

監視・制御・保護システムの動向と電子化

Trends in Electronic Technologies for Industrial Electric Power Control and Protection Systems

後藤 勝美
K. Gotoh

栗原 洋道
H. Kurihara

中村 誠一
S. Nakamura

最近の産業用受変電設備は構成のシンプル化が進む反面、コジェネレーション設備などの普及により主回路構成は複雑化し、これらの運用には高度な運転監視や制御、系統保護技術が必要となっている。また、製造コスト削減の促進・徹底から、工場構内全域の末端設備に至るまで広範な電気エネルギー管理が不可欠となっている。当社の産業用受変電システムでは、高度で緻(ち)密な監視や制御、保護の実現を図るため、スイッチギヤマルチリレー、伝送システム、集中監視システムおよびデジタル保護リレーシステムなどを開発し、電力をはじめとするエネルギー管理のシンプル化や高度化、それらの支援に大きく貢献している。

Recently, two major requirements have emerged in the industrial substation system field. One is the simple arrangement of main power supply equipment, and the other is the introduction of highly computer-controlled systems for operation, maintenance and protection. Moreover, total energy control systems are also required.

Toshiba supplies many systems that satisfy the above requirements, including multi-type relay systems, data transmission systems, supervisory and control systems, digital type relay protection systems, etc.

1 まえがき

最近の産業用受変電設備は、ガス絶縁式などの閉鎖型スイッチギヤの採用により設備構成のシンプル化はもとより、運転や保守の省力化、合理化が顕著に進んでいる。

一方、コジェネレーション設備が積極的に導入され、受電系統と連系を図るなど、より信頼性が高く、電力コスト的にもより合理的な電源システムが構築されるケースが多くなっている。その結果、主回路構成は複雑化し、電源システムの運用には高度な運転監視や制御、系統保護技術が必要となっている。

また、つねに省エネルギーや製造コストの削減は最重要の課題であり、構内の広範にわたるエネルギー管理が不可欠となっている。

当社の産業用受変電システムでは、このような電力の高度で緻密な監視や保護の実現を図るため、各種の機器の電子化、これらを有機的に結合するためのネットワーク化を推進、また効果的に電力管理するための集中監視システムやデジタル保護リレーシステムなどを開発している。これらの最近の動向と、代表的な機種を紹介する。

2 機側における監視・制御・保護システム

受電電気室などに設置され、受変電機器の機側で受変電システムの監視や制御を行う監視制御装置も、近年マイクロプロセッサや液晶表示装置の応用が急速に進んでいる。

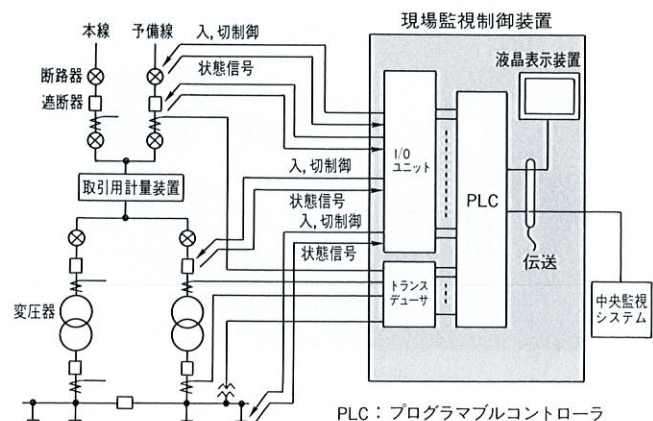


図1. 最近の受変電機器の機側監視制御装置 マイクロプロセッサや液晶表示装置を主体に、監視制御装置を構成している。

Configuration of supervisory and control system

2.1 監視・制御装置

受変電システムの機側に設置される監視制御装置は、一般的につぎの機能を備えており、これらのハードウェア回路の電子化や機能のソフトウェア化が進められている。

- (1) 監視 計測, 状態表示, 故障表示
- (2) 制御 機器入切, 受電自動切換 (停電切換, ループ切換), タップ切換, 無効電力制御
- (3) インタフェース 機器や装置との信号受渡し

図1はマイクロプロセッサや液晶表示装置を応用した監

視制御装置の例で、マイクロプロセッサで上述の自動制御機能のソフトウェア化を図り、液晶表示装置で受変電機器の状態や故障の表示、電圧や電流などの計測表示を行っている。また、タイマなどの自動制御の定数も設定できる構成にしている。

なお、受変電機器の開閉状態などの各種信号はI/Oユニットへ接続し、中央の集中監視システムとはデジタル伝送系でインタフェースを図っている。

2.2 保護リレーシステム

系統や母線の二重化、コジェネレーション設備と電力系統との連系などに伴い、保護リレーシステムも複雑で大規模化する傾向にある。これらの背景から高機能化、保守点検の省力化、コンパクト化などの特長を備えたデジタルリレーの適用が拡大している。

デジタルリレーではハードウェアを標準化し、保護目的に応じてソフトウェアを設計し、各種のリレー特性や保護シーケンス機能をもたせている。

図2はコジェネレーション設備の系統連系用保護リレーシステムの構成概要例で、“系統連系技術要件ガイドライン”に準拠した複数の保護要素をソフトウェアで構成している。

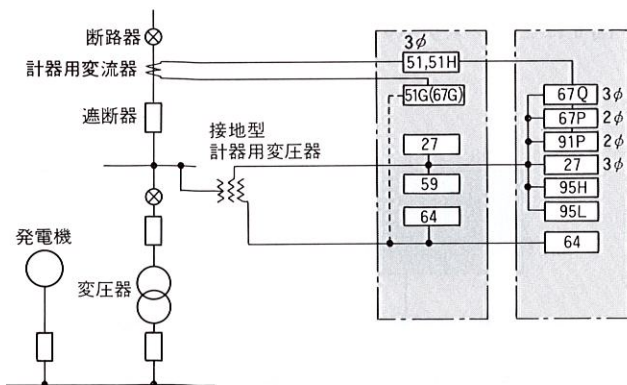


図2. コジェネレーション系統連系用リレーシステムの構成 複数の保護要素をソフトウェアで構成し、要素群にユニット化を図っている。

Relay protection system for connecting separate power sources of power supply line

リレー要素は、過電流や地絡保護リレーなど通常の受電部に適用する要素群と、電力方向や周波数リレーなどのコジェネレーション連系用の要素群を別々のユニットに区分し、用途に応じユニット個別に適用可能なよう、適用の拡張性を考慮している。

また、方向短絡検出要素には電圧メモリ機能を設け、至近端短絡事故でも確実に正規の応動をするように配慮している。

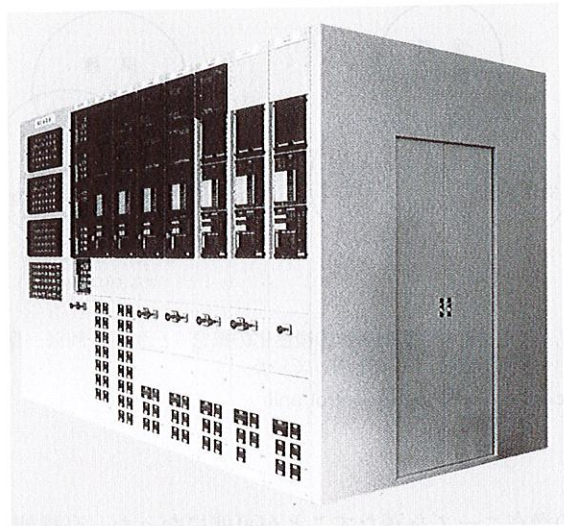


図3. 275 kV用受変電保護リレーシステム 母線、変圧器保護機能などを、メイン要素とフェールセーフ要素の二重化により構成し、信頼性を向上させている。

Digital type relay protection system

図3は275 kV用受変電保護リレーシステムとして納入したD-II_{TM}型デジタル保護リレーシステムの外観で、母線保護および三巻線変圧器にも対応可能な変圧器保護などの機能も備えている。

これらのデジタル保護リレーシステムは、リレーにメイン要素とフェールセーフ要素との二重化構成を採用し、不要動作に対する信頼性の向上と、自動点検・常時監視機能により保守業務の軽減を図っている。

また最近では、リレー内部へ取り込んだデータの活用、保守の省力化、操作性の向上などの要求にこたえ、第三世代のD-III_{TM}型デジタルリレーを開発し、実用化している。今後このリレーシステムが、66 kV系などへ多く適用されることが期待されている。

3 スイッチギヤ制御装置の電子化とインテリジェント化

スイッチギヤでもマイクロプロセッサの高信頼化、低価格化を背景に、複合化したデジタル型が広く普及している。

マイクロプロセッサの高速処理能力は、スイッチギヤ制御の基本機能の複合化に大きく貢献している。従来、メータやリレー、制御スイッチなどの各器具や回路を扉盤に装着し、監視や制御、保護の機能を個別に構成していた。これらの機能を集約し、マルチリレーとして一体化してコンパクト化を実現⁽¹⁾している。

図4に複合化の概念を示す。

3.1 高機能化

処理能力の向上したマイクロプロセッサの活用で、新機

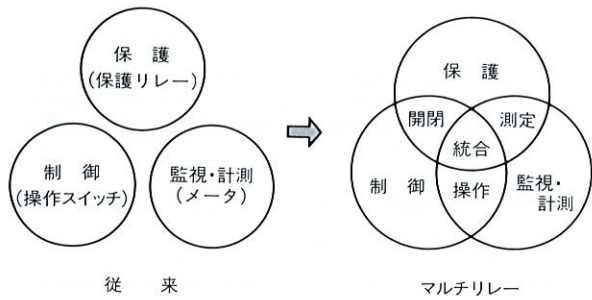


図4. スイッチギヤ制御装置の複合化の概念 監視, 制御, 保護の三つの機能の融合, 集約を図っている。

Concept of switchgear control unit

能の潜在ニーズを満たすことが可能になった。高性能機種では電力管理・点検のサポートも配慮し, つぎのような特長をもっている。

3.2 高性能マルチリレーの特長

情報の記憶, 自己監視・点検, 伝送の大きな三つの特長を備えている。

3.2.1 情報の記憶 保護機能の動作領域に達するような系統異常時に, 遮断直前の電流または電圧の情報を記憶し, 異常の原因解析や復旧のためのデータを提供する。また通電電流の最大値も記憶し, モータの始動電流値やトランスのラッシュ電流の把握, 保護整定の妥当性の判断材料など, 電力保全業務上できわめて貴重な情報を提供する。さらに遮断器の閉時間(運転時間), 閉回数(投入回数)を記憶し, 点検や保守の管理基準となるデータ提供も可能としている。

3.2.2 自己監視・点検 メモリやウォッチドックタイム, 電源などの各種チェックによりマイクロプロセッサの正常動作を監視し, 制御や保護機能の喪失や異常を検出している。また, 一日一回模擬信号を入力して自己の自動点検を行う機能と, 手動による任意の点検機能を備えている。

これらの自己監視機能により, 一体化した監視・制御および保護機能の信頼性の確保と, 異常の早期検出を図っている。

3.2.3 伝送 伝送システム TOSLINE_{TM}-S20LP (光伝送, 伝送路ループ構成) を搭載することが可能で, おのおのスイッチギヤをリモートステーションの1局として位置づけることができる。この伝送システムは, 光ファイバケーブルによる伝送を標準とし, メイン終端局とバックアップ終端局の2親局の設置により一方の親局が万一ダウンしても正常に伝送を継続できる。

なお伝送路もループ化し, 万一, 一か所で故障が発生しても正常な伝送を維持し, 信頼性の高い電力管理ができるよう配慮している。

この構成を図5に示す。

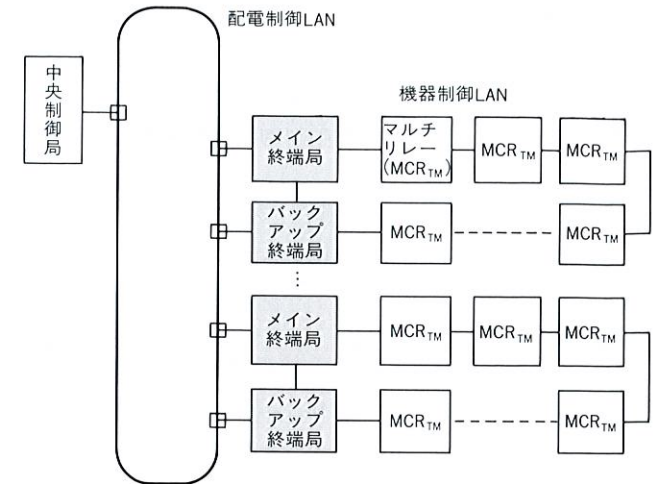


図5. 伝送システムの構成 2親局の設置と伝送路のループ化で, 故障に強い伝送系になっている。

Example of data transmission system configuration

4 中央集中監視制御システム

スイッチギヤや受変電機器の機側監視制御装置を統括し, また各種のエネルギーを総合的に管理・監視制御するのが中央集中監視制御システムである。産業用の代表的な機種に TOSTECS_{TM} シリーズがある。

図6にこのシステムの最近の構成例を示す。

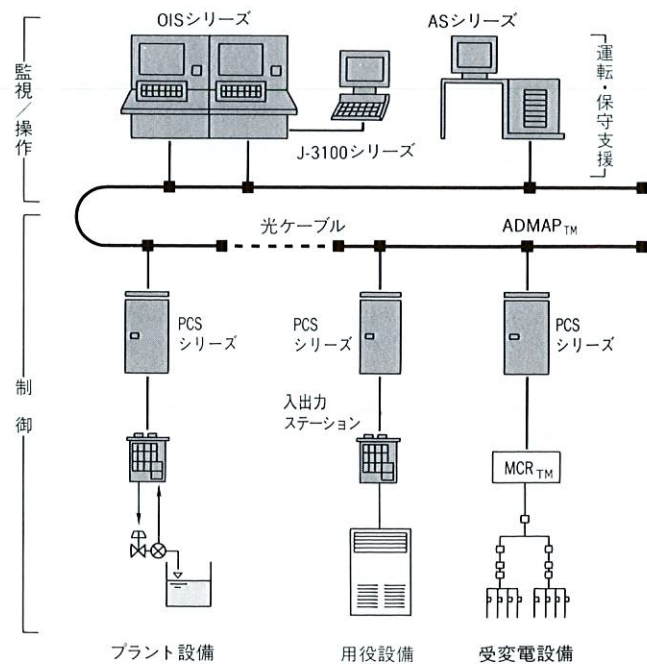


図6. 集中監視制御システムの構成例 従来からの監視制御機能のほか, 電力系統の運転や設備診断, 保守などを支援する機能を備えたシステム構成になっている。

Example of energy conservation system configuration

4.1 産業用集中監視制御システム

従来から工場構内の電力系統を一括して監視・制御する機能はもとより、電力や蒸気などのエネルギー運用の効率化を図ることを主眼にシステム構築されている。また、受電電力のデマンド管理や構内の電力系統運用ガイダンスなど、運転支援機能も一般化し現在では広く採用されている。

最近ではこれらの機能に加え、受変電機器の健全性をオンライン監視する診断機能や、保守データの検索表示など保守を支援する機能を備えたシステムが構築されている。

4.2 電力設備の制御機能

複雑化する構内電力系統の運用や制御・保守などを支援する機能を表1に示し、主要な機能の概要を述べる。

4.2.1 電力潮流シミュレーション 電力系統の切換えや発電機出力の増減などの操作による電力潮流や電圧の変化を事前にシミュレーションし、図7のようにその結果を

表1. 工場電力設備の監視制御システム機能
Functions of supervisory and control system

対象設備	監視・制御機能
電力設備	デマンド監視制御 力率制御 負荷選択遮断制御 電力潮流監視 発電機電力制御 電力潮流シミュレーション 停電・復電時制御 負荷復旧制御 変圧器台数制御 保護協調設計支援

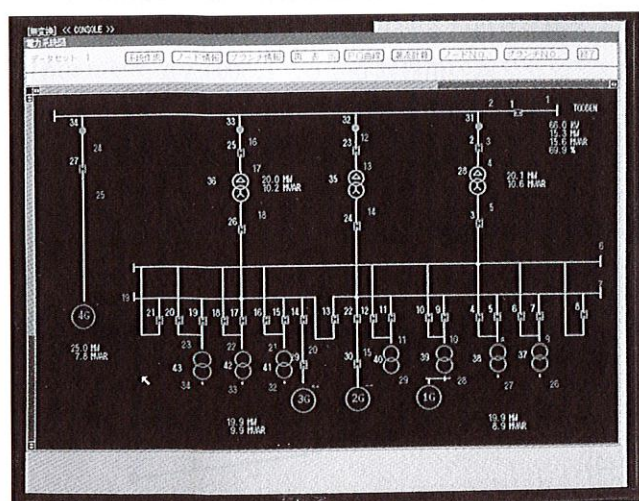


図7. 潮流計算結果画面 系統操作による電気量の変化を事前にシミュレーションし、その結果を画面表示する。

Example of electric power simulation display

画面表示して、安定した電力供給を確保できるよう系統運用や運転を支援する。

4.2.2 保護協調設計支援 あらかじめ入力されている系統や機器の情報を基に短絡電流を計算し、リレー情報から保護協調カーブを作成して画面やプリンタで表示し、過電流保護のリレー動作協調設計・検討および管理などの業務を支援⁽²⁾する。

4.2.3 負荷選択遮断制御 電力会社からの受電系統と発電設備との系統連系運転で、いずれかの電源が脱落した場合に残った電源が過負荷にならないように負荷を選択遮断し、構内電源の確保や電力供給の安定および維持を図る。

5 あとがき

今後、産業用の電源には、高い信頼性と合理性の追求および省エネルギーにより各種の分散型電源が導入されていくものと考えられる。これに伴い監視や制御、保護などもますます複雑となり、高度な運転・運用技術が要求されることになる。一方、熟練した監視制御のオペレータを確保することは困難な時代となり、特に緊急時の人為的な対応や処置は困難さを増すものと思われる。

これらの時代的背景を想定し、予測保全や設備診断技術なども包含した電力保全、各種の運転支援、自動化システムを開発し、よりシンプルに運用できる産業用受変電システムを構築していくことが必要と考える。

文献

- (1) 喜多洋一：インテリジェント化を指向する電力管理システム，産業電力システム研究会，pp.1-1 (1993)
- (2) 土居崎豊，他：自家用変電設備における運転・保守支援システム，東芝レビュー，49，9，pp.675-678 (1994)



後藤 勝美 Katsumi Gotoh

電機システム事業部産業電力システム技術部課長。
産業用受変電システムの技術業務に従事。電気学会会員。
Industrial Automation Systems Div.



栗原 洋道 Hiromichi Kurihara

府中工場官需計装制御システム部課長。
監視制御システムの開発・試験に従事。電気学会会員。
Fuchu Works



中村 誠一 Seiichi Nakamura

府中工場スイッチギヤ部主務。
スイッチギヤエレクトロニクス製品の設計・開発に従事。
電気学会会員。
Fuchu Works