

## 第二十一回 SGの解放端と負荷端のレベルの差



Dr. FB

その昔、受信系は dB $\mu$ 、送信系では dBm と使い分けされていた時代がありました。ところが日本にも海外製の SG(Signal Generator)が入ってくると、dBm 表記が多くなってきました。いつの頃か急に dBm を使うようになったように記憶しています。

今回の記事では、 $\mu$ V、mW、dB $\mu$ 、dBm の関連性をお話しします。また、Dr. FB がアマチュア無線を始めた頃に不思議に思ったこと、つまり電源端子に負荷を接続しても端子電圧は低下しないのに、どうして SG の出力端子に負荷を接続すると端子の出力レベルが半分に低下するのか、これもお話しします。

### dB $\mu$ と dBm の関連性

通信系では、信号のレベルを表す単位として下の 2 つの表記がよく使われます。

1. 1 $\mu$ V を基準 (0dB) とした dB $\mu$
2. 1mW を基準 (0dB) とした dBm

ここで dB $\mu$  と dBm の関連を調べてみましょう。まずは、dBm。SG の出力端子にインピーダンス 50  $\Omega$  の負荷を図 1 のように接続します。その 50  $\Omega$  の負荷に 1mW の電力を生じたときの SG の信号レベルを 0dBm と定義しています。つまり、0dBm とは、1mW のことです。さらに 10mW は 10dBm、100mW (=0.1W) は 20dBm となります。

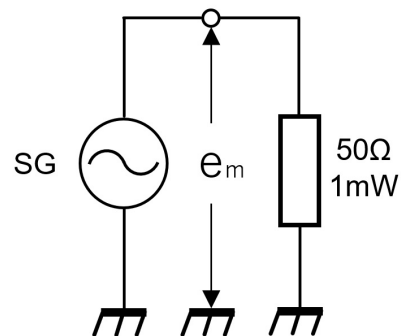


図 1 dBm の定義

次に dB $\mu$  との関連を考えるため、50  $\Omega$  の負荷の両端に生ずる電圧、つまり SG の出力レベル  $e_m$  を求めてみます。オームの法則の延長線上の計算でできます。50  $\Omega$  の負荷に 1mW を生じたのですから電圧とその負荷の値から電力 P は、(1) 式より導き出すことができます。(1) 式から  $e_m$  を求めた式が (2) 式です。

$$P = \frac{e_m^2}{R} \quad (1)$$

ここで  $P=1\text{mW} = 1 \times 10^{-3}$ 、 $R=50$  ですから、 $e_m$  を計算すると (2) 式のように  $e_m=0.224\text{V}$  となります。

$$e_m = \sqrt{RP} = \sqrt{50 \times 1 \times 10^{-3}} \cong 0.224 \text{ (V)} \quad (2)$$

$\text{dB}\mu$  の単位は、 $1\mu\text{V}$  を  $0\text{dB}$  と定義していることは先に述べました。上記 (2) 式で求めた  $0.224\text{V}$ 、つまり  $1\text{mW}$  に対する電圧レベルは何  $\text{dB}$  かを計算したのが下記 (3) 式で、 $107\text{dB}$  となりました。 $1\mu\text{V}$  を  $0\text{dB}$  と定義していますので、 $107\text{dB}$  も  $107\text{dB}\mu$  と基準にしているレベルを  $\text{dB}$  のあとに付けて基準は何かを分かりやすく表現しています。

$$20 \log \frac{e_m}{e_\mu} = 20 \log \frac{0.224}{1 \times 10^{-6}} \cong 107\text{dB} \quad (3)$$

逆に  $1\mu\text{V}$  を  $\text{dBm}$  で表すと (4) 式にあるように  $-107\text{dBm}$  となります。これも  $1\text{mW}$  の  $\text{m}$  の文字を取って、 $1\text{mW}$  が基準であることをわかるように  $\text{dB}$  のあとに  $\text{m}$  を付けて、 $\text{dBm}$  としています。対数の計算はここまでくると流石に関数電卓がないとできません。

$$20 \log \frac{e_\mu}{e_m} = 20 \log \frac{1 \times 10^{-6}}{0.224} \cong -107\text{dBm} \quad (4)$$

## ■ 解放端と負荷端について

$\text{dB}\mu$  と  $\text{dBm}$  の関連を調べるために簡単にその図を図 1 に示しました。ところが SG の出力の解放端電圧と負荷端電圧を考えると、図 1 では SG 側の等価回路は不正確で冒頭で課題としてお話ししましたように、負荷を接続するとレベルが低下するといったことの問題解決には使えないのです。SG の出力側から SG 内部を見たとき、我々が普段使う SG の出力インピーダンスは  $50 \Omega$  です。よって図 2 のように描くのが一般的な等価回路と言えます。

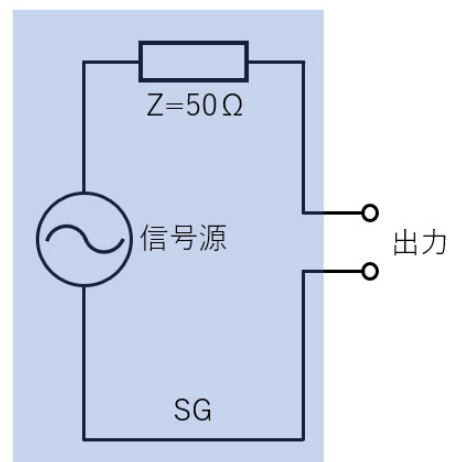


図 2 SG の等価回路

分かりやすいように信号源の電圧レベルを  $2\text{V}$  としましょう。途中で  $Z=50 \Omega$  が接続されていますが、信号源と内部インピーダンスを含めたものが SG となります。この図 2 で出力端子には何  $\text{V}$  が出てくるかを考えます。答えは、信号源と同じレベルの  $2\text{V}$  です。分かりそうで分かり難い問題です。

内部に  $Z=50 \Omega$  のインピーダンスが接続されていますが、出力端子には何も接続されていないので回路には電流は流れません。ここで考えなければならないのは、電圧は閉回路を構成していなくても存在するという事です。お店に売っているアルカリ電池には何も接続されていませんが、 $1.5\text{V}$  の電圧を保持していることで理解できます。

さて、この出力端に  $50 \Omega$  の負荷を接続してみます。その負荷をここでは、 $Z_L$  と表現することにします。そのときの回路は、図 3 のようになり、それを分かりやすく書き直すと図 4 のようになります。図 3 と図 4 は、形は異なりますが同じ回路です。

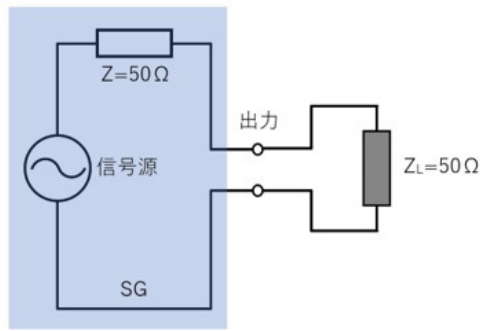


図3 SGにZL=50Ωの負荷を接続

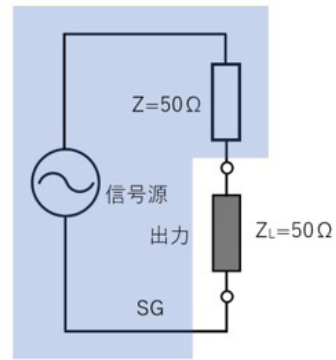


図4 図3を変形させた回路図

SGの信号源の電圧レベルは、2Vであると仮定しました。図4を見ると分かりますが、その2Vは、ZとZLの接続の両端に加わっています。つまり、Zの両端の電圧は、1V、ZLの両端の電圧も1Vとなることが分かります。

電圧レベルの半分をデシベルで表現すると-6dB。それを計算で示したものが下の(5)式となります。

$$20 \times \log \frac{1}{2} = 20 \times (\log 1 - \log 2) = 20 \times (0 - 0.3) = -6\text{dB} \quad (5)$$

### 50Ωの負荷を接続すると電圧レベルが半分になることの検証

SGで10MHz無変調の正弦波を発生させます。SGの出力に50Ωのダミーロードを接続したときと、しなかったときの波形をオシロスコープで観測します。

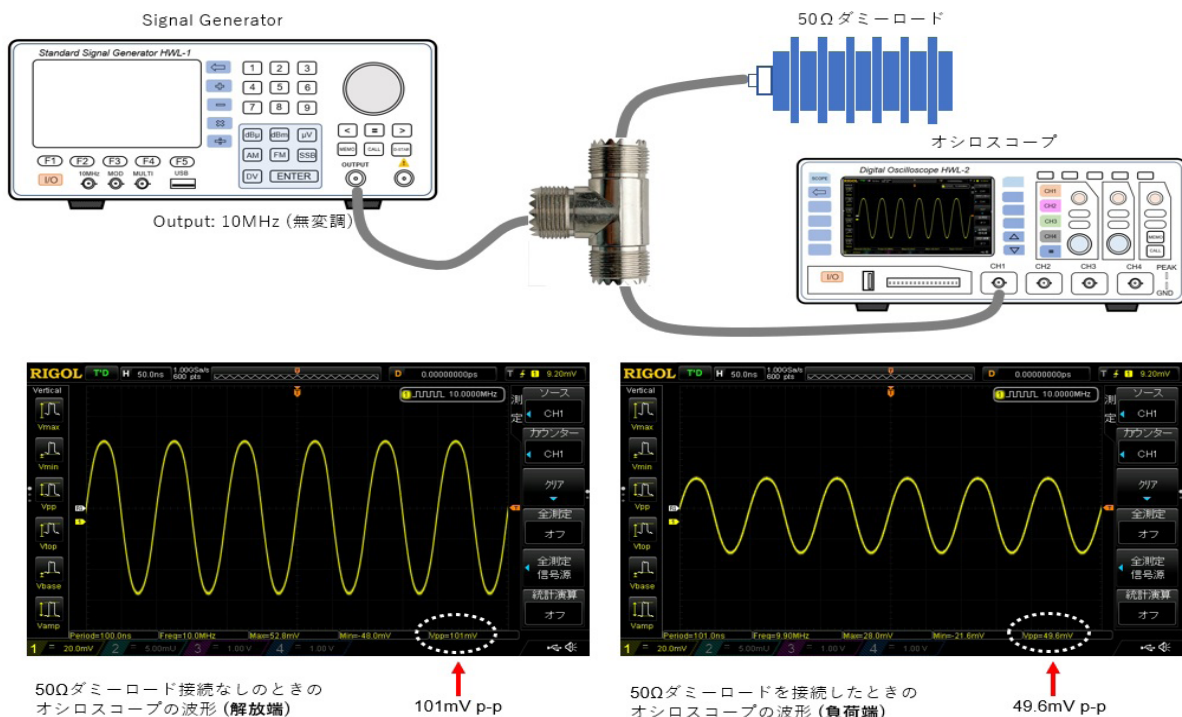


図5 SGの出力波形をオシロスコープで観測

図5では、ダミーロードを接続しなかったとき(無負荷・解放端)の波形のp-pは、約101mVでした。50Ωのダミーロードを接続すると、その負荷端の出力レベルは49.6mVになりました。計算通り、SGの出力は1/2になったことが分かります。