

磁気増幅器とその応用

泉 千吉郎* 藤木 勝美**

The Magnetic Amplifier and Its Application

By Senkichirō Izumi and Katsumi Fujiki
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The principle of the magnetic amplifier has been known to the electric industry for long, but it was not until these postwar days that it was given a place where it, classified as the static amplifier, can show its distinctive features to the full and, as a reliable means of continuous automatic controlling device, be taken into an extremely wide and diversified fields of application.

Hitachi, Ltd., having been trying the application of its self-made high quality magnetic amplifiers to the control of many of its electrical products in these years, has come to place the fullest confidence on the apparatus for its large usefulness.

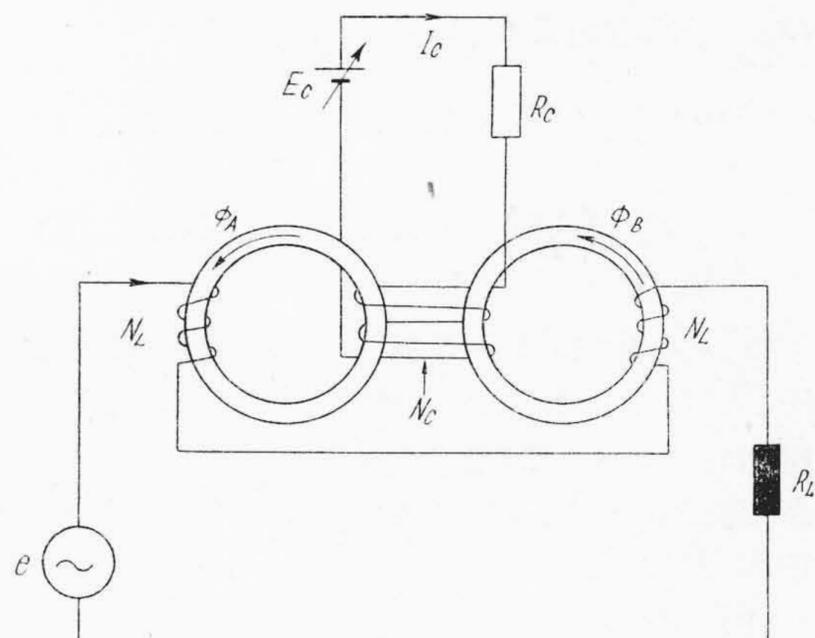
The writers explain in the article the principle and the some cases of its applications, as well as some other noteworthy points in relation to its design and manufacture.

〔I〕 緒 言

磁気増幅器の原理については古くから知られていたが、鉄心材料および整流器の良いものがえられなかつたため急速な進歩が見られなかつた。ところが第二次大戦中歐洲で鉄心材料および整流器の良質のものが開発され、著しく発達して色々の方面に利用されたが、戦後米国にその技術が入り、鉄心材料もデルタマックス、ハイパーニックなどの名で知られているものが開発され、著しく発達してその応用方面も広範囲におよび、最近の電動力応用関係では電子管にとつてかわり、あらゆる方面にその大なる増幅度と短い時定数の特長を遺憾なく發揮している。

我国においても、戦後良質の鉄心材料がえられるようになり、セレン整流器も特性のすぐれたものが開発されて来たため、最近における磁気増幅器の応用は括目に値するものがある。日立製作所においては戦後いち早くこの方面の研究に着手し、高性能の磁気増幅器をあらゆる方面に利用して、きわめて好結果をえているので、これらについて簡単に報告する。

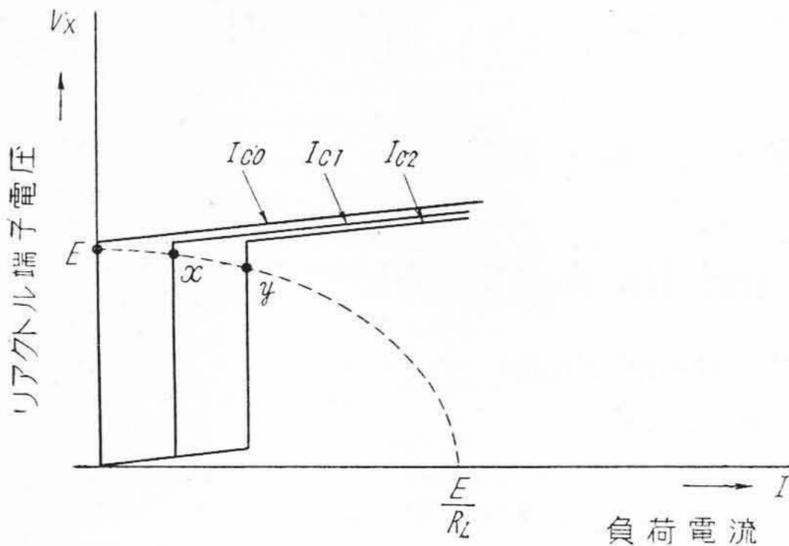
* ** 日立製作所日立工場



第1図 可飽和リアクトル接続図
Fig.1. Connection Diagram of Saturable Reactor

〔II〕 磁気増幅器の増幅特性

磁気増幅器の原理、特性に関しては数多くの文献があるのでこゝに改めて述べるまでもないのであるが、その根底となる増幅特性の物理的意義をあきらかにすることは、種々の問題を理解する上に必要と考えるので、以下



第2図 可飽和リアクトル特性曲線
Fig. 2. Characteristic Curve of Saturable Reactor

増幅特性を図解的に説明することにした。

簡単のため負荷は純抵抗と仮定する。

(i) 可飽和リアクトル⁽¹⁾

まず第1図に示すように可飽和リアクトルを通して純抵抗負荷 R_L に電力を供給する場合のリアクトルの動作を考える。二つのリアクトルに共通にべつの巻線 N_C によつて直流励磁を加える。鉄心が理想的飽和特性をもつ場合の直流励磁電流 I_C をパラメータとしたリアクトル端子電圧 V_X 対負荷電流 I_L の関係は第2図実線で表わされる。

リアクトル電圧 V_X (実効値), 負荷による電圧降下 IR_L , 交流電源電圧 E (実効値), とすると

$$(IR_L)^2 + (V_X)^2 = E^2 \dots\dots\dots (1)$$

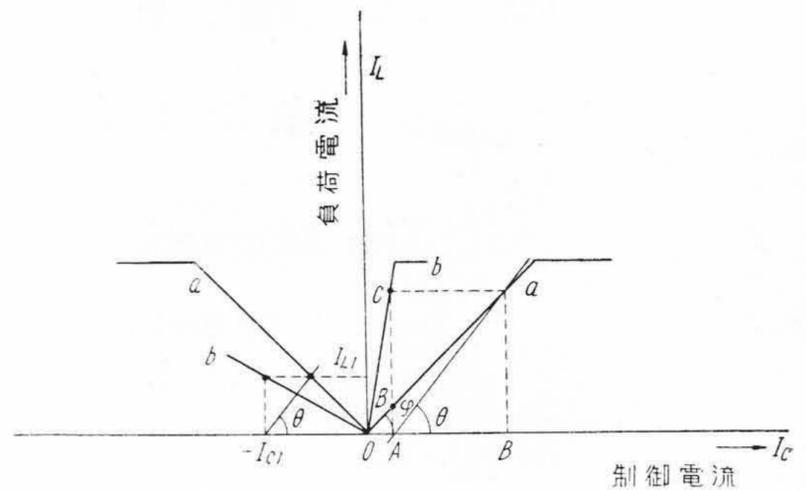
$$\left(\frac{I}{E/R_L}\right)^2 + \left(\frac{V_X}{E}\right)^2 = 1 \dots\dots\dots (2)$$

(2)式を第2図 V_X-I 軸上に描くと点線のような楕円となる。この楕円と鉄心の飽和曲線との交点を I_C-I_L 座標に描き直すと第3図曲線 a がえられる。これは直流制御電流を変化した場合の負荷電流の変化を示し I_C の正負に対して対称となる。

(ii) 再生効果⁽²⁾

第3図曲線 a の特性を有する可飽和リアクトルに再生巻線を設けた場合の特性を求めてみよう。正饋還を加えることにより曲線 a は曲線 b のごとく非対称に変形されるのであるが、その理由はつぎの通りである。

まず曲線 b の場合任意の制御電流 $-I_{C1}$ に対する出力電流を I_{L1} と仮定すると、その I_C への換算値は $I_{L1} \frac{N_F}{N_C}$ ($N_C \cdot N_F$ は制御コイルおよび再生コイルの巻数) であるからこれと $-I_{C1}$ との和 $-I_{C1} + I_{L1} \frac{N_F}{N_C}$ に該当する a 線上の電流値が I_{L1} でなければならぬ。



第3図 磁気増幅器再生効果
Fig. 3. Feed Back Effect of Magnetic Amplifier

したがつて

$$\tan \theta = \frac{I_{L1}}{I_{L1} \frac{N_F}{N_C}} = \frac{N_C}{N_F} = \text{一定} \dots\dots\dots (3)$$

すなわち任意の I_C から一定角 $\theta = \tan^{-1} \frac{N_C}{N_F}$ でひいた直線と曲線 a との交点の縦座標が I_C における正饋還時の出力電流値 I_L を示すのである。作図からあきらかな通り N_F が大となる程、曲線 b はますます非対称となり、右方の傾斜は大に、左方の傾斜は小となるのであつて、 θ が a 線の右方の傾角 φ と一致する局限では b 線の右方は垂直となり I_L が跳躍的に変化する。しかるに a 曲線はすでに説明せるように第2図の点線と実線の交点 E, x, y などの軌跡であるが、 E, x, y などは常に実線の垂直部にあるから、そのアンペアターンは零であり、したがつて制御アンペアターン I_C, N_C と負荷電流によるアンペアターン I_L, N_L とは相等しい筈である。

したがつて a 線の傾角 φ は

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_L}{I_C} = \tan^{-1} \frac{N_C}{N_L}$$

である。ゆえに

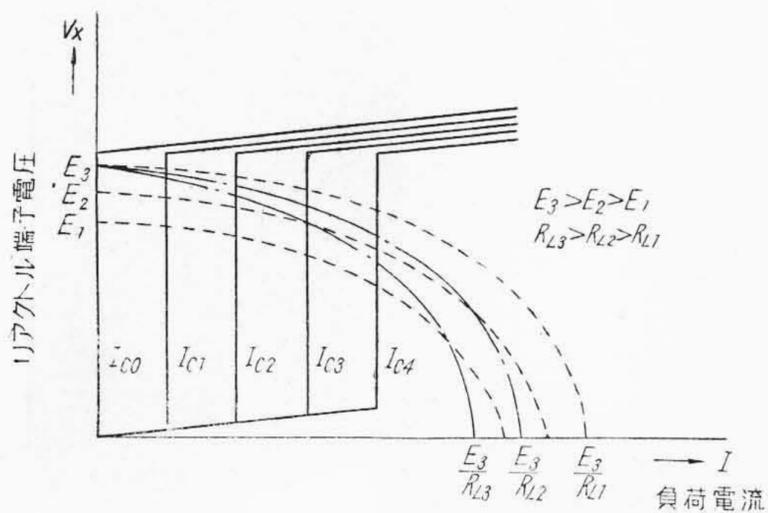
$$\theta = \varphi = \tan^{-1} \frac{N_C}{N_L}$$

において I_L は跳躍することとなるのであつて(3)式を合せ考えるとあきらかに $N_F = N_L$ が跳躍限界である。

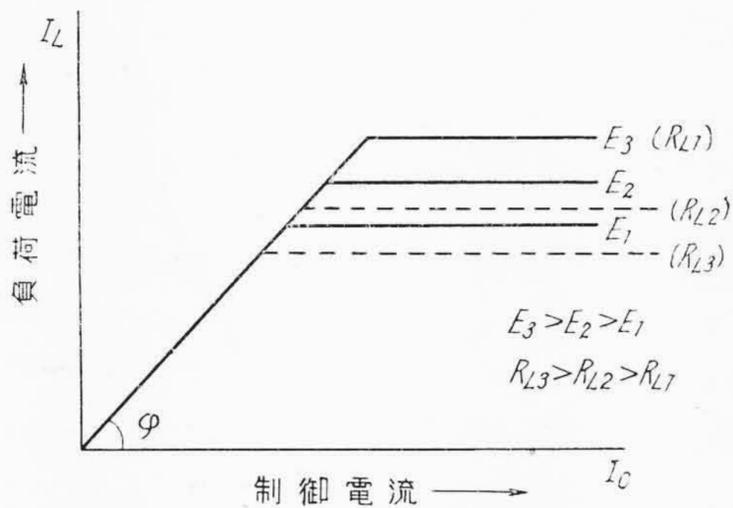
(iii) 電源電圧および負荷抵抗の増幅特性におよぼす影響

(2)式からあきらかなように第2図の点線の楕円曲線は、電源電圧が変わるとその縦軸、横軸が、負荷抵抗が変わるとその横軸が変わるのであつて、その関係は第4図点線、鎖線などに示す通りである。

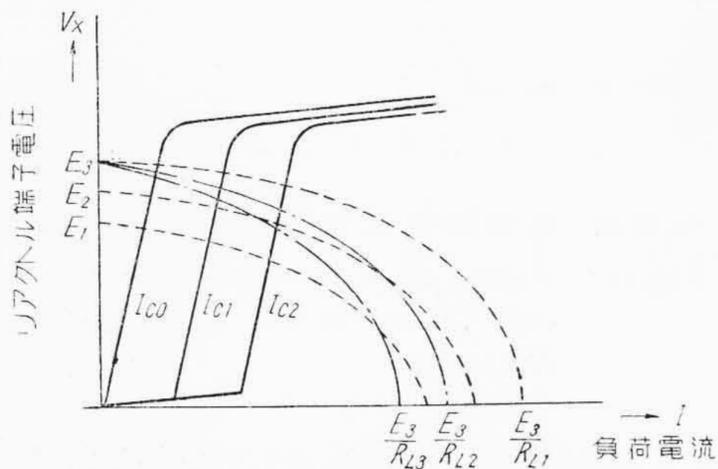
しかるに第3図 a 曲線はこれら点線、鎖線などと実線の垂直部との交点の軌跡であるから、同一制御電流に対



第4図 電圧および負荷抵抗による負荷曲線の変化 (理想鉄心の場合)
Fig. 4. Change of Load Characteristic due to Change of Applied Voltage and Load Resistance (Case of Ideal Core)

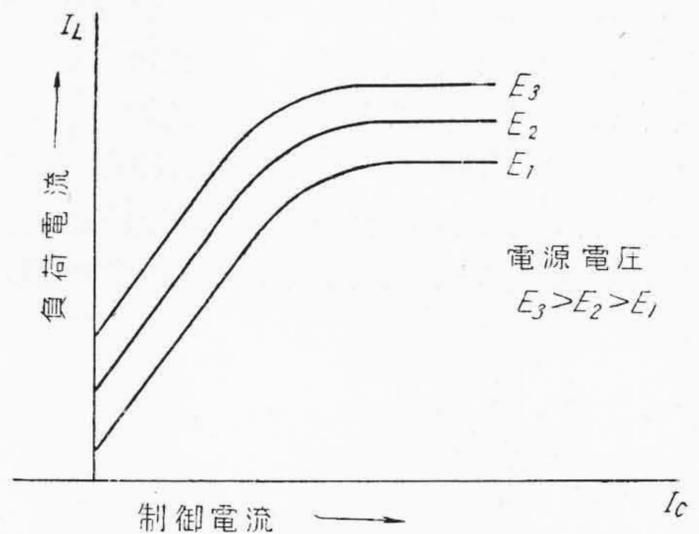


第5図 理想コアを有する磁気増幅器の特性
Fig. 5. Characteristics of Magnetic Amplifier Having Ideal Core

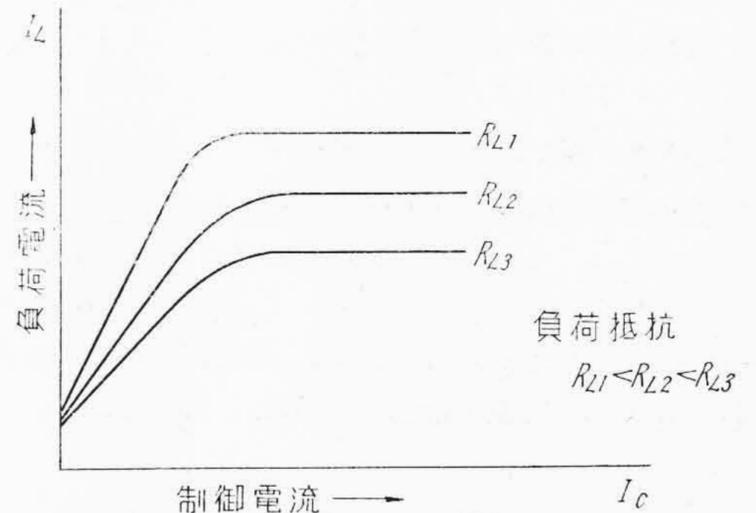


第6図 電圧および負荷抵抗による負荷曲線の変化 (一般の場合)
Fig. 6. Change of Load Characteristic due to Change of Applied Voltage and Load Resistance

する負荷電流は電源電圧，負荷抵抗などの変化に無関係に一定であり，その関係は第5図に示すごとくなる。すなわち電源電圧，負荷抵抗などの変化により負荷電流の



第7図 電圧変動による磁気増幅器の特性
Fig. 7. Change of Characteristics of Magnetic Amplifier by Voltage Change



第8図 負荷抵抗変化による磁気増幅器の特性
Fig. 8. Change of Characteristics of Magnetic Amplifier by Load Resistance Change

局限値は変化するが，傾斜部分は完全に一定不変である。これに反し，鉄心が第2図のように理想的飽和特性でなく第6図のような普通の飽和特性の場合は，電源電圧，負荷抵抗などの変化により，同一制御電流に対する負荷電流の値が相異して来るのであつて，その関係は第7図および第8図などに示す通りである。すなわちいずれの場合も負荷電流の局限値が変化することは第5図の場合と同様であるが，さらに傾斜部分が不一致となり傾斜角φも相異して来る。その結果は電流利得が電源電圧，負荷抵抗などによつて相異なることとなるのであつて，これに無関係に常に一定不変かつ直線性の電流利得を確保するためには第2図に示すような理想的飽和特性をもつ鉄心材料を使用する必要があるのである。

〔III〕 性能値 (Figure of Merit) について

磁気増幅器を実際の制御系に使用する場合最も重要な性能はその電力増幅度 G_p と時定数 T である。前者は大

なる程、また後者は小なる程よいが、一般に前者を大にすると後者も大となる傾向がある。したがって磁気増幅器の良否を判定する数値として G_p/T を用い、これを性能値 (Figure of Merit) と称し、 m で表わしている。

今鉄心材料が矩形飽和特性をもつと仮定すると、交流コイルを直列接続にした場合の磁気増幅器の時定数 T は次式で表わされる⁽³⁾。

$$T = \frac{1}{4} \frac{R_L}{R_C} \frac{N_C^2}{N_L^2} r \quad (\text{サイクル}) \dots \dots \dots (4)$$

- ここに R_L : 負荷抵抗
- R_C : 制御回路抵抗
- N_C : 1 コアの制御巻線の巻数
- N_L : 1 コアの交流巻線の巻数
- r : アンペアターン利得

一方電力増幅度 G_p は、 G_I を電流増幅度とすれば

$$G_p = G_I^2 \frac{R_L}{R_C} = \frac{N_C^2}{N_L^2} r^2 \frac{R_L}{R_C} \dots \dots \dots (5)$$

(4), (5) 式より

$$m = \frac{G_p}{T} = 4r \dots \dots \dots (6)$$

すなわち m を大にするには、 r を大にすれば良い。ここにアンペアターン利得 r は、再生作用のあるときとないときとの電流増幅度の比を表わしている。

すなわち第3図より

$$r = \frac{AC}{AB} = \frac{OB}{OA} = \frac{\cot \varphi}{\cot \varphi - \cot \theta} = \frac{N_L}{N_L - N_F} \quad (7)$$

上式によれば、 $N_F = N_L$ のとき r は無限大となり跳躍現象を起すことになるが、磁気材料が理想的矩形飽和曲線でない実際の場合には、これと多少相異して来るのであつて N_F が N_L に等しく、または多少それを超えても跳躍現象は発生せず十分安定に運転できる。

磁気増幅器は再生方式により自己再生型と外部再生型とに大別することができる。

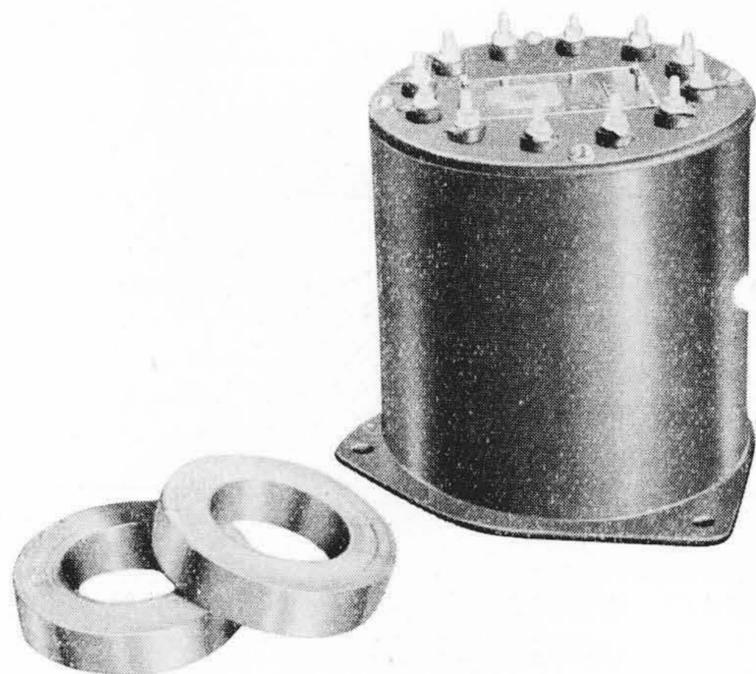
自己再生型⁽⁴⁾⁽⁵⁾ は必然的に $N_F = N_L$ であるが、外部再生形は N_F の値は容易に加減しうるので、最大の m をうるよう適宜調整しうる利点がある。

〔IV〕 磁気増幅器の構造および乾式整流器

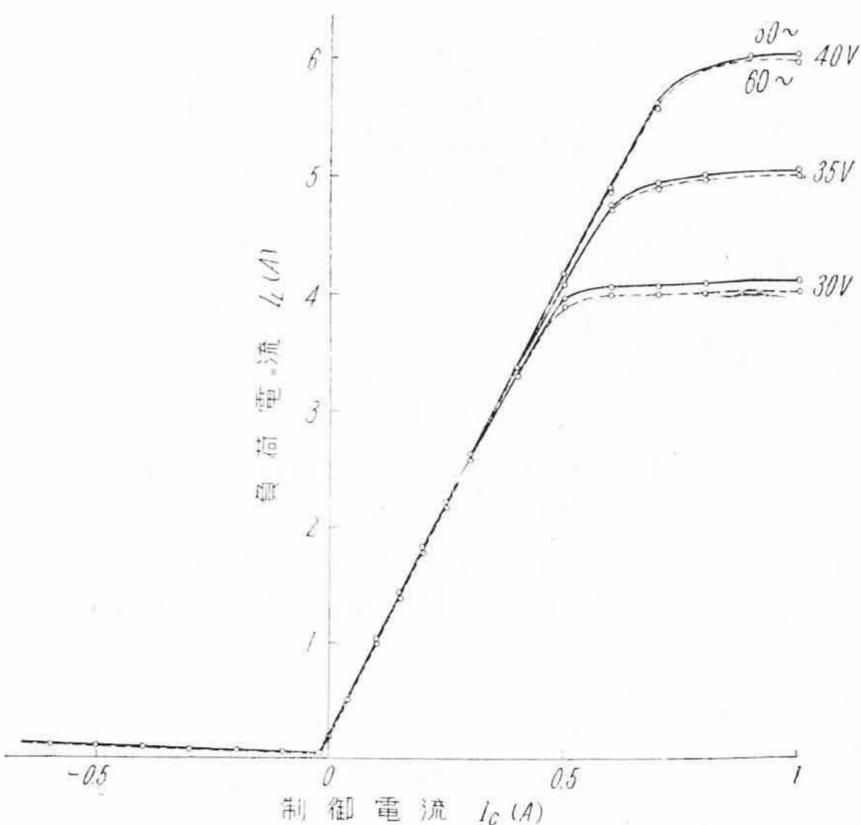
磁気増幅器は可飽和リアクトル部分と乾式整流器とから構成させる。

(1) リアクトル構造および材料

リアクトルの構造は鉄心の形状により、円形巻鉄心形、矩形巻鉄心形、三脚鉄心形が主として使用される。これらの中、円形巻鉄心形が性能値の点で最もすぐれた性能を有し、小出力ではあるが高感度および速応性を必要とするいわゆるプリアンプとして最も適している。矩形巻



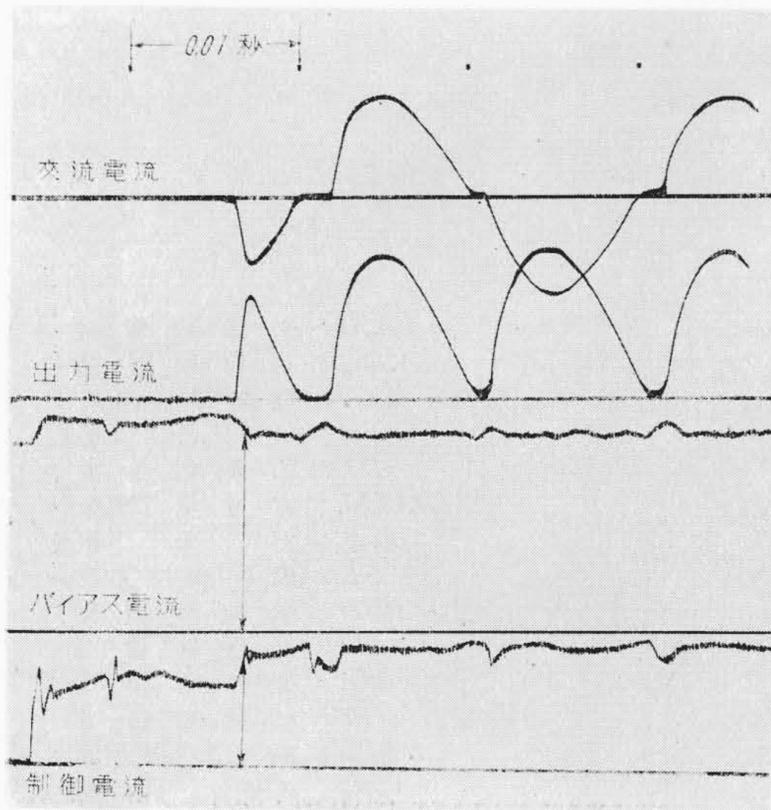
第9図 磁気増幅器とコア
Fig.9. Magnetic Amplifier and Its Cores



第10図 磁気増幅器増幅特性の実測値
Fig.10. Measured Curve of Amplification Characteristic of Magnetic Amplifier

鉄心、三脚鉄心形などは前者に比しやゝ性能は劣るが、出力の大きいいわゆるパワーアンプとして採用される。

磁気増幅器用鉄心材料としては、前述のようにいわゆる矩形ヒステレシスループを有するものが望ましく、残留磁束密度 B_r 、飽和磁束密度 B_s とともに大にかつ B_r/B_s が1に近い程良く、また抗磁力 H_c は小なる程良い。Ni 系高導磁率合金ははなはだすぐれた特性を有するが B_s やゝ低く高価なので、大出力用としては不適當で主として高利得を必要とするプリアンプとして使用され



第11図 磁気増幅器の応答時間特性
Fig.11. Response Characteristic of Magnetic Amplifier

る。方向性珪素鋼帯は比較的良好な磁気特性を有し、また価格も低廉なのでパワーアンプとして適当である。

日立製作所ではプリアンプとして50% Ni 異方性パーマロイを、パワーアンプとして方向性珪素鋼帯を採用している。

第9図にプリアンプ用巻鉄心コアとその完成品を、第10図、第11図にその増幅特性および応答時間特性の一例を示す。増幅特性は直線性を顕著に示しており制御上理想に近いことがわかる。また応答時間も1/2 μ sを示している。

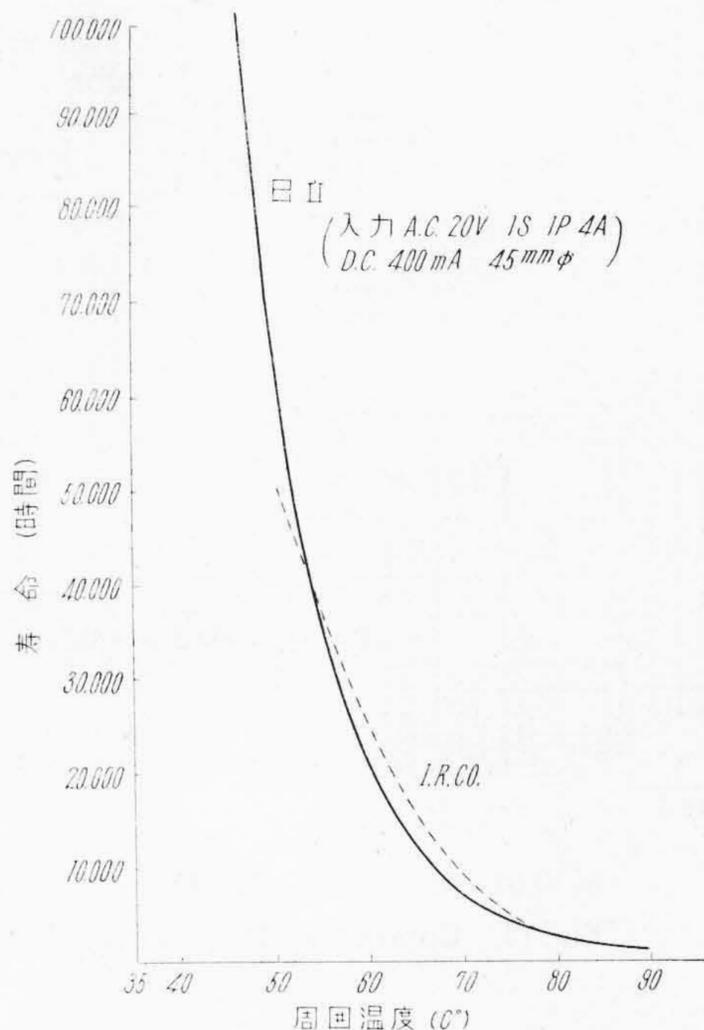
(2) 乾式整流器

乾式整流器として必要な特性は、勿論、逆方向電流少く、正方向抵抗が小さいことである。この場合正方向抵抗は、負荷抵抗と直列にあり、一般に負荷抵抗は整流器の正方向抵抗より大きいので、正方向抵抗の変動はあまり大きく影響しない。これに反して逆方向漏洩電流は鉄心の消磁作用を行い、したがって増幅度が減少するので大なる悪影響を与える。

また磁気増幅器の構成要素は、整流器を除いては、きわめて安定かつ寿命の長いものであるから、整流器としても特性が安定で寿命の長いことが必要である。

第12図は日立製作所製セレン整流器の寿命試験結果を示す。図中点線で示したものは International Rectifier Co. のカタログに記載された米国製品の寿命である。

つぎにセレン整流器の耐圧の低下は主として湿気の浸入によるものと考えられるが、日立製作所においては独特の処理法(特許第201949号)によつて、合金電極の透



第12図 セレン整流板の温度、寿命特性
Fig.12. Temperature and Life Characteristics of Selenium Rectifier Element

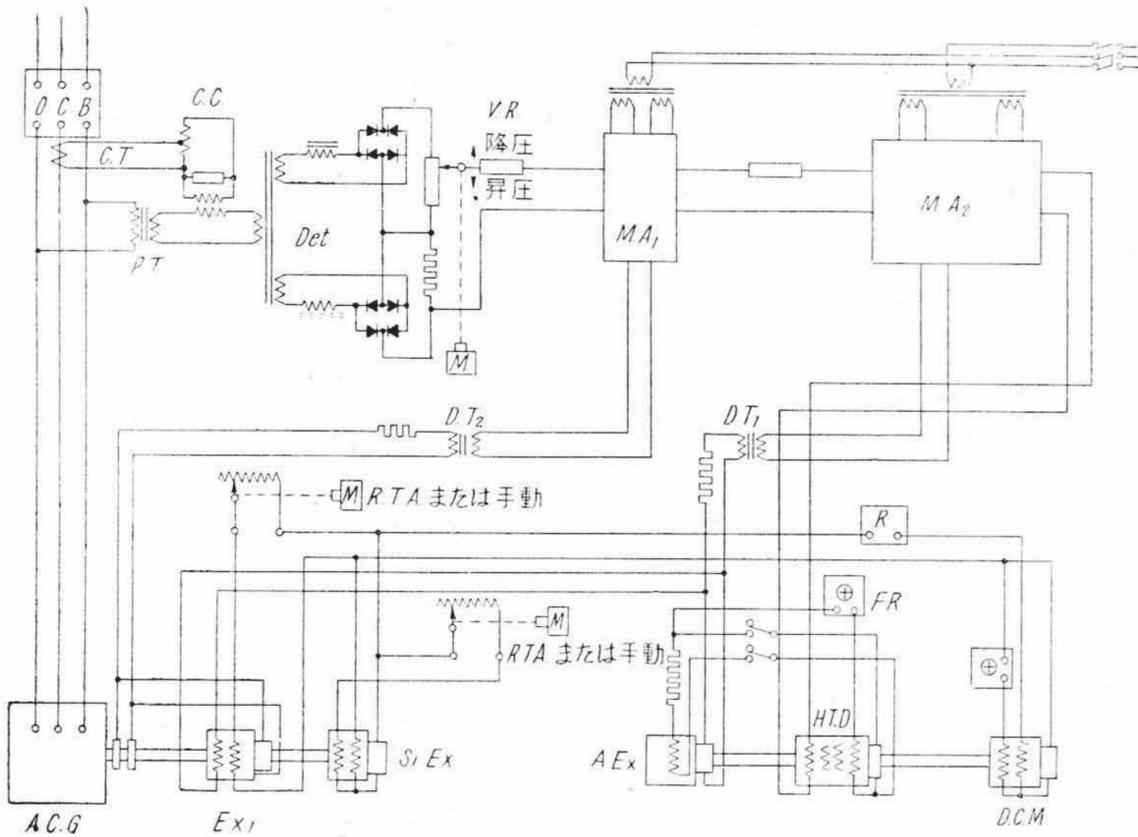
湿を防止しており、放置による耐圧の劣化はほとんどなく、また防湿塗装のないまま湯中で20~30分煮沸しても大きな変化はない。

[V] 磁気増幅器の応用

(1) 電圧自動制御

(A) 交流発電機電圧自動制御

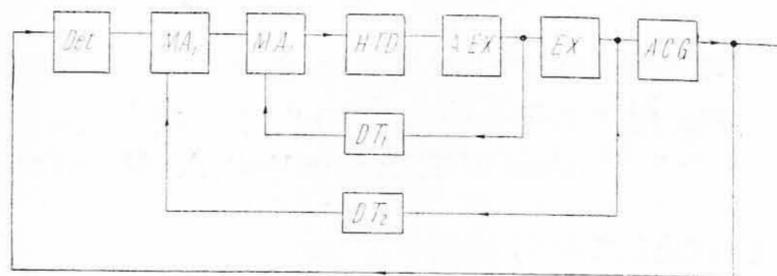
交流発電機の自動電圧調整器(AVR)としては、従来主として接点型のものが用いられていた。この方式では接点の保守に難点があるため、最近磁気増幅器および回転増幅機を使用したAVRが開発されて来た。欧州ではスウェーデンにおいて1945年に72,000 kVA 発電機用としてこの種AVRが使用開始され、現在も引き続き好成績で運転中であると報ぜられてる。(6) 日立製作所においても磁気増幅器を使用したAVRが製作され、すでに相当数のものが好調裡に運転中である。(7)(8) 第13図(次頁参照)に磁気増幅器およびHTDを併用したAVRの一例を示す。主機電圧の整定値よりの偏差を検出する部分はPTの二次回路に飽和リアクトルによる非直線回路と非飽和リアクトルによる直線回路を接続し、両回路の整流電圧を比較する方式を採用している。偏差があれば両者の電圧に差を生ずる。この電圧の差を磁気増幅器MA₁ MA₂により増幅してHTD制御界磁に加えて、偏差が



- ACG: 交流発電機
- A.Ex₁: 補助励磁機
- C.C.: 横流補償回路
- Det: 検出部
- DT: 乱調防止器
- D.C.M.: 直流電動機
- E.X.: 主磁機
- FR: 励界磁抵抗器
- HTD: 回転増幅機
- M: 操作電動機
- MA: 磁気増幅器
- R: 加減抵抗器
- S.Ex: 副励磁機
- V.R.: 電圧加減抵抗器

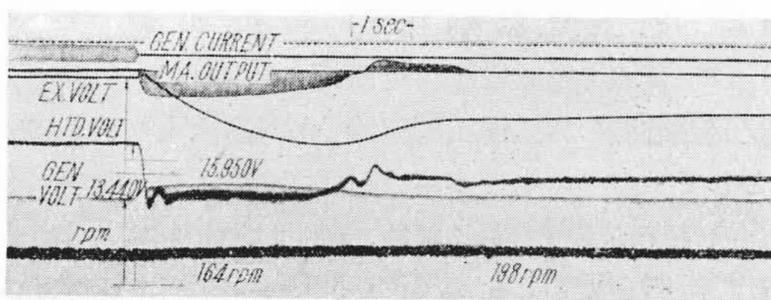
第13図 交流発電機自動電圧調整装置接続図

Fig. 13. Connection Diagram of Automatic Voltage Regulator for A.C. Generator



第14図 自動電圧調整装置ブロック線図

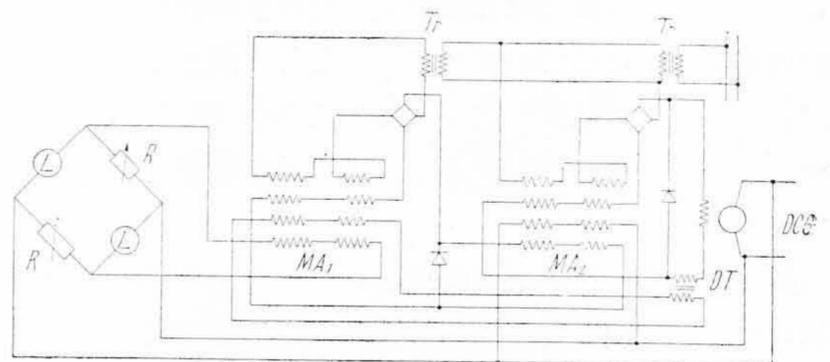
Fig. 14. Block Diagram of Automatic Voltage Regulator System



第15図 水車発電機負荷遮断試験結果

Fig. 15. Oscillogram of Load Test for Water Turbine Generator

なくなるように動作する。大容量の発電機ではその界磁の時定数が数秒以上にも達する。制御誤差を小さくするため回路の増幅度をませば乱調を起しやすい。この場合乱調防止変圧器を図に示すように、それぞれ補助励磁機、主励磁機の出力回路に接続し、その二次側を MA₁, MA₂ の乱調防止巻線に接続して目的を達している。この乱調防止変圧器の諸定数は設計に際し、第14図のブロックダイヤグラムにより、各機器の増幅度、時定数の設計値を使用し、アナログ電気演算機により、最も適当な数値を



- DCG: 直流発電機
- MA: 磁気増幅器
- DT: 乱調防止器
- Tr: 変圧器
- L: ランプ
- R: 抵抗

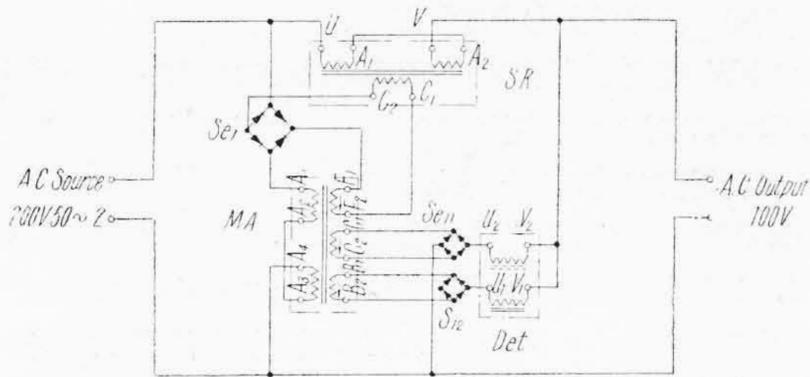
第16図 直流発電機自動電圧調整装置接続図

Fig. 16. Connection Diagram of Automatic Voltage Regulator for D.C. Generator

求めて万全を期している。水車発電機負荷遮断試験における動作特性のオシログラムを第15図に示す。図に示すように全負荷遮断の場合に電圧上昇を20%に押し円滑安全な調整動作により約4秒で整定値に回復するという優秀な成績を示している。

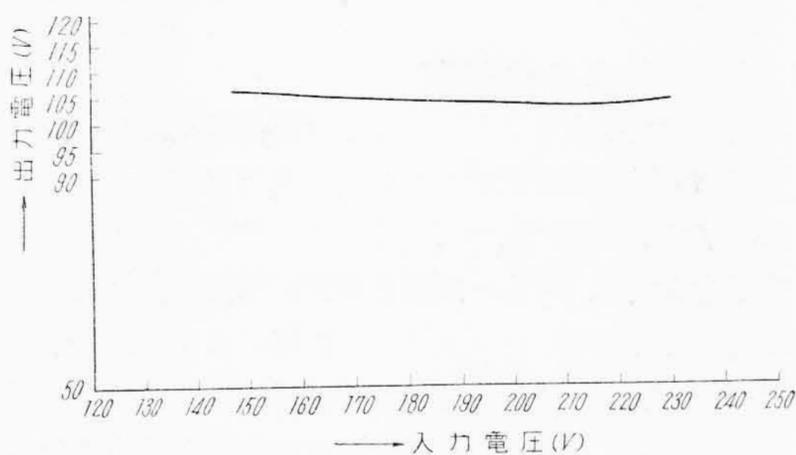
(B) 直流発電機自動電圧制御

諸種の制御装置の基準電圧として、電源電圧、周波数の影響を受けない定電圧装置が希望される場合に適するものである。第16図に接続図を示す。電圧偏差検出装置としては非直線要素としてランプ、直線要素としては抵抗器を使用して、これら各2組をブリッジに組んで、対角線端子より偏差信号をとり出す。この偏差信号を磁気増幅器で2段増幅し、この出力で発電機界磁を励磁して電圧を調整する。電源電圧を+30%、-20%、電源周波



Det: 検出器 SR: 可飽和リアクトル
MA: 磁気増幅器 Se: セレン整流器

第17図 交流定電圧装置接続図
Fig. 17. Connection Diagram of A.C. Constant Voltage Device



第18図 定電圧装置試験結果
Fig. 18. Characteristic Curve of Constant Voltage Device

数を +30%, -10%, 速度を ±15% 変化させた場合も +0.3%, -1.0% 以内の電圧変動の範囲内に納まっている。

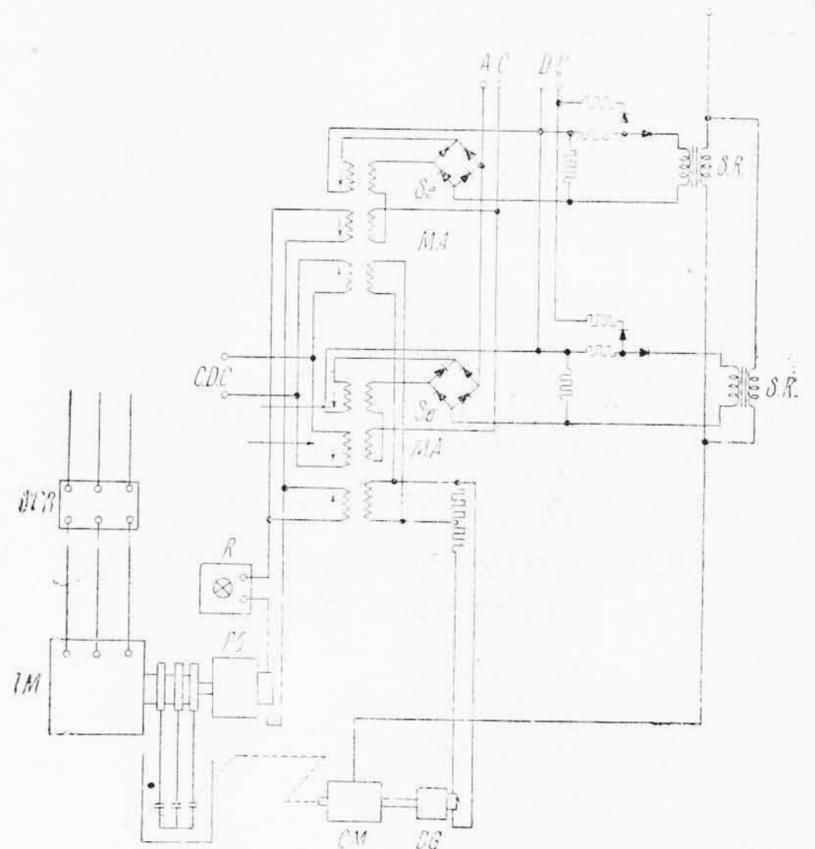
(C) 交流定電圧装置

各種の自動制御装置、レントゲン制御などの制御電源として、比較的小容量ではあるが定電圧交流電源が要求されることがある。これらの目的に適する定電圧装置の接続図の一例を第17図に示す。すなわち検出装置と磁気増幅器と、この出力電流で励磁される可飽和リアクトルよりなっている。電圧偏差検出は前記交流 AVR と同様で、飽和リアクトルと不飽和リアクトルの二つよりなっている。偏差の大きさに応じて、磁気増幅器により増幅された出力で可飽和リアクトルの直流励磁巻線を励磁し、リアクタンスの大きさを変化させ電圧降下を調整して、負荷にかゝる電圧を一定に保つものである。100 VA のものゝ試験結果の一例を示せば第18図のごとくで入力電圧 ±15% 変化に対して、出力電圧の変化は ±1% 以内に納まっている。

(2) 電動機速度制御

(A) 誘導電動機速度制御

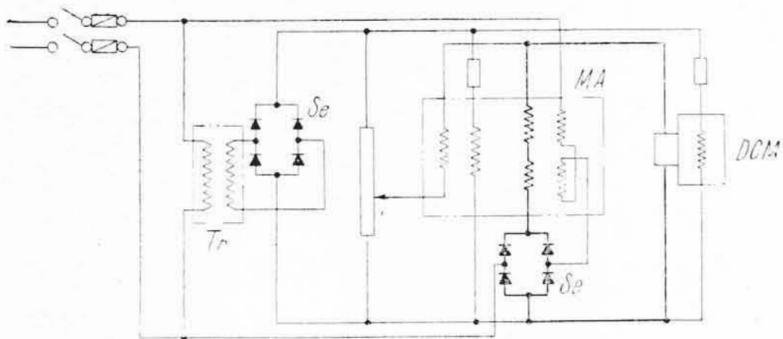
セメント工業におけるロータリキルン電動機などのごとく、負荷変動の多いものに対し、二次液体抵抗器を調



AC: 交流電源 OCB: 油入遮断器
CDC: 定電圧直流電源 PG: パイロット発電機
CM: 操作電動機 Se: セレン整流器
DC: 直流電源 SR: 可飽和リアクトル
DG: 乱調防止発電機 R: 速度調整抵抗器
IM: 三相誘導電動機

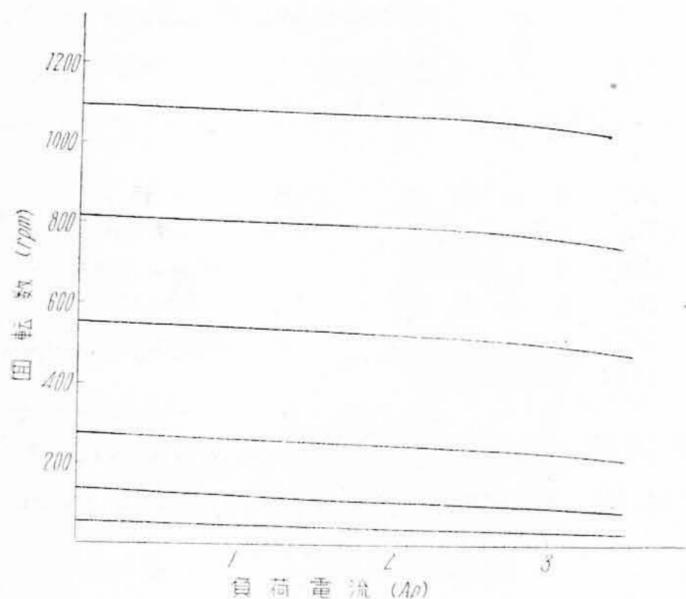
第19図 誘導電動機速度制御接続図
Fig. 19. Connection Diagram of Induction Motor Speed Control

整して、速度を自動的に一定に保つ方式が採用される。第19図に接続図を示す。すなわち誘導電動機にパイロット発電機を連結して速度を検出し、これを基準値と比較して、その差を磁気増幅器で増幅する。磁気増幅器は2組あつて、速度が基準値より大きいか、小さいかによつて、そのいずれかが使用される。この磁気増幅器の出力によつて、液体抵抗器の操作電動機を正転または逆転用可飽和リアクトルが励磁され、操作電動機を回転して、二次抵抗を制御し、誘導電動機を速度を基準値に保つ。乱調防止のためには操作電動機に小型の直流発電機を直結して、この出力電圧すなわち調整量の微分値を磁気増幅器の乱調防止巻線に負饋還するとともに、前記小型発電機出力端子に抵抗器を接続して、操作電動機に速度に応じた制動力を発生せしめる。この制動力および電極を昇降させるための負荷回転力と一次電圧制御された操作電動機の回転力とが平衡して、速度偏差の大きさに比例した操作電動機速度がえられる。したがつて電動機速度偏差が大きい場合は操作電動機の操作速度は早く、反対に基準値に近づいて来れば、すなわち偏差が小さくなつて来れば、操作電動機速度が小さくなる。したがつて調整の行きすぎがなく、安全な制御ができる。試験結果によれば精度は大約5%である。



DCM: 直 流 電 動 機 Se: セレン整流器
 MA: 磁 気 増 幅 器 Tr: 変 圧 器

第 20 図 直 流 電 動 機 速 度 制 御 接 続 図
 Fig. 20. Connection Diagram of D.C. Motor Speed Control



第 21 図 直 流 電 動 機 速 度 制 御 試 験 結 果
 Fig. 21. Characteristic Curve of D.C. Motor Speed Control

(B) 直 流 電 動 機 速 度 制 御

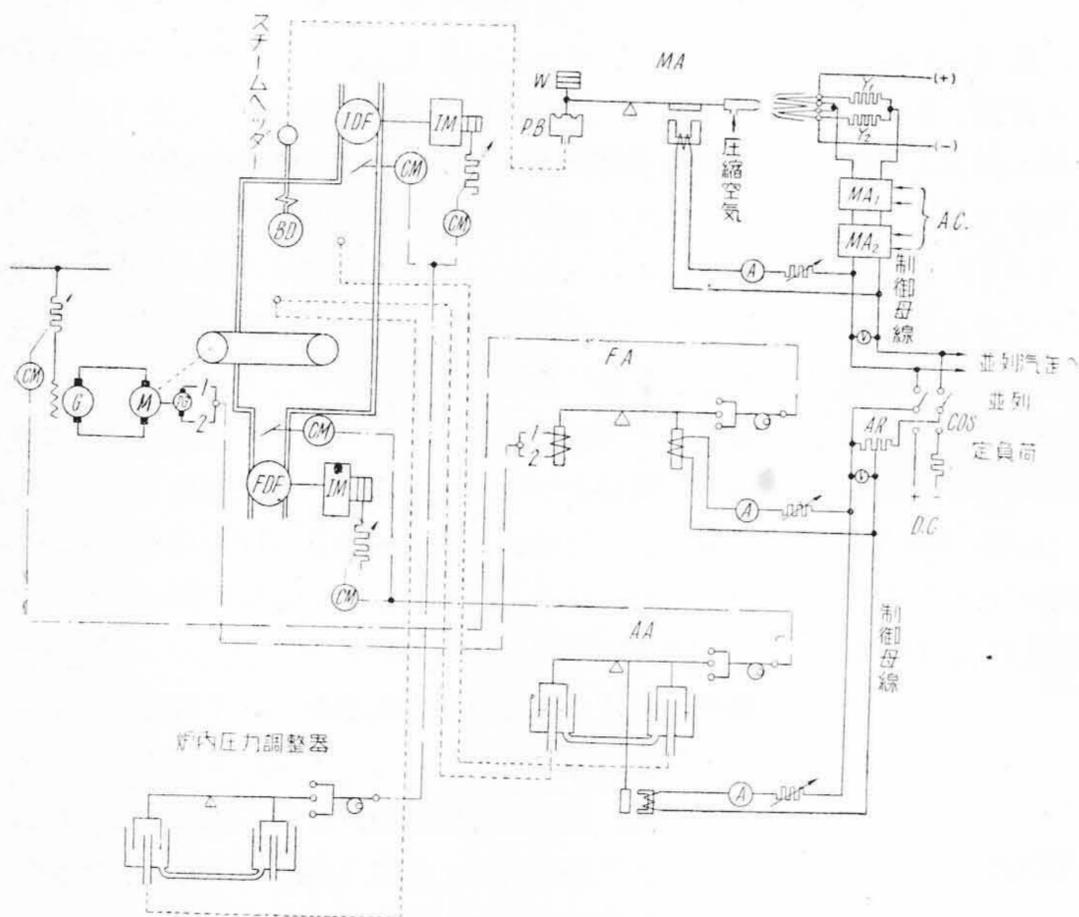
1 kW 程 度 の 小 型 の 直 流 電 動 機 は 一 般 に 内 部 抵 抗 値 が 大 き い の で 速 度 変 動 率 が 大 き い 。 し た が つ て 低 速 に な る と 負 荷 電 流 が 流 れ る と 停 止 し て し ま い ， 広 範 囲 の 速 度 制 御 が 困 難 で あ る 。 工 作 機 械 な ど に お い て は 小 容 量 電 動 機 で ， し か も 広 範 囲 の 速 度 制 御 が 必 要 と さ れ る 。 こ れ ら の 目 的 の た め サ イ モ ト ロール 等 の 電 子 管 を 使 用 し た 特 殊 の 制 御 方 法 が 米 国 で は 発 達 し て 来 た 。 日 立 製 作 所 で は 最 近 磁 気 増 幅 器 を 用 い 簡 単 な 方 法 で ， 交 流 電 源 より 直 接 駆 動 し て ， サ イ モ ト ロール と 同 様 に 定 格 速 度 の $\frac{1}{20}$ ま で 安 定 に かつ 定 格 電 流 値 ま で は 速 度 変 動 率 5% の 好 結 果 を え た 。 第 20 図 に そ の 接 続 図 を ， 第 21 図 に そ の 速 度 特 性 を 示 す 。

(3) 電 流 自 動 制 御

電 流 変 動 の は な は だ し い の を 定 電 流 に 制 御 す る 装 置 と し て 磁 気 増 幅 器 を 用 い た 諸 種 の 自 動 制 御 装 置 が 開 発 さ れ ， す で に 運 転 に 入 っ て い る も の が 多 い 。 た と え ば 動 揺 式 弧 光 電 気 炉 ， エ ル ー 式 弧 光 電 気 炉 電 流 制 御 装 置⁽⁹⁾ ， 磁 気 増 幅 器 を 使 用 し た レ オ ナー ド 回 路 の 過 電 流 制 限 装 置⁽¹⁰⁾ ， 超 同 期 電 動 機 の 制 動 力 自 動 制 御 装 置⁽¹¹⁾ そ の 他 パ ル プ グ ラ イ ン グ ， 定 電 流 装 置 な ど す で に 日 立 評 論 誌 上 に 発 表 さ れ た も の は そ の 後 も 好 調 に 運 転 中 で あ る 。

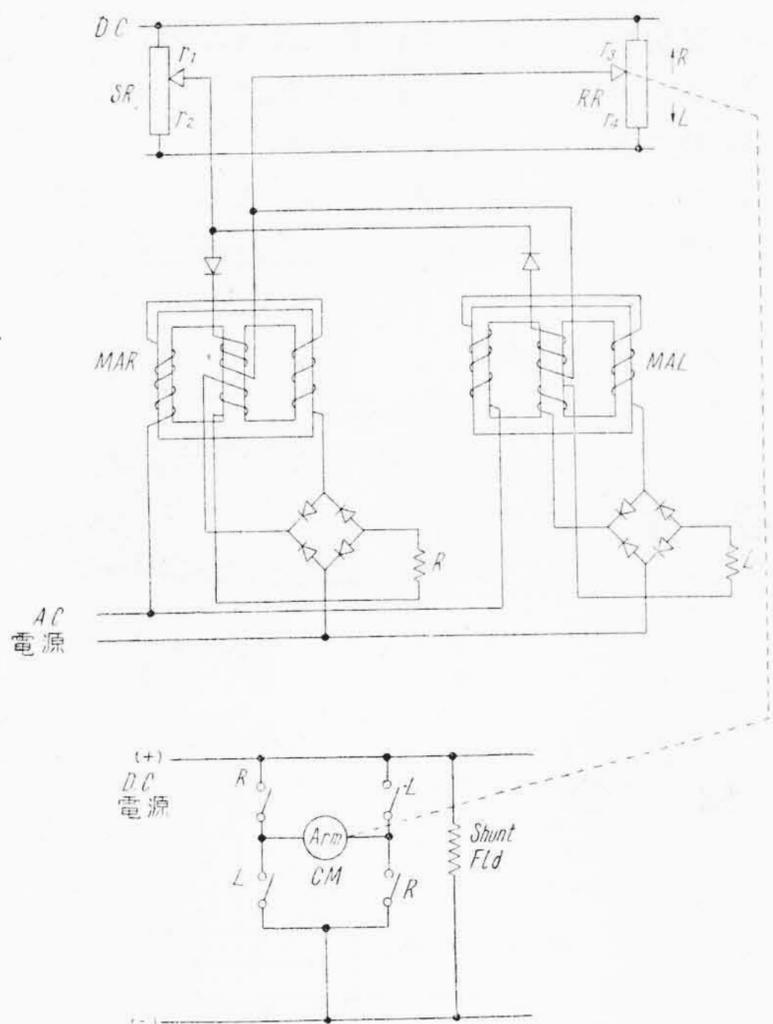
(4) ACC へ の 応 用⁽¹²⁾

電 氣 的 ACC の 最 大 の 欠 点 は 接 点 を 有 す る た め に ， そ の 保 守 が 厄 介 で あ る と い う こ と で あ ろ う 。 ACC は 汽 罐 の 負 荷 に 応 じ て 燃 料 ， 空 気 を 適 正 に 保 つ て ， 燃 焼 を 合 理 的 に 保 つ も の で あ る 。 第 22 図 に は 磁 気 増 幅 器 を 使 用 し た ボ イ ラ 負 荷 の 検 出 装 置 の 接 続 図 を 示 す 。 図 の 天 秤 式 繼 電



LM: 誘 導 電 動 機
 G: 直 流 発 電 機
 M: 直 流 電 動 機
 CM: 操 作 電 動 機
 PG: パ イ ロ ッ ト 発 電 機
 MA: 主 調 整 器
 FA: 燃 料 調 整 器
 AA: 空 気 調 整 器
 MA_{1,2}: 磁 気 増 幅 器
 IDF: 誘 導 通 風 機
 FDF: 押 込 通 風 機
 AR: 負 荷 調 整 抵 抗
 PB: 圧 力 函 数
 W: 重 錘
 A: 電 流 計
 V: 電 圧 計
 COS: 切 換 開 閉 器

第 22 図 自 動 燃 焼 制 御 装 置 接 続 図
 Fig. 22. Connection Diagram of Automatic Combustion Control



SR: 指令抵抗 RR: 応動抵抗
 MAR: 磁気増幅器 CM: 操作電動機
 MAL: 磁気増幅器

第23図 位置自動制御接続図
 Fig. 23. Connection Diagram of Position Control

器の右端にボイラ蒸気流量に比例する圧力を導き、蒸気流量が変化した場合には圧力が変化して槓杆が傾く。槓杆の他端には空気吹付ノズルがついている。この吹付ノズルのところに図のごとく白金線に電流を通じた熱線をはつたものを納めた函が2箇あり、槓杆が平衡の位置にある場合には両方の白金線は平等に僅かに冷却される。槓杆が傾けばいずれか一方の白金線が冷却される。したがってこの白金線の抵抗値が変化する。白金線と外部の抵抗とがブリッジを形成して接続されているので、このブリッジの対角線には出力電流が流れる。この出力電流は10 mA程度であるが、これを磁気増幅器に加えて、2段増幅する。その出力電圧により前記槓杆に作動する電磁石を励磁し、この電磁力により旧に復するように負饋還を施しておけば、磁気増幅器の出力はボイラ蒸気流量に比例した電圧がえられる。この電圧により燃料制御、空気調整、炉圧調整の基準値として使用されるいわゆる制御母線電圧がえられる。この方法により7.5 t/hのボイラの流量を約35%変化させた場合圧力変化は20気圧の基準値よりの制御誤差は $\pm 0.2 \text{ kg/cm}^2$ に納まっている。

(5) 位置自動制御

適隔位置制御たとえば大型調整抵抗器を操作机上の把手により調整する場合、操作机上の把手の位置に相對應する位置まで大型調整器の調整腕を自動的に動作するもので、第23図に接続図の一例を示す。すなわち操作机上の指令用の調整抵抗 r_1, r_2 と被調整用大型調整抵抗器に設置された制御用抵抗器 r_3, r_4 をブリッジ回路に接続して、この r_3, r_4 抵抗器上を動く腕は操作電動機により動かされる。今平衡していてブリッジ対角線端子間には電流が流れていない状態より、 r_1, r_2 上の腕を動かせばブリッジの平衡は破れて、対角線端子間に電流が流れる。その方向によつて磁気増幅器 MA_R, MA_L のいずれかの出力は増大する。これによつて操作電動機用電磁接触器の線輪が励磁されて、操作電動機回路が形成されて、操作電動機が回転し、調整抵抗器 r_3, r_4 上の腕を動かす。 $r_1 r_2, r_3 r_4$ が平衡する位置すなわち $r_1 r_4 = r_2 r_3$ の関係が成立する位置まで動いて停止する。

[VI] 結 言

以上磁気増幅器の増幅特性について簡単に理論的な説明を加えその応用の一端を述べたが、外部饋還型磁気増幅器は特性の調整が容易であり、設計製作もまたわきめて容易である。矩形飽和特性の鉄心材料の使用により、増幅特性および時定数の点ではきわめて優秀な特性のものがえられている。磁気増幅器は静止器であるため構造堅牢で、保守の手数も要しないが、問題となるのはセレン整流器の劣化の問題である。このセレンの劣化については日立製作所においては種々研究の結果、独特の処理法を行つた合金電極を用いて解決し、きわめて寿命の永いものを製作しているので、寿命の点についても好成績を期待している。

磁気増幅器のすぐれた特性は優秀な自動制御装置の製作に寄与するところきわめて大きく、今後の応用方面はますます広くなるものと確信する。終りに磁器増幅器の研究応用に対し、御援助を頂いている各位に深甚の謝意を表す次第である。

参 考 文 献

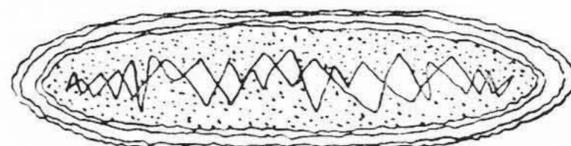
- (1) W. C. Johnson, B. C. Merrell, R. E. Alley: Universal Curves for D-C Controlable Reactors, AIEE Transactions, Vol. 68, Part 1, 1949
- (2) 今尾, 杉浦: 昭和26年11月電気三学会東京支部連合大会予稿
- (3) H. F. Storm: Saturable Reactors with Inductive D-C Load, Part II, AIEE Technical Paper 53-20

- (4) D. W. Verplank, L. A. Finzi & D.C. Beaumarriage: T.A.I.E.E. 68, 565 (1949)
- (5) D.W. Verplank, M. Fishman & D.C. Beaumarriage: I.R.E. 37, 862 (1949)
- (6) A.S.E.A. 社資料: Voltage Control of Large Synchronous Machine

- (7) 吉岡, 柏木: 昭和28年電気学会連合大会予稿
- (8) 広吉: 日立評論 36 P. 741 (昭29)
- (9) 泉, 吉岡: 日立評論 34 P. 1183 (昭27)
- (10) 泉, 藤木: 日立評論 34 P. 473 (昭27)
- (11) 山口, 平川: 日立評論 36 P. 602 (昭29)
- (12) 泉, 北川: 日立評論 火力発電機器特集号



特許の紹介

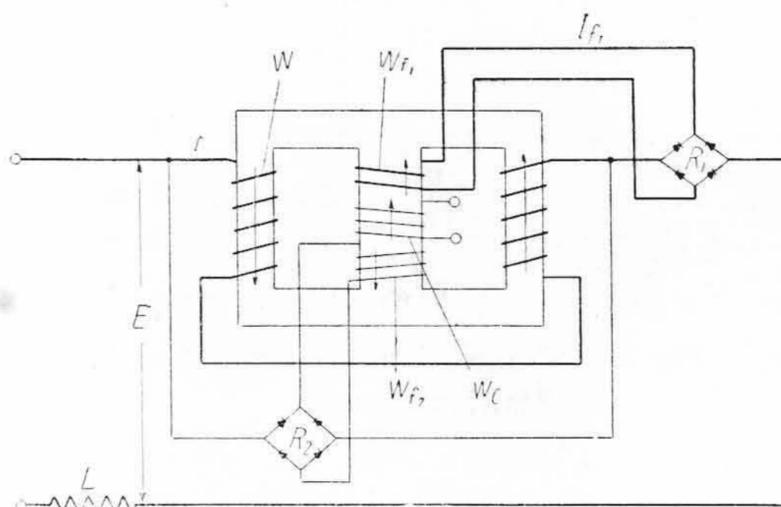


特許第204106号

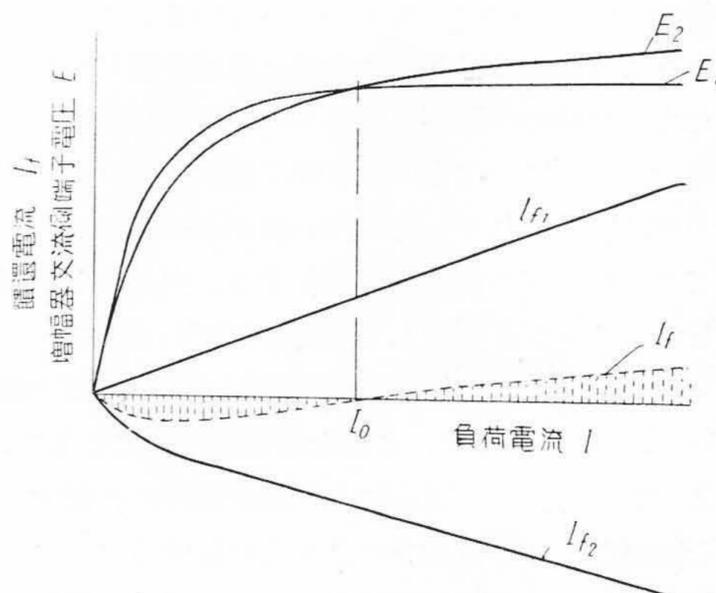
三浦武雄

磁気増幅器

磁気増幅器は交流巻線を施した鉄心の中性脚に制御巻線を設け、これを制御直流で励磁するものであるが、該制御巻線のほかに負荷電流の正饋還巻線を設けると特性改善に役立つものである。しかしそれだけでは制御電力の減少を伴う不利がある。そこでこの発明では第1図に示すように正饋還巻線 W_{f1} のほかに交流端子電圧に対応する負饋還巻線 W_{f2} を設けたものである。すなわち巻線 W_{f1} は負荷 L を通ずる電流 I を整流器 R_1 で全波整流してえられる直流 I_{f1} で制御巻線 W_c に対し和動的に励磁し、また巻線 W_{f2} は交流端子電圧 E を整流器 R_2 を通じ、端子電圧に対応した直流として制御巻線 W_c に対し差動的に動作するようにしたものである。いま I_{f1} による W_{f1} の起磁力と I_{f2} による W_{f2} の起磁力とを負荷電流 I_0 において打消さしめるようにすれば、第2図に示すように負荷電流が I_0 までは負饋還、それ以上では正饋還となり、従来の饋還を行わない増幅器の電圧・電流特性 E_2 は、本発明の実施により E_1 のように改善されるのである。これによつて高増幅度を期待することができ、また正饋還巻線のみを設けたものに比して飽和電圧の値が大となり、したがつて制御電力が大きくなる効果がある(第2図では饋還電流は巻数同一の場合に換算して示してある)。(谷田)



第1図



第2図