テレビジョン放送機の直線検波 周波数特性

東京芝浦電気株式会社 北 沢 誠

残留側波帯濾波器と組合せたテレビ放送機の出力を直線検波器で検波し、周波数特性を測定すると、1 MHz 付近で凹みを生ずる。ここではテレビ放送機の位相変調および残留側波帯濾波器の特性を変化させた場合の凹みの変化を検討する。

1. ま え が き

テレビ放送機の振幅周波数特性を直線検波器で測定した場合、1 MHz 前後で凹みを生ずる件については、文献 1) において解析されている。この文献によると、凹みは残留側波帯濾波器（以下 VSBF と略す）の位相特性によるもので、凹みの深さは 1.25 MHz の利得に対し 1.7 dB 程度となることが計算されている。

その後、各種のテレビ放送機について、この凹みの深さを検討してみると、ある放送機においては 1.7 dB 程度の凹みが生じるが、他の放送機においては 3 dB 程度の凹みとなる場合があり、また、ほとんど凹みの生じないものもあった。

この凹みの深さは、VSBF の減衰特性を変化させても大幅な変化が生じないことから、テレビ放送機本体（VSBF を除いたもの）にも、凹みの原因となるものがあるのではないかと考えられるようになった。

テレビ放送機では、搬送波を振幅変調する際に軽度の位相変調が生じることが知られている²⁾。筆者は文献 1) の考えにこの位相変調の影響を追加して計算を行ない、位相変調が凹みに深い関係があるとの結果を得たので、ここに報告する。

2. VSBF の特性計算式

VSBF の特性は、文献 1) で用いられた次の (1)～(5) 式を使用する。

〔振幅周波数特性〕

$$G = \frac{2}{[(y_a y_b + y_b y_c - 2)^2 + (y_a + y_b + y_c - y_a y_b y_c)^2]^{1/2}} \quad (1)$$

〔位相特性〕

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_a + y_b + y_c - y_a y_b y_c}{y_a y_b + y_b y_c - 2} \quad (2)$$

ただし、

$$y_a = a_a \frac{f}{f + f_2} \quad (3)$$

$$y_b = a_b \frac{f}{f + f_4} \quad (4)$$

$$y_c = a_c \frac{f}{f + f_6} \quad (5)$$

ここで f は搬送周波数を基準とした周波数 (MHz)、 a_a 、 a_b 、 a_c は VSBF の特性を決定する定数、 f_2 、 f_4 、 f_6 は下側側波帯で $G=0$ となる周波数で、本文では $f_2=1.31$ MHz、 $f_4=1.92$ MHz、 $f_6=3.58$ MHz とした。以下、表 1 に示す 3 種類の VSBF について検討を加える。これら VSBF の振幅・位相特性を図 6、図 8、図 10 に示す。

表 1 VSBF の定数
Constants of VSBF.

VSBF 番 号	a_a	a_b	a_c	下側側波 帯減衰 (dB)	-0.75 MHz での減衰 (dB)	+4.2 MHz での減衰 (dB)	特 性
1	1.19	2.00	1.87	34	1.8	0.54	図 6
2	0.68	2.00	1.87	30	0.5	0.76	図 8
3	0.47	1.39	1.29	22	0.1	0.14	図 10

VSBF の特性を判断する目安となるのは、-0.75 MHz での減衰である。表 1 中、VSBF 1 は -0.75 MHz での減衰を 1.8 dB と、実用されている VSBF の規格の下限ぎりぎりまでとったものであり、VSBF 3 は -0.75 MHz でほとんど減衰をとらぬものである。VSBF 2 は中間的な VSBF として -0.75 MHz の減衰を 0.5 dB 程度としたものである。実用されている VSBF のほとんどは表 1 中のどれかのタイプに似かよった特性をもつ

"Diode Demodulator Response of Television Transmitter" by Makoto Kitazawa (Broadcast Equipment Section, Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd., Kawasaki)

ていると考えられる。

3. テレビ放送機本体で生じる位相変調

テレビ放送機本体（VSBFを除いたもの）の出力搬送波は輝度レベルにより振幅変調されると同時に、軽度の位相変調が生じている²⁾。

図1(a)に位相変調を伴わず振幅変調波のベクトル図を示す。 $\vec{OB}$ は測定が行なわれる輝度レベルでの搬送波ベクトルであり、 $\vec{OA}$ は変調信号最大時の変調波ベクトル、 $\vec{OC}$ は変調信号最小時の変調波ベクトルである。変調波ベクトルの尖端は $\widehat{CBA}$ 間を動いており、各ベクトルは $\vec{OB}$ と同相になっている。もし、搬送波が輝度レベルにより位相変調されていれば、図1(b)のように、 $\vec{OB}$ を変調した場合、変調波ベクトルの尖端の軌跡は $\widehat{C'BA'}$ のようになり、変調波ベクトルは $\vec{OB}$ と同位相ではなくなる。ここで、振幅変調度が小さく、位相変調の度合いも小さい場合、近似的には、B点で軌跡 $\widehat{C'BA'}$ に引いた折線を変調波ベクトルの尖端が動くと考えてもよい。すなわち、図1(a)で $\widehat{CBA}$ 間で動いた変調波ベクトルの尖端が、図1(b)では $\widehat{C'BA'}$ 間で動くようになったと考えられる。この折線ベクトル $\vec{BA''}$ を基準として測定した $\vec{OB}$ の位相を β とし、図の矢印方向に測定し、進み位相を+、遅れ位相を-とする。この β は位相変調の大きさに関連し変化する角度である。

以後行なう計算は、振幅変調度 25%、 $|\beta|$ の最大が 20° 程度の範囲について行なうので、上記の折線近似で大幅な相違は生じないと考えられる。

図1 放送機本体で生ずる位相変調
Phase modulation of the transmitter proper.

4. VSBF 出力での直線検波出力

f なる周波数の変調波で変調された図2のような変調波ベクトルが、図3の特性をもつ伝送回路を通り、包絡線検波された場合の出力波形は、図4のベクトル図から次式のようになる。

$$y = \left\{ 1 + \frac{m}{2} G_1 \cos(\phi - \theta_1 + \beta) + \frac{m}{2} G_2 \cos(\phi + \theta_2 - \beta) \right\}^2$$

正弦波の40%レベルに対する
変調度=25%

図5 直線検波特性測定波
形
Measuring waveform for
diode detection.

図6 VSBF 1 の特性
Characteristics of the VSBF 1.

図8 VSBF 2 の特性
Characteristics of the VSBF 2.

図10 VSBF 3 の特性
Characteristics of the VSBF 3.

$$+ \left\{ -\frac{m}{2} G_1 \sin(\phi - \theta_1 + \beta) + \frac{m}{2} G_2 \sin(\phi + \theta_2 - \beta) \right\}^2 \Bigg\}^{1/2} \quad (6)$$

ただし、 m は変調度、 $\phi = 2\pi ft$ (t は時間)

ここで、 $\beta = 0$ とすれば (6) 式は文献 1) の (6) 式と一致する。

各周波数について、(6) 式による y の値の最大値と最小値との差を求めれば、直線検波器で検波したときの

図7 VSBF 1 の直線検波特性
Diode demodulation responses of the VSBF 1.

図9 VSBF 2 の直線検波特性
Diode demodulation responses of the VSBF 2.

図11 VSBF 3 の直線検波特性
Diode demodulation responses of the VSBF 3.

振幅周波数特性が得られる¹⁾。

直線検波器による測定は、BTS-7111 (NHK 放送技術規格、テレビ放送機の性能および試験方法) に定められている図 5 の波形で行なわれるので、変調度 m は 0.25 となる。文献 1) では $m=0.5$ としているが、その後 BTS で測定法が定められたので、このように変調度を変え計算することとした。

図 6, 図 8, 図 10 の 3 種の特性の VSBF につき、 β をパラメーターとした直線検波特性を算出すると、図 7, 図 9, 図 11 のようになる。

5. 位相変調が直線検波特性に及ぼす影響

図 7, 図 9, 図 11 を検討すると、次のことがわかる。

以下、1 MHz 付近での凹みを表わす場合、特に断りのない限り、-6 dB (f が非常に小さい場合の検波出力を 0 dB としている) からの偏差で表わすこととする。たとえば、凹み 1 dB というのは、-7 dB の検波出力を意味するものとする。

(1) 位相変調がなければ ($\beta=0$)、VSBF の特性を表 1 に示す程度の範囲で変化させても 1 MHz 付近での凹みは大幅に変化しない。

図 7, 図 9, 図 11 の実線のカーブから凹みの深さ、このときの周波数を読みとると、

VSBF 1 では 1.25 dB, 1 MHz

VSBF 2 では 1.62 dB, 1.05 MHz

VSBF 3 では 1.70 dB, 1.15 MHz

となる。-0.75 MHz の減衰が多い VSBF のほうが凹みは少くなるが、他の VSBF との差は約 0.5 dB 程度であり、さほど大きな差は出てこない。

(2) 位相変調により凹みの度合いは大幅に変化する。

$\beta < 0$ で凹みが大きくなり、凹みを生じる周波数が低くなる。

$\beta > 0$ で凹みが小さくなり、凹みを生じる周波数は高くなる。

β が $+15^\circ \sim +20^\circ$ 以上となると、凹みはさほど目立たなくなり、1.25 MHz 以上での検波出力が -6 dB より大となるものが現われてくる。これは f が非常に小さい場合の検波出力が β の影響により小さくなるためである。

同一 β で比較すれば、-0.75 MHz での減衰の多い VSBF のほうが凹みはわずかに少なくなり、凹みの生じる周波数が低いほうにずれてくる。

6. む す び

以上述べてきたように、1 MHz 付近の凹みは VSBF の特性自体にはあまり影響されず、放送機本体の位相変調により大きく影響されることがわかった。もし凹みを少なくすることを目的とするならば、 $\beta = +10^\circ \sim +20^\circ$ となるように、放送機のほうで位相変調を生じさせればよいこととなる (注: この β は位相変調の大きさではなく、図 1 に示した角度である)。しかし、放送機の位相変調は微分位相 (DP) 特性に密接な関係があり²⁾、凹みを小さくした場合に DP 特性が最良になるとは限らない。

DP 特性は画質に深い影響を及ぼすものであるが、凹みは画質に深い影響は及ぼしていない。したがって筆者は、凹みが極端に深く生じない限り、凹みよりは DP 特性に主眼を置いて放送機の調整を進めればよいと考えている。

最後に、本計算に関し種々有益な助言をいただいた倉石部長、黒木放送機課々員に感謝の意を表する。

(昭和 43 年 2 月 26 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 倉石: 残留側波帯る波器がテレビ放送機の諸特性におよぼす影響, テレビ誌, 14, 12 (1960) 534
- 2) T. M. Gluyas, Jr.: Television Transmitter Considerations in Color Broadcasting, RCA Rev., Sept. (1954) 312