平成29年度第二種電気主任技術者二次試験　標準解答

配点：一題当たり30点

電力・管理科目　4題×30点＝120点

機械・制御科目　2題×30点＝ 60点

＜電力・管理科目＞

〔問1の標準解答〕

(1) ガスタービン発電は大気温度の上昇によって最大出力が低下する特性がある。ガスタービン動翼入口温度は，高温部品の耐久性によって上限値が定められている。圧縮機が吸入する空気の体積流量はほぼ一定であり，大気温度の上昇により空気密度が低下するため，空気の質量流量が低下する。そのため，投入できる燃料量が減少し，ガスタービン出力は低下する。また，これにより排ガス量も減少することから，排熱回収ボイラで回収する熱量も減少し，蒸気タービン出力も低下するので，コンバインドサイクル発電の最大出力は低下する。

(2) この対策として，圧縮機入口の空気温度を下げるため，吸気に水を噴霧することで水の蒸発潜熱によって吸気温度を下げ，空気の質量流量を増加し，出力低下を改善する方法や，エバポレータークーラ方式，チラー方式などのガスタービン吸気冷却装置を設置することが挙げられる。また，蒸気タービン出力の低下分を改善するために，排熱回収ボイラに助燃バーナを追設することもある。

〔問２の標準解答〕

(1) 直列コンデンサ

線路に直列にコンデンサを挿入して，送電線などのリアクタンスを補償し，全体のリアクタンスを小さくすることにより，減速エネルギーを増加させて，過渡安定度を向上させる。

留意点は，発電機・タービン系との軸ねじれ共振（SSR），無負荷変圧器励磁時の鉄共振，故障電流によるコンデンサ端子電圧での異常電圧の発生などがある。（留意点は系統構成などによりこれ以外も考えられるが，代表的な留意点として挙げている。以下の各項でも同じ。）

(2) 励磁方式の応答性とシーリング電圧の改善

発電機励磁方式を速応化し，かつ，シーリング電圧（頂上電圧）を高電圧化することにより，発電機内部電圧を上昇させることにより，減速エネルギーを増加させて過渡安定度を向上させる。

留意点は，速応化により振動発散現象（負制動現象）が生じやすくなるので，一般には PSS（電力系統安定化装置）が付加されること，発電機の界磁巻線の絶縁である。

(3) 高速遮断と高速再閉路方式

高速な保護リレーによる事故判定と高速な遮断器動作によって事故除去時間を短縮し事故中の加速エネルギーを減少させ，また，高速な再閉路により減速エネルギーを増加させて，過渡安定度を向上させる。

留意点は，高速再閉路に適した動作責務を持った遮断器にすること，発電機‐タービン軸間の過大な軸トルクの発生と，消アークイオン時間を考慮した再閉路時間の設定である。

(4) タービン高速バルブ制御

事故を検出して，高速に蒸気弁を閉鎖し，タービン出力を減じることにより，主に事故除去後の減速エネルギーを増加させて，過渡安定度を向上させる。蒸気弁としては，通常はインターセプト弁のみの制御であるが，加減弁を制御することもある。

留意点は，蒸気弁の閉鎖により蒸気圧力が上昇しすぎないこと，タービン出

力の急変に対し PSS が正常に動作することを確認することである。

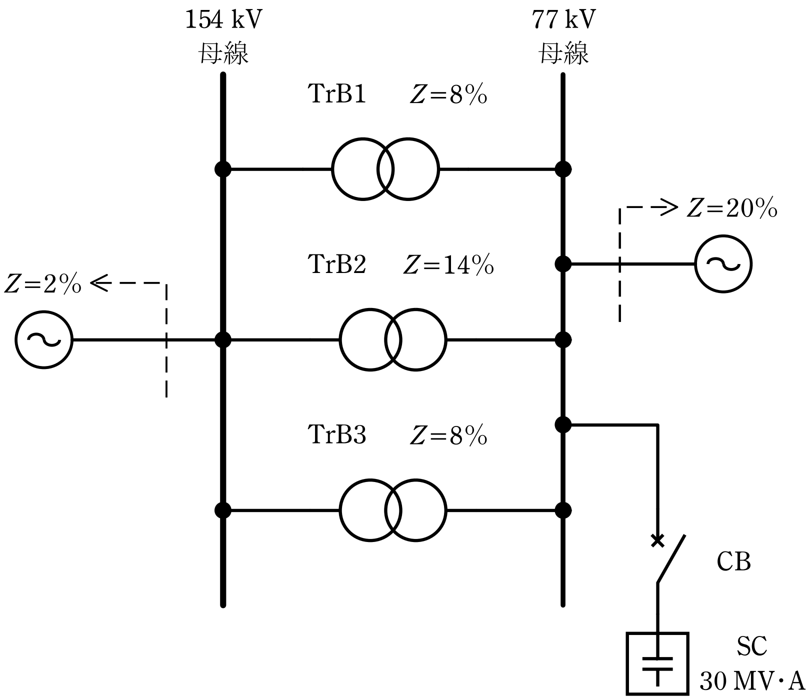
(5) 低インダクタンス送電線

送電線を複導体化し，主に複導体の等価半径を大きくして，送電線のリアクタンスを減少させ，主に減速エネルギーを増加させて，過渡安定度を向上させる。

複導体化に伴う留意点は，電気的には静電容量の増加，機械的には荷重の増加，ギャロッピングやサブスパン振動および複導体の捻回（ねじれ）などへの対処である。

〔問３の標準解答〕

（1）図の各％インピーダンスを 100 MV･A 基準に換算すると下図のとおりとなる。



変電所の変圧器のリアクタンス x_{t} は，

$$x_{\mathrm{t}} = \frac{8\times14\times8}{8\times14+14\times8+8\times8} \fallingdotseq 3.111\,1\ \%$$

77 kV 母線からみた電源側の％インピーダンス Z_{S}[％]を求めると，

$$Z_{\mathrm{S}} = \frac{(2+3.111\,1)\times20}{(2+3.111\,1)+20} \fallingdotseq 4.070\,8\ \%$$

よって 77 kV 母線の短絡容量 P_{S}[MV･A]は，

$$P_{\mathrm{S}} = \frac{100}{\%Z}P = \frac{100}{4.070\,8}\times100 \fallingdotseq 2\,456.5 \quad \rightarrow \quad 2\,460\ \mathrm{MV\cdot A} \quad \cdots（答）$$

(2) 基準電圧を V_{77}[kV]，電力用コンデンサ投入後の電力用コンデンサの電流を I_C[kA]，77kV 母線から電源側を見た時のインピーダンスを Z[Ω]とすると，電力用コンデンサ $Q=30$ MV·A を投入したときの 77 kV 側母線の電圧変動率 ΔV_{77} [%]は，

$$\Delta V_{77}=\frac{I_C\times Z}{\frac{V_{77}}{\sqrt{3}}}\times 100=\frac{\sqrt{3}\times V_{77}\times I_C}{\frac{V_{77}^{\ 2}}{Z}}\times 100$$

となり，ここに，電圧変動率が十分小さいと仮定すると簡易的に

$Q=\sqrt{3}\times V_{77}\times I_C$ と表すことができ，

77kV 母線の短絡容量 $P_S=\dfrac{V_{77}^{\ 2}}{Z}$ であることから，

$$\Delta V_{77}=\frac{Q}{P_S}\times 100=\frac{30}{2\ 456.5}\times 100 \fallingdotseq 1.221\ 2 \quad \rightarrow \quad 1.22\ \%$$ ・・・(答)

(3) このときの 154 kV 側母線の電圧変動率 ΔV_{154} [%]は，154 kV 母線から電源側の外部リアクタンスを x_{154} とすれば，

$$\Delta V_{154}=\Delta V_{77}\times\frac{x_{154}}{x_t+x_{154}}$$

$$=1.221\ 2\times\frac{2}{3.111\ 1+2}$$

$$\fallingdotseq 0.477\ 86 \qquad \rightarrow 0.478\ \%$$ …(答)

〔問４の標準解答〕

(1) 連系開閉器投入後の各配電線の負荷電流 $\dot{I}_{\mathrm{A}}$，$\dot{I}_{\mathrm{B}}$ は，連系点の電圧 V が 6.6 kV であることから，

$$\dot{I}_{\mathrm{A}}=\frac{\overline{P-\mathrm{j}Q}}{\sqrt{3}V}=\frac{(2\,400+\mathrm{j}800)\times10^3}{\sqrt{3}\times6.6\times10^3}\fallingdotseq 209.95+\mathrm{j}69.982\ \rightarrow\ 210+\mathrm{j}70.0\ \ \mathrm{A}\quad\cdots（答）$$

$$\dot{I}_{\mathrm{B}}=\frac{\overline{P+\mathrm{j}Q}}{\sqrt{3}V}=\frac{(1715-\mathrm{j}457)\times10^3}{\sqrt{3}\times6.6\times10^3}\fallingdotseq 150.02-\mathrm{j}39.977\ \rightarrow\ 150-\mathrm{j}40.0\ \ \mathrm{A}\quad\cdots（答）$$

となる。

(2) $\dot{I}_{\mathrm{A}}$，$\dot{I}_{\mathrm{B}}$ の合計電流 $\dot{I}_{\mathrm{sum}}$ は，

$$\dot{I}_{\mathrm{sum}}=\dot{I}_{\mathrm{A}}+\dot{I}_{\mathrm{B}}=(209.95+\mathrm{j}69.982)+(150.02-\mathrm{j}39.977)=359.97+\mathrm{j}30.005\ \mathrm{A}$$

連系開閉器を投入したときに，下図に示すようにループ電流 $\dot{I}$ が生じる。

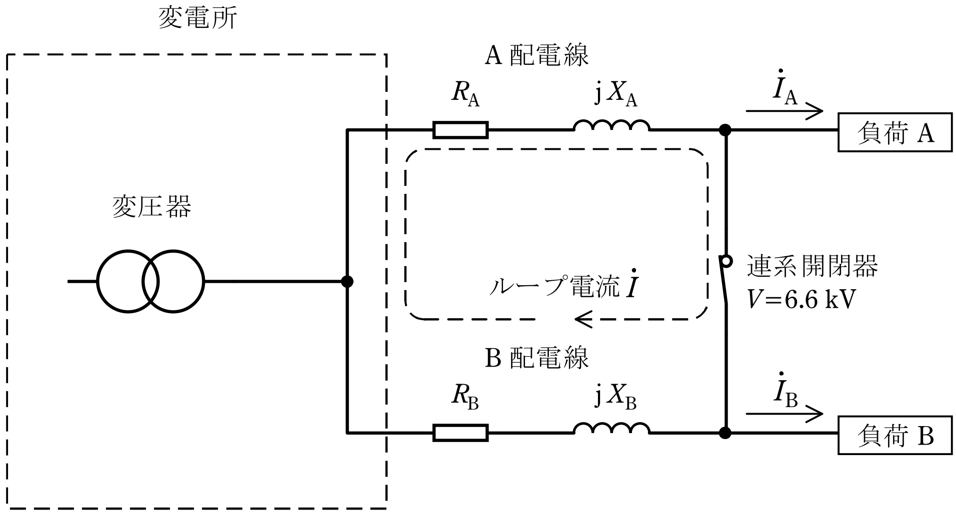


図　連系開閉器投入後の配電線路図

連系開閉器投入後の A 配電系統の線路電流 $\dot{I}_{\mathrm{a}}$ は合計電流 $\dot{I}_{\mathrm{sum}}$ に対して，線路インピーダンスの逆比で流れる。

したがって，

$$
\begin{aligned}
\dot{I} &= \dot{I}_{\mathrm{a}} - \dot{I}_{\mathrm{A}} \\
&= \frac{\dot{Z}_{\mathrm{B}}}{\dot{Z}_{\mathrm{A}} + \dot{Z}_{\mathrm{B}}} \dot{I}_{\mathrm{sum}} - \dot{I}_{\mathrm{A}} \\
&= \frac{(0.2 + \mathrm{j}0.16)}{0.3 + \mathrm{j}0.39 + 0.2 + \mathrm{j}0.16} (359.97 + \mathrm{j}30.005) - (209.95 + \mathrm{j}69.982) \\
&= \frac{0.188 - \mathrm{j}0.03}{0.5525} (359.97 + \mathrm{j}30.005) - (209.95 + \mathrm{j}69.982) \\
&= -85.833 - \mathrm{j}79.318
\end{aligned}
$$

$$
\left|\dot{I}\right| = \sqrt{(-85.833)^2 + (-79.318)^2} \fallingdotseq 116.87 \ \mathrm{A} \ \rightarrow \ 117 \ \mathrm{A} \qquad \cdots（答）
$$

なお，ループ回路にキルヒホッフの法則を用いた場合も同じ解を導出できるため正解とする。

〔問５の標準解答〕

(1)

a　6.6 kV 配電線は通信線とともに架空線で同一電柱に施設されることが多く，大地帰路電流の大きい接地方式を採用すると通信線に対する電磁誘導障害が問題となってくる。このため，地絡電流の小さい非接地方式が採用された。

b　非接地方式によって地絡電流を小さく抑えると，高低圧混触時に低圧線の電位上昇を低く抑えることができ，感電や火災の危険性の低減につながり，保安の観点で有利であった。

(2)

c　電力ケーブルの増加によって線路の対地静電容量が大きくなると，地絡発生時の零相電圧が小さくなり，また零相電流は非接地系で小さいことから，地絡保護リレーの動作において，所要の地絡検出感度を得るのに困難な場合がある。

d　非接地方式の配電系統では，間欠アーク地絡が発生すると，配電系統に異常電圧が発生するおそれがある。この場合，配電系統に電力ケーブルが多く適用され，対地静電容量が大きいほど異常電圧の発生のおそれが高まる。

(3)

１台の配電用変圧器が受け持つ配電系統の負荷容量や対地静電容量が過大になった場合，配電用変圧器を新たに増設して受け持つ配電系統を分割する。

〔問６の標準解答〕

(1) 普通点検と精密点検について

定期点検は，日常の巡視点検の際に点検手入れが出来ず，かつ定期的に点検手入れの必要がある部分に対して行うもので，工具・測定試験器を適宜活用して点検を行い，必要に応じて補修を行う。

a 「普通点検」

機器・装置の機能確認・維持を目的として，主として外部から行う点検である。

機器・装置の運転又は停止状態において，各部の異常の有無についての点検，清掃及び測定器による内部診断，性能試験を行う。

b 「精密点検」

機器・装置の機能の維持・回復を目的として，主として分解して行う点検である。

機器・装置の停止状態において，分解し点検，清掃を実施した後，損傷，磨耗，その他異常部分の補修又は基準に基づく部品交換を行い，併せて測定器により更に詳細な内部診断，性能試験を行う。

(2) GIS の設備診断(部分放電検出技術)

a 電気的方法

以下のいずれかを挙げてあれば正解とする。

原理 部分放電により発生する電磁波や電圧・電流を検出する。

・電磁波検出 :GIS 内部に設置した UHF 内部電極やスペーサ埋め込み電極，スペーサの外側に取り付けるサーチコイルなどのセンサのほか，各種アンテナ(ダイポール，バイコニカル等)を使用して電磁波を検出する。

・電圧検出 :外被電極(箔状の金属電極)をタンク外側に取り付けて電圧を検出する。

・電流検出 :接地線 CT を GIS の接地線に接続して電流を検出する。面電流センサを使っても電流検出が出来る。

以下のいずれかを挙げてあれば正解とする。

b　振動・音響法

原理　部分放電により発生するガス密度の振動や(超)音波を検出する。

振動加速度センサや超音波センサを用いて振動や音波を検出する。

c　分解生成ガスを用いた方法

原理　部分放電により発生する分解生成ガスの有無や種類を検出する。

ガスチェッカ(呈色反応試薬)を用いて分解生成ガスの有無を調べたりガスクロマトグラフィーを用いてガスの種類や濃度を調べる。

d　光を利用した方法

原理　部分放電による発光を検出する方法

光電子増倍管(PMT)やフォトダイオードを用いて放電光を検出する。蛍光ファイバによっても発光を検出できる。

＜機械・制御科目＞

〔問１の標準解答〕

(1) 図から E は次式となる。

$$E=\sqrt{(V+X_{\mathrm{S}}I\sin\phi)^2+(X_{\mathrm{S}}I\cos\phi)^2}$$
$$=\sqrt{V^2+2V\sin\phi X_{\mathrm{S}}I+(X_{\mathrm{S}}I)^2}$$

εの定義式に上記 E の式を代入する。

$$\varepsilon=\frac{E-V}{V}\times 100=\frac{\sqrt{V^2+2V\sin\phi X_{\mathrm{S}}I+(X_{\mathrm{S}}I)^2}-V}{V}\times 100\ [\%] \qquad \cdots(答)$$

(2) 力率 $\cos\phi$（遅れ）が小さくなると，ϕは大きくなる。上記小問(1)で求めた式から，ϕが大きくなると $\sin\phi$ は大きくなり，V，I 及び X_{S} は一定であるため，ε は大きくなる。　　・・・(答)

(3) 無負荷飽和曲線から定格電圧発生時の界磁電流 I_{fo} を，三相短絡特性曲線から定格電流に等しい持続短絡電流を流すときの界磁電流 I_{fs} を用いて，次の式から K_{SCR} を導出する。

$$K_{\mathrm{SCR}}=\frac{I_{\mathrm{fo}}}{I_{\mathrm{fs}}} \qquad \cdots(答)$$

(4) 単位法表示での X_{S} は，$X_{\mathrm{S}}=\dfrac{1}{K_{\mathrm{SCR}}}$ である。　　・・・(答)

また，この関係から K_{SCR} が小さいほど X_{S} は大きい。上記小問(1)で求めた式から，V，I 及びϕ が同じ運転状態のとき，X_{S} が大きい方の発電機の ε は大きくなる。　　・・・(答)

(5) E と V の関係を図から以下に示す。

$$E\cos\delta=V+X_{\mathrm{S}}I\sin\phi$$
$$E\sin\delta=X_{\mathrm{S}}I\cos\phi$$

から，

$$\frac{X_S I\cos\phi}{\sin\delta}\cdot\cos\delta = V + X_S I\sin\phi$$
$$X_S I\cos\phi = \tan\delta(V + X_S I\sin\phi)$$
$$I(X_S\cos\phi - \tan\delta\cdot X_S\sin\phi) = \tan\delta\cdot V$$
$$I = \frac{\tan\delta\cdot V}{X_S\cos\phi - \tan\delta\cdot X_S\sin\phi}$$

この式に

$$V = 1 \ \text{p.u.}$$

$$X_S = \frac{1}{0.6} = 1.666\,7 \ , \qquad \tan\delta = \tan\frac{\pi}{6} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577\,35$$

$$\cos\phi = 0.9 \ , \qquad \sin\phi = \sqrt{1 - 0.9^2} = 0.435\,89$$

を代入すると，E は次のようになる。

$$I = \frac{0.577\,35\times 1.0}{(1.666\,7\times 0.9 - 0.577\,35\times 1.666\,7\times 0.435\,89)}$$
$$= \frac{0.577\,35}{1.080\,6}$$
$$= 0.534\,29 \ \rightarrow \ 0.534 \ \text{p.u.}$$ ・・・(答)

$$E = \frac{X_S I\cos\phi}{\sin\delta}$$

この式に $\sin\delta = \sin\frac{\pi}{6} = 0.5$ を代入して，

$$E = \frac{1.666\,7\times 0.534\,29\times 0.9}{0.5}$$
$$= 1.602\,9 \ \rightarrow \ 1.60 \ \text{p.u.}$$ ・・・(答)

出力 P は次のようになる。

$$P = VI\cos\phi = 1.0\times 0.534\,29\times 0.9 = 0.480\,86 \ \rightarrow \ 0.481 \ \text{p.u.}$$ ・・・(答)

ε は定義の式から，次のようになる。

$$\varepsilon = \frac{E - V}{V}\times 100 = \frac{1.602\,9 - 1.0}{1.0}\times 100 = 60.290 \ \rightarrow \ 60.3 \ \%$$ ・・・(答)

〔問２の標準解答〕

(1) 定格一次電圧及び定格二次電圧をそれぞれV_{1n}及びV_{2n}とし，二次側(負荷側)を基準とした巻数比をaとすると，

$$a=\frac{V_{1n}}{V_{2n}}=\frac{3\ 000}{3\ 300}=0.909\ 09 \quad \rightarrow \quad 0.909 \qquad \cdots(答)$$

あるいは，一次側(低圧側)を基準とした巻数比をa'とすると，

$$a'=\frac{1}{a}=\frac{V_{2n}}{V_{1n}}=\frac{3\ 300}{3\ 000}=1.1 \qquad \cdots(答)$$

(2) 直列巻線及び分路巻線の巻数をそれぞれw_s及びw_cとすると，

$$a=\frac{w_c}{w_c+w_s}, \quad \left(a'=\frac{w_c+w_s}{w_c}=\frac{1}{a}\right)$$

であるから，$w_c=500$としてw_sについて求めると，

$$w_s=\left(\frac{1}{a}-1\right)w_c=\left(\frac{3\ 300}{3\ 000}-1\right)\times 500=50.0 \quad \rightarrow \quad 50回 \qquad \cdots(答)$$

(3) 直列巻線及び分路巻線を流れる電流をそれぞれI_2及びI_cとすると，励磁電流を無視すれば両巻線の起磁力の平衡条件から，

$$w_sI_2=w_cI_c \qquad \cdots\cdots ①$$

の関係がある。また，一次電流及び二次電流をそれぞれI_1及びI_2とすると，電流比$\frac{I_1}{I_2}$はaの逆数に等しいので，

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{1}{a} \qquad \cdots\cdots ②$$

求めるI_2及びI_cは，①及び②式から，

$$I_2=aI_1=0.909\ 09\times 100=90.909 \quad \rightarrow \quad 90.9\ \mathrm{A} \qquad \cdots(答)$$

$$I_c=I_1-I_2=100-90.909=9.090\ 9 \quad \rightarrow \quad 9.09\ \mathrm{A} \qquad \cdots(答)$$

(4) 自己容量S_sは，分路巻線を用いて求めると，

$$S_s=V_1I_c=3\ 000\times 9.090\ 9=27\ 273 \quad \rightarrow \quad 27.3\ \mathrm{kV\cdot A} \qquad \cdots(答)$$

(5) 負荷容量をSとすると，

$$S=V_2I_2=3\ 300\times 90.909=300\ 000 \quad \rightarrow \quad 300\ \mathrm{kV\cdot A}$$

巻数分比をKとすると，

$$K=\frac{S_{\mathrm{s}}}{S}=\frac{27\ 273}{300\times10^{3}}=0.09\ 091 \quad \rightarrow \quad 0.090\ 9 \qquad \cdots(答)$$

〔問３の標準解答〕

(1) 電源電圧を，

$$v = \sqrt{2}V\sin\theta$$

とすると，その全波整流波形は，

$$v_{\mathrm{L1}} = \left|\sqrt{2}V\sin\theta\right|$$

となる。ここで，平均値は

$$\begin{aligned} V_{\mathrm{L1}} &= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v_{\mathrm{L1}}\,\mathrm{d}\theta = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\left|\sqrt{2}V\sin\theta\right|\mathrm{d}\theta = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\sqrt{2}V\sin\theta\,\mathrm{d}\theta = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}\int_0^{\pi}\sin\theta\,\mathrm{d}\theta \\ &= \frac{\sqrt{2}V}{\pi}[-\cos\theta]_0^{\pi} = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}[(-\cos\pi)-(-\cos 0)] \\ &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi}V \end{aligned}$$

したがって，

$$V_{\mathrm{L1}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\times 200 = 180.06 \ \rightarrow\ 180\ \mathrm{V} \quad \cdots(\text{答})$$

(2) v_{L1} の実効値は v の実効値に等しいので，

$$P_{\mathrm{L1}} = \frac{V^2}{R} = \frac{200^2}{100} = 400\ \mathrm{W} \quad \cdots(\text{答})$$

(3) コンデンサ C は v の最大値まで充電され R によって放電される。しかし C は十分に大きく，電圧リプルは無視できるので，V_{L2} は v の最大値(波高値)で一定となる。したがって，

$$V_{\mathrm{L2}} = \sqrt{2}V = \sqrt{2}\times 200 = 282.84 \ \rightarrow\ 283\ \mathrm{V} \quad \cdots(\text{答})$$

(4) 負荷抵抗器 R には，一定電圧 V_{L2} が印加するので，

$$P_{\mathrm{L2}} = \frac{{V_{\mathrm{L2}}}^2}{R} = \frac{(\sqrt{2}V)^2}{R} = \frac{2V^2}{R} = \frac{2\times 200^2}{100} = 800\ \mathrm{W} \quad \cdots(\text{答})$$

(5) 全波整流波形のうち，交流成分は L に印加し，直流成分，すなわち平均値のみが R に印加する。全波整流波形の平均値は，すでに上記(1)で求めており，

$$V_{\mathrm{L3}} = V_{\mathrm{L1}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}V = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\times 200 = 180.06 \ \rightarrow \ 180\ \mathrm{V} \quad \cdots(答)$$

(6) R には V_{L3} が印加しているので，

$$P_{\mathrm{L3}} = \frac{{V_{\mathrm{L3}}}^2}{R} = \frac{\left(\dfrac{2\sqrt{2}}{\pi}V\right)^2}{R} = \frac{8V^2}{\pi^2 R} = \frac{8}{\pi^2}\times\frac{200^2}{100} = 324.23 \ \rightarrow \ 324\ \mathrm{W} \quad \cdots(答)$$

〔問４の標準解答〕

（1） $v_{\mathrm{o}}(t)$は，次式で記述される。

$$v_{\mathrm{o}}(t)=\frac{Q(t)}{C}=\frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)\mathrm{d}\tau+\frac{Q(0)}{C} \qquad \cdots（答）$$

コンデンサの電荷の初期値$Q(0)$を零とし，両辺をラプラス変換して次式を得る。

$$V_{\mathrm{o}}(s)=\frac{1}{Cs}I(s) \qquad \cdots（答）$$

よってブロック線図は次のようになる。

$$V_{\mathrm{o}}(s) \longrightarrow \boxed{Cs} \longrightarrow I(s) \qquad \cdots（答）$$

図1

（2） 題意より，次式となる。

$$v_{\mathrm{i}}(t)=Ri(t)+L\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}+v_{\mathrm{o}}(t)$$

上の式をラプラス変換して次式を得る。

$$V_{\mathrm{i}}(s)=RI(s)+LsI(s)-Li(0)+V_{\mathrm{o}}(s)$$

ここで，電流の初期値$i(0)$を零とすれば，

$$V_{\mathrm{i}}(s)=(R+Ls)I(s)+V_{\mathrm{o}}(s)$$

となる。よって，ブロック線図は次のようになる。

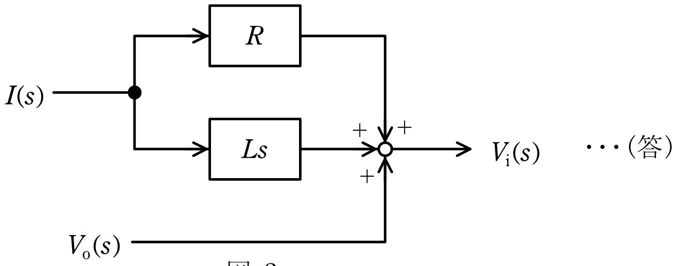


図 2a

または,

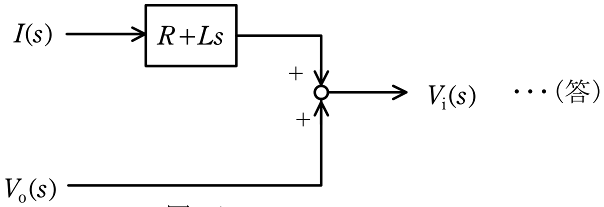


図 2b

(3) *RLC* 直列回路全体のブロック線図は次のようになる。

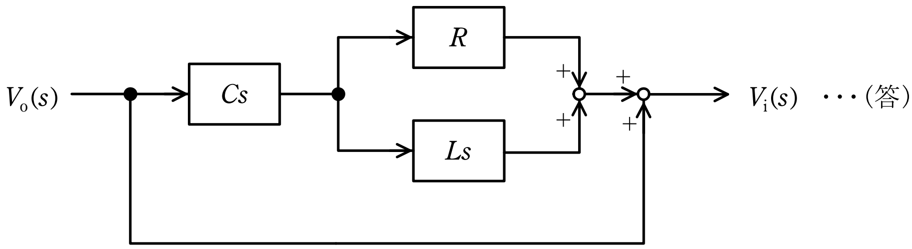


図 3a

または,

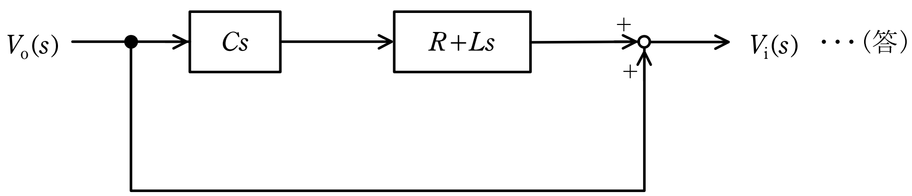


図 3b

(4) 等価変換する。

並列結合，直列結合の等価変換を行う。

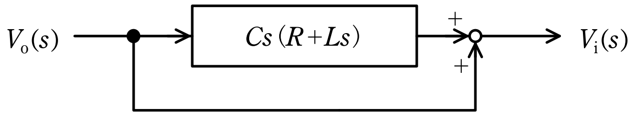


図4

並列結合の等価変換を行う。

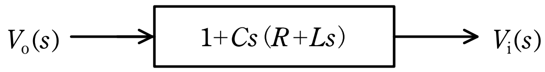
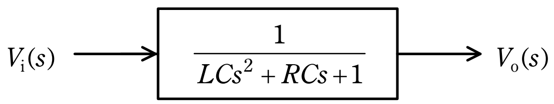


図5

入力と出力を逆にする。



・・・(答)

図6

(5) $$\frac{1}{LCs^2+RCs+1}=\frac{\dfrac{1}{LC}}{s^2+\dfrac{R}{L}s+\dfrac{1}{LC}}$$

となる。上式と 2 次遅れ系の標準形 $\dfrac{K\omega_n{}^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n{}^2}$ とを比較することで，

$$K=1$$

$$\omega_n=\frac{1}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{\sqrt{2\times10^{-3}\times500\times10^{-6}}}=\frac{1}{\sqrt{10^{-6}}}=10^3\ \text{rad/s}\quad \cdots(\text{答})$$

$$\zeta=\frac{R}{2\omega_n L}$$

$$=\frac{R\sqrt{LC}}{2L}$$

$$=\frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{500\times10^{-6}}{2\times10^{-3}}}=0.25\cdots(\text{答})$$

［(5)の別解］

LC と RC は，以下のように計算される。

$$LC = 2 \times 10^{-3} \times 500 \times 10^{-6} = 1\,000 \times 10^{-9} = 10^{-6}$$

$$RC = 1 \times 500 \times 10^{-6} = 500 \times 10^{-6}$$

したがって，

$$\frac{1}{LCs^2 + RCs + 1} = \frac{1}{10^{-6}s^2 + 500 \times 10^{-6}s + 1} = \frac{10^6}{s^2 + 500s + 10^6}$$

となる。上式と 2 次遅れ系の標準形 $\dfrac{K\omega_{\mathrm{n}}{}^2}{s^2 + 2\zeta\omega_{\mathrm{n}}s + \omega_{\mathrm{n}}{}^2}$ とを比較することで，

$$\left.\begin{array}{l} K = 1 \\ \omega_{\mathrm{n}} = 10^3 \ \mathrm{rad/s} \\ \zeta = 0.25 \end{array}\right\} \quad \cdots (\text{答})$$