

# 高周波測定のア to Z 〈第6回〉

## 高周波電力の測定

藤田 昇

Noboru Fujita



今回対象になる周波数範囲を色で示してあります。

### 実効電力は電力計で 電力密度はスペアナで測る

- 高周波機器の出力電力のばらつきは $-3.0 \sim 0.8$  dB以内であること

無線通信機の空中線電力、つまり送信機の空中線端子への高周波出力電力は、通信特性を左右する重要な項目です。ですから、送信機の開発や評価には、高周波電力の測定が欠かせません。

空中線電力の大小は、ほかの通信への干渉レベルに直接影響するので、電波法で上下限が規定されます。一般には定格電力 $+20\%$ 、 $-50\%$ で規定されています。

$+20\%$ をdB換算するとわずかに $0.79$  dBです。電波法の規制値をオーバーしないようにするためには、正確に高周波電力(実効値)を測定する必要があります。

- 実効電力を測定する場合と電力密度を測定する場合がある

空中線電力は平均電力で表すのが一般的です。ここでの平均電力とは、最低変調信号の周期に対して十分な長い時間に渡って平均した電力です。

測定対象がサイン波であれば比較的簡単に実効値を測定できますが、最近は被変調波で空中線電力を規定することが多くなっているため、包絡線変動がある信号でも実効値を測定できる電力計が求められます。

SS(spread spectrum)方式やOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式のような、広帯域変調方式を使用した免許不要局(例えば無線LAN)の場合は、空中線電力を電力密度で規定します。そのため、測定対象に応じた測定方式を選択しなければなりません。電力密度とは、単位時間に単位面積を通過する電磁波エネルギーの大きさを表すもので、単位は $[W/m^2]$ です。

- 実効電力を測る高周波電力計には終端型と通過型がある

高周波電力計には終端型と通過型があります。終端

型は抵抗(一般に $50 \Omega$ または $75 \Omega$ )に高周波電力を消費させ、その両端の電圧を測定するか、抵抗体の温度上昇を測定して電力に換算します。

通過型は同軸線路を通過する電力を測定するもので、例えば送信機とアンテナ間に挿入し、アンテナに供給される電力を測定します。

SSB(Single Side Band)やパルス変調のように、尖頭電力(ピーク値)で規定されている場合はオシロスコープを使って測定しますが、その方法は別の機会に譲ります。

- 電力密度はスペアナの受信帯域幅を利用する

前半で説明する高周波電力計は、広い周波数帯域内の電力の平均値を測定します。ですが、無線LANのように空中線電力が電力密度で、しかも帯域内の最大値で規定された装置には対応できません。

電力密度は単位周波数帯域あたりの電力で定義されており、原理的には終端型電力計の前に帯域幅 $1$  MHzのBPF(Band Pass Filter)を挿入すれば測定できます。しかし、送信機の周波数に合わせたBPFを用意するのは困難です。そこで最終項では、スペクトル・アナライザの受信帯域幅(分解能帯域幅:RBW)を利用して $1$  MHz幅の電力を測定する方法を紹介します。

### 終端型電力計①…ダイオードで 検波した電圧を電力に換算する

- サイン波の尖頭値または平均値を電圧で捉え実効値で表示

特性インピーダンスに合った抵抗負荷、例えば $50 \Omega$ の両端の電圧を測れば電力に換算できます。写真6-1に示す終端型電力計には、図6-1に示すように、ダイオードで検波して直流電流計を駆動する方式の高周波電圧計と負荷抵抗が組み込まれています。

負荷抵抗 $R$ に対して直列抵抗 $R_0$ が十分大きく、かつ時定数 $CR_0$ が十分大きければ尖頭値(ピーク値)、小さければ平均値に比例してメータが振れます。

入力波形がサイン波であれば、尖頭値  $V_p$  または平均値  $V_m$  のときの実効値  $A$  は次の式で換算できます。

$$A = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = V_p \times 0.707 \dots \dots \dots (6-1)$$

$$A = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} V_m = V_m \times 1.11 \dots \dots \dots (6-2)$$

なお、図6-1のような半波整流回路の場合は、サイン波の半分しか利用していないので、

$$A = \frac{\pi}{\sqrt{2}} V_m = V_m \times 2.22 \dots \dots \dots (6-3)$$

となります。電力  $P$  は、

$$P = A^2 R \dots \dots \dots (6-4)$$

で計算できるので、メータは電力(実効値)で表されています。

● サイン波以外の波形では真の実効電力に対して誤差が生じる

逆にいうと、サイン波以外の波形では、誤差が大きくなり実効値を測定できないこととなります。電子電圧計や電測計、スペアナなどの高周波レベル測定器は、いずれもダイオード検波方式なので、サイン波以外の波形では真の電力に対して誤差が生じることに留意しなければなりません。

終端型電力計②…熱電対またはサーミスタの発熱を電力に換算する

● 変調周波数が低くても容易に電力を測れる

熱電対またはサーミスタを使って発熱量を測定すれば、電力(実効値)を直接測定できます。サーミスタの場合は抵抗値の変化を検知するための電子回路用の電源が必要になります。そのため、一般の終端型電力計にはその出力で直接メータを振らせることができる熱電対を使用します。

熱電対やサーミスタは自身に熱容量があるので、時定数が1s程度と長くなり、変調周波数が低い場合でも容易に実効電力を測定できます。逆にセンサの時定数が長いと、電力変化に対してメータの応答が遅くなるので、送信機の出力調整をするときには、ダイオード検波方式のほうが使いやすいといえます。

熱電対方式の終端型電力計(写真6-2)は周波数範囲を直流からとしているものが多く、直流電源で校正できるので便利です。例えば、50Ωの負荷にDC22.4Vを加えると10Wになります。図6-2に熱電対方式の終端型電力計の等価回路を示します。熱電対の電流容量が小さいので、定格入力100mWを越えるような場合は抵抗で分流する方式が一般的です。分流器や熱電対の構造上の制限から、高い周波数の測定は困難で、



写真6-1 終端型電力計 WD-201(クラニシ)の外観  
周波数：1.8 M～1300 MHz、電力：5/20/200 W 切り替え、インピーダンス：50 Ω、SWR：1.2 以下、ダイオード検波方式

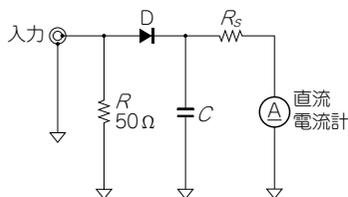


図6-1 ダイオード検波方式の終端型電力計の等価回路

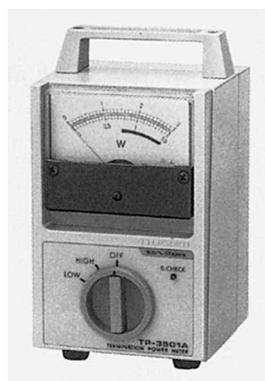


写真6-2 終端型電力計 TP3501A-02(フジソク)の外観  
周波数：330 M～1000 MHz、電力：1.5/3 W 切り替え、インピーダンス：50 Ω、SWR：1.2 以下、熱電対方式

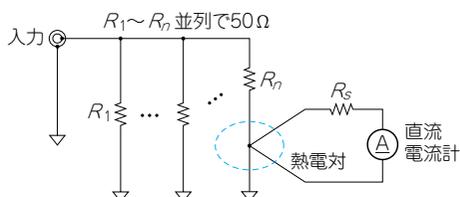


図6-2 熱電対方式の終端型電力計の等価回路