（４）交流電気の基礎概念

重要事項（これを理解します）

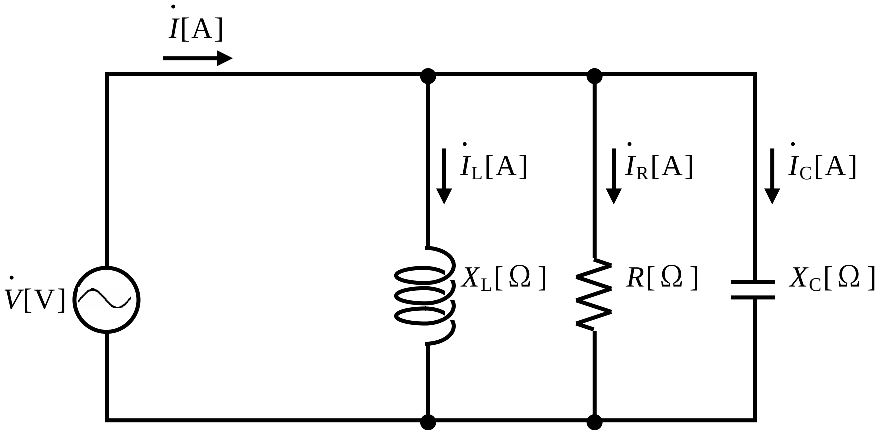
1，交流の瞬時値、実効値、平均値、について。

2，電圧と電流のベクトルズレについて。

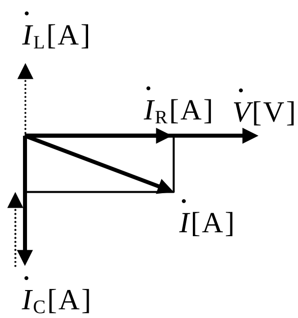
3，有効電力、無効電力、皮相電力について。

【例題（よく出る問題)】：

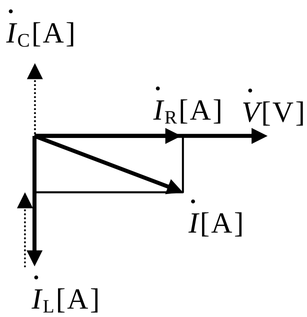
次の回路に示す電圧と電流の位相関係を示す図は。



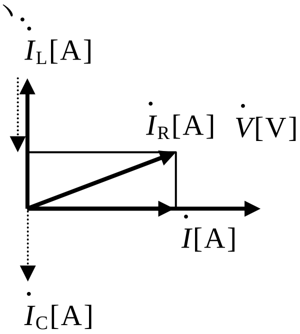
イ.



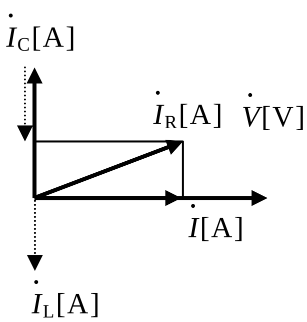
ロ.



ハ.



ニ.



【解法の準備】

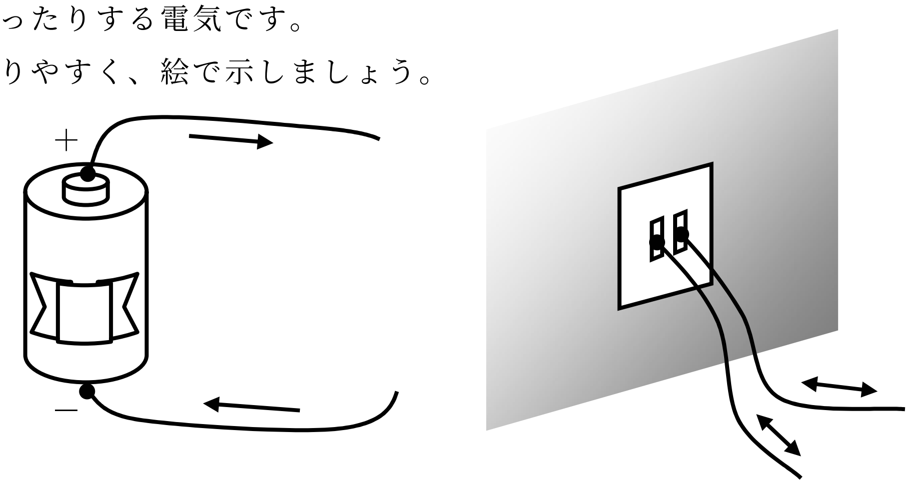
例題を解くために次のことを学びます。

１，交流とは

皆さんは、「直流」と「交流」という言葉を知っていますか？　多くの人は、知っていると思いますが、直流とは、乾電池や自動車のバッテリのようにプラスとマイナスが、決っている電気です。

そして、交流とは、家庭のコンセントのようにどちらがプラスでどちらがマイナスか決っていない、一瞬一瞬で電圧の値が変りプラスになったりマイナスになったりする電気です。

解りやすく、絵で示しましょう。



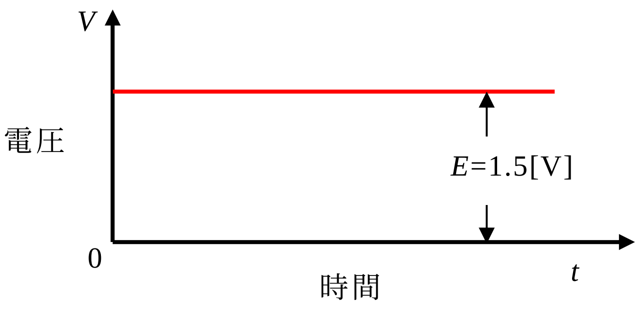
乾電池　　　　　　　　コンセント

乾電池は、上の図のように出っ張っているところが、プラスですね。　そして、そのプラスは、1.5[V]で、常に電流が流れ出ます。

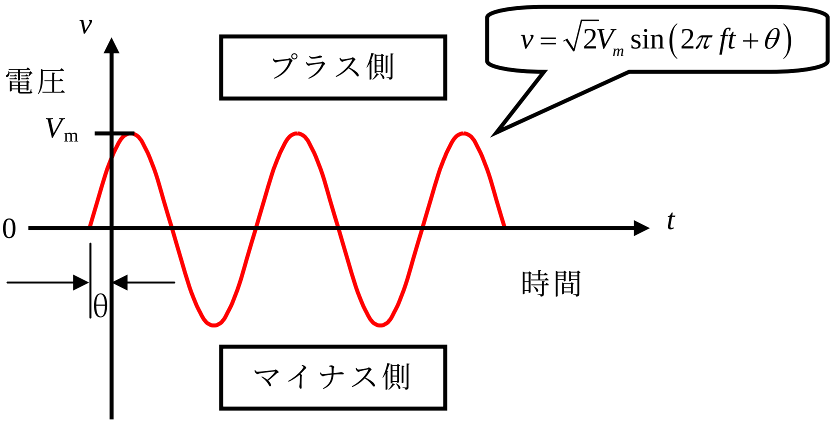
次に、家庭のコンセントです。　家庭のコンセントは、プラスやマイナスが決っていません。　ある時は、右側がプラスに左側がマイナスになったり、ある時は、右側がマイナスに左側がプラスになったりします。

すなわちプラスとマイナスが、時間とともに入れ替るのです。

さて、イメージがつかめたところで、技術者らしくグラフで説明しましょう。



1.5[V]の乾電池で説明しますと、上の図のようになります。　常に同じ電圧 E=1.5[V]が出ています。



さて次に、交流ですが、交流は、上の図のようになります。　すなわち、時間とともに電圧が、プラス側とマイナス側を行ったり来たりします。 しかも、徐々に変化するので、一瞬たりとも決った電圧でありません。

でも、家庭のコンセントは、100V と言われていますね。　一瞬たりとも決った電圧でないのに。

これは、交流電圧が、ある決めごとに従って、電圧を決めているからです。

でも決めごとを説明する前に、交流電圧の表現について説明しましょう。

では、まず結論から先に示します。

交流電圧は、

$$v=V_m\sin(2\pi ft+\theta)\quad \text{または}\quad v=\sqrt{2}V_e\sin(\omega t+\theta)\qquad [\mathrm{V}]$$

と表現します。（交流の瞬時値を表すときは、アルファベットの小文字を使うのが慣習です）

この式で、V_m[V]は、交流電圧の最大値です。　f[Hz]は、交流電圧の周波数です。　t[s]は、時間です。　θ[rad]は、交流電圧の位相のずれです。　V_e[V]は、交流電圧の実効値です。　ω[rad/s]は、交流電圧の角周波数です。

一般の家庭の 100[V]コンセントで言いますと次のようになります。

場所	最大値 V_m[V]	周波数 f[Hz]	実効値 V_e[V]	角周波数 ω[rad/s]
関東など東日本	141.4	50	100	314
関西など西日本	141.4	60	100	377

実効値

では、その決めごとを説明しましょう。

その決めごととは、「交流電圧は、実効値で表現する。　また、実効値は、同じ抵抗に直流を流したとき、同じ発熱をする直流値で表現する」です。

100[V]の直流も 100[V]の交流も同じ電熱器につなげば、同じ暖かさになると言うことです。

しかし、言葉で表現するのは、解りにくいですね。　簡単に言えば、正弦波の交流電圧の実効値 V_e[V]と最大値 V_m[V]には、次の関係があります。

$$交流の実効値 V_e[\mathrm{V}] = \frac{交流の最大値 V_m[\mathrm{V}]}{\sqrt{2}} \quad 0.707 \times 交流の最大値 V_m[\mathrm{V}]$$

すなわち、交流の最大値 V_m[V]を $\sqrt{2}$ で割ると、または、0.707 倍すると、交流の実効値 V_e[V]になります。

逆に、交流電圧の実効値 V_e[V]を $\sqrt{2}$ 倍すると、交流の最大値 V_m[V]が計算できます。

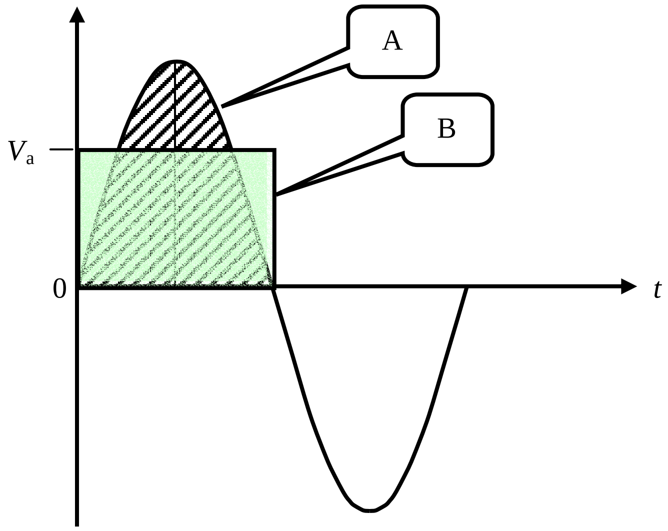
$$交流の最大値 V_m[\mathrm{V}] = 交流の実効値 V_e[\mathrm{V}] \times \sqrt{2}$$

この関係は、大事ですから、ぜひ憶えてくださいね。

平均値

次に、交流電圧の平均値を説明します。

交流電圧は、下図の A の波形ですね。



波形 A の斜線部と同じ面積になる四角形 B を描きます。　その時、電圧 V_a[V]が決ります。　この電圧 V_a[V]が、交流電圧の平均値 V_a[V]です。　正弦波の交流電圧の平均値 V_a[V]を平均電圧 V_a[V]とも言います。

正弦波の交流電圧の平均値 V_a[V]と最大値 V_m[V]には、次の関係があります。

$$\text{交流の平均値}V_a[\mathrm{V}]＝\frac{2\times\text{交流の最大値}V_m[\mathrm{V}]}{\pi}\quad 0.637\times\text{交流の最大値}V_m[\mathrm{V}]$$

２，ベクトルとは

次に、ベクトルについて説明しましょう。

電気の勉強では、ベクトルが重要です。　ベクトルがなぜ重要かと言いますと、目に見えない物を、目に見える形で（図形で）理解できるようになるからです。

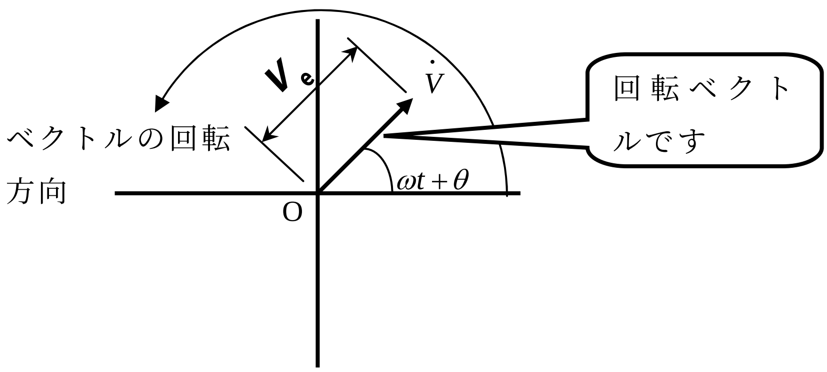
ベクトルは、次のように書かれ「１．大きさ、２．方向、３．向き」の 3 要素を持っています。

さて、では電気の世界では、このベクトルをどのように使うのでしょうか。

次の、交流電圧があったとします。

$$v=\sqrt{2}V_e\sin\left(\omega t+\theta\right)\qquad[\mathrm{V}]$$

その時、この交流電圧をベクトル $\dot{V}$[V]で、次のように表します。



瞬時値は、アルファベットの小文字を使うのに対して、ベクトルは、一般に大文字を使い、その上に「・（ドット）」を付けるのが、慣習です。

さて、このベクトル $\dot{V}$[V]は、大きさが V_e[V]で、角度 $\omega t+\theta$ で、向きが矢印の向きです。　すなわち、角度 $\omega t+\theta$ ですから、時間 t[s]とともに回転します。

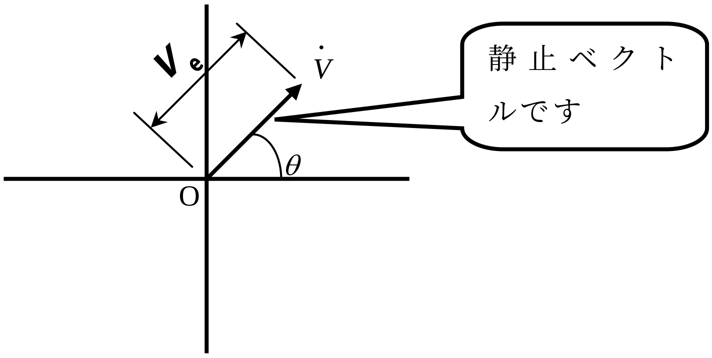
回転方向は、時計の反対回りです。（反時計回りと言います）

これを、回転ベクトルと言います。

これに対して、静止ベクトルと言うのがあります。　電気の計算問題で、良く使用されるのが、実話、静止ベクトルなんです。（「ならば最初から静止ベクトルを説明しろ」と言わないで下さいね。　回転ベクトルがあって初めて静止ベクトルも理解できるのですから）

静止ベクトルは、上のベクトル図で、ωt の無い状態をいいます。

ωt が、無ければ、時間 t をいくら変えてもベクトルが動かないですね。　すなわちベクトルが静止しているので、回転ベクトルに対して、静止ベクトルと言います。



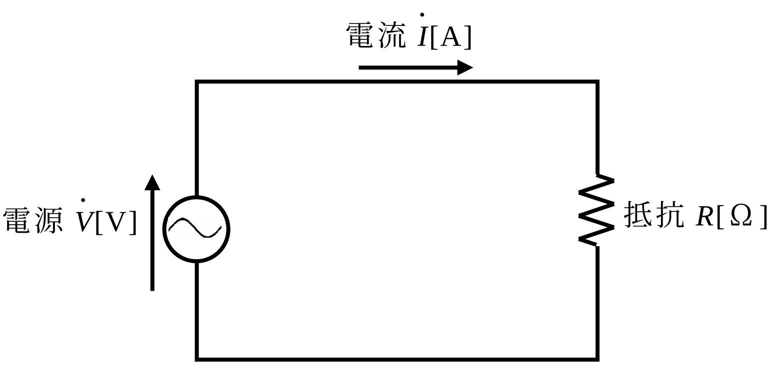
さて、電圧を静止ベクトルで表すことができることを学びました。　電気回路で扱うベクトルの多くは、静止ベクトルです。　そのため、以後は、静止ベクトルを単にベクトルと言います。

そして、次の項で、ベクトルをどのように使うか説明します。

３，抵抗 R、コイル L、コンデンサ C による位相のずれとは

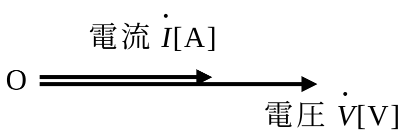
抵抗 *R*

電気回路で一番簡単な回路、電源と抵抗の回路を示します。



この回路は、100V コンセントに電気ストーブを接続しているような回路です。そして、電源 $\dot{V}$[V]から抵抗 R[Ω]に電流 $\dot{I}$[A]が流れています。

これを、ベクトル図では、次のように表します。



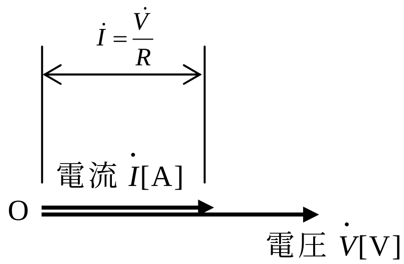
ここで、電圧ベクトル $\dot{V}$[V]と電流ベクトル $\dot{I}$[A]が重ならないように少しだけずらして、書いていますが、重なっても解る場合は、重ねて書きます。　今回は、解りやすくするため、ほんの少しだけずらして書いています。

ベクトルの大きさは、オームの法則で計算した大きさにします。

計算してみると、

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{R} \quad [\mathrm{A}]$$

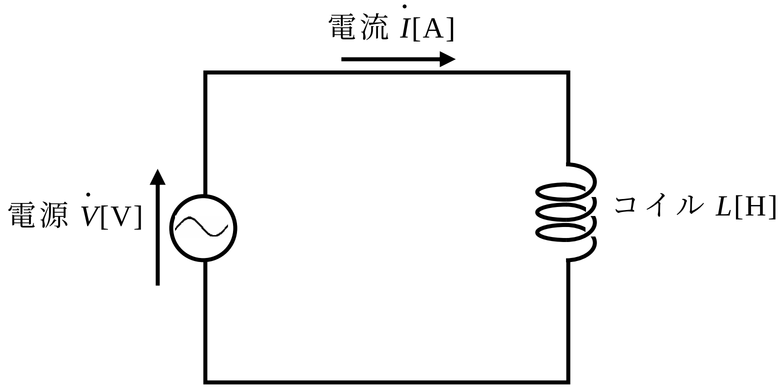
ですね。



さて、抵抗負荷の場合は、電圧と電流のベクトルは、同じ方向で、ズレがありません。　これを、ベクトルが同相であると言います。　詳しくは説明しませんが、なぜ同相になるかと言いますと、抵抗負荷は、エネルギーを溜めることがないからです。　ベクトルが同相になる理由は、理解しなくて良いです。理由の理解は、かなり高度な電気の知識が必要で、電気工事の試験に出ません。同相になることだけ憶えて下さい。

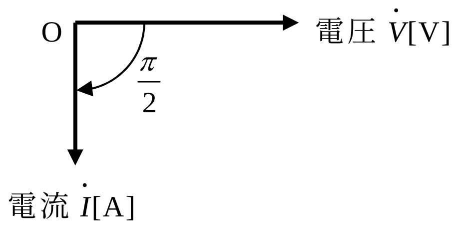
コイル *L*

次に、コイルが電源に接続されている場合を説明します。



さて、コイル L[H]に電流 $\dot{I}$[A]が流れている場合は、電流 $\dot{I}$[A]が電圧 $\dot{V}$[V]より

90[度]遅れます。　弧度法で言いますと、$\frac{\pi}{2}$[rad]遅れます。　図で示しますと、下のようになります。



遅れる理由は、コイルの性質として、電気エネルギーをコイル内部の空間に磁束で蓄えるからです。　ですが、この遅れる理由は、理解しなくて良いです。理由の理解は、かなり高度な電気の知識が必要で、電気工事の試験に出ません。電流 $\dot{I}$[A]が電圧 $\dot{V}$[V]より 90[度]遅れることだけ憶えて下さい。(弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}$[rad]遅れます)

電流 $\dot{I}$[A]の大きさ I[A]は、次の式で計算します。

$$I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{2\pi fL} \qquad [\mathrm{A}]$$

または、ベクトル $\dot{I}$[A]として計算するならば、

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{jX_L} = -j\frac{\dot{V}}{X_L} = -j\frac{\dot{V}}{\omega L} = -j\frac{\dot{V}}{2\pi fL} \qquad [\mathrm{A}]$$

となります。

ここで、X_L：誘導性リアクタンス[Ω]、ω：角速度[rad/s]、f：電源周波数[Hz]、L：インダクタンス[H]です。(Ωは、オームで、Hz は、ヘルツで、H は、ヘンリーと読みます)

さて、「j」は、「$j = \sqrt{-1}$」です。　すなわち、2 乗すると－1 になる数字です。(これを虚数と言います。去勢ではないですよ。念のため)

さて、ここで、「j」が出てきたので、「j」について少し説明しましょう。

「j」をベクトルに掛けると、ベクトルが、90[度]進みます。(弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}$[rad]進みます)

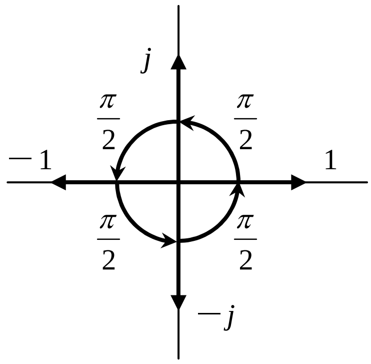
さらに、「j」をベクトルに掛けると、ベクトルが、90+90=180[度]進みます。

（弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}=\pi$[rad]進みます）

　またまた、「j」をベクトルに掛けると、ベクトルが、90+90+90=270[度]進みます。（弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}=\frac{3\pi}{2}$[rad]進みます）

　そして、さらに「j」をベクトルに掛けると、ベクトルが、90+90+90+90=360[度]進みます。　すなわち、360[度]ですから、元に戻ります。（弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}=2\pi$[rad]進みます）

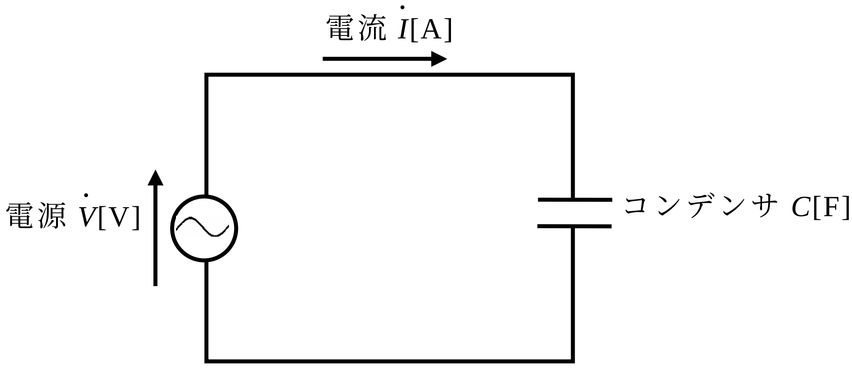
　すなわち、j を一個掛けるごとにベクトルが、反時計方向に 90[度]進みます。（弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}$[rad]進みます）



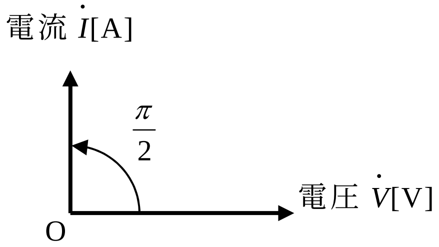
$\boxed{\text{コンデンサ } C}$

　最後に、コンデンサの場合について説明しましょう。

　電源にコンデンサ C[F]が接続された場合の電気回路図は、次のようになりますね。



　さて、コンデンサ C[F]に電流 $\dot{I}$[A]が流れている場合は、電流 $\dot{I}$[A]が電圧 $\dot{V}$[V]より 90[度]進みます。　弧度法で言いますと、$\frac{\pi}{2}$[rad]進みます。　図で示しますと、下のようになります。



進む理由は、コンデンサの性質として、電気エネルギーをコンデンサ内部の空間に電界で蓄えるからです。　ですが、この進む理由は、理解しなくて良いです。理由の理解は、かなり高度な電気の知識が必要で、電気工事の試験に出ません。　電流 $\dot{I}$[A]が電圧 $\dot{V}$[V]より 90[度]進むことだけ憶えて下さい。（弧度法ですと、$\frac{\pi}{2}$[rad]進みます）

電流 $\dot{I}$[A]の大きさ I[A]は、次の式で計算します。

$$I = \frac{V}{X_C} = \frac{V}{\frac{1}{\omega C}} = \omega CV = 2\pi fCV \qquad \text{[A]}$$

または、ベクトル $\dot{I}$[A]として計算するならば、

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}}{-jX_C} = j\frac{\dot{V}}{X_C} = j\frac{\dot{V}}{\frac{1}{\omega C}} = j\omega C\dot{V} = j2\pi fC\dot{V} \ \text{[A]}$$

となります。

ここで、X_C：容量性リアクタンス[Ω]、ω：角速度[rad/s]、f：電源周波数[Hz]、C：静電容量[F]です。（Ωは、オームで、Hz は、ヘルツで、F は、ファラデーと読みます）

４．インピーダンスとは

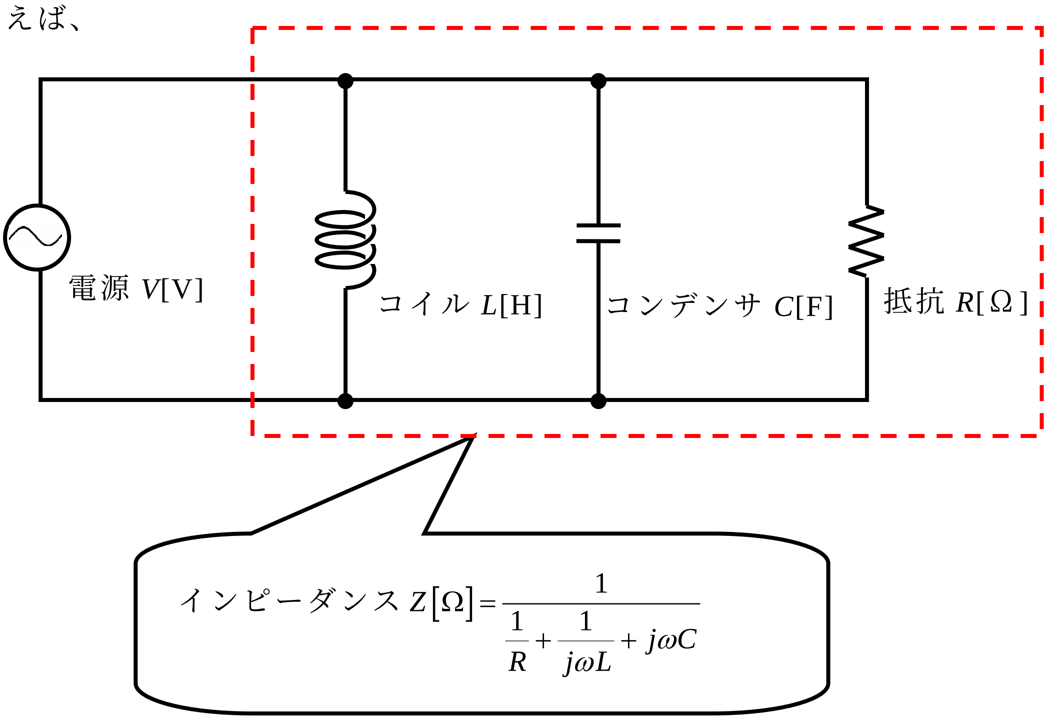
さて、最後にインピーダンスを説明しておきましょう。

この章の第 1 節第 1 項「１－１－（１）電流、電圧、電力および電気抵抗」で直流における抵抗を説明しました。　それに対して、インピーダンスは、交流の電気抵抗にあたります。　交流電源に抵抗 R[Ω]、コンデンサ C[F]、コイル L[H]の 1 個以上接続して、構成された抵抗がインピーダンスです。

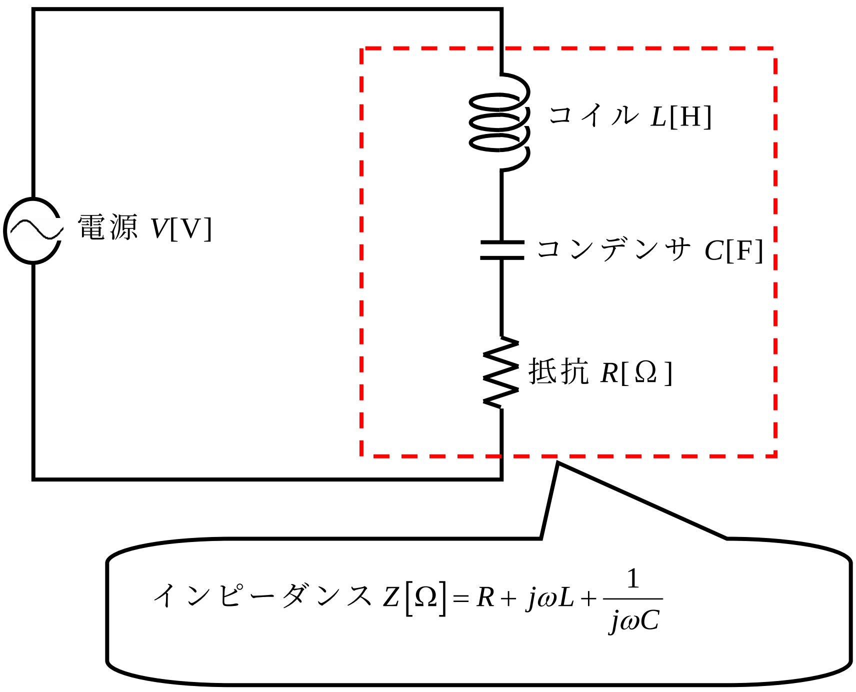
一般に、インピーダンスは、記号 Z[Ω]で表されます。

図で示してみましょう。

例えば、



また、別の例では、



などのような赤い点線で囲んだ部分が、インピーダンスです。

これ以外にも、抵抗 R[Ω]、コンデンサ C[F]、コイル L[H]の組合わせ方でいろいろあります。

インピーダンス $Z[\Omega]$の式に、$\omega = 2\pi f$ が入っているので、電源周波数 f[Hz]が変ると、インピーダンス $Z[\Omega]$の値が、変るのが特徴です。

また、もう一つ大きな特徴として、電源電圧 $\dot{V}[\Omega]$と電流 $\dot{I}$[A]の位相が変るのも特徴です。

このベクトルの解説は、もう少し先で解説します。

【確認問題１】

次の式で、電圧の実効値は。

$v = V_m \sin\left(2\pi ft + \theta\right)$　または　$v = \sqrt{2}V_e \sin\left(\omega t + \theta\right)$　　[V]

イ．V_{m}　　ロ．$\dfrac{2V_m}{\pi}$　　ハ．$\sqrt{2}V_e$　　ニ．V_{e}

【確認問題１の解説】

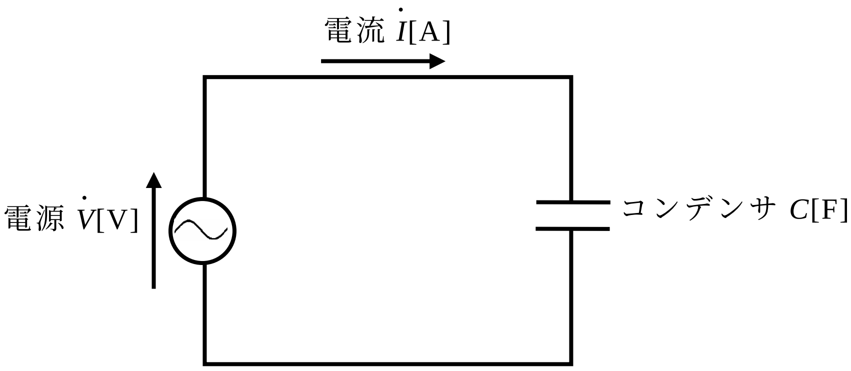
「イ．V_{m}[V]」および「ハ．$\sqrt{2}V_e$[V]」は、電圧の最大値です。　「ロ．$\dfrac{2V_m}{\pi}$」は、電圧の平均値です。　「ニ．V_{e}」は、電圧の実効値です。

よって、選択肢は、ニとなります。

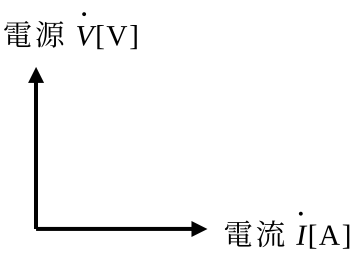
【確認問題１の回答】ニ

【確認問題２】

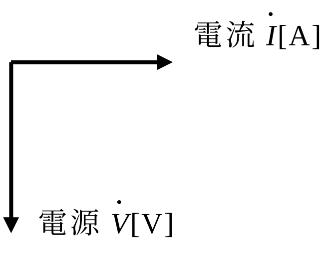
次の回路で、電流 $\dot{I}$[A]を基準にした電圧ベクトル $\dot{V}$[V]は。



イ．

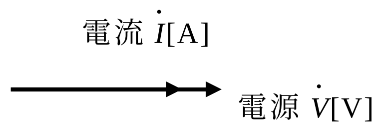


ロ．



1-1-4.doc

ハ.　　　　　　　　　　　　　　　　　　　ニ.



【確認問題２の解説】

電流 $\dot{I}_C$[A]は、コンデンサによって、電圧 $\dot{V}$[V]より、90[度]進みます。　そのため、回答の中で、電圧 $\dot{V}$[V]より、90[度]進んでいる電流 $\dot{I}_C$[A]は、「ロ.」となります。

よって、選択肢は、ロとなります。

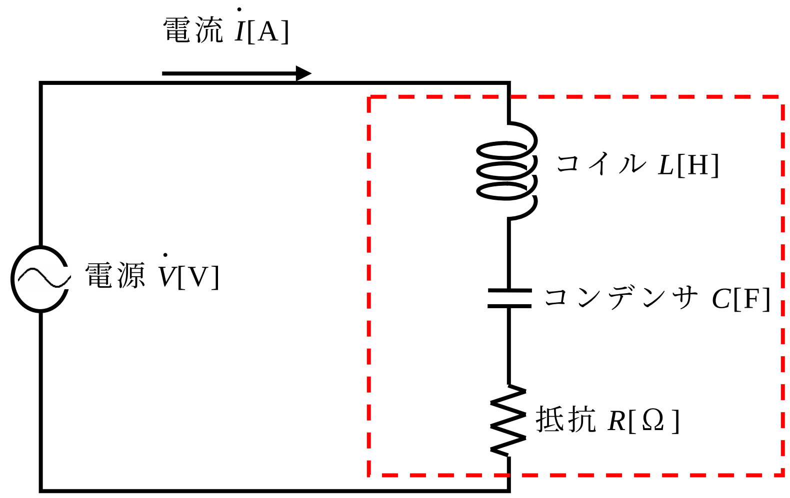
【確認問題２の回答】ロ

５．抵抗 R、コイル L、コンデンサ C の直列回路・並列回路・共振回路とは

抵抗 R[Ω]、コイル L[H]、コンデンサ C[F]は、直列回路や並列回路を構成することができます。

直列回路

それではまず、直列回路から説明しましょう。



コイル L[H]、コンデンサ C[F]、抵抗 R[Ω]のインピーダンスを計算してみると

$$\text{インピーダンス}\ \dot{Z}[\Omega] = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

となります。

さて、回路に流れる電流 $\dot{I}$[A]は、どれだけでしょうか？
それは、次のように計算することができます。

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

$$=\frac{\dot{V}}{R+j\omega L-j\frac{1}{\omega C}}$$

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

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

$$=\frac{\dot{V}\cdot\left[R-j\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)\right]}{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$=\frac{R}{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}\cdot\dot{V}-j\frac{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)}{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}\cdot\dot{V}$$

ここで、

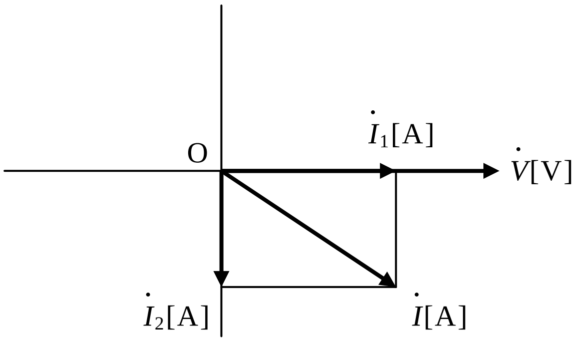
$$I_1=\frac{R}{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}\cdot\dot{V}\qquad I_2=\frac{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)}{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}\cdot\dot{V}$$

と置いて、

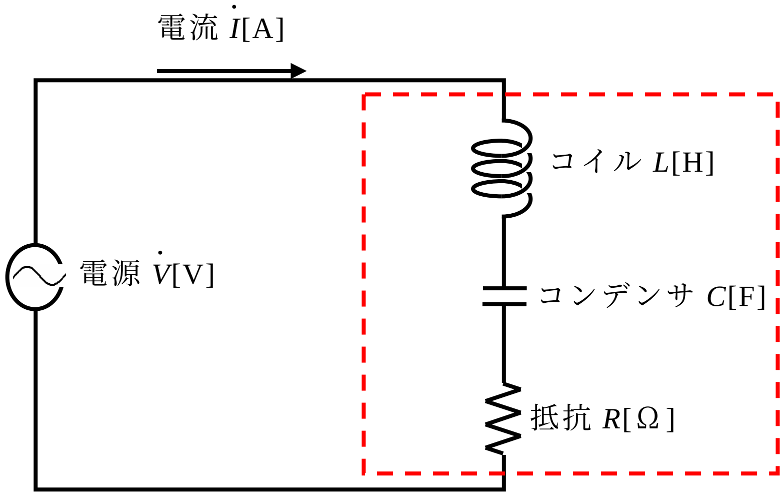
$\dot{I}\equiv I_1-j\cdot I_2$　（記号「≡」は、「こう置きます」と言う意味です）

とします。

さて、どのようなベクトルになるか、図を書いてみます。



それでは、ベクトル図を説明しましょう。



図の LCR 直列回路に、電源 $\dot{V}$[V]を加えると、電流 $\dot{I}$[A]が流れます。
その値は、

$$\dot{I} = \frac{R}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \dot{V} - j \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \dot{V}$$

ここで、

$$I_1 = \frac{R}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \dot{V} \qquad I_2 = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \dot{V}$$

と置いて、

$$\dot{I} \equiv I_1 - j \cdot I_2$$

となります。
それで、電圧 $\dot{V}$[V]と同相（電流と同じ方向だと言うことです）の電流 I_1[A]

は、

$$I_1 = \frac{R}{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \dot{V}$$

だけ流れて、電圧 $\dot{V}$[V]と位相で、90[度]遅れた電流 I_2[A]は、

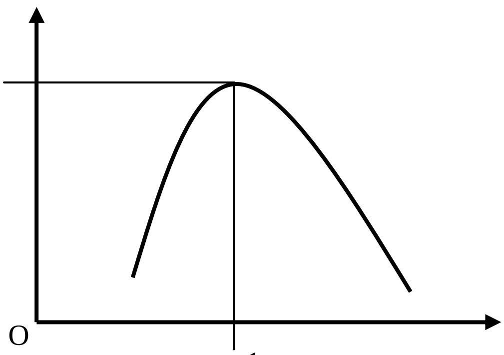
$$I_2 = \frac{\left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)}{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \dot{V}$$

流れると言うことです。（j_3=－j は、ベクトルを 270[度]=－90[度]回転させますね）

そして、電流 I_1[A]と電流 I_2[A]をベクトル的に合成すると電流 $\dot{I}$[A]になると言うことです。

さて、ここで、$\omega = 2\pi f$ ですから、$\left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)$の部分は、周波数 f[Hz]によって、－∞→0→＋∞と変化します。

同じように、電流 $\dot{I}$[A]も周波数 f[Hz]によって、変化します。　どのように変化するかと言いますと、



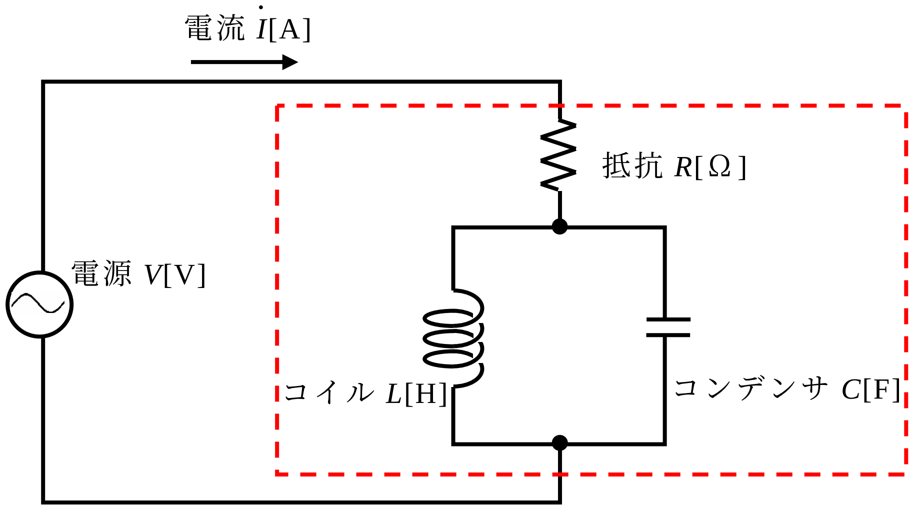
となります。

周波数 $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]は、共振周波数と言い、電流 $\dot{I}$[A]が最大値 $\dot{I} = \dfrac{\dot{V}}{R}$[A]になるところです。　また、その時の回路を直列共振回路と言います。

この、周波数の式 $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]は、憶えて下さいね。

並列回路

さて、次は、並列回路について、解説します。



ではまず、回路のインピーダンス $\dot{Z}$[Ω]を求めてみましょう。

コイル L[H]とコンデンサ C[F]が並列回路になっていますから、

$$\text{LとCのインピーダンス}=\frac{j\omega L\cdot\dfrac{1}{j\omega C}}{j\omega L+\dfrac{1}{j\omega C}}$$

また、抵抗 R[Ω]が直列接続ですから、よって回路のインピーダンス $\dot{Z}$[Ω]は、

$$\dot{Z}=R+(\text{LとCのインピーダンス})=R+\left(\frac{j\omega L\cdot\dfrac{1}{j\omega C}}{j\omega L+\dfrac{1}{j\omega C}}\right)$$

$$=R+\left(\frac{j\omega L}{1+j^2\omega^2 LC}\right)$$

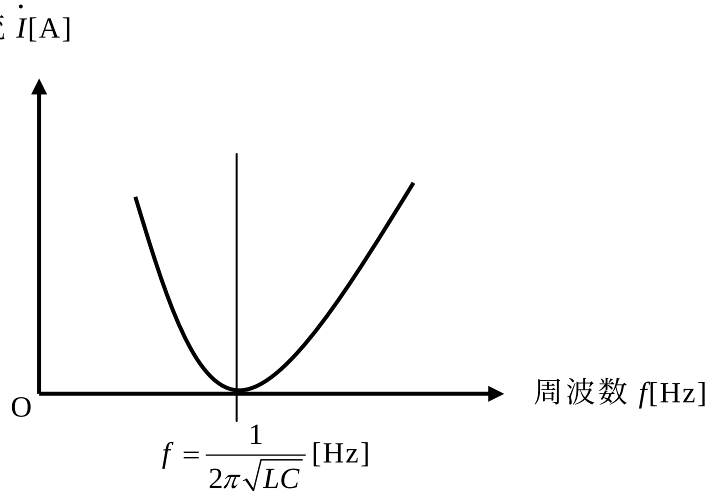
$$=R+\left(\frac{j\omega L}{1-\omega^2 LC}\right)$$

$$=R+j\left(\frac{\omega L}{1-\omega^2 LC}\right)$$

となります。

さて、ここで、直列回路と同じように$\omega = 2\pi f$ですから、$\left(\dfrac{\omega L}{1-\omega^2 LC}\right)$の部分は、周波数$f$[Hz]によって、－∞→0→＋∞と変化します。

同じように、電流$\dot{I}$[A]も周波数f[Hz]によって、変化します。　どのように変化するかと言いますと、



となります。

すなわち、$1-\omega^2 LC = 0$となる周波数$f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]の時、インピーダンス$\dot{Z}$[Ω]が無限大になり、電流$\dot{I}$=0[A]となります。

周波数$f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]は、共振周波数と言い、電流$\dot{I}$[A]が最少値$\dot{I}$=0[A]になるところです。　また、その時の回路を並列共振回路と言います。

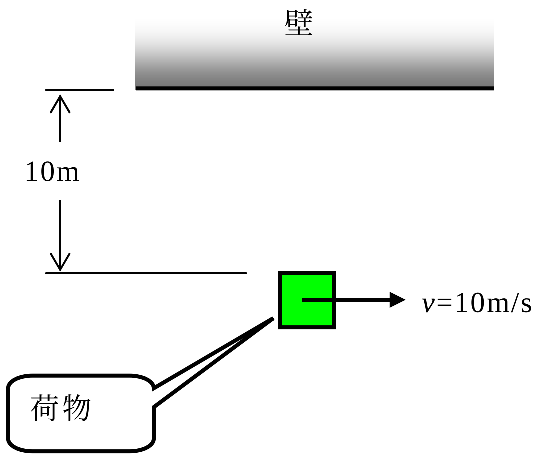
この、周波数の式$f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]も、憶えて下さいね。

６．有効分と無効分

さて、ベクトルを扱う中で、重要な項目に、有効分と無効分という物があります。　そこで、ベクトルの有効分と無効分について説明しましょう。

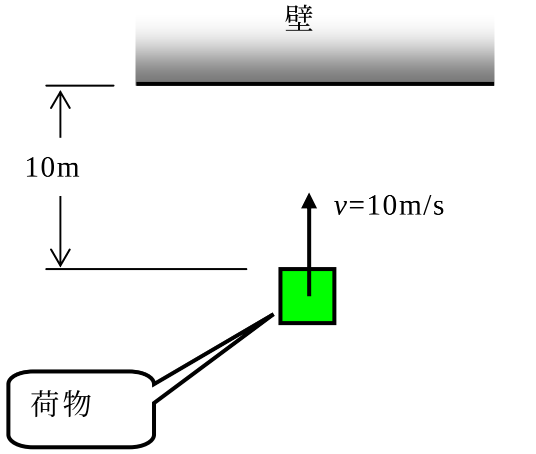
まず、身近なことで、説明します。

ある荷物を壁に近づけるために矢印の方向に、速度v=10[m/s]で動かしたとします。



ですが、どうでしょう。　この方向にいくら荷物を動かしても、壁に近づかないですね。　この場合、「ある荷物を壁に近づけるための速度 v=10[m/s]の有効分は、ゼロである」と言います。

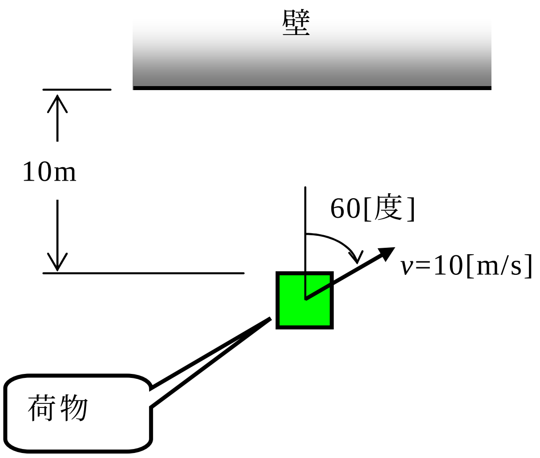
次の場合はどうでしょうか。



ある荷物を壁に向かって、速度 v=10[m/s]で動かしています。

この場合は、荷物が壁に向って、まっすぐに進んでいきますので 1 秒後に壁に到達しますね。　この場合、「ある荷物を壁に近づけるための速度 v=10[m/s]の有効分は、v=10[m/s]である」と言います。　すなわち、速度 v=10[m/s]の 100[%]が有効分です。

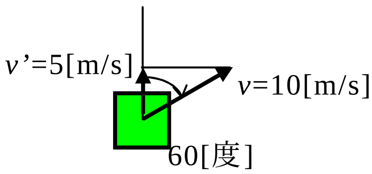
では、次の場合はどうでしょう。



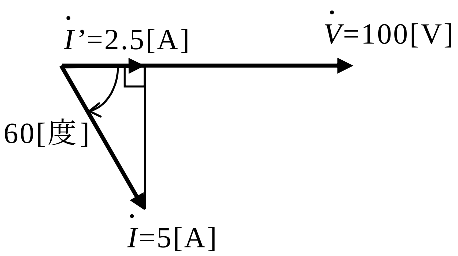
この場合は、速度 v=10[m/s]のうちで

$$v' = v\cos 60^\circ = 10 \times \cos 60^\circ = 10 \times \frac{1}{2} = 5 \qquad [\mathrm{m/s}]$$

が有効分となります。



すなわち、ベクトルの角度によって有効分が変るのですね。
では、電気回路の場合で考えましょう。
電圧 $\dot{V}$=100[V]、電流 $\dot{I}$=5[A]であるとします。



すると、電圧 $\dot{V}$=100[V]と同相成分である電流 $\dot{I}$=5[A]の有効分 I'[A]は、

$$I' = \dot{I}\cos 60^\circ = 5 \times \cos 60^\circ = 5 \times \frac{1}{2} = 2.5 \qquad [\mathrm{A}]$$

となります。
そして、この時の電圧 $\dot{V}$=100[V]と電流 I'=2.5[A]のかけ算

$$P = \dot{V} \cdot I \cos 60^\circ = 100 \times 5 \times \frac{1}{2} = 250 \quad [\mathrm{W}]$$

を有効電力 P[W]と言います。

ちなみに、

$$Q = \dot{V} \cdot I \sin 60^\circ = 100 \times 5 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 500 \times 0.866 = 433 \quad [\mathrm{var}]$$

は、無効電力 Q[var]

$$S = V \cdot I = 100 \times 5 = 500 \quad [\mathrm{VA}]$$

は、皮相電力 S[VA]と言います。

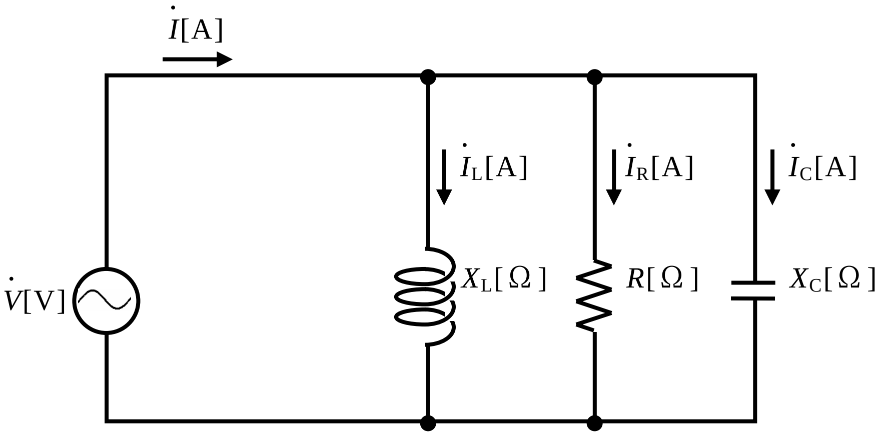
キーワード

交流の最大値、実効値、平均値、ベクトルの 3 要素、回転ベクトル、静止ベクトル、直列共振回路、並列共振回路、共振周波数、有効電力、無効電力、皮相電力

【例題（よく出る問題）の解説】

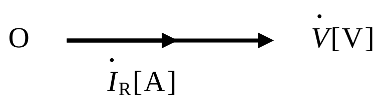
では、【例題（よく出る問題)】の解説をしましょう。

次の回路に示す電圧と電流の位相関係を示す図は、どのようになるかですね。



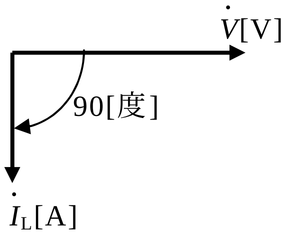
まず、一番解りやすいのが、抵抗 R[Ω]に流れる電流 $\dot{I}_R$[A]ですね。

この、電流 $\dot{I}_R$[A]は、電圧 $\dot{V}$[V]と同相になるので、まず $\dot{I}_R$[A]と $\dot{V}$[V]は、



となります。

つぎに、コイル X_{L}[Ω]の電流 $\dot{I}_{\mathrm{L}}$[A]は、電圧 $\dot{V}$[V]より 90[度]遅れるので

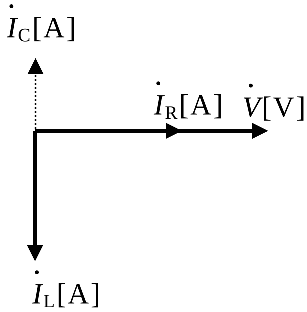


となります。

最後に、コンデンサ X_{C}[Ω]の電流 $\dot{I}_{\mathrm{C}}$[A]は、電圧 $\dot{V}$[V]より 90[度]進むので

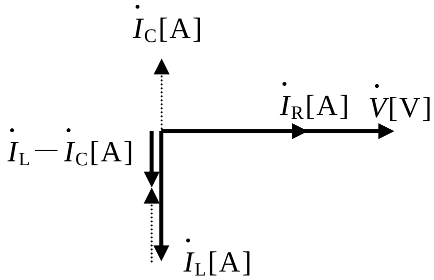
となります。

さて、以上から、各電流 $\dot{I}_{\mathrm{R}}$[A]、$\dot{I}_{\mathrm{L}}$[A]、$\dot{I}_{\mathrm{C}}$[A]をまとめて書くと



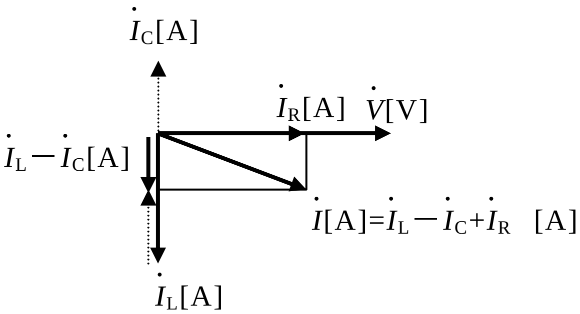
となります。

つぎに、電流 $\dot{I}_{\mathrm{L}}$[A]と電流 $\dot{I}_{\mathrm{C}}$[A]をベクトル的に足し算すると



電流 $\dot{I}_{\mathrm{L}}-\dot{I}_{\mathrm{C}}$[A]となります。

そして、電流 $\dot{I}_{\mathrm{L}}-\dot{I}_{\mathrm{C}}$[A]と電流 $\dot{I}_{\mathrm{R}}$[A]をベクトル的に足し算すると、



電流 $\dot{I}$[A]$=\dot{I}_L-\dot{I}_C+\dot{I}_R$ [A]となります。
以上から、選択肢は、ロとなります。

【回答】：ロ

これがポイント

コツ１、抵抗 R[Ω]に流れる電流 $\dot{I}$[A]は、電圧と同相になる。
コツ２、コイル L[H]に流れる電流 $\dot{I}_L$[A]は、電圧 $\dot{V}$[V]より位相が 90[度]遅れる。
コツ３、コンデンサ C[F]に流れる電流 $\dot{I}_C$[A]は、電圧 $\dot{V}$[V]より位相が 90[度]進む。
コツ４、ベクトルは、方向を考えて足し算する。

復習

１，交流の瞬時値、実効値、平均値は、理解できましたか。
２，電圧と電流の位相のズレは、理解できましたか。
３，有効電力、無効電力、皮相電力は、理解できましたか。

アドバイス

交流の瞬時値、実効値、平均値の計算式、電圧と電流の位相のズレ、有効電力、無効電力、皮相電力の計算式は、必ず憶えてください。

練習問題

【問 1】

$v = 282\sin 120\pi t$ [V]で表される交流電圧の実効値 V_e[V]は。

イ．179.6　　ロ．400　　ハ．200　　ニ．282

ヒント 実効値 V_e[V]は、最大値 V_m[V]の $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$ である。

【回答】：ハ

【問 2】

実効値が、V=100[V]の正弦波交流の平均値 V_a[V]は。

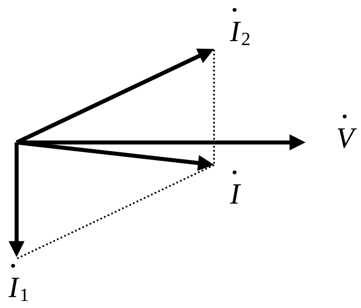
イ．141　　ロ．50　　ハ．70.7　　ニ．89.8

ヒント $V_m = \sqrt{2}V$、$V_a = \dfrac{2V_m}{\pi}$ の関係を思い出して下さい。

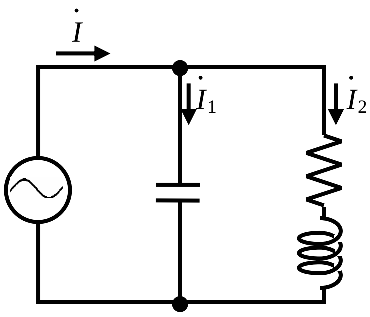
【回答】：ニ

【問 3】

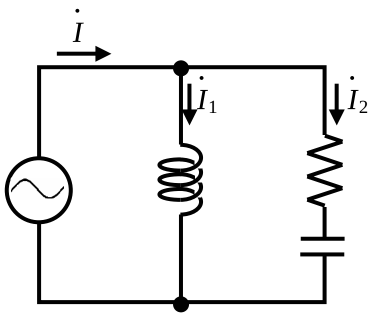
図のベクトル図に相当する回路は。



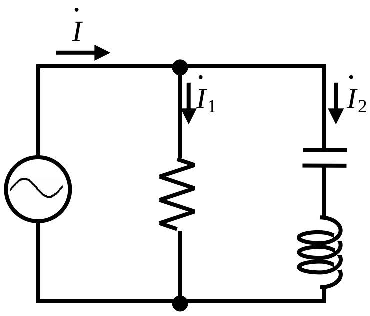
イ．



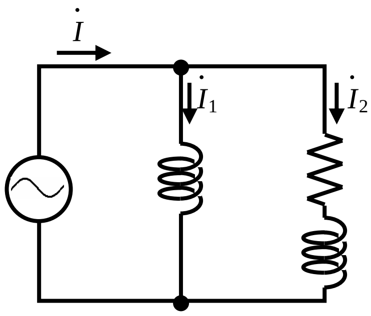
ロ．



ハ．



ニ．

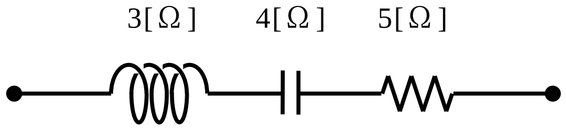


ヒント コンデンサに流れる電流ベクトルは、電圧 $\dot{V}$[V]に対して進みとなり、コイルに流れる電流ベクトルは、電圧 $\dot{V}$[V]に対して遅れます。

【回答】：ロ

【問 4】

次の回路のインピーダンス $\dot{Z}$[Ω]は。



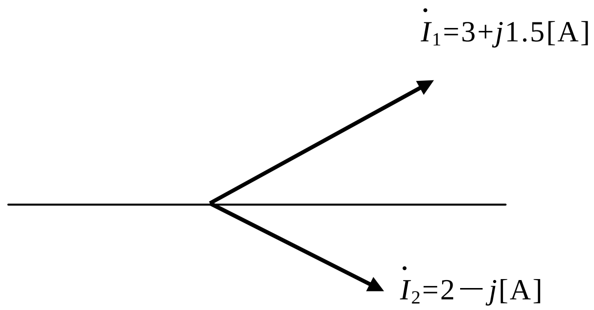
イ．5－j　ロ．5－j7　ハ．5+j7　ニ．j12

ヒント コイルは、j が、コンデンサは、－j が付くことを忘れないように。

【回答】：イ

【問 5】

次の電流 $\dot{I}_1$=3+j1.5[A]と $\dot{I}_2$=2－j[A]の合成電流 $\dot{I}$=$\dot{I}_1$+$\dot{I}_2$[A]は。



イ．1+j2.5　ロ．5+j2.5　ハ．5.5　ニ．5+j0.5

ヒント 実数と実数、虚数と虚数どうしで計算します。

【回答】：ニ