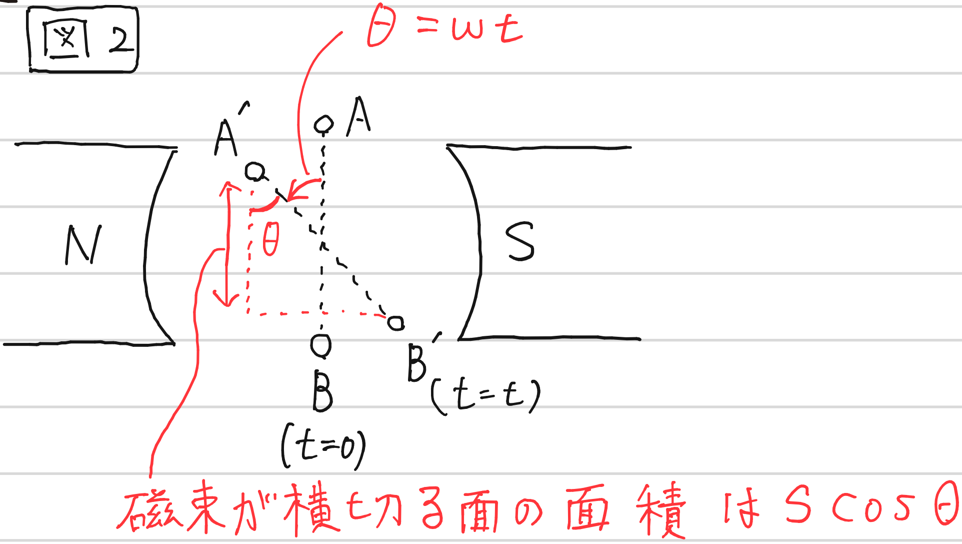
324

図2



(1)

t = 0 のときは. 磁束が貫く面の面積はS.

よって $\phi = BS$ より

$\underline{\phi_0 = BS}$ //

(2)

t=t のときは、コイルが θ = ωt 回転し、磁束が

貫く面の面積は Scosθ

よって $\phi = BS$ より

$$\phi = BS\cos\theta$$

$$= \underline{BS\cos\omega t}$$ //

(3)

$$V = -n\frac{d\phi}{dt}$$

φを微分したもの

$$= -n(-BS\omega\sin\omega t)$$

$$= \underline{nBS\omega\sin\omega t}$$ //

(4)

$V = nBS\omega \sin\omega t$

↳ ここが最大値

よって $V_0 = \underline{nBS\omega}$ //

$\boxed{325}$

$V=-N\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ の $\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ に代入する値を求めていく.

($\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ について)

$\phi=BS$ の S を求める必要がある.

長さ l の針金を n 回巻いているので. 円周の長さは $\dfrac{l}{n}$ [m]
半径を r とすると

$$2\pi r=\frac{l}{n}$$

$$\Rightarrow r=\frac{l}{2\pi n}$$

よって

$$S=\pi r^2$$
$$=\pi\cdot\left(\frac{l}{2\pi n}\right)^2$$
$$=\frac{l^2}{4\pi n^2}$$

$\phi=BS$ に代入すると

$$\phi=B\cdot\frac{l^2}{4\pi n^2}$$

コイルが回転すると. 磁束が貫く面積は
$\cos\omega t$ の成分となるので

$$\phi=B\cdot\frac{l^2}{4\pi n^2}\cos\omega t$$

t で微分して

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=-\frac{Bl^2}{4\pi n^2}\omega\sin\omega t$$

$\boxed{325}$ 続き

$V = -N\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ に代入して

$$V = -n\cdot\left(-\frac{Bl^2}{4\pi n^2}\omega\sin\omega t\right)$$
$$= \frac{Bl^2}{4\pi n}\omega\sin\omega t$$

(実効値について)

実効値は (最大値) $\times \dfrac{1}{\sqrt{2}}$ となる.

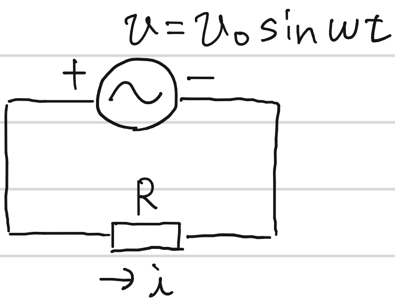
前述した式より最大値 V_0 は

$$V_0 = \frac{Bl^2}{4\pi n}\omega$$

よって 実効値 V_e は

$$V_e = \frac{1}{\sqrt{2}}V_0$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{Bl^2}{4\pi n}\omega$$
$$= \frac{\sqrt{2}Bl^2\omega}{8\pi n}$$

326



(1)

抵抗Rでの電位差 V_R はオームの法則 $V=RI$ より

$V_R = Ri$

キルヒホッフ第2法則より

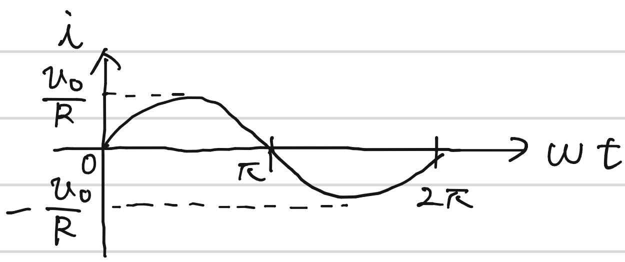
$v = V_R$

$\Rightarrow v_0 \sin\omega t = Ri$

$\therefore i = \dfrac{v_0}{R}\sin\omega t$ //(ア)

(2)

$+\sin$ 型で最大値が $\dfrac{v_0}{R}$ のグラフとなる。



(3)

共に $+\sin$ 型なので位相は等しい //(イ)

(4)

(2)より $i_0 = \dfrac{v_0}{R}$ //(ウ)

(実効値) = (最大値) × $\dfrac{1}{\sqrt{2}}$ なので

$I_e = \dfrac{i_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_0 = \sqrt{2}\, I_e$

$V_e = \dfrac{v_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow v_0 = \sqrt{2}\, V_e$

これを(ウ)の式に代入して

$\sqrt{2}\, I_e = \dfrac{\sqrt{2}\, V_e}{R} \quad \therefore I_e = \dfrac{V_e}{R}$ //(エ)

$\boxed{326}$ 続き

(5)

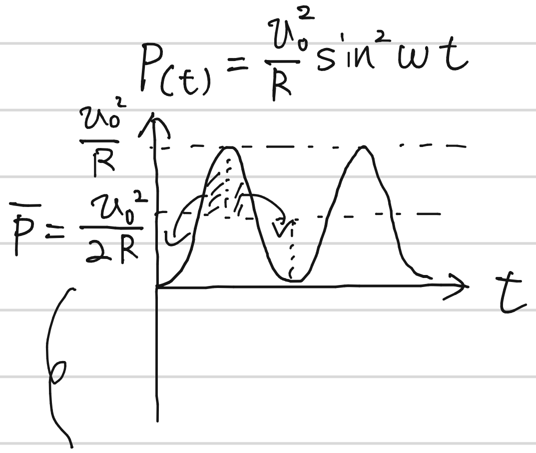
消費電力 $P(t)$ は

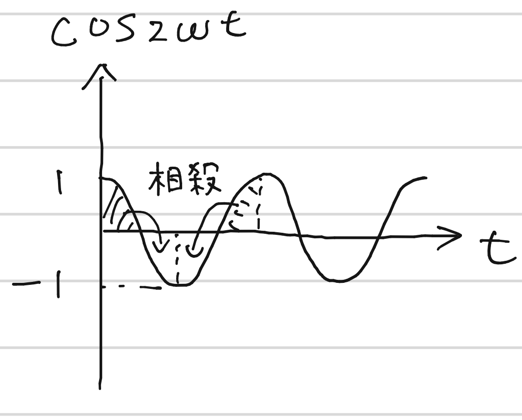
$$P(t) = I(t) \times V(t)$$
$$= \frac{v_0}{R}\sin\omega t \times v_0 \sin\omega t$$
$$= \frac{v_0^2}{R}\sin^2\omega t$$

$$\overline{P} = \frac{v_0^2}{R}\,\overline{\sin^2\omega t} = \frac{v_0^2}{2R}$$

$$\left(\because\ \overline{\sin^2\omega t} = \frac{1-\overline{\cos 2\omega t}}{2} = \frac{1-0}{2} = \frac{1}{2}\right)$$

※補足　グラフで平均値をイメージできるようにしておこう





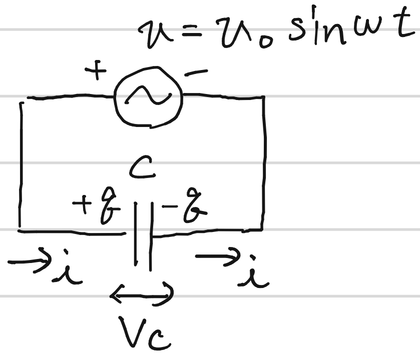
$\overline{\sin^2\omega t} = \frac{1}{2}$　　　$\overline{\cos 2\omega t} = 0$

$\overline{P} = \frac{v_0^2}{2R}$ に $v_0 = \sqrt{2}V_e$ を代入して

$$\overline{P} = \frac{(\sqrt{2}V_e)^2}{2R} = \frac{V_e^2}{R}$$
$$= \underline{I_e V_e}_{\#}\ (オ)$$

※実効値で消費電力の平均をだせることを導出した問題である。

327



(1)

キルヒホッフの法則より

$$V_C = v$$

$Q = CV$ より

$$q = CV_C$$
$$= Cv$$
$$= \underline{Cv_0 \sin\omega t} \text{ // (ア)}$$

(2)

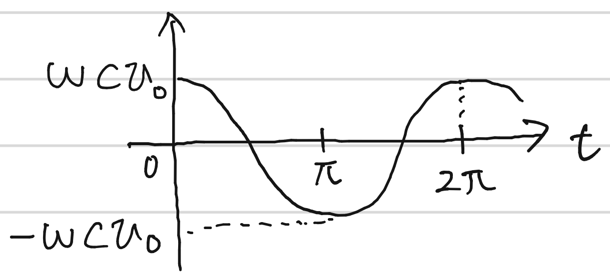
$i = \frac{dq}{dt}$ は電流Iの定義「1sに通過する電気量」のことである。

(1) の q の式を微分して

$$\frac{dq}{dt} = \omega C v_0 \underline{\cos\omega t} \text{ // (イ)}$$

(3)

$+\cos$ 型で最大値が $\omega C v_0$ のグラフとなる。



(4)

V が $+\sin$ 型、i が $+\cos$ 型なので

i の方が V よりも $\underline{\frac{\pi}{2}}$ // (ウ) 位相が進んでいるといえる。

$\boxed{327}$ 続き

(5)

(エ)

(2)の式より i の最大値 i_0 は

$$i_0 = \omega C v_0$$

空欄(エ)の形に合わせると.

$$i_0 = \frac{v_0}{\underline{\frac{1}{\omega C}}_{\#(エ)}}$$

※これはオームの法則 $I = \frac{V}{R}$ の形にあわせているのである

(オ)

$i_0 = \sqrt{2} I_e$, $v_0 = \sqrt{2} V_e$ を(エ)の式に代入して

$$\sqrt{2} I_e = \frac{\sqrt{2} V_e}{\frac{1}{\omega C}}$$

$$\Rightarrow I_e = \frac{V_e}{\underline{\frac{1}{\omega C}}_{\#(オ)}}$$

(カ)(キ)

$\frac{1}{\omega C}$ を $\underline{\text{容量リアクタンス}}_{\#(カ)}$ という。 単位は $\underline{[\Omega]}_{\#(キ)}$

(6)

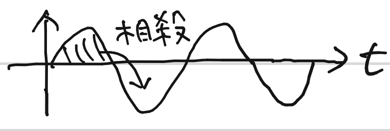
消費電力 $P(t)$ は

$$P(t) = I(t) \cdot V(t)$$
$$= \omega C v_0 \cos\omega t \times v_0 \sin\omega t$$
$$= \omega C v_0^2 \sin\omega t \cos\omega t$$
$$= \frac{1}{2}\omega C v_0^2 \sin 2\omega t$$

平均消費電力 $\overline{P}$ は

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\omega C v_0^2 \, \overline{\sin 2\omega t} = \underline{0}_{\#(ク)}$$

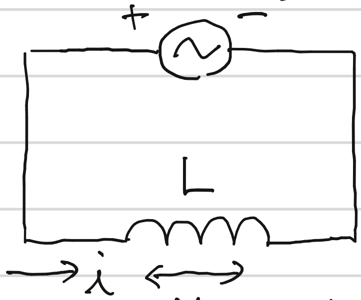
※ $\sin 2\omega t$



$\overline{\sin 2\omega t} = 0$

328

$v = v_0 \sin \omega t$



$V_L = -L\dfrac{\Delta i}{\Delta t}$

(1)

キルヒホッフ第2法則より

$$v - L\frac{\Delta i}{\Delta t} = 0$$

$$\Rightarrow v_0 \sin \omega t - L\frac{\Delta i}{\Delta t} = 0$$

これより

$$\underline{\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{v_0}{L}\sin \omega t} \ // \text{(ア)}$$

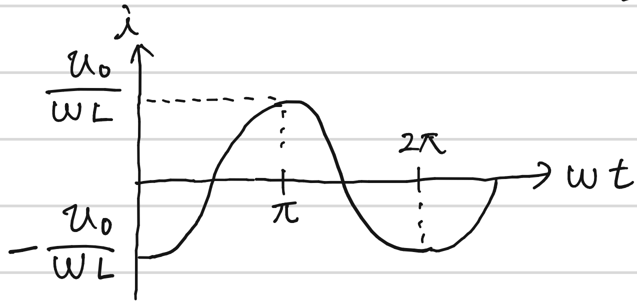
両辺を積分して

$$i = -\frac{v_0}{\omega L}\cos \omega t + C$$ （Cは積分定数．C=0としてよい）

$$\therefore \underline{i = -\frac{v_0}{\omega L}\cos \omega t} \ // \text{(イ)}$$

(2)

−cos型で最大値が $\dfrac{v_0}{\omega L}$ のグラフとなる．



(3)

電圧が +sin型．電流が −cos型なので，

電流は電圧より位相が $\underline{\dfrac{\pi}{2}}$ // (ウ) だけ位相がおくれている

328 続き

(4)

(エ)

(1)の式より電流の最大値 i_0 は

$$i_0 = \frac{v_0}{\omega L} \quad \text{//(エ)}$$

(オ)

$i_0 = \sqrt{2} I_e$, $v_0 = \sqrt{2} V_e$ を代入して

$$\sqrt{2} I_e = \frac{\sqrt{2} V_e}{\omega L}$$

$$\Rightarrow I_e = \frac{V_e}{\omega L} \quad \text{//(オ)}$$

オームの法則 $I = \frac{V}{R}$ と比較

(カ)(キ)

ωL を誘導リアクタンスという //(カ). 単位は [Ω] //(キ)

(5)

消費電力 $P(t)$ は

$$P(t) = I(t) \cdot V(t)$$

$$= -\frac{v_0}{\omega L} \cos\omega t \times v_0 \sin\omega t$$

$$= -\frac{v_0^2}{\omega L} \sin\omega t \cos\omega t$$

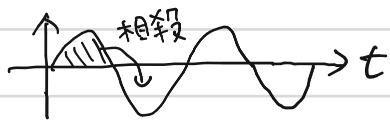
$$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{\omega L} \sin 2\omega t$$

平均消費電力 $\overline{P}$ は

$$\overline{P} = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2}{\omega L} \overline{\sin 2\omega t}$$

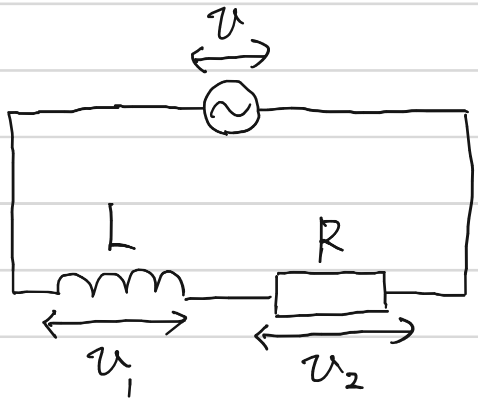
$$= 0 \quad \text{//(ク)}$$

※ $\sin 2\omega t$



$\overline{\sin 2\omega t} = 0$

329



(1)

キルヒホッフの法則より

$$v - v_1 - v_2 = 0$$

$$\Rightarrow v = v_1 + v_2$$

(ア)

$$v_1 = L\frac{di}{dt} = \underline{\omega L i_0 \cos \omega t} \text{ (ア)}$$

※ iの微分をする.

(イ)

$$v_2 = Ri = \underline{Ri_0 \sin \omega t} \text{ (イ)}$$

(2) (ウ)

$$v = v_1 + v_2$$

$$= \underbrace{\omega L i_0}_{b} \cos \omega t + \underbrace{Ri_0}_{a} \sin \omega t$$

$$= \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\omega t + \alpha)$$ ただし $\tan \alpha = \frac{b}{a}$

$$= \sqrt{(Ri_0)^2 + (\omega L i_0)^2} \sin(\omega t + \alpha)$$

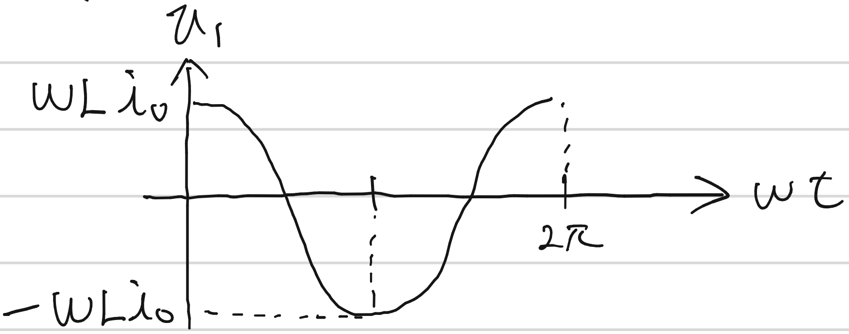
（ただし $\tan \alpha = \frac{\omega L i_0}{R i_0} = \frac{\omega L}{R}$）

$$= \underline{i_0 \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\omega t + \alpha) \text{ (ウ)}$$

$\boxed{329}$ 続き

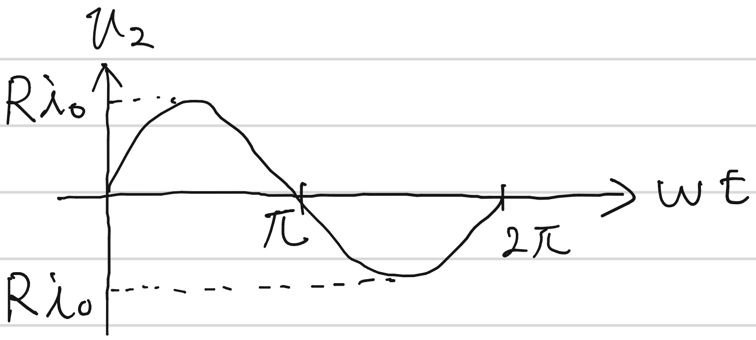
(3)

$\boxed{v_1}$ $v_1 = \omega L i_0 \cos \omega t$



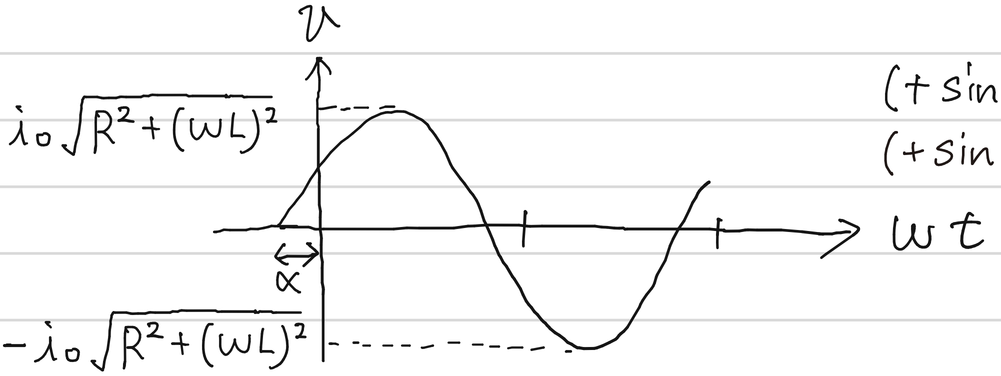
($+\cos$型)

$\boxed{v_2}$ $v_2 = R i_0 \sin \omega t$



($+\sin$型)

$\boxed{v}$ $v = i_0 \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \sin(\omega t + \alpha)$



($+\sin$型を負にαずらす)
($+\sin$型からαはやめる)

(4)

コイルの消費電力は0なので．抵抗の消費電力を考えればよい．抵抗に流れる電流の最大値はi_0なので

$$P_e = I_e^2 R$$
$$= \left(\frac{1}{\sqrt{2}} i_0\right)^2 R = \underline{\frac{1}{2} i_0^2 R}_{\ /\!/}\ (エ)$$

$\boxed{330}$

リアクタンスと位相のずれは覚えておくと便利.

	抵抗	コイル	コンデンサー
リアクタンス	R	ωL	$\frac{1}{\omega C}$
Vに対する Iの位相	同じ	$\frac{\pi}{2}$ おくれている	$\frac{\pi}{2}$ すすんでいる

※ $\boxed{326}$ ~ $\boxed{329}$ を理解しておけば, 覚えてなくても解ける.

(ア)

コイルの誘導リアクタンスは $\underline{\omega L}$ // (ア)

(イ)(ウ)

コイルは電流の位相が電圧より $\underline{\frac{\pi}{2}}$ // (イ) だけ $\underline{\text{遅れる}}$ // (ウ)

(エ)

リアクタンスXを用いて, 電流の最大値 I_0 を求めると,

$$V_0 = X I_0$$

$$\Rightarrow V_0 = \omega L I_0$$

$$\therefore I_0 = \frac{V_0}{\omega L}$$

電流の位相が電圧の位相(ωt)より $\frac{\pi}{2}$ おくれていることを組みこんで I の式を立てると,

$$I_L = I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= \underline{\frac{V_0}{\omega L}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)} \ // \ (\text{エ})$$

※ 問題 $\boxed{328}$ のように積分を用いても

$$I_L = -\frac{V_0}{\omega L}\cos\omega t$$

が求められる。リアクタンスを使う形と微積を使う形の2通りの解法があると知識を整理しておこう.

330 続き

(オ)

コンデンサーの容量リアクタンスは $\frac{1}{\omega C}$ (オ)

(カ)(キ)

コンデンサーは電流の位相が電圧より $\frac{\pi}{2}$ (カ) だけ 進んでいる (キ).

(ク)

リアクタンス X を用いて電流の最大値 I_0 を求めると.

$$V_0 = X I_0$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{1}{\omega C} I_0$$

$$\therefore I_0 = \omega C V_0$$

電流の位相が電圧の位相 (ωt) より $\frac{\pi}{2}$ すすんでいることを組みこんで I の式をたてると

$$I_C = I_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= \omega C V_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (ク)$$

$\boxed{331}$

問題文で与えられている式

$$v = i_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}\ \sin(\omega t + \alpha)$$

を自分で導けるようになっておこう。

直列接続では電流が共通なので、電流をベースに考える。

$i = i_0 \sin\omega t$ とおいて、各素子の電圧を求める。

$\boxed{v_R}$

$V = RI$ より

$$v_R = R i_0 \sin\omega t$$

$\boxed{v_L}$

リアクタンスを用いて、v_L の最大値 v_{L0} を求めると、

$V = XI$ より

$$v_{L0} = \omega L \cdot i_0$$

電流の位相(ωt)が電圧の位相より $\frac{\pi}{2}$ おくれているので、

逆にいうと電圧の位相が $\frac{\pi}{2}$ すすんでいるといえる。

これより v_L を立式すると、

$$v_L = v_{L0} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$
$$= \omega L i_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$\boxed{v_C}$

リアクタンスを用いて v_C の最大値 v_{C0} を求めると

$V = XI$ より

$$v_{C0} = \frac{1}{\omega C} i_0$$

電流の位相(ωt)が電圧の位相より $\frac{\pi}{2}$ すすんでいるので

逆にいうと電圧の位相が $\frac{\pi}{2}$ おくれているといえる。

これより v_C を立式すると、

$$v_C = v_{C0} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$
$$= \frac{1}{\omega C} i_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

331 続き

キルヒホッフ第2法則の式

$$v = v_R + v_L + v_C$$

に代入すると.

$$v = Ri_0 \sin\omega t + \omega L i_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{1}{\omega C} i_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

ベクトル図を用いて合成すると

$$v = i_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \sin(\omega t + \alpha)$$ となる。

※ベクトル図を用いず、三角関数の合成をしてもよい。

(ア)

求めた v の式から、最大値を読みとると

$$v_0 = \underline{i_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \ //(ア)$$

(イ)

(ア)の式を変形して

$$i_0 = \underline{\frac{v_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}} \ //(イ)$$

(ウ)

$v_0 = \sqrt{2} V_e$, $i_0 = \sqrt{2} I_e$ を代入して

$$\sqrt{2} I_e = \frac{\sqrt{2} V_e}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\therefore I_e = \underline{\frac{V_e}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}} \ //(ウ)$$

(エ)

オームの法則の R にインピーダンス Z を代入すると

$I = \frac{V}{Z}$ (ウ)式と比べて $Z = \underline{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$ //(エ)

331 続き

(オ)

コイルとコンデンサーでの消費電力は0なので、

抵抗での消費電力のみ考えればよい。

$$P_e = \underline{I_e^2 R}_{\#}\text{(オ)}$$

(カ)

インピーダンスZが最も小さくなるとき、I_eが最大となる。

Zが最も小さくなるのは

$$\omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = 0$$

となるときである。

これを解いて

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} = \underline{\frac{1}{\sqrt{LC}}}_{\#}\text{(カ)}$$

(キ)

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{\frac{2\pi}{\omega_0}}$$

$$= \frac{\omega_0}{2\pi}$$

$$= \underline{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}_{\#}\text{(キ)}$$

$\boxed{332}$

各素子のリアクタンスから、インピーダンスを求める。

問題$\boxed{331}$より LCR 直列回路のインピーダンス Z は

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

ここで問題文より

$$R = 400[\Omega],\ \omega L = 500[\Omega],\ \frac{1}{\omega C} = 200[\Omega]$$

なので

$$Z = \sqrt{400^2 + (500 - 200)^2}$$
$$= \sqrt{250000}$$
$$= 500$$

これを用いてオームの法則を立式すると

$$V_e = Z I_e$$
$$100 = 500 \cdot I_e$$
$$\therefore I_e = 0.20\,[A]$$

これを用いて、各素子での電圧の実効値を求めると

$\boxed{V_1}$

$$V_1 = \omega L \cdot I_e = 500 \cdot 0.20 = \underline{100\,[V]}_{/\!/}$$

$\boxed{V_2}$

$$V_2 = \frac{1}{\omega C} \cdot I_e = 200 \cdot 0.20 = \underline{40\,[V]}_{/\!/}$$

$\boxed{V_3}$

$$V_3 = \omega L \cdot I_e = 400 \cdot 0.20 = \underline{80\,[V]}_{/\!/}$$

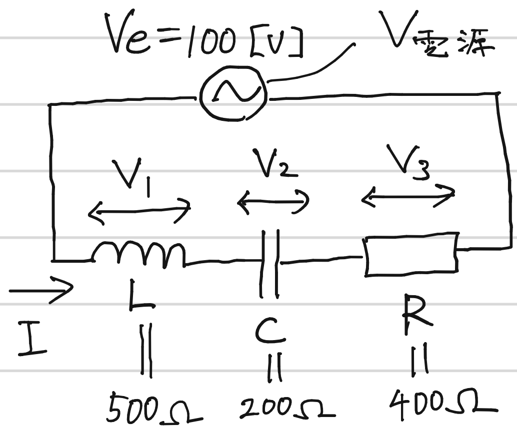
$\boxed{332}$ 続き

※ インピーダンス Z を使わずに求めてみる.

直列接続なので. 各素子で電流が共通となる.

電流の最大値を i_0, $I = i_0 \sin \omega t$ とおいて. 各素子での

電圧を求める.



$\boxed{V_1}$

リアクタンスを用いて電圧の最大値を求めると.

$$V_{10} = \omega L i_0$$
$$= 500 i_0$$

位相のずれを考慮すると.

$$V_1 = 500 i_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$\boxed{V_2}$

リアクタンスを用いて電圧の最大値を求めると.

$$V_{20} = \frac{1}{\omega C} i_0$$
$$= 200 \ i_0$$

位相のずれを考慮すると.

$$V_2 = 200 i_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$\boxed{V_3}$

リアクタンスを用いて電圧の最大値を求めると.

$$V_{30} = R \ i_0$$
$$= 400 \ i_0$$

位相のずれを考慮すると.

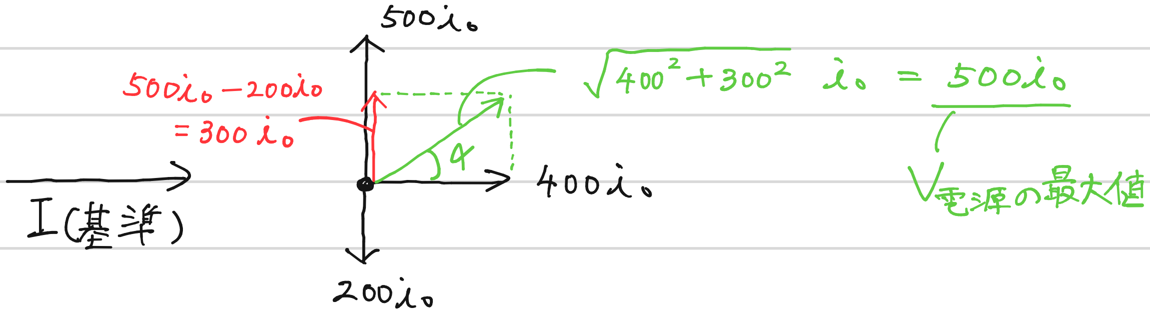
$$V_3 = 400 i_0 \sin \omega t$$

$\boxed{332}$ 続き

キルヒホッフ第2法則より

$$V_{電源} = V_1 + V_2 + V_3$$
$$= 500 i_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) + 200 i_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + 400 i_0 \sin \omega t$$

ベクトル図を用いて合成すると、



$$V_{電源} = 500 i_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

$V_{電源}$の最大値が$500 i_0$と求まったので、

問題文の電源の実効値 100 [V] とくらべて

$V_0 = \sqrt{2} V_e$ より

$$500 i_0 = \sqrt{2} \cdot 100$$
$$\therefore i_0 = \frac{\sqrt{2}}{5}$$

それぞれの素子での電圧の最大値の式にi_0を代入して.

$\boxed{V_1}$

$$V_{10} = 500 i_0$$
$$= 100\sqrt{2}$$

$\boxed{V_2}$

$$V_{20} = 200 i_0$$
$$= 40\sqrt{2}$$

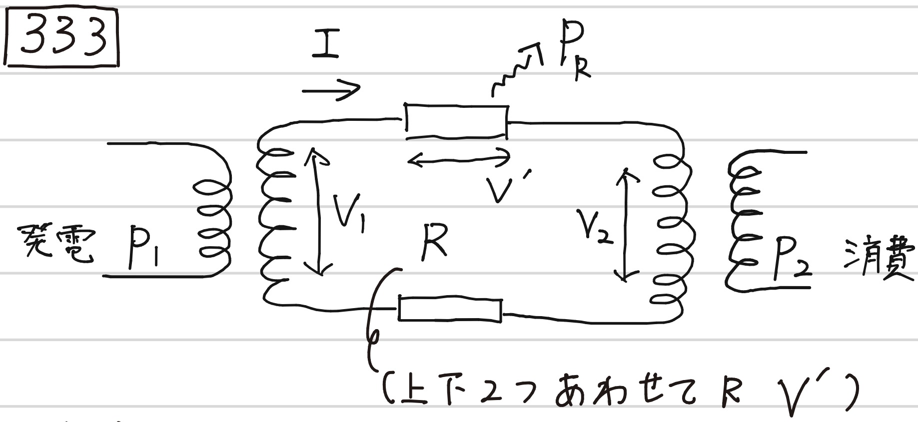
$\boxed{V_3}$

$$V_{30} = 400 i_0$$
$$= 80\sqrt{2}$$

これを$\frac{1}{\sqrt{2}}$倍して実効値に直すと.

$V_1 = \underline{100 \text{ [V]}}$ // $\quad V_2 = \underline{40 \text{ [V]}}$ // $\quad V_3 = \underline{80 \text{ [V]}}$ //

333



(ア)

抵抗Rでの消費電力を計算すると

$$P_R = IV'$$
$$= I^2R$$

これがエネルギーのロスとなっているので

$$P_1 - P_2 = \underline{I^2R}_{\#} \text{(ア)}$$

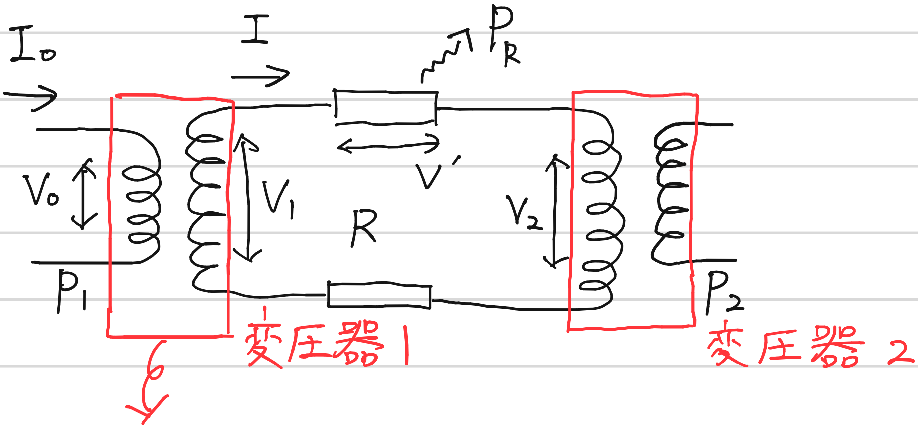
(イ)

I^2Rを小さくするには、電流 I を小さくしなければならない。

(イ)

(ウ)

ここでは、変圧器でのエネルギー損失がないとした立式を行う。



変圧器1でのエネルギー変換を式にすると

$$\underbrace{I_0V_0}_{(P_1)} = IV_1$$

ここで I を小さくするには、V_1 を高くするように設定にすればよい。

(ウ)

(V_1側の巻き数を増やすなど)

333 続き

※(ウ)の補足

変圧器のエネルギー変換の式

$$I_0 V_0 = I' V'$$

は、原理はおいといて、公式として使ってよい式となります。

高校範囲をこえてしまってると思います。

(エ)

変圧器1のエネルギー変換の式より

$$P_1 = IV_1$$

変圧器2のエネルギー変換の式より

$$P_2 = IV_2$$

抵抗Rでのエネルギー損失の式をたてると

$$P_1 - P_2 = I^2 R$$

3式より

$$IV_1 - IV_2 = I^2 R$$

$$\therefore I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

(ア)式 $P_1 - P_2 = I^2 R$ に代入して

$$P_1 - P_2 = \left(\frac{V_1 - V_2}{R}\right)^2 R$$

$$= \underline{\frac{(V_1 - V_2)^2}{R}} \text{ // (エ)}$$

(オ)

変圧器1でのエネルギー変換の式より

$$P_1 = IV_1$$

これより V_1 を2倍にすると、I は $\frac{1}{2}$ 倍になる。

するとRでの消費電力の式、$P_R = I^2 R$ より

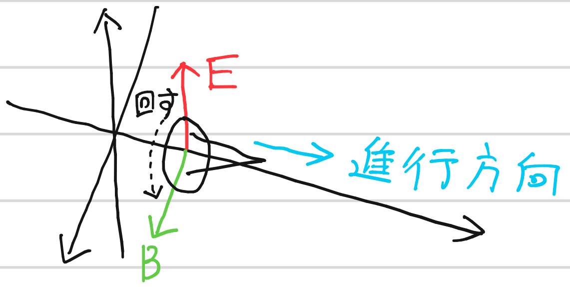
I が $\frac{1}{2}$ 倍になると、P_R は $\underline{\frac{1}{4}\text{倍}}$ // (オ) になるとわかる。

334

(ア) 電磁誘導の法則
〃(ア)

(イ) 横波
〃(イ)

※ 電場と磁場と進行方向を右ねじの法則で考えられることも知っておこう.



問
知識問題となる.

エネルギー 小 ⟷ エネルギー 大

電波 → マイクロ波 → 赤外線 → 可視光 → 紫外線 → X線

より危なそうなもの程.波長が短い(エネが大きい)と考えれば.ただの丸暗記にならないかもしれない.