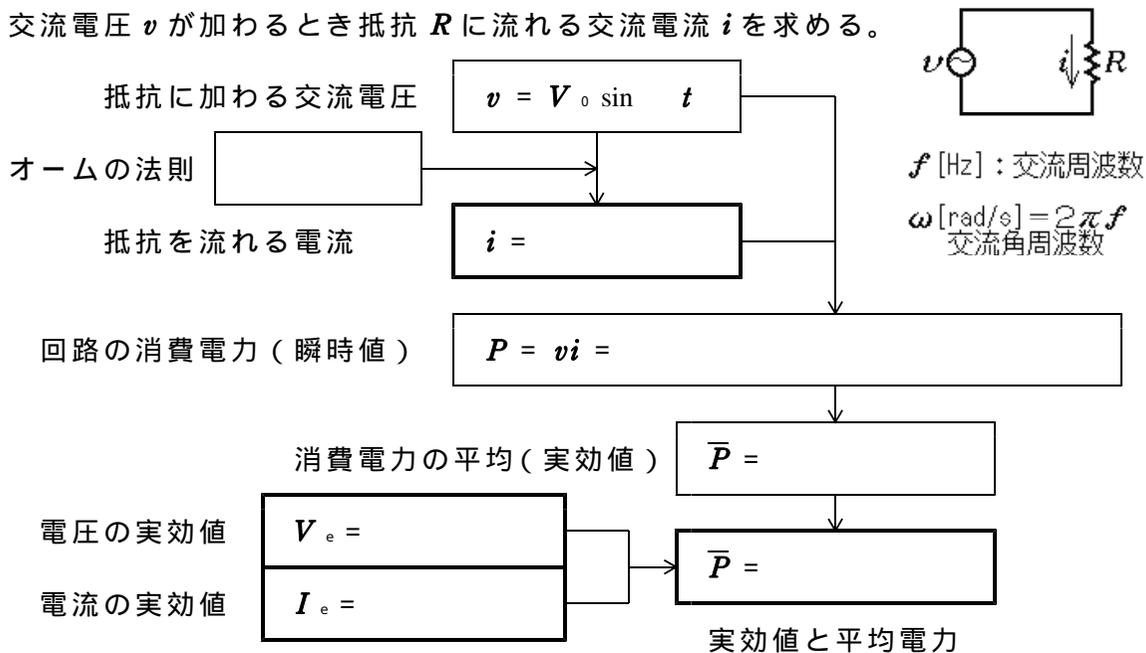


# 17. 交流と電磁波

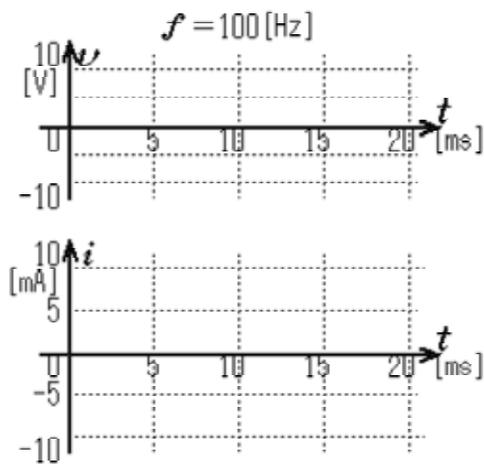
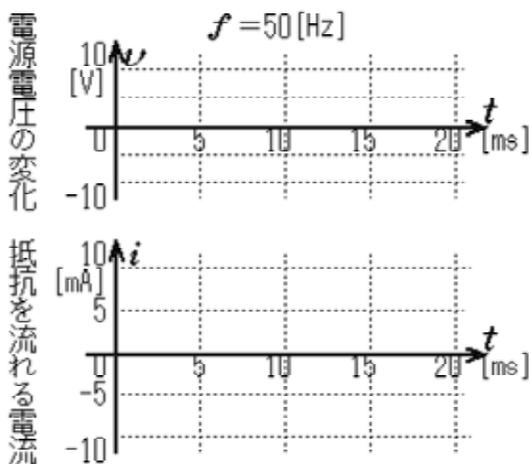
## 《a》 抵抗に流れる交流 (教科書 P.150 ~ 154、問題集 P.204 ~ 217)

交流電圧  $v$  が加わるとき抵抗  $R$  に流れる交流電流  $i$  を求める。



【問】 電圧の実効値 100V の交流では、電圧の瞬時値は最大何 V になるか。

【作業 1】 上図の回路で  $V_0 = 10\text{V}$ 、 $R = 1\text{k}$  のときの電圧と電流の波形を、周波数  $f = 50\text{Hz}$  と  $f = 100\text{Hz}$  について示せ。



《b》コイルを流れる交流 (教科書 P.156 ~ 159、問題集 P.204 ~ 217)

交流電圧  $v$  が加わるときコイル  $L$  に流れる交流電流  $i$  を求める。

コイルに加わる交流電圧

$v = V_0 \sin t$

自己誘導の式

コイルを流れる交流電流

$i =$

回路の消費電力 (瞬時値)

$P = vi =$

消費電力の平均 (実効値)

$\bar{P} =$

電流と電圧の実効値の関係

$V_0 =$



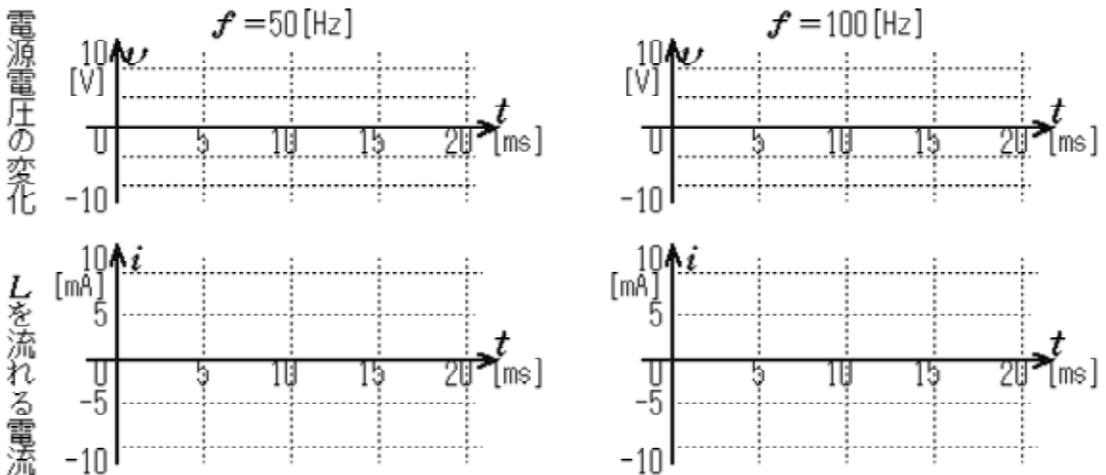
$i$  の式を微分して確認してみよう。

コイルは電力を消費しない

実効値間にはオームの法則と似た関係が成り立つ。  $L$  を誘導リアクタンスという。単位は抵抗と同じ[ ]である。交流周波数が大きくなると誘導リアクタンスも大きくなる。高周波交流はコイルを流れにくい。

参考：reactance react：反応する、反抗する、反作用する

【作業 2】上図の回路で  $V_0 = 10V$ 、 $L = 3.2H$  のときの電圧と電流の波形を、周波数  $f = 50Hz$  と  $f = 100Hz$  について示せ。



「コイルの電流は電圧より位相が  $\pi/2$  だけ遅れている」と表現する。

《c》コンデンサーを流れる交流 (教科書 P.155 ~ 156、問題集 P.204 ~ 217)

交流電圧  $v$  が加わるときコンデンサー  $C$  に流れる交流電流  $i$  を求める。

コンデンサーに加わる交流電圧  $v = V_0 \sin t$

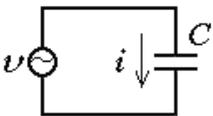
コンデンサーの式  微分して代入

コンデンサーを流れる交流電流  $i =$

回路の消費電力 (瞬時値)  $P = vi =$

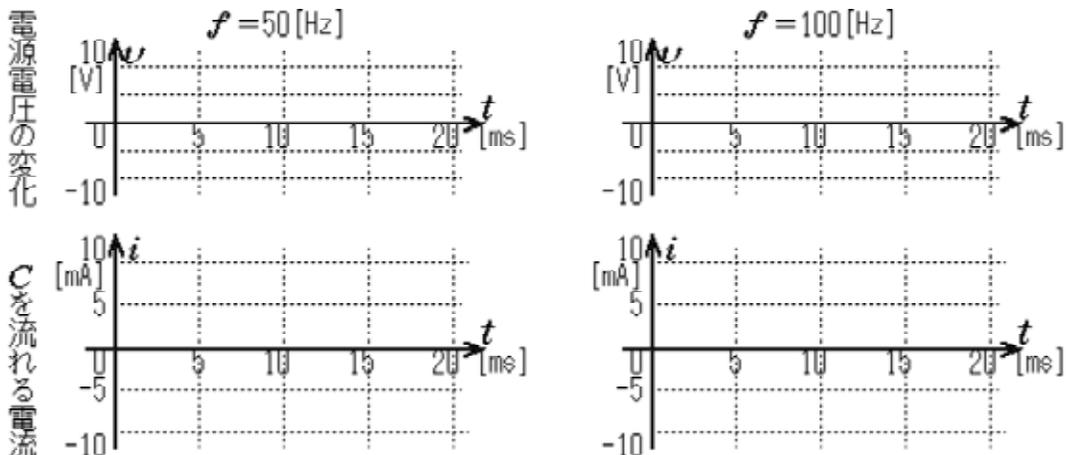
消費電力の平均 (実効値)  $\bar{P} =$   コンデンサーは電力を消費しない

電流と電圧の実効値の関係  $V_0 =$



実効値間にはオームの法則と似た関係が成り立つ。  $1 / C$  を容量リアクタンスという。単位は抵抗と同じ [ ] である。交流周波数が大きくなると容量リアクタンスは小さくなる。高周波交流はコンデンサーを流れやすい。

【作業 3】上図の回路で  $V_0 = 10V$ 、 $C = 1.6 \mu F$  のときの電圧と電流の波形を、周波数  $f = 50Hz$  と  $f = 100Hz$  について示せ。



「コンデンサーの電流は電圧より位相が  $\pi / 2$  だけ進んでいる」と表現する。

【問】  $L = 3.2\text{H}$  および  $C = 1.6 \mu\text{F}$  について、周波数  $50\text{Hz}$  および  $100\text{Hz}$  のときのリアクタンスをそれぞれ求めよ。  $\pi = 3.14$  とせよ。

	50Hz	100Hz
$L$		
$C$		

《まとめ》

交流角周波数  $\omega$  [rad/s]と周波数  $f$ [Hz]の関係

交流電圧  $v = V_0 \sin \omega t$  (実効値  $V_e = V_0 / \sqrt{2}$ ) に対する電流応答

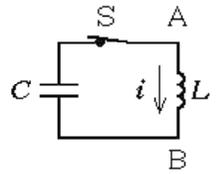
	抵抗 $R$	コイル $L$	コンデンサー $C$
交流電流	$i_R = \frac{V_0}{R} \sin \omega t$	$i_L = -\frac{V_0}{\omega L} \cos \omega t$	$i_C = \omega C V_0 \cos \omega t$
電流の実効値	$I_e = \frac{V_0}{\sqrt{2}R}$		
リアクタンス	$R$		
オームの法則	$V_e = R I_e$		
電流の 位相の遅れ	0		

周波数特性の概略

	抵抗 $R$	コイル $L$	コンデンサー $C$
高周波特性			
低周波特性			

《d》電気振動 (教科書 P.160 ~ 164、問題集 P.204 ~ 217)

LC振動回路



右のような回路で、始めCをある電圧で充電しておき、スイッチSを閉じる。その後のある瞬間、回路を流れる電流を  $i$ 、B点に対するA点の電位を  $v$  とする。電流は矢印の向きを正にとる。

コイルの自己誘導の式	$v =$	
	↓	
符合に注意して絶対値をはずす	$v =$	
	↓	
コンデンサーの式	$Q =$	
	↓	
時間 $t$ で微分 (符合に注意)	$i =$	
	↓	
$v$ の式を代入	$i =$	← 単振動の加速度 $a = -\omega^2 x$ すなわち $\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 x$ と比較せよ。
	↓	
$i = I_0 \sin \omega t$ として	$\omega =$	
	↓	
固有周波数	$f_0 =$	固有周期 $T_0 =$

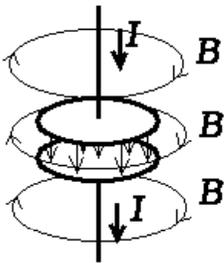
電流・電圧が単振動を行なうのでこの現象を**電気振動**という。上の回路を**LC振動回路**といい、発振器に使われる。

【問】  $L = 6.4 \times 10^{-3}\text{H}$ 、 $C = 4.0 \times 10^{-8}\text{F}$  のとき固有周波数は何 Hz になるか。

《e》電磁波 (教科書 P.164 ~ 168、問題集 P.204 ~ 217)

電磁気の法則 (マクスウェル方程式の概要)

- 帯電体から発する電気力線は電気量に比例する。(ガウスの定理)
- 磁束線は必ず閉曲線になる。(磁気単極がないことによるガウスの定理)
- 磁界の時間的変動により電界が生じる。(電磁誘導の法則)
- 電界の時間的変動または電流により磁界が生じる。(アンペールの法則の拡張)



- コンデンサーに電流が流れる
- 極板上の電荷が増加
- 極板間の電界が増加(これを電流と等価だと考える)
- 変動する電界は電流とみなせる(変位電流・電束電流)

電磁波の発生

磁界の変動による電界の誘起 互いに誘導しあう 電界の変動による磁界の誘起

- 電磁波：電界・磁界が互いに誘導しあいながら、波動となって空間を伝わる。媒質は「電磁場」であり、真空中でも伝わる。
- 電磁波は横波で、電界・磁界・進行方向が「左手の法則」を満たす。
- 電波・光・X線・線は波長が異なるが、すべて電磁波の仲間である。

電磁波の速度  $c_0 = \quad = \quad \text{[m/s]}$  (真空中の光速)

真空の誘電率  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$   
 真空の透磁率  $\mu_0 = 1.27 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2$

【問】 $8.85 \times 1.27 \times 3.33^2$  であることを用いて、電磁波の速度を計算してみよう。また、 $C=As$  であることに注意して、単位も確認しよう。

【問】周波数 90MHz の F M ラジオの電波(超短波)、周波数 2.5GHz の電子レンジの電波(マイクロ波)の波長をそれぞれ求め、教科書 p.168 の表と比較せよ。