

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 4 年 7 月 14 日 (木)
令和 4 年 7 月 14 日 (木)

班	学生番号	氏名
4	3308	大竹 一輝

共同実験者名

3304 石島 健太郎 3312 角張 達哉

3316 重松 寛門 3320 鈴木 康仁

提出日			備考	評価
予定日 7/21				
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 \dot{Z} [Ω] へ印加された時刻 t [s] における交流電圧 $v(t)$ [V] と、 \dot{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 \dot{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（バール）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。

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

2.4 実験前試問調査結果

2.4.1 瞬時電力

瞬時電力は $i(t) \times v(t)$ で表すことができる [1]。

$$p(t) = i(t)v(t) \quad (10)$$

- $i(t)$: 回路のある枝に流れている電流
- $v(t)$: 枝の両端の電圧

$$p(t) = I_0 V_0 \sin(\omega t + \theta_i) \sin(\omega t + \theta_v) \quad (11)$$

- I_0, V_0 : 振幅
- θ_i, θ_v : 位相

これは、ある時刻 t における電力を表しているが、交流回路ではこれが時々刻々変化するため、回路を特徴づける量としては普通用いられない。

2.4.2 有効電力 [1] [2] [3]

負荷で消費される電力である。単位は [W] である。

$$P = |\dot{I}| |\dot{V}| \cos(\theta) \quad (12)$$

- θ : 電圧と電流の位相

2.4.3 無効電力 [1] [2] [3]

負荷と電源間を往復するだけで消費されない電力。単位は [var] である。

$$P_r = |\dot{I}| |\dot{V}| \sin(\theta) \quad (13)$$

2.4.4 皮相電力 [1] [2] [3]

電源から送り出される電力。単位は [VA] である。

$$P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2} \quad (14)$$

2.4.5 力率 [1] [2]

皮相電力 P_a の大きさに対する有効電力 P の大きさの割合。0～1 の範囲をとる。単位は [-] である。

$$\cos(\theta) = \frac{P}{P_a} \quad (15)$$

2.5 数式の展開

2.5.1 式 (4.7)

$$p = ei \quad (16)$$

$$i = \sqrt{2}I \sin(\omega t)$$

$$e = \sqrt{2}|Z|I \sin(\omega t + \angle Z)$$

$$p = \sqrt{2}|Z|I \sin(\omega t + \angle Z) \sqrt{2}I \sin(\omega t)$$

$$p = 2|Z|I^2 \sin(\omega t + \angle Z) \sin(\omega t)$$

積和公式 [4] より、

$$\sin(\alpha) \sin(\beta) = -\frac{1}{2}(\cos(\alpha + \beta) - \cos(\alpha - \beta)) \quad (17)$$

$$p = 2|Z|I^2 \left(-\frac{1}{2}(\cos(\omega t + \angle Z + \omega t) - \cos(\omega t + \angle Z - \omega t))\right)$$

$$p = -|Z|I^2 \cos(2\omega t + \angle Z) + |Z|I^2 \cos(\angle Z) \quad (18)$$

2.5.2 式 (4.8)

$$p_a = 2RI^2 \sin^2(\omega t) \quad (19)$$

半角の公式 [4] より、

$$\sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1 - \cos(\theta)}{2}$$

$$p_a = RI^2(1 - \cos(2\omega t))$$

R はインピーダンスの実部であるため

$$R = |Z| \cos(\angle Z) \quad (20)$$

$$p_a = |Z|I^2 \cos(\angle Z)(1 - \cos(2\omega t)) \quad (21)$$

2.5.3 式 (4.12)

$$e = \sqrt{2}XI \cos(\omega t) \quad (22)$$

$$X = |Z| \sin(\angle Z)$$

$$e = \sqrt{2}|Z| \sin(\angle Z)I \cos(\omega t)$$

$$p = \sqrt{2}I \sin(\omega t) \times \sqrt{2}|Z| \sin(\angle Z)I \cos(\omega t)$$

$$p = |Z|I^2 \sin(\angle Z)2 \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

2 倍角公式 [4] より、

$$\sin(2\theta) = 2 \sin(\theta) \cos(\theta) \quad (23)$$

$$p_r = |Z|I^2 \sin(\angle Z) \sin(2\omega t) \quad (24)$$

2.5.4 式 (4.15)

$$e = \sqrt{2}|Z|I \sin(\omega t + \angle Z) \quad (25)$$

オーム則より、

$$|Z|I = E \quad (26)$$

$$e = \sqrt{2}E \sin(\omega t + \angle Z) \quad (27)$$

3 方法

3.1 使用器具

今回の実験で使用した器具を表 1 に示す。

表 1: 使用器具

名称	製造元	型番	定格	製造番号/管理番号
電流計	YEW	TYPE 2053	レンジ: 5-25 A	270-2
電圧計	YEW	TYPE 2013	レンジ: 150-300 V	70-1
電力計	YOKOGAWA	TYPE 2041	レンジ: 120-240 V, 2-25 A	4-23-67
低力率用電力計	YEW	TYPE 2041($\cos \phi = 0.2$)	レンジ: 120-240 V, 5-25 A	B-2051.53.1/1
力率計	YEW	TYPE 2039	120 V, 5-25 A	L94-004318
総合負荷装置	山菱電機株式会社	UL-100-30	100 V, 30 A	01-0090
変圧器	MATSUNAGA MFG	TYPE SD-1310	0~130 V	4-23-23

3.2 実験手順

3.2.1 回路図

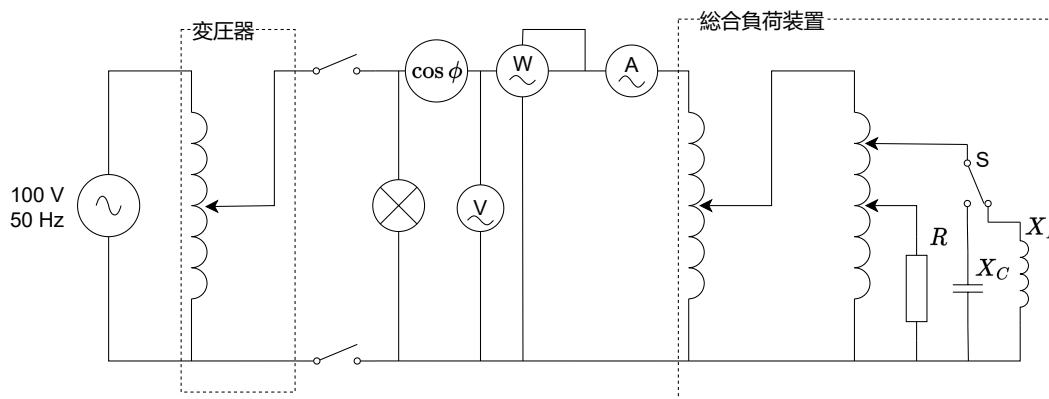


図 1: 測定回路

3.2.2 力率=1.0 での測定方法

- 図 1 の通り、配線した。
- 電圧計のレンジは 150 V, 電流計のレンジは 5 A, 電力計のレンジは 600 W(120 V, 5 A) に設定した。
- スイッチ S を切り替えることにより、 X_L に接続した回路にした。
- 電流、電圧を調整し、電流、電圧、電力、力率を測定した。
- 総合負荷装置の力率を 1.0 に設定した。
- 総合負荷装置の電流をつまみで調整し、1 A, 100 V の値になるように調整し、測定した。
- 総合負荷装置の電流をつまみで調整し、2 A, 100 V の値になるように調整し、測定した。
- 総合負荷装置の電流をつまみで調整し、3 A, 100 V の値になるように調整し、測定した。
- 総合負荷装置の電流をつまみで調整し、4 A, 100 V の値になるように調整し、測定した。
- 総合負荷装置の電流をつまみで調整し、5 A, 100 V の値になるように調整し、測定した。

3.2.3 測定方法及び、設定

- 総合負荷装置の力率を 0.8 に設定し、力率=1.0 での測定方法と、同様の手順で、測定を行った。
- 総合負荷装置の力率を 0.6, 0.4, 0.2 に設定し、それぞれの力率で、同様に測定を行った。
- スイッチ S を切り替えることにより、 X_C に接続した回路にした。
- X_L に接続した回路の時と同様に測定を行った。
- 電力計を低力率用電力計に変え、総合負荷装置の力率を 0.2 に設定した。
- X_C に接続した回路で同様の測定を行った。
- X_L に接続した回路に切り替え同様の測定を行った。

4 結果

- X_L に接続した回路で行った計測の結果を表 2, 表 3, 表 4, 表 5, 表 6 にまとめた。
- X_C に接続した回路で行った計測の結果を表 7, 表 8, 表 9, 表 10, 表 11 にまとめた。
- 低力率用電力計による測定結果を表 12, 表 13 にまとめた。

表 2: X_L , 設定力率 = 1.0 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 1.0					
	電力計 $Pa[W]$	電圧計 $V[V]$	電流計 $I[A]$	力率 $\cos \theta$		皮相電力 $P_0[VA]$
				測定値	計算値	
1	107.5	100.0	1.00	0.993	1.075	100
2	200.0	99.5	2.00	0.996	1.005	199
3	295.5	99.0	3.00	0.997	0.995	297
4	395.0	100.0	4.00	0.997	0.988	400
5	495.0	99.0	5.00	0.997	1.000	495

表 3: X_L , 設定力率 = 0.8 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.8					
	電力計 $Pa[W]$	電圧計 $V[V]$	電流計 $I[A]$	力率 $\cos \theta$		皮相電力 $P_0[VA]$
				測定値	計算値	
1	87.5	100.0	1.00	0.810	0.875	100.0
2	160.5	99.5	2.01	0.805	0.802	200.0
3	237.5	100.0	3.00	0.801	0.792	300.0
4	310.0	100.0	4.00	0.797	0.775	400.0
5	389.0	100.0	5.00	0.798	0.778	500.0

表 4: X_L , 設定力率 = 0.6 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.6					
	電力計 $Pa[W]$	電圧計 $V[V]$	電流計 $I[A]$	力率 $\cos \theta$		皮相電力 $P_0[VA]$
				測定値	計算値	
1	70.5	100.0	1.00	0.670	0.705	100.0
2	125.0	99.1	2.00	0.650	0.631	198.2
3	189.0	100.0	3.10	0.639	0.610	310.0
4	242.5	100.0	4.00	0.629	0.606	400.0
5	294.5	99.9	4.95	0.622	0.596	494.5

表 5: X_L , 設定力率 = 0.4 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.4					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	55.5	100.0	1.00	0.522	0.555	100.0
2	95.0	99.9	2.00	0.498	0.475	199.8
3	131.0	99.5	2.99	0.477	0.440	297.5
4	171.0	99.1	4.10	0.458	0.421	406.3
5	209.5	99.0	4.95	0.452	0.428	490.1

表 6: X_L , 設定力率 = 0.2 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.2					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	40.5	100.1	1.00	0.380	0.405	100.1
2	60.5	100.0	2.00	0.327	0.303	200.0
3	80.0	100.0	2.90	0.305	0.276	290.0
4	102.5	99.5	4.10	0.295	0.251	408.0
5	121.5	99.6	4.90	0.290	0.249	488.0

表 7: X_C , 設定力率 = 1.0 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 1.0					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	110.5	100.0	1.00	0.994	1.105	100.0
2	203.5	100.0	2.00	0.996	1.018	200.0
3	300.0	99.0	3.10	0.997	0.978	306.9
4	392.5	99.0	3.90	0.997	1.017	386.1
5	490.0	100.0	4.90	0.997	1.000	490.0

表 8: X_C , 設定力率 = 0.8 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.8					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	95.0	100.0	1.00	0.862	0.950	100.0
2	170.5	99.0	2.00	0.820	0.861	198.0
3	250.0	100.0	2.90	0.810	0.862	290.0
4	325.5	99.9	4.00	0.810	0.815	399.6
5	402.5	99.2	4.90	0.807	0.828	486.1

表 9: X_C , 設定力率 = 0.6 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.6					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	83.5	100.0	1.00	0.730	0.835	100.0
2	142.0	100.0	2.00	0.670	0.710	200.0
3	202.0	99.9	3.00	0.630	0.674	299.7
4	262.5	99.1	4.00	0.630	0.662	396.4
5	324.0	99.0	5.00	0.620	0.655	495.0

表 10: X_C , 設定力率 = 0.4 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.4					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	65.0	100.0	1.00	0.538	0.650	100.0
2	105.0	100.0	2.00	0.458	0.525	200.0
3	146.0	99.5	3.00	0.440	0.489	298.5
4	188.5	99.1	4.00	0.421	0.476	396.4
5	233.0	99.0	5.10	0.418	0.461	504.9

表 11: X_C , 設定力率 = 0.2 の場合の実験結果

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.2					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	45.0	100.0	1.00	0.340	0.450	100.0
2	65.0	99.9	2.00	0.280	0.325	199.8
3	87.5	99.9	3.00	0.250	0.292	299.7
4	110.0	99.5	3.90	0.240	0.284	388.1
5	130.5	99.4	5.00	0.210	0.263	497.0

表 12: X_C , 設定力率 = 0.2 の場合の実験結果 (低力率用電力計による測定)

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.2					
	電力計 P_a [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		皮相電力 P_0 [VA]
				測定値	計算値	
1	42.8	100.0	1.00	0.350	0.428	100.0
2	64.1	100.0	2.01	0.270	0.319	201.0
3	87.0	100.0	3.00	0.240	0.290	300.0
4	109.0	100.0	4.00	0.230	0.273	400.0
5	-	-	-	-	-	-

表 13: X_L 、設定力率 = 0.2 の場合の実験結果 (低力率用電力計による測定)

電流計 の指示 [A]	設定力率 = 0.2					皮相電力 P_0 [VA]
	電力計 Pa [W]	電圧計 V [V]	電流計 I [A]	力率 $\cos \theta$		
				測定値	計算値	
1	36.5	100.0	1.00	0.362	0.365	100.0
2	56.1	100.0	2.05	0.315	0.274	205.0
3	74.5	100.0	2.95	0.298	0.253	295.0
4	97.0	100.0	4.01	0.280	0.242	401.0
5	116.7	99.1	4.95	0.280	0.238	490.5

5 考察

- 各設定力率に対して、電流-電力特性を図 2, 図 4 にまとめた。
- 各電流計の指示に対して、力率-電力特性を図 3, 図 5 にまとめた。
- 普通電力計による測定結果と、低力率用電力計による測定結果のデータによる、電流-電力特性を図 6, 図 7 にまとめた。

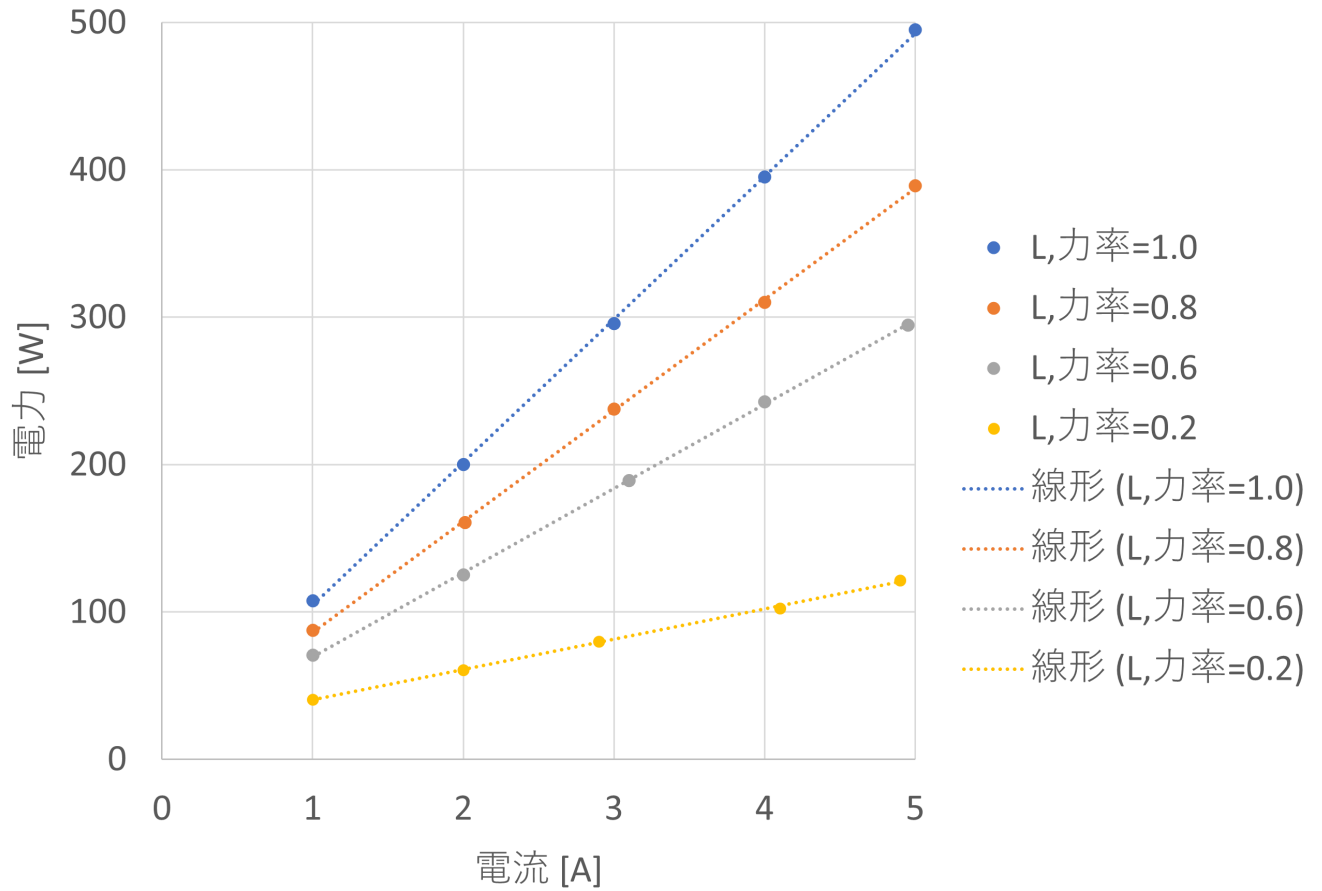


図 2: 遅れ位相負荷による電流-電力特性

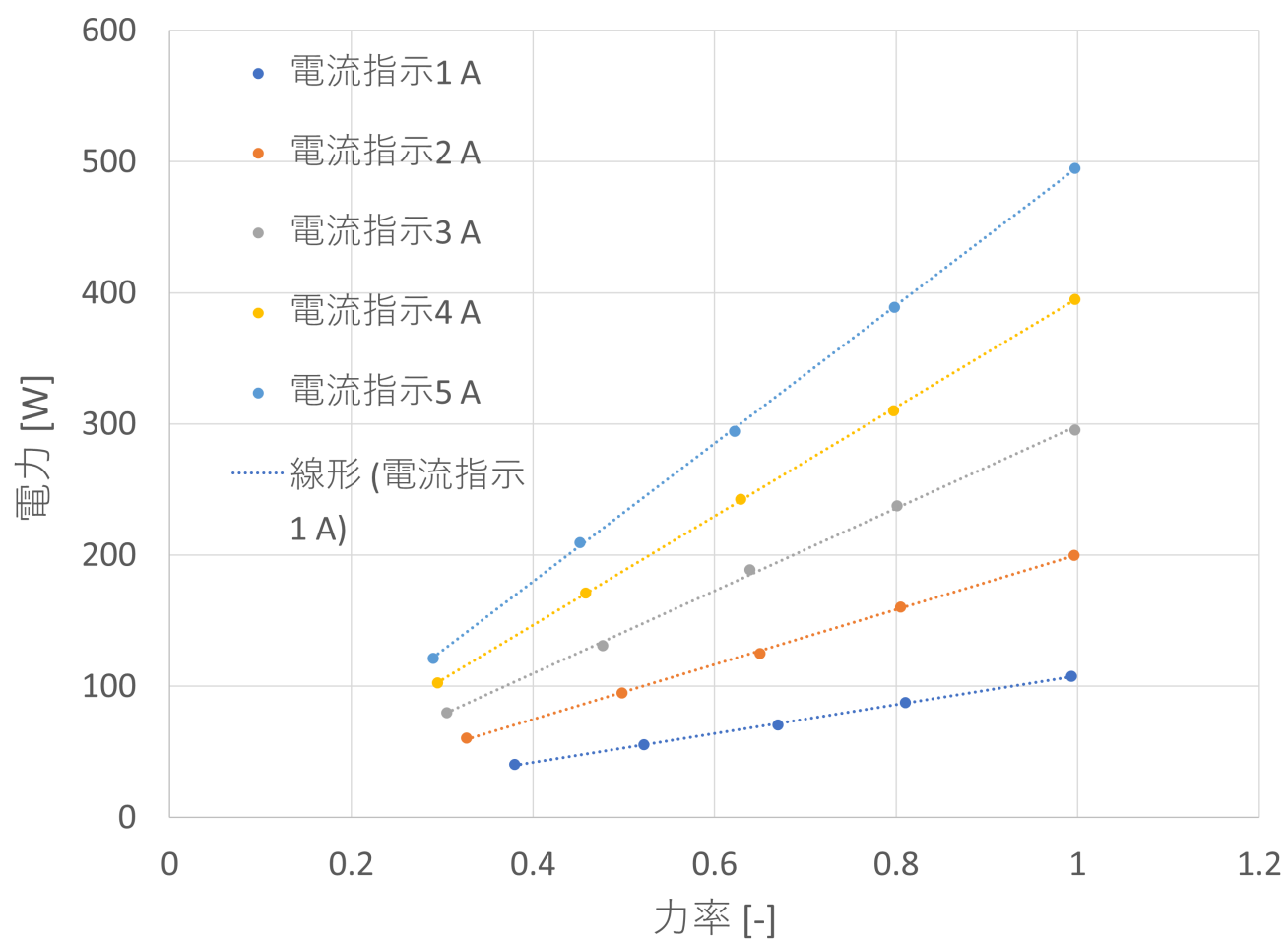


図 3: 遅れ位相負荷による力率-電力特性

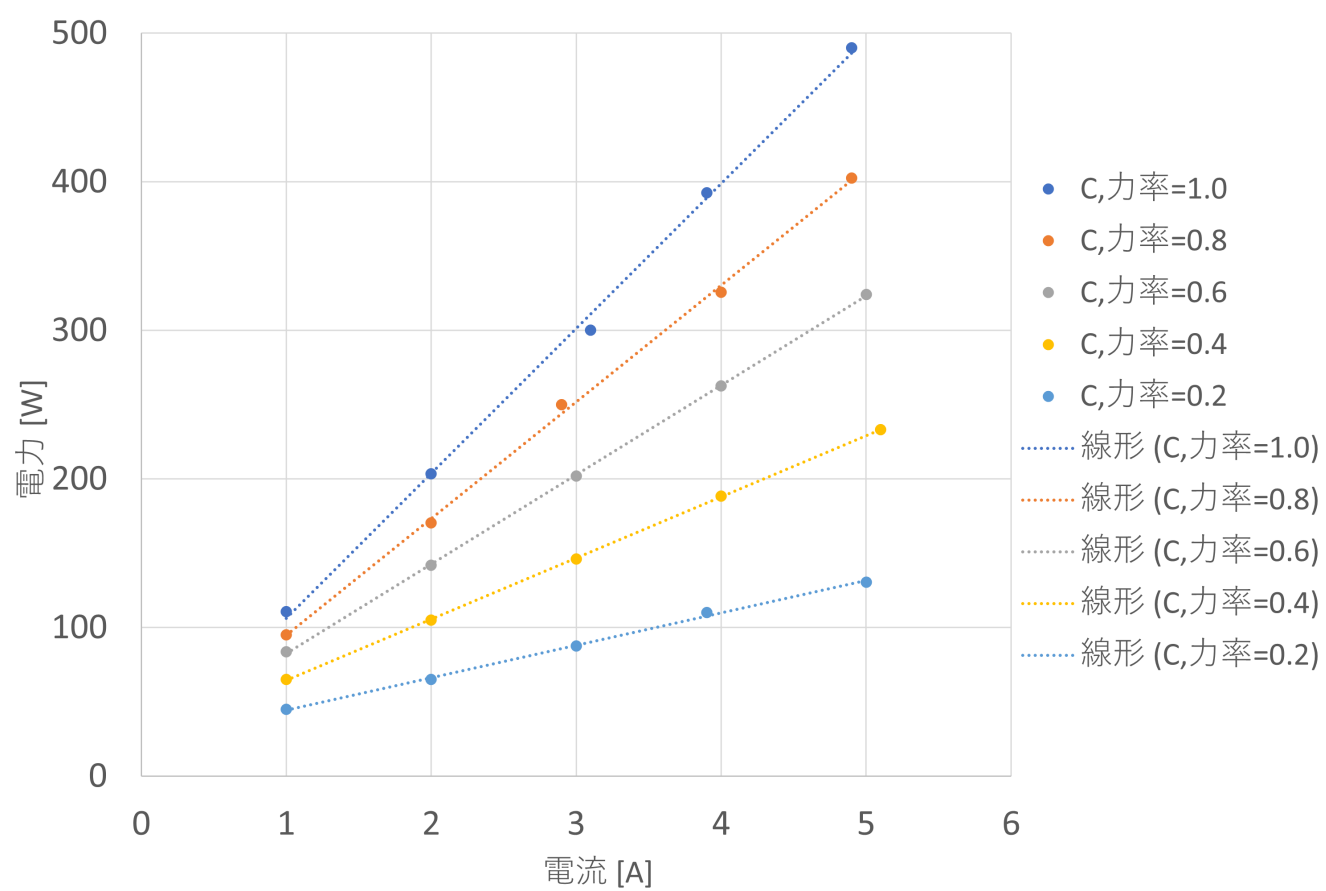


図 4: 進み位相負荷による電流-電力特性

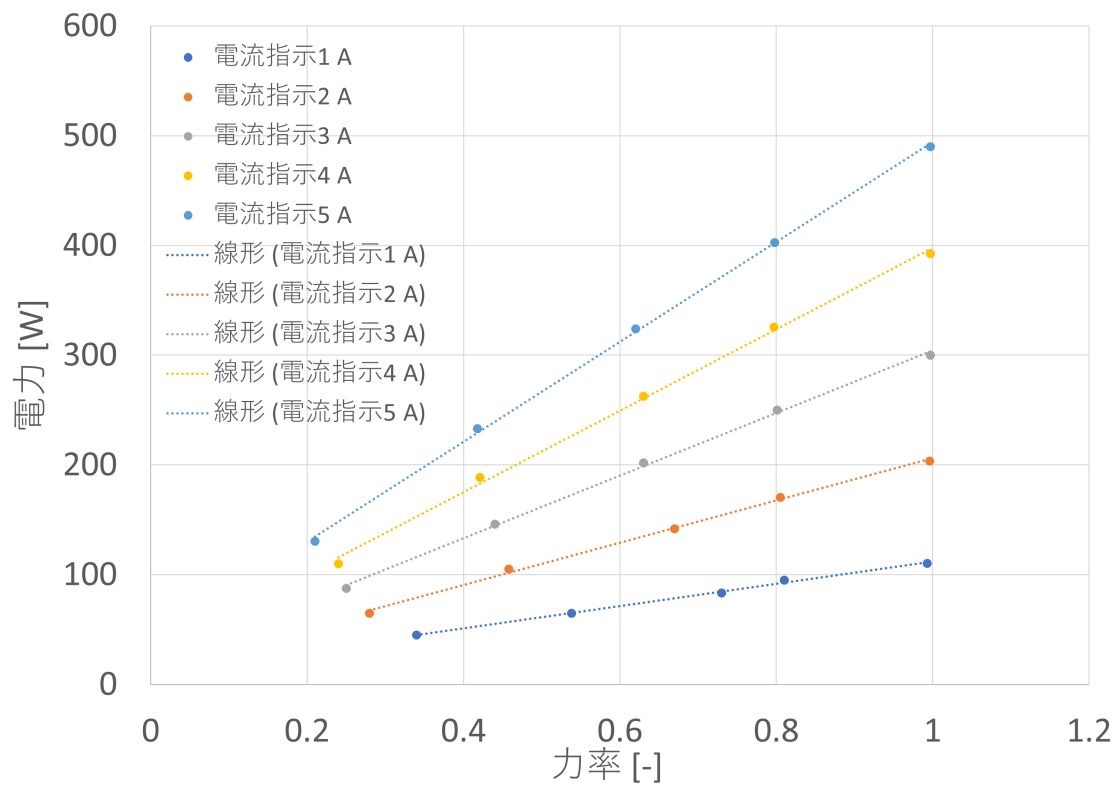


図 5: 進み位相負荷による力率-電力特性

図 2, 図 4 より、概形から、電流と電力は比例の関係があることが読み取れる。また、測定した電力は有効電力であることから、式 (12) で表せることより、式での関係と一致している。

図 3, 図 5 より、概形から、力率と電力は比例の関係があることが読み取れる。また、式 (12), 式 (15) より、式での関係と一致している。

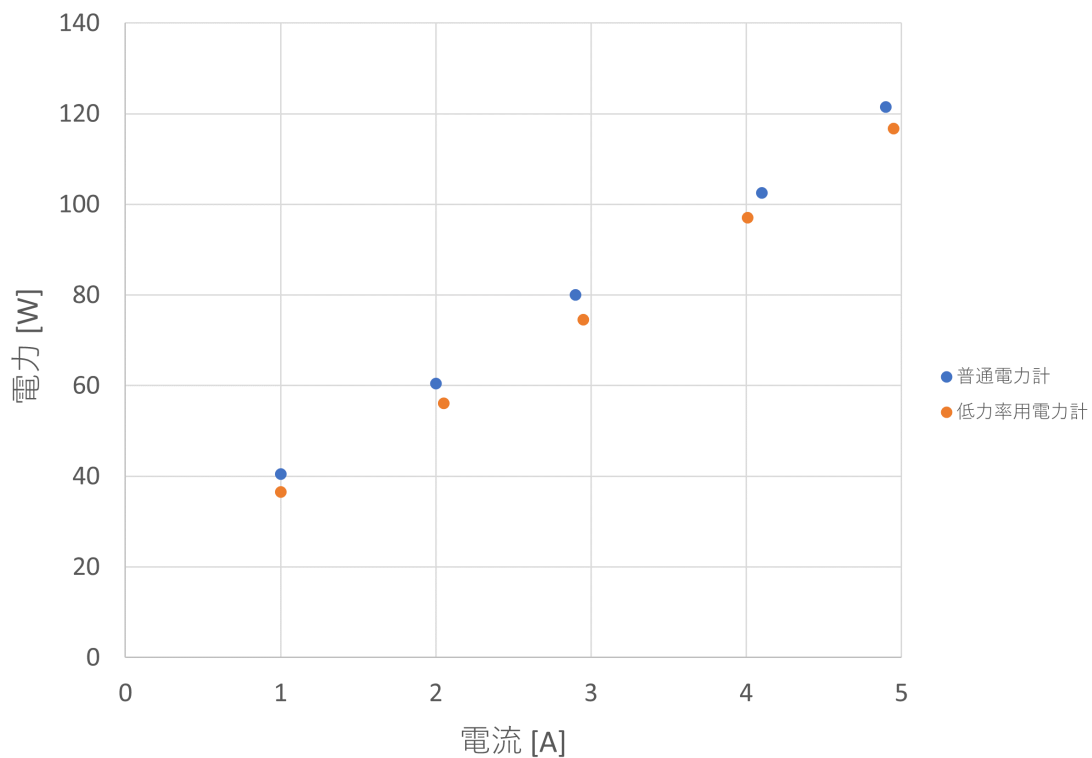


図 6: 遅れ位相負荷による電流-電力特性 (普通電力計と低力率用電力計の測定結果の比較)

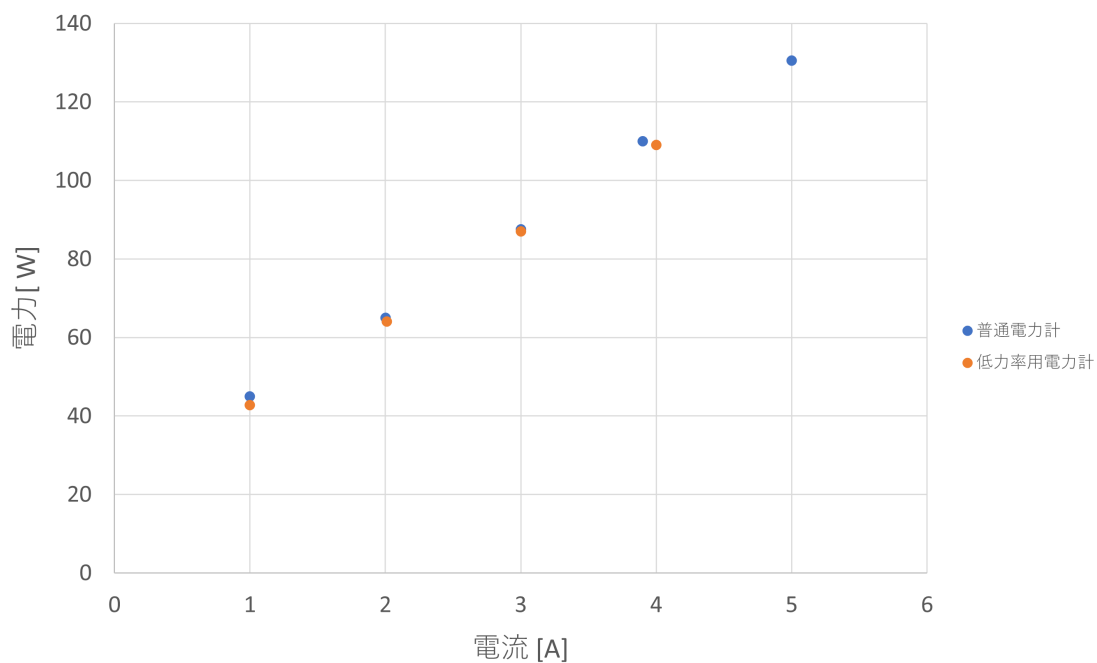


図 7: 進み位相負荷による電流-電力特性 (普通電力計と低力率用電力計の測定結果の比較)

図 6, 図 7 より、全ての測定点で、普通電力計での測定結果より、低力率用電力計での測定結果の方が、測定した電力が低い値を示した。

5.1 相対誤差率の導出

表 14: 力率 0.2 の時の相対誤差率 (L)

電流 [A]	普通電力計の相対誤差 [%]	低力率用電力計の相対誤差 [%]
1	6.47	0.83
2	7.49	13.1
3	9.55	15.3
4	14.8	13.6
5	14.2	15.0
平均値	10.5	11.6

表 15: 力率 0.2 の時の相対誤差率 (C)

電流 [A]	普通電力計の相対誤差 [%]	低力率用電力計の相対誤差 [%]
1	32.4	22.3
2	16.2	18.1
3	16.8	20.8
4	18.1	18.5
5	25.0	-
平均値	21.7	19.9

今回の実験結果では、進み位相負荷でも、遅れ位相負荷でも、普通電力計と低力率用電力計での相対誤差はほとんど一致していた。

5.2 力率改善 (独自考察)

5.2.1 進相コンデンサの容量 [5]

進相コンデンサの容量を簡易で算出する場合、動力変圧器容量の 30 % を進相コンデンサの容量とするのが一般的である。これは、全体の力率が 80 % の時、95 % 程度まで改善する容量のことである。

5.2.2 一般的な電気製品の力率 [6]

表 16: 一般的な電気製品の力率

力率の関係ある電気製品	力率
蛍光灯 低力率	50～60 %
蛍光灯 高力率	80～90 %
白熱照明器具	100 %
洗濯機	70～80 %
掃除機	60～75 %
冷蔵庫	70～80 %

表 16 は一般的な電気製品の力率である。白熱電球は、力率 100 % であり、無効電力は全く発生しない。これらの電気製品を総合した場合、総合力率はおおむね 90 % 以上である。そのため、進相コンデンサを設置しない場合でも高い力率を確保できる。

力率改善を計画する場合、計算上での目標力率は 95 % から 98 % にするのが一般的である。

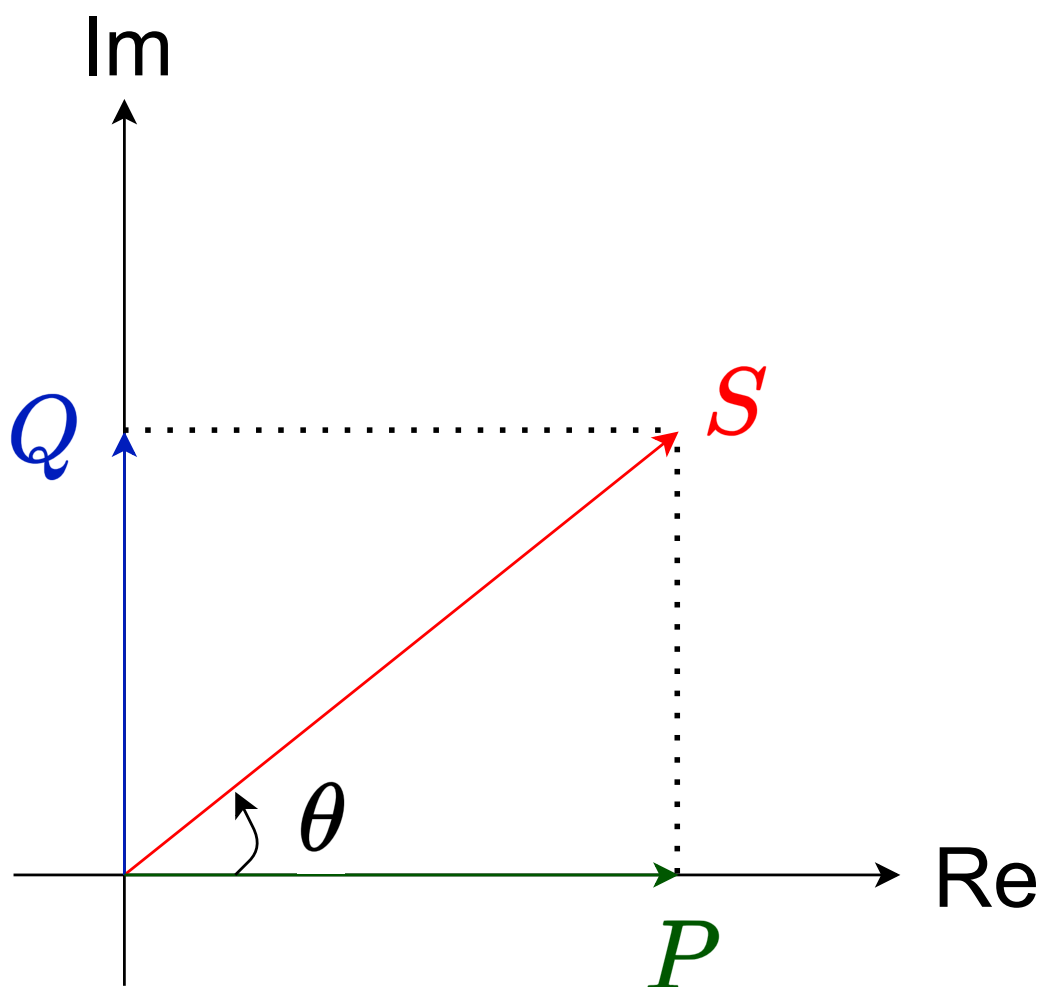


図 8: 電力のベクトル図

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (28)$$

a Q [var]: 無効電力

b S [VA]: 皮相電力

c P [W]: 有効電力

皮相電力、有効電力、無効電力の関係は図 8 のベクトル図で表すことができる。よって、式 (28) により、無効電力を算出できる。

表 17: 設定力率 1.0 の時の遅れ位相負荷による無効電力

皮相電力 (計算値) [VA]	有効電力 (測定値) [W]	無効電力 (計算値) [var]
100.0	107.5	-
199.0	200.0	-
297.0	295.5	29.81
400.0	395.0	63.05
495.0	495.0	0

表 17 に算出した無効電力を示した。有効電力が皮相電力を上回る実験結果が出ていた。しかし、皮相電力と有効電力がほぼ等しいため、誤差であると言えるであろう。

力率が 1.0 であることにより無効電力がゼロであるという条件を満たしている結果も出ていた。

表 18: 設定力率 0.8 の時の遅れ位相負荷による無効電力

皮相電力 (計算値) [VA]	有効電力 (測定値) [W]	無効電力 (計算値) [var]
100.0	87.5	48.41
200.0	160.5	119.3
300.0	237.5	183.3
400.0	310.0	252.8
500.0	389.0	314.13

表 18 に算出した無効電力を示した。設定力率を 1.0 から 0.8、つまり、100 % から 80 % に変更したのみであるにも関わらず、無効電力が表 17 と比べて大幅に増えていることが分かる。これは、力率が 80 % ではロスがとても大きいことを示している。今回の実験では設定力率が 100 % のとき、ほとんどが 93 ~ 99 % であった。つまり、一般的に行われている力率改善である、力率を約 80 % から、約 95 % に改善することの有用性が表 17 と表 18 より、読み取ることができる。

5.3 [グループ考察] 電流力計形の動作原理

電流力計形の動作原理を考察するにあたって、三相誘導電動機の固定子線論を調査する。

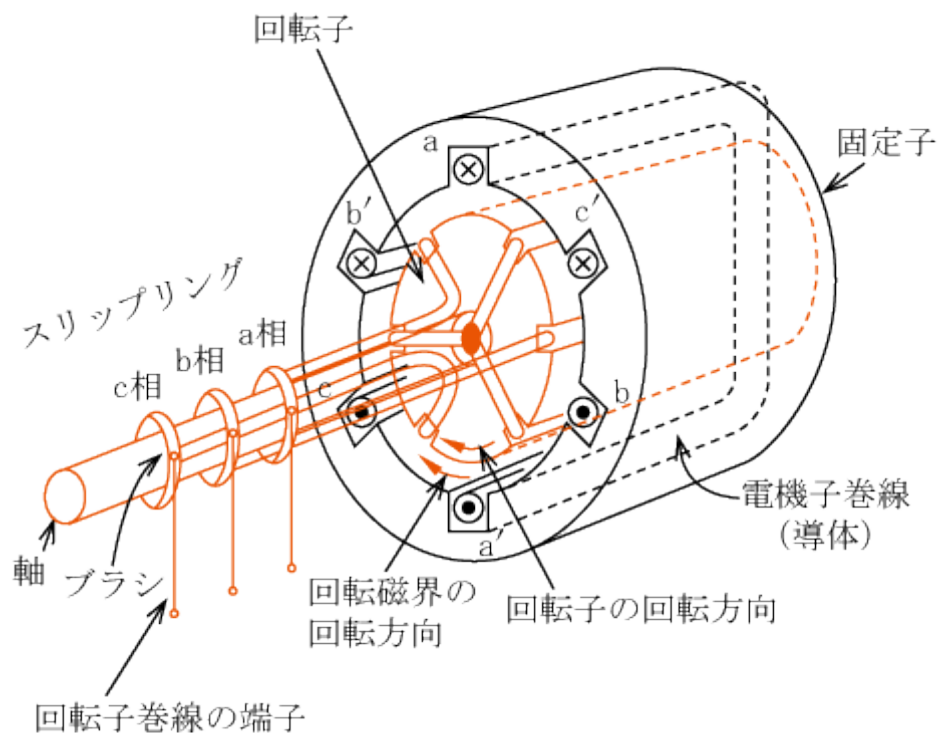


図 9: 誘導電動機の構造

図 9 に誘導電動機の構造を示す。「誘導電動機の回転の原理は、回転子導体には右回りの回転磁界によってフレミングの右手の法則で裏から表に向かう起電力が発生して導体に電流が流れるので、この電流と回転磁界の間に、フレミングの左手の法則に基づく電磁力が発生し、回転子の導体は右方向＝回転磁界の方向に引っ張られ、同期電動機のように右方向に回転する。ただし、回転子が回転すると導体を直角に通過する回転磁界の回数が減少するので、発生する起電力は回転子の回転速度の上昇で回転磁界と回転子の速度差に比例して減少し、同期速度では 0 となる。このことから回転速度は同期速度以下になる。このように固定子が作る回転磁界が同期電動機は磁極を引っ張り、一定の同期速度で回転する装置で、誘導電動機では回転子巻線に発生する電圧によって導体に電流を流して、回転子を電磁力で引っ張って同期速度以下で回転する装置である [7]。

このような、三相誘導電動機の固定子線論を応用して力率計の仕組みを考察する。

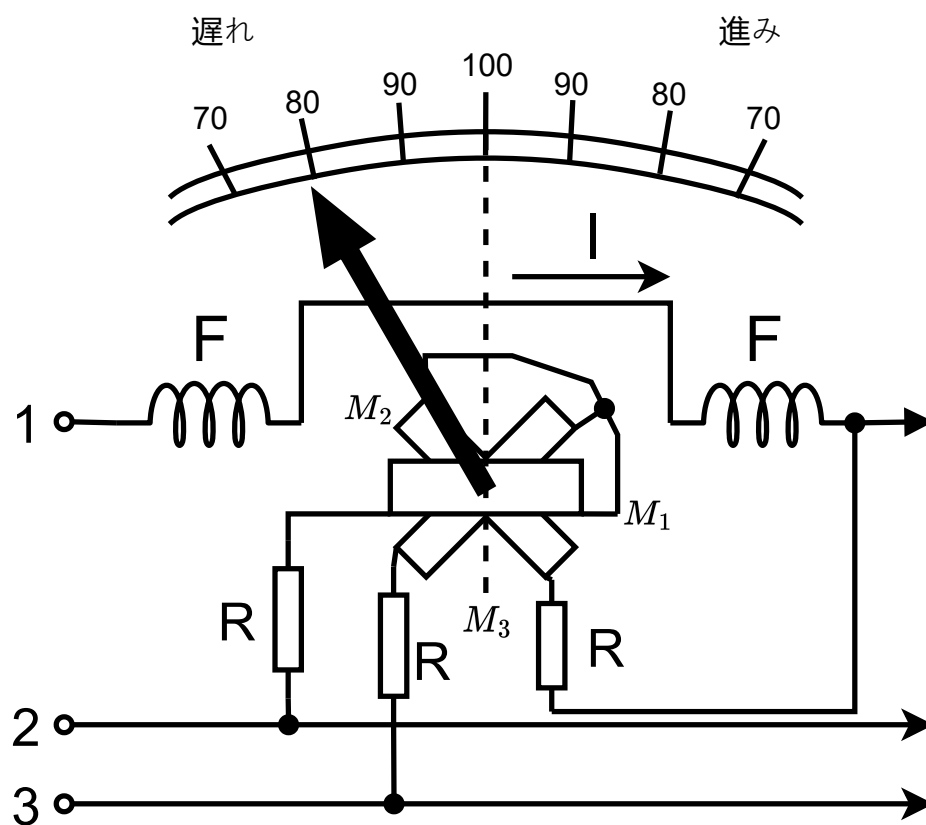


図 10: 電流力計形の構造

図 10 に電流力計形の構造を示す。F が固定の電流コイル M1、M2、M3 は可動電圧コイルである。これらの電圧コイルは、F の磁界内にあって 120° ずつの角度で配置され、同一軸に取付けられている。そして各コイルに抵抗 R が接続されていて、かつ、これらは Y 形結線をして、その末端は三相の線間に接続された電圧コイルである。コイル F は三相中の一相に直列に接続され電流コイルとなる。M1、M2、M3 の 3 個の電圧コイルは、 120° ずつの相差があるため、三相誘導電動機の固定子線論のように一つの回転磁界を形成することになる。したがって、コイル F の作る電流によった交番磁界と可動コイルの作っている電圧によった回転磁界との相互作用によって、この可動コイルは電流と電圧との間の相差に応じた位置に停止する。つまり可動コイルに取付けた指針は目盛盤上に力率を指示する [8]。可動コイル形の特徴は感度が高く、消費電流が小さいことである。この計器は直流専用であり、交流に接続した場合はコイルが発生する交番磁界によって指示器が振れず、計測することができない [9]。

6 結論

単相交流回路での電圧、電流、電力、力率を測定する各計測器の結線方を学ぶことができた。また、単相電力計と力率計の扱い方を習得した。さらに、電力と力率についての理解を深めることができた。よって、本実験の目的は全て達成した。

参考文献

- [1] 小関修&光本真一, 基礎電気回路ノート II, 電気書院, 2022.
- [2] “電力と力率”, 理化工業株式会社, https://www.rkcinst.co.jp/technical_commentary/399094/, 最終アクセス日 2022/7/13.
- [3] 堀田栄喜 藤田英明 川嶋繁勝, “電気基礎 1”, 実教出版株式会社, 2020 年 1 月 25 日
- [4] 高遠節夫 ほか 5 名, “新 基礎数学”, 大日本図書株式会社, 2019.
- [5] 一般社団法人 日本配電制御システム工業会, “進相コンデンサの選定”, <http://www.jsia.or.jp/mamechishiki/進相コンデンサの容量>, 最終アクセス日 2022/7/27.
- [6] Panasonic, “電気の基本: 力率”, <https://www2.panasonic.biz/jp/basics/electric/electricity/power-factor/>, 最終アクセス日 2022/7/27.
- [7] 日本電気技術者協会, “誘導電動機の基本原理、アラゴの円板、等価回路、主な構造”, <https://jeea.or.jp/course/contents/12129/>, 最終アクセス日 July,27,2022
- [8] 日本船舶電装協会, “電流力計形力率計 (三相式)”, <http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1997/01201/contents/152.htm>, 日本財団図書館, 最終アクセス日 July,27,2022
- [9] 日本電気技術者協会, “アナログ計器の種類・構造・動作原理”, <https://jeea.or.jp/course/contents/12117/>, 最終アクセス日 July,27,2022.