

無 接 点 位 置 検 出 器

Contactless Position Detector

佐々木 誠 一* 松 村 睦 夫*
Seiichi Sasaki Mutsuo Matsumura

内 容 梗 概

制御装置における継電器，制限開閉器などの機械的可動部分や電気接点を有するものの静止化，無接点化は近年目ざましい発展を遂げつつある。これらの無接点化は高ひん度，高速度，高信頼性，長寿命，無騒音，小消費電力などの長所を有している。

ここに記述した無接点位置検出器は鋳山における巻上機のケージや，製鉄所におけるスラブカー，インゴットバギーなどの位置検出用制限開閉器として使用されるものである。

1. 緒 言

鋳山における巻上機のケージ用位置検出器には，従来機械的操作部分や，電気的接点を有する制限開閉器が使用されていた。しかし生産性向上の要求はあらゆる運搬設備を高速化させ，それに伴い当然ケージの速度も速くなりまた使用ひん度も多くなってきた。このため使用される制限開閉器も高速度，高ひん度に耐えうることが要求されるが，従来の制限開閉器ではこの要求にこたえることが困難である。今回製作した無接点位置検出器はこの目的に適合させるためのもので，最大 10m/s で移動するケージの通過位置を確認できるものである。また，本器は製鉄所におけるスラブカー，インゴットバギーなどの位置検出用としても，同様に高速度，高ひん度の条件のもとで使用されている。以下本器の詳細について紹介する。

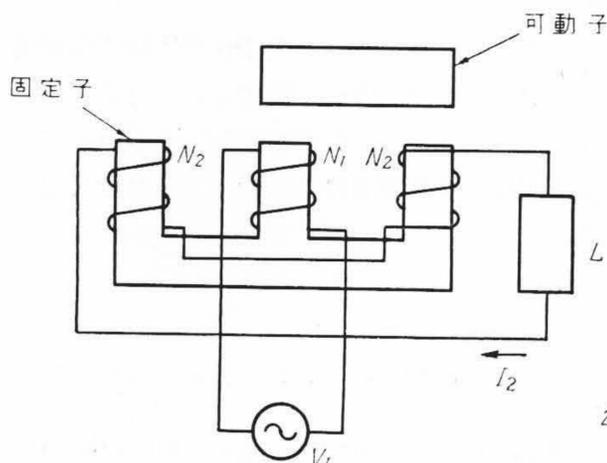
2. 構 成

本器は無接点位置検出部，トランジスタ記憶素子および磁気増幅器から構成されていて，第1図にその構成図を示す。位置検出部は固定子と可動子から成り，可動子を被検出物体に取付け，これが固定子の位置を通過する際に固定子に信号を発生するものである。この信号をトランジスタで構成されるフリップフロップ回路で記憶させ，磁気増幅器で増幅して交流補助接触器を駆動させ所要の制御を行なわせる。この交流補助接触器の代りに出力段磁気増幅器を用いれば第1図の全体が無接点化されるのはもちろんであるが，交流補助接触器のほうがはるかに安価であり，かつ高ひん度の開閉にも耐えうる高性能のものがあるのでこれを使用している。

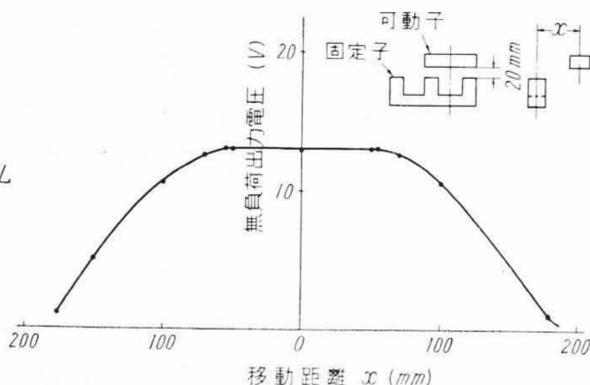
上記のフリップフロップ回路と磁気増幅器は一体としてまとめられており，これをメモリアンプと称している。

2.1 位置検出部の動作

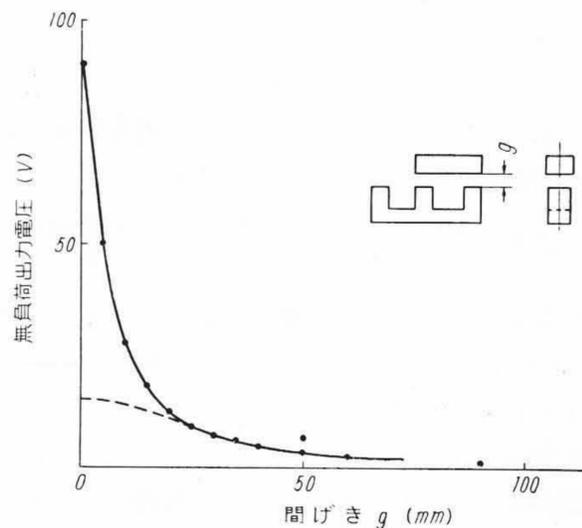
位置検出部は一種の差動変圧器を利用したもので，第2図に示す



第2図 位置検出部原理図



第3図 可動子の移動距離と出力との関係



第4図 可動子と固定子間げきと出力との関係

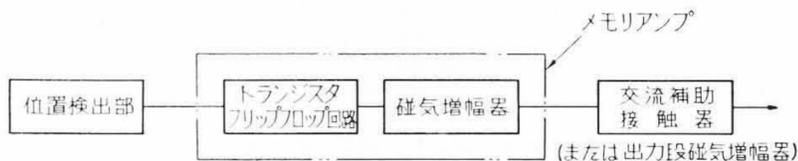
ように固定子と可動子により構成されている。可動子は被検出物体に取付けられ紙面に対して直角方向に運動する。

固定子はE形鉄心の中央脚に一次コイル N_1 を巻き，左右の両脚に二次コイル N_2 を巻いてある。二次コイルは各脚の誘起電圧が相殺されるように差動接続され，可動子のない状態ではその値が相等しく負荷Lには電流が流れない。可動子が固定子に接近し，固定子の中央脚と左右脚のいずれか一方の脚との間に磁路を形成すると，二次コイルの誘起電圧に不平衡を生じ，その不平衡分の電圧が負荷Lに加えられる。負荷に流れる電流は次式で表わされる。

$$I_2 = \frac{j\omega M_m V_1}{\omega^2 M_m^2 + Z_1(Z_{21} + Z_{22} + Z_L + j\omega M_2)} \dots \dots \dots (1)$$

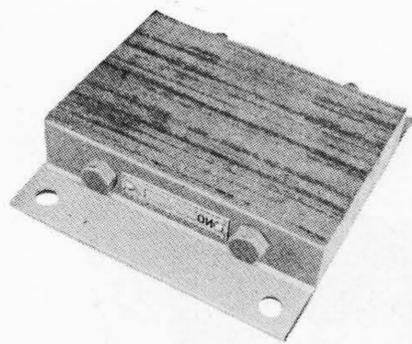
- ここに I_2 : 二次電流 (負荷電流)
- V_1 : 一次印加電圧
- M_m : 一次二次相互インダクタンス (両脚の合成分)
- M_2 : 二次相互インダクタンス
- Z_1 : 一次コイルインピーダンス
- Z_{21} : 二次コイルインピーダンス (一脚分)
- Z_{22} : 二次コイルインピーダンス (他の一脚分)
- Z_L : 負荷インピーダンス

(1)式において可動子が固定子に接近しないときは $M_m=0$ となり，したがって $I_2=0$ で負荷電流は流れない。一方可動子が最も接近した状態では M_m が最大となりしたがって負荷電流 I_2 も最大となる。

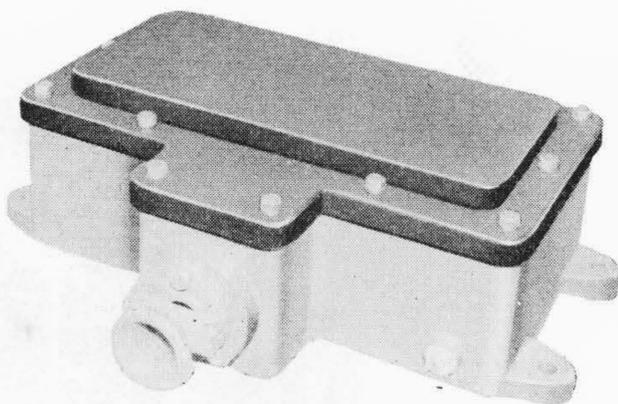


第1図 無接点位置検出器構成図

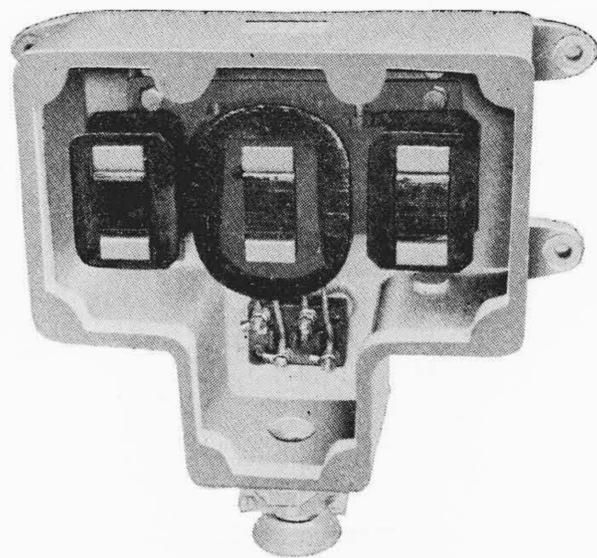
* 日立製作所日立工場



第5図(a) 位置検出部外観
可動子



第5図(b) 位置検出部外観 固定子



第6図 位置検出部内部構造

第3, 4図に可動子と固定子の相対位置と出力との関係を示す。第3図および第4図の実線は静特性を表わすものであるが、実際使用の場合は出力電圧の持続時間 t についても考慮する必要がある。これは被検出物体の速度に反比例して変化する。本器においては電源周波数の $1/2c/s$ 以上の持続時間 t_0 で応答可能である。これは位置検出部の次段に接続されるトランジスタのフリップフロップ回路(第1図)によりすみやかに信号を記憶できるためである。

第4図からも明らかなように、固定子と可動子との間げき g が大幅に変動する場合は出力電圧も大幅に変動する。特にこの出力電圧をトランジスタへ入力電圧として導入する場合は出力変動をある範囲内に押える必要がある。出力変動を抑制する方法には位置検出部の特性を第4図の点線のようにするか、または出力電圧をそのままにしておき、トランジスタの入力回路に電圧制限回路を接続するかの二通りの方法がある。後者については次節で記述するが、前者についての一方法としては可動子に低飽和磁束密度の磁性材料を一部または全部に用い、固定子と可動子の間げきが小さくなったときに磁路を飽和させることにより達成されるが、また可動子の磁路断面を減少させることによっても得られる。

2.2 位置検出部の構造

位置検出部の可動子と固定子の外観をおのおの第5図(a)および(b)に示す。第6図は固定子のカバーをはずした状態である。

固定子の差動変圧器部分には特に鉄損の少ない冷間圧延無方向性ケイ素鋼帯を積層してE形鉄心を形成せしめ、その中央脚に一次コイルを固定し、左右両脚に二次コイルを一次コイルに対して対称位置に配置して固定し、一次コイルによる誘起電圧を均等化している。コイル素線にはヒタエステル線を用い層間絶縁および外装絶縁を施してのち、サーモセツトワニスを真空注入してコイルの吸湿を防止している。ケースにはアルミ合金鋳物を使用して軽量化を計り、カバーにはネオプレンゴムを使用して落石などによって損傷されないように考慮している。カバーとケースの境界にはパッキングをそう入して防じん防滴構造としてある。

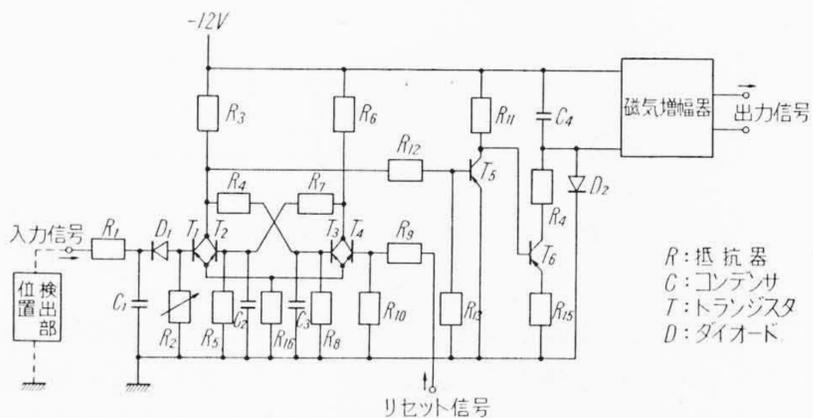
外部配線引込部には端子板を設け、口出部はベルマウスとして外部配線をクランプする。なお端子板はケース内下部のポケット部に設け、外部配線をケース内部に導入後コンパウンドを充てんすることができるようにしてある。

可動子も固定子と同じ材質のケイ素鋼帯を積層して構成し鉄損の減少を図り、またその磁路断面を極力減少させることによって第4図点線の特性を得ている。

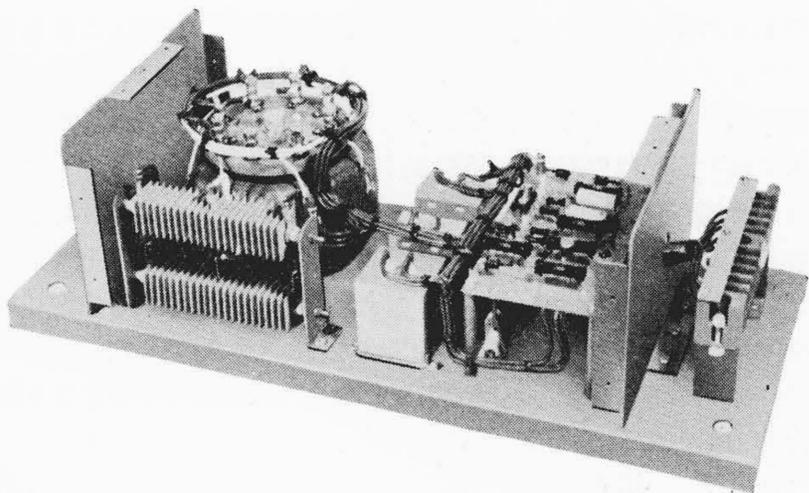
2.3 メモリアンプ

すでに述べたように位置検出部の出力持続時間は被検出体の速度上昇に伴い短縮される。この持続時間を延長させて応答時間の永い交流補助接触器を駆動させるのがメモリアンプである。第7図にメモリアンプの回路図を示す。第8図はその外観で、必要に応じて保護カバーをつけることができる。

第7図においてトランジスタ T_2, T_3 は入力信号の記憶作用を行



第7図 メモリアンプ回路図

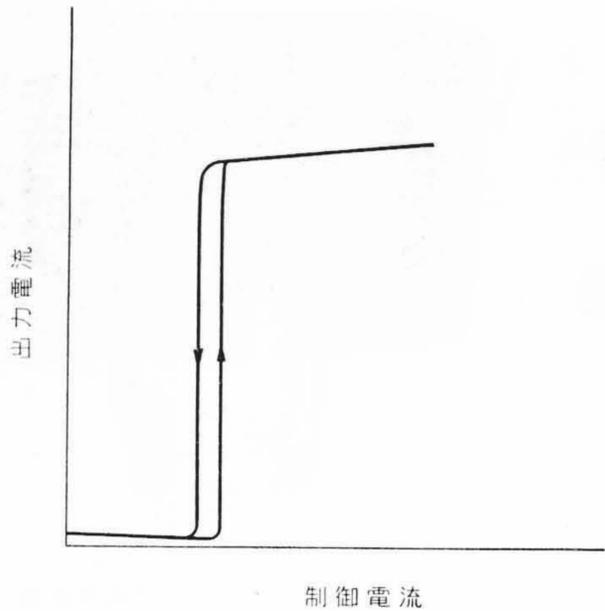


第8図 メモリアンプ外観

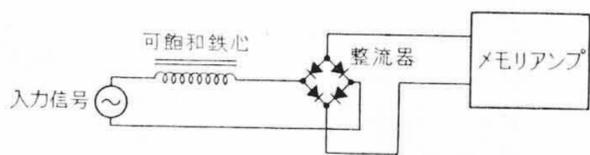
なうフリップフロップ回路を構成する。その動作原理は周知のものであるのでここでは説明を省略する。トランジスタ T_1, T_4 はおのおの入力信号およびリセット信号用のトリガー回路を形成する。入力信号を記憶させ、トランジスタ T_5, T_6 で増幅し、これを磁気増幅器でさらに増幅して磁気増幅器の出力信号で交流補助接触器(または出力段磁気増幅器)を駆動する。ここに用いられている磁気増幅器は第9図に示すような跳躍特性を有している。

第7図のトランジスタ回路方式は消費電力が少なく、入力インピーダンスが高いため、外来雑音や電源変動はフリップフロップ動作を不安定にしやすい。コンデンサ C_1 は外来雑音を吸収して入力信号がないのに雑音によりフリップフロップ回路が記憶動作することを防止するものである。コンデンサ C_2, C_3 も同様に外来雑音を吸収するとともに直流電源の瞬時変動によるフリップフロップ回路の不安定化を防ぐものである。

すなわち直流電源の瞬時変動が起って極端な場合印加される直流電圧が瞬間的に0となったと仮定すると、フリップフロップ動作において T_2, T_3 のいずれのトランジスタが飽和していたかというこ



第9図 磁気増幅器特性



第10図 入力信号制限回路の一例

とに関係なく、次の瞬間に電圧が回復したときに T_2 , T_3 のいずれかのトランジスタが飽和する。ところがコンデンサ C_2 , C_3 を接続しておけばまえに飽和していたトランジスタのベース電位が低くなっているため、電圧回復後ただちにそのトランジスタが飽和する。

トランジスタ特にゲルマニウムトランジスタにおいては、周囲温度の上昇に伴いコレクタ遮断電流が指数関数的に増加し、これもまたフリップフロップ動作を不安定にする。抵抗器 R_{16} はこのコレクタ遮断電流の影響を軽減するための自己バイアス抵抗で、これにより第7図の回路は周囲温度 55°C 以下で安定に動作する。

前節で述べたようにトランジスタへの入力信号が大幅に変動する場合、これを入力回路で制限する回路の一例を第10図に示す。すなわち入力信号が変化しうる最大電圧値以上に可飽和鉄心の飽和電圧を設定し、可飽和鉄心に角形履歴特性のものを用いるならば、メモリアンプへの入力電流は次式で表わされ、入力信号の大きさに関係なく一定となる。

$$I \approx \frac{H_c l}{N} \dots \dots \dots (2)$$

- ここに I : メモリアンプへの入力電流
- H_c : 角形可飽和鉄心の交流抗磁力
- l : 角形可飽和鉄心の有効磁路長
- N : コイル巻回数

N は次式により与えられる。

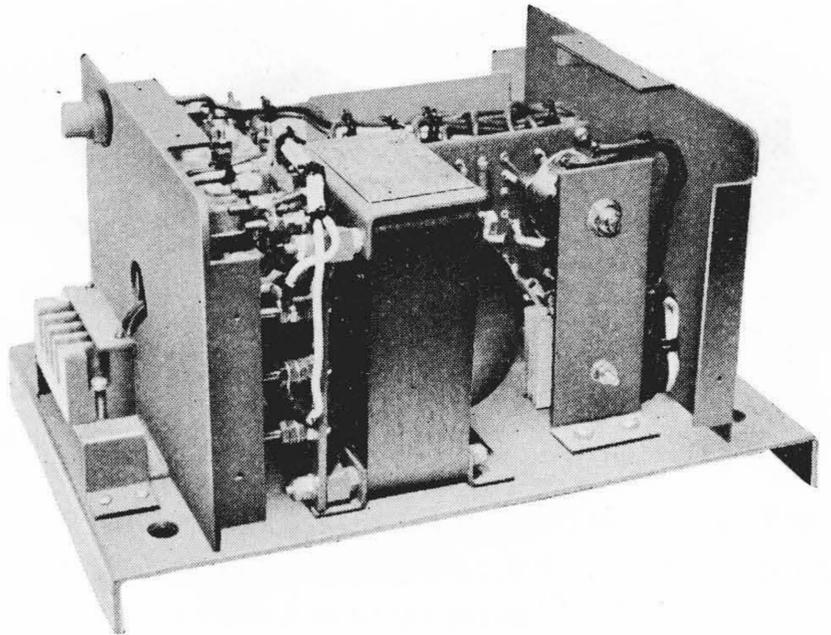
$$N \geq \frac{V_m}{4.44 f B_s A} \dots \dots \dots (3)$$

- ここに V_m : 最大入力信号電圧 (実効値)
- f : 入力信号周波数
- B_s : 可飽和鉄心の飽和磁束密度
- A : 可飽和鉄心の有効断面積

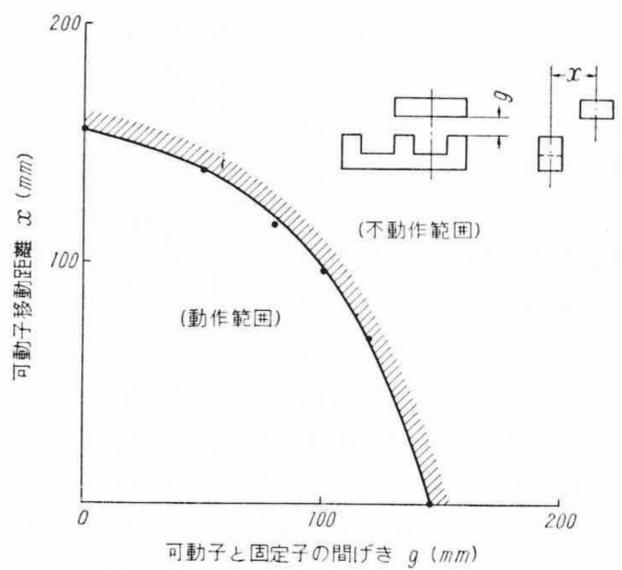
第11図はトランジスタで構成される直流定電圧装置の外観で、メモリアンプのフリップフロップ動作を安定ならしめるために用いられ、その仕様を下記に示す。

直流定電圧装置仕様

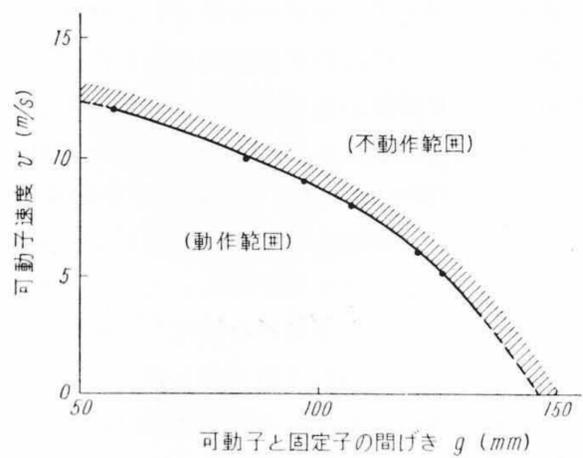
- 入力: 200/220V 50/60~
- 出力: DC 12V 0.8A
- 電圧変動: 入力 $\pm 20\%$ に対し出力 $\pm 2\%$ 以内



第11図 直流定電圧装置外観



第12図 固定子・可動子の相対位置とメモリアンプ動作可能範囲



第13図 可動子速度とメモリアンプ動作可能範囲

3. 特性実測結果

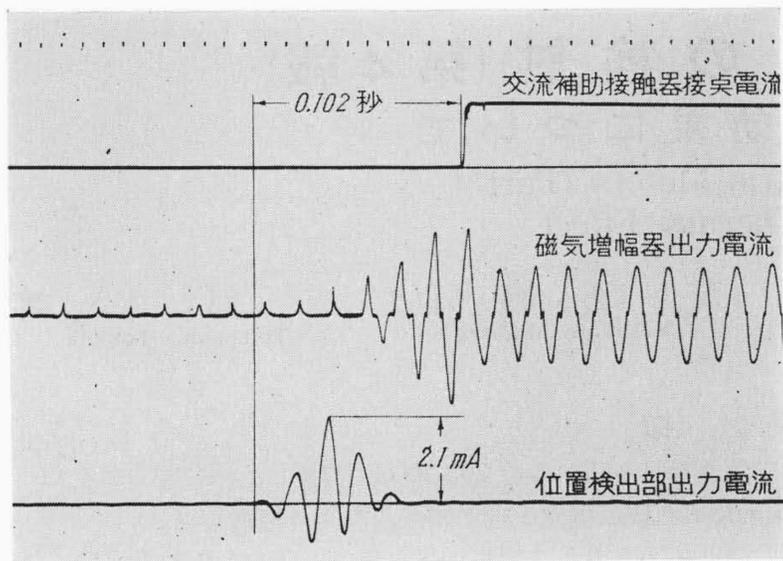
位置検出部、メモリアンプおよび交流補助接触器の組合せ特性実測結果を次に示す。

3.1 静特性

位置検出部の固定子と可動子の相対位置とメモリアンプの動作可能範囲の関係を第12図に示す。

3.2 動特性

第13図は位置検出部の可動子速度とメモリアンプの動作可能最大間げきとの関係を示す。同図から位置検出可能間げきは可動子速度とともに変わり、かつ可動子速度が 12m/s 以上になるとメモリアンプの動作が不安定になっていることがわかる。これは本装置の使用目的から 10m/s を目標に位置検出部を設計したもので、一般に

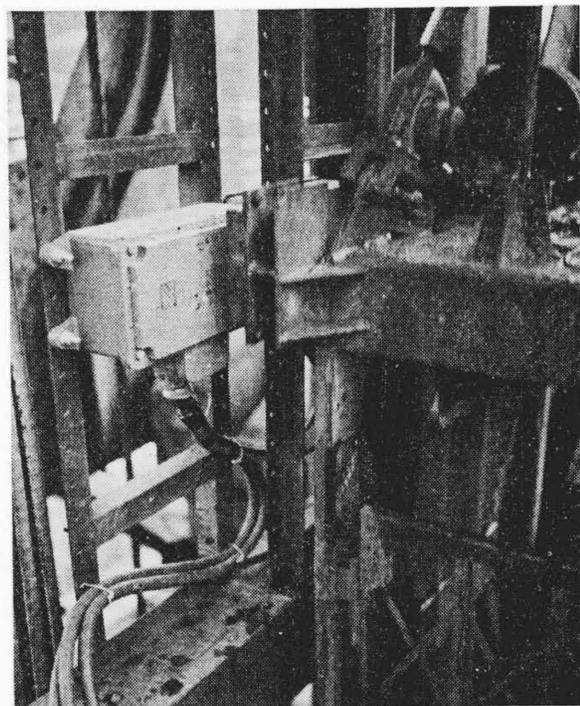


第 14 図 無接点位置検出器オシログラムの一例

位置検出部の可動子の寸法により検出可能最大速度が決定されるので、可動子の寸法は被検出物体の最大速度を考慮して決定されるのである。可動子の寸法変更により本装置は 12m/s 以上の速度検出も可能である。

交流補助接触器を駆動するためにメモリアンプには磁気増幅器を用いているが、このため交流電源電圧変動による交流補助接触器の接点閉合時間に変動が生ずる。この変動は電源電圧変動 80~110% において 20ms 以下であることが確認された。位置検出部に信号が発生してから交流補助接触器が閉合するまでのオシログラムを第 14 図に示す。

結局、位置検出可能間げきは可動子速度とともに変わるが、被検出物体の最大速度を考慮して可動子を設計することにより、制限開閉器としての目的を十分に達成することができる。たとえば間げき 80mm において、最大速度 10m/s の物体の位置を検出できる。



第 15 図 巻上機用位置検出部

4. 結 言

本文に記述した無接点位置検出器では、可動子と固定子との間げき 80mm において、速度 10m/s の物体を確実に検出することが可能である。また検出部が無接点であるので高ひん度に耐えうることは本装置の最大の特長である。

したがって高ひん度、高速度の用途の制限開閉器として多方面に応用されうるものと考えられる。本装置は立坑巻上機用ケージの位置検出器として、また製鉄所スラブカー位置検出器としてあるいは他の多くの用途に納入されて好調に稼動している。第 15 図は巻上機に適用された位置検出部を示すものである。

参 考 文 献

- (1) J. C. Carroll: Transistor Circuits and Applications (1957)
- (2) H. F. Storm: Magnetic Amplifier (1955)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の実用新案(その1)

登録番号	名 称	氏 名	登録年月日	登録番号	名 称	氏 名	登録年月日
533344	歯 車 接 手	石 橋 英 一	36. 3. 31	533395	回転電機固定子枠内冷却管取付装置	麻 生 豊	36. 3. 31
533360	静 止 レ オ ナ ー ド 装 置	小 野 田 芳 光	"	533399	半 導 体 整 流 器 単 位 体	山 口 又 右 一	"
533363	軸	高 尾 忠 俊	"	533400	給 油 装 置	黒 山 沢 光 正	"
533366	アルマイト処理用通電装置	阿 深 部 英 一	"	533402	レオナード電動機の加減速装置	黒 横 山 正 春	"
533367	ク ラ ッ チ 鎖 錠 装 置	近 藤 喜 久 雄	"	533406	自 励 交 流 発 電 機	加 藤 木 淵 勝 美	"
533369	アルマイト処理用通電装置	近 藤 喜 久 雄	"	533412	自 励 交 流 発 電 機	藤 小 淵 勝 美	"
533370	軸 受 保 護 装 置	河 外 本 幸 郎	"	533413	自 励 交 流 発 電 機	藤 小 淵 勝 美	"
533375	軸 受 給 油 装 置	有 井 英 一	"	533420	電 動 機 非 常 停 止 装 置	小 岩 城 秀 夫	"
533384	水 車 案 内 軸 受	井 原 英 一	"	533421	水 銀 整 流 器 格 子 制 御 装 置	西 田 附 政 克	"
533389	電 磁 吊 上 装 置 を 使 用 し た 立 軸 水 車 発 電 機	滑 川 清 一	"	533434	可動翼斜流形水力機械のランナーブレード操作装置	平 田 附 政 克	"
533390	接 地 刷 子 保 持 器	有 井 英 一	"	533435	空気遮断器用空気配管内部掃除用具	鈴 木 晴 憲	"
533391	回転電機における回転軸保持装置	阿 立 部 正 章	"	533371	アルマイト処理用給電装置	森 田 和 夫	"
533393	閉 鎖 形 直 流 機 集 じん 装 置	立 石 真 夫	"	533372	遮断器操作用電磁石	曾 根 瑞 啓	"
533394	回転電機固定子枠内冷却管端連結装置	麻 片 生 根	"	533373	水量の変化に連応する水車出力調整装置	額 田 水 村 三 良 猛	"

(第 41 頁につづく)