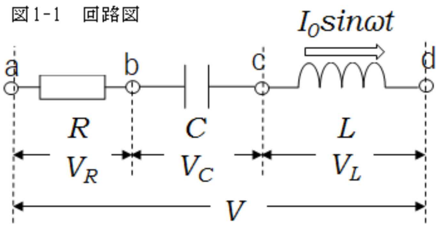
【実験】電圧ベクトル(実験書・データ)

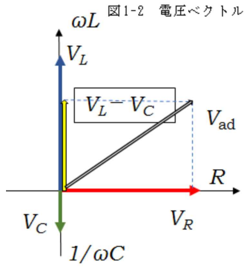
【目的】交流回路では，抵抗，コンデンサー，コイルの位相が異なるため，電圧をベクトルとして表すと扱いやすいことを学習する。
【準備】直流交流電源，チョークコイル（L＝約 1H，巻き線抵抗 $r = 10\,\Omega$程度)，コンデンサー（$3.3\mu F$，$5.7\mu F$，$22\,\mu$ F)，切り替えスイッチ，ロータリースイッチ，デジタルマルチメーター（または，交流電圧計（ただし，電気容量，自己インダクタンスは 60Hz 用として設計している）
【実験方法】

1　理論

図のような RLC 直列回路に $I\hat{}=I_0 \sin\omega t$ の電流が流れると，抵抗 R，コイル L，コンデンサー C の電圧 $V\hat{}_R$，$V\hat{}_L$，$V\hat{}_C$ は次式で表される。(^；瞬時値を表す)

図1-1　回路図





$V\hat{}_R = RI_0 \sin\omega t$　　　　　・・・①
$V\hat{}_C = (1/\omega C) I_0 \sin(\omega t - \pi/2)$　・・・②
$V\hat{}_L = \omega L I_0 \sin(\omega t + \pi/2)$　　・・・③
ad 間の電圧 V は，
$V\hat{} = RI_0 \sin\omega t + \omega L I_0 \cos\omega t - (1/\omega C) I_0 \cos\omega t$
$= \{RI_0^2 + (\omega L I_0 - I_0/\omega C)^2\}^{1/2} \sin(\omega t + \varphi)$
　　　　ただし，　$\tan\varphi = (\omega L - 1/\omega C)/R$
それぞれの最大値 V，V_R，V_L，V_C の間には，
$V = \{V_R^2 + (V_L - V_C)^2\}^{1/2}$　　・・・・④
という三平方の定理と同じ関係が見られる。すなわち，$V_R = RI_0$ を x 軸(横軸)に，V_L を y 軸(縦軸)正の向き，V_C を y 軸負の向きにとって合成すると a-d 間の電圧 $V(V_{ad})$が得られる。

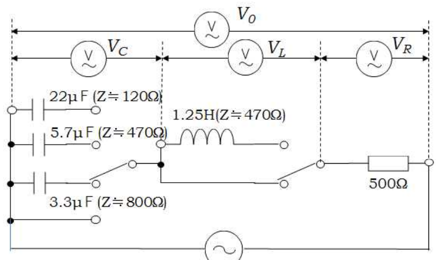


図2　回路図

2　実験装置

①右図の回路を組み立てる。
②デジタルマルチメータ（交流電圧計）は，抵抗，コンデンサー，コイル，全体の電圧を計れるように接続する。

【実験】
①回路で使うコンデンサーとコイルのリアクタンスを計算する。
②コイルのスイッチをコイルに接続し，コンデンサーを $3.3\mu F$, $5.7\mu F$, $22\mu F$ に切り替えて，それぞれの電圧と全体の電圧を測定する。
③コンデンサーを接続しない（RL 回路）場合の電圧を計測する。
【結果】$\omega = 2\pi f =$（3.77×10^2）rad/ s

表1　実験結果

設定	電気容量(表示) C〔μF〕/Z_C	インダクタンス L〔H〕/Z_L	抵抗 R〔Ω〕	電圧 V_C (V)	V_L (V)	V_R (V)	V_0 (V)	備考
①	22(121Ω)	1.25(471Ω)	500	0.98	3.96	3.95	5.15	RLC回路
②	5.7(467Ω)	1.25(471Ω)	500	4.63	4.85	4.86	5.14	RLC回路
③	3.3(804Ω)	1.25(471Ω)	500	6.85	4.18	4.13	5.15	RLC回路
④	－	1.25(471Ω)	500	0	3.55	3.54	5.15	RL回路
⑤	22(121Ω)	－	500	1.21	0	4.92	5.15	RC回路
⑥	5.7(467Ω)	－	500	3.54	0	3.71	5.17	RC回路
⑦	3.3(804Ω)	－	500	4.38	0	2.66	5.17	RC回路

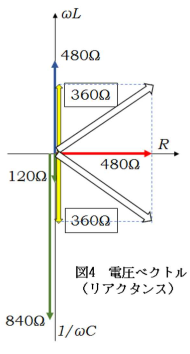


図4　電圧ベクトル（リアクタンス）

【留意点】
コイルのリアクタンスをほぼ 480Ω とみなし，コンデンサーのリアクタンスを 120Ω，840Ω に近い値で設計することで 5:4:3 の関係を実現する。

【考察】
(1) $V_L - V_C$ と④式から V を計算する。
(2) 実測値と計算値を比較して④式の成立について考察する。
(3) 各電圧ベクトルの関係を概略図（有効数字 1 桁でよい）として描く。

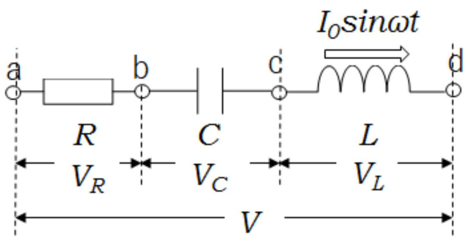
講座（　　）（　）年（　）組（　）席　名前	共同実験者
（　）月（　）日（　）曜（　）限　気温（　）℃　気圧（　　　）hPa　湿度（　　）%	

【実験】電圧ベクトル（レポート）

【目的】交流回路では，抵抗，コンデンサー，コイルの位相が異なるため，電圧をベクトルとして表すと扱いやすいことを学習する。

【実験方法】

1　理論



　図のような RLC 直列回路に $I^\wedge = I_0 sin\omega t$ の電流が流れると，抵抗 R，コイル L，コンデンサー C の電圧 $V^\wedge_R$，$V^\wedge_L$，$V^\wedge_C$ は次式で表される。（^；瞬時値を表す）

$V^\wedge_R$ ＝【①　$RI_0 sin\omega t$】　・・・①

$V^\wedge_C$ ＝【②$(1/\omega C)I_0 sin(\omega t - \pi/2)$】・・・②

$V^\wedge_L$ ＝【③ $\omega LI_0 sin(\omega t + \pi/2)$】　・・・③

ad 間の電圧 V は，

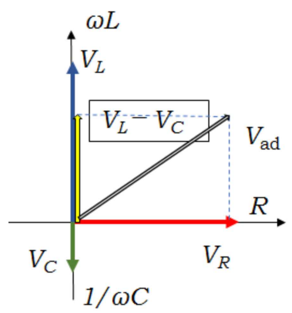
$V^\wedge = RI_0 sin\omega t + \omega LI_0 cos\omega t - (1/\omega C)I_0 cos\omega t$

＝【④$\{RI_0^2 + (\omega LI_0 - I_0/\omega C)^2\}^{1/2} sin(\omega t + \varphi)$】

　ただし，　$tan\varphi$ ＝【⑤$(\omega L - 1/\omega C)/R$】

それぞれの最大値 V_R，V_L，V_C の間には，

V ＝【⑥$\{V_R^2 + (V_L - V_C)^2\}^{1/2}$】　・・・・・④



という三平方の定理と同じ関係が見られる。すなわち，$V_R = RI_0$ を x 軸（横軸）に，V_L を y 軸（縦軸）正の向き，V_C を y 軸負の向きにとって合成すると a-d 間の電圧 $V(V_{ad})$が得られる。

2　実験

【実験】

①回路で使うコンデンサーとコイルのリアクタンスを計算する。

②コイルのスイッチをコイルに接続し，コンデンサーを $3.3\mu F$，$5.7\mu F$，$22\mu F$ に切り替えて，それぞれの電圧と全体の電圧を測定する。

③コンデンサーを接続しない（RL 回路）場合の電圧を計測する。

【結果】$\omega = 2\pi f$ ＝（【⑦　3.77×10^2】）rad/ s

リアクタンス	X〔Ω〕
X_L ＝ 1.25H	471
X_{C1} ＝ 3.3μF	804
X_{C2} ＝ 5.7μF	465
X_{C3} ＝ 22μF	121

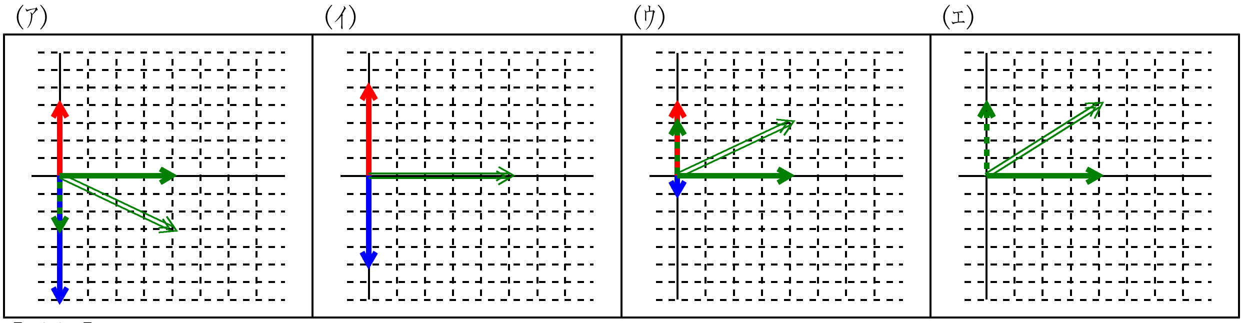
電圧実効値	(ｱ)3.3μF	(ｲ)5.7μF	(ｳ) 22μF	(ｴ) RL 回路
V_L	4.18	4.85	3.96	3.55
V_C	6.85	4.63	0.98	0
V_R	4.13	4.86	3.95	3.54
V 実測値	5.15	5.14	5.15	5.15
※(1) $V_L - V_C$	-2.67	0.22	2.98	3.55
※(1) V 計算値	4.91	4.86	4.94	5.01

【考察】

(2) 近似的に成立するが解散値より実測値の方がやや大きい。

(3) 電圧ベクトルの図

(ｱ)　(ｲ)　(ｳ)　(ｴ)



【感想】

　直流の直列回路では，それぞれの抵抗の電圧降下の和が全体の電圧降下になるが，コンデンサーやコイルの交流回路では位相を考慮してベクトル図を書く必要がある。

講座（　　）（　）年（　）組（　）席　名前	共同実験者
（　）月（　）日（　）曜（　）限　気温（　）℃　気圧（　　　）hPa　湿度（　　）%	

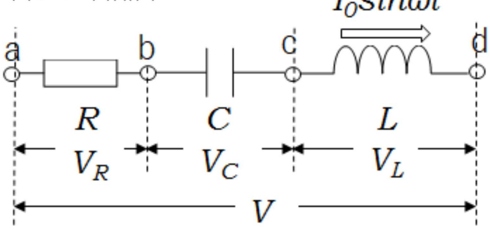
【実験】電圧ベクトル（実験書・データ）

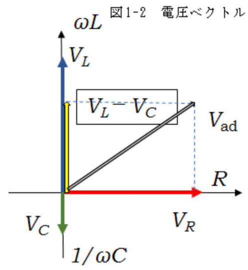
【目的】交流回路では，抵抗，コンデンサー，コイルの位相が異なるため，電圧をベクトルとして表すと扱いやすいことを学習する。
【準備】直流交流電源，チョークコイル（L＝約 1H，巻き線抵抗 $r = 10\,\Omega$ 程度），コンデンサー（$3.3\mu F$，$5.7\mu F$，22μ F），切り替えスイッチ，ロータリースイッチ，デジタルマルチメーター（または，交流電圧計（ただし，電気容量，自己インダクタンスは 60Hz 用として設計している）
【実験方法】

1　理論

図のような RLC 直列回路に $\hat{I}=I_0 \sin\omega t$ の電流が流れると，抵抗 R，コイル L，コンデンサー C の電圧 $\hat{V}_R$，$\hat{V}_L$，$\hat{V}_C$ は次式で表される。（^；瞬時値を表す）

図1-1　回路図





$\hat{V}_R = RI_0 \sin\omega t$　　・・・①
$\hat{V}_C = (1/\omega C) I_0 \sin(\omega t - \pi/2)$　・・・②
$\hat{V}_L = \omega L I_0 \sin(\omega t + \pi/2)$　・・・③
ad 間の電圧 V は，
$\hat{V} = RI_0 \sin\omega t + \omega L I_0 \cos\omega t - (1/\omega C) I_0 \cos\omega t$
$= \{RI_0{}^2 + (\omega L I_0 - I_0/\omega C)^2\}^{1/2} \sin(\omega t + \varphi)$
　　　　ただし，　$\tan\varphi = (\omega L - 1/\omega C)/R$
それぞれの最大値 V，V_R，V_L，V_C の間には，
$V = \{V_R{}^2 + (V_L - V_C)^2\}^{1/2}$　　・・・・・④
という三平方の定理と同じ関係が見られる。すなわち，$V_R = RI_0$ を x 軸（横軸）に，V_L を y 軸（縦軸）正の向き，V_C を y 軸負の向きにとって合成すると a-d 間の電圧 $V(V_{ad})$ が得られる。

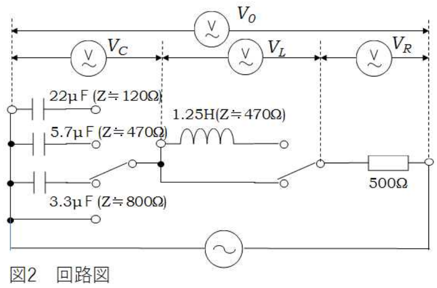


図2　回路図

2　実験装置

①右図の回路を組み立てる。
②デジタルマルチメータ（交流電圧計）は，抵抗，コンデンサー，コイル，全体の電圧を計れるように接続する。

【実験】
①回路で使うコンデンサーとコイルのリアクタンスを計算する。
②コイルのスイッチをコイルに接続し，コンデンサーを $3.3\mu F$, $5.7\mu F$, $22\mu F$ に切り替えて，それぞれの電圧と全体の電圧を測定する。
③コンデンサーを接続しない（RL 回路）場合の電圧を計測する。

【結果】$\omega = 2\pi f =$（　　　　）rad/ s

リアクタンス	X〔Ω〕
$X_L = 1.25$H	
$X_{C1} = 3.3\mu$F	
$X_{C2} = 5.7\mu$F	
$X_{C3} = 22\mu$F	

電圧実効値	3.3μF	5.7μF	22μF	RL 回路
V_L				
V_C				
V_R				
V 実測値				
※(1) $V_L - V_C$				
※(1) V 計算値				

【考察】
(1) $V_L - V_C$ と④式から V を計算する。
(2) 実測値と計算値を比較して④式の成立について考察する。
(3) 各電圧ベクトルの関係を概略図（有効数字 1 桁でよい）として描く。

講座（　）（　）年（　）組（　）席　名前	共同実験者
（　）月（　）日（　）曜（　）限　気温（　）℃　気圧（　　　）hPa　湿度（　　）%	

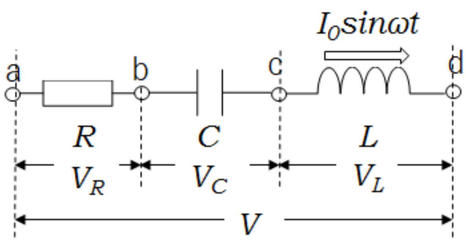
【実験】電圧ベクトル(レポート)

【目的】交流回路では，抵抗，コンデンサー，コイルに位相が異なるため，電圧をベクトルとして表すと扱いやすいことを学習する。

【実験方法】

1　理論

　図のような RLC 直列回路の $\hat{I}=I_0 sin\omega t$ の電流が流れると，抵抗 R，コイル L，コンデンサー C の電圧 $\hat{V}_R$，$\hat{V}_L$，$\hat{V}_C$ は次式で表される。



$\hat{V}_R$ = 【①　　　　　　　】　　　　・・・①

$\hat{V}_C$ = 【②　　　　　　　　　　　　　】・・・②

$\hat{V}_L$ = 【③　　　　　　　　　　】　　・・・③

ad 間の電圧 V は，

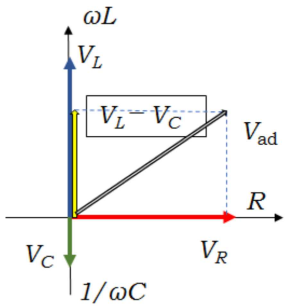
$\hat{V} = RI_0 sin\omega t + \omega LI_0 cos\omega t - (1/\omega C)I_0 cos\omega t$

= 【④　　　　　　　　　　　　　　　　　　　】

　ただし，　$tan\varphi$ = 【⑤　　　　　　　　　　】

それぞれの最大値 V_R，V_L，V_C の間には，

V = 【⑥　　　　　　　　　　】　　・・・・・④



という三平方の定理と同じ関係が見られる。すなわち，$V_R = RI_0$ を x 軸(横軸)に，V_L を y 軸(縦軸)正の向き，V_C を y 軸負の向きにとって合成すると a-d 間の電圧 $V(V_{ad})$が得られる。

2　実験

【実験】

①回路で使うコンデンサーとコイルのリアクタンスを計算する。

②コイルのスイッチをコイルに接続し，コンデンサーを 3.3μF，5.7μF，22μF に切り替えて，それぞれの電圧と全体の電圧を測定する。

③コンデンサーを接続しない（RL 回路）場合の電圧を計測する。

【結果】 $\omega = 2\pi f$ = (【⑦　　　　　　】) rad/ s

リアクタンス	X〔Ω〕
X_L = 1.25H	
X_{C1} = 3.3μF	
X_{C2} = 5.7μF	
X_{C3} = 22μF	

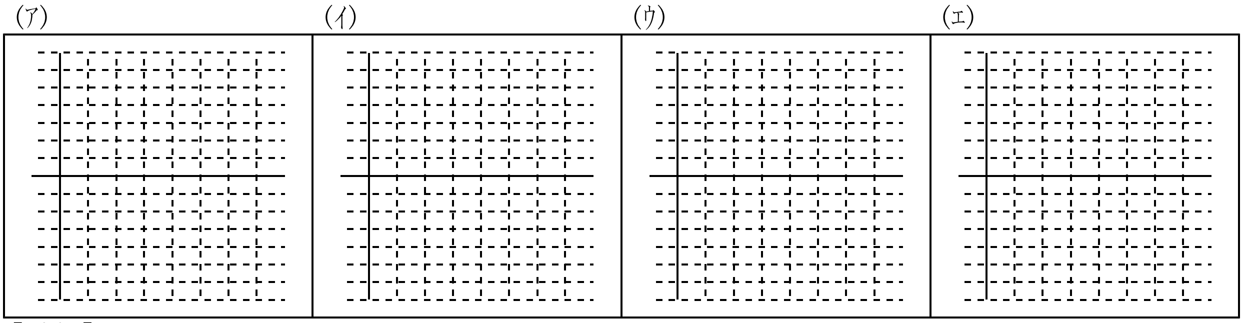
電圧実効値	(ｱ)3.3μF	(ｲ)5.7μF	(ｳ) 22μF	(ｴ) RL 回路
V_L				
V_C				
V_R				
V 実測値				
※(1) $V_L - V_C$				
※(1) V 計算値				

【考察】

(2) 近似的に成立するが解散値より実測値の方がやや大きい。

(3) 電圧ベクトルの図

(ｱ)　(ｲ)　(ｳ)　(ｴ)



【感想】

講座（　　）（　）年（　）組（　）席　名前	共同実験者
（　）月（　）日（　）曜（　）限　気温（　）℃　気圧（　　　）hPa　湿度（　　）%	