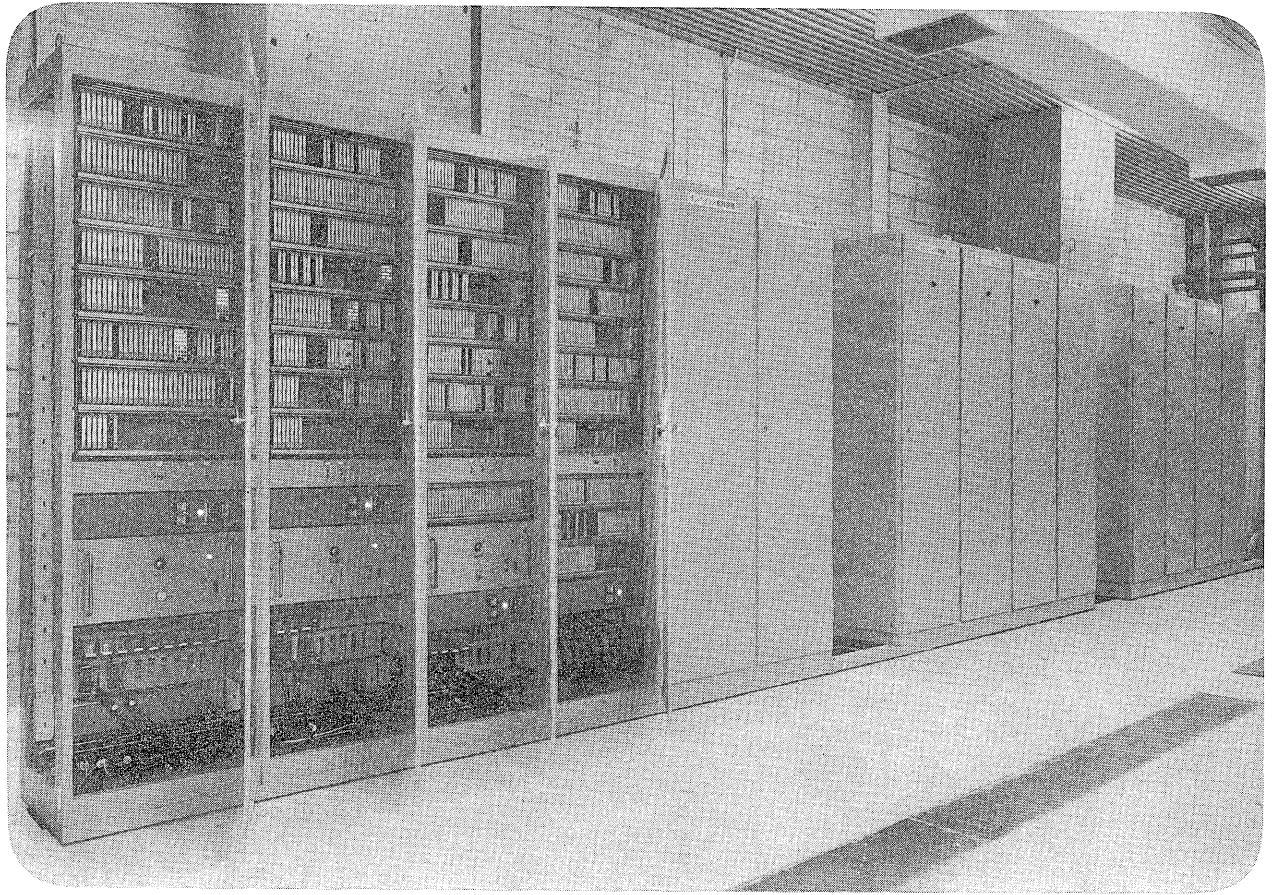




XX. 制 御 技 術

Control System Technique

45 年度も前年度に引続き産業界の旺盛な生産性の向上と合理化あるいは労働力不足に対処するための省力化無人化の要望を反映して、自動制御技術の飛躍的發展を遂げたが、その中心となるものは、

- 1) アナログ自動制御装置 (TRANSIDYN)
- 2) デジタル自動制御装置 (F-MATIC)

である。これらはそれぞれの特長を生かし、時には他のプロセス計装制御装置を必要に応じて加味し、協調のとれた大規模な制御装置として構成されたものが多数納入された。まさに大形自動制御装置は汎用期に入ったといえよう。

さらにこれらの自動制御装置に加えて

- 3) 集中的総合的なシステム自動制御装置としての計算機制御装置

が前述のアナログ、デジタル自動制御装置をローカル制御装置として駆使し、複雑なシステムの総合制御装置に普及化しつつあることも特筆される点である。

これら三つの階層の機能分担は制御性・経済性あるいは保守性の見地よりプラントごとに選択され、その境界は多分に流動的である。

一方この技術動向に対処するため当然のことながら、

- ・高信頼性システムの確立
- ・制御装置あるいはシステムの専用化および縮小化

に著しい成果が挙げられた。

大規模な集中遠方制御装置・機関室の無人化のための船用タービン主機の遠隔制御装置あるいはディーゼル発電機の自動特性試験装置などは省力化無人化のための制御装置の一片鱗にしかすぎず、今後ますますこの種の自動化装置が計算機を併用して今年度には急速に拡大されることは明らかである。

これらのエレクトロニクス装置は技術の進歩と量産化によりその部品コストの低減には目をみはるものがあるが、自動制御装置のシステム化は、組合せ利用技術の開発・計画設計、あるいは総合試験などのエンジニアリングコストの上昇をもたらしつつあって、この合理化が企業の重大テーマとなっている。この解決のためには多岐にわたる制御内容に順応できる制御装置の標準化と、さらにハードソフトの分離を行なったプログラム装置の実現化などによって解決を図りつつある。これによってさらに信頼性の高い制御システムの実現が期待される。

XX. 1 電力設備における制御技術

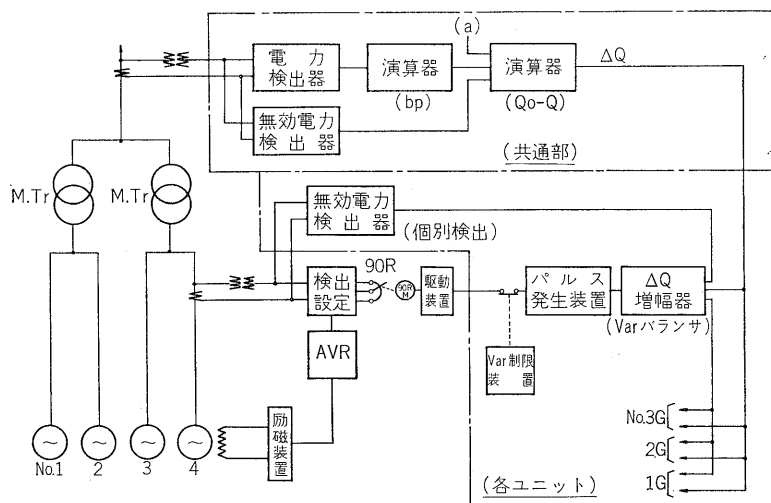
(Control technique for power equipment)

XX. 1-1 発電所用自動無効電力制御装置

最近、大容量火力発電所が負荷中心点付近に建設されるに伴い、遠隔地の水力発電所は系統全体のVQを監視し、送電損失を最小にするような自動無効電力(AQR)が要求されるようになった。第XX・1図は東京電力・水殿発電所納入のAQR概念図を示す。一般に発電機の無効電力Qは次式のように有効電力Pの二次関数で示される。

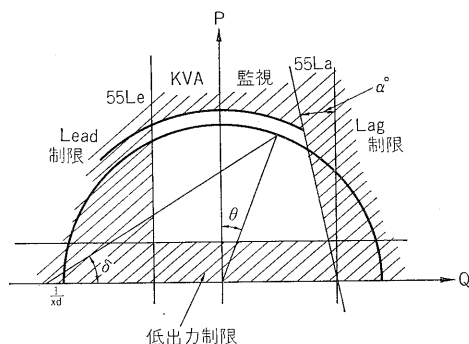
$$Q = a + bP + cP^2, \text{ ただし } a, b, c \text{ は定数。}$$

第XX・1図の共通部において、系統全体における偏差 ΔQ を算出し、この値を各ユニットに指令する。各ユニットにおいては、個別に無効電力を検出し、この二つの値をVar バランサに入れて演算し、各ユニットの偏差Varに相当する値だけ90Rを駆動する方式である。またAQRの監視、保護範囲は第XX・2図に示すようになっている。PQの値が斜線内に入った場合には、レベル検出器、継電器を用いて、これを検出し、系統の安



第 XX・1 図 AQR 概念図

Fig. XX.1. Conception of AQR



第 XX・2 図 AQR 監視保護範囲

Fig. XX.2. Protection area for AQR

定度、機器保護の点からAQR装置をロックするようになっている。また本装置を構成するについては、演算器パルス発生回路にはトランジスタイン調節器、F-MATIC素子、さらに電力、無効電力検出器にはFシリーズの変換器を用いて無接点化を図っている。

XX. 1-2 日本国有鉄道 高砂工場納入 車両用冷暖房発電機自動試験装置

工場省力化の一環として多数の試験者が長時間にわたって行なっていた車両用発電機の各種性能試験を一部の操作を除き運転、測定、記録を自動的に行なわせるもので、試験項目はAVR 単体(測定およびチェック)、無負荷飽和試験、負荷特性試験、負荷急変試験(以上自動測定、自動記録)、温度上昇試験、絶縁耐力試験(以上自動記録)などである。装置の構成は、EG制御盤、制御機、自動印字制御盤、タイプライタ制御機、タイプライタからなり、自動印字制御盤にはプログラム制御部、A/D変換部、タイプライタ制御部などが収納されプログラム制御部を除きF-MATICによって組まれている。プログラム制御部には回転スイッチを用い、1動作で1歩進の全行程120ステップの間に前記の試験と試験成績表を作るほかにディーゼルの始動、停止、負荷の入、切などのシーケンス制御装置も組み込まれている。

本装置に使用したパターンは、今後この種の自動試験装置に 응용が可能である。

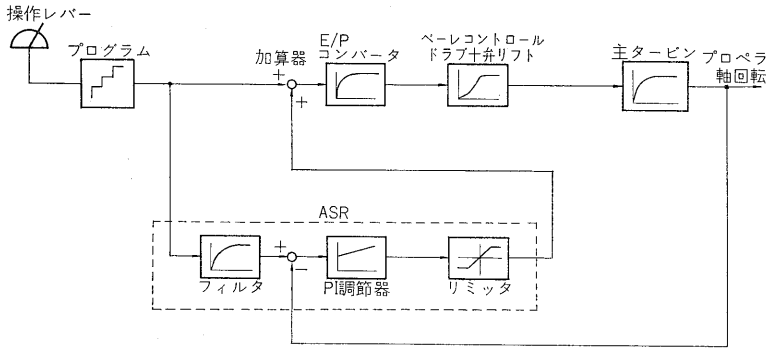
XX. 1-3 船用タービン遠隔操縦装置

本装置は大別すると

- (1) 開度弁制御方式
- (2) 開度弁制御+回転数制御(ASR付)方式

とに大別される。(1)については、タービン蒸気量をプログラム(F-MATIC素子採用)で制御するのみで、納入実績は、

44年2台、45年1台輸出向けタンカに積載しており、(2)については、三光汽船向けタンカに積載したが、ASR(トランジスタ採用)をプログラム設定に加算する時と、ASRを除外する際に多大なショックがタービンにかかり制御上好ましくない。このため、制御ループを電算機にて再検討し、第XX・3図ブロック図のようにASRの入力をプログラム出力から受け、その出力をプログラム出力に加算する方式が、もっとも安定したループを形成することとなり、ジャパンライン向けタンカに採用するとともに、この方式を当社の標準制御方式とし、その他の回路構成も既納装置の経験を生かして標準化を図った。今後は(1)または(2)の方式指定のみで製作が可能である。



第 XX・3 図 ブロックダイアグラム
Fig. XX・3. Block diagram

XX. 1-4 呉羽化学工業納入 電気油圧ガバナの完成

火力発電所のユニットの大容量化は依然として進み、それに呼応してタービン制御について、安全性の向上、自動起動などの要求が強まってきた。これを解決するために当社ではタービン用トランジスタ式電気ガバナの開発を完了し、この度 60 MW タービン用としての実用化に成功した。

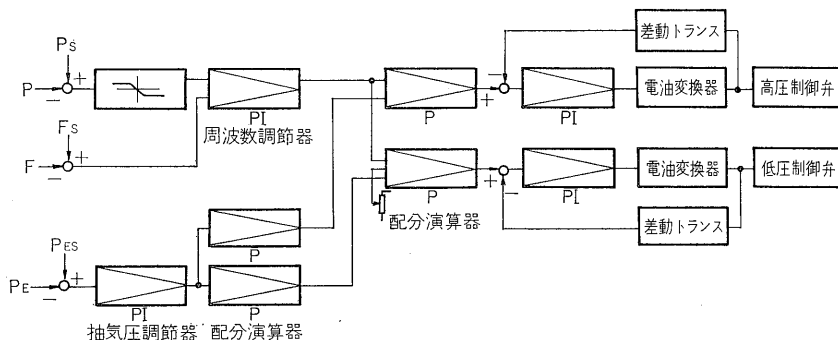
タービン定格：60MW 3,000rpm

ガバナ形式：電気油圧式（抽気圧制御含む）

増幅演算部：トランジダインB形

電気ガバナの特長は次のとおりである。

- 1) 積分特性を増幅部に持たせることにより、高性能でかつ正確な演算制御性能が得られる。
- 2) 出力制御（折線特性付）、抽気圧制御、周波数などを容易に組合わせることができる。
- 3) タービンの熱応力、ボイラの負荷変動制限などを加味した限定制御が容易である。
- 4) 折線付出力制御特性により、タービン出力をほとんど一定に制御させ得るし、したがってボイラ出力も一定に運転することができる。
- 5) 回転速度検出はデジタル形としているため、ターニング速度から電気ガバナにて遠方制御ができる。
- 6) 回転速度検出回路、抽気圧検出回路は二重化した。
- 7) 電気ガバナ用制御電源は所内およびタービン直結の PMG から与え、電源の安定性を向上させた。



第 XX・4 図 電気油圧式ガバナ
Fig. XX・4. Electro-hydraulic governor

第 XX・4 図に電気油圧式ガバナの概念図を示す。

XX. 1-5 東京電力向け VQ 制御装置

1) 北多摩変電所納入

275kV 西部幹線の無効潮流制御、66kV 母線電圧制御、バンク通過無効潮流制御を行なっている。275kV の無効潮流は母線に設けられている 1 台当たり 150 MVA の分路リアクトル 6 台を入切することによって制御し、66kV 母線電圧と

バンク通過無効潮流は変圧器 LRT を利用した変圧比変化と変圧器三次母線に接続されている 1 台 20 MVA の分路リアクトルの入切を行なって制御している。また 275kV 側の分路リアクトルをすべて投入しても無効電力が不足する場合は 66kV 機器により制御を付加するシステムとしたことが大きな特長である。

2) 新岩槻変電所納入

バンク二次 66kV の電圧制御とバンク通過無効潮流の制御を行なっている。分路リアクトルとコンデンサの双方を制御するため分路リアクトル全開の場合電力コンデンサ制御可能、およびコンデンサ全開の場合分路リアクトル制御可能のインタロックをとっている。また機器の耐用年数を増すため等ひん度回路を設けて機器の使用回数を平均化している。

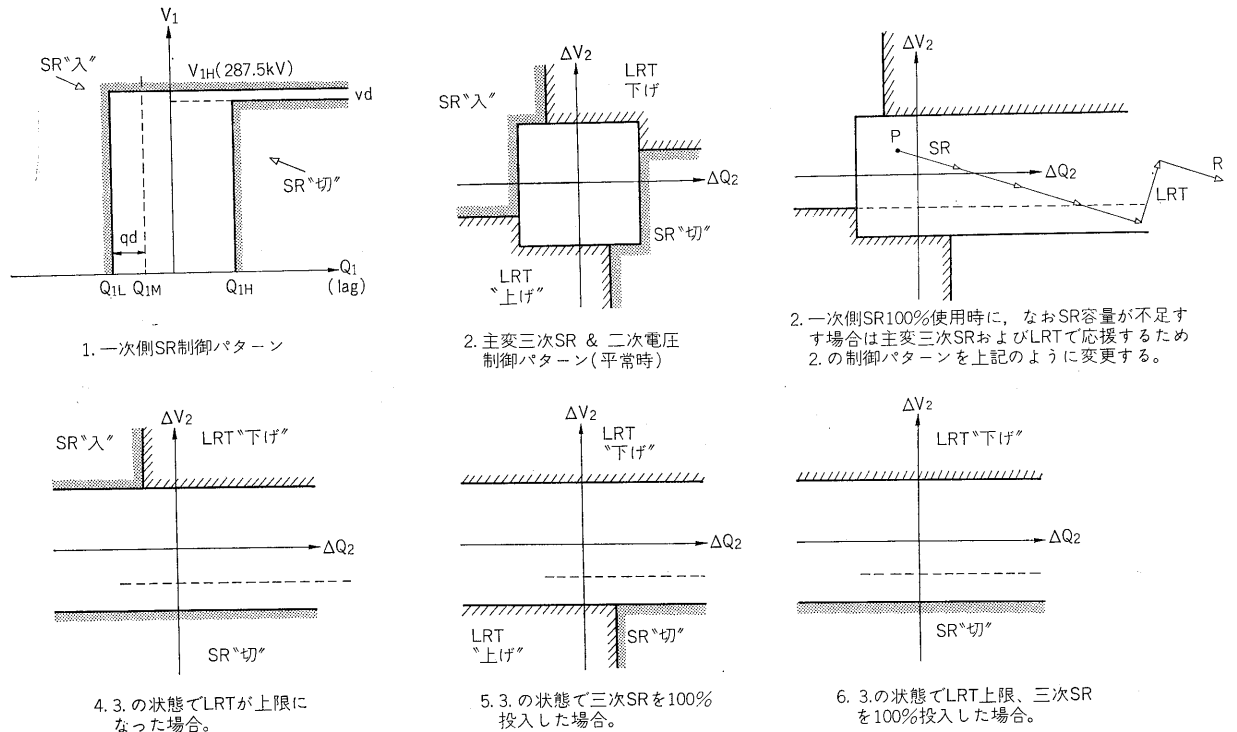
XX. 1-6 遠隔測定と遠隔監視制御装置

設備の合理化、省力化、自動化の要請は公害防止対策とならんで一段と強くなり、遠隔測定装置、遠隔監視制御装置の需要は急増し、設計、製造面での合理化、省力化が昨年の大きな課題であった。

遠隔測定装置としては、相変わらず直流直送式が量的には多く、自動制御、計算制御の普及と呼応して当社独特の F シリーズ変換器が大量に納入された。従来のアナログ式は設備の集中制御化、企業の総合自動化の傾向にしたがって情報量の増大と、情報の高速伝送が必要となり次第に高速、大容量形のデジタル式に移行しつ

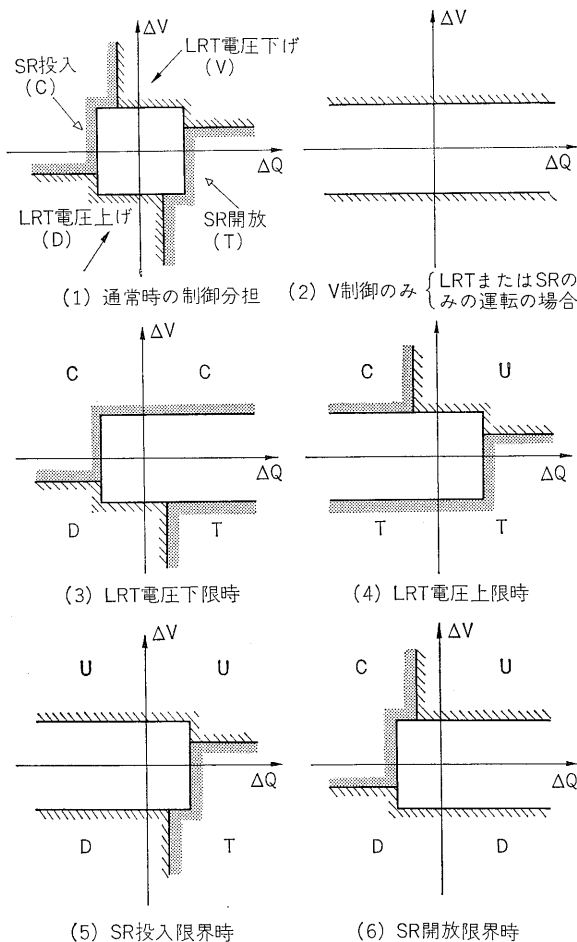
つある。この中において電電公社の専用通信サービス業務の拡大とこれの有効利用の面から、特殊な直流電圧一周波数変換器が開発され、新しい需要を開拓した。今後の需要の伸びが期待されている。

高速大容量形のデジタル形は電気学会技術報告 I 部第 91 号「サイクリックデジタル情報伝送装置仕様基準」にしたがって標準化され、単なる遠隔測定装置と



第 XX・5 図 北多摩変電所一次側 SR 制御と主変三次 SR & LR 制御との協調

Fig. XX.5. Control pattern for Kitatama Substation, Tokyo Electric Co., Inc.



第 XX・6 図 66kV 制御パターン

Fig. XX.6. 66 kV control pattern

してだけではなく、プロセス用として必要な緩急自在の情報伝送装置として広く採用され始めた。

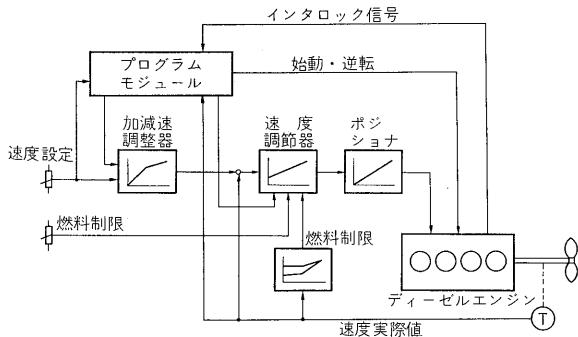
遠隔監視制御装置としては、電気協同研究第 25 巻第 3 号、第 26 巻第 2 号「発電所遠方監視制御 (I) (II)」にしたがった TC-100URD 形およびコストダウン形の TC-60URD 形の標準化を 終り、シーケンスの標準化と相まって高信頼性の装置を短期間に納入することが可能になった。一方大規模な設備の無人化や集中制御化の要請にしたがって、電気学会技術報告 I 部第 91 号の仕様基準に準拠した遠隔監視制御装置が電源開発を初めとして納入された。

また集中形の一例として既設 TC-100UR 形遠隔監視制御装置を有効に利用し、コンピュータ FACOM R でこれらを集中管理しグラフィックディスプレイ、操作記録、事故記録、日報作成、月報作成、制御変電所の自動復旧、必要データの他所への伝送などを実施する装置が中部電力に納入された。グラフィックディスプレイとして新たに一般に市販されているカラーテレビ受像機を利用する安価な装置を開発し、一般プロセス用の表示装置として各方面から多数の引合いが寄せられており、今後の簡単な計算制御や、シーケンス制御装置の最適表示装置として期待されている。

XX. 2 電動力設備における制御技術 (Control technique for motor application)

XX. 2-1 ディーゼルリモコン装置

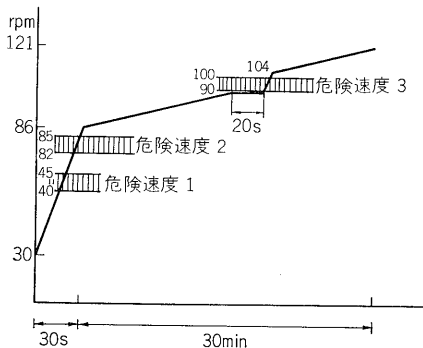
川崎重工業経由で川崎汽船にディーゼル主機遠隔操縦装置一式を納入した。本設備の系統図は第 XX・7 図に示すようになっており、制御装置は最終段のアクチュエータ部分を除いてすべて純電氣的になっている。すなわち加減速調整器、速度調整器にはトランジダイナシステムのユニットアンプを使用し、加減速調整器、プログラム回路には F-MATIC を使用し、その他継電器類もプリント板にのせて、すべてプリント板形態で収納されている。



第 XX・7 図 系統図

Fig. XX.7. Systematic diagram

特に加減速調整器はこのようにデジタル方式を採用しているので、従来から多用されているアナログ形積分器で構成する場合に比べて、第 XX・8 図に示すようなプログラムの設定、およびその変更が容易でかつ安定な特性を持っている。



第 XX・8 図 特性図

Fig. XX.8. Characteristic diagram

一方制御方式は電動油圧式ポジショナにより、主機の燃料調整軸を直接制御し、この場合主機の回転速度をフィードバックすることにより速度一定の制御を行っており、いわゆる電気ガバナとなっている。その他各速度に応じた最適の燃料を与えるための燃料制限回路、または始動、逆転時に必要な各インタロックなどが設けられている。

XX. 2-2 フルオートメプレス制御装置

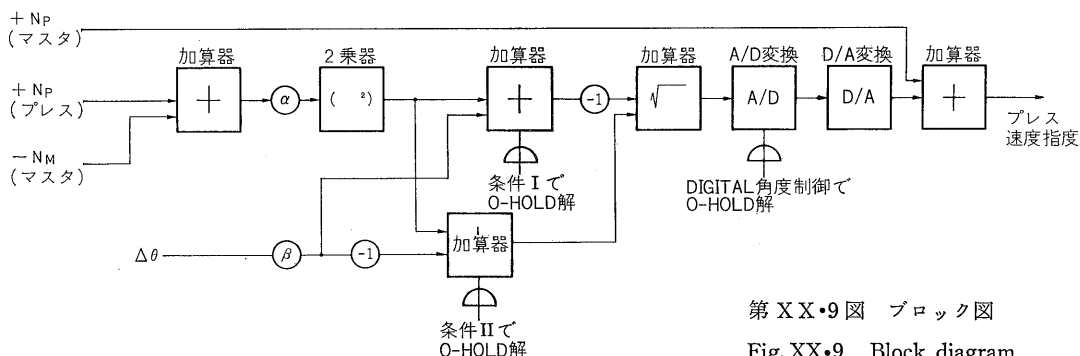
小松製作所向けフルオートメプレス用制御装置一式を製作納入した。

一般に自動車ボデー部品の成形には 5～6 工程を必要とし、したがってプレスも 5～6 台を一組としたラインにより構成されている。これらプレス 1 台に対しプレス操作および材料の出し入れのために 4～5 名の作業員が必要であった。しかし今回納入したプレスライン設備は各プレスを全連動運転したので作業員は、ラインの操作のみ行なえばよいのである。

現在まで種々フルオートメプレスラインの試みが行なわれ、セミオート程度の物はいろいろ発表されている。その困難の第一は各プレスおよびそれらをつなぐフィーダの同期運転にある。特にプレスにおいては、その仕事の関係よりフライホイールを持つため大きな慣性負荷となり、一般には電動機軸換算で電動機の 40 倍にもなる。

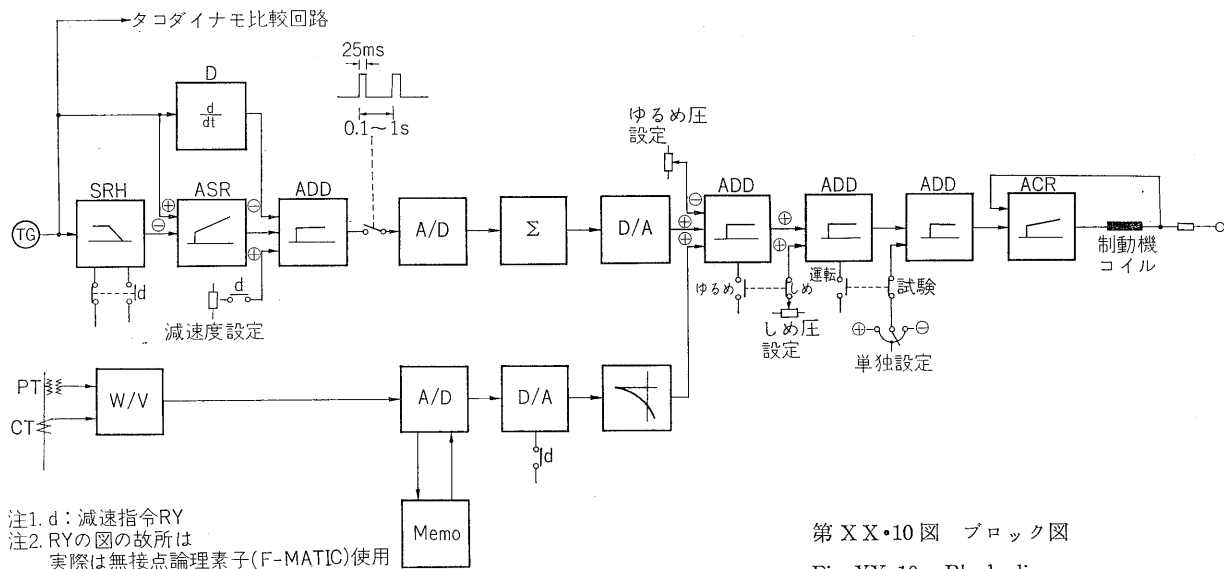
今回納入した制御方式は、各プレスのサイクルをラインと同期させるためマスタを置き、そのマスタと各プレスとの同期差を常に検出してその差をある値以内に制御することになる。角度制御においては、従来のアナログ制御の欠点であった角度の回復性能を向上するため、デジタルの予測値制御を採用している。この方式は、第 XX・9 図に示すような方式で、電動機の最大トルク、負荷の慣性などが既知であるゆえ、任意の時刻における速度差、角度差を検出して、速度および位相を回復させるに最適な速度パターンを発生させるようになっている。

制御装置の構成としては 6 台分のプレス駆動用の直流電動機を当社標準のアナログ制御システム、すなわちサイリスタおよびトランジダイナにより制御している。この 6 台のプレスの同期制御（予測値制御）、および順次始動停止のシーケンス回路はデジタルシステム、すな



第 XX・9 図 ブロック図

Fig. XX.9. Block diagram



第 XX・10 図 ブロック図

Fig. XX・10. Block diagram

わちF-MATICを使用している。

XX. 2-3 長距離コンベアブレーキ制御

日鉄鉱業・鳥形山に下りこう配長距離コンベア制御装置一式を納入した。コンベア設備自体は8本、全長23kmにおよび毎時1,600tの輸送能力を持つもので、中央制御室からテレコンにてワンマンコントロールされる設備である。

しかしその制御装置の中でもっとも特色のあるのはブレーキ制御である。すなわちコンベアが長距離に及ぶため、その一部は下りこう配を持つ所があるが、下りこう配コンベアにおいては電動機は常時再生制動を行なっているため停電時の制動は容易ではない。

このブレーキとして圧気制動機を採用している。これは当社が鉱山において圧倒的独占力を持っている立坑巻上機に標準的に装備しているもので、その特色は電気制御と圧気制御という異質の二重化システムを取り、停電など電気的故障に対して安全が考慮されている点である。圧気制動機は電空変換弁を持ち電気的な制御信号によりその制動力が変化し得ようになっている。

電気的制御方式は第XX・10図に示すような系統になっており、基本的にはコンベア運転中に負荷計測を行ない制動時に最適な制動トルクを発生せしめるようになっている。さらにコンベアの所要減速度を規定値に定める減速度制御と速度制御を行ない、一方制動機の機械的動作にヒステリシス、ガタなどが含まれる場合も考慮してサンプリング回路およびホールド回路を有している。

一方制御機器としてはアナログ調節器およびアナログスイッチなどトランジスタシステムのユニットアンプで構成され、一方デジタル回路、シーケンス回路、監視回路などはF-MATICからなり全電子的制御となっている。

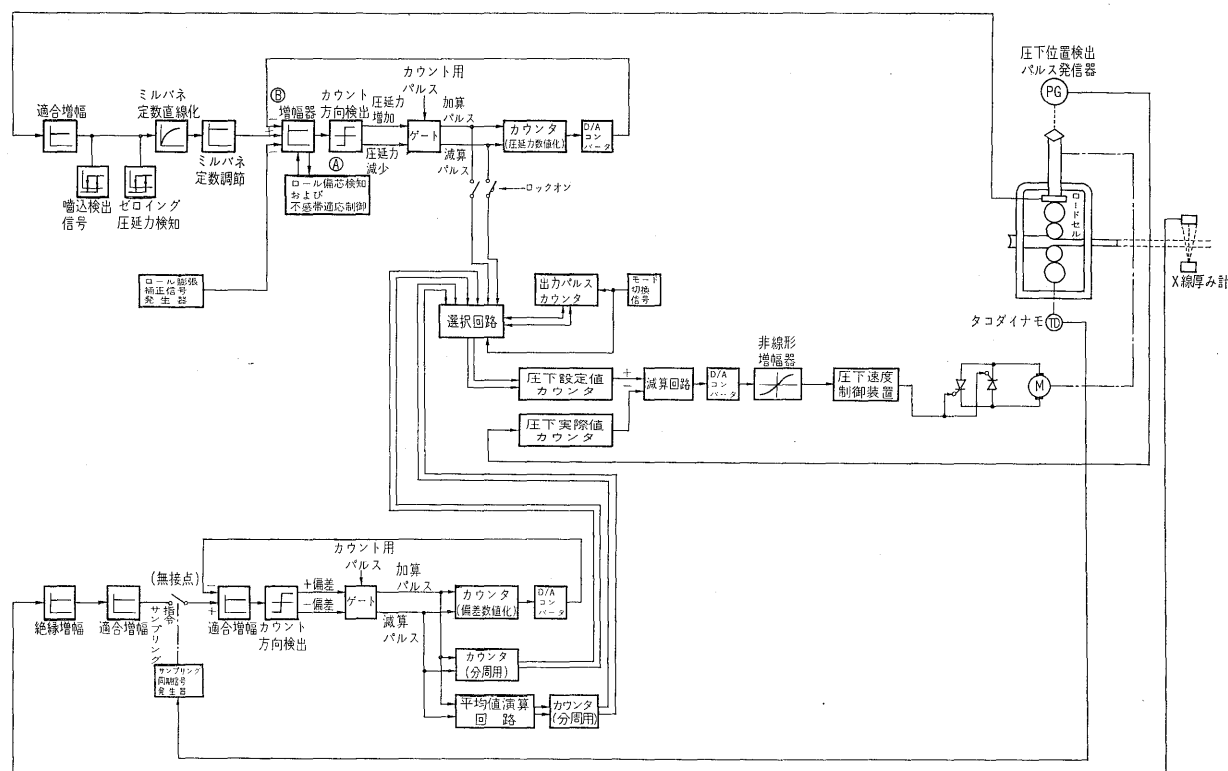
XX. 2-4 熱間帯鋼連続仕上圧延機の自動板厚制御装置 (AGC)

昨年の1号において方式の概要を説明したが、最新のものについては過去の経験に基づき次の点に改良を加え良好な結果を得ている。

すなわち従来のものはロール偏芯により発生する圧延圧力変動は、板厚制御に不具合な圧下動作を発生するので、ゼロイング中に圧力変動の peak to peak を測定しこの幅に関連したある一定圧延圧力変動に対しては板厚制御は行なわれないように一定不感帯を設けていた。しかし実際にロール偏芯を観測してみると圧力変動の幅は一定にとどまる場合だけとは限らず、比較的長い周期で変動することがある。これは圧延に関連するすべてのロールが各個にある偏芯を持っている時には、ロールの回転にしたがい全体の変動としてはビートを生ずるからであると考えられる。

よって最新のものにおいてはAGCの作動中にたえず圧延力の微小変動を測定し、この周期が比較的早いものに対してはこれをロール偏芯によるものと判断して不感帯幅をオンラインで調整するような適応制御方式をとった(特許出願中)。この方式の採用により、従来のものはロール組替終了後にゼロイングに引続いて10秒～20秒間ロール偏芯をAGC装置に記憶させる時間が必要であったのが不要となり、ロール組替に伴う待ち時間を減少させている。

仕上圧延機のアナログ制御は従来同様、制御装置の最適調整により限界的な速応性を得て、スクリュウダウンおよびルーパとも良好な作動を見ているが、特に今回は板の張力の設定は各スタンドごとに設定するのではなく、簡素化された設定量から適当な演算回路により各スタンドに設定張力を与えるような方式が採られている(特許出願中)。



第 XX・11 図 AGC動作説明図

Fig. XX.11. Block diagram of automatic gauge control system

AGC部分の動作説明図を第XX・11図に示す。動作の大略は昨年の1号に発表しているので省略するが、ロール偏芯の不感帯適応制御は図中④印で示された部分で行なわれている。すなわち圧延圧力をA/D変換する際に、最前段に図中の③印の増幅器があるがここに入ってくる圧延力変動の量、方向変化、時間などを勘案してそれが偏芯であると判断された時は③印の増幅器の増幅度を低下せしめる。この増幅器の増幅度と、増幅器に後続するカウント方向検出のためのコンパレータの動作レベルによって、圧延力をA/D変換する際の感度が決まるわけであるから、増幅器の増幅度を低下させれば感度が低下するが、これはA/D変換器としての不感帯が広がったことになる。偏芯による圧延力変動値に適応して増幅器の増幅度を変更して常に最適な不感帯が設定できるようになっている。

XX. 2-3 大容量可逆圧延機の直流電動機制御方式

従来ツインドライブの場合は上下各電動機は、十字結線または逆並列結線による可逆のサイリスタ電源を用いて給電されている。これは一般にはツインドライブの場合、上下各電動機は速応性をもち、かつ正確に速度制御される必要があるからである。しかし設備費の軽減、制御装置の縮小化を考えれば当然電機子のサイリスタは一方方向、1組として必要に応じて自動的に界磁電流を反転させる、いわゆる界磁反転方式が有効である。

従来界磁反転方式は、

- 1) 界磁電流の反転は直流電動機の整流上の問題から反転に要する時間には最少の限界があり、無闇には早くできない。
- 2) 界磁電流が反転する間は、たとえ電機子電流を流しても充分なトルクが発生しないから、速度制御などとはとにかくある程度の休止状態となる。
- 3) ツインドライブのおおのこの電動機は通常各個に速度制御されるが、これに界磁反転を採用すると、上下の多少のアンバランスなどにより、片方のみが界磁反転を生じ、上下のアンバランスの拡大を生じる。という理由によりツインドライブへの適用は困難視されていたが、当社は一部圧延機に対してはその適用を試み、すでに営業運転を行なっている。

界磁反転制御方式をツインドライブに使用する場合は2組の装置を使用して同一の速度指令にて運転することになるがこの場合良好な圧延を行なうためには、

- 1) 当然のことながら界磁の反転に要する時間は、電動機が許容できる限り早くして制御の休止状態の短縮を図る。
- 2) 場合によっては界磁反転の際、界磁電流が零を通過した瞬間から界磁電流の値に関連して制限された量の電機子電流を許容して、制御の休止状態の短縮を図る。
- 3) 場合によっては各制御装置に特殊な操作を加えて上下制御装置間に大きなアンバランスを生ぜしめないようにするなどの考慮をしている(特許出願中)。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。