

電気電子工学実験

2008年度

第10章 交流ブリッジによるインダクタンスとキャパシタンスの測定 追加修正版

追加修正事項

10.3.3項 : 追加

10.4 結果 : 項の追加と修正

日本大学工学部電気電子工学科

2008年6月11日

第10章 交流ブリッジによる インダクタンスと キャパシタンスの測定

Measurement of Inductance and Capacitance by AC Bridge

10.1 目的

交流ブリッジであるマクスウェルブリッジとキャパタンスブリッジを用いて、それぞれインダクタンスとキャパシタンスを測定し、その測定方法を習得する。

10.2 理論

10.2.1 マクスウェルブリッジ

インダクタンスの測定にはしばしばマクスウェルブリッジが用いられる。図 10.1 はその接続を示す。B は可聴周波数 (1000Hz 程度) の低周波発振器、 R_1 、 R_2 は残留インダクタンスやキャパシタンスが小さくほとんど無誘導で抵抗値が周波数によって変化しない標準抵抗、 L は抵抗値がなるべく小さくインダクタンスの値が周波数や電流によって変化しない可変インダクタンス、 L_x は被測定コイルである。また D は交流ブリッジの平衡検出器で、一般には出力変成器付きの受話器を用いるのが普通であるが、ここでは受話器の代わりに、入力インピーダンスがきわめて高いマルチメータを使用する。いま R_1 、 R_2 、 L_x を変えて平衡状態を得たとすれば

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{j\omega L}{j\omega L_x} \quad (10.1)$$

の関係が成立する。これから

$$L_x = \frac{R_2}{R_1} L \quad (10.2)$$

となり、 R_1 、 R_2 、 L の値がわかれば、 L_x の値を求めることができる。ただし L 、 L_x の抵抗は無視している。

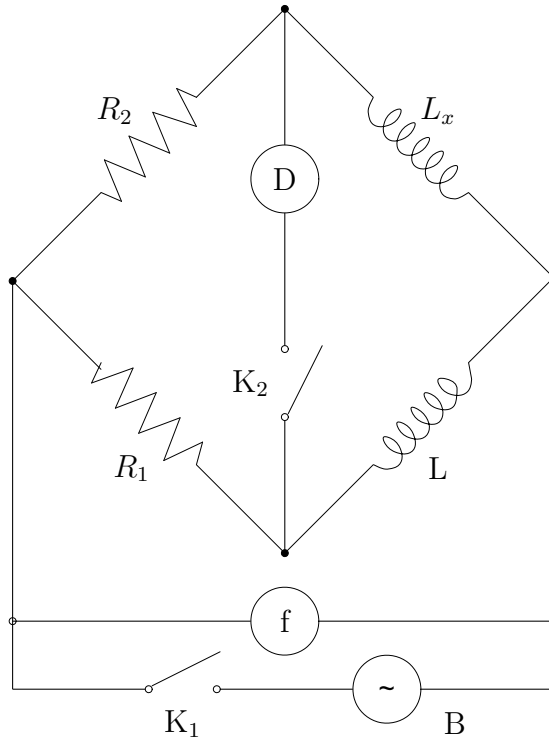


図 10.1: マクスウェルブリッジ

B : 低周波発振器	D : デジタルマルチメータ	R_1 : 標準抵抗
R_2 : 標準抵抗	L : 可変インダクタンス	L_x : 被測定コイル

10.2.2 キャパシタンスブリッジ

キャパシタンスの測定にはしばしばキャパシタンスブリッジが用いられる。図 10.2 はその接続を示す。C は誘電体損がきわめて小さくキャパシタンスの値が周波数によって変化しない可変コンデンサ、 C_x は被測定コンデンサである。

いま R_1 、 R_2 、 C を変えて平衡状態を得たとすれば

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{-j \frac{1}{\omega C}}{-j \frac{1}{\omega C_x}} \quad (10.3)$$

の関係が成立する。これから

$$C_x = \frac{R_1}{R_2} C \quad (10.4)$$

となり、 R_1 、 R_2 、 C の値がわかれば、 C_x の値を求めることができる。ただし C 、 C_x の漏れ抵抗は無限大とする。

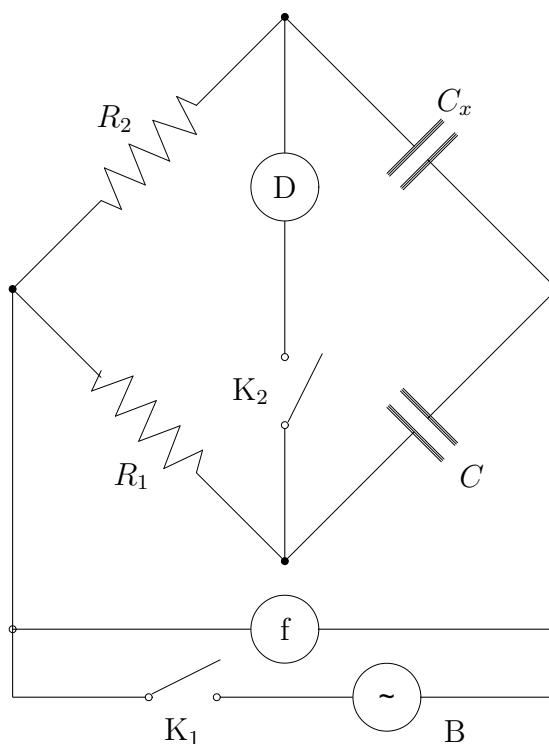


図 10.2: キャパシタンスブリッジ

B : 低周波発振器	D : デジタルマルチメータ	R_1 : 標準抵抗
R_2 : 標準抵抗	C : 可変コンデンサ	C_x : 被測定コンデンサ

10.3 方法

10.3.1 マクスウェルブリッジによるインダクタンスの測定

マクスウェルブリッジの測定装置は用いなく、 R_1 、 R_2 、 L_x などの各部品を用いて、図 10.1 のようにブリッジ接続する。 R_1 、 R_2 の比を一定にして L の値を変化させ、平衡検出器 (マルチメータ) D の振れが最小になるようにして平衡をとり、(10.2) 式から L_x の値を求める。

10.3.2 DUAL DISPLAY LCR METER によるインダクタンスの測定

DUAL DISPLAY LCR METER を用いて 10.3.1 項と同じ被測定インダクタンスを周波数を変えて測定する。

10.3.3 DUAL DISPLAY LCR METER によるインダクタンスの直流抵抗の測定

DUAL DISPLAY LCR METER を用いて 10.3.1 項と同じ被測定インダクタンスの直流抵抗を測定する。

10.3.4 キャパシタンスブリッジによるキャパシタンスの測定

キャパシタンスブリッジも同様に測定装置は用いなく、各部品を用いて図 10.2 のようにブリッジ接続する。 R_1 、 R_2 の比を一定にして、 C の値を変化させ、平衡検出器 (マルチメータ) D の振れが最小になるようにして平衡をとり、(10.4) 式から C_x の値を求める。

10.3.5 DUAL DISPLAY LCR METER によるキャパシタンスの測定

DUAL DISPLAY LCR METER を用いて 10.3.4 項と同じ被測定キャパシタンスを周波数を変えて測定する。

10.3.6 デジタルマルチメータによるキャパシタンスの測定

各自が所有するデジタルマルチメータを用いて 10.3.4 項と同じ被測定キャパシタンスを測定する。

10.4 結果

この節での誤差は式 2.1 を参照して求める。

10.4.1 マクスウェルブリッジによるインダクタンスの測定

マクスウェルブリッジによるインダクタンスの平均値 L_{xAVE} を真の値として被測定インダクタンス L_x の誤差 ϵ_{Lx} を求める。

発振器周波数 f (Hz)

測定コイル の番号	比例辺抵抗		測定辺インダク タンス $L(mH)$	被測定インダク タンス $L_x(mH)$	平 均 値 $L_{xAVE}(mH)$	誤 差 $\epsilon_{Lx}(\%)$
	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$				

10.4.2 DUAL DISPLAY LCR METER によるインダクタンスの測定

DUAL DISPLAY LCR METER によるインダクタンスの平均値 L_{LCRAVE} を真の値として被測定インダクタンス L_{LCR} の誤差 ϵ_{LLCR} を求める。

測定コイル の番号	被測定インダク タンス $L_{LCR}(mH)$	平 均 値 $L_{LCRAVE}(mH)$	誤 差 $\epsilon_{LLCR}(\%)$

10.4.3 測定法が異なるインダクタンス値

DUAL DISPLAY LCR METER(LCR METER) によるインダクタンスの平均値 L_{LCRAVE} を真の値としてマクスウェルブリッジによるインダクタンスの平均値 L_{xAVE} の誤差 ϵ_L を求める。

測定コイル の番号	LCR METER 平均値 $L_{LCRAVE}(mH)$	マクスウェルブリッジ 平均値 $L_{xAVE}(mH)$	誤 差 $\epsilon_L(\%)$

10.4.4 DUAL DISPLAY LCR METER によるインダクタンスの直流抵抗の測定

DUAL DISPLAY LCR METER によるインダクタンスの直流抵抗の平均値 R_{LCRAVE} を真の値として被測定抵抗 R_{LCR} の誤差 ϵ_{RLCR} を求める。

測定コイル の番号	直流抵抗 $R_{LCR}(@\Omega@)$	平 均 値 $R_{LCRAVE}(@\Omega@)$	誤 差 $\epsilon_{RLCR}(\%)$

10.4.5 キャパシタンスブリッジによるキャパシタンスの測定

キャパシタンスブリッジによるキャパシタンスの平均値 C_{xAVE} を真の値として被測定キャパシタンス C_x の誤差 ϵ_{Cx} を求める。

発振器周波数 f (Hz)

測定コンデンサの番号	比例辺抵抗		測定辺キャパシタンス $C(\mu F)$	被測定キャパシタンス $C_x(\mu F)$	平均値 $C_{xAVE}(\mu F)$	誤差 $\epsilon_{Cx}(\%)$
	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$				

10.4.6 DUAL DISPLAY LCR METER によるキャパシタンスの測定

DUAL DISPLAY LCR METER によるキャパシタンスの平均値 C_{LCRAVE} を真の値として被測定キャパシタンス C_{LCR} の誤差 ϵ_{CLCR} を求める。

測定コンデンサの番号	被測定キャパシタンス $C_{LCR}(\mu F)$	平均値 $C_{LCRAVE}(\mu F)$	誤差 $\epsilon_{CLCR}(\%)$

10.4.7 デジタルマルチメータによるキャパシタンスの測定

デジタルマルチメータによるキャパシタンスの平均値 C_{DMMAVE} を真の値として被測定キャパシタンス C_{DMM} の誤差 ϵ_{CDMM} を求める。

測定コンデンサの番号	被測定キャパシタンス $C_{DMM}(\mu F)$	平均値 $C_{DMMAVE}(\mu F)$	誤差 $\epsilon_{CDMM}(\%)$

10.4.8 測定法が異なるキャパシタンス値

DUAL DISPLAY LCR METER(LCR METER) によるキャパシタンスの平均値 C_{LCRAVE} を真の値とし、キャパシタンスブリッジ (ブリッジ) によるキャパシタンスの平均値 C_{xAVE} との誤差 ϵ_{CC} とデジタルマルチメータ (マルチメータ) によるキャパシタンスの平均値 C_{DMMAVE} との誤差 ϵ_{CD} を求める。

測定 C の番号	LCR METER 平均 $C_{LCRAVE}(\mu F)$	ブリッジ 平均 $C_{xAVE}(\mu F)$	マルチメータ 平均 $C_{DMMAVE}(\mu F)$	誤 差 $\epsilon_{CC}(\%)$	誤 差 $\epsilon_{CD}(\%)$

10.5 注意

配線は互に適宜離し、なるべく短くし、またできるだけ交叉しないようにして相互間に電磁誘導や静電誘導を生じないようにする。

10.6 問題

1. ここで取扱ったマクスウェルブリッジおよびキャパシタンスブリッジの測定方法 による誤差について述べよ。
2. 平衡検出器に入力インピーダンスが高いマルチメータを用いた理由を述べよ。また、普通の交流電圧計を用いたならばいかなる影響があるか。
3. 各種の交流ブリッジについて調べよ。

10.7 実験装置・規格

10.7.1 DUAL DISPLAY LCR METER の使い方

10.7.1.1 DUAL DISPLAY LCR METER の各部の名称

DUAL DISPLAY LCR METER の各部の名称は、

- [POWER]: 電源 ON/OFF キー
- [1KHz/120Hz]: 1KHz/120Hz 選択キー
- [DH/MAX/MIN/AVG]: データホールド・最大/最小/平均値表示選択キー
- [D/Q]: 損失・品質係数選択キー
- [1KHz/120Hz]: 1KHz/120Hz 選択キー
- [RANGE]: レンジ選択キー
- [L/C/R]: インダクタンス、キャパシタンス、抵抗モード選択キー
- [TOL]: 許容差モード選択キー
- [REL(CAL)]: REL(相対) モード、校正モード選択キー

- [+] [-]: 入力端子、ソケット

となる (図 10.3 参照)。

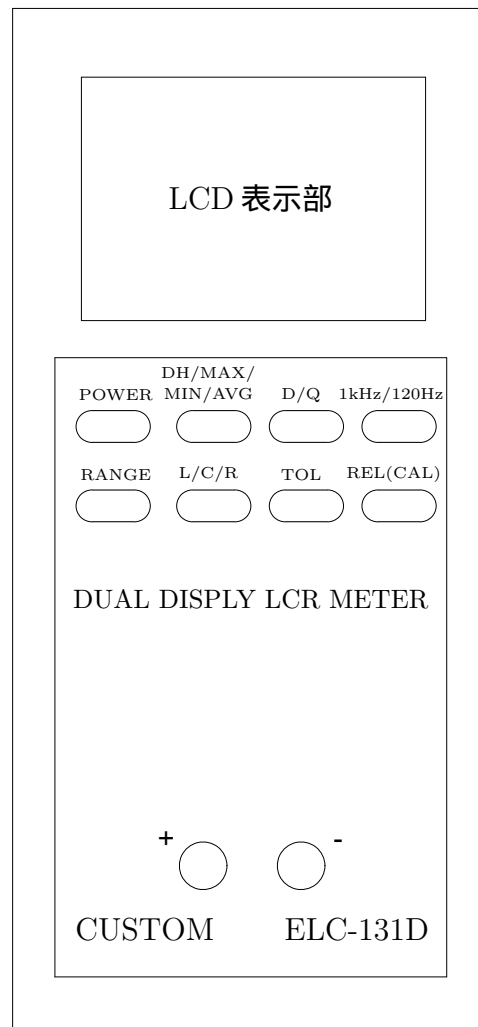


図 10.3: 各部の名称

10.7.1.2 DUAL DISPLAY LCR METER の LCD 表示部

DUAL DISPLAY LCR METER の LCD 表示部の名称と機能は、

- [AUTO] : オートレンジ選択の時に点灯
- [LCR] : L.C.R のうち選択しているモードの表示
- [MAX] : 最大値を表示中であることを示している。
- [AVG] : 平均値を表示中であることを示している。
- [MIN] : 最小値を表示中であることを示している。

- [REL] : 相対値を表示中であることを示している。
- [D] : 損失係数を表示中であることを示している。
- [Q] : 品質係数を表示中であることを示している。
- [1KHz] : テスト周波数表示
- [120Hz] : テスト周波数表示
- [Mk Ω] : 抵抗レンジの単位表示
- [μ mH] : インダクタンスの単位表示
- [m μ npF] : キャパシタンスの単位表示
- [DH] : データホールド表示
- [TOL] : 許容差モードを表示中であることを示している。
- [1%、5%、10%] : 許容差表示

となる (図 10.4 参照)。

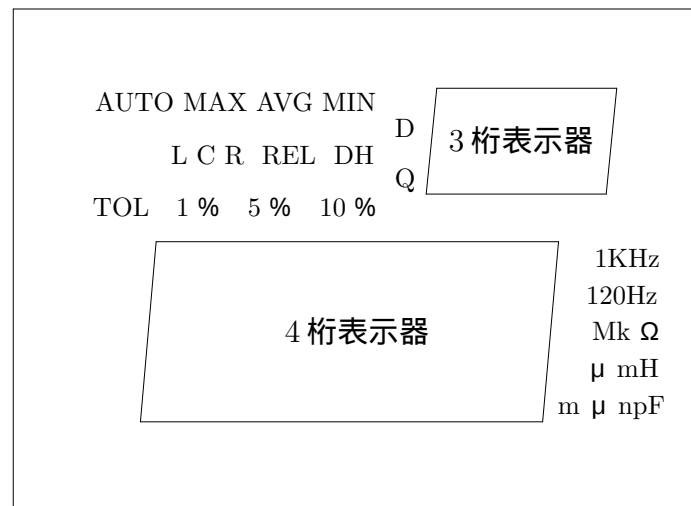


図 10.4: LCD 表示部

10.7.1.3 DUAL DISPLAY LCR METER でインダクタンスの測定

DUAL DISPLAY LCR METER でインダクタンスの測定は、

- POWER キーを押して電源を入れる。
- ファンクションキーを押して、インダクタンスモードを選択する。
- インダクタをソケットに入れるか、またはテストプローブを接続する。

- 周波数キーを押してテスト周波数を選択する。
- 表示を読みとる。
- 表示された有効桁数が 3 桁の場合は、RANGE キーを押して有効桁数が 4 桁表示に調整する。その後に表示を読み取る。

となる。

10.7.1.4 DUAL DISPLAY LCR METER でキャパシタンスの測定

DUAL DISPLAY LCR METER でキャパシタンスの測定は、

- POWER キーを押して電源を入れる。
- ファンクションキーを押して、キャパシタンスモードを選択する。
- キャパシタンスをソケットに入れるか、またはテストプローブを接続する。
- 周波数キーを押してテスト周波数を選択する。
- 表示を読みとる。
- 表示された有効桁数が 3 桁の場合は、RANGE キーを押して有効桁数が 4 桁表示に調整する。その後に表示を読み取る。

となる。

10.7.1.5 DUAL DISPLAY LCR METER で抵抗の測定

DUAL DISPLAY LCR METER で抵抗の測定は、

- POWER キーを押して電源を入れる。
- ファンクションキーを押して、抵抗モードを選択する。
- 抵抗をソケットに入れるか、またはテストプローブを接続する。
- 周波数キーを押してテスト周波数を選択する。
- 表示を読みとる。
- 表示された有効桁数が 3 桁の場合は、RANGE キーを押して有効桁数が 4 桁表示に調整する。その後に表示を読み取る。

となる。