

1. RFC の役割と考慮すべきこと

大電流を重畳する高周波チョークコイル (RFC) は、図 1 に示すように、Tr、FET または真空管などのアノードに DC 電源を供給するとともに DC 電源側と信号系を交流的に分離するために、または電源ノイズ対策用のフィルタ素子として用いられます。

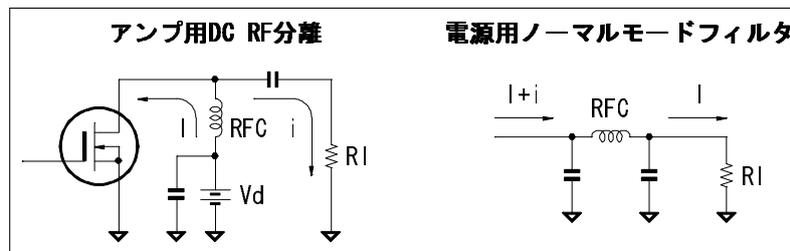


図 1: 大電流重畳 RFC の役割

増幅回路を能率よく動作させるためには、RFC のインピーダンスは負荷インピーダンスの 10 倍以上となるように設計します。RFC のインピーダンスは ωL で計算されるとおり、取り扱う信号周波数において所定のインダクタンス L が確保されることが必要です。またフィルタ回路では、負荷電流 I によりインダクタンス L が必要値以下に低下しない考慮が必要です。

RFC を小型化するためにフェライトなどの強磁性体を芯としたコイルが用いられますが、この場合には DC 重畳によるインダクタンスの低下が顕著に生じますので、インダクタンスの必要条件を満たしているかどうかを厳密に調べなければなりません。

適切な回路設計には、使用周波数、コイルの巻数、DC 電流値、負荷インピーダンスの個別条件下での RFC の適否を実際のパーツで測定する作業が欠かせません。

一般に、フェライト材の特性データは十分提供されておらず、同じ形でも製造時期によって電気特性が大きく異なるようです。ましてジャンクボックスから掘り出した品物では、実物測定が不可欠です。

2. RFC の一般的測定法とその問題点

そこで、実際に RFC のインダクタンス測定するとしましょう。インダクタンスそのものの測定は、LCR メータ、インピーダンスメータその他の通常の純抵抗 R とリアクタンス X の測定器によることとなります。問題は測定器の精度ではなく、如何に測定対象である供試コイルの電気定数に影響を与えないで所定の DC を重畳するかという測定環境の作り方です。

一般に知られている測定法は、原理的には極めて単純です。図 2 のように、別のチョークコイル $L1$ および $L2$ を用意してこれを介して DC 重畳した状態で、普通の測定法で供試コイルのインダクタンス Lx を測定するだけです。

測定の原理は単純なのですが、測定器を自作しようとする $L1$ および $L2$ の選定が真っ先に問題となります。ここでは、 Lx に並列に $L1$ および $L2$ が接続されますので、 $L1$ および $L2$ には DC 重畳状態において Lx の 10 倍以上のインダクタンスが必要となります。理屈だけではなく、実際にその値であるか否かはどうやって確認するのでしょうか。それを測定するには、さらに同じ値の DC 重畳下でインダクタンスが 10 倍の別のチョークコイルが求められ

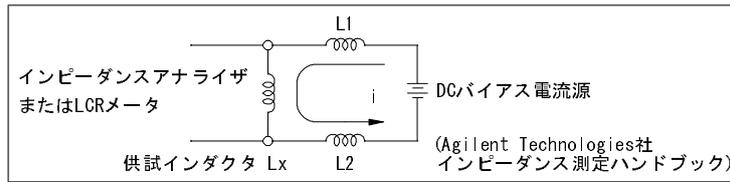


図 2: 一般的な DC バイアスのかけ方、しかし矛盾

るといふ自己拡散の矛盾に陥ります。ですから、この測定環境は実現不可能な空想でしかないのです。

メーカーの保証付きのチョークコイルあるいは LCR メータの正規の DC 重畳アダプタを購入する以外に手はないのでしょうか。そこで筆者は、測定回路を工夫し、DC 重畳状態における RFC のインダクタンスおよび抵抗分の実用的な測定法を開発しました。

3. 新しい DC 重畳法

筆者の考案した DC 重畳環境による RFC の RX 測定法は、図 3 のとおりです。

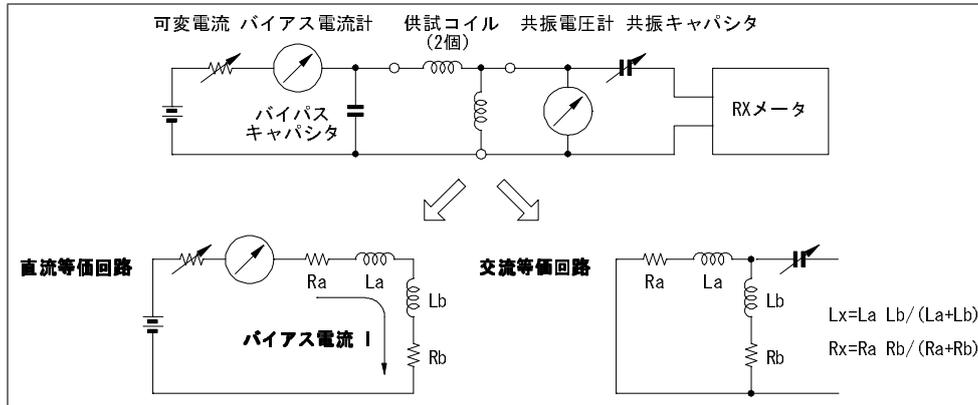


図 3: 同等 RFC を 2 個用いる DC 重畳インダクタンス測定法

この場合の供試コイルは、出来るだけ同じ素材と形状に作られた 2 個の未知のコイルを用意します。測定誤差が生じる原因となるバイアス電流供給用の特別な RFC を使わないのが特徴です。

回路は、DC 系と高周波信号系に明瞭に区分できます。共振キャパシタの存在によって、DC 系のバイアス電流は供試コイルのみに流れます。信号系では、バイパスキャパシタで短絡されて 2 個の供試コイルは並列接続されるとともに、DC 系は接続されないのと同然となります。したがって、DC 系で加えたバイアス電流をパラメータとして、信号系において普通の方法でインピーダンスを測定することができる訳です。

2 個の供試コイルは並列接続ですから、統合したインダクタンス L_x および抵抗分 R_x と各コイルの固有インダクタンス L_a 、 L_b または統合した抵抗分 R_x とコイル固有の R_a 、 R_b の間には次式の関係があります。

$$\frac{1}{L_x} = \frac{1}{L_a} + \frac{1}{L_b} \quad \frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b}$$

それぞれのコイルが同じ材質、形状、巻数であるとする、固有の電気的特性もほぼ同値とみなせますので、インダクタンス測定値 L_x と平均インダクタンス L または抵抗測定値 R_x

と平均抵抗 R は次の換算ができます。

$$\frac{1}{L_x} = \frac{2}{L_a} = \frac{2}{L_b} \text{ したがって } L = 2L_x \quad \frac{1}{R_x} = \frac{2}{R_a} = \frac{2}{R_b} \text{ したがって } R = 2R_x$$

4. 実際の測定の例

ではこの DC 重畳法によって、DC バイアスをパラメータとした RFC の高周波特性を測定してみましょう。測定器の構成は図 4 のとおりです。

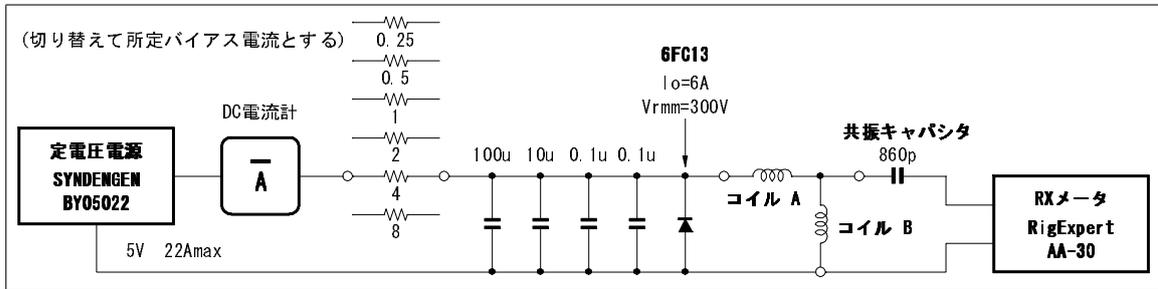


図 4: DC 重畳 RFC の実測定回路

測定回路で特に留意するところは、バイパスキャパシタのキャパシタンスの大きさです。測定周波数において 1Ω 以下となるように選定、配置します。ダイオードは DC の大電流で磁化したコイルから電源断時に高圧を発生しないようにしています。なお、そのエネルギーは相当大きいので、RX メータの予期しない損傷を防ぐために予めこれを取り外してから電源の接断をするのが賢明でしょう。

5. DC バイアスによるインダクタンスの低下

本測定法を用いて正体不明の中国製フェライト棒に巻いた RFC の DC 重畳特性を測定した結果を図 5 に示します。供試 RFC は図 5 中にあるとおり、パーアンテナ用フェライトとして販売されているフェライト棒に直径約 1mm の被覆撚線を密巻きしたものです。2 個を均等に製作し、その総合特性を測りました。

RX メータは RigExpert 社の AA-30 を使い、LC の共振周波数からコイルのインダクタンスを求めます。また、共振状態での直列抵抗を測定します。

その結果は、DC バイアス 1A 程度までは本来のインダクタンスを維持しますが、それ以上の DC バイアスでは値が下がりはじめ、DC バイアス 8A では $1/10$ 程度のインダクタンスとなることが分かりました。予想通りではありますが、実際に計測してみることの大事さを実感できます。

抵抗分の測定では、DC バイアスを増加するにつれて高周波抵抗が減少する傾向になります。その理由は不明ですが、DC バイアスの振舞いを知っておきましょう。

以上

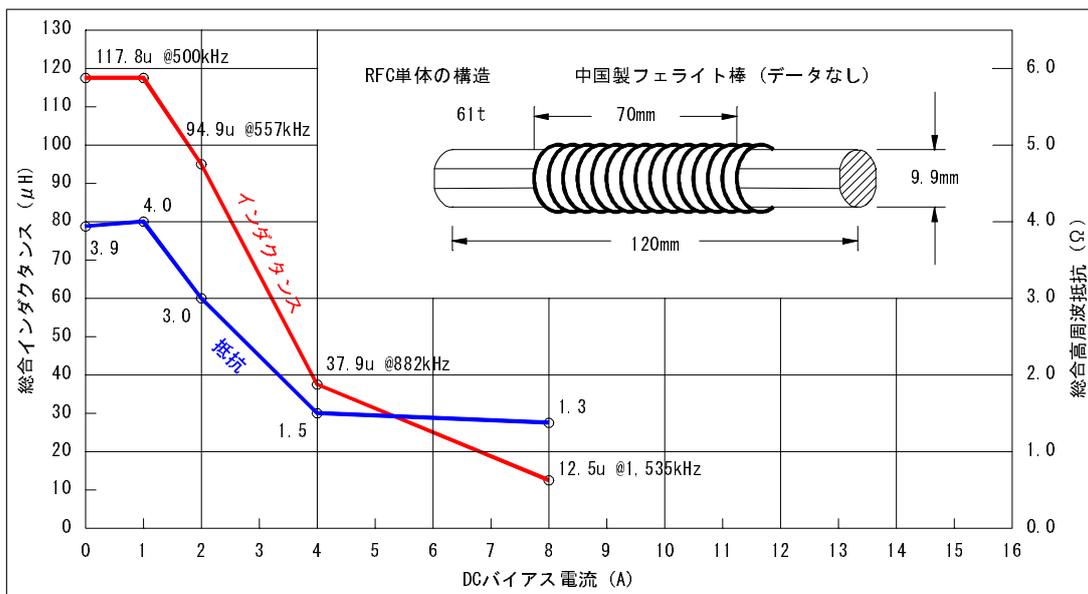


図 5: DC 重畳 RFC の測定結果