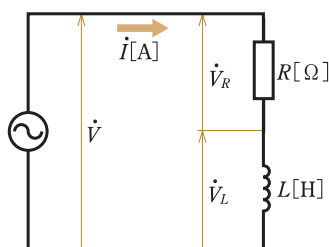


1 交流電力

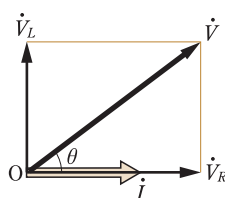
第1章で学んだように、直流電力 P は、 $P = VI = \frac{V^2}{R} = RI^2$ [W] の式で求められた。交流電力も抵抗 R だけの回路では、

$$P = VI \text{ [W]} \quad (1)$$

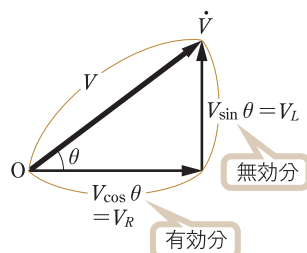
で求められる。これは、電圧 \dot{V} と電流 \dot{I} が同相だからである。



(a) R, L 直列回路



(b) ベクトル図



(c) 有効分と無効分

図1 交流電力

図1(a)のように、リアクタンスを含む回路では、図(b)のように \dot{V} と \dot{I} に位相角 θ が生じる。そのため、実際に電力を消費するのは有効分 (\dot{V} と \dot{I} の同相の成分 \dot{V}_R) だけなので、図(c)のような関係となり、一般の交流電力 P は、次の式で表される。

●交流電力 $P = V_R I = V I \cos \theta$ [W] (2)

電力 P を有効電力^①あるいは消費電力といい、単位にはワット (単位記号W) が使われる。また、 V と I との積を見かけ上の電力と考え、皮相電力^②といい、単位にはボルトアンペア (単位記号V・A) が使われる。さらに電力のうち無効分を表す電力を無効電力^③といい、単位にはヴァール (単位記号var) が使われる。皮相電力 P_a [V・A] と無効電力 P_r [var] は、次の式で表される。

●皮相電力 $P_a = VI$ [V・A] (3)

●無効電力 $P_r = VI \sin \theta$ [var] (4)

また、有効電力 P と皮相電力 P_a との比である $\cos \theta$ を力率^④という。

① active power または effective power

図1(c)に示す電圧の有効分と電流が同相であるので、実際に有効に働く電力である。電力は抵抗だけで消費される。

② apparent power

たとえば変圧器などに表示されている出力5 kV・Aは皮相電力を示している。

③ reactive power

図1の無効分 $V \sin \theta$ はリアクタンスの成分であり、電力としては利用できない。

④ power factor

百分率で表すこともある。

① Z , R , X_L の関係を図2に示す。

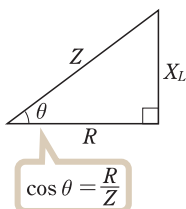


図2

② P_a , P , P_r の関係を図3に示す。

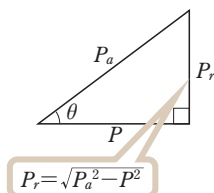


図3

③ 無効電力が増えると無効電流が増し、同一電力を送るのに大きな電流が必要となる。そのため電源側の変圧器や配電線などの設備を大きくしなければならぬ。

参考 $\cos \theta = 1$ のときのベクトル図

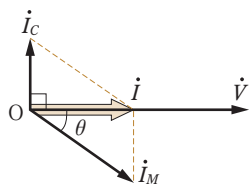
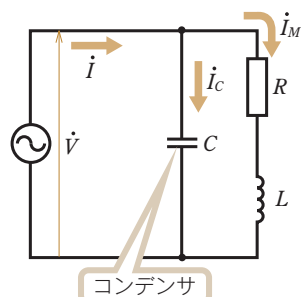
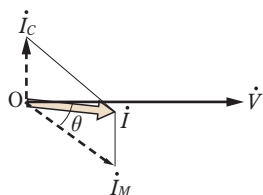


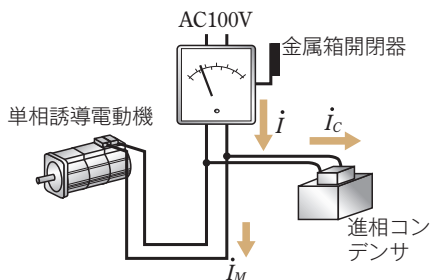
図4



(a) コンデンサを並列に入れる



(b) θ が小さくなる



(c) 電動機に進相コンデンサを接続した例

図5 力率の改善

式(2), (3)から、力率は次の式で表される。

$$\bullet \text{力率} \quad \cos \theta = \frac{P}{P_a} = \frac{P}{VI} \quad (0 \leq \cos \theta \leq 1) \quad (5)$$

例題1 抵抗 16Ω と誘導性リアクタンス 12Ω のコイルの直列回路に、 100V の正弦波交流電圧を加えたときの回路の消費電力、皮相電力、無効電力を求めよ。

5

解答… インピーダンス $Z^{\text{①}}$ は、

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = \sqrt{256 + 144} = 20 \Omega$$

$$\text{となり、電流} I \text{は、} I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

$$\text{力率} \cos \theta \text{ は、} \cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{16}{20} = 0.8$$

消費電力 P は、式(2)から、

10

$$P = VI \cos \theta = 100 \times 5 \times 0.8 = 400 \text{ W}$$

皮相電力 P_a は、式(3)から、

$$P_a = VI = 100 \times 5 = 500 \text{ V} \cdot \text{A}$$

無効電力 $P_r^{\text{②}}$ は、次のように求められる。

$$P_r = \sqrt{P_a^2 - P^2} = \sqrt{500^2 - 400^2} = 300 \text{ var}$$

15

2 力率の改善

力率の小さい機器を多く使用すると、無効電力が増え^③、不経済になる。そのため、力率を改善するために、図5(a)に示すように、コンデンサを機器に並列に接続する。このようにすると、図(b)のベクトル図からわかるように、 $\dot{I} = \dot{I}_C + \dot{I}_M$ となるので、 \dot{V} との位相角 θ が小さくなり、力率 $\cos \theta$ を大きくすることができる。一般に、力率の大きいものを力率がよい、力率の小さいものを力率が悪いという。

20

コイルで遅れた電流の位相を進めて、力率を改善するためのコンデンサを**進相コンデンサ**という。進相コンデンサは、機器に並列に接続される。

例題2 図6のように、50Hz、100Vの電源に、単相誘導電動機が接続されている。このとき、電動機に流れる電流 I_M は10Aで、力率は80%だった。電動機に並列にコンデンサ C を接続して、力率を100%にしたい。コンデンサの静電容量 C [μF]を求めよ。

解答… 力率が100%のとき、 $I_C = I_M \sin \theta$ (6)

また、 I_C と V の関係から、 $I_C = \frac{V}{X_C} = 2\pi f CV$

ゆえに、 $C = \frac{I_C}{2\pi f V}$ (7)

式(6)を式(7)に代入する。

$$C = \frac{I_M \sin \theta}{2\pi f V}$$

この式に $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$ を代入すると、

$$C = \frac{I_M \sqrt{1 - \cos^2 \theta}}{2\pi f V} = \frac{10 \sqrt{1 - 0.8^2}}{2\pi \times 50 \times 100} = 191 \mu\text{F}$$

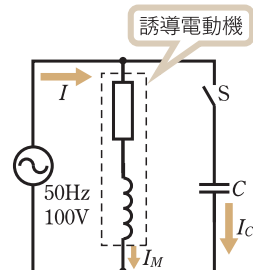


図6 回路図

問1 力率が悪い家庭用電気製品を3つ以上あげ、それらに共通する点は何かを検討せよ。

3 単相誘導電動機

工場で使われている換気扇や小形ポンプなどに利用される単相誘導電動機には、いろいろな種類があるが、最もよく使われているのが**コンデンサ始動誘導電動機**^①である。

コンデンサ始動誘導電動機は、2個のコイルに位相が90°異なる電流を流して回転子を回転させるものである。

図7(a)のように、コンデンサを接続した始動巻線Aを、主巻線Mに並列に接続し、両巻線を90°ずれた位置に設け、コイルに単相交流^②100Vを加える。始動巻線Aに流れる電流 i_a の位相は、主巻線Mに流れる電流 i_m に比べ、図(b)のように90°進む。

その結果、図に示すように、時刻①、②、③、④、⑤の経過によって、合成磁界が回転することになる^③。

コンデンサ始動誘導電動機は**コンデンサモータ**^④ともいう。

① capacitor-start induction motor

② 一般家庭で使用している交流電源100Vは、ふつう2本の電線で電力を供給している。これを単相交流という。

③ これを回転磁界という。

④ capacitor motor

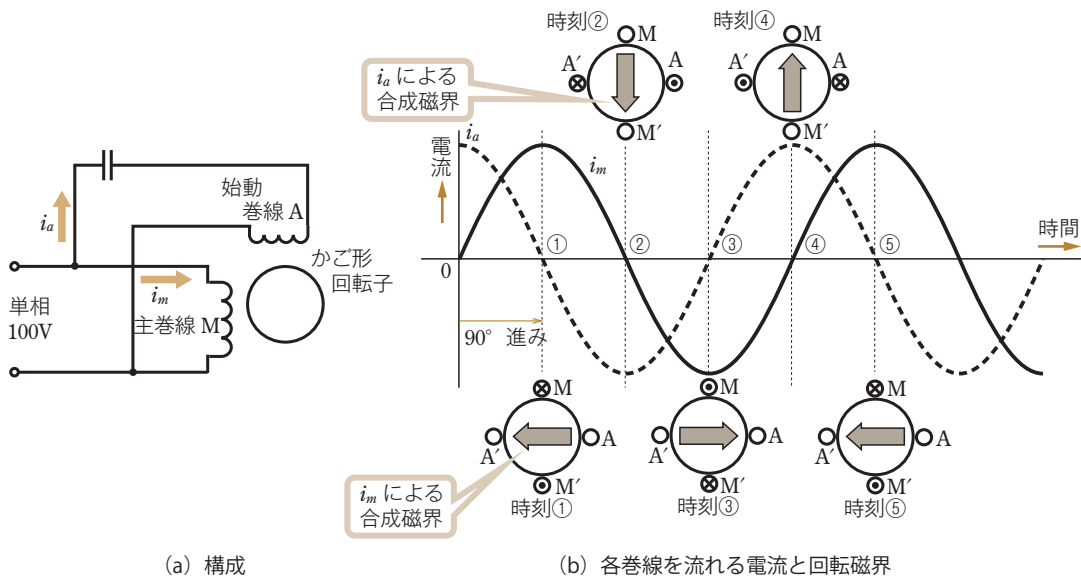


図7 単相誘導電動機の原理



いろいろな電動機

電動機は、電源が交流か直流かで大別され、さらに表1のような種類がある。直流電動機よりも交流電動機のほうが構造が簡単で、保守も容易であり、生産の現場では三相誘導電動機が多く用いられている。

表1 いろいろな電動機

交流電動機	誘導電動機	三相誘導電動機	かご形誘導電動機
			巻線形誘導電動機
	同期電動機	単相誘導電動機	分相始動形電動機
			コンデンサ始動誘導電動機
			反発始動形電動機
			コンデンサ形電動機
直流電動機			