平成 24 年 問 6

問題　【難易度】★★★☆☆（普通）

二つの電力系統 A， B がある。それぞれの電力系統は図 1 に示すように， 1 発電機， 1 負荷で表され，一つの送電線で連系されているものとする。発電機 A， B の容量はそれぞれ 80 [MW] とし，それぞれの負荷の負荷確率分布は図 2 に示す折れ線 $F(L)$ (負荷電力が L を超える確率)であるとする。このとき，電力系統 A の電力不足確率(LOLP)を，次の場合につき小数第 3 位まで求めよ。

(1)　送電線が使用されていない場合。ただし，発電機 A の事故停止確率は 0 とする。

(2)　送電線が使用されていない場合。ただし，発電機 A の事故停止確率は 0.02 とする。

(3)　送電線が使用されている場合。ただし，発電機 A， B の事故停止確率はともに 0 とし，負荷 A， B の負荷変動は互いに独立しており，送電線の損失は無視するものとする。

また，電力系統 B から電力系統 A への電力融通は，次の条件とする。

①　電力系統 A の発電電力が電力系統 A の負荷電力を下回るとき

②　融通電力は電力系統 B の発電電力の余力分まで

③　送電線の送電容量は 10 [MW]

なお， $f(L)=-\frac{\mathrm{d}F}{\mathrm{d}L}$ は確率密度関数と呼ばれ， $f(L)\mathrm{dL}$ は負荷電力が L〜$L+\mathrm{d}L$ である確率を表し， $F(L)=1-\int_0^L f(L)\mathrm{d}L$ の関係がある。

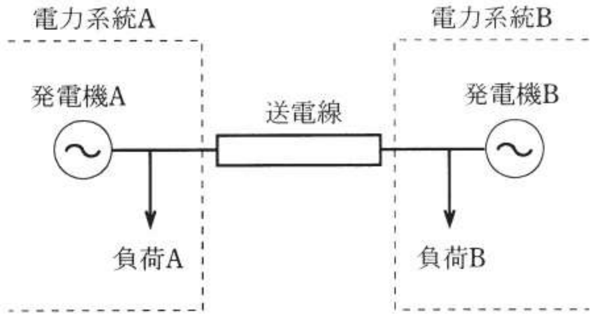

図 1

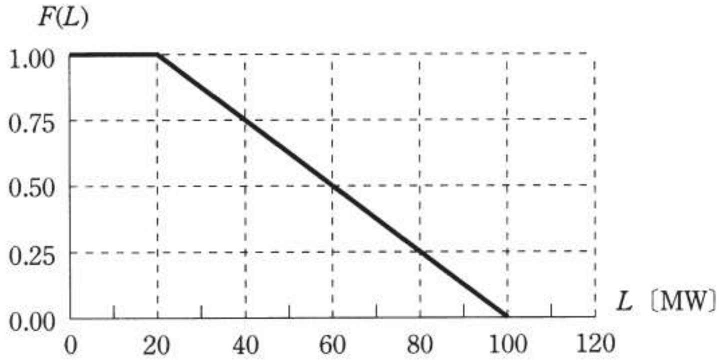

図 2

【正答チェック表】

日にち						
(1)						
(2)						
(3)	①					
	②					
	③					

(2)$\alpha=\frac{\pi}{3}$のときの出力電圧v_dの最大値V_{max}

$\alpha=\frac{\pi}{3}$のときの各出力電圧v_{d1}, v_{d2}は図 2-2 の通りとなる。図 2-2 より，出力電圧v_dの最大値V_{max}は，図 2-2 の$\theta=\frac{\pi}{6}$，$\frac{\pi}{3}$，$\frac{\pi}{2}$，$\frac{2}{3}\pi$・・・の時であり，その大きさは，

$$
\begin{aligned}
V_{max} &= \sqrt{2}V\sin\frac{\pi}{3}+\sqrt{2}V\sin\frac{\pi}{6}\\
&= \sqrt{2}V\left(\frac{\sqrt{3}}{2}+\frac{1}{2}\right)\\
&= \frac{\sqrt{2}(\sqrt{3}+1)}{2}V
\end{aligned}
$$

と求められる。

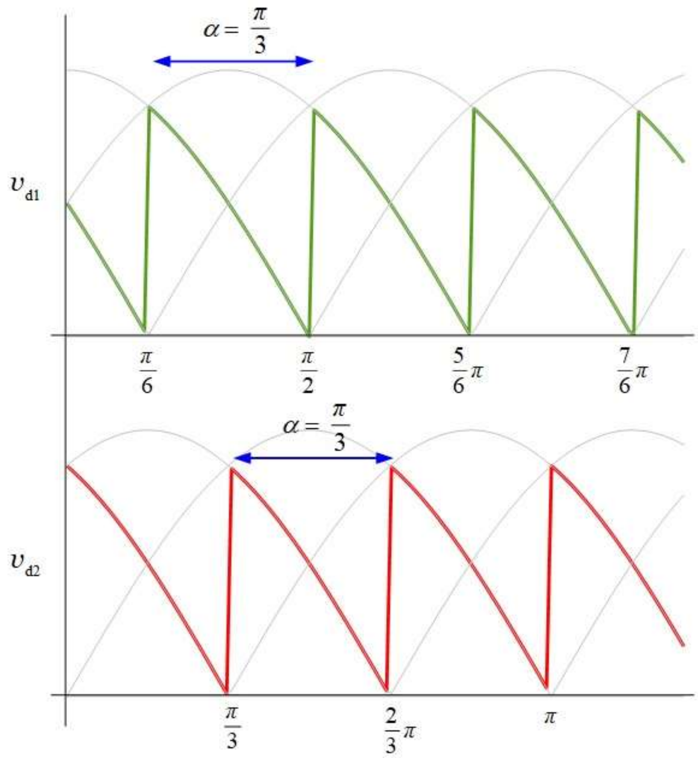

図 2-2

(3)電源電流i_U[A]の波高値I_{max}

各電流をI_dで表すと，i_{u1}，i_{u2}，i_{w2}の最大値はI_dであるから，i'_{u2}，i'_{w2}の最大値は$\frac{I_d}{\sqrt{3}}$となるので，

$$i_{U2}=i'_{u2}-i'_{w2}$$

より，i_{U2}の最大値は，$\frac{2I_d}{\sqrt{3}}$となる。

よって，電源電流i_U[A]の波高値I_{max}は，

$$I_{max}=I_d+\frac{2I_d}{\sqrt{3}}=\left(1+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)I_d$$

と求められる。

(4)電源電流i_Uの実効値I_U

図 2 より，i_Uの値は，

$$
i_U=\begin{cases}
\frac{1}{\sqrt{3}}I_d & \left(\alpha<\theta\leqq\frac{\pi}{6}+\alpha\right)\\
\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right)I_d & \left(\frac{\pi}{6}+\alpha<\theta\leqq\frac{\pi}{3}+\alpha\right)\\
\left(1+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)I_d & \left(\frac{\pi}{3}+\alpha<\theta\leqq\frac{\pi}{2}+\alpha\right)
\end{cases}
$$

であり，実効値I_Uは，

$$
\begin{aligned}
I_U &= \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi+\alpha}(i_U)^2\mathrm{d}\theta}=\sqrt{\frac{2}{\pi}\int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}+\alpha}(i_U)^2\mathrm{d}\theta}\\
&= \sqrt{\frac{2}{\pi}\left[\int_{\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha}\left(\frac{1}{\sqrt{3}}I_d\right)^2\mathrm{d}\theta+\int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{3}+\alpha}\left\{\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right)I_d\right\}^2\mathrm{d}\theta+\int_{\frac{\pi}{3}+\alpha}^{\frac{\pi}{2}+\alpha}\left\{\left(1+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)I_d\right\}^2\mathrm{d}\theta\right]}\\
&= \sqrt{\frac{2}{\pi}I_d^2\left\{\int_{\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha}\frac{1}{3}\mathrm{d}\theta+\int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{3}+\alpha}\left(\frac{4}{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)\mathrm{d}\theta+\int_{\frac{\pi}{3}+\alpha}^{\frac{\pi}{2}+\alpha}\left(\frac{7}{3}+\frac{4}{\sqrt{3}}\right)\mathrm{d}\theta\right\}}\\
&= \sqrt{\frac{2}{\pi}I_d^2\left\{\frac{1}{3}\cdot\frac{\pi}{6}+\left(\frac{4}{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)\frac{\pi}{6}+\left(\frac{7}{3}+\frac{4}{\sqrt{3}}\right)\frac{\pi}{6}\right\}}=\sqrt{\frac{1}{3}I_d^2\left\{\frac{1}{3}+\left(\frac{4}{3}+\frac{2}{\sqrt{3}}\right)+\left(\frac{7}{3}+\frac{4}{\sqrt{3}}\right)\right\}}\\
&= \sqrt{\frac{4+2\sqrt{3}}{3}I_d^2}\fallingdotseq 1.5774I_d \quad\rightarrow\quad 1.58I_d
\end{aligned}
$$

と求められる。

(5)電源電流i_Uの基本波成分の実効値I_{Uf}

ワンポイント解説「1.フーリエ級数展開」において，図 2 の$\theta=\alpha$を基準にすると，i_Uは奇関数となるため，$a_0=a_1=0$となり，