


1. 信号源周波数 1.14 kHz でのインダクタ測定と AC ブリッジ

「製作記事」の式 3-2 を変形した L_x の計算式は式 1-1 である。

$$L_x = R_m \cdot R_s \cdot C_s^{1)} \quad \dots \dots \dots \quad 1-1$$

例えばインダクタが 1 mH の場合、その測定値はどのようになるのかを表 1-1 に示す。

表 1-1 ポテンシオメータ R_m ダイアル目盛と抵抗値, R_s 設定時のインダクタンス

被測定インダクタ L_x		インダクタンス (μH)				
		測定レンジ R_s (Ω)				
ポテンシオメータ $R_m(1\,000\Omega)$		ダイアル目盛	$R_m(\Omega)$	10	100	1 000
		098	98	9.8	98	980
		100	100	10	100 ²⁾	1 000
		102	102	10.2	102	1 020

1) C_s ; 0.01 μF 1% 2) $L_x = 100 \cdot 100 \cdot 0.01 \times 10^{-6} = 100 \mu\text{H}$

ダイアル目盛表示での“100”は 100 Ω ，“010”は 10 Ω ，最小の“002”では 2 Ω になる。

1 k Ω ポテンシオメータの直線性は $\pm 0.25\%$ であるから、 $1\,000 \Omega \times \pm 0.25/100 = \pm 2.5 \Omega$ の誤差がある。 R_s は精密抵抗 0.1%なので、測定値はほぼポテンシオメータの精度に依存する。

直線性はダイアル目盛表示とポテンシオメータ抵抗値の一致度を表している。 $\pm 2.5 \Omega$ は一例では“100”=100 Ω を中心値として 97.5 Ω ~102.5 Ω の間に真の抵抗値があると考えられる。

分解能は最小ダイアル目盛表示 “002”=2 Ω のため、1.14 kHz 時の 1 mH と 1.1 mH の差異 0.7 Ω は目盛表示上で読取り不可である。したがって、100 μH の差異は検出できず、満足な測定結果は得られない。

そこでリアクタンス $2\pi f L_x$ を増加させることを考える。 2π と L_x は固定定数なので、仮に信号源周波数を $f=10$ kHz とすれば 1 mH (62.83 Ω)，1.1 mH(69.11 Ω)の差は約 6.3 Ω で、ダイアル目盛表示 3 目盛分相当になる。これなら 100 μH オーダの測定ができそうである。

また、リアクタンスの差異が大きくなれば AC ブリッジ B 端子と C 端子の電位差が拡大することになるため、平衡検出がし易くなり正確な測定ができるようになる筈である。

⇒この推察は正しいのだろうか？

【検証】

1-1. 試しに正弦波信号発生器 AG-203D から EXT IN 端子へ 10 kHz/4.2 Vrms(6 Vp-p)を印加すると、平衡検出用 DC 電流計の±双向の振れが改善して検出し易くなり、**想定したような動作**となった。やはり EXT IN 端子を用意して正解である。

印加周波数を 20 kHz にすれば更にリアクタンスが増加するため、より測定し易くなる。よって **上記の推察は“正しい”**らしいと言えそうだ。この結果を持って信号周波数を上げることにした。シミュレーションでは定数 470 pF と 6.8 k Ω で 20 kHz の発振が可能である。安定動作のため 470 pF はポリプロピレンフィルム、6.8 k Ω は手持ち抵抗の関係もあり 8.9 k Ω (5.6 k+3.3 k Ω)とした。これにより計算では 15.53 kHz，実発振周波数は 13.9 kHz となった。

実機確認するとやや波形が歪むため Q2 のゲイン調整を行い、68 Ω を 22 Ω +10 Ω に変更した。これにより、ゲインは約 45 dB (191.4 倍) となっている。

【追加検証】

1-2. 位相形発振器の出力電圧切換

インダクタの測定を繰り返してみると、R 測定や C 測定に比べ信号電圧が小さいほうが安定した AC ブリッジ平衡状態を検出できることが分かった。また、測定レンジによっては AC ブリッジが信号発生器に対して過負荷になり、7.5 Vp-p 維持には電流を増やす必要があることも判明した。

そこで LF356 追加して反転増幅器とし、抵抗・キャパシタ測定には 7.5 Vp-p (Rf; 10 k Ω)、インダクタ測定には 1.5 Vp-p (Rf; 2 k Ω) とした。位相形発振器に影響を与えぬよう信号源抵抗 10 k Ω と比でゲインを決めた。+ 端子は定石どおり 4.7 k Ω で接地した。

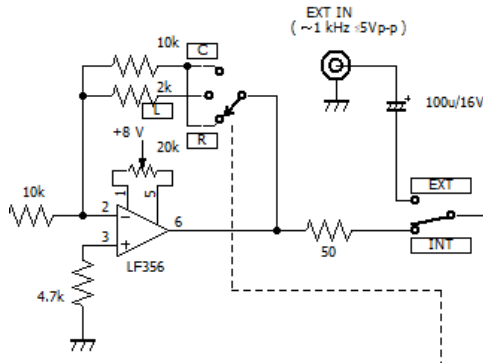


Fig.1-1 LF356 出力電圧切換

- LF356 のゲインを Rf 切換えで行う。
- R, C 測定はゲイン 1 倍
L 測定はゲイン 1/5 倍
- 20 k Ω は Off set 調整用
- EXT IN 端子は外部の信号発生器用

配線完成した回路基板を Fig.1-2 に示す。

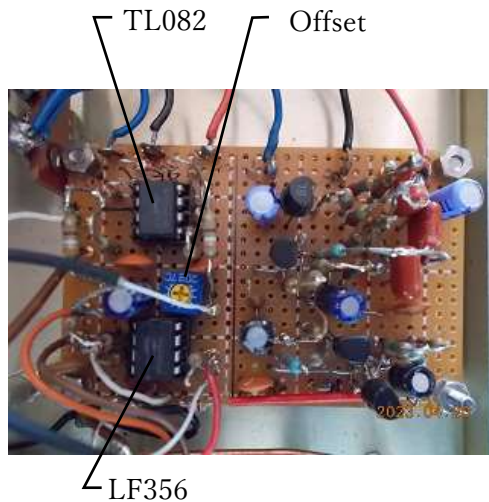


Fig.1-2 平衡検出部と位相形発振部

- シャーシに固定した基板の状態写真
位相形発振部出力は基板上で LF356 と接続

【備考】

1 mH (7.16 Ω), 2 mH (14.32 Ω) など 1 mH 単位の測定ならダイヤル目盛表示で 3 目盛以上となるので、1.14 kHz のままでもよい。

また、所望の信号周波数があれば、外部の信号発生器から EXT IN に入力できる。