

最近の受変電設備用監視制御装置

Recent Supervisory Control Equipments for User's Substations

豊田武二* *Takeji Toyoda*
 菅家辰紀* *Tatsunori Kanke*
 保田 勲* *Isao Yasuda*

近年、各分野で高まっている大容量化、省エネルギー化、省力化などの各種の要請が受変電設備にも表われ、これに対応するために、監視制御装置には従来の産業用配電盤技術の延長を脱した新たな技術が採用されるようになってきている。

本稿は、これら最近の監視制御装置のあり方を中央監視盤、電子計算機システム、遠方監視制御装置などについて述べ、更に、これらの技術を適用することによって得られる経済性、省力化及び信頼性の向上などの内容に触れ説明する。

1 緒 言

最近の受変電設備は設備容量の増大とともに、省エネルギー、省力化、高信頼度化、設備の多様化などの要請が高まり、これらに適合した新しい監視制御方式が望まれるようになってきた。これに応じた、機能ごとの個別の制御装置による自動化から、制御用電子計算機を適用して、プロセス カラーディスプレイ(以下、CRTという)による監視操作性の大幅な向上や、総合的な自動化などを実現するシステムまで、それぞれの設備に対応した監視制御方式が採られるようになった。また、設備の広域化に伴って多く採用されている遠方監視制御装置も、集積回路(IC)化が進み、自動化のための制御用電子計算機との結合も容易なものになっている。

以下、これら最近の監視制御装置について説明する。

2 監視制御の概要

従来の監視盤はいわゆる配電盤の一種と考えられ、主回路機器に対する単なる遠隔制御装置という概念が強かった。設備の規模が大きくなり被制御機器の増加及び制御内容の高密度化、複雑化に伴い、これらに対応する監視制御装置を、単に量的に拡大することだけでは限界が生じ、質的に向上することが必要となっている。すなわち、最近発達の著しいエレ

クトロニクスを応用した各種の制御装置を用いて、省エネルギー、システム信頼度の向上、省力化、監視効率の向上及び工事の容易化を図るもので、それぞれの内容について表1に示す。

3 構 成

最近の監視制御は、監視室に中央監視盤を中心として、これに各種の自動化を行なうための電子計算機を付加し、広域にわたる受変電設備との間をリモートステーションで接続するシステム構成をとることが一般的になっている。更に、受変電設備が遠方にある場合、多数の信号を直接ケーブルで引き込むことができない場合には、遠方監視制御装置が用いられる。図1にこのような監視制御システムの構成を示す。次に、これらの構成の要点について説明する。

3.1 中央監視盤

中央監視には、グラフィック盤、模擬系統盤を用いて、しゃ断器・断路器の遠方操作、状態監視及び系統運転状態の監視を行なう。CRTを設けた電子計算機システムと併用する場合は、中央監視用グラフィック盤は、一種のバックアップ装置とみなし取り付けられる表示器、計器類を、必要最小限のものとして盤を縮小形にする。被制御機器の多い場合は、盤の縮小化は非常に重要なことであり、電子計算機を利用するほかに図2に示すように写真製版製のエッチング式グラフィックを用いている。制御方式には選択制御方式を用い、制御回路には小形リレーやワイヤスプリングリレーを用いて小勢力化して制御機器の小形化を図っている。

また負荷側と電子計算機側とのインタフェースを統一し、盤の縮小化を図っている。

3.2 電子計算機システム

監視制御の自動化を効果的に行なうために、電子計算機を適用するケースが多くなっているが、次に電子計算機に関して考慮すべき点を述べる。

(1) 基本構成

受変電設備という対象設備は、その性質上信頼性が強く要求されるので、制御用電子計算機を中心としたシステム構成にし、更に必要に応じて二重系の採用を検討すべきである。

電子計算機の規模としては、日報、故障記録などの記録業務だけを対象とする場合はコアメモリ16K語程度で十分であるが、高度な自動制御を行ったり、CRTによって系統図

表1 制御の内容 制御のニーズとその内容、手段についての特長が分かる。

制御の目的	制御の内容	手 段
省エネルギー	電力の質、効率の向上	1. 無効電力制御 2. 負荷時電圧制御 3. 需要電力制御
供給信頼度の向上	非常時の自動化	1. 電源自動切換 2. 自家用発電機自動始動 3. 選択しゃ断
省力化	日常業務の自動化	1. 自動運転 2. 自動記録 3. データの上・下限監視
監視効率の向上	総合制御	1. ワンマン制御化 2. CRTの採用 3. 電子計算機制御
工事の容易化	ケーブル工事の容易化	1. 遠方制御方式の近代化

* 日立製作所大みか工場

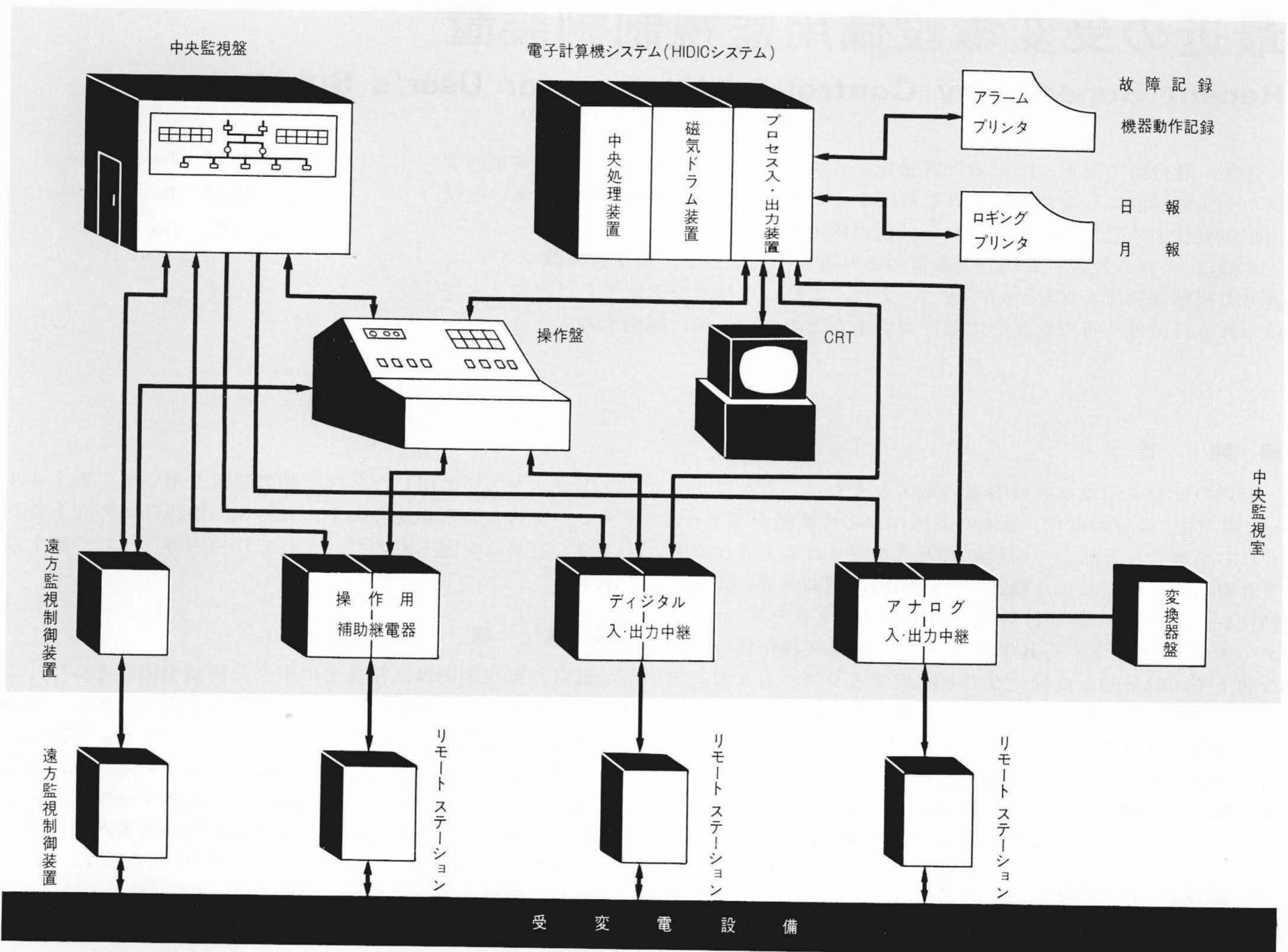


図1 制御システムの構成 電子計算機システムと中央監視盤、補助リレー盤及びリモートステーションの組み合わせによりシステムの省力化を図っている。

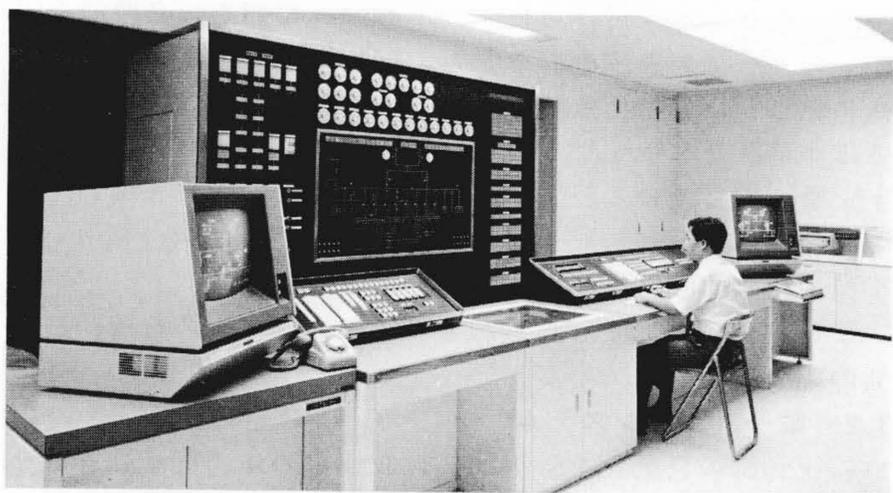


図2 グラフィック監視盤 電子計算機制御によるビル用監視盤で、プロセスカラーディスプレイ(CRT)の採用により人間対機械のコミュニケーションの向上を図っている。

の表示を行なわせるような場合は、補助メモリとして磁気ドラムを付加する必要がある。近年、これらのメモリの価格は、急速に低下しているため、システムの柔軟性、保守性の向上の面から、十分な余裕をもったものにするのが得策である。

(2) プロセス入・出力装置

電流、電圧などのアナログ信号を取り込むアナログ入力、電力量パルス、機器の状態などを取り込むデジタル入力、

自動制御信号を出力するデジタル出力回路などを必要な点数だけ用意することになるが、これらの点数が、1,000点以上にもなるような大きな設備に対しては、信号線を母線形式にして、点数を減少することによってプロセス入・出力装置の縮小だけでなく、変換器、ケーブルなどの削減に大きな効果を挙げることができる。

(3) タイプライタ

定時に印字する日報・月報用と、故障発生あるいは機器が動作するつど印字するいわゆるアラーム記録用とに分けて用意する。タイプライタは機構部をもつ装置なので、システムの信頼性の面から弱点になりがちであり、切替バックアップ、予備機の準備などについて十分な検討が必要である。

(4) CRT

CRTを採用して十分な効果を発揮するためには、次のような装置にすることが望ましい。

- (a) 系統構成などをカラーで表示できること。
- (b) 文字表示だけでなく、しゃ断器、変圧器などの機器に対する各種のシンボルが容易に表示できるよう特殊記号の表示機能をもつこと。
- (c) 各機器の表示をその状況に応じてフリッカさせることができること。
- (d) 通常の場合は横40文字、縦16行、合計640字程度の画面で十分であるが、系統構成が複雑な場合は、3,200文字

程度の表示能力をもったものを採用すること。

図2に一部示したように、制御用電子計算機への入力信号は、同一室内にある監視制御盤から入力できる場合が多い。しかし、制御対象機器と電子計算機とが離れている場合もある。このときは、遠方監視制御装置を用いて必要な信号を伝送してくればよい。次にこの点について述べる。

3.3 遠方監視制御装置

一般産業のうちで電鉄、金属など、その使用電力量が多い業種においては、従来より自家用受変電システムが運営され、更に合理化・省力化の観点から遠方監視制御装置が多数使用されつつある。

このような受変電設備にあっては、電力事業用に比べ、その使用目的が業種ごとに比較的限定されているため、遠方監視制御装置に対するニーズ及びその適用形態にも特異性がある。すなわち、電力会社用はその発展形態として配電用変電所から電圧上級方向に遠方制御化が行なわれているのに対して、一般産業用は、需給用の中心となる受電用変電所から電圧下級方向に遠方制御化が進んでいる。従って、その監視制御対象項目も前者に比べて小容量なものが一般的である。また、その遠方制御の目的が環境の悪さから無人化に切り換えるなどの理由で空調設備がない場所が多く、且つ受変電システムが小規模なるがゆえに設置スペースも制限されることが多い。

この市場動向に対応して、ICを効果的に採用した小形、且つ高信頼度なデジタル伝送式遠方監視制御装置〔スーパーロール(SUPERROL:以下、SPRと略す)]シリーズを開発、製品化してこのニーズに応じている。

本装置⁽¹⁾の基本仕様は、電気協同研究会の報告⁽²⁾⁽³⁾及び日本電機工業会規格(JEM)⁽⁴⁾に準拠しており、回路構成が単純でしかも常時正常動作の確認がとれるサイクリック方式を採用している。次にSPRシリーズの主な特長について述べる。

(1) 高信頼性

定マーク、パリティ及び反転2連送を併用した符号検定方式を採用している。また、IC採用により、装置を小形化し、且つ部品数、接続点を少なくして高信頼性を実現している。

表2 スーパーロール(SPR)140Cと同340Cの仕様 SPRシリーズの中で、140Cと340Cの適用、容量などが分かる。

機種	SPR 140C	SPR 340C	
適用	小容量	中容量	
対向方式	1:1テレコントロール テレメータ	1:1テレコントロール テレメータ	
容量	オンオフ制御	100	
	設定値制御	—	4量(1量は3けた)
	調整制御	—	9
量	状態表示	120	200
	計測	8	48
伝送速度	200ボー, 600ボー, 1,200ボー	200ボー, 600ボー, 1,200ボー	

注：調整制御は、連続開又は閉の制御指令を意味している。

(2) 豊富な機能をもつ。

- (a) 制御：オンオフ制御、調整制御及び設定値制御
- (b) 表示：状態表示・計測表示機能のほかに、緊急情報を高速に送るための複数表示言語と同期信号で構成される1回分の伝送量(フレーム)の短縮(状態変化時には、フレームを短縮して指定した言語数とサイクル数だけ送る)やスーパーコミュテーション(1サイクル中に同一量を複数回伝送して、サンプリング周期を短くする)機能がある。
- (c) 電子計算機など自動化機器との結合が容易。

(3) 基本部と付加機能が標準モジュール化されているため、用途に応じた最適な機能、容量の経済的なシステムを構成することができる。

(4) 豊富なファミリー構成となっているので、用途に応じて最適な機種を選べる。

以下、一般産業用に最も多く採用されているSPR140CとSPR340Cの仕様を表2に、SPR340Cの構成を図3に示す。

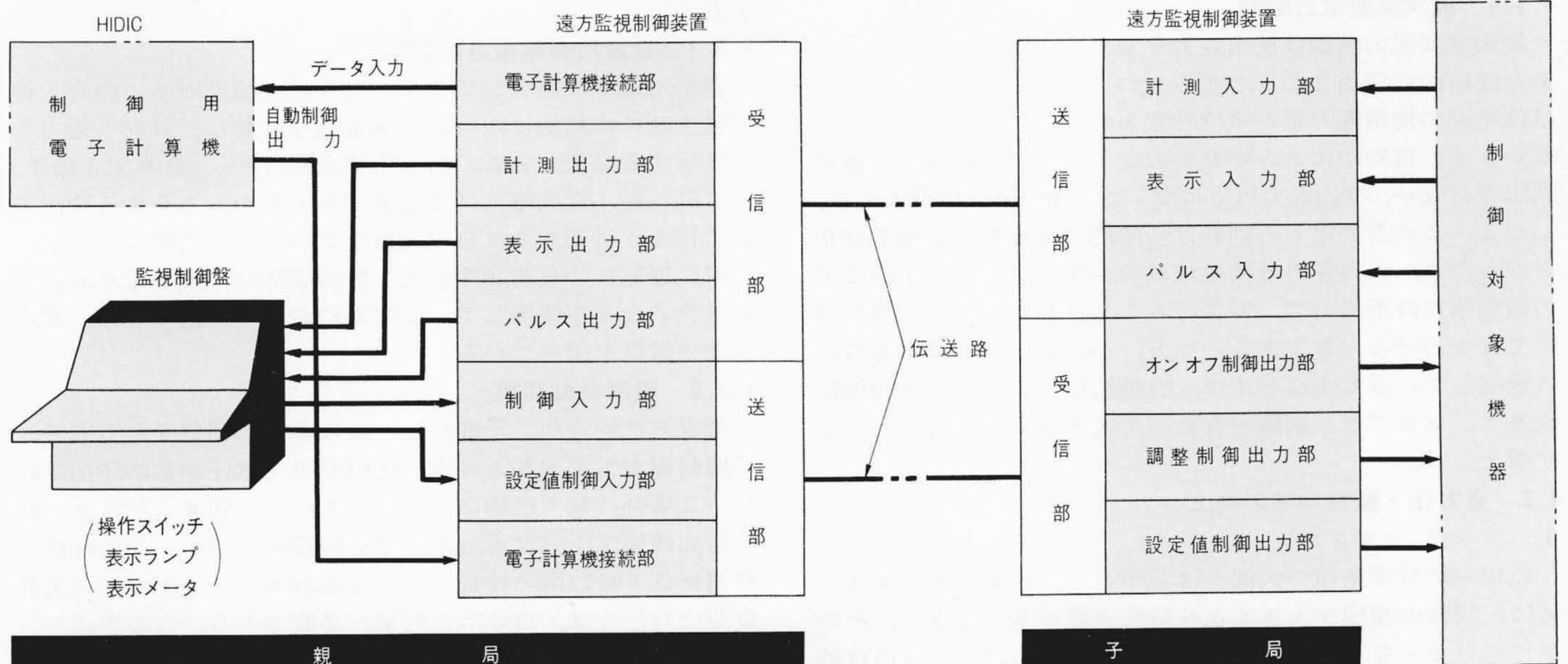


図3 スーパーロール(SPR)340Cの構成 制御対象機器(子局)と監視部(親局)との遠方制御システムの規模の一例である。

4 最近の制御機能

ここでは、3.までに述べたシステムで処理される制御機能について、その代表的な機能に従い説明する。

4.1 経済運転⁽⁵⁾

4.1.1 制御項目

経済運転のための制御は電力の質の向上に関するもので、電圧(V)、電流(I)、電力(P)、無効電力(Q)及び周波数(f)を最適な状態で運転することにより、効率を上げ経済的にしようとするものである。しかし一般の需要家にとっては、周波数については電力供給業者にゆだねざるを得ないので、監視は行なうが制御は行なわない。従って、経済運動に関する制御は負荷時電圧の制御、無効電力制御及び最大需要電力制御が挙げられる。

4.1.2 電圧制御

電力会社の送配電系統で行なわれる電圧制御は、系統の無効電力を調整するため負荷時電圧制御を行なうが、一般の需要家では常に変圧器二次の負荷に対する供給電圧を一定にして、負荷の運転効率を高めようとするものである。構内が広くなり、変圧器二次から負荷までのケーブルが長い場合は、電圧調整継電器に対し線路電圧降下補償を考慮する必要がある。

4.1.3 無効電力制御

需要家で使用する負荷は誘導負荷が多く、一般に負荷電流は遅れ力率である。負荷に並列に進相用コンデンサを接続し、合成力率を改善することにより線路の損失が減少し、電圧降下が改善され、同一設備容量で負荷の増加が可能となる。また、電力会社の力率割引により電力料金の節減ができるため、一般の需要家ではほとんど進相用コンデンサを設けている。力率改善の制御方式としては、無効電力検出方式を用いる。一般の需要家では構内の広さが限られており、そのためケーブル長さも比較的短く、制御の主目的が力率改善による電力料金の低減であるため、各負荷ごとに力率を改善することは設備上不経済で、変圧器バンク単位に集中設置させる方式を用いる。無効電力検出装置により遅れ進みの無効電力を検出し、最適容量の進相コンデンサの投入、引出しを行なう。最近、コンデンサのバンク数の決定は、従来のリレー式から電子計算機で行なう方式となってきた。

4.1.4 最大需要電力制御

最大需要電力制御は使用電力を常に契約電力以下とし、設備を経済的に使用しようとするものである。制御の方法は、単位時間の使用電力量が単位時間当たりの契約電力を超過しないよう、自動的にあらかじめ設定された負荷に対して負荷制限を行ない、契約電力以下になった場合は逆に再投入する。しかし、この需要電力の制御は一時的に運転中の負荷を停止させるため、大容量の重要連続負荷の集中している工場などの需要家には不相当で、警報のみとし手動によって人間の判断で行なわせるべきである。一方、小容量負荷が多数あり分散設置しているビルなどでは、自動的な最大需要電力制御は最適で、プログラム制御を含むので電子計算機で行なうことが望ましい。

4.2 省力化・監視効率の向上

(1) データロギング

監視室の日常業務の大部分は定時ごとの日報作成である。特に、設備の規模が大きくなり対象点数が多くなると、その業務量は多くなり運転員の負担が大きくなるので、その自動化が望まれる。また、設備に異常が生じたときには、監視盤の表示だけでは正しい判断が困難な場合が起こってくるので、

異常内容を正確に記録する必要がある。このため、一般的に電子計算機による自動化の対象として、次の二つの記録業務が第一に取り上げられ、これだけでも十分な効果を挙げることができる。

(a) 日報作成

毎正時に電力量、電流、電圧などを記録するものであり、更に、24時間合計、平均値などを集計する。また、月合計値の集計なども行なうことができる。

(b) アラーム記録

短絡、地絡などの事故の記録及び機器の動作をそのつど時刻と合わせて記録する。また、事故は赤字で、運転員の操作は黒字で印字することにより記録内容の判別を容易にすることができる。

(2) スケジュール制御

負荷が毎日一定の時間にかかる電気系統や、冷凍機などの操作を自動化することは省力化とともに、むだな運転を切りつめることができるので、経済性の向上にも寄与できる。電子計算機には、平日・休日別、更に、季節別のスケジュールを記憶させ、毎日該当スケジュールを自動的に選択して操作する。

(3) CRT表示

人間対機械のコミュニケーションを良くするために、従来からグラフィック盤など、種々のくふうが行なわれているが、CRTの採用によりこれを飛躍的に向上させることができる。CRTによって期待できる効果は次のようなものである。

(a) そのときに応じて、必要な情報を集約し表示できるので、状況判断が容易になる。

(b) 監視盤には設備の主要部分のみを表示し、残りの部分を随時CRTで表示するようにして、監視盤の盤面を縮小する。

(c) 設備の増設、系統変更などに対しても、電子計算機内に記憶させてある画面パターンを変更すれば容易に対応できる。

4.3 非常時の制御

事故による供給電力の停止や自家用発電設備の停止は、一般に予測することは困難である。このような非常時に、瞬時に適切な判断を自動的に行ない、負荷側に安定した電源を供給することは、大容量化された需要設備への電源供給システムの信頼度向上のために大切なことである。このため、次の制御を行なう。

4.3.1 自家用発電機自動始動

非常用電源設備としてディーゼル発電設備がある場合、停電発生時に自動的に短時間で発電機を始動し、負荷へ電力を再供給する必要がある。自家用発電機(以下、自家発と略す)の自動始動、電圧確立は非常用であるため、あらゆる状況の中で行なう必要があり自家発盤などのマイナ処理で行ない、自家発運転後の負荷順序投入、負荷制限は中央で電子計算機システムなどを使用して、停電時における迅速な処置、安定電源の確保を図っている。

4.3.2 電源自動切換

受電方式が常用、予備のしゃ断による二回線受電方式で、予備回線が常用回線とは別の電源系統で電圧が常時印加されている場合、電力供給側の了解があれば、図4に示すように常用回線停電などに自動的に電源切換を行なう。切換時は、負荷側は1秒以内の停電があるため石油プラントなどの重要負荷に対しては、瞬停防止対策が必要である。この方式は、変圧器が2バンク以上あり重要負荷群に対しそれぞれのバンクから電源を図4(c)のように供給している場合、及び片側のバンク、又は途中のケーブルで事故が発生した場合にも適用できる。

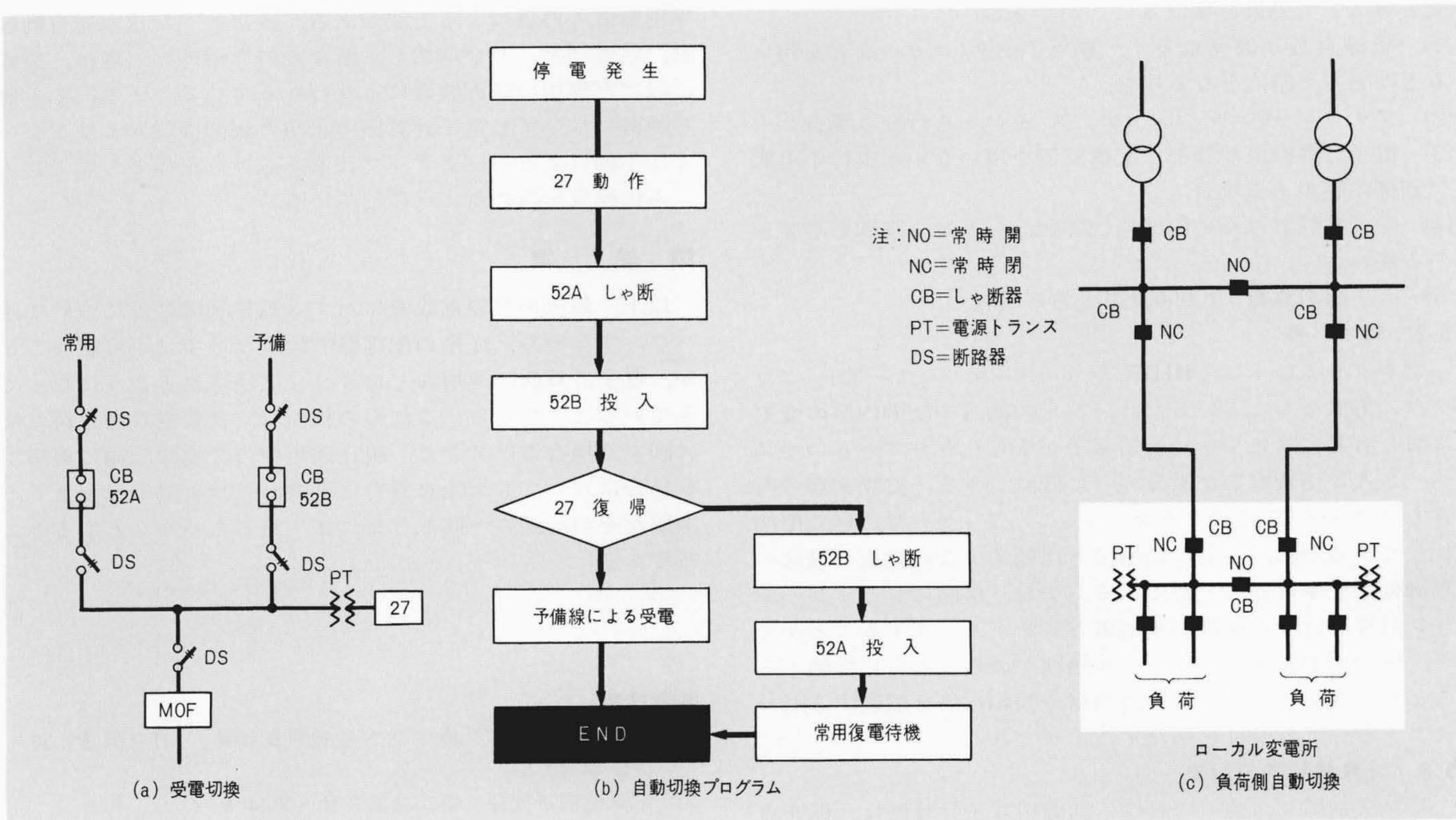


図4 電源自動切換 電源切換のスケルトンと制御フローにより、構造が分かる。

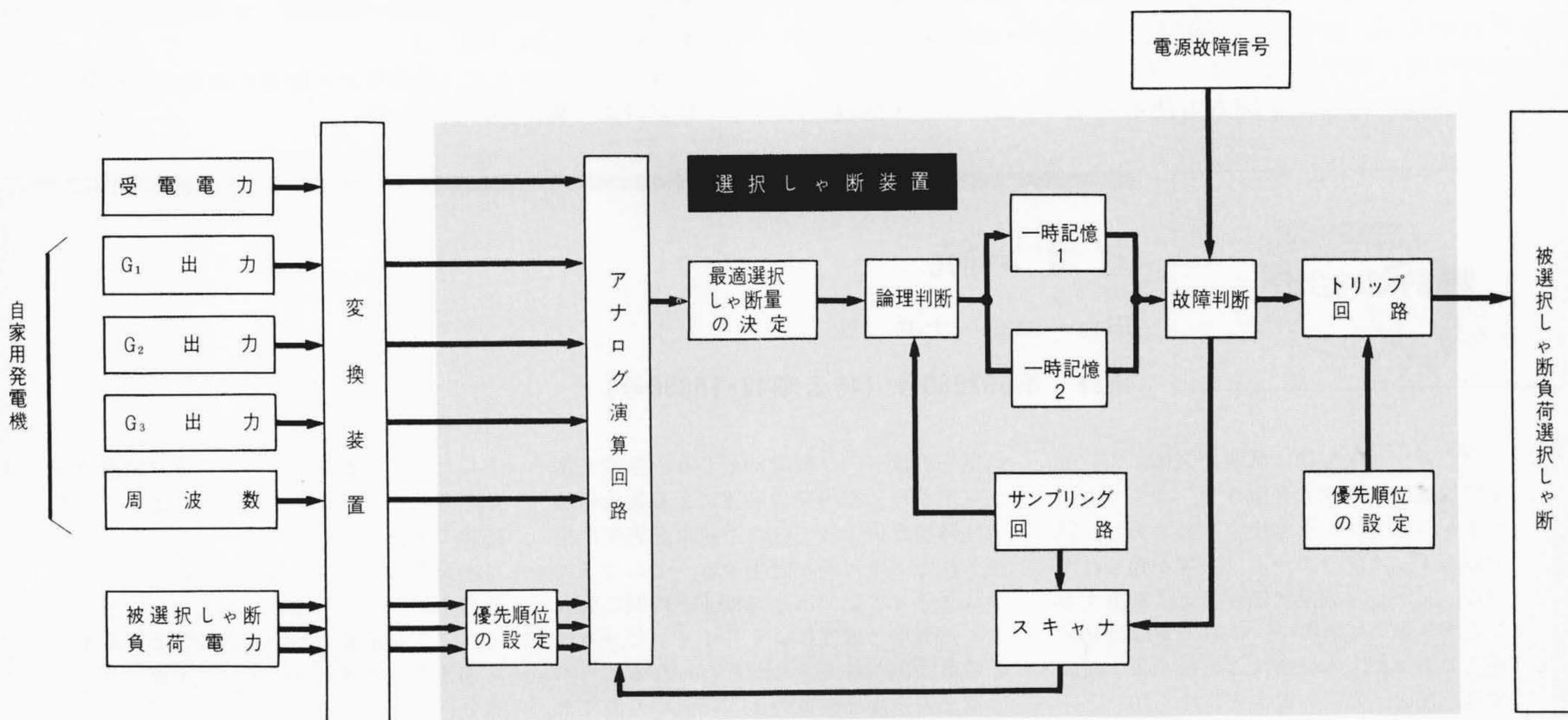


図5 選択しゃ断装置 選択しゃ断装置の構成機能ブロックが分かる。

4.3.3 選択しゃ断

大規模なプラントやコンビナートでは、電力会社からの買電のほかに自家発を並列に運転して電力を供給する場合が多い。買電停電などの電源故障が発生すれば、他の健全な自家発は急激な過負荷となり、周波数や電圧が低下し連鎖的に停電して、ついには全停電が発生するおそれがある。このようなことを防止するため、電源故障が発生すると直ちに自動的に重要度の低い負荷を選択しゃ断して、残りの供給電力に見合った負荷容量にする必要がある。この選択しゃ断方式としては、予定負荷選択しゃ断方式、母線分離による選択しゃ断方式、及び演算による最適選択しゃ断方式の3方式がある。

図5に演算による最適選択しゃ断方式の構成ブロック図を示す。この方式は、供給電力に見合った最適の負荷容量とすることができるため、電力の有効利用としては最も効果的であり大規模なプラントに使用されている。

5 特長と適用基準⁽⁵⁾⁽⁶⁾

5.1 導入基準

電子計算機導入による経済的効果と、電子計算機を用いることによる投資を比較すると、受変電監視制御システムに電子計算機を導入する基準として次のように考えることができる。すなわち、次の項目のいずれかに該当すれば、電子計算

機を導入して効果を挙げることができる。

- (1) 記録点数が非常に多く、専用データ ロガーなどを用いるとかえって割高となる場合。
- (2) アナログ モニタやシーケンス モニタを行なう場合。
- (3) 電子計算機の演算部、記憶装置を用いないと実行不可能な制御内容のある場合。
- (4) 受変電制御以外の他部門(空調など)と総合制御を必要とする場合。
- (5) 入・出力点数が1,000点以上ある場合。

5.2 特 長

プログラムはすべてHIDICシリーズを用いたストアド プログラム方式となっているため、将来の増設や制御内容の変更に対し容易に対処でき、使用素子が I C 化されているのでスペース及び消費電力が数分の一に低減できる。処理業務の内容もソフトウェアでアプリケーション パッケージの形で標準化してあるため、容易に活用でき比較的少ない投資で最適の制御効果を挙げることができる。また、事前にシミュレーション計算を行ない採用する制御方式をチェックすることができ、更に現地搬入後、ケーブル処理が済めば直ちに稼動することができるので、大量の計測点や制御対象を試験する際のテストとしての役目を果たすことができる。

5.3 計算機制御の対象

計算機制御システムにおける制御用電子計算機は、保守点検や事故などで停止することがあり、その間、電子計算機による制御内容は実行不可能となって制御上の盲点を発生させるおそれがある。従って、制御上の盲点があっては困る系統や機器の保護に関する制御は、バックアップの意味で電子計算機システムの二重化を図る方法もあり、また、マイナ処理、

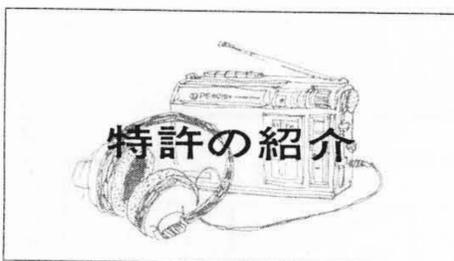
専用盤側の処理による方法がある。既に述べた自家発自動起動、電源切換、及び選択しゃ断などの非常時の処理は、盤側に設けた専用の制御装置により行なっている。また、その他の制御についても電子計算機停止時に制御機能がまひしないよう手動によるバックアップ装置を設け、全体としてのシステム信頼度を高めるようにしている。

6 結 言

以上、最近の受変電設備に対する監視制御装置について述べた。すなわち、従来の配電盤の延長だけでは不可能なことが、電子計算機の適用などによって実現されるようになってきていることである。これらの技術は、受変電設備を新たに計画する場合だけでなく、現在運用中の受変電設備に適用する場合においても大幅な省力化を含めた改善効果は大きく、本稿がその計画の一助ともなれば、筆者らの幸いとするところである。

参考文献

- (1) 黒木、小林ほか「集中遠方監視制御特集」日立評論 56, 585 (昭49-6)
- (2) 電気協同研究会 第25巻第3号 (昭44-8)
- (3) 電気協同研究会 第26巻第2号 (昭49-1)
- (4) 日本電気工業会規格JEM1337 (昭49)
- (5) 豊田「高圧、特高受電設備の自動化 省力化の方法」OHM '73-10 Vol. 60, No. 11
- (6) 中野、豊田ほか2名「超高層ビル計算制御集中監視装置」日立評論 52, 797 (昭45-9)



イオン銃

田村一二三・土井 紘

特許 第667680号 (特公昭47-15880号)

プラズマイオン銃は低圧の気体ふんい気中で放電プラズマを発生させ、このプラズマ中からイオンを引き出すものであり、従来からデュオプラズマトロン等が知られている。しかし、放電状態を安定に制御することがきわめて困難で、その安定度は 10^{-1} 程度であった。本発明はこの種イオン銃に改良を加え、ビーム電流安定度を 10^{-3} と一挙に2けたの向上せしめたものである。

図1はデュオプラズマトロン形イオン銃を示すもので、従来の装置はフィラメント①、中間電極②、アノード③、イオン引出し電極④および中間電極②と③との間に設けられた磁場発生装置(図示せず)より成る電極構造を有する。このような電極構造で、③にイオン引出し用直流高圧電源⑤により5~100kV程度の正の高電圧、①に直流放電発生用低電圧直流電源⑥により③に対し10~500V程度の負の高圧が印加され、フィラメント電源⑦により①が加熱されると、①、②および③との間で放電気体中に

低電圧直流アーク放電が起こり、放電気体が電離され、磁場発生装置による集束用軸方向磁場Bによって③の近傍に高密度に集束されたプラズマが発生する。このプラズマは③とイオン引出し電極④との間に形成された引出し電界によってイオンビームとして引き出される。しかし得られるビームの電流安定度は前述のように低いものであった。

本発明は従来装置の③と④との間にさらにイオンビーム制御用電極⑧を設けこの電位を変化させてビーム電流を安定制御させたものであり、このため⑧を⑤の高圧側端子に直接接続し、かつ③と⑧との間にイオンビーム制御用バイアス抵抗rを加えたものである。この構成でイオンビームiが流れると、⑧の電位は③に対して $i \times r = V$ だけ正側に高くなり、この電位差Vがイオンビームiに対するセルフバイアスとしての作用をする。したがってビーム電流iを安定制御でき、ビーム電流安定度は 10^{-3} と向

上した。また抵抗rの値は任意に調節できるのでビーム電流値を任意にかえることも可能である。

本発明は放電プラズマ中からイオンを引き出すようにしたイオン銃には広く適用でき、安定なイオンビームを必要とするイオン加速器やイオンマイクロアナライザ、質量分析計などのイオン銃として用いることができる。

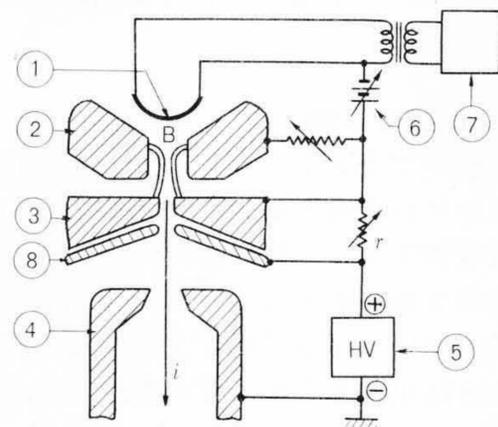


図1 構成概略図