

# 大容量相分離形密閉母線

## High Capacity Isolated Phase Bus

丹 秀 太 郎\* 中 川 幸 太 郎\*  
Hidetarō Tan Kōtarō Nakagawa

### 内 容 梗 概

最近の発電所では、発電機と主変圧器間および所内変圧器間を連絡する主回路母線装置として、相間短絡の絶無、しゃへい効果による耐電流強度の増大、そのほか安全、保守の容易、付帯工事の簡易などの利点から相分離形密閉母線が多く採用される。また最近では発電機の単機容量が増大し、電流も10kAをこえる大容量のものが要求されるようになった。このような大電流母線は、自然冷却では母線サイズ、外被ともに大形となるので、強制冷却方式として小形化するのが経済的である。一方耐電流強度については、所内回路母線は直接接続される発電機のほかに、並列発電機および送電線よりの短絡電流の流入を考えれば、耐電流強度は500kA（波高値）をこえるものも必要となってくる。

本稿では東北電力株式会社仙台火力発電所に納入した定格電圧15kV、定格電流11kA、最大耐電流315kA（波高値）、通風冷却式の大容量相分離形密閉母線を紹介する。

### 1. 緒 言

最近の新設火力発電所では、発電機単機容量の急激な大容量化にともない、その運転脱落が系統に及ぼす影響が大きいので、主回路母線装置についても特に信頼度が吟味される。このため相間短絡の絶無、特有のしゃへい効果による耐電流強度の増大、そのほか安全、保守の容易、すえ付けの簡便など幾多の利点をもつ相分離形密閉母線が採用される傾向にある。また単機容量の増大は10kAをこえる大電流のものを要し、通電率の向上化が必要となってきた。このような大電流母線は自然冷却では、母線サイズおよびその外被ともに大形となるので、強制冷却方式として小形化を計るのが経済設計として適切である。一方耐電流強度については、所内回路母線は並列発電機および送電線側からの短絡電流の流入があるので、主回路母線以上の耐電流強度を必要とし、最大波高値が500kAをこえるものも必要となってきた。

日立製作所ではこのほど、東北電力株式会社仙台火力発電所に、定格電圧15kV、定格電流11kA、最大耐電流315kA（波高値）の主回路用と、定格電流2kA、最大耐電流540kA（波高値）の所内回路用相分離形密閉母線を納入したので、大容量相分離形密閉母線の特長、性能、構造などについて述べる。

第1図は東北電力仙台火力発電所における相分離形密閉母線の一部を示す写真である。

### 2. 閉鎖母線の一般構造とその分類

閉鎖母線は、絶縁支持された母線導体の周囲を接地金属外被でおおったものの総称であって、回路電圧、電流、耐電流強度およびその重要度などによって、数種の構造のものが使用される。第2図に各種閉鎖母線の構造を示す。

#### (1) 一括形閉鎖絶縁母線 (Non segregated phase insulation bus)

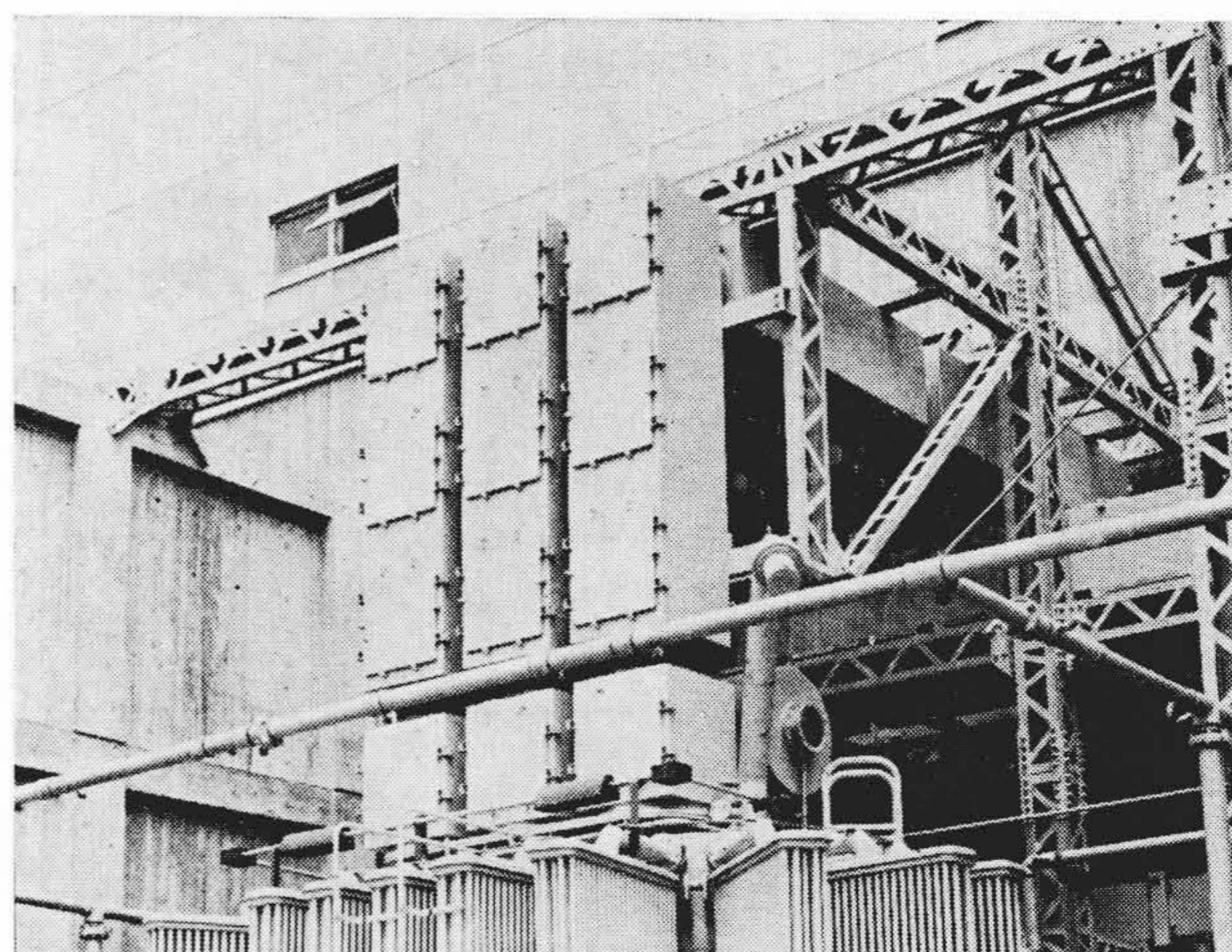
積層絶縁物で絶縁された母線を三相一括して金属外被で密閉したもので、3~10kV級の連絡母線などに多く使用される。

#### (2) 一括形閉鎖母線 (Non segregated phase bus)

裸母線を三相一括して金属外被内に収めたもので、3~10kV級の母線として用いられる。

#### (3) 隔壁形閉鎖母線 (Segregated phase bus)

一括形閉鎖母線の相間に、接地金属板の相間隔壁を入れたもの



第1図 東北電力仙台火力発電所納相分離形密閉母線

で、相間短絡のおそれがなく、10~20kVに多く用いられる。

#### (4) 相分離形密閉母線 (Isolated phase bus)

大電流、大耐電流強度の重要母線に用いられ、各相母線はおのこの独立した非磁性金属外被に収められ、互に分離されている。

### 3. 相分離形密閉母線の特長

相分離形密閉母線は、下記の特長をもっている。

#### (1) 相間短絡の絶無

相分離形密閉母線では、母線導体が各相ごとに完全に分離しておのこの独立した外被によって密閉されているため、母線相互間で相間短絡を起すことがない。

#### (2) 耐電流強度が大きい

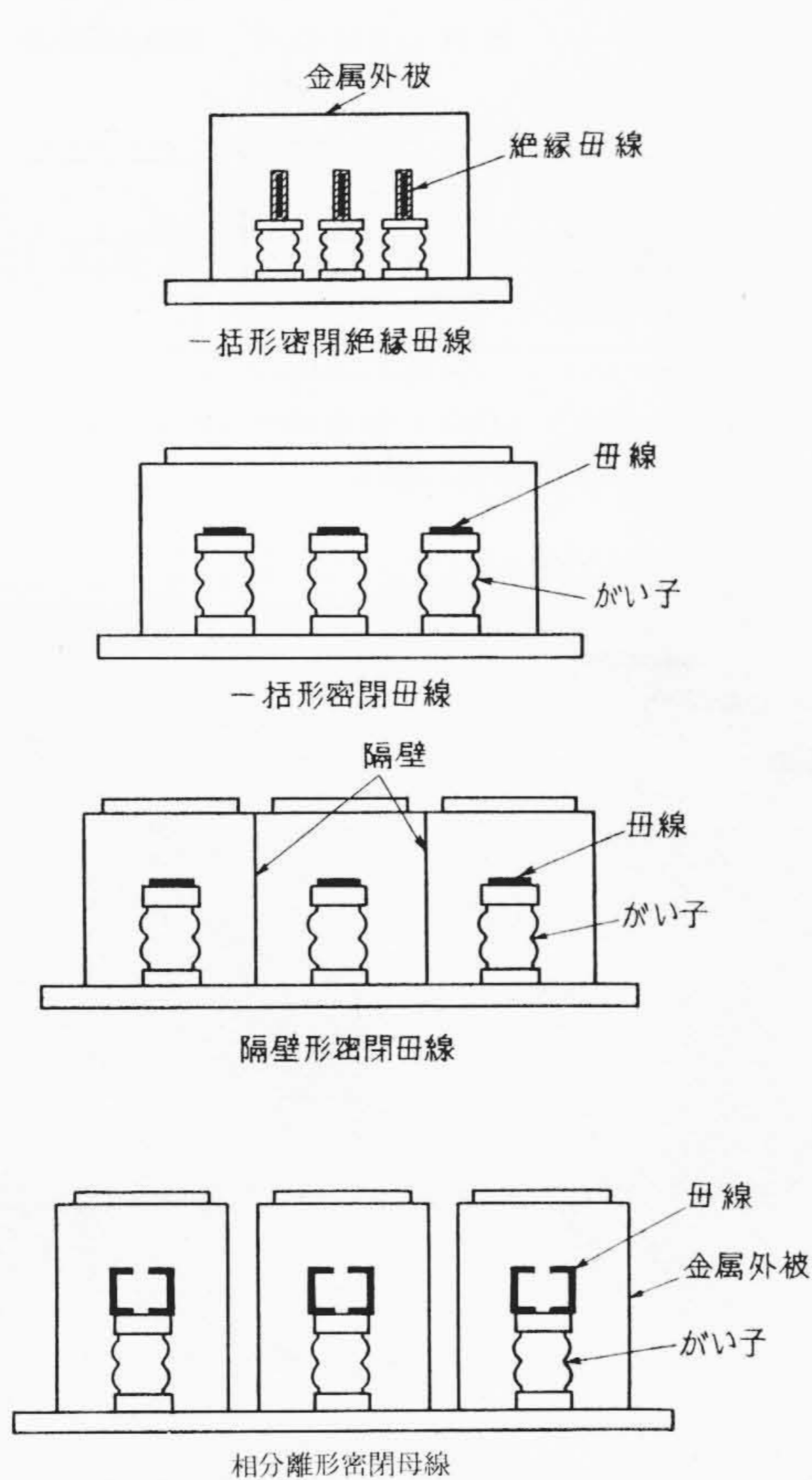
金属外被内部の磁界は、外被に第3図のようにならず電流が流れることにより、外部磁界より磁束密度が減少する。すなわち電磁しゃへい効果があるので、導体に加わる電磁力は外被のない場合に比べ、交流磁界では約10%に、また直流分を最大に含む短絡電流による場合には約50%に減少する。加えて導体は断面係数の大きいチャンネル形を使用し、強力な支持が子の強度と相まって、十分な耐電流強度が得られる。

#### (3) 通電率がよい

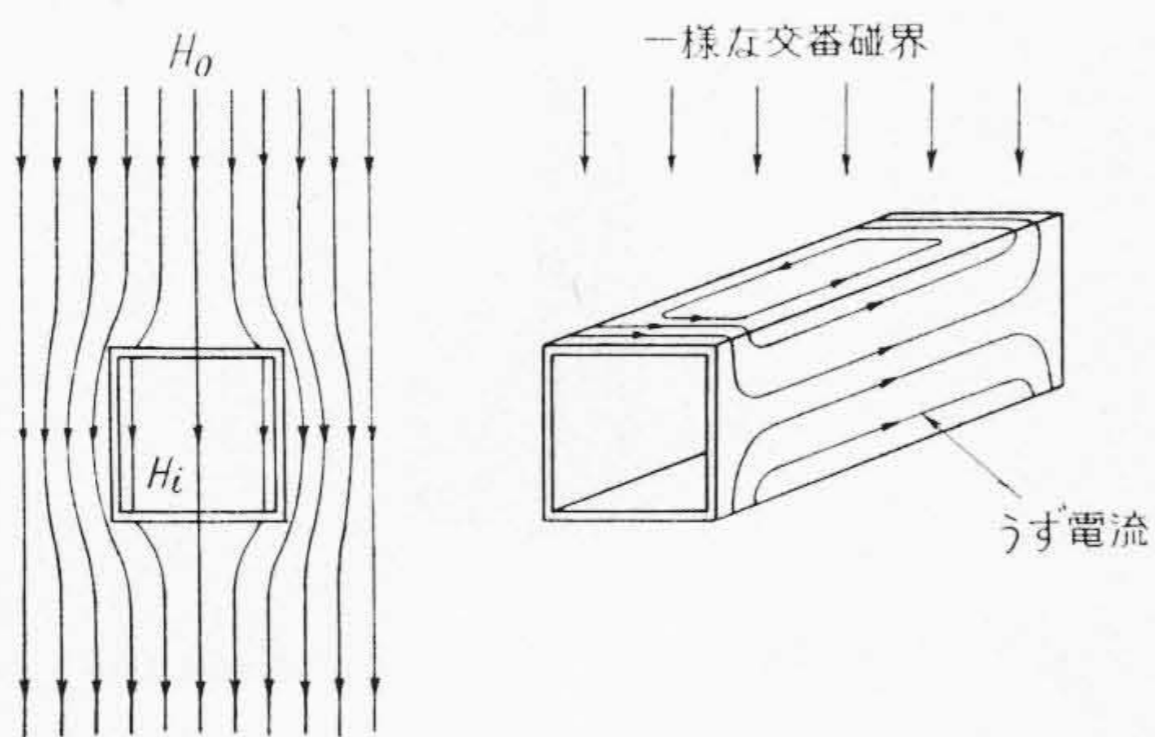
母線導体には表皮効果 (Skin Effect) が少なく、冷却面積の大

\* 日立製作所国分工場

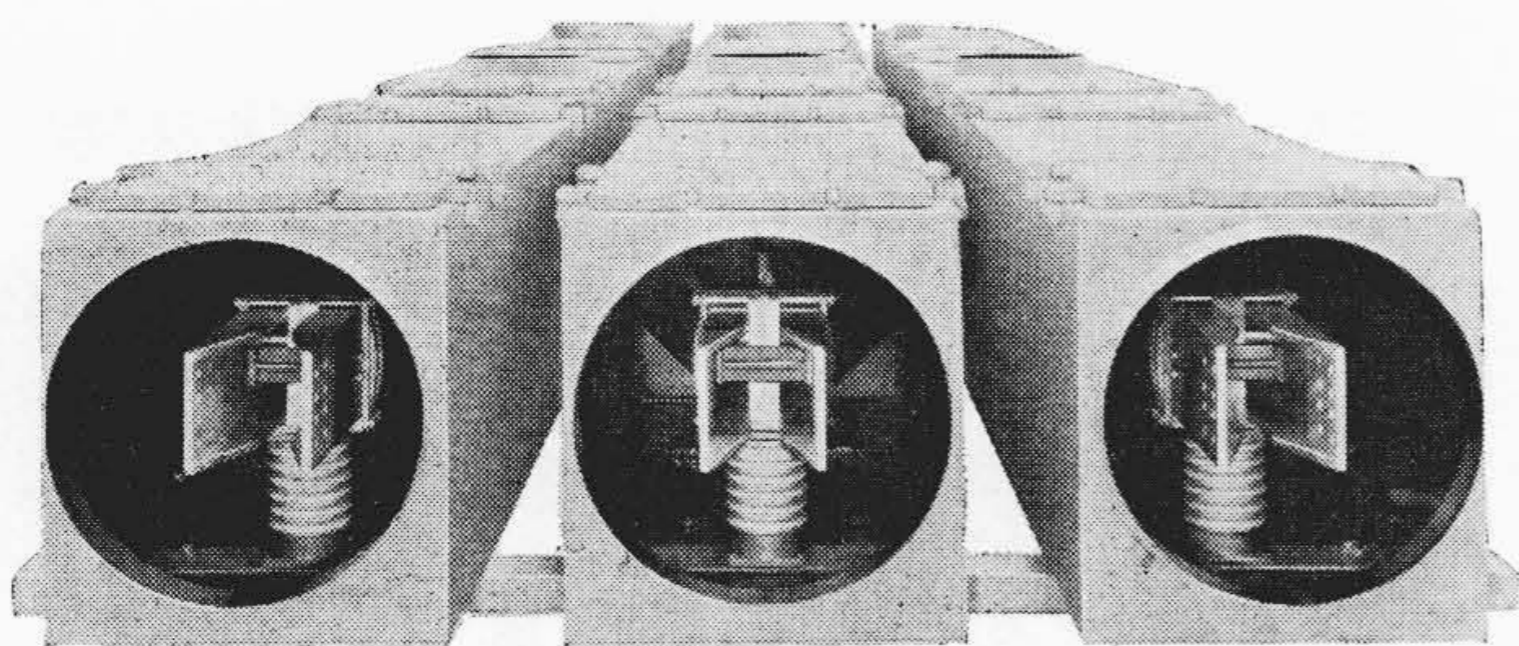




第2図 閉鎖母線の一般構造，説明図



第3図 金属外被によるしゃへい作用説明図



第4図 15 kV 11 kA 相分離形密閉母線の内部構造

きいチャンネル形を使用し、外被内面は熱放散のよい黒色仕上げとしてあるので、温度上昇が少なく、通電率がよい。

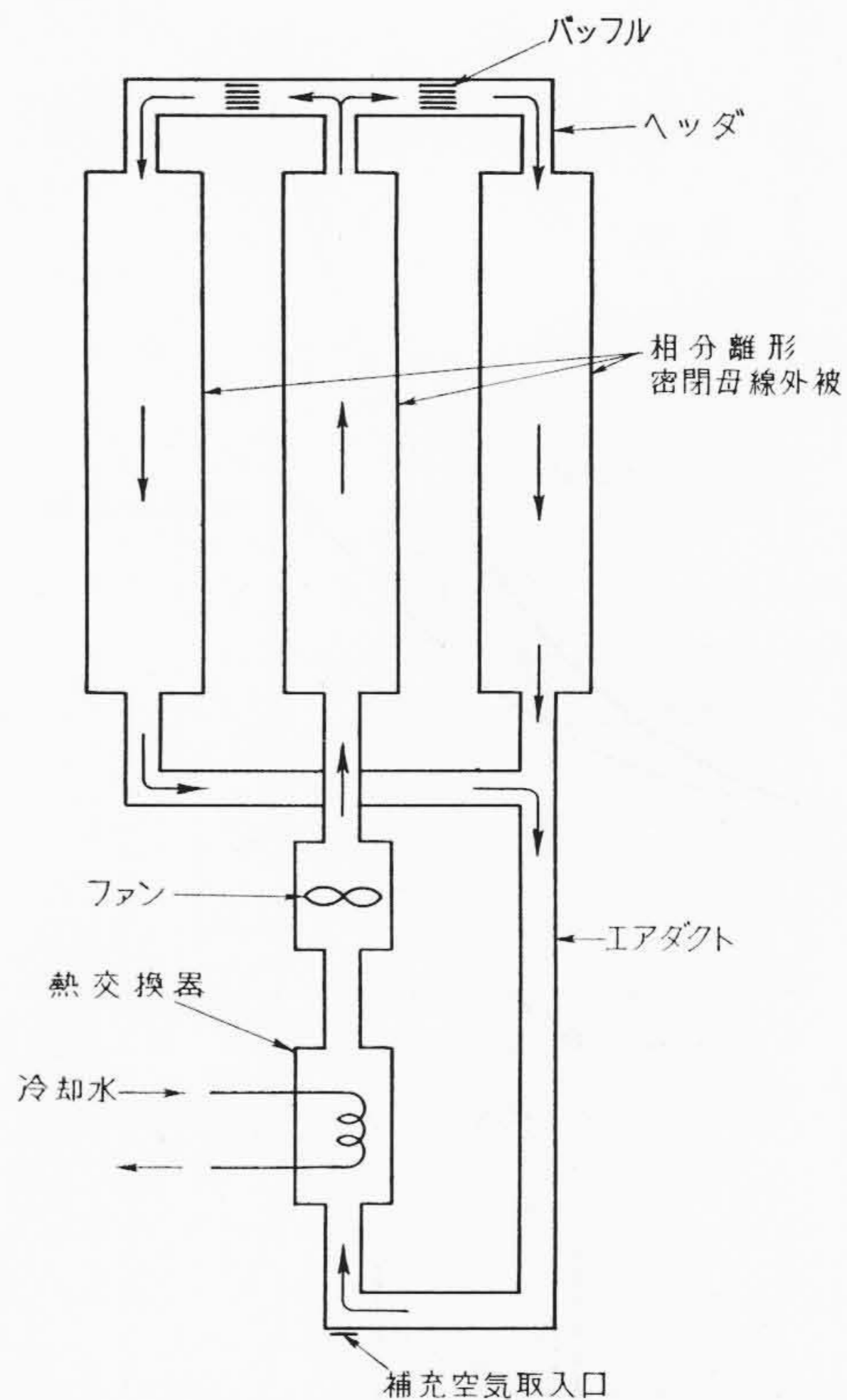
第4図に11 kA用の母線導体の形状を示す。

(4) 絶縁強度が大きい

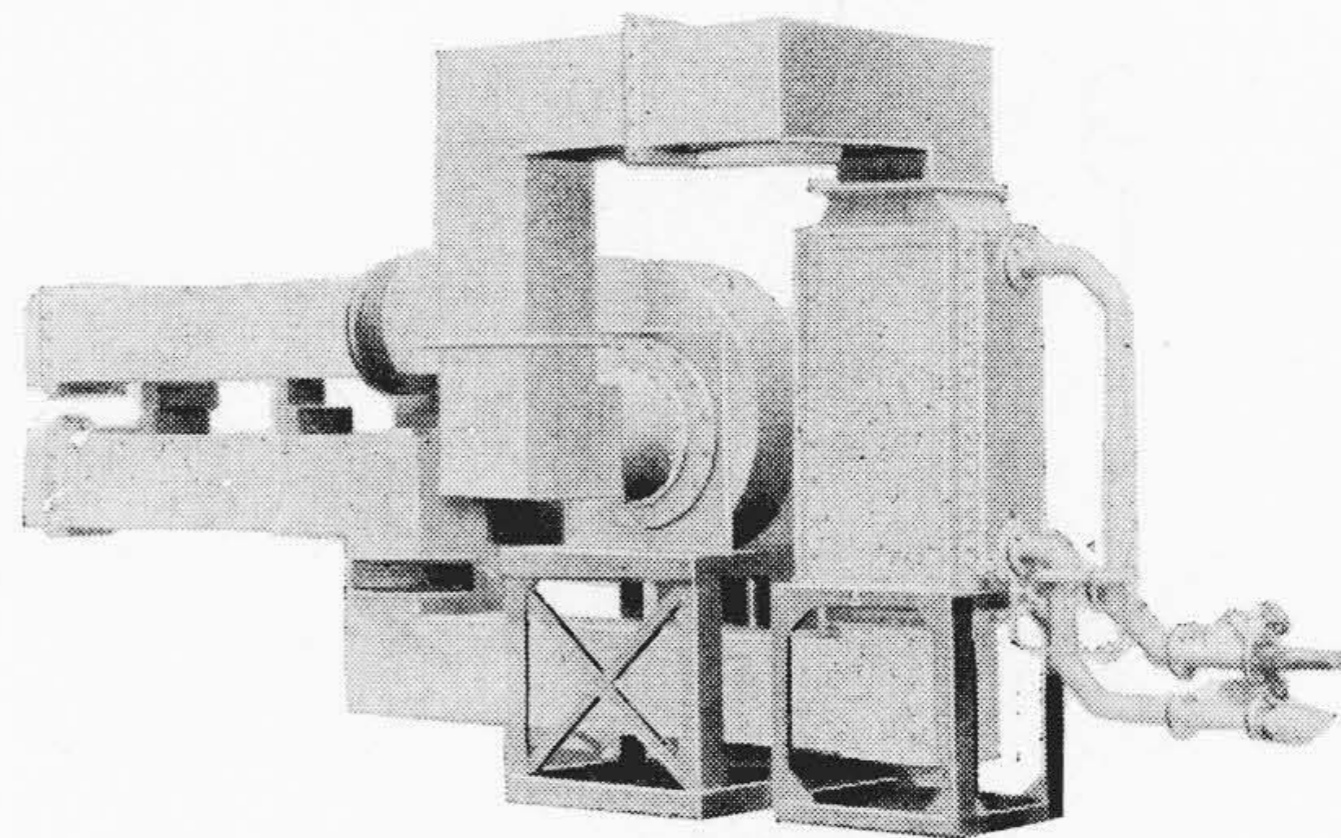
母線は絶縁強度の大きいひだ付がい子で支持されているため、絶縁劣化のおそれがない。

(5) 保守の簡易

構造が簡単で、しかも金属外被によって密閉されているので、



第5図 全密閉循環強制通風式相分離形密閉母線説明図



第6図 冷却装置

じんあいなどの浸入がなく、保守点検はほとんど不必要である。

(6) すえ付けの容易

各ユニットごとに工場で完全に組立、試験されたままのすがたで現地に搬入されるので、すえ付けが簡易で、付帯工事も少なく総合建設費が低減される。

4. 大電流相分離形密閉母線の強制冷却方式

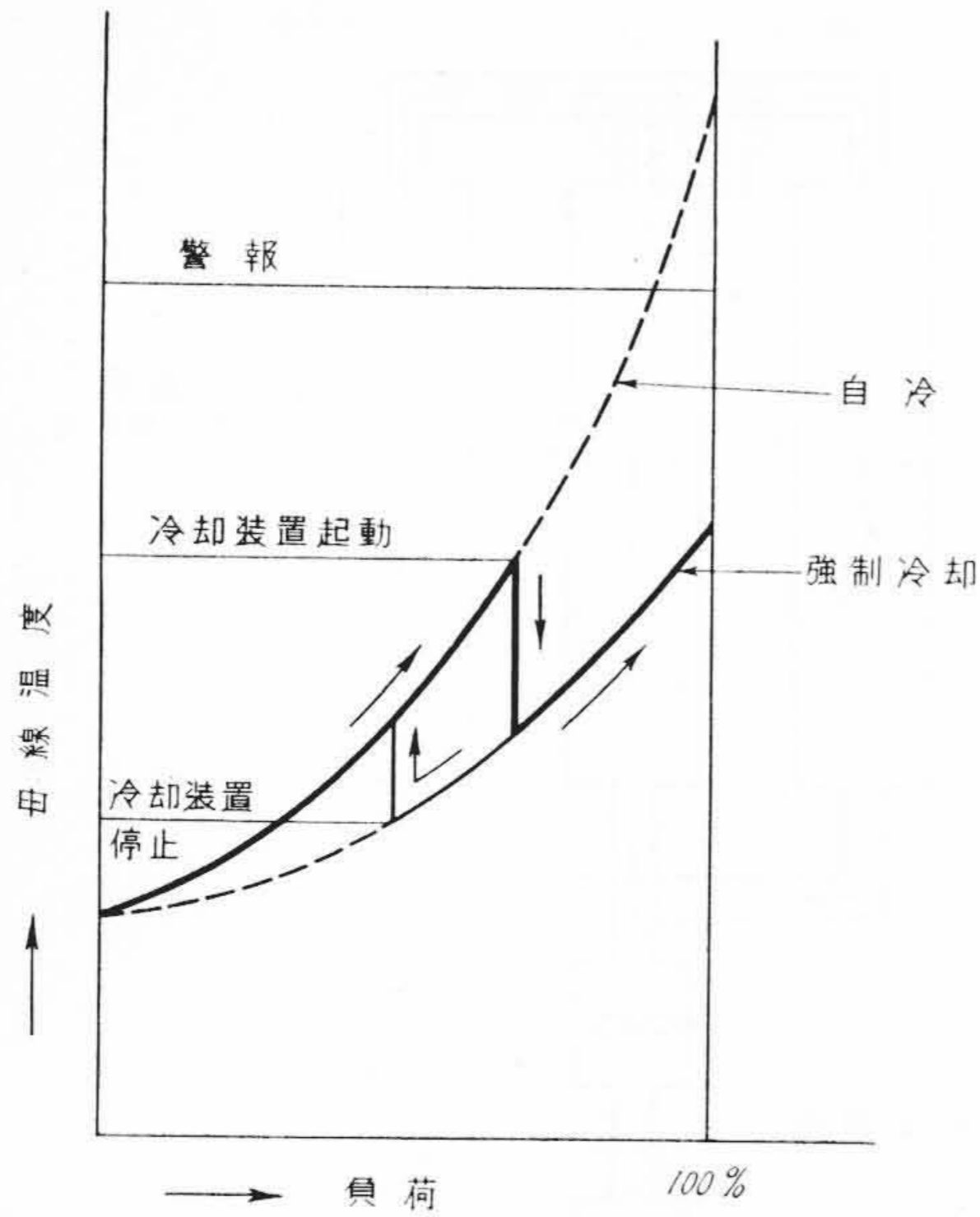
通電電流が10 kAをこえる大電流母線では、導体の熱損失が電流値の二乗に比例して増加し、また導体断面積が大きくなると表皮効果が大きくなるなどの理由から、対流、輻射による自然冷却のみでは、導体サイズは幾何級数的に大となり金属外被も大形となる。したがって、通風冷却効果を生かして小形化を計ることが適切である。

第5図は東北電力仙台火力発電所224 MVA発電機主回路母線に採用した全密閉循環強制通風方式のスケルトン図である。

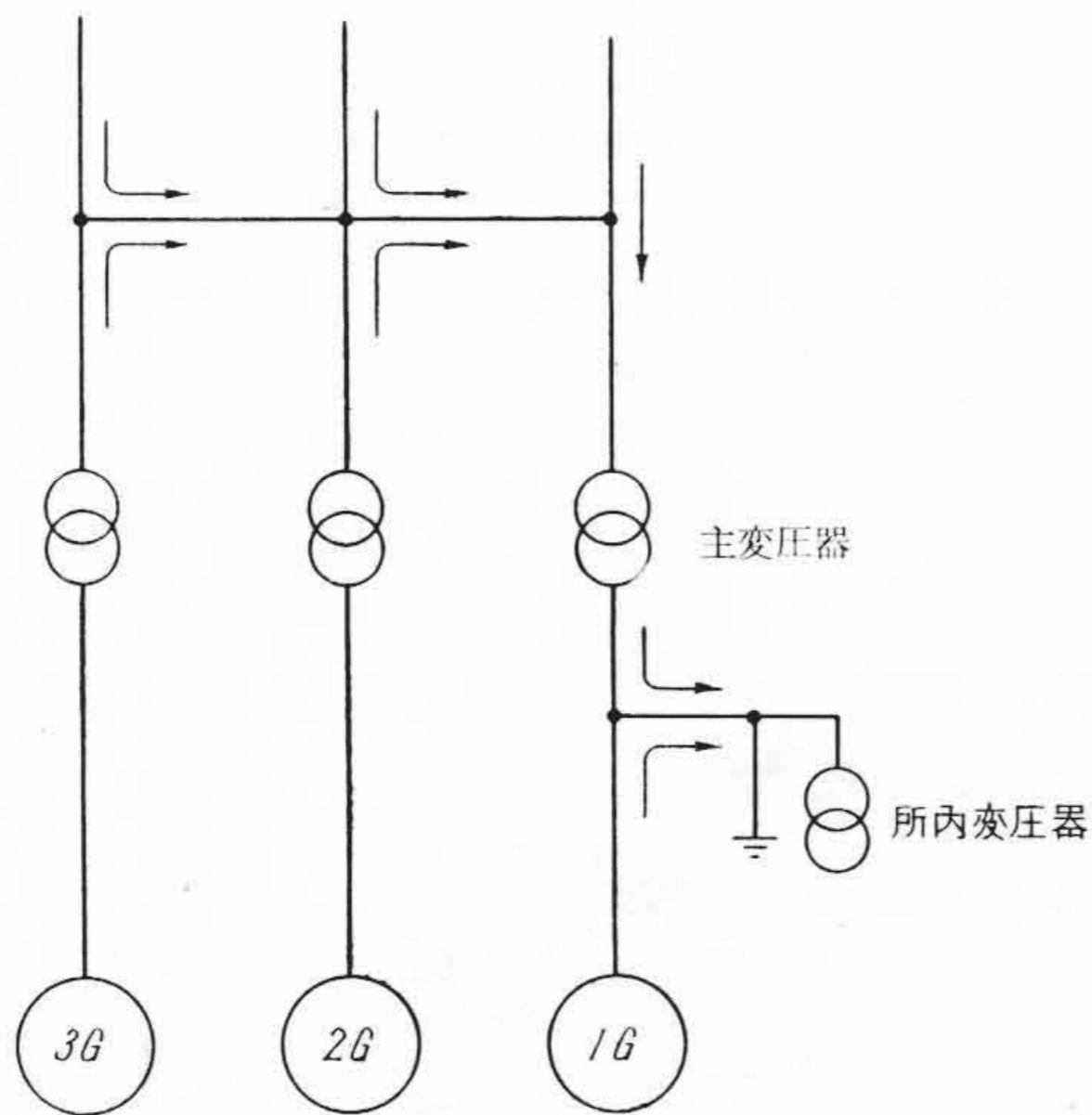
すなわち、相分離形密閉母線の金属外被自身をエアダクトとして使用し、中間の発電機側端部より空気を送り、変圧器側端部のヘッダーから両端相に吹き分けて、各相母線を冷却する方式である。

密閉された金属外被およびエアダクト内を循環した冷却空気は、水冷式の熱交換器を経て冷却されてふたたび密閉母線内に送風機で





第7図 自冷-風冷切換運転方式説明図



第8図 短絡電流，流入説明図

送られ、その温度上昇限度を一定値以内に保たせてある。仙台火力発電所の例では、最高27°Cの海水を冷却水として用い、全負荷運転において空気温度を40°C以下としてある。

冷却装置の外観は第6図に示すとおりである。

また補充用の空気取入口にはフィルタを使用してある。

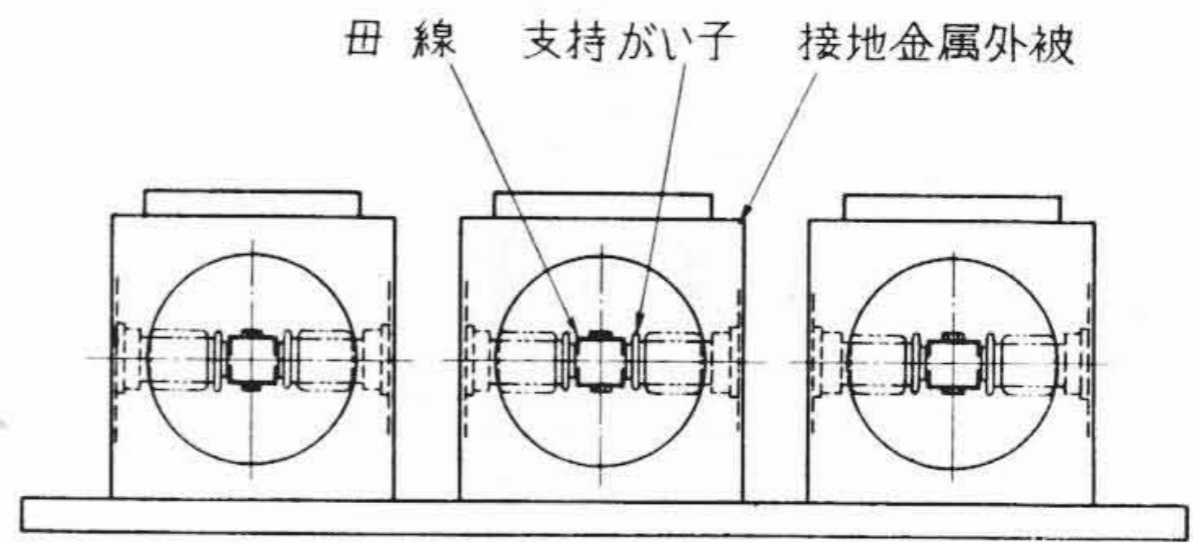
ヘッダー部には相間に細隙構造のバツフルを装備して、相分離の本質を失わぬよう考慮してある。

母線導体には直読式温度計を各相1個取付けたほか、外被外面にサーモスタットを装備し、母線温度85°Cに見合う外被温度によって異常警報をするようにしてある。

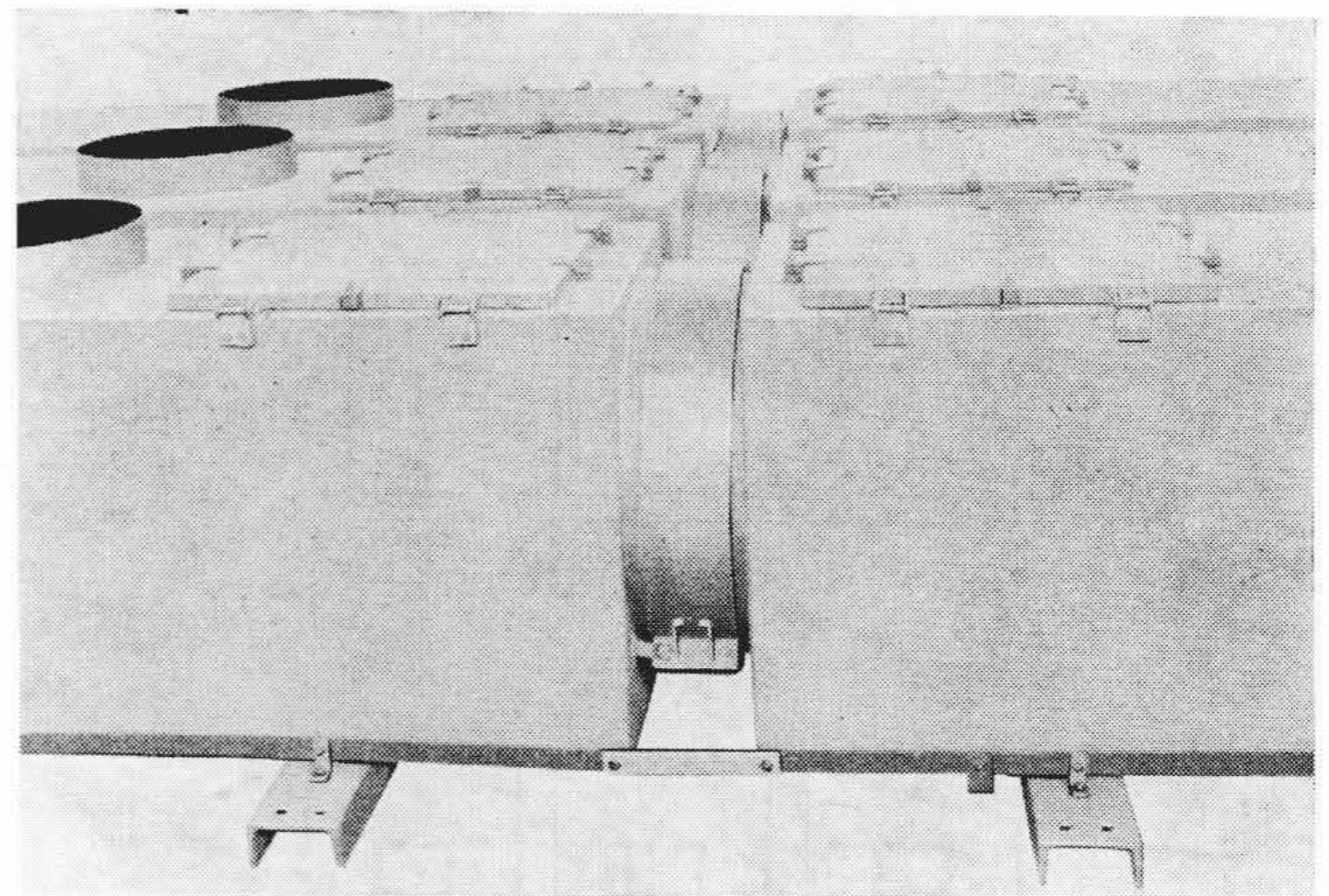
この場合は常時強制通風運転とするよう設計してあるが、低負荷運転を考える場合には、常時は自冷式とし、負荷電流の増加にともない強制冷却に自動切換えとする運転方式もある。その運転方式を第7図に示す。

### 5. 大耐電流強度母線の構造

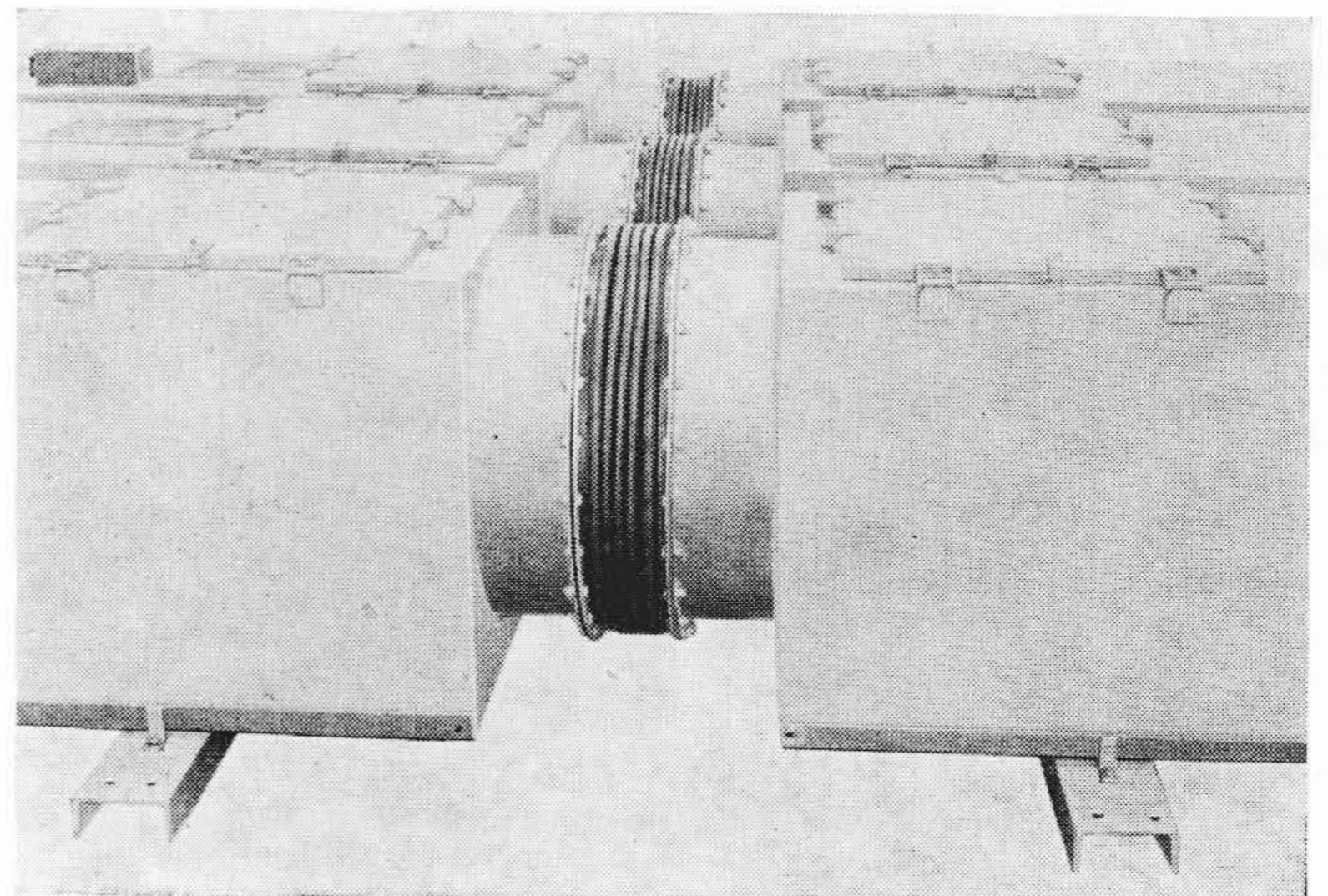
大容量発電所の所内母線回路では、第8図例のとおり直接接続される発電機回路のほかに、並列される発電機回路および送電線側よりの短絡電流の流入を考えると、その耐電流強度は500 kA (波高値) をこえることがある。



第9図 15 kV 2,000 A 短絡強度 540 kA (最大波高値) 相分離形密閉母線の構造



第10図 接合部の構造



第11図 たわみ接合部の外観

このような大耐電流強度の母線では、その強大な電磁力に耐えるため特別な構造が必要となる。

仙台火力発電所の所内回路母線の耐電流強度は540 kA (波高値) にも達するので、第9図に示すように、母線支持碍子の配置は、電磁力がかいしに対し圧縮方向に働くように相対して設けてある。

### 6. 細部構造

以上述べたほか、下記のような点についても細部にわたっての考慮が払われている。

#### 6.1 母線の絶縁

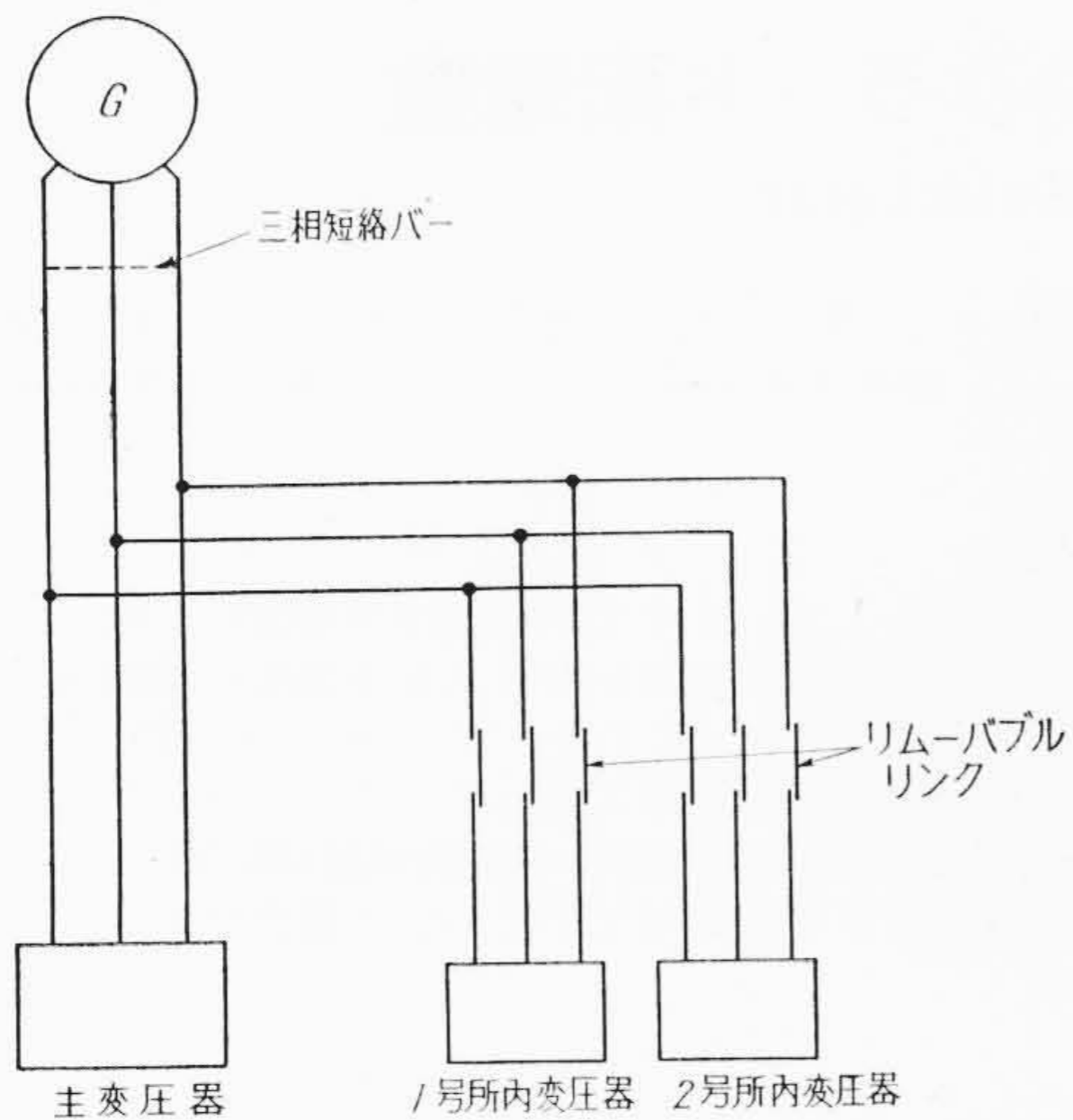
母線導体は強力なひだ付がい子で支持され、15 kV 定格の密閉母線では次の試験電圧に耐えるよう設計されている。

商用周波耐圧	50 kV 1分間
衝撃波耐圧	110 kV (1×40 μs)

#### 6.2 外被間の絶縁

各相外被間および各ユニット外被間は、三相一括ベース、外被接合部でそれぞれ絶縁し、うず電流の横流を生じないようにしてある。





第12図 三相短絡バーおよびリムーバブルリンク取付説明図

6.3 母線支持

母線導体は軸方向にはルーズ支持とし、温度変化による伸縮をさまたげない構造としてある。

6.4 ユニット接合部

ユニット接合部は温度変化による母線の伸縮に対処して、その接合部にはたわみ導体を使用し、外被の接続部はハイパロン被覆スポンジパッキングを用いて、それぞれたわみ性を与えてある。

接合部外観を第10図に示す。

また発電機ペデスタルと建屋の分割点および変圧器との接合部には、震動防止、変圧器基礎の沈下などを考慮して、特別のたわみ接合構造としてある。

その外観を第11図に示す。

6.5 短絡バー

発電機乾燥運転などに利用するため、発電機接合部には簡単に三相短絡バーが取り付けられるようになっている。

6.6 リムーバブルリンク

2基並列の所内変圧器回路には第12図に示すように、2組のリムーバブルリンクを装備し、所内変圧器の単独切離しができる。

6.7 防水構造

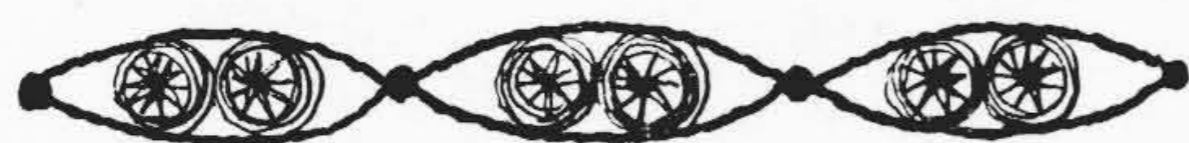
屋外に設置される相分離形密閉母線は、接合部、点検カバー部そのほかを完全な防水構造とし、製作後工場ではきびしい防水試験を行う。

7. 結 言

以上大容量相分離形密閉母線の概要を述べたが、相分離形密閉母線はますます多く使用される機運にあり、容量もさらに大きくなることが考えられる。したがって今後の研究と運転実績によって、その技術の発展が大いに期待される。

参 考 文 献

- (1) 安藤, 高砂: 日立評論 39, 661 (昭32-6)



特 許 の 紹 介



特許第239321号

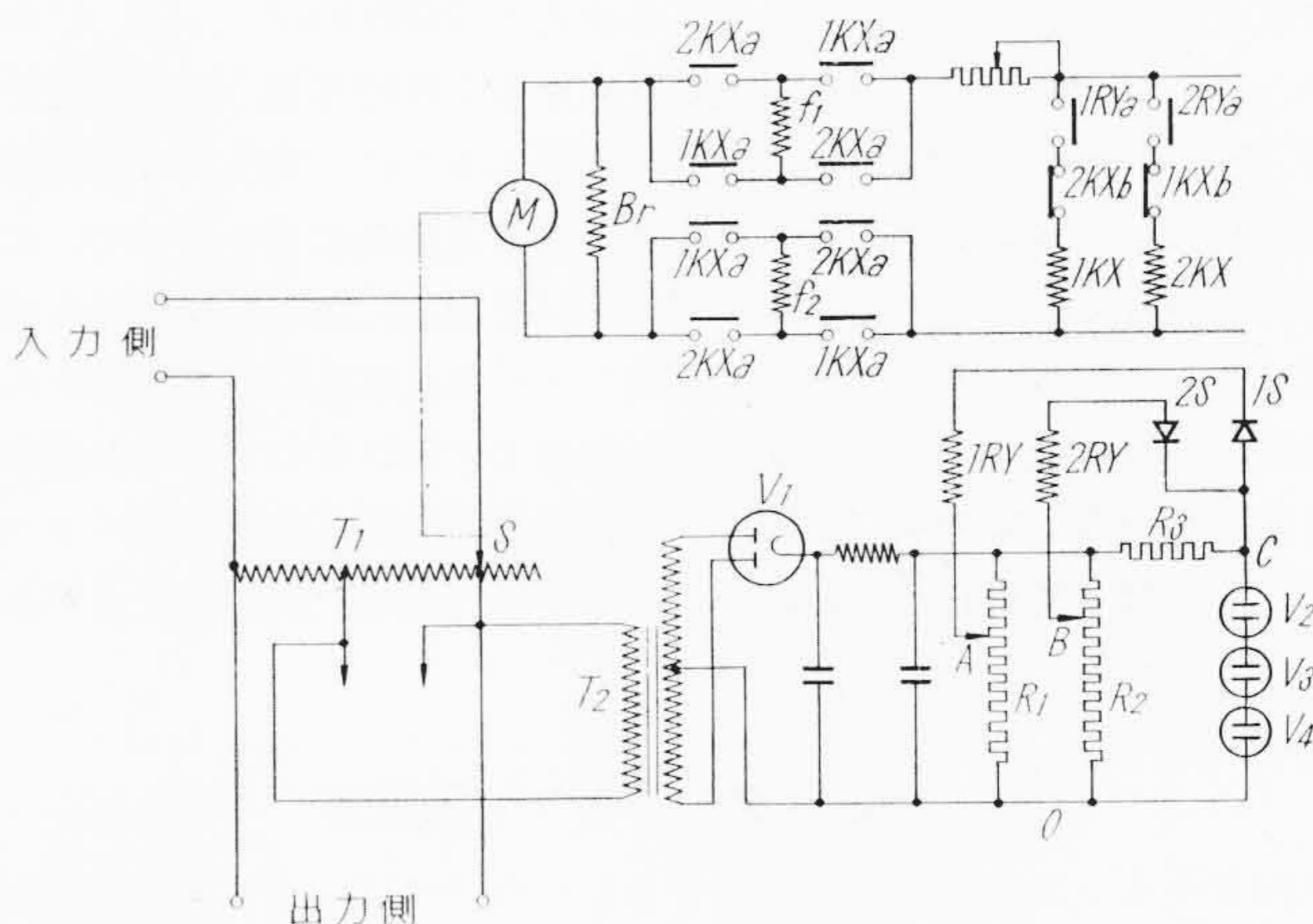
和田正脩・小林長平  
安藤文蔵

自動電圧調整装置

この発明は電動機により電圧調整器を操作して出力電圧を一定にする自動電圧調整装置の検出部に2個の直流継電器を用い、その一方を昇圧用、他方を降圧用として出力電圧に比例する直流電圧と基準直流電圧との偏差の正負に応じ選択的に動作させるように組合わせて、簡単堅ろうで感度よく、かつ動作の安定な自動電圧調整装置を得たものである。

図において $T_1$ はしゅう動形電圧調整器、 $S$ はそのしゅう動刷子、 $M$ は操作電動機で、電圧調整器の出力電圧の一部は変圧器 $T_2$ により昇圧され整流管 $V_1$ を経て抵抗 $R_1, R_2$ の両端に加えられる。さらにこの電圧を抵抗 $R_3$ を経て定電圧放電管群 $V_2, V_3, V_4$ に加え、 $OC$ 間より基準直流電圧を取出す。 $1RY, 2RY$ は直流継電器でそれぞれ抵抗 $R_1, R_2$ の分圧点 $A, B$ と前記 $C$ 点との間に互に逆向きにした整流器 $1S, 2S$ を通じて接続されている。

今出力電圧の基準値を $V_0$ 、 $OC$ 間の直流電圧を $E_0$ 、各継電器の動作電圧を $E_1$ 、釈放電圧を $E_2$ とし、分圧点 $A$ を出力電圧が $V_0$ のとき $OA$ 間の電圧が $(E_0 - JE)$ となるような点にとり、分圧点 $B$ を出力電圧が $V_0$ のとき $OB$ 間の電圧が $(E_0 + JE)$ となるような点にとれば、この状態で $1RY, 2RY$ にはそれぞれ $JE$ の電圧が加わっている( $JE < E_1$ )。出力電圧の降下により $OA, OB$ 間の電圧が $(E_1 - JE)$ だけ下がると、 $OA$ 間の電圧は $(E_0 - E_1)$ となり、 $1RY$ は $CA$ の方向に $E_1$ の電圧を受けて動作し、電動機 $M$ を正転させて出力電圧を上昇させる。かくして $1RY$ に加わる電圧が $E_2$ 以下となれば $1RY$ の釈放により電動機は停止する。逆に出力電圧の上昇により $OA, OB$ 間の電圧が $(E_1 - JE)$ だけ上がると、 $OB$ 間の電圧は $(E_0 + E_1)$ となり、 $2RY$ は $BC$ の方向に $E_1$ の電圧



を受けて動作し電動機を逆転させて出力電圧を降下させる。この場合も $2RY$ に加わる電圧が $E_2$ 以下となれば $2RY$ の釈放により電動機は停止する。

この発明の特長は簡単で信頼度の高い部品を用いて高感度の自動電圧調整装置が得られる点にあり、X線治療装置に用いた実例では電圧変動率を $\pm 0.5\%$ 以内に押えることができた (坂本)