

第5章 交流回路のベクトル軌跡の実験

Experiment of Vector Locus for AC Circuit

5.1 目的

RL および RC の直列回路における電圧、電流のベクトル図を描き、位相の概念を習得する。

5.2 理論

5.2.1 RL 直列回路

図 5.1 のように RL の直列回路に交流電圧 V を加えると、流れる電流 I は電圧 V より位相が $\varphi = \tan^{-1}(\omega L/R)$ だけ遅れる。また抵抗 R およびインダクタンス L の電圧降下をそれぞれ V_R および V_L とすれば、 V_R は電流 I と同相であり、 V_L は電流 I より位相が $\pi/2$ だけ進み、 V_R と V_L とのベクトル和は端子電圧 V に等しい。

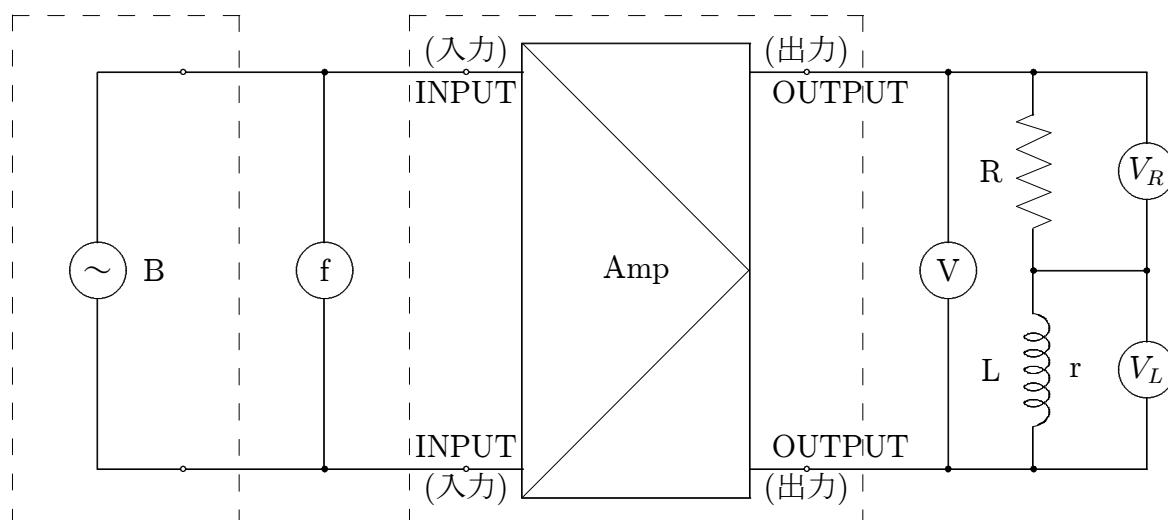


図 5.1: RL 直列回路結線図

V : デジタルマルチメータ B : 低周波発振器 f : 周波数計 r : 内部抵抗 (未知)
V_R : デジタルマルチメータ R : 抵抗器 L : インダクタンス
V_L : デジタルマルチメータ Amp: TAKASAGO POWER SUPPLY

いま R を一定にして、 L を変化した場合を考える。図 5.2 に示すように、 $L = 0$ のときは、 $V = V_R$ となり、このときの電流は電圧と同相で、 $I_0 = V/R$ となる。 L を次第に増加すると、 V_L も増加して同図の AB を直径とする円周上を A 点から B 点に向かって移動し、電流 I は L の増加に伴い減少しながら、 V_R とともに円弧を描いて B 点に向う。

次に L を一定にして、 R を変化した場合を考える。図 5.3 に示すように、 $R = 0$ のときは、電流は電圧より位相が $\pi/2$ だけ遅れて、 $I_0 = V/\omega L$ となる。 R を次第に増加すると、 V_R も増加して同図の AB を直径とする円周上を B 点から A 点に向かって移動し、電流 I も円弧を描いて B 点に向う。

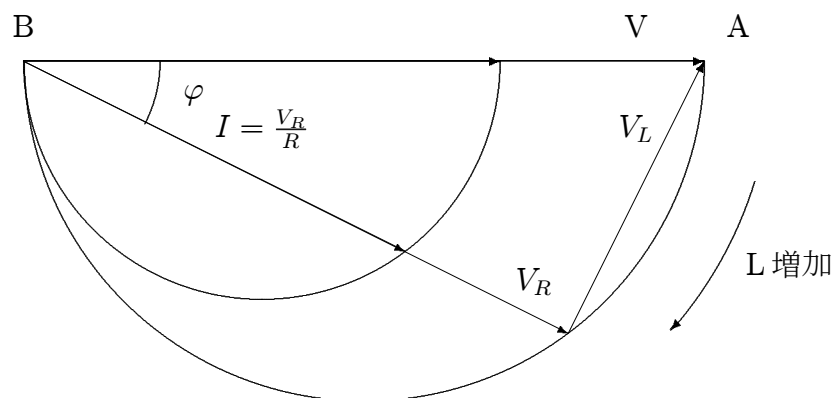


図 5.2: RL 直列回路で R が一定の時の特性

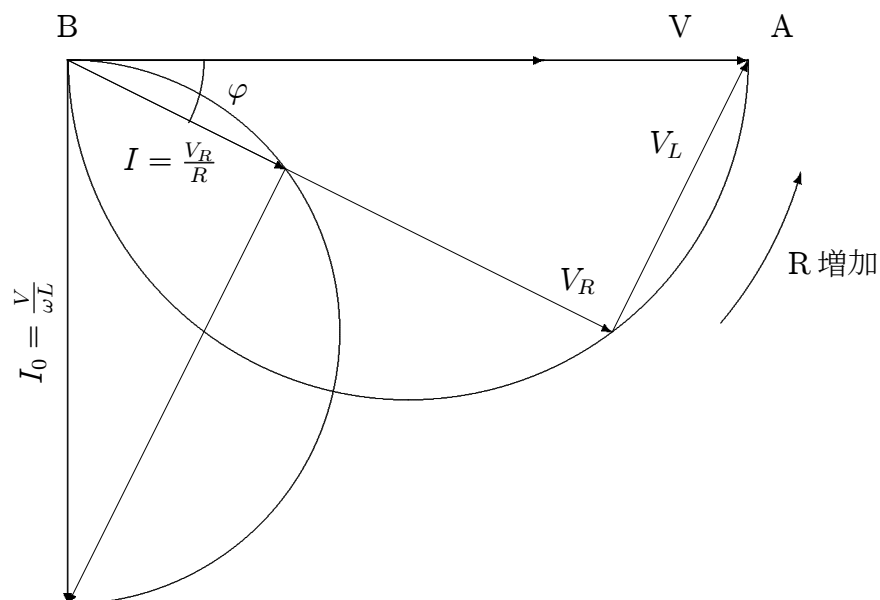


図 5.3: RL 直列回路で L が一定の時の特性

5.2.2 RC 直列回路

図 5.4 のように RC の直列回路に交流電圧 V を加えると、電流 I は電圧 V より位相が $\varphi = \tan^{-1}\{1/(\omega CR)\}$ だけ進む。また R および C の電圧降下をそれぞれ V_R および V_C とすると、 V_R は電流 I と同相であり、 V_C は位相が $\pi/2$ だけ遅れ、 V_R と V_C とのベクトル和は端子電圧 V に等しい。

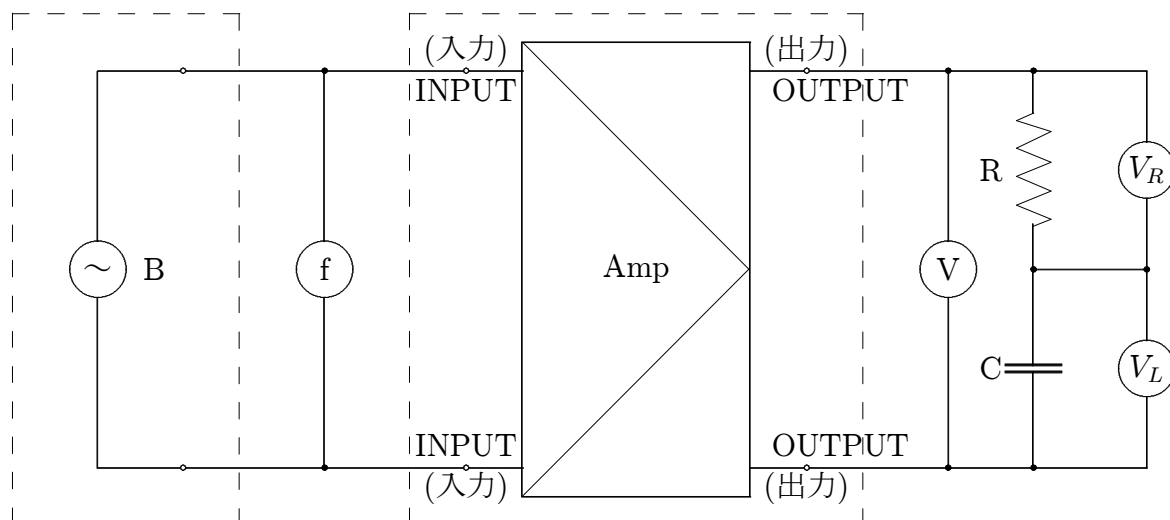


図 5.4: RC 直列回路結線図

V : デジタルマルチメータ B : 低周波発振器 f : 周波数計
 V_R : デジタルマルチメータ R : 抵抗器 C : コンデンサ
 V_C : デジタルマルチメータ Amp: TAKASAGO POWER SUPPLY

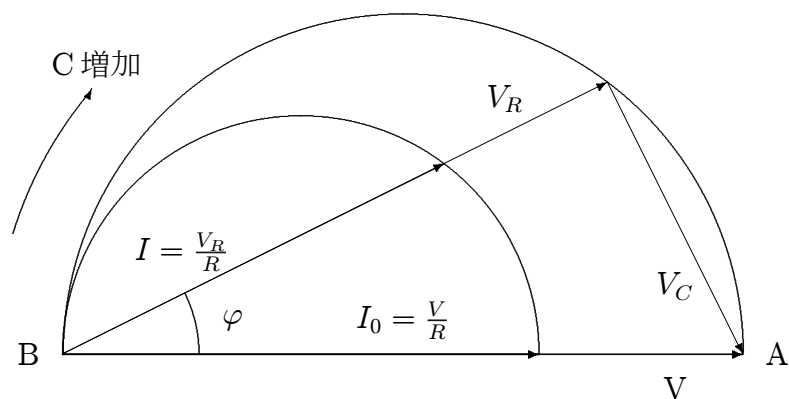


図 5.5: RC 直列回路で R が一定の時の特性

いま R を一定にして C を変化すると、図 5.5 に示すように、 $C = 0$ のときは、回路は開いた状態であるから、電流は零である。 C を次第に増加すると、 V_C は減少して同図の円周上を B 点から A 点に向う。また $C \rightarrow \infty$ のときは、 C は短絡した状態であるから、 $V_C = 0$ となり、電流は $I_0 = V/R$ となって、電流 I の軌跡も円周になる。次に、 C を一定にして R を変化すると、図

5.6に示すように、 $R = 0$ のときは、電流は電圧より位相が $\pi/2$ だけ進み、 $I_0 = \omega CV$ のようになる。 R を次第に増加すると、 V_R も増加して同図の円周上をたどり、電流もまた円弧を描く。

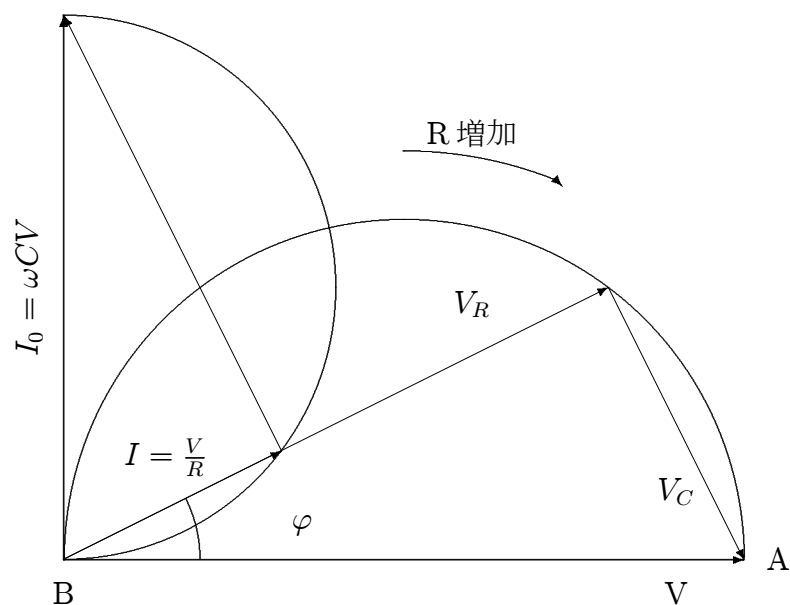


図 5.6: RC 直列回路で C が一定の時の特性

5.3 方法

電源電圧 V を一定値 ($f=500\text{Hz}$ 、 $V=5\text{V}$) に保って測定する。

5.3.1 RL 直列回路で L を変化

R 、 L を図 5.1 のように直列接続して、 R を一定にして、 L を変化させ、電流 I および電圧 V_R 、 V_L を測定する。

5.3.2 RL 直列回路で R を変化

R 、 L を図 5.1 のように直列接続して、 L を一定にして R を変化させ、電流 I および電圧 V_R 、 V_L を測定する。

5.3.3 RC 直列回路で C を変化

R 、 C を図 5.4 のように直列接続して、 R を一定にして、 C を変化させ、電流 I および電圧 V_R 、 V_C を測定する。

5.3.4 RC 直列回路で R を変化

R、C を図 5.4 のように直列接続して、C を一定にして R を変化させ、電流 I および電圧 V_R 、 V_C を測定する。

5.4 結果

5.4.1 RL 直列回路

電源電圧 V(V)	抵 抗 R(Ω)	インダクタ ンス L(mH)	電 流 I(A)	抵抗端子 電圧 V_R (V)	インダクタンス 端子電圧 V_L (V)
一 定					

R および L を可変としたときのおおのこの電圧、電流のベクトル軌跡を描く。このベクトル図では、横軸に電圧と電流の目盛りを書き、縦軸にも電圧と電流の目盛りを書く。

5.4.2 RC 直列回路

電源電圧 V(V)	抵 抗 R(Ω)	キャパシタ ンス C(μ F)	電 流 I(A)	抵抗端子 電圧 V_R (V)	キャパシタンス 端子電圧 V_C (V)
一 定					

R および C を可変としたときのおおのこの電圧、電流のベクトル軌跡を描く。このベクトル図では、横軸に電圧と電流の目盛りを書き、縦軸にも電圧と電流の目盛りを書く。

5.5 注意

1. 図 5.2、図 5.3、図 5.5、図 5.6 のベクトル図には X 軸と Y 軸の目盛りが省略されているので、結果のベクトル図には、電圧の縦軸と横軸、電流の縦軸と横軸を作り、それぞれの軸に目盛りを記入する。
2. 1 枚のグラフ用紙には 1 つのベクトル図を記入する。
3. 測定の時に図 5.1 と図 5.4 の抵抗 R の値は零にしない。

5.6 問題

実測の結果、電圧、電流のベクトル軌跡が正確に半円周にならない理由を述べよ。

5.7 実験装置・規格・表計算プログラム

5.7.1 表計算プログラムによるベクトル軌跡の作図

表計算プログラムを用いて図 5.2 の RL 直列回路で R が一定の時のベクトル軌跡、図 5.3 の RL 直列回路で L が一定の時のベクトル軌跡、図 5.5 の RC 直列回路結で R が一定の時のベクトル軌跡および図 5.6 の RC 直列回路で C が一定の時のベクトル軌跡を作図する。

図 5.1 の電圧 V 、端子電圧 V_R 、端子電圧 V_L は、図 5.7 のベクトル V 、ベクトル V_R 、ベクトル V_L となる。このベクトル V_R とベクトル V_L の交点 P の軌跡がベクトル図となる。

表計算プログラムを用いたベクトル軌跡は、RL 直列回路で R が一定の時のベクトル軌跡 (図 5.2 参照) を例に、次の手順で作図する。

1. $\varphi = \arctan \frac{V_L}{V_R}$ を計算する。
2. $x = V_R \cos \varphi$ と $y = -V_R \sin \varphi$ を計算する。
3. x を横軸、y を縦軸に指定し、散布図でグラフを作図する。
4. このとき、横軸と縦軸の比を同じくする。
5. ベクトル図には端子電圧 V_R 、端子電圧 V_L もしくは端子電圧 V_C の値を記入する。
6. 軸 (x 軸と y 軸) には軸の名前・記号・単位を記入する。

ただし、電源電圧 V 、端子電圧 V_R 、端子電圧 V_L 、x 軸、y 軸、角度 φ 、および交点 P は、図 5.7 の説明のために用いた名前・記号である。報告書では、描くベクトル軌跡に対応させて名前・記号・単位を記入する。

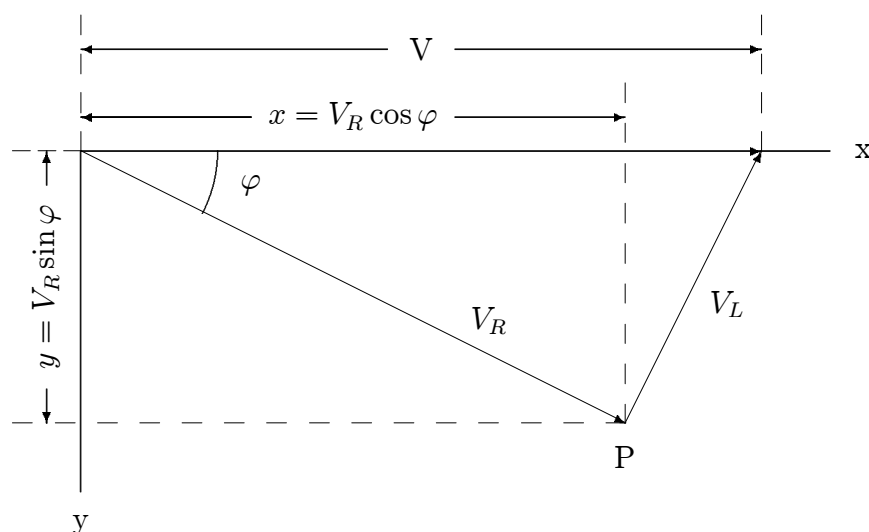


図 5.7: 表計算プログラムを用いたベクトル軌跡の描き方