

第15章 電力と力率

15.1 目的

様々なインピーダンスでの瞬時電力をオシロスコープにより測定し、そこから有効電力と力率の概念を理解する。

要項分類	グレード
知識（確認）	☆ ☆
操作（習熟度）	☆ ☆ ☆ ☆
観察（注意力）	☆ ☆ ☆ ☆
工夫（アイデア）	☆
結果整理	☆ ☆ ☆
法則の確認	☆ ☆
考察（理解力）	☆ ☆

15.2 原理

負荷電圧、電流の瞬時値を \vec{e} , \vec{i} とすれば、負荷に消費される瞬時電力 \vec{p} は次式のようにになる。

$$\vec{p} = \vec{e} \cdot \vec{i} \quad (15.1)$$

直流電力は、直流回路の負荷を R 、負荷電圧 $\vec{e} = E$ 、電流 $\vec{i} = I$ とすれば、瞬時電力 \vec{p} と直流電力 P_{dc} W は同じで、次式のようにになる。

$$P_{dc} = E \cdot I \quad (15.2)$$

交流電力は、交流回路での負荷がインピーダンス $\vec{Z} = R \pm jX$ で表される。ただし R は抵抗分、 X はリアクタンス分を表し、位相角を θ とすれば、 $\tan \theta = X/R$ である。負荷電圧 $\vec{e} = \sqrt{2}E \sin \omega t$ ならば $\vec{i} = \sqrt{2}I \sin(\omega t \pm \theta)$ となるので瞬時電力 \vec{p} 次のようになる。

$$\vec{p} = \vec{e} \cdot \vec{i} = 2EI \sin \omega t \cdot \sin(\omega t \pm \theta) \quad (15.3)$$

$$= EI \cos \theta - EI \cos(2\omega t \pm \theta) \quad (15.4)$$

右辺第1項は時間 t に関係なく一定であり、第2項は2倍の周波数の正弦波的に変化する。図15.1にこれらを示す。式(15.4)で $\cos \theta$ を力率と呼び、次の式で表される。

$$\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (15.5)$$

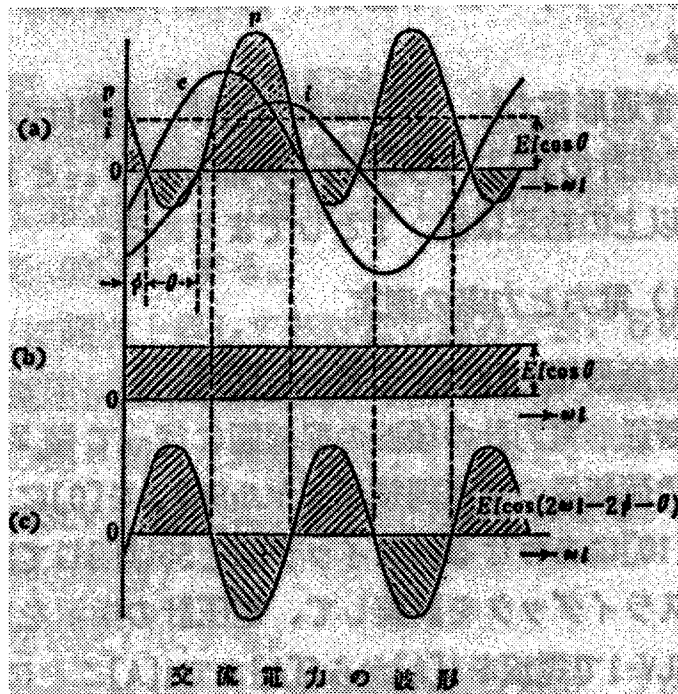


図 15.1: 交流電力の波形

式 (15.4) の平均電力 P_{av} は 1 周期を T とすれば次の様になる。

$$P_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T \bar{p} dt = EI \cos \theta \quad (15.6)$$

$$= I \sqrt{R^2 + X^2} \cdot I \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (15.7)$$

$$= I^2 R \quad (15.8)$$

交流回路の平均電力は負荷電圧、負荷電流の実効値および両者間の位相差の余弦 (cos) の積で示され、抵抗文中で消費される単位時間 (1 s) 当たりの熱的エネルギーに等しく、これを一般に有効電力と呼ぶ。

有効電力を P W とすれば

$$P = P_{av} = EI \cos \theta = I^2 R \quad (15.9)$$

であり、もしも負荷が R のみの場合には

$$P = EI, \cos \theta = 1 \quad (15.10)$$

で直流の場合と全く同一である。さて、式 (15.8) の $\cos \theta$ を除いた部分 EI を見かけの電力：皮相電力といい S VA で表す。これに無効率 $\sin \theta$ を乗じたものを無効電力 Q Var で表す。

$$Q = EI \sin \theta = I^2 X \quad (15.11)$$

$$\sin \theta = \frac{X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (15.12)$$

15.3 実験

オシロスコープを用いた交流電力の測定方法を示す。

- (1) ブレッドボードを用いて図 15.2 の回路を結線する。
- (2) デジタルオシロスコープのディスプレイ上に CH1, CH2, MATH 機能を用いて $\text{CH1} \times \text{CH2}$ の 3 種類の波形を表示させる。また、meas. 機能を使って CH1 の周波数と実効値、CH2 の実効値、CH1 を基準とした CH2 との位相を表示する。
- (3) CH1 の実効値を常に 2V として、周波数 f を 100, 200, 500, 700, 1k, 2k, 5k, 7k, 10k, 20k, 50k, 70k, 100k, 200kHz (もちろん、CH1 の読み値である。) と変えて、オシロスコープの波形と数値データを USB に保存し、さらに meas. 機能で読める値を記録し、結果を表にまとめる。(オシロスコープの数値データは 2000 点以上あるので結果で表にしないこと。)

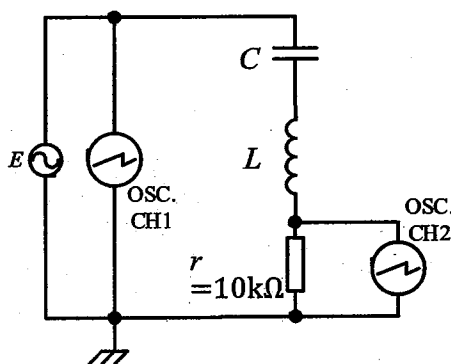


図 15.2: 電力測定回路

15.4 課題

少なくとも以下の課題は行ってくること。なお、『結果』と『考察』、それぞれの節に適切な図、表、文章を記述すること。レポートに『課題』という節を作らないこと。

- (1) CH1 の測定結果で n サイクル ($n \geq 2$) のデータ数 (m) を確認した後、MATH の測定値から m 個データ抽出し、その平均値を取る。これを MATH 波形から求めた有効電力とする。この結果と CH1, CH2 から必要な値の最大値を求め、これらの値と MATH 波形から求めた有効電力から力率を求めよ。
- (2) CH1, CH2 の実効値、位相差 (CH2-CH1) の値を利用して有効電力と力率を求め、(1) で求めた結果と比較検討せよ。
- (3) 測定周波数の違いにより、MATH の波形はどのように変化するか。何を基準として議論したかを明確に示した上で議論せよ。
- (4) 測定したデータは、データ整理を考えながら測定したか。考えながら測定したのであれば、どのように考えてデータを取ったか。考えていなかったのなら、どうやってデータを取れば良かったか記せ。