

# 圧延設備におけるサイリスタ応用

## Applications of Thyristor Convertors for Rolling Mill Plant

岩城 秀夫\* 宅間 豊\* 上田 源三\*  
Hideo Iwaki Yutaka Takuma Genzo Ueda

### 要 旨

各種サイリスタの開発とその応用技術は、最近数年の間に著しい進歩をみせているが、特に SCR の大電流高耐圧化とその応用技術の発展はめざましく、今や圧延設備における SCR の応用は本格的実用段階に到達している。本稿では、SCR による圧延用直流電動機の静止レオナード制御について、各種方式の特長と各種圧延設備に対する適用、問題点と対策、最近の実用例などについて述べる。

### 1. 緒 言

SCR が初めて開発された当時から予想されていたように、大電流、高耐圧化とその応用の技術は年を追って急速に発展し、今や本格的大容量装置の実現を見るに至った（日立製作所が製作した圧延設備用 SCR 装置の最大定格出力は 2,900 kW 累計出力は 55,000 kW を越えている）。

このような急速な発展の主因となった SCR の特長のおもな点は

- (1) 動作が安定で、長寿命高信頼度を有すること。
- (2) 制御に要する電力が小さく、制御器具として速応性の高い半導体素子を駆使できること。
- (3) 電力損失が小さいこと。

などであろう。そのほか、ターンオン、ターンオフ時間が短いこと予熱や調温の付帯設備が不要なこと、小形、軽量で据付ならびに運転保守が容易なことなどはすでによく知られているところである。

大容量装置の製作に当たっては

- (1) SCR 素子の電流高耐圧化と特性の均一化
- (2) SCR 素子の動特性の強化 ( $di/dt$ ,  $dv/dt$ , スイッチングパワー)
- (3) 直並列接続における過渡的ならびに定常的平衡
- (4) 確実なる保護協調
- (5) 信頼度の見地から負荷率の検討

などが重要な問題である。（これらの諸点については同時掲載の別稿「最近の電力用サイリスタ」および「サイリスタ装置の信頼性と保護協調」を参照されたい。）

圧延設備における SCR の応用分野としては

- (1) 直流電動機の静止レオナード制御
- (2) 誘導電動機の変速度制御

などが今後の主流となるであろう。自励式インバータやサイクロコンバータによる誘導電動機の変電圧周波数制御については、研究試作が進められ、実用段階にはいりつつある。特にサイクロコンバータはコスト的にすぐれており、ホットミルローラテーブルや線材圧延設備の冷却床ランインテーブルなどのように多数の小容量誘導電動機の一括速度制御には好適である。そのほか同期電動機の力率制御、誘導電動機の静止セルビウス制御、サーボモータ、ソレノイ

\* 日立製作所日立工場

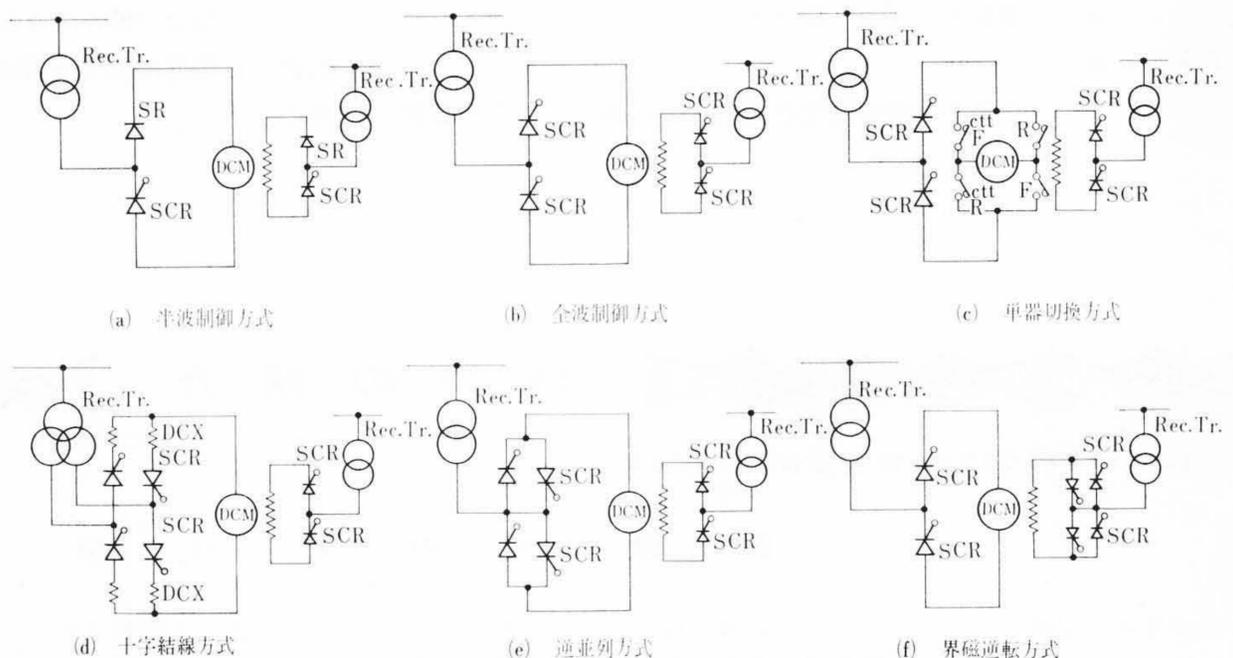


図1 SCR による各種レオナード方式

ドバルブなどの制御、増幅器、定電圧電源、高周波電源など、数々の応用分野があるが、本稿では圧延機駆動の主力である直流電動機の静止レオナード制御に論点をしぼることとする。

### 2. 各種静止レオナード方式の特長

静止レオナード方式には

- (1) 単位変換器の整流接続方式
- (2) 変換器相互の変換接続方式
- (3) 制御方式

の別により種々の方式があり、それぞれ特長を異にする。SCR は順電圧降下が小さく、1素子当たり 1~1.5V であるため、メッキ槽用電源などのように低電圧のもの以外では 6 相 2 重星形結線はほとんど使用されず、直流電圧が高くとれる 6 相グレッツ結線が採用されることが多い。また交流電源電圧が所望の直流電圧に適切な場合には整流器用変圧器を省略できることも、この整流接続方式の特長である。しかし数十キロワット程度の小容量器では 3 相千鳥結線、さらに小容量の十数キロワット以下では単相ブリッジ結線がよく用いられる。

SCR 変換器は単器では直流電流を一方向にしか流し得ない。したがって、正逆両方向のトルクを必要とする圧延機においては、直流電動機の電機子回路または界磁回路に切換開閉器を設けるか、あるいは逆極性の 2 器の変換器を用いる。図 1 は各種の静止レオナード方式の構成を単線図で示したもの、表 1 はそれぞれの特長を示す。逆並列方式および界磁逆転方式は従来の水銀整流器による静止レオナードにおいては実用例は少なく、SCR の安定性と高速応答性によって初めて広く採用されるに至ったものであってここに SCR の

表1 SCRによる各種静止レオナード方式比較表

方式	半波制御	全波制御	単器切換	十字結線	逆並列	界磁逆転
電機式回路方式	半波制御単変換	全波制御単変換	全波制御単変換	2組全波制御単変換	全波制御逆並列複変換	全波制御単変換
界磁回路方式	半波制御単変換または全波制御単変換	半波制御単変換または全波制御単変換	半波制御単変換または全波制御単変換	半波制御単変換または全波制御単変換	半波制御単変換または全波制御単変換	全波制御逆並列複変換
電動機回転方向	一方向	一方向	両方向	両方向	両方向	両方向
特長	①片アームSRなので安価	①零電圧まで可制御	①単変換器で可逆運転可能なので安価	①常時順逆両変換器が動作しているため連続的に可逆制御が可能	①順逆両変換器の切換は無接点論理素子により瞬時に遂行されるため連続的に可逆制御が可能	①電機子回路が単変換器で可逆運転可能なので安価
問題点	①零電圧まで制御不能 ②直流電圧脈動率が比較的大 ③断続限界が大きく逆起電力負荷においては無負荷からの突入負荷に対してインパクト降下が比較的大きい ④強制減速には発電制動抵抗器を必要とする	①強制減速には発電制動抵抗器を必要とする	①機械的接触機構を用いるので高ひん度で可逆運転を行なう場合に不適 ②電流が微少値になったことを検出し切換閉閉器を切換逆方向電流を流すまでの切換時間は0.2~0.4秒を要する	①循環電流制限リアクトル、循環電流制御装置を必要とし、かつ各変換器および変圧器容量は循環電流相当分の余裕を必要とする。したがって高価となる。 ②常時逆変換器を動作させているため急速加速時のフォーンングが逆変換器の転流余裕角によって制限される。		①界磁逆転時間を短縮するため界磁用SCRの容量を大とし、強力なフォーンングを必要とする ②電動機は特殊鉄構造とする必要あり ③切換時間は0.1~0.2秒を要する
おもな用途	①線材条鋼粗圧延機 ②直流定電圧電源	①線材条鋼仕上げ圧延機	①補機	①熱間可逆圧延機 ②熱間連続仕上げ圧延機 ③冷間連続圧延機 ④冷間可逆圧延機 ⑤張力巻取機	①熱間可逆圧延機 ②熱間連続仕上げ圧延機 ③冷間連続圧延機 ④冷間可逆圧延機 ⑤張力巻取機	①熱間可逆圧延機 ②冷間可逆圧延機

真価が遺憾なく発揮されているということが出来る。

### 3. 熱間可逆圧延機への応用

熱間可逆圧延設備においては、主ロール、たてロール、前後テーブル、圧下装置、シャーなどほとんどの機械が急速加減速可逆運転を必要とし、従来これらの機械は磁気増幅器、回転増幅器、電動発電機またはイルグナ変流機からなるレオナード制御が行なわれてきた。これらは今日ではすべてトランジスタ化された制御器具とSCR変換器による静止レオナードによって駆動することが可能となり、すでに数千キロワットの装置が製作されている。

従来主回路制御系の最大の時間遅れ要素であった直流発電機界磁時定数は主回路に直接SCRを採用することにより姿を消し、加速電流波形は、その立上りを電動機の整流の許すかぎり急しゅんにすることができ、また速度応性の高い電流制御によりわずかなオーバーシュートをもって波高値を一定に制限することができるので、波形率はほとんど1に近く、電動機的能力を安全にかつ最大限に発揮させることができる。

#### 3.1 逆並列方式

本方式は図2(a)に示すように、主回路に正逆一對のSCR変換器を逆並列に接続し、直流電動機を可逆駆動する。正方向加速時にはSCR<sub>1</sub>が順変換器として動作し、減速時にはSCR<sub>2</sub>が逆変換器として動作し電動機速度が反転するとSCR<sub>2</sub>はそのまま順変換器として動作して一気に逆方向設定速度へ加速する。逆方向回転からの減速時にはSCR<sub>1</sub>が逆変換器として動作する。これらの動作の交替は高速応トランジスタ論理回路により、主回路電流が零を切る時点にほとんど瞬時(半サイクル以内)に遂行される。負荷を通らず正方向SCRと逆方向SCRの間を循環するいわゆる循環電流は、本方式によると、定常時、および正逆方向切換の過渡時ともに存在しない。

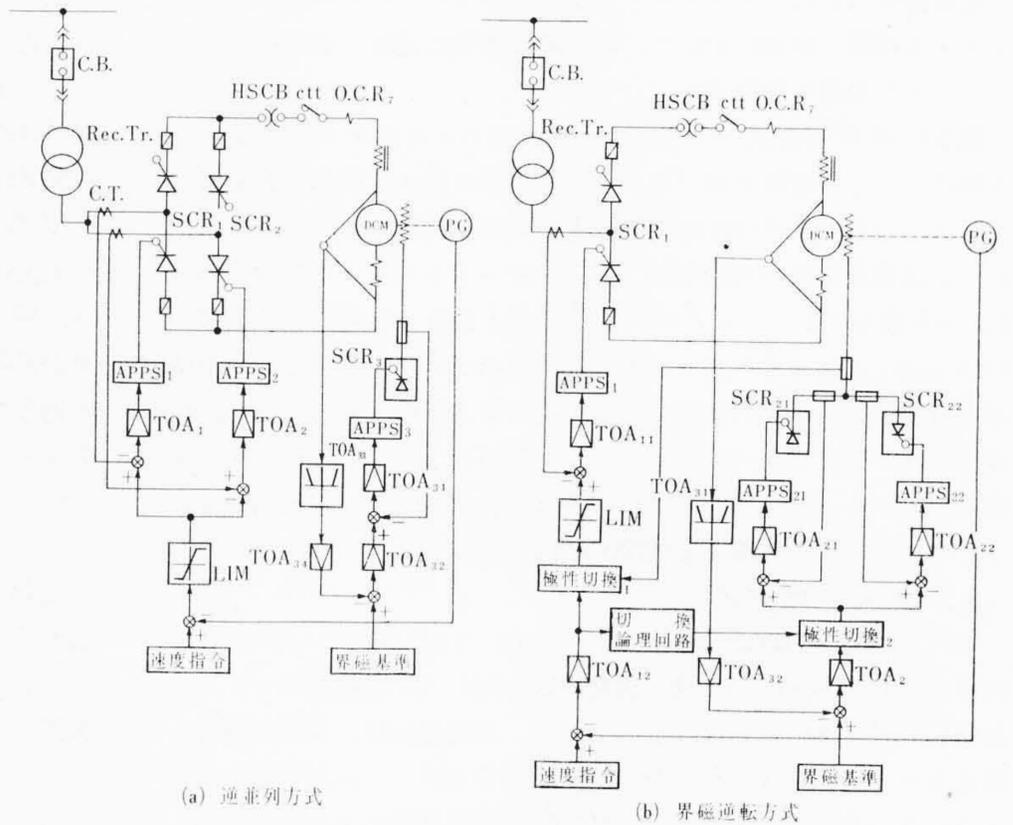


図2 熱間可逆圧延機制御系統単線図

この無循環電流逆並列接続制御は、SCR、変圧器などの設備容量を無駄な循環電流のために増加せしめる必要がなく、また無駄な電力損失もないという大きな特長をもっている。

速度指令は主幹操作器のノッチに対応したステップ電圧を系に与える。指令値と、速度帰還値とは、異符号で突き合わされ、両者の差が制限増幅器LIMに伝達される。SCR<sub>1</sub>、SCR<sub>2</sub>はおのおの独立の電流制御マイナーループによって制御され、そのマイナーループはLIMの出力を指令値として動作する。LIMの出力電圧は、電動機およびSCR変換器の常用最大過電流値に対応する値に制限されている。したがって加速時間は軽負荷時には短く、重負荷時には長く、常に電動機的能力を100%発揮することができる。速度が上昇

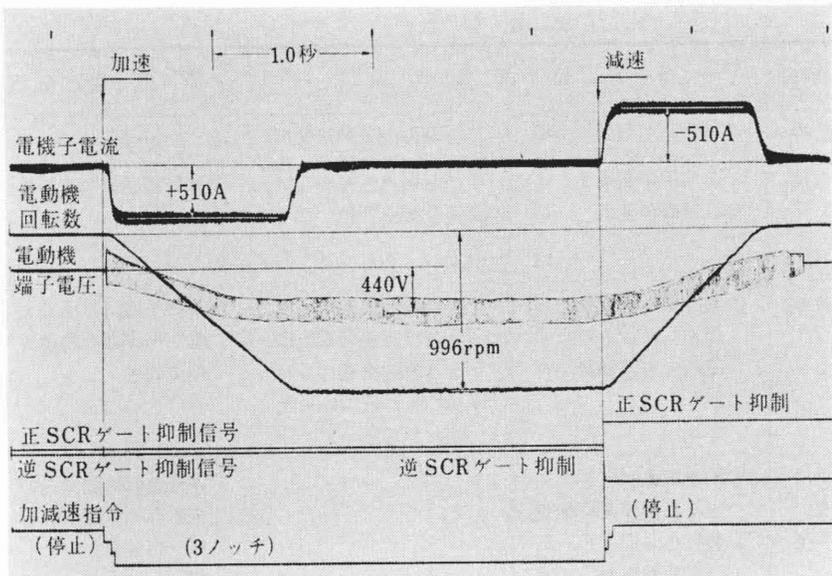


図3 逆並列接続方式加減速オシログラム

して指令値に近づき LIM の入力が増加すると、LIM の動作点は制限値から降下して比例増幅域へ移動し、制御系の動作は定電流制御 (ACR) から定速度制御 (ASR) へと円滑に移行する。

電動機界磁は、電機子電圧が定格値に達するまでは強め界磁電流に対応する界磁基準値を指令として定電流制御が行われ、基底速度に達して、電機子電圧が定格値を超過しようとする時、この電圧に対応する不感帯を有する界磁弱め信号増幅器 TOA<sub>33</sub> の出力により、界磁電流が自動的に弱められるよう制御される。したがって電圧制御領域から界磁制御領域への移行は円滑に行なわれる。この単一速度指令方式は、上下ロール各個駆動や主ロールと併速制御を必要とする補機の制御において、線形速度指令に追従させる場合にいったんその効果を発揮する。

図3に逆並列方式の可逆運転の一例のオシログラムを示す。本図は、上述の電流制御マイナーループ付の定速度制御方式を用いており、急速加減速時には電動機電流値は、制限電流に一定に保たれる。加減速電流の波形率は、従来のワードレオナード駆動の場合 1.3~1.6 程度であったものが、本方式では 1.05 であり、理想波形の 1.0 に近く、きわめて良好である。加減速のパターン変化から、加減速電流通電開始までの無駄時間も無視できる程度である。また、減速時には、速度指令の変化とほとんど同時に、正逆両 SCR のゲート抑制信号ゲートが動作し、循環電流は流れず、瞬時に電流切換を終了しているなど、SCR 制御装置の高速応性を示している。

### 3.2 界磁逆転方式

本方式は図2(b)に示すように、主回路には単方向のみの SCR 変換器を配し、界磁に逆並列の複変換器を配して、電動機のトルクを反転し、可逆運転を行なうものであり、界磁逆転時、界磁が極性を変えるまでの 0.1~0.2 秒の無駄時間を有するが、これが実用上問題とならない熱間可逆圧延機および冷間可逆圧延機の主ロールにおいては主回路逆並列方式に比べて大幅な設備費の低減となる。

電動機が正方向トルクを出すべきか、逆方向トルクを出すべきかは、速度帰還値と速度指令値との差の符号により判別できる。切換論理回路は、この極性を判別して界磁信号の極性切換器を制御する回路であり、これらの回路素子はトランジスタ式無接点論理回路素子から構成されている。いま SCR<sub>21</sub> が正方向励磁電流を流していたものとすれば、極性切換器<sub>2</sub> による電流指令の反転により、SCR<sub>21</sub> の出力電圧は負となり、励磁電流は急速に減衰する。ただし直流電動機の界磁時定数は通常数秒程度であるので、励磁用 SCR は十分大なるフォーシング容量を必要とする。励磁電流が零となると SCR<sub>21</sub> は動作を停止し、ただちに SCR<sub>22</sub> が動作して一気に界磁電流を逆転された指令値まで増加させる。両 SCR にはおのおのの独立の電流帰還がほどこされているため、以上の動作は安定かつ迅速である。一方

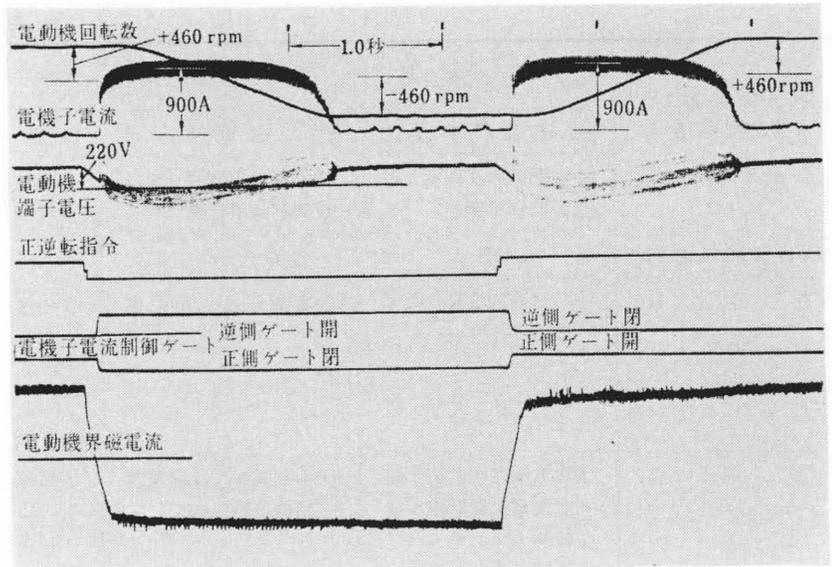


図4 界磁逆転方式加減速オシログラム

主回路 SCR<sub>1</sub> は、速度誤差が負になるとただちに出力電圧が負となり電機子電流は零となる。したがって励磁電流が減衰する期間は電動機はまったくトルクを発生することなく、負荷に応じて安全に減速を開始するだけである。励磁電流の符号が変わると極性切換器<sub>1</sub> が動作して、SCR<sub>1</sub> はふたたび正の出力電圧を生じ、励磁電流が逆方向指令値に達するを待たずして主回路電流を流し電動機は減速トルクを発生する。主回路電流は 3.1 項で述べたように、制限増幅器と電流帰還マイナーループにより許容範囲に確実に制限されつつすみやかに電動機を逆転せしめ、速度誤差が僅少となると、速度帰還制御系が有効に動作する。基底速度以上における自動界磁弱め制御は本方式においても、安定かつ有効に動作する。

なお本方式を採用する場合は、界磁の応答速度を高めるため電動機は特殊積層鉄構造とする。

図4は界磁逆転方式の可逆運転のオシログラムである。

本図において、速度指令が正転より逆転に変化すると、電動機界磁電流は急速に反転を開始し、約 0.07 秒で逆極性電流となっており、同時に、電機子電流制御回路のゲート切換が瞬時に行なわれ、界磁逆転開始より、電機子回路通電開始までの無駄時間は約 0.12 秒に過ぎない。逆転時の電機子回路電流は、電流制御により、逆並列方式の場合と同様、制限電流値に保たれ、良好な波形となっている。

## 4. 冷間可逆圧延機への応用

冷間可逆圧延機においては、円滑な加減速と安定した速度制御を必要とする主ロール、安定かつ高精度の張力制御を必要とするテンションリール、高ひん度の起動停止と迅速な応答を必要とする圧下装置などに従来電動発電機によるレオナード制御が採用されてきたが、最近ではほとんど SCR による静止レオナードに変わりつつある。

主ロールには前述の界磁逆転方式が経済的であるが、減速電流比の小さい場合には非対称逆並列方式も用いられる。テンションリールでは圧延方向のいかにかわらず強力電流は一方方向であるので非対称逆並列方式が最適である。圧下電動機の制御にはひん度の少ないものでは単器切換方式を用いることもできるが、自動板厚制御などを行なう場合には逆並列方式が適当である。最近速度応性の高い油圧圧下方式が開発されたが、その油圧系の制御にも SCR が用いられ応答速度の改善に効果が見られる。

### 4.1 非対称逆並列方式

本方式は図5に示すように逆並列に接続された1対の SCR 変換器の容量が異なるものであって、主ロールの制御においては系の構成は 3.1 項に記した逆並列方式と異なるところはない。ただし電流制御のマイナーループはおのおのの容量に見合った制限値を有す

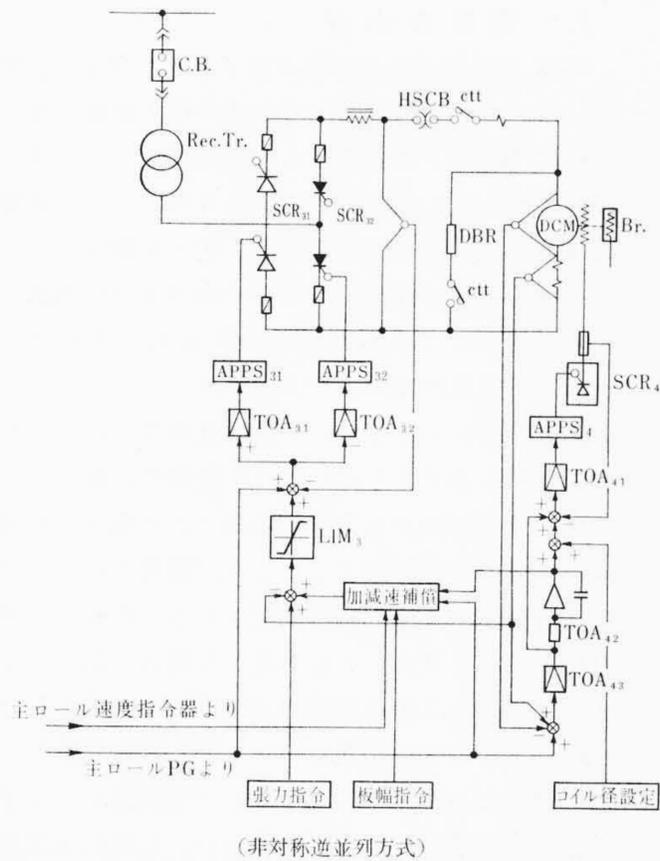


図5 冷間可逆圧延機テンションリール制御系統単線図

る。加速電流と圧延電流とは同符号であるが、減速電流はこれらに対して異符号となるので、逆方向SCR変換器の容量を節減することができる。ただし圧延方向切換時には停止中に界磁の励磁方向を切替える必要がある。

テンションリールにおいては圧延方向のいかんにかかわらず張力電流は一定方向である。したがって張力電流方向の変換器は、張力電流と加減速電流との和に見合う容量を必要とするが、これと逆方向の変換器は加減速電流と最小張力電流との差に見合う容量に節減することができ、界磁の反転を必要としない。

4.2 テンションリール制御

SCRは制御に要する電力が小さく制御器具として小形高性能のトランジスタ回路網を駆使することができる。リールの制御系については図5に一例を示すように、コイル径記憶制御には従来の電動可変抵抗器に代わって積分動作演算増幅器(TOA<sub>42</sub>)が用いられ、加減速トルク補償装置にはトランジスタ式函数発生器が用いられるなど、制御系の時間遅れによる張力変動をいっそう減少する方式がとられている。なお主回路SCRの制御系には電圧制御のマイナーループが設けられており、通板時の運転を安定化するとともに、電流制御系には制限増幅器(LIM<sub>3</sub>)を設けて、万一板切れが生じた場合にも電動機速度上昇が安全に制限されるようになっている。

5. 熱間および冷間連続圧延機への応用

連続圧延機は高効率大量生産を使命とする圧延設備であり、ライン速度が高く、図6、図7に示すようにスタンド間張力および圧下を総合的に制御し製品板厚精度の向上がはかられている。したがって従来からも電動発電機に比べ速度性のすぐれた水銀整流器による静止レオナード方式が熱間仕上連続圧延などに採用されてきた。しかし、冷間連続圧延機の場合には、揃速非常停止を含む急速な加減速の必要があるため、かなり大容量の逆変換器が必要であるが、水銀整流器は価格的に高く、また、制御率の大なる場合に逆弧、通弧の確率が増加する傾向もあり、従来は整流器駆動方式は一般に用いられなかった。これに対し、SCRの進出は、その特性の安定性と動作の確実性により、このような憂慮を一掃し、制御装置の半導体化とあいまって、高速応性が得られ、高精度で安定な運転を可能とし、また、価格的にも低減されたため、冷間連続圧延機にも、SCR静止

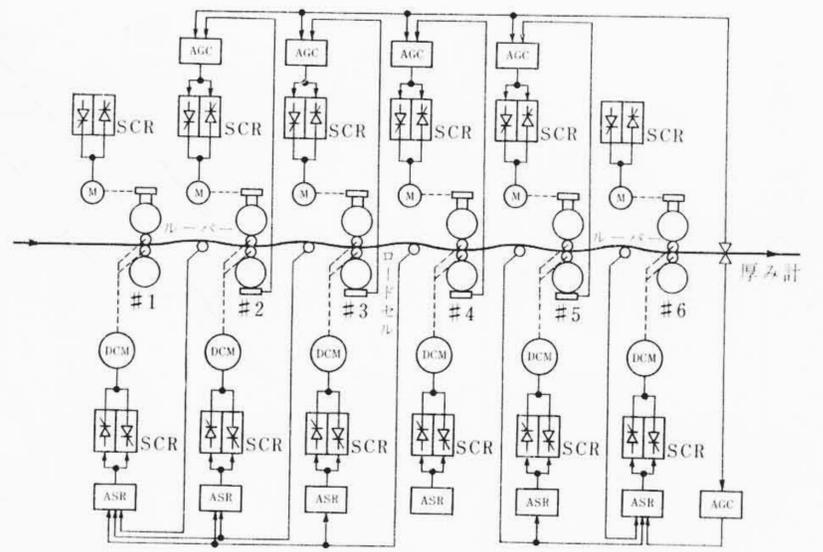


図6 連続熱間仕上圧延機制御系統図

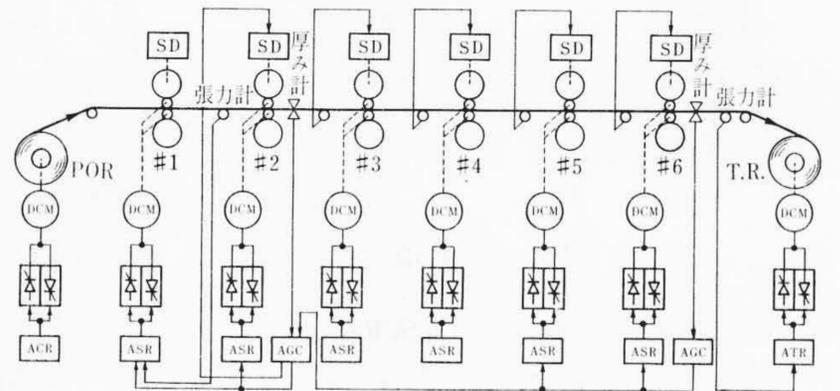


図7 連続冷間圧延機制御系統図

レオナード駆動方式が採用されるようになった。

連続圧延機は一方向圧延であるので、SCRの方式としては、前述の非対称逆並列方式が用いられる。順逆両変換器の容量を決めるには、各スタンドおよびリールの最大の加減速度時の加減速電流を考慮し、均斉のとれた余裕を有するものとする。電圧はスタンド間張力並びに圧下制御による速度補正に対し十分な余裕を有することが必要である。

6. 線材および条鋼圧延機への応用

線材および条鋼圧延設備においては、スタンド間張力およびスタンド群間ループ制御、ピレットかみ込み時のインパクト速度降下、などが制御上の重要点であり、速度性の高い制御が要求される。このため従来から水銀整流器による静止レオナード方式が採用されているがSCRの採用により速度性と信頼性が向上した。

圧延中加減速を行なわない線材・条鋼連続圧延機においては図1(a)に示した半波制御方式を採用することができる。この方式はブリッジ結線において、片側のアームのみに制御整流素子を用い反対側のアームは非制御整流素子を以て構成する経済的な方式である。本方式では主回路電流が断続しない状態を想定しても出力電圧を零まで下げるには位相制御角を180度としなければならないので現実的には徐動速度以下でのレオナード制御は困難である。したがって、可逆運転や圧延中加減速を行なう圧延機には採用されない。また、逆起電力負荷においては、電流断続時と連続時との電圧差が比較的大きく、ピレットかみ込み時の瞬時速度降下が大となるので、主回路に可飽和リアクトルをそう入して断続限界電流値を小さくし、系の応答速度と利得を高めて、瞬時降下と回復時間の短縮をはかることが必要である。

比較的低速の粗または中間圧延機群には共通レオナード方式が用いられることが多い。各スタンドの速度協調は界磁SCRによって

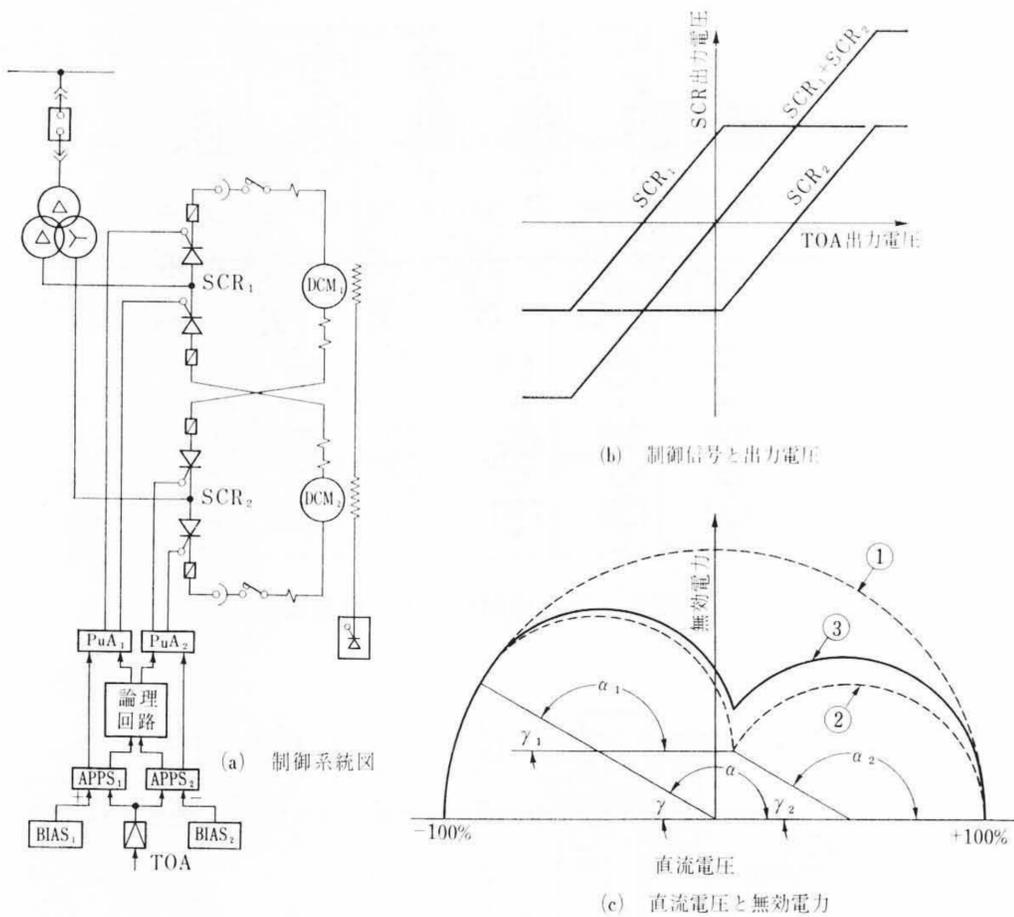


図8 力率改善制御方式説明図

制御され、群速度は主回路の共通SCRによって制御される。高速の仕上圧延群には各個レオナード方式が用いられ、各スタンド主回路SCRによりスタンド間速度協調を制御する。多数の整流器に対して共通に1台の整流器用変圧器を設けるか、あるいは電圧が適切な場合に直接電源に並列に接続する場合には後項で述べる転流による電源電圧変動により相互干渉が生じ誤動作することもあるので、各個に交流リアクトルをそう入する必要がある。

冷却床ランインテーブルは、最終仕上スタンドから送り出される条鋼速度に同期させるため、従来、直流電動機により同期発電機の色度を制御し、多数の誘導電動機の一括速度制御を行なっている。この直流電動機の色度制御のみをSCRによる静止とレオナードにより行なうことは容易であるが、さらに一歩進めて、整流器と自励式インバータにより直接誘導電動機の色度制御を行なう静止可変電圧周波数制御方式がすでに開発されている。この方式では周波数制御系に機械的時定数が含まれず、制御性能は飛躍的に向上する。SCRによる自励式インバータの動作はきわめて安定であり、すでに昭和38年以来多数の製品が特殊周波数電源、無停電電源用として納入されているが、いずれも好調に稼働している。しかし現状ではコストの面で難点があり圧延機主ロールを自励式インバータ+誘導電動機で駆動する段階には達していないが、上述の例のようにDC, AC, 2組の電動発電機を必要とする場合にはコスト差はほとんど問題とならなくなる。

## 7. SCR駆動における問題点と対策

SCR式静止レオナード方式を採用する場合、電源、電動機および制御装置には、従来の回転機方式と異なる面で考慮すべき事項がある。SCR変換器自体については別稿に述べられているので本稿では省略する。

- (1) 電源の力率
  - (2) 電源波形ひずみ
  - (3) 電動機の整流
  - (4) 電源電圧変動
  - (5) 誘導障害
- などがおもな問題点である。

### 7.1 電源の力率

SCR変換器の力率はほぼ格子率に比例する。定格制御率は電源電圧変動および変換器の電圧変動率ならびに電動機のIR降下などに対する制御余裕から15~20%に設計される。したがって力率は6相グレッツ結線においては80%前後となる。熱間可逆圧延機などにおいてはたえず加減速を繰り返すため平均力率は相当低下する。この対策としてはSCR変換器に並列に進相コンデンサを設ける方法のほか次の方法がある。

図8(a)に示すように2組の変換器を直列に接続し、同図(b)に示すように、相互に逆極性の固定バイアスを加えて位相制御する方法である。この場合の無効電力は同図(c)の曲線②のようになり、通常方式における無効電力(曲線①)より大幅に低減される。曲線③は整流器用変圧器のリアクタンスを考慮した場合である。なお本方式では直列の2組の変換器の制御角が異なるため同図(a)に示すように相互にゲートパルスを交換して両変換器に同時にパルスを与えなければ閉回路ができず起動および電流断続時の運転ができない。したがって制御装置がやや複雑高価となり小容量機には適しない。図のように2電動機電動機に適用する場合は電動機耐圧を半減することができる。

### 7.2 電源波形ひずみ

電源電圧波形はSCRの転流によってパルス状の凹凸を含んでいる。そのパルスの波高値は整流器用変圧器のインピーダンスと電源のインピーダンスの比によって異なり電源インピーダンスが大きいほどパルスの波高値は大きい。したがって電源容量に対してSCR単器容量が比較的大なる場合には電源を共通とする他の装置に悪影響を及ぼすことがある。特に容量性の装置に対しては、このパルスにより高調波電流が流れ過熱する場合もある。

電源電流波形はSCRの整流相数に応じた高調波脈流を含み、中にはメガサイクル級の高次高調波をも含んでいるので、大容量器の場合は通信装置などに誘導障害を及ぼすおそれもある。その雑音電界強度は電動発電機よりやや大きな場合が多い。

これらの電源電圧および電流の波形ひずみは電源容量に対してSCRの単器容量を相対的に縮小することにより大幅に低減することができる。すなわち大容量器においてはSCRを順並列複変換の形に分割し、変圧器結線方式を相互に異にして転流位相をずらし、大容量器に対しては、これらをさらに2組に分けて移相変圧器によって相互の転流が重ならないようにずらすこともある。そのほか、電源に高調波フィルタを設けることも高次高調波の吸収に有効である。

### 7.3 電動機の整流

SCRの直流出力電圧は整流相数に応じた脈動電圧を含み制御率の大なる場合は脈動電圧平均値は定格電圧に対して数十パーセントに達する。したがって電動機反作用とその補償磁束との位相差により、電動機の整流が悪化する。またSCRおよび制御装置の応答速度はきわめて速く、加速開始瞬時の電流立上りはきわめて急しゅんとなるので電流急変時の整流も同様に困難となり、加減速をひん繁に繰り返す熱間可逆圧延機などでは問題となる。したがって電動機は磁路を積層化して磁束遅れを短縮し、かつ主回路に整流補償リアクトルをそう入するなどの対策がほどこされる。また大容量器においては上述の電源波形ひずみ対策と同様に容量を分割し整流相数を増す方法が効果的である。

### 7.4 電源電圧変動

SCR変換器においては電源電圧の急変は出力電圧変動に直結す

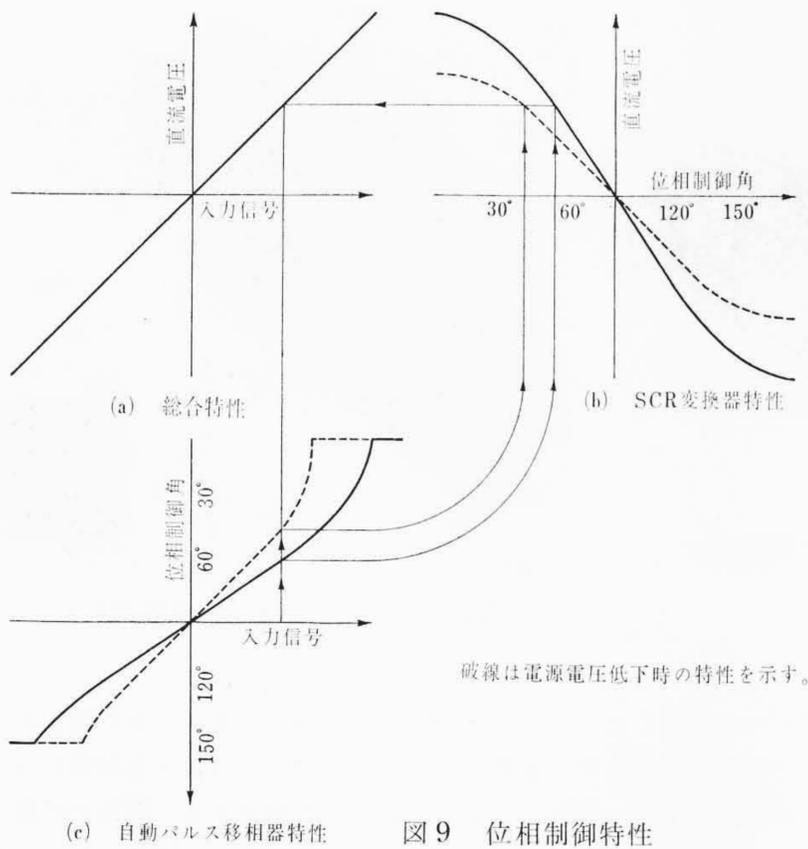
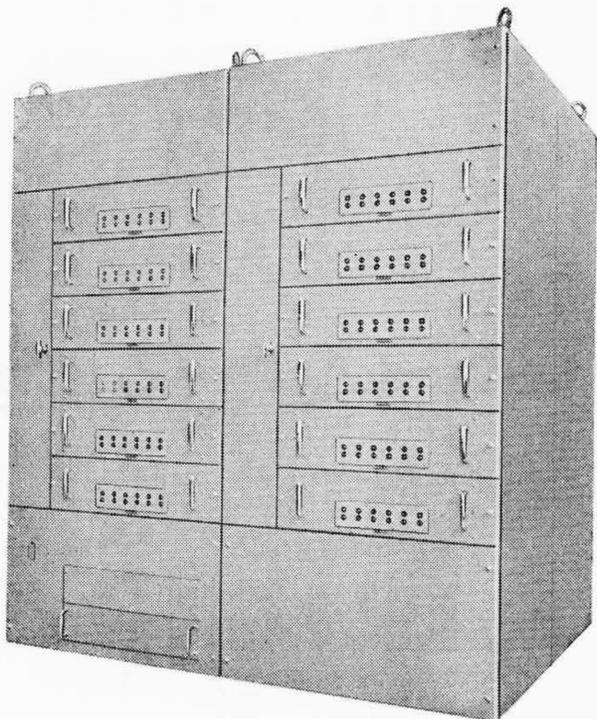


図9 位相制御特性



(スカイアルミニウム株式会社納熱間仕上圧延機用)  
図10 2,900 kW SCR 変換器

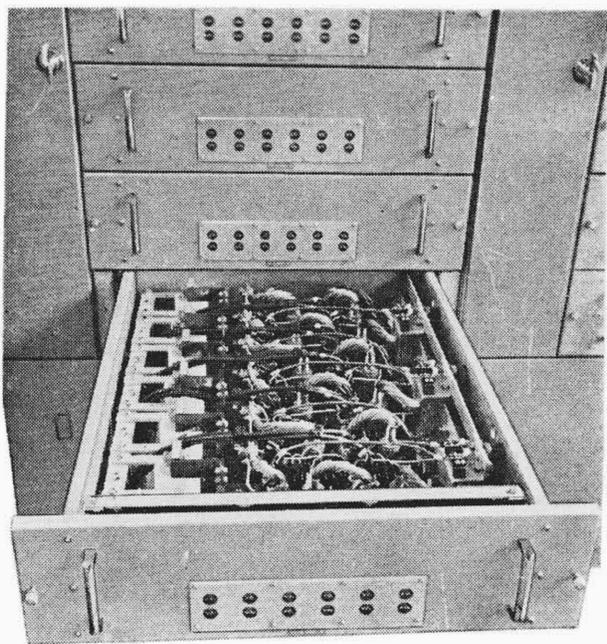


図11 SCR トレイ

る。したがって制御装置は単に応答速度を高めるだけでは出力電圧急変を押えることはできない。この問題は図9(c)および(b)に示

表2 スカイアルミニウム株式会社深谷工場納  
主要SCR変換器仕様一覧表

用途	定格出力	定格電圧	制御方式
熱間仕上圧延機主ロール用	2,900 kW	750 V	非対称逆並列, 力率改善制御
熱間仕上圧延機リール用	800 kW	750 V	非対称逆並列
	150 kW	750 V	
冷間可逆圧延機主ロール用	2,500 kW	750 V	非対称逆並列, 力率改善制御
冷間可逆圧延機リール用	700 kW	750 V	非対称逆並列
	500 kW	750 V	
	350 kW	750 V	

表3 日立電線株式会社豊浦工場納  
主要SCR変換器仕様一覧表

用途	定格出力	定格電圧	制御方式
銅線材圧延機中間A群用	550 kW	440 V	半波制御, 共通レオナード式
銅線材圧延機中間B群用	650 kW	440 V	半波制御, 共通レオナード式
銅線材圧延機仕上スタンド用	125 kW	440 V	全波制御, 個別レオナード式

表4 三井金属鉱業株式会社社  
主要SCR変換器仕様一覧表

用途	定格出力	定格電圧	制御方式
冷間可逆圧延機主ロール用	280 kW	440 V	界磁逆転方式
冷間可逆圧延機リール用	65 kW	220 V	対称逆並列方式
	65 kW	220 V	
冷間可逆圧延機主ロール界磁用	33 kW	240 V	対称逆並列方式
	33 kW	240 V	

すように、変換器と自動パルス移相器との特性を対称とし電源電圧変動の影響が帰還制御なしで相殺される方式により解決されている。したがって両者の総合特性は同図(a)に示すように、制御角に関係なく一定利得となり、かつ電源電圧変動により出力電圧が変動を受けることはほとんどない。また制御系の各種増幅器はトランジスタ式安定化電源により電源変動の影響が十分低レベルに押えられている。

7.5 誘導障害

トランジスタ化されたSCRの制御装置はきわめて高利得、高インピーダンス回路であるため、誘導雑音電圧の影響を受けやすく、SCRは遅滞なく雑音信号に追従する。したがってパルス回路および高インピーダンス回路には完全なシールドを必要とし、制御装置盤内外の配線は電力配線から極力離す必要がある。制御電源には高周波フィルタを設け、必要に応じて系の一部に高周波利得抑制対策がほどこされる。

8. 応用例の紹介

図10は熱間可逆仕上圧延機主ロール用2,900 kW SCR 変換器であり、非対称逆並列接続および前述の力率改善制御方式が採用されている。キュービクルは保守点検に便利なトレイ構造となっており、1トレイには6アーム1並列分のスタックが6相グレッツ結線にまとめられている。トレイ前面にはネオンランプが取り付けられており各素子の動作状況を表示している。本装置はスカイアルミニウム株式会社深谷工場納熱間仕上圧延設備用であり、補機および励磁装置もすべてSCR方式である。このほか冷間可逆圧延設備として、主ロール用2,500 kW SCR 変換器、補機用SCR一式が同時に納入されている。表2は主要SCR変換器の仕様を示したものである。

表3は日立電線株式会社豊浦工場納銅線材ミル用SCR変換器の仕様である。粗圧延機は誘導電動機駆動であり、中間圧延機A群は半波制御の共通レオナード方式により250 kW 直流電動機2台を並列駆動しており、B群は同様3台を並列駆動している。仕上圧延機4スタンドは、それぞれ全波制御の個別レオナード方式により110 kW

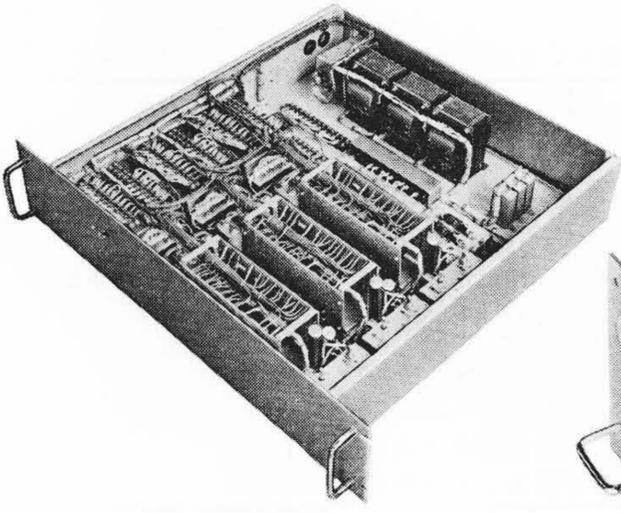


図12 自動パルス移相器

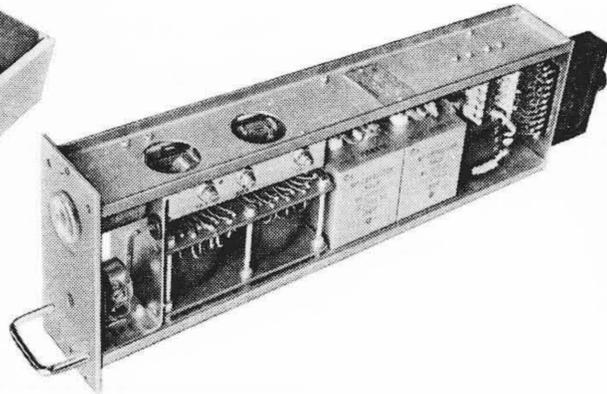


図14 信号絶縁混合増幅器

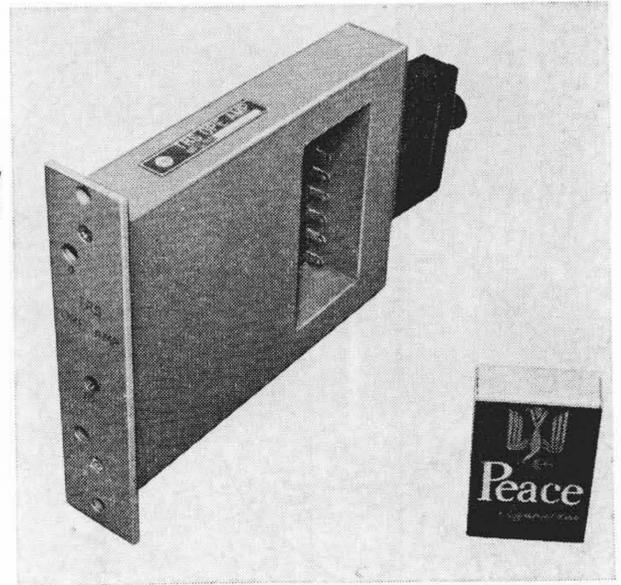


図13 トランジスター式演算増幅器

直流電動機4台で駆動されている。

表4は三井金属鉱業株式会社納冷間可逆圧延機用SCR変換器の仕様であり、主ローラーは界磁逆転方式、テンションリールは逆並列方式が採用されている。

これらの制御装置は図12~14に示すようにトレイ式またはプラグイン式となっており、部品の互換性、保守点検が考慮されている。

### 9. 結 言

以上、日立製作所における最近のSCR式静止レオナード装置の概

要につき説明した。これらSCRの応用技術は、素子の製造技術とともに西欧諸国の水準を凌駕するものであるが、今後ともなおいっそうの研鑽を積み、各位のご期待に添うよう努力する。終わりに臨み進んで最新の技術を採用され、国産技術の向上にご協力いただいたユーザー各位に衷心よりお礼申し上げる次第である。



## 特 許 の 紹 介



特許第468163号 (特公昭40-18661号)

落合正保

### 極 性 反 転 切 換 装 置

電気機器などにおいては、交流電気信号の極性をひん繁に反転させなければならないことがある。すなわちほかから与えられる電気信号の二つの状態たとえばスイッチが入っているとき、切れているとき、あるいは電圧が発生したとき、消滅したときなどに交流電気信号の極性を180度反転させなければならない。本発明は前記の極性反転切換装置に関するもので、図示のように入力側トランジスタ  $Tr_1$  のベースに入力信号を加え、このトランジスタ  $Tr_1$  のコレクタおよびエミッタを順方向および逆方向のダイオード  $D_1$   $D_2$  を介してそれぞれ出力側トランジスタ  $Tr_2$  のベース、エミッタに接続し、出力側トランジスタ  $Tr_2$  のベース電位を制御することによって、そのエミッタより入力と同相または逆相の出力を取出しうるようにしたものである。なお図示の  $R_{b1}$ 、 $R_{b2}$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  は抵抗、 $i_n$  は入力端子、 $Out$  は出力端子、 $Cont$  は制御端子、 $C$  はコンデンサを示している。  
(木口)

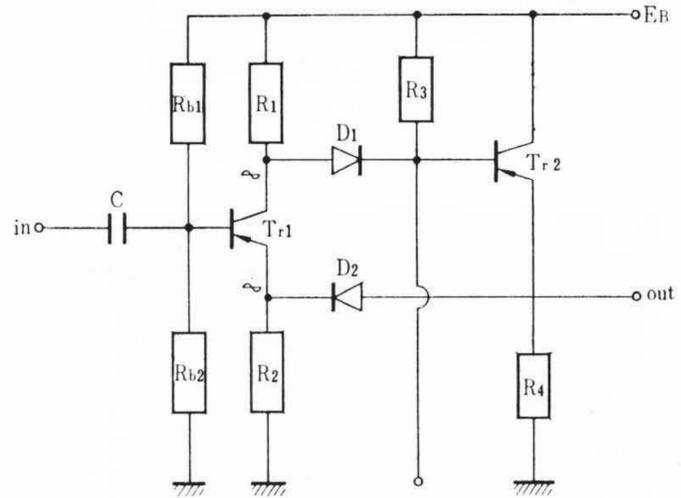


図 1