

図 5

(2)解答：ト

題意より，MOSFET がオンのときドレイン－ソース間は短絡（ショート）となり，MOSFET がオフのときドレイン－ソース間は開放（オープン）となるので， M_1 と M_2 は短絡， M_3 と M_4 は開放と考えれば良い。したがって，図 6 に示すように M_1 と M_2 が導通するため，出力電圧 V_{out} [V] は V_{DD} [V] となる。

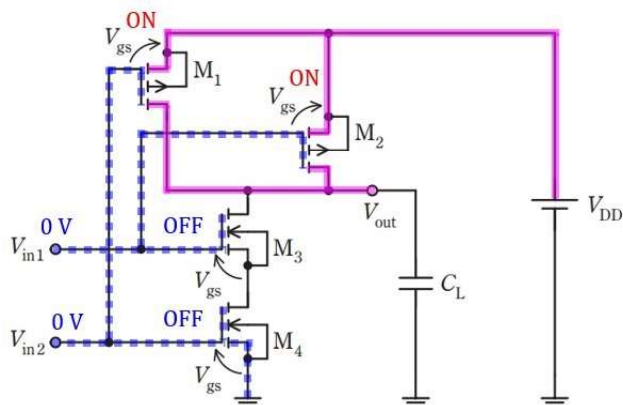


図 6

(3)解答：ル

(2)と同様，回路の入出力電圧を考えると， V_{in1} が V_{DD} [V]， V_{in2} が 0 V のとき図 7 のようになり V_{out} [V] は V_{DD} [V]
 V_{in1} が 0 V， V_{in2} が V_{DD} [V] のとき図 8 のようになり V_{out} [V] は V_{DD} [V]
 V_{in1} と V_{in2} がともに V_{DD} [V] のとき図 9 のようになり V_{out} [V] は 0 V
 となるため，真理値表は (B) と求められる。

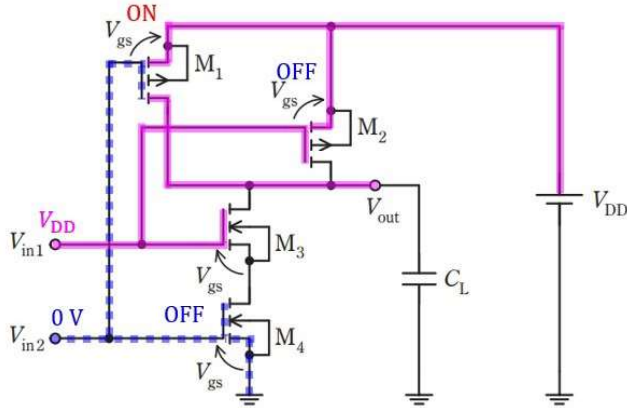


図 7

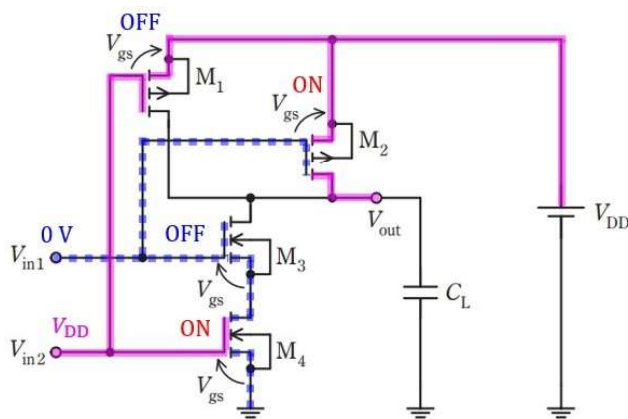


図 8

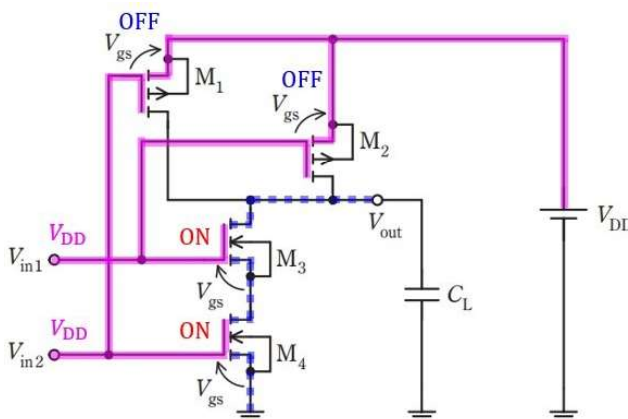


図 9

(4)解答：へ

V_{DD} に 1 (真)，0 V に 0 (偽) をそれぞれ割り当てると，出力は入力がともに 1 のとき 0 となるため， $\overline{V_{in1} \cdot V_{in2}}$ と求められる。

(5)解答：ホ

問題文より，定常的な電流は流れないので，回路の出力が 0 V と V_{DD} の 1 回で充放電する電荷量は $C_L V_{DD}$ であり，これが 1 秒間に f 回繰り返される ($= f$ [Hz]) ので，1 秒間に電源から流れ込む電荷量 (= 電流) は $f C_L V_{DD}$ [A] と求められる。

令和2年 問4

問題 【難易度】★★★★☆ (やや難しい)

次の文章は、回路の過渡現象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。

図のように、容量 C のコンデンサがスイッチを介して内部抵抗 r 、電圧 E の直流電源に接続されている。時刻 $t = 0$ でスイッチを閉じた。

以下では、コンデンサの電圧 $v(t)$ の初期値が $v(0) = 0$ のとき、定常状態 ($t = \infty$) の電圧 $v(\infty)$ は E 、 C 及び r の値が不明であっても、定常状態を待たずに時刻 $t = T$ 、 $t = 2T$ ($T > 0$) での電圧 $v(T)$ 、 $v(2T)$ から求められることを示す。

$t \geq 0$ におけるコンデンサの電圧 $v(t)$ の微分方程式は (1) で与えられる。回路の時定数 τ は $\tau =$ (2) である。一般に、 $v(t)$ の初期値を $v(0)$ 、定常状態の値を $v(\infty)$ とすると (1) の解は、

$$v(t) = \text{ (3) } + v(0)e^{-t/\tau} \dots\dots\dots \text{ ①}$$

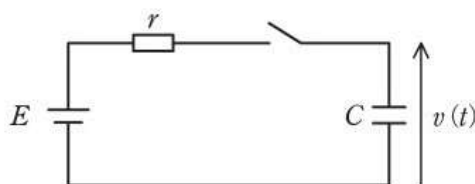
で与えられる。

コンデンサの電圧 $v(t)$ の初期値が $v(0) = 0$ のとき、 $v(T)$ と $v(2T)$ の比は ① 式より

$$\frac{v(2T)}{v(T)} = \text{ (4) } \dots\dots\dots \text{ ②}$$

となる。② 式より $e^{-T/\tau}$ を求め、これを $t = T$ とおいた ① 式に代入すると、 $v(0) = 0$ より、

$v(T) = v(\infty) \times \left(\text{ (5) } \right)$ となる。この式より、 $v(\infty)$ が $v(T)$ と $v(2T)$ の式で表すことが可能となる。



[問4の解答群]

- | | |
|--|---|
| <p>(イ) $E = \frac{d}{dt}v(t) + \frac{C}{r}v(t)$</p> <p>(ハ) $v(\infty)(1 + e^{-t/\tau})$</p> <p>(ホ) $1 - \frac{v(2T)}{v(T)}$</p> <p>(ト) $1 + e^{-T/\tau}$</p> <p>(リ) $\frac{C}{r}$</p> <p>(ル) $e^{-T/\tau} - 1$</p> <p>(ワ) $\frac{1}{rC}$</p> <p>(ヨ) $v(\infty)(e^{-t/\tau} - 1)$</p> | <p>(ロ) $v(\infty)(1 - e^{-t/\tau})$</p> <p>(ニ) $E = rC \frac{d}{dt}v(t) + v(t)$</p> <p>(ヘ) $E = C \frac{d}{dt}v(t) + \frac{1}{r}v(t)$</p> <p>(チ) $1 - 2 \frac{v(2T)}{v(T)}$</p> <p>(ヌ) rC</p> <p>(ヲ) $1 - e^{-T/\tau}$</p> <p>(カ) $2 - \frac{v(2T)}{v(T)}$</p> |
|--|---|

令和元年 問 1

問題 【難易度】★★☆☆☆ (やや易しい)

次の文章は、コンデンサ内の変位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びなさい。

極板の面積が S で、極板間の距離が d である平行平板コンデンサがあり、その極板間は誘電率 ϵ の誘電体で満たされている。誘電体に導電性はなく、端効果は無視できるものとする。

コンデンサにはあらかじめ電荷は蓄えられておらず、時刻 $t = 0$ において電源を接続して一定の充電電流 I を流し始める。時刻 $t (> 0)$ における誘電体内の電界の大きさ E と電束密度の大きさ D はそれぞれ (1) と (2) である。

ここで、誘電体内部の変位電流を考える。変位電流密度は $J = \frac{\partial D}{\partial t}$ で与えられ、時刻 $t (> 0)$ における誘電体内の変位電流密度は一様であり、その大きさ J は (3) である。このとき、充電電流 I を変位電流密度 J で表すと (4) となる。このことから、次の(A)~(C)のうち、変位電流を考えることで導かれる事実は、 (5) である。

- (A) 電源からの電流が変位電流として誘電体内を流れる。
- (B) 誘電体内で一定のエネルギーが消費される。
- (C) 誘電体内に t に比例した自由電荷が蓄えられる。

[問 1 の解答群]

- | | | | | | |
|-----|-------------------------|-----|-------------------------|-----|----------------|
| (イ) | $\frac{SI t}{\epsilon}$ | (ロ) | J | (ハ) | (B) |
| (ニ) | $SI t$ | (ホ) | $\frac{-I}{St^2}$ | (ヘ) | SJ |
| (ト) | 0 | (チ) | $\frac{It}{S}$ | (リ) | (C) |
| (ヌ) | $\frac{I}{S}$ | (ル) | $\frac{\epsilon I}{St}$ | (ヲ) | (A) |
| (ワ) | $\frac{It}{\epsilon S}$ | (カ) | Jt | (ヨ) | $\frac{I}{St}$ |

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

電磁気の基本公式と平行平板コンデンサの特徴を理解しているかを問う問題となっています。本問を解くにはたくさんの公式を理解する必要がありますが、3種より高度な問題となっていると言えるでしょう。

1. 平行平板コンデンサの極板間に現れる電荷 Q

静電容量 C のコンデンサに電圧 V をかけ十分に時間が経った時に各極板に現れる電荷 Q は、

$$Q = CV$$

となります。

2. 平行平板コンデンサの静電容量 C

極板間の誘電率 ϵ 、各極板の面積 S 、極板間の距離 d とすると、このコンデンサの静電容量 C は、

$$C = \frac{\epsilon S}{d}$$

となります。また、極板間に比誘電率 ϵ_r の誘電体を挿入すると、極板間の誘電率 ϵ は、真空の誘電率 ϵ_0

平成 24 年 問 7

問題 【難易度】★★★★☆☆ (普通)

次の文章は、オシロスコープのプローブの等価回路に関する記述である。文中の に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

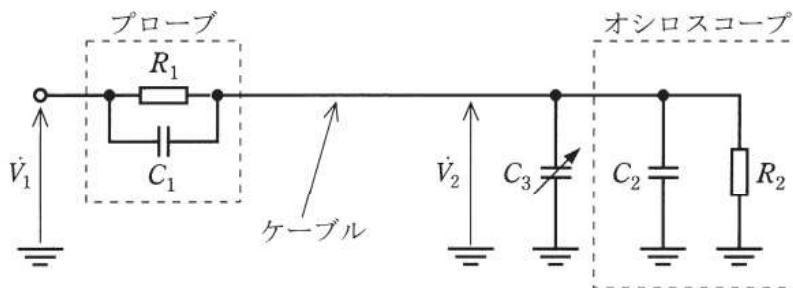
図において、 \dot{V}_1 はプローブ先端の被測定電圧、 \dot{V}_2 はオシロスコープの入力電圧、 C_1 及び R_1 はプローブの静電容量及び抵抗、 C_2 及び R_2 はオシロスコープの入力静電容量及び抵抗、 C_3 はプローブ補正用の可変静電容量であるとする。ただし、被測定電圧の角周波数は $\omega (= 2\pi f, f$ は周波数) であり、ケーブルの静電容量は無視できるものとする。

いま、簡単のために静電容量 C_1, C_2 及び C_3 を無視し、 R_2 を $1 \text{ [M}\Omega]$ 、プローブの減衰率 $\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}$ を $\frac{1}{10}$ とすれば、

R_1 は (1) $\text{[M}\Omega]$ となる。

次に、 C_1, C_2 及び C_3 を考慮すれば、オシロスコープの入力電圧 \dot{V}_2 は (2) $\times \dot{V}_1$ で表される。したがって、 $(C_2 + C_3)R_2 =$ (3) となるように C_3 を調整すれば、(2) の ω の項は消滅し、 \dot{V}_2 は (4) $\times \dot{V}_1$ と

なる。この場合において、 R_2 を $1 \text{ [M}\Omega]$ 、 C_1 を 10 [pF] 、 C_2 を 20 [pF] 、プローブの減衰率 $\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}$ を $\frac{1}{10}$ とすれば、 C_3 は (5) [pF] となる。



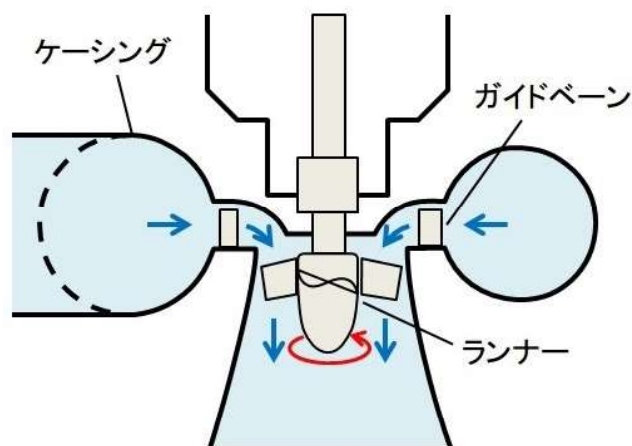
[問 7 の解答群]

- | | | | | | |
|-----|-------------------------|-----|-------------------|-----|--|
| (イ) | $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ | (ロ) | $10C_1R_1$ | (ハ) | $\frac{R_2}{R_2 + R_1 \left[\frac{1 + j\omega C_1 R_1}{1 + j\omega (C_2 + C_3) R_2} \right]}$ |
| (ニ) | 9 | (ホ) | $\frac{R_2}{R_1}$ | (ヘ) | $\frac{R_1}{R_2 + R_1 \left[\frac{1 + j\omega C_1 R_1}{1 + j\omega (C_2 + C_3) R_2} \right]}$ |
| (ト) | 19 | (チ) | 170 | (リ) | 80 |
| (ヌ) | C_1R_1 | (ル) | 10 | (ヲ) | 70 |
| (ワ) | $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ | (カ) | $2C_1R_1$ | (ヨ) | $\frac{R_2}{R_2 + R_1 \left[\frac{1 + j\omega (C_2 + C_3) R_2}{1 + j\omega C_1 R_1} \right]}$ |

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

にガイドベーンとランナの羽根の開度で出力を調整します。他にもランナを通過する流水の方向が斜めのものを斜流水車、流水がランナの軸方向に通過するものをプロペラ水車と言います。高落差のものからフランシス水車→斜流水車→プロペラ水車となります。



出典：長野県HP

【解答】

(1)解答：ハ

題意より解答候補は、(ハ)ロータリ弁、(ニ)複葉弁(バイプレーン弁)、(ホ)ニードル弁、(ヨ)バタフライ弁、になると思います。

水力発電所の入口弁には、ロータリ弁、複葉弁(バイプレーン弁)、バタフライ弁、がそれぞれ使用されることがありますが、大容量の発電所では、損失がほとんどなく漏水も少ないロータリ弁が使用されます。

複葉弁(バイプレーン弁)はバタフライ弁の円板が二つに分かれたような構造で、中心部の圧力損失を改善したのですが、圧力損失は発生します。ニードル弁は衝動水車の流量調整弁のことなので用途が異なります。

(2)解答：ル

題意より解答候補は、(ロ)ガイドリング、(ヌ)ディスクチャージリング、(ル)スピードリング、等になると思います。

ケーシングが固定されているのはスピードリングで、ステーベーンと呼ばれる固定羽根があり、ケーシングからの流れをスムーズにガイドベーンへ導く役割があります。ガイドリングはガイドベーンの角度を変える役割があります。

(3)解答：チ

題意より解答候補は、(イ)ランナベーン、(ホ)ニードル弁、(チ)ガイドベーン、等になると思います。ワンポイント解説「3.反動水車」の通り、フランシス水車で主に流量調整に使用されるのはガイドベーンです。衝動水車はニードル弁で流量調整されません。

(4)解答：ヲ

題意より解答候補は、(へ)速度水頭、(ト)回復水頭、(ヲ)圧力水頭、になると思います。

ワンポイント解説「3.反動水車」の通り、フランシス水車は圧力水頭を持つ流水をランナに作用させる水車です。速度水頭を用いるのはペルトン水車をはじめとする衝動水車です。回復水頭という用語は私は聞いたことがありません。

(5)解答：リ

題意より解答候補は、(リ)水スラスト、(ワ)サージング、(カ)水撃圧、等になると思います。

ランナ上面と下面を結ぶバランスパイプやバランスホールで圧力を均衡させることで減少させることができるのは水スラストとなります。水スラストとは、水圧の不均一により軸方向にかかる力のことで、水の重量にして1000t以上の非常に大きな力がかかる可能性があります。

水撃圧は負荷の急変により入口弁を急速に閉鎖したとき等に流量変化時に発生する圧力で、サージタンク等の別の対策が必要となります。

令和2年 問5

問題 【難易度】★★★★☆☆（普通）

次の文章は、水路式発電所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。

水路式発電所は河川の水を取り入れ、比較的長い水路で発電所に導いて落差を得る方式であり、その主な設備としては、取水口、取水ダム、□(1)、導水路、□(2)、水圧管、水車、発電機、放水路及び放水口からなる。

取水口はごみの流入を抑制する目的で河川と直角にとることが多い。また、取水ダムには□(3)を設け、洪水時などに取水口付近に堆積した土砂を排出する。

次に取水した水は、□(1)に入る。ダム式発電所と異なり、取水中の土砂は取水口で完全に除くことができないため、ここで、水の流れを緩やかにして、導水路に入る前で土砂を十分に沈殿させる。導水路には、主に開きよや□(4)が用いられる。岩盤が堅固なところでは素堀りのままとする場合もあるが、多くはコンクリートなどで内面の巻立てを行う。

□(2)は、水圧管の手前に設けられ、水路末端の断面積を広げて容積を大きくしたものであり、最終的な土砂の沈殿や落葉などのごみの取り除きを行うほか、発電所負荷の急増時には水の補給を行うなどの機能を有する。また、負荷遮断等の負荷急減時に、水路から侵入してくる水を河川に放出するための設備を□(5)という。

〔問5の解答群〕

- | | | | | | |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| (イ) | 制水門 | (ロ) | 無圧トンネル | (ハ) | 維持流量設備 |
| (ニ) | ヘッドタンク | (ホ) | 魚道 | (ヘ) | 圧力トンネル |
| (ト) | 余水吐 | (チ) | 逆サイホン | (リ) | 上部ダム |
| (ヌ) | サージタンク | (ル) | 洪水吐 | (ヲ) | 吸出し管 |
| (ワ) | スクリーン | (カ) | 排砂門 | (ヨ) | 沈砂池 |

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

【ワンポイント解説】

水力発電所の構成設備に関する問題です。

あまり3種では出題されない傾向の問題ですが、2種では平成27年問5にも類題が出題されている比較の出題されやすい問題といえると思います。

1.水路式発電所の主要設備

①取水口

水を取り入れる設備です。

②沈砂池

流速を下げ、流水中に含まれる土砂を沈殿させ、水車への土砂の流入を防止します。

③導水路

取水口からヘッドタンク(水槽)までの水路で水路式では無圧水路、ダム式では圧力水路が一般的です。

④ヘッドタンクもしくはサージタンク

水量供給変動を吸収する働きがあり、サージタンクにはさらに緊急遮断等で生じる水撃圧を吸収する働きがあります。

水路式ではヘッドタンク，ダム水路式では圧力水路が長いいためサージタンクを設けます。

⑤水圧管路

ヘッドタンクから水車へ導く管路で有圧管路となります。

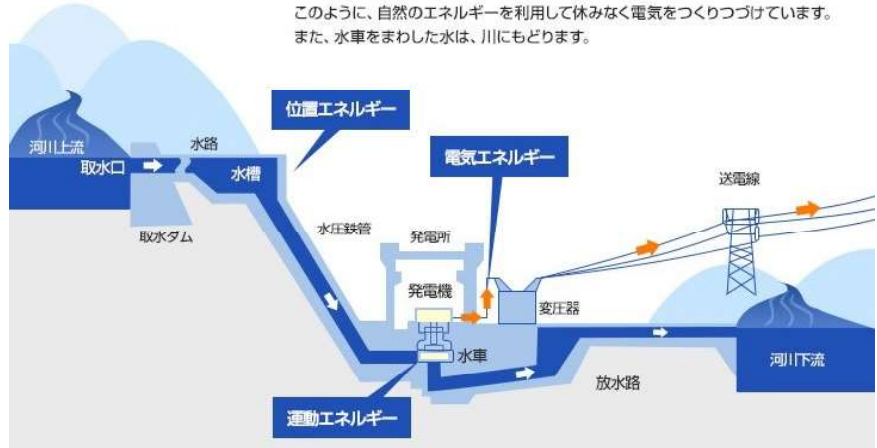
⑥発電所

水車と発電機からなる水力発電所の心臓部なる設備です。

⑦放水路及び放水口

水車から出た水を河川に戻す水路です。

高いところにある水の持つ【位置エネルギー】によって水車をまわし、その【運動エネルギー】を発電機が【電気エネルギー】にかえます。このように、自然のエネルギーを利用して休みなく電気をつくりつづけています。また、水車をまわした水は、川にもどります。



出典：東京発電株式会社HP

(<https://tokyohatsuden.co.jp/service/hydro/>)

【解答】

(1)解答：ヨ

題意より解答候補は、(イ) 制水門，(ワ) スクリーン，(カ) 排砂門，(ヨ) 沈砂池，等になると思います。ワンポイント解説「1.水路式発電所の主要設備」の通り，文中の「水の流れを緩やかにして，導水路に入る前で土砂を十分に沈殿させる」のは沈砂池となります。制水門は逆流を防止するための門，スクリーンは火力発電所等で復水器用の海水を導入する際にクラゲ等を除去するもの，排砂門はダムの貯水池に溜まった砂を排出する門です。

(2)解答：ニ

題意より解答候補は、(ニ) ヘッドタンク，(ヌ) サージタンク，等になると思います。ワンポイント解説「1.水路式発電所の主要設備」の通り，水路式発電所で「最終的な土砂の沈殿や落葉などのごみの取り除きを行うほか，発電所負荷の急増時には水の補給を行う」のはヘッドタンクとなります。

(3)解答：カ

題意より解答候補は、(イ) 制水門，(リ) 上部ダム，(カ) 排砂門，等になると思います。排砂という用語がその役割を示していますが，取水ダムには洪水時などに取水口付近に堆積した土砂を排出する排砂門が設けられています。

(4)解答：ロ

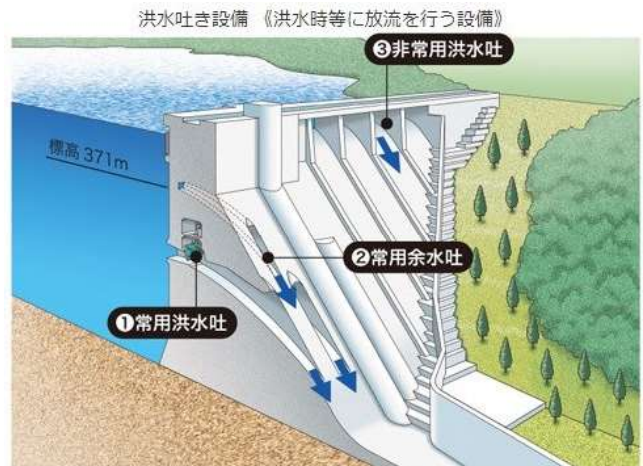
題意より解答候補は、(ロ) 無圧トンネル，(ヘ) 圧力トンネル，等になると思います。ワンポイント解説「1.水路式発電所の主要設備」の通り，水路式発電所では導水路は無圧トンネルが用いられます。

(5)解答：ト

題意より解答候補は、(ハ) 維持流量設備，(ト) 余水吐，(ル) 洪水吐，等になると思います。

少しマイナーな問題ですが，負荷急減時に河川から流入してくる水を発電に使用せず，河川に放出する設備を余水吐といいます。

右図のように，洪水吐はダム等に設けられ，非常時等も想定し余水吐よりも多くの流量を流しダムの水位を調整することができる設備です。



出典：国土交通省 中部地方整備局 庄内川河川事務所 HP

【正答チェック表】

日にち	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

【ワンポイント解説】

Δ-Y結線をした変圧器の電圧や電流，インピーダンスの一次二次換算に関する問題です。

理論科目で習得する Δ-Y変換や相電圧と線間電圧の関係等を利用した問題となっているため，2種らしい科目を超えた総合的な問題となっています。しっかりとした知識を身につけていれば得点できる良問であると思います。

1. Δ-Y変換とY-Δ変換

① Δ-Y変換

図3において，

$$\begin{aligned} \dot{Z}_a &= \frac{\dot{Z}_{ab}\dot{Z}_{ca}}{\dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc} + \dot{Z}_{ca}} \\ \dot{Z}_b &= \frac{\dot{Z}_{bc}\dot{Z}_{ab}}{\dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc} + \dot{Z}_{ca}} \\ \dot{Z}_c &= \frac{\dot{Z}_{ca}\dot{Z}_{bc}}{\dot{Z}_{ab} + \dot{Z}_{bc} + \dot{Z}_{ca}} \end{aligned}$$

② Y-Δ変換

図3において，

$$\begin{aligned} \dot{Z}_{ab} &= \frac{\dot{Z}_a\dot{Z}_b + \dot{Z}_b\dot{Z}_c + \dot{Z}_c\dot{Z}_a}{\dot{Z}_c} \\ \dot{Z}_{bc} &= \frac{\dot{Z}_a\dot{Z}_b + \dot{Z}_b\dot{Z}_c + \dot{Z}_c\dot{Z}_a}{\dot{Z}_a} \\ \dot{Z}_{ca} &= \frac{\dot{Z}_a\dot{Z}_b + \dot{Z}_b\dot{Z}_c + \dot{Z}_c\dot{Z}_a}{\dot{Z}_b} \end{aligned}$$

平衡三相回路においては，

$$\dot{Z}_{ab} = \dot{Z}_{bc} = \dot{Z}_{ca} = 3\dot{Z}_a = 3\dot{Z}_b = 3\dot{Z}_c$$

となります。

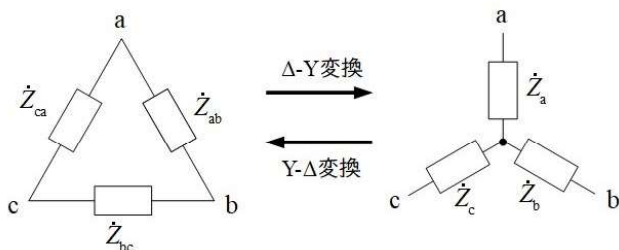


図3

2. Y結線における相電圧と線間電圧の関係

図4のような三相对称電源がある時，線間電圧と相電圧の関係は図5のベクトル図のようになり，線間

電圧の大きさ V は相電圧の大きさ E と比較すると，

$$\begin{aligned} V_{ab} &= \sqrt{3}E_a \\ V_{bc} &= \sqrt{3}E_b \\ V_{ca} &= \sqrt{3}E_c \end{aligned}$$

かつ $\frac{\pi}{6}$ (30°) 進みであることが分かります。

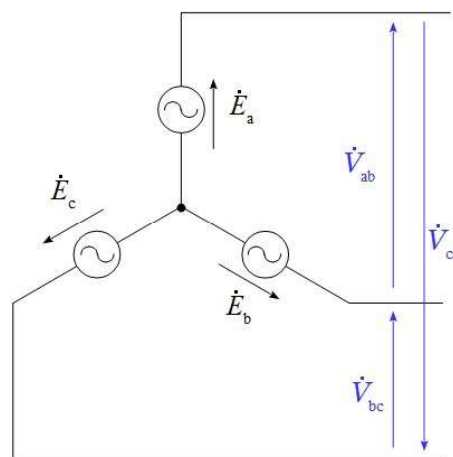


図4

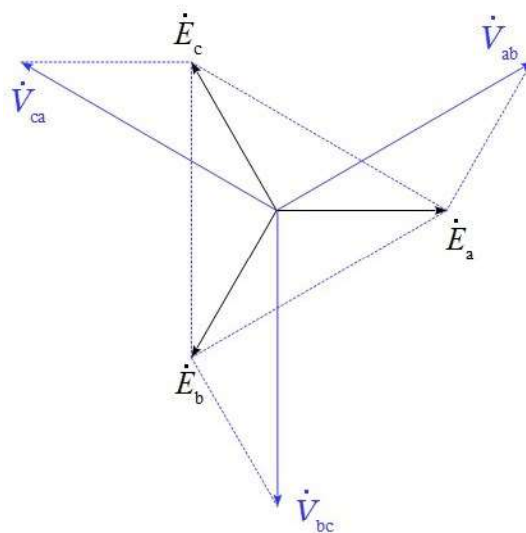


図5

3. Δ結線における相電流と線電流の関係

図6のような三相对称電源がある時，線電流と相電流の関係は図7のベクトル図のようになり，線電流の大きさは相電流の大きさと比較すると，