

平成 28 年度

第 3 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：0141A01234Aの場合）

受 験 番 号											
数 字			記号	数 字			数 字			記号	
0	1	4	1	A	0	1	2	3	4	A	
●				●	●	○	○	○	○	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	●	B
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●	C
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●	K
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●	L
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●	M
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●	N
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					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. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題番号	選 択 肢 番 号
1	① ② ● ④ ⑤

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問題文で単位を付す場合

① 数字と組み合わせる場合は、数字と単位の間をあける。

(例： 350 W $f=50$ Hz 670 k V · 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。

第 3 種

電 力

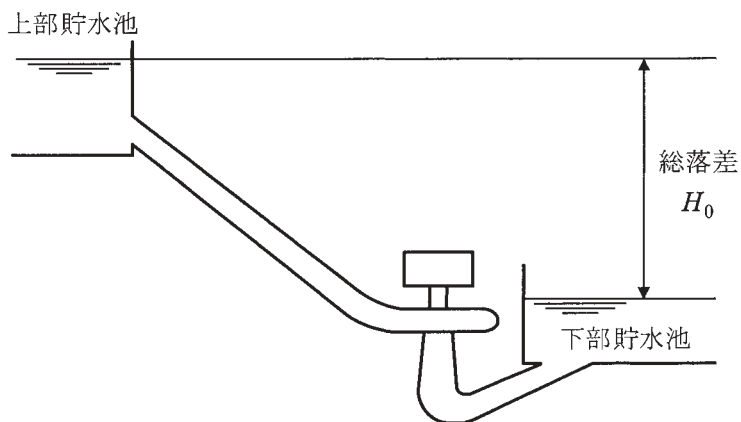
A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 下記の諸元の揚水発電所を, 運転中の総落差が変わらず, 発電出力, 揚水入力とも一定で運転するものと仮定する。この揚水発電所における発電出力の値 [kW], 揚水入力の値 [kW], 揚水所要時間の値 [h] 及び揚水総合効率の値 [%] として, 最も近い値の組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

揚水発電所の諸元

総落差	$H_0 = 400 \text{ m}$
発電損失水頭	$h_G = H_0$ の3%
揚水損失水頭	$h_P = H_0$ の3%
発電使用水量	$Q_G = 60 \text{ m}^3/\text{s}$
揚水量	$Q_P = 50 \text{ m}^3/\text{s}$
発電運転時の効率	発電機効率 η_G × 水車効率 $\eta_T = 87 \%$
ポンプ運転時の効率	電動機効率 η_M × ポンプ効率 $\eta_P = 85 \%$
発電運転時間	$T_G = 8 \text{ h}$

(選択肢は右側に記載)



	発電出力 [kW]	揚水入力 [kW]	揚水所要時間 [h]	揚水総合効率 [%]
(1)	204 600	230 600	9.6	74.0
(2)	204 600	230 600	10.0	71.0
(3)	198 500	237 500	9.6	71.0
(4)	198 500	237 500	10.0	69.6
(5)	198 500	237 500	9.6	69.6

問2 次の文章は、発電所に用いられる同期発電機である水車発電機とタービン発電機の特徴に関する記述である。

水力発電所に用いられる水車発電機は直結する水車の特性からその回転速度はおおむね $100 \text{ min}^{-1} \sim 1200 \text{ min}^{-1}$ とタービン発電機に比べ低速である。したがって、商用周波数 $50/60 \text{ Hz}$ を発生させるために磁極を多くとれる を用い、大形機では据付面積が小さく落差を有効に使用できる立軸形が用いられることが多い。タービン発電機に比べ、直径が大きく軸方向の長さが短い。

一方、火力発電所に用いられるタービン発電機は原動機である蒸気タービンと直結し、回転速度が水車に比べ非常に高速なため2極機又は4極機が用いられ、大きな遠心力に耐えるように、直径が小さく軸方向に長い横軸形の を採用し、その回転子の軸及び鉄心は一体の鍛造軸材で作られる。

水車発電機は、電力システムの安定度の面及び負荷遮断時の速度変動を抑える点から発電機の経済設計以上のはずみ車効果を要求される場合が多く、回転子直径がより大きくなり、鉄心の鉄量が多い、いわゆる鉄機械となる。

一方、タービン発電機は、上述の構造のため界磁巻線を施す場所が制約され、大きな出力を得るためには電機子巻線の導体数が多い、すなわち銅量が多い、いわゆる銅機械となる。

鉄機械は、体格が大きく重量が重く高価になるが、短絡比が ，同期インピーダンスが となり、電圧変動率が小さく、安定度が高く、 が大きくなるといった利点をもつ。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(選択肢は右側に記載)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	突極機	円筒機	大きく	小さく	線路充電容量
(2)	円筒機	突極機	大きく	小さく	線路充電容量
(3)	突極機	円筒機	大きく	小さく	部分負荷効率
(4)	円筒機	突極機	小さく	大きく	部分負荷効率
(5)	突極機	円筒機	小さく	大きく	部分負荷効率

問3 汽力発電所のボイラ及びその付属設備に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 蒸気ドラムは、内部に蒸気部と水部をもち、気水分離器によって蒸発管からの気水を分離させるものであり、自然循環ボイラ、強制循環ボイラに用いられるが貫流ボイラでは必要としない。
- (2) 節炭器は、煙道ガスの余熱を利用してボイラ給水を飽和温度以上に加熱することによって、ボイラ効率を高める熱交換器である。
- (3) 空気予熱器は、煙道ガスの排熱を燃焼用空気に回収し、ボイラ効率を高める熱交換器である。
- (4) 通風装置は、燃焼に必要な空気をボイラに供給するとともに発生した燃焼ガスをボイラから排出するものである。通風方式には、煙突だけによる自然通風と、送風機を用いた強制通風とがある。
- (5) 安全弁は、ボイラの使用圧力を制限する装置としてドラム、過熱器、再熱器などに設置され、蒸気圧力が所定の値を超えたときに弁体が開く。

問4 次の文章は、原子力発電における核燃料サイクルに関する記述である。

天然ウランには主に質量数235と238の同位体があるが、原子力発電所の燃料として有用な核分裂性物質のウラン235の割合は、全体の0.7%程度にすぎない。そこで、採鉱されたウラン鉱石は製錬、転換されたのち、遠心分離法などによって、ウラン235の濃度が軽水炉での利用に適した値になるように濃縮される。その濃度は %程度である。さらに、その後、再転換、加工され、原子力発電所の燃料となる。

原子力発電所から取り出された使用済燃料からは、 によってウラン、プルトニウムが分離抽出され、これらは再び燃料として使用することができる。プルトニウムはウラン238から派生する核分裂性物質であり、ウランとプルトニウムとを混合した を軽水炉の燃料として用いることをプルサーマルという。

また、軽水炉の転換比は0.6程度であるが、高速中性子によるウラン238のプルトニウムへの変換を利用した では、消費される核分裂性物質よりも多くの量の新たな核分裂性物質を得ることができる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	3～5	再処理	MOX燃料	高速増殖炉
(2)	3～5	再処理	イエローケーキ	高速増殖炉
(3)	3～5	再加工	イエローケーキ	新型転換炉
(4)	10～20	再処理	イエローケーキ	高速増殖炉
(5)	10～20	再加工	MOX燃料	新型転換炉

問5 各種の発電に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 燃料電池発電は、水素と酸素との化学反応を利用して直流の電力を発生させる。化学反応で発生する熱は給湯などに利用できる。
- (2) 貯水池式発電は水力発電の一種であり、季節的に変動する河川流量を貯水して使用することができる。
- (3) バイオマス発電は、植物などの有機物から得られる燃料を利用した発電方式である。さとうきびから得られるエタノールや、家畜の糞から得られるメタンガスなどが燃料として用いられている。
- (4) 風力発電は、風のエネルギーによって風車で発電機を駆動し発電を行う。風力発電で取り出せる電力は、損失を無視すると、風速の2乗に比例する。
- (5) 太陽光発電は、太陽電池によって直流の電力を発生させる。需要地点で発電が可能、発生電力の変動が大きい、などの特徴がある。

問6 一次側定格電圧と二次側定格電圧がそれぞれ等しい変圧器Aと変圧器Bがある。変圧器Aは、定格容量 $S_A=5000\text{ kV}\cdot\text{A}$ 、パーセントインピーダンス $\%Z_A=9.0\%$ （自己容量ベース）、変圧器Bは、定格容量 $S_B=1500\text{ kV}\cdot\text{A}$ 、パーセントインピーダンス $\%Z_B=7.5\%$ （自己容量ベース）である。この変圧器2台を並行運転し、 $6000\text{ kV}\cdot\text{A}$ の負荷に供給する場合、過負荷となる変圧器とその変圧器の過負荷運転状態[%]（当該変圧器が負担する負荷の大きさをその定格容量に対する百分率で表した値）の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	過負荷となる変圧器	過負荷運転状態[%]
(1)	変圧器A	101.5
(2)	変圧器B	105.9
(3)	変圧器A	118.2
(4)	変圧器B	137.5
(5)	変圧器A	173.5

問7 遮断器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 遮断器は、送電線路の運転・停止、故障電流の遮断などに用いられる。
- (2) 遮断器では一般的に、電流遮断時にアークが発生する。ガス遮断器では圧縮ガスを吹き付けることで、アークを早く消弧することができる。
- (3) ガス遮断器で用いられる六ふっ化硫黄(SF₆)ガスは温室効果ガスであるため、使用量の削減や回収が求められている。
- (4) 電圧が高い系統では、真空遮断器に比べてガス遮断器が広く使われている。
- (5) 直流電流には電流零点がないため、交流電流に比べ電流の遮断が容易である。

問8 次の文章は、誘導障害に関する記述である。

架空送電線路と通信線路とが長距離にわたって接近交差していると、通信線路に対して電圧が誘導され、通信設備やその取扱者に危害を及ぼすなどの障害が生じる場合がある。この障害を誘導障害といい、次の2種類がある。

- ① 架空送電線路の電圧によって、架空送電線路と通信線路間の (ア) を介して通信線路に誘導電圧を発生させる (イ) 障害。
- ② 架空送電線路の電流によって、架空送電線路と通信線路間の (ウ) を介して通信線路に誘導電圧を発生させる (エ) 障害。

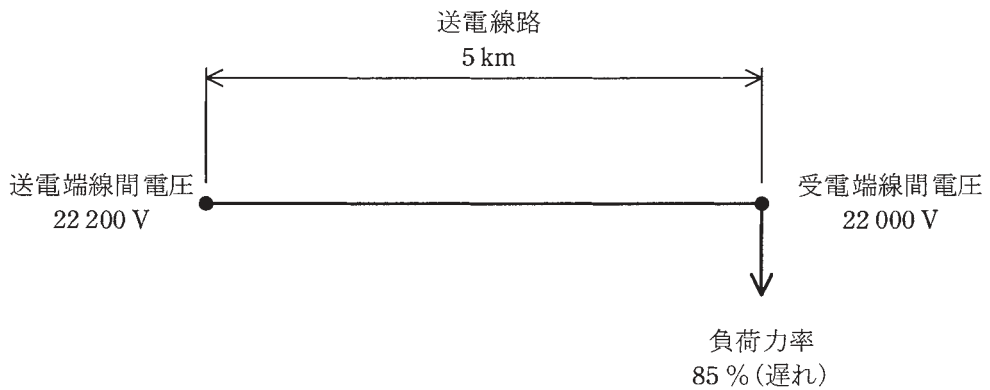
架空送電線路が十分にねん架されていれば、通常は、架空送電線路の電圧や電流によって通信線路に現れる誘導電圧はほぼ0Vとなるが、架空送電線路で地絡事故が発生すると、電圧及び電流は不平衡になり、通信線路に誘導電圧が生じ、誘導障害が生じる場合がある。例えば、一線地絡事故に伴う (エ) 障害の場合、電源周波数を f 、地絡電流の大きさを I 、単位長さ当たりの架空送電線路と通信線路間の (ウ) を M 、架空送電線路と通信線路との並行区間長を L としたときに、通信線路に生じる誘導電圧の大きさは (オ) で与えられる。誘導障害対策に当たっては、この誘導電圧の大きさを考慮して検討の要否を考える必要がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	キャパシタンス	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	$2\pi fMLI$
(2)	キャパシタンス	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	$\pi fMLI$
(3)	キャパシタンス	電磁誘導	相互インダクタンス	静電誘導	$\pi fMLI$
(4)	相互インダクタンス	電磁誘導	キャパシタンス	静電誘導	$2\pi fMLI$
(5)	相互インダクタンス	静電誘導	キャパシタンス	電磁誘導	$2\pi fMLI$

問9 図のように、こう長5 kmの三相3線式1回線の送電線路がある。この送電線路における送電端線間電圧が22 200 V、受電端線間電圧が22 000 V、負荷力率が85 % (遅れ) であるとき、負荷の有効電力 [kW] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、1 km当たりの電線1線の抵抗は 0.182Ω 、リアクタンスは 0.355Ω とし、その他の条件はないものとする。なお、本問では、送電端線間電圧と受電端線間電圧との位相角は小さいとして得られる近似式を用いて解答すること。



- (1) 568 (2) 937 (3) 2 189 (4) 3 277 (5) 5 675

問10 地中送電線路の故障点位置標定に関する記述として、誤っているものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) マーレーループ法は、並行する健全相と故障相の2本のケーブルにおける一方の導体端部間にマーレーループ装置を接続し、他方の導体端部間を短絡してブリッジ回路を構成することで、ブリッジ回路の平衡条件から故障点を標定する方法である。
- (2) パルスレーダ法は、故障相のケーブルにおける健全部と故障点でのサージインピーダンスの違いを利用して、故障相のケーブルの一端からパルス電圧を入力し、同位置で故障点からの反射パルスが返ってくる時間を測定することで故障点を標定する方法である。
- (3) 静電容量測定法は、ケーブルの静電容量と長さが比例することを利用し、健全相と故障相のケーブルの静電容量をそれぞれ測定することで故障点を標定する方法である。
- (4) 測定原理から、マーレーループ法は地絡事故に、静電容量測定法は断線事故に、パルスレーダ法は地絡事故と断線事故の双方に適用可能である。
- (5) 各故障点位置標定法での測定回路で得た測定値に加えて、マーレーループ法では単位長さ当たりのケーブルの導体抵抗が、静電容量測定法ではケーブルのこう長が、パルスレーダ法ではケーブル中のパルス電圧の伝搬速度がそれぞれ与えられれば、故障点の位置標定ができる。

問11 地中配電線路に用いられる機器の特徴に関する記述 a～e について、誤っているものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- a 現在使用されている高圧ケーブルの主体は、架橋ポリエチレンケーブルである。
- b 終端接続材料のがい管は、磁器製のほか、EPゴムやエポキシなど樹脂製のものもある。
- c 直埋変圧器(地中変圧器)は、変圧器孔を地下に設置する必要があり、設置コストが大きい。
- d 地中配電線路に用いられる開閉器では、ガス絶縁方式は採用されない。
- e 高圧需要家への供給用に使用される供給用配電箱には、開閉器のほかに供給用の変圧器がセットで収納されている。

- (1) a
- (2) b, e
- (3) c, d
- (4) d, e
- (5) b, c, e

問12 次の文章は、低圧配電システムの構成に関する記述である。

放射状方式は、 ごとに低圧幹線を引き出す方式で、構成が簡単で保守が容易なことから我が国では最も多く用いられている。

バンキング方式は、同一の特別高圧又は高圧幹線に接続されている2台以上の配電用変圧器の二次側を低圧幹線で並列に接続する方式で、低圧幹線の, 電力損失を減少でき、需要の増加に対し融通性がある。しかし、低圧側に事故が生じ、1台の変圧器が使用できなくなった場合、他の変圧器が過負荷となりヒューズが次々と切れ広範囲に停電を引き起こす という現象を起こす可能性がある。この現象を防止するためには、連系箇所には、連系箇所に設ける区分ヒューズの動作時間が変圧器一次側に設けられる高圧カットアウトヒューズの動作時間より なるよう保護協調をとる必要がある。

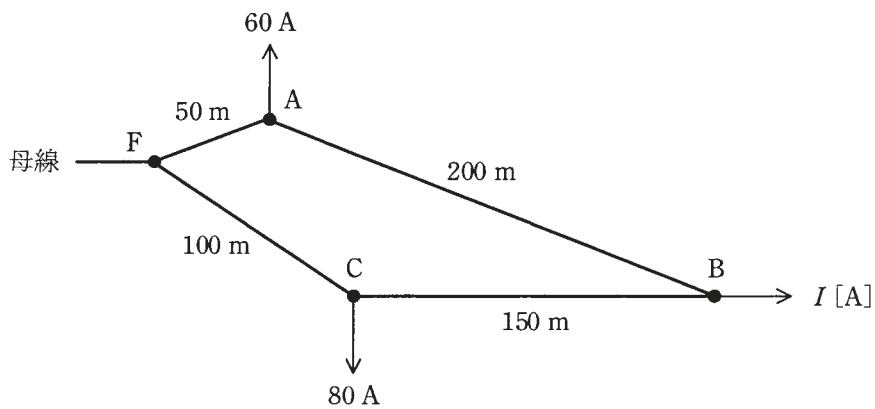
低圧ネットワーク方式は、複数の特別高圧又は高圧幹線から、ネットワーク変圧器及びネットワークプロテクタを通じて低圧幹線に供給する方式である。特別高圧又は高圧幹線側が1回線停電しても、低圧の需要家側に無停電で供給できる信頼度の高い方式であり、大都市中心部で実用化されている。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	配電用変電所	電圧降下	ブラックアウト	長く
(2)	配電用変電所	フェランチ効果	ブラックアウト	長く
(3)	配電用変圧器	電圧降下	カスケーディング	短く
(4)	配電用変圧器	フェランチ効果	カスケーディング	長く
(5)	配電用変圧器	フェランチ効果	ブラックアウト	短く

問13 図のような単相2線式線路がある。母線F点の線間電圧が107Vのとき、B点の線間電圧が96Vになった。B点の負荷電流 I [A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、使用する電線は全て同じものを用い、電線1条当たりの抵抗は、1km当たり 0.6Ω とし、抵抗以外は無視できるものとする。また、全ての負荷の力率は100%とする。



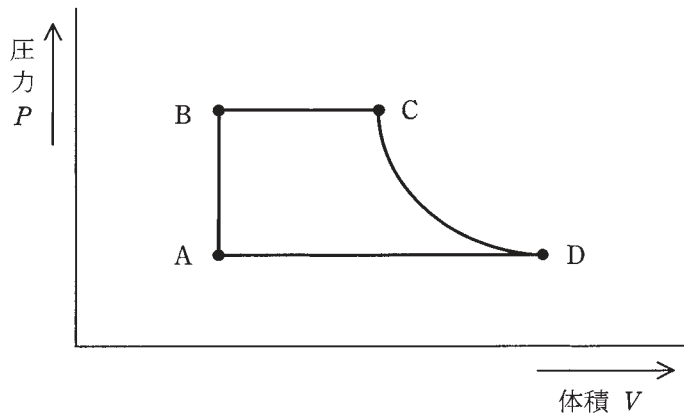
- (1) 29.3 (2) 54.3 (3) 84.7 (4) 102.7 (5) 121.3

問 14 送電線路に用いられる導体に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 導体の特性として、一般に導電率は高く引張強さが大きいこと、質量及び線熱膨張率が小さいこと、加工性及び耐食性に優れていることなどが求められる。
- (2) 導体には、一般に銅やアルミニウム又はそれらの合金が用いられ、それらの導体の導電率は、温度や不純物成分、加工条件、熱処理条件などによって異なり、標準軟銅の導電率を100%として比較した百分率で表される。
- (3) 地中ケーブルの銅導体には、一般に軟銅が用いられ、硬銅と比べて引張強さは小さいが、伸びや可とう性に優れ、導電率が高い。
- (4) 鋼心アルミより線は、中心に亜鉛めっき鋼より線、その周囲に軟アルミ線をより合わせた電線であり、アルミの軽量かつ高い導電性と、鋼の強い引張強さをもつ代表的な架空送電線である。
- (5) 純アルミニウムは、純銅と比較して導電率が $\frac{2}{3}$ 程度、比重が $\frac{1}{3}$ 程度であるため、電気抵抗と長さが同じ電線の場合、アルミニウム線の質量は銅線のおよそ半分である。

B問題 (配点は1問題当たり (a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図は, あるランキンサイクルによる汽力発電所の P - V 線図である。この発電所が, A点の比エンタルピー 140 kJ/kg , B点の比エンタルピー 150 kJ/kg , C点の比エンタルピー 3380 kJ/kg , D点の比エンタルピー 2560 kJ/kg , 蒸気タービンの使用蒸気量 100 t/h , 蒸気タービン出力 18 MW で運転しているとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



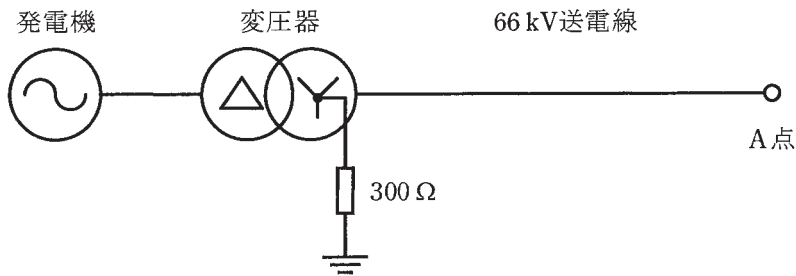
(a) タービン効率の値 [%] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 58.4 (2) 66.8 (3) 79.0 (4) 95.3 (5) 96.7

(b) この発電所の送電端電力 16 MW , 所内比率 5% のとき, 発電機効率の値 [%] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 84.7 (2) 88.6 (3) 88.9 (4) 89.2 (5) 93.6

問16 図に示すように、発電機、変圧器と公称電圧 66 kV で運転される送電線からなる系統があるとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし、中性点接地抵抗は図の変圧器のみに設置され、その値は 300Ω とする。



(a) A点で 100Ω の抵抗を介して一線地絡事故が発生した。このときの地絡電流の値 [A] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、発電機、発電機と変圧器間、変圧器及び送電線のインピーダンスは無視するものとする。

- (1) 95 (2) 127 (3) 165 (4) 381 (5) 508

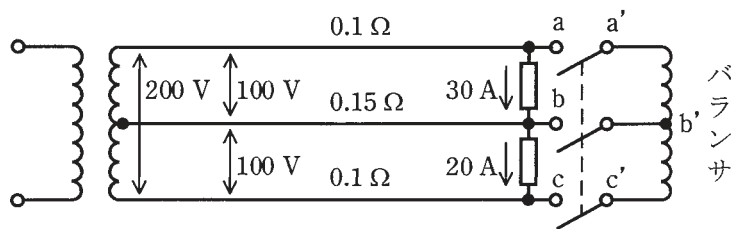
(b) A点で三相短絡事故が発生した。このときの三相短絡電流の値 [A] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、発電機の容量は $10\,000 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、出力電圧 6.6 kV、三相短絡時のリアクタンスは自己容量ベースで 25 %、変圧器容量は $10\,000 \text{ kV}\cdot\text{A}$ 、変圧比は 6.6 kV/66 kV、リアクタンスは自己容量ベースで 10 %、66 kV 送電線のリアクタンスは、 $10\,000 \text{ kV}\cdot\text{A}$ ベースで 5 % とする。なお、発電機と変圧器間のインピーダンスは無視する。また、発電機、変圧器及び送電線の抵抗は無視するものとする。

- (1) 33 (2) 219 (3) 379 (4) 656 (5) 3019

問17 図のような、線路抵抗をもった100/200 V単相3線式配電線路に、力率が100%で電流がそれぞれ30 A及び20 Aの二つの負荷が接続されている。この配電線路にバランスを接続した場合について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、バランスの接続前後で負荷電流は変化しないものとし、線路抵抗以外のインピーダンスは無視するものとする。



(a) バランス接続後a'-b'間に流れる電流の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 5 (2) 10 (3) 20 (4) 25 (5) 30

(b) バランス接続前後の線路損失の変化量の値[W]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 20 (2) 65 (3) 80 (4) 125 (5) 145