

直流増巾に就いて

松 山 潔

ON THE D. C. AMPLIFICATION

Kiyoshi MATSUYAMA

1. は し が き

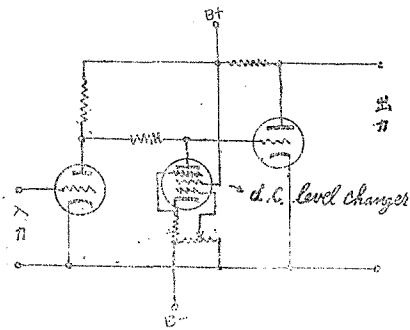
極めて緩やかに変化する微小直流の増巾は物理学、生物学、医学等の電気工学関係以外に於て多く問題にされ、むしろ電気屋間に於ては案外省られて居ない様に感ぜられる。然し乍ら一見簡単の様で電気工学(技術)的にも少しく特異な問題点が存在する。

それらの点に就き試作増巾装置を中心に簡単な報告をする次第である。

2. 直流増巾の問題点

微小直流の増巾法には大きく分けて、直流を直接そのまま増巾する直接法と、一度他の形に変換して増巾する間接法とに考えられ、夫々一長一短がある。

直接法につき直結型を例に問題点を取上げて見ると、大きな一つとして電源問題がある。即ち増巾段数を重ねて行くのに負格子へ前段の高圧が附加されない様に工夫を要す。その為に例えば第1図の如く五極管を⁽¹⁾d. c. level changer に使うと云う様に。次に高周波電気工学等に於て大いに偉力を發揮するコンデンサー、インダクタンスがリアクタンスとして使えないで回路素子としてはエ



第 1 図

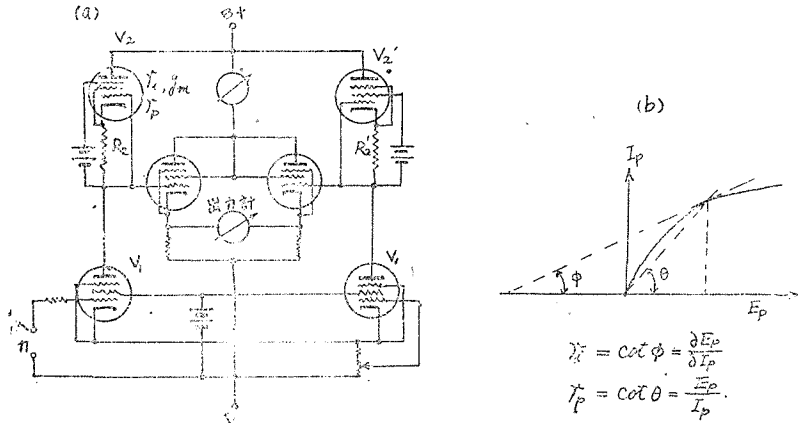
ネルギー損失素子である抵抗だけである為に之又一工夫を要す。第2図(a)は之に対する一例で、増巾管 V_1 , V_1' の負荷に五極管 V_2 , V_2' を用ひ、その高い内部抵抗を利用したものである。即ち V_2 , V_2' を動作状態に置く為の直流に対する損失抵抗を r_p 、真空管の内部抵抗を r_i とすると、第2図(b)の如く

$$r_i \gg r_p$$

更に自己バイアス抵抗 R_2 (R_2')の負饋還作用に依り、 V_2 の実効負荷抵抗 r_e は

$$r_e = R_2 + r_i (1 + g_m R_2) \text{ 但し } g_m \text{ は相互コンダクタンス}$$

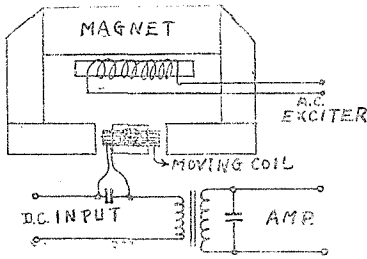
となり、一層大きくなる。之に依つて低い直流損失で高い利得を得ることが出来る。尙



第 2 図

本回路は差働平衡型になつて居る為に直流増巾の更の一つの大問題点（間接法に就いても）である零点の移動に対しても有効である。

次に間接法に就いては、零点の移動以外は大体上記の問題点を逃れ得るが、こゝに新



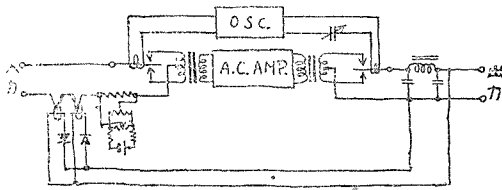
第 3 図

に微小直流を他の形に変える変換器に新しい問題が発生する。電気工学の発展傾向として交流増巾器は優れたものが容易に得られるので最近の間接法が多く取上げられる傾向にある、そしてその時の問題の焦点はやはり変換器である。

従つて変換器も色々考えられて居る。例えば甲殻類の或る神経筋標本は 10^{-9} Aで継電器を動作させた云う。第3図は優秀であると思われる変換器の一例である。⁽³⁾

3. 試作装置に就いて

熱輻射線を検出する為の増巾部として第4図の如き装置を試作した。変換器として通

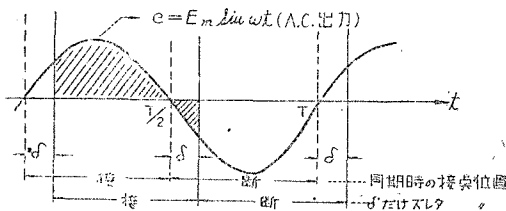


第 4 図

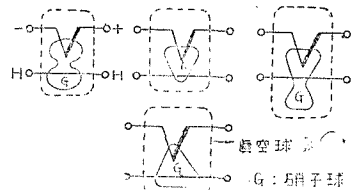
信用継電器を用いた間接法である。

その概要は、(1), 微小直流入力を断続器（キ 3000 型継電器）で交流（矩形波）に変換する。(2), 之を交流増巾器で増巾する（約 120^{db} ）。(3), 交流出力を入力側変換器と同期駆動

された断続器で整流して直流に逆変換する。(4), 之を Low Pass Filter を通して出力計に検知する。(5), 零点の移動は熱電堆を使つた負饋還回路を採用して之を防止する。(6), 得られた最良感度は Noise Level 約 10^{-9} V であつた。(7), 断続器の断続周波数は 125 \sim , 交流増巾器は此の周波数に鈍く同調した。この試作装置に於ても勿論変換器である入力断続器が Noise Level を決定的に支配した。入力回路を断続するのであるから極めて危険なことではある。即ち接点の汚損, 接触電位差の発生, 駆動発振器と継電器の両者に依る接点接触状態の変動(周波数, 駆動力等の安定度, 接点の応答度等に左右される), 継電器駆動電流に依る誘導等は総べて雑音源となる。尚入力変換器に出力変換器を同期して整流出力を得て居るので固定した同期のズレは出力減少にな



第 5 図



第 6 図

り, 同期のユラギは雑音として表われる。第5図は簡単に同期整流の原理を示す。交流増巾器出力は正弦波交流, 半波整流, 断続時間は半周期宛等の假定をして図の様に簡潔化略算すると

$$\begin{aligned} \text{直流出力 } V_d &\propto \cos \omega \delta && \text{となり,} \\ \delta = 0 \text{ の時 (完全同期)} &&& V_d \text{ 最大} \\ \delta = T/4 = \pi/2 \text{ の時} &&& V_d = 0 \\ T/4 < \delta < 3/4 T \text{ の時} &&& V_d < 0 \end{aligned}$$

この最後の場合は, 極性弁別と云う同期整流方式の一特点を失つて極性を逆に誤弁別する訳である。そしてこの δ が時間的に変化すれば V_d も上式に従つて変化し雑音となる。 δ 及びその変動は断続器と交流増巾器とから発生する。試作装置では断続器駆動電流の位相調整に依つて同期を取つた。

次にS/N比の向上, 装置全体としての安定度, 出力指示の直線性, 応答度等に関連して交流増巾器の伝送帯域巾を適当に決定せねばならぬ。試作装置では 125 \sim に鈍く同調させたが, 之等の点に就いては更に改めてキチンと安定化された変換器に色々な帯域特性を有する交流増巾器を組合せ替えて実験検証する予定である。

次に零点の移動であるが, 試作装置でも当然発生する, 特に断続器の接点関係に, 例えば接触抵抗の増大, に多く基因する。之に対し熱電堆を使つた負饋還回路を使つた

が、その特長を一応列挙すると、小型簡単に任意の時定数を得ることが出来る、大きな時定数をR, Cの組合せで得ようとする大型になり、饋還量の減衰が大きくなり、饋還量と時定数とを任意独立に選べないといふ様な点を逃れ得る。又中間に熱系が入るので入力側と出力側とが電氣的に絶縁される。欠点として加熱織糸の断線、活性非直線回路素子であること等である(考え様によつては特点であるかも知れぬが)。時定数を変化させ様とするには第6図の様に加熱織糸と熱接点とを結ぶ伝熱用硝子球の大きさ、形状を色々に変化させると良い。尙最近盛に用いられて居るサーミスターも同一目的でこの方式に使い得ると考えられる。

一般に直結型増巾器は広帯域増巾器であるが、この装置では如何? と云うことも考察の対象になる。実は試作装置の S/N 比に関連して同期整流方式の原理解析に当り先ず之を取上げ、試作装置全体の伝送帯域は 125 ω 唯一つなりと考えて居つたが実は逆に 125 ω の交流だけが消え去ると考えらる可き様である。但し 125 ω は直流に変換されて出力計に検出される。このことから適当な位相関係で駆動されて居る継電器群を使つて Spectrum (或いは Band) Eliminator 等を組立て得る可能性がある。

Loss Gunn⁽⁵⁾氏はやはり熱起電力検出の目的で変換器として二組の回転整流子を用いた同期整流方式で Noise Level 10^{-10} V を得たと云うことである。

最後にこの装置に関しお世話になつた多くの人々に厚く感謝の意を表する次第である。別して変換器等の貸与を本装置の提案者荻野氏から、発振器用音片の貸与を木村助教から、原理解析に関し批判、指摘を土屋助教、安田教官から夫々賜つた。

文 献

- (1) Richard : Audio Engg., Vol. 35, No. 10 (1951)
- (2) 霧田光一 : 応用物理, No. 10~12 (1949)
- (3) R.W. Gilbert : E. E., Vol. 70, No. 10 (1951)
- (4) 荻野義夫 : 特許公報, 昭26-3913
- (5) Loss Gunn : R. S. I., Sept. (1938)

ON THE D. C. AMPLIFICATION

Kiyoshi MATSUYAMA

An apparatus to amplify the micro order d. c. voltages has been composed of an audio frequency amplifier, two telegraphic relays and a local oscillator. Its noise level is about 10^{-9} volt. The zero level shifting in this apparatus is prevented by the use of a negative feed back thermo-junction

circuit. Some of general considerations on the d.c. amplification are contained in this paper.