

蓄電池機関車自動充電装置

池田正一郎*

The Automatic Charging Device for Battery Locomotives

By Shoichiro Ikeda

Kokubu Branch Works, Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Most of storage battery locomotives used in mining service are charged by hand operation. This is, however, not the case with those that are provided with automatic charging device as the one Hitachi completed recently to the order of Mitsubishi Metal Mining Co. It consists of 2 kW 40 V D.C. shunt generator and 5 HP 220 V induction motor complete with control cubicle. The charging is effected in such a manner that the generator is given a suitable drooping character and the charging current is at maximum in the initial stage of process, but gradually decreases as the process goes on and is brought to a most appropriate value just before the completion of charging. As the charging proceeds on, the terminal voltage of battery becomes 2.4 V. This point reached, the voltage relay functions to energize the long time limit relay which when energized cuts off the motor generator as soon as the pre-set time passes. It features also the followings:

- (1) By means of a control box it can be remote-controlled.
- (2) Rapid automatic charging is feasible.
- (3) In case of power failure, it resumes function automatically as soon as the power restores.
- (4) Motor generator is brought to a stop automatically in such cases as blow-out of fuse on A.C. or D.C. side and the reverse current flows.
- (5) Control cubicle is made compact for the convenience of conveyance inside the mine gallery.

〔I〕 緒 言

鉱山では坑道内外の鉱石運搬用として多くの蓄電池機関車が使用されている。しかるにその充電に当つてはほとんど終夜勤務の保守者による充電操作が行われている実状にある。このことは従来より提唱されている自動充電方式が鉱山の实状に適応しなかつたという大きな原因があつたことも否定できない。従来から自動充電といえばアンペアアワーメータを使用する方式が普通であり、

これを機関車に取付けることは鉱山における苛酷な使用状態、周囲条件からみて狂いまたは破損を生じやすく、さらに調整保守の困難など適切な方式とは称しえない欠点があつた。

最近特に鉱山の機械化、能率化がさげばれているときこれにともなつて信頼性の高い自動充電装置を開発し、より少い保守者によつてしかもその労苦を減じ、なおかつ蓄電池保守の万全を図りたいという要望がよよくおこつてきた。

* 日立製作所日立国分分工場

日立製作所は今回三菱金属鉱業株式会社に幾多の改良

考案を加えた自動充電装置を製作納入した。本稿においてはこの装置についてその概略を紹介し、参考に供したい。

〔II〕 充電用電動発電機ならびに蓄電池の仕様

(1) 充電用電動発電機は蓄電池 1 組の単独充電用として設計せられ、同一軸、共通枠の閉鎖通風型で約 240 kg の軽量であり耐震型可搬式になつている。

2 kW 直流分巻発電機

型 式.....	EFCO-S
電 圧.....	直流 40 V
電 流.....	50 A
回 転 数.....	1,500/1,800 rpm
定 格.....	連続定格

5 HP 三相誘導電動機

型 式.....	EFCO-K 型
電 圧.....	交流 200/220 V
相 数.....	三 相
極 数.....	4 極
周 波 数.....	50~60~

第 1 図は外形写真、第 2 図は負荷特性曲線である。なお本発電機は蓄電池 40 V、48 V の両者の充電が可能の設計になつている。

(2) 蓄電池は湯浅製で 20 箇、直列 40 V、196 AH、5 時間放電率で最大充電電流 49 A、充電終期電流 20 A である。第 3 図は蓄電池機関車の写真である。

〔III〕 蓄電池の特性

自動充電装置の説明に先立ち蓄電池の特性を若干説明しておきたいと思う。

(1) 充電の進行による蓄電池端子電圧の変化

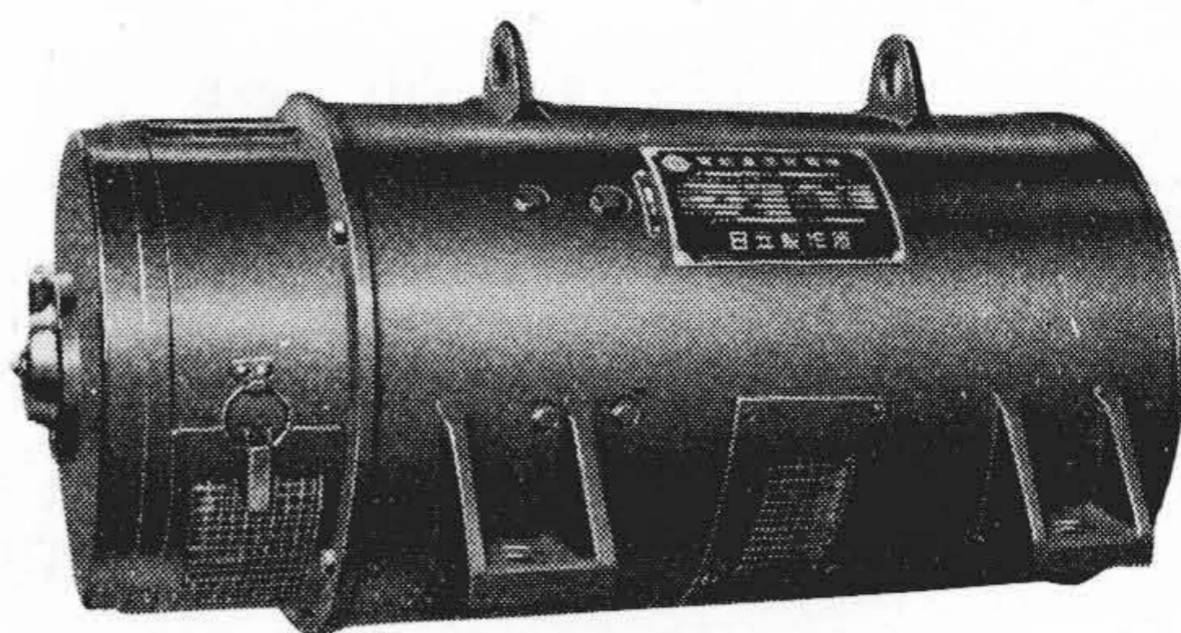
蓄電池の端子電圧は充電が進んで 2.4 V 附近に達するまでは徐々に上昇するが、それ以後は急激に上昇し約 2.75~2.95 V に達する。この充電終期電圧は充電電流を大きくするほど高くなる。なお放電量が少い状態にある場合はより早い時間で 2.4 V の点に到達する。

第 4 図は充電率を変化した場合の電圧変化を示す一般例であり、第 5 図は三菱金属鋳業株式会社に納入した蓄電池の充電状態を示すものである。

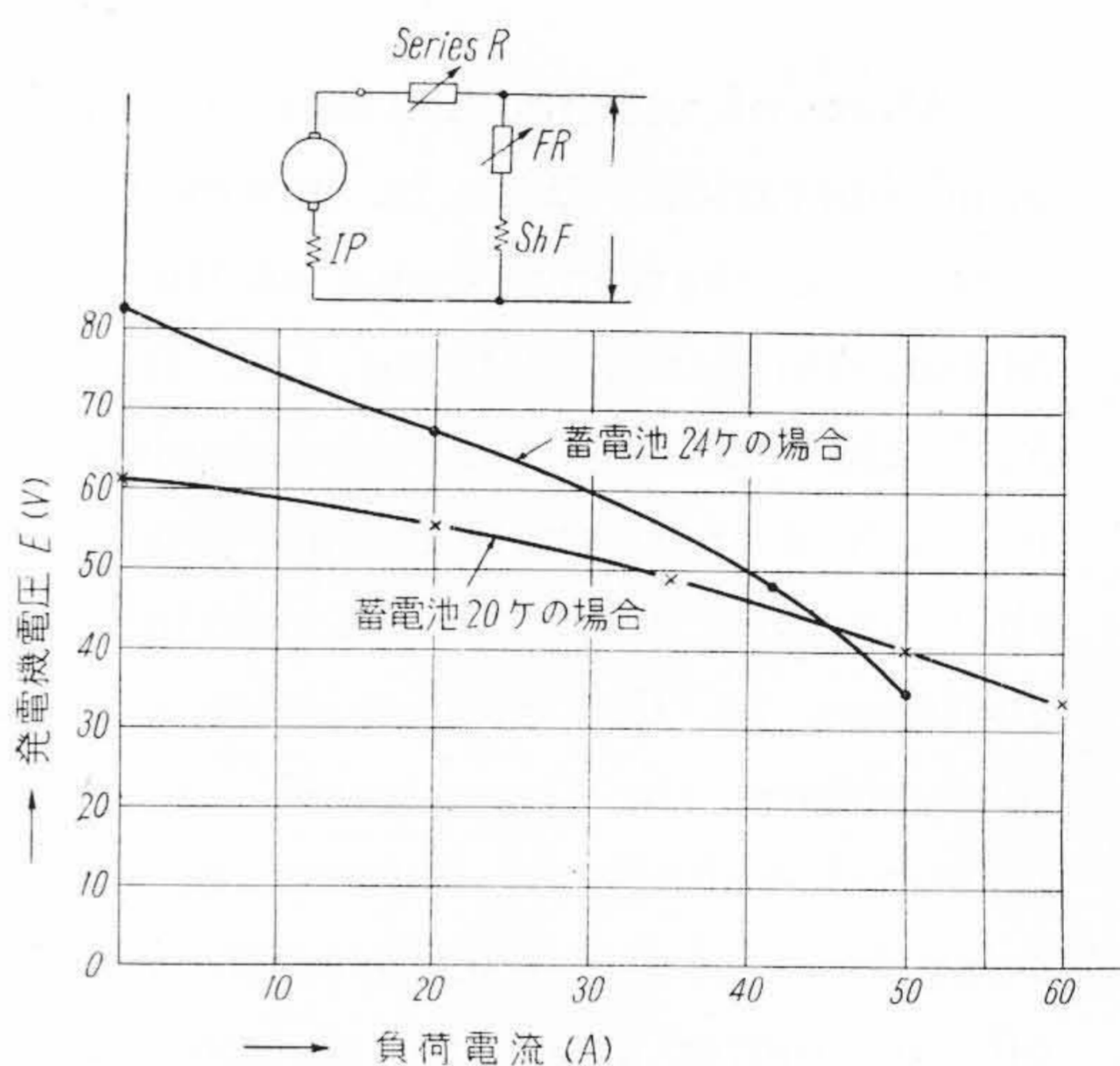
以上からあきらかなように蓄電池端子電圧は充電電流の大小、すなわち充電時間の長短にかゝらず充電過程において常に 2.4 V 附近で急激に上昇することを示している。

(2) 充電終期電圧と蓄電池充電量

蓄電池にあたえられた最も適当な充電電流で充電すれ



第 1 図 2 kW 40 V 電動発電機
Fig. 1. 2 kW 40 V Motor-Generator



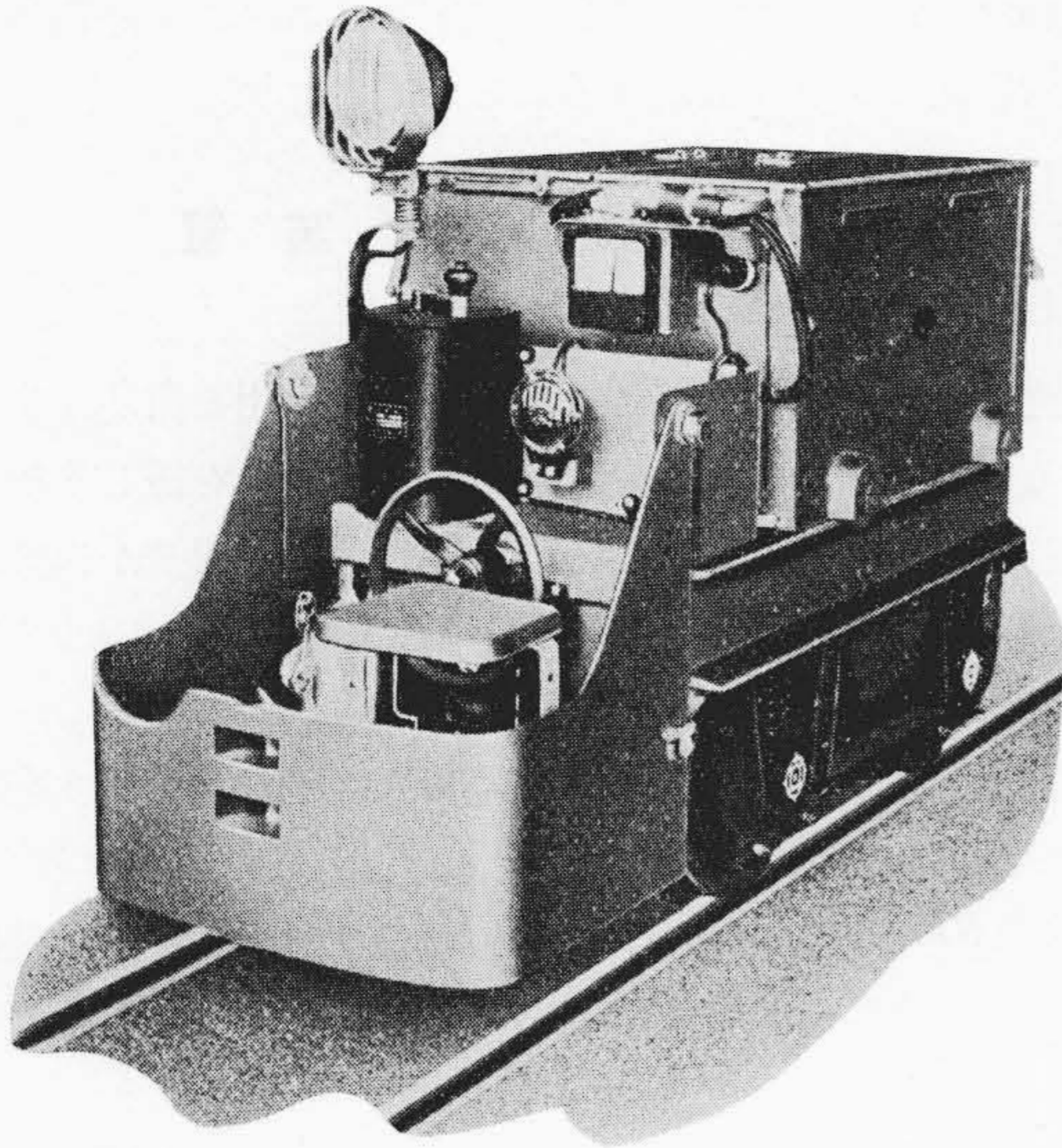
第 2 図 2 kW 40 V 50 A 直流発電機負荷特性曲線
Fig. 2. Load Characteristic Curves of 2 kW 40 V 50 A D. C. Shunt Generator

ば放電量の 110~120% の充電量で一定の充電終期電圧に到達する。しかし大きな電流で充電した場合は充電終期電圧が変化するかつこの値に達してもかならずしも十分な充電がおこなわれたと判定することはできない。なお若干時間充電を継続する必要がある。このことは充電終期電圧のみで充電完了を判定するのは無理であるということになる。

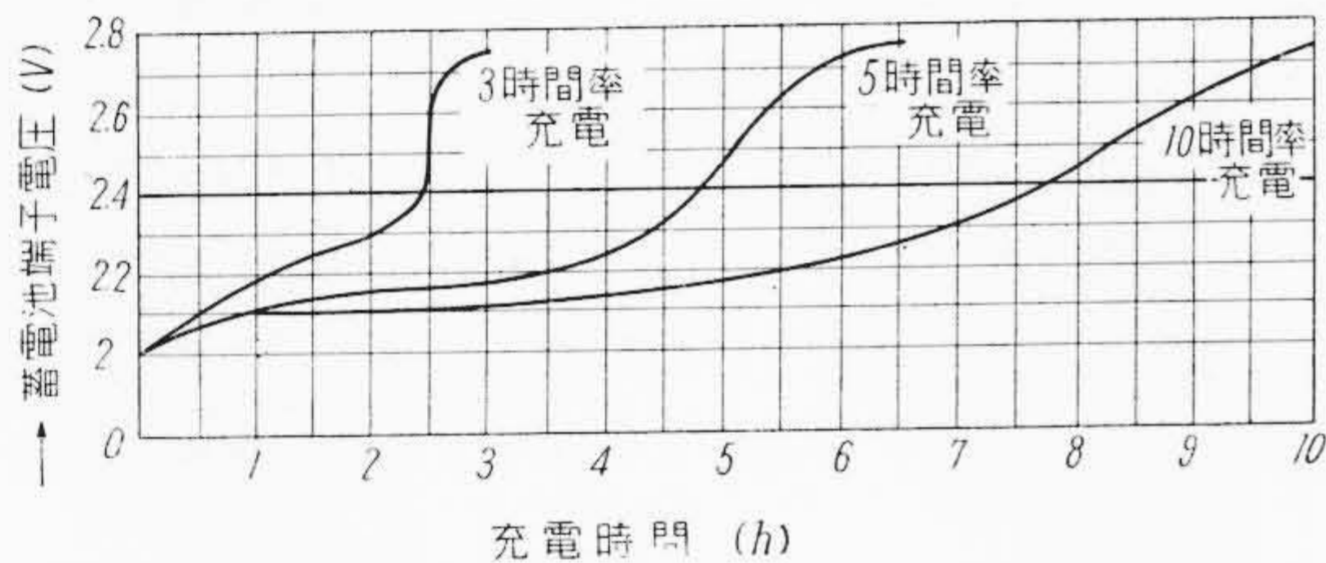
(3) 放電電流と蓄電池容量

蓄電池にあたえられた放電率にしたがつて最も適当な電流を放電する場合と大電流で急激に放電する場合とでは蓄電池から取出しうる電力量に大きな差を生ずる。

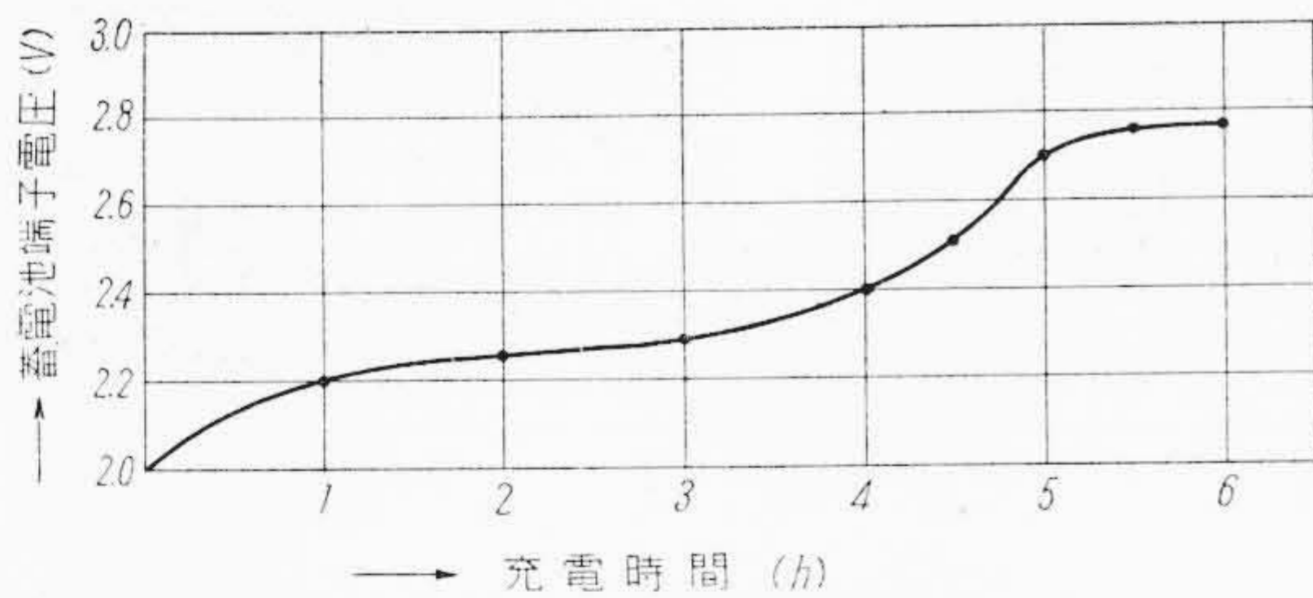
すなわち大電流放電の場合は十分な電力量をとり出す前に放電終期電圧に達してしまうからである。第 6 図は放電率と電圧の関係を示し、第 7 図は放電率と容量の関係を示す一般例である。



第3図 1.5t 蓄電池機関車
Fig.3. 1.5t Battery Locomotive



第4図 充電率と蓄電池端子電圧
Fig.4. Relation between Charging Rate and Battery Terminal Voltage

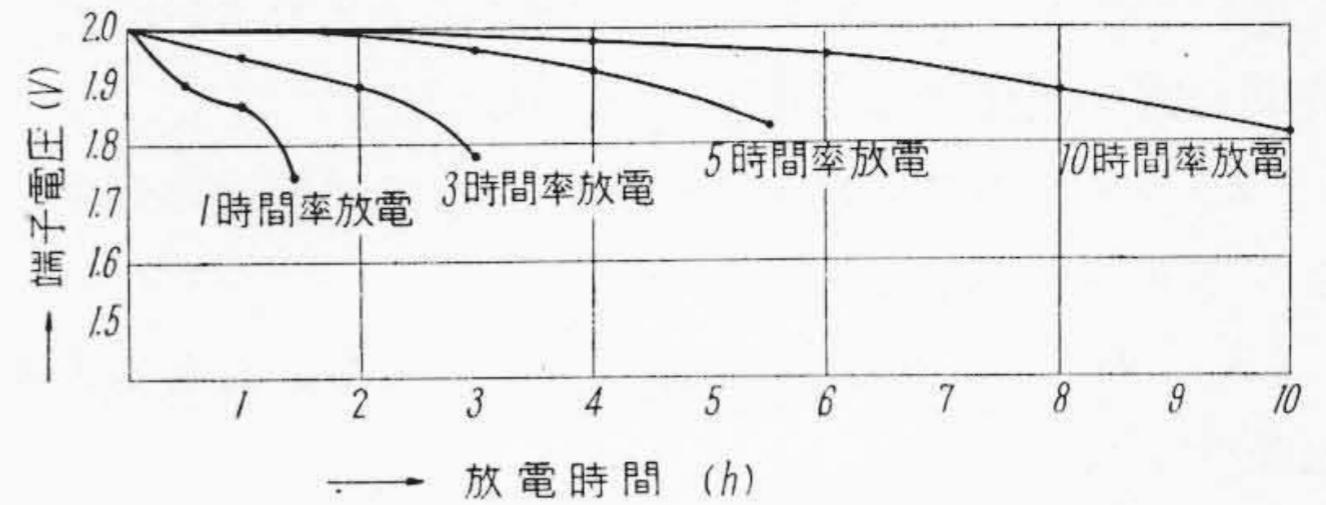


第5図 蓄電池の完全放電状態からの充電時における端子電圧
Fig.5. Relation between Charging Time and Battery Terminal Voltage After Complete Discharge

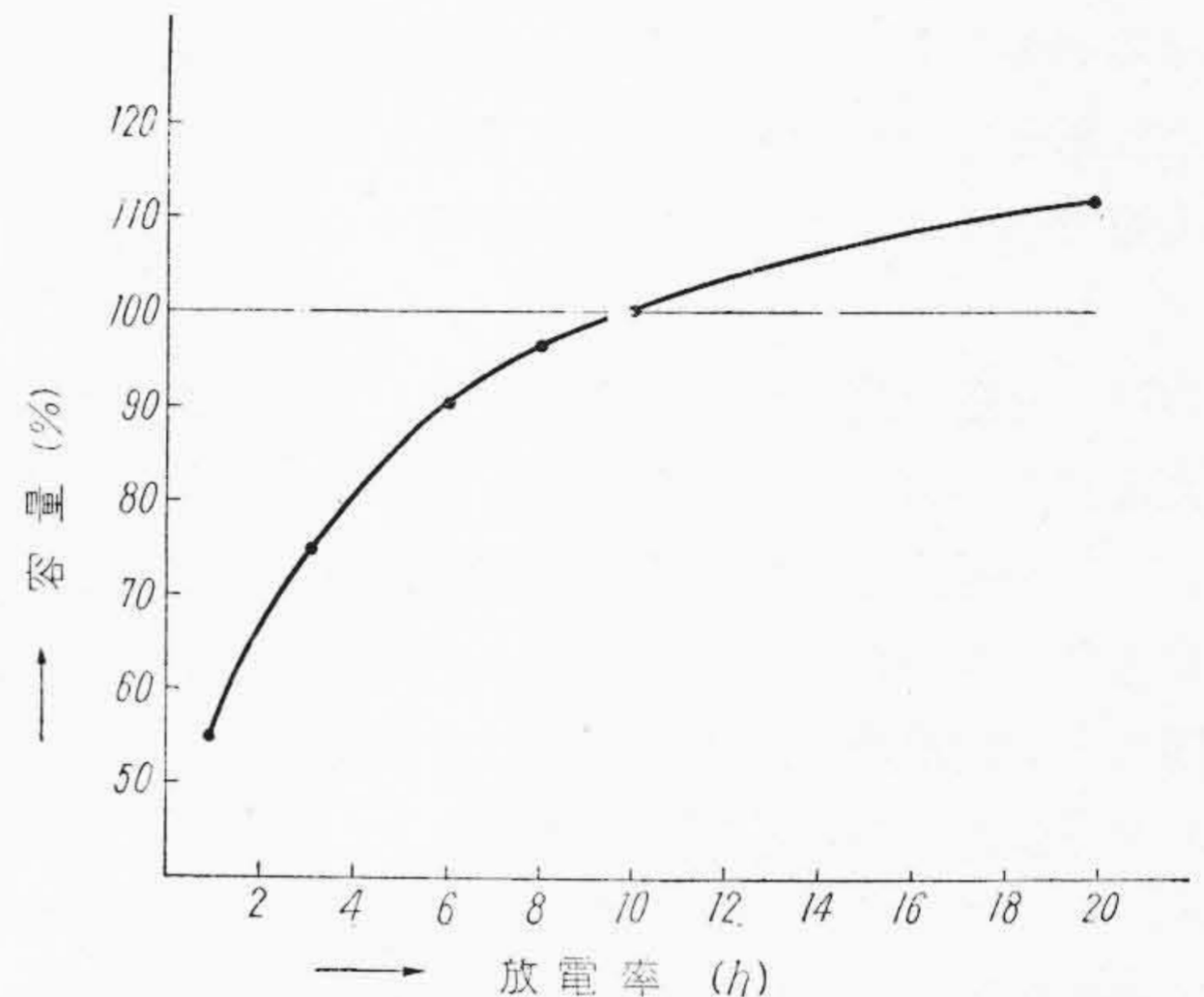
このことは従来採用されていたアンペアアワーメータで充放電量を検出する方式が蓄電池機関車使用の実際からみて適当でないということにもなる。

(4) 温度と比重

蓄電池は前述のほかに温度によつて電圧、容量ともに



第6図 放電率と端子電圧
Fig.6. Relation between Discharge Rate and Battery Terminal Voltage



第7図 放電率と容量
Fig.7. Relation between Discharge Rate and Capacity of Battery

影響をうける。たとえば液温が 0°C になると容量は 60~70% 程度に低下する。しかし一般的に充電の場合は蓄電池自体の温度上昇によつて、それほど心配しなくても良いと思われる。むしろ過充電などによる温度上昇に注意する必要がある今回の蓄電池は 45°C が限界点とされている。

電解液の比重は充電の進行とともに上昇し充電完了で安定し放電とともに下降する。今回製作した機関車用は 20°C において比重 1.28 が充電完了の基準点とされている。以上のごとく温度と比重は充電時において常に測定監視されるのが普通である。しかし自動充電をおこなう場合、果して温度、比重が結果的に適当に維持されるかどうかということも当然考慮されねばならぬ点である。

〔IV〕 自動充電方式の決定

以上申述べた蓄電池の特性を考慮し、いかなる自動充電方式を採用するかについて検討が行われた。その内主要なる事項はつぎの通りである。

(1) 蓄電池自体として要望された最も望ましい充電方法として、充電初期に 49 A を流し徐々に電流を減じ

充電終期において 20 A とし、充電完了までさらに若干時間充電を維持するということであつた。

(2) アンペアアワーメータについては前述の理由により不適當ということになつた。

(3) 操作が簡単で面倒な調整を要しないことも大きな条件であつた。

(4) 定電流充電は操作が面倒なものと蓄電池自体の要求に適合していないので考慮外とされた。

(5) 定電圧充電を行うためには蓄電池回路の直列抵抗によつて適当な「ボルテージレギュレーション」をあたえる必要がある。この方法と発電機自体にあらかじめ適当な電圧垂下特性をあたえる方法とが比較されたが単独充電であることも考え後者を採用することに決定した。

(6) 充電の完了を検出する方法として充電終期電圧と充電終期の電流の減少をとらえるという方法も考慮された。この場合確実な直流電流継電器の選定に困難を感じ見送りとなつた。しかしこれは交流側電流すなわち電動機の入力側電流の減少によつて置き換えることも可能であり今後再考の余地を残している。

(7) そのために蓄電池電圧が 2.4 V に達したことを電圧継電器によつて検出し、長限時継電器を附勢し一定時間後充電を停止せしめる方法が最も簡単でしかも確実であることになり、これを採用することに決定した。

(8) 以上のごとく方式を決定し、これに急速自動充電も行えるように設計することにした。

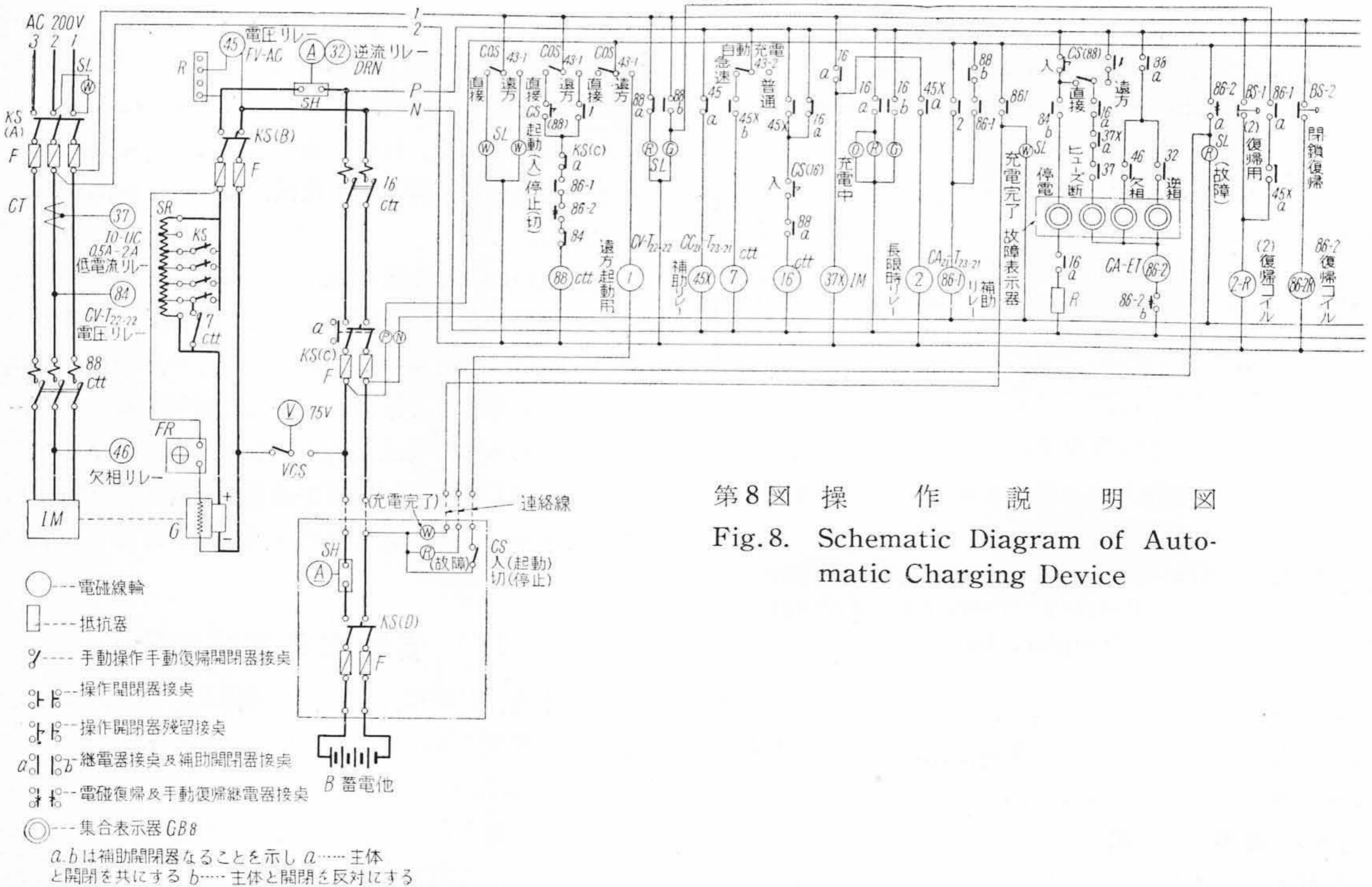
〔V〕自動充電装置

(1) 操作概要

充電方式は前述のごとく 1 台の機関車用蓄電池を充電する単独充電である。最大充電電流 49 A を流し充電の進行により蓄電池電圧が上昇するにつれて電流が自動的に減少して充電終期において 20 A に達するという方式である。第 8 図は操作の展開図である。

電流の減少を上記のごとく理想的に行いよう発電機の負荷電圧特性(第 2 図参照)が設計され、かつ直列抵抗(SR)で充電装置としての総合負荷電圧特性を調整しうるようにして最も適当な電圧垂下特性をうるようにした。

充電が進行して電圧が急激に上昇する約 2.4 V の点(蓄電池 20 箇のときは 48 V の点)で電圧継電器(45, FV 型 AC 式)を動作せしめる。電圧継電器が動作すれば長限時継電器(2)を附勢しあらかじめ適当に整定された時限に達したとき充電を停止せしめるようにしたものである。時間の整定は鉦山現地における実際使用状態を考慮して整定されるものであるが、実験の結果 2 時間半程度の時限が適當であることがわかつた。なおこの状態における比重の安定も信頼しうるものであり、温度上昇も



第 8 図 操 作 説 明 図
Fig. 8. Schematic Diagram of Automatic Charging Device

心配する必要のないこともあきらかとなつた。

以上の充電方法は機関車用蓄電池の自動充電としては大体理想的であつて、充電操作の簡単化と同時に蓄電池の寿命に対しても好結果が期待されるものである。

さらに自動充電装置としての完璧を期するためにつきのごとき考慮が払われている。

(2) 急速充電への切換

休憩時間または待合せ時間などを利用して急速に補充充電を行いうるようになっている。すなわち「急速充電」「普通充電」の切換開閉器を設け急速充電の場合は充電初期は直列抵抗 (SR) の一部または全部を電磁接触器 (7) で短絡して充電電流を増大せしめる。勿論短絡する抵抗はあらかじめ適当に整定されるものである。

蓄電池電圧が 2.4 V に達し電圧継電器 (45) が動作すると電磁接触器を開いて直列抵抗を回路に挿入し充電電流を急減せしめる。それ以後は長限時継電器 (2) が動作するまでの間充電終期に適当した電流で充電するようにしたものである。急速充電とはいえ充電終期に充電電流を適当に制限することは蓄電池の寿命のためにもきわめて肝要なことである。

(3) 遠方よりの起動

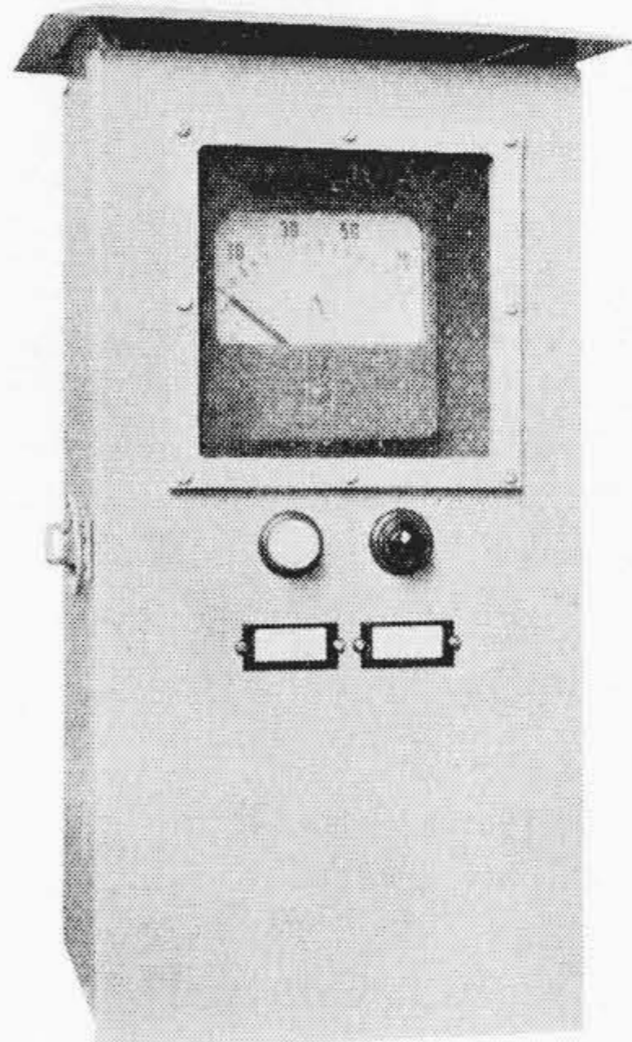
発電機ならびにその制御装置と機関車との距離は坑道の実状によつて相異なるが、三菱金属鉱業株式会社の場合は片道約 200 m である。はなはだしい例は数百米におよぶ場合もある。充電の都度機関車を充電装置の近くへ移動したり、または発電機起動のためにそれらの距離を往復することは、特に休憩時間を利用して充電しようとするときなどはなはだしく不便である。そのために坑道内の適当箇所に遠方起動用の制御函を設けた。制御函内の起動スイッチを操作すると発電機制御装置側に設けた操作継電器 (1) が蓄電池電圧により附勢され、これによつて発電機を起動せしめる。この場合蓄電池までの導体抵抗はあらかじめ算定され直列抵抗 (SR) の調整と合せて適当な電圧特性を与えるように整定される。

充電が始まれば制御函内の電流計で充電電流を確認することができる。さらに充電完了表示灯 (白) と故障停止表示灯 (赤) を設けて操作の万全を期している。第9図は制御函の写真である。

遠方起動を可能にしたことにより充電装置を点検保守に便利な上部坑道に設置することゝ、充電のための機関車の移動距離を減少せしめることができる。

(4) 長限時継電器の特長

電圧継電器 (45) と組合せる長限時継電器 (2) は交流駆動で最大5時間まで任意調整可能のものである。この特長は駆動用ワレンモータ装置に特に復帰線輪を設けている。この復帰線輪を生かすと瞬時に始動点へ自動復



第9図 制御函

Fig.9. Control Box

帰する構造である。復帰線輪を設けたのは充電の途中で停電した場合限時継電器が復帰すると停電回復後再起動したとき再び限時継電器が始めから動作することになり、充電時間が不必要に重複することになる。したがつて停電のときは長限時継電器 (2) は復帰しないようにし充電完了の場合のみ電動発電機を停止せしめると同時にこの復帰線輪を生かして限時継電器を始動点に復帰せしめるようにした。

(5) 停電と停電回復時の操作

交流電源が停電すれば交流側に設けた電圧継電器 (84) が復帰して電動発電機を停止せしめる。すなわち電磁接触器 (88 および 16) を開路する。停電が回復すれば電圧継電器 (84) が動作して電動発電機を起動する。発電機電圧が上昇すると直流電圧継電器 (45) が動作して直流電圧が適当な値に達したことを確認して、充電用電磁接触器 (16) を閉路し再び充電を始める。充電が始まると発電機電圧が降下するので電圧継電器 (45) は復帰する。この電圧継電器は蓄電池電圧の急上昇する 2.4 V の電圧を検出する継電器と共用せしめている。

(6) 保護装置

下記の場合は電動発電機を停止せしめるとともに制御用キュービクル内の集合表示器に表示する。

(A) 交流停電 電圧継電器 (84) 復帰

たとし停電回復すれば自動的に再起動するが表示は手動復帰するまで残るようになっている。

(B) 電動機回路のヒューズ断線

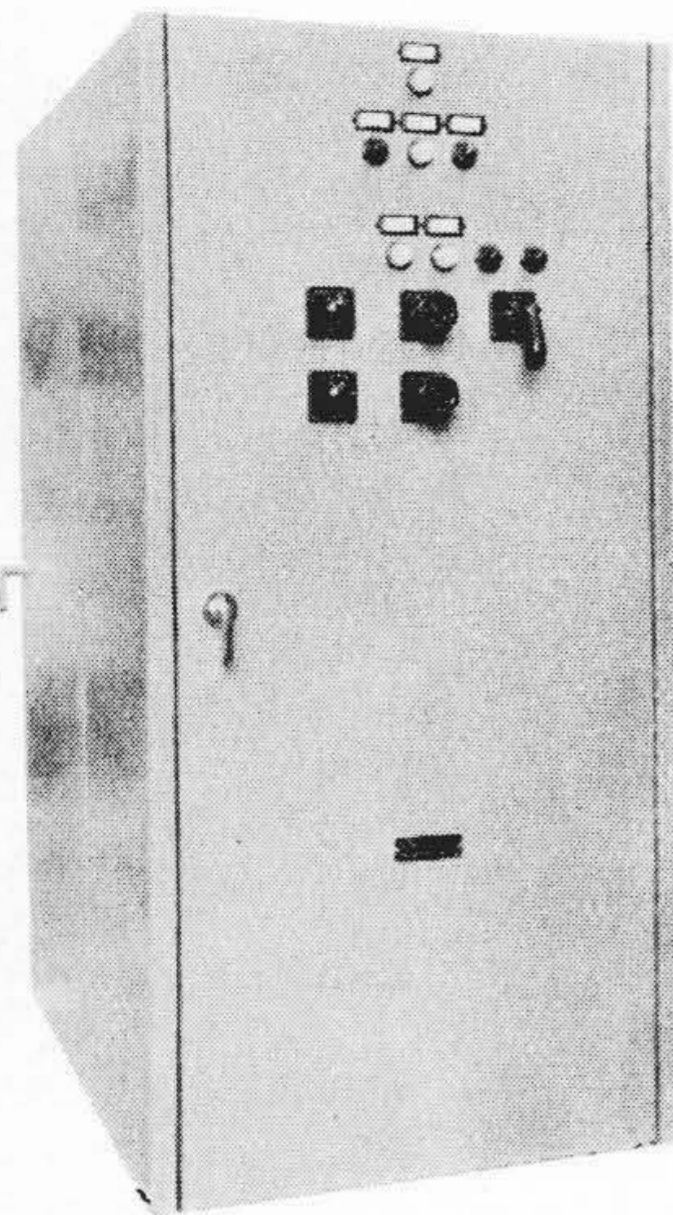
いわゆる欠相の場合動作する継電器 (46) を設けている。

(C) 逆流

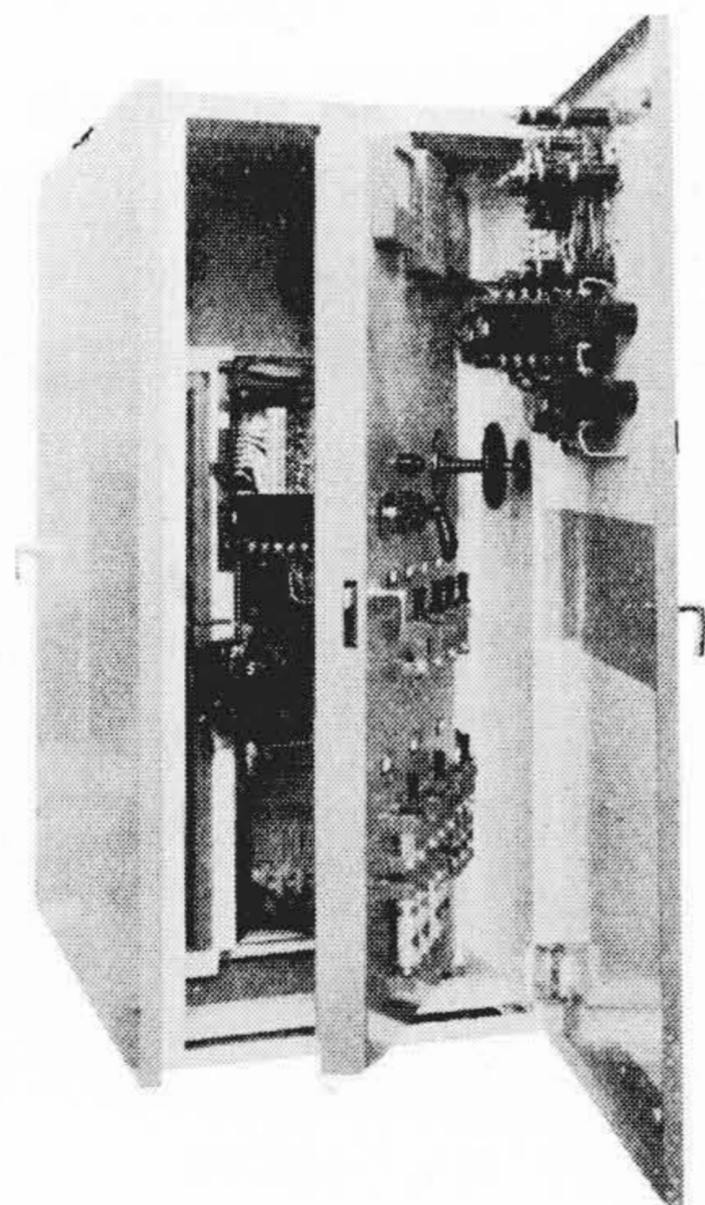
逆流継電器 (32) が動作する。

(D) 交流側低電流

直流側のヒューズが断線したような場合交流側の低電流継電器 (37) が動作する。



第 10 図 制 御 用
キュービクル
Fig. 10. Control
Cubicle



第 11 図 制 御 用
キュービクル
(扉を開いた状態)
Fig. 11. Control
Cubicle

(7) 運転ならびに故障表示

前述のごとき事故は滅多に起るものではない。制御用キュービクルの前面に多数の表示装置や操作開閉器など

を設けることは操作上複雑な感じを与え、鉱山の実状に添わぬことになる。そのためキュービクル前面には交流電源の生きていること(白色表示灯), 充電中(橙色信号灯), 充電完了(白色信号灯), 故障停止(赤色信号灯)の4つの表示灯, 起動停止用の操作開閉器, 遠方直接切換開閉器およびその信号灯, 急速充電普通充電切換開閉器ならびに閉鎖復帰用の釦スイッチのみとし, 計器, 集合故障表示器, その他の開閉器類はキュービクル内部に取付けるようにした。なお三菱金属鉱業株式会社の場合は近くに適当な当直者がいないので警報装置は設けていない。

(8) キュービクルの構造

第10図および第11図は制御用キュービクルの写真である。限られた坑道内に搬入するため寸法は極力小さく, 高さ 1,400, 幅 770, 奥行 1,000 mm で点検に便なるよう扉式としてある。

[VI] 結 言

以上は三菱金属鉱業株式会社に納入した自動充電装置の概要を紹介したものである。今回は試作的な4組を製作納入したが, 今後本装置は単に鉱山用蓄電池機関車の充電にのみならず各方面に要求が増加するものと思われる。

現在さらに一歩進めて蓄電池2台の並列自動充電方式, 電圧の異なる(40Vと48V)2台の並列自動充電方式も検討されており, その製品化も近く実現する予定である。鉱山用機器の自動化による能率向上の一端を受持つ自動充電装置は今後実績を検討してますます確実かつ信頼性の高いものとして行く方針である。

終りに本装置の設計に当つて実質的な設計指導を戴いた三菱金属鉱業株式会社隅出採鉱課長外関係者に紙上を借り厚く謝意を表するものである。



日立製作所社員社外寄稿一覧 (昭和 29 年 9 月分受付) (その 1)

寄 稿 先	題 名	執筆者所属	執 筆 者
小峰工業技術	自動盤用切削工具材料について	安来工場	小柴定雄
高圧ガス協会	高 圧 機 械	川崎工場	伊藤 茂
日本科学技術連盟	管球用ガラスの寸法管理	茂原工場	安岡修一
オーム社	水車と発電機の変遷	日立工場	後藤恒夫
照明学会	日立純天然昼光螢光ランプ	日立螢光ランプ	谷口栄二

(第 84 頁へ続く)