損失係数測定におけるFFT分析の必要分解能について

○ 小白井敏明
（リオン株式会社）

A requirement of spectrum resolution for measurement of loss factor by use of FFT analysis

(RION CO. LTD)

FFT 分析により周波数応答関数の共振点から損失係数を測定する場合、共振点の周波数分解能が損失係数の測定精度を決定する。ここでは計算によって示し、また実測例によって確認する。本題は平成３年６月と12月の計測分科会で分散して発表したものを再編して発表し直すものである。

Key Words：損失係数、半値幅法、周波数応答関数、共振点、離散的周波数、測定誤差

１．はじめに

１自由度共振系をモデルにし、FFT アナライザーで得られる離散的周波数でその周波数応答特性を測定したとき、半値幅法から損失係数を求める際の測定誤差を検討する。ここでは各周波数および振幅の測定誤差を含まないと仮定する。

２．誤差解析

損失係数は１自由度共振系をモデルにした次の周波数応答関数 $g(x)$ から半値幅法により求める。

$$g(x)=1/\{(x-1/x)^2+\eta^2\}^{-1/2} \qquad (1)$$

$$x=f/f_0 \qquad (2)$$

ここで f：周波数、f_0：共振周波数、

η：損失係数

この応答関数の最大振幅は

$$g(1)=1/\eta \qquad (3)$$

また振幅 $1/\eta$ の $1/2^{-1/2}$、すなわち-3dB 点の x は

$$g(x)=g(1)/2^{-1/2}\ ,\quad \eta\ll 1 \qquad (4)$$

より

$$x\fallingdotseq 1\pm\eta/2 \qquad (5)$$

x の幅△x は半値幅であり、x＝1 を中心として

$$\Delta x=\eta \qquad (6)$$

ここで△x の間を m 点の周波数で観測するために、実際に FFT 分析により周波数応答関数を η/m (Hz) 分解能で分析したとする。周波数軸を η/m (Hz) ピッチで周波数応答関数の共振点を細かく観測していると、共振点のピーク位置の周波数が η/m (Hz) ピッチの周波数に一致することはまれで、最大 $\eta/(2m)$ (Hz) だけずれる。したがってピーク値は最大値 $1/\eta$ より小さくなり

$$g(1+\eta/2m)=g(1-\eta/2m)$$
$$=1/\{\eta(1+1/m^2)^{-1/2}\} \qquad (7)$$

が見かけ上の最大振幅となる。この振幅の $1/2^{-1/2}$、-3dB 点の x は次式で得られる。

$$g(x)=g(1+\eta/(2m))/2^{-1/2}\ ,\quad \eta\ll 1 \qquad (8)$$

これより

$$x\fallingdotseq 1\pm\eta(1+1/m^2)/2 \qquad (9)$$

見かけ上の半値幅は誤差を伴って

$$\Delta x\,(\mathrm{error})=\eta(1+1/m^2) \qquad (10)$$

となる。以上は図１を参照。

(9)式の x は、実際には－３dB を境とする２本のスペクトルの周波数とレベルから例えば直線補間で計算できる。

上記スペクトルは間隔が η/m (Hz)、その周波