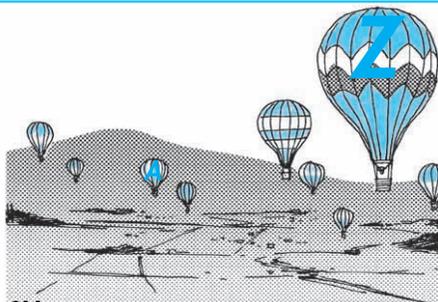


高周波測定のア to Z 〈第7回〉

正弦波や変調波の 周波数測定

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。

周波数測定といえば、周波数カウンタが一般的ですが、最近では変調をかけたままで周波数測定を要求されることもあり、スペクトル・アナライザ(スペアナ)で周波数を測定する機会も多くなっています。

つまり、正弦波なら周波数カウンタで、キャリアが抑圧されているものはスペアナで測ったりします。ここでは、具体例をあげながら周波数の測定方法を解説します。

周波数カウンタによる正弦波の周波数測定

● 周波数を測定する目的

無線通信に利用される電波は、同一時刻に同一周波数を使うと、相互に干渉して通信に障害を与えます。そのため、無線通信機は用途ごとに周波数帯やチャンネルが割り当てられており、その範囲を逸脱しないように、電波法で周波数許容偏差(表7-1)が規制されています。

世の中に無線局がそれほど多くなかった数十年前までは周波数許容偏差の規制も緩く、 100×10^{-6} 程度が一般的でした。そのため、吸収型波長計やヘテロダイン周波数計などのアナログ式周波数測定器でも十分対応できました。無線通信の需要が増えるとともに、電波法の規制も厳しくなりました。また、伝送速度を

上げるためにQPSKや16QAMなどの多値変調を採用する場合は、通信品質を確保するために電波法の規制よりさらに周波数精度を上げる場合もあります。

電波法では受信周波数の許容偏差を規定していませんが、受信周波数も送信周波数に見合った精度が要求されます。当然、周波数測定装置の周波数精度は、送受信周波数精度に対して十分に高い精度が要求されます。

● 周波数カウンタのしくみ

▶ダイレクト方式

被測定信号が正弦波であれば、ゼロ点をプラス方向またはマイナス方向のいずれかにクロスする回数が、1秒間に何回あるのかを数えれば周波数を測定できます。

図7-1のように基準発振器で正確なゲート・タイムを作成し、ゲートが開いている間のゼロ・クロス点を計数する方式をダイレクト方式といいます。

ゲート・タイムの長さや入力周波数によって有効桁数が異なります。例えば、入力周波数が2.4 GHzの場合は1秒間の計数値は 2.4×10^9 となり、有効桁数は10桁になります。入力周波数が1 kHzになると、有効桁数は4桁になります。いずれも分解能は1 Hzです。

ゲート・タイムを長く、例えば100秒にすると、入力周波数が1 kHzでも有効桁数6桁、分解能0.01 Hzになります。しかし、1回の測定に少なくとも100秒

表7-1 電波法で規制されている周波数許容偏差

無線局	周波数帯	許容偏差
無線LAN	2.4 GHz 帯	50×10^{-6}
	5 GHz 帯	20×10^{-6}
中波放送局	0.5 M ~ 1.6 MHz	10 Hz
テレビ局	VHF, UHF	500 Hz
デジタル・テレビ	UHF	1 Hz
アマチュア局	1.9 M ~ 47 GHz	500×10^{-6}
陸上固定局	335.4 M ~ 470 MHz ≤ 1 W	4×10^{-6}
陸上移動局	335.4 M ~ 470 MHz > 1 W	3×10^{-6}
携帯電話	810 M ~ 960 MHz	1.5×10^{-6}
標準周波数局	LF ~ UHF	0.005×10^{-6}

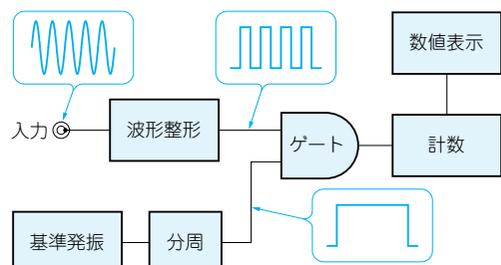


図7-1 ダイレクト方式周波数カウンタのしくみ

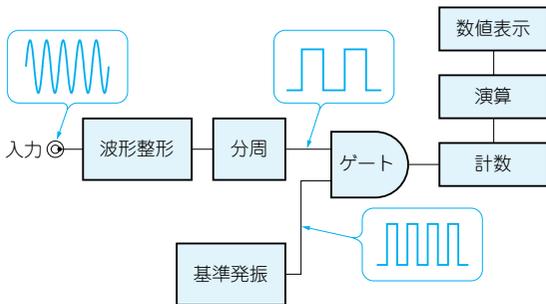


図7-2 レシプロカル方式周波数カウンタのしくみ

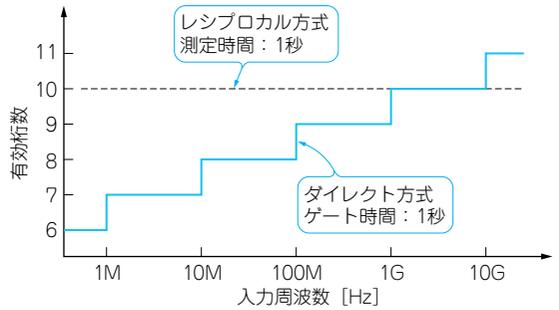


図7-3 ダイレクト方式とレシプロカル方式の有効桁と周波数の関係

レシプロカル方式では測定時間が一定であれば入力周波数に関わらず有効桁数も一定

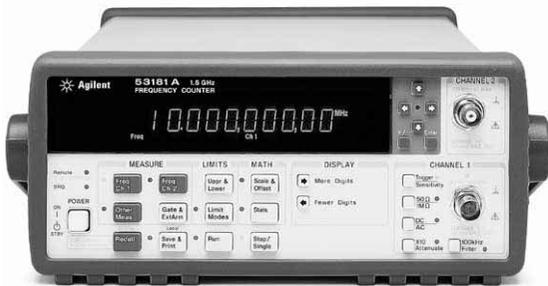


写真7-1 レシプロカル方式周波数カウンタ53181A(アジレント・テクノロジー)の外観

周波数: 0~225 MHz, 0~12.4 GHz(プリスケラ・オプション), 温度安定度: 5×10^{-6} 以下, エージング・レート: 3×10^{-7} 以下

かかりますので, 作業効率が著しく低下します。

▶ **レシプロカル方式**

周波数は周期の逆数なので, 周期を測定してその逆数 ($f=1/T$) を表示するレシプロカル方式と呼ばれるカウンタがあります。ダイレクト方式とは逆に**入力信号をゲート・タイムにして基準発振器の周波数を測る方式**です。

有効桁数および分解能は, 内蔵の基準発振器の周波数と測定時間によって変わり, 入力周波数の高低には影響されません。図7-2はレシプロカル方式の原理図ですが, 単純に1サイクルの周期を測るのではなく, 設定した測定時間内のサイクル数と周期を測るため, 実際の装置はもっと複雑な構成になっています。

ダイレクト方式はハードウェアだけで容易に構成できるため, 古くから使われてきました。最近レシプロカル方式が増えてきていますが, 高周波信号の測定に限定すればダイレクト方式でまったく支障ありません。

しかし, 同じ装置で変調周波数などの低い周波数を測定する機会もあるので, 新規に周波数カウンタを導入する場合は, 予算が許すならレシプロカル方式のほうが良いでしょう。

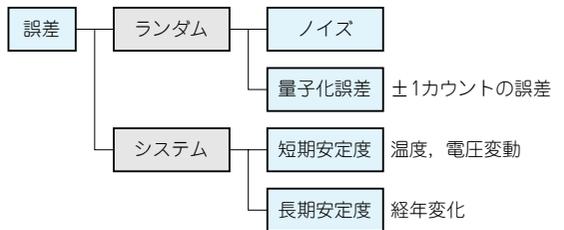


図7-4 周波数カウンタに生じる誤差の要因

● **測定精度**

周波数カウンタの精度は**表示桁数**, **有効桁数**, **分解能**, **確度**で表されます。

▶ **表示桁数**

表示器が高価だったころは有効桁数より表示桁数が少ない装置もありましたが, 現在はほとんどが有効桁数と同じかそれ以上の表示桁数を備えています。

▶ **有効桁数**

ダイレクト方式の有効桁数は, 入力周波数によって変化しますが, レシプロカル方式では測定時間が一定であれば入力周波数に関わらず有効桁数も一定(図7-3)です。

▶ **分解能**

ダイレクト方式の分解能はゲート時間の逆数となり, 1秒のときは1 Hz, 10秒のときは0.1 Hz, 0.1秒のときは10 Hzになります。レシプロカル方式の分解能は入力周波数と測定時間によって変化しますが, 入力周波数が低い場合はダイレクト方式に比べて極めて高い分解能が得られます。

▶ **確度…高い確度を得るには**

どんなに表示桁数が多くても, 分解能が高くても, 測定値の確度(正確さ)が高くないでは意味がありません。つまり, 真の数値に対する測定値の誤差が必要十分に小さくなくてはなりません。

図7-4に周波数カウンタに生じる誤差の要因をまとめました。周波数カウンタの誤差はノイズや量子化

