

電 気 の 基 礎 知 識

1.1 電気とは

乾いたガラス棒を絹布やナイロン布で摩擦すると軽い物体を引きつける事はよく知っている事であろう。この現象はガラス棒に電気が出来たからで、このような電気を摩擦電気といい、これをガラス棒が電気を帯びているとか帯電したという。

又帯電した電気を電荷という。

電荷には正電荷(+)と負電荷(-)とあり、同種の電荷は互に反発し、異種の電荷は互に吸引し合う。

又この正電荷と負電荷を導線でつなぐと電荷は移動して+と-が中和され電荷は消える。このように電荷が移動する場合、電荷の流れを電流といい、正電荷の動く方向を電流の方向という。

1.2 電圧、電流、電気抵抗

図1のように水は水位の高い所から低い所に流れる。この水の流れる状態を電気現象にたとえると

落差	電位差又は電圧
水路	電気回路
水流	電 流
水路の大きさ	電気抵抗
および凹凸	(単に抵抗という)

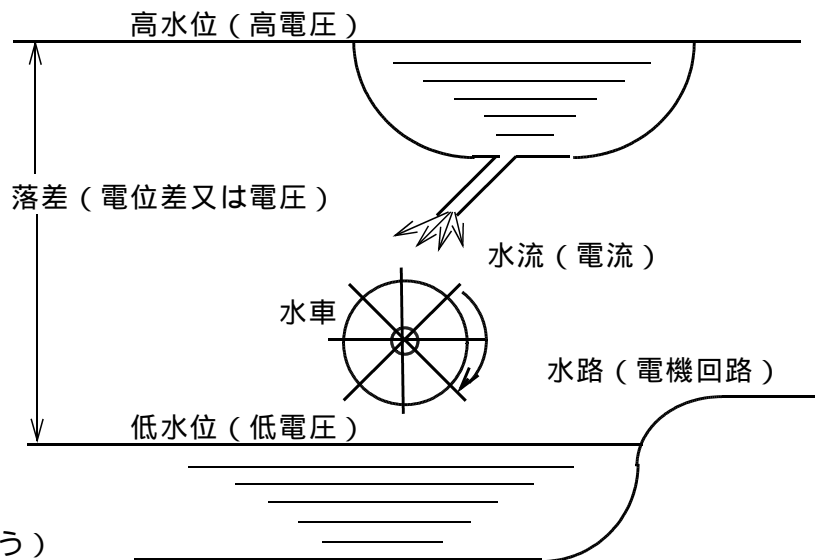


図 1

1.3 電圧、電流、抵抗の単位

- 電圧 - [V] ボルト
- 電流 - [A] アンペア
- 抵抗 - [] オーム

(その他)

$$\begin{aligned}
 [kV] &= [V] \times 10^3 & [mV] &= [V] \times 10^{-3} & [\mu V] &= [V] \times 10^{-6} \\
 [kA] &= [A] \times 10^3 & [mA] &= [A] \times 10^{-3} & [\mu A] &= [A] \times 10^{-6} \\
 [M] &= [] \times 10^6 & [k] &= [] \times 10^3 & [m] &= [] \times 10^{-3} & [\mu] &= [] \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

1.4 電圧・電流・抵抗の関係

電圧 (E)・電流 (I)・抵抗 (R)の間には次の関係がある。これをオームの法則という。

$$E = I \times R$$

1.5 直流と交流

直流とは電圧、電流の方向が不変で、その大きさが一定なものを用い、交流とは電圧と電流の方向とその大きさが、一定の周期をもって正弦曲線 (サインカーブ) をなして変化するので、ちょうど時計の振子が左右に行ったり来たりするのに似ている。

一般に直流を DC、交流を AC で表わす。

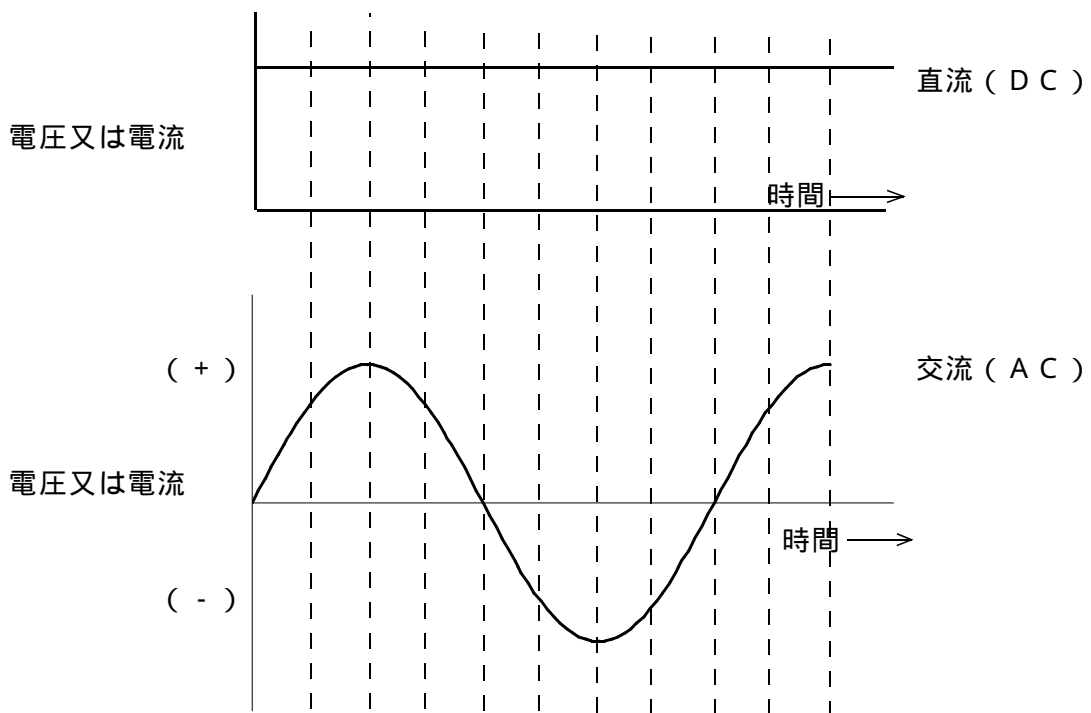


図 2

1.6 周波数

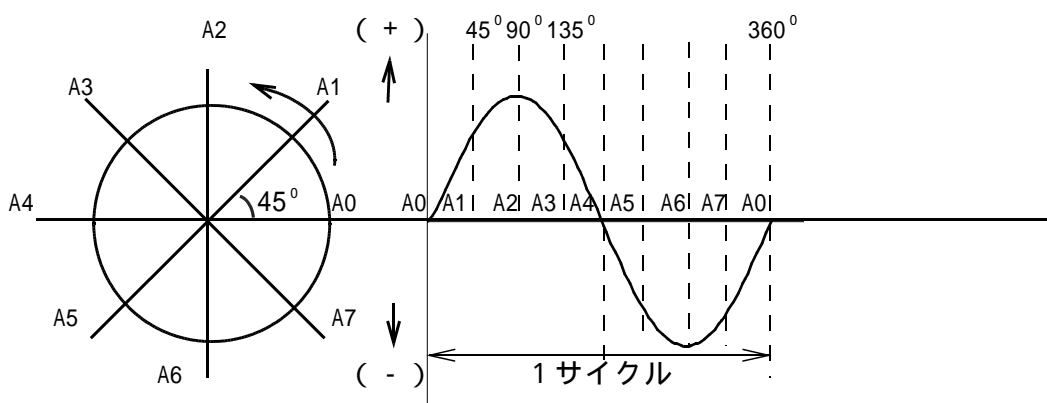


図 3

図3でA点がA₀から矢の方向に一周して再びもとの位置、A₀まで来たとき、この間を1サイクルという。1秒間にこの状態を繰り返す回数を周波数といい Hz (ヘルツ) という符号で表わす。我国で採用されている周波数は特殊な区域を除いて関東地方より東は 50Hz それより西は 60Hz である。

1.7 実効値

交流の場合は電圧や電流が時々刻々その大きさや方向が変わる(この瞬間値を瞬間値といひ瞬間値の最大を最大値という)ので、実効値をもって電圧、電流を表わす。

実効値とは、同じ値の直流と同等の熱作用をもたらす交流の値で、正弦波の場合は

$$\text{実効値} = \text{最大値} / \sqrt{2} = 0.707 \times \text{最大値} \text{ となる}$$

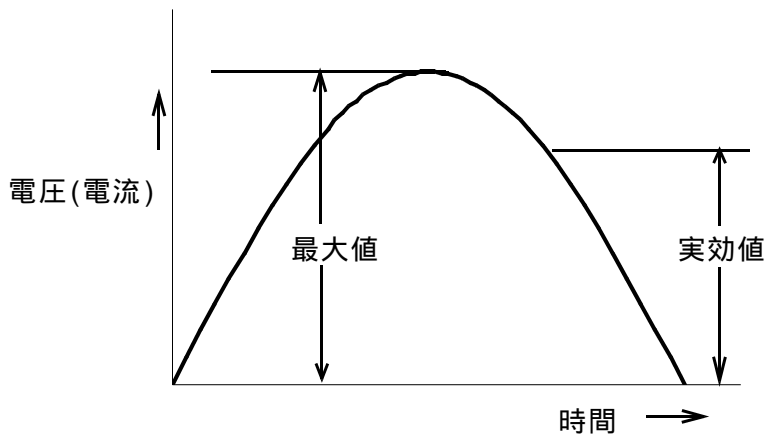


図 4

1.8 位相

電圧又は電流の波の位置を表わす言葉で位相差とは二つの波のズレをいう。

今図5のように電圧波と電流波のズレが θ であれば電流波は電圧波より θ だけ位相が遅れているという。

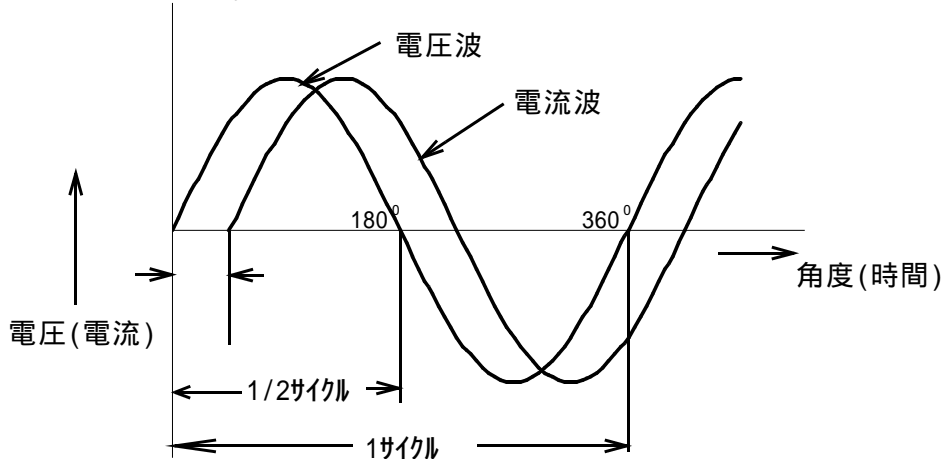


図 5

1.9 単相と三相

単相交流とは1つの電気回路（普通2本の電線を使うが、3本の電線を使うこともある。）に1つの正弦波電流が流れている。

三相交流とは1つの電気回路（普通3本の電線を使うが4本の場合もある。）に3つの正弦波電流が1/3サイクル（ 120° ）ずつ位相のずれを保って流れているもので、これらの相を区別するために、U相、V相、W相などという。

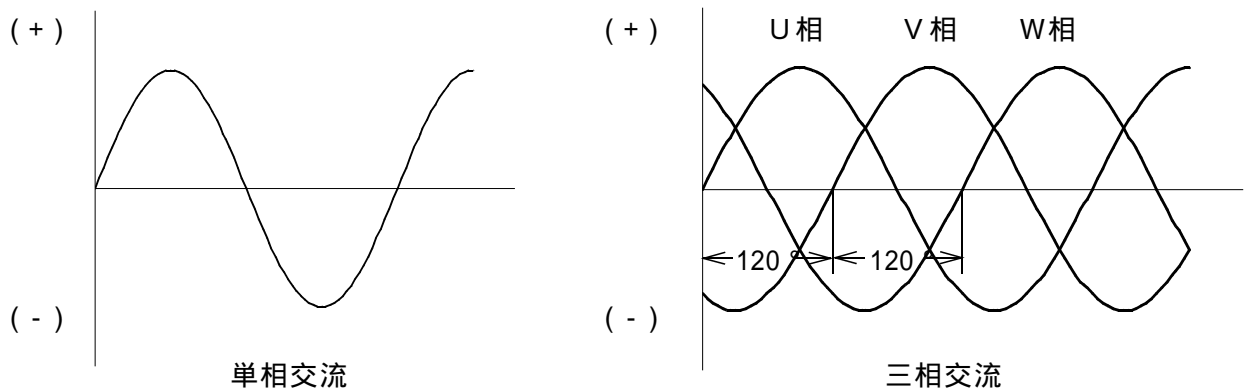


図 6

1.10 ベクトル

一般に速度や力のように大きさや方向のあるものは、図示する事が出来、これらの大きさと方向を図示したものをベクトルという。

交流の電圧や電流を取り扱う場合には、このベクトルを用いて実効値の大きさおよび位相の角度を表わす事が出来る。

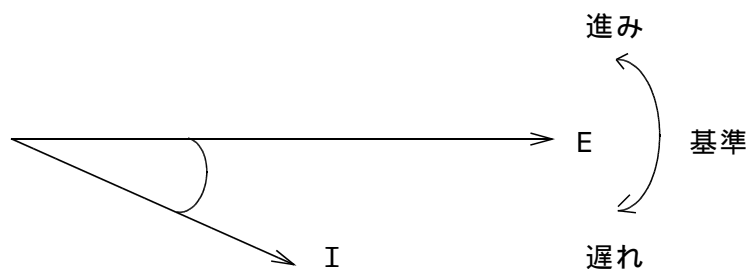


図 7

1.11 磁気

磁石を鉄粉に近づけると鉄粉は磁石に付着する。これは磁石に鉄を吸い付ける性質の磁気というものがあるからで、この鉄粉は磁石の両端に多く付着し、中央部には付着しない。この鉄粉の最も多く付着するところを極という。磁石には必ずN（正極）とS（負極）の2つの極がある。磁石が鉄粉を吸い付けるのは、磁気が作用するからで、この磁気が作用

するところを磁界という。磁界の方向と強さを表わすために、磁界中に図8の矢印のような磁力線（方向はNからSに向かう）という線を仮想し、断面Aを通る磁力線の総数を磁束（ ）といってウェーバー（Wb）の単位で表わす。また一平方メートルあたりの磁束を磁束密度（B）といい、テスラ（T）の単位で表わす。

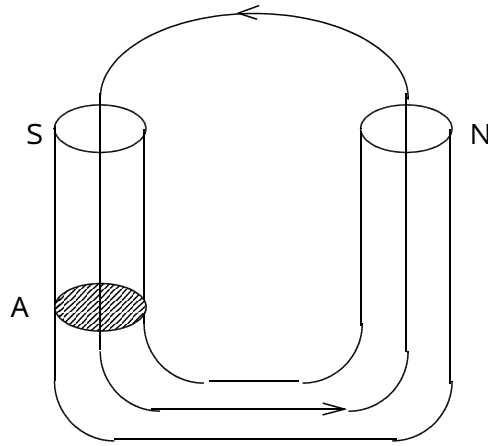


図 8

1.12 電流の熱作用

抵抗 R をもつ回路に電圧 E をかけると

$I = E / R$ の電流が流れその時の入力（ $E I$ ワット〔W〕）は抵抗によって熱になる。発熱量と電圧、電流、抵抗の関係は次のとおりである。

$$1 \text{ 時間当りの発熱量} = E I = I^2 R \text{ [Wh]}$$

$$1 \text{ ワットアワー [Wh]} = 3,600 \text{ ジュール [J]}$$

$$= 860 \text{ カロリー [cal]}$$

1.13 電流の磁気作用

磁針に電流の通っている電線を近づけると振れる。これは電線の周囲に磁界が出来るからで、これを電流の磁気作用という。磁界は電流の大きさや方向などに影響され、図9のように鉄粉を散布した紙面を電線で貫いて図示方向に電流 I を流すと鉄粉は電線を中心とした同心円状に並び磁界の状態を表わす。

この場合、電流の方向を右ねじの進む方向に一致させると磁界の方向はねじの回る方向になる。

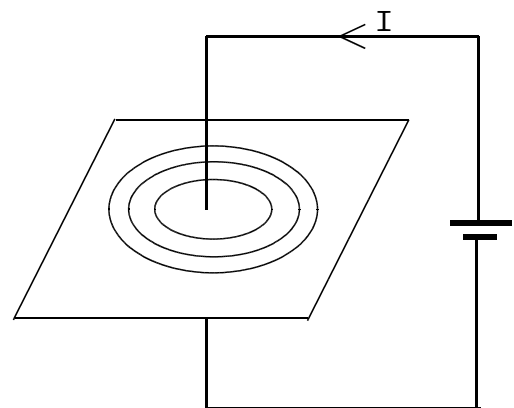


図 9

これをアンペアの右ねじの法則という。従って図10のようにコイルに電流 I を矢印の方向に流すと、アンペアの法則によって磁界が出来、磁束および極は図示のようになる。

磁界の強さ (H) は電流の大きさと巻数の積に比例し、アンペア毎メートル (A/m) の単位で表わす。

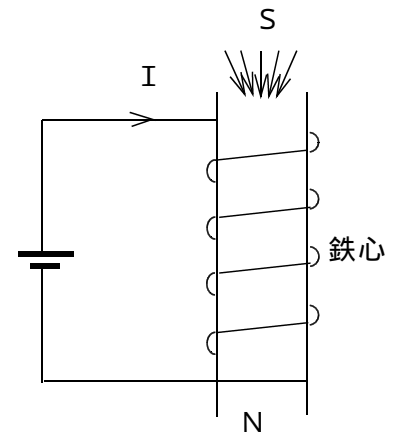


図 10

1.14 電磁誘導作用

図11のようにコイル C に接近させて磁石を移動させると検流計が振れるのがわかる。これはコイル C を切る磁束が変化するためにコイル内に電圧が誘起し、電流が流れるからである。また図12のように交流電源により励磁する磁石をコイル C に接近させておくと、この磁石を移動させなくても検流計がふる。これは磁石が交流によって作られているため、電流の変化に伴ない、コイル C を切る磁束も変化する。逆にコイル C に電流を流すと電磁石 M のコイルに電圧が誘起される。このように磁束の変化によってコイルに電圧を誘起して電流を流す作用を電磁誘導作用という。常にこの電流は磁束の変化を妨げる方向に流れる。この M のコイルとコイル C 間の誘導作用を相互誘導作用という。又この M のコイル自

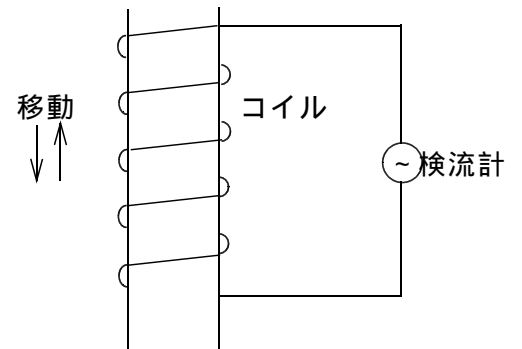


図 11

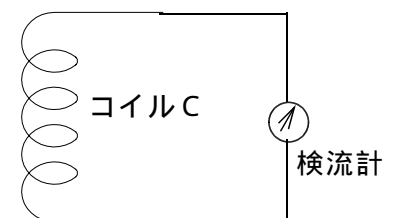
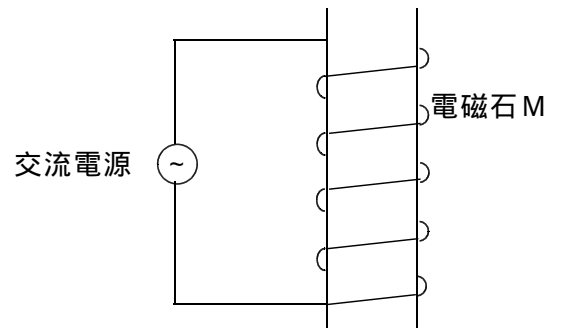


図 12

身にも、自分で作った磁束が貫通するから、やはり M のコイルにも電圧が誘起され、その方向はもとの電流を妨げるように働き、これを自己誘導作用という。

これらの誘導作用をもとの電流を妨げる相互インダクタンス又は自己インダクタンスといい、インダクタンス [L] の単位にはヘンリー [H] を用いる。

1.15 交流回路に抵抗、コンデンサ、コイルを接続した場合の電圧と電流の関係

(1) 抵抗を接続した場合

図13(a)のように抵抗Rのみ(たとえば白熱電灯)を接続した回路に正弦波電圧を加えて電流を流すと、図13(b)で示すように、電圧と電流は同位相となる。

$$\text{電流 } I = \text{電圧 } E / \text{抵抗 } R$$

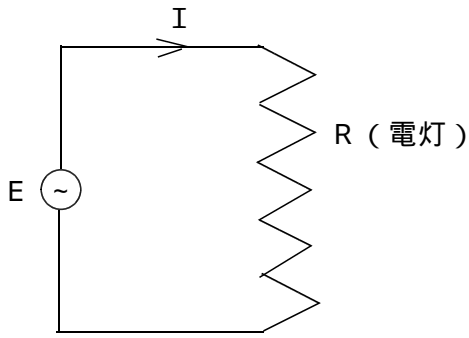


図 13 (a)

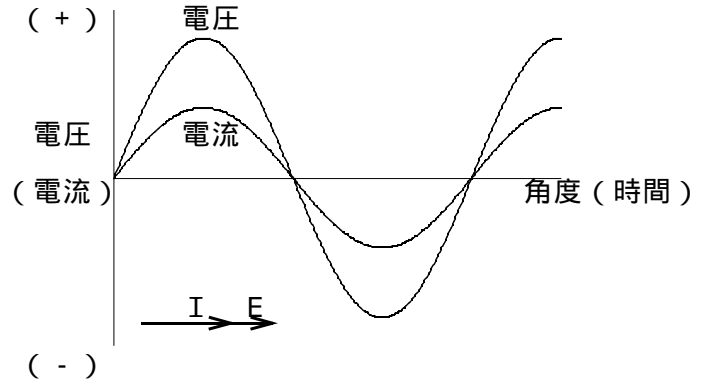


図 13 (b)

(2) コンデンサを接続した場合

コンデンサは電荷をたくわえるもので、普通薄い金属板を絶縁紙と共に重ね合わせて作られている。電荷を蓄積する事の出来る容量をキャパシタンス〔C〕といい、ファラッド〔F〕又はその 10^{-6} の〔 μF 〕で表わす。コンデンサにも又電流を妨げる働きがあり、その値は $1 / 2 \pi f C$ 〔 Ω 〕(fは周波数)として表わされ、これを容量リアクタンス(X_c)という。

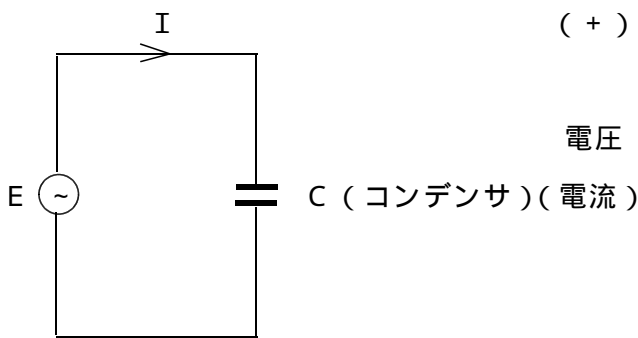


図 14 (a)

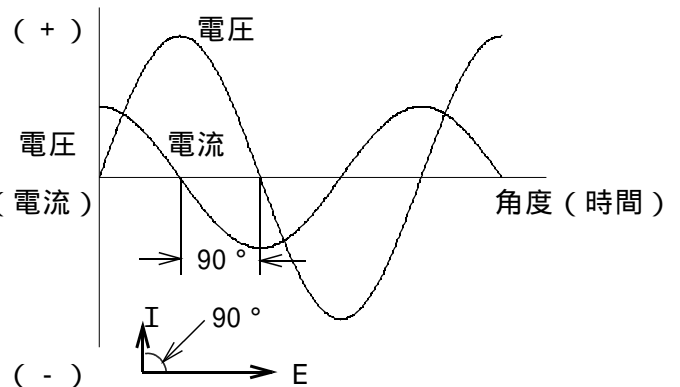


図 14 (b)

図14のようにコンデンサを接続して、正弦波交流電圧を加えると電圧に対して 90° 位相の進んだ電流が流れ、この電流はキャパシタンスおよび周波数fが大きいほど流れやすくなる。電流の値はオームの法則に従って次のようになる。

$$\text{電流 } I = \text{電圧 } E / \text{容量リアクタンス } X_c = 2 \pi f C E$$

(3) コイルを接続した場合

コイルの電磁誘導作用が電流の流れを妨げる値は $2\pi fL$ () で表わされ、これを誘導リアクタンス (X_L) という。

図15のようにコイルを接続して正弦波交流電圧を加えると電圧に対して 90° 位相の遅れた電流となりその値はオームの法則に従って次の式になる。

$$\begin{aligned} \text{電流 } I &= \text{電圧 } E / \text{誘導リアクタンス } X_L \\ &= E / 2\pi fL \end{aligned}$$

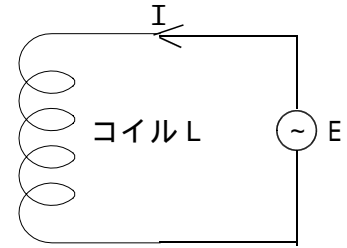


図 15 (a)

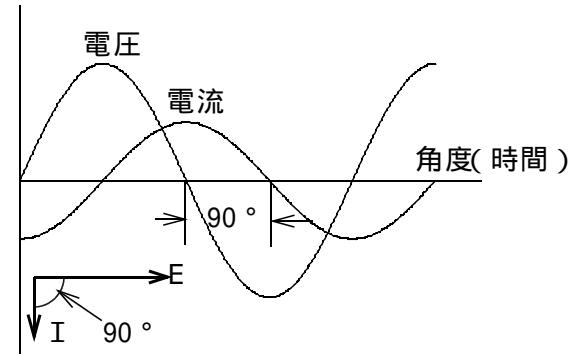


図 15 (b)

1.16 インピーダンス

直流で電流を妨げるものは抵抗 R のみであるが、交流回路では抵抗のほかに、容量リアクタンス X_C および誘導リアクタンス X_L がある。インピーダンス $[Z]$ は電流を妨げる抵抗 R とリアクタンス (X_C および X_L) を総合したもので抵抗と同様 () で表わす。

1.17 力率

図16のように水車を水流で回す場合水流が同じ量で落差が同じであっても羽根に当たる水の方角によって水車を回す力が異なる。

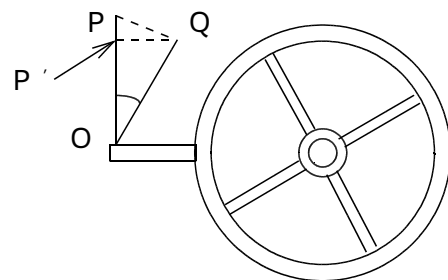
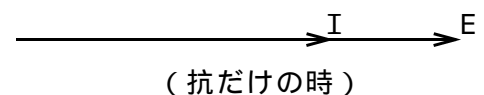


図 16

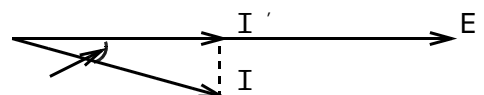
図16の OP の方向即ち羽根に直角に当たる場合が最も大きく、もし OP との角度をもった OQ の方向から当たる時、有効に働く力は $OP' = OQ \times \cos$ となる。

交流の場合、電気回路に抵抗だけの場合は、図17(a)のように電圧と電流の



(抗だけの時)

図 17 (a)



(インダクタンスを含んだ時)

図 17 (b)

間の位相差がなく電流は全部有効に使われるが、電気回路にリアクタンスが含まれた場合、図17(b)のように電圧と電流の間に位相差があり、有効に使われる電流 I' は $I' = I \cos$ となり、これを有効電流という。ここで \cos を力率という。いいかえれば力率とは交流の電圧と電流の位相差が表わす係数といってよい。なお $I \sin$ を無効電流という。

1.18 電力および電力量とは

電流は電熱器で熱になったり、電動機で動力になったりいろいろ仕事をする。電力とはこの仕事量の単位で1秒間に1ジュールの仕事する単位として1〔W〕といい、その 10^3 Wが1〔kW〕となる。直流の場合の電力Pは

$$P = E I$$

となる。交流の場合仕事に関与する電流は有効電流 $I \cos$ であるから

$$P = E I \cos \text{ となる}$$

又力率を考えずに交流の場合でも直流式に電圧〔V〕×電流〔A〕として表わす事があるが、この値が全部有効な仕事をするわけではなく、この電力を皮相電力という。

単位はボルトアンペア〔VA〕またはキロボルトアンペア〔kVA〕を用いる。なお、 $E I \sin$ を無効電力といい皮相電力、有効電力、無効電力の関係は

$$\text{皮相電力} = \sqrt{(\text{有効電力})^2 + (\text{無効電力})^2}$$

$$\text{皮相電力} = E I \text{〔VA〕(三相の場合 } 3 E I \text{)}$$

$$\text{有効電力} = E I \cos \text{〔W〕(三相の場合 } 3 E I \cos \text{)}$$

$$\text{無効電力} = E I \sin \text{〔Var〕(三相の場合 } 3 E I \sin \text{)}$$

電力量とは、電力〔W〕×時間〔h〕=電力量〔Wh ワットアワー〕
で表わし、実用には1,000倍の〔kWh〕を用いることが多い。

1.19 効率

出力の入力に対する割合を効率といい普通百分率〔%〕で表わす。

$$\begin{aligned} \text{効率} &= \text{出力} / \text{入力} \times 100 \text{〔\%〕} = (\text{入力} - \text{損失}) / \text{入力} \times 100 \text{〔\%〕} \\ &= \text{出力} / (\text{出力} + \text{損失}) \times 100 \text{〔\%〕} \end{aligned}$$