日立における最近の送変電技術動向

Recent Trends of Hitachi Substation Equipment

近年、産業構造及び生活環境の高度化により、エネルギーの電力への依存度が高まるにつれて、電力供給安定に対する要望がいっそう高まってきた。これに伴い、送変電機器・装置にもより高い信頼性・安全性が要求される。一方、次期送電電圧としてUHV(AC1,000kV級、DC±500kV級)が関係者の間で鋭意検討されており、日立製作所では製作者として高電圧技術や解析・計算技術を駆使して、UHV機器装置の研究開発を行ない、絶縁技術などの基本技術を確立した。またこの技術は、在来電圧(500kV以下)級の機器・装置の合理化・高信頼度化に寄与するものであり、現在着々とその成果を挙げつつある。本稿では、日立製作所の送変電技術開発に対する基本的な考え方、及び開発の動向について概説する。

富田繁信* Shigenobu Tomita 森山昌和** Masakazu Moriyama

11 緒言

近年の経済社会の基調の変化により、電力需要の動向も変化しつつあるが、総エネルギー需要に占める電力エネルギーの比率は、今後とも増大するものと考えられている。また、産業構造及び生活環境の高度化により、電力供給安定に対する要望がますます高まってくるものと考えられる。

我が国の電力系統は、このような背景とともに、送電線1 ルート当たりの送電電力が格段に多いことから、万一停止し



図 I UHV実験室 6,000kVインパルス発生器, 2,200kV試験用変圧器などにより, 高電圧技術開発に取り組んでいる。

た場合、その社会生活に与える影響は極めて大きい。したがって、このような電力系統に用いられる送変電機器・装置には高い信頼性が要求される。加えて、我が国特有の問題である地震・塩害などの厳しい自然環境条件に対しても十分な配慮が必要である。

このような背景のもとに、日立製作所では、高電圧技術、 大電力技術及びエレクトロニクス技術に加えて最近の高精度 の解析・計算技術により、幾多の問題点を解決して送変電機 器装置の開発を行なうとともに、製造及び品質管理体制を整 え、製品の信頼性・安全性の向上に努めている。

また、近年我が国の次期送電電圧としてUHV(AC1,000kV級及びDC±500kV級)が電力中央研究所のUHV送電特別委員会¹⁾で検討されているが、日立製作所では、現在までの各種技術の蓄積を基に、UHV研究開発設備の拡充(図1)、要素技術開発などを精力的に行ない、UHV-AC用機器・装置については、その基本となる絶縁技術・大電力遮断技術などを確立した。

UHV-DC用機器・装置については、現在高信頼性を最大の目途に光直接点弧サイリスタバルブ、制御保護装置、ガス絶縁開閉装置などの開発に努めている。

これらを開発したいわゆるUHV技術は、在来電圧(500kV以下)の機器の合理的な小形・軽量化、高信頼度化、高効率化などに応用できるものであり、実器製品に適用し、着々と成果を挙げつつある。

以下、日立製作所での最近の送変電機器・装置の技術開発の概要について述べる。

2 送変電機器・装置技術開発の基本的考え方

先に述べたように,我が国の電力系統は,我が国特有の問題である地震,塩害などの厳しい自然環境条件を配慮しながら,高い信頼性・安全性が要求される。

したがって,この電力系統を構成する送変電機器・装置についても,更に厳しい輸送制限などを含めて,高いレベルの信頼性・安全性をもつものが要望されている。

日立製作所では,これらの背景を踏まえて,送変電機器・ 装置の技術開発に当たっては,過去に蓄積された技術・実績

^{*} 日立製作所電力事業部 ** 日立製作所電力事業本部

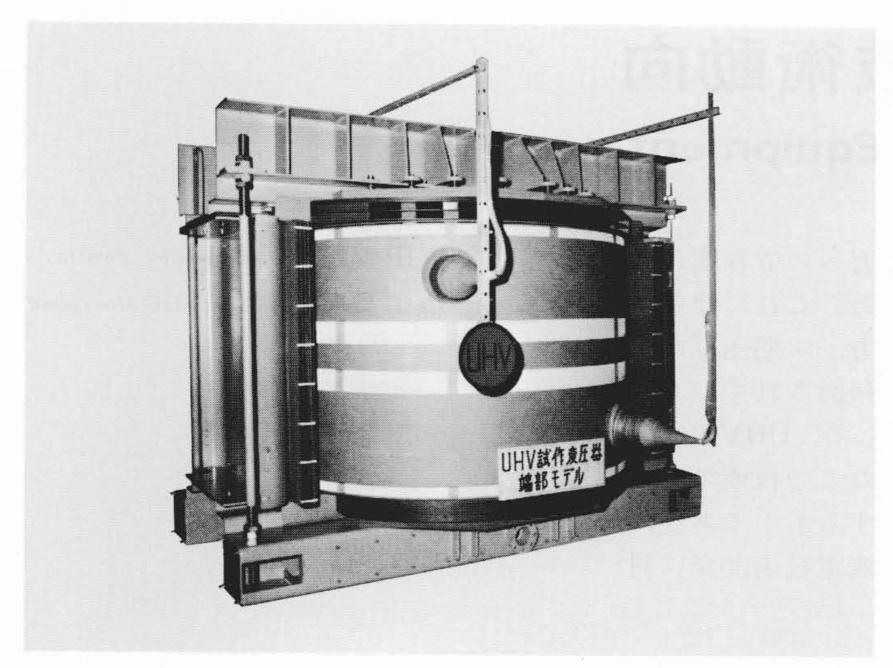


図 2 要素試作の例(UHV変圧器端部モデル) 実器製作に先立って 主要な部分について要素試作を行ない、精密な諸試験により確認している。

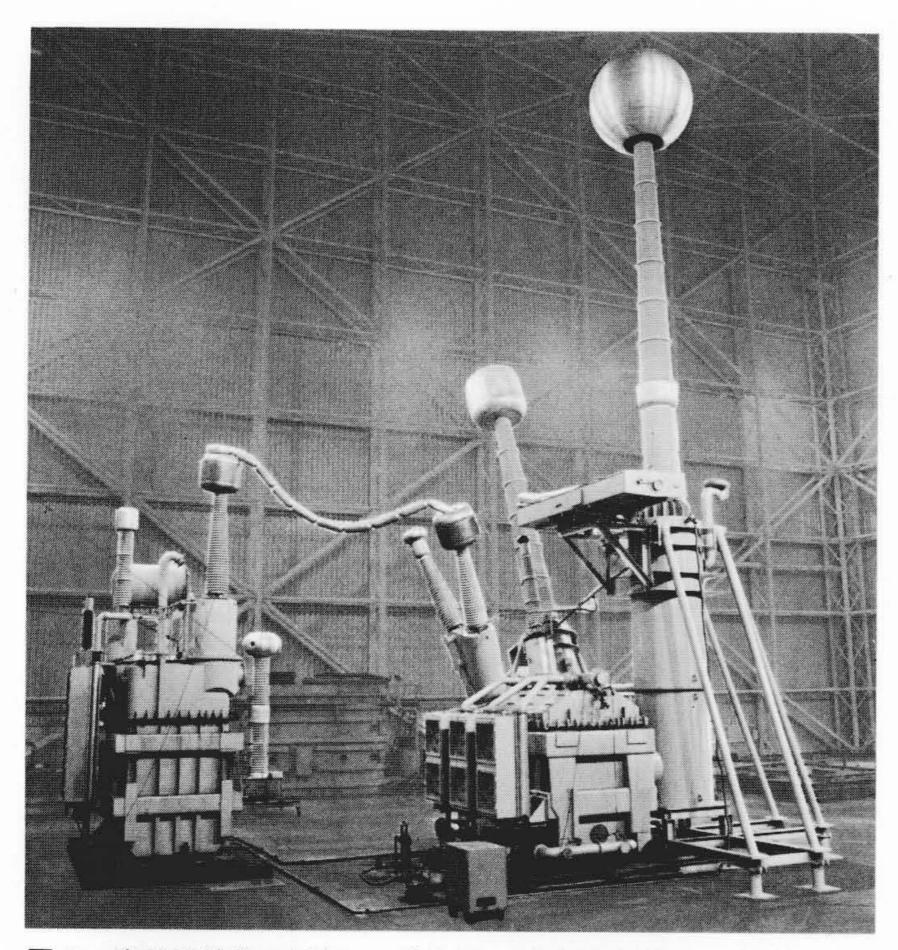


図3 実規模試作の例(UHVプロトタイプ変圧器) 定格が過去の実績を上回る場合や基本構造を変更する場合は、実規模器・装置の試作を行ない、限界試験を含むあらゆる諸試験を行なって性能を検証する。

をもとに、最新の技術による基礎研究・解析を行ない、更に機器・装置を構成する主要な部分について要素試作(図2)を行なって、精密な諸試験を重ねて問題点を摘出し、これを解決したのち、製品の設計・製作に着手するようにしている。更に、基本的な仕様(例えば、電圧・容量)が過去の実績を上回る場合及び基本構造を変更する場合は、実規模器・装置(図3)の試作を行ない、製品ではできない限界試験による設計精度と裕度の確認をはじめ、あらゆる視点からの試験・検証を行ない、信頼性・安全性に対して万全を期すことを基本的な考え方としている。

3 送変電機器・装置の技術開発の経緯

3.1 変圧器

変電所用変圧器については、500kV送電に備え、昭和40年

から第1次から第4次にわたる試作試験を重ねたのち、昭和 49年に東京電力株式会社新福島変電所用525kV, 1,000 3 MVA 単相単巻変圧器をはじめ33バンクの国内仕様の500kV変圧器 を製作・納入した2)。これらは、いずれも現在順調に運転し ている。その後、更に高効率化・小形化の要請に応じるため、 UHV技術開発により得られたハイブリッド絶縁などを採用し、 当初、500kV、 $\frac{1,000}{3}$ MVA単相単巻変圧器の巻線が二組みで、 また500kV, $\frac{1,500}{3}$ MVA単相単巻変圧器の巻線が三組みで構 成されていたものを、それぞれ一組み又は二組みとするなど、 大幅な小形・合理化を実現した。この結果, 日立製作所の従 来製品に比べて損失を約25%、輸送重量を約20%低減するこ とができた。また、発電所用変圧器については、特に大容量 化に対処するため、漏れ磁束に関する解析技術及び制御技術 の技術開発を行ない, 試作試験を経て, 関西電力株式会社奥 多々良木発電所用500kV, 640MVA三相変圧器3), 東京電力株 式会社袖ヶ浦火力発電所用525kV, 1,100MVA三相変圧器4), 東京電力株式会社福島第2発電所用525kV, 1,200MVA三相 変圧器を製作・納入した。

UHV変圧器については、各種要素試作を経て、プロトタイプ変圧器(1 相実規模変圧器)を試作し、各種試験検証を行なったのち、現在、長期課電試験を行なっている。図4に日立製作所での電力用変圧器の電圧・容量の推移を示す。

3.2 ガス絶縁開閉装置

ガス絶縁開閉装置については、昭和44年に66/77kV定格の装置を開発し、中部電力株式会社守山変電所に納入以来、順次110kV、154/187kV、220/275kV、500kV定格の装置を開発・納入した。特に、500kV定格のガス絶縁開閉装置は、九州電力株式会社中央変電所に遮断器 6 台を含む機器一式を納入したのをはじめ、遮断器台数で87台(単体ガス遮断器含む。)を納入又は製作中である。特に、ガス絶縁開閉装置の主要構

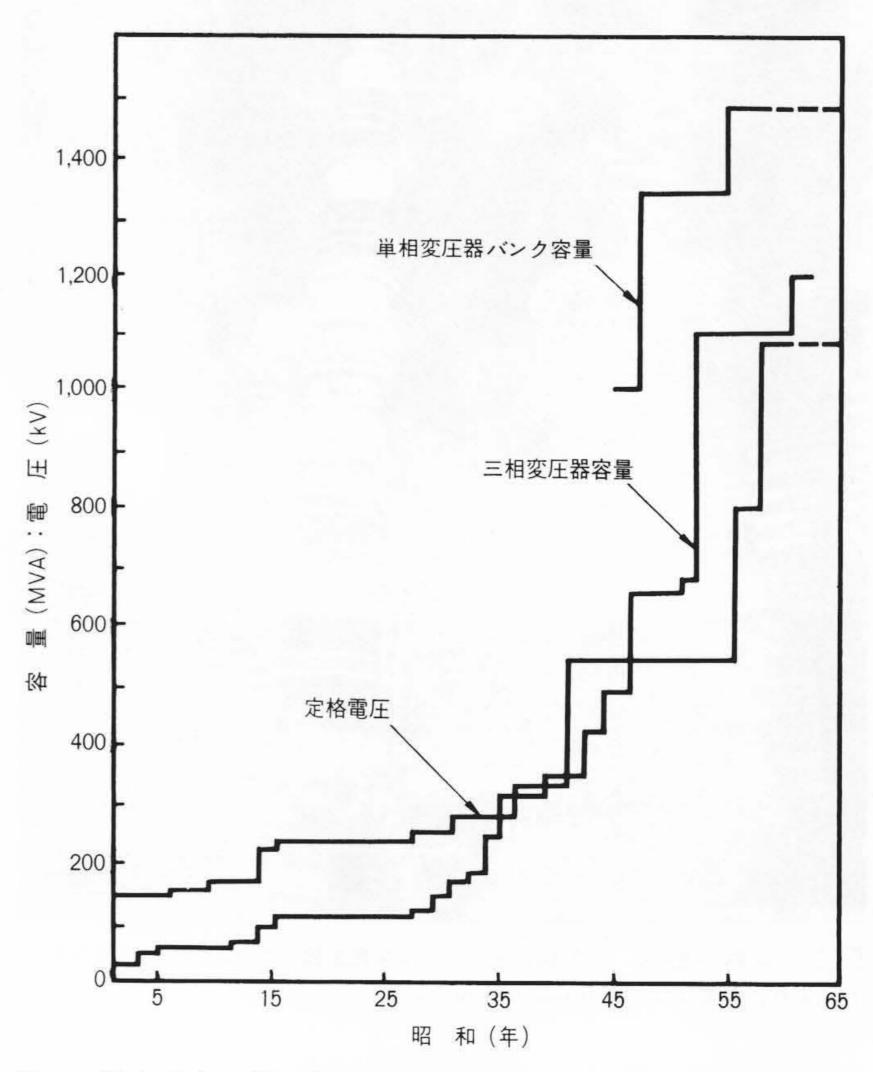
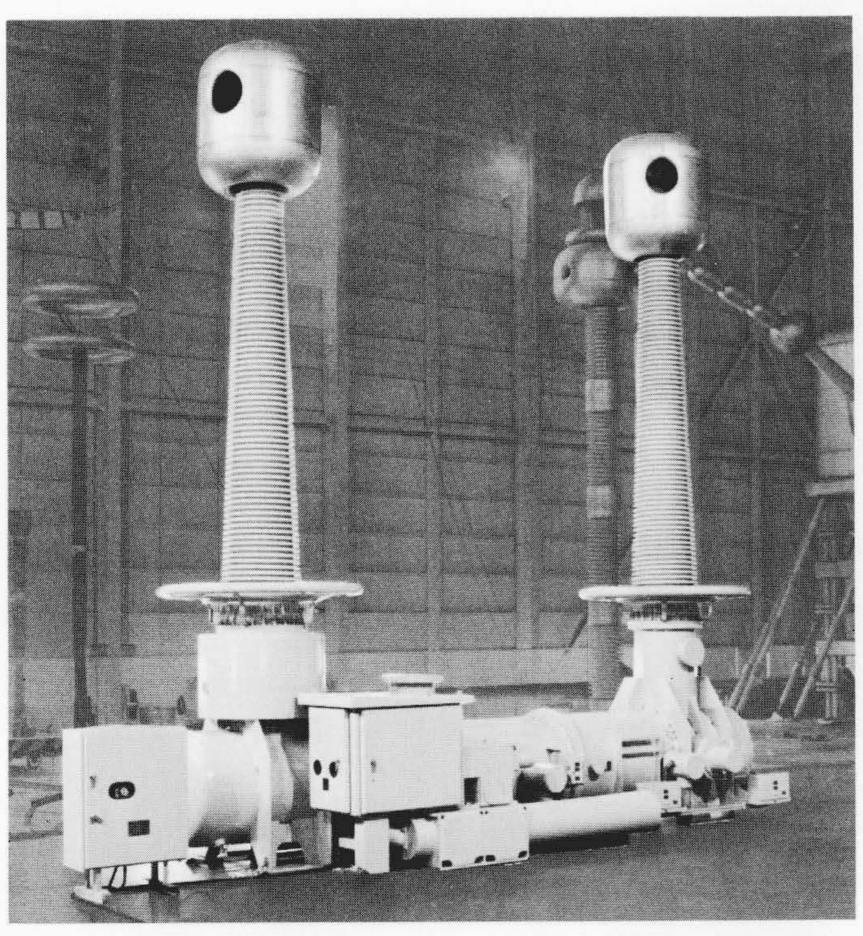
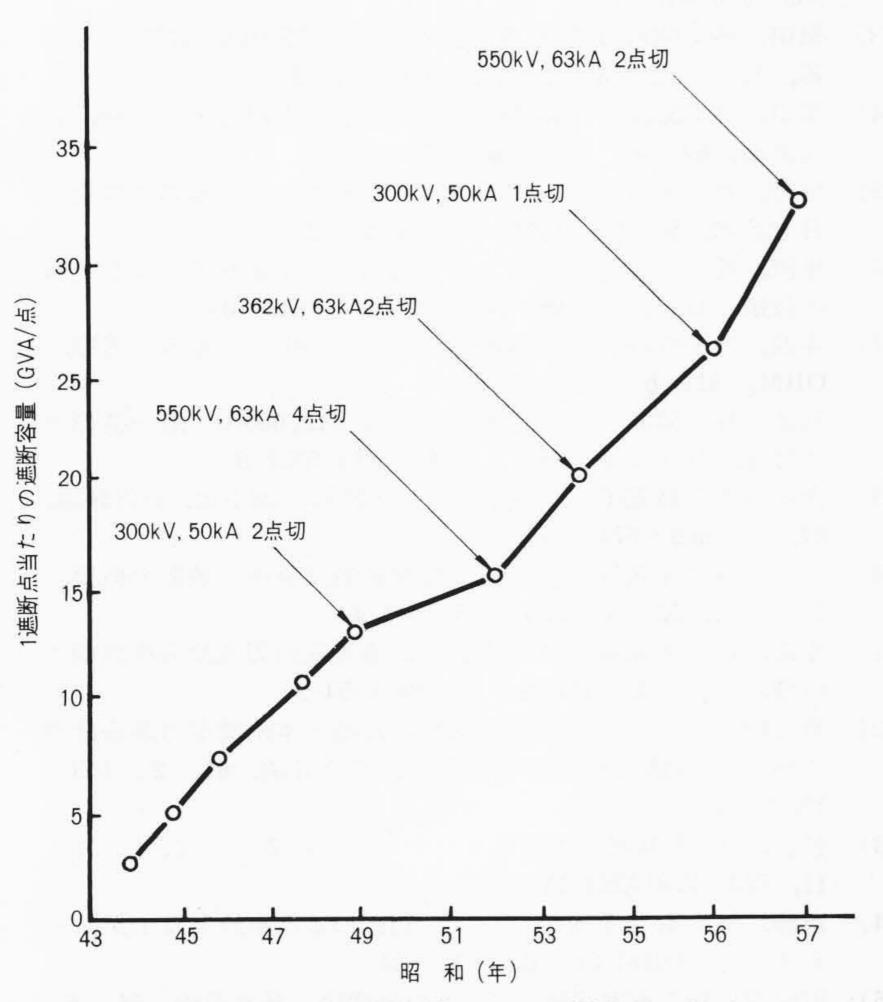


図 4 電力用変圧器の容量・電圧の推移 電力系統の拡充に伴い電力 用変圧器が大形化してきた。

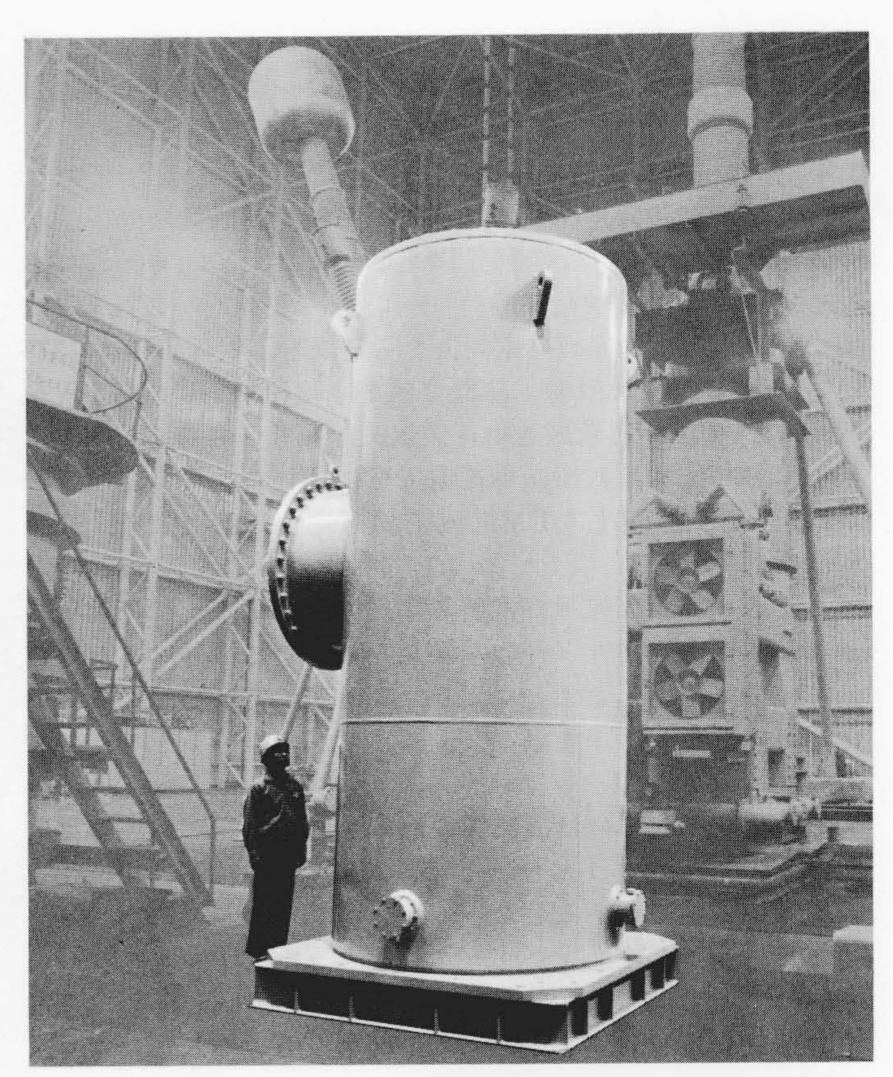
成機器であるガス遮断器については、昭和47年に、軸方向同 期吹付方式5)の遮断部及び2サイクル操作器6)の開発により、 遮断電流の飛躍的増大及び高速化を図ることができた。また, ガス絶縁開閉装置のより合理化・小形化を目的として, 遮断 器及び母線の三相一括化^{7),8)}を推進し、現在では、遮断器は 168/204kVまで、母線は500kVまで三相一括形を標準として



2点切形ガス遮断器を使用した550kV複合形ガス絶縁開閉装 従来の4点切形ガス遮断器を使用したものに比べて、据付面積が約30% 縮小する。



ガス遮断器の | 遮断点当たりの遮断容量の推移 各種技術 開発により、「遮断点当たりの遮断容量が増大しつつある。



UHV系統用826kV酸化亜鉛形避雷器(実規模試作器) 能,長寿命を目途に開発したものでガス絶縁開閉装置と組合せ使用される。

いる。

更に、その後各種技術開発及びUHV技術開発により得られ た成果により、ガス遮断器の1遮断点当たりの高電圧・大容 量化が更に進み、昭和56年に300kV1点切形、550kV2点切 形ガス遮断器(図5)を開発した。図6に日立製作所でのガス 遮断器の1遮断点当たりの遮断容量の推移9)を示す。

一方,電力系統の絶縁協調の基盤となる避雷器については, 昭和51年に酸化亜鉛形避雷器をシリーズ化して以来,その性 能向上を鋭意推進し、長寿命で非直線性の優れた高性能UHV 酸化亜鉛形避雷器を開発した(図7)。この技術を500kV系統 以下の避雷器に適用することにより, 避雷器自身の小形合理 化及び発変電所の絶縁協調の合理化が可能となる。

3.3 直流送電機器・装置

直流送電技術は、昭和46年から昭和50年にかけて電源開発 株式会社佐久間サイリスタ変換装置試験所で, 東京電力株式 会社,中部電力株式会社,関西電力株式会社及び電源開発株 式会社の電力会社4社,電力中央研究所,超高圧電力研究所 (現在の電力中央研究所)及び東京芝浦電気株式会社, 日立製 作所の8者協定により、共同開発した高電圧・大容量交直流 変換装置10)を、実フィールドで長期信頼性検証を実施するな ど、その実用化が鋭意推進されてきた。

この成果をもとに、昭和52年に東京電力株式会社新信濃周 波数変換所用直流電圧125kV, 300MW屋外油浸形サイリスタ 変換装置11)を製作納入し、昭和54、55年に電源開発株式会社 函館変換所に直流電圧250kV, 300MW屋内風冷形サイリスタ 変換装置12)を製作納入した。これらの装置は世界最良の運転 稼動率(約99%)を保っており、所期の目標を満足している。 一方、将来予期される大電力基幹送電用直流送電設備で、高 信頼度化のため特に重要と考えられる光直接点弧サイリスタ バルブ, 直流ガス絶縁開閉装置, 制御保護装置などについて,

通商産業省,電力中央研究所,東京電力株式会社及び電源開発株式会社ほか,関係者の指導のもとに,鋭意開発を推進している。

3.4 保護・制御装置

保護・制御装置については、電力系統の諸設備の効率的かつ安全な運転に必要な条件を満足させるため、開発・改良を進めてきた。保護継電装置については、昭和42年に77kV系統用に全静止形搬送保護継電装置を開発以来、昭和43年には275kV系統用に方向比較搬送継電装置を、昭和48年には275kV系統用に各相位相比較搬送継電装置を、昭和50年には500kV系統用に各相位相比較搬送継電装置を納入した。また、超高圧多端子系用に開発したFM電流差動搬送保護継電装置¹³⁾を昭和52年に納入した。

これら全静止形保護継電装置は、従来の電磁形では実現できなかった各種特性・性能を満足したものであり、また、自動監視機能を備えることにより、高信頼度化及び保守の省力化が可能となり、保護継電装置のイメージを一新したものである。

その後昭和54年には、高周波対策を施した新形保護継電装置(K5シリーズ)の1号機として、275kV送電線用各相位相比較搬送継電装置を納入した。

また、マイクロコンピュータを使用したディジタルリレー方式については、昭和43年から研究を進め、昭和55年に東北電力株式会社275kV奥羽幹線、宮城幹線用に納入したブロック制御事故波及未然防止装置(BSPC)¹⁴⁾をはじめ、既に実用機として多数を納入している(図8)。

一方、制御装置については、従来の単機能的なアナログ装置に代わり、計算機を使用したオンライン自動給電装置を昭和42年関西電力株式会社に納入したのをはじめ、昭和48年には、東北電力株式会社との共同研究により我が国で初めて中央給電指令所~二次系統制御所~集中制御所を有機的に結合した、階層構成による電力系統自動化システムを納入した。

その後,電力系統の拡大・複雑化に伴い設備総合自動化の 気運が高まり,計算機を中核としたシステムが数多く納入さ れるようになった。

最近では、システムの機能が高度化し¹⁵⁾、高信頼度化のニーズに対応し、マンマシンの充実、ネットワーク指向、デー

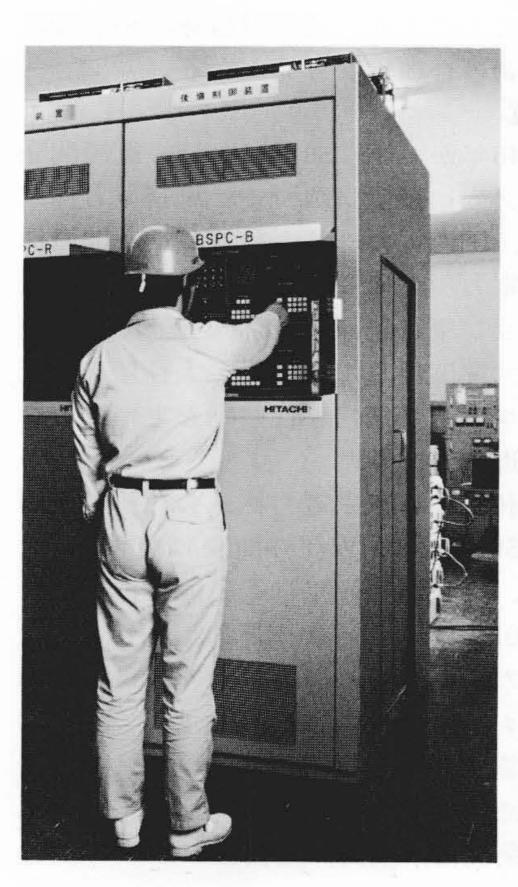


図8 ブロック制御事故波及未然防止装置 電力系統の効率的で安定運用のため不安定現象の監視・未然防止制御及び脱調分離制御などを行なっている。

タベース指向が強まり、システムが大形化している。

日立製作所では,このような電力系統制御の近代化に伴って要請される系統制御技術,計算制御技術,情報伝送技術など,各種の技術開発を積極的に進めている。

4 結 言

以上述べてきたように、各電力会社及び関係機関の指導をもとに、送変電機器装置の信頼性、安全性、高効率化及び小形化などに対する技術開発を推進し、多くの成果を得た。しかし、今後は遠隔原子力大電源の開発、各種新発電装置の導入が予想され、更に経済社会の基調の変化に対応して、設備の有効利用、メンテナンスフリー化、省力化などの要請がなおいっそう高まってくるものと予想される。日立製作所では、これらの要請に応じるため、電力エネルギーを安全かつ効率的に輸送するための送変電機器装置について、その重要性を十分に認識し、系統制御技術及び各種解析技術のいっそうの充実、機器・装置の細部に至るまでの実用性能の向上、予防保全技術の体系的確立などを精力的かつ継続的に推進して、製作者としての使命を果たしていく考えである。今後共、各電力会社及び関係機関各位の変わらぬ御指導・御支援をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 山田,外:UHV交流送電,電気学会雑誌,102,11,969~1051 (昭57-11)
- 2) 川嶋,外:500kV変圧器の信頼性向上,日立評論,57,11,905~910(昭50-11)
- 3) 福田,外:関西電力與多々良木発電所納500kV 640MVA変圧器,日立評論,56,2,115~120(昭49-2)
- 4) 栗田, 外:525kV1,100MVA三相変圧器実用化検証試験, 日立評論, 62, 2, 135~140(昭55-2)
- 5) 中野,外:大容量単一圧力パッファ形ガスしゃ断器の開発, 日立評論,54,12,1071~1076(昭47-12)
- 6) 平沢,外:パッファ形ガスしゃ断器による2サイクルしゃ断の技術,日立評論,55,10,970~974(昭48-10)
- 7) 寺西,外:275kV大容量GIS超高圧変電所への導入と考察, OHM, '81, 6, p.25~31
- 8) 河津,外:500kVガス絶縁開閉装置用12,000A三相一括形ガス母線,日立評論,64,3,207~211(昭57-3)
- 9) 西田,外:高電圧・大容量ガスしゃ断器の縮小化,日立評論, 64,9,669~674(昭57-9)
- 10) 杉本,外:佐久間サイリスタ変換装置試験所用装置の概要, 日立評論,53,4,390~395(昭46-4)
- 11) 安田,外:東京電力株式会社新信濃変電所周波数変換設備の概要,日立評論,**61**,2,82~86(昭54-2)
- 12) 竹之内,外:電源開発株式会社北海道・本州間電力連系計画の概要と函館変換所用変換設備,日立評論,61,2,103~110(昭54-2)
- 13) 杉山,外:FM電流差動キャリヤリレー装置,日立評論,61, 11,773~778(昭54-11)
- 14) 斉藤, 外:電力系統のブロック制御による事故波及未然防止 システム, OHM'81, 6, p.17~24
- 15) 平河内,外:電力系統システムの高度化,日立評論,**64**,6,417~422(昭57-6)