

J4 工学基礎実験 II 実験報告書

題目 交流電力と力率の測定

実施年月日 2025年 5月 16日

提出年月日 2025年 5月 23日

共同実験者 3班

小原 梅原 加藤 竹部 山根

提出者

通し番号 37 学籍番号 22139 氏名 福井 環

1. 原理

1.1 電流力計形計器（単相電力計）の構造と働き

構造は、回路電流を流す固定コイル（電流コイル）と、回路電圧に対応した可動コイル（電圧コイル）からなる。両者の電磁的相互作用によりトルクが生じ、そのトルクがバネの復元力と釣り合った位置で指針が止まり、電力値を示す。トルクは電圧・電流・位相差の余弦 ($\cos \theta$) に比例し、有効電力に対応する。制動には渦電流制動を用いる。構造は簡単で実用的だが、力率が低いと誤差が出やすい[1]。

1.2 卷変圧器（スライダック）の構造と働き

巻変圧器（スライダック）は、出力電圧を連続的に調整できる单巻変圧器である。1つのコイルに入力電圧を加え、可動ブラシの位置を変えることで出力電圧を連続的に変化させる構造を持つ。トランスの巻線を直接利用するため、損失が少なく、出力電圧が安定している。実験装置や照明調整など、電圧制御が必要な場面で使用される[2]。

1.3 実行値の定義と計算方法

実効値というのは瞬時値 i の 2 乗を 1 周期にわたって平均したものの中の平方根の値[3]。

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 (\sin \omega t + \theta)^2 dt} \\ &= \sqrt{\frac{I_m^2}{T} \int_0^T \frac{1}{2} \{1 - \cos 2(\omega t + \theta)\} dt} \\ &= \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} \left[t - \frac{1}{2\omega} \sin 2(\omega t + \theta) \right]_0^T} \\ &= \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} \left\{ T - \frac{1}{2\omega} \sin 2(\omega T + \theta) - 0 + \frac{1}{2\omega} \sin 2\theta \right\}} \\ &= \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} \left\{ T - \frac{1}{2\omega} \sin(4\pi + 2\theta) + \frac{1}{2\omega} \sin 2\theta \right\}} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

1.4 インピーダンスの定義と計算方法

$$V = ZI$$

で定義される Z をインピーダンスという[3]。

R-L 直列回路のインピーダンス

$$Z = R + j\omega L = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \angle \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} \equiv Z \angle \theta_Z [\Omega]$$

R-C 直列回路のインピーダンス

$$Z = R - j \frac{1}{\omega C} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \angle \tan^{-1} \frac{-1}{\omega CR} \equiv Z \angle \theta_Z [\Omega]$$

1.5 交流電力の計算方法

交流の有効電力

$$P = IV \cos \theta$$

無効電力

$$P_r = IV \sin \theta$$

皮相電力

$$P_a = IV$$

2. 負荷の接続図

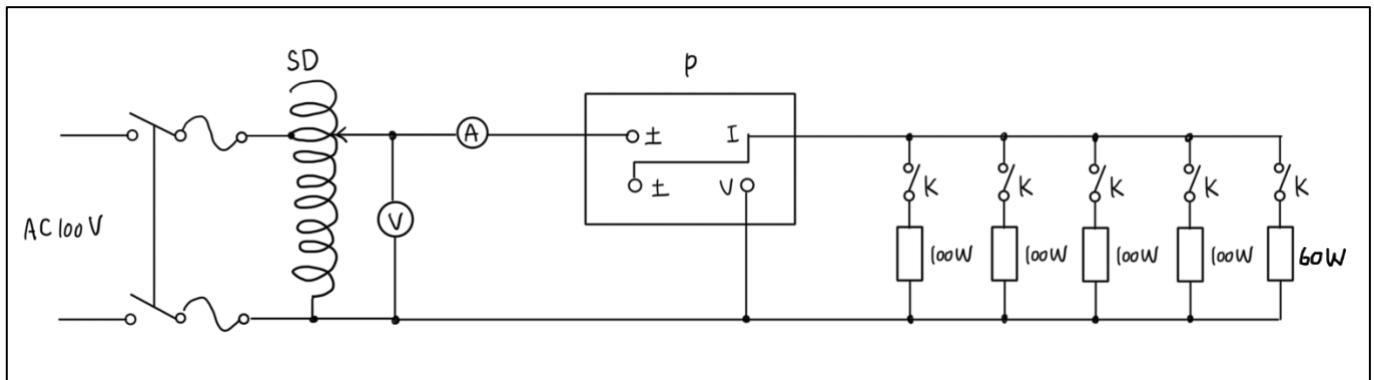


図 1 抵抗性負荷の接続

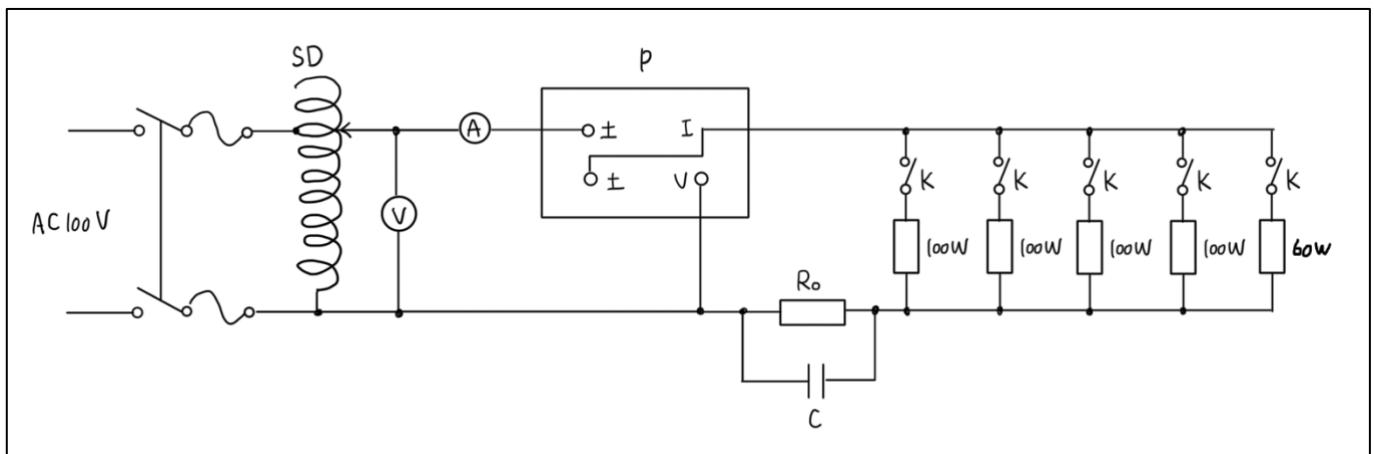


図 2 容量性負荷の接続

3. 使用機器

使用機器名（記号）：単相電力計（P）

名称：携帯用電力計

メーカー：横河計測株式会社

型番：2041

使用機器名（記号）：交流電圧計（V）

名称：携帯用可聴周波電圧計

メーカー：横河計測株式会社

型番：2013

使用機器名（記号）：スライダック（SD）

名称：摺動式（ボトルスライダー）

メーカー：山菱電機株式会社

型番：N-130-10

使用機器名（記号）：負荷（Z）

名称：電球

規格：100W（95W）100Ω

60W（57W）167Ω

4. 実験結果

4.1 抵抗負荷（Rのみ）の電流、電力の測定結果と考察

表1 抵抗負荷（Rのみ）時の理論値

電球数[個]		95W[個]	57W[個]	電圧V[V]	電流I[A]	消費電力[P]	インピーダンスZ[Ω]	力率cos θ
4	1							
4	1	100	4.60	460	21.7	1		
3	1	100	3.60	360	27.8	1		
2	1	100	2.60	260	38.5	1		
1	1	100	1.60	160	62.5	1		
1	0	100	1.00	100	100	1		
0	1	100	0.60	59.9	167	1		
0	0	100	0	0	0	0		

表2 抵抗負荷（Rのみ）時の測定値

電球数[個]		95W[個]	57W[個]	電圧V[V]	電流I[A]	消費電力[P]	インピーダンスZ[Ω]	力率cos θ
4	1							
4	1	100	4.42	446	22.6	1.01		
3	1	100	3.45	348	29.0	1.01		
2	1	100	2.52	250	39.7	0.992		
1	1	100	1.54	153	64.9	0.990		
1	0	100	0.96	96.0	104	1.00		
0	1	100	0.56	56.0	179	1.00		
0	0	100	0	0	0	0		

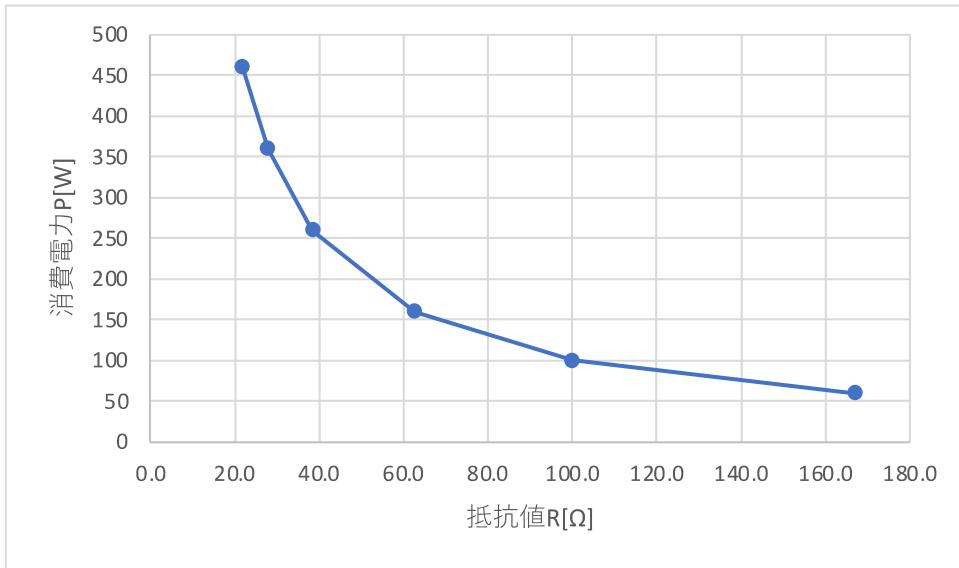


図3 負荷抵抗の電力測定（理論値）

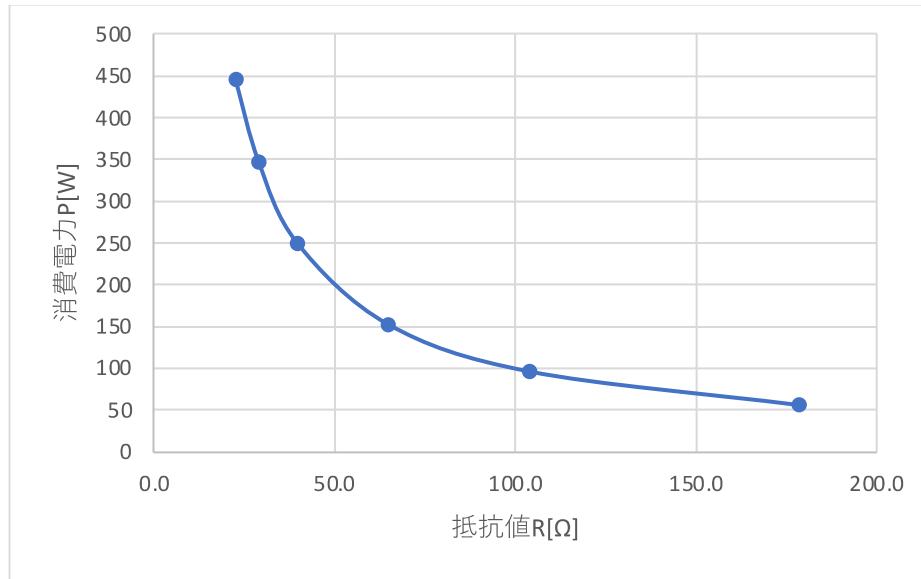


図4 負荷抵抗の電力測定（測定値）

電圧および電流は理論値と測定値がほぼ一致しており、スライダックによる電圧調整が正確であり、回路構成に問題がないことが確認できた。また、消費電力やインピーダンスにおいても大きな誤差は見られず、理論式

$$P = VI \cos \varphi$$

および

$$Z = \frac{V}{I}$$

に従った動作がなされていることがわかった。さらに、力率はすべての条件において1に非常に近い値を示しており、負荷である白熱電球が純抵抗として動作していることが確認された。これは、位相差がほとんどなく、無効電力が発生していないことを意味する。

以上より、本実験では理論的に予測される抵抗性負荷の特性が実測値により裏付けられ、使った測定機器や回路の構成が正しく動いていることがわかった。

4.2 容量性負荷（R-C 直列）の電流、電圧の測定結果と考察

表 3 容量性負荷（R-C 直列）時の理論値

電球数[個]		95W[個]	57W[個]	電圧V[V]	電流I[A]	消費電力[P]	インピーダンスZ[Ω]	力率cos θ	抵抗値R[Ω]	リアクタンス値X[Ω]	位相角[deg.]	力率cos θ
4	1	100	0.776	13.1		129	0.169	21.7		127	1.40	0.169
3	1	100	0.769	16.4		130	0.214	27.8		127	1.36	0.214
2	1	100	0.753	21.8		133	0.290	38.5		127	1.28	0.290
1	1	100	0.706	31.2		142	0.442	62.5		127	1.11	0.442
1	0	100	0.619	38.3		162	0.619	100		127	0.904	0.619
0	1	100	0.477	37.9		210	0.796	167		127	0.650	0.796
0	0	100	0.000	0		0	0	0		127	0	1.00

表 4 容量性負荷（R-C 直列）時の測定値

電球数[個]		95W[個]	57W[個]	電圧V[V]	電流I[A]	消費電力[P]	インピーダンスZ[Ω]	力率cos θ
4	1	100	0.800	2.10		125.0	0.0263	
3	1	100	0.799	4.00		125.2	0.0501	
2	1	100	0.792	9.00		126.3	0.114	
1	1	100	0.765	21.5		130.7	0.281	
1	0	100	0.678	35.9		147.5	0.529	
0	1	100	0.508	39.5		196.9	0.778	
0	0	100	0	0		0	0	

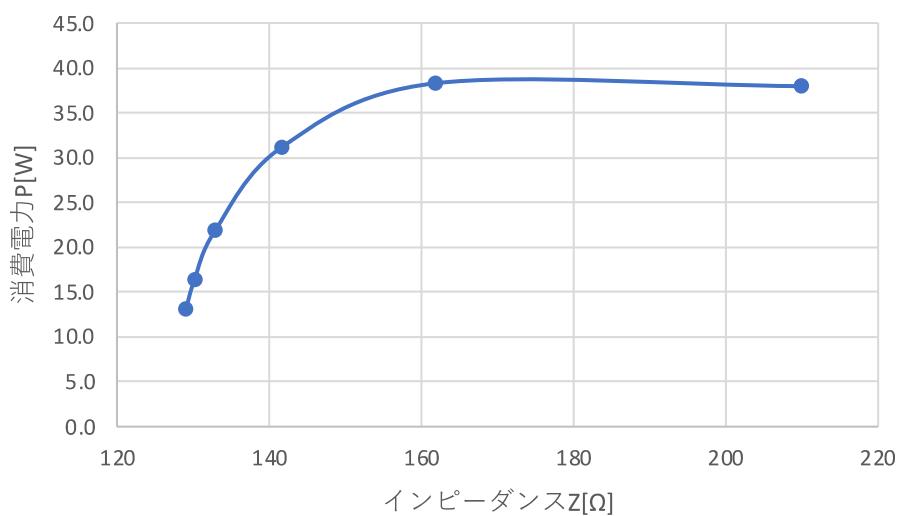


図 5 容量性負荷の電力測定（理論値）

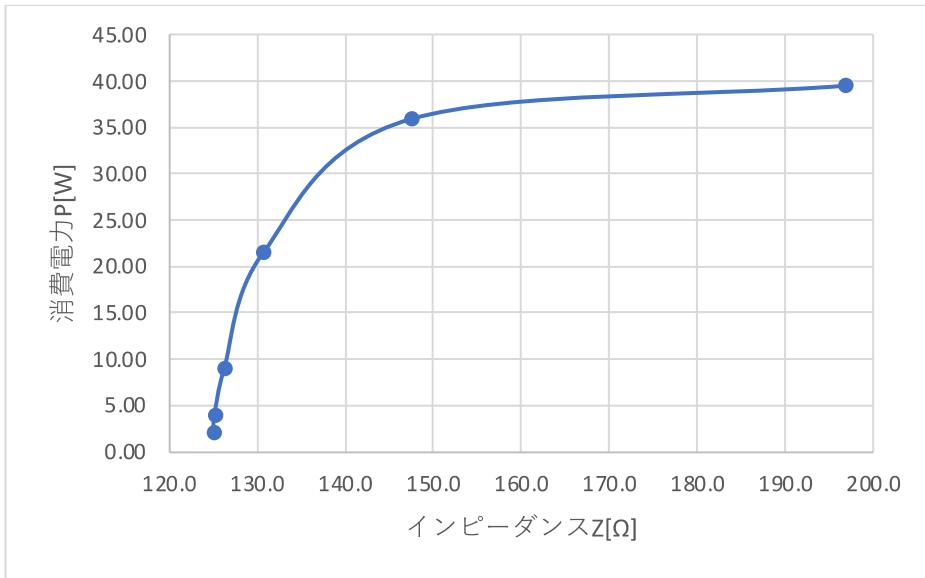


図 6 容量性負荷の電力測定（測定値）

測定結果と理論値を比較すると、ほぼ同じだが、いくつかの点で差異が観測された。特に消費電力については、測定値が理論値よりもやや小さくなる傾向があり、これは回路に含まれるリアクタンス成分による無効電力の影響や、電球の特性によると考えられる。また、インピーダンスや力率についても、測定値は理論値に概ね一致しているものの、高周波成分の影響や接触抵抗などの実験的要因によりわずかな誤差が生じていると推察される。

図 3・4 と比べると変化の範囲が狭くなっている。これは、本回路には容量性負荷としてコンデンサが接続されており、無効電力が発生することで、見かけ上の電力（皮相電力）と実際に消費される有効電力との間に差が生じる。この無効電力の影響により、インピーダンスの変化に対して有効電力の変化が鈍くなるため、グラフ上の変動範囲が狭くなる要因となっていると考えられる。

以上のように、容量性負荷がある回路では、電流や電力の動きが複雑になるため、いろいろな視点からまとめて考える必要があると分かった。

5. 課題

白熱電球のフィラメントが電源投入直後は冷えており、抵抗値が非常に小さいためである。この状態でいきなり商用電圧（AC100V）を印加すると、大きな突入電流が流れ、定常時の電流の数倍に達することがある。この突入電流は電球を瞬時に破損させたり、スイッチや回路内の他の部品にも悪影響を及ぼす可能性がある。スライダックを用いて徐々に電圧を上昇させることで、フィラメントの温度上昇に伴って抵抗値も緩やかに増加し、電流の変化を抑えることができる。これにより、電球や回路全体を保護し、安全かつ安定した動作を実現することができる。したがって、本実験においては、電球のスイッチを入れる前にスライダックで電圧を低く設定する操作が必要となる。

6. 感想

今回の実験では、電圧や電流、電力がどのように変化するのかを実際に測定しながら学ぶことができた。教科書では電力の計算式などを学んでいたが、実際に電球を使って回路を組み、理論値と比べながら確認することで、より理解が深まったと感じた。

参考文献

- [1] 「単相電力計と電力基礎知識」, YOKOSAWA, <https://tmi.yokogawa.com/jp/library/resources/measurement-tips/single-phase-power-measurement-digital-power-meter-wt300e-basics1/>, 2025年5月23日参照.
- [2] 「変圧器とは？原理や構造をわかりやすく解説！」, https://www.daihen.co.jp/technologygeeks/cat01/cat01_01/29/, 2025年5月23日参照.
- [3] 西巻正朗, 森武昭, 荒井俊彦, 「電気回路の基礎」, 森北出版株式会社, pp.84, pp62, 2020年10月20日発行.