

UDC 621.376.332.011.7

**FMFB復調器の準線形近似を用いた  
スレッシュホールド解析と設計  
—— 1次RCループフィルタ  
を用いた場合 ——**

岩波 保則† 根元 義章 佐藤利三郎

岩波保則, 根元義章, 佐藤利三郎: 正員 東北大学工学部情報工学教室

† 現在, 名古屋工業大学電気工学科

Threshold Analysis and Design of a FMFB Demodulator through Quasi-Linear Approximation. — The Case of the First Order RC Loop Filter —. By Yasunori IWANAMI, Yoshiaki NEMOTO and Risaburo SATO, Regular Members (Faculty of Engineering, Tohoku University, Sendai-shi, 980 Japan).

論文番号: 昭 56-294[B-88]

あらまし スレッシュホールド拡張形 FMFB 復調器のループフィルタが1次RCフィルタで与えられる場合の設計例を示す。

**1. まえがき**

先に, 筆者らは FMFB (FM feedback) 復調器の理論的な設計法を一層明らかにする目的から, 準線形近似を用いた FMFB 復調器のスレッシュホールド解析と設計法を報告した<sup>(1)</sup>。その中で設計例として, Enloe のループフィルタの場合を述べた。ここでは, 構成がより容易な1次RCループフィルタを用いた場合の設計例を述べ, その有効性を示す。なお, 本報告は文献(1)に引続くものであり, 詳しくは文献(1)を参照して頂きたい。

**2. 本文**

FMFB 復調器のブロック図を図1に示す。ループフィルタが1次RCフィルタで与えられる場合, 伝達関数  $L(s)$  は次式となる。

$$L(s) = c / (s + c) \tag{1}$$

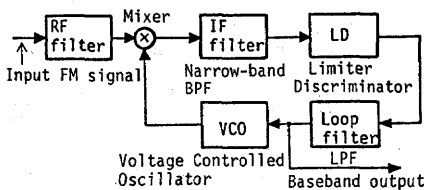
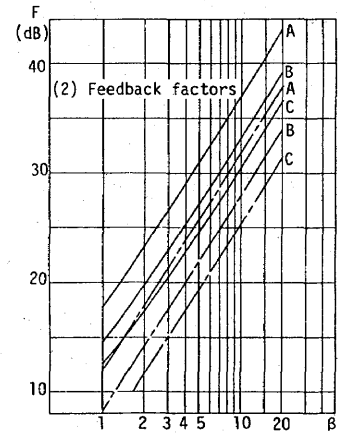
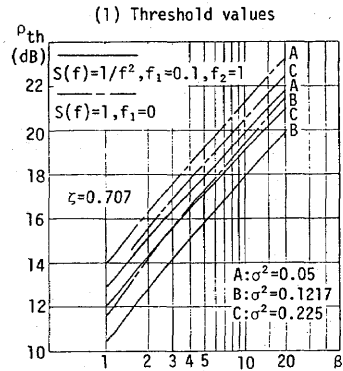


図1 FMFB復調器  
Fig.1-FMFB demodulator.



(3) Bandwidth of IF filter and loop filter constants

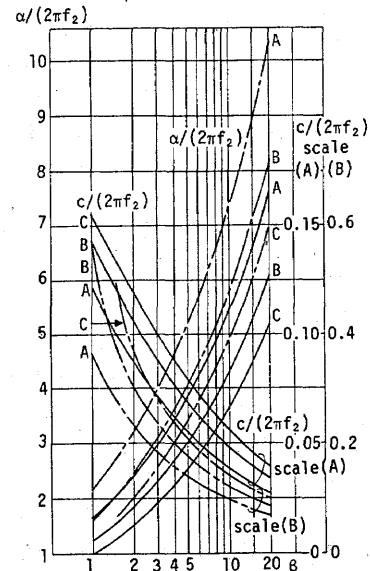


図2 本設計法による設計値  
Fig.2-Design parameters of this design method.

表1 Robertsの結果<sup>(2)</sup>との比較

	Robertsの設計値 <sup>(2)</sup>	i) 本スレッシュホールド解析法への適用	ii) 本設計法による設計値
共通パラメータ	$B_c = 2(1+4\beta)f_2$ , $\beta = 2.62$ , $f_1 = 0.057$ , $f_2 = 1.0$ , $\zeta = 0.546$		
$\alpha / (2\pi f_2)$	3.0	3.0	2.73
F	13.0 (dB)	13.0 (dB)	19.3 (dB)
$c / (2\pi f_2)$	1.0	1.0	0.306
$\omega_n / (2\pi f_2)$	3.66	3.66	2.78
(C/N) <sub>th</sub> (B <sub>c</sub> 帯域) ボトムチャンネル	6.7 (dB) (11.6)	6.56 (dB) < $\sigma^2 = 0.0656$ >	6.17 (dB) < $\sigma^2 = 0.0659$ >
トップチャンネル	4.1 (dB) (8.7) ( ) : LD's case	3.77 (dB) < $\sigma^2 = 0.0784$ >	3.32 (dB) < $\sigma^2 = 0.0785$ >

但し、 $c$  はシャ断角周波数。従って、FMFBの閉ループ伝達関数  $H(s)$  は、次式で与えられる。

$$H(s) = \frac{F-1}{F} \cdot \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (2)$$

$$\omega_n = \sqrt{F\alpha c}, \quad \zeta = (\alpha + c) / (2\sqrt{F\alpha c})$$

$$F = 1 + K$$

ここに、 $F$  は帰還係数 (feedback factor),  $\omega_n$ ,  $\zeta$  はそれぞれ閉ループ伝達関数の固有角周波数と制動係数,  $\alpha$  は単一同調形 IFフィルタの片側半値角帯域幅,  $K$  はループ利得である。

又、 $\alpha$  及び  $c$  が正の実数であることから、式(2)において次の関係が成立する。

$$\omega_n > \alpha / (2\zeta) \text{ 且つ } \zeta \geq 1/\sqrt{F} \quad (3)$$

すると、文献(1)の Enloe のフィルタの場合と同様、以上の式(1)~(3)を文献(1)3. のスレッシュホールド解析および設計法に適用し、スレッシュホールド値を最小にすべく、ループ定数の数値的な最適化を行うことで、図2(1)~(3)に示す設計値を得ることができる。

図2は、スレッシュホールド値、帰還係数、IFフィルタの帯域幅、ループフィルタの定数の設計値を示したものである。図2を文献(1)に示した Enloe のループフィルタの場合の設計値に比べると、i) スレッシュホールド値は若干高くなる、ii) 帰還係数は大きくなる、iii) IFフィルタの帯域幅は大きくなる、iv) 変調信号の電力スペクトル密度特性によってスレッシュホールド値が変わる、などの違いが明らかになる。これらは、総じて不利な点ではあるが、1次RCフィルタは、実用上十分有用であると思われる。又、表1は Roberts<sup>(2)</sup> が1次RCループフィルタを有する FMFB 復調器の設計を行っ

た結果<sup>†</sup>を、i) Robertsの得たループ定数を本スレッシュホールド解析法に適用して求めたスレッシュホールド値、ii) 本設計法によりループ定数を設計したときのスレッシュホールド値と比較したものである。表1のi)より、本方法は、Robertsの結果をほぼ満足するものであること、又、ii)より、本設計法の設計値は Robertsに比べ、帰還係数は大きく、ループフィルタの定数は小さくとなっているが、スレッシュホールド値は更に低くなることなどが分かる。

### 3. むすび

先に報告した文献(1)の FMFB 設計法を、1次RCループフィルタの場合に適用し、設計値を求めた。

又、Robertsの設計値<sup>(2)</sup>との比較を行い、本設計法の妥当性を確認した。本報告により、従来数少ない1次RCフィルタの場合の設計理論が更に明らかになった。今後、ループ定数の設計値からのずれの効果など、現実的な条件の考慮が必要と思われる。

謝辞 日ごろ御指導頂く名古屋工業大学池田哲夫教授および佐藤研究室の諸兄に感謝します。

### 文 献

- 岩波, 根元, 佐藤: "FMFB 復調器の準線形近似を用いたスレッシュホールド解析と設計", 信学論(B), J63-J, 12, pp.1224-1231 (昭55-12).
- Roberts, J.H.: "Frequency-feedback reciever as a low threshold demodulator in FM/FDM satellite systems", Proc. Inst. Electr. Eng., 115, pp.1607-1618 (1968).  
(昭和55年9月26日受付, 12月17日再受付)

<sup>†</sup> 240チャンネルFDM変調信号に対して行っている。なお、Robertsは、IFフィルタのひずみの査定に当っては、実験結果を用いている。