

1.はじめに

真空管受信機のアンテナコイルを自作するうち、そのQ値を知りたくなった。コイルの良さの判断や選択度などの算定にQが必要な場合もあるので、関連機能と共に製作することにした。

2.測定方式

- 2-1. Qを知るには信号源周波数が分かると計算しやすい。被測定コイルとバリコンとを組合せ、直列共振回路を組む。コイルのQよりもバリコンのそれが1桁～2桁以上あることを利用してバリコンに発生する電圧を両波検波し、DC電流計で共振時の最大電流値（共振周波数 f_r ）を得る。
- 2-2. 信号源周波数を可変し、 f_r より-3 dBとなる高い周波数 f_h と低い f_l を讀取る。
- 2-3. よく知られている式2-1、または式2-2で算定する。
- 2-4. 信号源周波数とバリコンを可変し、必要な測定を繰り返す。

$$Q = \frac{f_h + f_l}{2(f_h - f_l)} \quad \dots \dots \dots 2-1$$

また、別式²⁻¹⁾ $2\Delta f = \frac{f_r}{Q} \sqrt{\left(\frac{E_r}{E}\right)^2 - 1}$ を変形して

$$Q = \frac{f_r}{2\Delta f} \sqrt{\left(\frac{E_r}{E}\right)^2 - 1} \quad \text{但し } 2\Delta f = f_h - f_l$$

f_r 時、 $E_r = \sqrt{2}E$ から根号内は1であり

$$Q = \frac{f_r}{f_h - f_l} \quad \dots \dots \dots 2-2$$

式2-1式、式2-2とも同じことを表している。

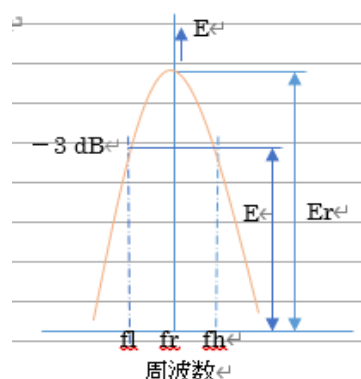


Fig.2-1 共振時の特性図

3.主な構想

- ・市販の信号発生器モジュールと周波数カウンタモジュールを利用。
- それぞれ単独でも動作するよう必要なコネクタ・ツマミなどを用意し、主要部を前パネルに配置。
- ・横 200 mm, 縦 80 mm, 奥行 180 mm の LEAD CA-80W (¥1,819-) を使用する。
- ・“抵抗分割法”を用い、 0.5Ω 0.1%と並列に被測定コイルとバリコンを直列接続する。
- ・電源トランスと三端子レギュレータでモジュール用 12 V と 9 V, 検出回路用の ± 9 V を得る。
- ・100 μ ADC 電流計など手持ち材料/部品を出来るだけ使用する。

4.回路設計・実験

Fig.4-1 に概略回路を示す。信号発生器モジュールの正弦波出力を 49.5Ω 0.1%と 0.5Ω 0.1%の直列回路に印加する。 0.5Ω に並列接続した被測定コイルとバリコンの直列回路から、バリコンの電圧を高入力（低入力バイアス電流）・低入力容量の J-FET 入力オペアンプで増幅する。

594 kHz から 1 600 kHz まで 200 μ H と PVC (ポリバリコン; 5.8 pF~335 pF) で調査したところ、GB 積の関係 (最低 10 MHz 以上必要) から増幅度を分配して 2 段構成とした。

過去製作した RLC チェッカーで、平衡点検出で検討したダイオードブリッジによる両波検波回路を

使用して直流化し、検波出力をフィードバックすることによりダイオードの特性を含む直線性を確保する。フィードバック路に可変抵抗器を入れ、Meter Gain とする。残留成分はキャパシタでバイパスするが、ある程度容量がないと低域特性に影響を与える。

Fig.4-2 及び Fig.4-3 にシミュレーション結果を示す。V(n011)はPVCに発生する電圧を増幅した出力、I(Rm)はメータに流れる電流を示す (Meter Gain 調整済)。

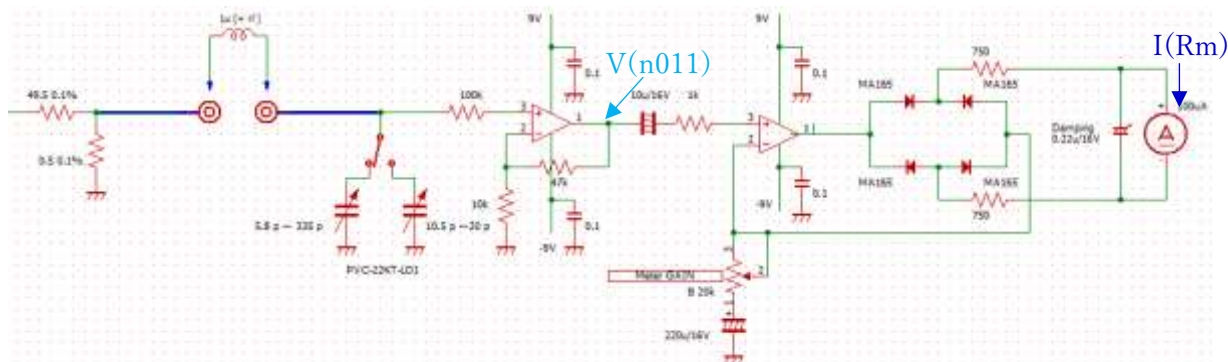


Fig.4-1 Qメータ共振電圧検出回路

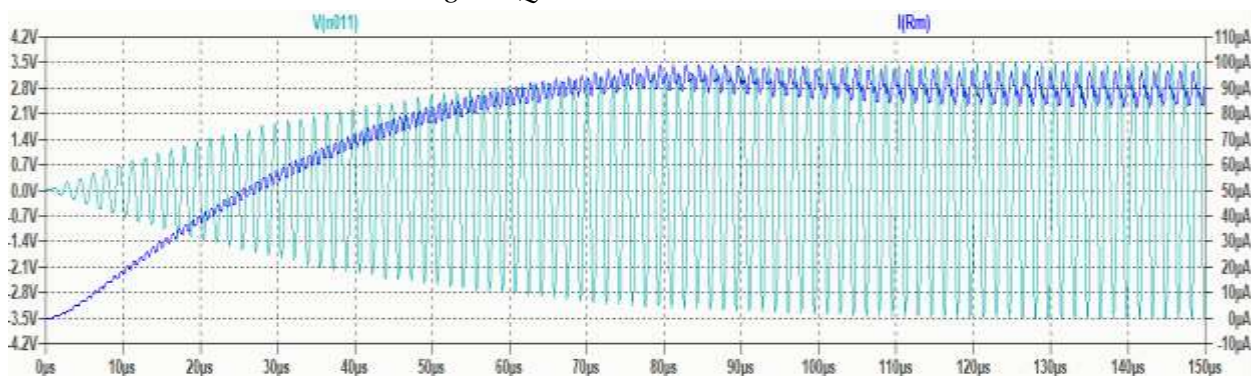


Fig.4-2 シミュレーション結果 ($f = 594 \text{ kHz}$, $L_x = 200 \mu\text{H}/r_l = 4.7 \Omega$, $C = 354 \text{ pF}$)

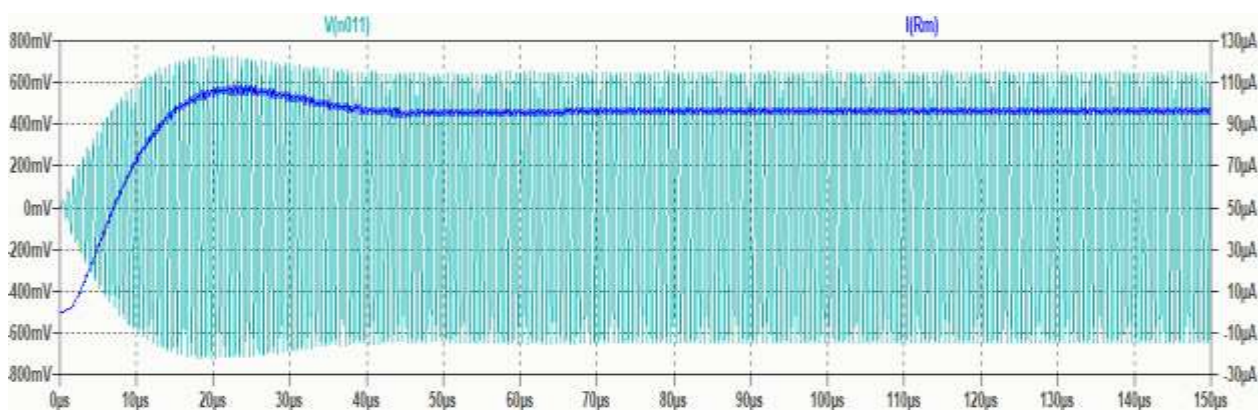


Fig.4-3 シミュレーション結果 ($f = 1600 \text{ kHz}$, $L_x = 200 \mu\text{H}/r_l = 4.7 \Omega$, $C = 50 \text{ pF}$)

メータの電流が一定に保たれていることが分かる (約 $100 \mu\text{A}$ で直線性良好)。

594 kHz 時の $I(R_m)$ は残留歪みがあるが、周波数が高いため電流計の特性上反応しないものと考えられる。 $L = 200 \mu\text{H}$, $C = 50 \text{ pF}$ の正確な共振周波数は $f_r = 1591.5 \text{ kHz}$ である。電流計で -3 dB 点 (約 $70 \mu\text{A}$) を探すと $f_h = 1602 \text{ kHz}$ となる (Fig.4-4)。同様に $f_l = 1563 \text{ kHz}$ である (Fig.4-5)。

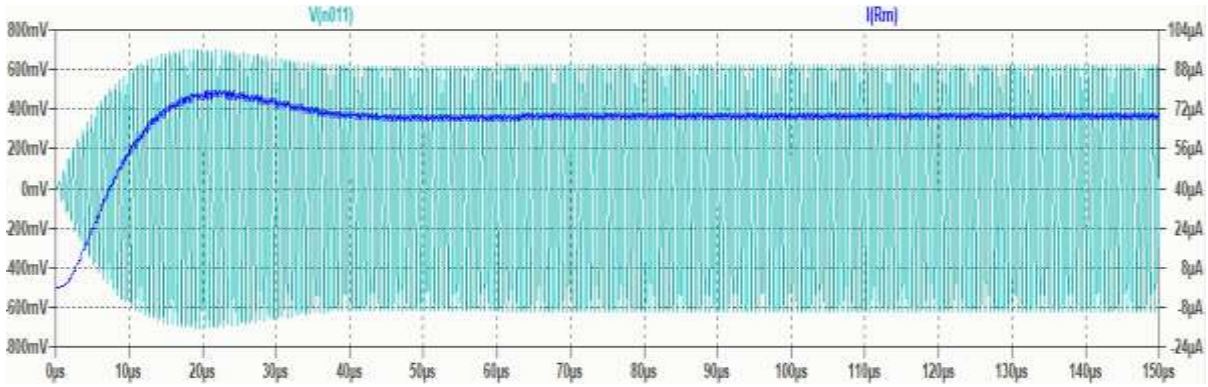


Fig.4-4 シミュレーション結果 (fh=1 602 kHz, Lx=200 µH/rl=4.7 Ω, C=50 pF)

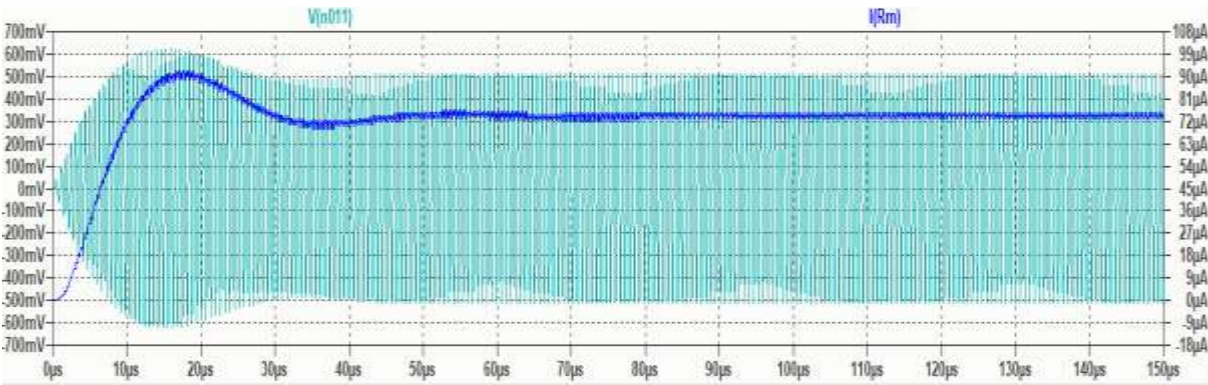


Fig.4-5 シミュレーション結果 (fl=1 563 kHz, Lx=200 µH/rl=4.7 Ω, C=50 pF)

よって、Q は式 2-2 から

$$Q = \frac{f_r}{f_h - f_l} = \frac{1591.5}{1602 - 1563} = 40.8 \quad \dots \quad 4-1$$

と計算できる。

また諸書籍に掲載されるインダクタの Q は、以下の式でも表される⁴⁻¹⁾。

$$Q = \frac{\omega L}{R} \quad (R ; \text{インダクタ起因高周波損失抵抗値}) \quad \dots \quad 4-2$$

上記の R を rl (直流抵抗値) で計算しても正しい Q にはならない。この点は注意が必要である。

4-1) 一例 ; Handbook of Electronics Calculations KAUFMAN 1983 1st Edition McGRAW-HILL Chap.4-16