

需要家用受変電システムの現状と将来

Recent Development and Future Prospect on Substation Systems

受変電設備は、事故発生時に企業、地域社会に与える影響が極めて大きい。したがって、各種機器はもちろん、受変電システムに対して、高い信頼性、安全性及び無公害が要求される。

本稿では、受変電設備の計画に必要な事項を、ソフトウェア、ハードウェアの両面から解説する。最近のハードウェアの動向、及び設備の規模、目的から決定されるべきハードウェアに対する最適組合せソフトウェアについて述べる。

竹島良博* Takeshima Yoshihiro

今井利秀** Imai Toshihide

渡辺一郎** Watanabe Ichirô

豊田武二** Toyoda Takeji

1 緒言

受変電設備は、各種産業の生産動力源、保安設備用として、公共設備用として、居住性維持用として、また電子計算機制御用としてなど、各種電源として非常に重要な位置にある。また、近年の社会構造の変化から、この受変電設備に対する見方が変わってきており、より高い公共性、社会性が求められるようになってきた。例をビル受変電設備にとってみると、人が多く集まってくる所であるということと、経済的な見地より、従来から小形化、難燃性、低騒音、ユニット化などのニーズがあり¹⁾、それぞれ対処されてきたが、これに加えて、そのビルの地下街がそのまま隣接ビル地下街と連結しているため、そのビル受変電設備だけの事故にとどまらず、ビル地下街全体の、ひいては地域社会全体のトラブルとなってしまうことを認識しなくてはならなくなった。地震時でも誤動作や不動作を生じないよう耐震性能を向上させる、設備運転中での保護制御回路自己診断機能を備える、あるいは小人数による運転保守という点から、誤操作を防止するため運転操作の自動化や事故時の処置の自動化など、いずれも公共性、社会性から発生したニーズであり、近い将来の必須傾向であろうと考えられる。この傾向はどの業種も共通しており、これに加えて工場の地方分散による受電電圧の高電圧化（工場受電電圧の20/30kV、60/70kV、154kV化）、都市再開発計画や上下水道設備のように旧設備跡地への高電圧、大容量設備の設置（ガス絶縁変電所や、多段積閉鎖配電盤の増加）、隣接他企業との関連上からの系統システム計画（高調波対策や、進相力率対策）などを考慮しなければならなくなった。これからの受変電設備の構成計画は、その設備の規模や目的からの検討と併せて、今まで述べた公共性、社会性、見地からの検討を加えた上で、設備形態、構成、仕様、コスト、保守など最適の設備と選択を行なうことが必要である。以下、個別の特集論文に先だち最近の受変電設備のソフトウェア、及びハードウェアの動向について述べる。

2 ソフトウェアの動向

2.1 ソフトウェアとハードウェア

コンピュータ関係で使用されているソフトウェア及びハードウェアの考え方を、受変電システムでも適用したほうが1章で記述した諸ニーズに対応するためにも自然となってきた。すなわち、ソフトウェアとは後に述べるハードウェアの最適組合せ、すなわち電力供給プロセス構成の最適化に関すること、

及びこのプロセスの最適運用に関することであり、ハードウェアとは電力供給プロセスを構成するしゃ断器、変圧器、高圧配電盤及び監視盤等の構成要素に関することである。そしてこのソフトウェア及びハードウェアの両方の最適化を図って、はじめてシステム全体の最適化が図られることになる。

2.2 プロセス構成の高信頼度化³⁾

電力供給プロセスの使命は負荷に安定した良質の電力を継続して供給することであり、これを達成するためには供給信頼度の高いシステムを構成する必要がある。供給信頼度の向上は、故障率の低下と平均故障時間の極小化により達成される。前者は主としてハードウェアの品質向上により対策され、後者がソフトウェア上の対策となる。特に最近では負荷側の生産性の向上、生活環境の向上が大きく電力に依存しているため、ハードウェア面の対策に加えてソフトウェア上の対策の重要性が著しく増大してきている。プロセス構成上の平均故障時間の極小化としては、電源に対する冗長性の確保と事故除去時間の高速化、及び復旧時間の短縮化があり、その対応技術を表1に、システム規模と負荷重要度に対する適用マップを図1に示す。冗長性の確保に対しては、自家用発電設備（以

表1 プロセス構成の高信頼度化策 プロセス構成上の平均故障時間極小のための対応技術を示す。

目 的	ソフトウェア対策	対 応 技 術
平均故障時間の極小化	冗長性の確保	自家発併列運転
		2回線以上受電 ループ受電 常用-予備受電 スポットネットワーク受電
		2バンク以上の変圧器の併列 運転 構内平行2回線配電 構内ループ配電
	故障除去時間の高速化	区間保護方式の採用
	復旧時間の短縮	二重母線の採用
		構内常用-予備2回線配電 非常用発電機の設置

注：自家発＝自家発電設備

* 日立製作所国分工場 ** 日立製作所機電事業本部

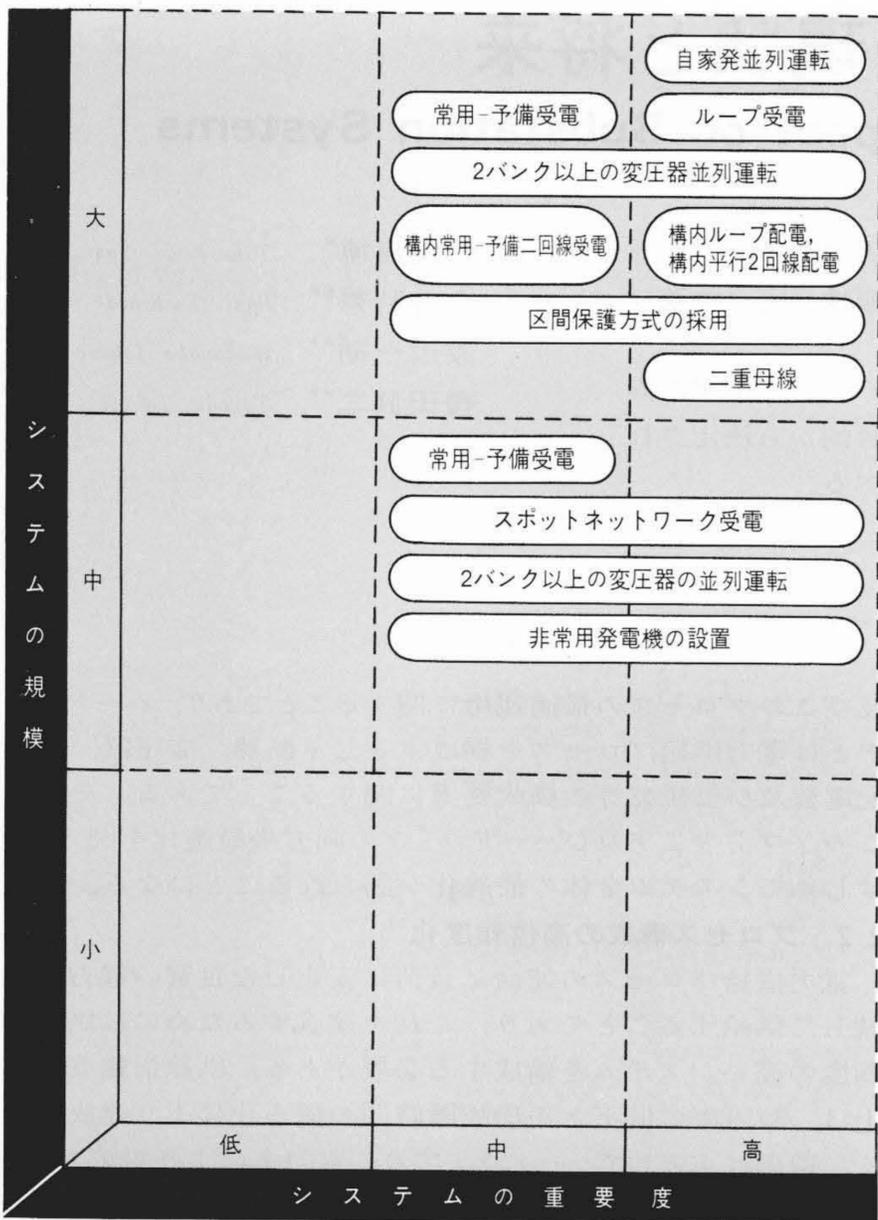


図1 供給信頼度向上対策マップ 表1で示した各供給信頼度の向上策を、システム重要度及びシステムの規模により分類した。

下、自家発と略す)との並列運転、2バンク以上の変圧器並列運転などの多電源化が大きな効果を示している。これの実現は、しゃ断器のしゃ断能力の向上としゃ断時間の高速化により達成されているが、設備の増大により更にしゃ断電流の大きいしゃ断器の出現が必要となってきた。故障除去時間の短縮は、最適の保護継電方式¹⁾に大きく依存している。また保護継電方式の発達が多電源システムの構成を可能にしており、したがって、高い供給信頼度を得るためには、それに見合った保護継電方式とすることが必要条件である。プロセス規模の増大とともに、保護継電システムの信頼性が電力供給信頼度を左右することになり、そのためには自動点検⁴⁾が可能な保護継電器のエレクトロニクス化を更に推進させることが必要である。

2.3 プロセス運用の最適化

プロセス運用の最適化は、ユーザー及び社会的ニーズに直結したもので、プロセスの効率的運用と電力供給信頼度の向上から成る。前者は主として省力化、省エネルギー化により達成され、後者はプロセスの平均故障時間の極小化に対する運用上の対策により達成される。それぞれの対応技術を表2に示す。これらの対応技術は、従来はそれぞれ個別的に専用の装置により実現していたが、マイクロコンピュータ及び制御用計算機の発達により、一括としての実現が可能となり、より効果的な運用が可能となった。したがって、プロセス運用の最適化のためには、マイクロコンピュータや制御用計算機を用いたエレクトロニクス応用の近代化が必要であり、また中央監視制御システムは従来の電力供給プロセスと一体化、セッ

表2 プロセス運用の最適化策 プロセス運用の効率向上と、電力供給信頼度向上のためのソフトウェア上の対応技術を示す。また各対応技術は、情報サービスと自動制御とに分類することができる。

目的	ソフトウェア対策	対応技術	サービスの内容
省力化	日常の業務の自動化	自動日報作成	情報サービス
		シーケンスモニタ	"
		アナログモニタ	"
		スケジュール運転	自動制御
省エネルギー化	監視効率の向上	ワンマン制御化	"
		ローカル変電所の無人化	"
		CRTの採用による情報密度の向上	情報サービス
省エネルギー化	経済運転	無効電力制御	自動制御
		最大需要電力制御	"
		熱源動力の台数制御	"
		夜間蓄熱運転	"
平均故障時間の極小化		停電時の自家発負荷切換	"
		復電時の復旧の自動化	"
		選択しゃ断	"
		電源自動切換	"
		事故回線の自動復旧	"

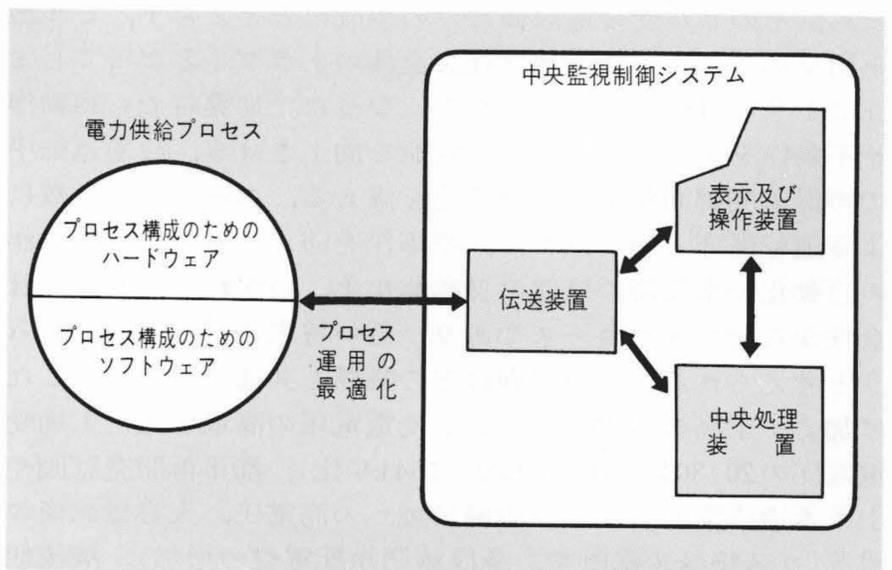


図2 中央監視制御システムとプロセスの関係 電力供給プロセスと中央監視制御システムの関係を示す。プロセス運用の最適化のためのソフトウェアは、中央処理装置に内蔵される。

表3 中央監視制御システムの機能 中央監視制御システムを構成する構成要素の機能を示す。処理装置にプロセス運用の最適化のソフトウェアが内蔵される。他はデータの入出力及びマンマシン性に関係する。

構成要素	機能
伝送装置	時分割サイクリックデジタル伝送方式の採用による伝送ケーブルの大幅低減、入出力情報の送受の迅速化・精確化、及び入出力インターフェースの統一
表示及び操作	マンマシン性の向上により、監視効率の向上を図り、省力化及びコンパクト化を行なう。
処理装置	省力化、省エネルギー化及び安定供給のための情報サービスと、自動制御の実行 コンピュータネットワークシステム構成及びデータ解析の実行

ト化された従的なものから独立した対等の立場に立つシステムに変化し、プロセスとは入出力情報の伝送回路を通じて連結されるようになった。図2にプロセス運用の最適化のためのシステム構成を、表3にシステム構成要素に求められる機能及び効果を示す。これらの機能が効果的に発揮されるためには、監視制御システムのソフトウェア及びハードウェアが階層的に標準化、ファミリー化され、それぞれが信頼性の高いものであることが必要であるが、詳細については別稿特集論文「受変電設備用監視制御装置」に記述されるので本稿ではふれない。

3 ハードウェアの動向

需要家用受変電システムを構成する主回路機器、監視制御装置などのハードウェアは、それらの持つ機能を要求されるニーズに合わせるため、新製品の開発、信頼性の向上が行なわれている。

ハードウェアに与えられるニーズと、これに対応する技術製品の一例を図3に示す。

3.1 高信頼性

ハードウェアの信頼性は、受変電システムによる電力供給信頼性に最も大きなかわりを持っている。

主回路構成機器、監視制御装置の信頼性向上のため、製品開

発に当たっての徹底したデザインレビュー、CAD(Computer Aided Design)による絶縁設計、システム設計の精度向上などの設計品質の向上のほか、製造過程での品質管理、環境管理、及び実機による加速寿命試験や過酷試験などの信頼性試験の実施により、万全の品質保証体制がとられている。

3.2 省力化及び難燃性

人件費の高騰、人材の確保難などの理由から省力化が要求され、油入機器から乾式化、モールド化へと移行している。また、油入機器からの脱却は、防災上非常に有効である。特別高圧しゃ断器では油入しゃ断器から空気しゃ断器、更にガスしゃ断器へと移行し、保守点検間隔を2倍に伸ばし、高圧しゃ断器でも油しゃ断器から磁気しゃ断器、真空しゃ断器へと移行し、省力化と難燃化を図っている。

30kV以下の変圧器では経済性、製作上の制約はあるが、油入変圧器より乾式変圧器に、更に、コイル全体を樹脂でモールドしたモールド変圧器に移行し、省力化・難燃化を図っている。

3.3 小形化

変電所の小形化に当たっては、空気の2.5~3.5倍の絶縁耐力を持つSF₆ガスの利用が最も効果的であり、66kV以上の変電所へのガス絶縁変電所(図4)20~30kV受変電設備へのガスしゃ断器入りメタルクラッド配電盤(図5)の適用が急速に

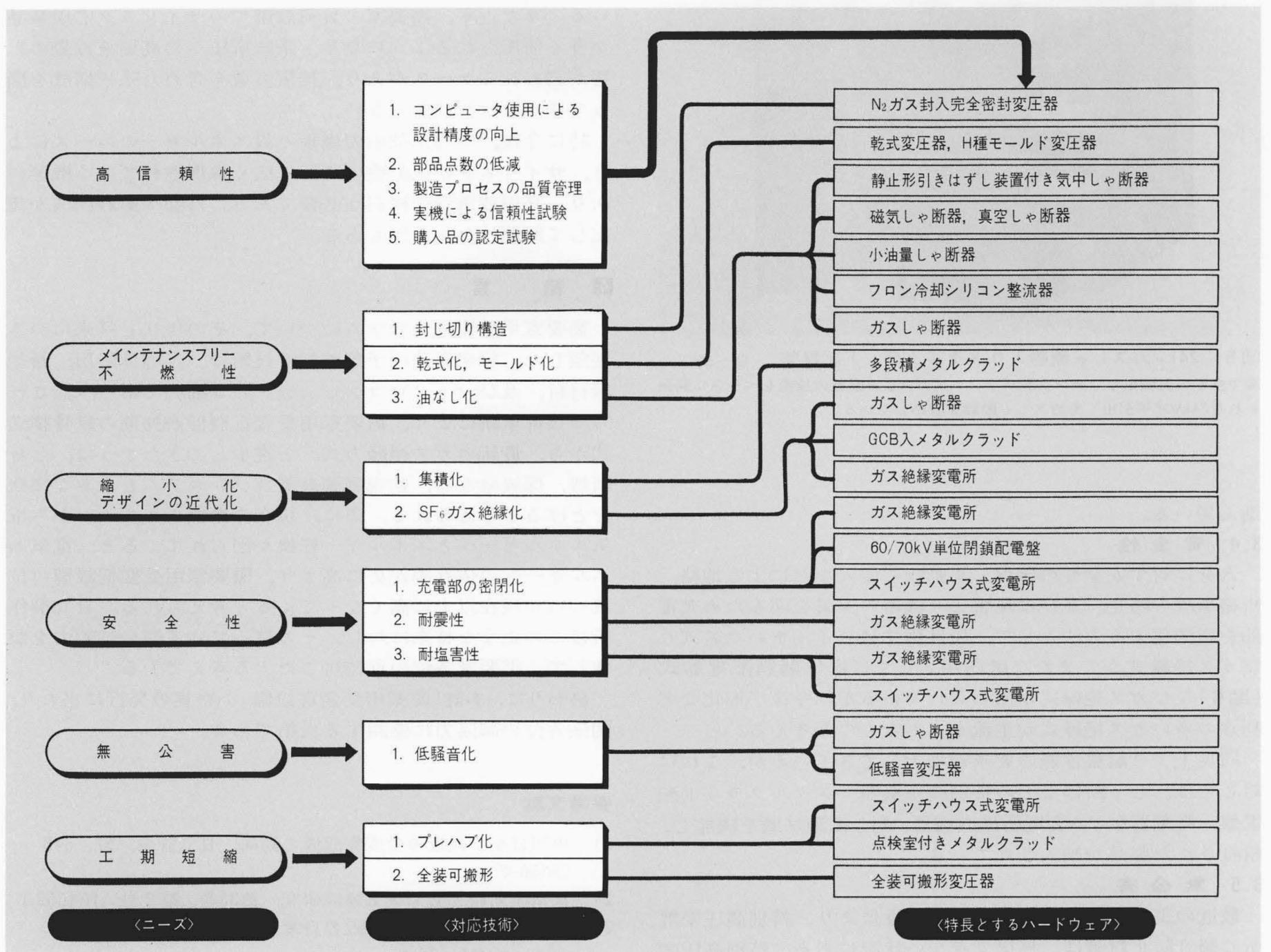


図3 変電所に対するニーズとハードウェア 変電所に対する社会的ニーズとそれにこたえる技術、及びその技術を使用したハードウェアを示す。

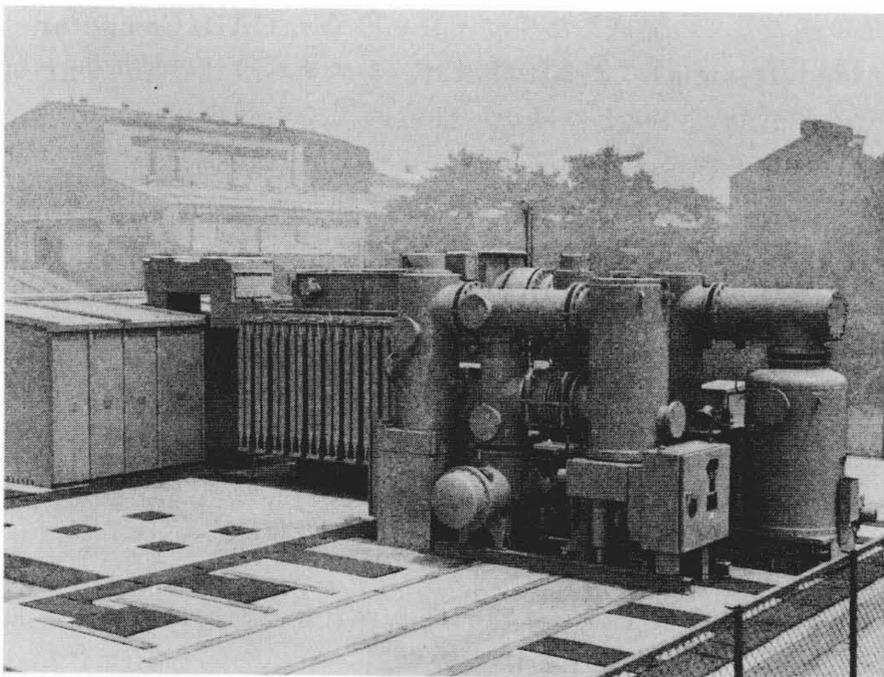


図4 66kV三相一括形ガス絶縁変電設備 超小形で、高い安全性、信頼性、保守の省力化など数々の特長をもつSF₆ガス絶縁変電設備は、今後の特別高圧変電所の主流とみられる。

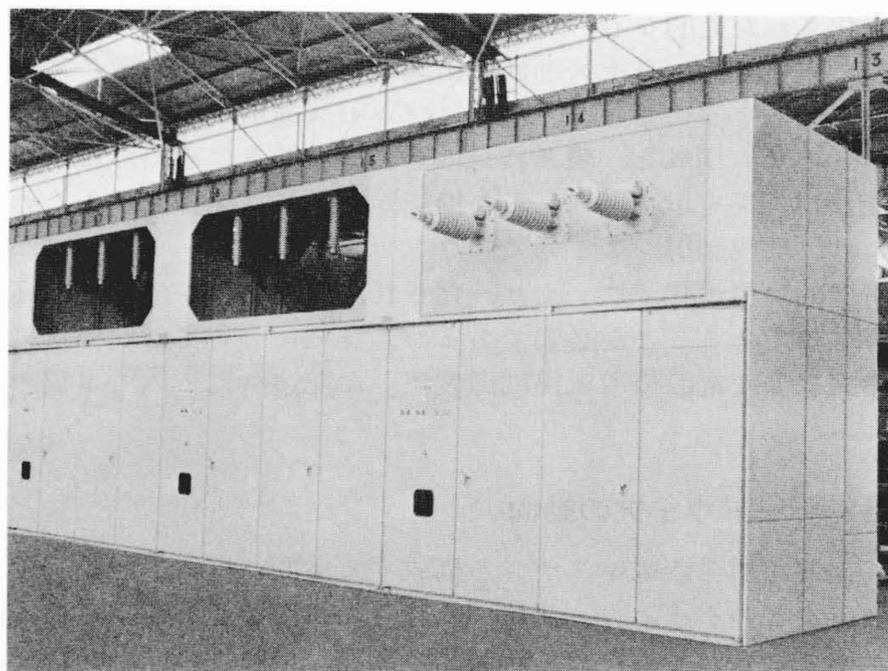


図6 80.5kV単位閉鎖配電盤式受変電設備 内蔵しゃ断器に84kVがい子形ガスしゃ断器を使用し、水平引出し自動連結方式としたJEM-II53-F₂級の単位閉鎖配電盤を示す。

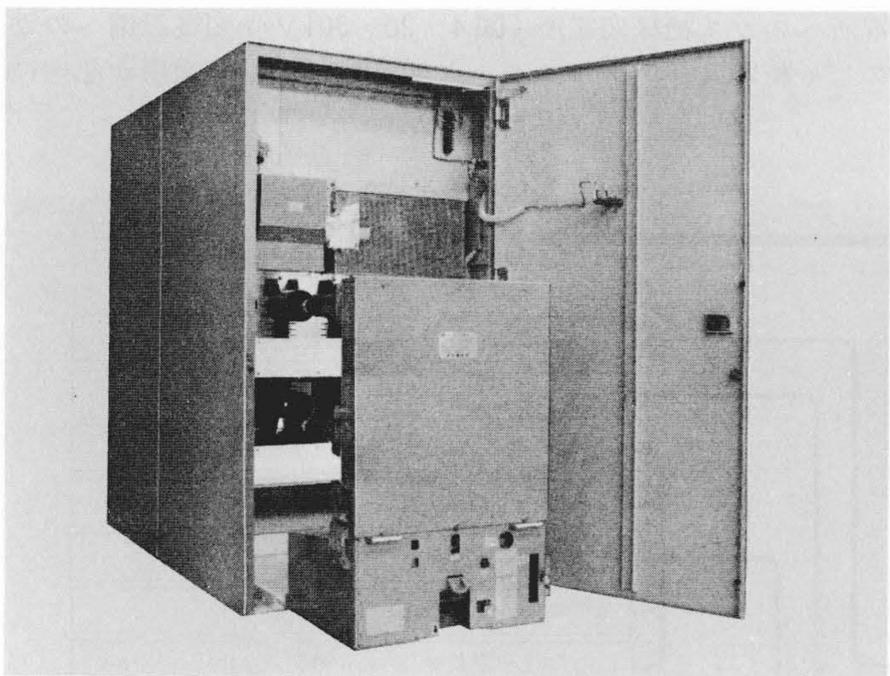


図5 24kVガスしゃ断器入りメタルクラッド配電盤 66~550kV級で多くの実績をもつタンク形パuffa式ガスしゃ断器の技術をベースに開発された24kV水平引出し形ガスしゃ断器を収納している。

進んでいる。

3.4 安全性

人身に対する安全性の確保、小動物の侵入などによる地絡、短絡事故の防止、並びに塩害より機器の保護を図るため充電部を密閉化する方法として、屋外用ではスイッチハウス式及びガス絶縁式が、また、屋内用としては単位閉鎖配電盤式(図6)及びガス絶縁式が用いられているが、今後小形化など利点の多いガス絶縁式が主流を占めるものとする。

防災上より耐震性能の要求が増大してきているが、これに対しては、しゃ断器などの特別高圧機器、メタルクラッド配電盤、継電器などの変電所構成機器に対し振動試験を実施し、検証された製品が納入されている。

3.5 無公害

最近の工業地域と居住地域との接近により、特別高圧変電所の騒音防止対策は、無視できない状況にある。特別高圧変電所からの音源としては、しゃ断器開閉時の間欠音と変圧器、及びリアクトルなどの連続音がある。ガスしゃ断器、油しゃ断

器などは、空気しゃ断器に比べ本質的に低騒音のしゃ断器であるため、近年特に騒音の問題となる地域では賞用されている²⁾。

変圧器の騒音低減に当たっては、低騒音変圧器が適用され、日立製作所では標準として55ホン低騒音変圧器が用意されている。また近年、需要家の負荷設備でのサイリスタ応用製品が多く使用されるようになり、系統電圧への高周波重畳の影響が表われるケースがあり、補償装置を含めた系統構成を図ってゆかなければならない。

特に今後、半導体技術の進歩と省エネルギーのニーズにより、サイリスタが電動機の制御に広く採用されていく機運にあり、高周波重畳の検討が必要である。外部へ第21調波が流出して問題になった例もある。

4 結 言

需要家用受変電システムについて、その現状と将来につき展望した。将来発達の子想される技術は、半導体応用、新絶縁材料、及びマイクロコンピュータの3部門であろう。これらの技術革新により、需要家用受変電機器が初期の鉄骨構造式から、最新のガス絶縁方式へと進歩してきたように、しゃ断器、保護継電器、監視制御装置及びシステムも大きな変貌をとげると考えられる。更に、現在の燃焼エネルギーから電気エネルギーへとエネルギー転換が図られてくると、電気エネルギーへの依存率が更に高まり、需要家用受変電設備の位置づけが現在以上に高くなっていくと考えられる。日立製作所はこのような将来に対し、その持っている総合技術力を駆使して、需要家各位の期待にこたえる考えである。

終わりに、本誌「産業用受変電設備」小特集の発行に当たり、関係各位の御協力に感謝する次第である。

参考文献

- 1) 中川ほか：最近の受変電設備の動向，日立評論，57，545 (昭50-7)
- 2) 電気協同研究会：電気協同研究，第33巻，第2号 (昭和52年)
- 3) 大音，豊田，東条：最近の自家用受変電設備と保護継電システム，OHM，76-8
- 4) 瀬尾，三木，吉崎：最近の保護継電装置におけるエレクトロニクス化の動向，日立評論，57，325 (昭50-4)