

平成 29 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：0141B01234Aの場合）

受 験 番 号										
数 字		記号		数 字		数 字		数 字		記号
0	1	4	1	B	0	1	2	3	4	A
●					●	○	○	○	○	●
①	●	①	●	●	①	●	①	①	①	●
②	②	②	②		②	②	●	②	②	●
③	③	③	③		③	③	③	●	③	●
④	④	●	④		④	④	④	④	●	●
⑤	⑤		⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥		⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	●
⑦	⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧	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 kV $\cdot$ A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例：  $I$ [A] 抵抗  $R$ [ $\Omega$ ] 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5点)

問1 水力発電所に用いられるダムの種類と特徴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) 重力ダムとは、コンクリートの重力によって水圧などの外力に耐えられるようにしたダムであって、体積が大きくなるが構造が簡単で安定性が良い。我が国では、最も多く用いられている。
- (2) アーチダムとは、水圧などの外力を兩岸の岩盤で支えるようにアーチ型にしたダムであって、兩岸の幅が狭く、岩盤が丈夫なところに作られ、コンクリートの量を節減できる。
- (3) ロックフィルダムとは、岩石を積み上げて作るダムであって、内側には、砂利、アスファルト、粘土などが用いられている。ダムは大きくなるが、資材の運搬が困難で建設地付近に岩石や砂利が多い場所に適している。
- (4) アースダムとは、土壌を主材料としたダムであって、<sup>かんがい</sup>灌漑用の池などを作るのに適している。基礎の地質が、岩などで強固な場合のみ採用される。
- (5) 取水ダムとは、水路式発電所の水路に水を導入するため河川に設けられるダムであって、ダムの高さは低く、越流形コンクリートダムなどが用いられている。

問2 次の文章は、水車のキャビテーションに関する記述である。

運転中の水車の流水経路中のある点で  が低下し、そのときの  以下になると、その部分の水は蒸発して流水中に微細な気泡が発生する。その気泡が  の高い箇所に到達すると押し潰され消滅する。このような現象をキャビテーションという。水車にキャビテーションが発生すると、ランナやガイドベーンの壊食、効率の低下、 の増大など水車に有害な現象が現れる。

吸出し管の高さを  することは、キャビテーションの防止のため有効な対策である。

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)	流速	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(2)	流速	最低流速	吸出し管水圧	高く
(3)	圧力	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(4)	圧力	最低流速	振動や騒音	高く
(5)	圧力	飽和水蒸気圧	振動や騒音	低く

問3 火力発電所の環境対策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) 接触還元法は、排ガス中にアンモニアを注入し、触媒上で窒素酸化物を窒素と水に分解する。
- (2) 湿式石灰石(石灰)－石こう法は、石灰と水との混合液で排ガス中の硫黄酸化物を吸収・除去し、副産品として石こうを回収する。
- (3) 二段燃焼法は、燃焼用空気を二段階に分けて供給し、燃料過剰で一次燃焼させ、二次燃焼域で不足分の空気を供給し燃焼させ、窒素酸化物の生成を抑制する。
- (4) 電気集じん器は、電極に高電圧をかけ、コロナ放電で放電電極から放出される負イオンによってガス中の粒子を帯電させ、分離・除去する。
- (5) 排ガス混合(再循環)法は、燃焼用空気に排ガスの一部を再循環、混合して燃焼温度を上げ、窒素酸化物の生成を抑制する。

問4 原子力発電に用いられる  $M$ [g]のウラン 235 を核分裂させたときに発生するエネルギーを考える。ここで想定する原子力発電所では、上記エネルギーの30%を電力量として取り出すことができるものとし、この電力量をすべて使用して、揚水式発電所で揚水できた水量は  $90\,000\text{ m}^3$ であった。このときの  $M$ の値[g]として、最も近い値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、揚水式発電所の揚程は  $240\text{ m}$ 、揚水時の電動機とポンプの総合効率は84%とする。また、原子力発電所から揚水式発電所への送電で生じる損失は無視できるものとする。

なお、計算には必要に応じて次の数値を用いること。

核分裂時のウラン 235 の質量欠損  $0.09\%$

ウランの原子番号  $92$

真空中の光の速度  $3.0 \times 10^8\text{ m/s}$

- (1) 0.9      (2) 3.1      (3) 7.3      (4) 8.7      (5) 10.4

問5 次の文章は、地熱発電及びバイオマス発電に関する記述である。

地熱発電は、地下から取り出した  によってタービンを回して発電する方式であり、発電に適した地熱資源は  に多く存在する。

バイオマス発電は、植物や動物が生成・排出する  から得られる燃料を利用する発電方式である。燃料の代表的なものには、木くずから作られる固形化燃料や、家畜の糞から作られる  がある。

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) 蒸気	火山地域	有機物	液体燃料
(2) 熱水の流れ	平野部	無機物	気体燃料
(3) 蒸気	火山地域	有機物	気体燃料
(4) 蒸気	平野部	有機物	気体燃料
(5) 熱水の流れ	火山地域	無機物	液体燃料

問6 電力系統で使用される直流送電系統の特徴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) 直流送電系統は、交流送電系統のように送電線のリアクタンスなどによる発電機間の安定度の問題がないため、長距離・大容量送電に有利である。
- (2) 一般に、自励式交直変換装置では、運転に伴い発生する高調波や無効電力の対策のために、フィルタや調相設備の設置が必要である。一方、他励式交直変換装置では、自己消弧形整流素子を用いるため、フィルタや調相設備の設置が不要である。
- (3) 直流送電系統では、大地帰路電流による地中埋設物の電食や直流磁界に伴う地磁気測定への影響に注意を払う必要がある。
- (4) 直流送電系統では、交流送電系統に比べ、事故電流を遮断器により遮断することが難しいため、事故電流の遮断に工夫が行われている。
- (5) 一般に、直流送電系統の地絡事故時の電流は、交流送電系統に比べ小さいため、がいしの耐アーク性能が十分な場合、がいし装置からアークホーンを省くことができる。

問7 次の文章は、変圧器のY-Y結線方式の特徴に関する記述である。

一般に、変圧器のY-Y結線は、一次、二次側の中性点を接地でき、1線地絡などの故障に伴い発生する (ア) の抑制、電線路及び機器の絶縁レベルの低減、地絡故障時の (イ) の確実な動作による電線路や機器の保護等、多くの利点がある。

一方、相電圧は (ウ) を含むひずみ波形となるため、中性点を接地すると、(ウ) 電流が線路の静電容量を介して大地に流れることから、通信線への (エ) 障害の原因となる等の欠点がある。このため、(オ) による三次巻線を設けて、これらの欠点を解消する必要がある。

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)	異常電流	避雷器	第二調波	静電誘導	Δ結線
(2)	異常電圧	保護リレー	第三調波	電磁誘導	Y結線
(3)	異常電圧	保護リレー	第三調波	電磁誘導	Δ結線
(4)	異常電圧	避雷器	第三調波	電磁誘導	Δ結線
(5)	異常電流	保護リレー	第二調波	静電誘導	Y結線

問8 支持点間が 180 m, たるみが 3.0 m の架空電線路がある。

いま架空電線路の支持点間を 200 m にしたとき, たるみを 4.0 m にしたい。電線の最低点における水平張力をもとの何[%]にすればよいか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし, 支持点間の高低差はなく, 電線の単位長当たりの荷重は変わらないものとし, その他の条件は無視するものとする。

- (1) 83.3      (2) 92.6      (3) 108.0      (4) 120.0      (5) 148.1

問9 次の文章は、架空送電に関する記述である。

鉄塔などの支持物に電線を固定する場合、電線と支持物は絶縁する必要がある。その絶縁体として代表的なものに懸垂がいしがあり、 に応じて連結数が決定される。

送電線への雷の直撃を避けるために設置される  を架空地線という。架空地線に直撃雷があった場合、鉄塔から電線への逆フラッシュオーバを起こすことがある。これを防止するために、鉄塔の  を小さくする対策がとられている。

発電所や変電所などの架空電線の引込口や引出口には避雷器が設置される。避雷器に用いられる酸化亜鉛素子は  抵抗特性を有し、雷サージなどの異常電圧から機器を保護する。

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)	送電電圧	裸電線	接地抵抗	非線形
(2)	送電電圧	裸電線	設置間隔	線形
(3)	許容電流	絶縁電線	設置間隔	線形
(4)	許容電流	絶縁電線	接地抵抗	非線形
(5)	送電電圧	絶縁電線	接地抵抗	非線形

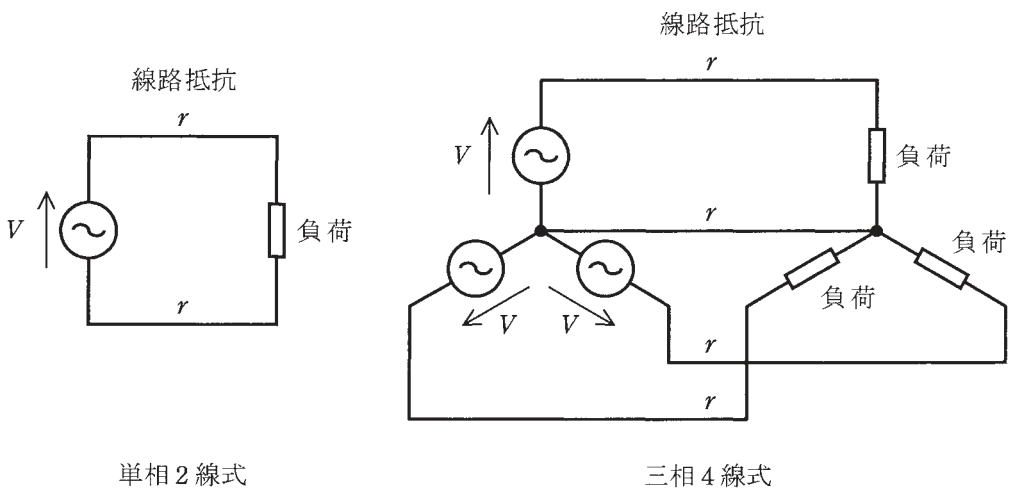
問 10 交流の地中送電線路に使用される電力ケーブルで発生する損失に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 電力ケーブルの許容電流は、ケーブル導体温度がケーブル絶縁体の最高許容温度を超えない上限の電流であり、電力ケーブル内での発生損失による発熱量や、ケーブル周囲環境の熱抵抗、温度などによって決まる。
- (2) 交流電流が流れるケーブル導体中の電流分布は、表皮効果や近接効果によって偏りが生じる。そのため、電力ケーブルの抵抗損では、ケーブルの交流導体抵抗が直流導体抵抗よりも増大することを考慮する必要がある。
- (3) 交流電圧を印加した電力ケーブルでは、電圧に対して同位相の電流成分がケーブル絶縁体に流れることにより誘電体損が発生する。この誘電体損は、ケーブル絶縁体の誘電率と誘電正接との積に比例して大きくなるため、誘電率及び誘電正接の小さい絶縁体の採用が望まれる。
- (4) シース損には、ケーブルの長手方向に金属シースを流れる電流によって発生するシース回路損と、金属シース内の渦電流によって発生する渦電流損とがある。クロスボンド接地方式の採用はシース回路損の低減に効果があり、導電率の高い金属シース材の採用は渦電流損の低減に効果がある。
- (5) 電力ケーブルで発生する損失のうち、最も大きい損失は抵抗損である。抵抗損の低減には、導体断面積の大サイズ化のほかに分割導体、素線絶縁導体の採用などの対策が有効である。

問 11 回路図のような単相 2 線式及び三相 4 線式のそれぞれの低圧配電方式で、抵抗負荷に送電したところ送電電力が等しかった。

このときの三相 4 線式の線路損失は単相 2 線式の何[%]となるか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、三相 4 線式の結線は Y 結線で、電源は三相对称、負荷は三相平衡であり、それぞれの低圧配電方式の 1 線当たりの線路抵抗  $r$ 、回路図に示す電圧  $V$  は等しいものとする。また、線路インダクタンスは無視できるものとする。



- (1) 16.7      (2) 33.3      (3) 50.0      (4) 57.8      (5) 66.7

問 12 次の文章は、我が国の高低圧配電系統における保護について述べた文章である。

6.6 kV 高圧配電線路は、60 kV 以上の送電線路や送電用変圧器に比べ、電線路や変圧器の絶縁が容易であるため、故障時に健全相の電圧上昇が大きくなっても特に問題にならない。また、1 線地絡電流を (ア) するため (イ) 方式が採用されている。

一般に、多回線配電線路では地絡保護に地絡方向継電器が用いられる。これは、故障時に故障線路と健全線路における地絡電流が (ウ) となることを利用し、故障回線を選択するためである。

低圧配電線路で短絡故障が生じた際の保護装置として (エ) が挙げられるが、これは、通常、柱上変圧器の (オ) 側に取り付けられる。

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)	大きく	非接地	逆位相	高圧カットアウト	二次
(2)	大きく	接地	逆位相	ケッチヒューズ	一次
(3)	小さく	非接地	逆位相	高圧カットアウト	一次
(4)	小さく	接地	同位相	ケッチヒューズ	一次
(5)	小さく	非接地	同位相	高圧カットアウト	二次

問 13 次の文章は、配電線路の電圧調整に関する記述である。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 太陽電池発電設備を系統連系させたときの逆潮流による配電線路の電圧上昇を抑制するため、パワーコンディショナには、電圧調整機能を持たせているものがある。
- (2) 配電用変電所においては、高圧配電線路の電圧調整のため、負荷時電圧調整器(LRA)や負荷時タップ切換装置付変圧器(LRT)などが用いられる。
- (3) 低圧配電線路の力率改善をより効果的に実施するためには、低圧配電線路ごとに電力用コンデンサを接続することに比べて、より上流である高圧配電線路に電力用コンデンサを接続した方がよい。
- (4) 高負荷により配電線路の電圧降下が大きい場合、電線を太くすることで電圧降下を抑えることができる。
- (5) 電圧調整には、高圧自動電圧調整器(SVR)のように電圧を直接調整するもののほか、電力用コンデンサや分路リアクトル、静止形無効電力補償装置(SVC)などのように線路の無効電力潮流を変化させて行うものもある。

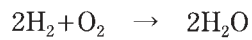
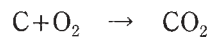
問 14 電気絶縁材料に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) ガス遮断器などに使用されている SF<sub>6</sub> ガスは、同じ圧力の空気と比較して絶縁耐力や消弧能力が高く、反応性が非常に小さく安定した不燃性のガスである。しかし、SF<sub>6</sub> ガスは、大気中に排出されると、オゾン層破壊への影響が大きいガスである。
- (2) 変圧器の絶縁油には、主に鉱油系絶縁油が使用されており、変圧器内部を絶縁する役割のほかに、変圧器内部で発生する熱を対流などによって放散冷却する役割がある。
- (3) CVケーブルの絶縁体に使用される架橋ポリエチレンは、ポリエチレンの優れた絶縁特性に加えて、ポリエチレンの分子構造を架橋反応により立体網目状分子構造とすることによって、耐熱変形性を大幅に改善した絶縁材料である。
- (4) がいしに使用される絶縁材料には、一般に、磁器、ガラス、ポリマの3種類がある。我が国では磁器がいしが主流であるが、最近では、軽量性や耐衝撃性などの観点から、ポリマがいしの利用が進んでいる。
- (5) 絶縁材料における絶縁劣化では、熱的要因、電的要因、機械的要因のほかに、化学薬品、放射線、紫外線、水分などが要因となり得る。

**B問題**(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 定格出力600MW, 定格出力時の発電端熱効率42%の汽力発電所がある。重油の発熱量は44000kJ/kgで, 潜熱の影響は無視できるものとして, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 重油の化学成分は質量比で炭素85%, 水素15%, 水素の原子量を1, 炭素の原子量を12, 酸素の原子量を16, 空気の酸素濃度を21%とし, 重油の燃焼反応は次のとおりである。



(a) 定格出力にて、1日運転したときに消費する燃料質量の値[t]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 117      (2) 495      (3) 670      (4) 1403      (5) 2805

(b) そのとき使用する燃料を完全燃焼させるために必要な理論空気量\*の値[m<sup>3</sup>]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 mol の気体標準状態の体積は 22.4 L とする。

※理論空気量：燃料を完全に燃焼するために必要な最小限の空気量(標準状態における体積)

- (1)  $6.8 \times 10^6$     (2)  $9.2 \times 10^6$     (3)  $32.4 \times 10^6$     (4)  $43.6 \times 10^6$     (5)  $87.2 \times 10^6$

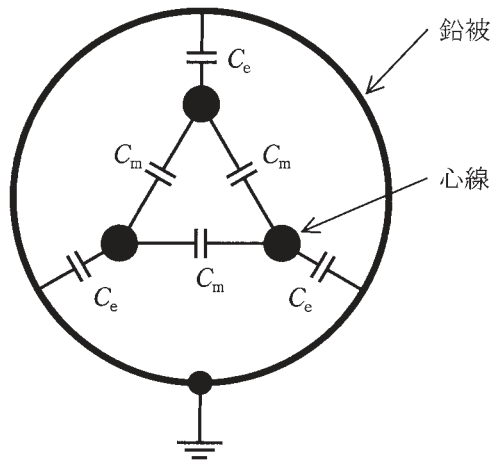
問 16 図に示すように、対地静電容量  $C_e$  [F]，線間静電容量  $C_m$  [F] からなる定格電圧  $E$  [V] の三相 1 回線のケーブルがある。

今、受電端を開放した状態で、送電端で三つの心線を一括してこれと大地間に定格電圧  $E$  [V] の  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  倍の交流電圧を加えて充電すると全充電電流は 90 A であった。

次に、二つの心線の受電端・送電端を接地し、受電端を開放した残りの心線と大地間に定格電圧  $E$  [V] の  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  倍の交流電圧を送電端に加えて充電するとこの心線に流れる充電電流は 45 A であった。

次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、ケーブルの鉛被は接地されているとする。また、各心線の抵抗とインダクタンスは無視するものとする。なお、定格電圧及び交流電圧の周波数は、一定の商用周波数とする。



(a) 対地静電容量  $C_e$ [F]と線間静電容量  $C_m$ [F]の比  $\frac{C_e}{C_m}$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.5      (2) 1.0      (3) 1.5      (4) 2.0      (5) 4.0

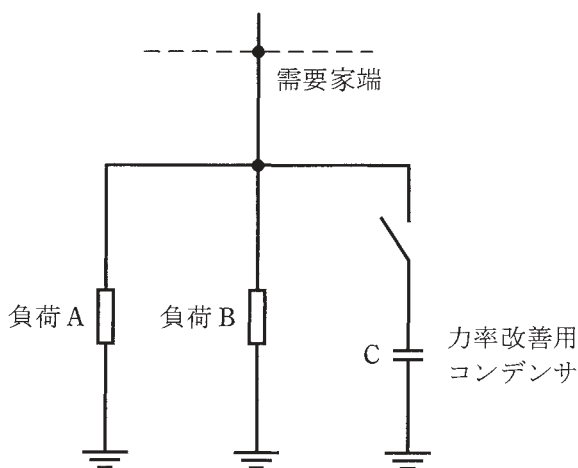
(b) このケーブルの受電端を全て開放して定格の三相電圧を送電端に加えたときに1線に流れる充電電流の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 52.5      (2) 75      (3) 105      (4) 120      (5) 135

問 17 特別高圧三相 3 線式専用 1 回線で、6000kW(遅れ力率 90%)の負荷 A と 3000kW(遅れ力率 95%)の負荷 B に受電している需要家がある。

次の(a)及び(b)の間に答えよ。

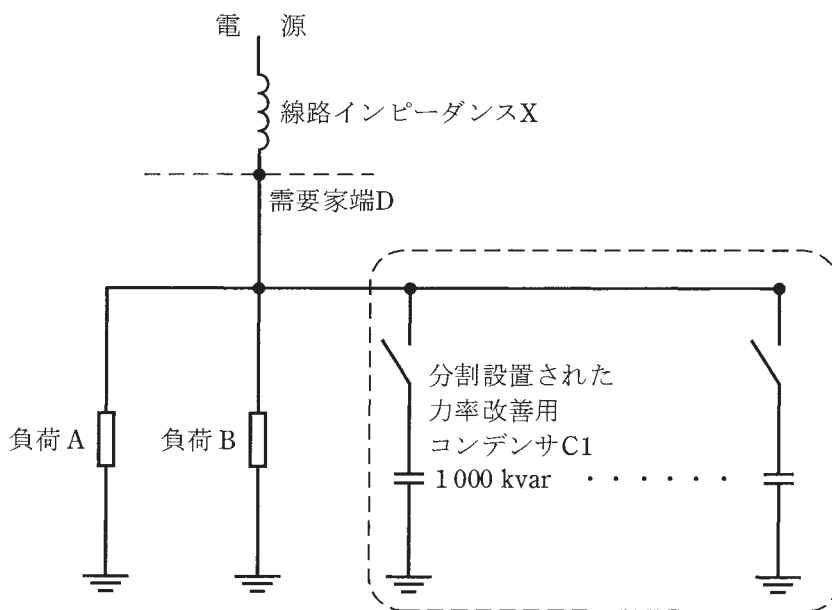
(a) 需要家全体の合成力率を 100%にするために必要な力率改善用コンデンサの総容量の値[kvar]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 1430      (2) 2900      (3) 3550      (4) 3900      (5) 4360

(b) 力率改善用コンデンサの投入・開放による電圧変動を一定値に抑えるために力率改善用コンデンサを分割して設置・運用する。下図のように分割設置する力率改善用コンデンサのうちの1台(C1)は容量が1000 kvarである。C1を投入したとき、投入前後の需要家端Dの電圧変動率が0.8%であった。需要家端Dから電源側を見たパーセントインピーダンスの値[%](10 MV・A ベース)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、線路インピーダンスXはリアクタンスのみとする。また、需要家構内の線路インピーダンスは無視する。



- (1) 1.25      (2) 8.00      (3) 10.0      (4) 12.5      (5) 15.0