

1 目的

単相交流回路の電力の測定方法には、電力計による測定方法と、電圧計や電流計を用いる間接的な方法等がある。本実験ではもっとも簡単な電圧計による方法を習得する。

2 理論

直流において、抵抗で消費される電力は電圧と電流の積で求められるが、交流の電圧は、電圧の実効値と電流の実効値の積だけでは決まらない。

実際に消費される電力は、電圧 V と電流 I の積に力率 $\cos \theta$ をかけたものである ($W = VI \cos \theta$)。この電力の測定は単相電力計 1 個によって行うことができる。

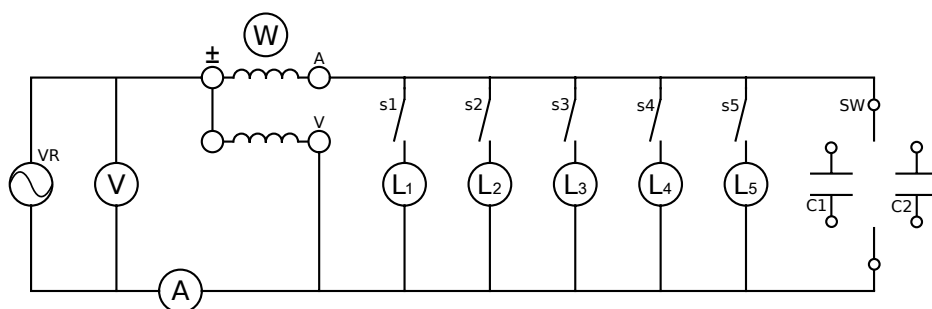
$$\text{単相電力 } P = VI \cos \theta \text{ [W]}$$

$$\text{皮相電力 } Pa = VI \text{ [VA]}$$

$$\text{無効電力 } Pr = VI \sin \theta \text{ [var]}$$

$$\text{力率 } \cos \theta = \frac{W}{VI} \times 100[\%]$$

3 接続図と使用器具



VR: 電圧調節器 B27-1-44

W: 単相電力計 L142-1-82

V: 電圧計 No.78-AE-1111

I: 電流計 L116-1-255

$L_1 \sim L_5$: 電球負荷 1 ~ 5

$S_1 \sim S_5$: スイッチ 1 ~ 5

SW: 負荷切替スイッチ

C_1 : コンデンサ ($50 \mu\text{F}$) No.5

C_2 : コンデンサ ($100 \mu\text{F}$) No.5

4 実験方法

1. 接続図のように接続する。L(電球負荷)のSが全てOFFであることを確認し、VRを調節し、100Vとする(電圧計にて確認)。
2. 次に L_1 を点灯させ、電圧を 100V に調節し、その時の電圧 V 、電流 I 、電力 P を読み、記録する。
3. $L_2 \sim L_5$ まで、順次点灯させ、電圧を 100V に調節し、電圧 V 、電流 I 、電力 P を読み、記録する。
4. 電球負荷の端子にコンデンサ ($50 \mu\text{F}$) を並列に接続し、1. から 3. までを繰り返す。
5. 電球負荷の端子にコンデンサ ($100 \mu\text{F}$) を並列に接続し、1. から 3. までを繰り返す。

5 実験結果

表 1: コンデンサ無し

負荷	電流 I [A]	皮相電力 Pa [W]	電力 P			力率 [%]
			ふれ	定数	W [W]	
L_1	0.56	56	10.5	5	52.5	94
$L_1 + L_2$	1.1	1.1×10^2	21.0	5	105	97
$L_1 + L_2 + L_3$	1.6	1.6×10^2	31.0	5	155	98
$L_1 + L_2 + L_3 + L_4$	2.2	2.2×10^2	41.5	5	208	96
$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$	2.7	2.7×10^2	52.5	5	263	98

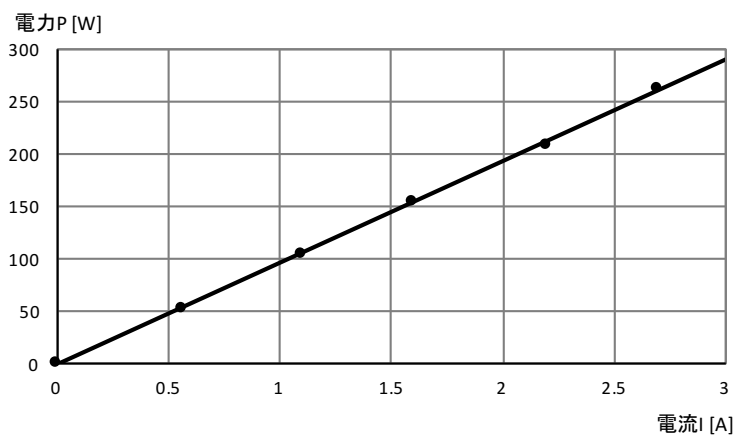


図 1: コンデンサ無し $P - I$ グラフ

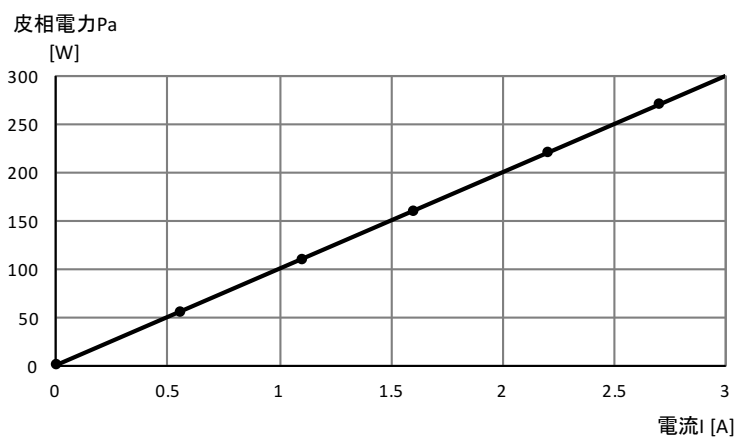


図 2: コンデンサ無し $Pa - I$ グラフ

表 2: $C = 50 \text{ } [\mu\text{F}]$

負荷	電流 I [A]	皮相電力 Pa [W]	電力 P			力率 [%]
			ふれ	定数	W [W]	
L_1	1.8	1.8×10^2	10.5	5	52.5	29
$L_1 + L_2$	2.1	2.1×10^2	21.5	5	108	52
$L_1 + L_2 + L_3$	2.4	2.4×10^2	31.5	5	158	67
$L_1 + L_2 + L_3 + L_4$	2.7	2.7×10^2	42.0	5	210	77
$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$	3.2	3.2×10^2	51.8	5	259	82

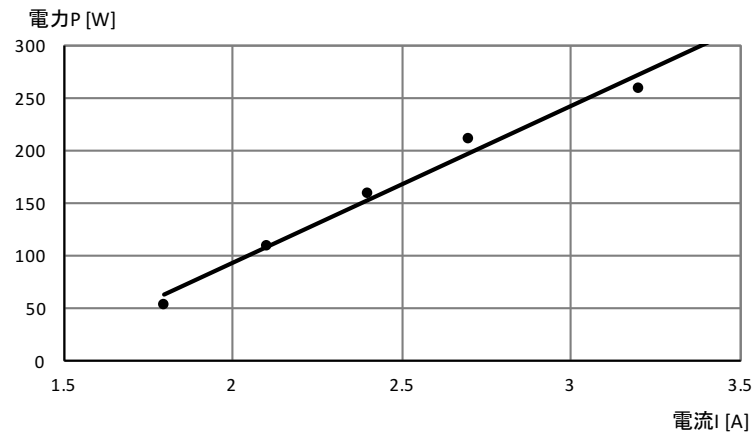


図 3: $C = 50 \text{ } [\mu\text{F}]$ $P - I$ グラフ

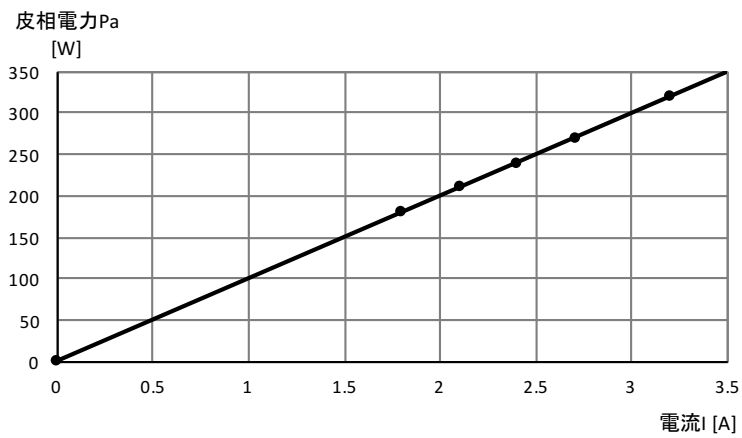


図 4: $C = 50 \text{ } [\mu\text{F}]$ $Pa - I$ グラフ

表 3: $C = 100 \text{ } [\mu\text{F}]$

負荷	電流 I [A]	皮相電力 Pa [W]	電力 P			力率 [%]
			ふれ	定数	W [W]	
L_1	3.3	3.3×10^2	10.8	5	54.0	16
$L_1 + L_2$	3.5	3.5×10^2	21.2	5	106	30
$L_1 + L_2 + L_3$	3.7	3.7×10^2	31.8	5	159	43
$L_1 + L_2 + L_3 + L_4$	3.9	3.9×10^2	42.0	5	210	53
$L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$	4.2	4.2×10^2	52.0	5	260	62

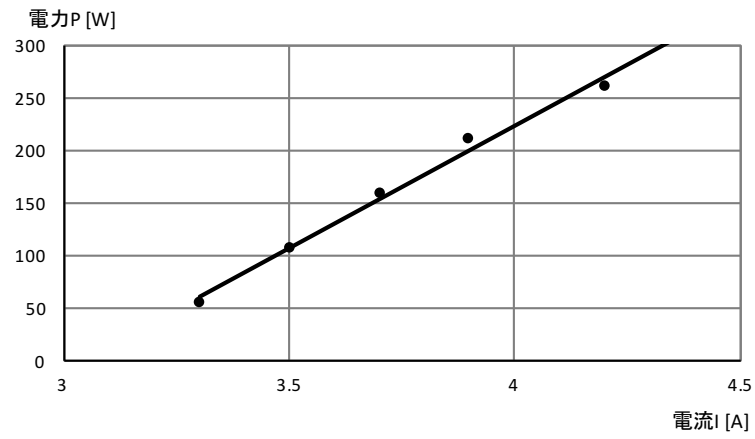


図 5: $C = 100 \text{ } [\mu\text{F}]$ $P - I$ グラフ

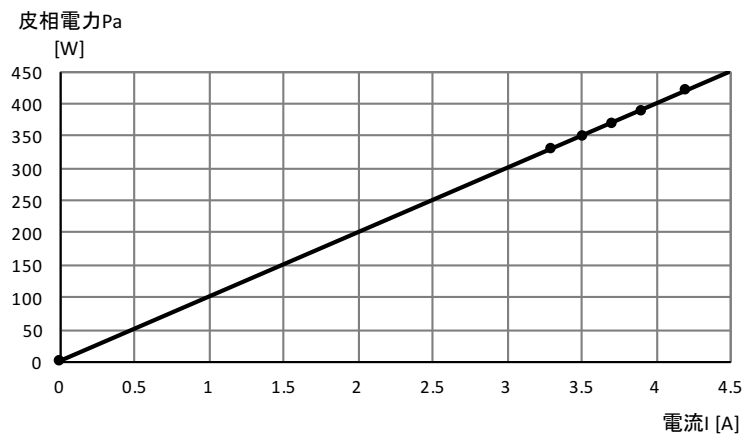


図 6: $C = 100 \text{ } [\mu\text{F}]$ $Pa - I$ グラフ

6 考察

1. 曲線上の P と P_a はどのようなになったか.

コンデンサを接続した二つの実験では, 直線のグラフになったが, $(0, 0)$ の点を通ることを考えると, 曲線のグラフになることも予想される. また, コンデンサを接続しない実験では, グラフは完全な直線になってしまった.

2. 力率を計算してグラフを描く.

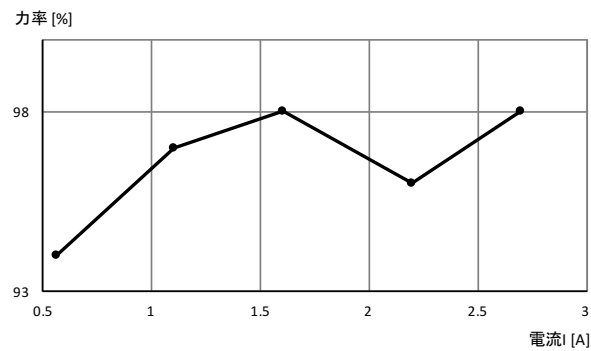


図 7: コンデンサ無し $\cos \theta - I$ グラフ

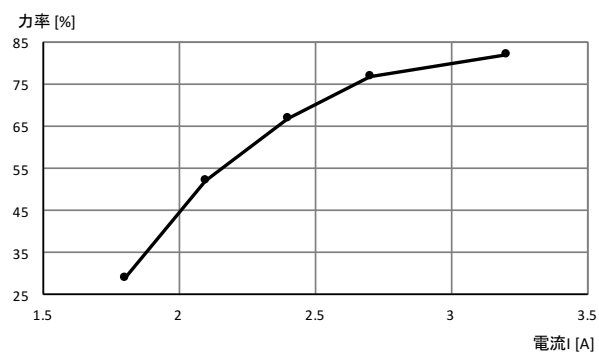


図 8: $C = 50 [\mu\text{F}]$ $\cos \theta - I$ グラフ

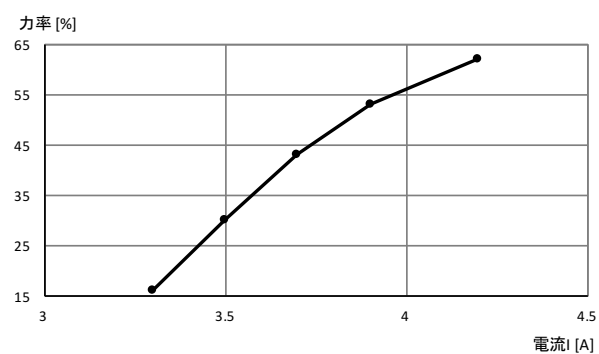


図 9: $C = 100 [\mu\text{F}]$ $\cos \theta - I$ グラフ

3. 有効電力と無効電力について調べよ.

有効電力は, 上に書いてある単相電力, または三相交流回路における三相電力と同じである. 単相電力は $VI \cos \theta$, 三相電力は $\sqrt{3}VI \cos \theta$ で表される. また無効電力は, 電源とコンデンサを行き来し, 実際は消費されない電力のことを言い, $VI \sin \theta$ で表される.

4. 単相電力の 2 乗と無効電力の 2 乗の和が, 皮相電力の 2 乗に等しいことを示せ.

$$P^2 + Pr^2 = Pa^2$$

$$\begin{aligned}(\text{左辺}) &= (VI \cos \theta)^2 + (VI \sin \theta)^2 \\&= (VI)^2 (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) \\&= (VI)^2 \\&= (\text{右辺})\end{aligned}$$

参考文献

[1] 「有効電力と無効電力」 <http://denk.pipin.jp/jitumu/yuukoumukou.html>

[2] 「三相電力の公式はなぜ $\sqrt{3}$ 倍なのか？」 <https://eleking.net/study/s-accircuit/sac-3phasepower.html>