

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.72 No.7

特集 “受配電システム”

'98 **7**



特集 “受配電システム”

目次

特集論文

受配電システム特集に寄せて 横 浩平	1
受配電システムの現状と展望 富澤幸一・山田賢治・池守 正・福智 正	2
電力の信頼性と品質	
電力の信頼性と品質～高調波対策(アクティブフィルタ) 小笠原康司	6
電力の信頼性と品質～無停電電源システム 野川智章	10
電力の信頼性と品質～耐震技術 細谷充造	14
電力の効率運用	
電力の効率運用～コジェネレーションシステム 増元茂喜	18
電力の効率運用～氷蓄熱空調システム 小松正樹	22
省人システム	
省人システム～受配電設備運転支援システム及び統合型自動検針システム 宇野正嘉・春名 治・石井 睦	25
省人システム～受配電保全支援システム 城ヶ崎 亨・高橋正芳	31
省人システム～保守省力化機器 小林 稔・野尻秀夫・中谷一三・松川公映・十鳥 洋	35
省エネルギー	
省エネルギー～エネルギー監視制御システム 川口眞由・友田雅雄・丹重憲治・鈴木健司・岩坪幸喜	39
省エネルギー～MDUブレーカを使った電路監視システム 石井和宏・土本雄二・根本光広・山崎晴彦・金高修子	45
省エネルギー～アクティブコンデンサ 小笠原康司	48
サポート技術	
サポート技術～伝送技術 佐々木文夫・金藤 悟・大西宏明・渡辺秀隆	52
サポート技術～デジタル技術 野間元暢・小林哲治・宮内俊彦・橋本 正・岡 聡史	58
サポート技術～ガス絶縁機器 植主雅史・吉田 暁・有岡正博・沼田伸一	64
サポート技術～最新機器・最新技術 山田賢治・石川雅廣・松本正市・平野大寿・奥野満晴・山崎晴彦	70
特許と新案	
「配電機器制御監視装置」「閉鎖配電盤」	75
「信号伝送装置」	76
スポットライト	
ばね操作真空遮断器 “VF-32C/40Cシリーズ”	74
スイッチギヤ用保護装置MP11形マルチリレー	(表3)

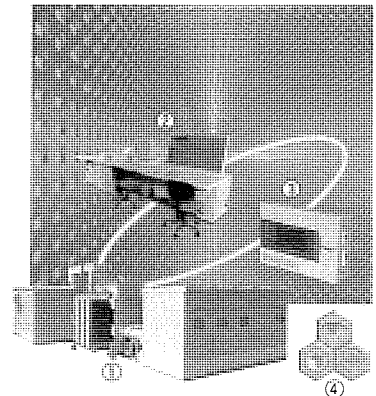
表紙

受配電システムを構成する製品群

受配電システムは、製造業、情報、通信、金融、交通、サービスなど電気を利用するすべての分野において、なくてはならないものとなっている。

三菱電機株は、長年の実績に基づいた生産技術と最新の技術を駆使し、21世紀にふさわしい受配電システムを提供している。

表紙は、受配電システムを構成する60/70kVキュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS:写真①)、受配電監視制御装置(MELSAS:写真②)、デジタルマルチ保護リレー(MP-11:写真③)がネットワークで相互に結ばれていることを示す。また、ロゴマーク(写真④)は、受配電システムの構成要素を人間に例え、体(機器)、目(センサ)、頭脳(システム)が一体となって受配電システムを形成していることを表している。



環境マネジメントISO14001登録工場

	受配電システム事業所	福山製作所
登録番号	EC97J1211	EC97J1128
登録年月日	1998年3月9日	1997年11月26日

受配電システム特集に寄せて

電気は、製造業・情報・通信・金融・交通・サービスなど公共分野・民間分野を問わず、あらゆる場面で利用され、社会と人間生活にはなくてはならない存在である。一方、生活や社会活動に余りにも密接な関係となっているため、ほとんどの場合、電気の存在を意識せずにその利便さを享受しているのも事実である。

情報・通信技術を媒体とした経済活動は一企業を国の単位へ、更に世界的なものへとというようにグローバル化してきており、そのシステムも、より一層高度に、また巨大化と分散化が図られていくと予想される。各種インフラストラクチャについてもこれと相応し、信頼性と経済性を兼ね備えたものへと進展し、ここにおいては、デジタル応用技術の範囲が一層拡大すると予想できる。

このような社会状況の中にあって、電力送電網から電気を実際の負荷へ分配する需要家設備、いわゆる受配電設備も、24時間運転等の高信頼性の要求や省エネルギー・省資源・設備保全という形の中で一層の高度化を求められている。

受配電設備を構成するハードウェアについては、最新の絶縁技術や解析技術などを素早く製品に具現化できる環境が備わってきており、現在生産している設備と10年前の設備を比べると小型・軽量化の面で大きな変革が見られる。

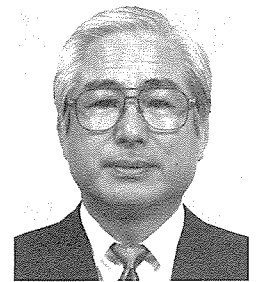
受配電設備をより高度にシステム化する動きは、21世紀を前にしたこの2、3年、特に情報化という環境の中で大きく変化してきており、単なる機器の集合体から一つの有機体としての受配電システムへ脱皮しようとしている。

この特集では、以上のような受配電システムの動向を信頼性・効率運用・省人・省エネルギーという四つの切り口に分けて紹介するとともに、それらをサポートする伝送・デジタル・ガス絶縁といった要素技術についても併せて紹介する。

特に省人化システムの中で受配電総合監視制御システム“MELSAS”や高圧ケーブル常時絶縁監視に代表される受配電保全支援システム“MELSAFE”は、当社がいちはやく受配電設備を受配電システムと位置付け、様々な顧客へ納入しているシステムである。これらのシステムは、顧客の実運用上からの要望と次に示す各要素技術を融合して生み出したユーザーオリエンテッドの製品である。

常務取締役
電力工業システム事業本部長

横 浩平



- Factory Automationの世界で信頼を得ている高速バス“MELSECNET”と15年以上の実績のある低速バス(CDL)を組み合わせて、受配電の運用にマッチさせた伝送技術
- ローカル局にシーケンサを採用した分散処理形の情報処理技術
- 長年培った受配電設備の保全技術や運用技術を応用した各種故障予知センサと運用ソフトウェア

また、現在市場の好評価を得ている照明制御システムや省エネルギーシステム等のユーティリティ監視制御システムも、受配電システムの一環として紹介したい。

さらに、これらのシステムを構成する伝送技術や複数機能の統合化技術の採用によってコンパクト化を図った機器技術についてもこの特集で紹介する。アナログ計測表示機能付きノーヒューズブレーカ(MDU)、及び保護・表示・スイッチング・伝送の複合機能を一つのCPUで実現させたマルチ機能保護継電器(MP-11)はその一例である。

受配電システムの機器製造とシステムを効率良く組み合わせるため、当社は1997年6月、従来77kV以下の開閉器製作工場であった丸亀製作所を新たに受配電システム事業所として再編するとともに、エンジニアリング部門の強化を行った。

受配電システム事業所では、あらゆるプラント・工場及びビルなどの受配電システムを計画から製造・納入・アフターサービスまでを担当し、お客様とともにお客様のニーズに合致した受配電システムを構築するエンジニアリングセンターとしての役割を担っている。

受配電システムは、これを構成する電気機器、電子化した周辺機器、監視・制御のコンピュータ化とそれに接続する伝送装置、さらにこれらを有機的・効率的にアレンジするエンジニアリングが一体となって、単なる機器の集合体ではなく、環境に配慮し人の生活を豊かにする力強い一つのシステムとして進化し始めている。

当社は21世紀に向けてグローバルな社会に貢献する受配電システムの構築を目指しており、より一層のご支援をお願いしたい。

受配電システムの現状と展望

富澤幸一* 福智 正+
山田賢治**
池守 正***

要 旨

受配電設備の発展は各種法令の整備された1950年代から始まり、高度経済成長、石油ショック、バブル景気を経て今日に至っている。'90年代に入り、計測・監視・制御は、ハードウェアが小型計算機とデータ伝送の組合せに置き換わると同時に、情報管理の機能を付加した形で発展し、受配電設備とそれらを包括して受配電システムと呼ばれるようになった。

受配電システムは、各々の時代において様々な社会状況の影響を受けて進歩してきた。現在は特に高調波抑制、耐震設計、温暖化対策等がクローズアップされ、その進むべき方向の検討と製品化が行われている。

21世紀に向けて受配電システムに求められるニーズは

“電力供給の信頼性向上”“省エネルギー”“省人”“省資源・地球温暖化防止”に大別される。この特集で紹介するアクティブコンデンサ、多機能電力補償装置(MPS)、コジェネレーションシステム、氷蓄熱システム、照明制御システム、エネルギー監視制御システム、受配電監視制御システム(MELSAS)、受配電保全支援システム(MELSAFE)はこれらのニーズにこたえるものであり、今後急速に普及していくと考えられる。

一方、負荷の重要度や経済性等を勘案して多様化するシステムを最適な組合せとするシステムエンジニアリング手法は高度化と汎用性が重要であり、これを含めた受配電システムの更なる進展が期待されている。



受配電監視制御システム(MELSAS)

受配電システム及び周辺ユーティリティの計測・監視・制御を目的とした専用システムである。MELSASは、CRT、ミニグラフィックパネル、プリンタで構成される親局と、シーケンサ、タッチパネル、ミニプリンタで構成される子局及びローカル機器内の専用端末で全体が形成される。親局-子局間的高速バスと子局-ローカル間の低速バスを組み合わせ、受配電システムにマッチした分散処理形システムである。

1. ま え が き

一般的な汎例として、需要家の受配電設備は、図1に示すような系統図で表される。この設備は電力会社の送電線によって電力を受ける受電点から需要家の動力負荷へ送り出す配電端までを範囲とし、受電点の電圧は契約電力の大小に応じて特別高圧から低圧に分かれる。受電部、降圧部、配電部、及び計測・監視・制御を行う制御部が受配電設備を構成する主要機器であり、これに非常用発電機やバッテリーなどが加わる。

このような受配電設備も時代とともに様々な変遷や技術革新を経て今日に至っており、特に最近では、電力系に対する健全性、運用・操作・保守に関する機能が総合監視システムという形で小型計算機を用いた制御部に付加され、それらを包括して全体を受配電システムと呼ぶようになった。

本稿では、受配電設備から受配電システムへの流れを社会状況との関連で説明し、併せて受配電システムの現状と将来展望について述べる。

2. 受配電システムの歩み

需要家の受配電設備の発展は、電気工作物規定等が整備された'50年代から始まる。社会的なニーズと環境の変化、技術の進歩による新たな製品の出現、及び各種規定・法令の施行、これらが相互に関連しながら発展し、現在の受配電システムが形成されてきた。図2は'50年代以降の受配電設備の技術の発展と社会の動きを表し、年代を追ってその過程を説明する。

(1) '60年代

高度経済成長によって受配電設備の新設が急増し、'64年電気事業法の施行及び'65年電気設備の技術基準制定につながる。ガス絶縁変電所(GIS)と真空遮断器(VCB)の生産が開始され、絶縁・消弧の技術革新が大きく進展した。

(2) '70年代

第一次・第二次石油ショックによって電力消費の見直しが求められ、コジェネレーションシステムの導入、夜間電力の活用、及び太陽電池・燃料電池・風力発電など新エネルギーの開発が検討された。この動きは「系統連系技術要件ガイドライン」及び「分散型電源系統連系技術指針」など、需要家の電力システムに関する指標の整備を通して今日に至っている。高圧遮断器はOCB、MBBに代わりVCBが主流となり、保守省力形機器の開発や、前面操作・前面保守形キュービクルのように保守の容易な機器が開発された。

(3) '80~'90年代

土地の高騰により、従来よりも一層省スペース機器が求められ、ガス絶縁機器や薄形機器によってコンパクト化が図られた。電算センターやインテリジェントビルは情報・

通信の基地として24時間稼働が求められ、動力源との接点である受配電設備は信頼性の高いデータ送信と小型計算機を用いてそれ自身もインテリジェント化し、受配電システムという概念が'90年代に入って形成された。

このような、技術の革新と環境の変化に呼応し、'95年に30年ぶりに電気事業法が大幅に改正された。「適正な電源配置等を目的とした発電事業の規制緩和」「負荷の平準化等を目的とした料金制度の緩和」「自己責任原則等をベース

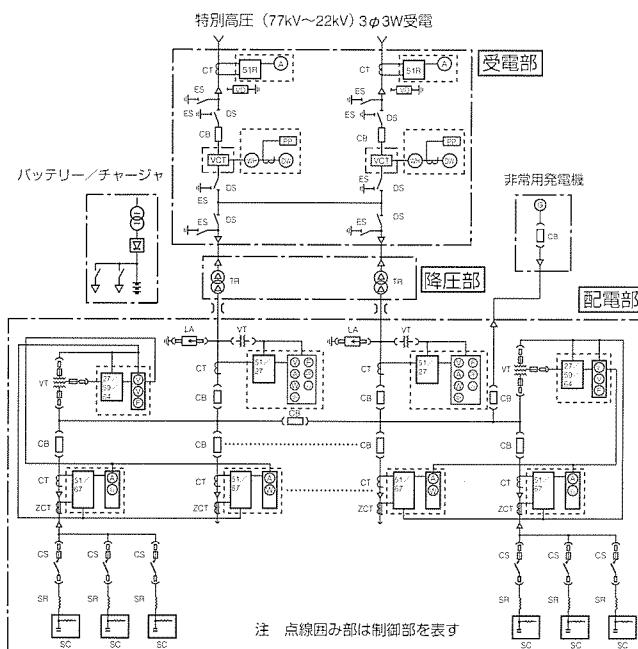


図1. 受配電システム単線接続図

受配電システムの技術の発展	社会の動き
<ul style="list-style-type: none"> ●キュービクル実用化 ●不燃性油 (PCB) 入り変圧器生産開始 	<p>1950年代</p> <ul style="list-style-type: none"> ●サンフランシスコ講和条約 ●日本IMF加盟 ●日本ガット加盟
<ul style="list-style-type: none"> ●電気工作物規定 ●GCB登場 ●変圧器鉄心に方向性けい素鋼帯導入 ●ICの開発 	<p>●日本国際連合加盟</p> <p>●OECD発足</p>
<ul style="list-style-type: none"> ●電気事業法 ●電気設備技術基準 ●ガス絶縁変圧器生産開始 	<p>1960年代</p> <ul style="list-style-type: none"> ●東京オリンピック開催 ●ケネディラウンド交渉妥結
<ul style="list-style-type: none"> ●VCB登場 ●GIS実用化 ●DRAM開発 ●PCB油使用禁止 ●モールド変圧器生産開始 	<p>●ニクソンショック</p>
<ul style="list-style-type: none"> ●液晶大量生産 ●酸化亜鉛形LA登場 ●デジタル形汎用リレー登場 	<p>1970年代</p> <ul style="list-style-type: none"> ●円変動相場制へ移行 ●第一次石油ショック
<ul style="list-style-type: none"> ●系統連系技術要件ガイドライン ●高温超電導ファイバー 	<p>1980年代</p> <ul style="list-style-type: none"> ●第二次石油ショック ●オベック原油価格値下げ ●プラザ合意
<ul style="list-style-type: none"> ●分散形系統連系技術指針 ●電気事業法改定 	<p>●バブル崩壊</p> <p>●ソビエト連邦崩壊</p> <p>●地球サミット</p> <p>1990年代</p> <ul style="list-style-type: none"> ●阪神・淡路大震災 ●第3回気候変動枠組条約締結国会議 (COP3)

図2. 技術の進歩と社会の動き

とした保守規制の緩和」の三つを柱とした今回の改正は、21世紀の電力事情を先取りした形になっている。受配電システムも、今後は、新電気事業法に基づいて更に発展していくものと考えられる。

3. 受配電システムの現状と動向

この章では、受配電システムの現状について、前章の新電気事業法を反映する項目、及び公共性又は環境的側面から求められる主要項目について記述し、さらに、それらの今後の動向を説明する。

(1) 受配電システムの自動化とデジタル技術

'90年代に入り、計測・監視・制御はハードウェアが小型計算機とデータ伝送の組合せに置き換わり、各種ロジックの自動化とともに情報管理の機能を付加することができ、デジタル化が急速に発展した。高速化・高信頼度化したデジタル技術は、従来オフライン分析や中央計算機でも行っていた各種データ処理に加え、高調波分析や高圧ケーブル絶縁監視等もオンラインで分散処理することを可能にした。特に保守情報の収集・分析が簡易になったことにより、保守要員の効率化が促進されている。さらに、デジタル技術の発達は、制御ケーブルの削減や建設期間の短縮といったトータルコストの削減効果ももたらし、今後更に受配電システムの発展に貢献する。

(2) 高調波抑制対策

パワーエレクトロニクス製品の普及は、可変速用インバータ、UPS製品として需要家の電気系統の中で多用化されるとともに、電源ひずみの一因となった。需要家から流出する高調波を抑制するため「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」が'94年に策定され、需要家側から流出する高調波の総合電圧ひずみ率は6.6kV受電で5%、特別高圧受電で3%以下に抑制・維持するように定められた。この対策手段は、多パルス形の整流器を使用したり、低ノイズ型を採用する等で高調波自体の発生を防ぐ方法、パッシブフィルタやアクティブフィルタを設置して高調波を需要家内で吸収する方法がある。

進相コンデンサは、直列リアクトルの容量%値を6%から8%、13%にするなど、高調波自体の吸収を避ける対策として各需要家で採られてきた。しかし、進相コンデンサでの吸収率が減少する分は送配電線への流出増となり、需要家側で吸収する手段が求められ、6%リアクトルで吸収耐量の大きい進相コンデンサの規格化が進められている。機器保全の有力手段は力率改善自体をアクティブコンデンサやMPSで行い、高調波の影響を受けなくする方法が有効であり、今後急速に普及していくものと考えられる。

(3) 耐震

'95年1月に発生した阪神・淡路大震災は、受配電設備を受配電システムと考える一つの契機となった。震災後の

設備点検の結果、一部(変圧器の防振付き固定方法や蓄電池の垂直耐震強度等)を除き、受配電設備機器は'78年の宮城県沖地震後に制定された「変電所における電気設備の耐震対策指針(JEAG5003-1980)」の耐震設計基準で十分継続使用に耐えることが実証された。

しかし、電力配電網の寸断、発電機の燃料配管や冷却水配管の破損により、需要家に電気を供給する設備としての機能が喪失するケースが発生した。各々の機器の耐震設計とは別に、電力の継続供給を系統的に考慮するシステムエンジニアリングの必要性が求められている。

具体事例として、各々の需要家が単独で最低限の機能獲得を行うことを目的とし、非常時の電源として太陽電池の採用や、空冷式非常用発電機への転換などがある。

(4) SF₆ガス

SF₆ガスは、絶縁・消弧・冷却性能に優れ、しかも化学的に安定であり、人体に無害ということで、電力機器の材料媒体としては現在不可欠なものである。しかし、SF₆ガスは分子量が大きく地球上での寿命が長いため、使用量そのものは少ないが、「気候変動枠組条約第3回締結国会議(COP3)」の排出抑制対象となった。現在、代替ガスについて様々な取組がなされているが、決め手となるポストSF₆ガスは実現していない。

現在、電気機器の増設・廃却時に大気への放出を低減し、SF₆ガスの回収率と再利用率を高める方法が環境対策として採られ、法規制化と平行して、回収率の高く簡易操作の回収機が実用化されてきている。

4. 受配電システムの将来展望

図3に、今後の社会的変化とニーズを予測し、これに対する受配電システムの具体的な動向を示した。社会的なニーズは、電力の品質確保も含めた信頼性向上、省エネルギー、省人、省資源・温暖化防止の4項目に分類される。

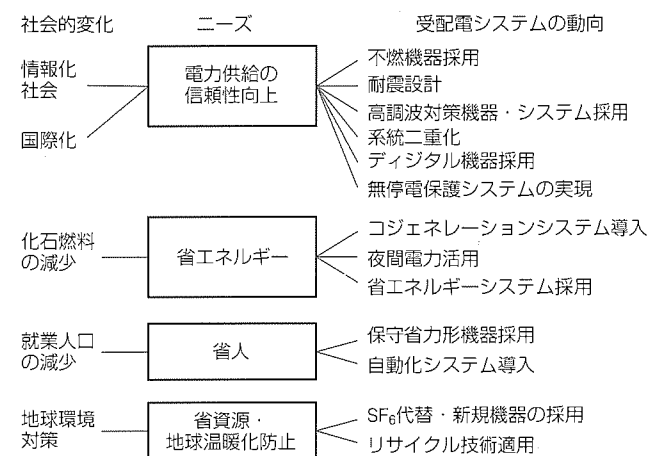


図3. 受配電システムの動向

(1) 電力供給の信頼性向上

機器本体の品質向上、不燃機器の採用、耐震設計機器の採用、高調波対策、設計裕度のアップ、非常時の復旧時間の短縮は、電力供給信頼性の向上に対する基本事項である。

機器自体の信頼度向上は生産方式と設備の高度化によって今後も進展していくが、この一方で、負荷の需要度、経済性、設備としての信頼性を総合的に判断する新たなシステム用のデジタル機器とコンピュータの出現により、システムエンジニアリング手法とシステム製品は、今後急速に発展していくと考えられる。配電網や制御系統の二重化、電源側と負荷側を連成系として制御するロードシェーディングやシェアリングなどは、小型計算機とPLC(Programmable Logic Controller)の組合せにより、受配電システムの制御系の一部として組み込まれるようになる。このような分散処理化は、同時に、上位DCS(Distribution Control System)と高速伝送によってリンケージし、負荷情報・経済情報・判断基準情報が上位系に向けて付加され、プラントトータル運転管理の合理化と信頼性の向上を進展させる。

新たな電力配電方式として、電力供給における無停電保護システムの出現が見込まれる。これは、超短時間に事故検出と遮断を行うことによって高圧限流を実現し、無停電系統切換えを達成する新システムである。

(2) 省エネルギー

電力を効率良く運用することは、需要家にとって経済的であるばかりでなく、地球的視野においても省エネルギーとして重要なファクタである。

受配電設備機器における省エネルギーは、高効率変圧器の採用、高効率モータの採用、デジタル機器等の小勢力機器の採用によって直接的な効果が上げられる。

受配電システムは電源系ユーティリティの管理機能を包含することができ、熱源の効率的運用を図ったコジェネレーション発電や夜間電力活用の氷蓄熱システムは、AI(Artificial Intelligence)機能を持ったトータルエネルギー監視制御システムとの併用によって最高効率を得られ、今後拡大していくものと考えられる(図4)。

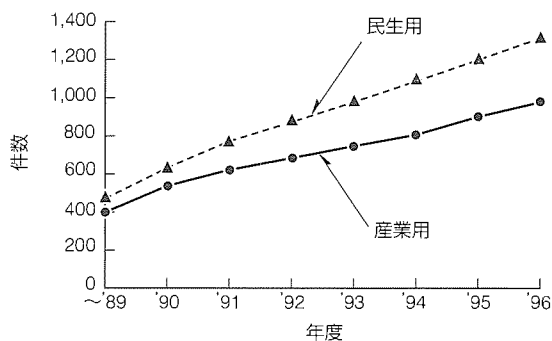


図4. コジェネレーションの導入件数

負荷消費側の省エネルギー用として照明制御システムや高低圧用アクティブコンデンサは、単独システムとして、経済性と有用性が評価されてきている。

(3) 省人

就業人口の減少に伴い、省人化対策がますます重要な課題となっている。運転・保守の業務を定型的な業務と人が判断する業務に分類し、その定型業務を自動化することによって省人と要員の非専門化が図れる。当社のMELSASやMELSAFEは、定型業務の自動化と危険作業の遠隔管理を目的に、計算機とデータ伝送の複合化によってシステム構築している。

機器の保守そのものをなくしたり少なくする保守省力機器の採用も、安全確保と省人化に対する効果大きい。遮断器の保守省力機構や、主回路の保守を不要としたガス絶縁機器の採用は、これにこたえるものである。

このほか、今後は人が判断する業務分野においても、ニューロ、ファジー、エキスパートといったAI技術を応用した自動化が進展する。

(4) 省資源・地球温暖化防止

地球環境対策として、資源の有効活用と地球温暖化防止が求められる。SF₆ガスや絶縁油の回収と精製再利用は計画的に拡大され、他の物質についても今後検討が進められるものと考えられる。脱SF₆ガス対策として、主回路部と遮断部を真空容器内に一括して封じ込め、消弧・絶縁の複合機能を持たせた新たな開閉装置の開発も進められており、今後このような製品化が見込まれる。一方、省資源の面では、製品環境アセスメントへの適用がISO14001認証取得の普及とともに浸透してきており、製品開発時の必ず(須)項目として今後は一層具体化されることになる。

5. む す び

受配電システムを構成する機器は絶縁・消弧・機構・材料・加工等の技術の進歩によって小型化し、製造・検査・解析技術の進展と品質に対する組織的な仕組み作りによって信頼性の向上を図ってきた。デジタル技術を強電の分野に組み込むことにより、従来の受配電設備をシステム化へ急速に押し上げ、高度に進化してきている。

今、これらを有機的なシステムとして機能させ、顧客のニーズや社会的な責務とのマッチングを図る広義なシステムエンジニアリングが必要とされている。当社の掲げる受配電システムエンジニアリングの基本的な姿勢は、

- 運転・保守員の安全を第一に考慮した設備
- 地球的視野において考慮された設備
- 機械と人の役割を明確にした設備

であり、より一層高度な理論的裏付けを21世紀に向けて着実に確立させ、顧客の要求にこたえていく所存である。

電力の信頼性と品質 ～高調波対策(アクティブフィルタ)

小笠原康司*

要旨

近年のパワーエレクトロニクス技術の急速な進歩により、インバータ応用機器が幅広い分野に利用され、省エネルギー化に大きく寄与している。その反面、これらの機器からは電気の公害とも言える高調波電流が発生する。

このような背景から「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン」が制定され、インバータ機器類を多数設置する需要家では、高調波抑制対策機器としてのアクティブフィルタが注目を浴びている。

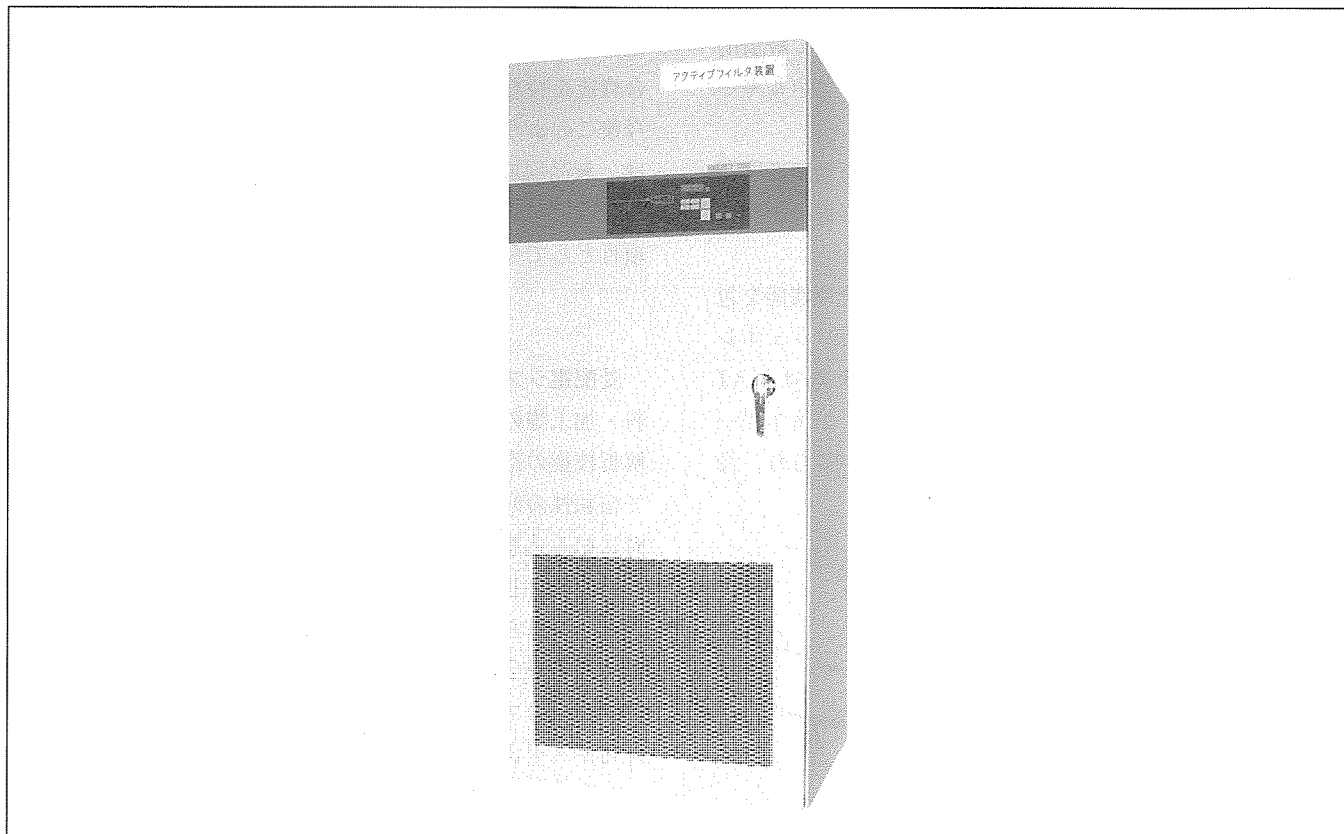
アクティブフィルタには、

- 高速応答性を備えたIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)素子を用いたインバータにより、様々

な高調波を一気に抑制できる。

- IGBT素子の採用による小型化で、省スペース・低騒音化を実現できる。
- 電源系統の変更に対して、アクティブフィルタは設備特性変更の必要がない。
- 高調波電流の増大に対して、アクティブフィルタは過負荷になることはない。

など、従来のL-Cフィルタ(パッシブフィルタ)にはない優れた特長を持ち、一般製造業以外にもテナントビルや劇場(ホール)への適用も行われ、高調波対策の有効な手段となっている



MELACT-1100H 100kVA

高次高調波補償を目的としたアクティブフィルタの外観である。
三相200V系仕様で、横幅700mm、奥行き735mm、高さ1,900mmである。

1. ま え が き

近年のパワーエレクトロニクス技術の急速な進歩により、インバータ応用機器がエレベーター等の産業用機器からOA機器や家庭用機器に至るまで幅広く利用され、省エネルギー化、機器の制御性の向上に大きく寄与している。その反面、これらの機器から発生する電気の公害とも言える高調波電流により、電力系統に接続された他の機器への悪影響がクローズアップされてきた。

このような背景から、1994年10月には「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン(以下「ガイドライン」という。)」が制定された。このガイドラインは高調波流出電流上限値を契約電力に比例する値で管理するものとなっており、インバータ機器類を多数設置する需要家では、何らかの高調波対策を実施することが求められる。

従来から高調波対策機器として一般にL-Cの共振特性を利用したパッシブフィルタ(以下「L-Cフィルタ」という。)が用いられてきたが、電源インピーダンスや負荷条件にフィルタ特性が左右され、電源側リアクタンスとの反共振現象によって高調波の拡大が生じる場合があった。アクティブフィルタは、従来のL-Cフィルタのような共振現象を利用していないため、前述のような問題が発生せず、常に最適な高調波吸収特性が得られる特長がある。

当社のアクティブフィルタシリーズは、50~1,200kVAで25次までの高次高調波補償を目的としたMELACT-1100Hシリーズと、300kVA以上の大容量で13次程度までの高調波補償を目的としたMELACT-1100Lシリーズをラインアップしている。

2. アクティブフィルタの基本動作

図1に、アクティブフィルタを接続した回路図と動作波形を示す。アクティブフィルタは、補償対象負荷と並列に

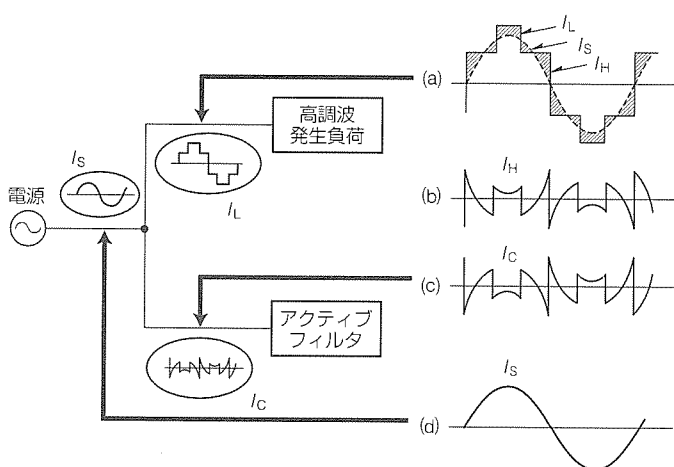


図1. アクティブフィルタの接続方式と動作波形

接続され、電源側の高調波電流を相殺するように作用する。動作波形は、整流器負荷を想定した場合のものを示したものである。図の(a)に示す負荷電流 I_L は基本波成分 I_S (図の点線波形)と高調波成分(図の斜線部)に分離でき、高調波成分は図(b)に示す波形 I_H となる。アクティブフィルタは高調波成分 I_H と逆位相の電流 I_C を図(c)のように制御するため、 I_H は I_C によって相殺され、電源側では図(d)に示すように基本波成分のみの正弦波電流 I_S とすることができる。

図2にアクティブフィルタの主回路構成を示す。インバータ部は主回路素子としてIGBTモジュールを用いた電圧型インバータで構成され、瞬時電流比較を用いた高周波PWM(Pulse-Width Modulation)制御によって負荷電流に高速追従が可能である。IGBTモジュールも、圧倒的な評価を受けている当社の高性能・低損失第三代素子を採用している。インバータは交流電圧 E_1 を発生する電圧源とみなすことができ、リアクトルを介して電源系統と接続されるので、アクティブフィルタに流れる電流 I_A は、電源電圧 E_S とインバータ出力電圧 E_1 との差電圧で決まることになり、次式で表現できる。ただし、 X は図2に示すリアクトルのインピーダンスを示す。

$$I_A = \frac{E_S - E_1}{X} \dots\dots\dots (1)$$

したがって、インバータの出力電圧 E_1 を調整することにより、次に示すようなモードの特性を出すことができる。

- (1) 無負荷モード
 $\dot{E}_S = \dot{E}_1$ とすることによって $I_A = 0$ となる。
- (2) 進相電流制御モード
 \dot{E}_S と \dot{E}_1 を同位相かつ $E_S < E_1$ とすることによって I_A は進相電流となり、進相電流制御が可能となる。
- (3) 遅相電流制御モード
 \dot{E}_S と \dot{E}_1 を同位相かつ $E_S > E_1$ とすることによって I_A は遅相電流となり、遅相電流制御が可能となる。
- (4) (高調波+進相)制御モード

\dot{E}_S と \dot{E}_1 の基本波成分を同位相で $E_S < E_1$ とし、かつ E_1 には高調波成分を持たせることにより、 I_A は進相電流+高調波電流となり、進相電流制御と高調波電流制御が可能となる。

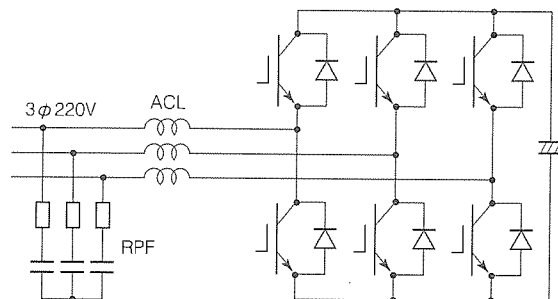


図2. アクティブフィルタの主回路構成

(5) (高調波+遅相)制御モード

\dot{E}_s と \dot{E}_i の基本波成分を同位相で $E_s > E_i$ とし、かつ E_i に高調波成分を持たせることにより、 I_A は遅相電流+高調波電流となり、遅相電流制御と高調波電流制御が可能となる。

(6) 高調波電流制御モード

\dot{E}_s と \dot{E}_i の基本波成分を位相・大きさとも等しくし、 E_i に高調波成分を持たせることにより、 I_A は高調波電流成分のみとなり、高調波電流制御が可能となる。

上記の6モードの機能を1台のアクティブフィルタに持たせることができるので、単に高調波補償装置としてだけでなく、多機能な補償装置としての活用が可能である。

3. アクティブフィルタの用途と効果

3.1 高調波補償

コンピュータ、通信機器、OA機器、空調機器、昇降機等の各種インバータ負荷などから発生する高調波電流を補償するので、進相コンデンサやリアクトルの過熱及び電源側への高調波電流の流出を抑制し、ガイドラインの基準を下回ることができる。また、L-Cフィルタと比べて高調波電流の発生次数ごとに設置する必要や高調波電流増大による過熱がなく、しかも、電源系統変更による変更の必要もないなど優れた特長を持っている。

(1) 個別フィーダ補償方式(図3)

各変圧器の低圧フィーダ単位での分散設置となるので、設置台数などが一括補償方式と比較して多くなるが、低圧側の高調波も補償できる利点がある。したがって、高調波発生負荷が特定しやすい場合はこの方式が最適である。

(2) 受電点一括補償方式(図4)

一括して設置するので、個別フィーダ方式に

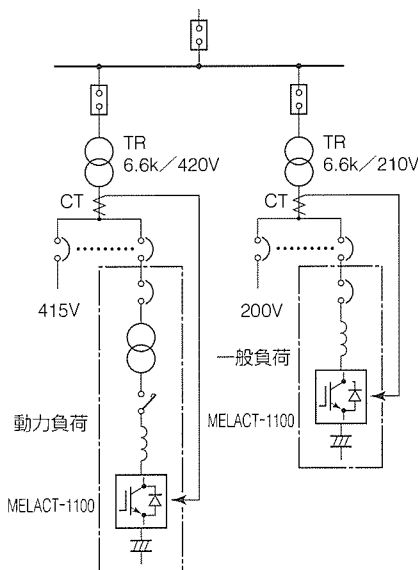


図3. 個別フィーダ補償方式

比較して設置台数が少なくなる。

低圧側での高調波の改善効果は余り期待できないが、設備全体の高調波を一括して補償するので、主に受電側への高調波電流の流出の抑制や高圧母線の高調波による電圧ひずみの抑制、及び自家発電設備への高調波の流入を抑制するときに採用される。

3.2 無効電力補償(力率改善)

進相コンデンサによる力率制御は、コンデンサバンクの

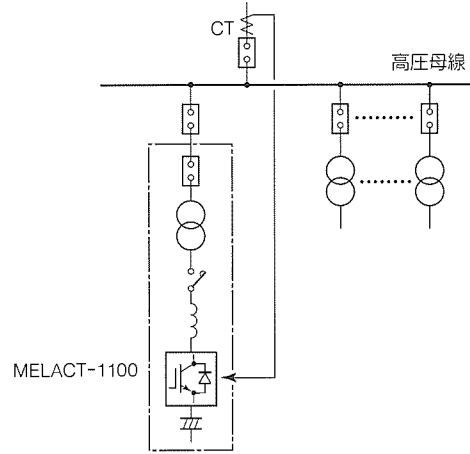


図4. 受電点一括補償方式

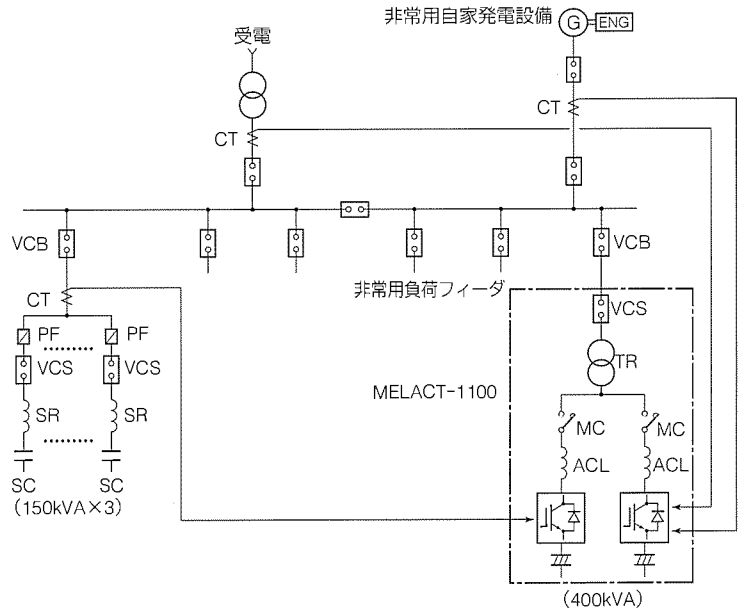


図5. 高調波補償と力率改善対策の接続方式

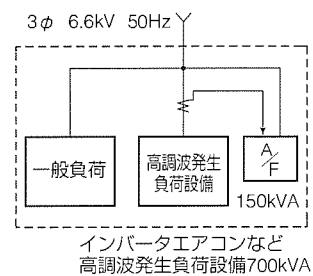


図6. 高調波補償用アクティブフィルタの設置例

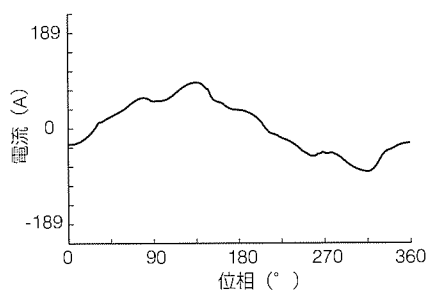


図7. アクティブフィルタ運転前の受電電流

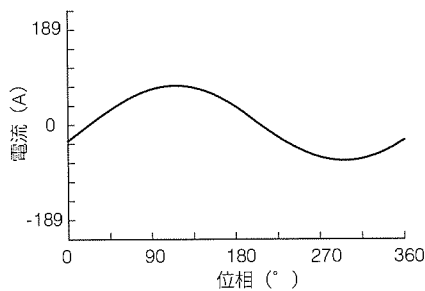


図8. アクティブフィルタ運転後の受電電流

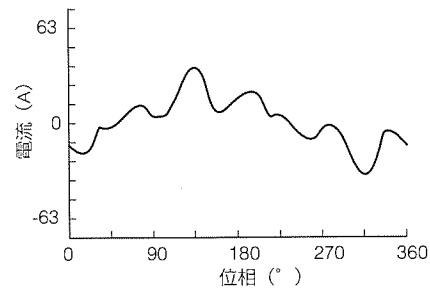


図9. 空調機負荷フィーダの負荷電流

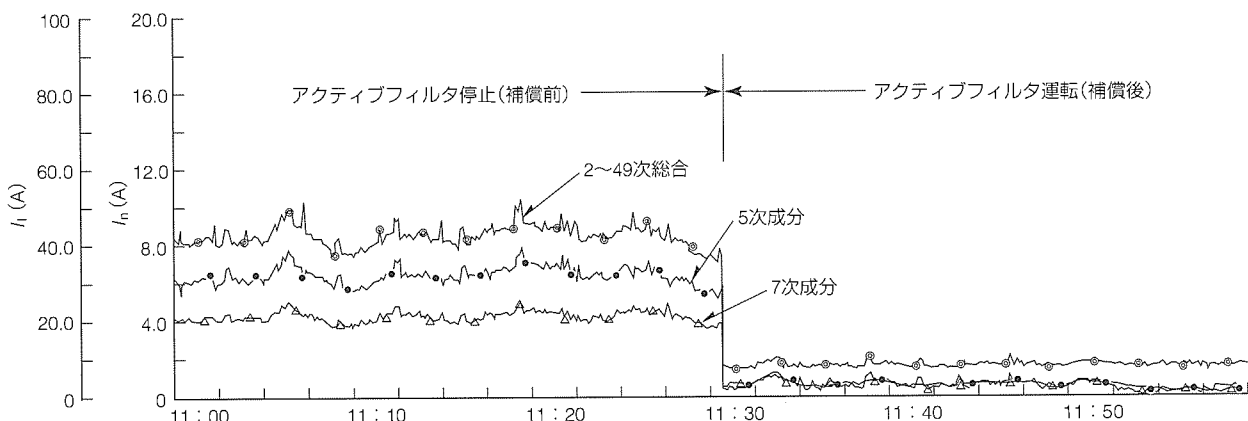


図10. アクティブフィルタ補償前後の受電電流波形改善例

投入-解列によってステップ状に無効電力を変化させるので、力率1の実現は困難であり0.98~0.97程度が一般的である。アクティブフィルタは、無効電力を進相・遅相の全範囲にわたって供給できるので、特に進相コンデンサと組み合わせることによって経済的に力率1が実現でき、電源設備容量と電力料金の大幅な低減ができる。

図5に、受電点一括補償方式による高調波対策と力率改善対策を同時に行う方式の例を示す。通常の商用電源での受電時には、受電側の高調波電流の流出を抑制するとともに、進相コンデンサとの併用によって力率1制御を行う。アクティブフィルタ容量400kVAのうち、高調波補償=300kVA、無効電力補償=100kVAとしている。この場合、無効電力は進相コンデンサ(3×150kVA)との併用によって+550~-100kVA(kvar)の範囲の連続調整ができる(進相コンデンサのみでは、0、150、300、450kVAのステップ調整)。停電時の非常用自家発電設備の運転中は、アクティブフィルタの全容量を高調波補償動作とする。

3.3 電圧変動の防止

モータの始動電流などの無効電力による電圧変動や、フリッカなどが発生する場合も高速で無効電力補償を行う。

3.4 高調波補償用アクティブフィルタの設置例

設置例を図6に示す。この例では、契約電力1,500kWの

テナントビルにおいて、空調機負荷類が約700kVA設置されており、ガイドラインを超える高調波電流の流出が予測されたため、150kVAの装置容量のアクティブフィルタを適用した。

図7~図9に、アクティブフィルタ運転前と運転後の受電電流、空調機負荷フィーダの電流波形を示す。

図7及び図8からも明らかなように、アクティブフィルタ停止時には受電電流の総合ひずみ率は16%であったが、運転によって約3%前後まで改善されている。

また、アクティブフィルタ運転前後の電流ひずみ率の連続測定データを図10に示す。空調機負荷からの流出高調波電流が1/5程度に抑制されていることが分かる。

4. むすび

以上、高調波補償用のアクティブフィルタの適用例を含めて装置の概略について述べた。

アクティブフィルタは、従来のL-Cフィルタのような高調波電流の拡大もなく、設置スペースも小さい。したがって、一般的なビルのようにインバータ負荷が多数設置されるような場合において、ビル全体として必要最小限の装置容量のアクティブフィルタの設置は、高調波問題を解決する有効な手段である。

電力の信頼性と品質～無停電電源システム

野川智章*

要旨

近年のデジタル技術、コンピュータ技術、通信ネットワーク技術の発展は目覚ましく、情報ネットワークは、インターネット、イントラネットを始めとし、中央から地方へ、企業公共設備からオフィスや一般家庭へ、さらに国内から世界へとグローバル化が現実のものとなっている。正に“情報は24時間365日眠らない”時代の到来である。

この情報通信ネットワーク社会はエレクトロニクス機器で成り立っており、その機能を連続的に維持するには高品質の電力供給が必要であり、大きな課題である。

ここでは、この課題解決のための無停電電源システムにおけるパワーエレクトロニクス最新技術を紹介する。

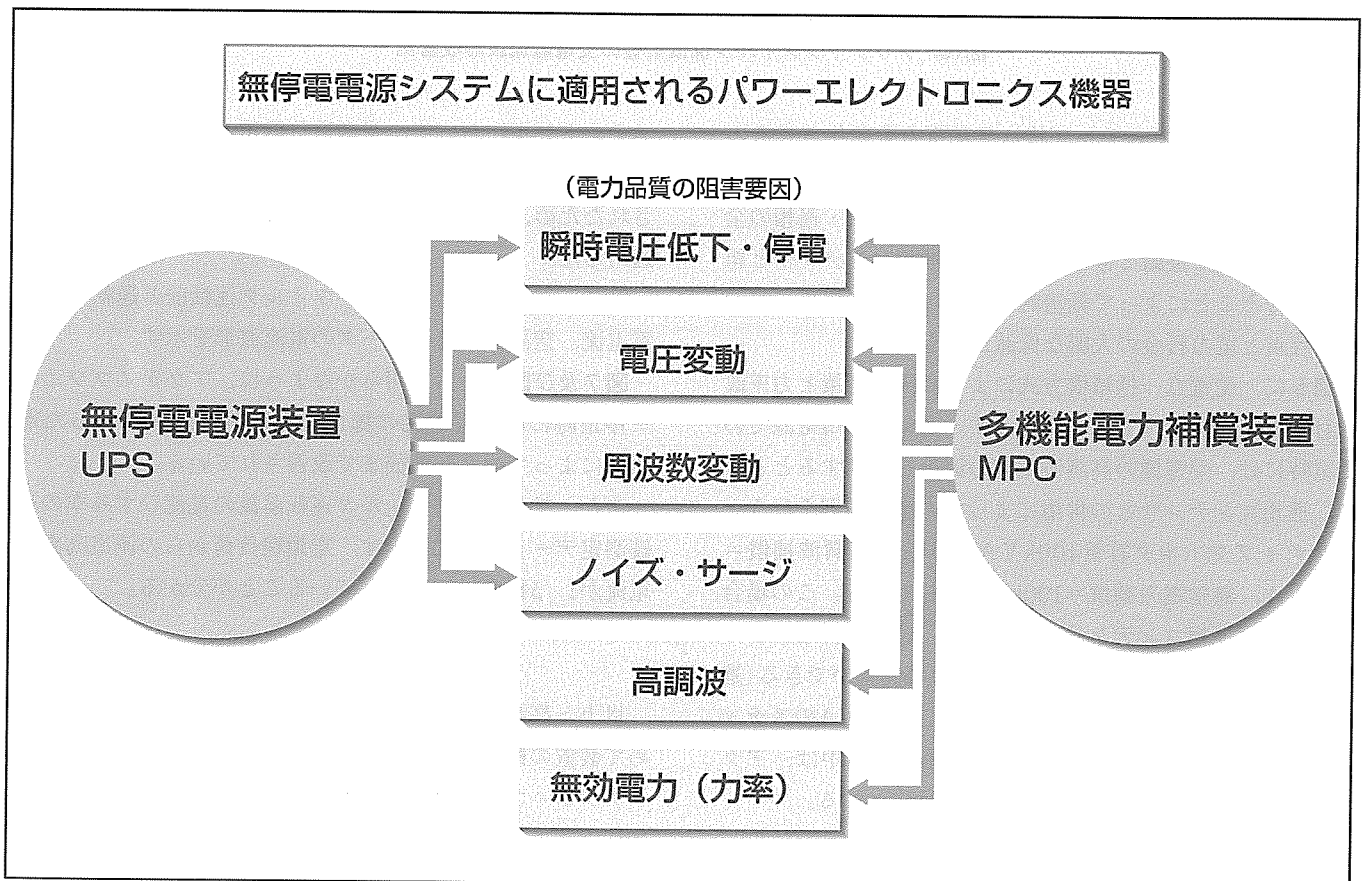
(1) 無停電電源装置(Uninterruptible Power Supply : UPS)

電力品質確保のための最も一般的な装置である“常時インバータ給電方式のUPS”における最新技術

(2) 多機能電力補償装置(Multiple Power Compensater : MPC)

常時商用給電方式のUPSに高調波補償機能と無効電力補償機能を持たせた多機能型電力補償装置

これらのパワーエレクトロニクス技術を受配電システムに適用することにより、安定した高品質の電力供給を実現する無停電電源システムを構築することができる。



無停電電源システムに適用される機器

電力品質の阻害要因とこれらに対応したパワーエレクトロニクス機器を障害対策として適用することにより、効果的な無停電電源システムを構築することができる。

1. ま え が き

無停電電源システムは一般にUPSとしてパワーエレクトロニクス技術とパワーデバイス技術の発展とともに主回路構成や制御方式に種々の方法が考案され、高効率化、信頼性・保守性・機能の向上、小型・軽量化を目的として性能の向上が図られてきている。

また、近年においては、エレクトロニクス機器から発生する電氣的な公害とも言える高調波電流による障害もクローズアップされ、これに対し通商産業省資源エネルギー庁から「高調波電流抑制対策ガイドライン」が発行され、種々の対策が施行されている。

一方、最近の社会的な課題として注目されている環境問題は、今や世界的なテーマとなっている。地球温暖化防止に向けた温暖化ガスの排出量抑制は先ごろ国際的な合意によって実施が義務付けられたところであり、今後は、石化燃料削減のための省エネルギー対策が一層注目されるものと考えられる。

したがって、無停電電源システムにおけるパワーエレクトロニクス機器についても、一層性能の向上と併せて、環境に優しい新技術が求められてくるものと考えられる。

以上を背景に、本稿では、無停電電源システムとしての代表的な「常時インバータ給電方式のUPS」におけるニーズとそれにこたえる最新技術、さらに、新技術である常時商用給電方式のUPSを基本としたMPCについて紹介する。

2. UPSに求められる機能と最新技術

UPSは、商用電源と負荷機器の間の電力変換を直流を介して行うため、停電、瞬低・瞬断のみならず、負荷側に対するノイズ対策としても極めて有効に機能する。しかし、装置単体だけでなく総合的な電源システムとしての連続給電性を高める必要があることは言うまでもない。

また、電力品質と供給信頼性を第一の要件として様々な機能がUPSに求められており、それらを実現するための最新技術を図1に示す。

2.1 UPSにおけるシステムの

高信頼化

UPS(装置単体)は多くのコンポーネントと部品の集合体であり、これら構成部品に起因する故障発生に伴

う給電停止をなくすことが第一の要件となる。

UPSの故障は、構成部品の運転時間に比例した段階的な性能の劣化や、設置環境に影響される機械的な摩耗などを引金として、予兆のない突然の停止の形で起きることが多いとされている。

故障による給電停止を救うために、UPSが故障したら直ちに予備電源へ切り換えて電源供給を継続できるようにシステムを構築することが必要となる。

UPSのシステム構成例を図2に示す。特に最近では高信頼化と併せて24時間365日連続稼働の要求が強くなり、UPSの保守点検時にも電源供給は停止できないことから、保守バイパスは必ず(須)となっている。

2.2 UPSの最新技術

高品質の電力を供給するUPSは、電力変換用半導体素子と制御方式によってその性能が大きく左右される。近年の半導体技術の進歩に伴い、UPSに使用される半導体デバイスは、高速スイッチングが可能で高耐圧・大容量化が比較的容易な素子として、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が主流となっている。さらに、IGBTのチップ性能を最大限に発揮できるように、駆動回路と保護回路をモジュール化したIPM(Intelligent Power Module)を使用することで信頼性と効率を更に向上させている。

また、これらを制御する電子回路についても、高速のマ

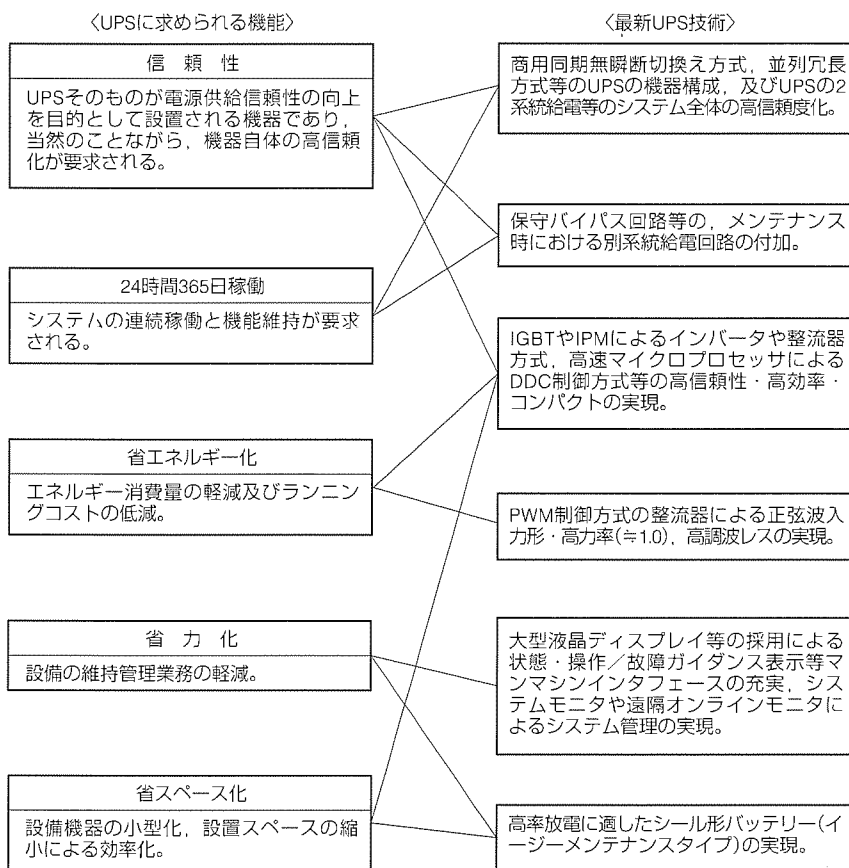
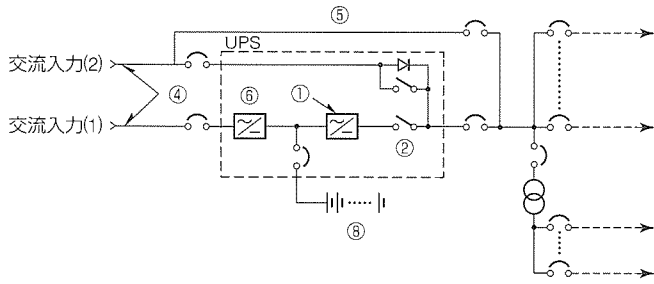
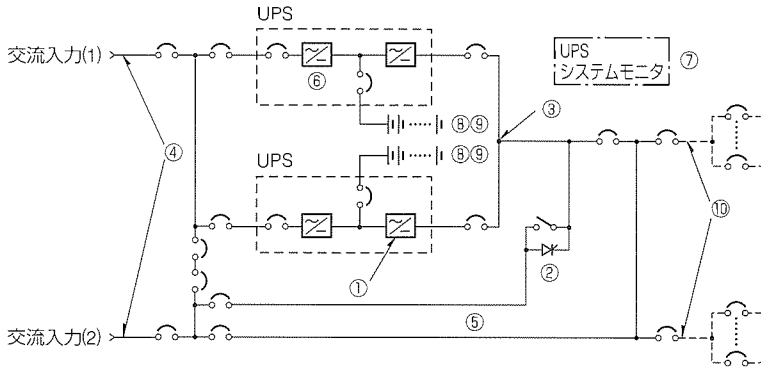


図1. UPSに求められる機能と最新技術



(a) 単機運転システム例



- ① IGBTやIPM採用による高性能インバータ
- ② 商用同期無瞬断切換え方式
- ③ 並列冗長運転方式
- ④ UPSシステムに対する2系統給電
- ⑤ 保守バイパス回路
- ⑥ PWM整流器
- ⑦ UPSシステムモニタ
- ⑧ シール形バッテリー (イーザーメンテナンスタイプ)
- ⑨ 蓄電池の各UPSごとの分散装置
- ⑩ UPS出力幹線の二重化

(b) 並列冗長運転システム(2台)の例

図2. UPSのシステム構成例

マイクロプロセッサを使用したデジタル制御方式の採用により、高機能化と高信頼性を両立させている。

(1) PWM整流器

交流電力を直流電力に変換する整流器は、従来、ダイオードやサイリスタを使用していたため、高調波電流の発生源となっていた。この高調波電流の抑制に効果的な整流器の方式としてPWM整流器方式がある。IGBT又はIPM素子を使用し、高周波スイッチングによるパルス幅制御(Pulse-Width Modulation: PWM)を行い、入力電流をひずみのない正弦波に制御し、かつ入力電圧と電流を同位相(入力力率=1.0)に制御する方式である。

さらに、PWM整流器は、起動時や停復電時に入力電流をソフトスタートさせるウォークイン機能や入力電流を設定値以内に制御するパワーデマンド機能も備え、高調波レス・低入力容量と併せて自家発電設備を含む受配電システムと容易に協調させることができる。

(2) PWMインバータ

負荷につながるインバータは、電圧ひずみ、電圧変動の少ない安定した正弦波電圧の供給が要求される。このため、高速応答制御が必要であり、整流器と同様に、IGBT又はIPM素子による高周波スイッチングのPWMによる瞬時波形制御を行う方式が主流となっている。

瞬時波形制御方式とすることで、整流器負荷(スイッチングレギュレータなどのピーク電流の大きなコンピュータ負荷)でも出力電圧は常に正弦波を保ち、さらに電圧不平衡、負荷急変(大きな負荷変動や突入電流)に対しても電圧変動はごくわずかで理想的出力特性を発揮することができる。

(3) フルDDC制御

UPS単体の信頼性を高めるには、回路を簡素化して部品点数の削減を図ることが重要となる。従来のUPS制御回路は、ディスクリートの部品を使用したアナログ回路によって構成されていた。このため構成部品が非常に多く、UPSの信頼性を決定する最も大きな要因となっていた。

現在のUPS制御回路は高速制御に適したマイクロプロセッサ、DSP(Digital Signal Processor)、ASIC(Application Specified IC)を採用した完全なDDC(Direct Digital Control)化が行われており、部品点数を大幅に削減して信頼性を飛躍的に向上させている。

3. 多機能電力補償装置(MPC)

MPCは、UPSの一方式である“パラレルプロセッシング方式”を採用している。この方式は、一つの変換回路(PWMコンバータ部)を順変換/逆変換の両方の機能を持たせることができるため、主回路構成が簡単になり、運転効率の向上を図ることができる方式である。

MPCの基本構成要素は、図3に示すように、順変換(整流器)と逆変換(インバータ)の両方の機能を持つ多機能PWMコンバータと、電源電圧の異常時(過電圧や低電圧)に回路を高速で遮断するACスイッチで構成され、これに電気エネルギーの貯蔵手段としての蓄電池を組み合わせることによって構成される。

PWMコンバータは、商用電源と並列に接続され、常時商用電源と並列運転を行っている。PWMコンバータは、商用電源との位相差を変えることにより、有効電力の授受を制御することができる。これにより、PWMコンバータは、充電部(整流器)の機能を持つことができる。また、PWMコンバータの出力電圧を変えることにより、無効電力の授受を制御し、出力の定電圧制御を行うことができる。また、PWMコンバータは、瞬時値制御により、アクティブフィルタとしても機能し、多機能化が得られる。

さらに、MPCの保守点検時にも電力を供給する必要がある場合や非常時のバイパス回路としての保守バイパス盤、及び直流電源や非常照明用電源を供給するための整流器や変圧器などを収納した出力盤を付加することにより、総合

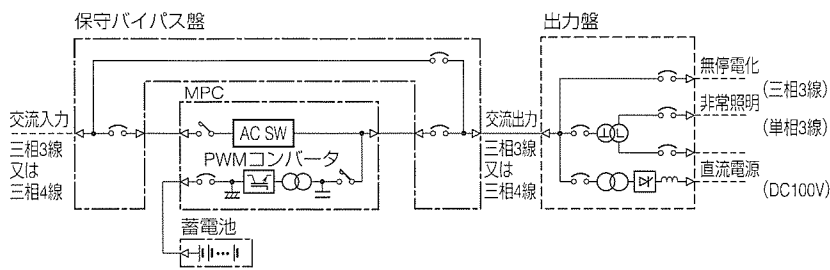


図 3. MPCの機器構成

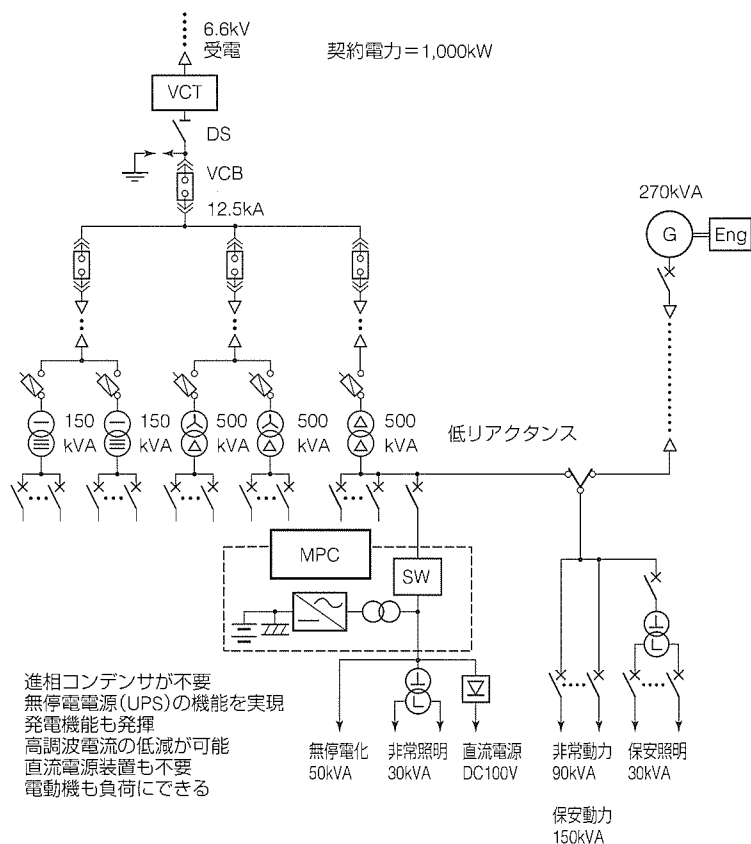


図 4. MPCの適用事例

的なMPCとして機能させることができる。

3.1 MPCの動作

通常MPCは、商用電源が健全な場合には、ACスイッチはONしており、負荷へ商用電源を供給する。このとき、多機能コンバータはアクティブフィルタとして動作させ、無効電力補償と高調波補償を行う。また、直流入力側に接続された蓄電池を充電する。

商用電源の瞬時電圧低下や停電が発生した場合には、高感度で高速の電圧異常検出回路が動作し、ACスイッチがOFFすると同時に多機能コンバータはアクティブフィルタ動作からUPS動作に切り換わり、負荷へ交流電力を無瞬断^(注1)で供給する。したがって、直流電源及び非常用負荷

(注1) 無瞬断の定義：JEM-TR186では電圧がゼロになる時間が1/4サイクル以下の場合。IEC22(CO)44では負荷側に問題がない場合。

へ交流電力の供給が可能となる。

その後、商用電源が復電すると、ACスイッチがONし、多機能コンバータはUPS動作からアクティブフィルタ動作へ切り換わり、同時に蓄電池の充電を実施し、通常の運転状態に戻る。以上がMPCの一連の動作となる。

3.2 MPCの受配電システムへの適用

MPCを使用すると、従来の受配電設備における各種の電力補償機能、無停電機能(UPS)、高調波補償機能(アクティブフィルタ)、力率改善機能(進相コンデンサ)、直流電源機能、発電機能(非常照明等の非常電源)の五つの機能をMPC 1台で発揮させることができる。また、従来UPSが苦手としていた電動機を負荷とすることもできる。

したがって、運転効率が高く省エネルギー効果によるランニングコストが低減できるとともに、設備の運転と保守が簡素化し、信頼性を向上させることができる。MPCの適用事例を図4に示す。なお、このシステムに適用される技術のうち、受電点短絡などのシビアな停電時にも2ms^(注1)以内での切り換えができる高速バックアップ技術及び常時の受電電圧に対するイミュニティ技術などについては、東京電力^(株)からのコンセプトの提案を基に委託研究として開発された技術であり、関係各位の協力を得たものである。

4. む す び

以上、無停電電源システムにおけるUPSの最新技術及び新型の電力補償装置について述べたが、今後も、市場のニーズや社会的ニーズにこたえる、より高信頼度で環境に優しい新しい電源システムの進展が継続されるものと考えられる。

参考文献

(1) Miyazaki, S., Ohshima, M., Nakamura, F., Yamamoto, Y., Tamai, S., Mori, H. : Immunity Test Results of a Quick Power Failure Detector of Uninterruptible Secondary Battery System, Proceedings of the PCC-Nagaoka, 483~488 (1997)

電力の信頼性と品質～耐震技術

細谷亮造*

要旨

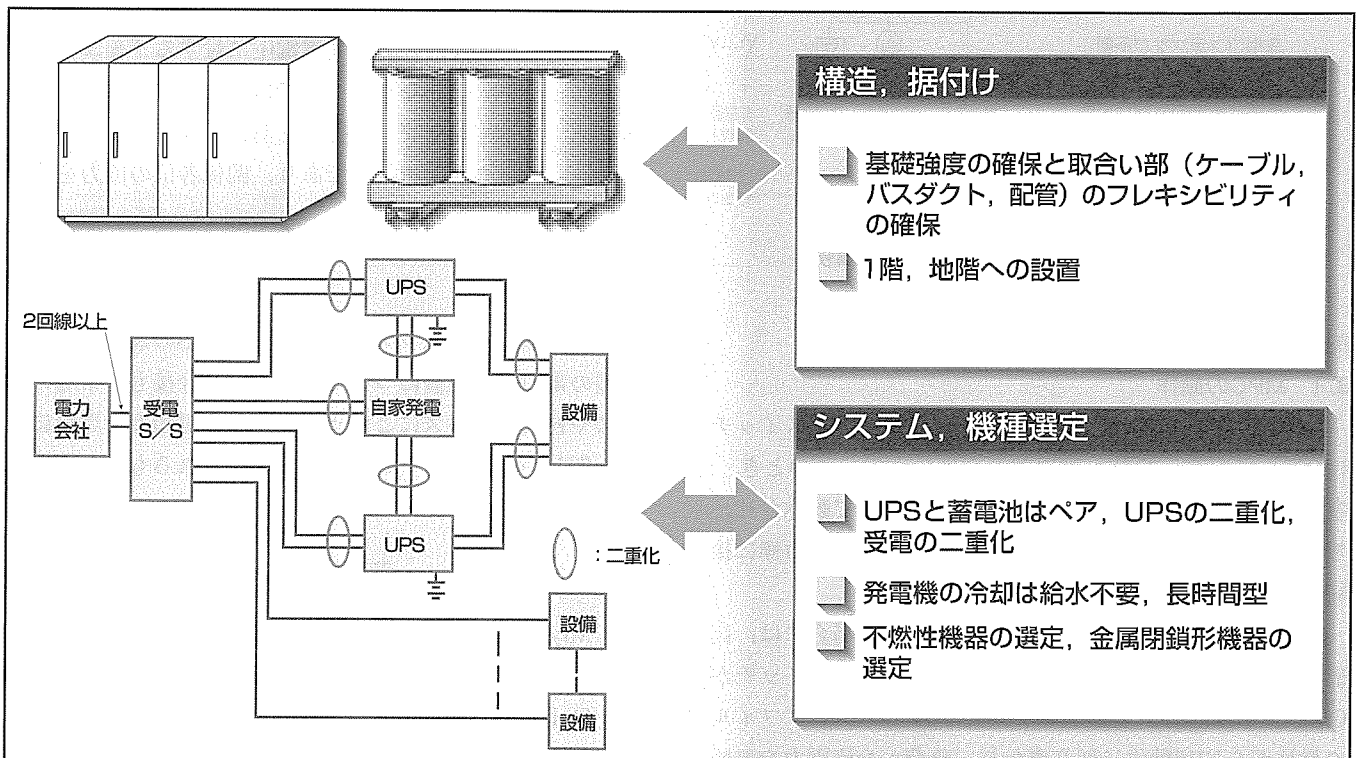
阪神・淡路大震災は激震に相当する震度を記録し、大災害をもたらした。本稿では、受配電システム(受配電設備、UPS、発電機、変圧器、C-GIS、以下これらを“機器”という。)について、その被害状況をシステム及び構造面から分析した。システム面の被害では自家用発電設備、UPS設備に大多数が集中しており、また構造面の被害では機器基礎部及び取合い部の変形と破壊が大多数であった。

一方、耐震上求められる機能は、重要な設備(公共設備等)の場合、地震の際誤動作や誤不動作はするが地震後速やかに復帰できるということが要求されている。この機能を踏まえて、三菱電機の電源設備の耐震に対する考え方及び耐震施策についてまとめた。これ等を反映することにより、当社の電源設備は、製品に該当する規格の地震加速度に対しても十分上記機能維持をする。

(1) システム面

- 受配電設備の受電方式及びUPSは、システムの中で極力二重化する。また、蓄電池はUPSごとに設ける。

- 発電機の冷却は給水不要なものを選択する。
- (2) 構造面
- 機器類の基礎は非常に重要であり、修正震度法又は局所震度法によって基礎強度を計算し、その強度を必ず確保できる構造とする。
 - バスダクト又は配管と機器の接続部に過大な力がかからないように、バスダクト又は配管側で建築物の変位を吸収させるようなフレキシブル部を設ける。
- (3) その他
- 機器選定に当たっては、ガス絶縁又はモールド等不燃化製品を採用する。
 - 構造物の落下による地絡短絡を防ぐために、盤は金属閉鎖形とする。
 - 制御器具は耐震性に優れたデジタル式を選択する。
 - 機器は地震の影響を受けにくい1階又は地階に設置する。



電源設備の有効な耐震対策

電源設備の有効な耐震対策として、構造及び据付けに関しては、トランスや盤類の基礎強度の確保や取合い部のフレキシビリティの重要性を上段に示した。

システムに関しては、受電やUPSの二重化を図り、また、UPSと蓄電池をペアにする耐震対策を盛り込んだ電源設備システムの例を下段に示した。

1. ま え が き

阪神・淡路大震災は、最大水平加速度600~800Gal、最大垂直加速度300~500Galという激震に相当する震度を記録した。この中で機器の被害状況を踏まえ、耐震対策として何をすべきかについて規格の解説も含めて言及する。

2. 阪神・淡路大震災での被害状況

兵庫県、大阪府に当社が納入している機器の被害状況を表1、表2に示す。193件中25件で被害が見られた。被害内容は各々の事象によって異なるが、大きくシステムと構造面とに分離できる。

2.1 システム面での被害

(1) 自家用発電設備の冷却、燃料確保の重要性

発電機一次冷却水供給用の給水管や水槽の破損によって発電機エンジンの冷却が不可能となり、発電機の停止が発生した。また、長時間運転で燃料切れによる発電停止とい

表1. 電源設備の運転状況調査実績

設 備	調査 件数	調査結果		備 考	
		正常	被害		
特高設備	地下・1階	36	30	5	不明1件, 被水冠水3件
	上層階	5	4	1	
高压設備	地下・1階	8	7	1	
	上層階	4	4	0	
発電機設備	地下・1階	30	30	0	
	上層階	10	8	2	
UPS本体	地下・1階	19	18	1	
	上層階	31	27	4	
バッテリー	地下・1階	20	16	4	
	上層階	30	23	7	
合 計	—	193	168	25	

う事象が発生した。これは、地震発生時に、給水がストップすることや、商用電源の長時間停電を予測していなかったことに起因する。

(2) UPSシステム内での蓄電池の重要性

商用電源の長時間停電でUPSが蓄電池運転を継続したが、蓄電池の放電終止に伴い、UPSとしての機能が停止した。また、蓄電池の損傷によってUPSシステムとして機能しないという事象も発生した。これは、地震による商用電源の長時間の停電を予測していなかったこと、また、蓄電池がUPSの並列運転に対して共通に置かれ、蓄電池に被害があればシステムとして機能しなくなる方式が採られていたことに起因する。

2.2 構造面での被害

(1) 機器の基礎部構造の重要性

機器の基礎部の移動等にも示される基礎部破壊変形が多発した。自家用電気工作物の地震対策⁽¹⁾でも、配電盤の転倒や変圧器の移動の例が示されている。地震力が大きい、又は建物の応答倍率が高いことにより、地震波による機器に加わる振動加速度が設計地震力を上回った場合や、基礎部の施工が耐震対策を施されていない場合に発生する。特に変圧器が移動したケースが散見された。変圧器は通電時に振動するため防振ゴムを敷くことが多いが、その際ストッパを施していない、又はストッパの強度が十分でないために移動したものと考えられる。

(2) 取合い部のフレキシビリティ確保の重要性

ケーブル接続部、導体接続部、配管接続部など取合い部の変形破損も多く発生した。これは、機器と建築物の振動モード、又は振幅の大きさが異なるために、その取合い部にずれが集積して発生したと考えられる。

そのほか阪神・淡路大震災の被害状況から、以下が明確となった。

表2. 被害の事例

(当社調査)

建物用途	所在地	建物規模	建物状況	設備概要、接地場所	納入月日	施工区分	被害内容
商業施設	大阪府 藤井寺市	大型ショッピングセンター	正常	24kV特高受電設備 屋内6階	1973年	当社	・天井部隙間ふさぎ板の落下による地絡 ・トランス本体の移動 ・トランス低圧側導体の変形
公共施設	神戸市 中央区	病院	受電部陥没	33kV特高受電設備 地下1階	1979年	当社	・地盤のずれによるケーブルの損傷
工場	兵庫県	大規模	正常	375kVA DG 2階	1985年	当社	・冷却水配管が破断し、断水となってエンジン焼付きを発生した
民間物件	兵庫県 西宮市	6階	正常	35kVA DG 屋上	1976年	客先	・燃料切れによる停止
	兵庫県 神戸市	8階	一部損傷	5台並列運転UPS バッテリー 地下2階	1983年	当社	・バッテリーセル、架台などが破損し、商用停電のためUPS運転となった
公共物件	兵庫県	14階	一部損傷	単機運転UPS バッテリー	1989年	当社	・UPSは交流入力喪失となりバッテリー運転を継続したが、約2.5時間後バッテリー放電終了によって停止した

2.3 従来の修正震度法／局部震度法の妥当性

当社調査及び自家用電気工作物の地震対策⁽¹⁾から、機器が大きく変形破壊した例はなく、基礎部の施工不良、強度不足と考えられるものがほとんどであった。したがって、従来耐震設計で行われていた、機器を剛体として基礎強度を確認する方法の妥当性について確証が得られた。

3. 耐震設計の考え方

3.1 修正震度法／局部震度法

地震波は地盤建築物を介して機器に作用するため、機器の耐震設計を行う場合、地盤、建築物、機器自身の地震波に対する応答特性を考慮する必要がある。これらを考慮して、機器の重心に最大加速度を静的に作用させて基礎部の強度設計を行う。この方法の代表として修正震度法や局部震度法がある。

3.2 機器に要求される耐震機能

耐震機能は、そのレベルに応じて大きく以下の二つに分けることができる。

- (1) 地震による停止，誤動作，誤不動作はある。地震鎮静後は点検を行い運転再開ができる（公衆に多大な被害を与える設備に適用）。
- (2) 地震による停止，誤動作，誤不動作はある。地震鎮静後は、汎用機器の取替えや簡単な修復処置によって運転再開が可能である（上記(1)の適用設備以外）。

阪神・淡路大震災の被害状況、及び当社で実施した実加震試験の結果から考えて、地震に対しては基礎部の強度が要求される加速度に耐えられるように修正震度法又は局所震度法によって検討し、また4章で述べる耐震対策を施せば、上記(1)(2)の機能は十分満足できるものと考えられる。

3.3 耐震の規格／基準の動き

機器に適用される規格／基準を表3に示す。規格変更の動向であるが、建築設備耐震設計・施工指針で内容見直し（耐震クラス2段階から3段階、ただし最大G値は変更なし）があったが、それ以外特に変更点はなし。

表3. 適用される耐震規格／基準

規格, 基準	適用	最大加速度
日本電機工業会 「配電盤, 制御盤の耐震設計指針」 JEM-TR-144	70kV以下の自家用電気設備	機器据付け面(屋上) 水平 1.0G 垂直 0.15G
日本建設センター 「建築設備耐震設計・施工指針」	3階以上60m以下の建築設備(機器, 配管)	機器重心(最上階, 屋上) 水平 1.5G 垂直 0.75G
日本電設工業会 「建設電気設備の耐震設計・施工マニュアル」 JECA-1037	3階以上60m以下の建築電気設備	機器重心(最上階, 屋上) 水平 1.5G 垂直 0.75G
日本内燃力発電設備協会 「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」	自家用発電設備	機器重心(最上階, 屋上) 水平 2.0G 垂直 1.0G

し)があったが、それ以外特に変更点はなし。

4. 電源設備のシステム及び機器の耐震対策

電源設備の全体のシステムと機器構造面について、当社の耐震に対する考え方及び耐震施策に関して述べる。いずれも3.2節(1)の機能を満足するためのものである。

4.1 システム面での耐震設計の考え方

(1) UPSシステム方式

- (a) 電源を供給する設備に対して原則として専用UPSとし、二重化することが望ましい。
- (b) 蓄電池をUPS個別に設ける個別蓄電池方式とする。
- (c) UPS用蓄電池の放電時間は、万一のことを考えて、技術者が当該設備に到着するまでの時間を考慮する。

(2) 受配電設備, 自家発電設備, 制御用直流電源設備の方式

- (a) 受電方式は2回線以上の方式(本線予備線, ループ, スポットネットワーク等)とする。
- (b) 配電方式も2回線以上の方式(本線予備線, オープンループ及びそれらの組合せ)が好ましい。
- (c) 自家用発電設備及び制御用直流電源設備は必ず設置する。
- (d) 発電機の冷却方式を給水不要なものとする(ラジエータ式D/G)。また、長時間形(10時間定格)とする。
- (e) 制御用直流電源設備(受配電設備及び自家用発電設備用の制御に用いる設備)用蓄電池の放電時間は、万一のことを考えて、技術者が当該設備に到着するまでの時間を考慮する。
- (f) 外部電源車から引き込み接続可能な構造とする。

(3) 制御回路方式

- (a) 各設備及び機器はフェールセーフ(事故発生時の安

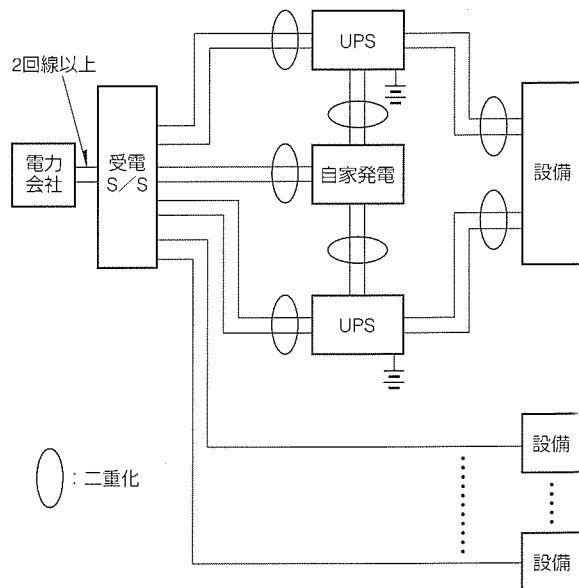


図1. 耐震性を考慮に入れた電源設備

表4. その他の留意点

機器選定に当たっての留意点	1. 架空受電引き込みは、ブッシング等耐震で弱い機器で構成されるので、ケーブル引き込みが好ましい
	2. 屋内設置機器は、ガス絶縁やモールドなど不燃機器を選定し、引火延焼防止を図る
	3. 構造物の落下による地絡・短絡を防ぐため、盤は金属閉鎖形とする
	4. 制御器具は、耐震性に優れたデジタル式を選択する
機器据付け時の留意点	1. 受配電システムは、建物の中で振動応答の少ない1階又は地階に設置することが望ましい
	2. 機器の幅、奥行きが小さい場合は、機器の頂部を壁や天井から固定する(図3)

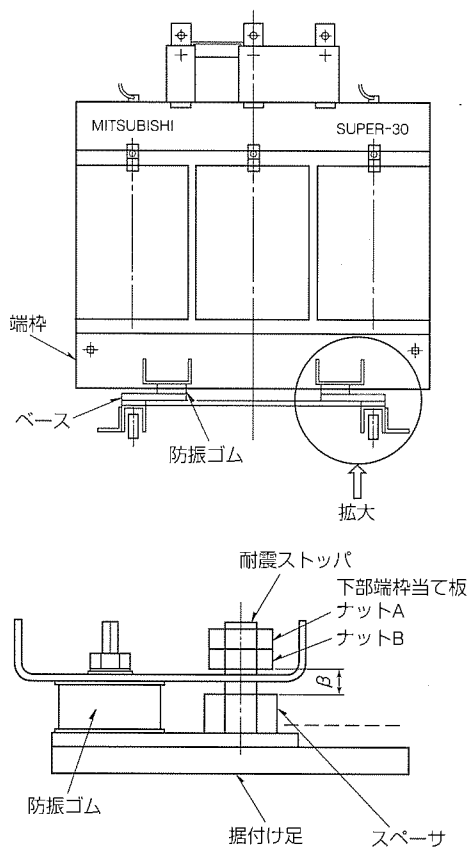


図2. 防振ゴム付きトランスとストッパ構造

全側への制御指令等)の設計とする。

(b) 主回路方式の二重化のみならず、制御回路、出力接点の二重化も考慮する。

これらのシステムを考慮した電源設備を図1に示す。

4.2 機器構造面での耐震対策

(1) 機器基礎部の耐震対策

基礎部の剛性が低い場合は、振動が基礎強度に依存したロッキング振動を発生し、盤の移動又は転倒を引き起こす可能性が大きくなる。したがって、基礎部の剛性及び強度を高める必要がある。

(a) 機器を固定している基礎ボルトの強度、及びコンクリート部の強度を確保すること。

(b) ボルト固定する機器床材料の肉厚を厚くする。また厚板を入れる。極力3.2t以上のL曲げした圧延鋼板又はアングルを用いることが望ましい。また、三角形の補強板を入れることも有効である。

(c) 防振ゴム付きトランスのロッキング振動対策は以下のように行う。防振ゴム付きストッパボルトの取付けピッチ Y_s を $Y_s \geq H$ になるようにして、ロッキング振動を抑えるとともに、ストッパ部のクリアランス β を極力小さくする(図2)。

(2) 機器取合い部のフレキシビリティの確保

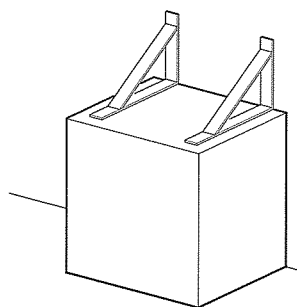


図3. 頂部のサポート

(a) 変圧器と導体を接続する場合は、可とう導体で接続する。また、機器内部の変圧器や導体をケーブルで接続する場合は、ケーブルに裕度を持たせて接続する。

(b) バスダクトや配管を機器に接続する場合は、建築物の地震による変位はバスダクトや配管で吸収させ、機器との接続部分

に過大な力がかからないようにすること。

(3) その他の留意点

その他の留意点について表4に示す。

これらを反映することにより、当社の電源設備は、製品に該当する規格の地震加速度に対しても十分に3.2節に示した機能を維持できる。

5. むすび

阪神・淡路大震災の結果を踏まえ、電源設備の耐震対策をシステム面及び構造面から検討した。今後の耐震対策の一助となれば幸いである。

参考文献

- (1) 自家用電気工作物の地震対策(阪神、淡路大震災電気設備被害復旧検討会 近畿通商産業局)
- (2) 日本電機工業会技術資料:配電盤、制御盤の耐震設計指針(JEM-TR-144号)
- (3) 日本内燃力発電設備協会:自家用発電設備耐震設計のガイドライン
- (4) 変電所等における電気設備の耐震設計指針(JEAG-TR-5003)
- (5) 日本建築センター:建築設備耐震設計・施工指針
- (6) 日本電設工業協会:建築電気設備の耐震設計施工マニュアル(JECA-1037)

電力の効率運用 ～コージェネレーションシステム

増元茂喜*

要旨

(1) コージェネレーションとはCo(共同の)とGeneration(発生する)の複合語で、これをシステムアップしたものをコージェネレーションシステム(CGS)と言う。CGSは、電気と熱を同時に生み出すことから熱電併給システムとも言い、今まで大気へ放熱していたエンジン排熱を回収し、発電とともに利用して総合エネルギー効率を75%前後にまで高めるシステムである。

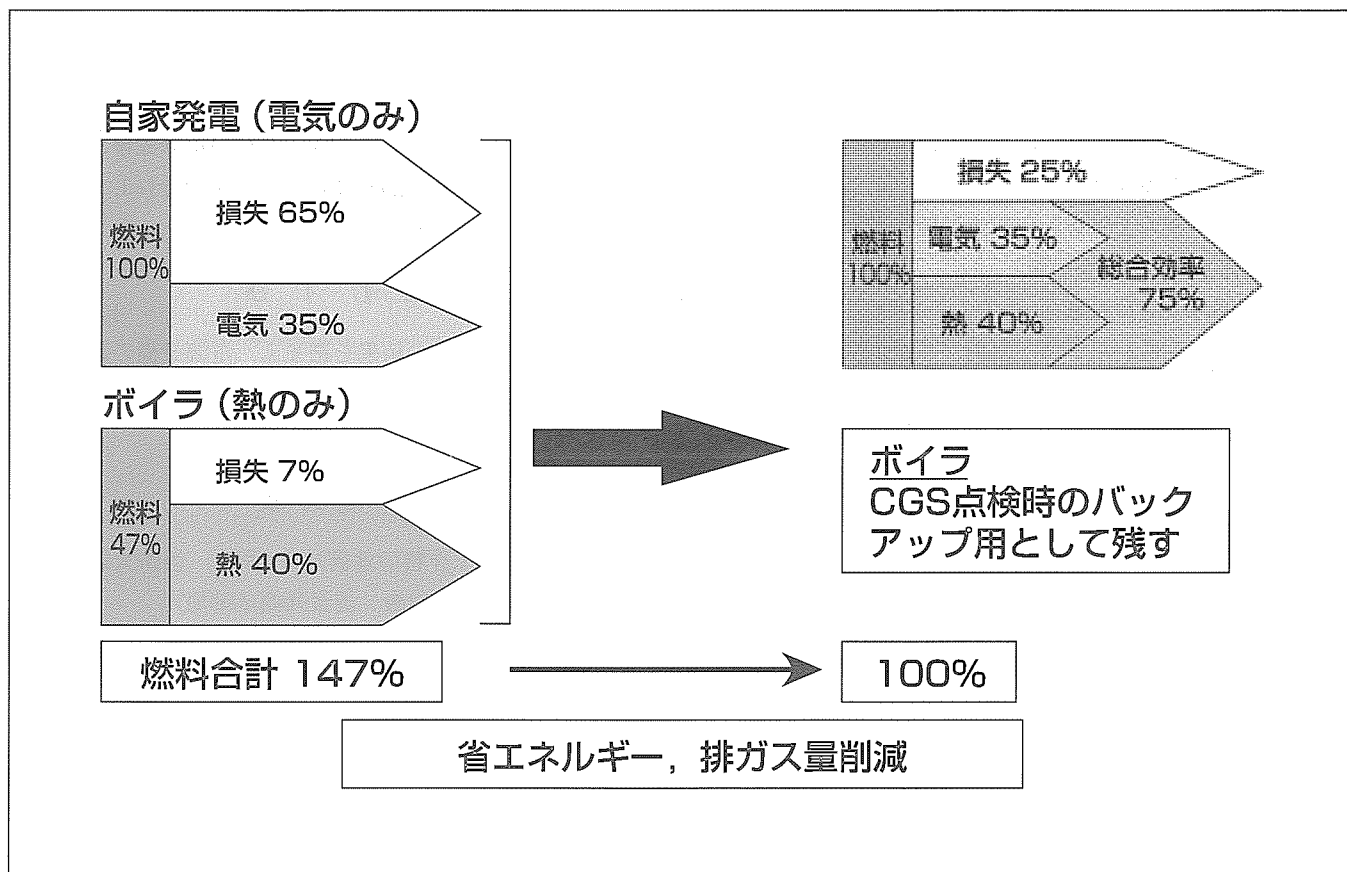
三菱電機は、長年にわたる電力系統技術、発電・冷熱技術に最新エレクトロニクス技術を結集して、高信頼性と高効率を実現している。

(2) CGSで使用するエンジンは諸条件によってディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンが採用されているが、近年では、排ガスがクリーンなガスエンジン、ガスタービンの普及が著しい。また、CGSでは各種NO_x低減技

術が開発され実用化されており、ディーゼルエンジンで300ppm、ガスエンジンで150ppm、ガスタービンで100ppm程度まで低減が可能である(いずれもNO_x対策機：0%O₂)。

(3) CGSの導入促進のため、電力会社との系統連系、電気事業法改正、常用防災兼用化等の各種規制緩和が実施された。

- 特高受電での逆潮流ありにおける技術要件明確化
- 1,000kW未満の発電所は工事計画届出不要
- ガスタービン発電所は1,000kW未満、内燃力発電所はすべて使用前検査が原則不要
- 卸供給事業にかかわる参入許可の撤廃
- ガス燃料エンジンも常用防災兼用化が可能



CGSのエネルギー効率

CGSは、エンジンの排熱を回収し、その熱を発電とともにビルや工場の設備へ利用することによって、総合エネルギー効率を75%前後にまで高めるシステムであり、また、ボイラの運転時間短縮によって燃料消費を減らすことができるため二酸化炭素(CO₂)削減となる地球に優しいシステムである。

1. まえがき

世界経済はわずか半世紀の間に目覚ましい発展を遂げてきたが、この反面、エネルギー消費も増加の一途をたどっており、化石燃料の枯渇、地球温暖化、酸性雨に見られる地球規模での環境汚染など重大な問題がクローズアップされている。これに対して我が国では、省エネルギー・新エネルギーとして、CGSを始め燃料電池、太陽電池、風力発電等の導入が推進されている。この中でCGSは商業ベースとしてすぐ採用できるものとして急速に普及しており、当社もこれまで約100台の納入実績を持っている。

本稿では、規制緩和を含めたCGSに関する最新動向について述べる。

2. CGSの現状

2.1 CGSとは

Co(共同の)とGeneration(発生する)の複合語で、電気と熱を同時に生み出すことから熱電併給システムとも言い、今まで大気へ放熱していたエンジンの排気ガスや冷却水の熱を熱交換器を通して温水や冷水として回収し、その熱を発電とともにビルや工場の設備へ利用して、エネルギーの利用効率を高めるシステムである。

CGSから熱回収して温水又は蒸気を発生させるため、別途設置されているボイラは、運転時間の短縮や停止が可能となり、燃料消費を少なくすることができる。このため、省エネルギーとともに二酸化炭素(CO₂)削減となり、地球に優しいエネルギーシステムとして注目されている。

表1に全国のCGS導入状況を示す。

2.2 CGS構成と納入事例

CGSは従来の発電装置(エンジン+発電機)から排出される排気ガス熱及び冷却水熱を熱交換器を通して回収し蒸気

表1. CGS導入状況

	DE	GE	GT	計	一台当たりの平均容量
民生用	40%	55%	5%	186台	370kW
産業用	60%	10%	10%	136台	2,500kW

(日本コージェネレーション協会 1996年度実績)

DE:ディーゼルエンジン GE:ガスエンジン GT:ガスタービン

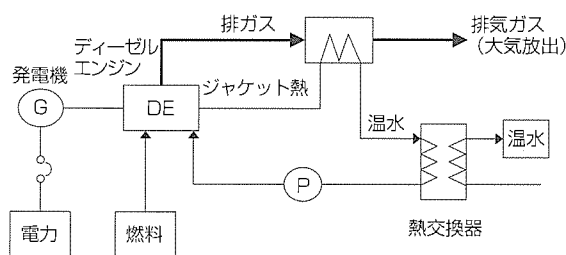


図1. 温水発生コージェネレーションシステムの系統

や温水として利用するシステムであるが、これらの熱交換器は、原動機の種類や回収熱の利用方法によって異なる。一般的に、蒸気回収する場合は排ガス蒸気ボイラ、温水回収する場合は排ガス温水ボイラ、冷却水熱の回収は水-水熱交換器が用いられている。当社の豊富な納入実績の中から、図1及び表2に、某所納めディーゼルエンジンによる温水発生システムの納入事例を紹介する。

この設備は特別高圧系統と連系されており、ディーゼルエンジンの排熱をすべて回収し給湯用として利用することにより、契約電力を1,000kW、熱源機器の熱製造量を970,000kcal/h減らすことが可能となり、総合エネルギー効率は77%にまで高められたシステムである。

2.3 原動機の選定

CGSで使用するエンジンは、燃料の供給体制、熱利用形態、設置条件、公害規制等を考慮して、ディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンのいずれかが表3に示す特徴に応じて採用される。

2.4 NOx低減技術動向

大気汚染抑制の規制強化が叫ばれる中、表4のようなNOx低減技術が開発されて実用化されており、更に低減率の向上が期待される。

2.5 系統連系

電力系統との連系を行うことで、電力の質が電力系統によって支配されるために安定しており、負荷変動分は系統から供給し得るので、発電機の運転負荷率を高くすることができるという利点がある。

系統連系を行う場合には、CGS又は電力系統事故時に、事故の除去、範囲の極限化を行うために系統連系要件ガイドラインに定められた保護装置を設置することが必要である。

2.6 運用制御

CGSを効率良く運転するためには建物の電力・熱負荷の状況に合わせた制御が必要であり、主な運用制御としては、運転台数制御、自動負荷分担制御、最低受電電力一定制御、力率制御等を全自動で行っている。

当社は、長年にわたる電力系統技術、発電・制御技術、冷熱技術に当社独自のインテリジェントコントローラ等の

表2. CGS納入仕様

発電機容量	1,000kW × 1台(発電効率36%)	
電圧	3相 6.6kV 50Hz	
発電機	形式	CFC(円筒回転界磁形)ブラシレス励磁
	極数	6P(1,000r/min)
エンジン	形式	ディーゼルエンジン
	使用燃料	A重油
熱回収	形態	エンジン排気ガス+ジャケット熱
	熱利用	給湯用温水
	熱量	970,000kcal/h(熱回収効率41%)
総合エネルギー効率	77%	

表 3. CGSの原動機による比較

項目	機種	ディーゼルエンジン			ガスエンジン		ガスタービン
					三元触媒付き	希薄燃焼	
出力範囲		～10,000kW			～1,500kW	～5,000kW	500～10,000kW
燃料		灯油・軽油・A重油・C重油			ガス		灯油・軽油・A重油・ガス
発電効率		35～40%			30～35%	35～40%	20～30%
回収率	排ガス	10～20%			15～20%	15～20%	40～50%
	ジャケット	15～20%			20～30%	15～20%	—
総合効率		70～75%			75～80%	70～75%	65～75%
熱電比		約1.0			約1.5	約1.0	約2.0～3.0
排ガス温度		300～400℃			550～650℃	300～400℃	500～550℃
ジャケット水温度		80～90℃			80～90℃	80～90℃	—
騒音		防音カバーなしで 95～105dB(A) 防音カバー付きで 75～85dB(A)			防音カバーなしで 95～105dB(A) 防音カバー付きで 75～85dB(A)		高周波域騒音が高いため防音カバーが必要 防音カバー付きで 75～85dB(A)
部分負荷特性		部分負荷時の発電効率の低下は小さい			部分負荷時の発電効率の低下は小さい		部分負荷時の発電効率の低下が大きい
特徴	発電効率	高い			高い		低い
	燃料単価	安い			高い		液体燃料、ガス燃料ともに使用可能
	設備単価	安い			ディーゼルに比べて高い		ガスエンジンに比べて高い
	熱回収	燃料油の未燃分、すす(煤)が混じるため排ガス処理が必要			排ガスがクリーンであるので熱回収が容易		熱回収量が多い
NOx低減対策 (0% O ₂ 換算値)		噴射時期遅延方式は国の規制値2,493ppm以下まで可能 アンモニア脱硝方式は300ppm程度まで可能			希薄燃焼方式は150～200ppm程度まで可能 三元触媒方式は150ppm程度まで可能		水/蒸気噴射方式は100～150ppm程度まで可能
		アンモニア脱硝は設備価格、運転費用が高いため導入実績は少ない			どちらも実績多数		実績多数
振動		振動が大きいため、防振対策が必要			振動が大きいため、防振対策が必要		振動が小さいため、防振対策が簡単

表 4. エンジン別のNOx低減技術

エンジン	方式	(0% O ₂)	
		現在	2000年
DE	アンモニア脱硝	300	現状維持
GE	三元触媒	～150	～100
	希薄燃焼	150～200	80～100
GT	水・蒸気噴射	100～150	80～100

DE:ディーゼルエンジン GE:ガスエンジン GT:ガスタービン

最新エレクトロニクスを結集して、高信頼性と高効率を実現している。

3. 規制緩和

3.1 系統連系

1986年に電力会社からの受電と自家発電との並列運転のための「系統連系要件ガイドライン」が策定されて以来、受電種別(特高・高圧・低圧)、発電の種類(回転機・直流発電設備)、逆潮流の有無によって順次整備されてきた。

最近、'95年の電気事業法改正に合わせて、下記の改訂が行われた。

- (1) ガイドラインに対する民間指針の本文への明記
- (2) 保護継電器の二重化に対して、簡易的な方法として

の機能的二重化の採用

- (3) 特高受電での逆潮流ありにおける技術要件の明確化
- (4) 通産局への工事計画届けにおける、電力会社との協議書添付不要

3.2 電気事業法改正における技術的な規制緩和

電気事業法の改正による規制緩和の一例を以下に示す。

3.2.1 工事計画, 認可, 届出

改正内容を表5に示す。

3.2.2 使用前検査

表6のように改正された。

3.2.3 主任技術者

- (1) ボイラタービン主任技術者

ガスタービンを原動機とするコジェネレーション等の発電所に対して、選任が必要となる同上主任技術者に、日本内燃力発電設備協会の第一種自家用発電設備専門技術者が選任許可の対象となった。選任許可の対象は「ガスタービンを原動機とする火力発電所で、出力が5,000kW未満で、圧力が1,470kPa未満のもの」である。

- (2) 電気主任技術者

従来どおりで、表7による。

3.2.4 卸供給事業

表 5. 工事計画, 認可, 届出

		改正前	改正後
ガスタービン	届出	1万kW未満	1,000kW以上 15万kW未満
	認可	1万kW以上 70万kW未満	15万kW以上 70万kW未満
内 燃 力	届出	100kW以上 1万kW未満	1,000kW以上 70万kW未満
	認可	1万kW以上 70万kW未満	
	備考	使用前検査は原則不要となる	

表 6. 使用前検査

	改正前	改正後
ガスタービン	すべて対象	1,000kW以上
内 燃 力	100kW以上	原則検査不要

表 7. 電気主任技術者

	ガスタービン	内燃力
選 任	500kW以上の発電所	同左
不選任(委託契約)	500kW未満の発電所	同左

- (1) 卸供給事業にかかわる参入許可の徹底
- (2) 卸供給の要件
 - (a) 1,000kW超の供給電力で10年以上の供給が可能
 - (b) 10万kWの供給電力で5年以上の供給が可能

3.3 常用防災兼用化

従来、防災用として認められるものは液体燃料エンジンのみであったが、'94年の消防庁通知によって気体燃料エンジンも適用可能となった。

- (1) 都市ガス専焼による兼用化
- (2) 予備燃料付帯による兼用化

ただし、実際に適用するに当たっては、内燃力発電設備協会の認定制度があり、機器としての認定と、都市ガス専焼の場合、ガス会社側の都市ガスラインの耐震等の評価が必要となっている。

4. システム総合効率の向上

総合エネルギー効率向上のため、回収熱の完全利用と多様化に対応可能な以下のシステムが注目されている。

- (1) チェーンサイクルガスタービン
ガスタービンによって発生した蒸気の余剰分をガスター

ビンに送り、その動力で発電容量をアップさせるサイクルで、二流体サイクルとも言われる。

- (2) エバリエントシステム

ガスエンジンのジャケット冷却水を加圧することによって沸騰点を高め、気水分離器で1kg/cm²蒸気を取り出すシステムである。

- (3) マルチフューエルエンジン

常用火花点火ガスエンジンと非常用圧縮点火ディーゼルエンジンの両機能を持っており、1台で常用(ガス燃料)、非常用(液体燃料)の切換運転が可能である。

5. む す び

エネルギーを取り巻く環境の変化からCGSの役割がますます高まり、今後一層の導入促進を図る観点から電力系統とのガイドラインの整備、各種規制緩和がますます進められていくものと思われる。また、これらとともに、大容量、多台数を連系した場合の保護システム、運用技術及び総合効率アップのための新たな技術も必要になってくるものと思われる。三菱電機もこれらCGS技術の確立・向上に貢献していく所存である。

電力の効率運用～氷蓄熱空調システム

小松正樹*

要旨

氷蓄熱空調システムを導入することにより、日中の電力消費量を削減して電力負荷平準化を行い、さらにランニングコストの大幅な低減が図れる。

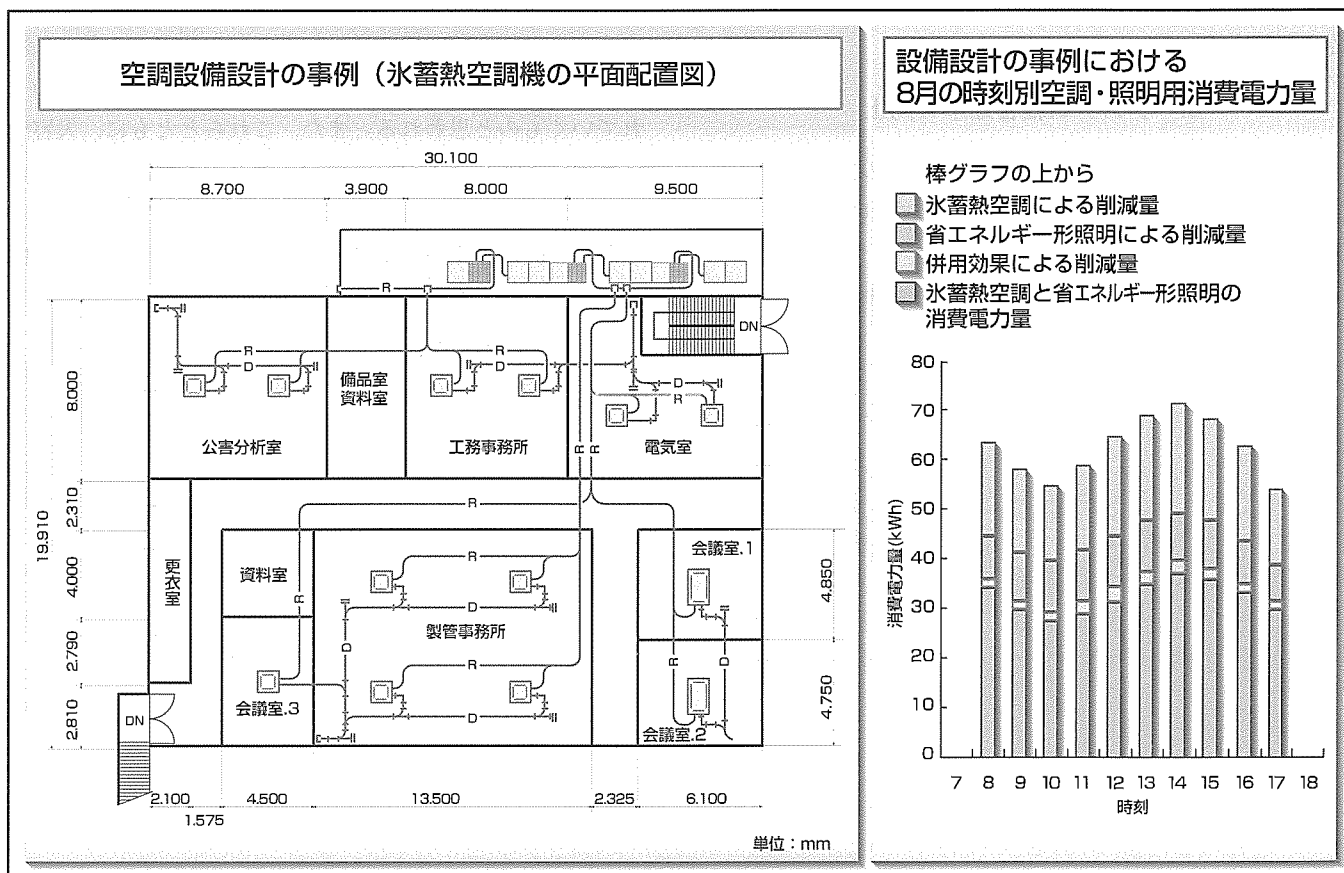
この空調システムを導入する場合、その特長を十分に引き出すために適正な設備設計が必要である。三菱電機の建物で氷蓄熱空調システムの設備設計を行ったので、その設計ポイントを述べ、次にこの空調システムの課題と将来動向についても述べる。

蓄熱利用空調の設備設計のポイントは、まず平面ゾーニングである。特に南側ペリメータゾーン(建物の外周部分)の冷房負荷パターンは、昼過ぎにピークとなる。電力消費量のピークシフトの要求もほぼ同じ時間帯にあるので、この冷房負荷ピークに蓄冷量を適正に利用することが望まれる。また、省エネルギー形照明設備の併用も重要である。

昼光を利用する自動調光の省エネルギー形照明設備は、正午ごろに照明用消費電力量を半分に減らすことが可能であり、その分冷房負荷を減らすことができ、冷房用消費電力量を減らすことになる。

課題としては、氷蓄熱空調機の価格と効率の改善、また年間の消費電力量が多くなるのでCO₂発生量が減少しない、などが挙げられる。

将来動向については、まず方式の単純化によるコストダウンである。また、既存の非蓄熱空調機に利用できる蓄熱槽等を開発する必要がある。さらに、冷房負荷パターンに適合した制御も必要である。電力ピークシフト時間帯には蓄熱槽からの冷水だけで冷房負荷を賄えるようにすれば、冷水ポンプ等の搬送動力だけで済み、大幅な電力ピークシフトが可能となる。



氷蓄熱空調システムの効率運用

適正な空調設備設計を行うことにより、空調機の特長を大きく引き出すことができ、大幅な省エネルギーを図ることができる。

1. ま え が き

OA化や高精密加工技術の発達に伴い、オフィスや作業空間の快適性が追求され、事務所や工場の空調・照明設備の電力負荷が増加し、昼間の電力需要ピーク値を押し上げ、電力昼夜間格差が拡大する要因となっている。電力負荷の平準化や省エネルギー化は、社会経済の発展の基盤となる電力エネルギー安定供給及び地球環境保全のために必ず(須)の課題となっている。昼夜の発電量調整は主として石油やLNGを燃料とする火力発電所が受け持っており、この結果、昼間電力ではCO₂発生量が多くなり、夜間の電力では原子力と水力発電構成が高くなるためCO₂発生量が少なくなる。氷蓄熱空調システム(図1)を使用することにより、日中の電力使用量を削減して電力負荷平準化を行い、さらに、ランニングコストの大幅な低減が図れる(前ページの右図)。

2. 蓄熱利用空調の設備設計のポイント

この空調システムを導入する場合、その長を十分に引き出すための適正な設備設計が必要であり、そのポイントを以下に述べる。

2.1 平面ゾーニング

ペリメータゾーンとインテリアゾーン(建物の内部部分)の一日の空調負荷パターンは異なり、特に南側ペリメータゾーンの冷房負荷パターンは、昼過ぎにピークとなる。電力消費量のピークシフトの要求もほぼ同じ時間帯にあるので、この冷房負荷ピークに蓄冷量を適正に利用することが望まれる。また、東側と西側のペリメータゾーンの冷房負荷ピークはピークシフトの時間帯からずれるので、なるべく蓄冷量を使用しないようにする。さらに、空調機の全容量を最小にするために、各ゾーンへの適正な空調能力の配分が必要である。

2.2 外気冷房の採用

夏期においては、朝と夕方には外気温が20℃以下になるときがある。そのような時間帯や中間期には、室温よりも低い外気を積極的に取り入れて室内の冷房負荷を減らすことができる。また、ナイトバージも同様の効果がある。

具体的には、機械換気の風量を普通と多目とに切り換えられるようにし、外気温が20℃以下のときには風量を多目にして外気冷房を行う。全熱交換器がある場合は、バイパス風路を設ける必要がある。ここで注意すべきは、ダクトなどの風路抵抗をなるべく小さくして送風機動力を小さくすることが重要である。

2.3 省エネルギー形照明設備の併用

昼光を利用する自動調光の省エネルギー形照明設備は、正午ごろに照明用消費電力量を半分に減らすことが可能であり、電力消費量のピークシフトに十分こたえるものである。照明からの発熱量も半分になるので、その分冷房負荷を減らすことができ、冷房用消費電力量を減らすこともできる。

2.4 氷蓄熱利用空調の設備設計の事例

以上のポイントを踏まえて実際に空調設備設計を実施したので、以下に述べる。

当社の環境管理センター(冷熱システム製作所内)は2階建てで、1階(床面積 約900m²)が倉庫とボイラ室、2階(床面積 約600m²)が事務室である。1階の倉庫と2階に氷蓄熱利用マルチエアコンを採用し、省エネルギーを図った。2階の事務室における氷蓄熱利用マルチエアコンの平面配置を前ページの左図に示す。製管事務所には、室内機が4台設置され、16馬力の室外機につながっている。その他の部屋においても、各部屋の最大冷暖房負荷に見合う能力の室内機が設置され、各々16馬力の室外機につながっている。

3. 受電設備容量とランニングコストの低減

この建物を氷蓄熱で空調した場合と非蓄熱で空調した場合

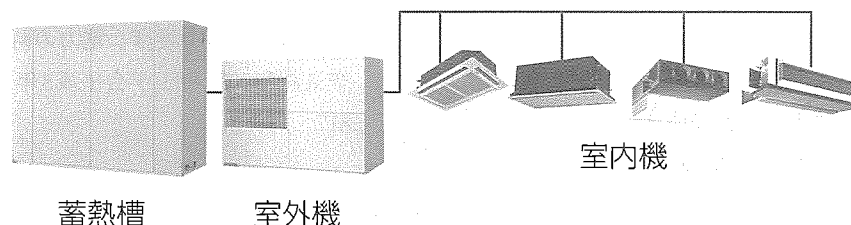


図1. 氷蓄熱空調システムの外観

表1. 両空調方式の年間の消費電力量(kW・h/期間)

	空調分契約 電力(kW)	夏期(7, 8, 9月)		その他の期間	
		昼間	夜間	昼間	夜間
非蓄熱空調	41.1	26,400	0	17,200	0
氷蓄熱空調	25.7	16,900	12,100	12,000	6,160

表2. 両空調方式の年間の電気代(千円/年)

	基本料金	夏期(7, 8, 9月)		その他の期間		年間
		昼間	夜間	昼間	夜間	
非蓄熱空調	818	381	0	226	0	1,425
氷蓄熱空調	512	244	51	158	26	991

の空調分の契約電力とランニングコストを比較したものが表1と表2である。契約電力は4割も低減しており、年間の電気代は大幅に安くなっている。

4. 課題

4.1 空調機の価格と効率

直膨式(冷媒で直接、冷却又は加熱する方式)の氷蓄熱利用空調機には主に2方式がある。合流方式は効率が高いが、冷媒回路が複雑で高価である。過冷却方式は比較的簡単であるが、効率が低い。

4.2 CO₂排出量

この建物を氷蓄熱で空調した場合と非蓄熱で空調した場合とのCO₂排出量を比較したものが表3である。氷蓄熱の方が年間消費電力量が少し多いので、夜間のCO₂排出量原単位(表4)の低さを考慮しても、CO₂排出量は同程度となる。これは、日中の消費電力量は少ないが、夜間の消費電力量が多いためである。

5. 将来動向

5.1 方式の単純化によるコストダウン

放冷運転と圧縮機運転を併用することにより、冷媒回路が複雑になり高価になる傾向にある。日中は放冷運転だけで冷房するようにし、大容積であっても安価な蓄熱槽を作り、冷媒ポンプのみで運転できるようにし、低価格で高効率の方式が求められている。

5.2 既存空調設備への氷蓄熱利用の推進

直膨式と水方式(冷温水やブラインなどの中間熱媒体を用いる間接方式)では、既存の非蓄熱空調機に利用できる蓄熱槽等が求められている。方式は単純なもので、蓄熱槽の増設と冷凍制御回路の変更が簡便にできる必要がある。

5.3 冷房負荷パターンに適合した制御

表3. 両空調方式の年間のCO₂排出量(kg-C/年)

	夏期(7, 8, 9月)		その他の期間		年間
	昼間	夜間	昼間	夜間	
非蓄熱空調	2,664	0	1,686	0	4,350
氷蓄熱空調	1,705	970	1,176	519	4,370

表4. 年間のCO₂排出原単位(g-C/kW・h)

夏期(7, 8, 9月)		その他の期間		年間	
昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間
100.9	80.2	98.0	84.3	99.0	83.7

特に南側ペリメータゾーンでは昼過ぎに冷房負荷ピークを迎えるので、ピークシフト時間帯には大き目の蓄熱槽からの冷水だけで冷房負荷を賄えるようにすれば搬送動力だけで済み、大幅なピークシフトが可能になる。

また、次の日の冷房負荷パターンを予測し、ピークシフト時に冷凍機の消費電力量を少しでも減らすように運転することも重要である。

5.4 建築に付随した蓄熱槽の設置

建築計画時に、二重床スラブ等を利用して安価で大容積の蓄熱槽を設置する必要がある。夜間にブライン(不凍液)を介して氷を作るよりも5℃前後の冷水を作る方が、熱源機の運転効率は高い。したがって、夜間に一日の冷房負荷分の冷水を作っておき、日中は冷凍機を運転せずに冷水循環ポンプだけ運転して冷房すれば、夜間と日中の総消費電力量を少なくすることができ、CO₂排出量も減らすことができる。

6. むすび

蓄熱空調システムには幾つかの課題があるが、方式の改良や空調設備設計を適正に行うことにより、夏期の電力ピークダウンと受電設備の小型化、契約電力と基本料金の低減のみならず、年間の電力消費量及びCO₂排出量の低減も可能となる。

今後の事務所・工場などの新築やリフォームの際は、適正な設備設計を行ってこのシステムを導入することにより、大幅なランニングコストの低減を図ることができる。

参考文献

- (1) 津川透子, 田中俊彦: 電力の時刻別環境負荷原単位, 空気調和・衛生工学会平成8年度学術講演会論文集, 817 (1996)

省人システム～受配電設備運転支援システム 及び統合型自動検針システム

宇野正嘉*
春名 治**
石井 睦**

要 旨

近年、電力安定供給の重要度が高まる一方、少子化とともに設備運用の担い手が減少し、日常設備運転業務の効率化や高度化が求められている。

三菱電機は、これまで人手に頼ってきた設備運用を自動化する受配電設備運転支援システムや自動検針システムを多数納入してきた。

本稿は、この設備運用効率化のための要素技術とシステムについて述べる。

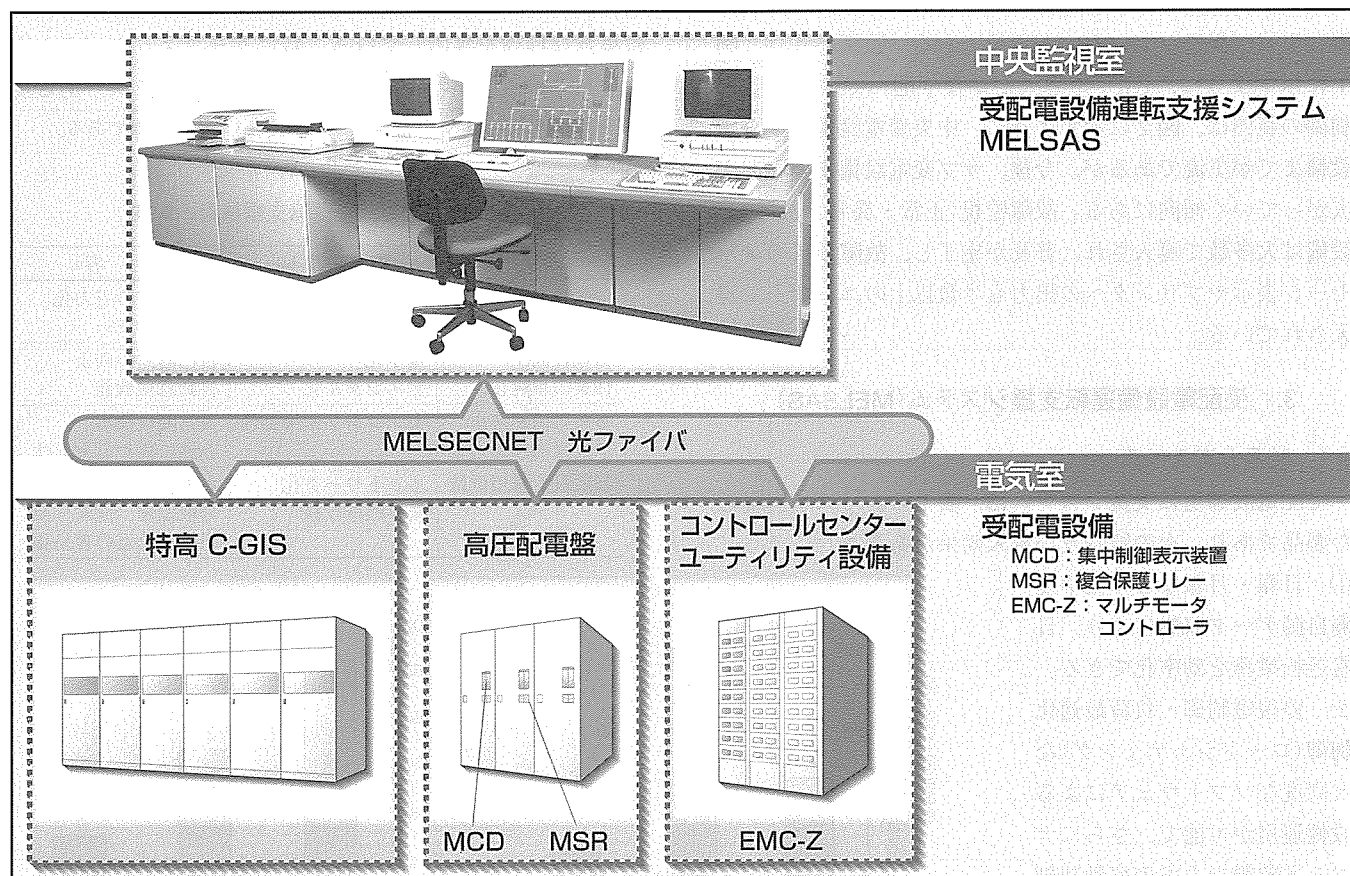
(1) 受配電設備運転支援システム (MELSAS) の特長

- (a) 集中遠隔制御及び自動データ収集による日常運転業務の効率化
- (b) 停復電制御・負荷最適化制御(ロードシェディング: Load Shedding) など高度なソフトウェアによる設備運用、さらにデマンド監視や力率の自動制御による電気料金低減

- (c) ポケットベル通報、故障点標定、故障原因の早期把握、事故処理ガイダンス表示による事故の早期復旧
- (d) 基幹ネットワーク (MELSECNET) と受配電フィールドネットワーク (CDL, B/NET) によるデータの一元管理と工事費用低減と計画・工事期間の短縮
- (e) ローカルユニットを配置した分散形システム構成によって高信頼性と拡張性を実現
- (f) 汎用ハードウェア及びソフトウェアをベースにした低価格・オープン化指向のシステム

(2) 統合型自動検針システムの特長

- (a) 電気・ガス・水道・地域冷暖房の統合型自動検針
- (b) 広域通信は公衆電話網、住宅棟内は専用線による通信
- (c) 各事業者の通信仕様に対応できる端末機器



受配電設備運転支援システム及び統合型自動検針システム

受配電設備を伝送を介して中央監視室で監視制御する受配電設備運転支援システムにより、設備運転の効率化、運転費用の低減、緊急時処置の容易化、工事費低減、増設の容易化を実現する。

1. ま え が き

近年、電力安定供給の重要度が高まる一方、少子化とともに設備運用の担い手が年々減少しており、日常設備運転業務の効率化や高度化が求められている。このような中で、各種のセンサ技術、エレクトロニクス技術、ネットワーク技術の進展により、これまで人手に頼ってきた設備運用を自動化する経済的なシステムが構築できるようになってきた。当社は、この課題を解決する受配電設備運転支援システムや自動検針システムを各分野に多数納入してきた。

本稿は、①受配電システム運用業務の効率化、省エネルギー化、事故の未然防止、故障の早期復旧を目的とした受配電設備運転支援システム(MELSAS)と、②東京都臨海副都心“レインボータウン”に納入した都市管理業務の一環となる電気・ガス・水道・地域冷暖房の統合型自動検針システムを紹介する。

2. 省人化の技術動向

2.1 設備監視技術の動向

表1に受配電設備運転支援技術の動向を示す。

2.2 工場電気設備管理の実態

電気学会技術報告第644号⁽¹⁾の調査結果によると、工場電気設備に関する監視装置の導入状況は、事業所や設備規模によって異なっているのが現状である。監視方式は、図1に示すように、CRTの導入がかなり進んでいる。監視制御の範囲は、図2に示すように、中央変電設備及び発電設備までが主流であるが、今後、サブ変電設備まで範囲が広がっていく傾向にある。故障監視(正常・異常・故障)の設備は大多数で導入され、普及が完了し、故障項目のメッセージ表示やプリンタへの出力も半数以上のユーザーで導入されている。

3. 受配電設備運転支援システム(MELSAS)

3.1 特長と導入効果

受配電設備運転支援システムは、表1のニーズを実現した製品であり、次の特長及び導入効果がある。

- (1) 日報・月報などの集中遠隔自動データ収集により、日常運転業務を効率化できる。
- (2) 停復電制御・負荷最適化制御(ロードシェディング)など高度なソフトウェアによる設備運用が可能で、さらにデマンド監視や力率の自動制御によって電気料金を低減できる。
- (3) ベルやポケットベルによ

る事故発生の通報、故障点標定、故障原因の早期把握、電気室及び中央監視室での事故処置ガイダンス表示で、正確かつ迅速な事故復旧ができる。

- (4) 基幹ネットワークにMELSECNET、フィールドネットワークにCDLやB/NET伝送を使用することにより、データの一元管理ができる。また、従来の実配線方式と比較し、工事費用低減と計画・工事期間を大幅に短縮できる。
- (5) 設備ごとにローカルユニットを配置した分散形システム構成により、高信頼性と危険分散を実現できる。また、将来の設備増設は、ローカルユニットの増設によって柔軟に対応できる。
- (6) 汎用ハードウェアと基本ソフトウェアはマイクロソフト社のWindows NT^(注1)をベースとし、低価格とオープン指向に対応したシステム構成ができる。

3.2 システム構成

システムに装備する機能と機器構成は、対象とする設備の入出力点数、受電電圧階級によって異なるので、経済性を考慮して選定することになる。電圧階層区分に対応する当社のシステム構成例を図3に示す。

- (1) システム例1のM形は、電気室に設置する小型の液晶表示器を用いたもので、電気室単位の集中監視や小規模電気設備に適する。
- (2) K形は、電気室又は中央監視室に設置し、電気設備の監視及び操作を集中して行う。特にグラフィックパネルを使用しているのが特長である。ビル管理システムがある場

(注1) “Windows NT”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

表1. 受配電設備運転支援技術の動向

ニーズ	技術動向	内容
運転コスト削減 環境対策	遠隔集中監視自動化	運転保守の省力化 省エネルギー
信頼性向上 作業の単純化	電子化 デジタル化	自己診断の向上 自動点検機能
事故の未然防止 事故復旧の迅速化	センシング画像処理	異常兆候検出 五感に代わるセンサ
初期投資費用低減	ネットワーク化 業界標準仕様	省配線, 分散処理, 危険分散 増設・改造の容易化

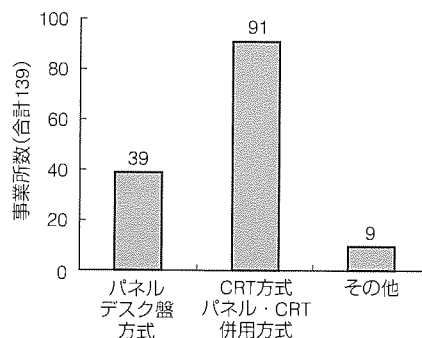


図1. 監視方式の現状

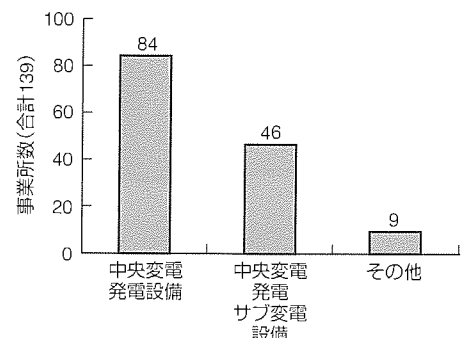


図2. 監視制御範囲の現状

合は、ビル管理システム側でCRT表示や帳票作成を行うケースが多い。

(3) L形は、CPUとCRT、キーボード、プリンタで監視・記録を行うデータロギングシステムである。日報・月報記帳作業の省力化に効果がある。

(4) D形は、L形にキーボード又はCRTタッチ操作による電気設備機器の操作機能を付加したものである。省スペース

スでの監視制御に適する。

(5) システム例2のT形は、K形にL形又はD形を追加したものである。グラフィックパネルとCRTの双方によって監視と操作を行うシステムにもできる。

(6) システム例3は、システム例2のT形に保全支援システムMELSAFEを追加したもので、保全データ管理用のCPUを備えている。

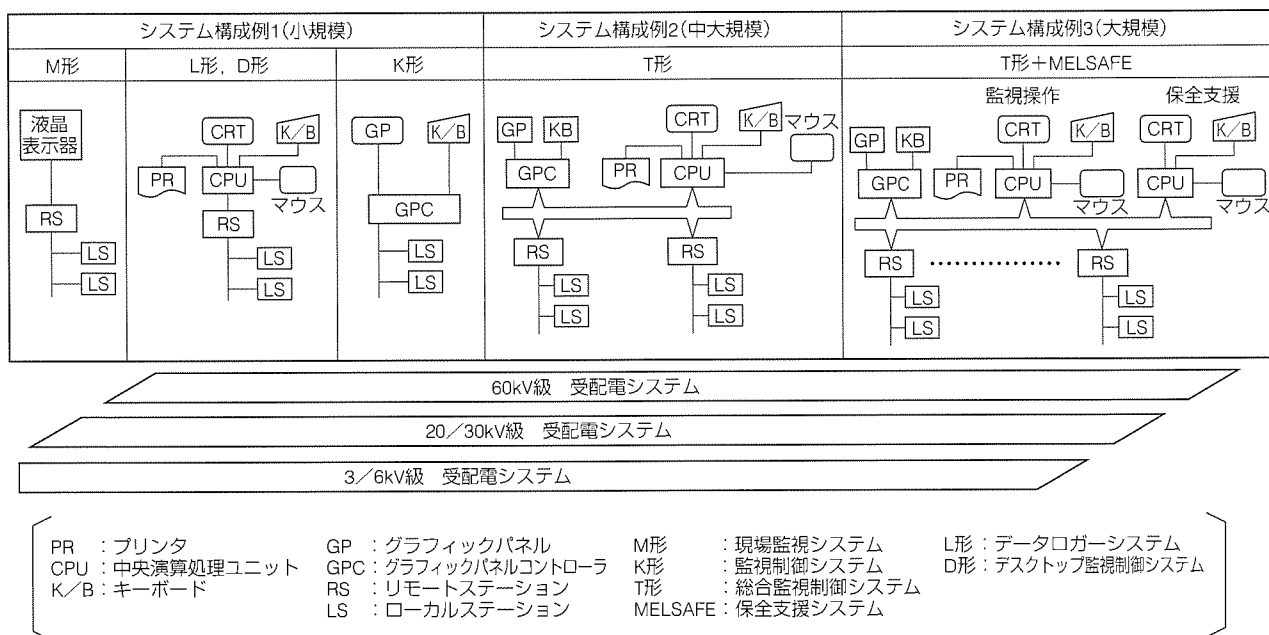


図3. 受電電圧別システム構成例

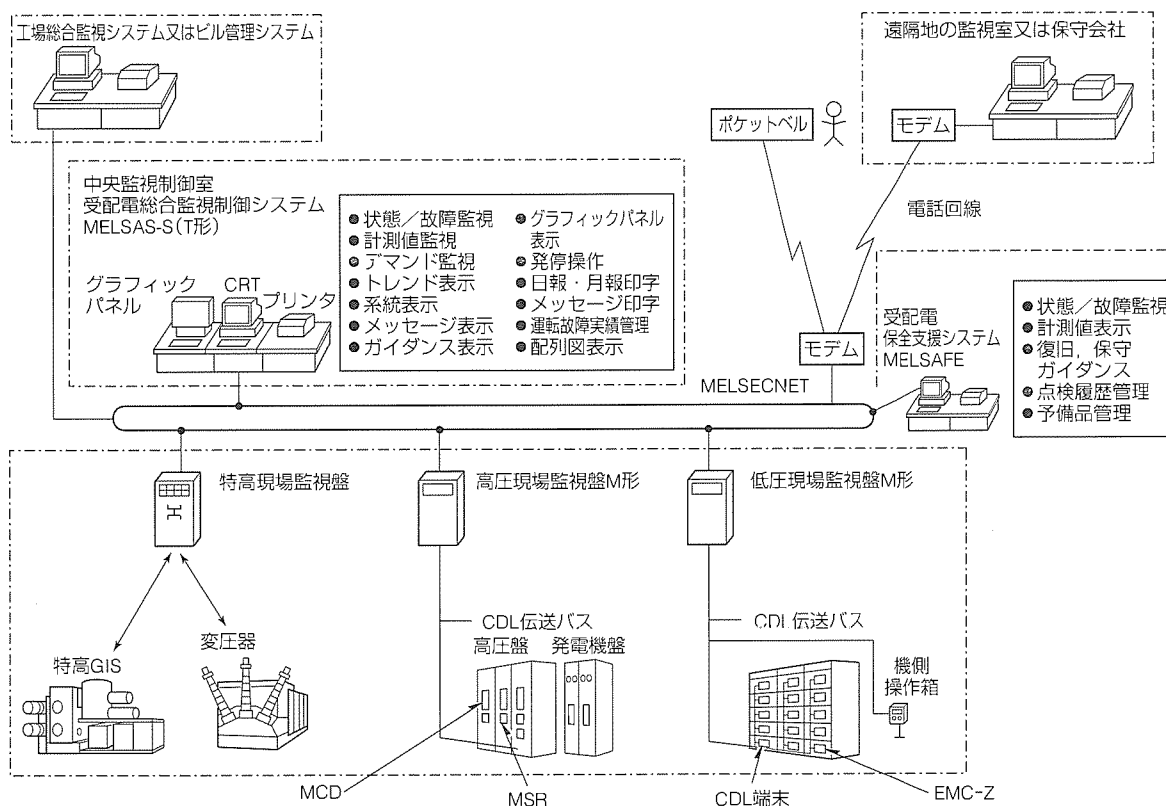


図4. 受配電設備運転支援システムの構成例

図4に、上位の工場総合監視システムや、電話回線を介した遠隔地の監視室又は保守会社でも監視する大規模システムの例を示す。

3.3 機能

以下に、設備運轉業務の効率化と省エネルギー化に効果がある機能について示す。

(1) 日報・月報による負荷の原単位管理

従来定期的に記帳していた負荷設備ごとの電力量・電流等を遠隔で常時計測することにより、業務が効率化できる。また、データ分析による改善やきめ細かな負荷制御で省エネルギー効果を上げることも可能である。図2に示すサブ変電設備のデータ管理が今後重要となる。

(2) デマンドの管理

受電電力量が管理目標電力量を超えないように常時監視し、超過が予想される場合は事前にデマンドオーバー警報を出し、必要によって負荷を自動制御する。電力会社が夏場のピーク電力を削減するために季節/時間帯別契約電力を推奨しているため、契約電力値をカレンダーによって変更する機能が今後増加していく。

(3) 力率の管理

受電力率を90%以上100%に近づけるために、受電点の無効電力を計測してコンデンサを自動制御することにより、省力化とともに、電気料金の削減ができる。

(4) 停復電制御

従来、停電が発生した場合は、まず負荷設備をトリップさせ、非常用発電機を起動させることで非常用負荷に電気を給電していたが、復電時は手動で負荷を再投入するケー

スが多かった。普段操作をする機会が余りないため、正確な手順での操作が課題であった。これを自動化することにより、短時間で確実な実施が可能となる。

(5) 負荷選択遮断制御(ロードシェーディング)

常用発電機を使用した系統において、買電が停電するか又は発電機が停止した場合、負荷制限のため非常用や重要負荷のみに電気を給電し、その他の負荷を停止させる。買電が復電するか又は発電機が復旧した場合は、優先順に負荷を自動的に再投入させることで最適な運用が可能となる。

各電気系によって電力系統運用の条件は様々であり、系統解析の実施手順例を図5に示す。EWSによる系統解析が主体だが、パソコン用も市販されてきている。

買電と自家発電が母線連絡遮断器52Bを介して並列運転又は単独運転に切り換わる場合に、負荷選択遮断制御の実施例の電力系統図と制御フロー図を図6に示す。

4. 自動検針システム

電気・ガス・水道の各事業者が行う自動検針システムは、電気・水道が小規模特定地域で、ガスが監視・ポンペ交換時期の把握のシステムの付随的機能として行っており、電気・ガス・水道の各事業者がそれぞれ独自に自動検針を行い、投資がそれぞれに必要であった。

統合型自動検針システムは、臨海副都心に建設される集合住宅の検針業務の迅速化・正確化・省力化、及び利便性・安全性の向上を図るため、1996年3月から実運用を開始した。当社は、この統合型自動検針システムの機器開発委託を(株)東京テレポートセンター(以下“TTC”という。)から受注し納入している。本稿では、この統合型自動検針システムについて紹介する。

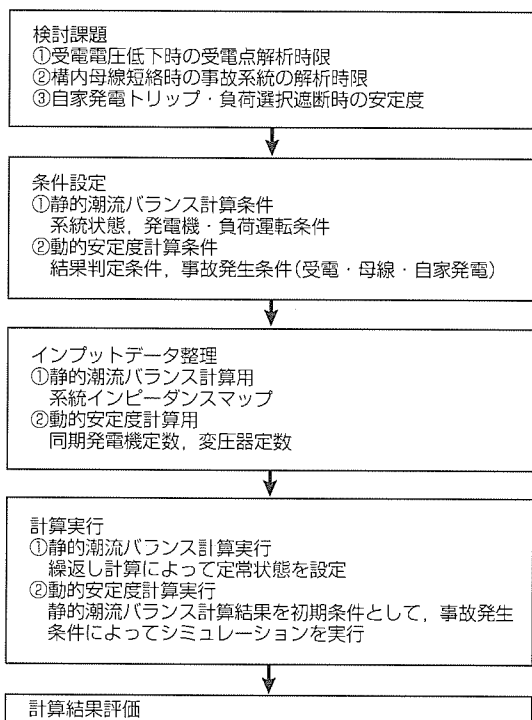
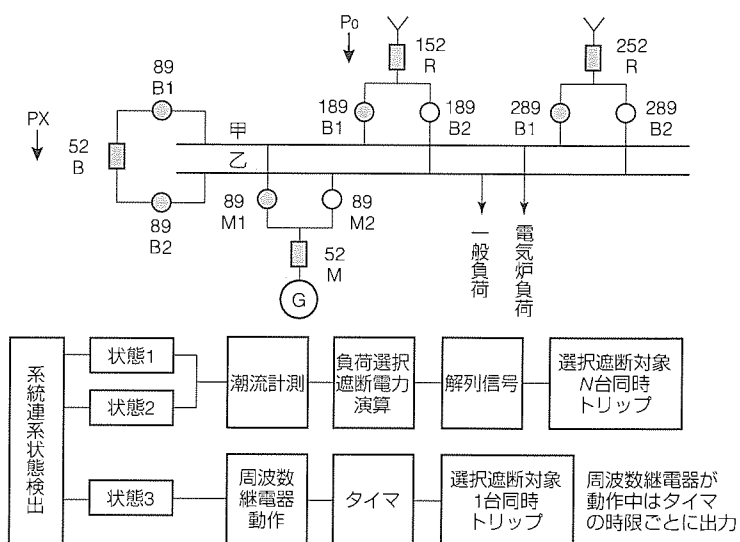


図5. 系統解析実施手順例



状態1: 買電と自家発電が母線連絡52Bを介しての並列運転状態
 状態2: 甲又は乙母線のいずれか単一母線で買電と自家発電が並列運転状態
 状態3: 自家発電単独運転状態

図6. 負荷選択遮断電力系統図と制御フロー図例

4.1 統合型自動検針システムの構成と特長

図7に統合型自動検針システムの構成を示す。各センターと端末間は公衆電話回線網で接続しており、集合住宅には各事業者のセンターと電気・ガス・水道の各メータに対応可能なC-TNCUとC-ADPを設置している。TTCセンターは、水道局・下水道局・臨海熱供給センターの検針を代行し、収集データを転送する。

下記の主な特長を持っている。

- (1) 広域通信は公衆電話網、住宅棟内は専用線による
- (2) TTCセンターは2CPU構成で、1台が故障しても他の1台で運用可能
- (3) 端末側は電気の1,200bps、ガス/水道の300bpsの異なる通信仕様に自動的に対応でき、センター発呼と端末発呼が可能
- (4) メータへのアクセスは、端末器に記憶している接続管理情報テーブルによって可能

4.2 TTCセンターシステム

TTCセンター装置は、①遠隔自動検針機能、②メータ警報を常時監視し、発生した警報を即座に事業者へ通知するための24時間連続運転機能、③TTCが端末設備を管理する責任上、設備の保守、故障時の切り分けをする機能、④休日・夜間の自動検針のための有人監視体制を極力避けるための機能を織り込んだ装置である。

4.2.1 装置構成

この装置は、①自動検針機能、設備監視機能の検針装置、②検針結果ファイル転送機能、事業者への警報通知機能の事業者通信装置、③無人監視する警報監視装置で構成される。

図8にセンター装置の全体構成を示す。

(1) 検針装置

①検針データ処理のCPU、②CPUからの指示で電話回線を制御する送信用モデム、③メータ警報、自動検針結果

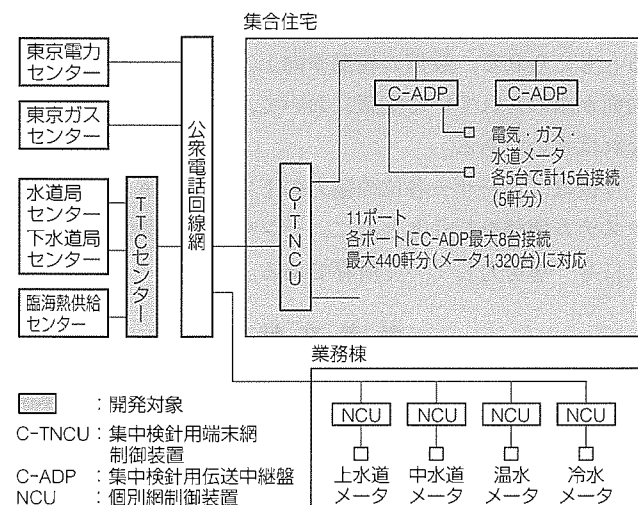


図7. 統合型自動検針システムの構成

通知など端末側からの自動着信によって電話回線を制御する着信用モデムで構成される。これら機器は2セット構成で、相互はLAN接続されており、系統1のCPUがダウンしても系統2のCPUが検針を実行するなど、全体で二重系を構成している。また、送信用モデムは事業者によってデータ伝送速度が2種類あるため、両仕様を満足する装置である。

(2) 事業者通信装置

検針装置で収集した検針値を検針結果ファイルとして、パソコン通信によってセンター利用事業者へ転送する。また、メータ警報を受信すると、FAXによってメータ管理事業者に警報発生時刻と警報内容を通知する。

(3) 警報監視装置

センター入力電源異常、検針装置(二重系とも)異常、事業者通信装置のFAX送信異常、端末設備の電池異常発生に対して、装置付近のセンター運用者にランプ及び警報音で異常発生を自動通知する。さらに、電話回線を制御し、運用者のポケットベルに異常発生を自動通報する。

4.2.2 検針装置CPU機能

(1) 検針業務機能

登録されているお客様ごとの検針日に合わせてセンターから自動的に順次メータに接続し、検針値を収集する。また、自動検針失敗や必要に応じて検針値を収集する。

(2) メータ管理機能

センター利用事業者からの要求により、メータに設定しているデータを確認し、設定する。

(3) 設備監視機能

端末設備、メータ設置時の工事確認試験や、端末異常時の設備診断に使用する。

4.3 端末側システム

端末側システムは、集合住宅1棟にC-TNCUが1台設置され、電話回線と接続される。C-TNCUから出ている専用線11ポートの各ポートに最大8台のC-ADPがマルチドロップ接続できる。C-ADPには電気・ガス・水道のメータが各5台まで接続できる。したがって、1台の

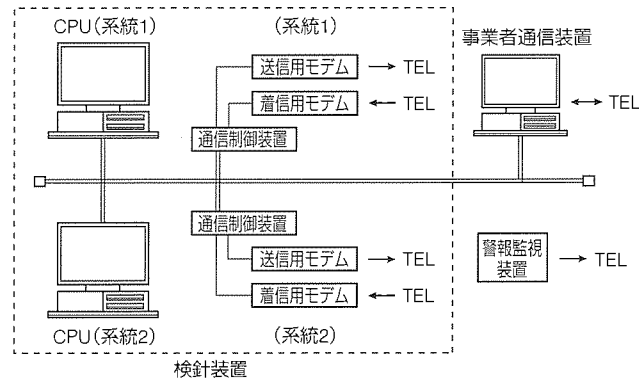


図8. センター装置の全体構成

表 2. C-TNCUの仕様

入力電源	AC100V
出力電源	DC24V (C-ADPへ供給)
センター通信	通信速度 300bps (水道, ガス) 1,200bps (電気)
	通信方式 FSK, 半二重
棟内通信	通信速度 9,600bps
	通信方式 ベースバンド, 半二重
外形寸法	(H) 450×(W) 355×(D) 155 (mm)
質量	約15kg

表 3. C-ADPの仕様

入力電源	DC24V
メータ通信	通信速度 300bps (水道, ガス) 1,200bps (電気)
	通信方式 ベースバンド, 半二重
外形寸法	(H) 248×(W) 198×(D) 46 (mm)
質量	1kg (プラスチック製)

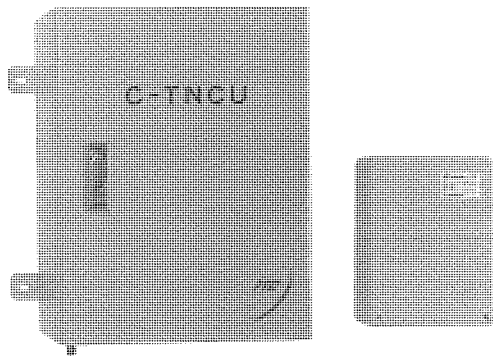


図 9. C-TNCU, C-ADPの外観

C-TNCUで440軒分(メータ数1,320台)の管理が可能となる。

4.3.1 集中検針用端末側制御装置(C-TNCU)

(1) ノーリング通信

管理人室等の電話回線を使用し、接続された電話が鳴らないNTTのノーリングサービスによる回線接続を行い、また、各事業者で異なる通信プロトコルに対応する。

(2) 検針機能

接続管理情報テーブルに従って各事業者ごとに設定された時刻に棟内のメータを一括検針し、収集データを保持する。440軒分/1事業者が5分以内に収集可能となっている。また、センターからの指令によってメータ個別に検針を行う。

(3) 接続メータ管理

C-TNCU~C-ADP~メータのハードアドレス(配線端子)を自動認識して保持する。440軒/1事業者のハードアドレスは約1分で生成可能となっている。

(4) 自動発信機能

メータからの起動又は自身の起動により、自動的に当該センターへ発信を行う。

(5) 棟内通信

C-ADPとの通信(11ポート)は、当社のB/NET通信を採用している。接続管理情報生成時は11ポート並列で通信を行う。C-TNCUの仕様を表2示す。

C-TNCUとC-ADPの外観を図9に示す。

4.3.2 集中検針用伝送中継盤(C-ADP)

(1) メータ接続

電気・ガス・水道メータとのI/Fを各5ポート持ち、ガスと水道は同一仕様のI/Fとなっている。

(2) 中継機能

C-TNCUとの通信をB/NET通信プロトコルで行い、メータとはメータ通信プロトコルで行うことによって双方の通信の中継を行う。

(3) 自己認識

1~8までのアドレスが設定でき、自己認識を行う。

(4) 接続確認

LEDによって接続状態が確認できる。同一アドレスのC-ADPが同一ポートにあると、当該C-ADPのLEDを点滅させて通知する。C-ADPの仕様を表3に示す。

臨海副都心向け統合型自動検針システムの開発により、電気・ガス・水道のセンター及びメータとの通信技術を確認した。今後の各事業者向け自動検針ビジネスなどに大きな基礎を築くことができたと考える。

この開発は(株)東京テレポートセンターの指導の下、各事業者の協力を得て開発を完了することができ、関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

5. む す び

受配電設備の運転支援・検針システム分野におけるエレクトロニクス技術や伝送技術の応用は、今後更に進展していくと思われる。また今後は更にオープン化とマルチベンダ環境が整い、より便利なシステムが構築できるようになると考えられる。設備の稼働率向上と運転業務の効率化の両面が求められている実状において、本稿の内容が参考になれば幸いである。

今後は、ユーザー各位の協力の下で、より実体に即したシステム開発を行うとともに、センサ開発や診断技術の向上にも一層努力していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 工場電気設備管理技術の実態と最新技術動向, 電気学会技術報告, No.644(1997-7)

省人システム～受配電保全支援システム

城ヶ崎 亨*
高橋正芳**

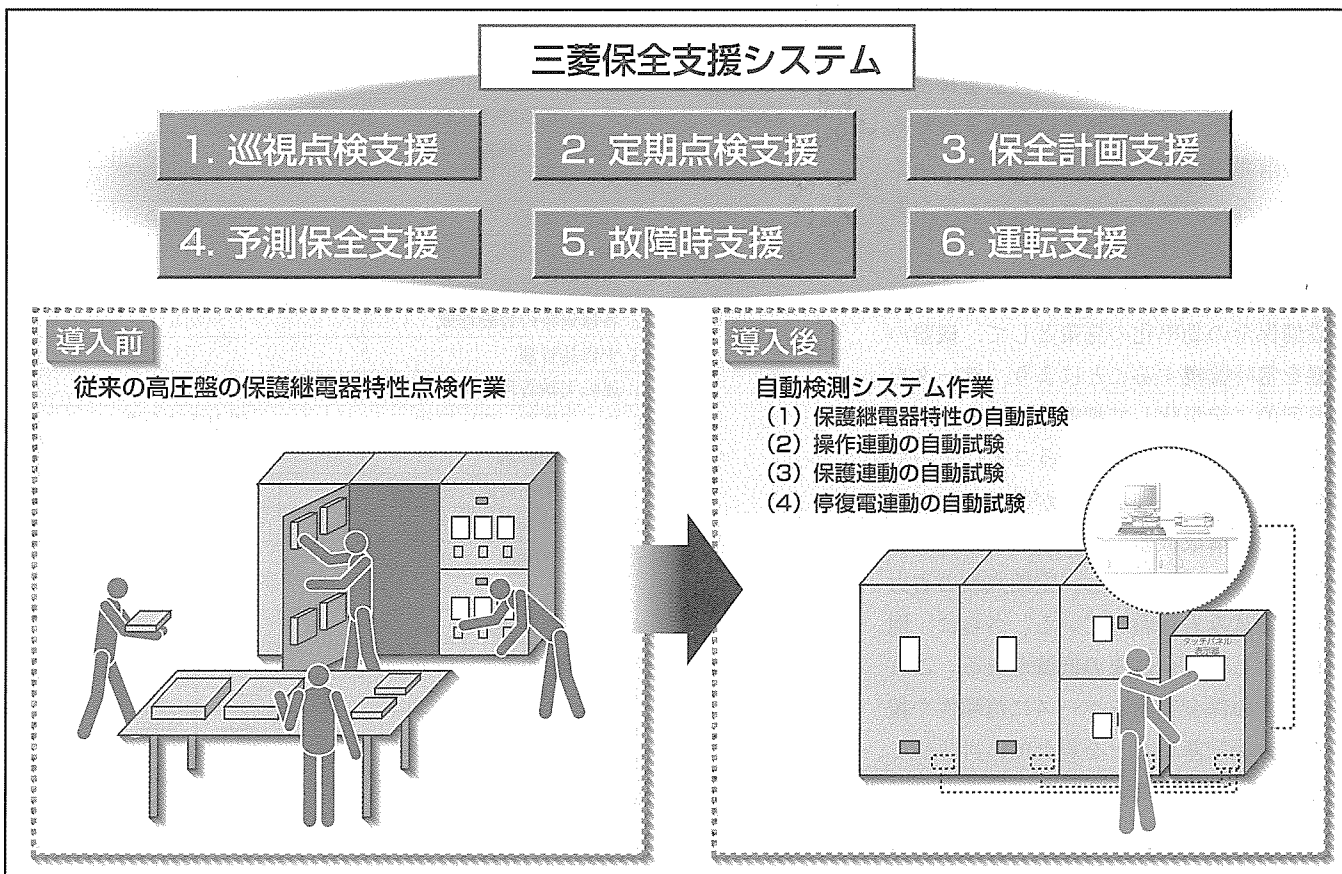
要旨

近年の高度情報化社会では、電力安定供給の重要性がますます高まっている。また、少子化に代表されるように受配電設備の保全業務の担い手が減少している現在、設備維持管理業務の省人化・高度化のニーズが増大している。さらに、老朽設備の更新時期の見極めも重要課題である。

そこで、保全業務の省力化、故障の早期発見・早期復旧・未然防止をねらいとし、これまで人手に頼ってきた設備保全業務を自動化するシステムを開発した。

このシステム導入による効果は、①データの自動収集に

よる巡視点検業務の削減、②機器の特性チェック、測定を自動化することでの定期点検業務の省力化、③保全データベースにより、各種資料(パレート図、トレンドグラフ)を自動作成することでの保全計画の効率化、④各種センサの出力を常時監視することによる異常の兆候の早期検出、⑤ポケットベル通報、故障点の標定、故障原因の早期把握、故障処理ガイダンスによる事故の早期復旧、⑥集中遠隔監視制御、自動データ収集による日報・月報作成と負荷の自動制御による運転業務の効率化・自動化、が挙げられる。



受配電保全支援システム

システム導入前後の定期点検作業を比較したイメージ図を示す(保護継電器特性試験の例)。

1. ま え が き

近年の産業界における高度情報化、及び生産設備の自動化・高機能化において、いったん電力供給に障害が起きた場合の影響は以前に比べて深刻なものとなっている。そのため、信頼性の高い電力供給への要求がますます高まっている。このような情勢に基づき、工場の電気設備も急速に高信頼度化が進んでおり、設備は生産性向上のためフル稼働している。しかし一方では、保全にかける技術者は年々減少しつつあり、今後、若年労働者不足がこの傾向をますます加速させると考えられる。これらの問題を解決するために、“保全業務の軽減”“事故・故障の未然防止”を目的とした受配電設備の保全支援システム“MELSAFE”を開発して製品化した。

本稿では、受配電設備の保全支援に対する技術動向について考察するとともに、このシステムの構築例について紹介する。

2. 設備保全の動向⁽¹⁾

近年、増大する設備保全業務の効率化及び高度化を目的とした施策が試みられている。保全業務の効率化のためには、遠隔監視、自動点検、保全対象の低減が着目されている。また、保全業務を高度化するため、異常の前兆の測定技術開発も進展している。さらに、近年の高度情報処理技術も保全業務の中に導入されつつある。

(1) 設備保全の効率化

設備保全の効率化の施策として、機器の状態を常時監視することにより、データを時系列的に定量化して把握することができ、印字・記録等も自動的に行うことによって保全業務の軽減を図ることが試みられている。また、構成機器の健全性を自動で点検できるシステムを構築し、定期点検の省力化を図る試みも行われている。さらに、別の施策として保全対象の低減がある。これは、過去の保全実績をベースに信頼性や稼働実績、保守基準などを総合的に再評価し、点検項目や部品交換の削減、点検周期の延長、及び機器の構造や材料などの改善・交換によって保全対象を削減し、業務量を低減させ、効率化を図ろうとするものである。

(2) 設備保全の高度化

設備保全の高度化の施策においては、例えば部分放電量や分解生成物などの測定に

よる劣化特性の測定、駆動部分の動作時応力測定、外部診断技術の採用による機器稼働状態での諸量の測定など、異常や故障の前兆段階における情報の検出・測定技術の充実に努力が払われている。また、従来は五感に頼っていた巡視項目のセンサなどによる検出や計量化、及びこれらのデータを基本に劣化や異常の程度の自動的な判定、必要な処置の提示などの実用化も進められている。

(3) 設備保全の高度情報処理化

予知保全を前提とした保全管理業務においては、膨大なデータの採取やデータベース化、迅速な分析、総合的な判断などが必要となる。これらの保全管理のための情報処理

表1. 保全支援システムの主な支援項目

支援内容	支援項目	対象設備			
		変圧器	GIS	遮断器	ケーブル
巡視点検支援	1. 運転表示			○	
	2. 破損・発せい(錆)・汚損			○	
	3. 温度・湿度			○	
	4. 異音・異臭			○	
	5. 漏洩電流			○	
	6. 過熱・変色			○	
定期点検支援	1. 絶縁抵抗測定			○	
	2. ガス圧・油面・油温測定	○	—	—	—
	3. 油中溶存ガス分析	○	—	—	—
	4. リレー特性試験	高圧/低圧配電盤搭載の保護継電器			
	5. 遮断器開閉時間計測	—	—	○	—
	6. タップ切換特性試験	○	—	—	—
	7. 制御コイル断線	—	—	○	—
	8. 異常過熱			○	
	9. 真空度測定	—	—	○	—
	10. 漏洩電流測定			○	
保全計画支援	1. 点検履歴管理			○	
	2. 各種資料の自動作成			○	
	3. 予備品管理			○	
予測保全支援	1. 運転実績管理			○	
	2. 高調波電流・電圧計測	電力系統全般			
	3. 漏洩電流計測			○	
	4. 遮断器開閉時間計測	—	—	○	—
	5. 制御コイル断線検出	—	—	○	—
	6. 異常過熱検出			○	
	7. 部分放電検出			○	
	8. ケーブル絶縁診断	—	—	—	○
	9. 累積遮断電流	—	—	○	—
	10. 真空度監視	—	—	○	—
	11. 油中ガス分析	○	—	—	—
事故時支援	1. 故障監視			○	
	2. 故障通報			○	
	3. 故障点標定			○	
	4. 故障項目・内容表示			○	
運転支援	1. 状態監視			○	
	2. 機器発停操作			○	
	3. 計測値監視(デマンド等)			○	
	4. 帳票(日報・月報・年報)			○	
	5. 負荷制御			○	

と傾向管理を軽減するためコンピュータの活用や、各種の自動診断装置等の採用が普及しつつある。

3. システムの概要

このシステムは、巡視点検支援、定期点検支援、保守計画支援、予測保全支援、事故時支援、運転支援を対象としている。このうち、予測保全は、事故の未然防止の観点から着目されている分野である。

異常の兆候を検出するには、対象部位の劣化に伴う物理現象や化学現象を分析し、長期期間でのトレンド監視を行うことによって実施する。表1に、各支援内容における支援項目と対象設備について示す。

4. システムの機能

(1) 高圧受配電設備の保全支援システム

高圧受配電設備の監視対象には、高圧配電盤、高圧ケーブル、GIS(Gas Insulated Switchgear：ガス絶縁開閉装置)、遮断器、変圧器がある。高圧配電盤への適用例を図1に示す。ケーブル絶縁監視、盤内温度監視、GISのガス圧・ガス温度監視、部分放電監視等を中央監視装置で一括して監視することができる。

さらに、定期点検の省力化の例として、保護継電器の自動検出システムを紹介する。このシステムは、機器動作試験を短時間にかつ自動的にを行い、結果の判定を行うものである。受配電設備の定期点検に求められる条件は、設備の

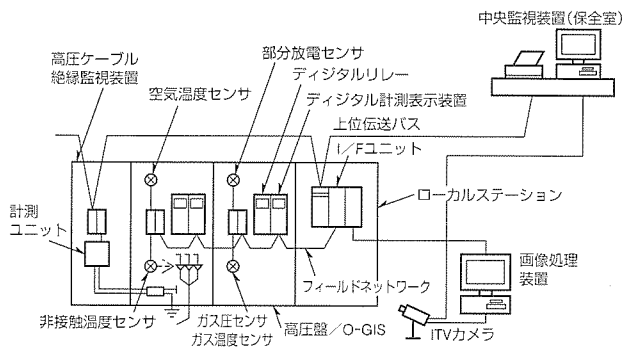


図1. 高圧盤の保全支援システム適用例

表2. 試験項目と内容・手順

試験項目	試験内容・手順
操作連動試験	遮断器の操作ばね蓄勢用電動機の機構動作を入り/切り指令によって操作フローどおりに動作を行い、アンサーバック信号があるかを確認する。また機器の動作時間を測定し記録する。
保護連動試験	保護継電器を実際に動作させ保護連動表どおりに機器がトリップするかを確認する。このとき保護継電器の動作時間と遮断器のトリップ時間を記録する。
停復電連動試験	受電不足電圧継電器を模擬動作させ、運転フローどおりに発電機等への切換え及び復電切換えが完了することを確認する。

信頼性を従来以上に維持しつつ、

- (a) 点検周期を極力長くする。
- (b) 点検時間を極力短くする。
- (c) 省人化を図る。
- (d) 熟練作業でなくても点検できる。
- (e) 点検精度を向上させる。

ことが挙げられる。このシステムは、上記要求のうち(b)~(e)に対応する。このシステムでの試験項目と内容・手順を表2に示す。

システム構成は、図2に示すように、制御及び処理部、電源コントローラ、電流・電圧出力ユニットの3ユニットで構成される。試験仕様設定部からの指示により、シーケンサからネットワークを介して、配電盤に設置した切換制御用端末を制御する。これにより、保護継電器に試験用電源が入力される。それに伴う保護継電器の動作は別の時間計測用端末で監視している。その結果は、試験データ判断部に送られて処理され、データを印字・保存する。

(2) 低圧受配電設備の保全支援システム

モータコントロールセンタの保全支援システムの機能及び構成を図3、図4に示す。低圧設備においては、監視設備の数が問題となる。工業プラントではモータの台数は数百台~数千台に及ぶケースも少なくなく、その点検業務は膨大な労力を必要とする。したがって、絶縁監視や機器の点検による事故の未然防止のほかに、設備の更新計画の支

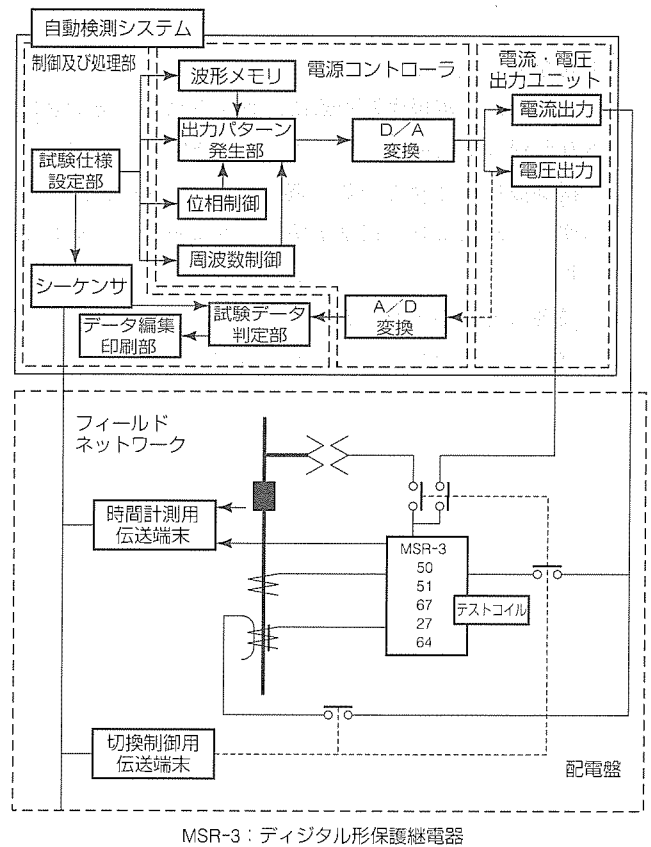


図2. 自動検出システムのシステム構成

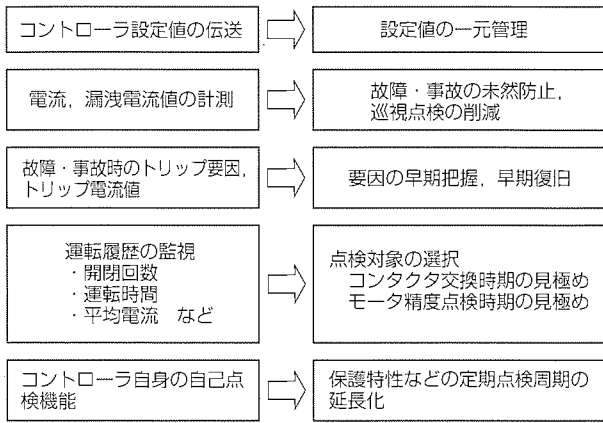


図3. モータコントロールセンタの保全支援機能

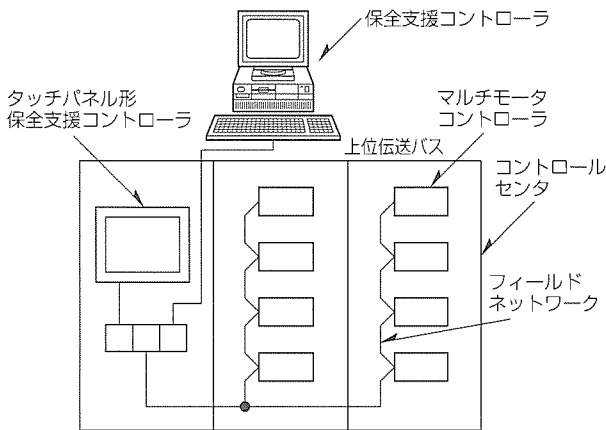


図4. モータコントロールセンタ保全支援システム構成

援も重要な項目となる。

このシステムを実現するために、コントロールセンタに搭載されたマルチモータコントローラ(EMC-Z)に種々の保全支援機能を持たせている。表3にEMC-Zの伝送データを示す。これにより、保全支援コントローラで一括して下記を行う。

- (a) 設備ごとの設定値の適正チェック
- (b) 常時計測・監視による故障・事故の未然防止
- (c) 故障要因、故障時データの確認による事故の早期発見
- (d) 運転履歴の監視による保全計画支援

さらに、EMC-Zは自己診断機能を持っている。これにより、多数のモータコントローラ自体の健全性も自動で点検確認することができ、コントローラの定期点検周期の延長化を図ることができる。

自己点検項目として、①主回路電流計測回路の精度、②漏えい(洩)電流計測回路の精度、③過電流保護特性、④地絡保護特性、⑤欠相保護特性、⑥伝送機能、⑦内部メモリチェックがある。図5にEMC-Zの外観を示す。

表3. マルチモータコントローラEMC-Zの伝送データ

設定値	計測値	内容	故障
MCT定格	運転電流		
過電流ブレイアラーム動作電流	漏洩電流		
過電流動作時間	故障要因		
蓄熱特性	トリップ電流		
過電流始動時ロック時間	運転時間		
地絡感度電流	正転閉回数		
地絡動作時間	逆転閉回数		
過電流瞬時動作電流	トリップ回数		
過電流瞬時動作時間	平均電流		
不足電流動作電流	最大電流		
不足電流動作時間	最小電流		
欠相動作不平衡率	過電流トリップ回数		
瞬停再始動補償時間	欠相トリップ回数		
瞬時再始動時限	地絡トリップ回数		
シーケンス回路番号	過電流瞬時トリップ回数		
伝送局番	不足電圧トリップ回数		
孫局設定	外部要因トリップ回数		
一斉同報グループ番号	瞬停再始動回数		
	EMCエラーコード		

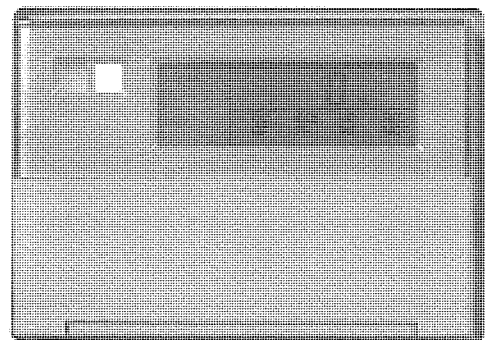


図5. マルチモータコントローラEMC-Zの外観

5. む す び

受配電設備の保全の動向とその支援システムについて紹介した。保全業務の効率化と高度化が求められている実状において、本稿の内容が参考になれば幸いである。

今後は、センシング技術の充実等に注力し、更なるメニューぞろえを行うとともに、予測保全に対する診断技術の向上に一層努力していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 電気学会(工場電気設備監理技術調査専門委員会)：工場電気設備監理技術の実態と最新技術動向，電気学会技術報告，No.644，23 (1997-7)
- (2) 佐々木文夫，酒井道雄，安部克茂，篠原秀雄，宇野正嘉：受配電設備の保全支援システム，三菱電機技報，69，No.9，845～851 (1995)

省人システム～保守省力化機器

小林 稔* 松川公映**
野尻秀夫* 十鳥 洋***
中谷一三*

受配電システムの中でキーコンポーネントとして位置付けられる中・高圧、特別高圧の真空遮断器は、その配電網の最前線に位置し、設置台数も極めて多い。

この真空遮断器に対する保守点検の目的は、性能を維持し、事故や故障を未然に防止することにある。電気設備の使用者は、巡視及び定期点検などの実施によって性能を維持しなければならないので、保守点検に要する労力は膨大なものとなる。

この保守点検を削減する一つの手段として、機器自体で保守を少なくする方法がある。定格12kV、31.5kA(10-VPR-32C)真空遮断器を例として、保守・点検の省力化について述べる。

(1) 操作機構平歯車の表面改質

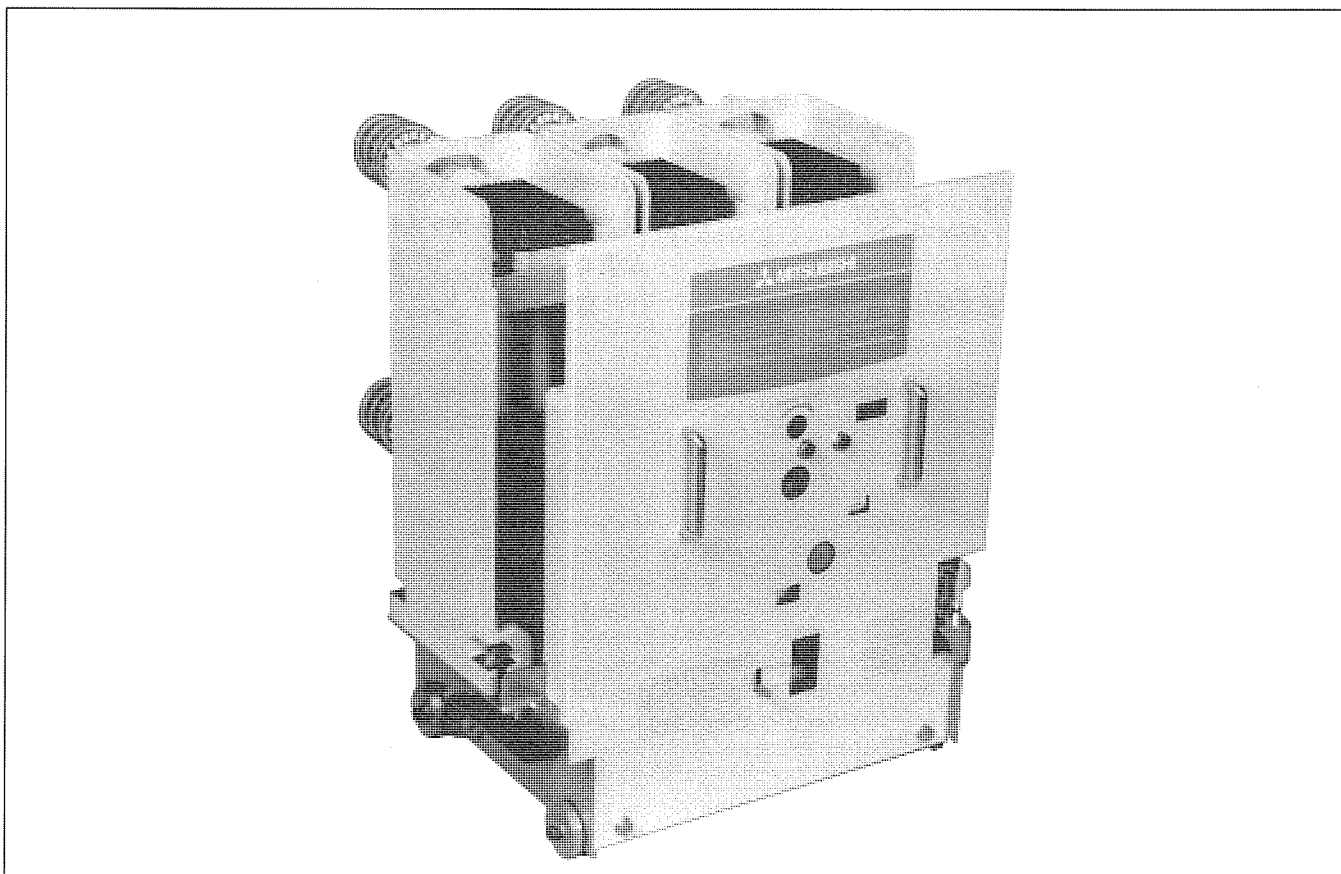
従来、歯車にグリースを多量に塗布していたが、無電解NiPめっきを施すことにより、グリースレスでも潤滑性・耐久性を与え、メンテナンスフリー化が図れた。

(2) 長寿命グリース

遮断器の中で直接外気にさらされない部位などの機構部には、20年以上の耐用性と動作安定性に優れた長寿命ふっ素系グリースを開発して採用し、保守省力化を実現した。

(3) 大定格電流の自冷化

今回開発された熱流体解析プログラム“MelTHERFY”を用いて熱解析を実施し、大定格電流においても自冷方式とした。強制空冷装置のようにファンなどの回転機器がないので保守が不要である。



10-VPR-32C形真空遮断器

今回開発製品化した真空遮断器で、定格電流3,150A機の外観である。上部には、自冷化を可能とした冷却フィンが見える。また、フェースプレート内部には、保守省力化に優れた操作機構がある。

1. まえがき

最近の開閉機器は、運転・操作のみならず、保守の面からも省力化が要求されている。保守の省力化を図った定格12kV、31.5kA(10-VPR-32C)真空遮断器を例として、その概要と省力化技術について紹介する。

10-VPR-32C形真空遮断器は、“Simple is Best”を開発コンセプトとし、動作の単純化、運動解析・熱解析などのCAE技術の駆使、トライボロジーに関する研究によって高品質、高信頼性、保守省力化、高安全性を実現した遮断器である。外形図を図1に、定格事項を表1に示す。

この真空遮断器の主な特長は次のとおりである。

(1) 本体構造の見直しと新形操作機構(BH2)採用による小

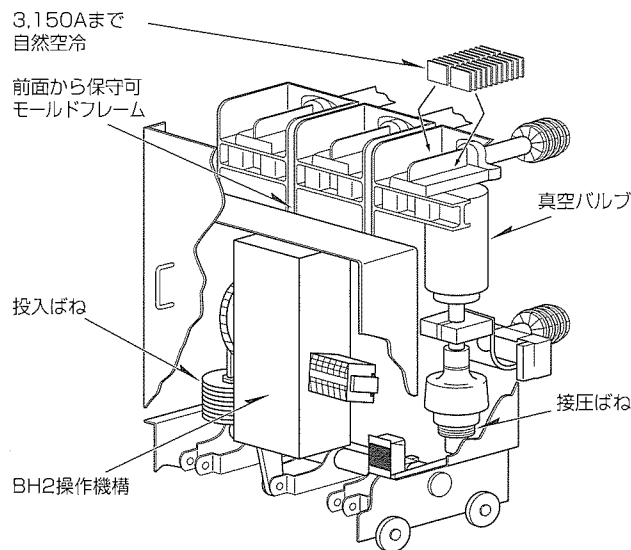


図1. 10-VPR-32C形真空遮断器の外形図

表1. 10-VPR-32C形真空遮断器の定格事項

品名	10-VPR-32C
準拠規格	IEC56
	JEC-2300
	GB1984
	DL-402/403
定格電圧	12kV
定格電流	1,250A
	2,000A
	3,150A
定格周波数	50/60Hz
定格遮断電流	31.5kA
定格投入電流	80kA
定格短時間耐電流	31.5kA
定格遮断時間	3 サイクル
耐電圧	商用周波 42kV(1分間)
	インパルス 75kV
動作責務	O-0.3秒-CO-1分-CO O-1分-CO-3分-CO CO-15秒-CO
補助スイッチ	5 a 5 b

型化・高信頼性化・保守省力化

- (2) 定格電流3,150Aまで自然空冷による保守省力化
- (3) 絶縁物の沿面距離を確保しながら前面からの保守を可能とした絶縁モールドフレームの採用
- (4) 真空バルブの高寿命・高耐電圧化

2. BH2 操作機構と保守省力化技術

BH2 操作機構は、中容量クラス真空遮断器用の標準操作機構として開発したものである。特長は部品点数を従来比50%以下(当社比)とシンプル化し、運動解析などのCAE技術の駆使によって最適化したものであるが、さらに、表面改質や新グリースなど、保守省力化の一段の向上を図った。図2にBH2 操作機構の外形図を示す。BH2 操作機構で採用した保守省力化のための技術について述べる。

2.1 表面改質

グリースを多量に塗布したり、気中にさらされごみが付着しやすい歯車のような機構部品にはグリースレスの表面改質法を適用し、メンテナンスフリー化を図った。

表面改質には、拡散処理、プラズマ処理、イオン注入等の表面材料の改質と、PVD(物理蒸着)、CVD(化学蒸着)、めっき等の表面被膜による方法がある。遮断器の操作機構としては、使用環境での発せい(錆)防止のための耐食性以外に、機構部品としての特質である潤滑性と摩擦に対する耐久性が要求される。これらの特性を低コストで満足する方法として、優れた耐食性を示す無電解NiPめっきや、一層の潤滑性・耐久性を与えるように無電解NiPめっきを改質しためっきを施す方法がある。無電解NiPめっきとその改質めっきに関して、耐久性と潤滑性について述べる。

(1) 耐久性⁽¹⁾

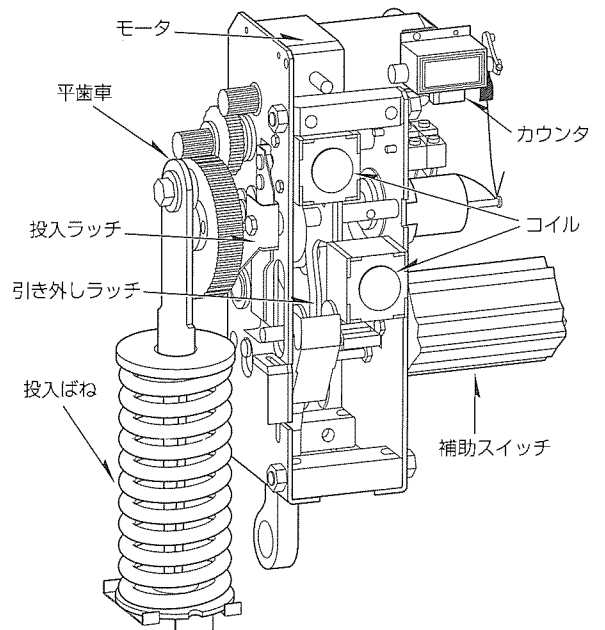


図2. BH2 操作機構の外形図

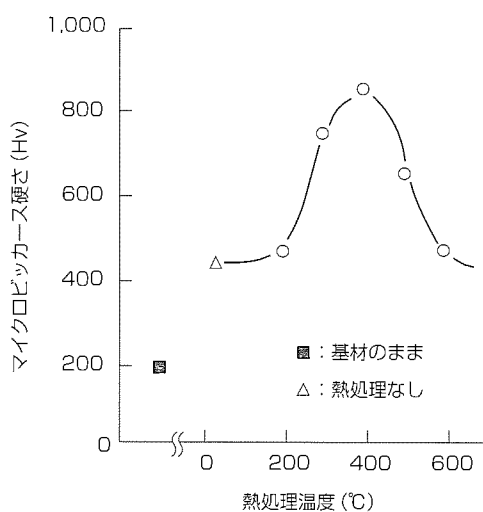


図3. 熱処理温度と被膜硬度の関係

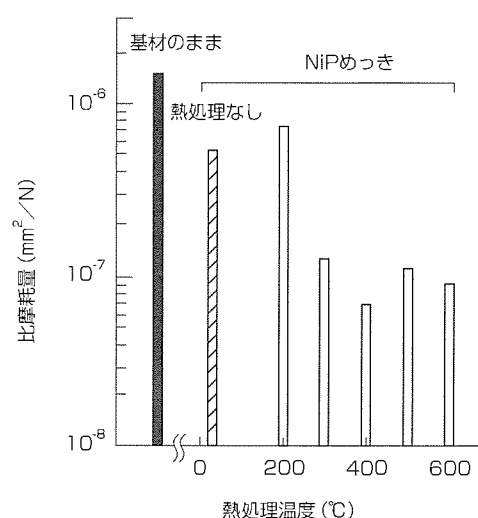


図5. 熱処理温度と比摩耗量との関係

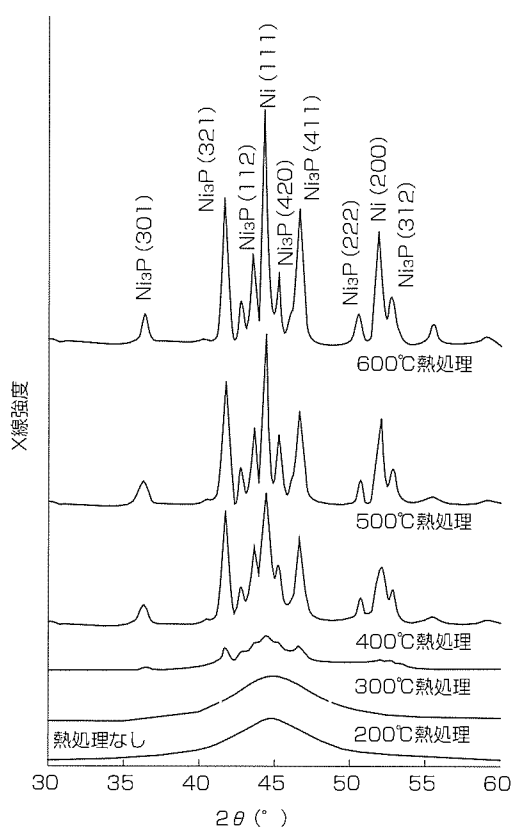


図4. 熱処理温度とX線回折パターンとの関係

無電解NiPめっき膜は、図3に示すように、熱処理温度によって被膜硬度が変化する。300°C以上の温度では硬度が変化し、400°Cの場合に最高硬度になることが分かる。なお、試料は、各熱処理温度で1時間処理したものである。

次に、図4に各熱処理温度でのX線回折パターンを示す。熱処理のない場合や200°Cの熱処理ではアモルファス状態であるが、300°Cでは部分的にNi₃Pの結晶化が始まっており、400°C以上では、温度の上昇に伴って、シャープなピークが形成されていることが分かる。

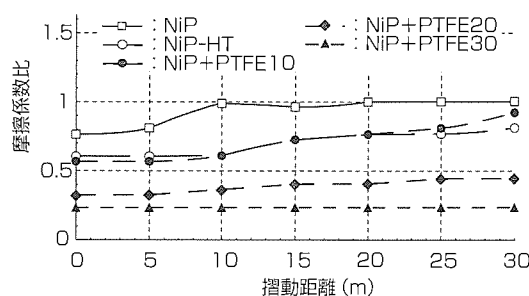


図6. 摩擦係数の経時変化

したがって、300°C以上の熱処理温度で実施された無電解NiPめっきの硬度の上昇は、めっき膜の結晶性、とりわけNi₃Pの析出が原因の一つと考えられる。

無電解NiPめっき膜に熱処理を施すと、めっき膜が結晶化し高硬度化するの、被膜の耐磨耗性が向上することが予測される。そこで、SS400鋼材に15μmだけNiPめっきを施したものと基材のままのSS400鋼材について摩耗試験を行い、得られた比摩耗量と熱処理温度との関係を図5に示す。しゅう(摺)動部分の片側にだけNiPめっきを施すだけで摩耗は約半分になり、さらに熱処理を施すと、400°Cの場合には、1/10以下になる。無電解NiPめっきを施すことによって耐久性が向上することが分かる。

(2) 潤滑性⁽²⁾

NiPめっき液にPTFE(四ふっ化エチレン)粒子を分散させて無電解めっきを施し、熱処理を加えた場合の摩擦試験結果を図6に示す。なお、図には、グリース潤滑の場合の摩擦係数で除して摩擦係数比として示した。めっきはSS400鋼材に50μmだけ施し、同一種同士の摩擦試験を行った。また、熱処理は300°Cで1時間だけ行い、図中のNiPはNiPめっきのままの場合であり、NiP+PTFE10、NiP+PTFE20、NiP+PTFE30はPTFEをそれぞれ10、20、30Vol.%加えたものであり、NiP+HTはPTFEを分散せず

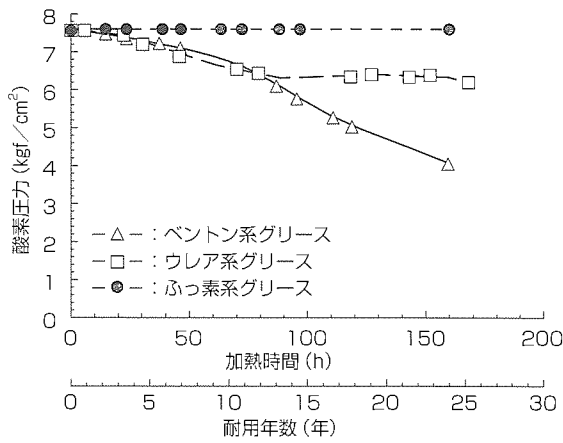


図7. グリースの酸化安定性

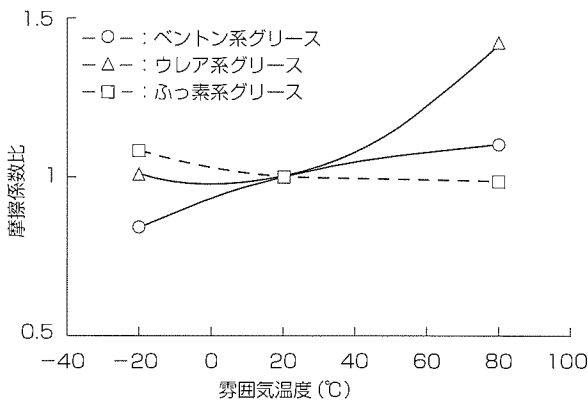


図8. 摩擦係数の温度依存性

に400℃で1時間熱処理したものである。図から、いずれの処理法でもグリース潤滑以下の実用的な摩擦係数を示し、さらにPTFEを分散させた場合には摩擦係数がより小さくなり、潤滑性が向上することが分かる。

この操作機構においては、上記の耐久性と潤滑性の結果に基づいて、面圧や摺動距離などの使用状態に応じて部品材質や硬度を選択し、無電解NiPめっきや一層の潤滑性と耐久性を与えるように改質しためっきを平歯車などの部品に施すことにより、グリースレスでも耐食性・耐久性・潤滑性を与えている。

2.2 グリース

直接外気にさらされないピンなどの機構部品には、グリースメーカーと共同で開発した長寿命なふっ素系グリースを適用し、保守の軽減を図った。

開発したグリースの酸化安定性試験をJIS K 2220に基づいて行い、その結果を図7に示す。試料の初期の酸素圧力は7.7kgf/cm²である。加熱時間200時間で、耐用年数が30年に相当する。ベントン系やウレア系のグリースよりも酸化安定性が良く、20年以上の耐用性があることが分かる。

グリースの基油は温度依存性が大きいいため、遮断器の使

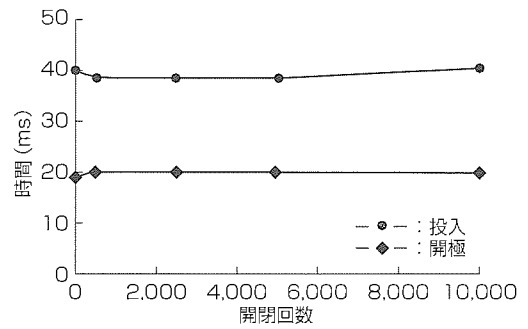


図9. 実機動作検証結果

用雰囲気下でのグリースとしての摩擦係数を測定した結果を図8に示す。なお、図には各温度での摩擦係数を20℃での摩擦係数で除して摩擦係数比として示し、温度依存性が分かりやすくなるように表記した。図から、ふっ素系グリースが最も温度依存性がなく、安定していることが分かる。

2.1, 2.2節で述べた表面改質処理とグリースを遮断器の操作機構に施した後、実機の性能確認試験を実施した。その結果を図9に示す。投入時間、開極時間共に10,000回の動作でほとんど変化せず、機構部分の潤滑性及び耐久性に問題がなかったことが分かる。

3. 大定格電流の自冷化による保守省力化

強制空冷方式では冷却ファンなどの強制空冷装置の保守点検が必要となり、保守省力化の点からは自冷方式が望ましい。一般的には、自冷方式で大定格電流での発熱による温度上昇を抑えることは、遮断器寸法の増大化などを招いてしまう。10-VPR-32C形真空遮断器では、設計の初期段階からCAEによる熱解析を実施し、放熱フィンの位置や形状などの最適化を図り、全電流定格において、従来の同クラスの遮断器の寸法以下(当社比)で自然対流による自冷方式を達成した。熱解析には回路網法をベースとした熱流体解析プログラム“MelTHERFy”を用いた。

4. むすび

10-VPR-32C形真空遮断器を例として保守省力化技術について紹介した。

この操作機構は、当社の定格3.6/7.2kV, 20kA (VF-20C), 31.5kA/40kA (VF-32C/40C)真空遮断器シリーズにも採用しており、10-VPR-32C形真空遮断器と同様、高信頼性と保守省力化を達成した。

参考文献

- (1) Matsukawa, K., Ichikawa, A., Kobayashi, M.: Proc. of the Japan Inter. Trib. Conf., 7 (1990)
- (2) 松川公映, 佐藤勝紀: トライボロジー会議予稿集, 149 (1996-10)

1. ま え が き

地球温暖化防止のため、二酸化炭素など温室効果ガス排出量の削減目標について国際的に合意が成立している。地球温暖化の原因となる温室効果ガスの大部分を占める二酸化炭素排出の約90%はエネルギーに関連しており、地球温暖化防止の観点から、省エネルギー対策の実行が各分野で急務となっている。

本稿では、このたび開発を行った省エネルギーを主目的とし、ISO14001(環境マネジメントシステム)をサポートするビル・工場向けのシステムについて述べる。

2. コントローラの構成

B/NETシステムにおいて、ビル・工場のエネルギー管理及び配電制御機器市場をターゲットにしたシステムは、中央監視を主体としたシステム構成であり、従来は“エネルギー管理コントローラ”“設備監視コントローラ(従来機種名：マスタコントローラ)”及び“照明制御コントローラ”の3機種をそれぞれ提供していた。

これらの3機種を同じソフトウェア/ハードウェア上でシステムの拡張性・柔軟性を目的に、新B/NETコントローラの開発を行った。

2.1 コントローラソフトウェア構成

B/NET新コントローラのソフトウェア構成を図1に示す。ソフトウェア構成の基本コンセプトは、

(1) オブジェクト指向設計により、コントローラの機能単位でアプリケーションソフトウェア(APL)をパッケージ化させて、機能の追加と削除をパッケージ単位で容易に実現する。

(2) 共用メモリサーバ方式により、ハードウェアに依存しないソフトウェア製作を可能とし、ソフトウェア生産性を向上させて工期の短縮及び品質向上を図る。ことである。

快適な操作環境を実現し24時間稼働に耐え得るOSとして、Windows NT4.0^(注1)を採用した。また、Windows NT4.0上で動作可能な制御ミドルウェアとして“共用メモリサーバ”を構成し、APLの作成をB/NET端末を意識しないで開発できるものとし、ソフトウェア品質の向上を図った。

この共用メモリサーバとB/NETに接続される計測・制御機器をインタフェースするミドルウェアとして開発したコミュニケーションマネージャ

(B/NET CM)は、表1に示すB/NET回路構成テーブルと表2に示すB/NET変数構成テーブルを参照して動作するように設計されているため、テーブルの変更で機器の追加や回路ごとの監視周期などを設定可能とし、システムの動作を簡単に変更することができる。さらに、工場エネルギー管理コントローラやビル設備監視コントローラにおいては、組み込まれた標準的なソフトウェアでは対応できない客先特有の監視・制御機能を要求されることが多いことから、そのようなニーズに柔軟に対応するために、共有メモリサーバ機能に対してFA用シーケンサのラダーシーケンスプログラムと同様な機能を実現できるソフトPLCを採用

(注1) “Windows NT4.0”は、Microsoft Corp.の商標である。

表1. 回路構成テーブル

回路名称	機器型名	機能種別	変数アドレス	監視周期(100ms)
管理棟電力	B-MRU1	AI	1000	10
管理棟電力量	B-MDU	PI	1005	100
F1電流	B-6PAX4	AI	1009	100

表2. 変数構成テーブル

機能種別	命令	変数オフセット	変数サイズ	周期監視フラグ
AI	制御	0	2	
	監視	2	1	ON
	通報	3	1	
	エラー	4	1	
PI	制御	0	1	
	監視	1	2	OFF
	通報	3	2	
	エラー	5	1	

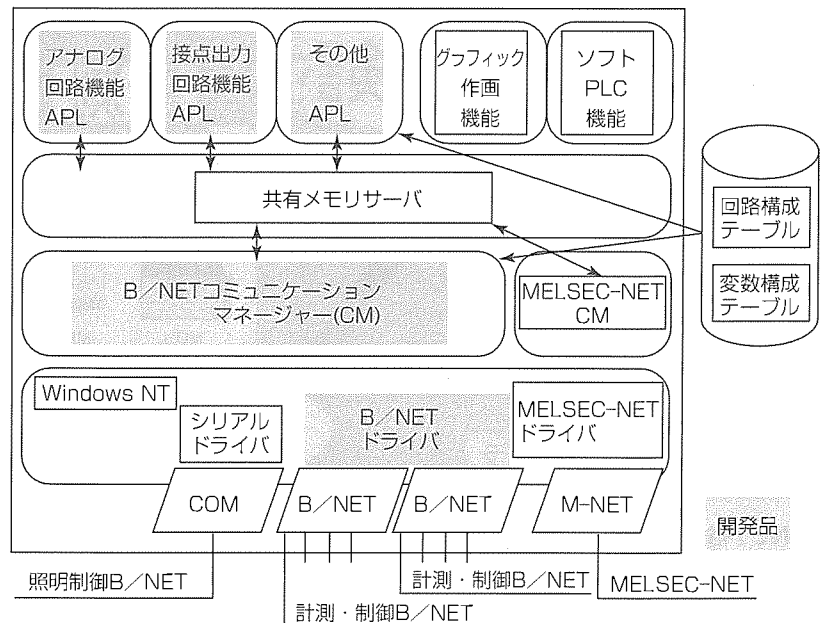


図1. B/NET新コントローラのソフトウェア構成

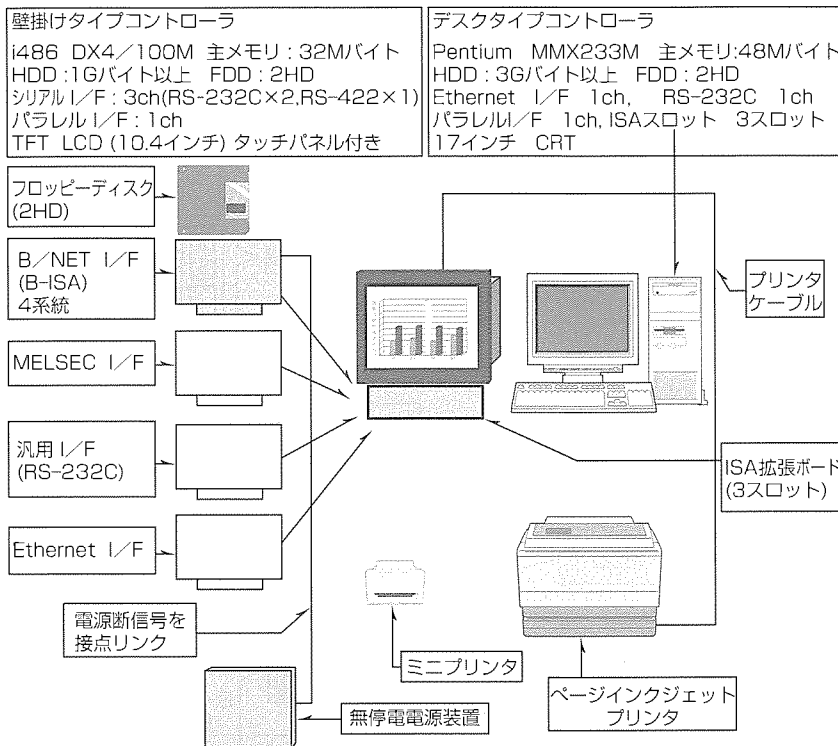


図2. B/NET新コントローラのハードウェア構成

表3. B/NET新コントローラのハードウェア仕様

項目	デスクタイプ	壁掛けタイプ
C P U	32ビットマイクロプロセッサ (Pentium)	32ビットマイクロプロセッサ (486DX4, Pentium)
主メモリ	48Mバイト	32Mバイト
表示器	カラーCRT(17インチ)	カラーLCD(10.4インチ)
操作	キーボード、マウス	アナログ式タッチパネル
拡張機能	ISA×3スロット	ISA×3スロット

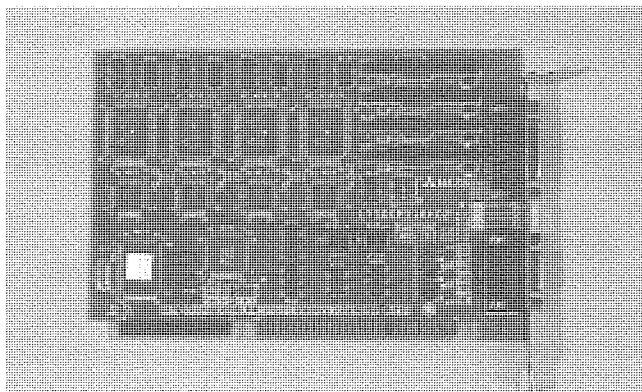


図3. B/NETインタフェースボード

用して様々な要求に対応できるソフトウェア構成となっている。

2.2 コントローラハードウェア構成

B/NET新コントローラのハードウェア構成を図2に示す。ハードウェアの基本部分は、最新の半導体とCPU(中央処理装置)技術を用いた汎用DOS/Vマシン相当のプ

ラットホームを構成して、高機能で安価なシステム構成を実現した。新コントローラのハードウェア仕様を表3に示す。

新コントローラとB/NET伝送とのインタフェースは標準バスのISAバスを使用し、ハーフサイズの中に4系統のB/NETインタフェースを搭載したB-ISAボードを開発した。

このB-ISAボードには伝送インタフェース以外に外部警報出力、無停電電源装置インタフェースなども併せて搭載し、システムとしての信頼性を確保している。図3にB-ISAボードの外観を示す。

新コントローラとしては、B-ISAボードを最大2枚までサポートできる構成としている。

また、B/NET以外の外部インタフェースには、プリンタ、上位シリアル伝送(RS-232C)、Ethernet、MELSEC-NETなどが搭載可能である。

3. 工場エネルギー管理システム

3.1 工場エネルギー管理システムの構成

工場エネルギー管理システムの代表的な構成を図4に、機能を表4に示す。このシステムでは、省エネルギー支援のため、これまでに比べて階層的な細かい計測が実現できるものとしている。

システムの中央装置となるコントローラは、2章で述べたハードウェアとソフトウェアを使用し、オブジェクト指向分析によって開発した省エネルギー支援用アプリケーションソフトウェアを搭載している。また、通信技術の発達によってLANの利用が容易となり、LANを使用した工場内の多箇所監視を実現することで管理の向上を達成している。

計測用の端末器は、電力エネルギー計測のため、高圧側にB/NET電力計測コントロールユニット(B-MRU1)、低圧側では計測・表示ユニット付き遮断器であるMDUブレーカを主体として、携帯用電力計測ユニットや電力量計など多彩な機器が使用できる。

3.2 システム管理機能

表4に示す機能のうちで、今回開発を行った省エネルギー支援となる項目について述べる。

3.2.1 省エネルギー支援機能

(1) 部門別電力量管理

きめ細かい省エネルギーを常に推進するためには、これ

までの管理部門だけが行う活動では限界となっている。これからは、環境マネジメントシステムISO14001でも示されているように、各部門・各階層で、定量的な目標を立案し、着実に達成していく必要がある。そのためには、各部門に対する正確なエネルギー使用量の把握と抑制量の提示が省エネルギーの実践と管理において重要となる。電力設備単位のデータから部門単位のデータへの変換をデータベースと表計算ソフトウェアを利用することにより、図5に示すような部門別エネルギー使用量一覧表を提供する。データの保持方法として、日次・月次・年間でのデータを必要に応じて取り出せる構成とした。

(2) 設備別エネルギー管理

省エネルギー活動を行う場合は、省エネルギー対象設備に対して、エネルギー使用量の計測だけでなく、多角的な省エネルギー分析ができるデータを収集する必要がある。したがって、設備別エネルギー管理のソフトウェアでは、エネルギー使用量を含んで5項目の計測ができる構成となっている。エネルギー使用量以外の項目の使用方法としては、設備稼働データ、温度データ、湿度データ等の収集が挙げられる。また、日々の管理用として、目標値との偏差を計測して出力する機能も含んでいる。例として、電気炉におけるトレンド表示の実例を図6に示す。

3.2.2 遠隔管理機能

管理する部門が増加すると一元化されたデータを各部門で即座に監視する要求が発生するため、遠隔でデータを監視できる仕掛けが必要となってくる。遠隔監視を可能とするために、通信ネットワークとしてはOA LANで普及しているEthernetを使用し、ソフトウェアとしてはイントラネット利用によるデータ表示を実施している。

4. 照明制御システム

4.1 照明制御システムの構成

照明制御システムのシステム構成を図7に示す。このシステムでは、個別制御、グループ制御、パターン制御、スケジュール制御といった従来の制御機能に加え、

調光制御及びデマンド監視を行う。

照明制御盤の外観を図8に示す。この照明制御盤の液晶画面上に照明器具の点滅状態を表示するとともに、タッチ

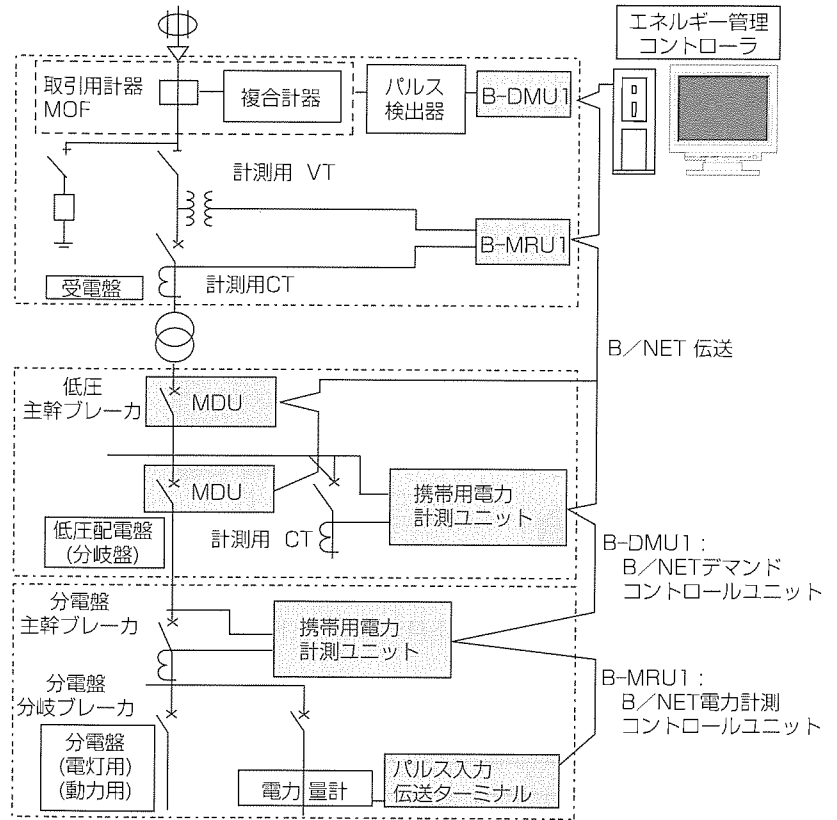


図4. エネルギー管理システムの構成

表4. エネルギー管理システムの機能一覧

項目	内容
警報監視機能	接点入力監視, 発停失敗監視, 上下限監視, デマンド監視, システム異常
表示機能	系統図表示, 接点・アナログ・パルス表示, デマンド表示, トレンド表示
制御機能	個別発停, スケジュール制御, デマンド監視制御, 力率監視制御
記録機能	警報記録, 発停記録, デマンド制御記録, 日報記録
外部接続	フロッピー記録, Ethernet接続, MELSEC-NET接続
省エネ支援機能	部門別電力量管理, 設備別エネルギー管理, 処理別原単位管理, 遠隔管理機能

部門別の電気エネルギー計画と実績

単位: kWh

項目	1998年度												累計	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
生産計画課	計画													
	累計													
	差													
機器工作課	計画													
	累計													
	差													
部品工作課	計画													
	累計													
	差													
製造管理課	計画													
	累計													
	差													
品質保証課	計画													
	累計													
	差													

図5. 部門別エネルギー使用量一覧表

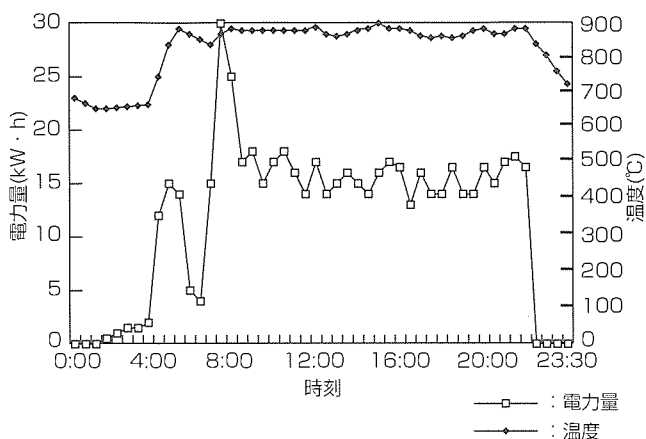


図6. 電気炉における設備別エネルギートレンド表示例

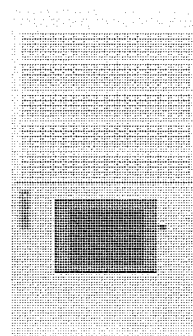


図8. 照明制御盤

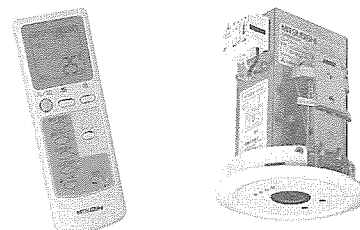


図9. 連続調光端末及びワイヤレスリモコン

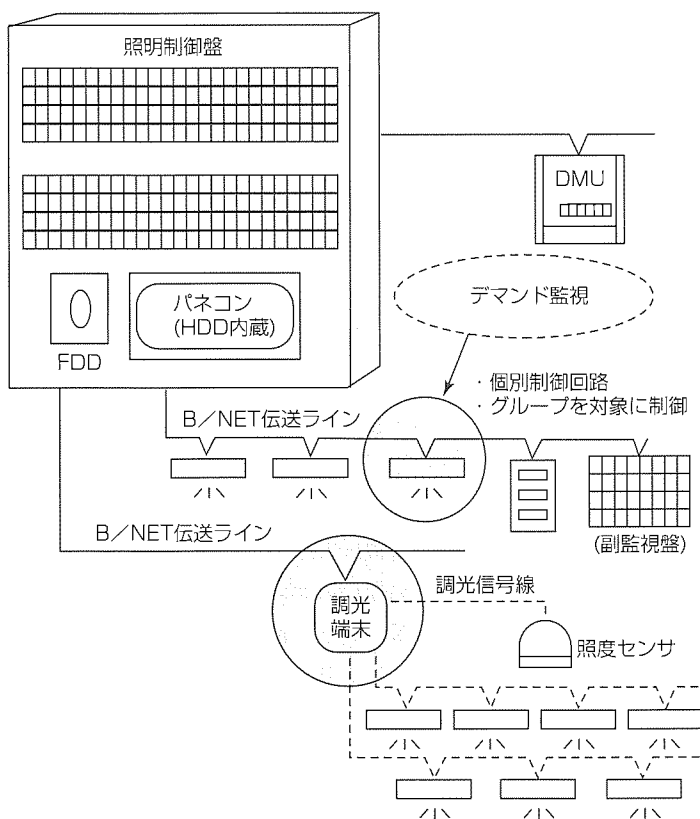


図7. 照明制御のシステム構成

パネル操作により、液晶画面からの制御も可能にしている。

4.2 省エネルギー機能

4.2.1 調光制御

調光制御を行う連続調光端末は、内蔵した照度センサによって室内の明るさを調べながら目標照度になるようにHf連続調光照明器具の出力を自動調整することにより、従来比50%の省エネルギーを実現する。

目標照度は、照明コントローラからのスケジュール制御などの指示によって変更することも可能である。

連続調光端末及びワイヤレスリモコンを図9、仕様を表5に示し、特長を以下に述べる。

(1) 調光コントローラと照度センサを一体化して、天井設

表5. 連続調光端末の仕様

項目	仕様
電源	AC100V, AC200/242V 50/60Hz
環境	温度0~40℃, 湿度30~90%結露ないこと
入出力	入力 照度センサ:3, 外部PWM:1 出力 PWM出力:3
制御器具台数	60台以下(3回路合計台数)
調光範囲	0~100%(下限調光率は任意に設定可能)
B/NET制御	目標照度3~100%の3%おき3パターン設定可能
端末器接続台数	40台まで(本機1台当たり6回路使用)
ワイヤレスリモコン機能	・B/NETアドレス設定(1~255) ・パターン制御 3回路

置とした分電盤不要の省施工タイプである(従来タイプは、照明コントローラを分電盤に収納し、照度センサを天井設置)。

(2) 連続調光端末1台で内蔵照度センサと外部照度センサ2個及び調光出力回路3回路を制御できる。

(3) B/NET通信によって目標照度の遠隔制御ができ、スケジュール制御やリモコンスイッチによる明るさ切換えが可能である。

(4) ワイヤレスリモコンにより、アドレスや目標照度等の設定とマニュアル調光が可能である。

4.2.2 スケジュール制御

スケジュール制御を使用し、例えばオフィスビルで昼休みに間引き点灯や連続調光端末の目標照度を低くすることを行ったり、又は店舗で営業時間に合わせて目標照度を変更(開店前50%, 通常70%, 閉店後50%)することにより、省エネルギーを実現する。

4.3 デマンド監視機能

デマンドコントロールユニットを設置することにより、

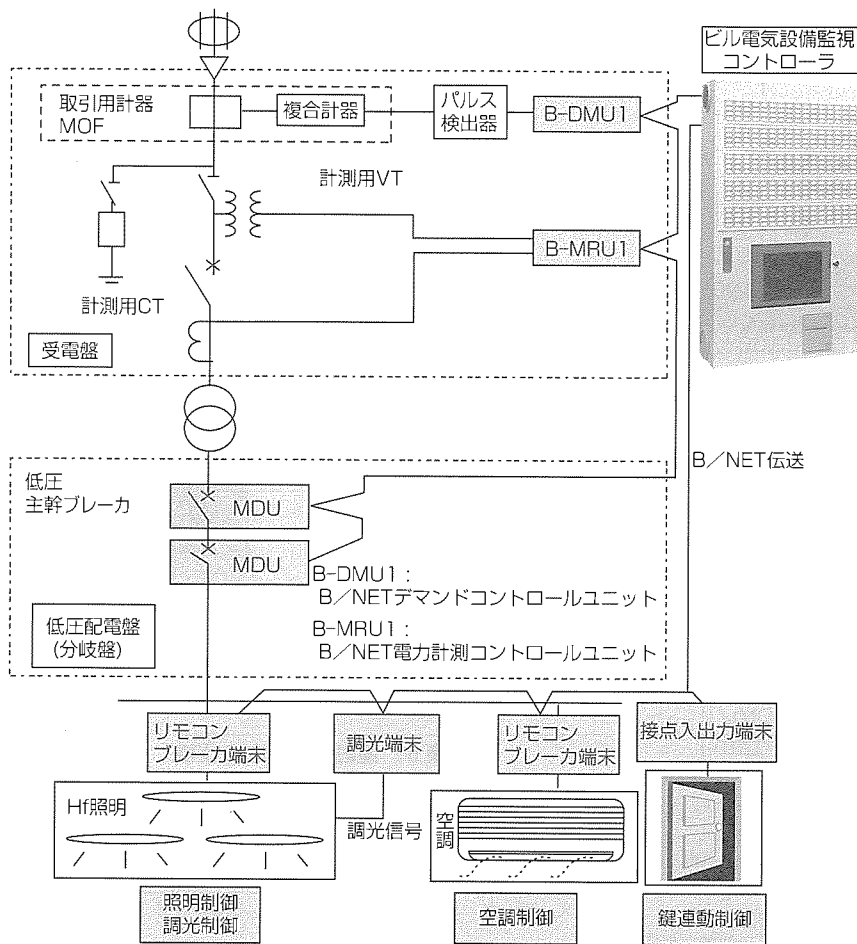


図10. ビル電気設備監視システム構成

No.	設備名称	今期計測値	前年計測値	今期目標値	前年目標値 (基準)	統計比率
1	自研施設	200	150	50	40 [kWh]	125.0
2	新築施設	450	550	100	100 [kWh]	100.0
3	日本設計事務所	150	140	40	50 [kWh]	80.0
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

図11. 設備監視画面例

照明制御盤の液晶画面にデマンドデータ表示が行え、使用電力が契約電力を超えることが予想されたときに警報を出すことができる。警報発生時に、不要な照明を消したり連続調光端末の目標照度を下げることで、使用電力が契約電力を超えないようにすることが可能になる。

5. ビル設備監視システム

ビル設備監視システムは、新コントローラを使用したビルの省力・省電力・快適監視を実現するシステムである。

ビル分野では、エネルギーの大半を照明電力と空調電力に消費している。したがって、3章及び4章で述べた工場エネルギー管理コントローラと照明制御コントローラの機能を複合させて、ビル向けに管理点数等を限定することで設備監視システムを構築することが可能である。図10にシステム構成を示す。

ビル設備監視システムの特長は次の2点である。

5.1 デマンド監視制御による空調／照明連動制御による省電力

受電点でのデマンド監視制御機能とソフトPLCのラダーシーケンスプログラムによって客先のニーズに合わせて照明や空調のON/OFF連動制御を実施することで、消費電力を契約電力以下に抑え、かつ快適な住環境を維持する制御が可能である。

5.2 設備の運転監視の自動化による保全業務の効率化

ビル内の電気設備は、専門の設備保全技術者が常時待機して事故や故障に即対応できるような仕組みになっていないのが現状である。

そこで、設備のON/OFF回数積算や運転時間積算から上限監視を行うことにより、突発的な事故や故障を引き起こすことを予防し、事前に点検や修理ができる情報を提供する機能を実現した。設備監視の画面例を図11に示す。

6. むすび

省エネルギーに主眼を置いて、B/NET新コントローラを使用した工場エネルギー管理コントローラ、照明制御コントローラ、及びビル設備監視コントローラについて述べた。

今後は、電力に限らず、ガス・水(上水/下水)・ごみ(廃棄物)などに対する省資源の取組が必要になってくると思われる。

したがって、この新コントローラを使用して工場やビルで消費される各種資源対応の計測・監視・制御機能を追加し、総合的な省資源システムの実現を目指した開発を推進する所存である。

省エネルギー ～MDUブレーカを使った電路監視システム

石井和宏* 山崎晴彦*
土本雄二* 金高修子*
楨本光広*

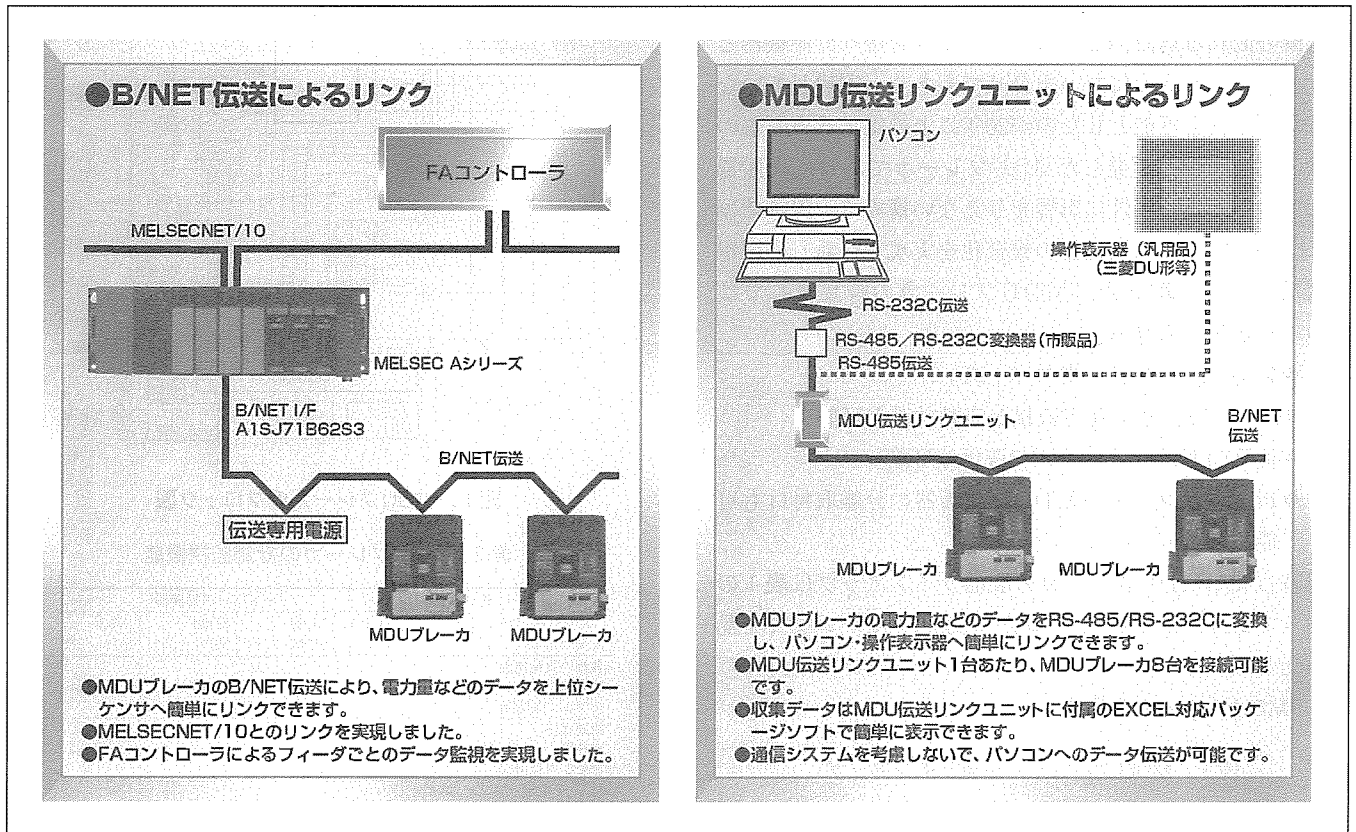
要旨

省エネルギーを実施するには、環境国際規格ISO14001に基づく環境マネジメントシステムに従って地道な活動が必要であり、“省エネルギーの目標設定(P)”“対策の実施(D)”“監視及び測定と記録(C)”“改善(A)”のP・D・C・Aのサイクルを回すことが重要である。電力量の監視及び測定と記録(C)についても、電気設備全体の管理では改善点が見付けにくく、より細かなフィードバック管理の方が効果が上がりやすい。そのためには、分岐ごと、負荷設備ごとに電力量の監視及び測定と記録を低コストで簡単に実施できる省エネルギー支援機器が必要である。

その一つが“MDUブレーカ”であり、配線用遮断器に計

測用VT・CTと計測表示ユニットMDU(Measuring Display Unit)を一体化した製品である。大電流の流れる配線用遮断器とサージ・ノイズを嫌う計測機器という一見相いれそうにない組合せであるが、20年来、電子式遮断器において、大電流の近くで過電流検出回路を正確に動作させてきた経験を生かした製品である。

そのMDUブレーカを用いた電路監視システムの構成例として、①パソコンやシーケンサをコントローラにし、MDUブレーカが100台以上の本格的なものから、②操作表示器で簡単に計測できるMDUブレーカが8台前後の小規模システムまで、各種の方法を紹介する。



MDUブレーカを使った電路監視システムの構成例

省エネルギーのためには、分岐ごとの電力量を計測監視することによって問題点を見付け、対策していくという改善サイクルを回すことが大切である。そのためのMDUブレーカを使って電力量等を自動計測するシステム構成例として、シーケンサと組み合わせた場合と、パソコンや操作表示器と組み合わせた場合を示す。

1. ま え が き

オゾン層破壊や地球温暖化現象などの地球規模の環境問題について感心が高まっている。その中で、地球温暖化現象については、エネルギー消費によるCO₂を削減するための省エネルギー推進がさらに必要となっている。このような背景の中で、省エネルギー法によるエネルギー消費原単位で毎年1%以上の削減のためや、ISO14001「環境マネジメントシステム」の運営のため、電気の使用状態に関してもきめ細かな測定ニーズが高まっている。これらを容易にするための機器として開発された省エネルギー支援機器の一つが「MDUブレーカ」であり、配線用遮断器に計測用VT・CTと計測表示ユニットMDUを一体化した製品である。そのMDUブレーカと、応用システムについて紹介する。

2. MDUブレーカ

配線用遮断器は回路の分岐ごとに設置義務があるため必ず設置されているものであり、その遮断器と計測機能の複合化は電気管理者の長年の夢であった。例えば、電子式遮断器に内蔵されているCTの出力を外部の電流計等に借用したいという根強いニーズがあったが、取扱いによって過電流引き外し特性に影響が出る可能性があることや、また大電流の流れる遮断器とサージ・ノイズを嫌う計測機器という一見相いれそうにない組合せでもあり、実現していなかった。それを可能としたのが20年以上の電子式遮断器の経験のある当社が開発したMDUブレーカであり、遮断器としての引き外し特性に影響を与えない構成で、保護機器としての遮断器と計測機器の複合化を実現し、新しい配電盤構成への扉を開いた。MDUブレーカの特長としては、次の項目が挙げられる。

- 省施工、省配線、省スペース
- B/NET伝送で遠方監視と自動計測が可能
- 従来の遮断器スペースで取付け可能
- 計測表示ユニットMDUと遮断器の分離取付けも可能

現時点でのMDUブレーカの製品ラインアップは表1のとおりであり、225Aフレームから800Aフレームまでを品ぞろえしている。

2.1 MDUブレーカの構成

表1. MDUブレーカの製品ラインアップ

	ノーヒューズ遮断器	漏電遮断器	漏電アラーム
225Aフレーム	NF225-SPM	NV225-SPM (近日発売)	NF225-ZSPM (近日発売)
400Aフレーム	NF400-SEPM NF400-HEPM	NV400-SEPM NV400-HEPM	NF400-ZEPM
600Aフレーム	NF600-SEPM NF600-HEPM	NV600-SEPM NV600-HEPM	NF600-ZEPM
800Aフレーム	NF800-SEPM NF800-HEPM	NV800-SEPM NV800-HEPM	NF800-ZEPM

配線用遮断器に計測用VTと計測用CTを内蔵し、その出力を遮断器の外部へ取り出し、組み合わせられた計測表示ユニットMDUで計測する構成がMDUブレーカであり、熱動-電磁形の配線用遮断器でも計測用VTとCTを内蔵すれば同様なことが可能である。また、漏電遮断器や漏電アラーム付き配線用遮断器でも構成可能である。

図1の電子式配線用遮断器の場合で説明すると、負荷電流の検出には各相の過電流引き外し用CTの二次側に計測用の二次CTを接続し、電圧検出用のVTとしては、抵抗とCTの直列回路をR-S相間、S-T相間、S-N相間(4極遮断器の場合)に接続してある。抵抗とCTの直列回路を計測用VTの代わりに使用したのは小型に構成するためである。以下略称して「計測用VT」という。

計測用CTや計測用VTの二次側には、計測表示ユニットMDUが外れたりして二次側が開放となっても問題ないように、保護回路を入れてMDU接続コネクタへ引き出している。また、これらの計測用VTや計測用CTの採用により、

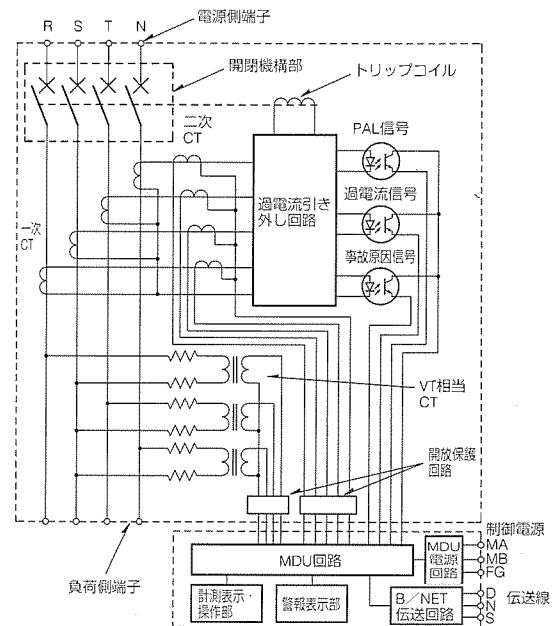


図1. MDUブレーカのブロック図

表2. MDUブレーカの計測監視機能

計測表示項目	ノーヒューズ遮断器			
	NF225-SPM	NF400-SEPM / HEPM	NF600-SEPM / HEPM	NF800-SEPM / HEPM
各相の負荷電流 現在値, デマンド値, デマンド最大値	○	○	○	○
線間電圧 現在値, デマンド値, デマンド最大値	○	○	○	○
高調波電流, 第3次, 第5次, 第7次, 総合高調波 現在値, 最大値, デマンド値, デマンド最大値	—	○	○	○
電力 現在値, デマンド値, デマンド最大値	○	○	○	○
積算電力量	○	○	○	○
漏えい(洩)電流 現在値, デマンド値, デマンド最大値	—	—	—	—

表 3. MDUブレーカを使った電路監視システム例

No.	方式	構成図	特長
1	シーケンサと B/NET I/Fユニット		MDUのすべての情報を扱える。 システム構築の自由度大。 シーケンサソフトウェアは客先で製作要。 MDU以外のB/NET機器も接続可能。 I/F当たり接続台数63台。 伝送スピード 9,600bps T分岐が可能。
2	パソコンと B/NET I/Fカード (開発中)		従来の外付けI/Fユニットが不要(パソコン内蔵ISAカード)。 接続台数: 4系統で最大252台接続可能。 応用ミドルウェアによって汎用ソフトウェア(EXCEL)使用可能。 MDU以外のB/NET機器も接続可能。 T分岐が可能。
3	操作表示器又は パソコンとMDU 伝送リンク ユニット (開発中)		RS-485/232C接続によって操作表示器や汎用パソコンが使用可能。 専用パッケージソフトウェア(EXCEL連携)によって簡単にパソコン表示可能(パソコン側での設定が不要)(MDU伝送リンクユニット内で共有メモリ化)。 MDU伝送リンクユニット当たり接続台数8台。 B/NET電源を内蔵。

遮断器の主回路や過電流引き外し回路とMDU接続コネクタを絶縁し、安全性を確保してある。計測用VTやCTの二次信号を電子回路負担に合わせた1mAレベルの信号にして無駄を省いているため、計測用VT・CTを小型化でき、遮断器本体への内蔵が可能となっている。

計測表示ユニットMDUは、遮断器外郭の外に組み合わされる方式のため、遮断器からの発熱の影響を受けにくく、また、遮断器は盤内へ取り付けて計測表示ユニットMDUを分離して設置するパネル取付けも可能となっている。現時点では、遮断器と計測表示ユニットMDUを組み合わせ調整しているため実現していないが、将来的には、計測表示ユニットMDUの機能変更のための交換も可能な構造をねらっている。

2.2 MDUブレーカの計測監視機能

配線用遮断器の保護機能以外に、電流・電圧・高調波電流・電力・電力量・事故原因・遮断器警報等の計測や状態監視機能が表2のようにあり、分岐ごとのエネルギー監視や電路状態の監視に役立つものである。さらに、漏電遮断器や漏電アラーム付き配線用遮断器では、漏電電流の計測も可能である。これらの計測量は、省エネルギー法に関連する通商産業省告示「工場におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」の要求事項や予防保全に対して役立つものである。

2.3 MDUブレーカの伝送機能

前節で計測された計測値は、計測表示ユニットMDUの

表面で表示されるだけでなく、伝送機能付きを選定すると、遠方への伝送も可能となる。伝送機能としては、B/NET伝送又は電力量のパルス出力がある。現在、オープンネットワークであるCC-Link伝送対応についても開発中である。

3. MDUブレーカを使用した電路監視システム

省エネルギーや電路の予防保全のために伝送機能付きMDUブレーカを使用して計測・記録の自動化ができる電路監視システムを構成するには、表3に示すような方法がある。

MDUブレーカ1台当たりの計測項目×台数=全計測点数によって全サンプリング時間が決まるので、計測・監視項目については、電流・電圧・電力・電力量・事故原因・遮断器警報等の中から、サンプリング時間を勘案して必要なものを選ぶことになる。

4. むすび

省エネルギーを支援する機器として開発されたMDUブレーカと、それを使用した電路監視システムの構成例について紹介した。MDUブレーカは、Measuring Display Unitの名前のように、省エネルギーに限定されているわけではなく、制御系も含めて、内蔵した計測用VTやCTで得られた電圧・電流信号を演算処理してなされる各種用途機能の付属した遮断器として、更に発展させていく所存である。

省エネルギー～アクティブコンデンサ

小笠原康司*

要旨

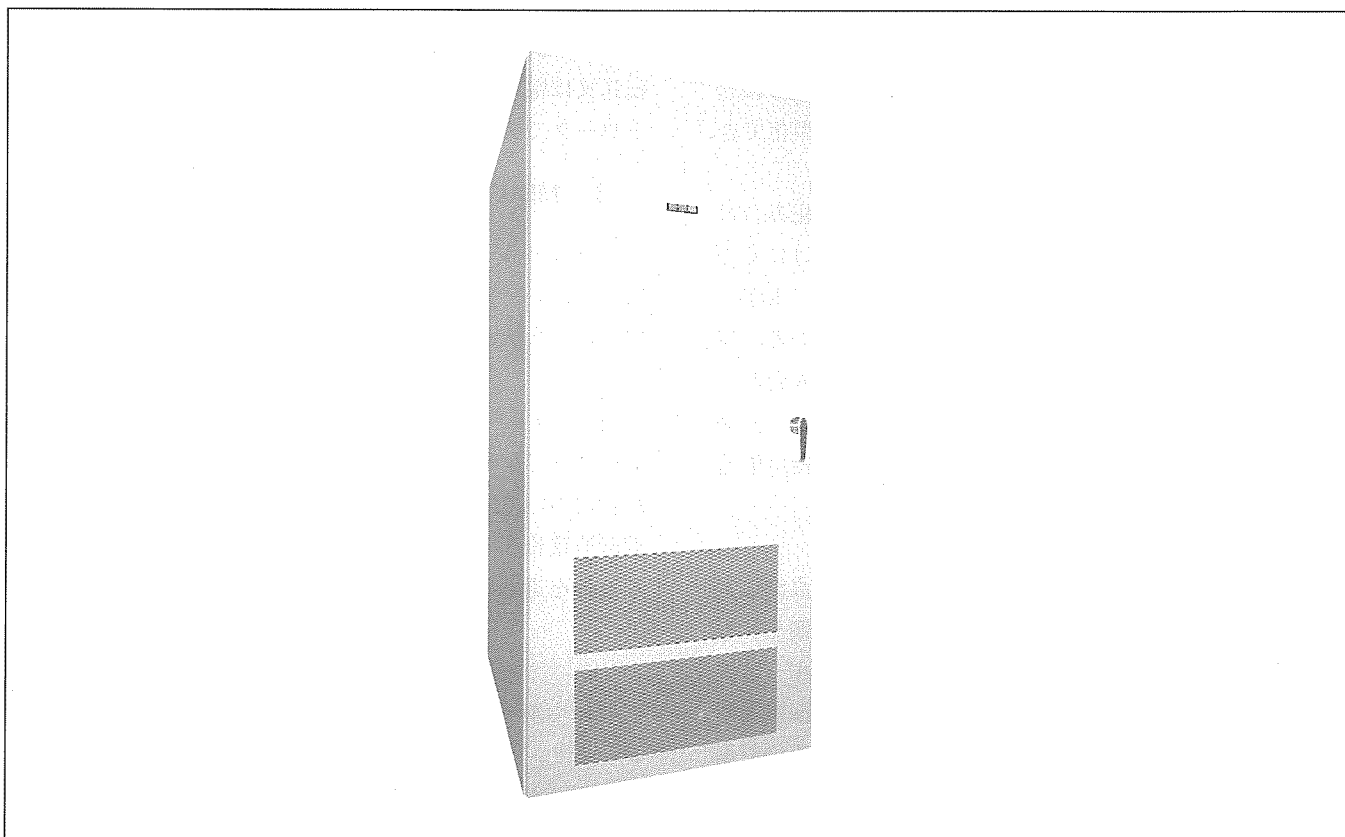
従来から受電設備の力率調整には進相コンデンサが使用され、コンデンサバンクの投入-解列によってステップ状に制御を行い、力率改善効果は0.98～0.97程度が一般的である。しかし、省エネルギー気運の高まる中、負荷機器ではパワーエレクトロニクス技術を利用したインバータ化等によって省エネルギー化が図られ、また、コジェネレーションの設置による設備全体でのエネルギーの有効活用も行われ、力率調整にしても変動が少なく高力率を極力維持することが望まれている。また、省エネルギー化に大きく寄与しているインバータ等から電気の公害とも言える高調波電流が多く発生し、この高調波電流の流入により、進相コンデンサの過熱・異音発生等の異常を起こすケースが近年

多く発生している。このような背景から、アクティブフィルタ制御技術を適用し、電力用コンデンサを使用しない無効電力補償装置であるアクティブコンデンサを製品化し、市場に投入した。

アクティブコンデンサは、

- 無効電流連続制御による電源力率1.0の維持
- 高速応答性
- 大容量IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 素子の採用による小型化
- 高調波の影響を受けない

など、従来の進相コンデンサにない優れた特長を持ち、省エネルギーと高調波問題に有効な手段である。



アクティブコンデンサ 400kVA

無効電力補償を目的としたアクティブコンデンサのインバータ盤の外観である。
三相6,600V仕様で、横幅3,000mm、奥行き735mm、高さ2,300mmである。

1. ま え が き

近年、インバータ応用機器がエレベーター等の産業用機器からOA機器・家庭用機器に至るまで幅広く利用され、省エネルギー化、機器の制御性の向上に大きく寄与している。受電設備の力率調整には、従来から進相コンデンサが使用され、ステップ状の無効電力による調整が行われている。しかし、省エネルギー化のため力率の変動量を少なくしたり、極力1.0に近づけるようにするには、コンデンサバンクを細分化し、こまめに投入する必要がある。しかし、受電設備に進相コンデンサを設置すると、高調波電流の流入によって進相コンデンサに過熱・騒音等の不適合が発生したり、特定の高調波を増大させてしまうことがある。一方、アクティブコンデンサは、共振特性を持つ電力用コンデンサを使用していないので特定の高調波を増大させる心配がなく、装置自身も高調波の影響を受けないので、高調波発生量の高い系統にも設置でき、常に力率を1.0に維持することができる。

また、アーク炉・溶接機・放電加工機等を使用している工場では、フリッカによる照明のちらつきや電子機器の誤動作、製品むらの発生等の問題が発生している。大容量電動機を使用する一般工場やスキー場では、電動機起動時に生じる電圧変動により、照明のちらつきや設備の誤動作の問題が発生する。

アクティブコンデンサは、電力用コンデンサ設備とは異なり、IGBT素子を使用したPWM(Pulse-Width Modulation)インバータ回路によって瞬時に補償を行うため、進相から遅相まで無効電力を連続制御したり、フリッカの抑制や急激な負荷変動に対しても優れた補償効果を発揮する。

当社のアクティブコンデンサは、6,600V/440Vで200~1,200kVAをラインアップしている。

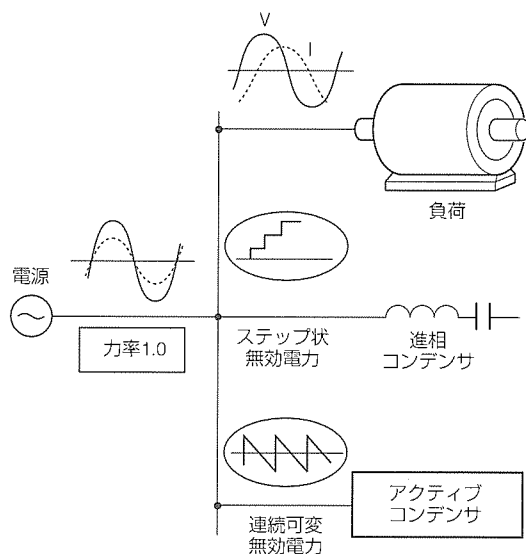


図1. アクティブコンデンサの接続方式

2. アクティブコンデンサの基本動作

図1にアクティブコンデンサの接続方式を示す。アクティブコンデンサは、負荷設備と並列に接続され、負荷電流に含まれる無効電流・有効電流を監視し、補償出力する。

図2にアクティブコンデンサの主回路構成を示す。インバータ部は主回路素子としてIGBTモジュールを用いた電圧型インバータで構成され、瞬時電流比較を用いた高周波PWM制御によって負荷電流の変化に高速追従が可能である。インバータは交流電圧 E_1 を発生する電圧源とみなすことができ、リアクトルを介して電源系統と接続されるので、アクティブコンデンサに流れる電流 I_A は、電源電圧 E_s とインバータ出力電圧 E_1 との差電圧で決まることになり、次式で表現できる。ただし、 X は図2に示すリアクトルのインピーダンスを示す。

$$I_A = \frac{E_s - E_1}{X} \dots\dots\dots (1)$$

したがって、インバータの出力電圧 E_1 を調整することにより、進相・遅相電流補償を行うことができる。

(1) 無負荷モード

$E_s = E_1$ とすることによって $I_A = 0$ となる。

(2) 進相電流制御モード

E_s と E_1 を同位相かつ $E_s < E_1$ とすることによって I_A は進相電流となり、進相電流制御が可能となる。

(3) 遅相電流制御モード

E_s と E_1 を同位相かつ $E_s > E_1$ とすることによって I_A は遅相電流となり、遅相電流制御が可能となる。

3. アクティブコンデンサの特長

(1) 電源力率改善

- 進相無効電流から遅相無効電流まで無段階に制御できるので、常に電源力率を1.0に維持することができる。
- 系統に進相負荷があっても、遅相出力によってこれを打ち消し、電源電圧の上昇を抑制することができる。

(2) 高速応答

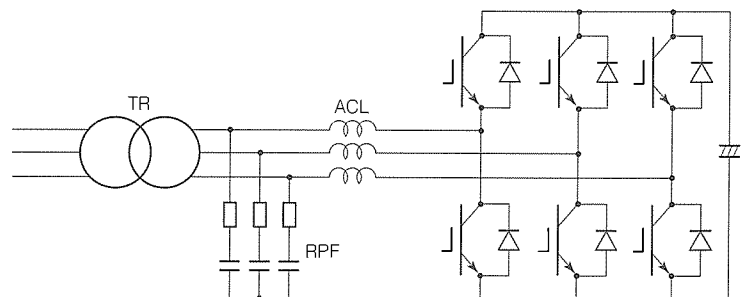


図2. アクティブコンデンサの主回路構成

- IGBTの高周波スイッチング制御により、瞬時の負荷変動に応答できる高速制御性能を実現している。
- 溶接機・放電加工機等の電圧フリッカを抑制し、電力会社の規制値を守ることができる。
- 瞬時の負荷変動に伴う電圧変動を防止し、設備運転の誤動作(起動失敗や停止)を防止する。

図3に大型電動機起動時の電圧変動補償特性を示す。

(3) 高調波の影響を受けない

- アクティブコンデンサは、アクティブフィルタ制御技術を適用した装置のため、系統の高調波の影響を全く受けない。高調波発生負荷の力率調整に安心して使用できる。

(4) 小型化・大容量化

- 大容量IGBT素子の使用により、装置の小型化と大容量化が可能である。
- 工場等スペースの有効活用ができる。

4. 概略仕様

表1に装置のシリーズ構成及び一般仕様を示す。また、表2に装置の盤寸法及び質量を示す。

5. 無効電力補償(力率改善)の動作

進相コンデンサによる力率制御は、コンデンサバンクの投入-解列によってステップ状に無効電力を変化させるために、力率1の実現は困難であり0.98~0.97程度が一般的である。アクティブコンデンサは、無効電力を進相・遅相の全範囲にわたって供給できるため、進相コンデンサと組み合わせることによって経済的に力率1が実現でき、電源設備容量と電力料金的大幅な低減が可能になる。

図4に、アクティブコンデンサと進相コンデンサを組み合わせ使用したときの動作概要を示す。進相コンデンサによってステップ状に無効

電力(進相容量)を変化させ、負荷容量(遅相容量)が小さく結果的に進相となるときには、アクティブコンデンサは遅相の無効電力を発生させ、力率を1に制御する。また、負

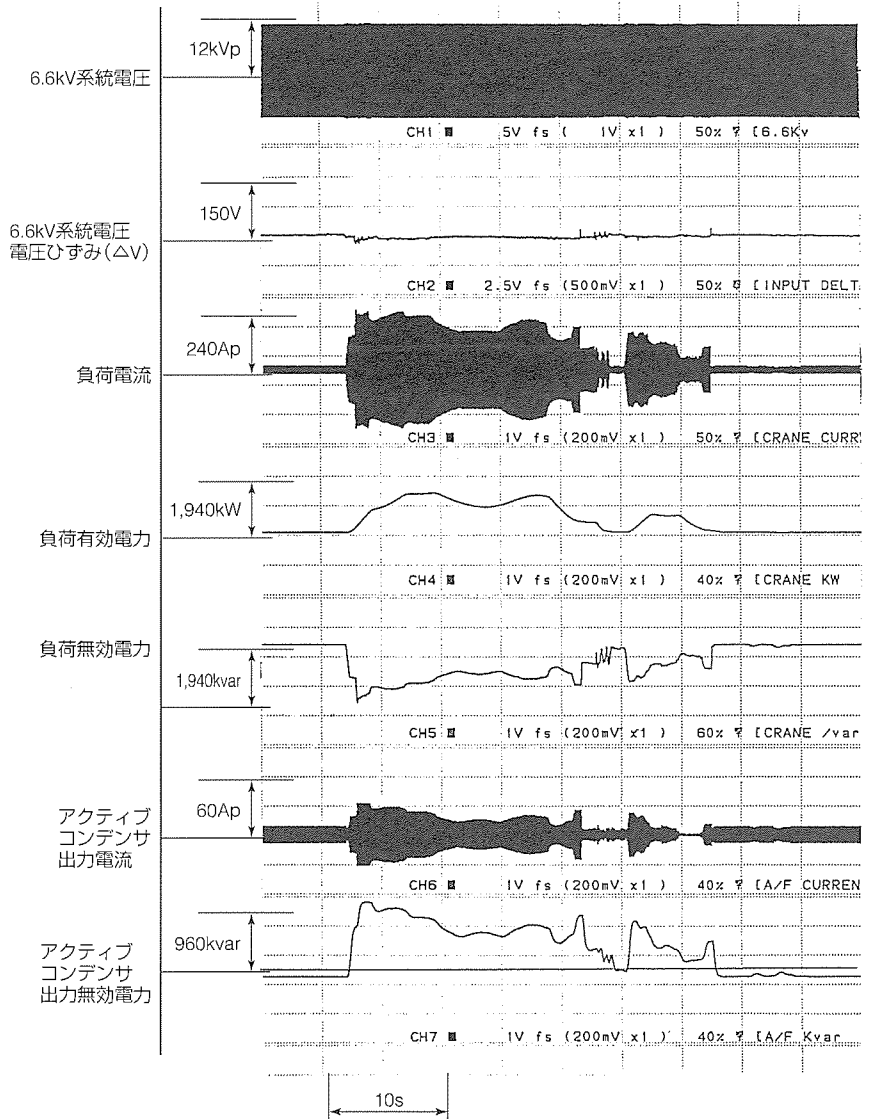
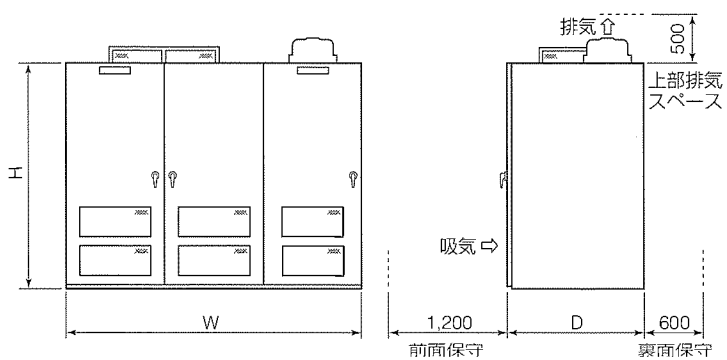


図3. 大型電動機起動時の電圧変動補償特性

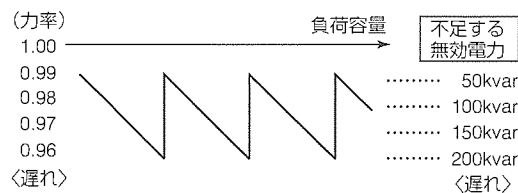
表1. アクティブコンデンサの一般仕様

項目	標準仕様	備考	
定格容量(kVA)	200, 400, 600, 1,200		
電源条件	相数	三相3線	
	定格電圧	440V, 6,600V	220Vも製作可能
	定格周波数	50/60Hz	
	周波数変動範囲	±5%	
方式	電圧形インバータ方式		
応答時間	1ms		
冷却方式	強制風冷式		
周囲条件	周囲温度	0~40℃	
	湿度	30~85%	結露しないこと
	標高	1,000m以下	
設置場所	屋内(腐食性ガス, じんあい(塵埃)のない場所)		
塗装色	内外面:マンセル5Y7/1		

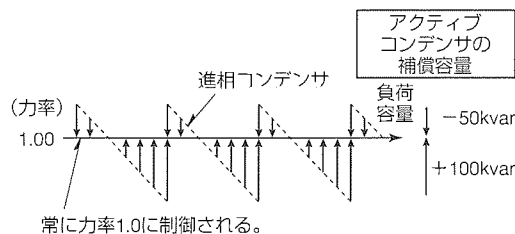
表 2. アクティブコンデンサの外形寸法・質量



電 圧 (V)	定 格 容 量 (kVA)	盤 寸 法 (mm)			質 量 (kg)
		盤幅 (W)	高さ (H)	奥行 (D)	
440	200	1,600	2,300	1,400	2,500
	400	3,000	2,300	1,400	3,800
	600	3,000	2,300	1,400	4,000
	1,200	4,800	2,300	1,400	7,200
6,600	200	1,600	2,300	1,400	2,700
	400	3,000	2,300	1,400	4,200
	600	3,800	2,300	1,400	5,100
	1,200	4,800	2,300	1,400	8,000



(a) 進相コンデンサだけによる力率制御



(b) アクティブコンデンサによる力率制御 (進相コンデンサを併用)

図 4. 進相コンデンサ併用による力率制御

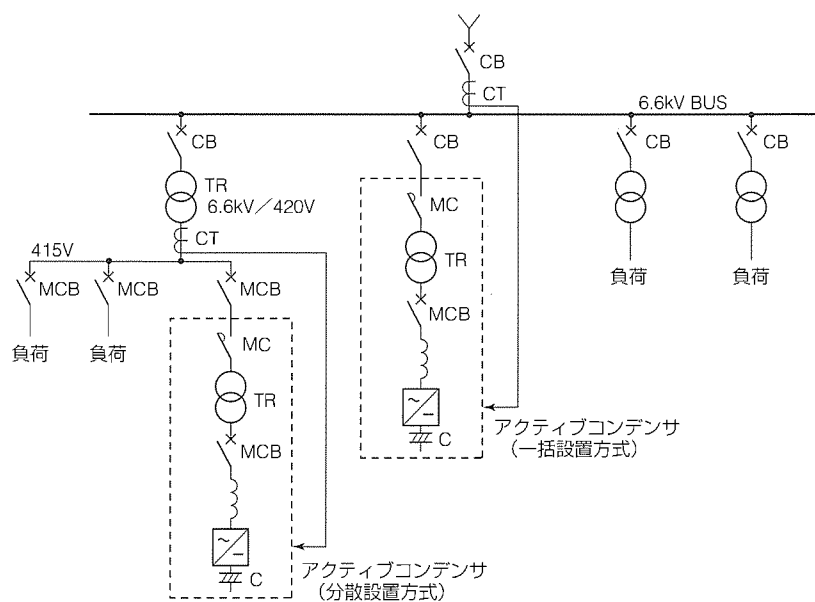


図 5. アクティブコンデンサの設置方式

荷容量が進相コンデンサの無効電力(進相容量)より大きくなり結果的に遅相となるときには、アクティブコンデンサは進相の無効電力を発生させ、進相コンデンサの不足分を補い、力率を1に制御するように動作する。このように、アクティブコンデンサは進相コンデンサを補って進相・遅相容量を供給し、常に力率1に制御する。

6. 設置方式の比較

設置方式を図5に示す。

(1) 分散設置方式

各変圧器の低圧フィーダ単位での分散設置となり、設置台数が多くなるが、変圧器には無効電力が流れないので、変圧器の利用率高くとれる。

(2) 一括設置方式

一般的には高圧側で補償するため、低圧側での力率の改善効果は余り期待できないが、分散設置方式に比べ、設置台数が少なくなる。

7. む す び

以上、アクティブコンデンサの適用例を含めて装置の概略について述べた。

アクティブコンデンサは、無段階に進相・遅相の無効電力補償を行うことができ、従来の電力用コンデンサのように高調波電流の影響を受けない。アクティブコンデンサの設置は、高調波の多い系統でも電源力率を1.0に維持でき、高調波問題と省エネルギーに有効な手段である。また、電力用コンデンサとの併用は、経済的に電源力率1.0を実現できる有効な手段である。

サポート技術～伝送技術

佐々木文夫* 渡辺秀隆**
 金藤 悟*
 大西宏明*

要旨

受配電システムの運用、保全の効率化、近代化は、計測・保護のデジタル化によって大きく前進したが、遠隔制御、常時監視を実現する上で伝送を適用することが多い。その理由は下記による。

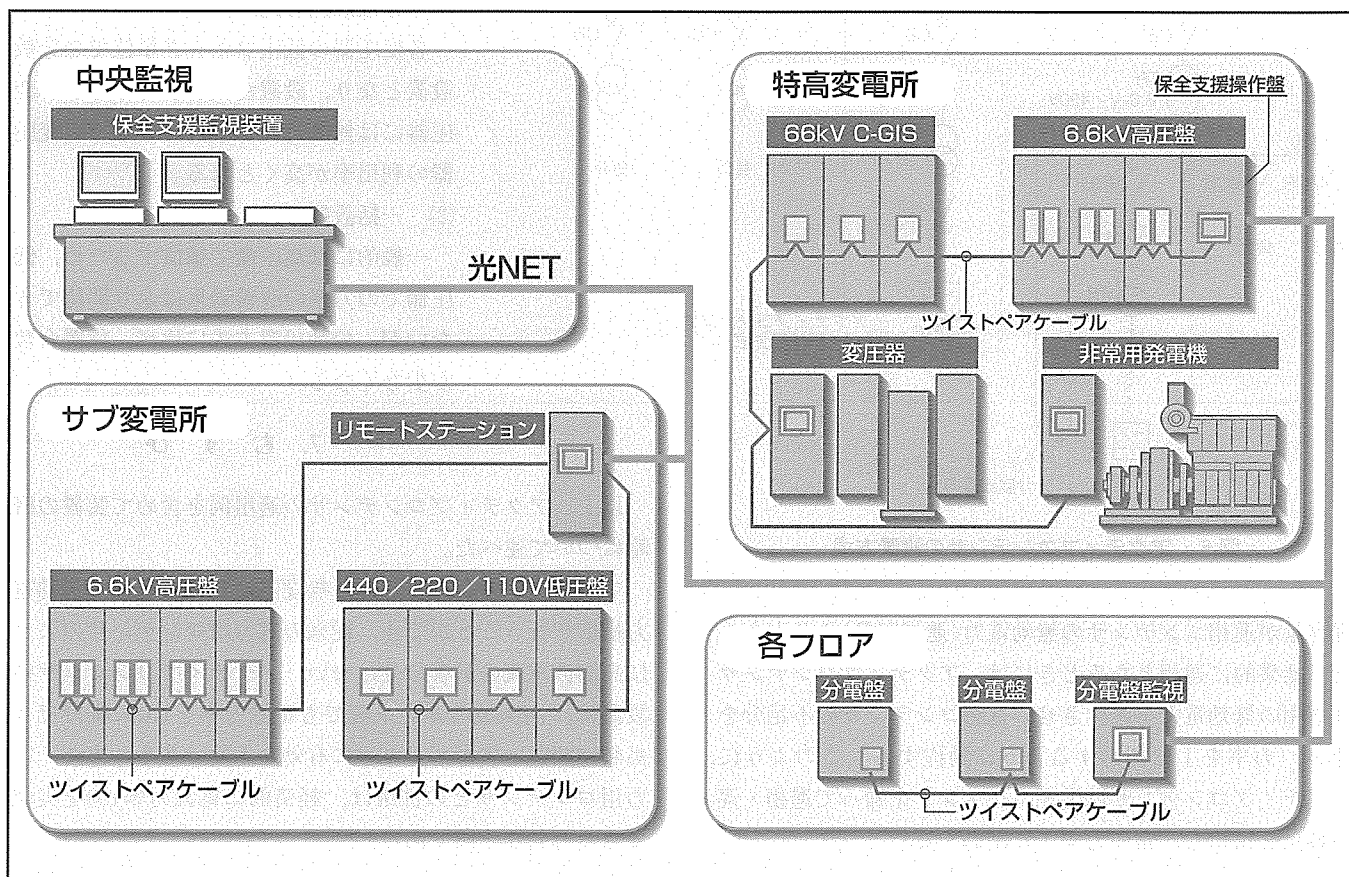
- 工事計画が容易
- 工事工数及び配線ケーブルの削減によって工事費削減が可能
- 工期短縮が可能

三菱電機は1980年代から高圧スイッチギヤ、低圧モータコントロールセンタの盤内、及びこれらの盤と現場機側盤、中央監視盤との間の伝送に取り組み、製紙プラント、石油化学プラントのほか、ビル、電力、交通分野にも適用してきた。

これらは、いわゆるフィールドネットワークの技術分野であり、当社は、次のような特長を持つ伝送装置を開発し適用してきた。

- (1) 回路をシンプルにし、ASIC^(注)化・コンパクト化を行った。
- (2) ビット判定の多数決処理等によって高ノイズ耐量を実現した。
- (3) 上位ネットとのリンクを容易にし、使いやすさを図った。
- (4) 伝送親局の二重化、伝送バスの二重化とループ化など、冗長化を図った。

(注) ASIC：特定用途向け集積回路



受配電設備におけるフィールドネットワーク

受配電設備の伝送イメージを示す。工場内に分散する設備に伝送端末を搭載し、フィールドネットワークを構築することにより、遠隔での集中監視を行う。

1. ま え が き

受配電の分野においては、プラントの自動化・大型化に伴い、各変電所における受配電設備の状態及び計測データを遠隔で集中監視する方向にある。従来の方式では、盤内も含めてケーブル本数が増加し、監視装置の入力カードも増加するという欠点があった。このため、これらの情報を伝送を用いて中央に送ることにより、省配線が実現でき、効果的にシステムの構築が可能となった。受配電の分野では、1984年にモータコントロールセンタ専用伝送システムとしてCDL(Control Center Data Link System)を製品化した。また、'87年に、配電制御機器のインテリジェント化及びネットワーク化のツールとして、B/NET(Base Network)を開発した。当初CDL伝送は、モータコントロールセンタ専用伝送システムとしてスタートしたが、機能及び情報量の拡大を行い、CDL-Z伝送システムとして、現在では受配電分野全般及び他分野にも適用している。

2. 受配電システム用伝送装置の特長

受配電システムにおける伝送装置は、幾つかの特有な仕様を備えている必要がある。以下にその対応を述べる。

2.1 設備の分散配置への対応

受配電システムでは開閉器等の設備ごとに伝送端末を設置する必要があり、広範囲に設備が分散している場合は、小点数伝送端末を分散配置することになる。このため、配線接続を単純化するとともに、伝送端末の小型化・低価格化が必要となる。これらの課題に対して、複数の伝送端末を一つの伝送線で接続するマルチドロップ方式とし、小型化を実現するため、ベースバンド方式^(注1)を採用している。

2.2 伝送の信頼性

受配電システムは、開閉器、インバータ動力線などのノイズ源を持っている。このような環境にあって、伝送装置は絶対的な信頼性を要求される。このため、伝送ラインを電流方式とし、伝送端末との間をフォトカプラ絶縁することにより、外部からの耐ノイズ性を高めている。また、伝送速度を9,600bpsと低速度に抑えることにより、ノイズによるデータ誤りを低減するとともに、伝送誤りの検出と再送信を行っている。

2.3 工事の容易性

受配電設備では、停電時間の制限によって工事期間の短縮が要求される。さらに、既設配線の有効利用を含めた工事費用の削減、増設・変更の容易性も求められる。このため、伝送線としては既設ケーブル又は市販の入手しやすい

(注1) “ベースバンド方式”は、データを各ビットで時間的に順序付けて直列に伝送するもので、直列双方向伝送するための方式として“0”“1”符号化されたものをそのまま送る方式である。

ケーブルを使用し、2又は4線によって1系統当たり最大64局の伝送端末を接続可能とした。

2.4 ネットワークの階層化

工場に分散している受配電システムのネットワークは、図1のように、上位ネットワークと下位ネットワークの階層体系を採る場合が多い(上位ネットワークを情報ネットワーク、下位ネットワークを制御ネットワーク又はフィールドネットワークと呼ぶ場合もある)。

上位ネットワークは、高速で工場内の広範囲をカバーする必要性から、光ファイバを使用する場合が多い。

上位ネットワークに求められる性能としては、

- 長距離
- 高速
- データ量が多い
- 信頼性(バスループ接続、二重化)

などがあり、Ethernetや当社製シーケンサのネットワークであるMELSECNET II/10がこれに相当する。

下位ネットワークである受配電システムでの伝送は、上位ネットワークに接続される必要がある。このため、伝送親局は当社製シーケンサ(MELSEC)と親和性を持たせている。

2.5 装置の経済性

受配電システムでは、分散した装置に対し、数多くの伝送端末を必要とする。したがって、伝送回路をASICによ

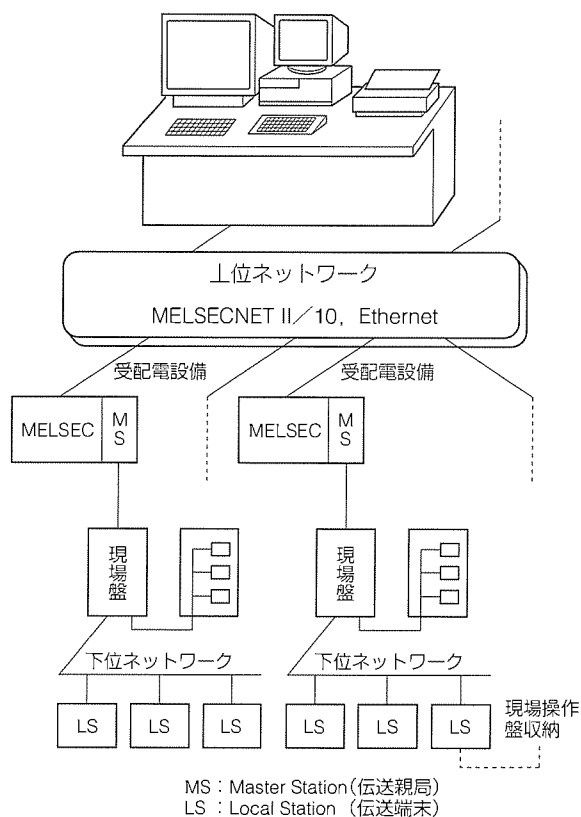


図1. 受配電システムにおける伝送の階層

って1チップ化し、さらに結合回路をハイブリッドIC化することで低価格な端末を実現している。

3. 受配電システム用伝送装置の技術

3.1 CSMA/CD/ACK方式

受配電システム用伝送装置は信頼性向上と低価格化のため低速の伝送を行っているが、サイクリックポーリングとCSMA/CD/ACK方式の併用により、十分な速度の応答を確保している。

(1) CSMA(Carrier Sense Multiple Access)

CSMAは、バス上のデータを各々の伝送端末局(子局)が常時監視し、信号を送りたいとき(状態変化がある場合)、バスが空いていれば送信を行う方式である。

(2) CD(Collision Detection)

CSMA方式で空いているときに送信しているが、マルチドロップ方式のため、複数の端末局が同時に送信を開始した場合、衝突を検出し、優先順位に従って送信の中断を行う。優先度の低い端末局は、再度バスが空いたと判断した場合、再送信を行う。優先順位としては4レベルあり、次のようになる。

- ①伝送親局
- ②専用マルチコントローラ
- ③デジタル入力端末局
- ④アナログ入力端末局

(3) ACK(Acknowledge)

受信側では、誤り検出の結果に応じてACK信号を返送する。無応答の場合は何回か再送するが、それでも駄目な場合は、再送を打ち切り、故障と判定する。

3.2 信頼性の向上

(1) 耐ノイズ

ビット検定方式として、1ビット(104μs)を5回サンプリングし、多数決処理で、3回以上で論理の判定を行っている(図2)。これにより、ノイズ等によるデータの誤判定の防止を行う。さらに、伝送誤りの検出と再送信を行う。

(2) 電流方式

1端末局当たり12mA消費する電流方式を採用することでノイズ耐量を大きくしている。

(3) RAS機能^(注2)

伝送端末は、伝送バスにマルチドロップで接続されているため、一つの伝送端末の故障時にシステム全体の伝送を停止させてしまう可能性がある。これを避けるため、このような故障時には、自動的に端末を伝送バスから切り離す機能を持っている。

また、伝送端末側で伝送親局からのポーリング周期を監視することによって、システムの異常を検出し、必要によ

(注2) “RAS機能”とは、信頼性(Reliability)、可用性(Availability)、保全性(Serviceability)の機能である。

っては出力を停止することができる。

(4) 冗長化

伝送システムの信頼性を確保するために、システムの冗長化を図ることができる。冗長化の手段としては、伝送親局の二重化、伝送電源の二重化、伝送バスの二重化・ループ化等が挙げられる。

(a) 伝送親局の二重化

伝送親局の二重化により、伝送親局のハードウェア故障時に自動切換えを行い、システムを停止させることなく運転の継続が可能となる(図3)。

(b) 伝送電源の二重化

伝送電源が故障した場合、伝送システム全体が停止してしまうため、二重化を行うことによって伝送システムの停止を回避する(図4)。

3.3 伝送用ASIC

機器の信頼性向上及び処理の高速化を目的に、伝送回路をASICによって構成している。伝送用ASICの回路ブロック図を図5に示す。通信機能をハードウェア(ASIC)とソフトウェアで分担することで、ソフトウェアの負担の軽減、信頼性の向上を行っている。

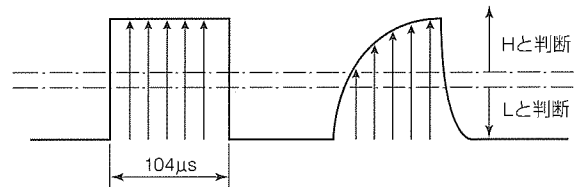


図2. ビット検定

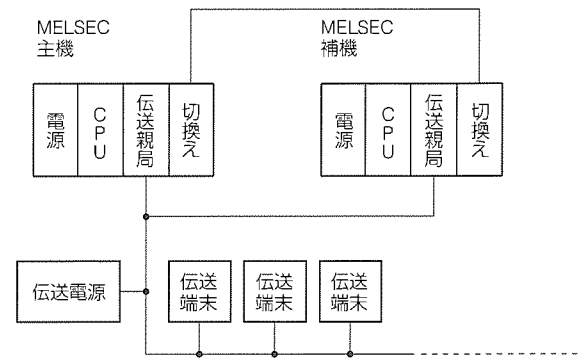


図3. 伝送親局の二重化

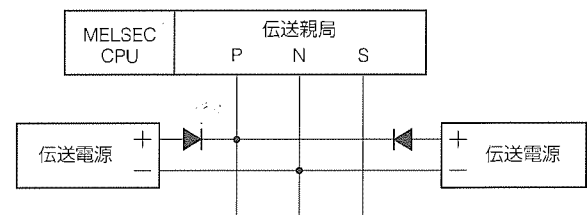


図4. 伝送電源の二重化

このシステムは、受配電及びプラントにおける補機の監視・制御を行うものであり、高圧スイッチギア及びコントロールセンタを中心としたネットワークシステムに適用されている。CDL伝送の基本仕様を表2に示す。

伝送端末の例を以下に示す。

(1) コントロールセンタ用マルチモータコントローラ (EMC-Z)

計測・保護・制御・伝送を一体化したマルチモータコントローラであり、伝送による負荷の制御を行うとともに、

表2. CDL伝送仕様

項目		仕様		
物理条件	伝送媒体	電流	ツイストペアケーブル KPEV 1.25~2.0mm ² CPEV φ1.2mm ツイストレスケーブル CVV 1.25~2.0mm ²	
		光	ポリマクラッド光ファイバ 石英ガラスGI形光ファイバ	
	伝送距離	電流方式	200~2,000m(ケーブルサイズ、接続局数による)	
		光方式	ポリマクラッド光ファイバ 1km 石英ガラスGI形光ファイバ 3km	
トポロジー	バス方式			
伝送端末数	最大64局			
電気条件	伝送速度	9,600bps		
	符号・形式	ベースバンド		
	バス接続方式	フォトカプラ		
	伝送用電源	DC24V電源		
論理方式	制御方式	CSMA/CD/ACK/勝ち残り方式		
	同期方式	調歩同期(データ8ビット, パリティ1ビット)		
	基本フレーム構成	SA DA CW BC DATA FCC		
		SA	: 自己アドレス	
DA		: 相手アドレス		
CW		: 制御コード		
BC		: DATAのバイト数(最大42)		
DATA	: 送信データ			
FCC	: フレームチェックコード			
誤り検出	パリティとFCCの併用			

表3. マルチモータコントローラEMC-Zの仕様

計測	保護	運転履歴	伝送
運転状態情報, 運転電流値, 漏えい(洩)電流値	過電流, 過電流瞬時, 不足電流, 地絡, 欠相	運転時間, トリップ回数, 正転/逆転閉閉回数, 平均/最大/最小電流, 過電流/欠相/地絡トリップ回数, 過電流瞬時/不足電流トリップ回数, 外部要因トリップ回数, 瞬停再始動回数, EMCエラーコード	制御 運転状態情報, 運転電流値, 漏洩電流値, 故障要因 運転履歴, 設定値
			自己診断
			保護特性自動点検 CPU状態監視

各計測値データ, 設定データ, 運転履歴データを伝送することにより, 上位でモニタを容易に行える。外観及び仕様

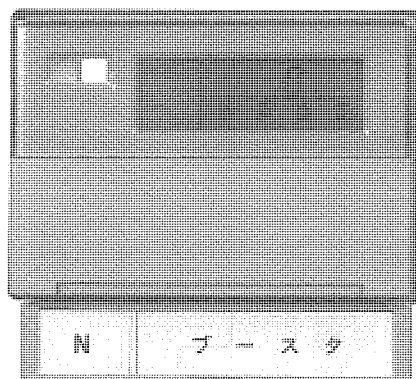


図8. マルチモータコントローラEMC-Zの外観

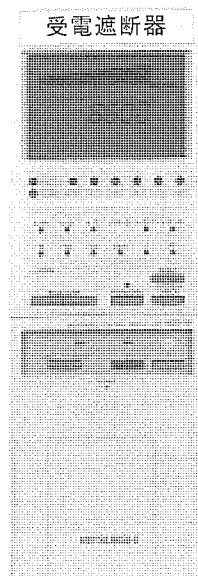


図9. 集中制御表示装置MCD-3Bの外観

表4. 集中制御表示装置MCD-3Bの仕様

計測	設定	操作	故障	電源	規格	外部入出力
電流, 電圧, 電力, 無効電力, 力率, 周波数, 電力量, 無効電力量, 零相電圧, 高調波電流・電圧, 遮断器開閉時間	PT比, CT比, 乗率, 遮断器投入ロック	遮断器入り/切り, 外部リセット, 遠方/直接モード切換え	故障要因表示, 重/軽故障区別, 遮断器トリップコイル断線検出	DC100/110V AC100/110V 共用	電圧: 110V 電流: 5A	接点 故障入力, CB状態入力, CB入り/切り出力, 重/軽故障出力 パルス出力 WH, VarH 伝送 計測値, 制御

表 5. 保全支援用伝送データ

項目	支援内容
運転時間	設備の累積運転時間の監視によって点検及び交換時期の最適化
運転回数	
高調波電流・電圧	高調波の発生状況の把握
遮断器開閉時間	遮断器の点検及び交換時期の最適化
遮断器トリップコイル断線検出	制御回路異常検出の常時検出
微小漏洩電流	モータ及びケーブルの絶縁劣化の傾向監視
保護特性自動点検	機器の自動点検機能により、定期点検の省力化

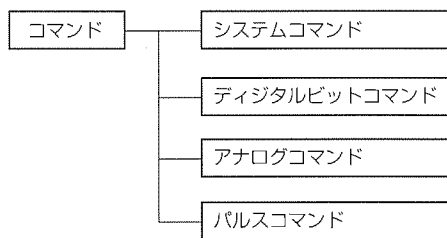
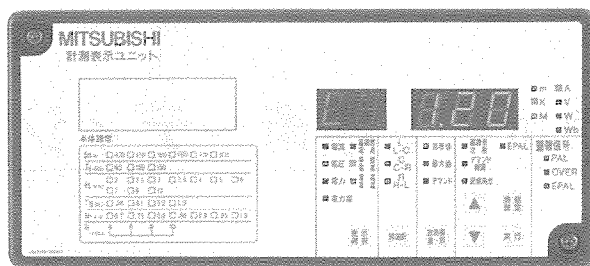
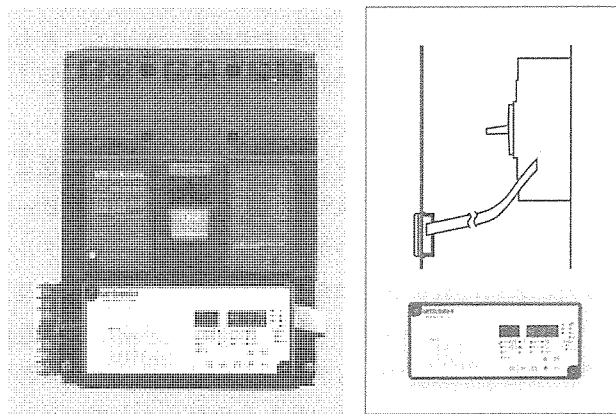


図10. B/NETのコマンド体系



NV800-SEPが長限時トリップした場合の表示例



本体取付け

パネル取付け

図11. MDUプレーカ

を図8及び表3に示す。

(2) スイッチギア用集中制御表示装置(MCD-3B)

計測・制御・伝送を一体化した伝送端末で、保全支援機能として、高調波電流・電圧の計測、遮断器開閉極時間の計測、トリップコイル断線検出機能を付加している。外観及び仕様を図9及び表4に示す。

各伝送端末では、計測及び状態データとともに各種保全データの伝送を行っている。保全情報としては、表5のデータが例として挙げられる。各伝送端末では、保全支援機能として保全の省力化・効率化を行うための機能を持っており、これらの情報を上位システム又は保全支援システムで活用することにより、保全業務の効率化を図れる。

5.2 B/NET

B/NETは配電機器を主としたネットワークであり、B/NETを搭載した端末器は照明制御用や電力監視用に現在約50種類あり、専用のコントローラを親機としてシステム構築されている。

B/NETも同様にCSMA/CD方式を採用し、9,600bpsの低速度ながら端末に通報機能を持たせることで、実用上十分な処理速度を低コストで実現している。また、照明制御用の一部の端末器は、中央から2線の伝送ラインを使って給電できるようにもなっている。

B/NETのコマンド体系を図10に示す。

DATA部分に入るON/OFF制御やアナログ信号モニタ

などのコマンドは機種間で共通になっており、タイミング調整などの機種特有の制御は端末側で行うよう配慮されている。このため、上位コントローラのソフトウェア作成は比較的容易である。

伝送端末として、電子式遮断器に搭載する計測表示ユニット(MDU)を図11に示す。

6. む す び

監視の高度化、保全支援、工事費低減をねらいに受配電システムへの伝送の適用が進展している。本稿では、受配電システム用の伝送技術について述べた。

設備投資費用を最小限に抑制するという世の中の情勢の中で、低コスト、コンパクト化がより重要になってきている。実装密度の向上、ASIC化など技術向上を図るとともに、より信頼性が高く、付加価値の高いシステムを提供できるように努めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 早丸秀吉, 酒井道雄: 受変電用開閉機器の診断技術, 三菱電機技報, 66, No.12, 1189~1195 (1992)
- (2) 佐々木文夫, 酒井道雄, 安部克茂, 篠原秀雄, 宇野正嘉: 受配電設備の保全システム, 三菱電機技報, 69, No. 9, 845~851 (1995)

サポート技術～デジタル技術

野間元暢* 橋本 正**
 小林哲治* 岡 聡史***
 宮内俊彦*

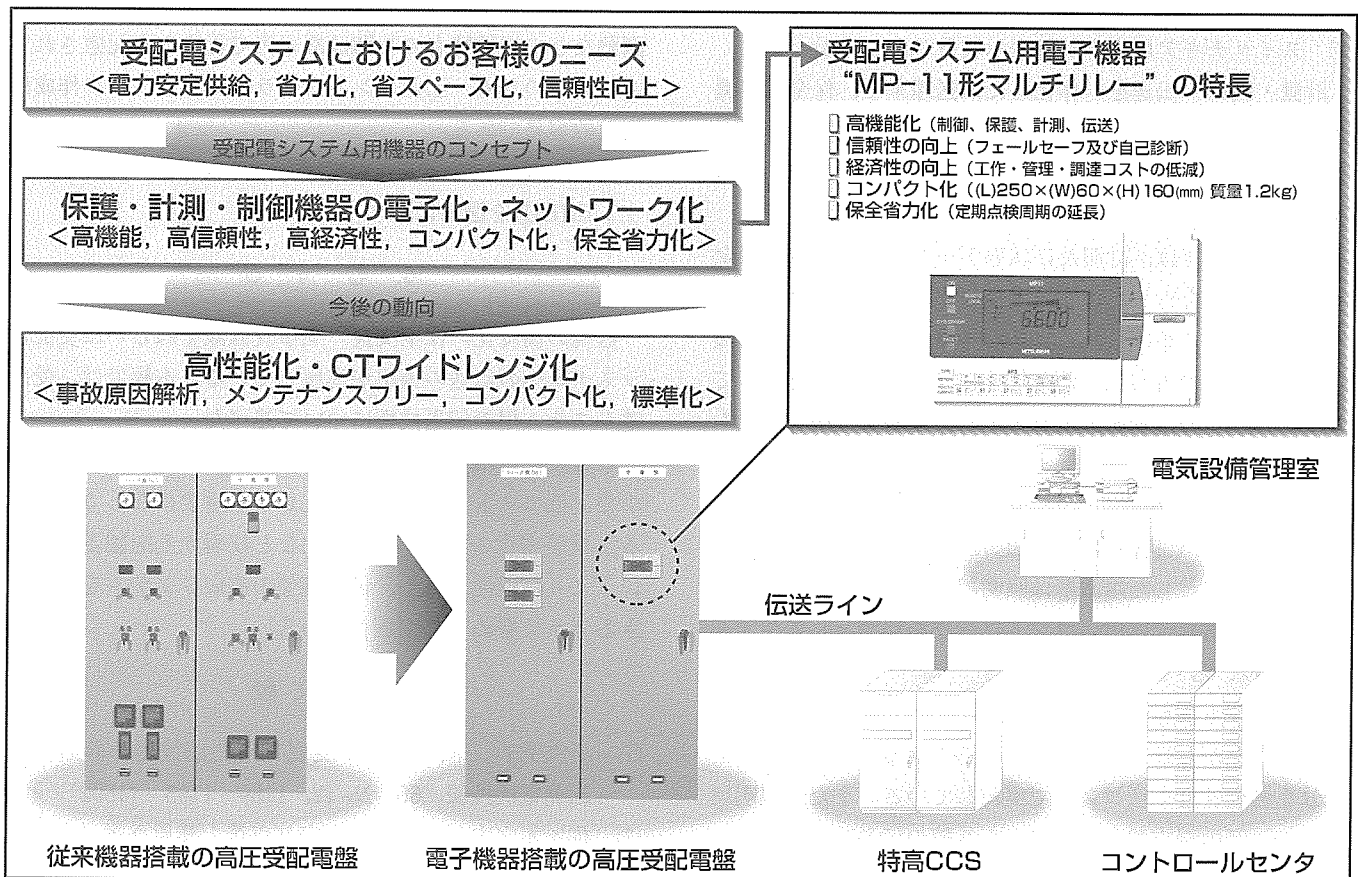
要 旨

近年の高度情報化社会では、電力の安定供給のために、受配電システムの重要性はますます高まっている。省力化、省スペース化、系統保護の高度化、信頼性の向上など、多様なニーズに対応していかなければならない。

一方、マイクロエレクトロニクス技術の向上は目覚ましく、三菱電機の受配電システムにおいても、保護リレーへのエレクトロニクス技術の導入など、急速にデジタル化が進み、また、監視制御のためのネットワーク化も普及した。特に昨今では、設備の自己診断と保守点検の自動化、予測保全等の保全面からもデジタル化が推進されており、受配電システム内の各種センサを含めたネットワークシステムが保全支援システムとして注目されている。

デジタル化によるメリットを以下に示す。

- (1) 高機能・高信頼性
 制御・保護・計測回路をデジタル化し、一体化することにより、小型・高機能化が図れる。
 また、フェールセーフ機能及び各種の自己診断機能によって信頼性が向上する。
- (2) 高経済性
 受配電システムの計画から運用までの各段階で、標準化・効率化・省力化を図ることができる。
- (3) 保全業務の省力化
 制御・保護・計測回路の自己診断及び自己点検機能により、精密点検の周期延長が可能となる。



受配電システムにおけるデジタル技術

従来個別に独立した機器であった制御・保護・計測機器を一体化し高機能化することによって、省力化、省スペース化、信頼性向上、コスト低減が実現できる。また、伝送ラインによって各々の装置を接続することにより、情報の集中管理が容易となる。

1. ま え が き

半導体技術の急速な進歩は、産業・社会の広範囲な分野に大きなインパクトを与えている。受配電システムに使用される各種装置も、高機能化・高信頼度化・小型化・標準化などの目的で、デジタル技術のウェートが年々高まってきている。

三菱電機(以下“当社”という。)における受配電システムの制御・保護・計測機能のデジタル化は、低圧用から高圧用へ、負荷制御用から受配電用へ、保護から制御・計測機能へと発展し、さらに、多機能化・複合化及びネットワーク化へと進んでいる。

本稿では、主として、受配電設備の制御・保護・計測機能のデジタル化について述べる。

2. 受配電システム用電子機器の変遷

1914年に誘導円板形保護リレーが発明され、本格的な系統保護の幕開けとなった。以来、電力系統の拡大に伴って、保護リレーの高速化・高性能化が要求され、高速度保護リレーへと急速な進歩を遂げた。一方、'51年のトランジスタの発明以来、'61年に半導体IC、'67年にLSI、そしてマイクロプロセッサと、電子技術の進歩は目覚ましく、電力系統の複雑化・高機能化の対応として、半導体部品を用いたアナログ形保護リレー、さらにはマイクロプロセッサを用いたデジタル形保護リレーへと進展している。

当社においても、'80年代にデジタル形保護リレーを製品化し、その後、'85年に各機能を複合化した高圧受配電システム用のMCD形集中制御表示装置及びMSR形複合保護リレー、低圧モータコントロールセンタ用のEMC形マルチモータコントローラを相次いで製品化した。これらはモデルチェンジを重ね、それぞれMCD-3B(図1)、MSR-3(図2)、EMC-Z(図3)として現在に至っている。さらに'98年には高圧受配電システム用の普及版としてMP-11形マルチリレー(図4)を製品化した。

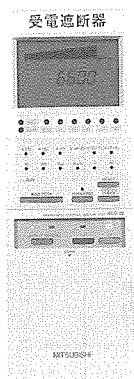


図1. MCD-3B形
集中制御表示装置

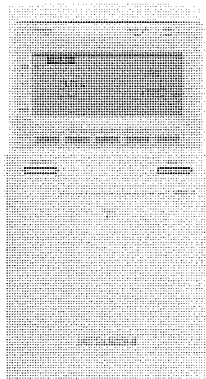


図2. MSR-3形
複合保護リレー

また、計測装置単独でもデジタル化・複合化が進展しており、受配電システム用電子機器は、多様な広がりを見せている。

3. 受配電システム用電子機器のデジタル技術

3.1 受配電システム用機器に対する要求機能

図5に要求機能を示す。

最少限の人員で複雑な系統運用と保全を適切に行うためには、従来の機能に加えて、今後は、運転・保全支援システムが不可欠となろう。そのためには、よりコストパフォーマンスに優れたシステムが必要である。また、各機器が子局となって運転・故障・劣化状態を検出し、親局で判定・制御できるネットワークシステムも必要となる。これらの点で、デジタル形の制御・保護・計測装置が、今後、更に普及すると思われる。

3.2 保護リレーの特徴比較

保護リレーは、方式により、電気機械形、アナログ形、デジタル形の3種類に大別できる。

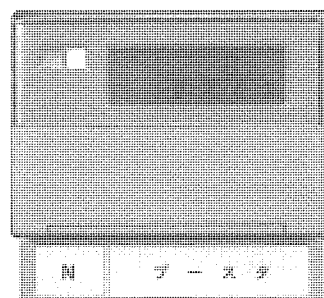


図3. EMC-Z形マルチモータコントローラ

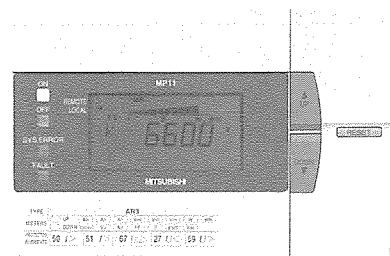


図4. MP-11形マルチリレー

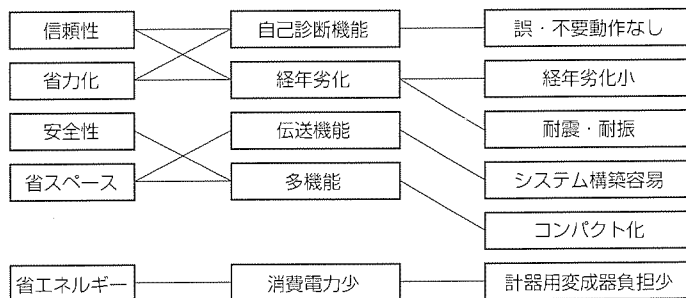


図5. 受配電システム用機器に対する要求機能

以下に、それぞれの特徴について述べ、表1に特徴比較を示す。

(1) 電気機械形保護リレー

電気機械形保護リレーは、電磁力による機械的応動によって動作する。サージ、ノイズ、雑音等の外乱には強いが、機構部品で構成するため振動に弱く、可動部の円滑さが特性に影響するため、経時安定性の面から定期的な点検が必要である。また、機械的応動を原理としているため、CT二次負担が大きいなどの欠点がある。

(2) アナログ形保護リレー

アナログ形保護リレーは、トランジスタを中心とした回

路構成となっており、主回路からの電圧・電流信号をVT・CTによって電子回路に整合されたレベルに変換し、その後レベル検出判定や位相比較判定を行う構成とすることにより、保護リレー特性を実現している。複雑な特性を実現するためには回路構成も複雑となり部品点数が増加する傾向にあるが、電気機械形保護リレーと比較して、耐震性、小型化、動作精度に優れている。

(3) デジタル形保護リレー

アナログ形保護リレーでは複雑な特性を実現するためには回路構成も複雑となるが、これに対処するため、マイクロプロセッサ等の電子部品の高信頼化・低価格化を背景に、デジタル形保護リレーが普及してきた。主回路からの電圧や電流信号をVT・CTによって電子回路に整合されたレベルに変換するまではアナログ形保護リレーと同様であるが、その信号をアナログ信号からデジタル信号へ変換し、一定周期でサンプリングする。サンプリングしたデジタルデータをマイクロプロセッサによって演算処理することで、各種の複雑な保護リレー特性を実現している。デジタル形保護リレーは特性を決める演算はソフトウェアで行っているため、入力値や動作時間などの故障要因解析に必要な数値を表示でき、保守や試験の質的向上や時間短縮が可能であるなどのメリットがある。また、ソフトウェア機能を生かして自己の故障検出が容易に可能であり、信頼性の向上を図ることができる。

表1. 保護リレーの特徴比較

	デジタル形	アナログ形	電気機械形
動作原理	デジタル数値演算	レベル検出, 比較	電磁力による機械的
高感度化	容易	比較的容易	限界がある
動作時間	高速度	高速度	遅い
自己診断	容易	可能	不可能
経年変化	小	中	大
振動	強い	強い	弱い
温度	留意必要	留意必要	留意必要
サージ, ノイズ	留意必要	普通	強い
外形寸法	小型	比較的小型	大型
CT二次負担	小さい	小さい	大きい
経済性	保守費の低減が期待	普通	安価: 将来保守費増大の可能性あり
日常点検	自己診断によって基本的には省略	点検必要あり	点検必要あり
定期点検 (自己簡易点検)	自己簡易点検可能	同左	自己簡易点検機能なし
定期点検 (精密点検)	精密点検周期の延長が可能	精密点検必要	精密点検必要

3.3 デジタル形保護リレーの回路構成

デジタル形保護リレーの回路ブロック図を図6に示す。

デジタル形保護リレーは三つの部分で構成さ

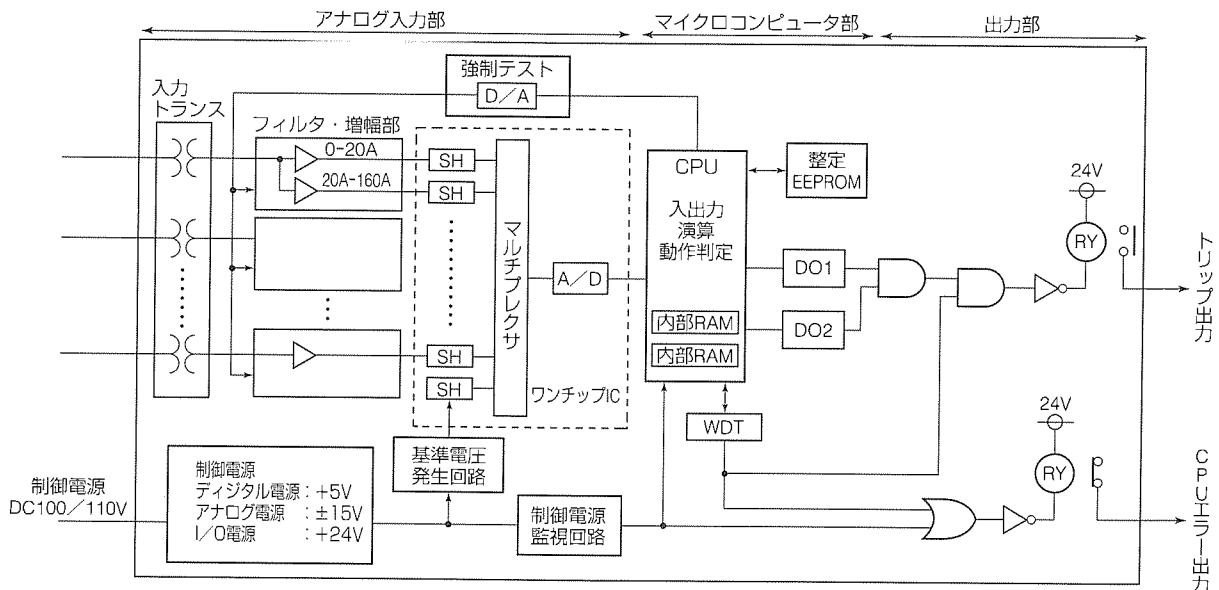


図6. デジタル形保護リレーの回路ブロック図

れている。第一は電力系統の電流・電圧等の電気量を所定のスケールでデジタル値に変換するアナログ入力部、第二は保護リレーの動作判定を行うマイクロコンピュータ部で、加減乗除などの演算を実行するCPU、動作手順(プログラム)を記憶するROM、整定値を設定する整定部とその値を記憶しておく不揮発性メモリ(EEPROM)、アナログ入力部からのアナログ/デジタル(A/D)変換データなどの一時的なデータを記憶するRAM等で構成されている。第三はトリップ信号の出力などを行う出力部となる。

3.4 デジタル形保護リレーの信頼性

保護リレーは、必要なときには確実に動作し、電気系統を保護しなければならない。また、10年以上にわたって昼夜を問わず使用される。このため当社のデジタル形保護リレーには、高信頼性の実現を図るため、フェールセーフ機能と自己診断機能を搭載している。フェールセーフ機能とは、何らかの異常が保護リレーの内部に発生しても不要動作を行わないようにする機能であり、自己診断機能とは、自己監視の結果、異常を発見するとエラー表示又はエラー出力を行うなどして、自己の異常状況を外部に知らせるための機能である。これらは、デジタル形ゆえ成し得ることができる。

(1) フェールセーフ機能の回路構成

フェールセーフ機能の回路構成を図7に示す。フェールセーフ機能は主にCPU状態監視ロジックとシーケンシャルロジックで構成されており、CPUの異常はこれらによって二重で監視されている。

ここでCPU状態監視ロジックとは、CPU監視のためのウォッチドグタイマ(WDT)方式によるものであるが、シーケンシャルロジックとは、ある決められた手順で信号が入力されない限り出力を行わないロジック回路のことである。

シーケンシャルロジックの構成を図8に示す。シーケンシャルロジックは、CPU異常時誤動作防止部とシーケンシャル信号処理部からなっている。

(a) CPU異常時誤動作防止部

CPUのポートがハードウェア的に故障した場合、出力信号が不安定になる。そのため、

CPU状態監視ロジック部からのCPU異常信号により、CPUからの出力信号を異常前の状態で保持する部分である。

(b) シーケンシャル信号処理部

CPU状態監視ロジック部でCPUの故障が発見されない場合がある。そのため、CPUからの出力信号をシー

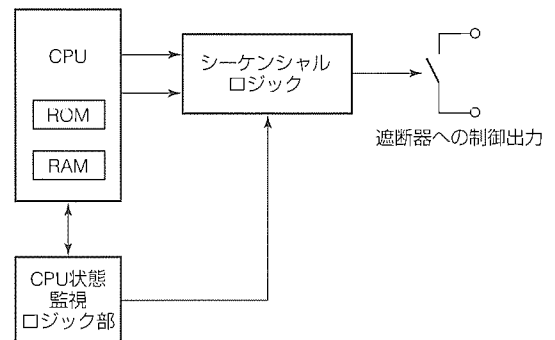


図7. フェールセーフ機能の回路構成

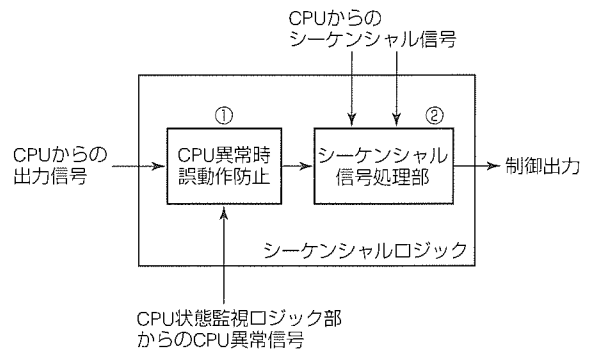


図8. シーケンシャルロジックの構成

表2. 自己診断機能

診断項目	内容
CPU内部ROM異常	サムチェック照合を行い、不一致であれば異常と判断。その後、異常出力し、無限ループを行う。
CPU内部RAM異常	ライト/リード照合を行い、不一致であれば異常と判断。その後、異常出力し、無限ループを行う。
電流計測回路 Low/Highレンジ 比率照合異常	既知の計測回路の比率とADコンバータ入力データの比率を照合し、不一致であれば出力ロック処理を行い、異常出力を行う。 Lowレンジがオーバーフローしている場合は、Highレンジの演算結果がLowレンジの上限を超えていることを確認。異常の場合は出力ロック処理を行い、異常出力を行う。その後、制御機能のみ有効とし、無限ループを行う。
計測用基準電源異常	計測した値が規定の範囲から外れたとき、出力ロック処理を行う。その後、制御機能のみ有効とし、無限ループを行う。
トランスデューサ用 電源異常	計測した値が規定の範囲から外れたとき、異常出力を行う。その後、制御機能のみ有効とし、無限ループを行う。
不揮発性メモリ (EEPROM)異常	①データの読み込み時、複数回照合して不一致であれば、異常と判断し、異常出力を行う。 ②データ書き込み時、EEPROMが制限時間以内に呼応しないとき、異常と判断し、異常出力を行う。 ③設定値変更時、書き込みデータを読み出して照合し、不一致であれば異常と判断し、異常出力を行う。 ④その他補正值データが規定の範囲を超えている場合、異常と判断し、異常出力を行う。 ①②③④すべての場合、その後、制御機能のみ有効とし、無限ループを行う。

ケンス的に処理することにより、出力の誤動作を防止する部分である。ここでは、CPUから正しいシーケンスの信号が入力された場合のみCPUからの出力信号が有効となるように処理を行っている。

(2) 自己診断機能の項目と内容

表2に、自己の異常状況を外部に知らせるための自己診断機能の診断項目と内容を示す。

3.5 計測装置のデジタル化の流れ

計測装置に対するニーズとして、盤製作メーカーからは、盤の薄形化、製作コストの低減、製作期間の短縮化のため、計器奥行き寸法の薄型化、短納期化、低価格化、省配線、省施工化の要求がある。またエンドユーザーからは、操作性の改善、高調波障害対策、漏電監視など設備保全のための機能アップの要求がある。

ところが従来の計測装置は、“奥行き寸法が長い。機種が多く短納期要求に対応していない。発注時の指定仕様項目が多く発注が難しい。操作が分かりにくい。”などの課題があった。これらの要求ニーズと課題解消のため、製品仕様・計測方式・外形などの標準化を、デジタル化によって実現している。

計測方式は、従来各種計測要素(電流、電圧、電力など)に対応した個別の動作原理を採用していたが、デジタル形マルチ指示計器では、VT・CTから入力した信号の直接デジタル化とソフトウェア演算処理化により、1種類の動作方式へ統合化している。

また、目盛仕様では、従来の225種類が目盛仕様を、液晶表示とフレキシブルスケール機能によって2機種へ統合化している。

以上の標準化により、仕様の共用化(AC/DC100/200V共用化、AC/DC共用化、50/60Hz共用化など)・薄形化(68~98mm)・短納期化への対応(即納)のほか、機能の複合化による省配線化・省施工化・低コスト化が可能となった。

また、従来の計測だけの単機能から、過負荷・絶縁・力率・高調波監視など、設備保全のための高機能化も実現した。デジタル形のマルチ指示計器を図9に、高調波メー

タリレーを図10に、集合型漏電監視装置を図11に示す。

今後の市場動向としては、省エネルギー法の'97年2月の改正公示により、全工場に対して年1%のエネルギー消費量低減が努力目標として設定された。この中で、エネルギー管理指定工場では、省エネルギー推進のための管理項目として電気使用量・電圧・電流・力率・負荷率・需要率が指定され、目標値の設定とデータ記録及び報告が義務化されている。

このため、計器による監視は、従来の受電点のみの実施から工場内に分散するサブ変電所又は末端の電気使用設備までに拡大され、データ収集と記録の省力化のための集中監視が必要となる。したがって、今後、デジタル形マルチ指示計器にも伝送機能を付加し、集中監視システムへの対応を可能にする必要がある。

4. デジタル技術の保全支援機能への応用

デジタル技術を生かした高機能・高信頼性については前項で述べたとおりであるが、当社では、デジタル技術を応用して受配電システム用電子機器に保全支援機能を付加している。以下、この保全支援機能について述べる。

4.1 遮断器動作時間の監視

遮断器に動作指令を与えてから遮断器の動作が完了するまでの時間を計測し、そのデータのトレンドを見ることによって、遮断器の異常の予兆を発見する。

4.2 遮断器トリップコイル断線の監視

遮断器の最も大きな役割は、受配電系統に事故が発生したときに、その事故点を切り離して、事故の波及を防ぐことにある。つまり、遮断器のOFF操作に支障があってはならない。遮断器のトリップコイルに常時微小電流を流すことによってOFF操作回路の健全性を確認するのが、遮断器トリップコイル断線の監視である。

図12に、MCD-3B形集中制御表示装置に採用している遮断器動作時間監視とトリップコイル断線監視の構成を示す。

4.3 デジタル形保護リレーの定期点検周期の延長

デジタル形保護リレーの利点である自己診断の容易さ

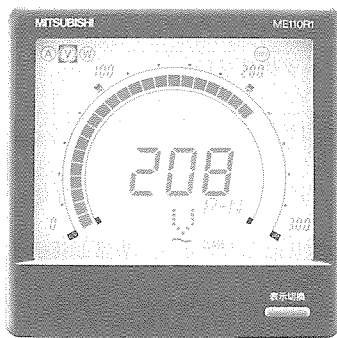


図9. マルチ指示計器

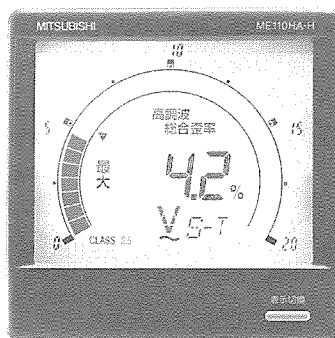


図10. 高調波メータリレー

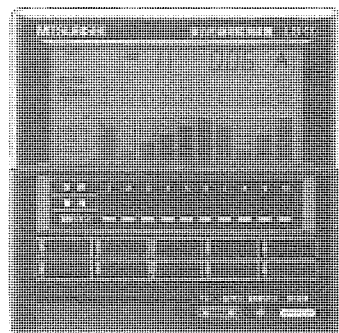


図11. 集合型漏電監視装置

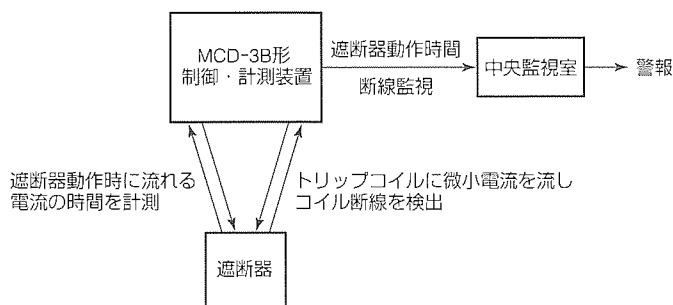


図12. 遮断器動作時間とトリップコイル断線の監視

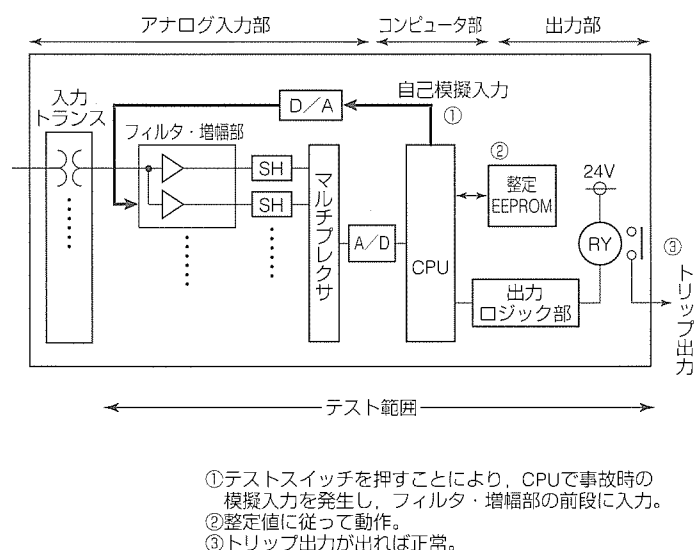


図13. テスト機能のブロック図

を生かしテスト機能と自己診断機能を併用することにより、保護リレーの精密点検周期を、電気機械形保護リレーの1年ごとの点検から3年ごとの点検に延長することが可能となる。

図13にMSR-3形複合保護リレーに採用しているテスト機能のブロック図を、図14に電気機械形保護リレーとデジタル形保護リレーの特性精密点検の周期比較を示す。

5. 今後の動向

(1) 回路の高性能化

デジタルシグナルプロセッサ(DSP)と32ビットマイクロプロセッサの処理能力の向上により、事故の状況解析が可能となる。これにより、事故原因の分析に役立つことができると考えられる。

また、メンテナンスフリーを目指して、自己診断機能も更に充実したものとなる。

そのほか、アナログ入力回路部のカスタムIC(ASIC)化など装置内部回路の複合化によって、一段とコンパクトなものとする事ができる。

(2) センサ(計器用変成器)の改良

従来のCT・VTによる電流・電圧計測では、受配電シ

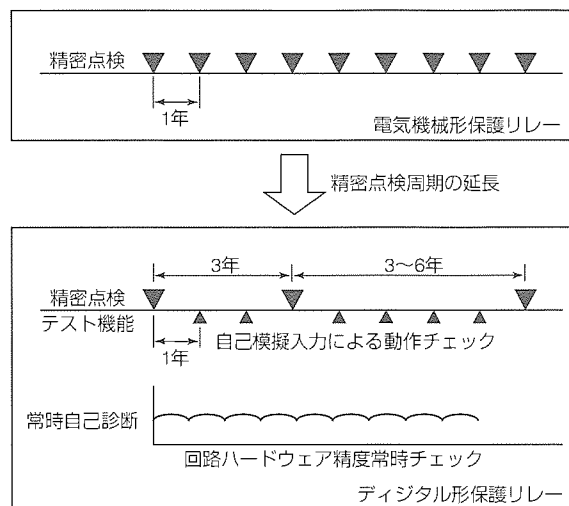


図14. 特性精密点検の周期比較

テム用電子機器の内部に更に補助CTや補助VTを実装していたが、電流計測にログスキーコイル、電圧計測にコンデンサ分圧方式又は抵抗分圧方式を採用し、主回路二次側を電子回路に整合させた信号レベルとして入力することにより、受配電システム用電子機器のコンパクト化が可能となる。

また、従来CT比によって異なっていたCTは、定格電流50~1,200Aの範囲を2種類(従来17種類)でカバーできるようにワイドレンジ化を行うことにより、標準化に役立てることができる。

6. むすび

上述したように、受配電システム用電子機器は、制御・保護・計測の各々の機器のエレクトロニクス化・複合化からスタートしたが、現在は、その機能を超えて、事故時の情報の保持、遮断器の監視、保全支援、及び伝送などの機能も付加されている。

一方、受配電システムに要求される事柄も、電力の安定供給のための高信頼性はもちろんのこと、省エネルギー、省スペース、運転や保全の省力化とますます高度化している。

これに対して、最近のエレクトロニクス技術の進歩により、今後とも、最新のハードウェア技術、ソフトウェア技術、センサ技術を応用した、受配電システムに最適な装置とシステムを開発していく予定である。

参考文献

- 植主雅史, 細谷亮造, 綾田久和, 野間元暢, 橋本 正, 沼倉 弘: デジタル制御スイッチギヤ—MA形—, 三菱電機技報, 69, No. 4, 394~399 (1995)
- 電気協同研究会: 第2世代デジタルリレー, 電気協同研究, 50, No. 1, 4~19 (1994)

サポート技術～ガス絶縁機器

植主雅史* 沼田伸一*
吉田 暁*
有岡正博*

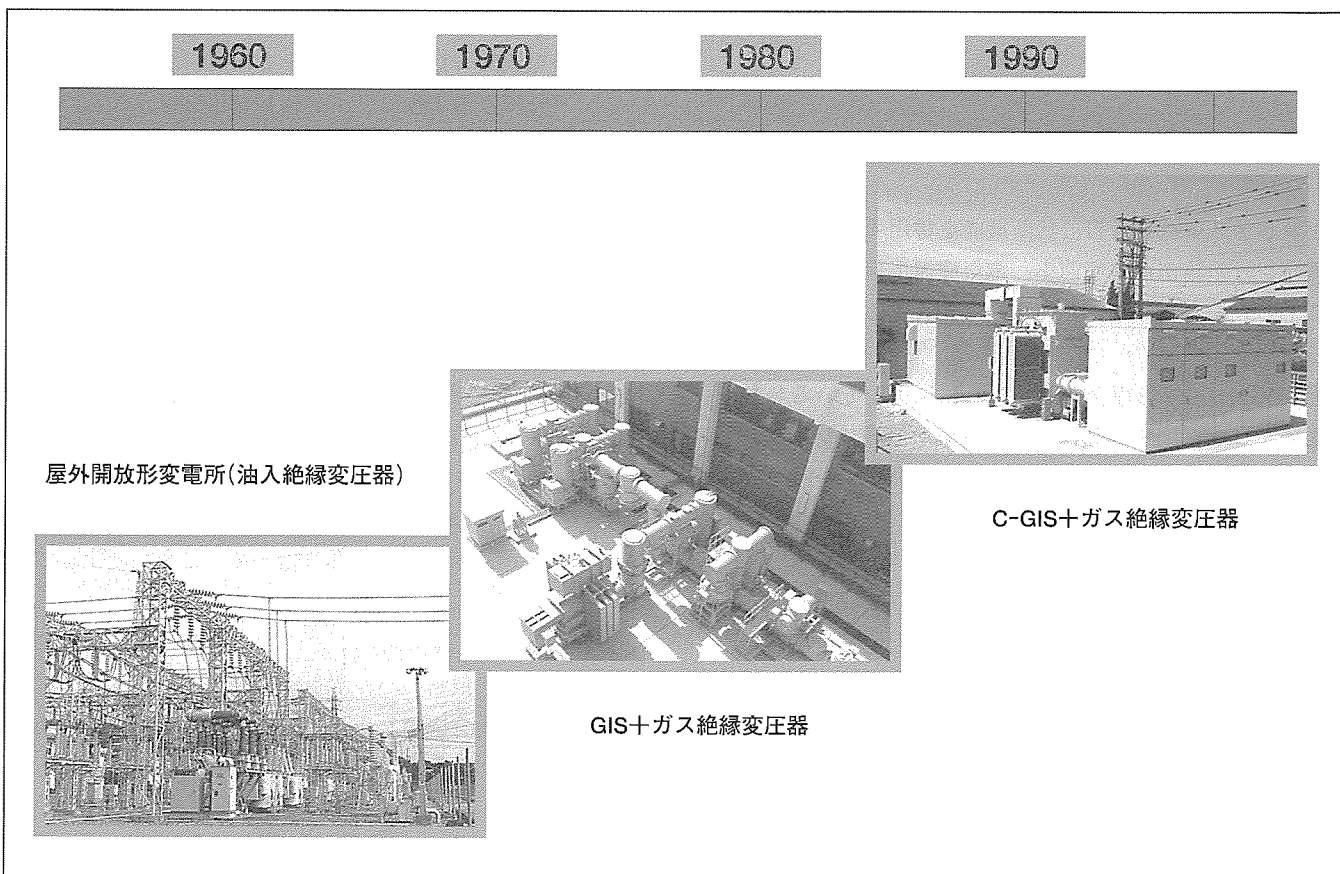
要 旨

近年、受配電システムにおいて、ガス絶縁機器はなくてはならない存在となっている。SF₆ガスは、平等電界中、同一圧力空気と比べて約3倍の絶縁耐力を持つ無毒・無臭・不活性の気体であり、ガス絶縁開閉装置、変圧器、変成器、コンデンサなどに応用されている。ガス絶縁機器共通の特長として、小型・軽量、省メンテナンス、不燃、高耐環境性が挙げられる。

ガス絶縁機器の実用化時期は、ガス絶縁変圧器が一番早く1956年、次いでガス絶縁開閉装置の'68年、ガス絶縁変成器の'78年、ガス絶縁コンデンサの'85年と続く。各機器とも、ガス絶縁の特長を最大限に引き出すため、様々な進化を遂げている。ガス絶縁開閉装置では、'83年に、需要家

向け受配電システムに適用が容易なキュービクル形ガス絶縁開閉装置が製品化されている。ガス絶縁変圧器では、自冷式タイプの適用範囲の拡大が図られるとともに、'96年には66kV 10MVAまで放熱技術上困難であった放熱器片側配置が可能となっている。

将来動向としては、ガス絶縁機器相互間の複合化が進む。具体的には、メンテナンススペースの共有化などの受配電設備全体のコンパクト化、各機器の直結などによる一体化、最新センシング技術を駆使したガス監視制御の高度化などが挙げられる。したがって、今後、ガス絶縁機器に対するニーズは高まり、ますます適用拡大していくものと考えられる。



受配電システムにおけるガス絶縁機器の変遷

ガス絶縁機器は進化しており、受配電システムのコンパクト化、省メンテナンス化などに大きく貢献している。

1. ま え が き

六ふっ化硫黄ガス(SF₆ガス)を封入したガス絶縁機器は、受配電設備のコンパクト化・保守レス化に大きく寄与し、受配電システムの信頼性向上と不燃化になくてはならない存在となっている。

本稿では、受配電システムに適用されるガス絶縁機器の現状と将来動向について述べる。

2. ガス絶縁機器の特長⁽¹⁾

SF₆ガスは、蛍石(CaF₂)から精製したふっ素(F)と硫黄(S)の直接反応で作られ、図1に示すように、平等電界中、同一圧力空気と比べて約3倍の絶縁耐力を持つ無毒・無臭・不活性の気体である。また、大電流遮断後の絶縁回復特性は空気の約100倍である。

この優れた消弧能力を生かし、'53~'55年ごろ、米国のウェスチングハウス社がガス遮断器(以下“GCB”という。)を実用化し、その後、ガス絶縁変圧器(以下“ガスTR”と

いう。)、ガス絶縁開閉装置(以下“GIS”という。)、ガス絶縁変成器(以下“ガスVCT”という。)、ガス絶縁コンデンサなどが開発された。また近年では、キュービクル形ガス絶縁スイッチギヤ(以下“C-GIS”という。)を適用したガス絶縁変電所の普及が目覚ましく、受配電システムの一層のコンパクト化と信頼性向上に寄与している。

以下に、受配電システムに適用される各ガス絶縁機器の特長を示す。

2.1 C-GIS

大気圧近傍のSF₆ガスを封入したく(矩)形容器内に構成機器を一括収納したC-GISは、特高受配電システムを主体に使用されている。

図2に当社24/36kV C-GISの外観、図3、図4に72/84kV C-GISの外観及び構造図を示す。

当社のC-GISは、あらゆる形態の電気室や変電所敷地へのレイアウトの柔軟性、変圧器直結構造による全ガス絶縁化、及び24時間連続運転での保守点検の対応のほか、次の特長を持っている。

(1) 小型・軽量

円弧状矩形容器などの採用により、大幅な軽量化(当社従来比35%)、縮小化(当社従来比45%)を図り、トラック輸送を可能としている。

全装可搬し、現地ガス処理レスも可能である。

(2) 省メンテナンス

操作・保守面は前面に集約配置するとともに、細密点検周期を12年としている。また、主回路部タンクは、開放する必要のない設計としている。

(3) 真空遮断器の採用

環境性・縮小性・経済性・軽量化・低騒音の面で優れる真空遮断器(VCB)を採用している。

(4) ガス質量のミニマム化

タンク容積を縮減し、定格ガス圧を0.05MPa・gとするこ

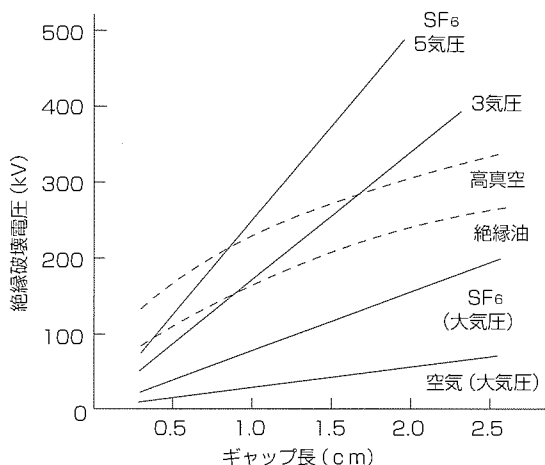


図1. 絶縁耐力の比較(平等電界, 交流波高値)

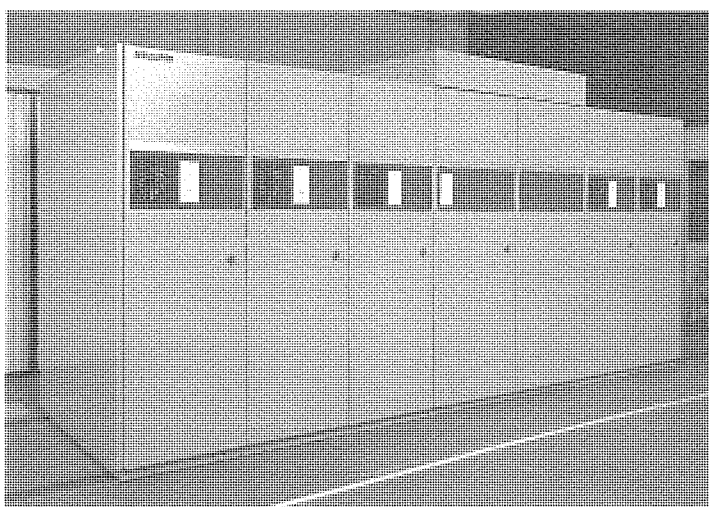


図2. 24/36kV C-GISの外観

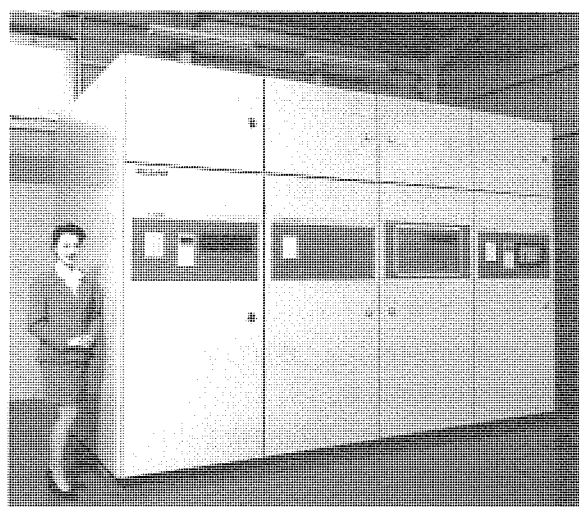


図3. 72/84kV C-GISの外観

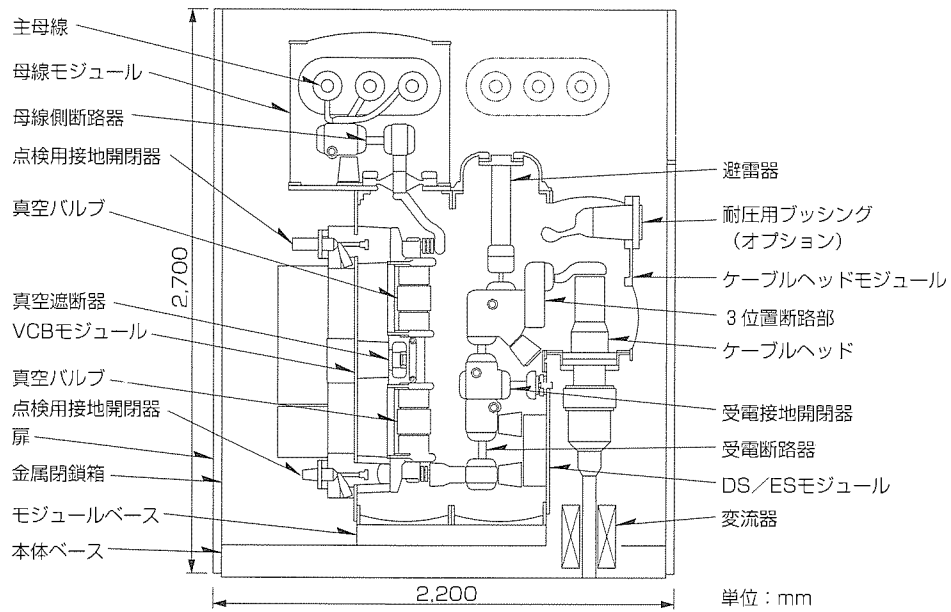


図4. 72/84kV C-GISの構造図

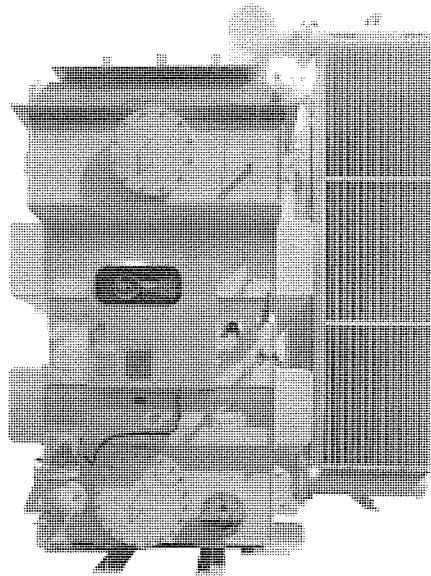


図5. 66kVガスTRの外観(66/6.6kV 8MVA)

とで、使用ガス質量をミニマム化している。

(5) 耐環境性

外装パネルでタンクを覆い、主回路部は二重構造としている。また、屋外形の制御回路部には除湿器を配置し、密閉構造としている。

2.2 ガスTR

ガスTRは絶縁油を全く使用しないため、不燃化変電所に最適な変圧器である。

図5に当社66kVガスTRの外観を示す。

以下に、当社ガスTRの特長を示す。

(1) 不燃化

C-GISとの組み合わせにより、変電所の不燃化が達成

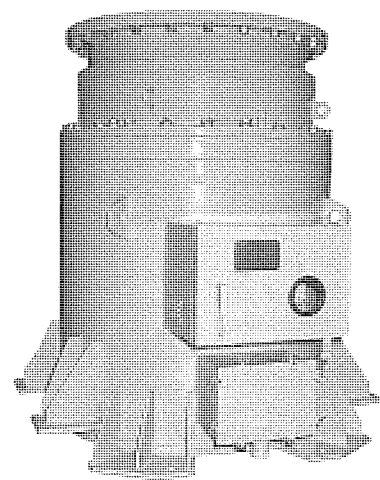


図6. 66/77kV GIS直結形ガスVCTの外観

できる。

(2) 簡便な保守点検

ガス絶縁機器としてC-GISと同様の点検となり、保守点検が簡便となる。

(3) 低騒音化

音響インピーダンスの大きいSF₆ガス中を伝搬するため、低騒音化を図りやすい。

(4) 軽量

絶縁油を全く使用しないため、軽量化が図れる。

2.3 ガスVCT

図6に当社66/77kV GIS直結形ガスVCTの外観を示す。油絶縁VCTに比べて軽量であり、GISとの一体化で全ガス絶縁化が達成できる。

2.4 ガス絶縁コンデンサ

図7に当社6.6kVガス封入高圧進相コンデンサの外観を示す。油絶縁コンデンサに比べて軽量であり、気中絶縁開閉装置の不燃化に寄与している。

3. ガス絶縁機器の変遷⁽²⁾

以下にガス絶縁機器の変遷を示す。

3.1 GIS, C-GIS⁽³⁾

GISは、'68年ごろ実用化が始まった。当初、相分離形であったが、機械加工技術と絶縁物加工技術の進歩とともに、主母線三相一括形、全三相一括形と姿を変えている。また、適用電圧も国内では72kVから550kVまで実用化しており、1,100kVの実用化も近い。

C-GISは、電力会社向け主体のGISに対して、需要家向け受配電システムに適用が容易な環境調和を指向できる機器として、当社は'83年に72/84kV、'85年に24/36kV用を製品化した。

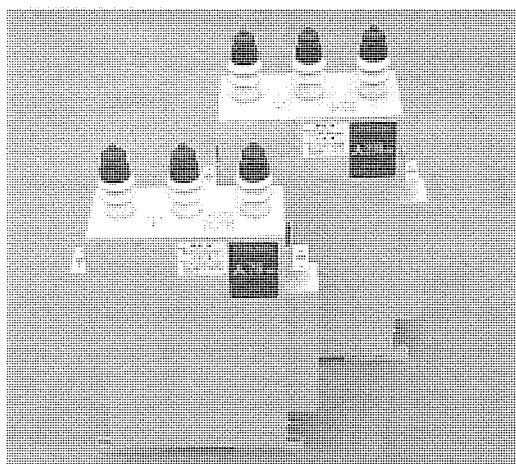


図7. 6.6kV ガス封入高圧進相コンデンサの外観

表1にGIS, C-GIS形態の変遷を定格電圧ごとに示す。

据付けスペースは、当社72kV用の場合、開放形受電設備を100%としたとき、現在の全三相一括形GIS, C-GISで10%となり、大幅な削減が可能となっている。

据付け工期は、工場組立品をそのまま輸送して据付け可能なため、工期の大幅な短縮とともに、工場組立てでの信頼性がそのまま維持ができる。

3.2 ガスTR⁽⁴⁾

ガスTRは、'56年、米国で実用化された。当時は、密封形乾式変圧器に用いられていた空気と窒素ガスの代わりに、絶縁と冷却性能の優れたSF₆ガスを用いたものであった。

当社では、'65年からSF₆ガスTRの開発に着手し、30kV車両搭載用変圧器などを製品化した。そして、'72年の

表1. GIS, C-GISの形態の変遷

定格電圧 (kV)	形態	相分離形	主母線三相一括形	全三相一括形	キュービクル形
72 84					
120 168 204					
240 300					
550					

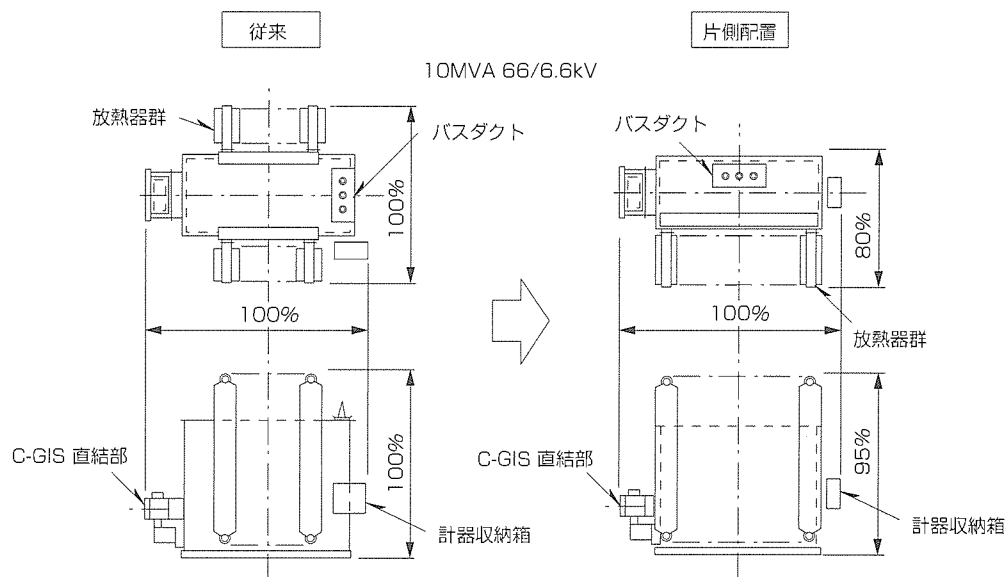


図8. 66kVガスTRの放熱器両側配置と片側配置の外形比較

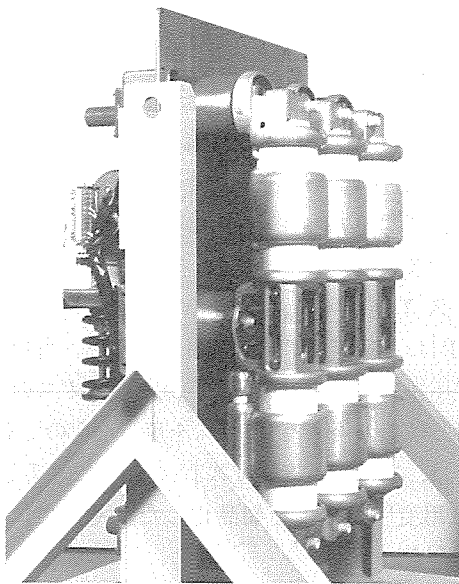


図9. 72/84kV 2点切り真空遮断器の外観

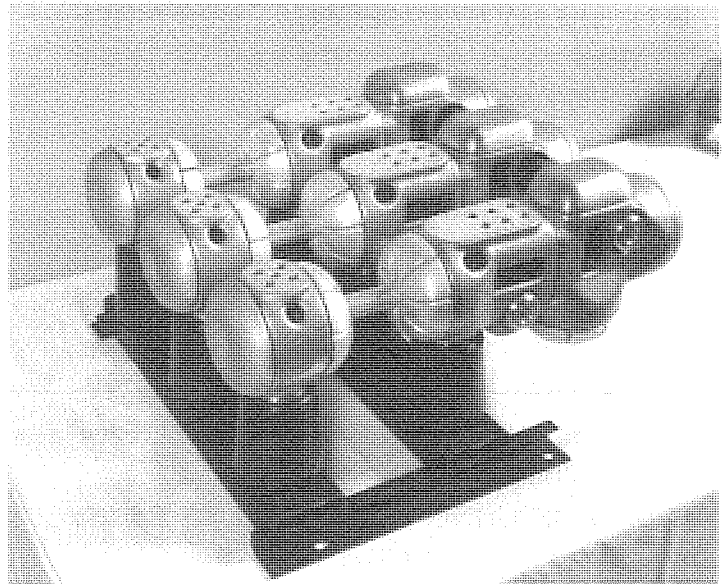


図10. 72/84kV接地開閉器一体形断路器の外観

PCB油入変圧器の製造禁止を転機に、不燃性変圧器として脚光を浴びた。その後、GISの目覚ましい普及に伴い、'79年に世界初の3MVA 66kV GIS直結式ガスTRを製品化し、全ガス絶縁変電所を実現した。さらに'83年には屋外形15MVA 66kVガスTRを実用化し、環境調和性の点から屋外用としても適用され始めた。'96年には10MVAまで放熱器片側配置が可能となり、受配電設備の電気室や敷地に対して、省スペース化、柔軟な対応性が実現できている。図8に放熱器両側配置と片側配置の外形比較を示す。

一方、33kV以下の配電用においても、'81年に2.5MVA 11kVガスTRを製品化し、その後も1.5MVA級を中心に多数製作している。'83年には22kV整流器用ガスTR、さらには6.6kVガスTRも製品化され、適用範囲は拡大している。

3.3 ガスVCT

当社は'78年に154kVガスVCTを開発し、'88年には33及び77kVガスVCTを開発した。'91年には66/77kV GIS直結式ガスVCTを実用化し、順次普及している。

3.4 ガス絶縁コンデンサ

当社は、'85年に、業界に先駆けて、金属フィルム+絶縁油の構造に対して、不燃化機器として金属フィルム+SF₆の構造のオイルレスガス封入式コンデンサを実用化した。

当初は100kvar以下で容器も丸形であったが、現在では300kvarまで対応できるようになり、容器も気中絶縁スイッチギヤへの収納効率向上のため角形へ変更となり、適用率は確実に増加している。

4. ガス絶縁機器の将来動向

以下に、ガス絶縁機器の将来動向を示す。

4.1 システム・複合化

受配電システムとしては、受配電設備全体のコンパクト性、高信頼性、点検性、監視制御の高度化が重要である。

受配電設備の構成機器であるC-GIS、変圧器、気中スイッチギヤなど個々の機器が受配電システムとして上記項目に対してベクトルを合わせ、対応することが必要と考える。

(1) コンパクト性

受配電システムのコンパクト性とは、構成機器個々のコンパクト化のみならず、受配電設備全体の省スペース化性である。

各電力機器には少なからずメンテナンススペースが必要であり、デッドスペースを削減し、メンテナンススペースの共用化・縮小化が重要である。

さらに、スイッチギヤや変圧器などのように各電力機器は独立したものである必要はなく、ガス絶縁での直結、一体化という複合化が進むと考える。

一方、ガス絶縁機器単体も、固体絶縁物の技術進歩に伴い、ガス絶縁と固体絶縁の複合絶縁化が進み、機器単体のコンパクト化が加速している。

また、C-GIS収納機器も技術革新し、これらの動向をバックアップする必要がある。当社では、その代表例として、72/84kV 2点切り真空遮断器、72/84kV接地開閉器一体形断路器、高抵抗酸化亜鉛素子(以下“高抵抗ZnO素子”という。)適用避雷器などがある。

図9に2点切り真空遮断器、図10に接地開閉器一体形断路器、図11に高抵抗ZnO素子適用避雷器の外観を示す。また、図12に高抵抗ZnO素子の特性を示す。

(2) 高信頼性

ガス絶縁機器の主回路は密封容器に収納されており、当然ながら、周囲環境の影響を受けず、気中絶縁機器と比べ

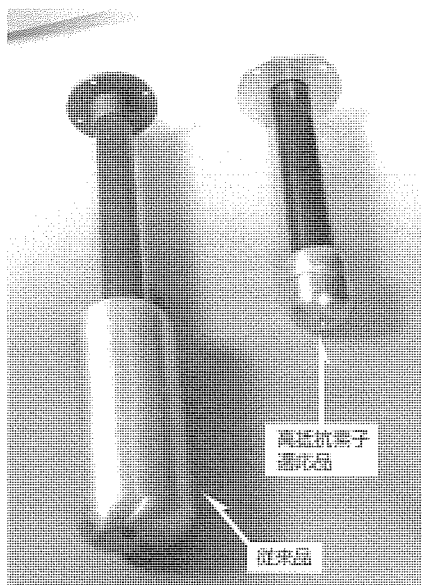


図11. 84/98kV高抵抗ZnO素子適用
避雷器の外観

て高信頼性を確立している。

(3) 点検性

ガス絶縁機器のライフサイクルの中で容器を開放することなく、主回路の健全性の確認が容器外から実施できることは、必ず(須)項目となりつつある。

今後は、センシング技術の進歩に伴い、容器外からの監視・検出が容易となる。

一方、主回路、操作装置、制御回路の健全性の確認、及び操作装置の操作は、片面(1面)からの実施が当然となり、メンテナンススペースの共用化・縮小化が図られると考える。

(4) 監視制御の高度化

デジタル制御技術の進歩する中、ガス絶縁機器にも適用され、ガス絶縁の健全性の常時監視、万一の故障時の故障点評定などの予測保全システムも確立されている。

しかしながら、現状は電力会社向けが主であり、需要家向け受配電システムへの適用は少ない。

今後は、より簡便で経済的なシステムに発展させ、計器用変流器や計器用変圧器をセンサ化するとともに、インテリジェントされたデジタル監視制御機能搭載が一般化するであろう。

4.2 SF₆ガスの排出防止、回収化⁽⁵⁾

'97年12月に京都で開催された第3回気候変動に関する国際連合枠組条約締結国会議(COP3)において、SF₆ガスは温室効果規制対象ガスに指定された。

SF₆ガスが絶縁性に優れているということは、化学的に安定なガスということでもあり、地球上での寿命が長い。このため、100年間での積分を考え、CO₂ガスを1とした場合の温暖化係数でSF₆ガスは23,900であるとされている。

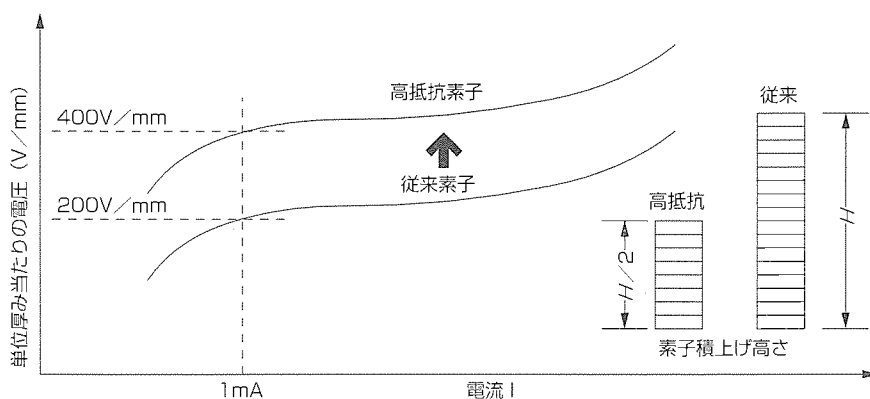


図12. 高抵抗ZnO素子の特性

しかし、地球温暖化への寄与率は、'92年の調査でCO₂ガスが63.7%に比べ、SF₆ガスは1%未満で、その影響度は少ないと見られている。

また、代替ガス研究においては、各国とも研究機関及びメーカーで研究は続けられているものの、SF₆ガスに代わる有力な代替ガスはない。したがって、まずは、SF₆ガスの排出防止、回収を行う必要がある。

当社は、工場内での大規模な回収装置だけでなく、現地での増設・改造時に使用する移動式回収トレーラ、及びビルなどの建屋内電気室にエレベーターを使用して人力で搬入できる分割可搬式の回収装置も運用している。

5. むすび

以上、受配電システムに適用されるガス絶縁機器であるC-GIS、ガスTR、ガス絶縁コンデンサの特長、変遷、及び将来動向を述べた。

各ガス絶縁機器は、単体として成熟する第一世代は終了し、受配電システム全体の中で、システムとして成長しなければならない第二世代に突入している。

したがって、今後、ますますガス絶縁機器に対するニーズ、要求は高まり、発展するものと考えている。

参考文献

- (1) 宅間 董：SF₆とはどんなものか、電気学会誌，115，No. 8，488～491 (1995)
- (2) 青野一朗，大野政智：SF₆ガスの電力分野への応用，電気学会誌，115，No. 8，495～497 (1995)
- (3) 桑原 宏，稲村彰一：ガス絶縁開閉装置(GIS)の現状と将来，三菱電機技報，57，No.9，601～603 (1983)
- (4) 佐藤辰夫，松本正市，田村 清：受配電用ガス絶縁変圧器，三菱電機技報，58，No.9，638～641 (1984)
- (5) 村山康文：電力用SF₆ガスの取り扱いに関する電機業界の取り組みについて，日本電機工業会，電機 (1997-12)

サポート技術～最新機器・最新技術

山田賢治* 平野大寿***
石川雅廣* 奥野満晴*
松本正市** 山崎晴彦†

要旨

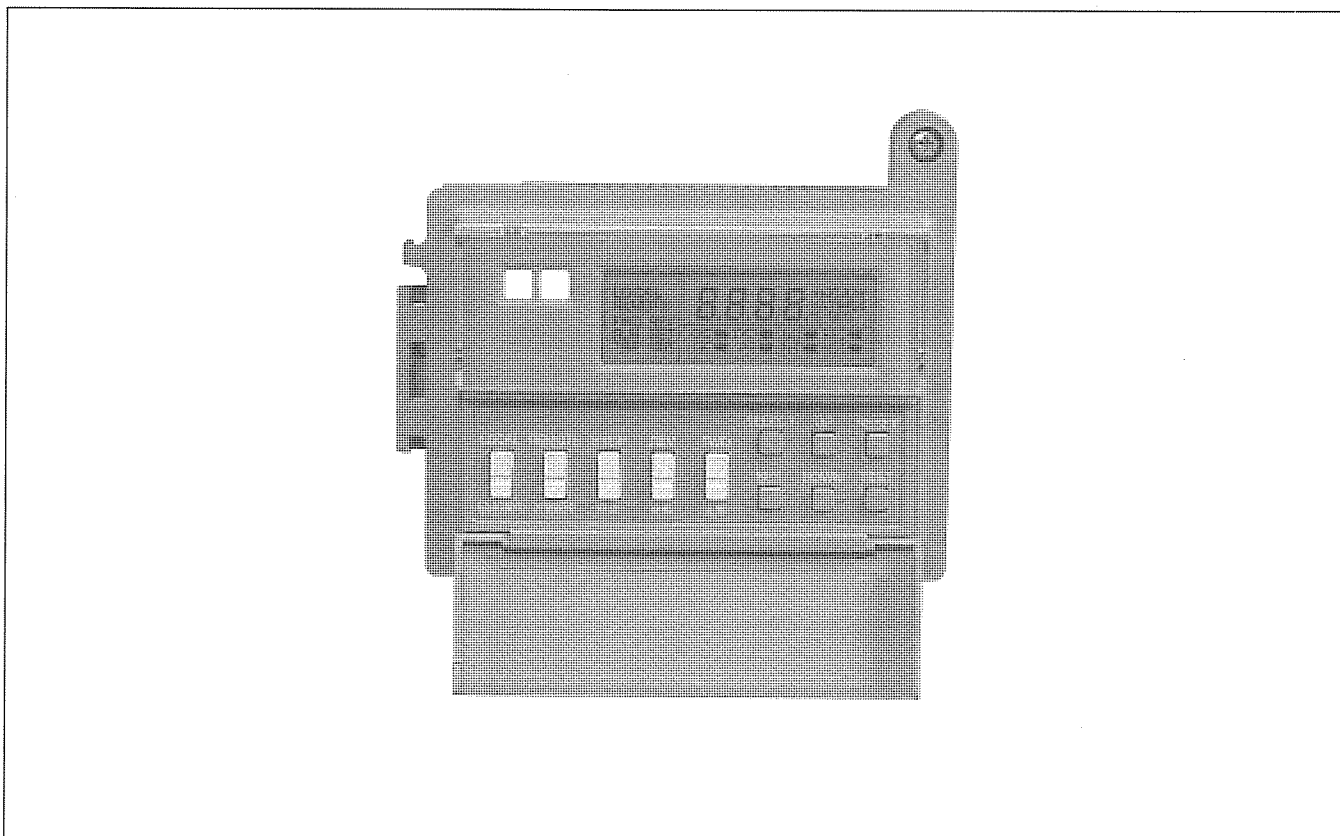
受配電システムは社会状況の影響を受けながら発展を続けているが、受配電システムを構成する機器も、その用途によって独自の発展を続けている。その技術の進展は、デジタル技術や伝送技術の発展とともに、更に使いやすく、経済的で、しかも環境に優しい受配電システムの形成に貢献する。

本稿では、今後の受配電システムをサポートする技術として、次のように、その幾つかを紹介する。

- 信頼性の高い伝送技術を応用し負荷側の管理システムと一体となって発展した高機能なモータコントロールセンタ

ールセンタ

- 省エネルギーの観点から見た高効率変圧器や高調波対策変圧器など、配電用変圧器の動向
- 32ビットデジタル高機能プロセッサを使用し、使いやすさを追求した発電設備用コントローラ
- 負荷の高速切換え等、情報化社会のニーズである系統安定度確保に貢献が期待される高圧高速スイッチ
- 給電システムの信頼性向上をサポートする電子式ブレーカ及びプレアラーム付き漏電ブレーカ



マルチコントローラ(EMC)

三菱Z形モータコントロールセンタを搭載したデジタルマルチコントローラの外観を示す。モータの制御に必要な制御・表示・計測・保護の基本機能に加え、回路変更に対応可能なシーケンサ機能や伝送端末機能も備え、あらゆる要求に対応可能なコントローラである。デザインもソフトタッチなカラーリングを採用し、人に優しいGUI(Graphical User Interface)を演出している。

1. ま え が き

受配電システムを“電力の信頼性と品質”“電力の効率運用”“省人システム”“省エネルギー”“サポート技術：伝送、デジタル、ガス絶縁”の面から説明したが、このほかにも、受配電システムを構成する機器において、技術の進展が多く見られる。

本稿では、その中で、今後システムエンジニアリングを行う上でキーとなるハード及びシステム技術の幾つかを紹介する。

2. 高機能なモータコントロールセンタ

当社Z形モータコントロールセンタは、受配電システムの自動化をベースとした要員効率化のニーズにこたえ、監視・制御・保護・予測保全・シーケンス機能を一つのデジタルマルチコントローラに集約して、使いやすさとともに高収納率による小型化を図っている(図1)。以下にその特長を説明する。

高機能なマルチコントローラ“EMC-Z”を搭載し、監視・制御・保護・予測保全及びシーケンス機能を集約することによって操作性の向上を実現した。さらに、運転履歴メモリ機能を付加することにより、保全データの収集を容易にした。また、運転状態・計測値・運転履歴・設定値などの伝送情報量の拡大とともに、それらの機能を一つのケースに収納して大幅にコンパクト化を実現した。

一方、モータコントロールセンタの箱体においても、前後面のユニット段積み数を同一にし、電流センサと零相変流器の複合化、一体形電流センサ及び切換えの容易なワイドレンジ電流センサの採用によって高収納構造(最大18ユニット収納)を実現した。

3. 配電用変圧器の動向

最近の配電用変圧器は、これまでの小型・軽量といったニーズに加え、防災性・環境・高調波といった項目が一層

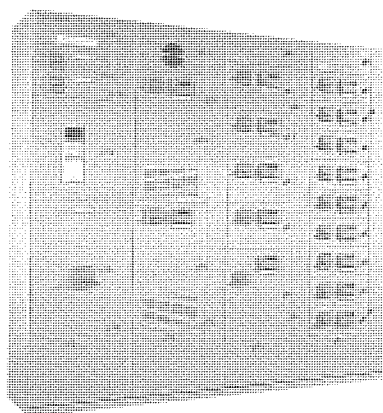


図1. Z形モータコントロールセンタ

クローズアップされている。

防災の観点から、ビルや工場では、不燃・難燃化が求められる、ガス絶縁変圧器やモールド変圧器が適用されている。小容量ガス絶縁変圧器は、低騒音や省メンテナンスの特長に加えて、コルゲートタンクの開発によって大幅な小型・軽量化が図られ、6kV級500kVA以下のクラスへ普及してきている。また、発生損失を低減した省エネルギータイプの変圧器としても高い評価を受けている。

変圧器は、配電機器の中で最も発熱量の大きい機器であり、環境問題への配慮から一層の省エネルギー化(高効率化)が求められている。

このような背景により、油入変圧器においても、超高効率化した油入変圧器が開発されている。超高効率油入変圧器は、従来の低損失形変圧器よりも更に良質のけい素鋼板と導体を使い、全損失を15~20%改善している。このため、負荷率の大小にかかわらず省エネルギー効果が期待でき、長期間使用するほど省エネルギー効果は大きくなる。三相300kVA各種変圧器の損失比較を表1に示す。

変圧器による高調波対策として、高調波電流の一次側への流出量を低減可能にした三巻線変圧器(当社ハーモリデューサ)が実用化されている。ハーモリデューサは、あらかじめ変圧器の二次側で多パルス化になる組合せ結線を施し、1台で等価12パルス化を実現した高調波流出電流抑制用変圧器である。2台の結線の異なる変圧器の組合せで多パルス化する場合に比べて、省スペース、省エネルギーなどの効果がある。

4. 発電設備コントローラ

発電設備の制御・監視は、静止器と比較して制御・モニタリングの高速化・多様化・高機能化が求められ、いち早くデジタル制御が進んだ領域である。

当社は発電設備用デジタルコントローラ“MELGIC-II”を他社に先駆けて市場に投入し、好評を得ている。これは、非常用、常用ディーゼル発電機及びガスタービン発電機の制御コントローラとして開発されたものであり、今回、更に機能アップし、使いやすさを追求したデジタルコントローラ“MELGIC-III”(図2)を新しく開発した。以下にそ

表1. 各種変圧器の損失比較(三相300kVA, 6.6kV/210Vの例)

変圧器の種類	無負荷損 (W)	負荷損 (W)	総損失 (W) (100%負荷時)	総損失 (W) (60%負荷時)
油入変圧器 (低損失形)	690	4,480	5,170	2,303
油入変圧器 (超高効率形)	520	3,770	4,290	1,877
モールド変圧器	840	3,860	4,700	2,230
ガス絶縁変圧器	780	3,100	3,880	1,896

発生損失の裕度はJEC規格に準拠

の特長を紹介する。

- (1) コンパクト形非常用発電設備 (PG) で実績がある32ビットRISC (高性能プロセッサ) プロセッサを4個搭載し、高速処理、高機能化を実現した。
 - (2) 6インチ液晶表示装置の採用により、漢字文字表示やタッチスイッチ等、操作性の向上を図るとともに故障表示項目点数を大幅に増加した。
 - (3) 液晶画面から操作モード等のパラメータやタイマ値を簡便に変更できるようにし、現場で任意に設定することができるようになった。
 - (4) 機能面では、液晶表示画面上に事故時のデータをトレンド表示するデータトレンド機能を標準装備し、
- 連携運転時の故障など、複雑な挙動の解析が容易となった。

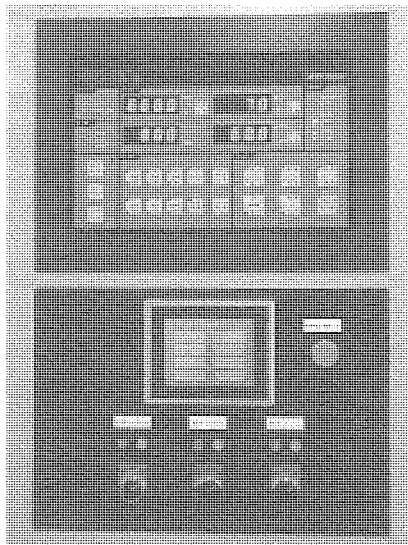


図2. デジタルコントローラ “MELLGIC-III” の操作表示部

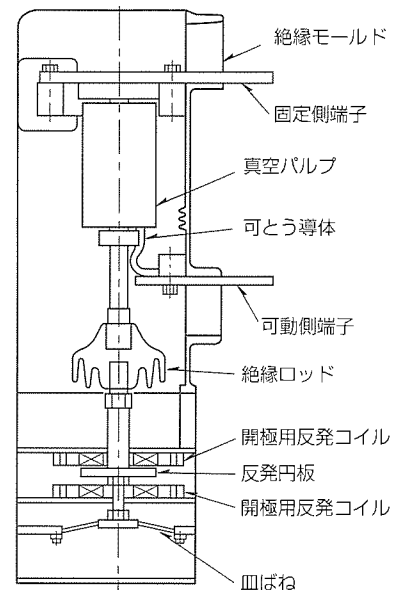


図3. 高速開極スイッチの構造

5. 高速スイッチに見る真空遮断器技術の革新

電圧低下が大きな影響を及ぼす重要負荷や情報関連機器の導入の増加により、常用-非常用電源の高速切り替えや、自家発電設備、無停電電源装置の設置といった無瞬断電源供給システムが求められている。従来、事故の除去や電圧低下の影響を避けるために切り換え開閉器の動作時間短縮が必要であり、半導体式の開閉器が一般に適用されていた。しかし、半導体式では通常運転時に電流通電損失が大きいため、損失が少なく短時間に開極できるスイッチが求められていた。今回、低損失の真空遮断器の技術を生かした、開極時間1ms以下の高速スイッチを開発したので紹介する。

5.1 動作原理と構造

図3に高速開極スイッチの構造を示す。

スイッチの開極と閉極反発コイルにパルス電流を流し、それによって発生する高調波磁界と反発板に誘起される渦電流との相互作用によって反発力が発生し、開極及び閉極動作を行う。閉極と開極の状態保持機構は、皿ばねによって構成されるばね機構により、シンプルな構成になっている。

開極コイルにパルス電流を流してから真空バルブの接点が離れるまでの時間(開極時間)は1ms以下である。

5.2 高速スイッチの適用例

サイリスタ等の半導体素子と組み合わせることによって電流通電損失を軽減することができるため、今後、半導体応用装置への適用など、新たな発展と適用拡大が予想される。

UPSへの適用例として、パラレルプロセッシング型多機能UPS用の低損失交流スイッチを図4に示す。また、配電

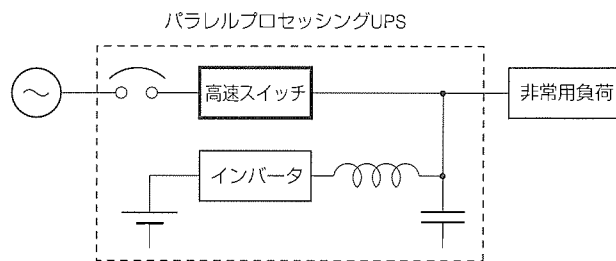


図4. UPSへの適用例

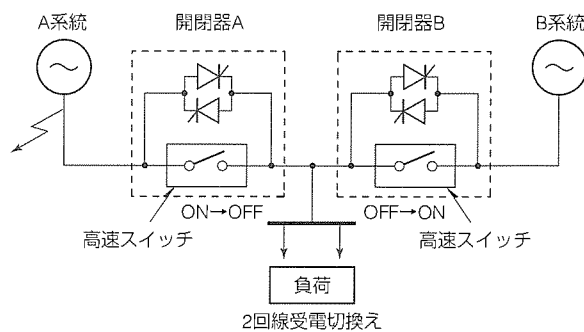


図5. 配電系統への適用例

系統への適用例として、半導体スイッチ用の並列スイッチを図5に示す。

6. 電子式ブレーカの高機能化

受配電システムの高機能化に呼応し、ノーヒューズブレーカ・漏電ブレーカにおいても、給電システム全体の信頼性を向上させる高機能化が求められている。

当社の100Aフレームから800Aフレームの電子式ブレーカ(PSSシリーズ)では、この高機能化の要求に対して以下の機能を実現した。

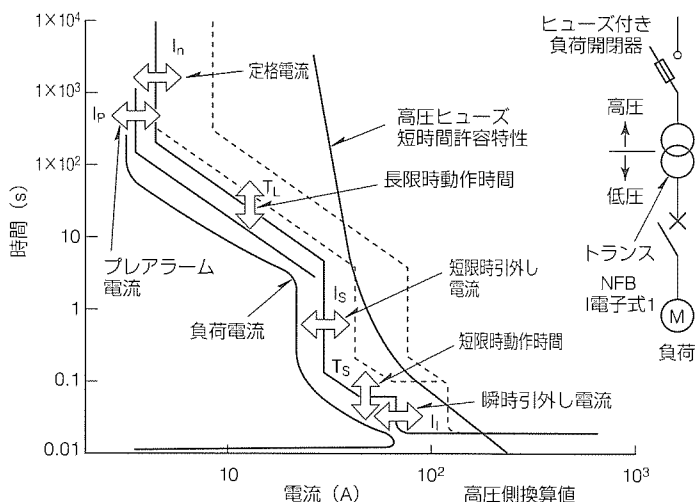


図6. 電子式ブレーカ動作特性

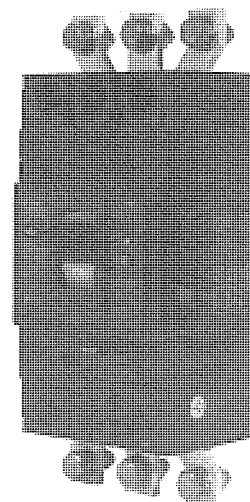


図7. 電子式ブレーカの外觀

6.1 マルチ可調整

定格電流、長限時動作時間、短限時引外し電流、短限時動作時間、瞬時引外し電流を可調整にすることにより、図6に示す動作特性を実現し、高圧側OCR・ヒューズとの協調や、低圧側遮断器間の選択協調が容易に得られ、事故遮断時の停電範囲を最小化することを可能にした。

6.2 プレアラーム標準装備

コンセント回路等の負荷電流の増加を負荷電流が定格電流を超える前に認識可能なプレアラーム機能を標準装備した(ソリッドステート出力)。また、接点出力付きは、プレアラームモジュールとしてオプション設定している。このプレアラーム機能により、重要度の低い負荷を切ることができ、重要回路の停電回避処置を行うことを可能にする。

6.3 事故原因表示(400A~800Aフレーム対応)

遮断器のトリップ原因を長限時動作、短限時・瞬時動作、漏電動作(漏電ブレーカのときのみ)ごとにLED表示し接点出力するトリップインジケータを付属装置として開発した。その外觀を図7に示す。これにより、事故原因の早期究明が行え、迅速な復旧を支援する。

7. 漏電プレアラーム付き漏電ブレーカ

通常の回路では、健全な状態でも、対地静電容量による常時漏えい(洩)電流が存在しており、回路に異常がなくても漏電ブレーカが不要動作する場合がある。

この常時漏洩電流の増加を事前に知らせ漏電ブレーカの不要動作を防止する目的で、漏電プレアラーム(EPAL)付き漏電ブレーカを開発した。このEPAL付き漏電ブレーカの漏電プレアラーム機能は、漏電リレーとの組合せより小スペースとなり、配線も簡略化できる。

EPAL付き漏電ブレーカの感度は、漏電引外しの感度電流の設定値に連動し、10%、30%、50%の3段階切換えが可能となっている。その特性を図8に示す。

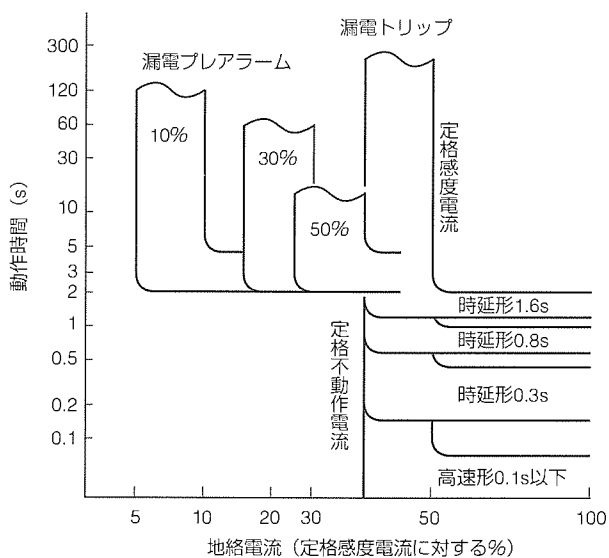


図8. 漏電引外し・プレアラーム特性

また、EPALの動作時間は 3 ± 1 秒と長く、短時間の漏電・地絡では動作しないようにしており、出力は自動リセットタイプとなっている。当社は、EPAL付き漏電ブレーカとして、100Aフレームから800Aフレームまでを製品化している。

8. むすび

以上、受配電システムを構成する機器の最新技術を紹介した。これらは受配電システムに機能の拡張や運転・保守の簡便化をもたらし、グレードアップした受配電システムを構築する。また、グレードアップした受配電システムは更に機器単位のニーズを生み、受配電システムと機器技術の間に好循環を生み出す。

このように受配電システムを構成する機器技術の進展は受配電システムの発展に欠かせないものであり、各々の機能に応じた技術の開発が求められている。

配電制御システムの中核として、最新ニーズを盛り込み、“より効率的に”“より機能的に”“より安全に”を実現した高圧真空遮断器“VF-32C/40Cシリーズ”が完成しました。

特長

(1) 信頼性

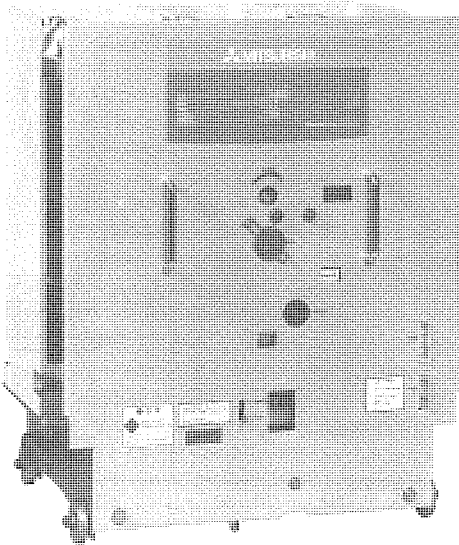
- 操作機構部を中心とする構造简单化・最適化により、部品点数を半減し、動作信頼性が一段と向上
- 限界性能試験や妥当性確認試験に加え、CAEなど先端設計技術を駆使して合理性を追求

(2) 保守性

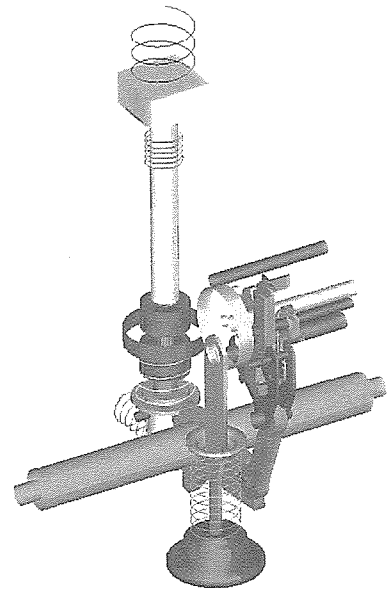
- 平歯車には最新技術の表面改質処理を施し、保守不要なグリースレスを達成
- その他の機構部分には、酸化劣化のほとんどない長寿命グリースを採用
- 操作機構部と低圧制御部位の容器内収納によって安全性が向上し、じんあい(塵埃)の影響を低減

(3) 利便性

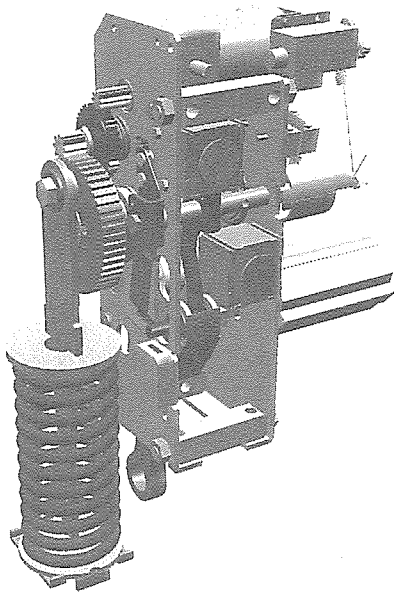
- 伝達効率の良い平歯車とクラッチ方式ばね蓄勢機構の開発により、消費電力を低減
- 操作・制御電源のAC/DC共用化や微小電流補助スイッチの品ぞろえにより、使いやすさを向上



VF-40Cの外観



駆動系の運動解析モデル



操作機構部(3D-CAD)

定格一覧

品名	汎用品	VF-32□M-C	VF-40□M-C
	低サージ	VF-32□M-CG	VF-40□M-CG
閉路操作方法	電動ばね操作		
準拠規格	JEC-2300		
定格電圧 (kV)	7.2/3.6		
定格電流 (A)	1,200, 2,000, 3,000		
定格周波数 (Hz)	50/60		
定格遮断電流 (kA)	31.5	40	
定格投入電流 (kA)	80	100	
定格短時間耐電流 (kA)	31.5	40	
定格遮断時間 (サイクル)	3		
耐電圧値 (kV)	商用周波	22	
	インパルス	60	
動作責務	O-0.35秒-CO-1分-CO(R) O-1分-CO-3分-CO(A) CO-15秒-CO(B)		
補助スイッチ	5a, 5b		



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

配電機器制御監視装置 (特許 第2560444号)

この発明は、ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器などの保護機器を始めON/OFF制御する電磁開閉器、リモコン制御機器や、トランスジューサ、電力量計のような計測機器など広範囲にわたる各種配電制御機器個々の監視制御情報をネットワークした配電監視制御システムを容易に構成し得る配電制御機器監視制御装置に関するものである。

従来、この種の監視制御装置を用いたシステムでは、システムの中核となるコントローラ(親器)が必要であり、接続される配電制御機器を監視制御しようとする場合、それらの接続機器の制御や監視の手順や禁止事項を基にそれらの条件を加味して監視制御の手順をアルゴリズム化して個々にプログラムを準備する必要がある、ソフトウェアの規模が膨大となり、かつ煩雑となっていた。

この発明は、上記のような多くの問題点を解決するためになされたもので、専用の親器を不要とし、かつ各種配電制御機器の動作手順や禁止事項を熟知することなく、またその制御及び監視のプログラムを機器ごとに準備する必要がなく、簡潔でより高速な制御監視が行える配電制御機器監視制御装置を実現するものである。

この発明によれば、専用の親器を設ける必要がなく、

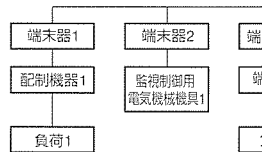


図1

閉鎖配電盤 (特許 第1969070号, 特公平6-87605号)

この発明は、電子式の計測・制御・保護装置を搭載する閉鎖配電盤に関するもので、その保守・点検を容易化したものである。

従来の閉鎖配電盤では、計器用変流器(1)、零相変流器(2)又は計器用変圧器(3)の二次回路を複合保護リレー等の電子機器(4)(5)に直接電線で接続していた。このため、電子機器を点検・試験等のために取り外すことは、変流器の二次側回路開放又は他の電子機器の機能停止につながり、運転中に電子機器を点検・試験等のために取り外せないという問題があった。

この発明は、計器用変流器(1)、零相変流器(2)又は計器用変圧器(3)と計測・制御・保護装置(4)(5)とを結ぶ制御回路の中間に中継補助ユニット(6)を設け、これを介して接続する

発明者 有信一郎, 水原博久, 石井康裕
かつシステムの端末器に接続された配電制御機器の監視制御に適合した監視手順や制御手順を生成する監視情報生成部や制御情報生成部を設けることで他の端末からのマクロ的な監視制御指令によって接続された配電制御機器を監視制御できるよう構成している、監視制御要求側の他の端末器の監視制御のプログラムが簡素化でき、かつ各種配電制御機器の概念的な監視制御の為の共通のコマンドを使用することで一層簡便で小容量のプログラムが実現できる。したがって、監視制御要求側のプログラム処理能力が向上し、安価で小型高性能な配電制御機器監視制御装置を提供できる。

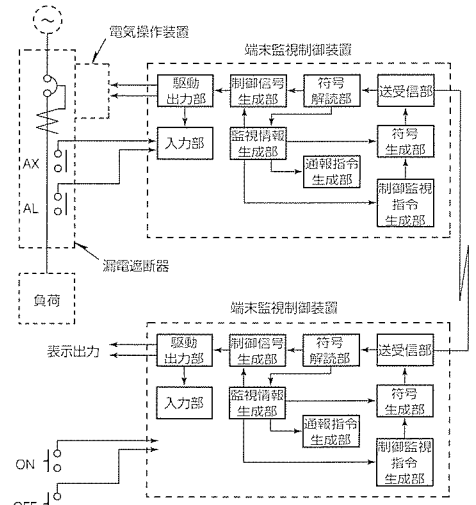
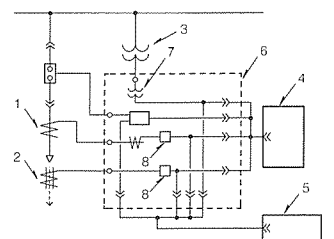


図2

発明者 久保修造, 島津 勲
ようにしたものである。この中継補助ユニット(6)の中に、計器用変圧器(3)の電圧信号レベルを低減して電子機器レベルの電圧信号として出力する電圧レベル低減手段(7)と、計器用変流器(1)、零相変流器(2)の二次側回路電流を抵抗で電子機器レベルの電圧信号に変換する電圧信号生成手段(8)を設けた。このため、運転中に電子機器(4)(5)を取り外しても変流器の二次側回路の開放を防止できるとともに、他の電子機器の機能停止を引き起こさない、保守・点検の容易な閉鎖配電盤を提供できる。





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

信号伝送装置 (特公平7-28301号)

発明者 渡辺秀隆

この発明は、どの局からも送信可能なコンテンツ方式の信号伝送方式において、伝送速度を低下させることなく伝送距離を長くすることができる信号伝送方式に関するものである。

従来のコンテンツ方式の信号伝送方式では、伝送の遅延によって所定の伝送路の距離以上に長くすることが困難であり、長くする場合は伝送速度を遅くすることで対応するしかないという問題があった。

この発明は、自局の送信要求がないか又は送信要求があり、かつ伝送路に信号がある場合は、最初に固定長の優先順位部を受信し、次にデータ部のスタートからの信号変化のあった時点でサンプリング位置を再設定して前記データ部を受信するステップと、自局の送信要求があり、かつ伝送路が空いている場合は、最初に伝送路上の信号が自局の送信信号か否かを1ビットずつチェックしながら、伝送路の長さで決まる第一のパルス幅の優先順位部を送信し、次に前記第一のパルス幅よりも狭い第二のパルス幅のデータ部を送信するステップと、前記自局の送信要求があり、かつ伝送路が空いている場合において、

信号の衝突が発生したときは自局の送信信号と他局からの受信信号とを合成し、この合成信号の優先順位部に基づいて送信権がないと判断した時点で受信動作に専念するステップを含むよう構成することで、伝送速度を遅くすることなく、伝送距離を長くすることができる。

すなわち、この発明では、送信信号の優先順位部のパルス幅に比べてデータ部のパルス幅を短くするとともに、データ部のビット判定用サンプリング位置及びサンプリング周期をデータ部受信開始と同時に再設定するという手段を実現することで、上述のごとく伝送速度を遅くすることなく伝送路の距離を長くでき、優先順位部及びデータ部のエラーも少なく

することができる信号伝送方式を提供できる。



図1. 伝送システム

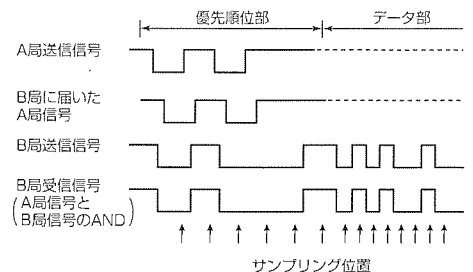


図2. ほぼ同時に送信した時の伝送信号状態図

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.72 No. 8 特集“デジタル放送を支える先端技術”

特集論文

- デジタルテレビとHDTV遂に来る!
- デジタル放送の現状と課題
- デジタル放送モデルステーション
- デジタル放送と家庭内ネットワークの融合 — DAVIC —
- MPEG符号化技術
- デジタル放送コーデック

- SNGコーデック
- DTV受像機
- DTV用LSI
- データ放送サービス
- 超高精細画像システム
- 普通論文
- 宇宙電波監視システム

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 鈴木 新</p> <p>委員 永田 謙蔵 永 峰 隆</p> <p>宇治 資正 河内 浩明</p> <p>植木 恵介 内藤 明彦</p> <p>奥山 雅和 石川 孝治</p> <p>小林 保雄 前田 信吾</p> <p>畑谷 正雄 才田 敏和</p> <p>野沢 俊治 猪熊 章</p> <p>井上 誠也</p> <p>幹事 鈴木 隆二</p> <p>7月号特集担当 山田 賢治</p> <p>野口 肇</p>	<p>三菱電機技報 72巻7号 1998年7月22日 印刷</p> <p>(無断転載・複製を禁ず) 1998年7月25日 発行</p> <p>編 集 人 鈴木 新</p> <p>発 行 人 鈴木 隆二</p> <p>発 行 所 三菱電機エンジニアリング株式会社</p> <p>ドキュメント事業部</p> <p>〒105-0004</p> <p>東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋</p> <p>電話 (03) 3437局2692</p> <p>印 刷 所 菱電印刷株式会社</p> <p>株 式 会 社 オーム社</p> <p>〒101-0054</p> <p>東京都千代田区神田錦町三丁目1番地</p> <p>電話 (03) 3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
	<p>お問い合わせ先 giho@hon.melco.co.jp</p>

スポットライト

スイッチギヤ用保護装置 MP11形マルチリレー

三菱電機㈱は、主にビル・工業分野の受配電設備用デジタル式制御・保護機器として実績のある集中制御表示装置(MCD)及び複合保護継電器(MSR)の新シリーズとして、スイッチギヤ用保護装置MP11形マルチリレーを開発いたしました。MP11は、特に2,000kW以下の高圧受配電設備やサブ変電所の配電盤に適した製品です。

保護・計測・制御機能を一体化することで経済性を追求し、配電盤製作の容易さ、使いやすいマンマシンインタフェースや、保守性の向上を実現しています。

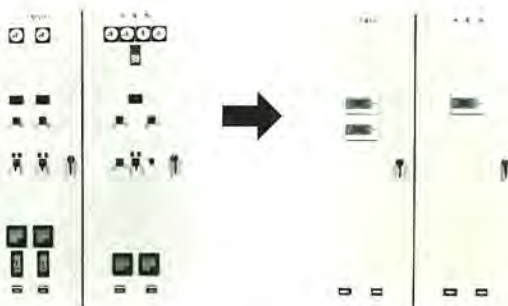
特長

1. 高機能

- 制御電源はAC/DC共用(DC75~143V, AC85~140V)



MP11形マルチリレーの外形



従来方式の高圧盤構成

MP11搭載方式

高圧配電盤扉搭載機器構成例

機能一覧

保護機能	計測表示	制御(シーケンス機能)	その他
● 過電流(50/51)	● 電流(A) ● 電圧(V)	● 遮断器のON/OFF	● 機器監視機能 遮断器動作監視
● 方向地絡(67)		● REMOTE/LOCAL切換え	● 履歴メモリ機能 トリップ電圧(電流) トリップ時間
● 地絡過電流(51G)	● 電力(W) ● 無効電力(var)	● REMOTE/LOCAL使用選択	● フェールセーフ 遮断器ON/OFF出力 トリップ出力
● 不足電圧(27)	● 周波数(Hz) ● 力率(%)	● REMOTE/LOCAL状態設定 (制御電源立ち上げ時)	● 自己診断機能 CPU, メモリ, 電源など アナログ回路比率照合点検
● 過電圧(59)	● 電力量(Wh) ● 無効電力量(varh)	● 遮断器のOFF優先設定	● トランスデューサ機能(オプション) DC4~20mA(Wh, varhはパルス)
● 地絡過電圧(64)	● 零相電圧(V) ● 零相電流(A)	● トリップロック設定	● 伝送機能(オプション) B/NET伝送(近日発売予定) CDL伝送(近日発売予定) ● パソコン設定機能(近日発売予定)

- 5種類の過電流保護特性を標準装備
- 事故時トリップ電圧(電流), トリップ時間等の履歴を表示
- システム試験の省力化のためのテスト用模擬出力を準備
- パソコン設定機能*によってパラメータ設定及び設定値の読み出しが可能
- 遮断器動作監視機能(遮断器アンサーバックを監視)

2. 拡張性

- トランスデューサユニット(オプション)
- 伝送機能(オプション): B/NET*伝送インタフェース, CDL(Control Center Data Link)*伝送インタフェース

3. 高信頼性

- フェールセーフ機能によって装置異常時の誤出力を防止
- 自己診断機能の充実
- 携帯電話等の電磁波による影響を受けにくい構造を採用
- CPU異常時の遮断器強制ON/OFF機能

4. 経済性

- 保護・計測・表示機能の一体化によって盤内配線を削減(扉配線26本→14本:当社モデル)
- 盤の扉カットの標準化
- 盤構成部品(14点の機能をMP11に集約)の削減で管理費・調達費を低減
- 工具不要な盤取付方法を採用
- 制御電源消費負担は最大6.5VAという低消費電力

5. 小型・軽量化

- 外形寸法: (W)250mm×(H)160mm×(D)60mm
体積比: 23%(対MSR-3, MCD-3)
- 質量: 1.5kg
質量比: 30%(対MSR-3, MCD-3)

* 近日発売予定