第6章　交流回路のベクトル軌跡の実験

Experiment of Vector Locus for AC Circuit

6.1　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。

6.2　理論

6.2.1　RL 直列回路

図 6.1 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。

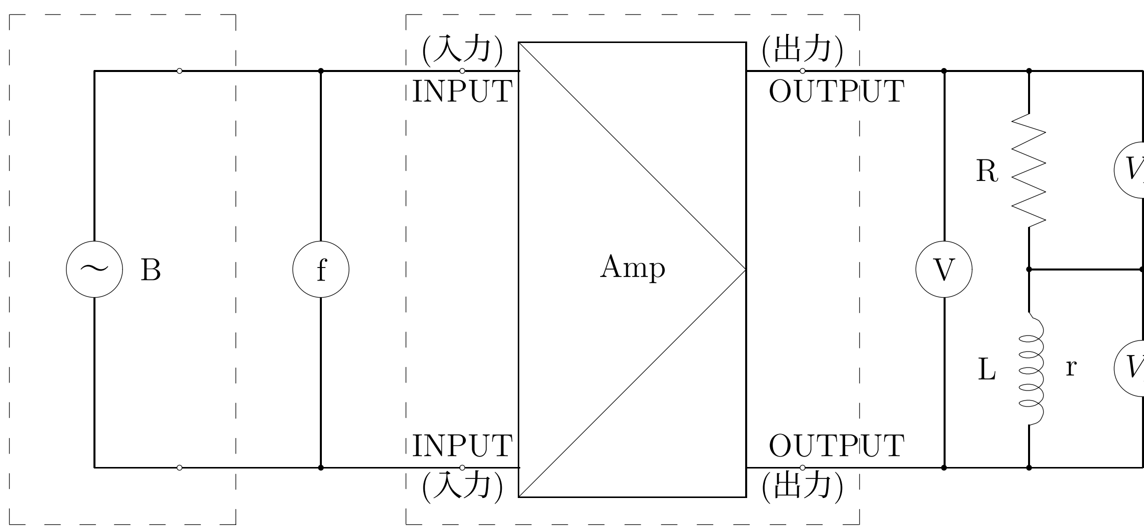

図 6.1: RL 直列回路結線図

V ：ディ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：ディジタルマルチメータ　R ：抵抗器　L ：インダクタンス
V_L：ディ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6.2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6.3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点に向って移動し、電流Ｉも円弧を描いてＢ点に向う。

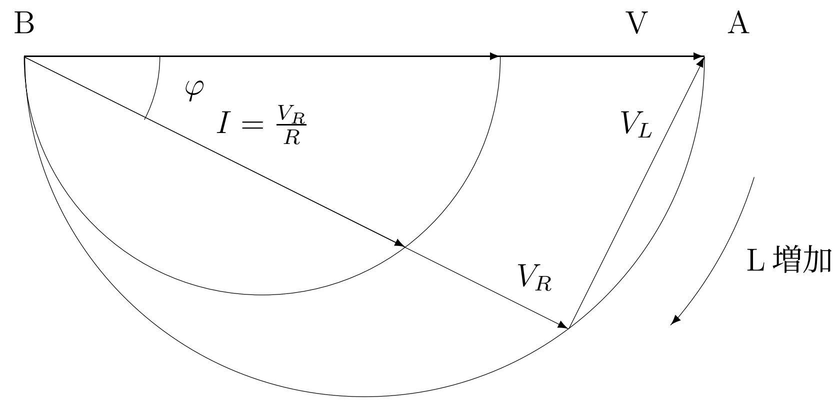

図 6.2: RL 直列回路でＲが一定の時の特性

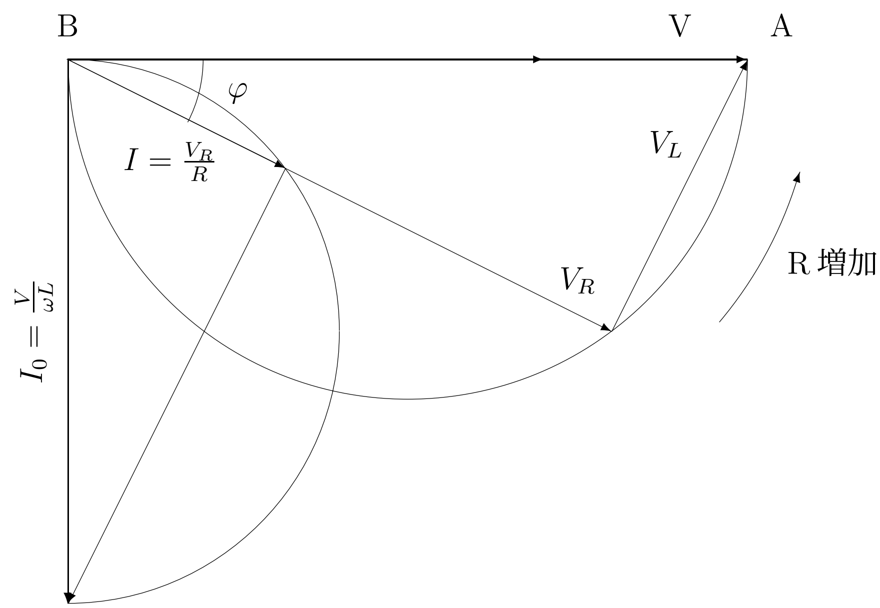

図 6.3: RL 直列回路で Ｌが一定の時の特性

6.2.2　RC 直列回路

図 6.4 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。

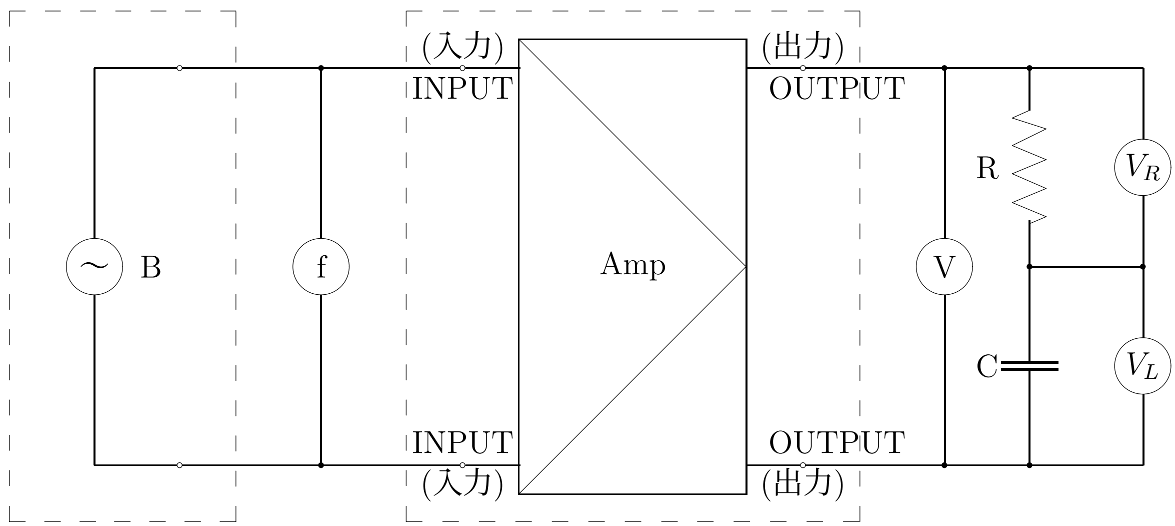

図 6.4: RC 直列回路結線図

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

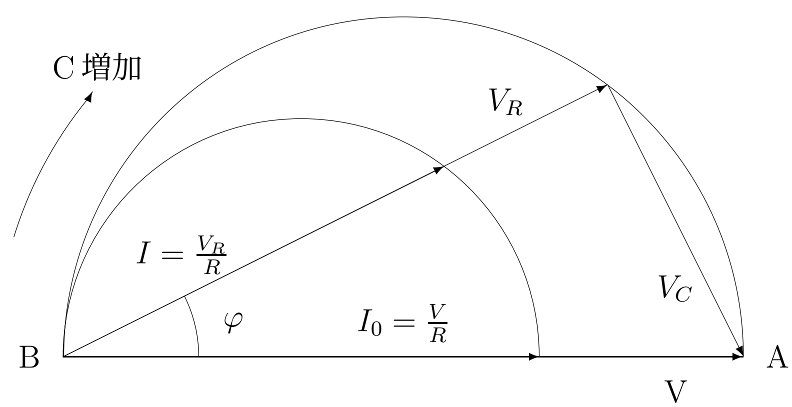

図 6.5: RC 直列回路結で R が一定の時の特性

いま R を一定にして C を変化すると、図 6.5 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 →∞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

6.6 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。

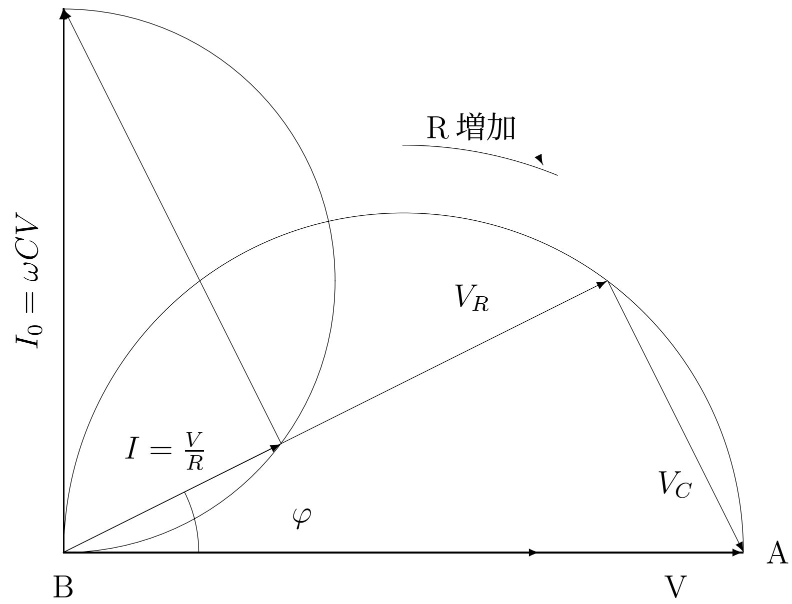

図 6.6: RC 直列回路で C が一定の時の特性

6.3 方法

電源電圧 V を一定値（f=500Hz、V=5V）に保って測定する。

6.3.1 RL 直列回路で L を変化

R、L を図 6.1 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。

6.3.2 RL 直列回路で R を変化

R、L を図 6.1 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。

6.3.3 RC 直列回路で C を変化

R、C を図 6.4 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。

6.3.4　RC 直列回路で R を変化

R、C を図 6.4 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。

6.4　結果

6.4.1　RL 直列回路

横軸に電圧と電流のメモリを書き、縦軸にも電圧と電流のメモリを書く。このとき、R および L を可変としたときのおのおのの電圧、電流のベクトル軌跡を描く。

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					

6.4.2　RC 直列回路

横軸に電圧と電流のメモリを書き、縦軸にも電圧と電流のメモリを書く。このとき、R および C を可変としたときのおのおのの電圧、電流のベクトル軌跡を描く。

電源電圧 V(V)	抵　抗 R(Ω)	キャパシタンス C(μF)	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					

6.5　注意

1. 図 6.2、図 6.3、図 6.5、図 6.6 のベクトル図には X 軸と Y 軸のメモリ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 6.1 と図 6.4 の抵抗 R の値は零にしない。

6.6　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。

6.7　実験装置・規格・表計算プログラム

6.7.1　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 6.2 の RL 直列回路で R が一定の時のベクトル軌跡、図 6.3 の RL 直列回路で L が一定の時のベクトル軌跡、図 6.5 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 6.6 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 6.1 の電圧 V、端子電圧 V_R、端子電圧 V_L は、図 6.7 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 6.2 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 6.7 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。

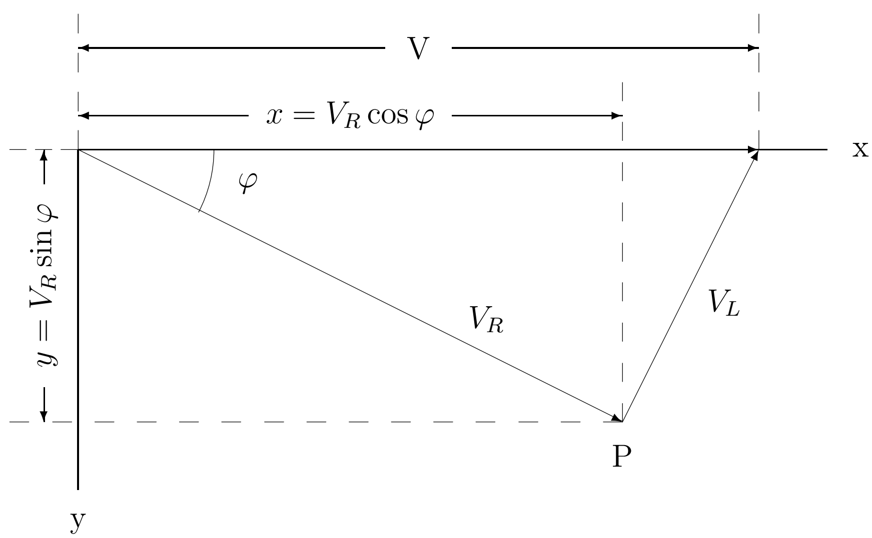

図 6.7: 表計算プログラムを用いたベクトル軌跡の描き方