

磁気増幅器による過電流制限装置について

泉 千吉郎* 藤木 勝美**

On the Current Limiting Device Using Magnetic Amplifier

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

Abstract

In Ilgner set for a blooming mill and in Leonard set for a electric winder it is tendency to increase response of system by using rotating amplifier such as Hitachi Tuning Dynamo.

Quick response of system, brings large inrush current to the motor by rough handling of controller handle.

So some current limiting device must be equipped to avail the allowable maximum power of a motor in case of acceleration and deceleration.

For this purpose, we tried to use a magnetic amplifier and proved effective.

Writers will explain here a magnetic amplifier and the current limiting device.

[I] 緒 言

製鉄用分塊ミルのイルグナーセット或は巻上機のレオナードセットには、急加速させたり又は負荷変動に無関係に予定速度を保持するため、回転増幅機を使用した負饋還による自動制御が行われるのが最近の傾向である。この場合、回転増幅機は速応度高く且増幅率大なる為、回転増幅機の界磁に大なる変化を与えると、主回路に大電流が流れる危険がある。即ち運転手が過つて制御器の把手を進め過ぎた場合がこれに相当するわけであるが、この場合に遮断器を働かせて、主回路を切つて了うことは運転上好ましくない。

電流制限装置を設けることにより電動機の最大安全電流の範囲内で出来るだけ大きな加速電流で制御を行い、又負荷の急激な変動に対しても同様に、自動的に主回路の過電流を制限して素人でも安全な運転が出来る事が要求せられる。

かかる目的に応ずる過電流制限装置としては、各種の方式のものが考えられるし、又実際に使用して好結果を得ているものもあるが、これらのものは保守取扱が面倒であり且高価であつて、必ずしも満足すべきものとは言ひ難い。

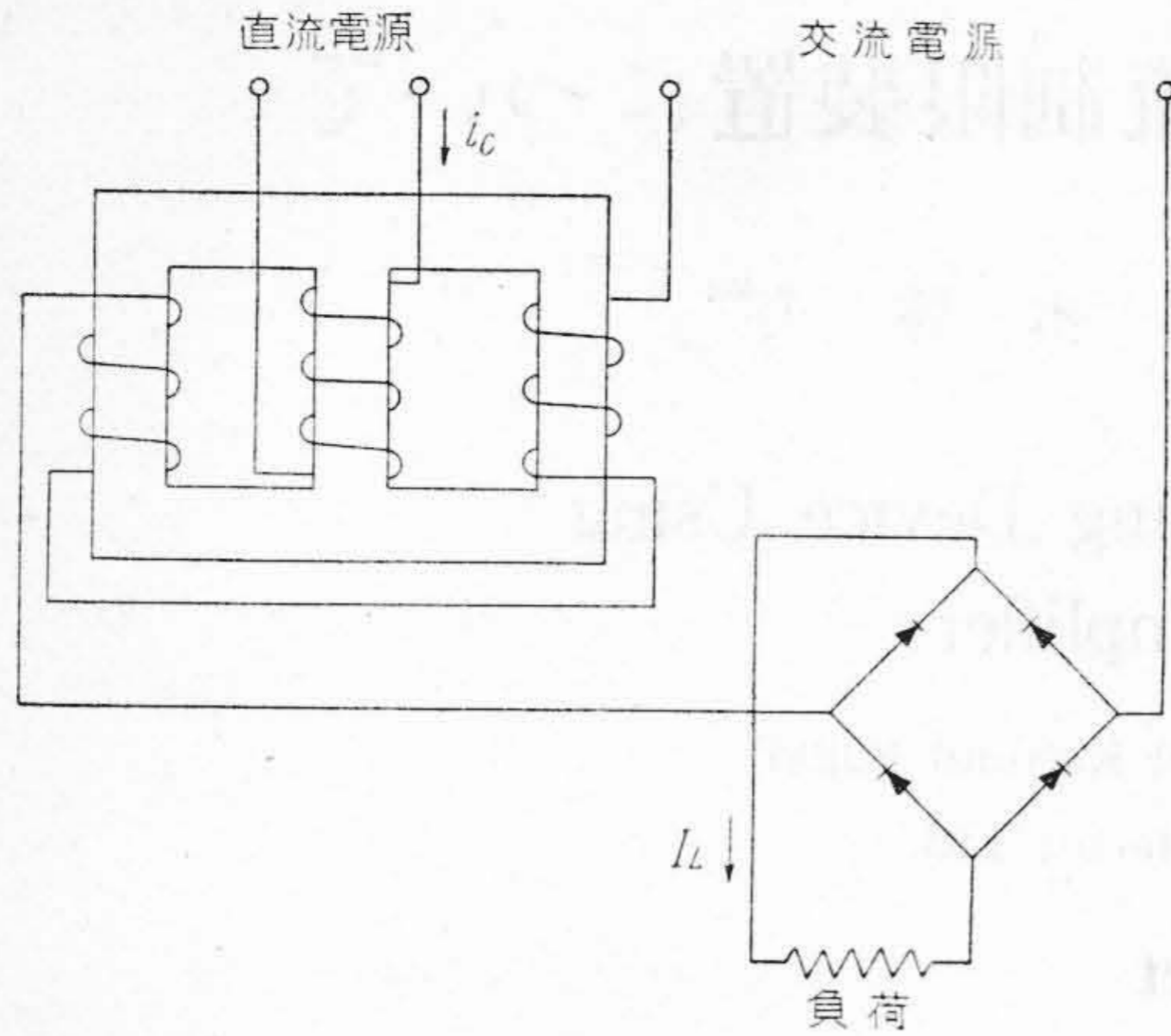
扱て今回、上記目的を満足すべく構造簡単且堅牢な磁気増幅器を利用した過電流制限装置を完成し、好成績を得たのでここにその概略を紹介し関係方面の御参考に供する次第である。

[II] 磁気増幅器及びその特性

鉄心型リアクターに直流励磁を附加して鉄の飽和状態を変化すれば、そのリアクタンスの値を変えることが出来る。この場合直流励磁の値を僅か変えると交流の励磁電流が大きく変化することを利用すれば、これを増幅器として使用することが出来る。磁気増幅器については、種々の文献^{(1)~(3)}に発表されているがその概要は次の如くである。

第1図は磁気増幅器の原理を示す接続図である。三脚鉄心の両脚に交流巻線、中央脚に制御用直流巻線を設け両側の交流巻線は、同一巻数とし、その極性を適当にして中央脚には互に打消して交流磁束が通らないように接続する。斯くして直流磁束を重畳させると、交流に対するインダクタンスの値が変化し、負荷に対して出力の変化を生ずるのである。その特性は第2図の如くであり、これが磁気増幅器の動作原理の大略であるが、本過電流制限装置に於ては、再生饋還を行つて、これをリレーとして使用している。これは第3図の如く、制御用直流巻

* ** 日立製作所日立工場



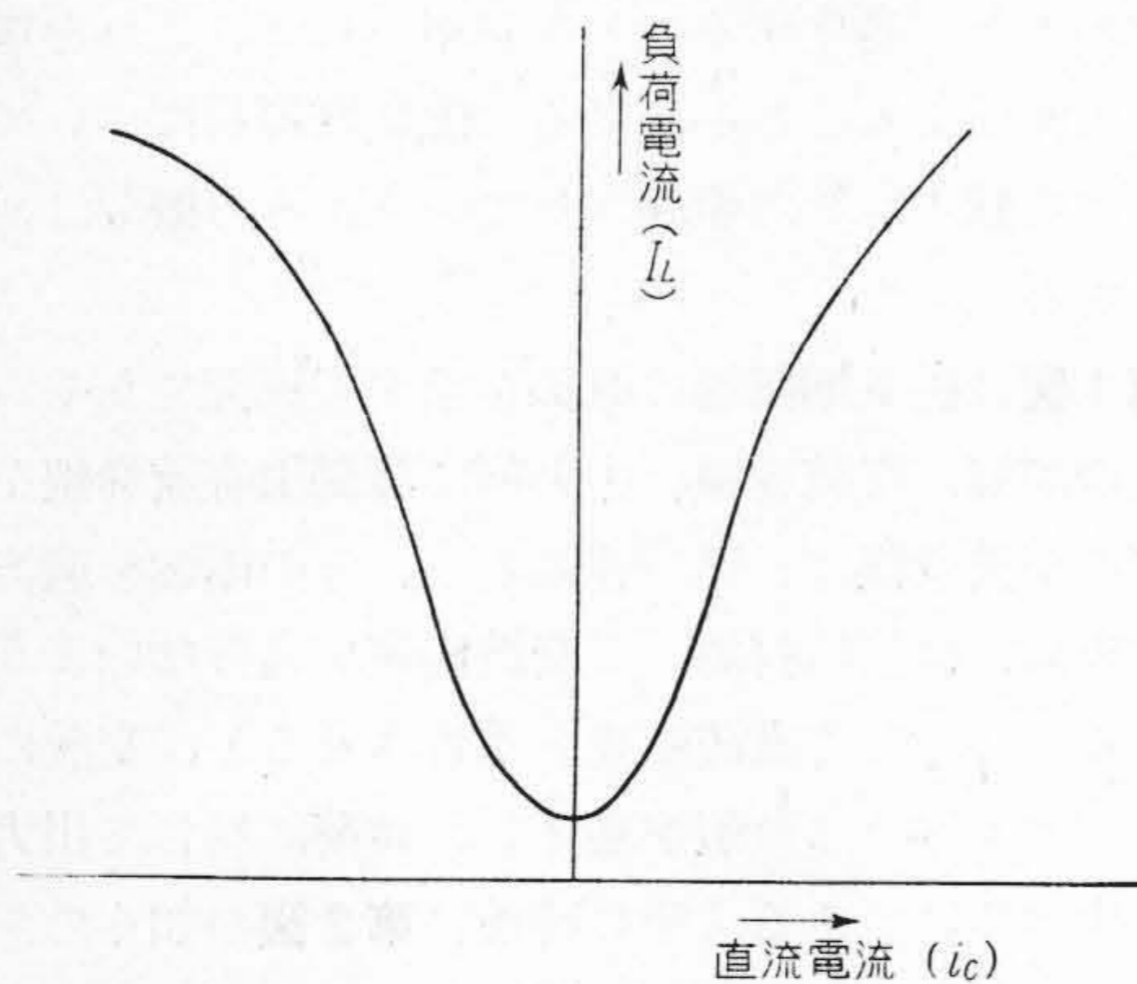
第 1 図 磁気増幅器の接続図
Fig. 1. Connection Diagram Showing Principle of Magnetic Amplifier

線の外に整流器を通して負荷電流自身に比例する直流を通ずる再生巻線を設けたもので、その結果、第 4 図の如き跳躍特性を持たしめることができる。更に中脚に直流巻線を設け、これに適当なアンペアターン即ちバイアスアンペアターンを与えて置けば、ある制御アンペアターンを境として負荷電流の跳躍する所謂リレー特性を呈するのである(4)。

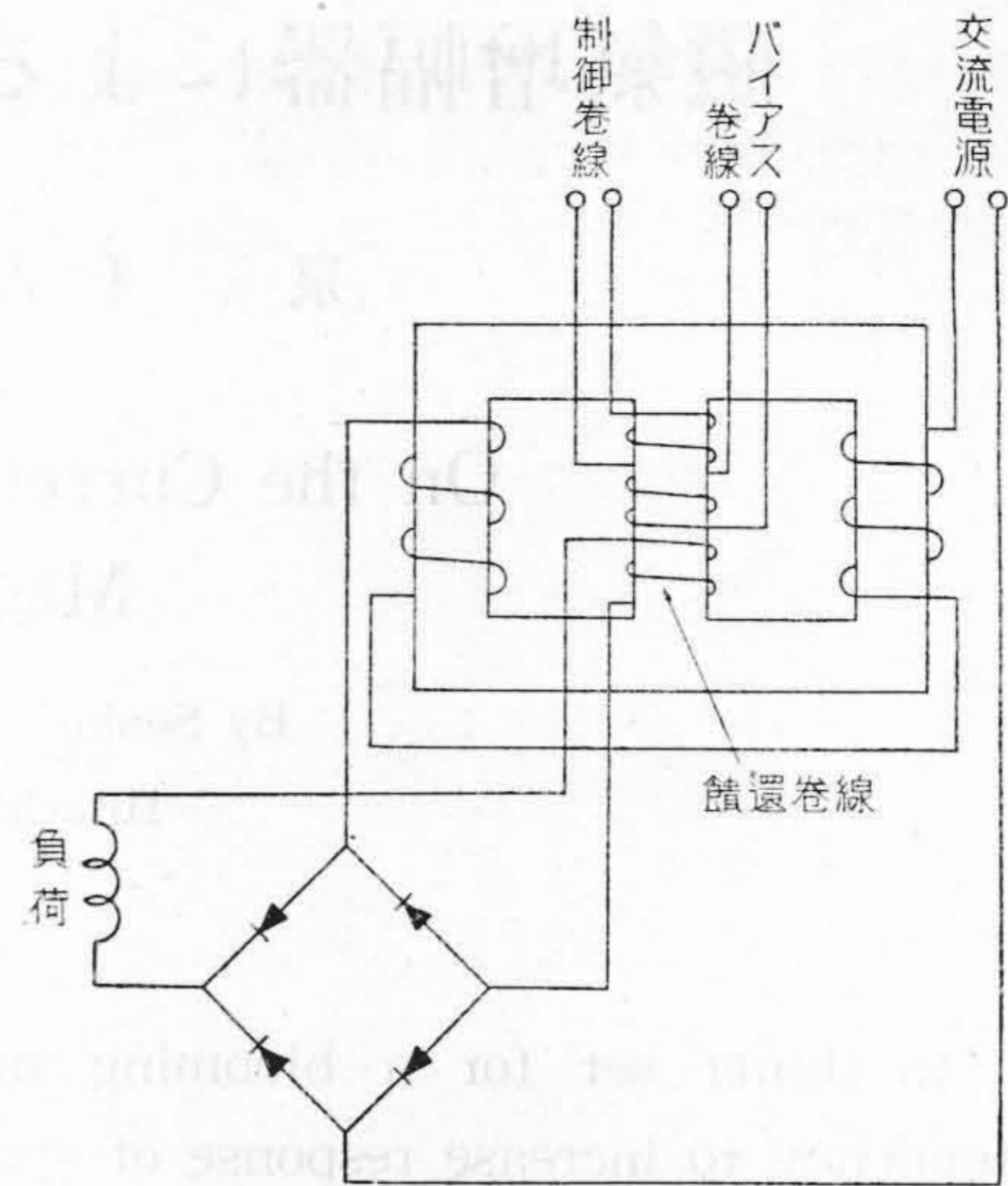
磁気増幅器を過電流制限装置として使用する場合には制御電流が或る値に達する迄は出力を全然出さず、或る値を超過して初めて跳躍的に出力を出す事が望ましい。

然るに磁気増幅器の跳躍特性は第 4 図の如く AB 部分に傾斜があり、然も出力電流は完全に零とならず、又跳躍の立ち上り傾斜も緩らく鋭敏さが無い。

此の跳躍点以前に負荷電流が多少でも流れることは跳躍リレーとして使用する場合には好ましくない。例えば本装置の如く電機子回路の電流を制限しようとする目的に使用する場合には、予定制限電流値以下では動作せず



第 2 図 磁気増幅器の特性
Fig. 2. Characteristic Curve of Magnetic Amplifier

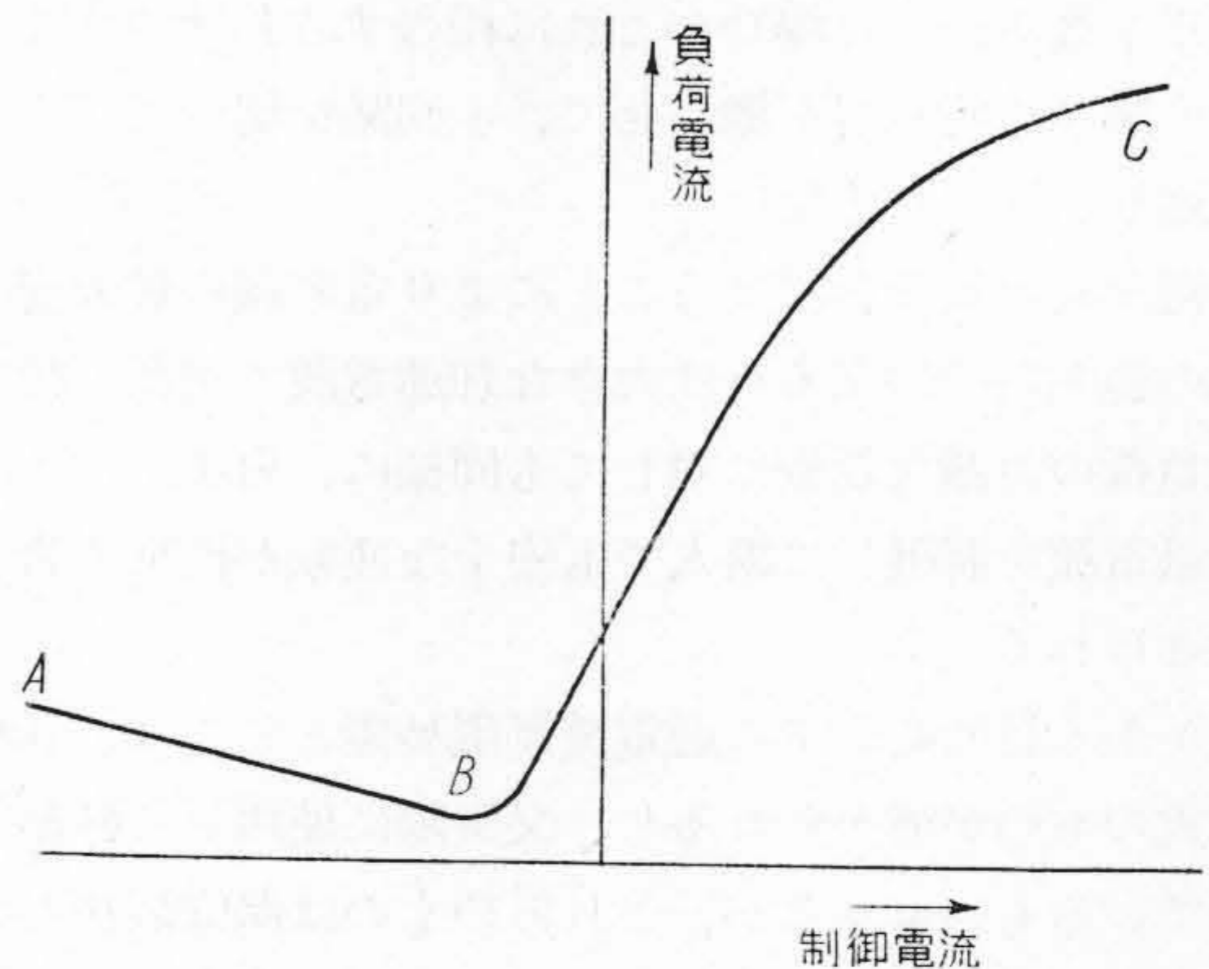


第 3 図 饋還巻線付磁気増幅器原理図
Fig. 3. Connection Diagram Showing Principle of Magnetic Amplifier with Positive Feed Back Coil

予定制限電流値以上では直に動作することが望ましい訳である。即ち予定制限電流値以下でも磁気増幅器に出力電流が流れていると、後述の如く H. T. D. の界磁に於ては前記磁気増幅器の出力電流は制御界磁電流とは方向反対であるので H. T. D. 出力電圧は減少する。従つてレオナード発電機電圧は減少し電動機速度は低下する。速度を規定値に保つためには磁気増幅器出力電流によつて減少せしめられた分だけ、制御界磁電流を補償せねばならない。而も第 4 図のように AB 部分に傾斜があるために制御界磁電流の補償も一定値でなく傾斜に応じた補償を行わねばならぬわらわしさがある。

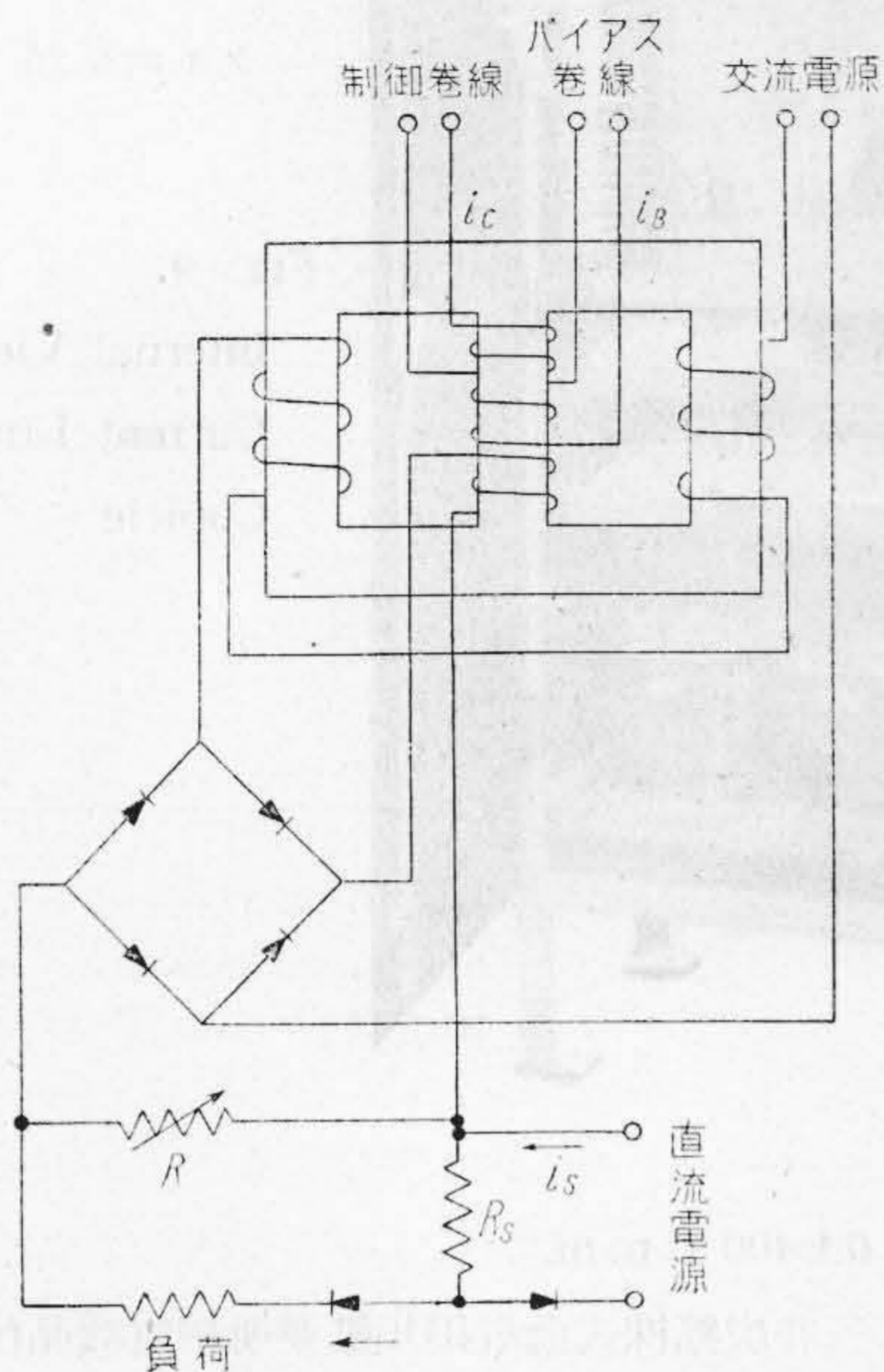
〔Ⅲ〕 磁気増幅器の特性改善

上記の磁気増幅器の本質的の欠陥を改良せんとして、

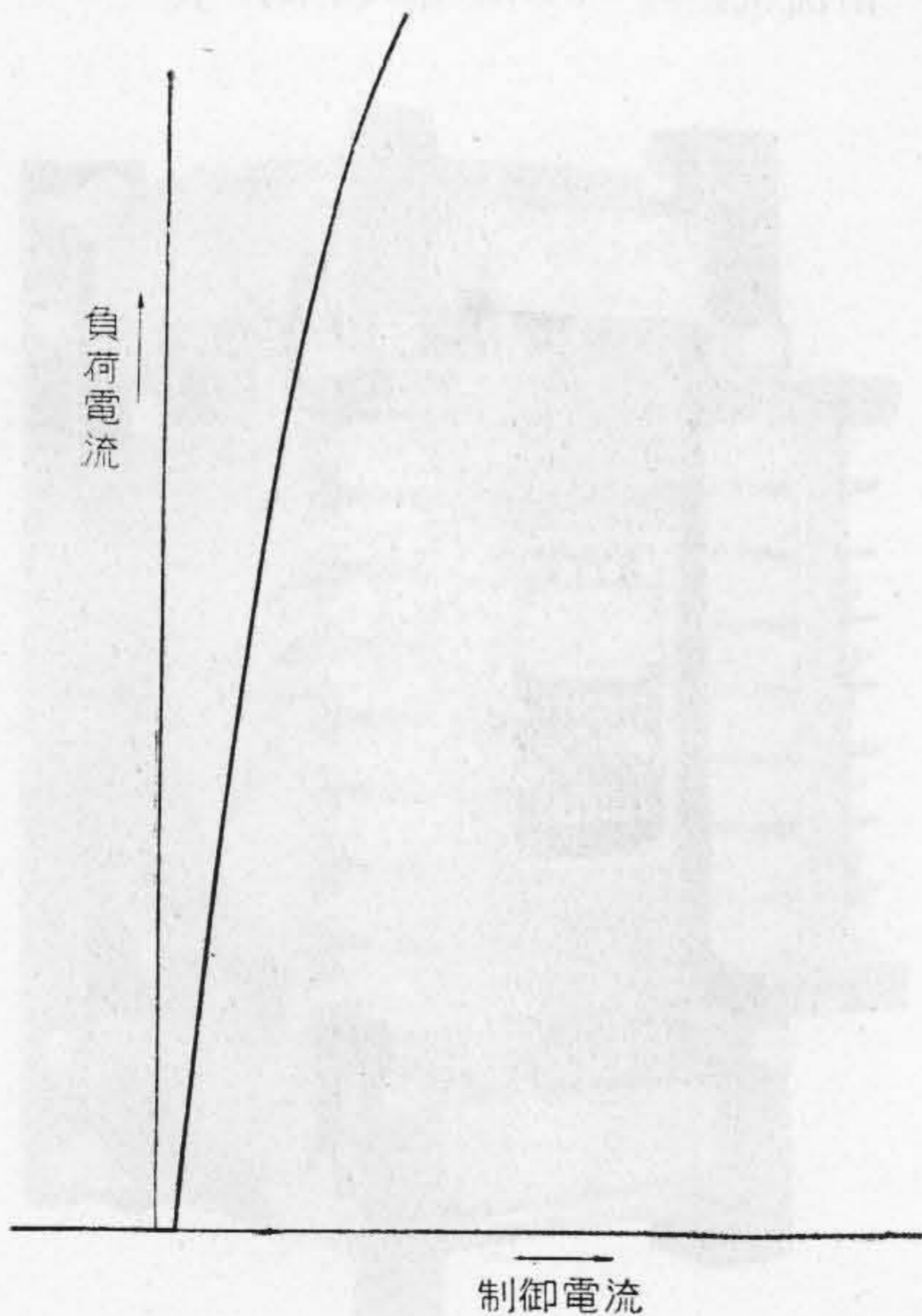


第 4 図 饋還巻線付磁気増幅器特性曲線
Fig. 4. Characteristic Curve of Magnetic Amplifier with Positive Feed Back Coil

次に述べる方法を案出した。第5図は磁気増幅器特性改善の新方式による接続図を示し、第6図は改善された磁気増幅器の特性曲線を示す。即ち第5図に示すように、負荷に直列に抵抗 R_s を挿入し、 R_s の両端に図の如く



第5図 磁気増幅器特性改善の原理図
Fig. 5. Connection Diagram Showing Principle of Magnetic Amplifier Having Improved Characteristic

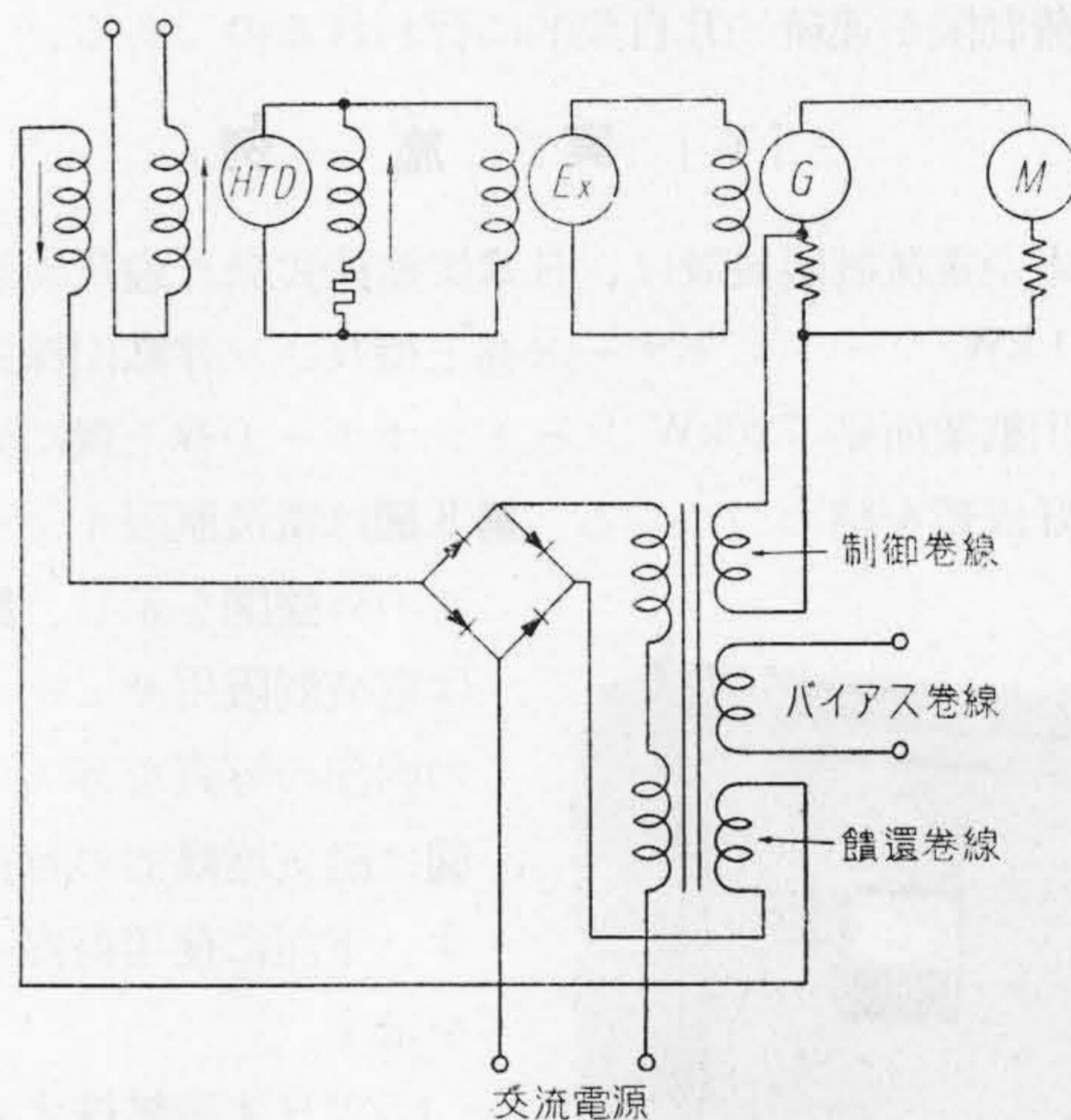


第6図 改善された磁気増幅器の特性
Fig. 6. Improved Characteristic Curve of Magnetic Amplifier

電流を流して電圧降下を生ぜしめる。 R_s の両端の電圧降下は負荷の電源に対して直列に且つ逆方向に挿入されているので、 R_s の両端の電圧降下を適当に調整すれば第4図のABの傾斜せる部分の負荷電流が流れないようにすることが出来る。第6図に示すように改善された特性曲線は跳躍点に達する迄は磁気増幅器出力電流は完全に零で、跳躍点に達すれば鋭い角度の立上りで出力電流が増大する。本方式による磁気増幅器自身には特別な巻線等を行うことなく、外部に抵抗器セレン整流器を接続するだけの極めて簡単な方法で良好な特性を得られる大きな利点を有する。(特許出願中)⁽¹⁵⁾

[IV] 過電流制限装置の原理

過電流制限装置を使用した自動制御の一例の原理図を第7図に示し、以下本図につき、その動作原理を説明す



第7図 過電流制限装置原理図
Fig. 7. Connection Diagram showing Principle of Current Limiting Device

る。

H. T. D. (Hitachi Tuning Dynamo) は制御コイル、分巻コイル及び再生コイルの三巻線を有し、調整抵抗により飽和曲線と分巻コイル抵抗線を一致するようにした直流発電機で、制御コイルは制御予定値に対応するように励磁され、再生コイルは被制御量により励磁され、再生コイルのアンペアターンが制御コイルのアンペアターンに等しくなるように H. T. D. の端子電圧は自動的に調整される。H. T. D. は増幅率大且時定数極めて小なる如く設計上種々考慮されている。

磁気増幅器の制御巻線には、発電機の補極及び補償巻線間の電圧降下を加える。即ち主回路電流に比例する電流を磁気増幅器の制御巻線に加えることになる。又磁気増幅器は H. T. D. の界磁の負荷として電力を供給し、

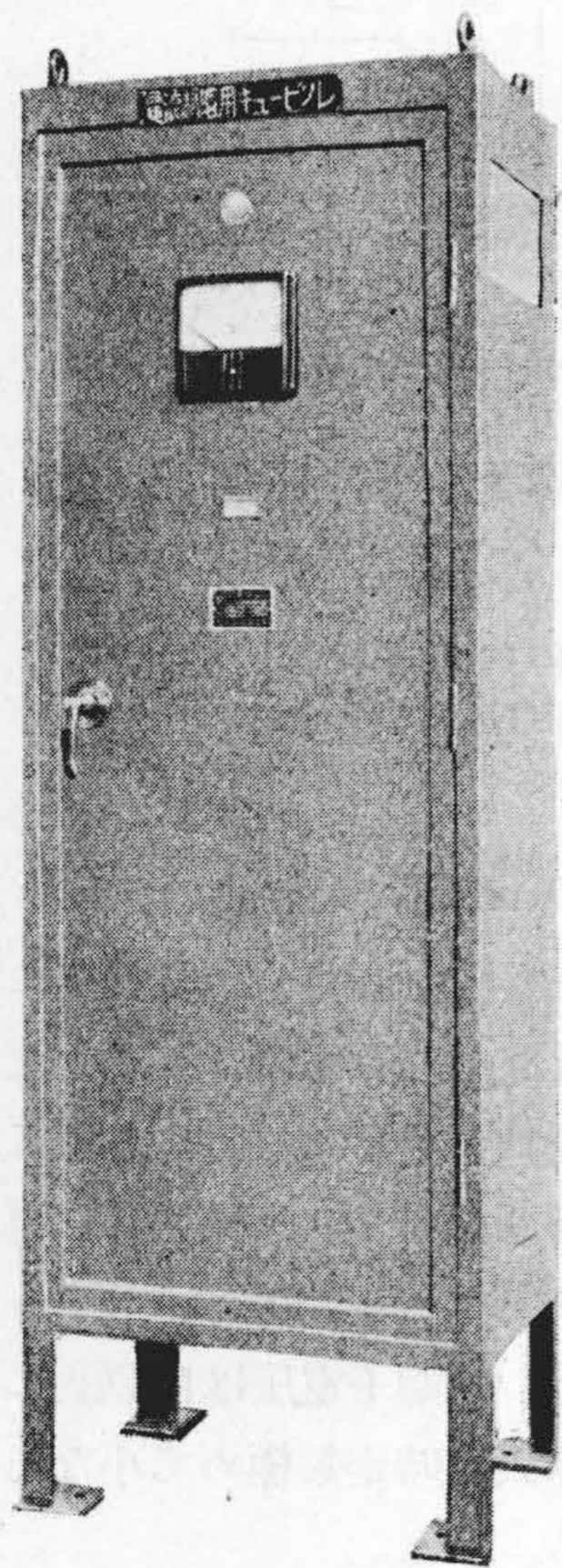
この界磁による磁束は、H.T.D. の制御巻線による磁束を打消すように接続されている。

磁気増幅器は、制御電流が所定の値になった時に跳躍的に出力電流を発生するようにバイアス巻線の電流を調整して置く。

H.T.D. の発生電圧が予定値より上昇したり又は、負荷が急変する事により、主回路電流が予定値を超過した場合には、磁気増幅器の制御電流は主回路電流に比例して増大し、その跳躍特性により出力電流を急激に増大させ、これが H.T.D. の制御アンペアターンを減少させるように働いて、過電流を制限する事になる。主回路電流が予定値以下になれば、磁気増幅器の出力は完全に零となり、H.T.D. はその制御コイルによる指令通りに動作することになる。即ちその場合には磁気増幅器は H.T.D. に対して全然作用を及ぼさない。斯くして過電流制限が連続的且自動的に行われるのである。

[V] 実 施 例

本過電流制限装置は、日本炭鋳株式会社遠賀鋳業所納 250 kW ワードレオナード巻上機及び三井鋳山株式会社田川鋳業所納 720kW ワードレオナード巻上機に使用して好成績を納めつつある。第 8 図は電流制限キュービクルの外観図を示し、第 9 図は電流制限用キュービクルの内部の写真を示し第 10 図は磁気増幅器の写真を示す。下記に使用機器の仕様を示す。

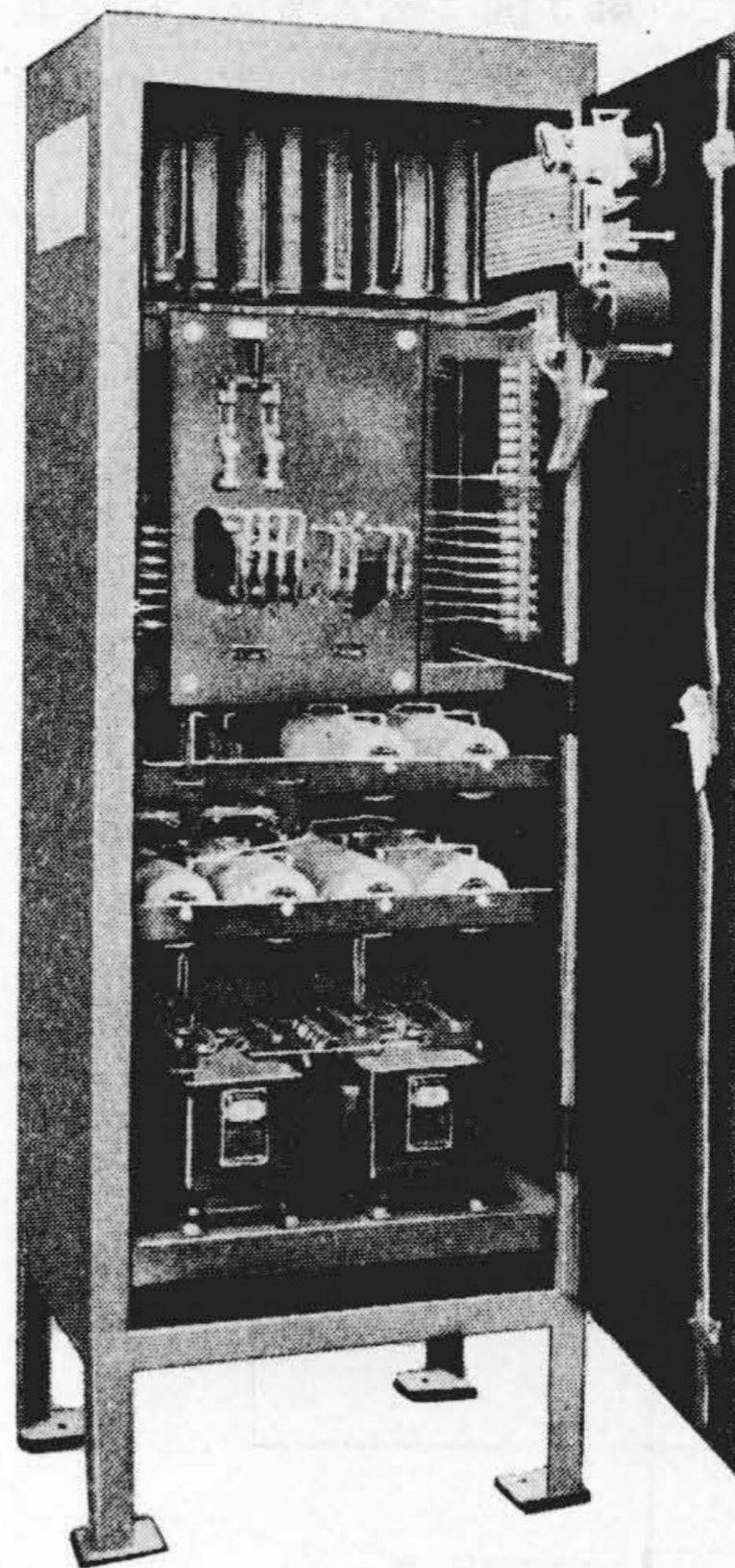


第 8 図 電流制限キュービクル外観図
Fig. 8. Outer View of Current Limiting Cubicle

の外觀図を示し、第 9 図は電流制限用キュービクルの内部の写真を示し第 10 図は磁気増幅器の写真を示す。下記に使用機器の仕様を示す。

(1) 日本炭鋳株式会社遠賀鋳業所納電機品仕様

- a. H.T.D.
FC₁ 型 SP 式
0.5kW 110V
1,500/1,800 r. p. m.
- b. 励磁機 FC₁ 型
SP 式
5kW 110V
1,500/1,800 r. p. m.
- c. 直流発電機
FC₁ 型 SPKK 式
250 kW ±600V
750/900 r. p. m.
- d. 直流電動機
FB 型 SPKK 式
250 kW ±600V



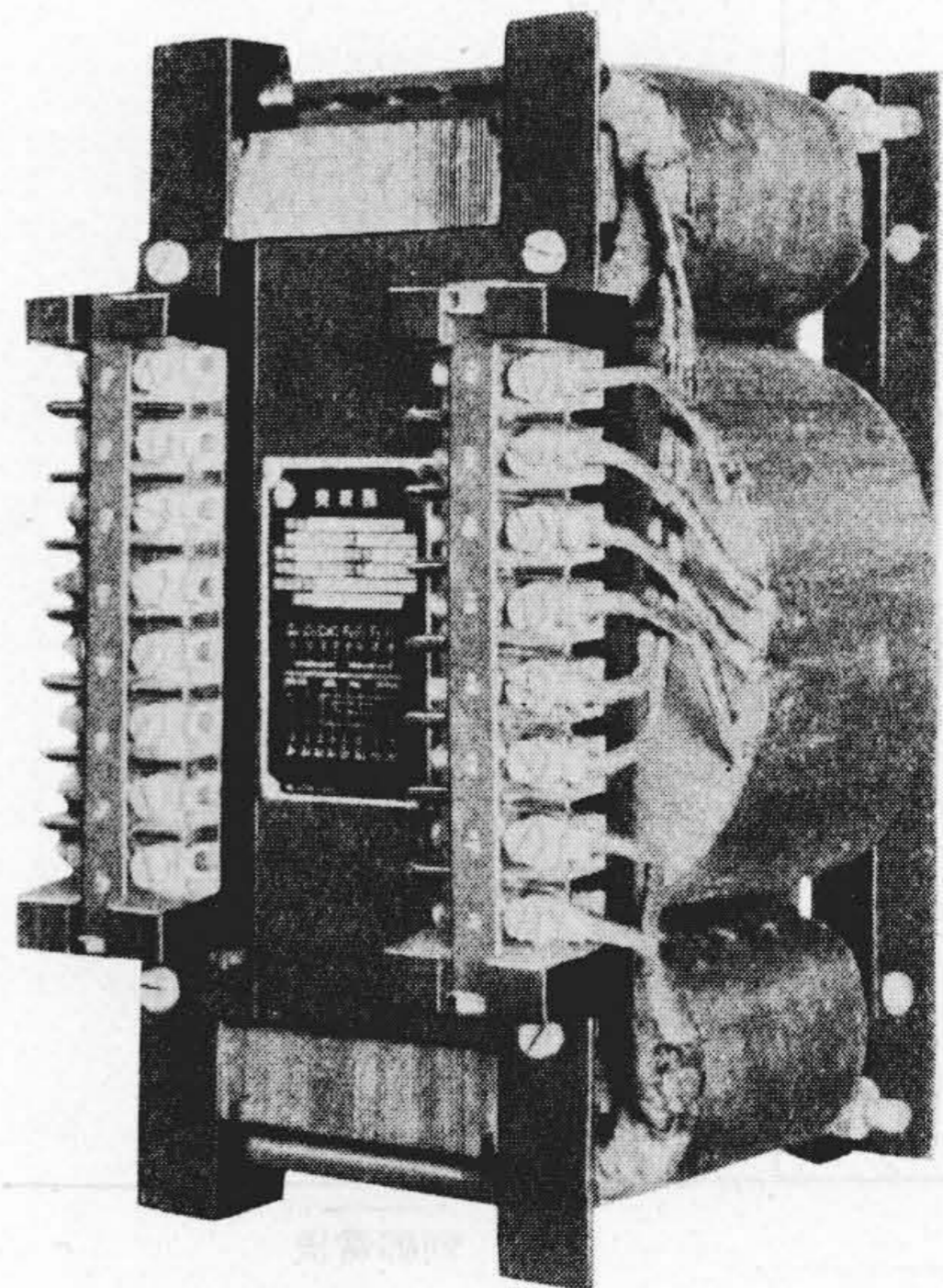
第 9 図
電流制限用キュービクル内部図

Fig. 9.
Internal View of Current Limiting Cubicle

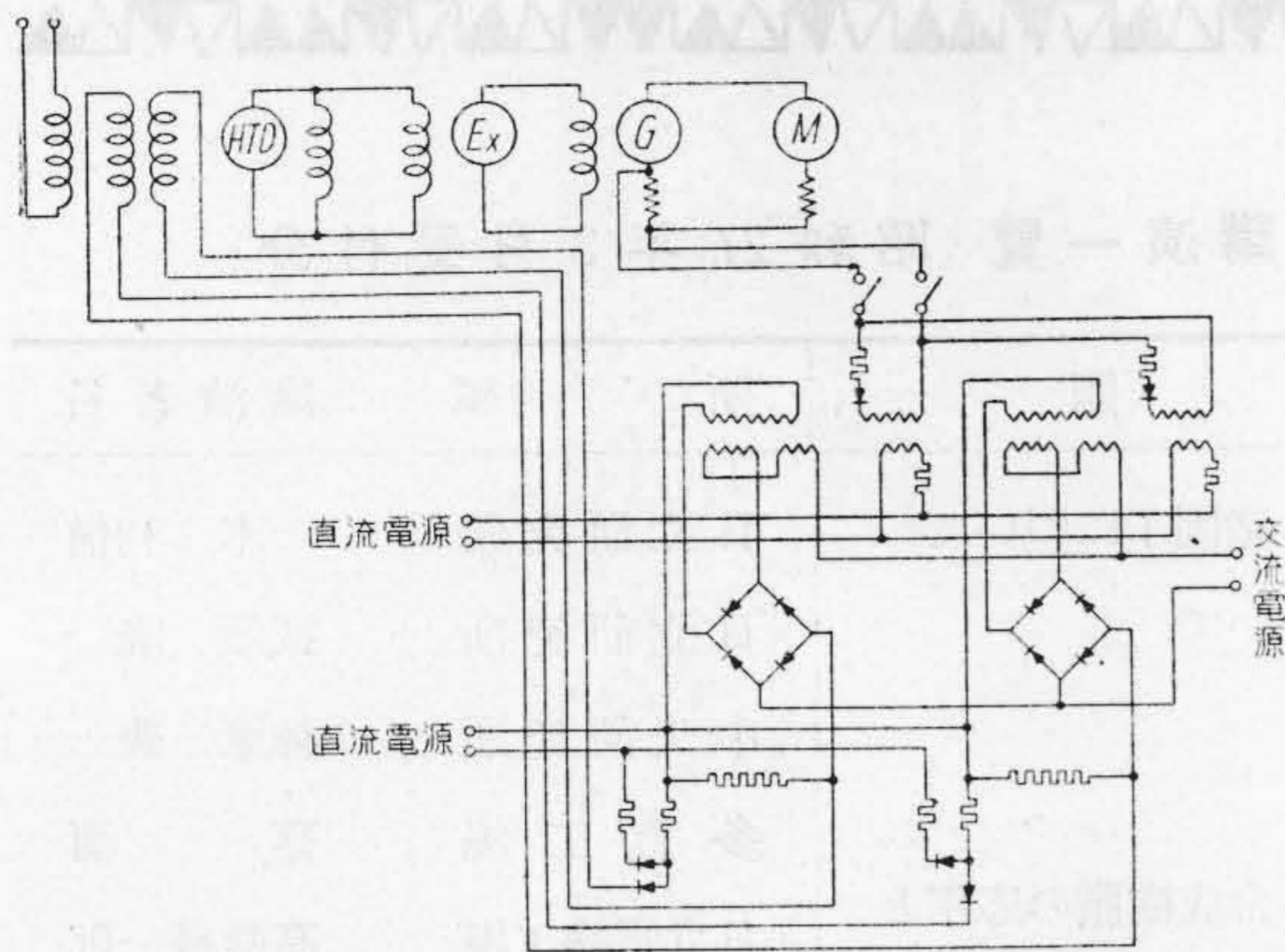
0±400 r. p. m.

(2) 三井炭鋳株式会社田川鋳業所納電機品仕様

- a. H.T.D. FC₁ 型 SP 式
7.5kW 110V 1,500/1,800 r. p. m.
- b. 直流発電機 FB₁L 型 SPKK 式
850kW ±500V 750/900 r. p. m.
- c. 直流電動機 FB₁L 型 SPKK 式



第 10 図 磁気増幅器
Fig. 10. Magnetic Amplifier



第 11 図 過電流制限装置接続図
Fig. 11. Connection Diagram of Over Current Limiting Device

720kW ±500V 0±30.6 r. p. m.

磁気増幅器は電動機の正逆廻転を考慮して、2 個とし第 11 図の如くそれぞれ別個に H. T. D. の饋還巻線に接続する。

工場試験としては、運転中に起り得る最も苛酷な場合を考え、電動機を拘束して、H. T. D. の制御巻線に単位函数的な電流変化を与えた場合について試験した。電動機端子に電圧を加えると、電動機が停止している間は電動機には、逆起電力無きため電機子回路抵抗値で制限される電流が流れる。一般にワードレオナード制御方式ではレオナード発電機と電動機とを結ぶ電機子回路の抵抗値は小さいので、レオナード発電機の発生電圧が低くとも電動機が拘束された場合には相当大きな電流が電機子回路に流れる。堅坑巻上機では起動の始めの時期が上述の場合に相当する。即ち堅坑巻上機では起動の最初の瞬間に制動力を完全に零にして然る後に電動機回路に電流を流すのでは、電動機のトルクも零、機械的制動力も零となり、ケージの重さによる逆トルクのために、ケージが滑り落ちる危険がある。この危険を防ぐために、堅坑巻上機の運転の場合には、先ず制御把手を動作して電動機に電流を流してトルクを発生さして然る後に、制動

機把手を緩め制動力を零にするように操作する。制動力が弱まり巻上機機構の静摩擦による制動力と制動機の制動力との和より電動機のトルクが大になつたときに電動機は回転を始める訳である。此の回転を始める迄の期間は上述の電動機を拘束して電機子回路に電圧を加えた場合に相応する。

試験結果の一例としてオツシログラムを第 12 図に示し、電流制限装置を使用して 190A に電流が制限されていることを示す。若し電流制限装置を使用しなければ約 1,100A の電流が電機子回路に流れるのである。即ち電機子回路の電流値が予定値に達すれば、磁気増幅器の出力電流は零より急激に上昇して H. T. ダイナモの界磁に加えられて発電機電圧を減少せしめるように動作して、電機子回路の電流は予定値に落ち着いている。

[VI] 結 言

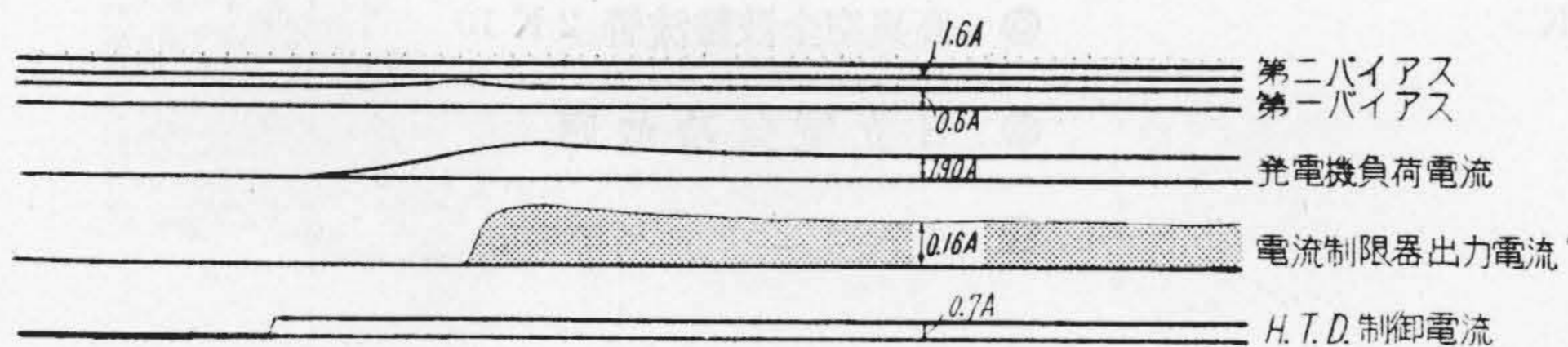
以上が磁気増幅器を応用した過電流制限装置についての概略である。

本装置は接触開閉部分や回転消耗部分を全然必要とせず、堅牢な磁気増幅器により連続制御が可能なのが最大特長である。斯かる過電流制限装置を使用することによりレオナードセットやイルグナーセットに於て、極めて安全且良好なる運転が可能である。

終りに本装置の製作に当り御指導、御協力を賜つた後藤部長、林田部長、今尾課長、阿部課長、中野課長、田附係長並びに関係各位に対して厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) F. N. McClure : Magnetic Amplifiers in Industry Westinghouse Engineer 10.201 (1950)
- (2) L. W. Buchler: Magnetic Amplifiers for Shipboard Applications E. E. 68. 33~37(1949)
- (3) 出川、山本 : 磁気増幅器 電通学誌 昭 25-8
- (4) 今尾、杉浦、昭 26 年 電気三学会東京支部連合大会予稿 (p 4.43)
- (5) 泉、藤木 : 昭 26 年 電気三学会東京支部連合大会予稿 (p 4.42)



第 12 図 電流制限装置試験結果のオシログラム
Fig. 12. Oscillogram Showing Test Results of Current Limiting Device

最近に於ける日立製作所社員社外講演一覽(昭和27年3月受付分)

| 講演日 | 主 催 | 演 題 | 所 属 | 講演者名 |
|------|----------|---------------------------|--------|-------|
| 3/19 | 炭素材料研究会 | 刷子の動作特性に影響する諸因子について | 日立研究所 | 一木 利信 |
| // | // | 電鉄用刷子の強度特性について | 日立研究所 | 武政 隆一 |
| 3/25 | 産業計測委員会 | 質量分析計とその応用 | 中央研究所 | 神原 豊三 |
| 3/7 | 電気学会茨城支部 | 避雷器の現状 | 多賀工場 | 落 清 |
| 3/7 | // | わが国電線工業界に於ける合成樹脂の応用とその将来性 | 日立電線工場 | 高橋長一郎 |
| 3/19 | 炭素材料研究会 | 電刷子の固体粘性及び弾性が整流特性に及ぼす影響 | 多賀工場 | 高橋 広治 |
| 8/29 | 機械学会関西支部 | 沼沢沼揚水発電所ポンプについて | 亀有工場 | 本多 孝一 |
| 3/5 | 東京産業安全協会 | 起重機運転士に必要な原動機の知識 | 亀有工場 | 浅見 利雄 |
| 4/19 | 機械学会 | 非量産多種製作機械工場の工程管理について | 多賀工場 | 落合正太郎 |
| 4/24 | 自動車技術講習会 | 自動車用カーボンパイル発電機について | 多賀工場 | 久米 平助 |
| 3/27 | 色彩科学協会 | 彩色調整による具体的効果 | 亀戸工場 | 山津 幸夫 |
| 6/4 | 機械学会九州支部 | 車輛用静電塗装々置について | 笠戸工場 | 桶田 解 |
| // | // | 防爆ディーゼル機関車の試作について | 笠戸工場 | 桑江 和夫 |

日 立

第14卷3号目次

- ◎ 窒素封入型変圧器
- ◎ オートマチッククリーナー
- ◎ 関西電力株式会社納 SL ケーブル
- ◎ MP コンデenser
- ◎ ホイストの歴史(その2)
- ◎ 車輛用電気速度計
- ◎ 超短波ミニチュア管 6AK5
- ◎ 日立 X 線 管
- ◎ 旋 光 計

第14卷4号目次

- ◎ 北海道電力株式会社納 65 t/hr 汽罐に就て
- ◎ 12 ton 電気機関車
- ◎ 日立 扇 風 機
- ◎ 電動角ノミ機
- ◎ ホイストの歴史(その3)
- ◎ 無線電信電話送信機
- ◎ 高真空全波整流管 2K10
- ◎ 日立電気冷蔵庫
- ◎ キャタピラローダ

東京都品川区
大井坂下町 2717

日立評論社

誌代 一ヶ月 至 60.00 千 8.00
六ヶ月 至 210.00 千 48.00