

第4章 オシロスコープによる位相の測定

Measurement of Phase by Oscilloscope

4.1 目的

ブラウン管上に描かれたリサージュ図形 Lissajous figure により、任意の2つの正弦波電圧の位相差を測定し、あわせてオシロスコープの原理と取扱方法を習得する。

4.2 理論

オシロスコープは電圧や電流の波形のほかに周波数や位相差を観測することができる。その主要部であるブラウン管は高度の真空にしたフラスコ状のガラス管内に陰極、格子、陽極、偏向板などが備えられている。陰極から放射された電子は陰極、格子、陽極からなる電子レンズの作用により、強く絞られてビーム状になって加速される。また互に直交するように配置された水平、垂直の2組の偏向板によって加速された電子は上下左右の方向に転換して、けい光膜に到達すると輝点 spot を生ずる。いま同一周波数で位相差が φ である2つの正弦波電圧

$$e_a = V_a \sin \omega t \quad e_b = V_b \sin(\omega t + \varphi) \quad (4.1)$$

をそれぞれ水平軸と垂直軸に加え、そのときの輝点の偏位を x 、 y とすれば

$$x = KV_a \sin \omega t \quad y = KV_b \sin(\omega t + \varphi) \quad (4.2)$$

となる。ただし、 K は感度を表わす比例定数である。したがってブラウン管面に現われるリサージュ図形は

$$\left(\frac{x}{V_a}\right)^2 - 2\frac{xy}{V_a V_b} \cos \varphi + \left(\frac{y}{V_b}\right)^2 = K^2 \sin^2 \varphi \quad (4.3)$$

で表わされ、一般にだ円形になり、図 4.1 のようになる。式 (4.3) において

(1) $y = 0$ のときの x の値を x_1 とすれば $\sin \varphi$

$$\frac{x_1}{KV_a} = \sin \varphi \quad (4.4)$$

(2) $x = 0$ のときの y の値を y_1 とすれば

$$\frac{y_1}{KV_b} = \sin \varphi \quad (4.5)$$

となる。ここで式 (4.2) から KV_a 、 KV_b はそれぞれ x 、 y の最大値であるから、式 (4.4)、(4.5) に図 4.1 のリサージュ図形を適用すれば、2つの正弦波電圧の位相差は次式から求まる。

$$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{B_1}{A_1}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{B_2}{A_2}\right) \quad (4.6)$$

いま位相差 φ と概略のリサージュ図形との関係を示せば、次のようである。

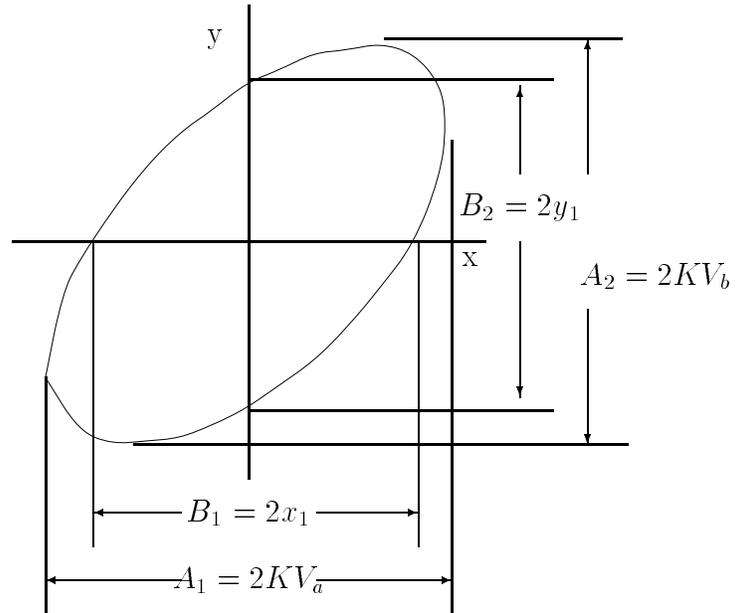


図 4.1: リサージュ図形

表 4.1: 位相とリサージュ図形の関係

位相差 $\varphi(^{\circ})$	0	45	90	135	180
リサージュ 図形					

4.3 方法

図 4.2 のようなツーロン回路 Toulon circuit を結線する。

図 4.2 のようなツーロン回路で大きさが等しく位相が異なる 2 つの電圧 V_a 、 V_b をそれぞれ水平軸と垂直軸に加え、抵抗 R を変えて V_a と V_b との位相差を変えた場合のリサージュ図形を描き、図 4.1 に示す各部の寸法を測り、式 (4.6) から位相差 φ を求める。

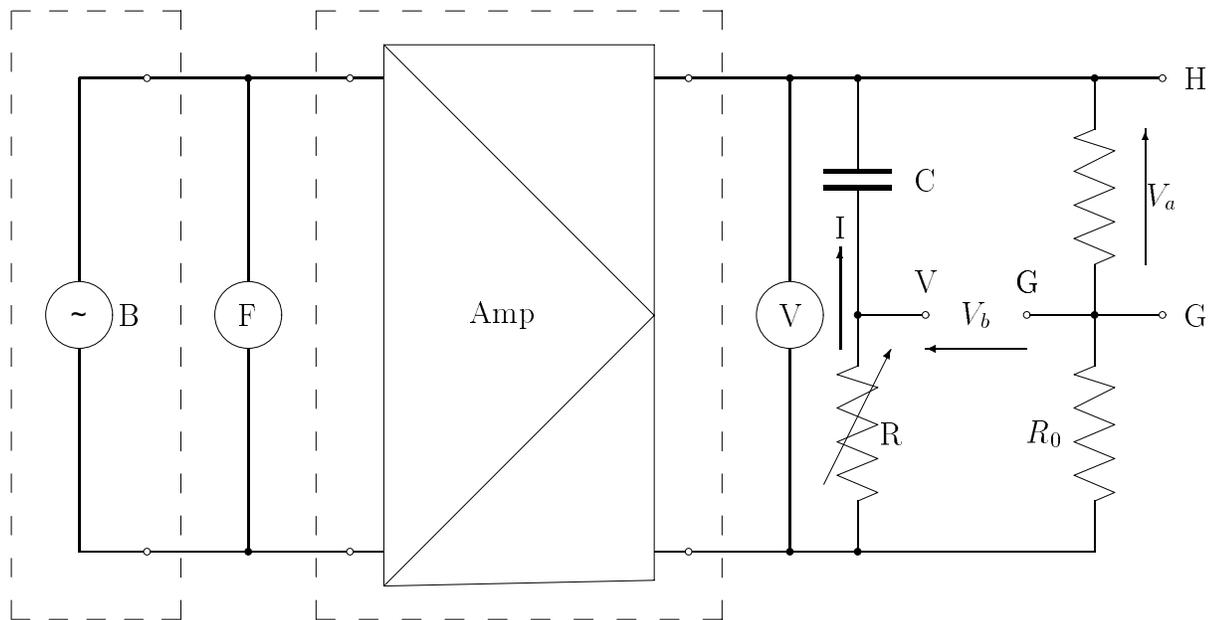


図 4.2: 位相測定の結線図 (ツーロン回路)

B : 低周波発振器 R : 可変抵抗 R_0 : 固定抵抗
 C : コンデンサ V : 高周波電圧計 F : 周波数計
 Amp : TAKASAGO POWER SUPPLY

オシロスコープの使い方は付録??を参照する。

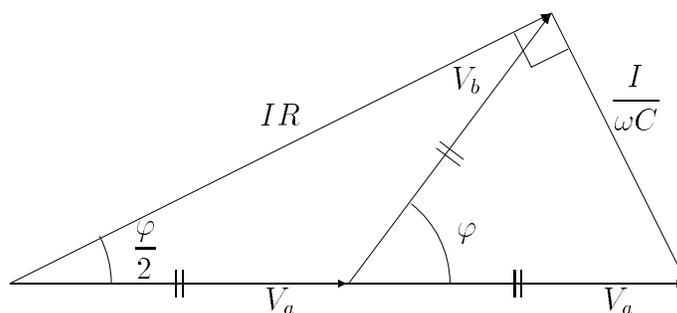


図 4.3: ツーロン回路のベクトル図

また図 4.2 のツーロン回路のベクトル図を描けば、図 4.3 のようである。このベクトル図から

$$\varphi = 2 \tan^{-1} \frac{1}{\omega CR} \quad (4.7)$$

となり、 $R \rightarrow \infty$ のときは $\varphi = 0^\circ$ となり、 $R = 0$ のときは $\varphi = 180^\circ$ となって、 R に対する φ の変化範囲は $0 \sim 180^\circ$ である。式 (4.7) から位相差 φ の計算値を求め、実測値と比較検討する。

4.4 結果

コンデンサ $C(\mu F)$ 周波数 $f(\text{Hz})$

抵抗 $R(k\Omega)$	リサージュ 図形	水 平 軸			垂 直 軸			位相差 $\varphi(^{\circ})$	
		A_1	B_1	$\varphi(^{\circ})$	A_2	B_2	$\varphi(^{\circ})$	実測値	計算値

抵抗 R を横軸にし、位相差 φ を縦軸にして、実測値 (平均値) と計算値の変化をグラフで示す。

4.5 注意

1. ブラウン管のけい光膜上の輝点を長い間静止したまま放置しない。
2. 抵抗 R の変化に対して位相差の変化が著しい部分は特に詳しく測定する。
3. 式 (4.7) から位相差 φ を計算するとき $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の範囲については注意を要する。

4.6 問題

ツェロン回路の位相差を回路方程式より導け。