

Whistler 分散値のスペクトル表示

江口 博之*, 太田 健次*

Spectral Indication of the Dispersion of Whistler

Hiroyuki EGUCHI* and Kenji OTA*

(Received September 21, 1974)

The authors studied recently a simplified method of observing whistlers with an audio discriminator. The peak values of output voltage, which are obtained with the discriminator and a group of filters, are stored in the peak hold circuits. The dispersion of whistler can be calculated easily by finding the filter of the highest peak value in the circuits.

The result shows the following notices:

- 1) Output voltage of each filter should be selected in the range of frequency within the second harmonics.
- 2) The periodic time of the discriminator wave is desirable to be less than 0.3 sec.

1 まえがき

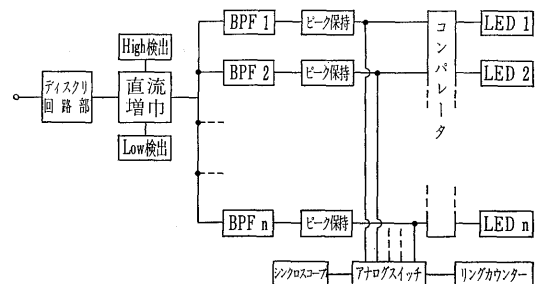
Whistler 分散値の簡易計測を行なうのに低周波ディスクリミネーターとBPFを用い、1個のWhistlerで1サイクルのディスクリ波形を作り、Wave Memoryとシンクロスコープでその波形の周期を測定することにより分散値を正確に求める方式を開発してきた。¹⁾

1サイクルのディスクリ波形を多数のBPF群に通し出力の比較を行ない最大出力電圧を示したBPFで波形の周波数を求めたが最大値のみで分散値を推定すると1). ディスクリのBPF ($f_1 \sim f_2$) 帯域において一部分Whistler成分がない場合。2). $f_1 \sim f_2$ の一部でWhistlerが重なって到来した場合。などに正しい分散値が求まらないので全部のBPFの出力電圧をスペクトル化し、各種の実験を行ない新しいデータを得たので報告する。

2 回路構成

第1図に全ブロック回路を示す。

ディスクリミネーター回路部でWhistler 1個に対して1サイクルの波形を作り直流増巾回路によって増巾し、



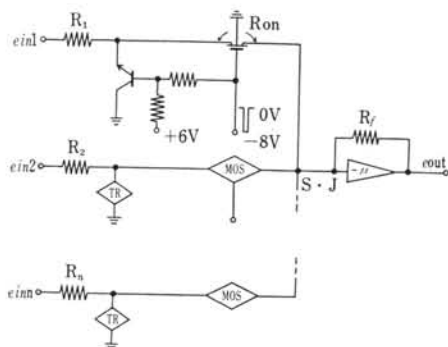
第1図 ブロック回路

$f_1 \sim f_2$ の帯域にWhistler成分が欠けていると出力電圧が一定値を越えないのでLow検出部、High検出部でチェックする。これにより $f_1 \sim f_2$ の全帯域にWhistler成分が存在するもののみ各BPFに並列にディスクリ波形を加え各BPFの最大電圧を保持させ、リングカウンタからのパルスによってアナログスイッチを順番に働かせその出力電圧をシンクロスコープ上に描かせる。

アナログスイッチは20chありBPFは18個であるので第1chをシンクロスコープのトリガーパルスに、第2chを基準電圧(0V)にし、第3chより各BPFの出力電圧を示すようにした。アナログスイッチは製作当時唯一

*電子工学科 (Department of Electronic Engineering)

の国産品で入手容易なNECの μ PC92を用いた。
アナログスイッチの原理を第2図に示す。²⁾



第2図 アナログスイッチの原理

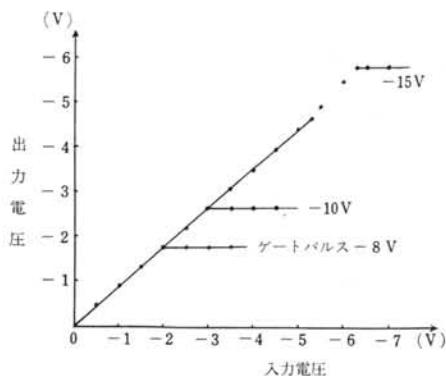
入力と出力間において直列にPチャンネルエンハンスメント形MOSFETを、入力と接地間にバイポーラトランジスタを設けてトランスファスイッチを構成している。ゲート電圧が $-8V$ のときMOS側は導通しバイポーラ側は遮断となりスイッチはON状態となる。よって

$$e_{out} = k e_{in}$$

但し k は R_1 , R_{ON} , R_f によって定まる定数

またゲート電圧が $0V$ のときMOS側は遮断しバイポーラ側は導通となりスイッチはOFF状態になる。このときMOSFETのオペアンプ側S・J点は仮想接地であり入力演算インピーダンス側はバイポーラトランジスタにより接地電位に保たれているので残留電圧（数 mV ）が加わるのみでソース・ドレイン間にはほとんど電圧が加わらず漏れ電流を非常に小さくでき、遮断抵抗として $1000M\Omega$ にもなる。

これを利用すると、1) 信号源と駆動側の直流的アイソレーションがよい。2) OFF状態の抵抗値が非常に高い。3) 単一波でON, OFFが簡単に行なえ応答も $10KHz$ のスイッチングが可能。4) オペアンプの増巾回



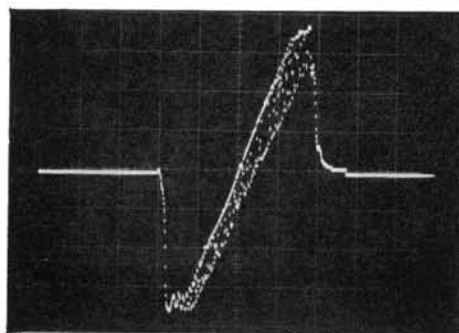
第3図 μ PC92の入出力電圧特性

路を用いればON状態の残留抵抗 R_{ON} が演算精度上無視できる。 μ PC92の駆動パルス電圧は $-8V$ が標準であるが入出力電圧のダイナミックレンジを広くするため $-15V$ で駆動している。この入出力電圧特性を第3図に示す。なおP型MOSFETであるので入力は負電圧でなければならないのでBPF出力電圧を反転回路に通し、またスイッチングはリングカウンタによって行ない、これも反転し $-15V$ でゲートパルス電圧としている。

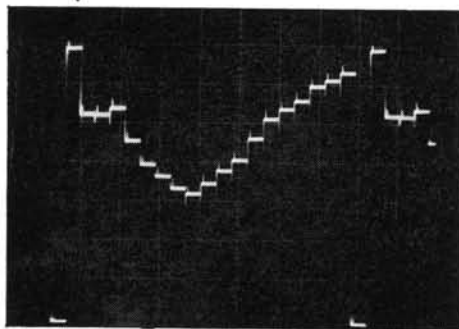
出力電圧は入力電圧が $0V$ より $5.3V$ まで直線関係で非常によく近似されている。一方BPFの出力は $5V$ 以内で調整してあるので問題はない。

3 測定結果

写真1にスイープジェネレータによって作られた擬似



基準電圧 ($0V$)



シンクロトリガーパルス

写真1 ディスクリ波形とBPF出力のスペクトル

Whistlerによるディスクリ波形と各BPFの出力電圧を示す。

ディスクリ波形は $f_1=4.27KHz$, $f_2=2.07KHz$ 間で1サイクルしているので

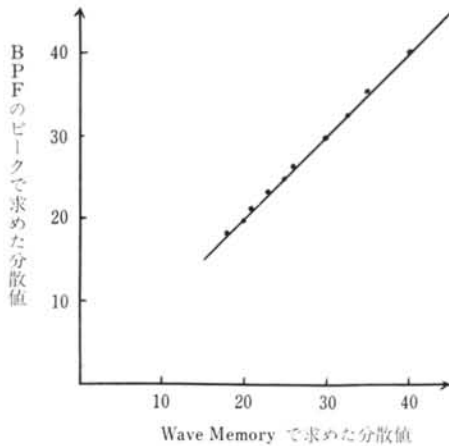
$$D = \frac{T(s)}{\frac{1}{\sqrt{f_2}} - \frac{1}{\sqrt{f_1}}} \quad (1)$$

但し T は f_2 から f_1 に変化するまでの時間

(1)式より $D=149.79T(s)$ また、Wave Memoryの書き

込み速度は $0.5 \times 10^{-8} \text{ sec/word}$ 、読み出し速度は $20 \times 10^{-6} \text{ sec/word}$ だから $D=3.75 \times T(\text{ms})$ となる。シンクロスコープの掃引は 2 ms/div であるから $D=31.5$ となる。

また BPF スペクトルは左よりシンクロスコープのトリガーパルス、基準電圧 (0 V)、8.2Hz、7.4Hz、7.0Hz、6.4Hz、6.0Hz、5.6Hz、5.0Hz、4.6Hz、4.2Hz、3.7Hz、3.3Hz、2.7Hz、2.3Hz、2.1Hz、1.9Hz、1.7Hz、1.3Hz、0.93Hz で第8番目の BPF 4.6Hz がピ



第4図 分散値の比較

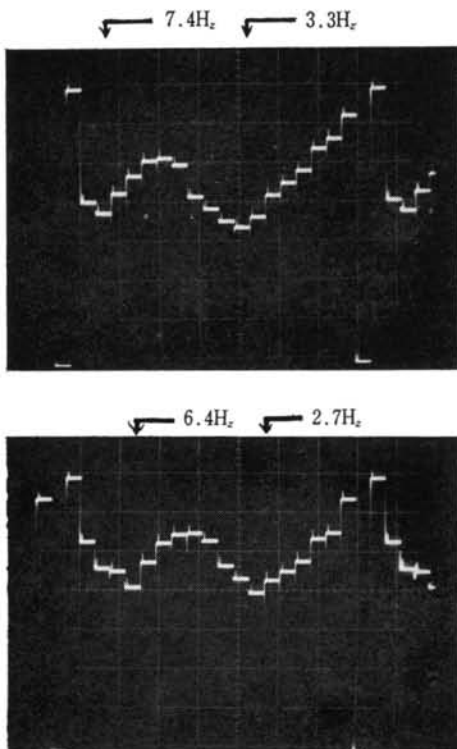


写真2 基本波と高調波によるピーク

ーク値を示しているので $D=149.79/F$ より $D=32.6$ となる。

同様にして求めた分散値の比較を第4図に示す。

しかしこの擬似 Whistler でも 3.3Hz がピーク値になるとその高調波に相当する周波数の BPF 出力にもう一つのピークが出て来る。さらに低くなると高調波もそれにつれて移動する。これらの高調波による BPF 出力電圧は基本波のピーク値を越してはいないが実際の Whistler では Tweak による高周波成分も多く含まれるので高調波のピーク値が基本波の出力よりも大きくなる場合も考えられる。またディスクリ波形は1サイクルだけであるのでその周波数が低くなればなるほど BPF の応答特性により出力は小さくなる。以上のことにより 3Hz 以下で求まる分散値は示していない。写真2に基本波のピーク値と高調波によるピーク値の状態を示す。

4 検討

各 BPF 出力中ピーク値を示す BPF のみを発光ダイオードで表示する方式を開発していたときはディスクリ波形の基本周波数のみを考えていたので今回のスペクトル化して初めて高調波による出力が基本波の出力とほとんど差がないほど接近していることが判かり意外であった。これは山岡町での Whistler が 30~40 の分散値で短期間の観測によって得られたデータであったので 40 以上の Whistler がなく Tweak があっても高調波にさほど

BPF の 中心周波数	分散値		
	$f_1=4.27\text{kHz}$	$f_1=5\text{kHz}$	$f_1=6\text{kHz}$
	$f_2=2.07\text{kHz}$	$f_2=3\text{kHz}$	$f_2=4\text{kHz}$
3.7Hz	40.5	65.7	93.2
4.2Hz	35.7	57.9	82.1
4.6Hz	32.6	52.8	74.9
5.0Hz	30.0	48.6	68.9
5.6Hz	26.7	43.4	61.5
6.0Hz	25.0	40.5	57.4
6.4Hz	23.4	38.0	53.9
7.0Hz	21.4	34.7	49.2
7.4Hz	20.2	32.8	46.6
8.2Hz	18.3	29.6	42.0

第1表 3種類のディスクリによる分散値

影響されなかったこと、低緯度の Whistler 観測を主体に考えているので60以上の分散値を軽視したことなどより気が付かず見逃していた。

Whistler 分散値の出力をスペクトル化したことにより、1) ディスクリによって作られた1サイクル波形は第2高調波までのBPF出力で比較すること、2) BPFの設計の難易度からまた応答特性からもディスクリ波形周期が最も大きな分散値に対しても0.3sec以内にすること、が判った。これらより $f_1=4.27\text{kHz}$, $f_2=2.07\text{kHz}$ によって作られるディスクリ波形でBPFの出力を比較して分散値を求める方式では $D=40$ まででありそれ以上の分散値を求めるには f_1 , f_2 をより高い周波数に移した方が信頼性が高くなる。一例として3.7Hzより8.2Hzまで10個のBPFで f_1 , f_2 を現在の4.27kHz $\sim$ 2.07kHzから5kHz $\sim$ 3kHz, 6kHz $\sim$ 4kHzに選ぶときの分散値表を第1表に示す。

この3組のディスクリによって作られた1サイクルを比較することにより18から93までの分散値が解析でき、2

kHz $\sim$ 6kHzの一部に Whistler 成分がない場合、また Whistler が続けて到来した場合などは各組のディスクリによって求まる分散値が異なるので簡単にチェックできる。

現在5kHz $\sim$ 3kHz, 6kHz $\sim$ 4kHzのディスクリを増設中であり、アナログスイッチも多種市販されるようになったのでさらに高い信頼性を求めて改良できるものと考えている。

5 謝 辞

この研究は本学の特別研究費と奨励研究費の御援助で行なっているもので大学当局と金原 淳主任教授の御尽力に厚く感謝します。

なお本研究を行なうにあたり48年度卒研生の大沢 健君の協力を謝意を表します。

文 献

- 1) 江口・太田：中部工大紀要 第9巻・A(1973)
- 2) NEC集積回路技術資料 IEA-019A(1973)

Errata (正誤表)

Page (ページ)	Column (列)	Line (行)	Should read (正)	Instead of (誤)
23	right(右)	17	layer	ayer
23		29	solutions	solutions
55		12	following	follwing
66		11	Circuit	Circiut
117		20	$E_t - E_{25} = \dots\dots\dots$	$Et - E_{25} = \dots\dots\dots$
129		3	Noriyoshi MORITA*	Noriyoshi MORITA
133		21	Equilibrium	Fquilibrium