

第3学年 電気電子工学実験実習報告書

3 電力と力率

実験日 令和 年 月 日 ()
令和 年 月 日 ()

班	学生番号	氏名
1	3309	大山 主朗

共同実験者名

共同実験者名

提出日			備考	評価
予定日 /				
提出日				

1 目的

本実験では

- 単相交流回路における電圧・電流・電力・力率を測定するための結線方法を学ぶ.
- 単相電力計と力率計の扱い方を習得する.
- 有効電力と力率, 皮相電力と無効電力に関する理解を深める.

ことを目的とする.

2 原理

2.1 瞬時電力

インピーダンス Z [Ω] へ印加された時刻 t [s] における交流電圧 $v(t)$ [V] と, Z に流れる交流電流 $i(t)$ [A] がそれぞれ次式で表されたとする.

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta_V) \quad (1)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \theta_I) \quad (2)$$

ここで, V_m, I_m は最大値, ω [rad/s] は角周波数, θ_V [rad] と θ_I [rad] はそれぞれの位相である. この $v(t)$ と $i(t)$ の積を瞬時電力 $p(t)$ と呼び, 次式で表される.

$$\begin{aligned} p(t) &= v(t)i(t) \\ &= V_m I_m \sin(\omega t + \theta_V) \sin(\omega t + \theta_I) \\ &= \frac{V_m I_m}{2} (\cos(2\omega t + \theta_I + \theta_V) + \cos(\theta_I - \theta_V)) \end{aligned} \quad (3)$$

2.2 有効電力と力率

式 (3) は $v(t)$ や $i(t)$ の 2 倍の角速度を持つ周期関数であることが確認できる. そのため, 時間的な平均を算出することができ, この値を有効電力 P [W] と呼ぶ.

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T \frac{V_m I_m}{2} (\cos(2\omega t + \theta_I + \theta_V) + \cos(\theta_I - \theta_V)) dt \\ &= \frac{V_m I_m}{2} \cos(\theta_I - \theta_V) \end{aligned} \quad (4)$$

この上式が得られたとき, 交流回路における実効値表現に置き換えると

$$P = VI \cos \theta \quad (5)$$

を得ることができる. ここで, V, I はそれぞれの実効値, $\theta = \theta_I - \theta_V$ である. 式 (5) の右辺は電圧と電流の実効値の積と, $\cos \theta$ から構成されている. θ は Z の実部 (抵抗) と虚部 (リアクタンス) の比によって決定される値であり,

$$-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

であるので,

$$0 \leq \cos \theta \leq 1 \quad (7)$$

の不等式が成立する。

以上の関係から、インピーダンス \dot{Z} の端子電圧と流れる電流値の積とは必ずしも等しくなく、有効に消費される電力の比が $\cos \theta$ に相当することが分かる。この比として見なせる $\cos \theta$ を力率、 θ を力率角と呼ぶ。

2.3 無効電力と皮相電力

式 (3) において、インピーダンスがリアクタンス成分のみ ($\dot{Z} = jX$) の場合について考える。この時、電圧と電流の位相差 $\theta_I - \theta_V$ は $\pm\pi/2$ となり、括弧内の第二項の値は 0 となる。従って、瞬時電力 $p(t)$ の振る舞いは平均値が 0 の正弦波（あるいは余弦波）になることが分かる。これは、電源から負荷へ、負荷から電源へ電力供給が交互に行われていることを示し、電力として消費されず仕事をしない。この電力を無効電力 Q とよび、単位には var（ヴァール）を用い、次式で計算される。

$$Q = VI \sin \theta \quad (8)$$

電圧の実効値と電流の実効値の積 VI は、インピーダンス \dot{Z} が純抵抗（リアクタンス $X = 0$ ）の場合にのみ有効電力と等しくなり、それ以外の場合では $VI > P$ となる。この、見かけ上の電力を皮相電力 S とよび、単位には VA（ボルトアンペア）を用いる。また、皮相電力と有効電力、無効電力には次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} S &= VI \\ &= \sqrt{P^2 + Q^2} \end{aligned} \quad (9)$$

3 方法

3.1 使用器具

今回の実験で使用した器具を

3.2 実験手順

4 結果

5 考察

6 結論