

## 付 録

### 1. 共振回路による周波数変動の観測

共振回路の急峻な周波数特性を利用して，周波数  $f$  の変動  $\Delta f$  を振幅変動に変換して観測する場合について検討する。共振周波数  $f_r$  の近傍周波数では，共振回路を伝達する周波数  $f$  の信号の振幅  $V(f)$  は次式で表せる。

$$V(f) = \frac{V_r}{\sqrt{1 + Q^2 \left( \frac{f}{f_r} - \frac{f_r}{f} \right)^2}} = (1 + x^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot V_r \quad (\text{A1.1})$$

ただし，

$$x = Q \left( \frac{f}{f_r} - \frac{f_r}{f} \right) \quad (\text{A1.2})$$

$Q$  は共振回路の  $Q$  の値， $V_r$  は共振時の電圧である。 $V(f)$  を  $n$  乗特性 ( $n=1,2$ ) の検波器で検出した場合について，計算する。検波器の出力電圧  $V_n$  は， $V(f)$  の関数で，簡単のため，比例係数を 1 とすれば，次式になる。

$$V_n = \{V(f)\}^n = (1 + x^2)^{\frac{n}{2}} \cdot V_r^n \quad (\text{A1.3})$$

周波数変化  $f$  に対する  $V_n$  の変化  $\Delta V_n$  を求めるため，この式を  $f$  で微分すると，

$$\frac{dV_n}{df} = \frac{\partial V_n}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial f} = -nx(1 + x^2)^{\frac{n-2}{2}} V_r^n \cdot \frac{\partial x}{\partial f} \quad (\text{A1.4})$$

ここで，扱う  $f$  の範囲は， $f_r$  の近傍で，

$$|f_r - f| \leq \frac{f_r}{Q} \quad (\text{A1.5})$$

とし， $Q$  が充分大きい（例えば，100以上）とすれば，次のように近似できる。

$$\frac{\partial x}{\partial f} = Q \left( \frac{1}{f_r} + \frac{f_r}{f^2} \right) \approx 2Q \cdot \frac{1}{f_r} \quad (\text{A1.6})$$

この関係を利用すると，(A1.3)，(A1.4)式から次式が得られる。

$$\left| \frac{\Delta V_n}{V_n} \right| = nx(1 + x^2)^{-1} \cdot 2Q \cdot \frac{\Delta f}{f_r} \quad (\text{A1.7})$$

この式より，同じ  $f$  に対して，この変化率が最大になるための条件は， $n=1$  でも  $n=2$  でも， $x = \pm 1$  である。これは，(A1.3)式より，観測する信号  $f$  の動作点を次のように設定することに対応する。

$$V_1 = \frac{V_r}{\sqrt{2}} \quad (n=1) \quad (\text{A1.8})$$

$$V_2 = \frac{V_r^2}{2} \quad (n=2) \quad (\text{A1.9})$$

( $n=1$ ) は，包絡線検波器または電圧測定器に相当し，( $n=2$ ) は，二乗検波器または電力測定器に相当する。従って，(A1.8)式と(A1.9)式は，両者共に，-3dBの位置を示している。

このとき， $V_n$  の変化率  $\Delta V_n/V_n$  は，これより，

$$\left| \frac{\Delta V_1}{V_1} \right| = Q \left| \frac{\Delta f}{f_r} \right| \quad (n=1) \quad (\text{A1.10})$$

$$\left| \frac{\Delta V_2}{V_2} \right| = 2Q \left| \frac{\Delta f}{f_r} \right| \quad (n=2) \quad (\text{A1.11})$$

すなわち，包絡線検波器の場合でも，二乗検波器の場合でも，周波数変動に対する感度は -3dB の位置が最大である。また， $V_n/V_n$  から  $f$  を求める式は，(A1.10)，(A1.11)式から，

$$\left| \frac{\Delta f}{f_r} \right| = \frac{1}{Q} \left| \frac{\Delta V_1}{V_1} \right| \quad (n=1: \text{包絡線検波器}) \quad (\text{A1.12})$$

$$\left| \frac{\Delta f}{f_r} \right| = \frac{1}{2Q} \left| \frac{\Delta V_2}{V_2} \right| \quad (n=2: \text{二乗検波器}) \quad (\text{A1.13})$$

## 2. ミキサ出力インピーダンスの測定

本ミキサの公称インピーダンスは  $50 \Omega$  である。規定の入力信号レベル，ローカル信号レベル， $50 \Omega$  の負荷インピーダンスで使用した場合， $50 \Omega$  に近い負荷に対してはミキサを Fig.A2.1 のように電源と内部抵抗  $R_0$  に構成される等価回路に置くことができる。負荷抵抗  $R_n$  から  $R_{n+1}$  変えると，負荷電圧の比を  $K$  とすれば， $R_0$  が次式で求められる。

$$R_0 = \frac{R_n R_{n+1} (1 - K)}{K R_n - R_{n+1}} \quad (\text{A2.1})$$

Table A2.1は， $R_n$ を34，48，41，51  $\Omega$  順に変えたとき電圧変化比の測定結果と式 (A2.1) による出力インピーダンス  $R_0$  の計算結果を表わす。表より，本実験で使われた動作上のミキサ出力インピーダンス  $R_0$  は  $25 \Omega$  程度であることがわかった。

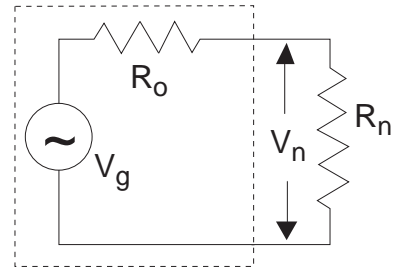


Fig.A2.1 Equivalent circuit of IF output port in mixer

Table A2.1 Measurement results of output impedance of mixer

n	$R_n$ ( $\Omega$ )	$V_n$ (mV)	K (= $V_{n+1}/V_n$ )	$R_0$ ( $\Omega$ )
1	34	8.661		
2	48	9.747	1.125	21
3	49	9.841	1.007	25
4	51	9.955	1.014	27