

この20dBカップラーは、小型の金属ケースに納めておく
と便利です。メイン・ライン
には同軸ケーブルをファラデー・シールドを施す形にして
用いるとよく、第7-10図のよ
うに作成します。

この20dBカップラーは、小
電力用のパワー計を用いて大
電力を測る場合とか、
音質のモニターをする
場合など、各所に用い
ることができます。

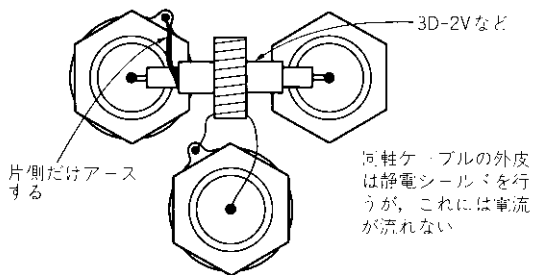
〔 3 〕 高周波電流計

高周波電流計の回路
を第7-11図に示しま
す。

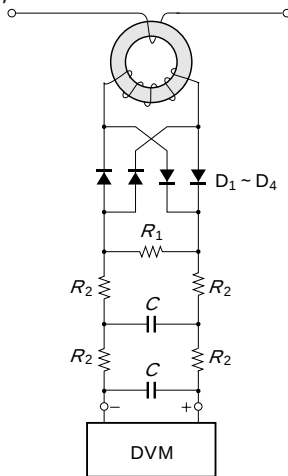
高周波の電流を知り
たいケースは意外に多
く、アンテナに乗って
いる電流を調べたり、
フィーダーの同相電流
を測ったり、ACコードに流出する高周波電流を測ったり、アンテナに関する実験
や電波障害の対策調査などがあります。こうしたときに高周波電流計が役に立ちま
す。

この回路は、前項の20dBカップラーと同じコンベンショナル・トランスですが、
電流検出用に使った場合にはカレント・トランスと呼ばれ、整流回路と電流検出用
抵抗 R_1 とうまく組み合わせると、高精度・高感度の高周波電流計が得られます。
カレント・トランスの2次巻線の電流は1次巻線の電流の $1/N$ (N は巻数) ですが、
これがダイオード・ブリッジを通して全波整流された正弦波(サイン波)になって、
抵抗 R_1 に流れます。抵抗 R_1 の両端の電圧が R_2 と C の平滑回路で平均値の直流にな

〔第7-10図〕 20dB カップラーの部品配置



〔 第 7-11 図 〕 高周波電流計



T : FT-50-72 ~ FT106-72

1 次側 : 導体貫通

2 次側 : $\phi 0.3 \sim 1\text{mm}$ 絶縁電線
10 回巻き

$D_1 \sim D_4$: 1SS88, 1SS97 など耐圧
5V 以上の高周波用ショット
キーバリア・ダイオード

R_1 : 120 Ω , 1/4W ~ 1/2W
炭素被膜または金属被膜

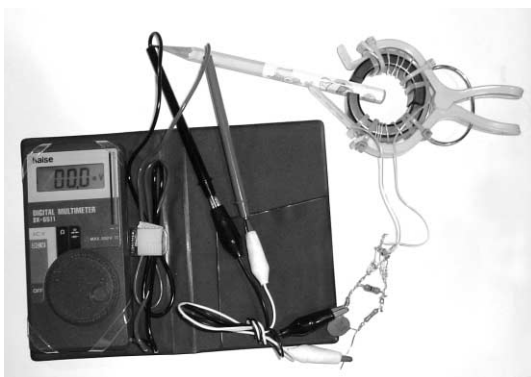
R_2 : 4.7k Ω , 1/10W ~ 1/4W
炭素被膜または金属被膜

C : 0.01 μF ~ 0.1 μF セラミック

DVM : デジタル・ボルトメーター
入力抵抗1M Ω 以上を推奨

って出力されます．この平均電圧をデジタル電圧計（DVM）につないで測ります．

1 次電流を I とすると，測定値 V_O は $V_O = R \cdot I / N$ ですから， $R_1 = 100 \Omega$ ， $N = 10$ のときは $I = 0.1V_O$ です．正弦波の実効値はピーク値の 0.707 倍 ($1/\sqrt{2}$) ですが，平均値は 0.637 倍 ($2/\pi$) なので，両者の関係は， $V_{rms} =$



($0.707/0.637$) $V_{rms} = 1.111V_{mean}$ ですから， $I = 0.111V_O$ となります．これが理論値です． $R_1 = 110 \Omega$ にすると，ほぼ正確に $I = V_O/10$ になります．ただし，測定電圧が $0.1V$ 程度以下になると ($10mA$ 程度以下) 2 乗特性になって，出力電圧が急速に低下します．正確には校正が必要で，抵抗に送信機の電力を消費させ，その電流を測るなどの方法で行います．

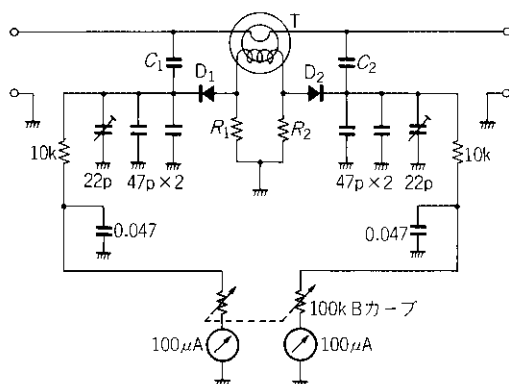
デジタル電圧計（DVM）が安価に入手できるようになって，高周波電流計も身近になりました．アナログ・メーター単体では困難なミリボルト・オーダーの測定が可能ですし，入力インピーダンスが高いので誤差も回避できます．この高周波電流計は，回路自体は小型ですので，デジタル電圧計のアダプターとして用意すると便利です．また，割コアを使うと（EMC対策用などで市販されている），測定したい線材を切らずに開閉してはさんで測定できるクランプ電流計のように大変実用的な高周波電流計を作ることができます．

【4】CM型VSWR計

先に紹介したカレント・トランスの原理を用いて，方向性結合器を，そしてVSWR計を作ることができます． $1.9 \sim 50MHz$ で使えるCM型VSWR計の回路を第7-12図に示します．このVSWR計は，高周波特性がフラットで，また $1W$ 程度の電力で十分にVSWRが測定できる，高い感度を持っています．

第7-13図に示すように，カレント・トランスとコンデンサー2個で構成する電圧分圧器とを用意したとします．端子B，Cを接続すると，電圧 V_1 と V_2 とは位相がそろっているのので，端子Cにその和の電圧が現れます．ところが，カレント・トランスを逆向きに，端子AとCと接続すると，電圧 V_1 と V_2 とは 180° 位相が違う逆極性に

〔第7-12図〕CM型VSWR計

 $C_{1,2} : 10\text{pF}$ $R_{1,2} : 51\Omega$ $D_{1,2} : 1\text{SS}43, 88, 97 \text{ など, } 1\text{N}60, \text{SD}34 \text{ など可}$ $T : \text{FT-50-72 トロイダル・コア}$

一次側：導線貫通(1ターン)

二次側：0.3φECW10回巻き

1.9～50MHzで動作，1Wの電力で正確な測定ができる

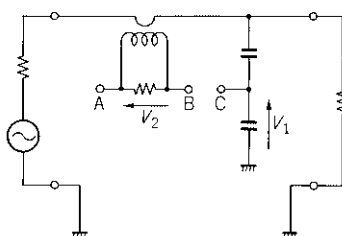
 $C_{1,2}$ を2pF， $R_{1,2}$ を10Ωとすると感度は $1/6 (= 1/6^2)$ となるが，本器のVSWRは良くなる

なりますから，端子Bに現れる電圧は V_1 と V_2 との差になります．ここで， V_1 と V_2 との電圧が等しいとすると，端子Bには電圧は現れなくなります．この二つの接続のうち，後者は，信号源と負荷の位置を入れ替えたと同じですから，ここに，信号の伝わる方向によって分岐される電圧が異なる，方向性結合器が得られます．この方向性結合器はコンデンサーによるC結合と，カレント・トランスによるM結合とで構成されますので，CM型方向性結合器，または，CMカップラー(CM coupler)と呼ばれます．

第7-12図のVSWR計ではCMカップラーを少し変形し，C結合とM結合との高周波出力電圧をダイオードで比較する形をとっています．カレント・トランスの負荷抵抗を2本用いることにより，トランスを1個で済ませています．

図中の定数は，C結合を1/10，M結合を50Ωの負荷が接続されたときにやはり出力の1/10の電圧が発生するように選んでいますので，1Wの電力を与えたときに，ダイオードに1Vピークの高周波電圧が加わって，メーターの指示はかなり高感度なものになります．したがって，1W程度の電力でVSWRを読むことができます．75Ω系のVSWR計を得るには，51Ωの抵抗を75Ωに変更します．

〔第7-13図〕CM型方向性結合器



製作はカレント・トランスの部分が重要ですが、プリント基板に組むときには第7-14図に示すように、マイクロ・ストリップラインを利用して作るとよく、立体配線とするには第7-10図で行ったように、ファラデー・シールドの手法を用いるとうまくいきます。組み上がったらダミー・ロードを接続して、反射電圧が最低になるようにトリマー・コンデンサーを調整します。この調整は、28MHzや50MHzなど、使用する一番高い周波数で行います。

このCM型VSWR計は、検波感度が高くなるように定数を選んでありますので、1W程度の電力からVSWRを測ることができます。また、原理的に周波数特性がフラットですから、低い周波数で感度不足に悩まされるようなこともなく、較正さえしっかり行えば、使いやすい電力計になります。

VSWR値の算出は進行波と

反射波信号の電圧の比、電圧反射係数 ρ から求めます。第7-2表にその換算表を示します（第7-1表参照）

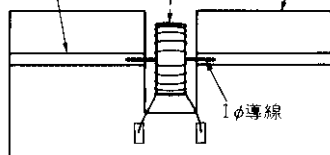
〔5〕 μ W測定用広帯域プリアンプ

数十mWオーダーの小電力を、ダイオードとコンデンサーを組み合わせた回路で検波し、そのレベルを計測することは、よく行われていることですし、本書中でもこの方法を応用しています。しかし、これ以下のレベル、すなわち1mWを下まわる電力を測るには、ダイオードの検波能力では不足で、質のよい広帯域アンプが欲しくなります。

高感度パワー計を構成するのに欠かせない、広帯域プリアンプの回路を第7-15図に示します。この回路は、応用編第2章に記したNFBアンプの応用です。回路に

〔第7-14図〕CM型VSWR計の加工法

マイクロ・ストリップ・ライン 厚さ1.6mm
幅2.7mm(50 Ω) 紙エポキシ
両面基板



導線はトロイダル・コアの中心を通るようにする。エポキシ接着剤で固めるとよい
基板の裏面は全面アースとする

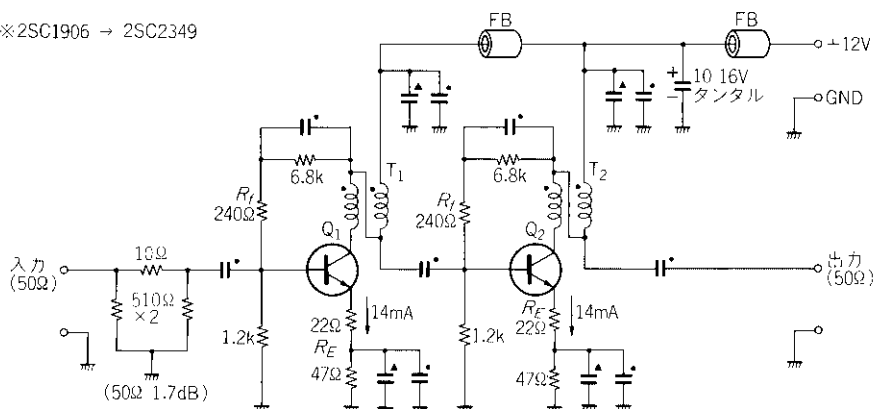
〔第7-2表〕反射電圧とVSWRの換算表

反射電圧*	VSWR	反射電圧*	VSWR
0%	1	15%	1.35
1%	1.02	20%	1.5
2%	1.04	25%	1.67
3%	1.06	30%	1.86
4%	1.08	35%	2.08
5%	1.11	40%	2.33
7%	1.15	45%	2.64
10%	1.22	50%	3

* 電圧反射係数 ρ に同じ
$$VSWR = \frac{1+\rho}{1-\rho}$$

〔第7-15図〕 広帯域プリアンプ（総合利得は 20.0dB となる）

※2SC1906 → 2SC2349

Q_{1,2} : 2SC1906, 2026, 2408, 2731 などT_{1,2} : FB-801-43, 0.2φECWバイファイラー5回巻き

FB : FB-801-43

●印 : 0.1μF半導体磁器ディスク・コンデンサー

▲印 : 0.01μFディスク・セラミック・コンデンサー
抵抗はすべて小型の炭素皮膜を用いる

は出力部の伝送線路トランスの巻数比 $N = 2$ のものをうい、利得を正確に抑えて、周波数特性のよい広帯域アンプとしています。NFB量を決める二つの抵抗 R_F と R_E はそれぞれ 240Ω と 22Ω で、 R_E にはトランジスタのエミッタ抵抗 $r_e = 26/I_E$ (mA) = $26/14 = 1.86[\Omega]$ が加わり、さらにバイアス用の $1.2k\Omega$ の抵抗が影響して、NFBアンプの入力インピーダンスが 51Ω 、各段の利得は 10.85dB 、2段で 21.7dB になっています。

入力部についている 1.7dB のパッドは、全体の利得をちょうど 20dB にすると同時に、入力のVSWR補償、回路の安定化の役割を担っています。この広帯域プリアンプは 50Ω 系で設計してありますので、出力には入力インピーダンス 50Ω のパワー計を接続して使います。

製作方法は、配線を短くすることに注意して行い、モジュールの形態をとれば組み立てやすくなります。回路は全面銅箔のプリント基板上に配置し、入・出力端子にBNCコネクタや、RCAピン・ジャックを設けて、小型のアルミ・シャーシを使ったケースに納めるとよいでしょう。

この回路は $1\text{MHz} \sim 100\text{MHz}$ の間で 20dB の利得を持つ、広帯域プリアンプになります。周波数特性は、配線の長さや浮遊容量の大小によって多少、高域に影響が出