

パラメトリック再生ヘッドを用いた 低周波用磁気記録再生装置

丹野 頼元*・柄澤 孝一**

Magnetic Tape Recorder for Low Frequency with a Parametric Reproducing Head

Yorimoto TANNO* and Kouichi KARASAWA**

This paper describes a magnetic tape recorder for low frequency signals with a parametric reproducing head. It is difficult for magnetic tape recorders used widely now to reproduce low frequency signals in principle, because they reproduce differential induced voltages only. However, the parametric magnetic reproducing head which the authors have developed can reproduce a constant output voltage independent of signal frequency, but in proportion to recording current in principle. We made a magnetic tape recorder with this head and measured its characteristics. Experimental results with the developed system show that it is possible to record and reproduce low frequency signals to 100Hz and 1mAp-p.

1. ま え が き

われわれは、パラメトリック発振現象を利用した磁気記録再生ヘッドについて研究してきた¹⁾。このパラメトリック再生ヘッドは再生ヘッドと時変キャパシタの並列共振回路で構成され、記録媒体の磁束に応答した再生出力を得る。したがって、直流から高周波まで記録信号周波数と無関係に一定の、また記録電流に比例した再生出力を得ることができる。

従来の磁気記録再生方式では、磁束の微分誘起電圧を再生出力として検出している。そのため、低周波帯域の再生が困難であり、原理的に直流の再生は不可能である。

一方、生体信号、各種機械的振動等は低周波帯域の成分が多く、近年このような超低周波信号の記録再生の必要性が多くなっている。ところが、このような信号の記録再生には、従来の方式の磁気記録再生装置は使用できない。そこで、われわれはパラメトリック再生ヘッドを使用して、直流から100Hzまでの信号を記録再生する磁気記録再生装置を試作した²⁾。本論文には、この装置の回路構成と電気的特性が述べられている。そして、本装置が低周波信号の記録再生に有用であることを明らかにしている。

2. 回 路 構 成

図1は、今回試作したパラメトリック磁気記録再生装置の構成図である。記録ヘッドと

* 電気電子工学科 教授

** 大学院修士課程学生

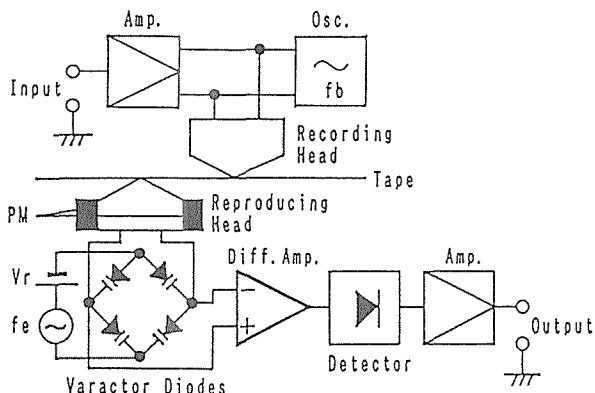


Fig. 1 Configuration of parametric tape recorder

再生ヘッドは同一のものでよいが、本装置では別々のヘッドを用いている。

記録には、従来の交流バイアス方式を用いている。入力信号は増幅回路によって増幅され、記録ヘッドに加えられる。同時に、発振回路より記録ヘッドに交流バイアス電流が加えられ、テープの記録媒体に信号が記録される。

再生回路は、再生ヘッド、バラクタダイオード、差動増幅回路、復調回路及び増幅回路より構成されている。再生ヘッドはバラクタダイオードに並列に接続されており、再生ヘッドのインダクタンスとバラクタダイオードのキャパシタンスはパラメトリック発振回路を構成している。バラクタダイオードは図1のように4つのダイオードがブリッジに組み立てられており、直流逆バイアス電圧と周波数 f_e の励振用交流が加えられている。これによって、バラクタダイオード回路は、周波数 f_e で大きさが変化する時変キャパシタとして動作する。

パラメトリック発振回路が、

$$\gamma^2 \geq \delta^2 + \alpha^2 \quad (1)$$

の発振条件を満足しているとき、パラメトリック発振回路は、次式で与えられる周波数 $f_e/2$ の電圧を生じる。

$$V\omega = \left\{ \frac{1}{\beta_0} (\sqrt{\gamma^2 - \delta^2} - 1 + \frac{1}{(\omega_e/2)^2 LC_0}) \right\}^{1/2} \quad (2)$$

ここで、 C_0 は時変キャパシタの固定容量、 L はヘッドのインダクタンス、そして R は回路の損失である。 γ はキャパシタンスの変化率であり、 β_0 は時変キャパシタンスの非線形係数である。また、 α と δ は次式で与えられる量である。

$$\alpha = 1 - \frac{1}{(\omega_e/2)^2 LC_0}, \quad \delta = \frac{1}{(\omega_e/2)^2 C_0 R}$$

再生ヘッドのインダクタンス L は、ヘッドに加えられる直流磁界 H_{DC} によって図2のように変化する。ここで、図示の H_b 点が動作点として設定される。本装置では、この動作点を与えるために図1に示すように、再生ヘッドに永久磁石 PM が取り付けられている。この状態において、信号電圧 V_s で記録されたテープが再生ヘッドを走行すると、これに比例した磁界 H_s がヘッドに印加され、ヘッドのインダクタンスは次式のように変化

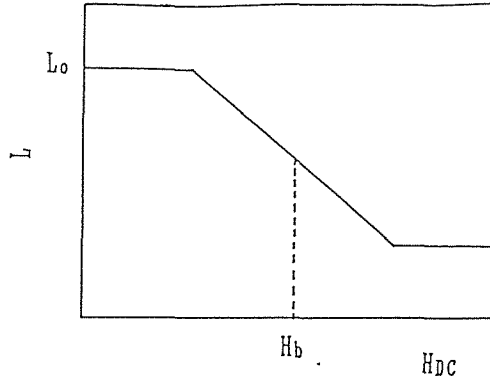


Fig. 2 Variation of inductance L versus DC magnetic field

する。

$$L = L_o - K(H_b + H_s) \quad (3)$$

したがって、式(2)のパラメトリック発振電圧は、

$$V_w = V_c + \frac{K}{2V_c\beta_o(\omega_e/2)^2 C_o(L_o - KH_b)^2} V_s \quad (4)$$

となり、記録信号電圧 V_s に応じた振幅変調電圧となる。これを復調し増幅すると、次式で与えられる再生出力電圧 V_o が得られる。

$$V_o = \frac{\eta KA}{2V_c\beta_o(\omega_e/2)^2 C_o(L_o - KH_b)^2} V_s \quad (5)$$

ここで、 η は復調効率、 A は増幅回路の利得である。この式より明らかなように、記録信号に比例し、記録周波数に無関係に直流から高周波まで一定の再生出力が得られる。

2.1 交流バイアス・時変キャパシタ励振用発振回路

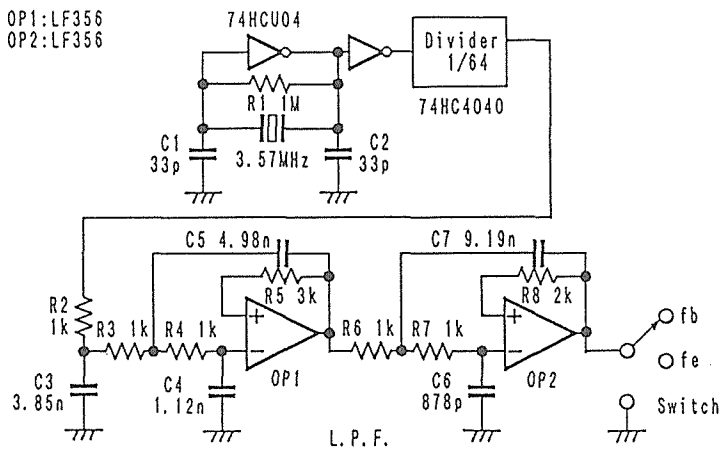


Fig. 3 Oscillator for AC bias and excitation of time variable capacitor

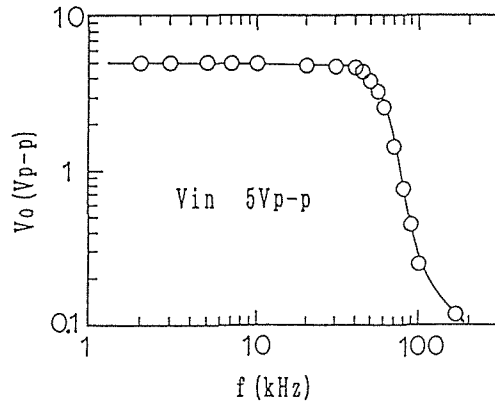


Fig. 4 Characteristics of output voltage V_o versus frequency f

本装置には、交流バイアス用と時変キャパシタ励振用の発振回路が必要である。図3は、このための発振回路である。3.57MHzの水晶振動子と発振用インバータ IC 74HCU04を用いて、方形波発振出力を得る。これを分周用 IC 74HC4040を用いて1/64に分周し、これを5次のバターワース形の低域通過フィルタ L. P. F. により高調波分を除去して55.9

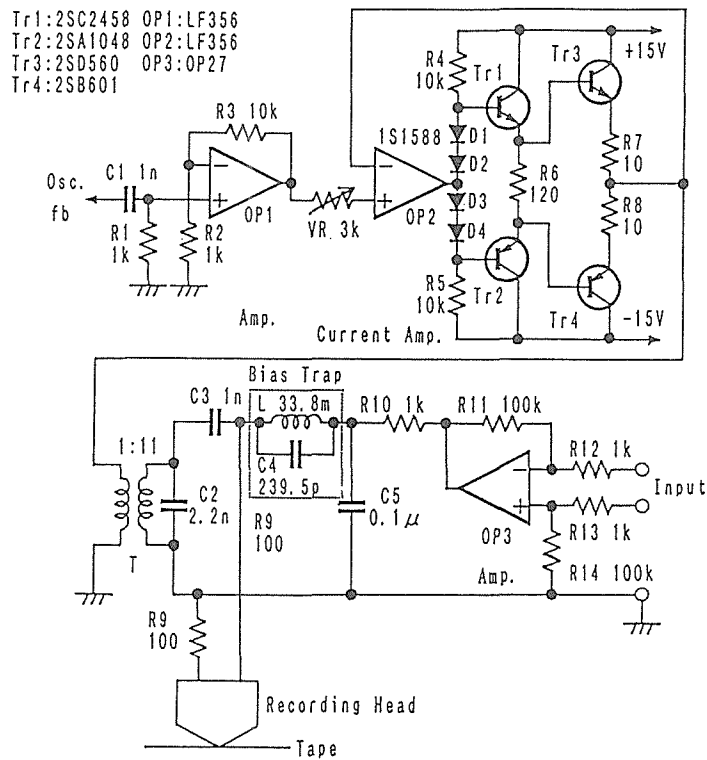


Fig. 5 Magnetic recording circuit

kHzの正弦波出力としている。出力は歪み率が0.22%であり、5Vp-pの交流分に2.5Vの直流分が重畳されている。図4はL.P.F.の特性である。この出力が交流バイアス回路及び時変キャパシタ励振回路へ加えられる。

2.2 磁気記録回路³⁾⁴⁾⁵⁾

磁気記録回路は、記録ヘッドに必要な入力信号電流及び交流バイアス電流を流すための信号増幅回路及び交流バイアス電流増幅回路より構成される。図5は磁気記録回路である。

入力端子に加えられる信号電圧は、OP3で構成される差動増幅回路で増幅され、バイアストラップ回路を経て記録ヘッドに加えられる。OP3は超低雑音用オペアンプOP27を使用し、40dBの電圧利得を得ている。記録ヘッドは、市販のカセットテープレコーダのヘッドを使用している。図6は入力電圧に対する記録ヘッドに流れる記録電流特性である。また、図7は信号周波数に対する記録電流特性である。

交流バイアス電流増幅回路は、OP1、OP2及びTr1~Tr4で構成されている。発振回路より加えられる交流バイアス用電圧には直流分が含まれているので、C1とR1による高域通過フィルタによって直流分をカットしている。そして、バイアス電圧はOP1の回路

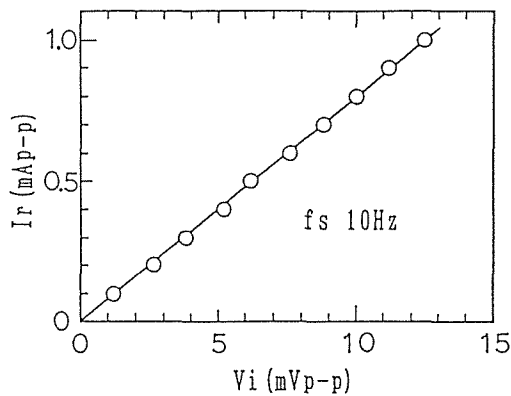


Fig. 6 Characteristics of recording current I_r versus input voltage V_i

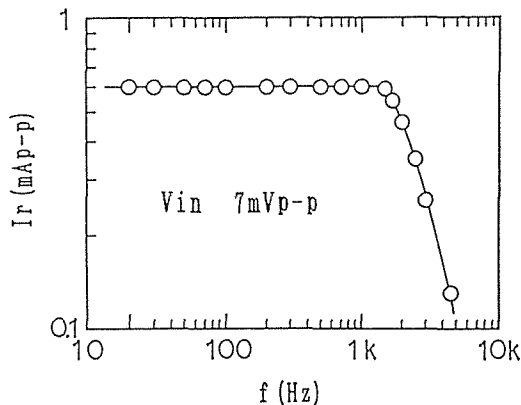


Fig. 7 Characteristics of recording current I_r versus frequency f

で20.8dB増幅され、電力増幅回路に加えられる。Tr1とTr3及びTr2とTr4は相補対のトランジスタであり、これらがダーリントン接続されて、必要なバイアス電流を得ている。トランスTはインピーダンス整合用であり、増幅回路はバイアス周波数55.9kHzにおける記録ヘッドのインピーダンス7k Ω と整合している。ダイオードは、スイッチング歪みを補正するために用いられている。L1とC4による並列回路はバイアストラップであり、交流バイアス電流がOP3に流れないで記録ヘッドに効率よく流れるために用いられている。

図8は、信号周波数100Hz、500Hz及び1kHzの信号を記録電流 $I_r = 0.6\text{mA}_{p-p}$ で記録したとき、交流バイアス電流 I_b に対する同一ヘッドによる再生微分誘起電圧 V_d の特性である。この特性より、交流バイアス電流は7mA $_{p-p}$ に設定している。図9は、記録電流 I_r に対する同一ヘッドによる再生微分誘起電圧の特性である。図10は、記録信号周波数 f_s に対する同一ヘッドによる再生微分誘起電圧の特性である。

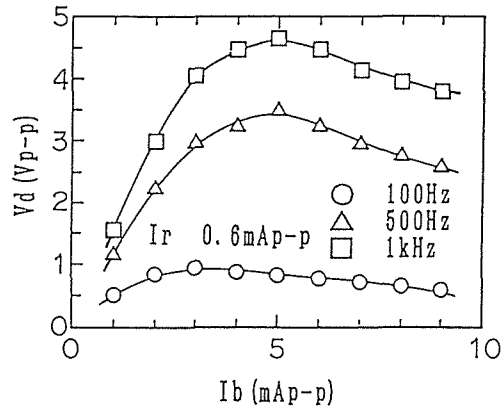


Fig. 8 Characteristics of differential induced voltage V_d versus AC biasing current I_b

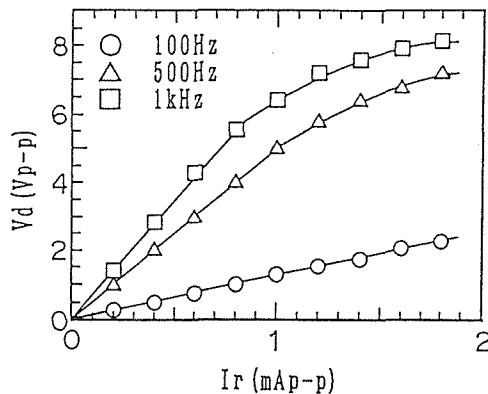


Fig. 9 Characteristics of differential induced voltage versus recording current I_r

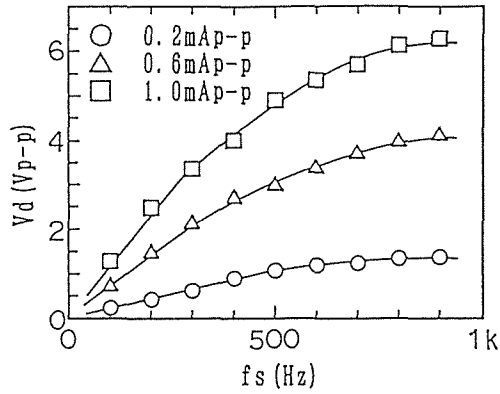


Fig. 10 Characteristics of differential induced voltage V_d versus signal frequency f_s

2.3 パラメトリック磁気再生回路

図11は、パラメトリック磁気再生回路である。回路は、再生ヘッド、減算回路-1、時変キャパシタ回路、差動増幅回路、復調回路、L. P. F., 減算回路-2及び増幅回路より構成

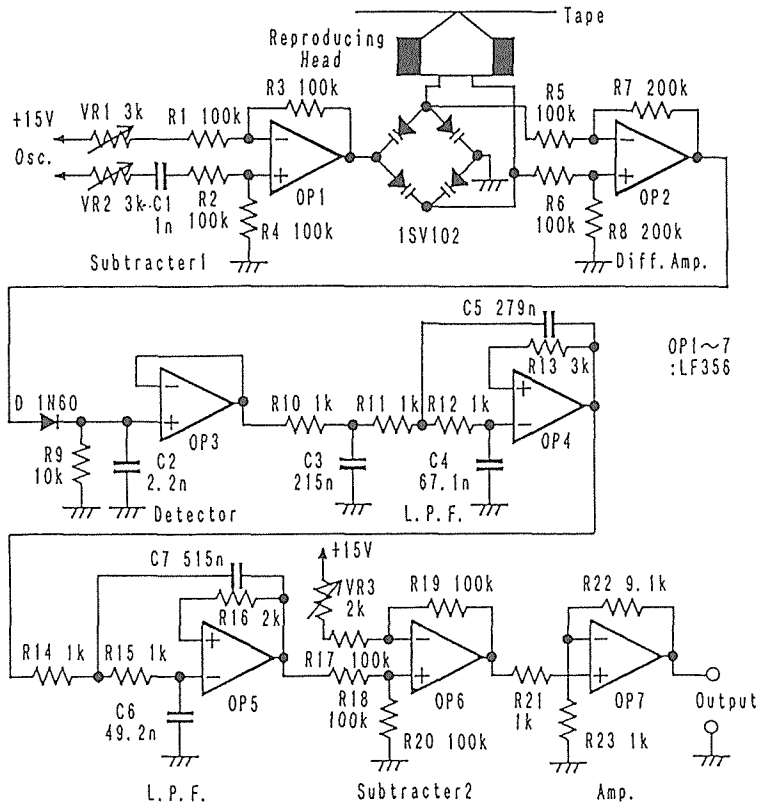


Fig. 11 Parametric magnetic reproducing circuit

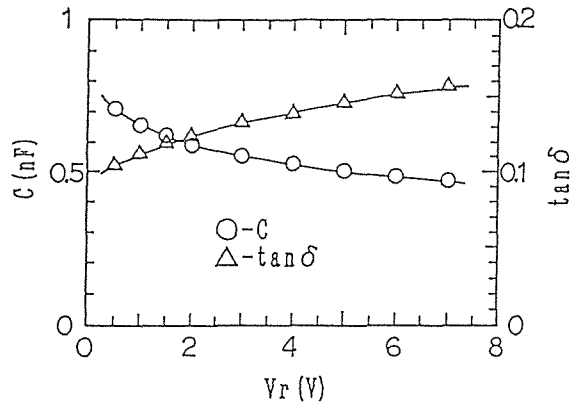


Fig. 12 Characteristics of capacitance C versus reverse voltage V_r

成されている。再生ヘッドは、市販のカセットテープレコーダのヘッドを使用し、これに永久磁石 PM を付加して動作点 H_b を与えている。時変キャパシタ回路は、4つのバラクタダイオード 1SV102 を用いている。この時変キャパシタのキャパシタンス C と $\tan \delta$ は、逆バイアス電圧 V_r に対して図12のように変化する。逆バイアス電圧は、発振条件を満足させるため 0.5V に固定し、これに 55.9kHz, 1.9Vp-p の交流電圧を加えて時変キャパシタを励振する。

減算回路-1 は図3の時変キャパシタ励振用発振回路からの入力をもつ、この逆バイアス電圧値と励振電圧値に調整するための回路である。図13は、パラメトリック発振電圧特性である。励振周波数 f_e を低周波から高くしていくと、52.3kHz で発振電圧を生じる。さらに周波数を高くするとその値は減少し、ついに 57.5kHz で発振電圧は零となる。逆に、励振周波数を高いほうから減少すると、45.7kHz で発振は停止する。この特性より、励振周波数は 55.9kHz としている。この状態で記録されたテープがヘッド上を走行すると、発振電圧は振幅変調電圧となる。

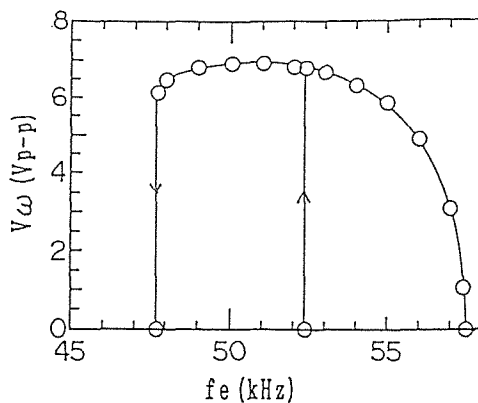


Fig. 13 Characteristics of oscillation voltage V_{ω} versus excitation frequency f_e

再生ヘッドと時変キャパシタで構成される共振回路は平衡回路であり、また時変キャパシタの励振周波数が出力に現れないようにするため、差動増幅回路が用いられている。この回路の電圧利得は6dBである。増幅回路の出力は、包絡線復調回路に加えられ、その出力の高調波成分が遮断周波数900Hzの5次バターワース形低域通過フィルタ L. P. F. で除去される。図14は、L. P. F. の周波数特性である。減算回路-2は、復調回路で生じる直流分を零にするために用いられている。最後に、電圧利得20dBの増幅回路で増幅して、出力を得ている。

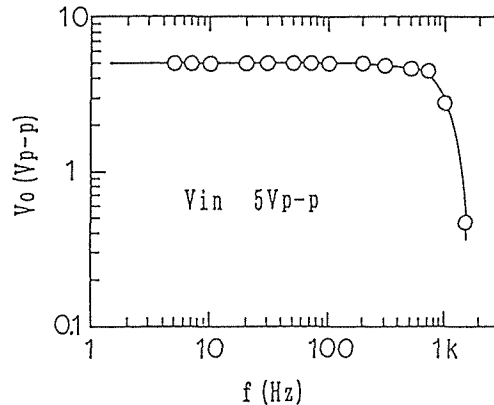


Fig. 14 Characteristics of output voltage V_o versus frequency f

3. 装置の特性

装置は、記録媒体としてノーマルテープを使用し、4.8cm/sの速度で走行させている。図15は記録電流 I_r に対する再生出力電圧 V_o の特性である。

図より明らかなように、記録電流が約1mA_{p-p}まで、記録電流に比例した再生出力電圧が得られている。

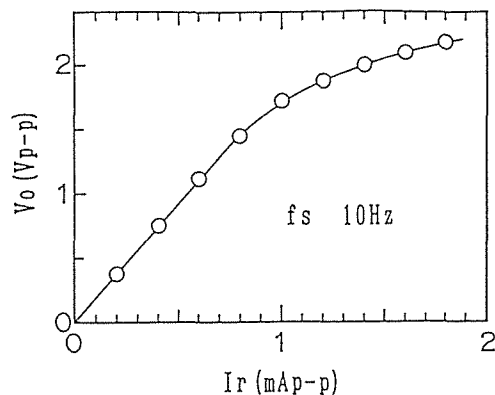


Fig. 15 Characteristics of reproducing output voltage V_o versus recording current I_r

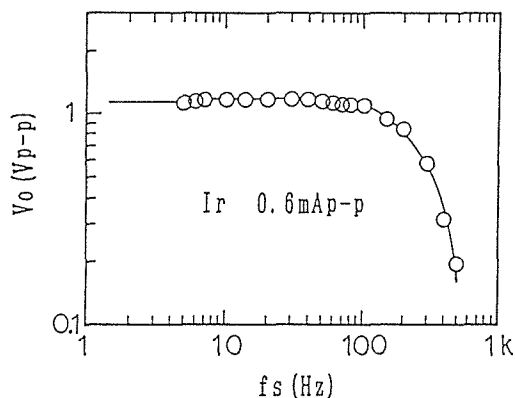


Fig. 16 Characteristics of reproducing output voltage V_o versus signal frequency f_s

図16は、信号周波数 f_s に対する再生出力電圧の特性である。100Hz までの低周波帯域において、一定の出力が得られている。

4. む す び

パラメトリック発振現象を利用した磁気再生ヘッドを用いて低周波用磁気記録再生装置を製作し、その電気的特性を測定した。まず、パラメトリック磁気再生ヘッドの原理を述べ、装置の各部の回路について説明している。そして、測定した電気的特性を示し、入力信号電圧0~12.5mV_{p-p}の範囲で入力に比例した再生出力が得られることを明らかにしている。さらに、設計通りに直流から100Hzの周波数範囲において、入力信号周波数とは無関係に一定の再生出力電圧が得られていることを示している。

以上より、本装置は十分実用的であり、従来の再生方式では困難であった低周波用信号の記録・再生に応用できると考えられる。

文 献

- 1) 丹野, 西田: “低周波用パラメトリック磁気記録再生装置”, 日本応用磁気学会誌, 12, 121-124 (1988)
- 2) 丹野, 柄澤: “低周波用パラメトリック磁気記録再生装置の特性”, 平3 電学全大, No. 1729
- 3) 家電製品協議会: “ビデオとテープレコーダ”, 日本放送出版協会 (1990)
- 4) 阿部: “テープレコーダ”, 日本放送出版協会 (1973)
- 5) 松本, 伊藤, 森迫: “磁気記録工学”, 共立出版 (1990)