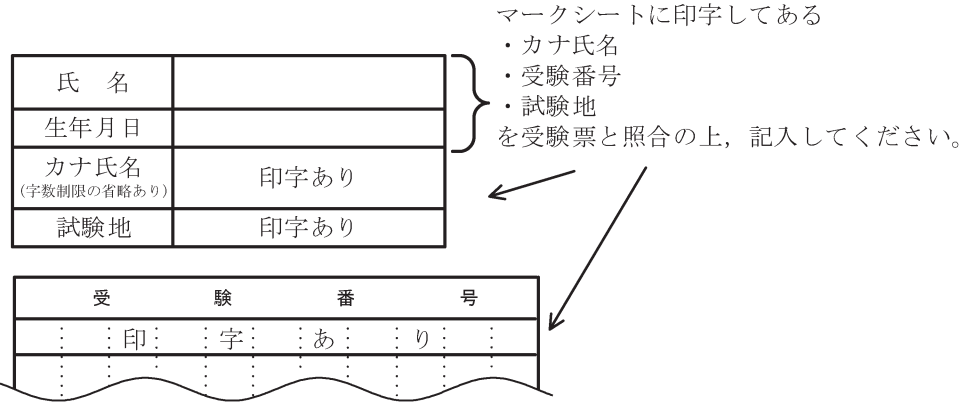
令和 3 年度

第 1 種
電 力

(第 2 時限目)

答案用紙記入上の注意事項等

- 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、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。



- 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。

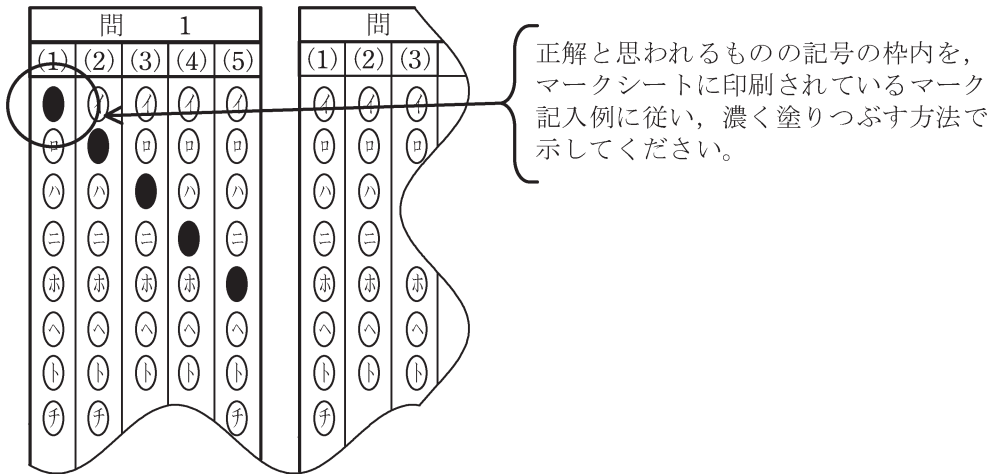
例えば、問1の

(1)

 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(イ)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)



6. 問題文で単位を付す場合は、次のとおり表記します。

① 数字と組み合わせる場合

(例： 350 W $f=50$ Hz 670 kV·A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例： I [A] 抵抗 R [Ω] 面積は S [m^2])

(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, 水力発電所の调速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べ。

调速機は, 起動時の系統並列に向けた速度調整や負荷遮断時の異常な水圧上昇等を抑える役割を持つが, 通常時は, 系統の (1) を安定させることが要求されており, 負荷の増減に関わらず, 水車の (2) を一定に保つ役割を持っている。

调速機は, 電気制御部, 油圧機構部, サーボモータ操作部などで構成されるが, 大別して, 電気制御部を (3), 圧油操作部を (4) と呼んでいる。最近では, 発電所の油レス化を図るために, 圧油に代わり, 電動サーボモータが用いられる場合も多い。

今, 単独運転状態で定格出力が P_n の水車発電機において, 発電機が出力 P_1 , 定格回転速度 N で回転しているとする。次に, 負荷が減少して発電機出力が P_2 に減少すると, 回転速度は N_2 となり, 少し回転速度が上昇する。速度調定率 R は, その変化の度合いを表すものであり, (5) により求められる。

[問1の解答群]

$$(イ) R = \frac{(N_2 - N)}{N} \bigg/ \frac{(P_2 - P_n)}{P_1} \quad (ロ) R = \frac{(N_2 - N)}{N} \bigg/ \frac{(P_1 - P_2)}{P_n}$$

$$(ハ) R = \frac{(N_2 - N)}{N} \bigg/ \frac{(P_2 - P_1)}{P_n}$$

(ニ) PID

(ホ) レギュレータ

(ヘ) 出力

(ト) コンバータ

(チ) 安定度

(リ) 電圧

(ヌ) 周波数

(ル) シーケンサ

(レ) アクチュエータ

(リ) PMG

(カ) 水口開度

(ロ) 回転速度

問2 次の文章は、火力発電所で使用される LNG 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べ。

LNG はメタン、エタンを主成分とする天然ガスを超低温で液化したもので、その主成分は約 (1) がメタンで占められている。メタンは常温・常圧で気体であるが (2) °C という超低温まで冷却すると液化し、体積は約 (3) に減少するため大量貯蔵を可能としている。また、液化する過程で (4) , 窒素分、炭酸ガス、水分などの不純物を除去できるので大都市圏の大気汚染防止対策用のクリーンエネルギーとして注目されている。

LNG の特色としては石炭や石油に比べ発火点が (5) , 組成も単純で火炎が安定しているため燃焼制御が容易であり、燃焼による煤煙の発生がほとんどなく、また灰のような残留物もないことなどがあげられる。

[問2の解答群]

- | | | |
|------------|---------------------|---------------------|
| (イ) 水素 | (ロ) 7割 | (ハ) 硫黄分 |
| (ニ) 高く | (ホ) 低く | (ヘ) 9割 |
| (ト) -162 | (チ) 6割 | (リ) $\frac{1}{600}$ |
| (ヌ) 軽質炭化水素 | (ル) 同等で | (ヲ) $\frac{1}{500}$ |
| (リ) -192 | (カ) $\frac{1}{700}$ | (ヰ) -132 |

問3 次の文章は、送電用変電所に用いられる油入変圧器の過負荷運転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べ。

変圧器は、使用しているうちに次第に劣化を生じる。主な劣化箇所は (1) であり、次の要因が考えられる。

- ・ (2) による劣化
- ・ コロナによる劣化
- ・ 機械的応力による劣化

このうち、過負荷運転による劣化に最も大きな影響を及ぼすのは (2) による劣化である。

変圧器の過負荷運転は、寿命を犠牲にする場合もあるが、次の

- ・ 周囲温度が (3)
- ・ 過負荷時間が短い
- ・ 温度上昇試験記録が規定温度上昇値に達しない

という条件下において、巻線の最高点温度を最大でも (4) °Cとして連続運転した場合には、正規寿命(設計時点で定義された運転・温度状態で使用した場合の設計寿命)が期待できる。

ここで、正規寿命を期待する場合の許容負荷が表1のように示される変圧器を、表2のような負荷パターンで短時間過負荷運転する場合を考える。このとき、変圧器の寿命を犠牲にせずに過負荷運転が可能な等価周囲温度を表から読み取ると (5) °C以下である。ただし表1は、軽負荷時の負荷率が何%以下であるかに応じて、等価周囲温度[°C]と過負荷時間[h]により決まる許容負荷(定格負荷に対する百分率)の最大値を表す。また、表2の負荷パターンにおける軽負荷時の負荷率は

$$\text{軽負荷時の負荷率} = \sqrt{\frac{H_1 \cdot P_1^2 + H_2 \cdot P_2^2 + H_4 \cdot P_4^2 + H_5 \cdot P_5^2}{H_1 + H_2 + H_4 + H_5}} \quad [\%]$$

により求められるものとする。

表 1. 許容負荷(定格負荷に対する百分率)

軽負荷時の負荷率 [%]		50 %以下			70 %以下			90 %以下		
等価周囲温度[°C]		10	20	30	10	20	30	10	20	30
過負荷時間 0.5～ 24hにおける許容負 荷(定格負荷に対 する百分率)	0.5	150	148	144	150	144	139	147	137	132
	1	144	137	132	142	134	129	138	129	123
	2	133	129	125	131	126	123	129	125	115
	4	128	124	121	125	122	115	123	112	109
	8	118	110	106	118	110	106	115	109	104
	24	112	104	100	112	104	100	112	104	100

表 2. 負荷パターン

No.	時間帯	負荷時間	負荷率	負荷種別
1	0時～8時	$H_1=8$ h	$P_1=20$ %	軽負荷
2	8時～12時	$H_2=4$ h	$P_2=60$ %	軽負荷
3	12時～16時	$H_3=4$ h	$P_3=120$ %	過負荷
4	16時～18時	$H_4=2$ h	$P_4=80$ %	軽負荷
5	18時～24時	$H_5=6$ h	$P_5=40$ %	軽負荷

[問 3 の解答群]

- | | | |
|--------|--------|---------|
| (イ) 75 | (ロ) 一定 | (ハ) 105 |
| (ニ) 導体 | (ホ) 95 | (ヘ) 絶縁物 |
| (ト) 30 | (チ) 鉄心 | (リ) 10 |
| (ヌ) 熱 | (ル) 高い | (ヲ) 吸湿 |
| (リ) 20 | (カ) 酸化 | (ヱ) 低い |

問4 次の文章は、配電システムのスポットネットワーク方式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べ。

スポットネットワーク方式は、22 kV～33 kVの同一変電所から標準3回線の配電線により (1) で需要家に電力供給を行う方式である。この方式は、供給信頼度が高く、都市部の高層ビルや大工場などのように極めて高度に集中化した大容量負荷部に適用するもので、その他の配電方式と比べて、電圧低下、 (2) などが少ないことが特徴として挙げられる。

また、1回線の配電線又はネットワーク変圧器が事故停止しても、残りの変圧器の過負荷運転で最大需要電力を供給できるよう変圧器容量を選定している。ここで、変圧器の過負荷耐量としては、経済性を考慮して少なくとも定格容量の (3) 倍とすれば、最大負荷状態でも年間数回までであれば各回8時間程度の連続運転により、健全な設備から無停電で供給を継続することができる。

この方式では、ネットワークプロテクタが必要であり、一般的に遮断器、ヒューズ及び保護リレーから構成されており、次の三つの特性をもっている。

- ・ (4) 遮断特性
- ・ (5) 投入特性
- ・ 過電圧投入特性(差電圧投入特性)

[問4の解答群]

- | | | |
|------------|-----------|----------|
| (イ) 電力損失 | (ロ) 高電圧 | (ハ) 常時並列 |
| (ニ) 常用予備切替 | (ホ) ループ潮流 | (ヘ) 逆電力 |
| (ト) 1.5 | (チ) 1.3 | (リ) 逆電流 |
| (ヌ) 差電流 | (ル) 無電圧 | (ヲ) 常時直列 |
| (ワ) 電流変動 | (カ) 逆相電圧 | (ヱ) 1.1 |

B問題(配点は1問題当たり計20点)

問5 次の文章は、架空送電線の許容電流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べ。

電線に電流が流れると、 (1) による発熱のため電線温度は周囲温度より高くなる。電線の温度がある限度以上に高くなると、電線の諸性能、例えば、 (2) が低下する。そのため、一定の温度(最高許容温度)を超えて電流を流してはならない。このときの電流を許容電流という。

鋼心アルミより線の最高許容温度は、短時間では100℃としているが、長時間使用すると (2) が幾分低下することなどから、標準の最高許容温度としては (3) °Cが推奨されており、そのときの許容電流を長時間許容電流という。耐熱鋼心アルミより線の場合、同じ公称断面積の鋼心アルミより線に比べ許容電流は約 (4) となる。許容電流は、電線の材質、構造、表面の状況、周囲温度、 (5) , 風向・風速などにより異なる。

許容電流は、電線の電流による熱損失と電線の周囲への対流によって放散する熱量が等しいとして次式で示される。

$$I = \sqrt{\frac{K}{R} t} \quad (6)$$

ただし、 I は許容電流[A]、 d は電線外径[cm]、 l は電線の長さ[cm]、 K は熱放散係数[W/(°C・cm²)]、 t は温度上昇[°C]、 R は最終温度における長さ l の電線の抵抗[Ω]とする。

自然環境の影響を大きく受ける架空送電線の許容電流は、過去の気象観測データなどから厳しい条件を設定し、一般的に、周囲温度は、40℃(夏季)、 (7) °C (冬季)を用いて計算している。そのため、夏季の許容電流は冬季に比べて (8) 。近年では、送電線をより効率的に運用する取組として、線路電流、電線温度、 (5) などを実測して、許容電流を管理する手法(ダイナミックレーティング)が試行されている。

[問5の解答群]

(イ) 5

(ロ) キャパシタンス

(ハ) 80

(ニ) $\sqrt{\frac{\pi d^2 K t}{R l}}$

(ホ) 抵抗

(ヘ) 弾性係数

(ト) 導電率

(チ) 弛度

(リ) $\sqrt{\frac{\pi d l K t}{R}}$

(ヌ) 小さくなる

(ル) 引張強さ

(ヲ) 日射量

(リ) 1.5倍

(カ) 地上高

(ヱ) 90

(タ) 2倍

(レ) リアクタンス

(ヨ) 大きくなる

(ツ) 25

(ネ) 3倍

問6 次の文章は、対称座標法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べ。

電力系統の故障電流は、故障点に (1) を適用し、電力系統側を電圧源とインピーダンスからなる等価回路で表現して計算するのが一般的である。その際には、故障点に仮想的に設けた端子での三相電圧・電流を対称座標変換し、故障点から見た電力系統を発電機の基本式を用いて表すことにより故障電流を計算することが多い。

対称座標法では、三相(a, b, cで表す)の電圧・電流を零相, 正相, 逆相(それぞれ0, 1, 2で表す)の電圧・電流に変換する。例えば正相電流 \dot{I}_1 は、三相電流を \dot{I}_a ,

\dot{I}_b , \dot{I}_c とすれば、 $a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ を用いて (2) となる。

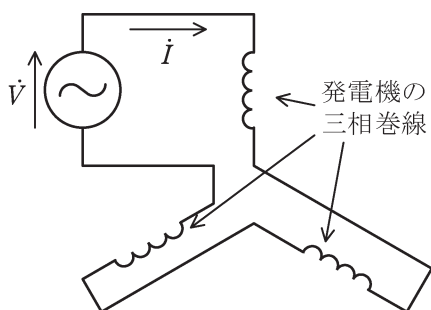
故障前における故障点の a 相電圧を \dot{E}_a 、故障点から見た零相, 正相, 逆相インピーダンスをそれぞれ \dot{Z}_0 , \dot{Z}_1 , \dot{Z}_2 とするとき、1線地絡時(故障相はa相)及び3線地絡時の故障点電流は次のとおりとなる。ただし、故障点抵抗は0とする。

- ・1線地絡時: (3)
- ・3線地絡時: (4)

上記の計算のためには発電機等の対称分インピーダンスが必要である。発電機, 送電線, 変圧器の直列インピーダンスは以下の特徴を有する。

- ① 発電機: 正相の電機子電流は発電機内に機械的な回転方向と同じ方向に回転する回転磁界を、逆相の電機子電流はそれと反対方向に回転する回転磁界を作るのに対して、零相の電機子電流は発電機内に回転磁界を作らない。これらにより、発電機の零相, 正相, 逆相インピーダンスは異なる値をとる。図は、単相の外部電源(電圧 \dot{V})に発電機の三相巻線を直列に接続することにより、発電機の零相インピーダンスを測定する回路である。この場合、 \dot{V} は三相電圧の和となるため零相電圧の (5) となり、電流 \dot{I} は三相電流が等しいため零相電流だけとなる。このため、 \dot{V} と \dot{I} より零相インピーダンスが求められる。
- ② 送電線: 正相及び逆相電流が作る電線周辺の磁界の大きさはどちらでも同じとなるため、正相及び逆相インピーダンスは同一となる。また、零相インピーダンスは、零相電流が大地を帰路として各相導体に同位相で流れるため、正相, 逆相インピーダンス (6) 。

- ③ 変圧器：正相，逆相インピーダンスとしては変圧器の漏れリアクタンスを考慮する必要がある。また零相インピーダンスには，変圧器の結線方式とともにその (7) が大きく影響する。



[問6の解答群]

- | | | |
|--|---|---|
| (イ) 3倍 | (ロ) $\frac{\dot{I}_a + a^2 \dot{I}_b + a \dot{I}_c}{3}$ | (ハ) $\dot{I}_a + a^2 \dot{I}_b + a \dot{I}_c$ |
| (ニ) $\frac{1}{3}$ 倍 | (ホ) より大きい | (ヘ) ノートンの定理 |
| (ト) $\frac{3\dot{E}_a}{\dot{Z}_1}$ | (チ) より小さい | (リ) テブナンの定理 |
| (ヌ) $\frac{3\dot{E}_a}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$ | (ル) $\frac{\dot{E}_a}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$ | (レ) $\frac{\sqrt{3}\dot{E}_a}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$ |
| (リ) 励磁アドミタンス | (カ) $\frac{\dot{E}_a}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$ | (ロ) 1倍 |
| (ク) $\frac{\dot{I}_a + a \dot{I}_b + a^2 \dot{I}_c}{3}$ | (ケ) と同一になる | (リ) $\frac{\dot{E}_a}{\dot{Z}_1}$ |
| (ツ) テレヘンの定理 | (ネ) 中性点接地インピーダンス | |