

最近の産業用受変電設備では、ますます高度化する負荷設備をかかえ、電力供給の信頼性はより重要となっている。また安全、小型・軽量、運転・保守の容易さ、環境との調和なども要求される。当社はこれら要求に対して、系統構成の二重化、所内・制御電源の二重化などによる信頼性の高いシステムを提案し、真空遮断器 (VCB)、ガス絶縁開閉装置 (GIS/C-GIS) などの採用により、安全、小型、保守性の良い受変電設備を納入してきた。さらに、CRT (画像表示装置) 監視制御装置、保守支援システムを導入し、省力化、省エネルギー化を図ったシステム・機器の納入実績がある。

In the industrial substation field, due to the increasing complexity and systematization of manufacturing processes in factories, the reliability of electric power supply systems is becoming more important. Industrial substations are also required to offer various features including safety, compactness, easy operation and maintenance, environmental harmony, and so on.

This paper introduces some examples of substation systems that meet these requirements.

1 まえがき

受変電設備では、高信頼性だけでなく安全性、小型・軽量化、運転・保守の容易さ、環境との調和、経済性などが要求される。これらの要求を満たした受変電設備の納入例を基に、最近の産業用受変電システム・機器の技術動向について述べる。

2 受変電システム・機器の動向

受変電設備として具備すべき条件は次のようになる。

- (1) 信頼性向上のため系統の多重化
- (2) 安全性向上のため充電部の密閉化や操作におけるインタロックの充実
- (3) 構成機器の小型・軽量化
- (4) 省エネルギー化
- (5) 運転・保守の簡素化と省力化
- (6) 立地条件に対する耐環境性
- (7) 機器の形状など環境への配慮
- (8) 将来の増設への配慮
- (9) 機器および工事費の経済性

これらの条件について 66 kV 受変電設備の例で具体的に述べる。図 1 に系統例を、図 2 に変電所のレイアウト例を示す。受電回線は産業用受変電設備に多い屋外での架空線引込み方式とし、主変圧器およびコンデンサ設備は経済性を考慮して油入型で屋外設置とする。

2.1 系統構成の二重化

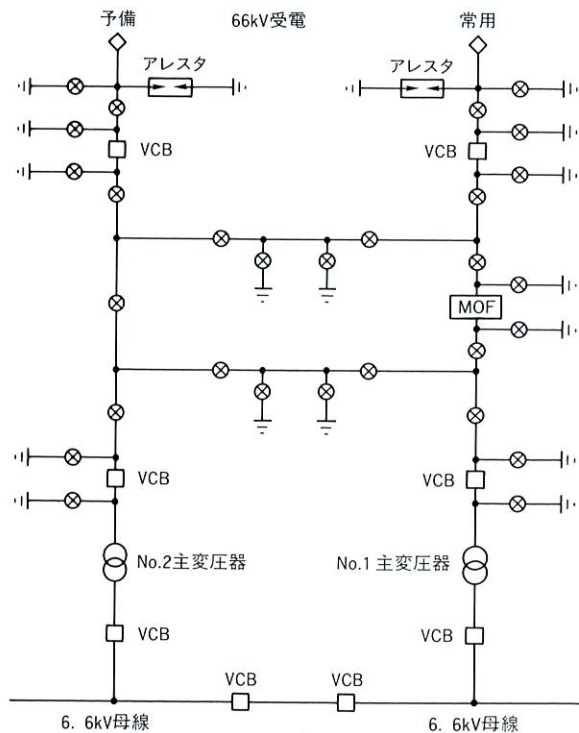


図 1. 66/6.6 kV 受変電設備の系統例 系統を二重化して信頼性を向上させている。

66/6.6 kV substation system (typical)

受電方式は常用と予備の 2 回線受電とする。受電回線の万一のトラブル時は、予備回線への切換えにより停電時間は短時間で済む。また、電力会社での受電回線の点検の

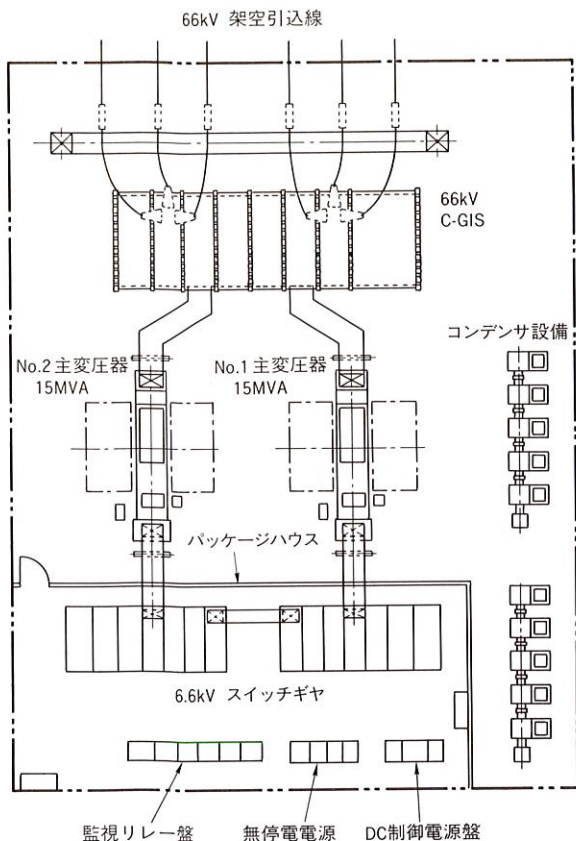


図2. 66 kV 変電所のレイアウト例 受電線架空引込み部分以外は充電部は露出させない構造として安全性を向上させている。

66 kV substation layout

ときなどは、事前に電力会社と連絡を取り合うことにより、瞬時ループ切換えによる無停電切換えが可能である。受電回線自動切換装置を設置した場合は、トラブル発生時に運転員が慌てなくても確実に予備回線に切り換えることができることから有効である。

MOF (Metering Out Fit) の方式は1 MOF+バイパス方式とする。これにより MOF の検定あるいは取換え工事のときは無停電作業が可能となる。

主変圧器も2バンクとし、主変圧器の一次側および二次側の両方とも遮断器を設置する。主変圧器1台の万一のトラブル時の全停電を防止するとともに、点検のためのバンク停止時でも負荷側へ電力供給を継続することができる。

6.6 kV 側配電設備においても主変圧器に合わせて2組のスイッチギヤの構成とし、母線連絡CBにより連系する。

2.2 所内電源・制御電源の二重化

所内電源および制御電源は受変電設備の運転にとって非常に重要である。このため、所内変圧器およびDC制御電源用のチャージャを2台設置して、主回路系統と同様に二重化を図る。各機器への電源の供給についても信頼性を考慮した方式とする。

2.3 主回路機器の安全性、小型化、保守性

主回路機器は、架空線による引込み部を除いて充電部を露出させないようにして安全性を向上させる。

66 kV 機器はC-GISを採用し、SF₆ガスの絶縁特性を利用して装置全体の小型化を図るとともに、キュービクルによる密閉化により、じんあいや湿気など外部の影響を受けないようにして信頼性も向上させる。また、保守点検時の安全のために必要箇所には接地開閉器を設置する。操作面での安全に関しては、遮断器、断路器、接地開閉器の間で必要なインタロックを構成する。

6.6 kV スイッチギヤでは、母線連絡用CBを2台設置するとともに、キュービクルを系統ごとに二分割する。制御電源の供給方式にも注意を払い、スイッチギヤの保守点検時には主回路だけでなく制御回路も1系統分は完全に停止できるようにして、作業を安全に行えるように考慮する。6.6 kV スイッチギヤは監視リレー盤、DC制御電源盤とともにパッケージハウス内に設置して、信頼性および保守性の向上を図る。

開閉装置としての遮断器は、66 kV および6.6 kV 回路ともVCBとし、機器の小型化や保守性の向上を図る。なお、受変電設備全体のより縮小化を図ったものとして、図3のように従来は分散配置されていたものを集合配置した集合型(パッケージ型)のものも採用されるようになってきている。

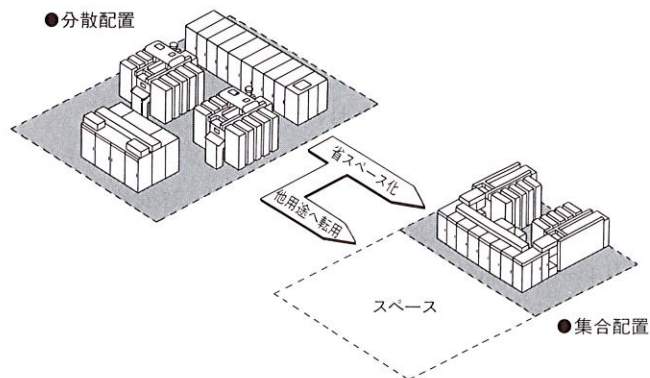


図3. 集合型受変電設備 66 kV C-GIS、変圧器、6.6 kV スイッチギヤを集合配置し、設置スペースを大幅に縮小した。

Package type integrated substation

2.4 CRT 監視制御による省力化、省エネルギー化

産業用受変電設備の監視制御にもCRTを用いた監視制御システムの導入が普及してきている。図4に例を示す。

システムは中央監視室に設置され、受変電設備機器の監視や制御の集約合理化を図るとともに、使用電力量のデータ収集・記録、機器の操作・故障の記録による省力化および受電電力のデマンド制御や力率制御による電力コストの低減を図っている。



図4. 産業用受変電管理システム TOSTECS_{TM}-μS400 変電所の監視, 制御, データロギングなどに適している。
TOSTECS_{TM}-μS400 system

2.5 保守支援システム導入による省力化

最近の設備の大型・高機能化および熟練保守要員の確保の困難さなどにより、保守支援システムの導入が増えている。C-GISでは、キュービクルによる密閉化により各機器が外部の影響を受けないことから信頼性が向上しており、日常の点検もSF₆ガス圧力のチェックなど簡単な項目になっているが、逆に内部が見えないため各機器の状態がわからない不便さがある。このため、C-GISに各種のセンサを取り付けて、その情報をローカルモニタやシステムモニタに収集して機器の状態監視や設備診断を行うようにする。変圧器や気中スイッチギヤにおいても同様である。

また、スイッチギヤやコントロールセンタにマルチリレーを使用し、負荷電流、電動機運転時間、遮断器やスイッチの開閉回数、遮断器のトリップコイルの断線の有無、保護リレー整定値情報などを伝送で中央監視室に送り、保守支援システムを構築する。保護リレー整定値情報を基に保護リレー整定値一覧表/比較表作成を行うことにより、膨大な数の保護リレーであっても中央でデータの一元管理が行え、運転員および保守員の業務の効率化が図れる。

3 電源の品質向上

工場の負荷設備にアーク炉や圧延機など大きな変動負荷がある場合、負荷電流の変動による電圧変動のため電力系統に電圧フリッカが発生し、照明のちらつきや制御装置の誤動作など悪影響が出ることもある。また、エレクトロニクス技術の進歩により、インバータやUPS(無停電電源装置)などサイリスタ制御機器を中心に半導体応用機器の普及が進み、これに伴って高調波が増加し、機器の過熱、焼損、異音の発生、誤動作などの障害が増えている。このため受

変電設備としては電力の安定供給だけでなく、電源の品質の向上を図ることも考慮しなければならない。

電圧フリッカの対策としては負荷の無効電力の変動分を補償することが有効で、最近では静止型無効電力補償装置(SVC)が用いられる。アーク炉などの急峻(しゅん)な電圧変動対策としてはSVCとして応答特性の速いサイリスタ制御リアクトル(TCR)方式が適用される。

高調波対策としては、系統につながる機器自体の高調波耐量を増加させる方法やフィルタを設置して高調波を吸収する方法などがある。

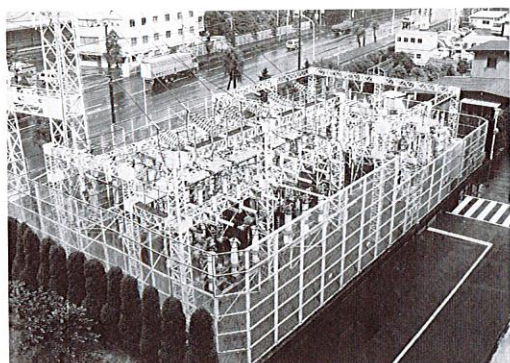
4 自家用発電設備の電力系統との連系

最近、コジェネレーションシステムの普及、ゴミ焼却発電の増加、電力市場オープン化による特定供給電気事業の増加など自家用発電設備と電力系統が連系されるケースが多くなっている。系統の連系を行う場合は“系統連系技術要件ガイドライン”に準拠することに加え電力会社との協議が必要となる。受変電設備では系統との連系点(主として受電点)にガイドラインの要件を満たした保護装置が必要となる。最近、系統連系に必要な保護機能を集約したデジタルリレーが使用される。このリレーでは主要素とフェールセーフ要素の二重化構成として、不要動作に対する信頼性の向上を図るとともに、自己点検機能も付加させている。

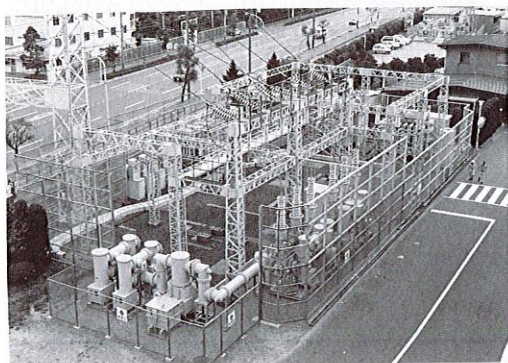
5 受変電設備のリニューアル

受変電設備は一度設置されると20~30年間の長期にわたり使用され、使用電力の大幅な変更(増加)がある場合や設備の寿命の兆候が表われるまでは更新されることは少ない。しかし、受変電設備は工場内のあらゆる設備に対する電気エネルギーの供給源であること、1960~1970年代の高度成長期に設置された多くの設備は機器の老朽化が進んでいること、さらには省エネルギーや省力化を目標とした新しいシステムへの対応が必要であること、などから更新を計画あるいは実行するケースが多くなっている。

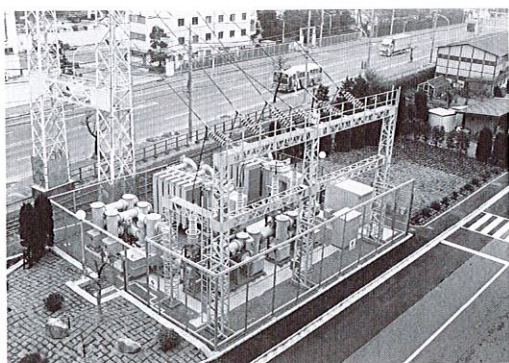
リニューアルに際しては、負荷設備に対する電力供給を損なうことなくいかに設備の切換えを行うかが重要なポイントとなる。リニューアルによる新しい受変電設備の設置場所が既設の受変電設備と別な場所であるときは比較的容易である。しかし、既設の変電所のスペース内でリニューアルを実施する場合は、十分な調査と停電切換え工事計画が必要である。図5に同一場所における受変電設備のリニューアル実施例を過程を追って示す。この例では、屋外の引込み架空線と鉄構は既設のものをそのまま流用している。停電が必要な切換え工事は工場の夏休みなどを利用して行



(a)リニューアル前



(b)リニューアル中



(c)リニューアル後

図5. 66 kV 受変電設備のリニューアル実施例 スペースが約 1/2 に縮小された。

Renewal of 66 kV substation

うが、一度にはできないので何回かに分けて実施した。リニューアル後は最終的に変電所のスペースの縮小化を実現し、空いたスペースは他の施設に利用する。

予算やスペースの関係からどうしても全面的にリニューアルできない場合は、部分的に機器を新しいものにリプレ

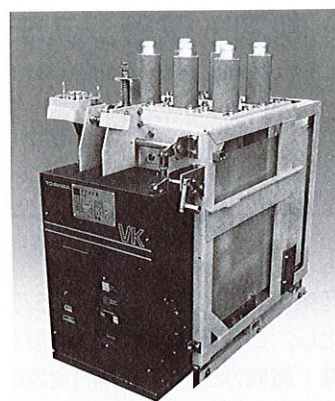


図6. レトロフィット型 VCB 従来の MBB の外形寸法に合わせた構造としてキュービクル側の変更をなくした。

Retrofit type VCB

ースすることがある。油入遮断器 (OCB)、空気遮断器 (ABB)、マグネプラスト遮断器 (MBB) などの古いタイプの遮断器については、技術者の確保、部品供給の困難な状況であることから更新に際しては VCB、ガス遮断器 (GCB) を採用する。スイッチギヤにおいて遮断器の外形寸法が違う場合でも、図6のように主回路部分は改造する必要がなく、遮断器を入れ替えるだけでよいレトロフィット型 VCB も用意されている。

6 あとがき

最近の産業用受変電システム・機器の技術動向について納入例を引用しながら紹介した。今後も電力の安定供給を最重点課題として、安全で使いやすく環境と調和した受変電システム・機器の提供をしていく所存である。



山下 泉 Izumi Yamashita

電機システム事業部産業電力システム技術部主幹。
産業用受変電システムのエンジニアリング業務に従事。
Industrial Automation Systems Div.



辻 良夫 Yoshio Tsuji

電機システム事業部産業電力システム技術部主査。
産業用受変電システムのエンジニアリング業務に従事。
Industrial Automation Systems Div.