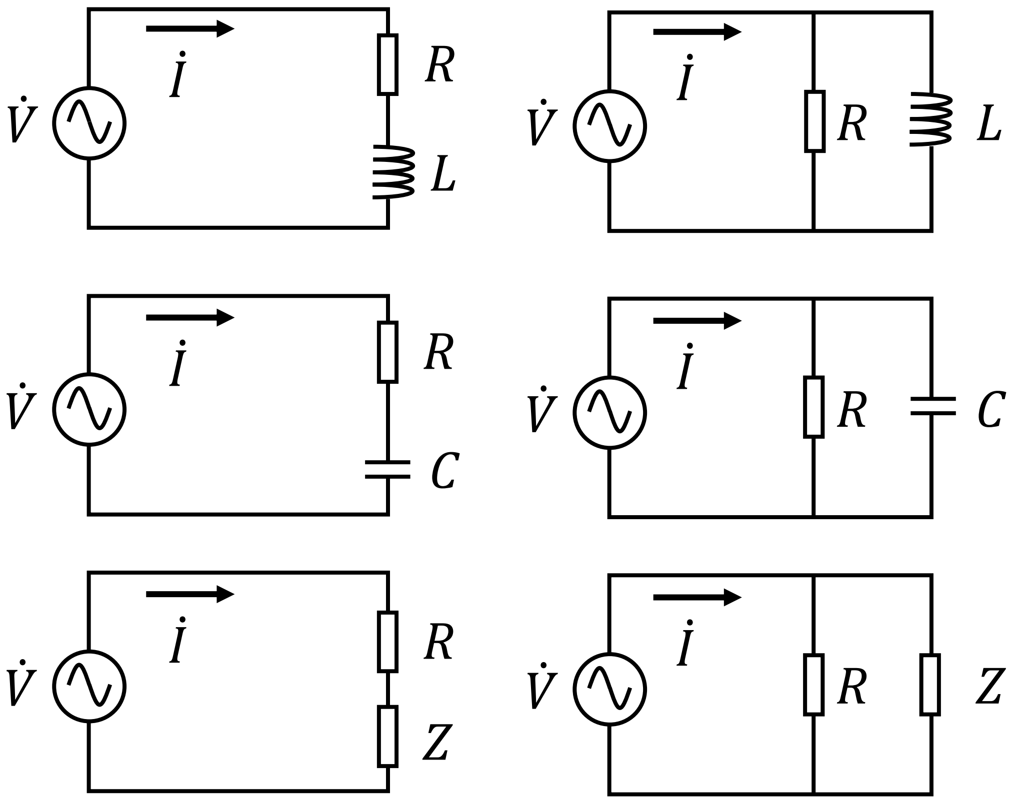
電験どうでしょう管理人
KWG presents

短期集中講座

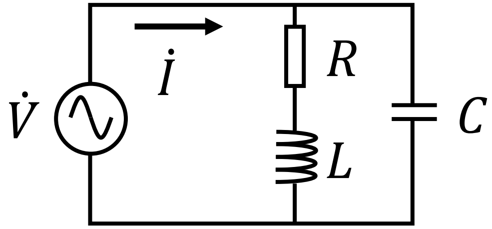
単相交流

2023.06.03 Sun

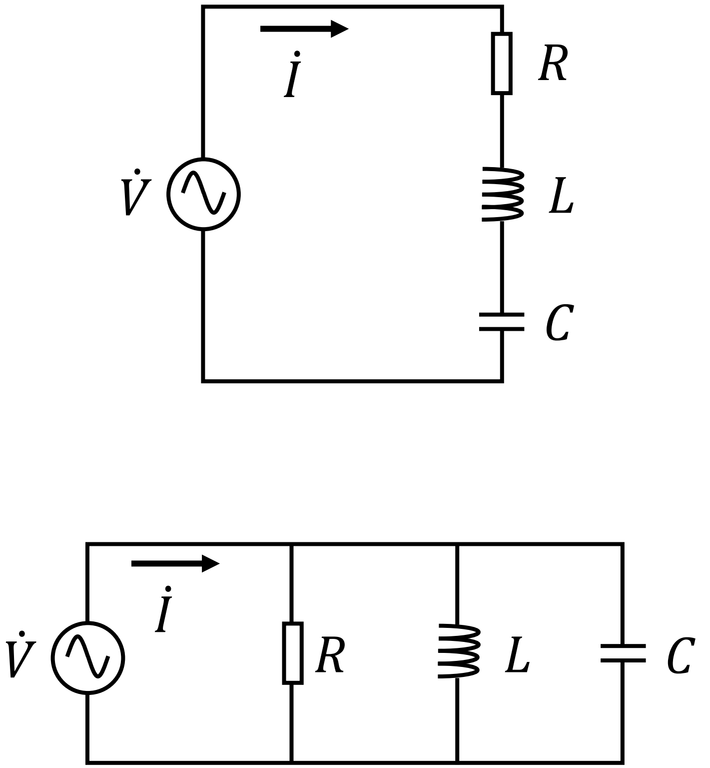
電験三種で出題される交流回路



素子が2種類
→ベクトルで解く



Cによる力率改善
→複素数で解く

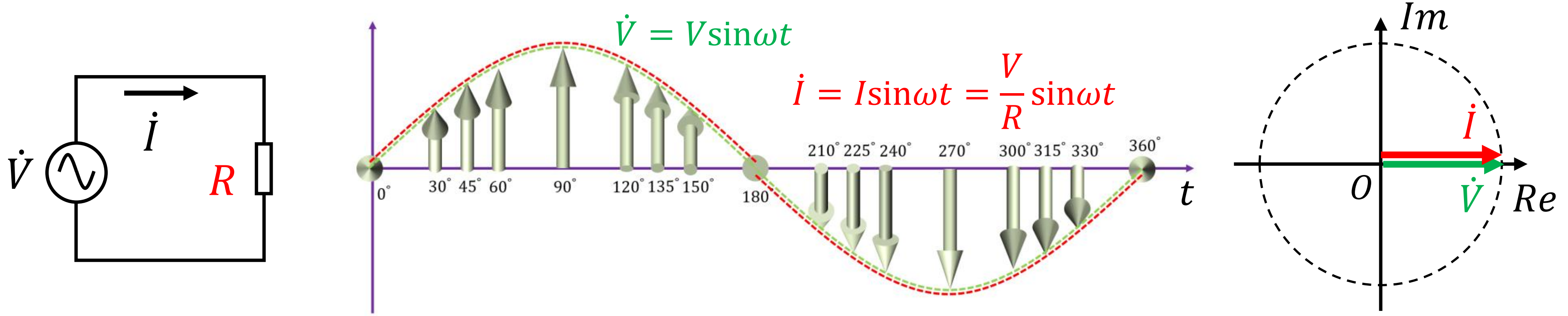


RLC直列/並列
→共振条件で解く

各素子の電圧と電流の関係

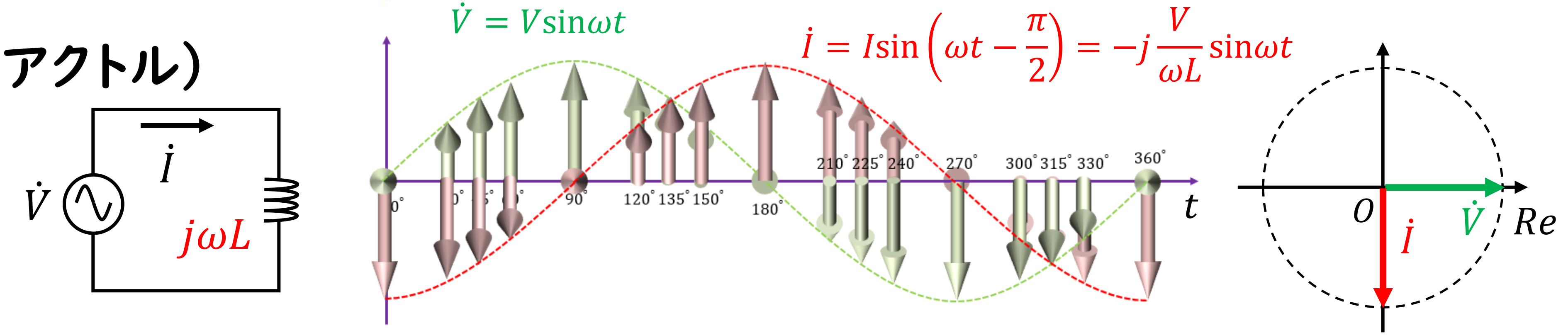
抵抗R

電圧と電流は同相



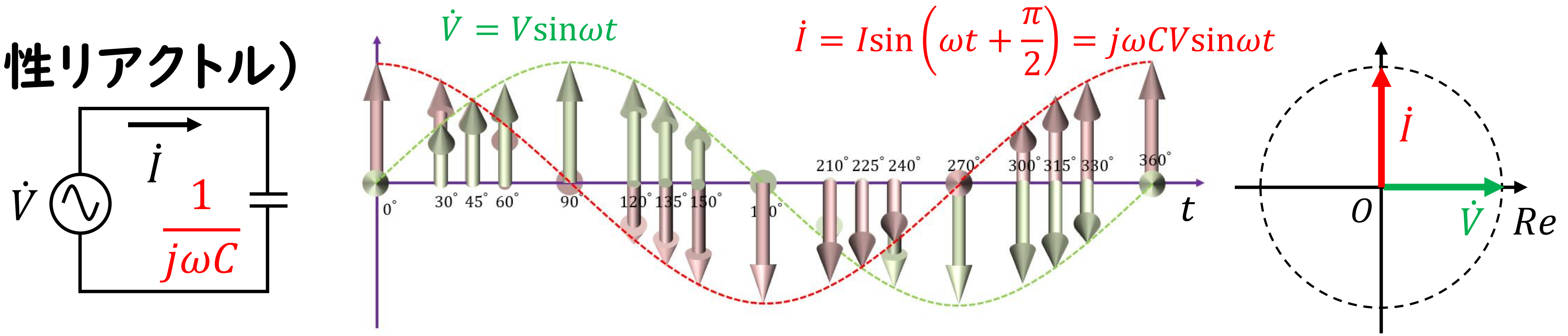
コイルL（誘導性リアクトル）

電圧は電流より進む
電流は電圧より遅れる

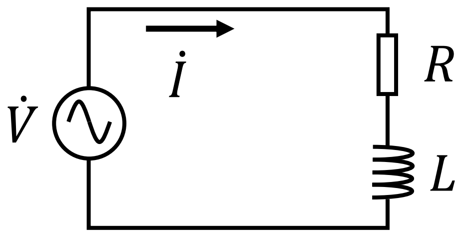


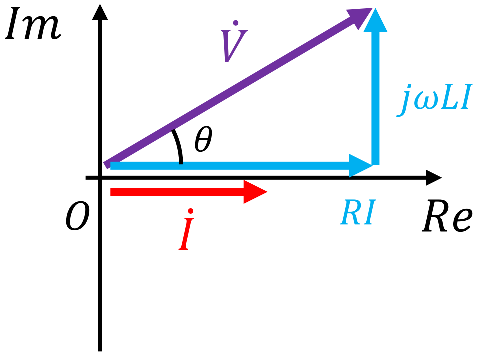
コンデンサC（容量性リアクトル）

電圧は電流より遅れる
電流は電圧より進む

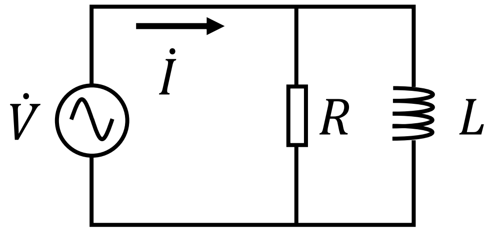


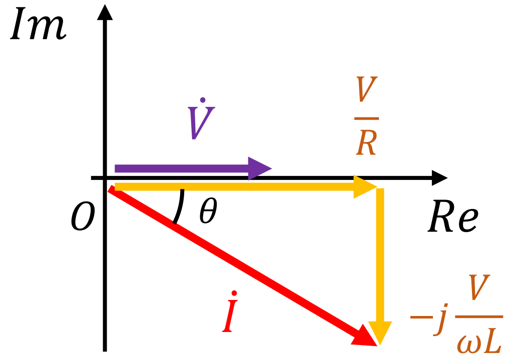
回路とベクトル



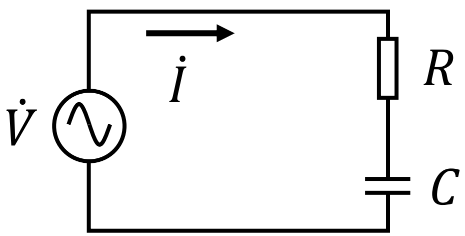


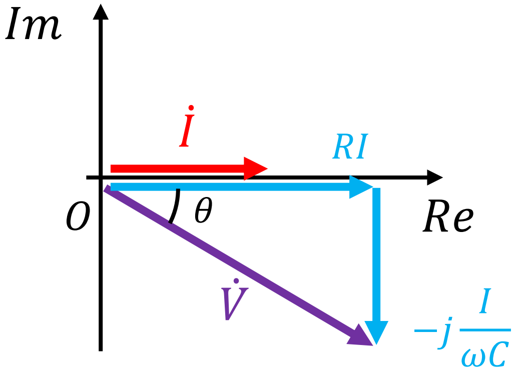
電流は電圧より遅れる



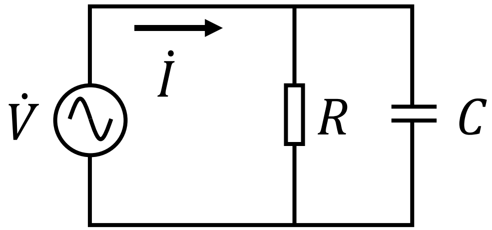


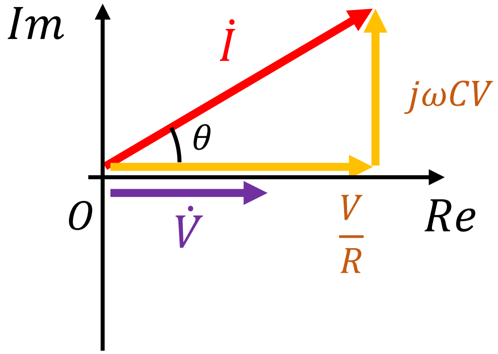
電流は電圧より遅れる





電流は電圧より進む





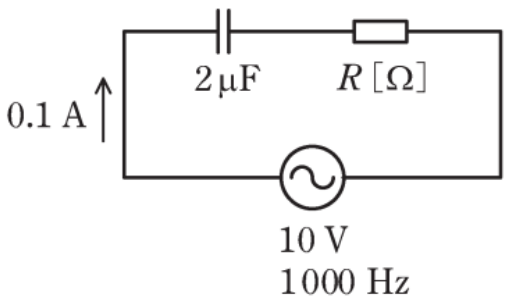
電流は電圧より進む

直列回路は電流を基準に作図

並列回路は電圧を基準に作図

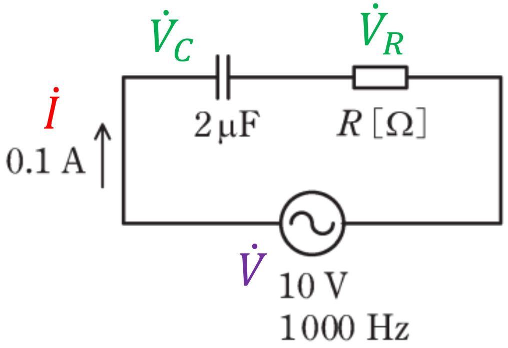
R02 問8

問８　図のように，静電容量 2 μF のコンデンサ，R[Ω]の抵抗を直列に接続した。この回路に，正弦波交流電圧 10 V，周波数 1 000 Hz を加えたところ，電流 0.1 A が流れた。抵抗 R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



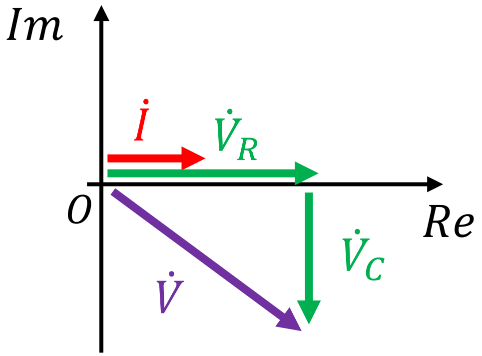
（1）4.50　（2）20.4　（3）30.3　（4）60.5　（5）79.6

導出のポイント



直列回路でベクトルを描く場合
→**電流基準**が描くやすい

抵抗の電圧$\dot{V}_R$ →電圧と電流は同相
コンデンサの電圧$\dot{V}_C$ →電圧は電流より遅れる



$\dot{V}_R$と$\dot{V}_C$を式で表す

$$\dot{V}_R = R\dot{I}$$

$$\dot{V}_c = \frac{1}{j\omega C}\dot{I} = -j\frac{1}{\omega C}\dot{I}$$

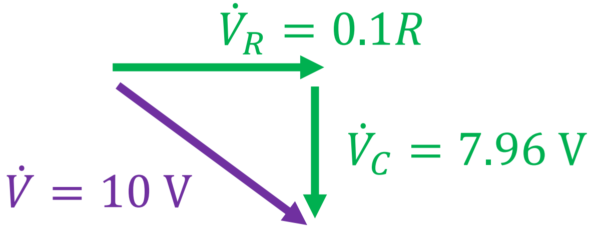
$\dot{V}_R$と$\dot{V}_C$の大きさをそれぞれ求める

$$V_R = R \times I = R \times 0.1 = 0.1R$$

$$V_C = \frac{I}{\omega C} = \frac{0.1}{2\pi \times 1000 \times 2 \times 10^{-6}}$$

$$= 7.96\ \mathrm{V}$$

ベクトル図で$\dot{V}, \dot{V}_R, \dot{V}_C$の大きさを結びつける



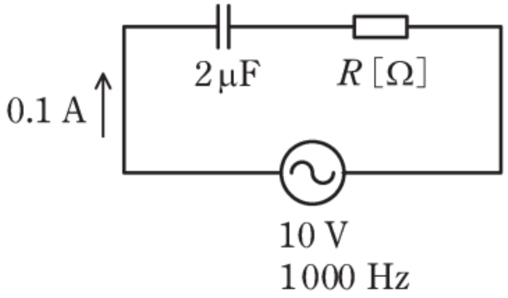
$$V_R = 0.1R = \sqrt{10^2 - 7.96^2} = 6.053\ \mathrm{V}$$

$$\therefore R = 60.53\ \Omega$$

＜ベクトルによる計算のポイント＞
→各成分の大きさと位相の計算を分けて考える
・大きさの計算→オームの法則に従う
・位相の計算→ベクトル図を描く

R02 問8

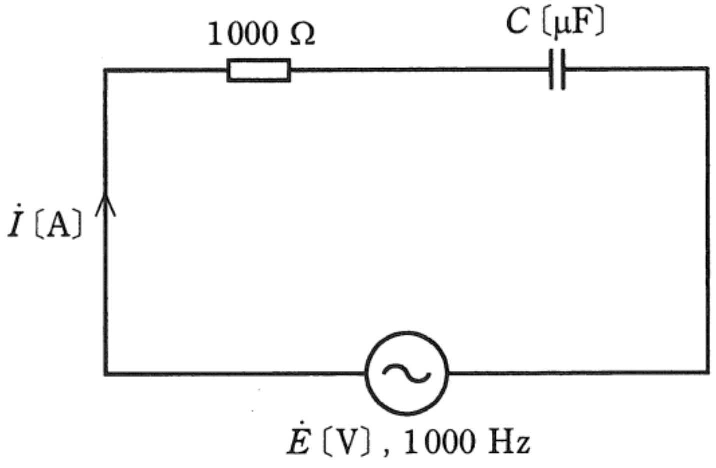
問８　図のように，静電容量 2 μF のコンデンサ，R[Ω]の抵抗を直列に接続した。この回路に，正弦波交流電圧 10 V，周波数 1 000 Hz を加えたところ，電流 0.1 A が流れた。抵抗 R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　4.50　　(2)　20.4　　(3)　30.3　　(4)　60.5　　(5)　79.6

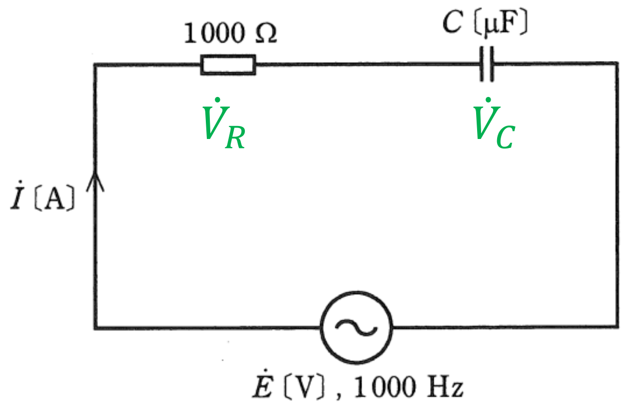
H23 問9

問９　図のように，1000〔Ω〕の抵抗と静電容量 C〔μF〕のコンデンサを直列に接続した交流回路がある。いま，電源の周波数が 1000〔Hz〕のとき，電源電圧 $\dot{E}$〔V〕と電流 $\dot{I}$〔A〕の位相差は $\frac{\pi}{3}$〔rad〕であった。このとき，コンデンサの静電容量 C〔μF〕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) 0.053　　(2) 0.092　　(3) 0.107　　(4) 0.159　　(5) 0.258

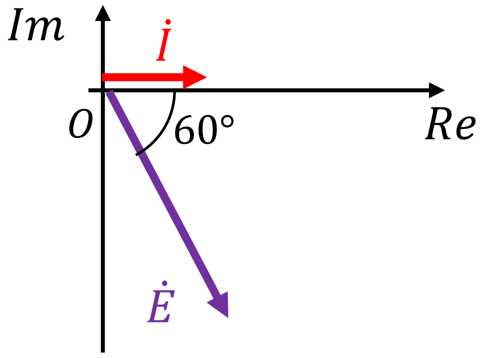
導出のポイント

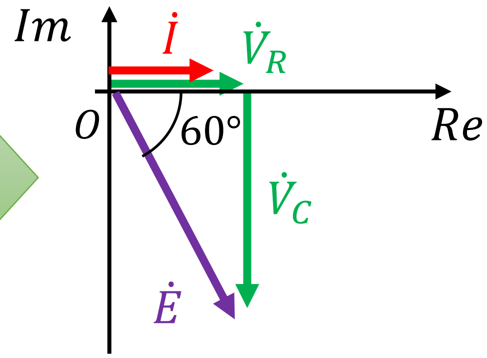


直列回路でベクトルを描く場合
→電流基準が描くやすい

抵抗の電圧$\dot{V}_R$
→電圧と電流は同相

コンデンサの電圧$\dot{V}_C$
→電圧は電流より遅れる





$\dot{V}_R$と$\dot{V}_C$を式で表す

$$\dot{V}_R = R\dot{I}$$

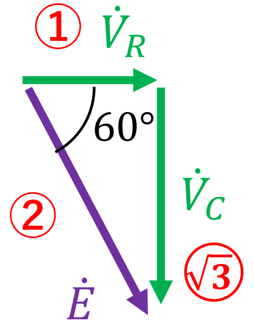
$$\dot{V}_C = \frac{1}{j\omega C}\dot{I} = -j\frac{1}{\omega C}\dot{I}$$

$\dot{V}_R$と$\dot{V}_C$の大きさをそれぞれ求める

$$V_R = R \times I = 1000I$$

$$V_C = \frac{I}{\omega C} = \frac{I}{2\pi \times 1000 \times C}$$

ベクトル図で$\dot{E}, \dot{V}_R, \dot{V}_C$の大きさを結びつける

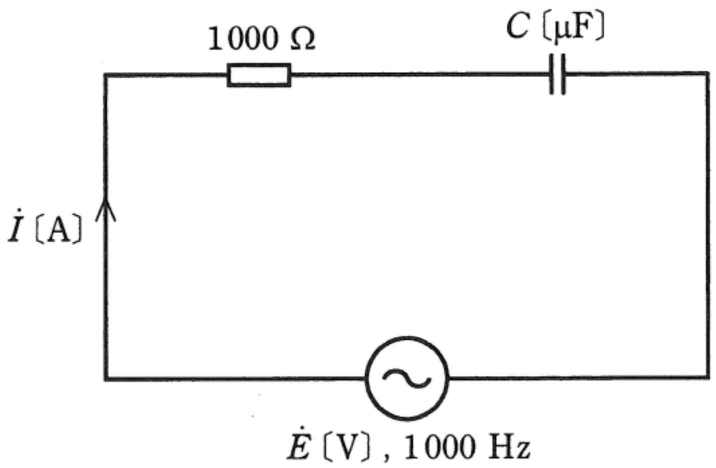


$$\frac{V_C}{V_R} = \frac{\frac{I}{2\pi \times 1000 \times C}}{1000I} = \frac{1}{2\pi \times 1000^2 \times C} = \frac{\sqrt{3}}{1}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times 1000^2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.092\ \mu\text{F}$$

H23 問9

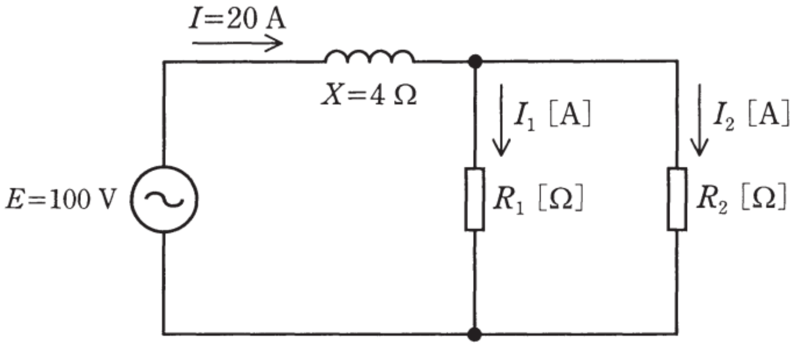
問９　図のように，1 000〔Ω〕の抵抗と静電容量 C〔μF〕のコンデンサを直列に接続した交流回路がある。いま，電源の周波数が 1 000〔Hz〕のとき，電源電圧 $\dot{E}$〔V〕と電流 $\dot{I}$〔A〕の位相差は $\frac{\pi}{3}$〔rad〕であった。このとき，コンデンサの静電容量 C〔μF〕の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　0.053　　(2)　0.092　　(3)　0.107　　(4)　0.159　　(5)　0.258

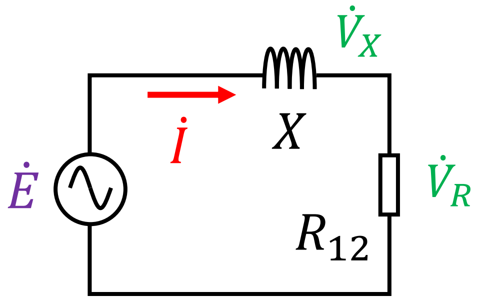
H29 問8

問８　図のように，交流電圧 $E=100$ V の電源，誘導性リアクタンス $X=4$ Ωのコイル，R_1[Ω]，R_2[Ω]の抵抗からなる回路がある。いま，回路を流れる電流の値が $I=20$ A であり，また，抵抗 R_1 に流れる電流 I_1[A]と抵抗 R_2 に流れる電流 I_2[A]との比が，$I_1 : I_2 = 1 : 3$ であった。このとき，抵抗 R_1 の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 1.0　　(2) 3.0　　(3) 4.0　　(4) 9.0　　(5) 12

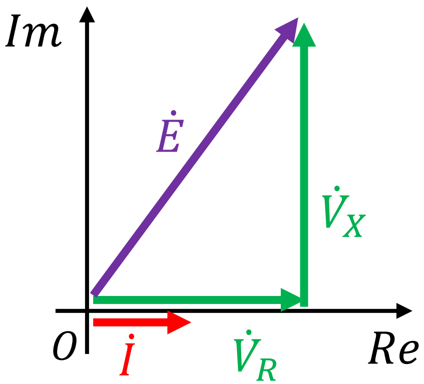
導出のポイント



直列回路でベクトルを描く場合
→電流基準が描くやすい

抵抗の電圧
→電圧と電流は同相

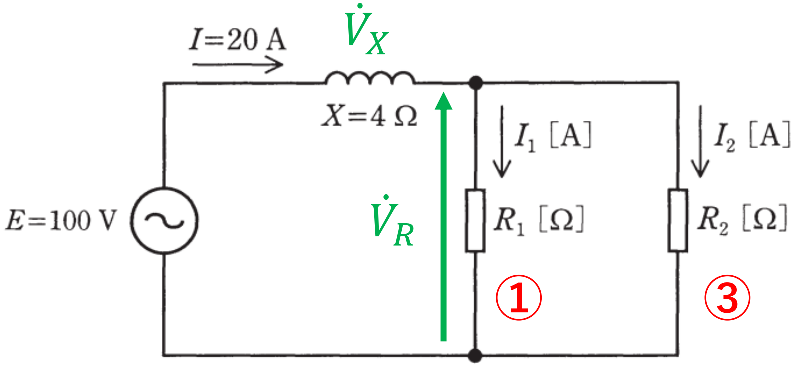
コイルの電圧
→電圧は電流より進む



$$V_R = \sqrt{E^2 - V_X^2}$$

V_Rを求める

$$V_R = 20R_{12} = \sqrt{E^2 - V_X^2}$$
$$= \sqrt{100^2 - 80^2} = 60\ \mathrm{V}$$



V_XとV_Rを式で表す

$$\dot{V}_X = jX\dot{I}$$
$$\rightarrow V_L = XI = 4 \times 20 = 80\ \mathrm{V}$$

$$\dot{V}_R = R_{12}\dot{I}$$
$$\rightarrow V_R = R_{12}I = 20R_{12}$$

R_1を求める

$$V_R = 20R_{12} = 60 \ \rightarrow R_{12} = 3\ \Omega$$

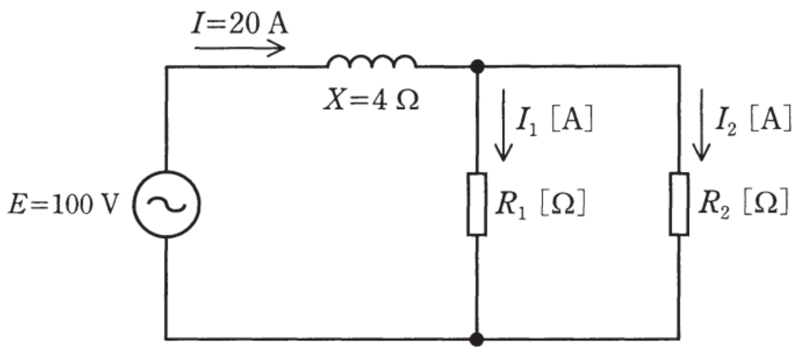
$$I_1 : I_2 = 1 : 3 = R_2 : R_1 \ \rightarrow R_1 = 3R_2 \rightarrow R_2 = \frac{1}{3}R_1$$

$$R_{12} = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1\frac{1}{3}R_1}{R_1 + \frac{1}{3}R_1} = \frac{R_1^2}{4R_1} = \frac{R_1}{4}$$

$$\rightarrow R_1 = 4R_{12} = 4 \times 3 = 12\ \Omega$$

H29　問8

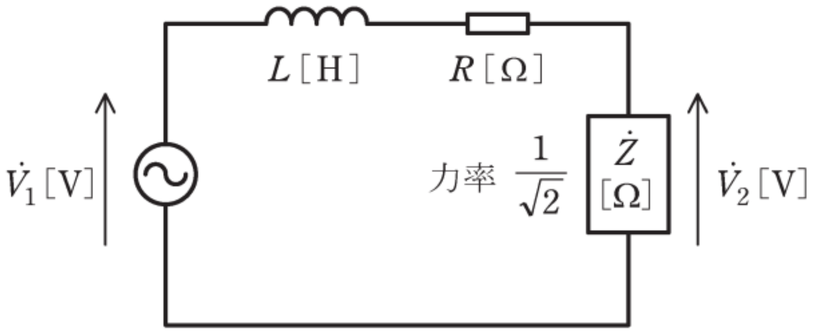
問８　図のように，交流電圧 $E=100$ V の電源，誘導性リアクタンス $X=4\ \Omega$のコイル，R_1[Ω]，R_2[Ω]の抵抗からなる回路がある。いま，回路を流れる電流の値が $I=20$ A であり，また，抵抗 R_1 に流れる電流 I_1[A]と抵抗 R_2 に流れる電流 I_2[A]との比が，$I_1 : I_2 = 1 : 3$ であった。このとき，抵抗 R_1 の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 1.0　　(2) 3.0　　(3) 4.0　　(4) 9.0　　(5) 12

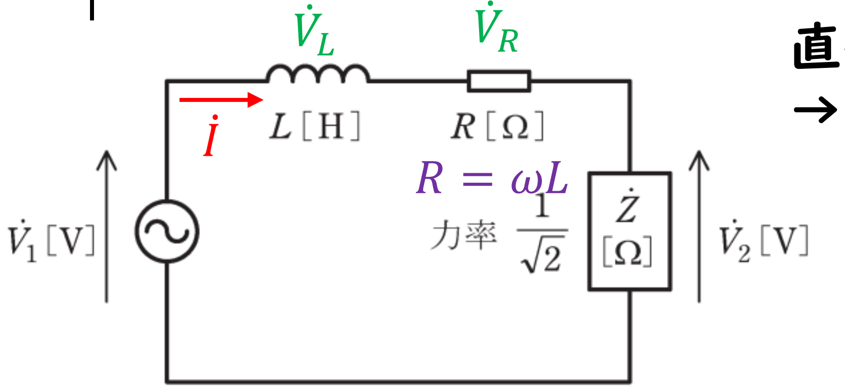
H30 問8

問８　図のように，角周波数ω[rad/s]の交流電源と力率$\dfrac{1}{\sqrt{2}}$の誘導性負荷$\dot{Z}$[Ω]との間に，抵抗値R[Ω]の抵抗器とインダクタンスL[H]のコイルが接続されている。$R=\omega L$ とするとき，電源電圧$\dot{V}_1$[V]と負荷の端子電圧$\dot{V}_2$[V]との位相差の値[°]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



（1）0　　（2）30　　（3）45　　（4）60　　（5）90

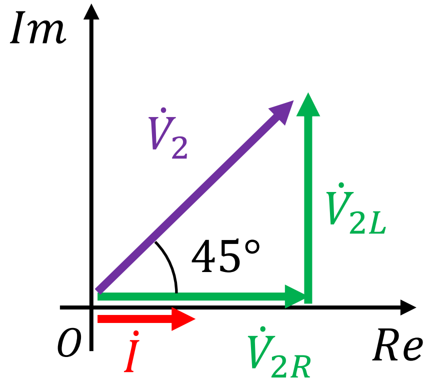
導出のポイント

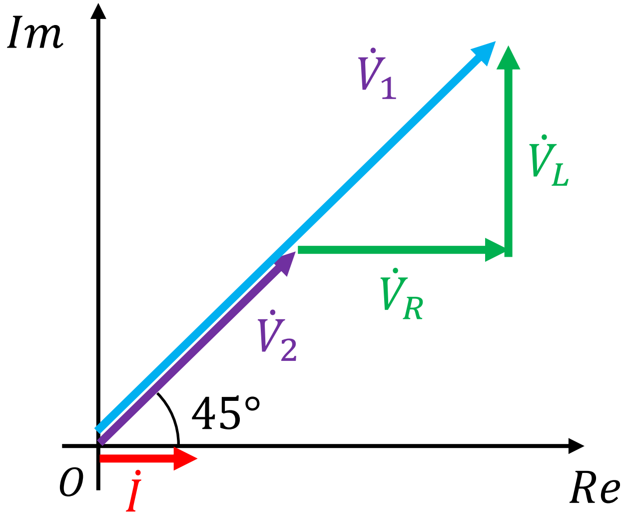


直列回路でベクトルを描く場合
→電流基準が描くやすい

抵抗の電圧
→電圧と電流は同相

コイルの電圧
→電圧は電流より進む





力率→角度に換算する

$$\frac{1}{\sqrt{2}}=\cos\theta \ \rightarrow \theta=\frac{\pi}{4}\ [\mathrm{rad}]=45°$$

誘導性負荷→抵抗とコイルの直列負荷
容量性負荷→抵抗とコンデンサの直列負荷

$\dot{V}_2$の成分V_{2R}とV_{2L}を式で表す

$$V_{2R}=\frac{V_2}{\sqrt{2}}$$

$$V_{2L}=\frac{V_2}{\sqrt{2}}$$

V_LとV_Rを式で表す

$$\dot{V}_L=j\omega L\dot{I}\ \rightarrow V_L=\omega LI$$

$$\dot{V}_R=R\dot{I}\ \rightarrow V_R=\omega LI$$

$\dot{V}_1$を実数成分と虚数成分に分解する

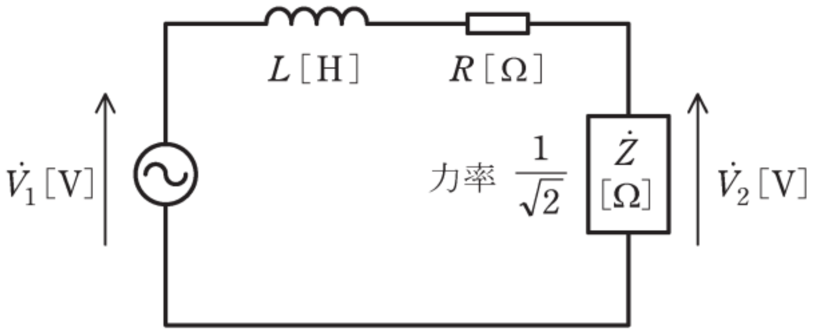
$$Re(\dot{V}_1)=V_{2R}+V_R=\frac{V_2}{\sqrt{2}}+\omega LI$$

$$Im(\dot{V}_1)=V_{2L}+V_L=\frac{V_2}{\sqrt{2}}+\omega LI$$

実数成分と虚数成分の大きさが等しいので$\dot{V}_1$の位相は45°
→従って、$\dot{V}_1$と$\dot{V}_2$は同相（位相差0°）

H30 問8

問８　図のように，角周波数ω [rad/s]の交流電源と力率$\frac{1}{\sqrt{2}}$の誘導性負荷$\dot{Z}$ [Ω]との間に，抵抗値R [Ω]の抵抗器とインダクタンスL [H]のコイルが接続されている。$R=\omega L$とするとき，電源電圧$\dot{V}_1$ [V]と負荷の端子電圧$\dot{V}_2$ [V]との位相差の値[°]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 0　(2) 30　(3) 45　(4) 60　(5) 90

H25 問9

問９　図１のように，R〔Ω〕の抵抗，インダクタンスL〔H〕のコイル，静電容量C〔F〕のコンデンサからなる並列回路がある。この回路に角周波数ω〔rad/s〕の交流電圧v〔V〕を加えたところ，この回路に流れる電流はi〔A〕であった。電圧v〔V〕及び電流i〔A〕のベクトルをそれぞれ電圧$\dot{V}$〔V〕と電流$\dot{I}$〔A〕とした場合，両ベクトルの関係を示す図２（ア，イ，ウ）及びv〔V〕とi〔A〕の時間t〔s〕の経過による変化を示す図３（エ，オ，カ）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。

ただし，$R \gg \omega L$ 及び $\omega L = \dfrac{2}{\omega C}$ とし，一切の過渡現象は無視するものとする。

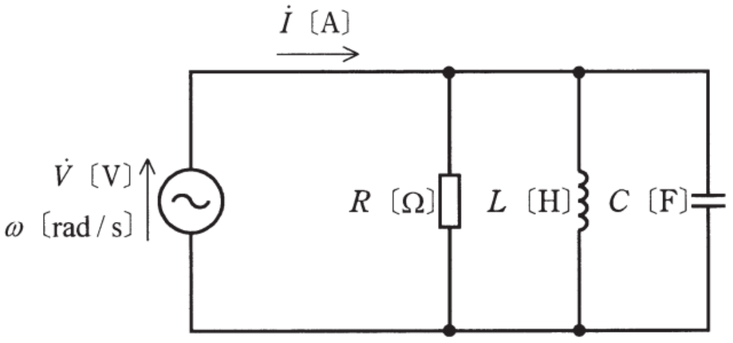


図１

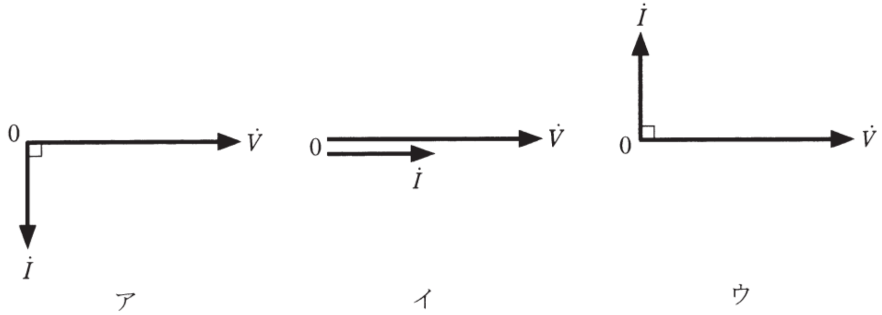


図２

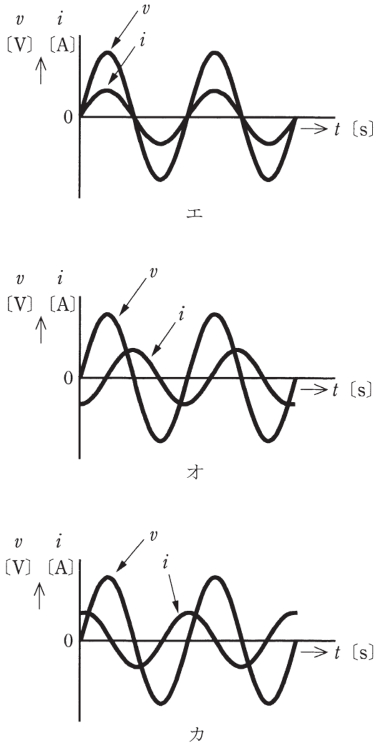
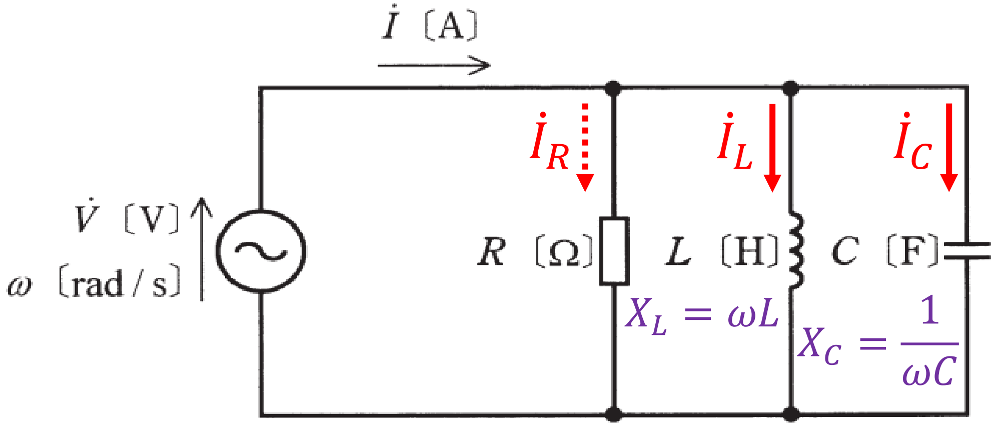


図３

	図２	図３
(1)	ア	オ
(2)	ア	カ
(3)	イ	エ
(4)	ウ	オ
(5)	ウ	カ

導出のポイント



$R \gg \omega L \rightarrow R \gg X_L$

$\omega L = \dfrac{2}{\omega C} \rightarrow X_L = 2X_C$

並列回路でベクトルを描く場合
→電圧基準が描くやすい

抵抗の電流　→電流と電圧は同相

コイルの電流　→電流は電圧より遅れる

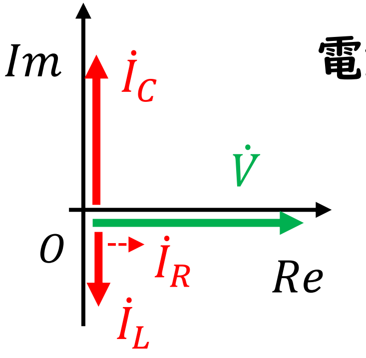
コンデンサの電流　→電流は電圧より進む

I_R, I_L, I_Cを式で表す

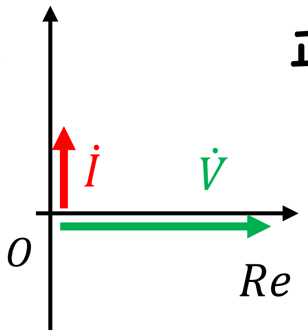
$I_R = \dfrac{V}{R} \sim 0$

$I_C = \dfrac{V}{X_C}$

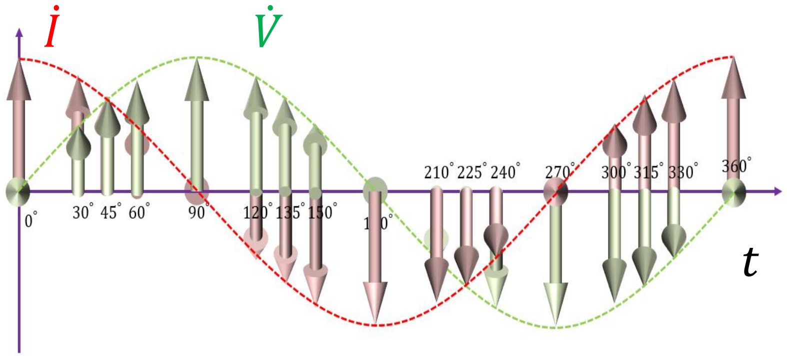
$I_L = \dfrac{V}{X_L} = \dfrac{V}{2X_C} = \dfrac{I_C}{2}$



電流ベクトルを合成



正弦波で表現



H25 問9

問９　図１のように，R〔Ω〕の抵抗，インダクタンスL〔H〕のコイル，静電容量C〔F〕のコンデンサからなる並列回路がある。この回路に角周波数ω〔rad/s〕の交流電圧v〔V〕を加えたところ，この回路に流れる電流はi〔A〕であった。電圧v〔V〕及び電流i〔A〕のベクトルをそれぞれ電圧$\dot{V}$〔V〕と電流$\dot{I}$〔A〕とした場合，両ベクトルの関係を示す図２（ア，イ，ウ）及びv〔V〕とi〔A〕の時間t〔s〕の経過による変化を示す図３（エ，オ，カ）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。

ただし，$R \gg \omega L$及び$\omega L = \dfrac{2}{\omega C}$とし，一切の過渡現象は無視するものとする。

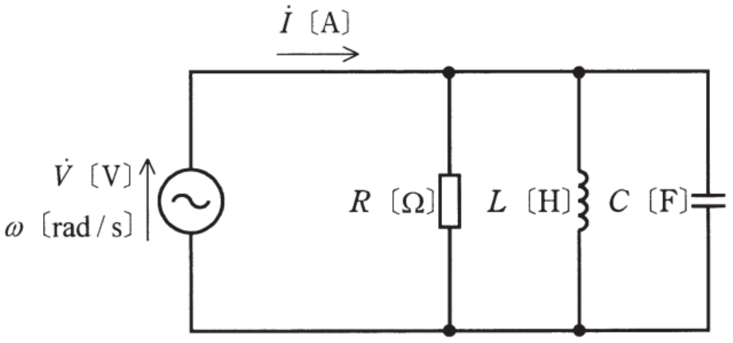


図１

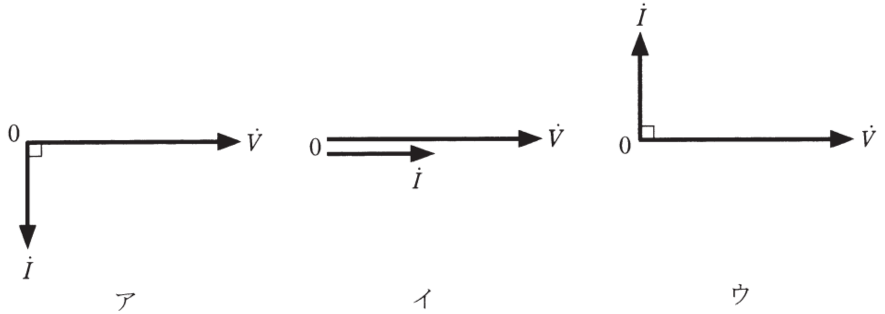


図２

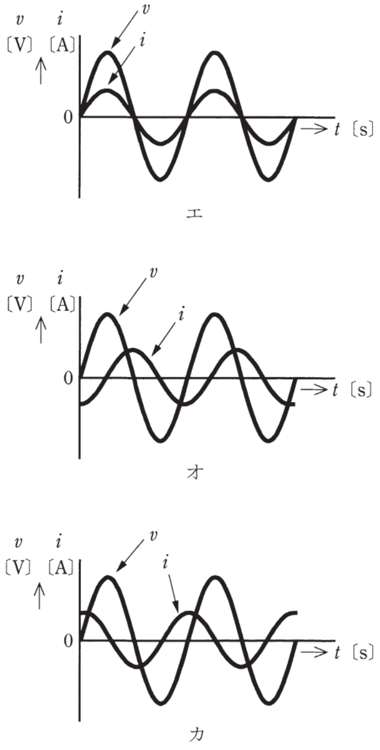
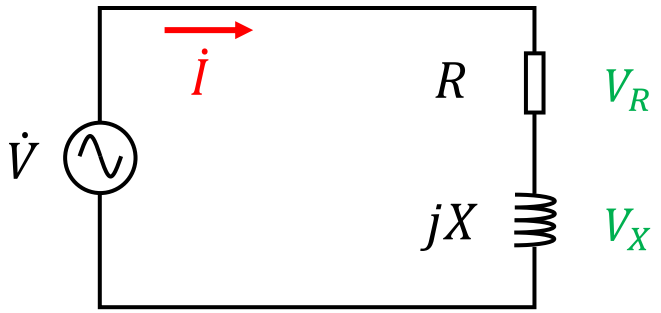


図３

	図２	図３
(1)	ア	オ
(2)	ア	カ
(3)	イ	エ
(4)	ウ	オ
(5)	ウ	カ

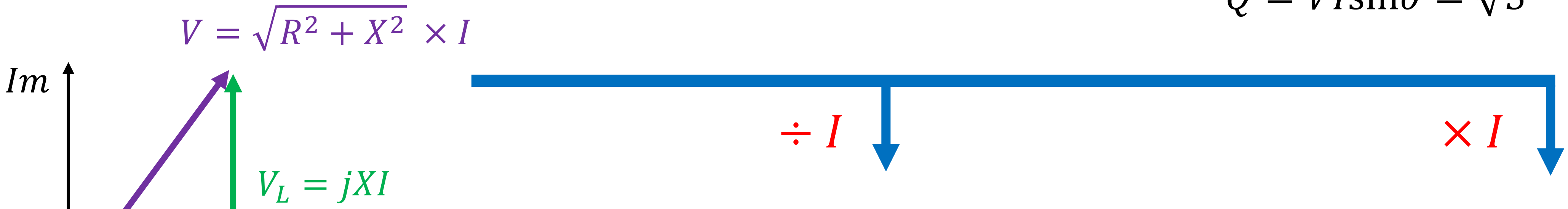
インピーダンスと電力

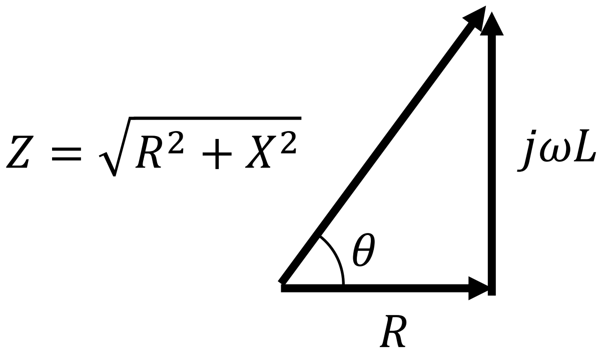


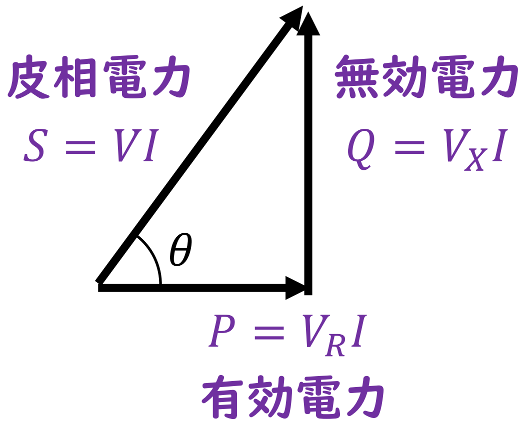
力率とは皮相電力に対する有効電力の割合
→電圧と電流の間の位相差

$$\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{V_R}{V} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$S = VI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$P = VI\cos\theta = IR^2 = \sqrt{S^2 - Q^2}$$
$$Q = VI\sin\theta = \sqrt{S^2 - P^2}$$





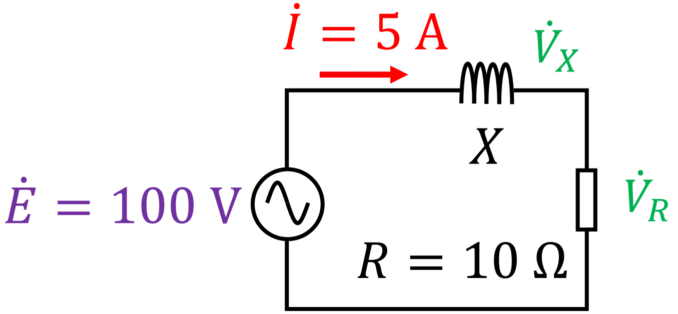


H27 問8

問８　$R=10\,\Omega$ の抵抗と誘導性リアクタンス X［Ω］のコイルとを直列に接続し，$100\,\mathrm{V}$ の交流電源に接続した交流回路がある。いま，回路に流れる電流の値は $I=5\,\mathrm{A}$ であった。このとき，回路の有効電力 P 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) 250　(2) 289　(3) 425　(4) 500　(5) 577

導出のポイント



有効電力とは抵抗で発生する電力

従って抵抗に流れる電流、または抵抗で発生する電圧から求められる

$$P = RI_R^2 = \frac{V_R}{R}$$

有効電力を求める

$$P = RI^2 = 10 \times 5^2 = 250\ \mathrm{W}$$

（別解）

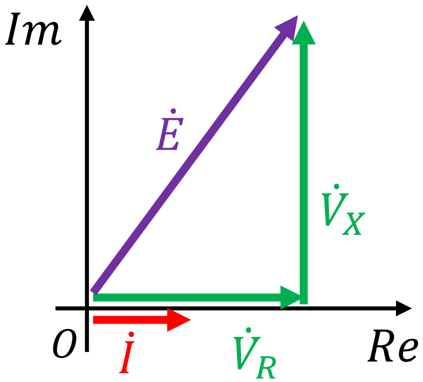
$$V_R = RI = 10 \times 5 = 50\ \mathrm{V}$$

$$P = \frac{V_R^2}{R} = \frac{50^2}{10} = 250\ \mathrm{W}$$

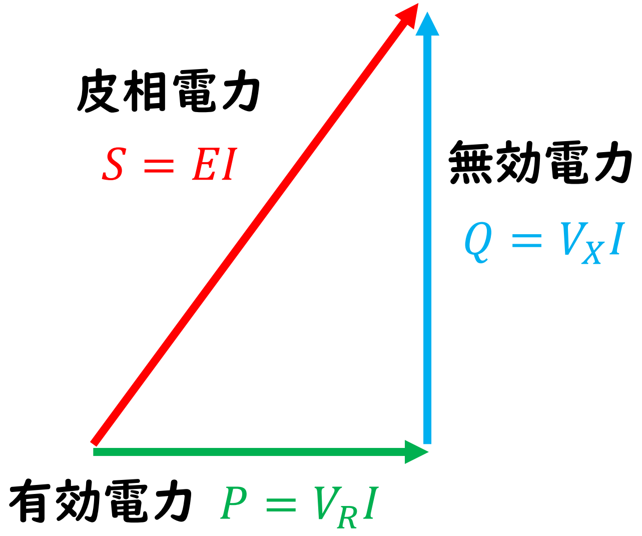
（参考）ベクトル図と電力の関係

抵抗の電圧
→電圧と電流は同相

コイルの電圧
→電圧は電流より進む



E, V_R, V_Xを
I倍すると



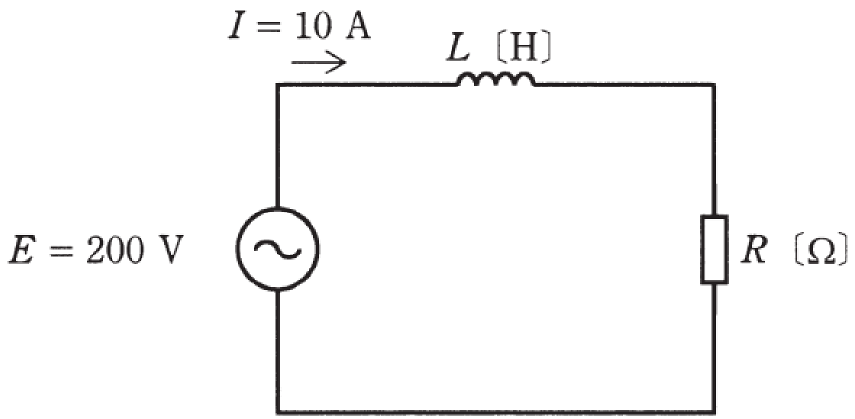
H27 問8

問８　$R=10\,\Omega$ の抵抗と誘導性リアクタンス X [Ω] のコイルとを直列に接続し，100 V の交流電源に接続した交流回路がある。いま，回路に流れる電流の値は $I=5$ A であった。このとき，回路の有効電力 P 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) 250　(2) 289　(3) 425　(4) 500　(5) 577

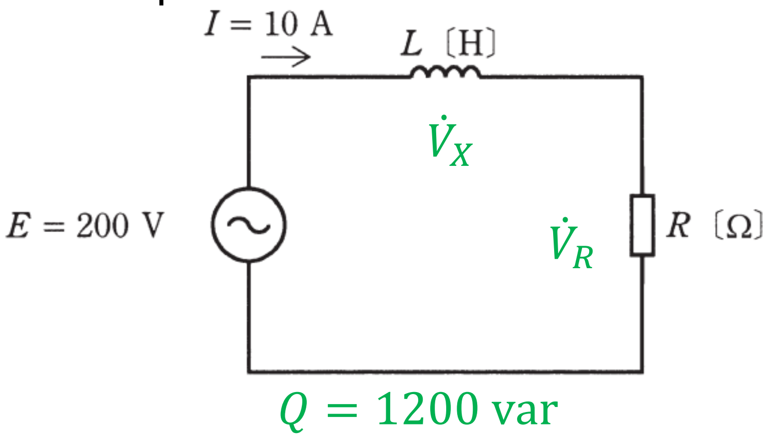
H24 問8

問８　図のように，正弦波交流電圧 $E = 200$〔V〕の電源がインダクタンス L〔H〕のコイルと R〔Ω〕の抵抗との直列回路に電力を供給している。回路を流れる電流が $I = 10$〔A〕，回路の無効電力が $Q = 1\,200$〔var〕のとき，抵抗 R〔Ω〕の値として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 4　　(2) 8　　(3) 12　　(4) 16　　(5) 20

導出のポイント



各電力を式で表す

$S = EI = 200 \times 10 = 2000$ VA

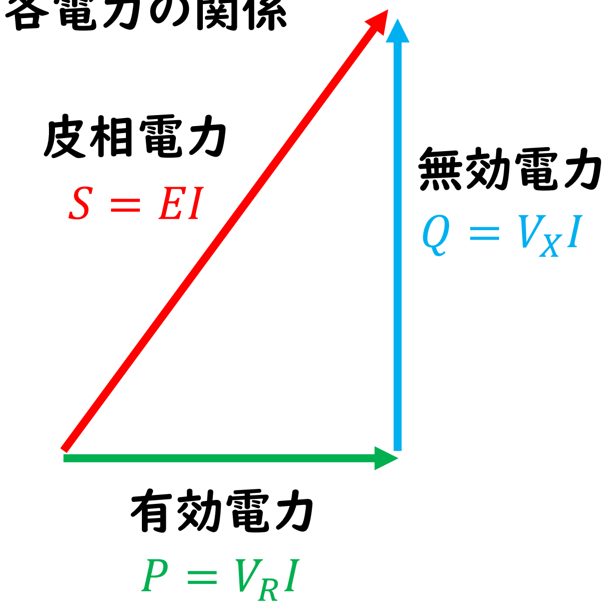
$Q = 1200$ var

$P = V_R I = RI^2$

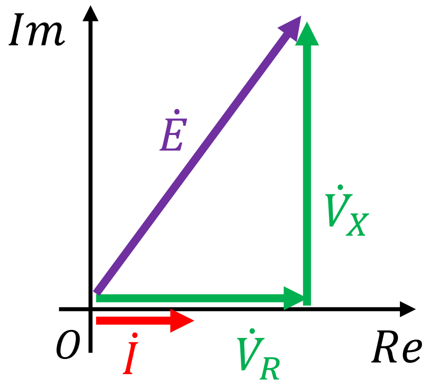
有効電力を求める

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} = \sqrt{2000^2 - 1200^2} = 1600 \text{ W}$$

各電力の関係



電圧と電流の関係

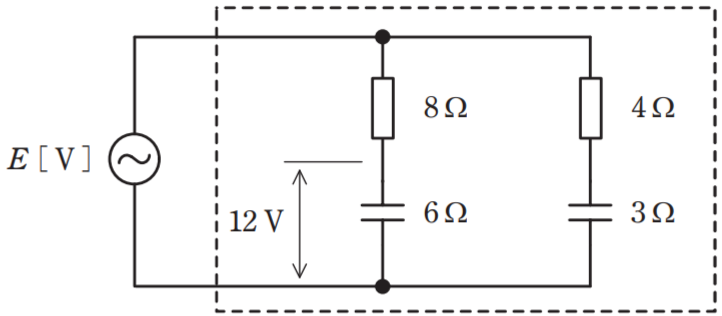


抵抗Rを求める

$$P = RI^2 \rightarrow R = \frac{P}{I^2} = \frac{1600}{10^2} = 16\ \Omega$$

R04下 問9

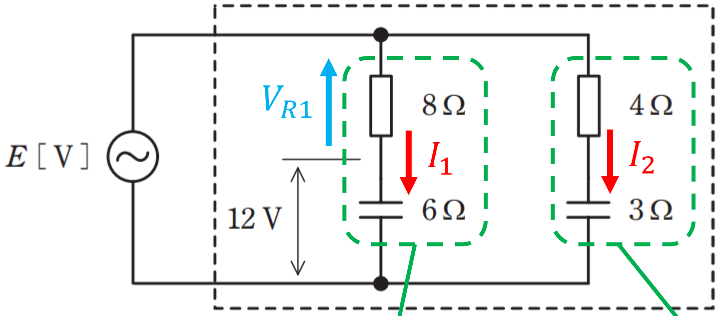
問９　図のような RC 交流回路がある。この回路に正弦波交流電圧 E[V] を加えたとき，容量性リアクタンス 6 Ωのコンデンサの端子間電圧の大きさは 12 V であった。このとき，E[V] と図の破線で囲んだ回路で消費される電力 P[W] の値の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

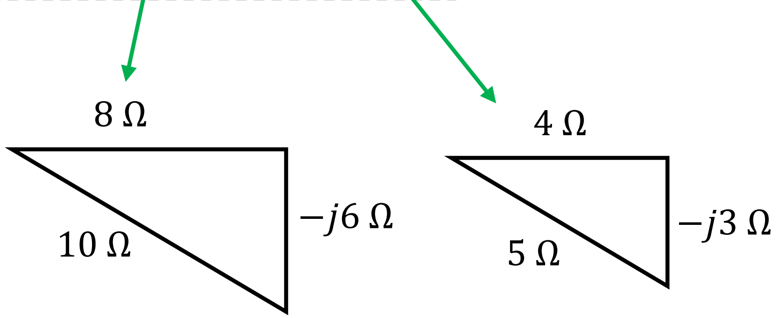


	E[V]	P[W]
(1)	20	32
(2)	20	96
(3)	28	120
(4)	28	168
(5)	40	309

R04下　問9

問９　図のような RC 交流回路がある。この回路に正弦波交流電圧 E[V] を加えたとき，容量性リアクタンス 6 Ωのコンデンサの端子間電圧の大きさは 12 V であった。このとき，E[V] と図の破線で囲んだ回路で消費される電力 P[W] の値の組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。





	E[V]	P[W]
(1)	20	32
(2)	20	96
(3)	28	120
(4)	28	168
(5)	40	309

コンデンサに流れる電流I_1は

$$I_1 = \frac{12}{6} = 2\ \mathrm{A}$$

抵抗8 Ωの消費電力P_1は

$$P_1 = 8 \times I_1^2 = 8 \times 2^2 = 32\ \mathrm{W}$$

抵抗8Ωの電圧降下V_{R1}は

$$V_{R1} = 8 \times 2 = 16\ \mathrm{V}$$

電源電圧は

$$E = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20\ \mathrm{V}$$

抵抗4 Ωに流れる電流I_2は

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{20}{5} = 4\ \mathrm{A}$$

抵抗4 Ωの消費電力P_2は

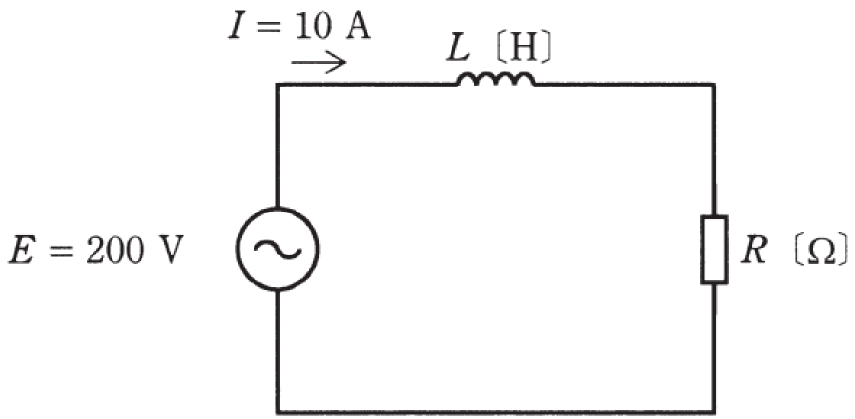
$$P_2 = 4 \times I_2^2 = 4 \times 4^2 = 64\ \mathrm{W}$$

全体の消費電力Pは

$$P = P_1 + P_2 = 32 + 64 = 96\ \mathrm{W}$$

H24　問8

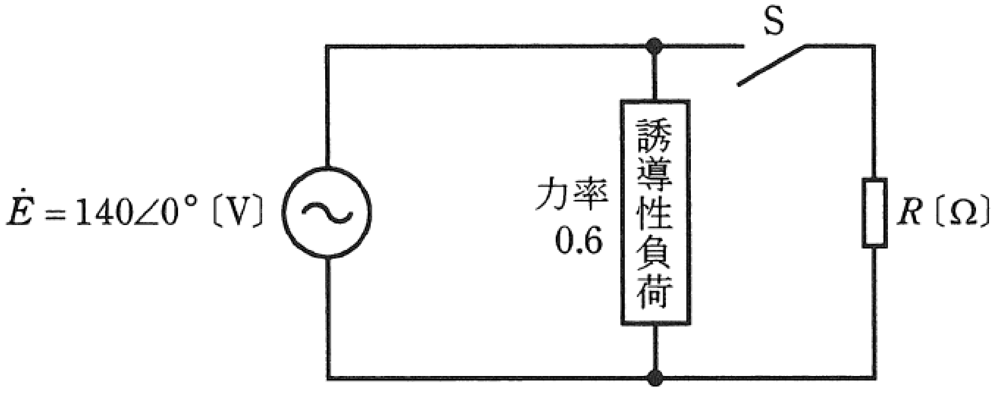
問８　図のように，正弦波交流電圧 $E = 200$〔V〕の電源がインダクタンス L〔H〕のコイルと R〔Ω〕の抵抗との直列回路に電力を供給している。回路を流れる電流が $I = 10$〔A〕，回路の無効電力が $Q = 1\,200$〔var〕のとき，抵抗 R〔Ω〕の値として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　4　　(2)　8　　(3)　12　　(4)　16　　(5)　20

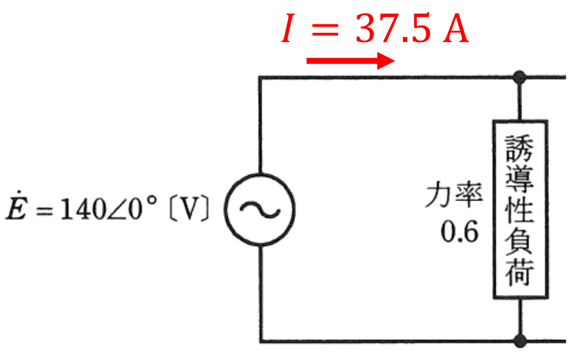
H23 問8

問 8　図の交流回路において，電源電圧を $\dot{E}=140\angle 0°$〔V〕とする。いま，この電源に力率 0.6 の誘導性負荷を接続したところ，電源から流れ出る電流の大きさは 37.5〔A〕であった。次に，スイッチ S を閉じ，この誘導性負荷と並列に抵抗 R〔Ω〕を接続したところ，電源から流れ出る電流の大きさが 50〔A〕となった。このとき，抵抗 R〔Ω〕の大きさとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



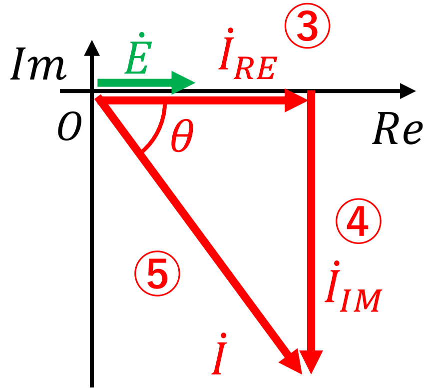
(1) 3.9　(2) 5.6　(3) 8.0　(4) 9.6　(5) 11.2

導出のポイント



力率0.6 → $\cos\theta = 0.6$となる角度
→3:4:5の直角三角形

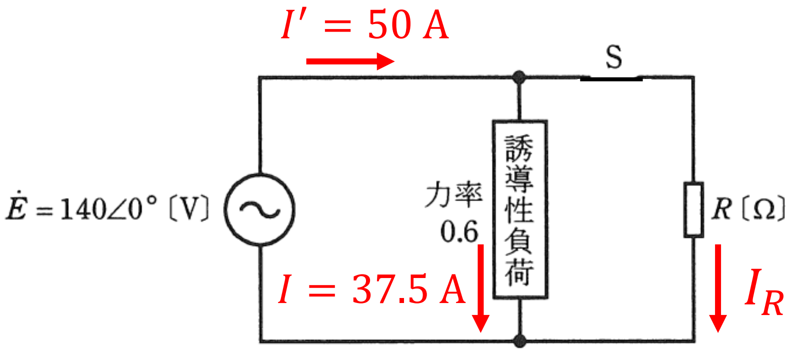
誘導性負荷→抵抗とコイルの直列負荷
→電流は電圧より遅れる

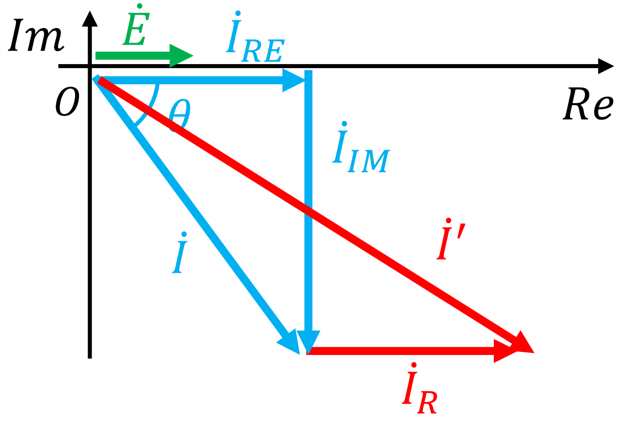


$I = 37.5$ A

$I_{RE} = \frac{3}{5}I = 22.5$ A

$I_{IM} = \frac{4}{5}I = 30$ A





$$I'^2 = (I_{RE} + I_R)^2 + I_{IM}^2 = 50^2$$

$$(22.5 + I_R)^2 + 30^2 = 50^2$$
$$(22.5 + I_R)^2 = 1600 = 40^2$$

$$22.5 + I_R = 40 \rightarrow I_R = 17.5 \text{ A}$$

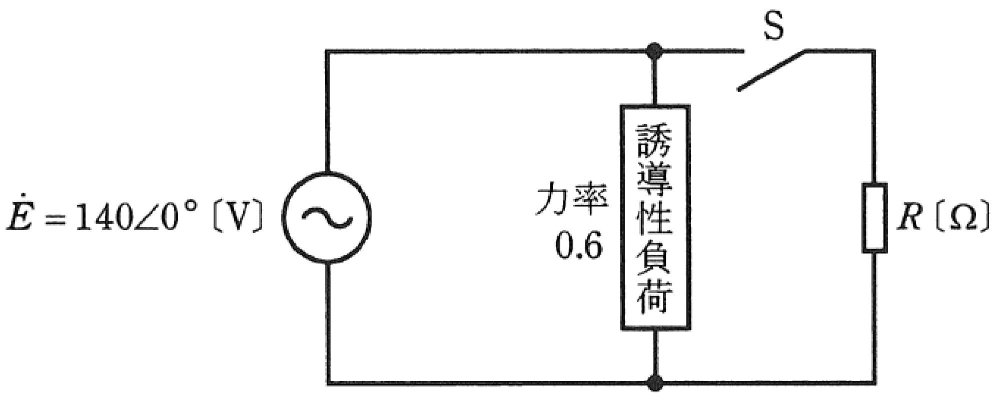
$$R = \frac{E}{I_R} = \frac{140}{17.5} = 8\ \Omega$$

スイッチを閉じるとだけ電流$\dot{I}_R$が増える

$$\dot{I}' = \dot{I} + \dot{I}_R$$

H23 問8

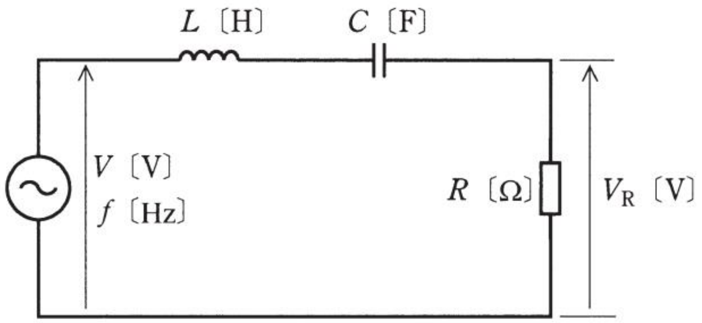
問８　図の交流回路において，電源電圧を $\dot{E}=140\angle 0°$〔V〕とする。いま，この電源に力率 0.6 の誘導性負荷を接続したところ，電源から流れ出る電流の大きさは 37.5〔A〕であった。次に，スイッチ S を閉じ，この誘導性負荷と並列に抵抗 R〔Ω〕を接続したところ，電源から流れ出る電流の大きさが 50〔A〕となった。このとき，抵抗 R〔Ω〕の大きさとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 3.9　(2) 5.6　(3) 8.0　(4) 9.6　(5) 11.2

H25 問10

問10　図は，インダクタンス L〔H〕のコイルと静電容量 C〔F〕のコンデンサ，並びに R〔Ω〕の抵抗の直列回路に，周波数が f〔Hz〕で実効値が $V(\neq 0)$〔V〕である電源電圧を与えた回路を示している。この回路において，抵抗の端子間電圧の実効値 V_R〔V〕が零となる周波数 f〔Hz〕の条件を全て列挙したものとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 題意を満たす周波数はない

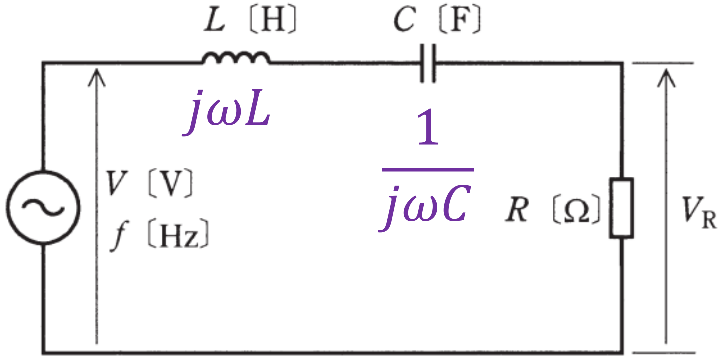
(2) $f=0$

(3) $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

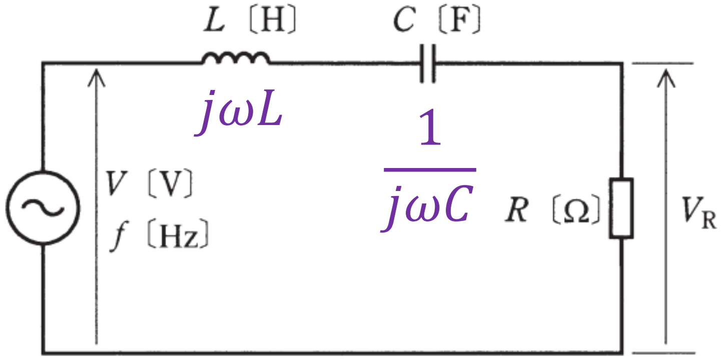
(4) $f=0,\ f\to\infty$

(5) $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}},\ f\to\infty$

導出のポイント

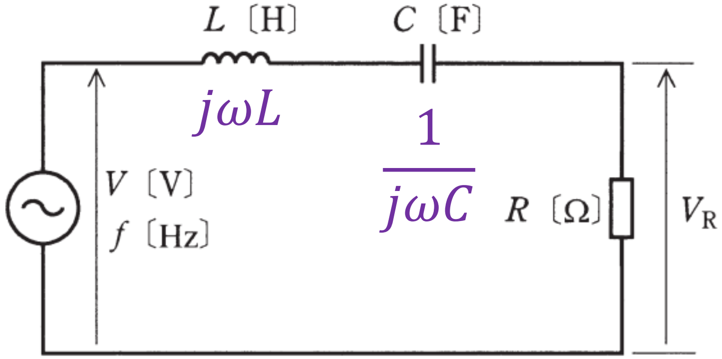


$\omega = \infty$



$j\omega L \to \infty$ $\quad \frac{1}{j\omega C} \to 0$

$\omega = 0$

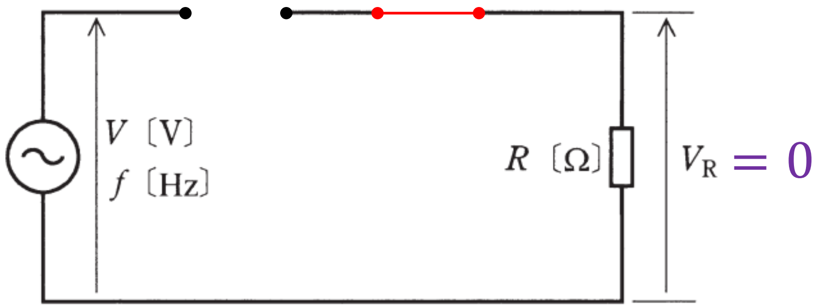


$j\omega L \to 0$ $\quad \frac{1}{j\omega C} \to \infty$

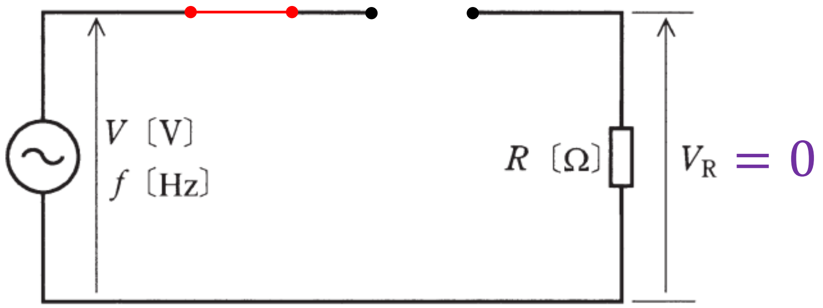
コイル
周波数（小）→インピーダンス（小）
周波数（大）→インピーダンス（大）

コンデンサ
周波数（小）→インピーダンス（大）
周波数（大）→インピーダンス（小）

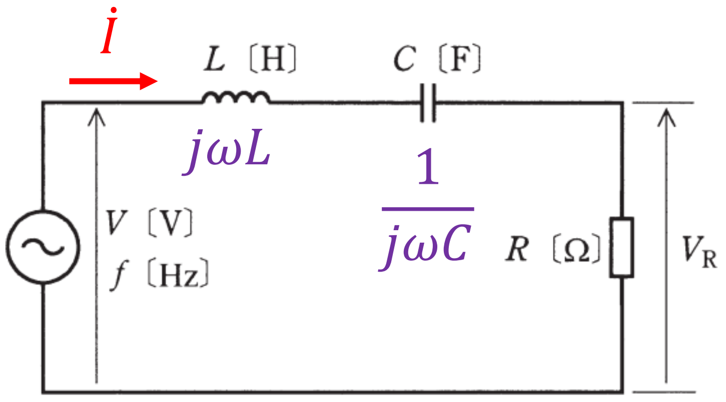
$V_L = V \quad V_C = 0$



$V_L = 0 \quad V_C = V$



導出のポイント



$$I = \frac{1}{Z}V = \frac{1}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}V$$

$$V_R = RI = \frac{R}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}V = \frac{R}{R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}}V = \frac{R}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}V$$

共振周波数

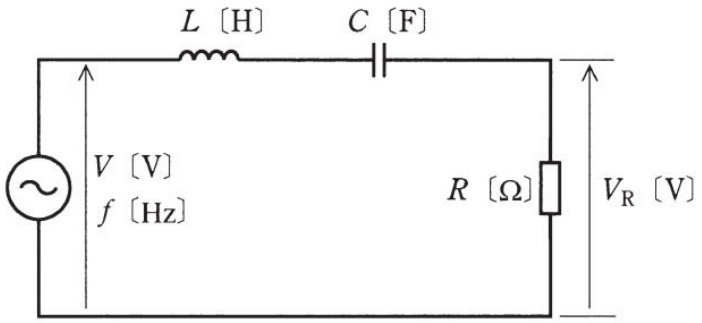
$$\boxed{\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ のとき

$$V_R = \frac{R}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}V = \frac{R}{R + j0}V = \frac{R}{R}V = V$$

H25 問10

問10　図は，インダクタンス L〔H〕のコイルと静電容量 C〔F〕のコンデンサ，並びに R〔Ω〕の抵抗の直列回路に，周波数が f〔Hz〕で実効値が $V(\neq 0)$〔V〕である電源電圧を与えた回路を示している。この回路において，抵抗の端子間電圧の実効値 V_R〔V〕が零となる周波数 f〔Hz〕の条件を全て列挙したものとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　題意を満たす周波数はない

(2)　$f=0$

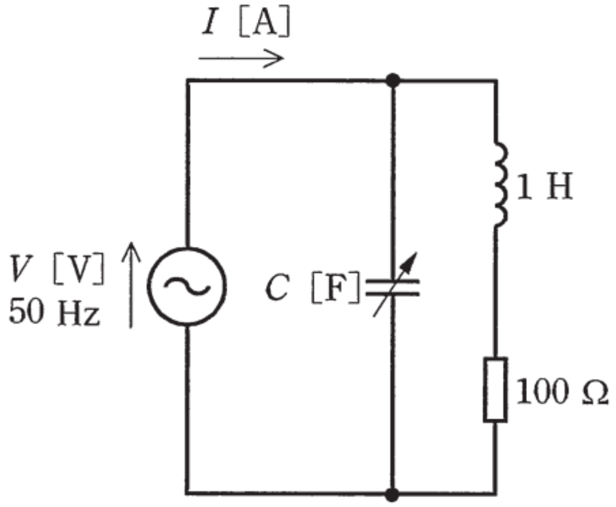
(3)　$f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

(4)　$f=0,\ f\to\infty$

(5)　$f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}},\ f\to\infty$

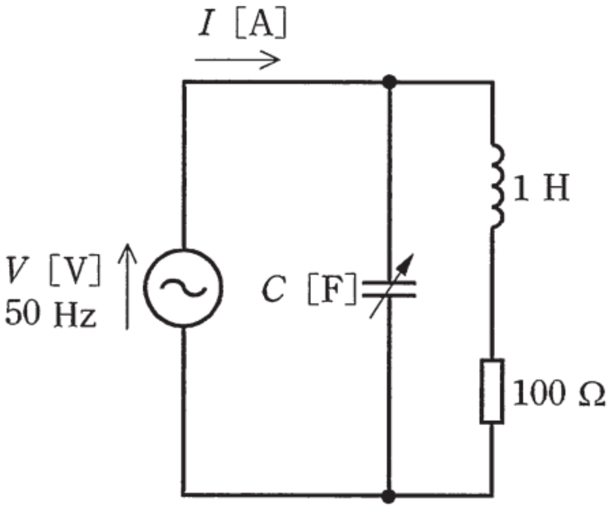
H26 問8

問８　図の交流回路において，電源を流れる電流 I［A］の大きさが最小となるように静電容量 C［F］の値を調整した。このときの回路の力率の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　0.11　　(2)　0.50　　(3)　0.71　　(4)　0.87　　(5)　1

導出のポイント

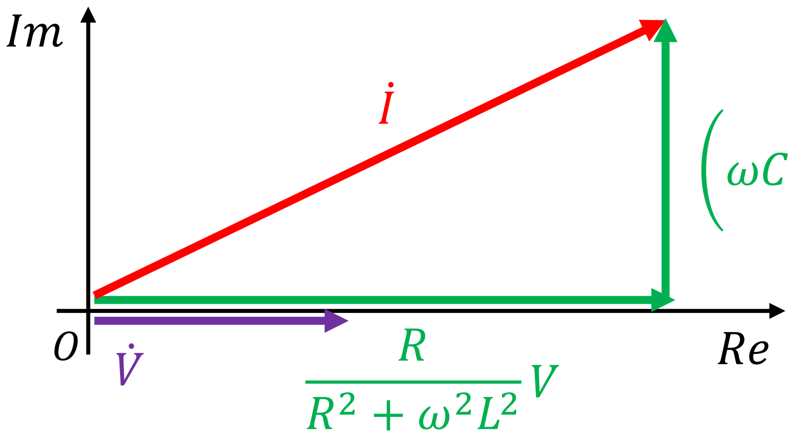


$$\frac{1}{Z}=\frac{1}{1/j\omega C}+\frac{1}{R+j\omega L}=j\omega C+\frac{1}{R+j\omega L}$$

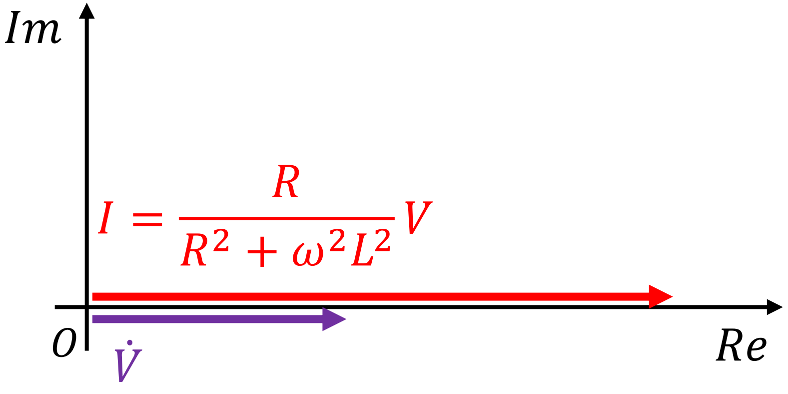
$$I=\frac{1}{Z}V=\left(j\omega C+\frac{1}{R+j\omega L}\right)V=\left(j\omega C+\frac{1}{R+j\omega L}\cdot\frac{R-j\omega L}{R-j\omega L}\right)V$$

$$=\left(j\omega C+\frac{R-j\omega L}{R^2+\omega^2L^2}\right)V=\left[\frac{R}{R^2+\omega^2L^2}+j\left(\omega C-\frac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}\right)\right]V$$

虚数成分が0になるとき、
Iが最小となる



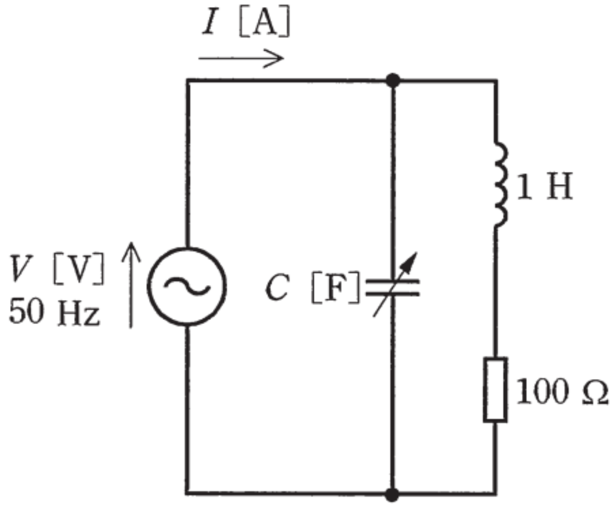
$$C=\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}$$



電流と電圧の位相差$\theta=0$となり、
力率は$\cos\theta=1$となる

H26 問8

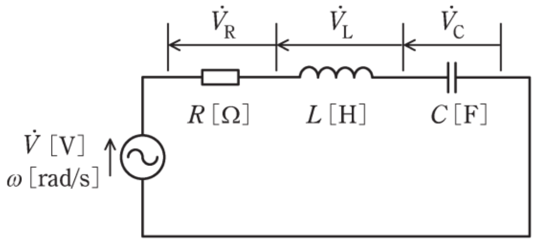
問８　図の交流回路において，電源を流れる電流 I［A］の大きさが最小となるように静電容量 C［F］の値を調整した。このときの回路の力率の値として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



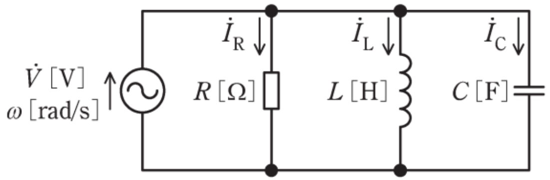
(1) 0.11　　(2) 0.50　　(3) 0.71　　(4) 0.87　　(5) 1

R02 問9

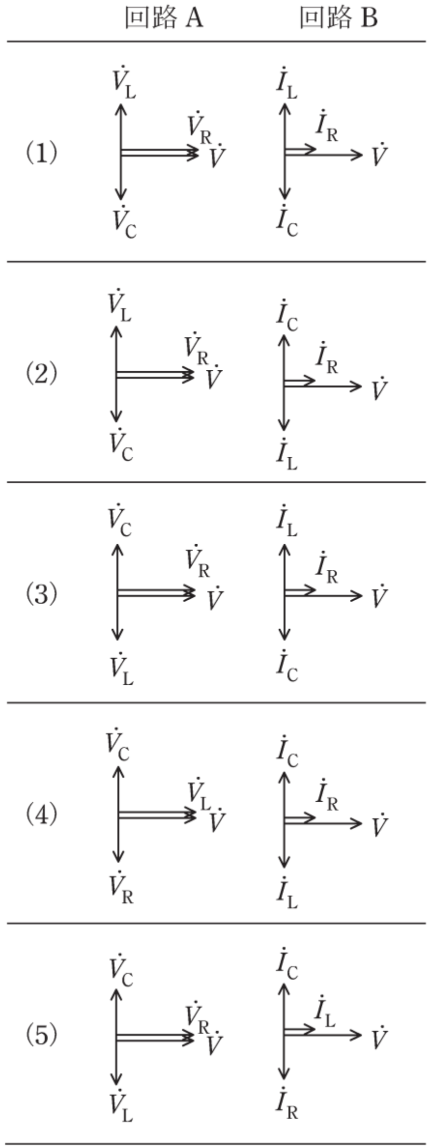
問9　図のように，R [Ω]の抵抗，インダクタンス L [H]のコイル，静電容量 C [F]のコンデンサと電圧 $\dot{V}$ [V]，角周波数 ω [rad/s]の交流電源からなる二つの回路 A と B がある。両回路においてそれぞれ $\omega^2 LC = 1$ が成り立つとき，各回路における図中の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相の関係として，正しいものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，ベクトル図における進み方向は反時計回りとする。



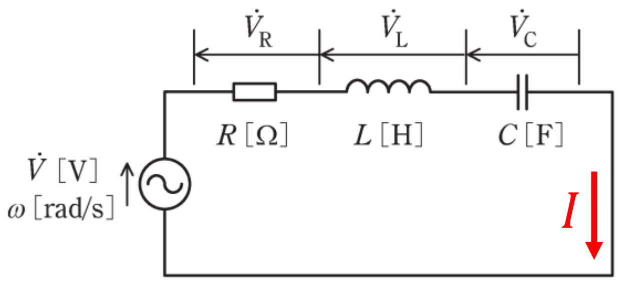
回路A



回路B



直列回路の共振のポイント

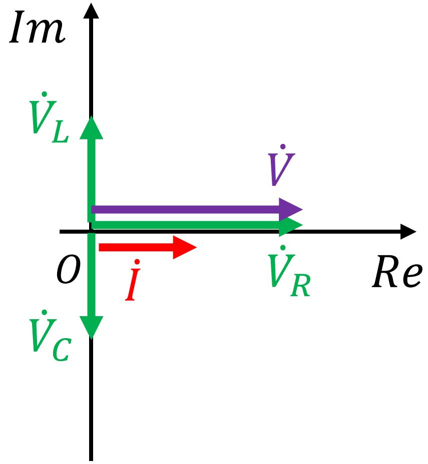


回路A

$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_L + \dot{V}_C$$
$$= RI + j\omega LI - j\frac{1}{\omega C}I$$
$$= \left[R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)\right]I \qquad Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

抵抗の電圧$\dot{V}_R$ →電圧と電流は同相
コイルの電圧$\dot{V}_L$ →電圧は電流より進む
コンデンサの電圧$\dot{V}_C$ →電圧は電流より遅れる

直列回路でベクトルを描く場合
→電流基準が描くやすい



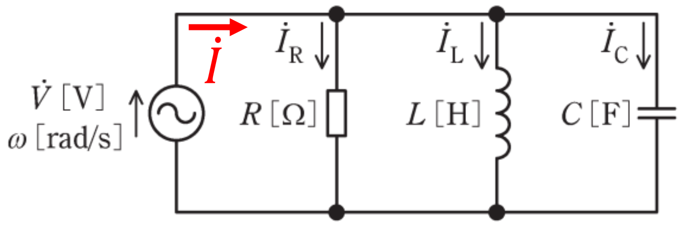
共振条件では

$$\dot{V}_L + \dot{V}_C = 0$$
$$j\omega LI - j\frac{1}{\omega C}I = 0$$
$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$\dot{V}_L + \dot{V}_C = 0$ ならば $\dot{V} = \dot{V}_R,\ \ Z = R$

直列回路の共振では
・コイルの電圧とコンデンサの電圧の大きさが同じになる
（位相は逆相、ベクトルの向きは逆）
・合成インピーダンスZは小さくなる（$Z = R$）

並列回路の共振のポイント



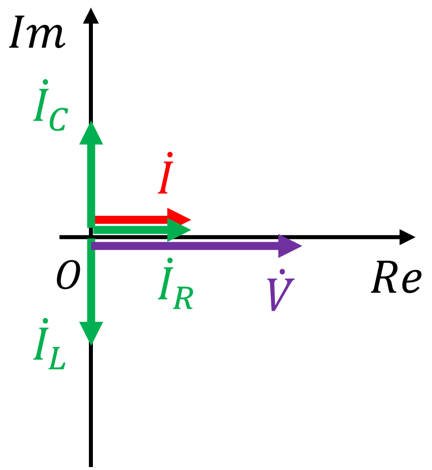
回路B

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L + \dot{I}_C$$
$$= \frac{1}{R}V - j\frac{1}{\omega L}V + j\omega CV$$
$$= \left[\frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)\right]V$$

抵抗の電流$\dot{I}_R$ →電流と電圧は同相
コイルの電流$\dot{I}_L$ →電流は電圧より遅れる
コンデンサの電流$\dot{I}_C$ →電流は電圧より進む

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

直列回路でベクトルを描く場合
→**電圧基準**が描くやすい



共振条件では

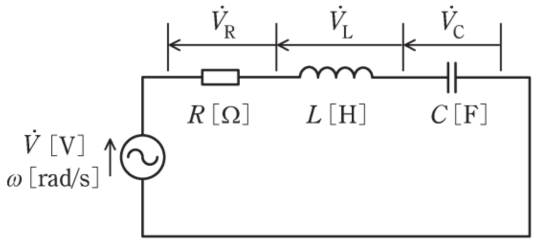
$$\dot{I}_L + \dot{I}_C = 0$$
$$-j\frac{1}{\omega L}V + j\omega CV = 0$$
$$-\frac{1}{\omega L} + \omega C = 0 \rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$\dot{I}_L + \dot{I}_C = 0$ ならば $\dot{I} = \dot{I}_R$, $\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} \rightarrow Z = R$

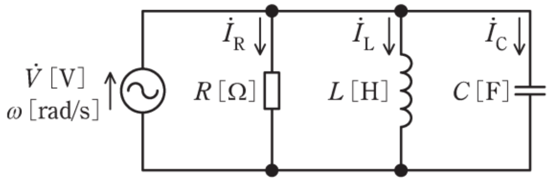
並列回路の共振では
・コイルの電流とコンデンサの電流の大きさが同じになる
（位相は逆相、ベクトルの向きは逆）
・合成インピーダンスZは大きくなる（$Z = R$）

R02 問9

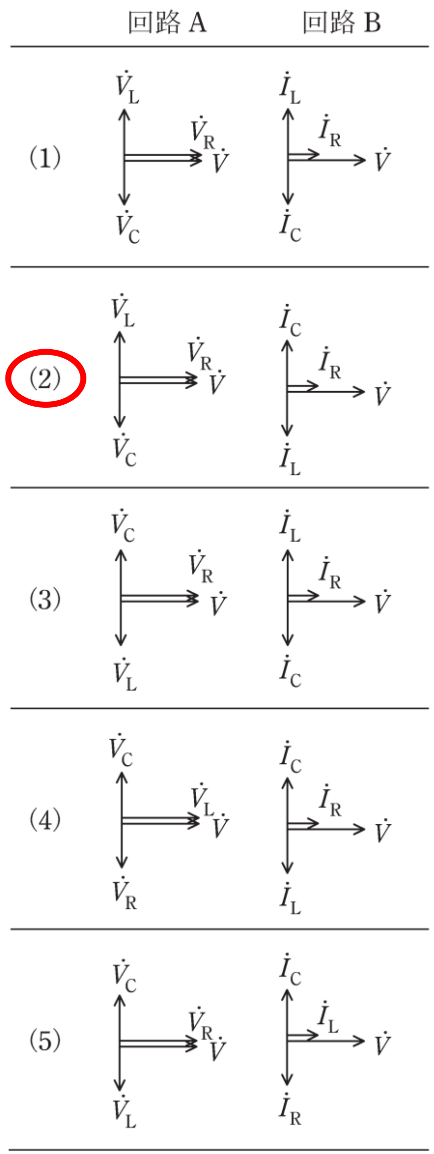
問９　図のように，R [Ω]の抵抗，インダクタンス L [H]のコイル，静電容量 C [F]のコンデンサと電圧 $\dot{V}$ [V]，角周波数 ω [rad/s]の交流電源からなる二つの回路 A と B がある。両回路においてそれぞれ $\omega^2 LC = 1$ が成り立つとき，各回路における図中の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相の関係として，正しいものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，ベクトル図における進み方向は反時計回りとする。



回路A



回路B



H24 問7

問７　次の文章は，RLC 直列共振回路に関する記述である。

R〔Ω〕の抵抗，インダクタンス L〔H〕のコイル，静電容量 C〔F〕のコンデンサを直列に接続した回路がある。

この回路に交流電圧を加え，その周波数を変化させると，特定の周波数 f_r〔Hz〕のときに誘導性リアクタンス $=2\pi f_r L$〔Ω〕と容量性リアクタンス $=\dfrac{1}{2\pi f_r C}$〔Ω〕の大きさが等しくなり，その作用が互いに打ち消し合って回路のインピーダンスが $\boxed{\text{(ア)}}$ なり，$\boxed{\text{(イ)}}$ 電流が流れるようになる。この現象を直列共振といい，このときの周波数 f_r〔Hz〕をその回路の共振周波数という。

回路のリアクタンスは共振周波数 f_r〔Hz〕より低い周波数では $\boxed{\text{(ウ)}}$ となり，電圧より位相が $\boxed{\text{(エ)}}$ 電流が流れる。また，共振周波数 f_r〔Hz〕より高い周波数では $\boxed{\text{(オ)}}$ となり，電圧より位相が $\boxed{\text{(カ)}}$ 電流が流れる。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，(オ)及び(カ)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)	(カ)
(1)	大きく	小さな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(2)	小さく	大きな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(3)	小さく	大きな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(4)	大きく	小さな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(5)	小さく	大きな	容量性	遅れた	誘導性	進んだ

導出のポイント

R〔Ω〕の抵抗，インダクタンス L〔H〕のコイル，静電容量 C〔F〕のコンデンサを直列に接続した回路がある。

この回路に交流電圧を加え，その周波数を変化させると，特定の周波数 f_r〔Hz〕のときに誘導性リアクタンス $=2\pi f_r L$〔Ω〕と容量性リアクタンス $=\dfrac{1}{2\pi f_r C}$〔Ω〕の大きさが等しくなり，その作用が互いに打ち消し合って回路のインピーダンスが $\boxed{(ア)}$ なり，$\boxed{(イ)}$ 電流が流れるようになる。この現象を直列共振といい，このときの周波数 f_r〔Hz〕をその回路の共振周波数という。

回路のリアクタンスは共振周波数 f_r〔Hz〕より低い周波数では $\boxed{(ウ)}$ となり，電圧より位相が $\boxed{(エ)}$ 電流が流れる。また，共振周波数 f_r〔Hz〕より高い周波数では $\boxed{(オ)}$ となり，電圧より位相が $\boxed{(カ)}$ 電流が流れる。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，(オ)及び(カ)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。

$$Z = R + j2\pi f_r L - j\frac{1}{2\pi f_r C} = R + jX_L - jX_C$$

誘導性リアクタンス： $X_L = 2\pi f_r L$

容量性リアクタンス： $X_C = \dfrac{1}{2\pi f_r C}$

$X_L = X_C$**のとき**$Z = R$**となり、インピーダンスは小さくなる。その結果、大きな電流が流れる。**
（ア）　（イ）

低い周波数では

誘導性リアクタンス： $X_L = 2\pi f_r L$ → **小**

容量性リアクタンス： $X_C = \dfrac{1}{2\pi f_r C}$ → **大**

$X_C > X_L$**となり容量性負荷であり、電圧に対して電流は進む。** （ウ）
（エ）

高い周波数では

誘導性リアクタンス： $X_L = 2\pi f_r L$ → **大**

容量性リアクタンス： $X_C = \dfrac{1}{2\pi f_r C}$ → **小**

$X_C < X_L$**となり誘導性負荷であり、電圧に対して電流は遅れる。**（オ）
（カ）

H24 問7

問７　次の文章は，*RLC* 直列共振回路に関する記述である。

R〔Ω〕の抵抗，インダクタンス L〔H〕のコイル，静電容量 C〔F〕のコンデンサを直列に接続した回路がある。

この回路に交流電圧を加え，その周波数を変化させると，特定の周波数 f_r〔Hz〕のときに誘導性リアクタンス $=2\pi f_r L$〔Ω〕と容量性リアクタンス $=\dfrac{1}{2\pi f_r C}$〔Ω〕の大きさが等しくなり，その作用が互いに打ち消し合って回路のインピーダンスが [(ア)] なり，[(イ)] 電流が流れるようになる。この現象を直列共振といい，このときの周波数 f_r〔Hz〕をその回路の共振周波数という。

回路のリアクタンスは共振周波数 f_r〔Hz〕より低い周波数では [(ウ)] となり，電圧より位相が [(エ)] 電流が流れる。また，共振周波数 f_r〔Hz〕より高い周波数では [(オ)] となり，電圧より位相が [(カ)] 電流が流れる。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)，(オ)及び(カ)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)	(カ)
(1)	大きく	小さな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(2)	小さく	大きな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(3)	小さく	大きな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(4)	大きく	小さな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(5)	小さく	大きな	容量性	遅れた	誘導性	進んだ

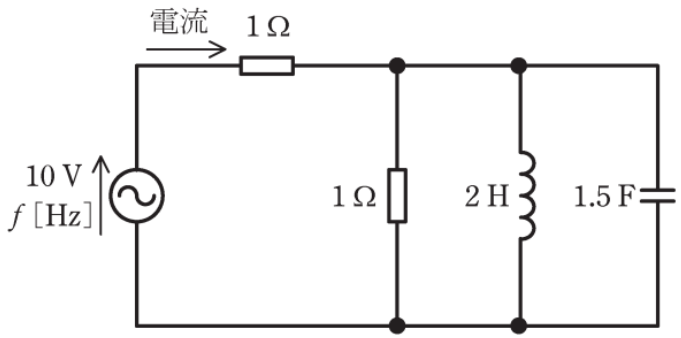
H30 問9

問９　次の文章は，図の回路に関する記述である。

交流電圧源の出力電圧を 10 V に保ちながら周波数 f [Hz] を変化させるとき，交流電圧源の電流の大きさが最小となる周波数は $\boxed{\text{(ア)}}$ Hz である。このとき，この電流の大きさは $\boxed{\text{(イ)}}$ A であり，その位相は電源電圧を基準として $\boxed{\text{(ウ)}}$ 。

ただし，電流の向きは図に示す矢印のとおりとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)及び(ウ)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)
(1)	$\dfrac{1}{\sqrt{3}\pi}$	5	同相である
(2)	$\dfrac{1}{\sqrt{3}\pi}$	10	$\dfrac{\pi}{2}$ rad だけ進む
(3)	$\dfrac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	5	同相である
(4)	$\dfrac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	10	$\dfrac{\pi}{2}$ rad だけ遅れる
(5)	$\dfrac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	5	$\dfrac{\pi}{2}$ rad だけ進む

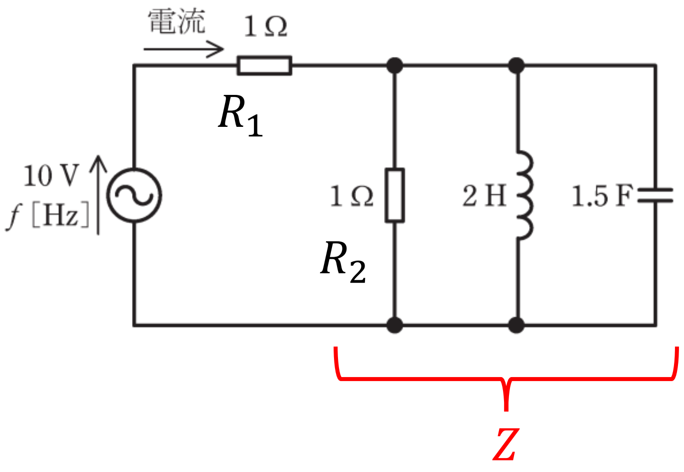
導出のポイント

問９　次の文章は，図の回路に関する記述である。

交流電圧源の出力電圧を 10 V に保ちながら周波数 f [Hz] を変化させるとき，交流電圧源の電流の大きさが最小となる周波数は $\boxed{\text{(ア)}}$ Hz である。このとき，この電流の大きさは $\boxed{\text{(イ)}}$ A であり，その位相は電源電圧を基準として $\boxed{\text{(ウ)}}$ 。

ただし，電流の向きは図に示す矢印のとおりとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)及び(ウ)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。



$$\frac{1}{Z}=\frac{1}{R_2}+\underbrace{j\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)}_{=0}$$

共振条件で
インピーダンスの逆数が最も小さくなる
インピーダンスが最も大きくなる

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{2\times1.5}}=\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}\ \mathrm{Hz}$$ （ア）

$$I=\frac{V}{Z}=\frac{V}{R_1+R_2}=\frac{10}{2}=5\ \mathrm{A}$$ （イ）

$V=RI$**より電流と電圧は同相** （ウ）

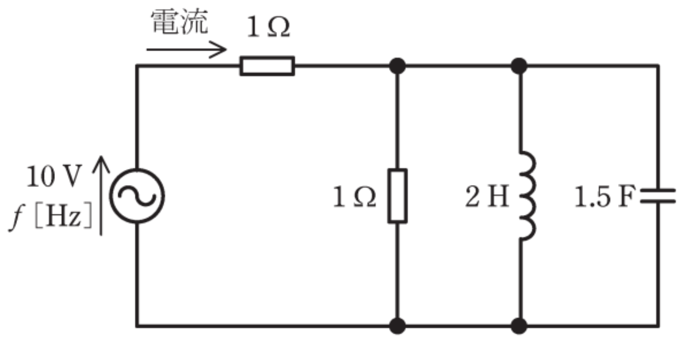
H30 問9

問９　次の文章は，図の回路に関する記述である。

交流電圧源の出力電圧を 10 V に保ちながら周波数 f [Hz] を変化させるとき，交流電圧源の電流の大きさが最小となる周波数は $\boxed{(ア)}$ Hz である。このとき，この電流の大きさは $\boxed{(イ)}$ A であり，その位相は電源電圧を基準として $\boxed{(ウ)}$ 。

ただし，電流の向きは図に示す矢印のとおりとする。

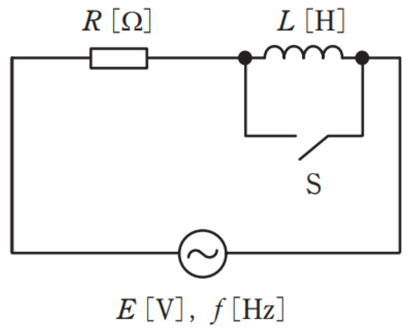
上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	$\frac{1}{\sqrt{3}\pi}$	5	同相である
(2)	$\frac{1}{\sqrt{3}\pi}$	10	$\frac{\pi}{2}$ rad だけ進む
(3)	$\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	5	同相である
(4)	$\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	10	$\frac{\pi}{2}$ rad だけ遅れる
(5)	$\frac{1}{2\sqrt{3}\pi}$	5	$\frac{\pi}{2}$ rad だけ進む

R04　問8

問８　図のように，周波数 f [Hz]の正弦波交流電圧 E [V]の電源に，R [Ω]の抵抗，インダクタンス L [H]のコイルとスイッチ S を接続した回路がある。スイッチ S が開いているときに回路が消費する電力[W]は，スイッチ S が閉じているときに回路が消費する電力[W]の $\frac{1}{2}$ になった。このとき，L [H]の値を表す式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



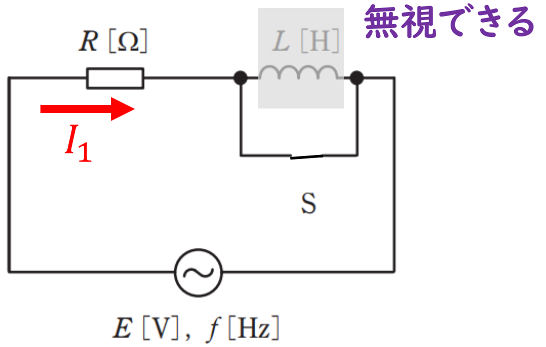
(1)　$2\pi f R$　　(2)　$\dfrac{R}{2\pi f}$　　(3)　$\dfrac{2\pi f}{R}$　　(4)　$\dfrac{(2\pi f)^2}{R}$　　(5)　$\dfrac{R}{\pi f}$

R04 問8

問８　図のように，周波数 f [Hz]の正弦波交流電圧 E [V]の電源に，R [Ω]の抵抗，インダクタンス L [H]のコイルとスイッチ S を接続した回路がある。スイッチ S が開いているときに回路が消費する電力[W]は，スイッチ S が閉じているときに回路が消費する電力[W]の $\frac{1}{2}$ になった。このとき，L [H]の値を表す式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　$2\pi f R$　　(2)　$\frac{R}{2\pi f}$　　(3)　$\frac{2\pi f}{R}$　　(4)　$\frac{(2\pi f)^2}{R}$　　(5)　$\frac{R}{\pi f}$

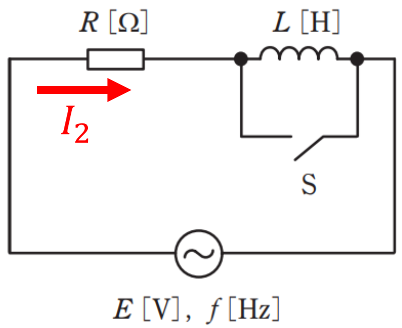
Sが閉じているとき



$$I_1 = \frac{E}{R}$$

$$P_1 = RI_1^2$$

Sが開いているとき



$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}$$

$$P_2 = RI_2^2$$

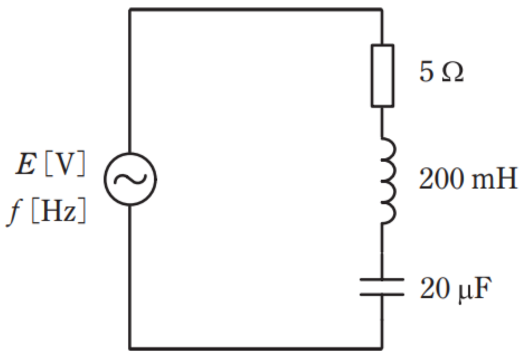
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{RI_2^2}{RI_1^2} = \frac{I_2^2}{I_1^2} = \frac{\left(\frac{E}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\right)^2}{\left(\frac{E}{R}\right)^2} = \frac{R^2}{R^2+\omega^2L^2} = \frac{1}{2}$$

$$2R^2 = R^2+\omega^2L^2 \rightarrow R^2 = \omega^2L^2 \rightarrow R = \omega L$$

$$L = \frac{R}{\omega} = \frac{R}{2\pi f}$$

R04 問9

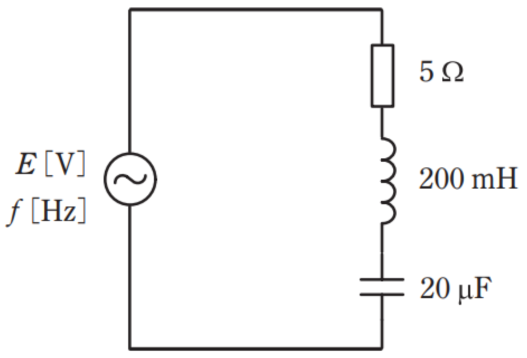
問９　図のように，５Ωの抵抗，200 mH のインダクタンスをもつコイル，20 μF の静電容量をもつコンデンサを直列に接続した回路に周波数 f [Hz] の正弦波交流電圧 E [V] を加えた。周波数 f を回路に流れる電流が最大となるように変化させたとき，コイルの両端の電圧の大きさは抵抗の両端の電圧の大きさの何倍か。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　5　　(2)　10　　(3)　15　　(4)　20　　(5)　25

R04 問9

問 9　図のように，5 Ωの抵抗，200 mH のインダクタンスをもつコイル，20 μF の静電容量をもつコンデンサを直列に接続した回路に周波数 f [Hz] の正弦波交流電圧 E [V] を加えた。周波数 f を回路に流れる電流が最大となるように変化させたとき，コイルの両端の電圧の大きさは抵抗の両端の電圧の大きさの何倍か。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)　15　　(4)　20　　(5)　25

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \rightarrow \left(\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}\right) \rightarrow Z = R$$

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{E}{R} \rightarrow V_R = RI = E$$

$$V_L = \omega_o L I = \frac{1}{\sqrt{LC}} L \frac{E}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}\,E = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{200 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}}}\,E$$

$$= \frac{1}{5} \times 10^2\,E = 20E$$

$$\frac{V_L}{V_R} = \frac{20E}{E} = 20$$

ご聴講ありがとう
ございました!!