

平成 26 年度

第 1 種

電力・管理

(第 1 時限目)

答案用紙記入上の注意事項

この試験は、6問中任意の4問を選び解答する方式です。解答する際には、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の芯を用いたシャープペンシルを使用してください。
2. 4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4枚すべて提出してください。
4. 問題は6問あります。この中から任意の4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. 計算問題において、簡略式を用いても算出できる場合もありますが、問題文中に明記がある場合を除き、簡略式は使用しないでください。
7. 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

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.9} = 32.075 \text{ A} \quad (\text{答}) \quad 32.1 \text{ A}$$

1線当たりの損失 P_L は

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

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。)

問 1～問 6 の中から任意の 4 問を解答すること。(配点は 1 問題当たり 30 点)

問 1 火力発電所における燃料の燃焼に関して、次の問に答えよ。

なお、原子量は、水素(H)1、炭素(C)12、酸素(O)16、硫黄(S)32である。また、問題文中にある[Nm³]は、標準状態(0℃、101325 Pa)における気体の体積[m³]を表す単位である。

(1) 炭素が完全燃焼すると二酸化炭素となるが、1 kg の炭素の完全燃焼に必要な酸素の質量[kg]を求めよ。

次に、水素 1 kg、硫黄 1 kg の完全燃焼に必要な酸素の質量[kg]をそれぞれ求めよ。

(2) 上記(1)では完全燃焼に必要な酸素を質量で求めた。しかし多くの場合、気体の量は体積で示した方が便利である。そこで 1 kg の炭素の完全燃焼に必要な酸素の体積[Nm³]を求めよ。

(3) 質量比で炭素 70 %、水素 7.5 %、硫黄 0.6 %、酸素 8.5 %を含む石炭について、完全燃焼するために必要な単位質量当たりの理論空気量[Nm³/kg]を求めよ。

ただし、空気中には体積百分率で 21 %の酸素を含むものとし、かつ、上記以外の成分は燃焼とは関係ないものとする。

問2 超高圧などの重要変電所に使用される大容量 GIS において、下記の異常を診断する手法について、その概要を説明せよ。

- (1) GIS 母線の絶縁異常
- (2) GIS 母線のシール異常
- (3) GIS 母線及び SF₆ ガス遮断器の通電異常
- (4) SF₆ ガス遮断器の機械的異常

問3 図1は1回線送電線を介して同期発電機、昇圧変圧器から三相平衡負荷へ送電している状況を示す。1線断線事故に関して、次の問に答えよ。ただし、送電線の作用静電容量は無視できるものとし、数値は全て100 MV・A 基準の単位法で表現するものとする。

- (1) 図1の送電線の送電端（昇圧変圧器高压側母線 S）近傍で1線断線が発生した回路の対称分等価回路を導出するために、図2のように元の系統を断線事故発生地点で二分割する。1線断線が発生したとき、図2の $\dot{I}_{1a}, \dot{I}_{1b}, \dot{I}_{1c}, \dot{I}_{2a}, \dot{I}_{2b}, \dot{I}_{2c}, \dot{V}_{1a}, \dot{V}_{1b}, \dot{V}_{1c}, \dot{V}_{2a}, \dot{V}_{2b}, \dot{V}_{2c}$ の間に成立する関係式（1線断線条件）を示せ。ただし、断線事故が発生した相をa相とすること。
- (2) 上記(1)で得られた関係式を対称座標変換すると1線断線条件が得られる。これを表現する図3の対称分等価回路の各 に入るべき数値をそれぞれ答えよ。ただし、同じ文字をもつ には同じ数値が入る。負荷を除く各回路要素のインピーダンスは全て[p.u.]で表現すること。
- (3) 事故発生前の送電端（母線 S）電圧を 1.0 p.u.、ここからの送電電力を 90 MW+j10 Mvar とする。以下の各問に答えよ。
- 事故発生前の発電機内部電圧（図1に示した発電機正相リアクタンス背後電圧）の大きさを計算せよ。
 - 1線断線直後には発電機内部電圧（正相リアクタンス背後電圧）が変化しないものとして、事故発生直後の系統状態を図4で表現したときの電流 \dot{I}_p を計算せよ。ただし、発電機内部電圧の位相を基準にすること。
 - 1線断線直後の母線 S の事故相電圧の大きさを計算せよ。

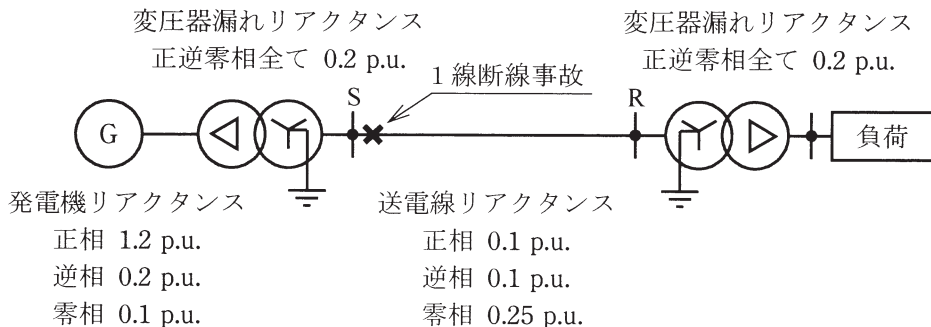


図1 送電系統図

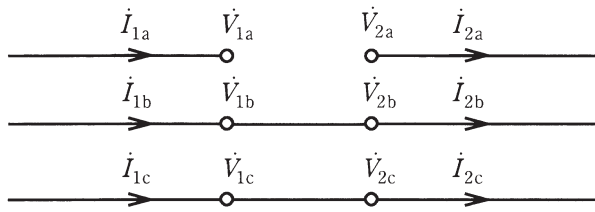


図2 断線事故発生付近の系統の等価回路

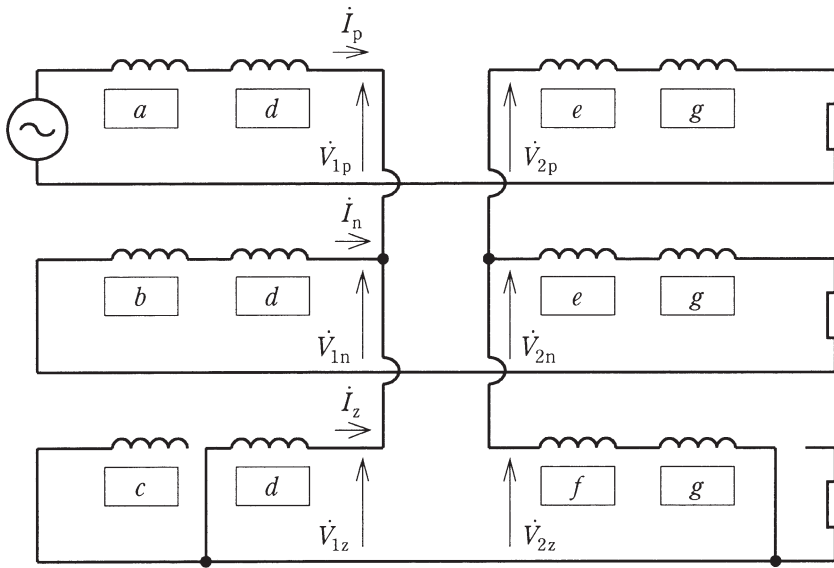
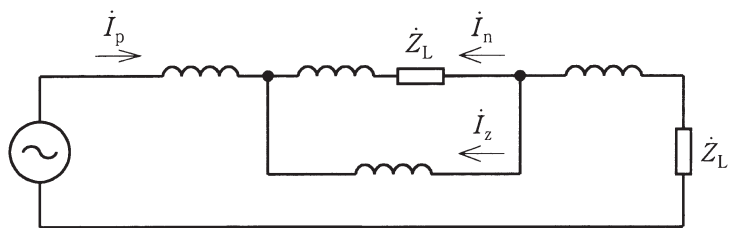


図3 送電系統の対称分等価回路 (p, n, zは順に正相, 逆相, 零相を表す)



Z_L : 負荷のインピーダンスを表す

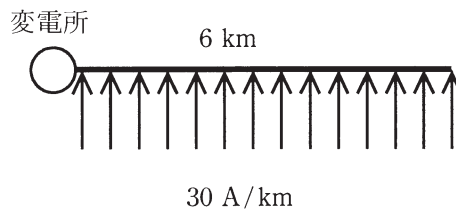
図4 事故発生直後の系統状態の等価回路

問4 電力系統では部分的事故が系統の異常現象（不安定現象を含む）によって拡大・波及し、大規模な停電となることを防止するために、事故波及防止リレーシステムが導入されている。この事故波及防止リレーシステムについて、次の間に答えよ。

- (1) 事故波及防止リレーシステムが適用対象とする系統の異常現象（不安定現象を含む）のうち3種類を挙げよ。
- (2) 上記(1)で答えた3種類の異常現象に対し事故波及防止リレーシステムはそれぞれどのような動作をするか簡潔に述べよ。
- (3) 事故波及防止リレーシステムにおいて制御量を決定する方式には、動作原理からみていくつかの方式が存在するが、どのような方式があるか簡潔に述べよ。

問5 図に示すように、こう長 6 km、電圧 6.6 kV の三相 3 線式配電線があり、需要家の分散型電源が平等かつ連続的に分布して電力を供給しているものとする。この配電線の 1 地点にコンデンサを接続して、配電線損失電力を減らすことを考える。このとき、次の問に答えよ。ただし、分散型電源は、電流密度が 30 A/km、分散型電源側からみて進み力率 95 % の定電流源とする。また、配電線各地点の電圧位相の差は無視できるものとする。

- (1) 変電所より 4 km の地点にコンデンサを接続する。接続前後における抵抗損による配電線損失電力をそれぞれ L_1 , L_2 とするとき、 $L_1 - L_2 = L$ [kW] を求めよ。ただし、コンデンサは電流 I_C [A] の定電流源、配電線の抵抗は 1 相当り r [Ω /km] とする。
- (2) 上記(1)の L を最大とするコンデンサ容量 Q_C [kvar] を求めよ。ただし、コンデンサの接続点における配電線電圧は 6.6 kV とする。



問6 近年における電気電子技術の急速な進歩に伴い、電磁障害の防止は、現代の電気施設管理にとって重要なテーマである。

電磁障害を防止するためには、電磁ノイズを発生及び被害の両面から考えていく必要がある。次の問に答えよ。

(1) 次の表は、電気の品質に関係が深い4種類の電磁ノイズについてまとめたものである。表中のA, B, C, D及びEの記号を付した空欄に当てはまる最も適切な語句又は文章を答えよ。

(2) 電磁両立性(EMC: Electromagnetic Compatibility)とは何かを説明せよ。

ノイズの種類	意味	主な発生要因	主な被害機器
A	数サイクルから数秒の短時間で回復するような、電力系統のある1点における突然の電圧低下 電圧の低下は、その点を含む電力系統の周辺に及ぶ	B	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータ ・汎用インバータ ・電磁接触器 ・高圧放電灯
高調波電流	基本波周波数成分以外の周波数成分の電流	パワーエレクトロニクス適用機器など、非線形特性をもつ機器	C
フリッカ	光度又はスペクトル分布が時間とともに変動する光の刺激によって誘起される視覚上の不安定さに対する印象	D	<ul style="list-style-type: none"> ・白熱灯 ・蛍光灯
E	三相系統において、相電圧の実効値又は隣り合う相間の位相角が全て等しいという訳ではない状態	大容量単相負荷配置のアンバランス	<ul style="list-style-type: none"> ・同期発電機 ・誘導電動機