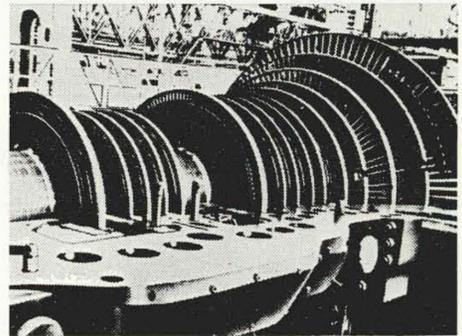


2 電力 原子力

Electric and Atomic Powers



総説

旺盛(おうせい)な電力需要と貿易自由化の要請を背景として、昭和45年度中における日立製作所の電力、原子力に関する技術成果には見るべきものが多い。

水力設備にあっては、関西電力株式会社喜撰山発電所納め240 MW/250 MW ポンプ水車および発電電動機は容量、落差、揚程において記録品であり好調に運転にはいった。昭和45年にはいり受注した電源開発株式会社沼原発電所納め230 MW/250 MW ポンプ水車および発電電動機3台は、揚程528 mの世界記録品である。海外からもアメリカのベア・スワンプ発電所向け320 MW ポンプ水車2台をはじめ、ベネズエラ、西パキスタン、ガーナなどから受注し活況を呈している。

火力設備にあっては、わが国最大容量の超臨界圧600 MW タービンおよび発電機を完成、東京電力株式会社鹿島発電所に納入したのをはじめ、東北電力株式会社秋田火力発電所350 MW ユニットではボイラ点火から負荷制御までの計算機による起動制御を試運転時から使用することに成功している。ボイラとしては Daily Start-Stop の220 MW ボイラ設備を中部電力株式会社西名古屋発電所に納入している。輸出においても東南アジア、南アフリカ、カナダなど枚挙にいとまがない。

原子力関係においては、日立製作所がアメリカ GE 社に協力、その主要機器の製作据付を分担した日本原子力発電株式会社敦賀発電所322 MWe が運転にはいり、同じく GE 社に協力、格納容器などの製作据付およびタービン、発電機の据付を分担した東京電力株式会社福島発電所第1号機460 MWe も試運転中である。また国産第1号機を目ざして中国電力株式会社と共同研究を行っていた島根発電所460 MWe も着工の運びとなり、すでに格納容器を現地据付中である。これらによる軽水炉技術の推進とともに、さらに新形転換炉、高速増殖炉、核融合についても基礎研究を進めており、動力炉核燃料開発事業団に高速実験炉モックアップ装置およびナトリウム水反応試験装置を納入、また中間ベータトラス実験装置を日本原子力研究所より受注、設計製作を進めているなど広範な活動を続けている。

変圧機器としてはカナダブリティッシュコロンビア州水利電力局向け500 kV 空気しゃ断器2台を完成、引き続きアメリカ TVA 向け7台を製作中であり、アメリカ内務省開拓局向け500 kV、400 MVA 単相変圧器3台も製作中である。また500 kV 送電線用1サイクル級保護継電装置を中部電力株式会社275 kV 尾鷲幹線にて実用試験中である。SF₆ ガス絶縁機器に関しては、昭和44年、中部電力株式会社守山変電所に納入した77 kV 超小形変電設備は順調に運転を続けているが、昭和45年は電源開発株式会社西東京変電所に300 kV 25 GVA SF₆ ガスしゃ断器を納入した。そのほか電力の安定供給を期するため東京電力株式会社と共同開発した特殊連系装置を東京電力株式会社茨城変電所に納入、実用試験中である。また直流送電に備えて世界的規模の125 kV、37.5 MW サイリスタ交直流変換装置を完成、電源開発株式会社佐久間発電所にて試験中であるなど開発製品は数多い。

水力設備

水車およびポンプ水車

1. 運転開始した大容量ポンプ水車

国内最大容量を誇る関西電力株式会社喜撰山発電所納め 240 MW ポンプ水車は、落差、揚程の点でもわが国最高で、内外注視のもとに現地据付中であつたが、昭和45年7月に好調裏に試運転、官庁試験を完了し、営業運転にはいった。

近年、揚水発電機器はその経済的な要求から、大容量化の傾向が非常に強く、その中で関西電力株式会社喜撰山発電所納めポンプ水車の完成は、大容量化に伴う諸問題に対し、基礎的技術を確認したという点で大きな意義を持っている。

2. 製作中の大容量水車およびポンプ水車

製作中のおもな水車およびポンプ水車は表1に示すとおりである。特にアメリカ・ラディングトン発電所納め 343 MW ポンプ水車6台は、世界最大級の容量を有し、水車寸法はランナ直径が8.2 m と従来にない大きなものとなっている。すでに模型による性能試験も完了し、事前にじゅうぶんな製作方法の検討も行なわれたが、ランナは全面的に溶接構造が採用されている。

また、アメリカ・ブレンハイム-ギルボア発電所納め 300 MW ポンプ水車4台、アメリカ・キャストアイク発電所納め 261 MW ポンプ水車6台の大容量機も、模型による諸試験を完了し製作中であるが、これらはその仕様が先に納入した関西電力株式会社喜撰山発電所納入のポンプ水車とほぼ相似のため、その経験が設計製作の各部に活用された。なお従来、アメリカ向け輸出水車材料は大部分が、ASTM 規格に準拠して製作されていたが、今回上記の3大容量機はいずれも、その大部分に JIS 規格の適用が正式に認められた。

水車専用機としては、ブラジル・イリア-ソルテラ発電所納め 165.5 MW フランス水車4台、ベネズエラ・グリ発電所納め 270 MW フランス水車7台、ガーナ・アコソンボ発電所納め 165.5 MW フランス水車2台などの大容量機を製作中であるが、特にイリア-ソルテラ発電所納入の水車はランナ外径7.4 m と寸法的にも大きいため、水車部品全体にわたり大幅に溶接構造が採用され、工場内における組立省略も、顧客の了解を得て全面的に行なわれている。

機器寸法が大きくなると特にケーシングは応力および板厚の関係から、高張力鋼の使用は必要条件の一つと考えられており、上記の大容量、または高落差の水車、ポンプ水車のケーシングでは、そのほとんどすべてが 60 kg/mm² 級の高張力鋼が採用されている。

3. 最近受注した水車およびポンプ水車

最近受注した電源開発株式会社沼原発電所納め 230 MW フラン

表1 昭和45年に完成または製作中のおもな水車、ポンプ水車

発電所名	国名	台数	形式	出力 (MW)	落差 (m)	回転速度 (rpm)	運転開始
ラディングトン	アメリカ	6	VFR-IRS	343.0	107.7	112.5	1972
ベア・スワンプ	アメリカ	2	VFR-IRS	320.0	228.8	225	1974
ブレンハイム-ギルボア	アメリカ	4	VFR-IRS	300.0	339	257	1972
グリ	ベネズエラ	7	VF-IRS	270.0	139	120	1974
キャストアイク	アメリカ	6	VFR-IRS	261.0	328	257	1972
喜撰山	日本	1	VFR-IRS	240.0	220	225	1970
沼原	日本	3	VFR-IRS	230.0	500	375	1973
タルベラ	西パキスタン	4	VF-IRS	216.0	136.2	136.4	1974
イリア-ソルテラ	ブラジル	4	VF-IRS	165.5	50	85.7	1973
アコソンボ	ガーナ	2	VF-IRS	165.5	68.9	115.4	1972

シス形ポンプ水車3台は、世界最高落差、揚程を有する画期的なポンプ水車である。このため、高圧化に伴う技術的問題点については、顧客と共同研究を行ない、模型による実揚程試験のほか、各種の試験、研究の成果を実機の設計に大幅に採用している。そのほかにもアメリカ、西パキスタンなどから、大容量機をあいっいで受注した。

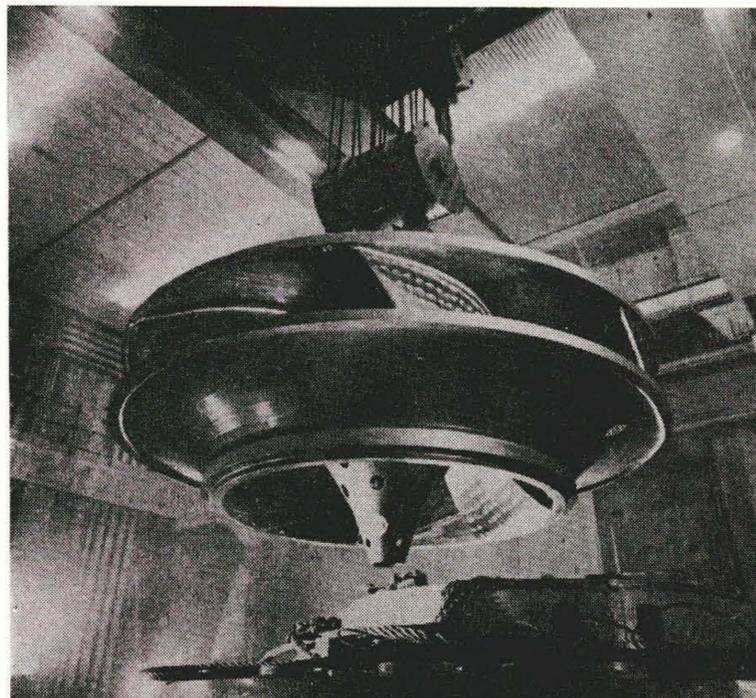


図1 関西電力株式会社喜撰山発電所 ランナ投入状況

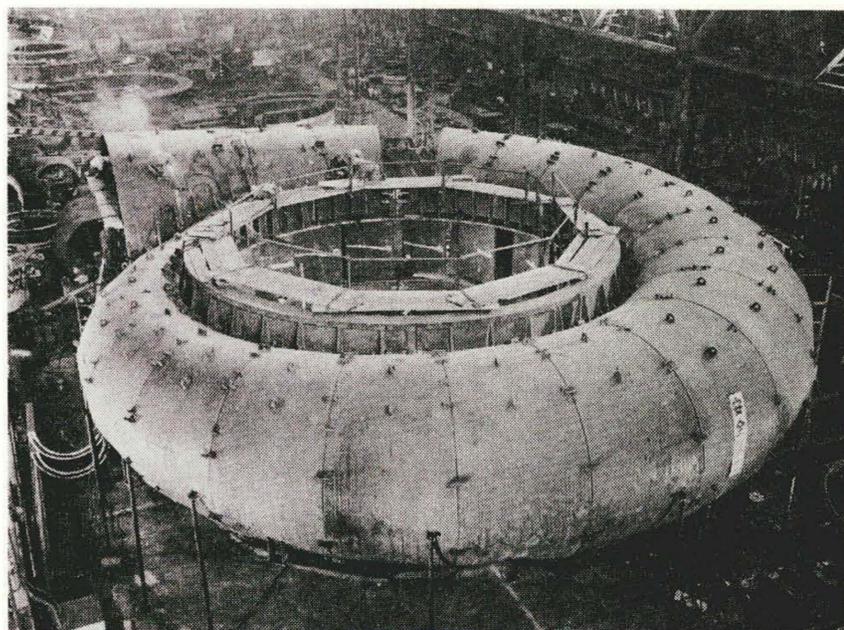


図2 アメリカ・ラディングトン発電所納 水車ケーシング

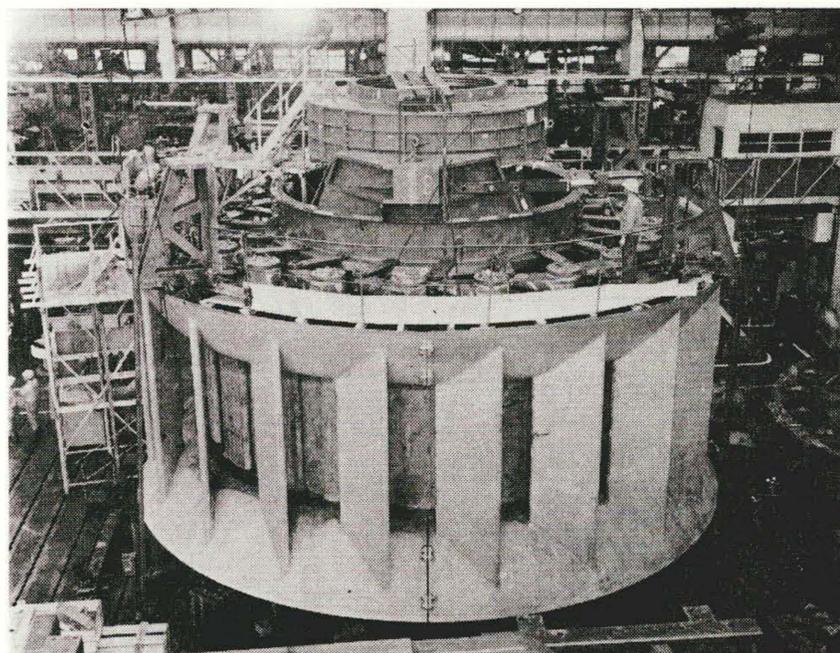


図3 ブラジル・イリア-ソルテラ発電所納 水車組立状況

4. 世界最大級のポンプ水車ランナの製造

アメリカ・ニューヨーク州電力局ブレーションハイム-ギルボア発電所納めのポンプ水車は最大出力30万kW、有効落差339mという大出力機で4台納入され、総出力120万kWの大容量発電所となる。この水車、発電機ともに日立製作所で全部受注したが、水車の最重要品ともいえる水車ランナは勝田工場で吹製した。このランナは外径が6m高さが1.67mの大形鋳鋼品で検査仕様は超音波探傷、カラーチェック、磁粉探傷をはじめ長く湾曲したペーンには厳密なプロフィール検査が適用された。鋳造にあたっては溶解、鋳造方案、造型および熱処理と長年蓄積した豊富な経験を生かし、かつ慎重な作業のもとに進めた。特に長く湾曲したペーンの造型には特殊な中子砂を使用して鋳はだの向上と中子の狂いを最小限にとどめた。現在4台とも吹製は完了しその内2台が完成した。このような製品を作り得たことは研究、設計、製造の三者が一体となって日立総合技術の粋を尽くしたたまものである。

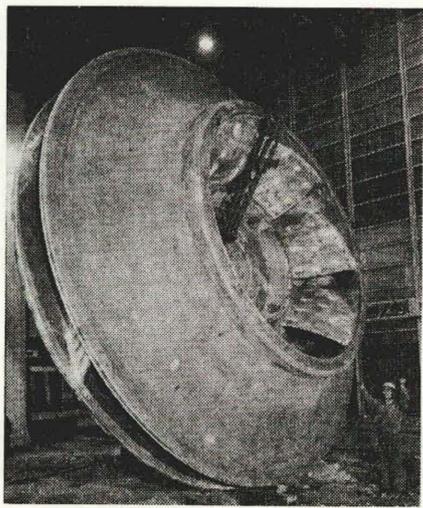


図4 アメリカ・ブレーションハイム-ギルボア発電所納ポンプ水車用ランナ(径6,056mm,高さ1,673mm)

■ 発電機および発電電動機

1. わが国最大の発電電動機(関西電力株式会社喜撰山発電所納)

本機はわが国最大の発電電動機であって、昭和45年7月より好成績で営業運転にはいっており、今後の大容量発電電動機の計画に寄与する意味で画期的な機械である。

揚水始動はわが国で初めての直結電動機始動方式であって誘導電動機を上部案内軸受と発電電動機回転子の間に設けている。誘導電動機は主機より一段速度をあげ257rpm、14,000kWとしてある。

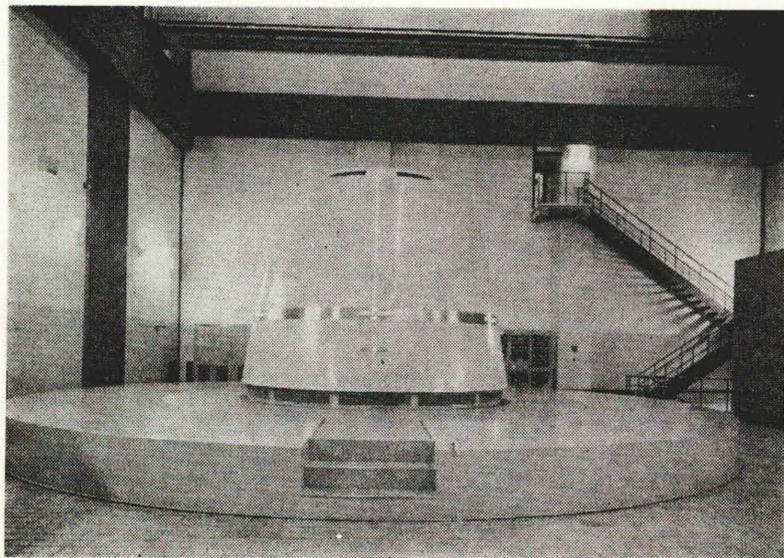


図5 250 MVA/MW, 16.5 kV 発電電動機

加速時は定電流制御であるが同期並列時の速度制御は一種の誤差比例制御方式を採用しており、始動後5分程度で同期並列を完了する。

上部軸を始動電動機・励磁機・コレクタリングを通して一体構造で製作するなど各部の剛性を高めている。また振動抑制の目的で、上部ブラケットはコンクリート風道から突っ張られる構造である。

仕様は、250 MVA/MW, 16.5 kV, 60 Hz, 225 rpm, 力率0.95/1.0で図5は完成した外観である。

2. 無整流子直流発電機(日本軽金属株式会社富士川第二発電所納)

本機は、立形水車発電機とシリコン整流器を組み合わせて直流発電機としたもので、世界で初めてのものである。アルミ電解用電源として使用され、昭和45年3月から好調に運転を続けている。

仕様は17,640 kW, 720 V, 24,500 A, 300 rpmであり、おもな特長は

- ①水車発電機は、12Y結線、定格電圧600Vとして降圧変圧器なしで、シリコン整流器を直結している(図6参照)。
- ②シリコン整流器の冷却には絶縁油を使用している。絶縁油の給排油管は直流ブス兼用とし、アルミ製直流ブスを中空導体とし、内部に冷却油を通す構造である。
- ③中性点は、整流器1素子故障時の事故電流を減らすため浮かしてあるので、巻線接地の検出は、ステータベースを絶縁して巻線接地電流が接地線を通して流れるようにし、接地リレーにより行なっている(特許出願中)。

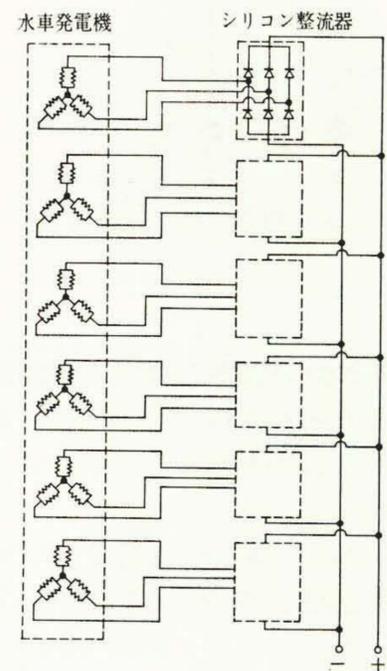


図6 発電機とシリコン整流器の結線

3. 極数変換形発電機完成(秋田県企業局素波里発電所納)

本機は7,100 kVA, 429/500 rpm, 6.6 kV, 14/12極, 50 Hz, 1台で、昭和45年6月に工場完成し、11月に現地完成した。本発電所は発電専用機であるが、年間で使用するダム水位の変動大なるため、それぞれの落差で効率良く運転する目的から2種の回転数が選定され、いわゆる極数変換方式が採用されている。

極数変換方式には、大小磁極を併用する方式と大磁極のみ使用する方式があるが、日立標準方式としては後者を採用した。この方式は、前者に比較して、熱的、機械的バランスが良く、磁極の大きさも一般の発電機と変わらない利点を有する。

図7は回転子極数変換方式を、図8は固定子極数変換方式を示したものである。

工場および現地試験の結果、ほぼ計算値どおりの特性を得ることができ、好調に運転している。

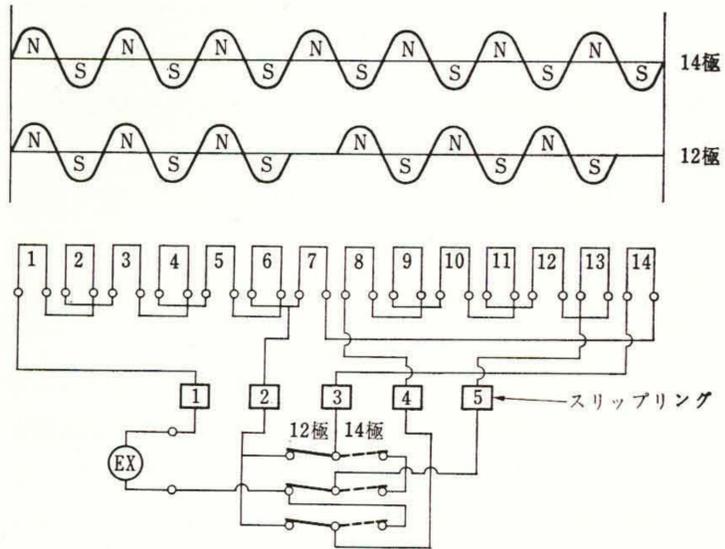


図7 回転子極数変換方式

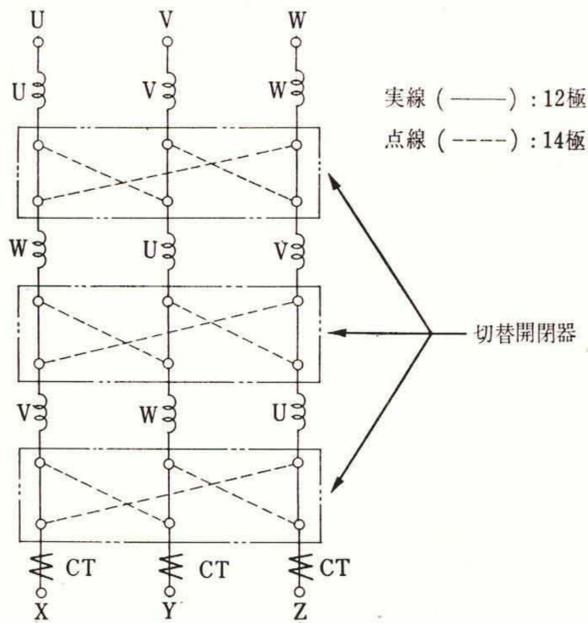


図8 固定子極数変換方式

4. 24,000 kVA 増設水車発電機(東北電力株式会社片門発電所納)

本機は昭和28年製作納入の1, 2号機の横に設置されるが、既設機に拘束されないぜんぜん新たな機械構造を持っている。おもな特長は下記のとおりである。

- (1) 通風は上部からのみの一方向循環方式で、冷却ファンなしとし構造の簡略化と風損の減少、効率の向上が図られている。
- (2) スラストメタル、ガイドメタルの冷却にセルフポンプ方式

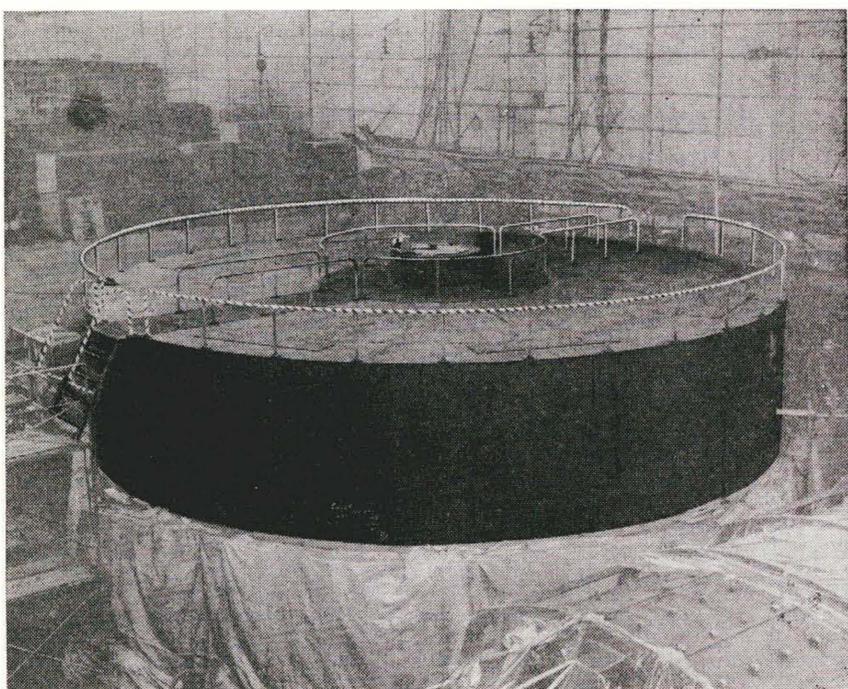


図9 東北電力株式会社片門発電所納 24,000 kVA 水車発電機

を採用した。

5. おもな工場完成品

関西電力株式会社新丸山発電所納入	66 MVA	1台
アメリカ・ティムスホード発電所納入	50 MVA	1台
ラオス・ナムグム発電所納入	17.5 MVA	2台

ティムスホード発電所納入, ナムグム発電所納入はいずれも工場における組立および回転試験を省略した。

6. 製作中のおもな製品

鋭意製作中のおもなものには下記がある。

アメリカ・ラディングトン発電所納入	388 MVA	6台
アメリカ・ギルボア発電所納入	320 MVA	4台
電源開発株式会社沼原発電所納入	250 MVA	3台
西パキスタン・ターベラ発電所納入	206 MVA	4台
台湾・上達見発電所納入	87 MVA	3台
ビルマ・パルチャン発電所納入	31 MVA	3台

アメリカ・ラディングトン発電所納め発電電動機はミシガン湖を下池として使用する揚水発電設備で単機容量は世界最大であり、回転子外径約15m, 風道外径約20mに及んでいる。始動は6台中2台は直結電動機により、ほかの4台は前記2台による同期始動方式を採用している。電源開発株式会社沼原発電所納め発電電動機は超高落差揚水設備のため定格速度375rpmという世界の実績をはるかに上回る大容量高速機であり、振動、応力、通風冷却、軸受冷却などに慎重な検討が加えられて製作される。

火力設備

大容量蒸気タービン続々工場完成

事業用大容量タービンとして、わが国最大容量の超臨界圧600,000 kW 蒸気タービンを工場完成し、東京電力株式会社鹿島火力発電所向け出荷された。本機は同発電所第1号機として据付けられる。

仕様は、主蒸気圧力246kg/cm²g, 主蒸気温度538°C, 再熱蒸気温度566°C, 回転数3,000 rpm, 最終段動翼には33.5 in 翼採用の、クロスコンパウンド4流排気形である。特長としては

- (1) 超臨界圧蒸気を用いることにより、熱効率を高めた。
- (2) 高圧初段翼には強度的に余裕のあるアキシアルエントリー翼を採用
- (3) 低圧車室には動圧回収形を採用、排気損失の低減を図った。
- (4) 180度ノズルボックスの採用
- (5) 組合せ再熱弁の採用

などがあげられる。

火力プラントは今後ますます大形化する傾向にあり、今回完成した600 MW 超臨界圧タービンは、将来考えられる1,000 MW 級タービン製作の布石として大きな意義を持っている。

引き続き、3,600 rpm 機として、高中圧一体化、シュリクト翼および3次元翼の採用、180度ノズルボックス、インサートシュラウド形高圧第1段翼の採用、動圧回収形低圧車室、シングルガバナ、別置形加減弁、組合せ再熱弁の採用などの最新の設計を盛りこんだ、タンデムコンパウンド最終段翼長26 in 4流排気形の中国電力株式会社玉島火力発電所納め第1号機350,000 kW 再熱タービンを完成した。

さらに 250,000 kW の標準機としても、タンデムコンパウンド 26 in 4 流排気、3 車室構造の再熱タービンを表 2 に示すとおり 4 台、工場完成した。これまでに製作、運転中の同形機の実績を採り入れ、性能、信頼性の面でじゅうぶんの配慮を払った設計となっている。

クロスコンパウンドでは先の 600 MW に次ぐ大容量機である、君津共同火力株式会社君津共同火力発電所納め第 3 号機 350,000 kW タービンが完成した。26 in 最終段翼をはじめ、各部はすべて実績のある設計を採用している。なお、本機に対しては工場試運転を省略して納期の短縮を図った。機械工作精度、組立バランス取り技術の向上と検査技術の確立とがあいまって、工場試運転省略の気運にあり、表 2 のタービン 11 台中、350 MW×1 台、250 MW×2 台、158 MW×2 台、100 MW×1 台、計 6 台の工場試運転を顧客の理解を得て省略している。

輸出では、韓国向け 158,000 kW 再熱タービン 2 台をはじめ、シンガポール向け、60,000 kW 復水タービン、カナダ向け 100,000 kW 復水タービンを完成した。特にカナダ向け 100 MW タービンは復水タービンでは輸出の最大級容量のものであるほか、オーバロードバルブを設置し部分負荷効率を改善し、調相運転を可能にした、2 シフト運転（昼夜で負荷が異なる）のためコンバインド調速としたなどの特長を持ったタービンである。また、北アメリカ大陸ではわが国初めての大容量火力機器の進出ということより、今後の好調運転に注目を集めている。

表 2 昭和 45 年中工場完成した事業用蒸気タービン
(国内・輸出)

納入先	出力×台数 (kW×台)	蒸気圧力 (kg/cm ² ・g)	蒸気温度 (°C)	回転数 (rpm)	形式
東京電力株式会社 鹿島第 1 号	600,000×1	246	538/566	3,000/ 3,000	再熱復水
常盤共同火力株式会社 勿来第 7 号	250,000×1	169	566/538	3,000	再熱復水
君津共同火力株式会社 君津共同第 3 号	350,000×1	169	566/566	3,000/ 3,000	再熱復水
中国電力株式会社 玉島第 1 号	350,000×1	169	566/538	3,600	再熱復水
関西電力株式会社 堺第 8 号	250,000×1	169	566/538	3,600	再熱復水
苫小牧共同火力株式会社 苫小牧共同第 1 号	250,000×1	169	566/538	3,000	再熱復水
富山共同火力株式会社 新港第 1 号	250,000×1	169	566/538	3,600	再熱復水
韓国 Inchon No. 1, 2	158,000×1	127	538/538	3,600	再熱復水
シンガポール Jurong No. 4	60,000×1	88	510	3,000	復水
カナダ Queen Elizabeth No. 3	100,000×1	88	510	3,600	復水

■ 大容量タービン発電機

火力用タービン発電機として昭和 45 年度完成した最大容量機は中国電力株式会社玉島発電所納入の 390 MVA, 3,600 rpm 機(図 10)であり、おもな特長は次に示すとおりである。

- (1) 固定子は直接水冷却、回転子は直接水素ガス冷却であり、そのため外形寸法、重量などは普通水素冷却機の 200 MVA 級と同程度である。
- (2) 固定子の液体冷却は本機で 6 台目である。絶縁ホース回りなどのろう付け部分は厳重な管理のもとで行なわれ、組立ての各段階および完成後の耐圧試験、漏えい試験にも問題が全くなく、直接液体冷却固定子の製作体制も完備していることが示された。
- (3) 固定子水冷却系統も組合せ試験を行なったが、イオン交換樹脂、固定子水冷却器、冷却水ポンプ、フィルタ、入口水温自動制御機構など各部品の性能も満足すべきものであることが判明した。

(4) 温度上昇と並んで重要な問題である電磁力の対策として、電機子コイルエンド部には特殊保持方式を採用し、スロット内には半導体スプリングなどを用いて、振動対策を行なっている。コイルエンドの特殊保持方式は本機で 9 台目であり、従来の経験をじゅうぶんに生かすことができた。

(5) 励磁方式としてはコミュテータレス方式、すなわち直結交流励磁機と静止整流装置の組合せを採用した。このため発電機はスリップリング付きであるが、従来の直流励磁機の場合と同じく運転中に界磁巻線温度、界磁電流の監視もできるし、また運転中にシリコン素子などの点検または交換も 1 トレイごと引き出すことにより可能になっている。さらに交流励磁機は回転界磁構造で単一鋼塊ロータであり、主機であるタービン発電機と同程度の堅ろうさでバランスのとれた設計である。コミュテータレス方式の発電機の完成は本機で 6 台目である。

原子力機はラジアルフロー形直接冷却方式で、直径の大きな軸受の特性の確認、鉄心材料と鉄損の問題、ラジアルファン性能の問題などにつき実機相当のモデル機によって試験され、すでに開発済みの 4 極タービン発電機の設計計算および各種解析の裏付けは完了しており、現在、中部電力株式会社浜岡発電所納め 626 MVA, 1,800 rpm 機および中国電力株式会社玉島発電所納め 520 MVA, 1,800 rpm 機が設計製作中である。火力機、原子力機ともますます大容量化する趨勢に対し、設計・製作上の体制はすでに整っている。

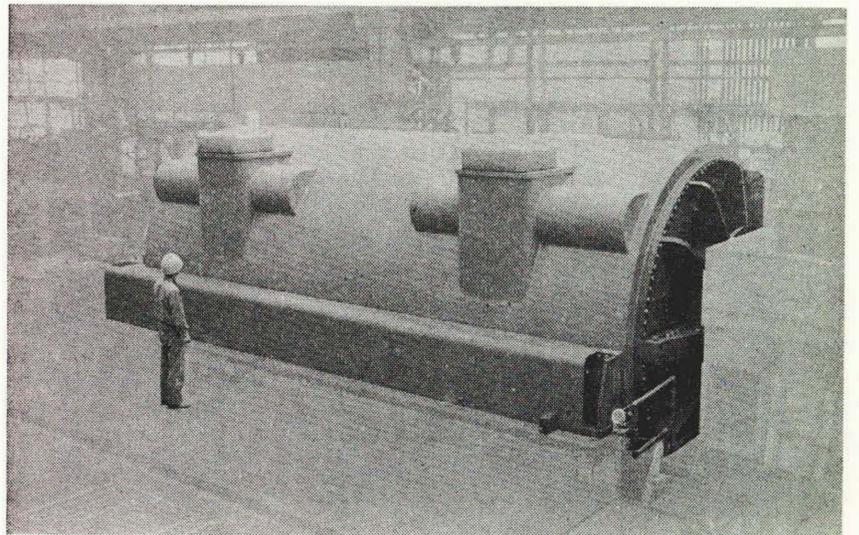


図 10 中国電力株式会社玉島発電所納 390 MVA タービン発電機

■ 大容量タービン発電機用サイリスタ励磁装置

交流励磁機用サイリスタ式自動電圧調整装置を四国電力株式会社新西条発電所 2 号 285 MVA タービン発電機、東北電力株式会社秋田発電所 408 MVA タービン発電機用としてそれぞれ納入し、現地試験を好成績で完了し、順調に運転している。

本装置は交流励磁機の励磁制御をサイリスタで行なうもので、特長は次のとおりである。

- (1) 励磁系には主機直結の交流副励磁機 (HFG) をもち、これから AVR の電源と手動励磁装置 (FR) の電源を与え、励磁系の電源を安定確実なものとしている。
- (2) AVR をバックアップする手動励磁調整回路は AVR とまったく独立しており、自動—手動の切換えは励磁変化なしに行なえるようになっている。
- (3) サイリスタの点弧制御には磁気式自動パルス移相器を用い回路を簡略化し、装置の信頼性を上げている。

図11は制御のブロック図である。

またサイリスタにより直接発電機を励磁する装置を東北電力株式会社片門発電所3号24MVA水車発電機、カナダ・クイーンエリザベス発電所111MVAタービン発電機用としてそれぞれ完成した。

本装置は発電機端子から変圧器を介して励磁電源をとり、サイリスタで界磁電圧を制御する方式で特長は次のとおりである。

- (1) 1~5サイクルで頂上電圧に達する速応性を有することにより、系統の安定度改善に寄与することができる。
- (2) サイリスタゲート制御装置は発電機電圧に大幅な変動があっても点弧制御が可能であり、発電所高圧側母線の短絡故障の場合にもサイリスタを点弧させることができ、また発電機始動時の初励磁電流を少なくすることができる。

図12はインデッシャル応答の一例を示したものである。

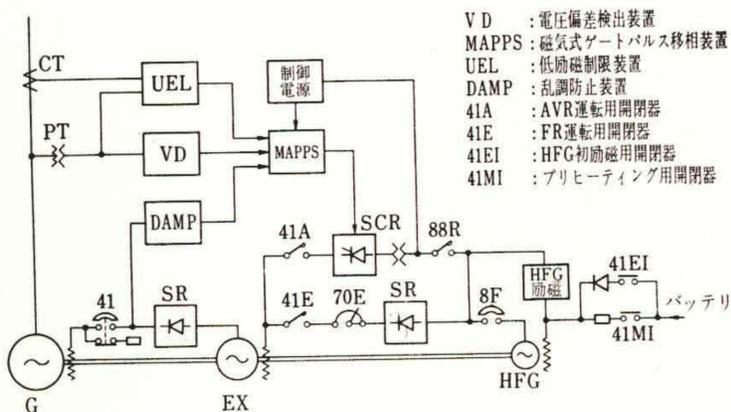


図11 交流励磁機用サイリスタ式自動電圧調整装置の制御ブロック図

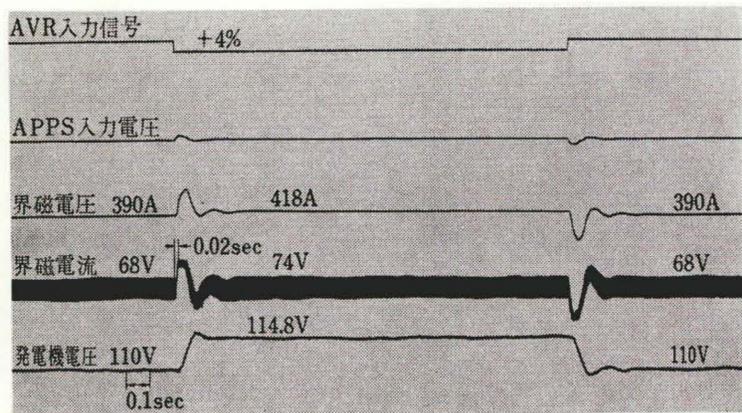


図12 サイリスタ式分巻自励装置インデッシャル応答試験

握(はあく)し、低サイクル疲労を含めた強度の検討を行なう必要がある。これに対しては、応力解析プログラムを開発し、電子計算機を利用して応力の検討を行なった。

運転操作の省力化については、起動停止操作をすべて中央制御室から集中遠隔操作できるようにし、操作ステップを極力少なくするため自動化を積極的に採用した。そのおもなものとしては、自動バーナの採用、起動時のドラム水位制御自動化、起動時ボイラ昇圧自動化、過熱器と主蒸気管ドレン弁およびエアレント弁の電動化、補助蒸気系統および重油系統ウォーミングの自動化がある。

試運転段階で起動試験を行ない、計画どおりのタイムスケジュールで起動できることを確認した。同時に起動時の流体条件、各部管壁温度を測定したが、これに基づき応力計算の精度について検討している。DAILY START STOP ボイラとしては国内でも初めてのボイラであり、今後も順調に運転されるものと確信する。

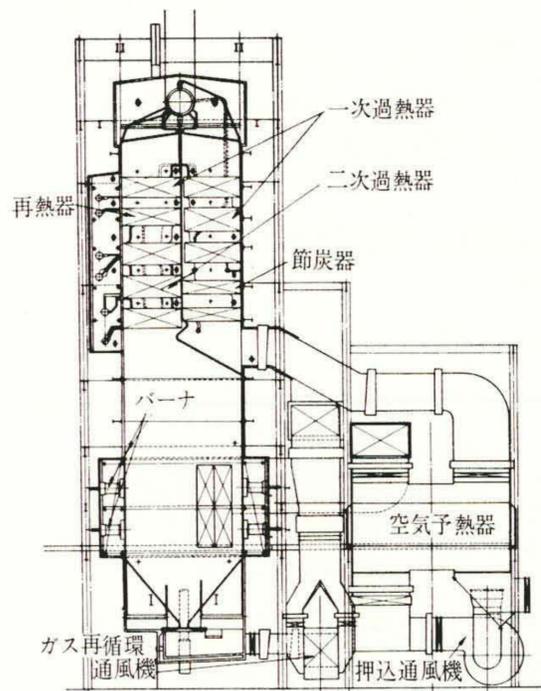


図13 220 MW 用単胴放射形自然循環ボイラ断面図

DAILY START STOP ボイラの営業運転開始

中部電力株式会社西名古屋火力発電所納め第1号罐(かん)は、昭和45年8月20日より好調に営業運転中であり、同形の2号罐は、同年12月営業運転を開始した。形式は、最大連続蒸発量700 t/hの220 MW 用単胴放射形自然循環ボイラである。

本ユニットの特色は、昼間専用火力として年間335回の起動停止を行なうDAILY START STOP ユニットとして計画されていることおよび運転を運転長ほか3名で行なうことである。したがって本ボイラ計画の主眼は、次の3点におかれた。

- (1) ひんぱんな起動停止に耐えこれに適した構造であること
- (2) 起動時間が短く、起動損失の少ないこと
- (3) 起動停止の運転操作が容易であること

本ボイラは、DAILY START STOP ボイラであるため厚肉で構造の複雑なドラムなどについては、従来の内圧力、運転温度のみでなく起動停止時に発生する非定常熱応力の変化を応力振幅の形で把

躍進するガスタービン

1. ガスタービン需要の伸張

ピークロード用発電設備、あるいはまた非常用発電設備としてのガスタービンの地位は、最近さらに高まり重要度を加えつつある。本誌 Vol. 52, No. 1 (昭和45年1月) “昭和44年度における技術の成果”号においては、約30台の日立-GE ガスタービンが納入されたことを報告したが、その後この1年間に、中部電力株式会社西名古屋火力発電所18,450kW非常用ガスタービン発電設備をはじめとして、新たに約30台のガスタービンが日立-GE ガスタービンのサプライリストに書き加えられた。ガスタービンの需要に電力需要の質および量の変化に伴い、今後さらに引き続き増加する傾向にある。

2. パワーブロック発電設備

新たに日立-GE のサプライリストに加えられたガスタービンのうち最も特筆すべきものは、中部電力株式会社西名古屋ガスタービン発電所納めパワーブロック発電設備である。

近年電力需要の増大により、それに伴うピークロードも増加してきており、ピーク用ガスタービンの大容量化が要求されている。このような要求に合理的に対処するために開発されたのがパワープロ

ックである。これは標準パッケージ形ガスタービンを数台併設し、これらの制御装置を1個所にまとめたもので全ユニットを単一機のように運転操作することができる。パワーブロックは、多くの運転実績をもつ標準機種で構成されているため、それと同等の高い信頼性が確保されると同時に、起動がきわめて迅速で起動後約10分で全ユニットが全負荷を取ることが可能であり、負荷変動に対する柔軟性が高い。また、パワーブロックの部分負荷時には、一部のユニットを停止し、ほかを全負荷運転することにより、全負荷時と同等の効率で運転することができ、単一大容量機を部分負荷運転する場合よりすぐれた部分負荷性能を発揮することができる。なお、パワーブロックとして2台から8台までのパッケージの組合せが可能である。

3. 新形ガスタービンの開発量産化

ガスタービンの分野においても技術の向上はめざましく、その成果の一つとして、新形ガスタービン、モデルPG-5251(N)の開発をあげることができる。このモデルPG-5251(N)ガスタービンは、日立製作所においてすでに数十台の製作実績を有するモデルPG-5211(LA)ガスタービンをさらに改良したもので、従来のPG-5211(LA)に比べて次のような特長をもっている。

- (1) 完全にソリッドステート化された電子制御装置“スピードトロニック(SPEED TRONIC)”を採用している。そのため、起動時間はいっそう短くなり、また、起動の信頼性、運転の信頼性も向上し、無人運転も容易に行なわれる。
- (2) コンプレッサの段数を1段増加し、空気流量を約20%増加したため、出力も約20%増加し、また効率も相対値で約3%向上した。なお、出力および効率の標準値は、大気条件1,033 kg/cm²g, 15°Cで、燃料が軽油のときそれぞれ、23,500 kW, 24.7% (いずれもピークリザーブの場合)である。

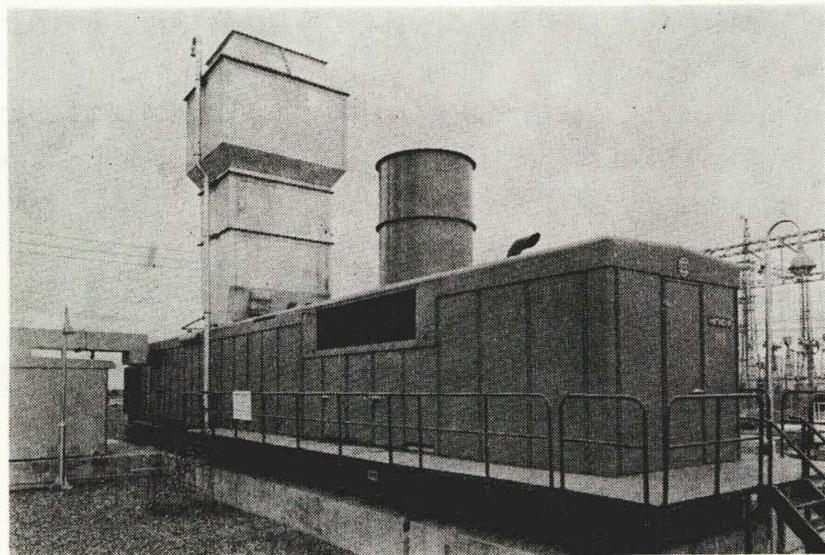


図14 中部電力株式会社西名古屋火力発電所
18,450 kW 非常用ガスタービン発電設備

■ 全閉内冷形大容量ディーゼル発電機

わが国の常用自家発電設備として、内燃機関、なかでもディーゼル機関による電源設備が多数用いられる傾向になってきた。その一つとして、世界でも最大容量級の7,250 kVA、全閉内冷形の発電機を8台完成、納入した。図15はその外観である。仕様としては、

発電機 7,250 kVA, 6,600 V, 50 Hz, 14 P, PF 0.8 連続
定格

ディーゼル機関 8,160 PS, 16 気筒, 428 rpm

ディーゼル発電設備のおもな特長としては、

- (1) 運転操作が容易で、かつ迅速に起動停止ができる。
- (2) 発電機の電圧変動特性がすぐれている。
- (3) 熱効率が高いため、機関の燃料消費率が少ない。
- (4) 建設費が安い。

また、本発電機としては、

- (1) スキンストレスシャフトを採用し、かつ片軸受として軸長の短縮を図っている。
- (2) 固定子コイルは、絶縁処理として、エポキシレジンに真空注入し加熱硬化しているため、電気的機械的ならびに熱的特性に非常にすぐれている。
- (3) 全閉形のため、発電機からの熱放散がないので、周囲に対して熱影響を及ぼさない。

などがある。

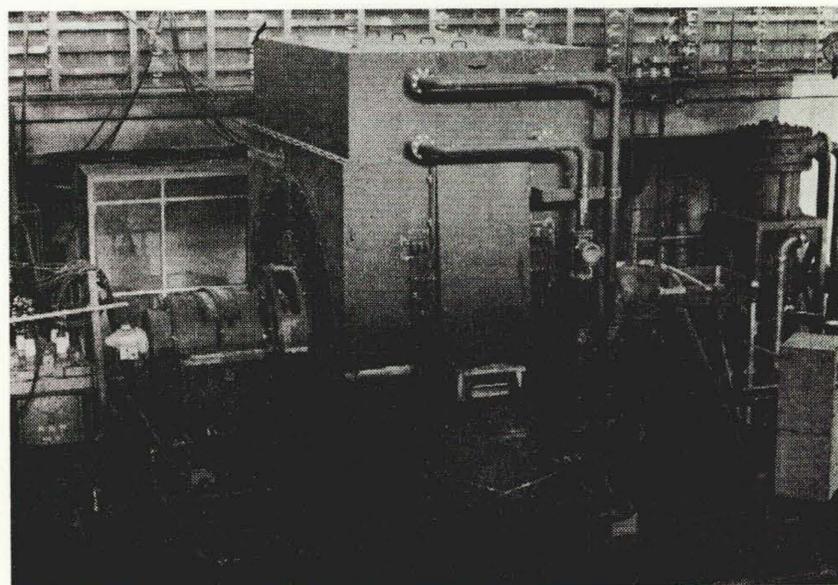


図15 大容量ディーゼル発電機

■ 東北電力株式会社秋田火力発電所納 計算機によるプラント自動起動装置

火力発電所容量の増大に伴い、その運転技術はきわめて複雑かつ高度化しており、火力発電所の自動運転は世界の電力界の大きな課題となっている。

日立製作所においては、東北電力株式会社と共同で大容量火力発電所のプラント自動起動装置を開発し、東北電力株式会社秋田火力発電所1号機(出力: 350 MW, タービン: TC 4 F-26, 169 atg 566/538°C, ボイラ: VP ボイラ)用として納入した。この装置はボイラ点火から定格負荷までの起動操作を計算機およびサブグループ制御装置により自動化したもので、現地試験においてボイラ、タービンを含めたプラントの自動起動に完全に成功した。

使用計算機はHITAC 7250でコア16K語、ドラム256K語の容量をもち、アナログ入力380点、デジタル入力260点の規模のもので、この計算機およびサブグループ制御装置によって自動化された操作内容は次のとおりである。

- (1) ボイラ点火操作
- (2) ボイラ初期燃料量のプログラム制御
- (3) タービン速度制御
- (4) 励磁系制御
- (5) 同期併入操作

(6) 加減弁切換操作

(7) 負荷制御

これらの操作はすべてアナログサブグループ制御装置を介しての計算機セットポイント制御方式によるもので、計算機はプラント各部の状態により適切な時期にサブグループ制御装置の投入、切離しおよび各種の設定値変更を行なう。図16は計算機用および各種サブグループ制御装置用オペレータコンソール部を配した配電盤を示したものである。以下に本装置のおもな特長を述べる。

- (1) 計算機の多重入力処理により入力の信頼度を上げている。
- (2) 計算機プログラムにイベントオリент機能を導入し、必要な処理がただちに行なえるようになっている。
- (3) 起動途中からでも計算機制御を生かすことができる。
- (4) 装置はすべて、ICを主体にした半導体電子装置とし信頼性の向上を図っている。
- (5) 計算機と各種サブグループ制御装置との結合は容易でかつノイズなどによる誤動作を防止した信頼性の高い回路構成である。
- (6) 各サブグループ制御装置は計算機と切り離して単独で使用することもできる。

本装置は計算機による火力発電所全自動化の先鞭(せんべん)をつけるもので、特記すべきことは工場全システムのシミュレーションテストを実施して現地テストの短縮を図り、少ないテスト回数でこれらの自動化を現地試運転に成功させたことにある。通気式も含め、試運転中のプラント起動を計算機制御により自動運転したことは世界でも初めてのケースといわれている。

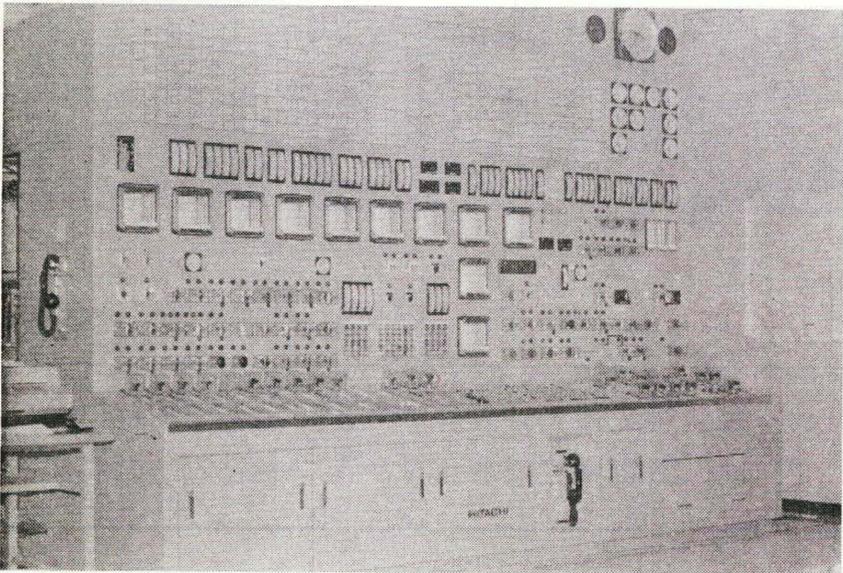


図16 プラント自動起動装置の操作部を配した主配電盤

原子力

沸騰水形原子力発電所

1. 中国電力株式会社島根原子力発電所着工

本原子力発電所は電気出力460 MWで、大容量原子力発電所としてはわが国最初の国産プラントであり、日立製作所が主契約者として全機器を受注したものである。島根現地では昭和45年2月正式着工以来、順調に建設が進められている。主要機器である原子炉格納容器は昭和45年2月より工場製作を開始し、10月より現地据付が始まっている。現地据付には、初めての試みとしてトラスの一体つり込み法が採用され現地工程の短縮に役だっている。また原子炉圧力容器は昭和45年3月より製作を開始し、昭和47年3月島根現地着を目標に順調に製作が進められている。図17は工場での製作状況を示している。本容器は通産省の新技术基準(ASMEコード

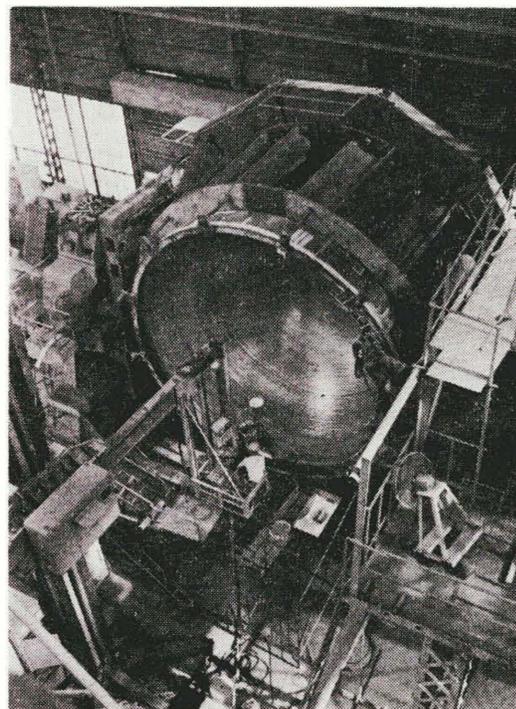


図17 製作中の原子炉圧力容器

SECTION IIIと同等)に従って、高い品質基準で設計、製作されている。

2. 低圧注水(LPCI)系冷却効果の確認実験

BWRの非常用炉心冷却系統(ECCS)には炉心スプレイ系統のほかに、これとは冷却原理の異なるLPCIが設置されている。炉心スプレイ系統の冷却効果についてはすでに日立製作所においても試験研究が行なわれており、その冷却効果が確認されている。

LPCIの冷却原理は、スプレイ冷却と異なり冠水(フラッディング)による炉心冷却に基づいている。冷却効果の確認試験は、日立製作所においては詳細な現象解明と、冷却特性を確認することを目的として、性能実験を計画した。

実験装置は、実寸法のBWR燃料棒を模擬した49本のステンレス鋼被覆のシースヒータとチャンネルボックスから成る模擬燃料要素と冷却水ループで構成されており、その外観は図18に示すとおりである。

各種のパラメータを変えた実験の結果から冷却現象を明らかにし、BWRのLPCI容量に対してはじゅうぶんな余裕をもって事故後の炉心冷却を行なうことが確認された。

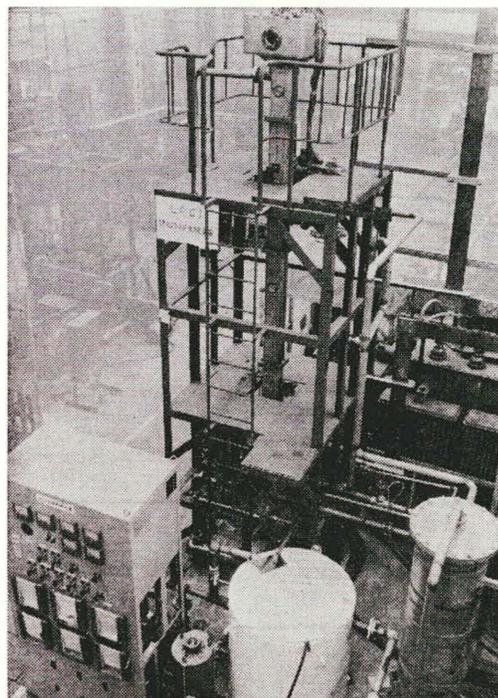


図18 LPCI実験装置

3. オンライン炉心性能計算シミュレータ

沸騰水形原子力発電所において安全性と経済性の向上をねらいとして原子炉の性能を迅速かつ正確に算出するオンライン炉心性能監視システムのシミュレータを製作した。

このシミュレータでは図19に示すように原子炉をアナログ計算機の演算増幅器106台と中性子束分布設定盤および原子炉制御盤で

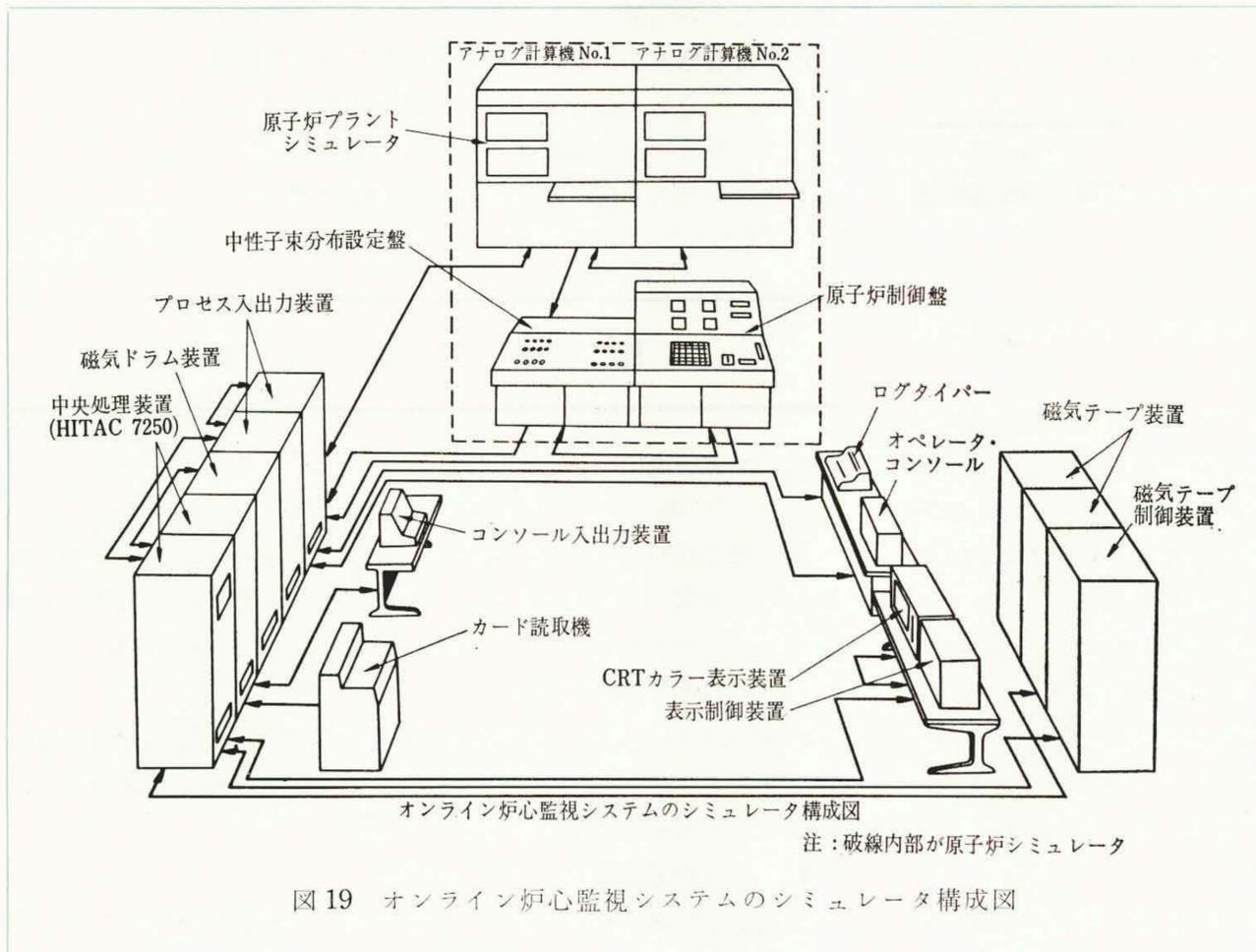


図19 オンライン炉心監視システムのシミュレータ構成図

模擬し、炉心性能の計算および各種監視項目をデジタルプロセス計算機 HITAC 7250 に処理させる。性能監視の方法は、炉心内 15 個所の温度、圧力、流量などのプロセス量と 94 個所の中性子密度、97 の制御棒位置などを計算機に取り込んで核的特性、熱水力特性などを計算し、その結果を自動的または運転員の選択によってログタイパーで印字するか CRT カラー表示装置で図形表示する。このシミュレータによりプログラムの連係動作や演算所要時間などのチェックを実プラントと等価な状況のもとに実時間で実施することができる。これによりこの性能監視システムの中国電力株式会社島根 1 号炉における実用化の見通しを得ることができた。

■ 原子力タービン

1. 原子力用 837 MW・655 MW タービンロータ完成

日立工場では、あいついで 2 セットの原子力タービン低圧ロータが完成した。これは、アメリカ国内の電力会社向けのもので、アメリカ GE 社との国際分業に基づき、日立製作所がその低圧ロータの製

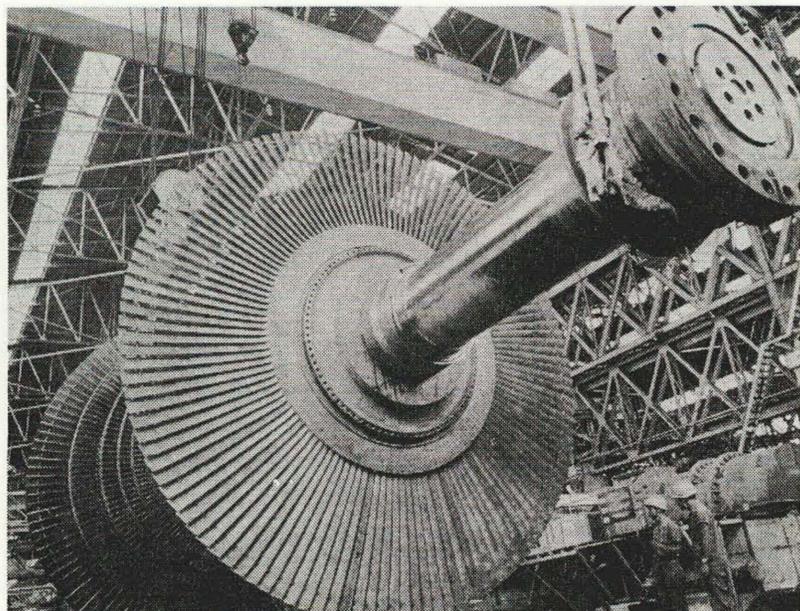


図20 大容量原子力タービン低圧ロータ

作を分担したものである。

1 セットは、定格出力 837 MW、最終段 38 in 翼ダブルフローロータ 3 本、ほかの 1 セットは、定格出力 655 MW、最終段 43 in 翼ダブルフローロータ 2 本から成っており、いずれもロータシャフトとディスクとを別体に製作し、焼ばめにより組み立てる構造となっている。

これらは、日立製作所で製作したタービンロータでは、最大容量、最大寸法のもので、今後、1,000 MW 以上の大容量タービン製作への礎を築いたものとして、特筆すべきものである。

2. 原子力タービン用高圧汽水分離器

原子力タービンではタービン入口において湿度 0.4% の蒸気であり、低圧段出口では湿度が 20% 以上にも達し、内部効率の低下

および各部の浸食などの問題が生ずる。この問題を解決するために汽水分離器が用いられるが、これに関しては数年前から研究に着手し、基礎と応用の両面から種々の検討が行なわれ、すでにその成果として西パキスタン納め 138,000 kW 原子力タービン用の低圧汽水分離器（入口圧力 2.5 kg/cm² abs.）を受注し現地据付を完了している。しかし、原子力発電の大容量化に伴い、高圧で大量の蒸気の処理できる汽水分離器が必要となったので、低圧汽水分離器の開発における技術的な蓄積をもとに、高圧用として種々の改良と強度、性能に関する実験的検討を行なって、今回高性能で信頼性の高い高圧汽水分離器（最高圧力 15 kg/cm² abs.）の開発に成功した。したがって、日立製作所としては、先の低圧汽水分離器と合わせて原子力タービン用汽水分離器に関する技術が完備されたことになり、今後の大容量原子力タービンの需要に対処できる態勢が整った。

本器の特徴を列記すると、(1)分離器内部の保守点検が容易である。(2)汽水分離をかぎ付波板で行なう。(3)かぎ付波板ブロックは特殊な固定法によって柔構造になっており応力集中がない。(4)汽水分離効率 90% 以上、圧力損失は 1% 以下である。また、測定結果の一例は図 21 に示すとおりである。

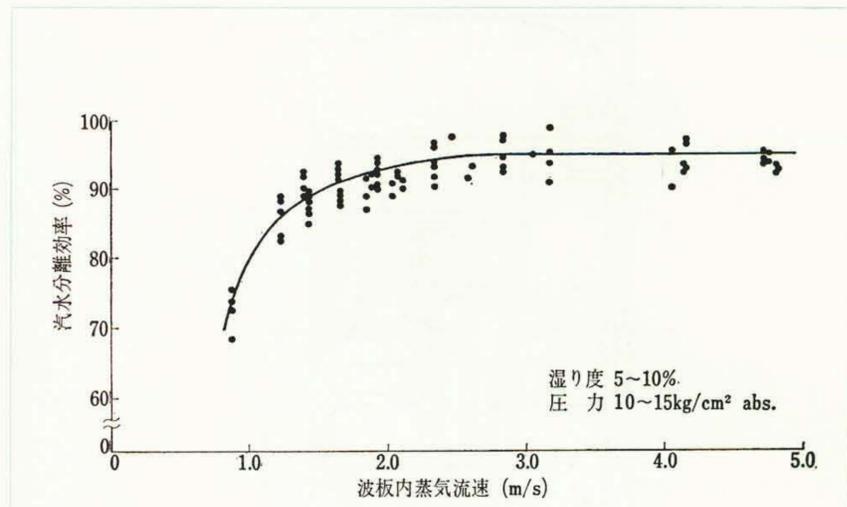


図21 波板内蒸気流速と分離効率

■ 新形転換炉

1. 新形転換炉 (ATR) 原形炉の設計完成および原子炉本体機器の開発

(1) 第2次概念設計の完成

ATRの建設は昭和45年、46年度に開始される計画で、同計画のために種々の設計、開発試作が進められている。

第2次設計は第1次設計に基づいてATRの計画をさらに具体化し、ATRの構造、計測制御系および安全性に重点をおいて設計を行ない、製作設計にその成果を反映させるために行なわれ、昭和45年3月に完成された。本設計は原子力メーカー5社が表3のように分担、協力して行なわれ、日立製作所が主務会社として取りまとめを行なった。図22はATRの格納容器の内観を示すものである。

プラントの主要項目は、定格電気出力165MWe、原子炉定格熱出力557MW、重水減速軽水沸騰冷却形圧力管式原子炉、オンパワー燃料交換方式、プルトニウム・セルフサステーニング燃焼方式、微濃縮ウラン初装荷、独立4ループ冷却方式となっている。

(2) 原子炉本体機器の開発

ATRの原子炉本体の構造は、軽水動力炉と全く異なり数多くの新技術が採り入れられており、それを構成する機器について一連の開発試作が計画されている。現在進められている開発試作は、圧力容器を構成する圧力管(Zr-Nb)とその上下に連結される延長管(ステンレス鋼)との異種金属の接合部および制御棒駆動装置である。

前記の開発試作のほか、圧力管材料の特性試験、原子炉本体モックアップの製作、炉内圧力管モニタリング装置、インコアモニタ駆

動装置などの開発試作があり、現在計画中の段階である。

2. 新形転換炉プラント動特性解析コードの開発

すでに開発したBWRプラント動特性解析手法にATRプラントとしての特徴である独立4ループの冷却材流路の影響、減速材である重水の効果ならびに熱的限界値(MCHF)の計算などを加味したATRプラント動特性解析コードを開発した。

■ 高 速 炉

1. 高速炉増殖炉機器の開発

(1) 「常陽」モックアップ炉容器

熱出力100MWの高速実験炉「常陽」の原子炉容器を実寸大に模擬した炉容器がこのほど完成し、動力炉核燃料事業団(PNC)大洗工学センターへ納入された。図23はこの炉容器の外観である。

(2) 1MW蒸気発生器

PNCよりナトリウム加熱の1MW蒸気発生器を受注し、現在製作中である。この蒸気発生器は貫流形シェルアンドチューブ式で、伝熱管はヘリカル状に巻き込まれている。

2. 高速炉最適設計システムの開発

高速炉は体系が複雑であり、設計や建設の前例が少ないため、簡単に最適な設計点を得ることがむずかしい。このシステムは、最適化の手法として非線形計画法を使い、設計計算プログラムと結合して、設計条件に応じた最適設計点を自動的に求めるものである。このシステムにより、研究・開発の成果が設計点に与える影響の大小を知ることができ、その計画の立案に際しての参考資料となる。

3. ナトリウム用熱交換器の熱衝撃の研究

「常陽」の中間熱交換器を模擬した試験用熱交換器の管板と管の溶接部に、ナトリウムによって1,000回余の熱衝撃(温度落差100°C、温度変化率10°C/s)を加え、このとき管板内に発生する過渡的熱応力の解析と、管板と管の溶接部の材料検査を行なった。熱応力のピークは温度変化率にはあまり依存しないことが明らかになり、また、当初予期された溶接部におけるすきま腐食は認められなかった。

4. 「常陽」燃料集合体の開発

「常陽」燃料集合体の第1次試作を、PNC

表3 各社担当範囲概要

	PNCおよび電力会社	住友原子力工業株式会社	東京芝浦電気株式会社	富士電機製造株式会社	三菱原子力工業株式会社	日立製作所(主務会社)
担当範囲	発電所全体計画 送電設備 敷地造成 など	原子炉補助系統 など	原子炉格納容器 タービン発電機 など	工学的安全防護設備 廃棄物処理系設備 燃料交換設備 など	原子炉冷却系統 燃料 など	基本設計 原子炉本体 安全解析 中央制御盤 遮へい冷却系統 など

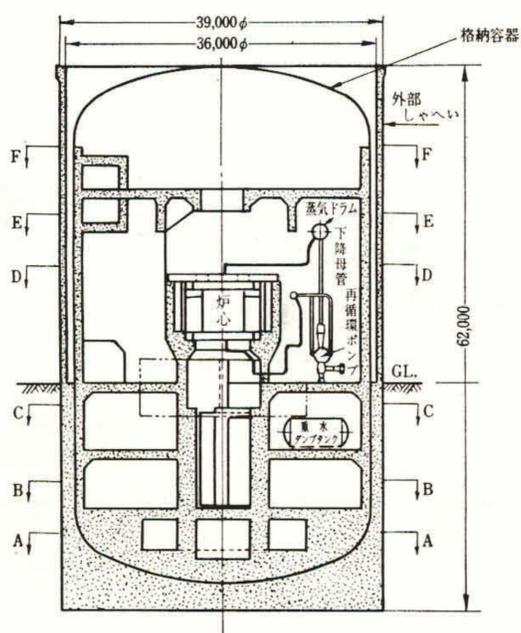


図22 ATR格納容器内観図

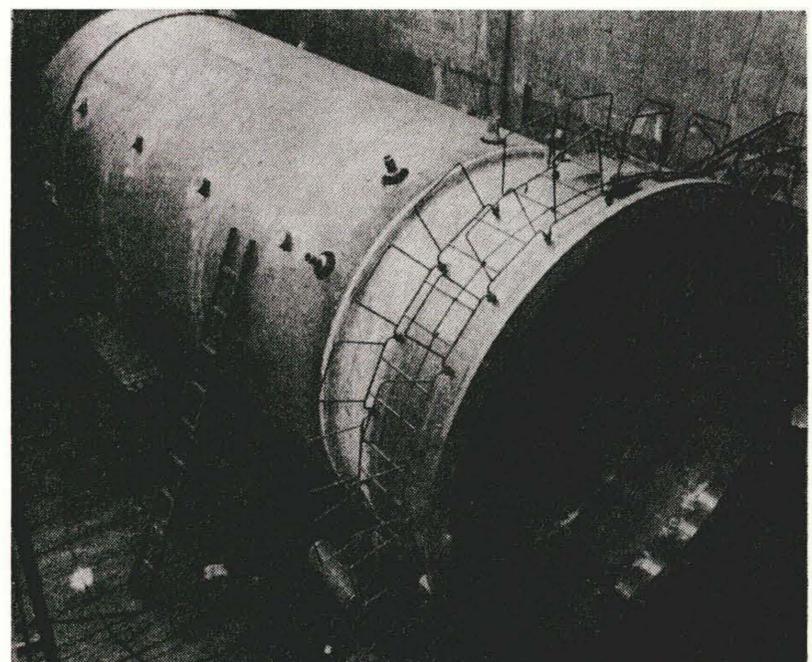


図23 「常陽」原子炉容器モックアップの組立完成状況

から受託し、このほどその構造設計および模擬集合体（2体）の試作品を納入した。燃料集合体はインテグラルワイヤラップ形式と呼ばれるもので、外径6.3mmのSUS32被覆管に鉄製模擬ペレットを装填（そうてん）して封罐（かん）した全長1,900mmの燃料棒に、1.2mm直径のワイヤを巻きつけてスペーサとし、その91本を六角形状のラッパー管内に密に配列したものである。

■ 超電導マグネット

日立製作所ではすでに Nb-Zr-Ti の3元合金を用いた高性能超電導材の開発を行ない、45,000 ガウスくら形超電導マグネットの建設を行ってきたが今回高磁界、高電流密度というテーマのもとに、さらに高性能の超電導装置の開発を行なった。

1. 超電導材料の開発

Nb-Zr-Ti 合金において特に Ti の比率の多い、高磁界用超電導材の製作および安定化の技術開発を行ない、特にメタラジカルボンディングを主体とするストリップ加工および量産化の技術を確認した。

製作された線材はショートサンプル試験、コイル試験で高磁界領域でのすぐれた特性が実証された。

また Nb-Ti-Si 系3元合金線の開発も行ない、高磁界用線材として高度の性能を得ることができた。

2. 高磁界（90,000 ガウス）超電導マグネット

先に述べた新線材およびすでに開発された超電導ストリップを用い、合金系安定化超電導材を用いた磁界発生装置としては世界的にも最高の磁界と目される 92,000 ガウスの磁界発生に成功した。

本装置では単に線材のみならず、絶縁、冷却構造にも工夫がなされており、高磁界、高電流密度の装置として画期的なものである。

なお本装置は電子技術総合研究所と共同で研究を行なったものである。

3. 高電流密度くら形超電導マグネット

通産省工業技術院大型プロジェクト委託研究の一環としてくら形マグネットの高電流密度化を行なった。

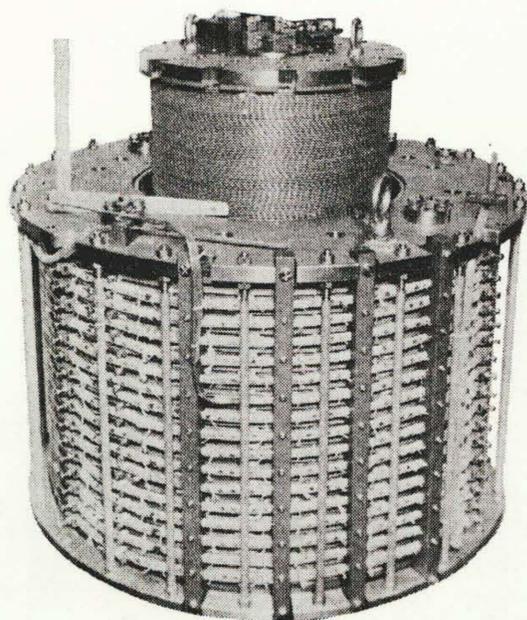


図24 90,000 ガウス超電導マグネット

本装置では準安定化領域における運転の可能性を追求しているほか、冷却路構造にも新しい試みがなされている。

■ 核融合実験装置

核融合研究がいちだんと強力に推進されるようになった昭和45年度において、日立製作所では世界的にも注目されている各種の特徴ある核融合実験装置を完成した。

これらは昭和44年3月、日本原子力研究所に納入したトーラス装置（JFT-1）に引き続き完成したもので、今後の運転実績により核融合研究の進展に大きな成果が期待される。

1. 京都大学納ヘリオトロンD装置

ヘリカルヘリオトロン磁場による超高温プラズマ閉じ込めの研究を目的とする装置で、わが国最大のトーラス形核融合実験装置である。環状真空容器となる放電管（環直径2.1mφ、管直径0.6mφ）とその中に配置されたヘリカルコイル（直冷式でピーク電流60,000A、主平均直径2.17mφ）、ならびにトロイダルコイル（2,600kAT）、垂直磁場コイル（中心径3.6mφ）から主要部が構成される。特に真空中に配置され簡単に取換可能としたヘリカルコイルとその直接水冷式同軸給電部などに多数の画期的新技術が採用されている。その外観を図25に示す。

2. 名古屋大学プラズマ研究所納ステラレータ装置

本装置もトーラス形装置であるが、外部導体形であり、放電管（環直径1mφ、管直径0.195mφ）、ヘリカルコイル、トロイダルコイル（24個）、パーチカルコイル（中心径1.8mφ）から主要部が構成される。中でも放電管外周に巻線されたヘリカルコイルは本装置を特徴づけるもので、製作に際しては電算機、数値制御工作機と高度の電工技術が駆使されている。すべてのコイルは中空導体で直接水冷方式が採用されており、高電流密度、高デューティの運転が可能である。

3. 日本原子力研究所納トロイダルコイル

トーラス形ヘキサポール装置（JFT-1）のトロイダル磁場発生用のコイルで、主巻線とその上下を接続するための分割巻線から構成される。主巻線は導体のスペースファクタを向上するため、扇形導体と絶縁板を交互に重ねて環状にしたものを同心三重に配置され、強制空冷方式が採用されている。数百ターンの主巻線と分割巻線を1個所で接触接続し、簡単に切り離しできるようにした画期的構造となっている。最大起磁力は400kAT、通電時間は5分周期で、7.5秒（方形波換算）である。

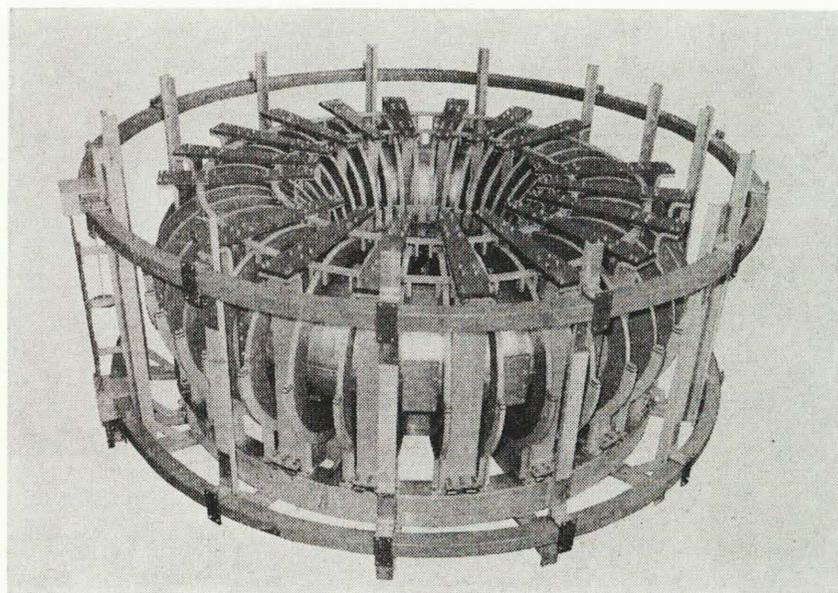


図25 核融合実験用ヘリオトロンD装置

送変電機器および系統保護装置

東京電力株式会社茨城変電所納
66 kV 電圧補償式特殊連系装置の開発

特殊連系装置は、巨大集中化して行く電力系統において、大系統の利点を生かしつつ大停電を未然に防止するため事故の局限と短絡事故電流の抑制を行なうため、東京電力株式会社との共同研究により開発された新しい構想の装置である。これは、巨大系統を適正規模のブロックに分割し、それらブロック間を相互に連系する装置であって、次のような基本的機能を持っている。

- (1) 平常運転時の系統ブロック間の自由な電力融通
- (2) 一つのブロックに事故が発生した場合、健全ブロックから流入する事故電流の瞬時の抑制
- (3) 事故により電源脱落が発生し事故ブロックで供給不足となった場合、健全ブロックの安定運転を維持できる範囲での適正な電力融通

電圧補償式特殊連系装置の原理は、図26に示すように短絡容量抑制に必要なリアクタンスXをもった直列変圧器 ST_r を介してA、B両ブロックを連系し、Xによる電圧降下IXを調整変圧器 ET_r の二次側に得られる補償電圧 V_c を直列変圧器二次側に印加することによって打ち消すようにしたもので、平常運転時には連系点の見掛けのインピーダンスが小さくなってブロック系統間の自由な電力融通が可能となる。系統事故時には直列変圧器のリアクタンスXにより通過事故電流は抑制されるが、事故除去後は直ちに平常運転時と同様に自由な電力融通が可能となる。

大電源脱落事故により通過応援電力が過大化して健全ブロック系統の安定運転が困難になると予想されるときには、図26に示すしゃ断器を開放して付加リアクトルLを連系回路に直列にそう入し、インピーダンスを大幅に増大して通過電力を抑制する。この場合系統間が非同期状態になっても、高インピーダンスを介しているため電圧、電力の動揺は非常に小さく、事故ブロック側の周波数回復を待って自動的に再同期することができる。

今回納入した装置は66 kV連続通過容量40 MVAである。500 kV用を最終目標とした実用化研究のパイロットプラントであるため500 kV装置となった場合の構想を採り入れた設計となっている。

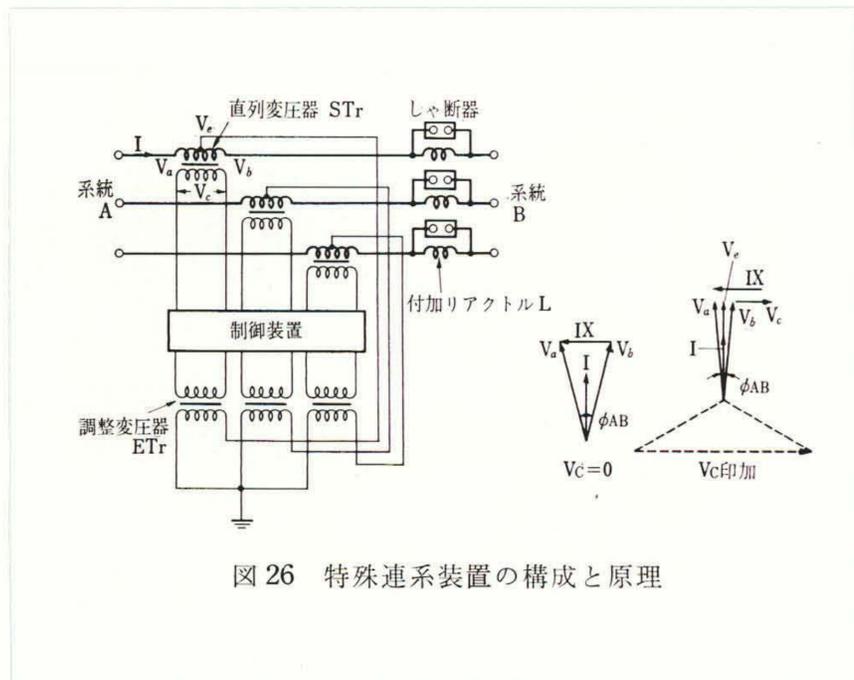


図26 特殊連系装置の構成と原理

製作に先だち小形モデル試験、デジタル計算機による系統計算によりその適用効果を確認した。装置は昭和45年6月より長期実用試験にはいっている。図27はその外観である。

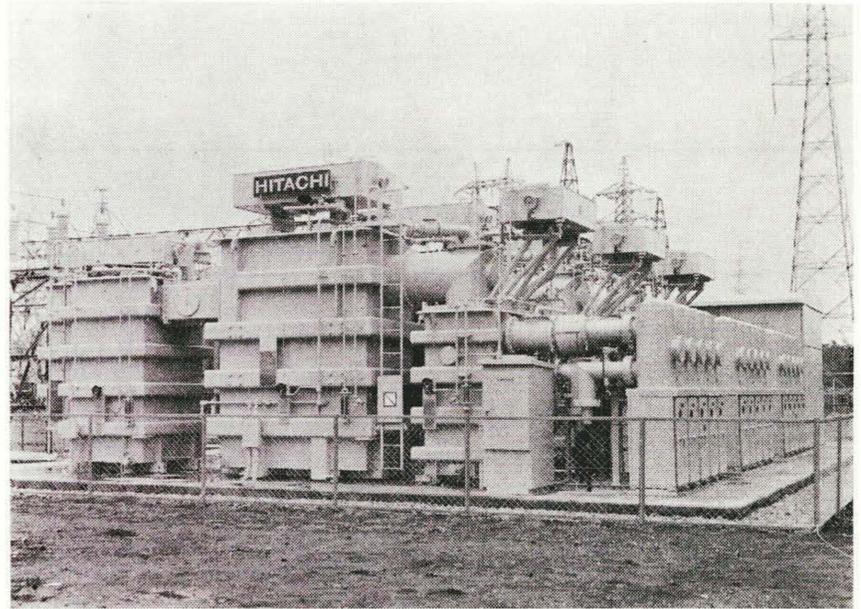


図27 電圧補償式特殊連系装置

東京電力株式会社東東京変電所納
300 MVA 負荷時タップ切換変圧器

日立製作所では、従来円板巻線を標準とし多数の大容量変圧器を製作してきたが、今回新たに円筒巻線を用い、東京電力株式会社東東京変電所に300 MVA変圧器を製作納入した。円筒巻線は大容量2巻線変圧器などですぐれた特長を発揮するため、数年前より広く調査を行ない、材料、構造、性能の研究と、電圧154~500 kV、容量20~90 MVAの多くの実物巻線とモデルを用い、基礎技術の確立に努めてきた。

今回、この成果を300 MVA変圧器に適用することになり、同一仕様の試作器であらかじめ特性を検証した。一次巻線をV接続円筒巻線とし、新設した超大容量円筒巻線機で、あらかじめ乾燥した絶縁物を用い、湿度10%以下の超低湿度室内において、導体を軸方向および半径方向に締め付けつつ巻線することにより、きわめて強固な巻線を製作している。二次および三次巻線は、たて形巻線機による転位電線を用いた接続のない連続円板巻線である。

試作器により、特性試験のほか、常規対地電圧の2倍5分間、1.5倍2時間のコロナ試験および相別に交流、インパルスによる破壊試

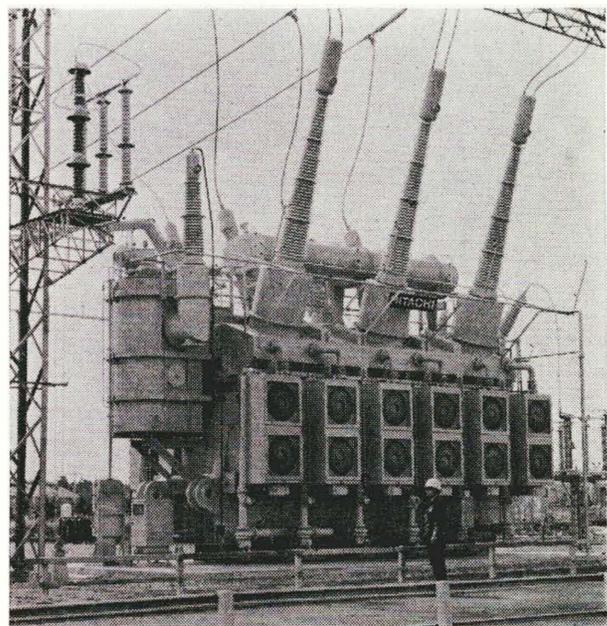


図28 300 MVA 負荷時タップ切換変圧器

験を行なった。その結果、設計値とほとんど等しい破壊値が得られ、設計製作技術が安定していることを立証した。本器の完成により、超大容量級円筒巻線製作技術が確立し、今後、円板巻線と使い分けることにより、より信頼度の高い変圧器製作が可能となった。現在、引き続き東京変電所 300 MVA (追加分) のほか、関西電力株式会社海南発電所 660 MVA、富山共同火力株式会社新港発電所 270 MVA、四国電力株式会社坂出発電所 385 MVA、九州電力株式会社苅田発電所 410 MVA などの大容量変圧器を製作中である。

■ 高電圧大容量しゃ断器および ガス絶縁開閉装置

電力システムの拡大に伴い使用されるしゃ断器も大容量・高性能のものが要求されている。一方地価の高騰、塩害などから機器の超小形、密閉化が必要となっている。これらの動向に対し新しい機器の開発・試作を進めてきたが、昭和 45 年度完成したおもな製品を紹介する。

1. 550 kV 空気しゃ断器

わが国における 550 kV しゃ断器の輸出第 1 号としてカナダ・ブリティッシュ・コロンビア水利電力局に空気しゃ断器 2 台を完成納入した。引き続きアメリカテネシー川流域開発公社から 7 台受注しており、昭和 46 年納入予定である。これらはいずれも ANS (アメリカ規格) に基づいて設計されており、さらに顧客要求による過酷な特殊試験に対してもじゅうぶん検討がなされたものである。

2. 168 kV パッファ形ガスしゃ断器

84 kV~120 kV ガスしゃ断器に引き続き 168 kV パッファ形ガスしゃ断器を開発した。本器は構造簡単で経済的な単一圧力パッファ形の特長を生かした方式で、168 kV、7.5 GVA、1 しゃ断点構成はわが国最初のものでありすでに多数受注製作している。



図 29 550 kV 3,000 A 38 GVA 空気しゃ断器

3. 300 kV 二重圧力形ガスしゃ断器

二重圧力形ガスしゃ断器は高圧の SF₆ ガスをアークに吹き付けて消弧する方式で高電圧大容量しゃ断器に適している。300 kV 25 GVA (50 kA) 定格のガスしゃ断器はしゃ断点数 2 点で構成されている。パッファ形と同様ブッシング CT を内蔵した接地タンク形方式で据付面積は従来の半分以下に縮小できる利点をもっている。

4. ガス絶縁開閉装置

275 kV および 154 kV ガス絶縁開閉装置を製作している。本装置はそれぞれガス絶縁のしゃ断器、断路器、接地開閉器、変流器、計器用変圧器、避雷器などから構成されており、据付面積は 275 kV で従来形の 6%、154 kV で 8% 縮小されている。

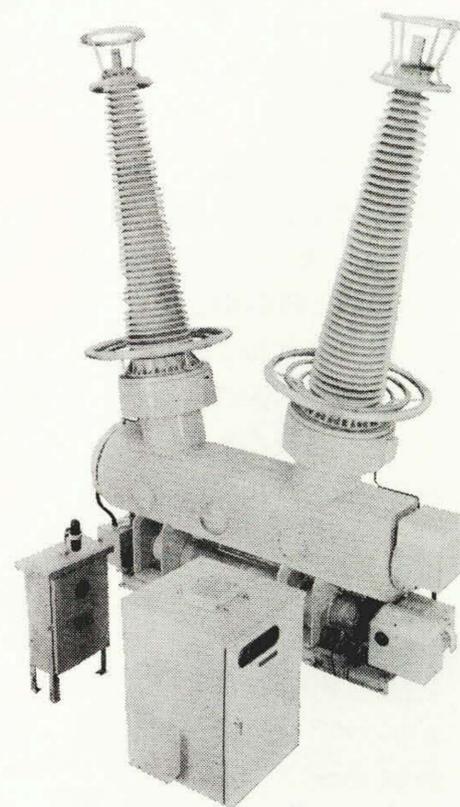


図 30 300 kV 4,000 A 25 GVA ガスしゃ断器

■ 真空しゃ断器および 22 kV 固体絶縁 メタルクラッド

1. 真空しゃ断器

真空しゃ断器は小形・軽量・長寿命であり、保守点検に省力化が図られている。また一部電力会社で配電変電所用しゃ断器として全面的に採用されたので需要が急増した。7.2 kV 150~250 MVA 級は定格電流 600~2,000 A がシリーズ化されている。

車両用としては 3 年間にわたる実車試験の結果、従来の空気しゃ断器に代わり交流電気機関車に真空しゃ断器が採用され、鹿児島本線用として日本国有鉄道に納入された。

真空しゃ断器の大容量化に対処して、一点あたり 36 kV 1,600 MVA という大容量の真空バルブを開発した。本品はセラミックバルブ、特殊電極、高温脱ガスなどによって得られた世界最大級の容量をもつものである。

24 kV 1,200 A 1,000 MVA 固体絶縁方式真空しゃ断器を開発し、23 kV 特高メタルクラッドに収納し、株式会社神戸製鋼所、営団地下鉄、日産自動車株式会社へ11台を納入し引き続き製作中である。本器は実用機としての最大容量品であり、固体絶縁方式の採用によって容積は同定格他種しゃ断器の20%という小形品となっている。

2. 22 kV 固体絶縁メタルクラッド

従来の空気絶縁方式に代わり、母線、断路部、しゃ断器などすべての充電部をエポキシ樹脂で絶縁し、その表面を接地層とした完全固体絶縁方式の22 kV 固体絶縁メタルクラッドを開発した。

このような完全固体絶縁方式の採用により、寸法が幅700×奥行900×高さ1.850(mm)と従来形特高キュービクルに比較して、容積で10%、据付面積で16%と超小形化した。

また従来の空気しゃ断器に代わる24 kV 1,200 A 1,000 MVA 電動バネ操作機構の真空しゃ断器の採用、トランジスタ式継電器、直結式ケーブル接続部など、新技術の開発により、保守点検の簡素化、低騒音化、高信頼度化が実行された。

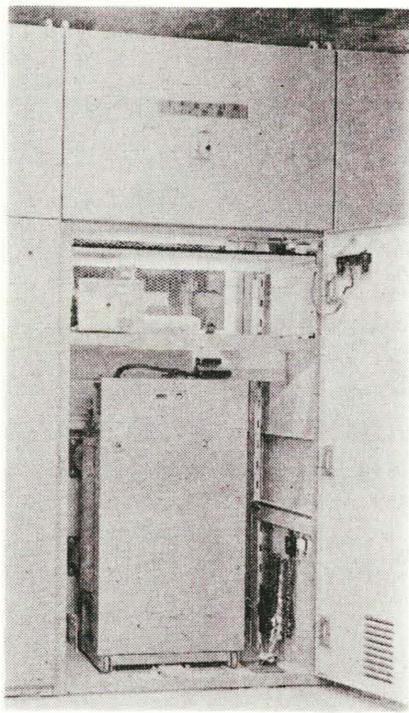


図31 24 kV 1,200 A 1,000 MVA 真空しゃ断器収納キュービクル

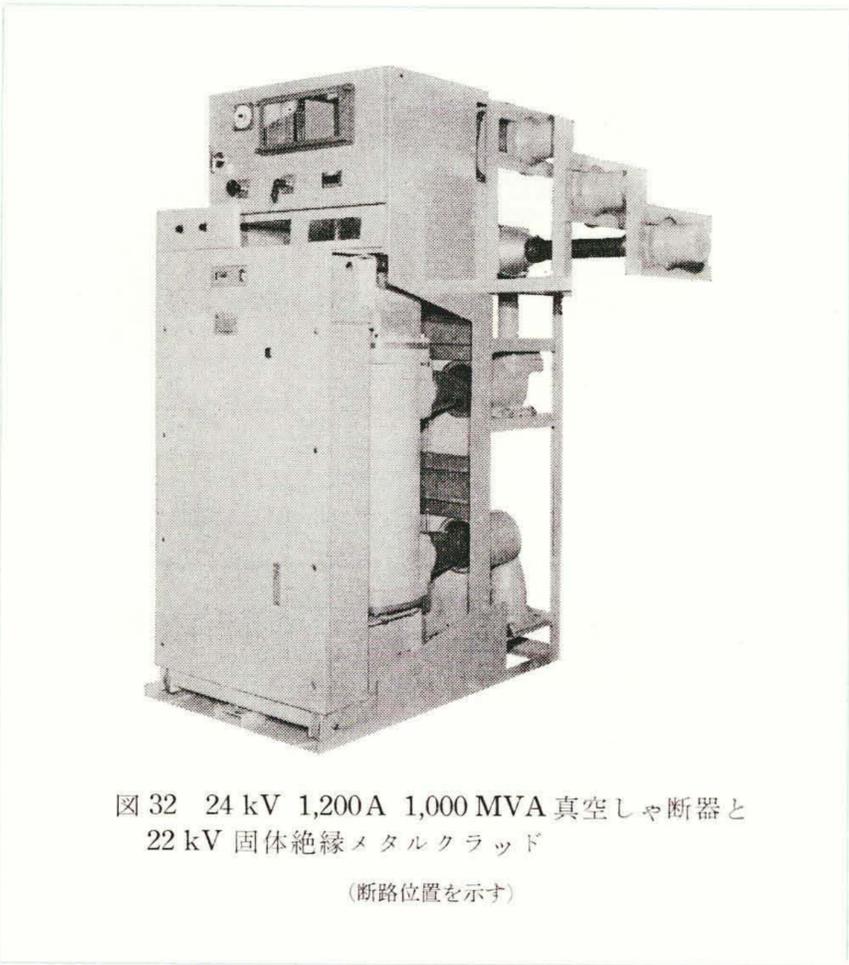


図32 24 kV 1,200 A 1,000 MVA 真空しゃ断器と 22 kV 固体絶縁メタルクラッド (断路位置を示す)

が、現在の装柱機器は混然としており安全、美観上問題があるので、作業の安全性、省力化、信頼度の向上、環境との調和、変圧器の大容量化を主眼とした過密都市架空配電用変圧器を開発した。本機は変圧器ケースに変圧器本体とともに真空開閉器、避雷器などの保護機器を内蔵した柱上変圧器である。

(2) 95°C rise および 75°C rise 油入変圧器の開発

柱上変圧器を小形軽量化、難燃化し装柱条件の緩和と高い安全性を得ることを目的に、高耐熱難燃性薄葉絶縁材料、特殊エナメル線と不燃性絶縁油を組み合わせた95°C rise (F種絶縁) 不燃性油入変圧器を開発した。構造は長期にわたり安定した特性を得るため吸着剤を添加した窒素封入密封形で、6 kV 級単相100 kVA で電気特性を同一として従来品より容積、重量、油量がそれぞれ約68%、80%、37%に小形軽量化した。

多環炭化水素系合成絶縁油と既存のセロルーズ系絶縁紙を組み合わせ75°C rise で使用可能な変圧器を開発した。合成絶縁油は従来の鉱油に比べ耐熱性にすぐれ酸化安定性が良く、スラッジの生成が少ないため変圧器は長期にわたり安定した特性を維持できる。6 kV 級三相100 kVA 変圧器を従来の鉱油入と比較すると容積、重量、油量がそれぞれ約78%、88%、55%に小形軽量化した。

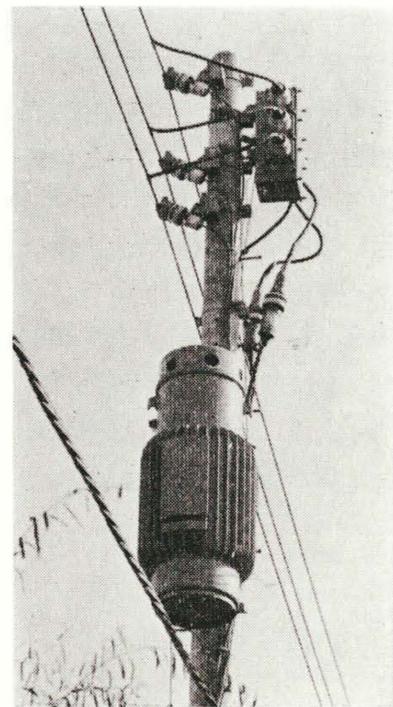


図33 過密都市架空配電変圧器 異容量V結線(50+125)kVA, 6.6 kV/210V-105V



図34 95°C rise 不燃性油入変圧器 単相100 kVA, 6.6 kV/210V-105V

■ 配電近代化機器

(1) 過密都市用架空配電機器の開発

配電系統では将来ともに架空配電が主体を占めると考えられる

500 kV 送電線用超高速保護継電装置の開発

500 kV 送電線用保護継電装置としては、従来の装置に比べ、特に超高速動作および高信頼度が要求される。この要求に応じて超高速位相比較キャリアリレー装置を開発し、昭和45年4月より中部電力株式会社 275 kV 尾鷲幹線でフィールドテストされている。図35は継電装置の外観である。

本装置は各相位相比較マイクロ波キャリアリレー方式である。系統電源条件として片端が非電源になっても応動する。動作時間は従来の3サイクル以内から半波比較方式で1.5サイクル（二重化により両波比較方式で1サイクル）以内に短縮された。また方向比較方式、位相比較方式の協力方式とし、新たに自動監視機能を組み込むことにより高信頼度化を図っている。

さらに、性能向上を旨としたデジタル差電流キャリアリレー方式をあわせて開発した。本装置はパイロットワイヤを用いず差電流特性をもたせるもので、保護区間各端子の電流波形を相互に伝送する手段としてマイクロ波回線を用い、パルス符号変調 (PCM) による通信方式をとったところが従来のリレー方式と異なっている。本装置においても、同期信号を使った自動監視回路を具備し、装置信頼度の向上が図られている。動作時間は2サイクル以内である。

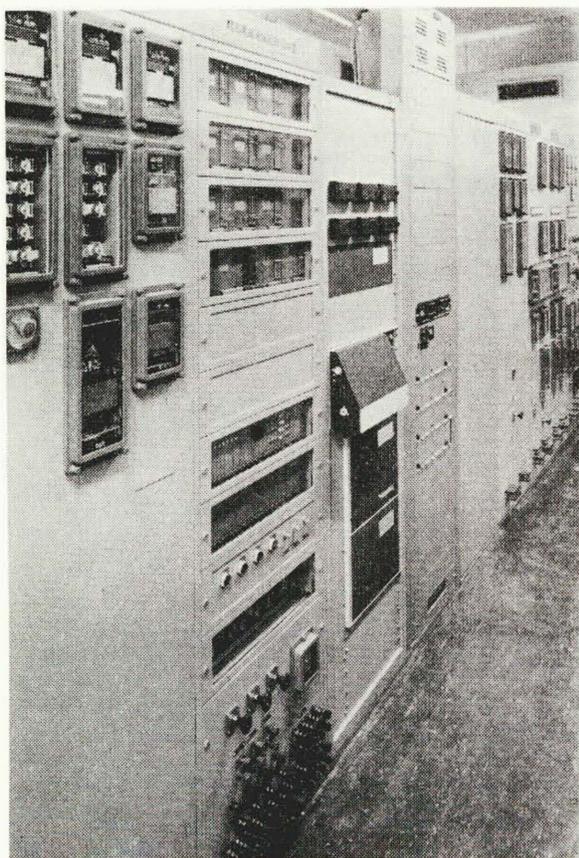


図35 超高速保護継電装置

集中遠方監視制御装置

電力システムシステムでは、制御所から制御する変電所群の数が増加しているが、一方では保守員が減少しているのでシステムの自動化、合理化推進が必須となっている。従来の装置では監視制御の自動化に必要な計算機との結合が困難であり、少数の保守員で制御所から集中制御できる変電所数にもおのずから限界があって、運転制御の合理化が困難であった。そこでこれらの欠点を補って次のような特長をもった新装置を開発した。

- (1) 遠方制御装置は1:N方式で、最大20個所の変電所の集中制御が可能である。
- (2) 遠方制御装置は計算機など関連機器との組合せが容易であ

るうえ、ディスプレイ装置と組み合わせて監視しやすく、小形である。

- (3) 回路をIC化して信頼度を向上し、小形化するとともに、信号伝送のチェックを厳重にし、制御所の共通回路を二重化して、システムの信頼度向上を図っている。

直 流 変 換

周波数変換用 37.5 MW 125 kV 高電圧大容量サイリスタ変換装置

将来の電力需要の急増に対処して大電力の長距離輸送あるいは異周波系統連系に直流送電技術が大きく注目されてきている。ここに使われる「交流」⇄「直流」変換装置には従来水銀整流器が用いられていたが、半導体技術のめざましい発展に伴って世界の各国ではサイリスタ式の変換装置を競って開発中である。日立製作所ではこのたび、機械振興協会の新機械普及促進事業による世界最大容量のサイリスタ式交直流変換装置(37.5 MW 125 kV)を完成した。これは電源開発株式会社佐久間サイリスタ変換装置試験所において東芝製装置と組み合わされるもので、超高压電力研究所をはじめとする8社の研究グループにより実用性能試験が行なわれる。図36は変換装置主回路結線図を示すもので、以下各機器の特長を紹介する。

(1) サイリスタバルブ

図37はサイリスタバルブの外観を示したものである。バルブは2,500V、400Aの素子を192個直列接続して、電磁ゲート変圧器を介して伝達されるゲート信号により一せい点弧する。この電磁ゲート変圧器の製作には、超高压コンデンサプッシングの製作技術を応用し、複雑な電圧分担条件を解決している。またバルブ内には電圧分担用コンデンサ、抵抗器、アノードリアクトルおよび転流振動電圧抑制用ダンピング装置を内蔵し、系統からの異常電圧に対してじゅうぶんな考慮が払われている。

(2) 制御保護装置

制御保護装置はICを主体とした固体論理回路で構成され、サイリスタバルブから要求される高度な動作責務を満足し、かつ多重系で構成して信頼度の高いものとなっている。

制御系は、順変換運転時は定電力制御、逆変換運転時は定余裕角制御を基本とし、系統制御として定電力、潮流反転制御がある。また起動停止制御はバイパスバルブを用いないいわゆるバイパスペア制御方式である。

(3) 主変圧器

主変圧器は特に高調波による損失増加対策、直流絶縁、転流振動電圧抑制対策、鉄心の直流励磁による損失、騒音増加対策、サージ移行電圧抑制対策にじゅうぶんな考慮を払い、信頼度の高いものとなっている。

(4) 直流リアクトル

本リアクトルは可飽和形で、高調波による局部加熱、損失対策、直流磁束のシールド対策にじゅうぶんな考慮が払われている。

(5) 直流変成器類

直流変成器、変流器、絶縁変圧器の製作に際しては特に直流絶縁に対してじゅうぶんな検討を加えている。また直流変成器に関しては直流正負電圧を表示する磁気増幅器方式を開発した。

(6) ラジオ周波ブロック装置

直流変換所の問題点の一つであるラジオノイズ対策としてラジオ

周波ブロック装置を開発し、その減衰効果を50 dB以上とすることができた。

本黒鉛化炉用整流装置は、移動できる台車上に設置して任意の電気炉へ直流電力を供給できる構造を採用している。

また変圧器の負荷時タップ切換器により、反応の全工程を自動運転できる方式を開発した。この間負荷時タップ切換器の励磁巻線電流より得た直流電流と、直流実測電圧より電気炉の直流抵抗を計算し、これを予定プログラム値と常時比較監視し、警報する方式になっている。

次にサイリスタ整流装置には、変圧器に移相巻線を設け多相整流を行ない電源側高調波電流の低減を図っている。そしてサイリスタ素子の制御信号回路は、部品の選定、配線方式などを考慮するとともにノイズ吸収装置によりサイリスタ素子の誤動作がないよう万全を期している。また瞬時停電などの電源じょう乱時の高速度保護に新しい技術の開発、制御回路の標準化により並列運転技術を確立

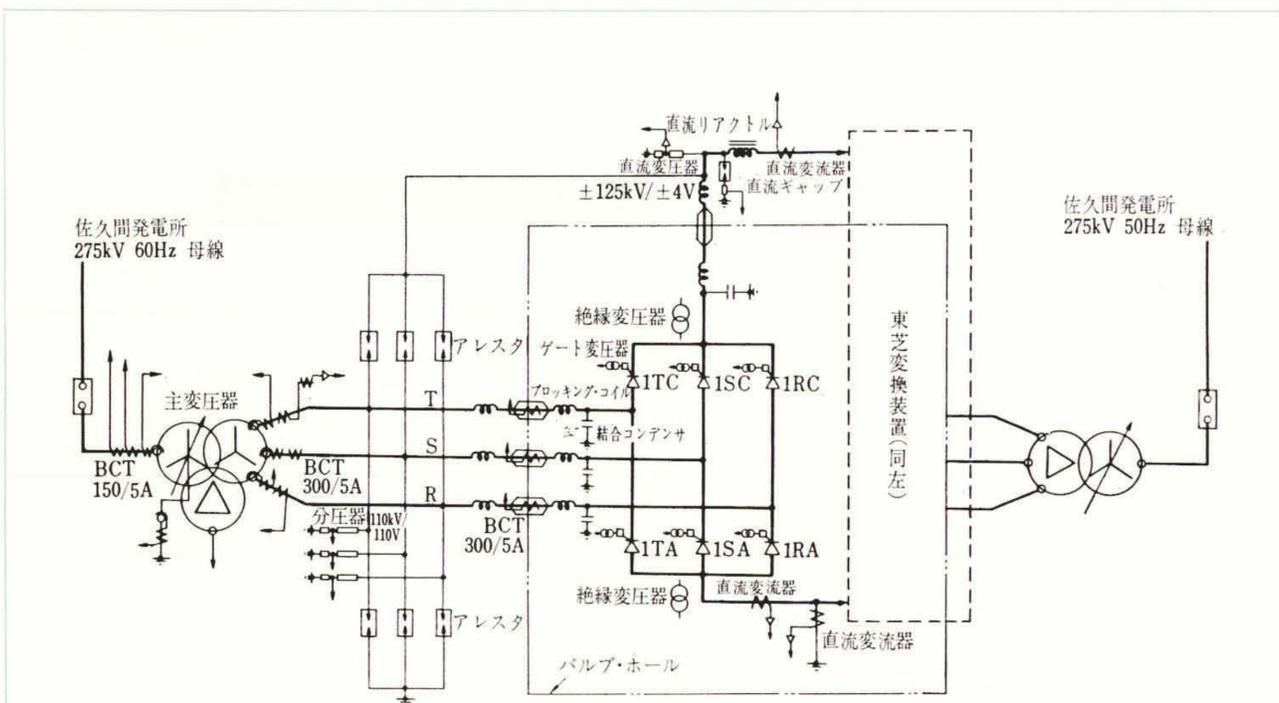


図36 サイリスタ変換装置主回路結線

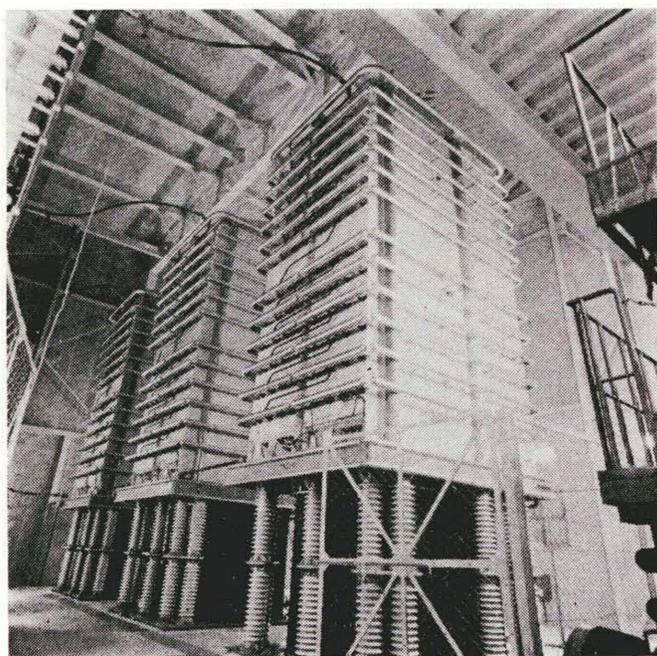


図37 サイリスタバルブ

し信頼性の向上を図っている。

サイリスタキュービクルに対しては、液冷式冷却、大電流量サイリスタ素子の使用により装置の小形軽量化を図るとともに、大電流による強い磁場中においても構造物が局部的に過熱しないような材質や構造を採用している。

この種大電流整流装置に使用する整流素子は、すでに開発されている。500A、800Aシリコン整流素子および400Aサイリスタについて、量産サイリスタとしては、わが国最高の電流容量を有する800A、1,100Vユニットセルタイプを開発した。この素子は、過電流耐量15,000Aで、スイッチング特性は新方式のゲート構造の採用により、スイッチングパワー耐量の増大と、低電圧でのターンオンの性能を良好にしている。

■ 大容量半導体素子とその応用

化学工業用の直流電源装置として、黒鉛化炉用15 MW、100 kAシリコン整流装置、食塩水電解用36 MW、200 kAサイリスタ整流装置およびアルミ電解用としては世界最大容量の114 MW、216 kAサイリスタ装置を製作した。

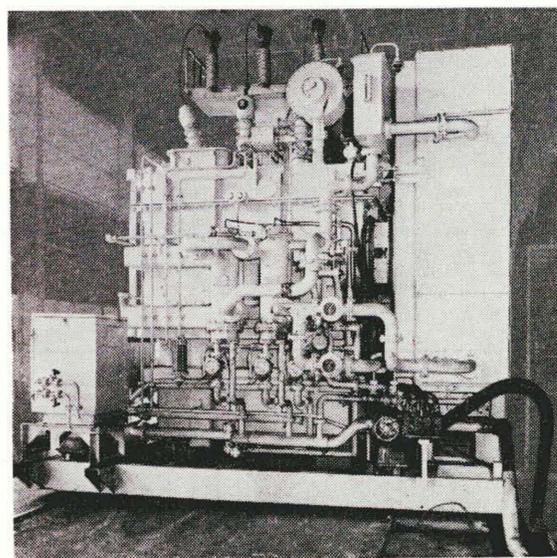


図38 15 MW、100 kA シリコン整流装置