

火力発電所電気システムは3E(Energy Security, Environmental Protection, Economic Growth)との調和を図った火力発電所事業環境の中で，経済性，高性能，サービスを三つの柱としたより付加価値の高い製品，エンジニアリングを供給するため基本に立ち戻った技術革新を行なっている。

これら技術革新の成果として，発電機の冷却方式の適用拡大と大容量化による高効率化および出力密度の向上，デジタルAVR(自動電圧調整装置)とデジタル保護リレーほかのデジタル技術を用いた高機能化および保守性の向上，自発拡散原理を用いた真空遮断器の遮断性能拡大およびコンパクト化，3点支持構造の採用により長尺化および架構の簡素化を実現した改良型IPB^(注1)などがある。

In line with the 3E policy for thermal power plants, which emphasizes Energy security, Environmental protection, and Economic growth, a number of technical innovations have been successfully adopted in electrical systems. These innovations are producing improvements in economy, performance, and customer service.

Toshiba provides a wide variety of high-value-added equipment and engineering services for the electrical systems of thermal power plants.

電力の安定供給，経済性，環境調和

世界的な電力需要の伸びのなかで，火力発電は現在および将来とも電源の主力的役割を果たすと考えられる。火力発電設備を計画する場合には，電力の安定供給のための信頼性確保はもちろん，地球温暖化などの環境問題，発電所建設用地確保などの立地問題，省資源問題，電力コスト低減を旨とした設備合理化などの考慮が必要である。

このようななかで，火力発電所電気システム(囲み記事参照)もこれまでの既存技術の延長ではなく，経済性，高性能，サービスを三つの柱としたより付加価値の高い製品，エンジニアリングを供給するため，基本に立ち戻った技術革新を行なっている。つまり，機器固有の性能については，基本的な設計技術革新，材料革新により出力密度と基本性能を向

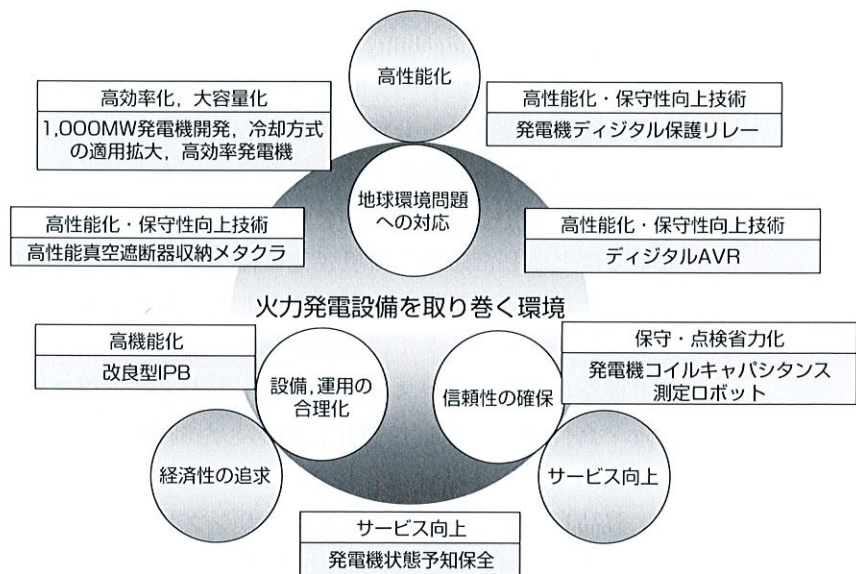


図1. 火力発電所電気システムの技術動向 火力発電設備を取り巻く環境との調和を図りつつ，さまざまな製品，システムの実用化に取り組んでいる。
Technical trends in electrical systems of thermal power plants

上した高性能化，コンパクト化の実現，信頼性と保守性の面からは主にデジタル技術を応用した自己診断機能，冗長化構成の採用，またサー

ビス面においては，これまでのインターバルを基本とした定期点検を余寿命診断，オンライン監視をもとにした状態予知保全，およびライフサ

(注1) IPB：相分離母線

発電機と主変圧器との間をつなぐ3相を別々の箱で閉鎖した母線。

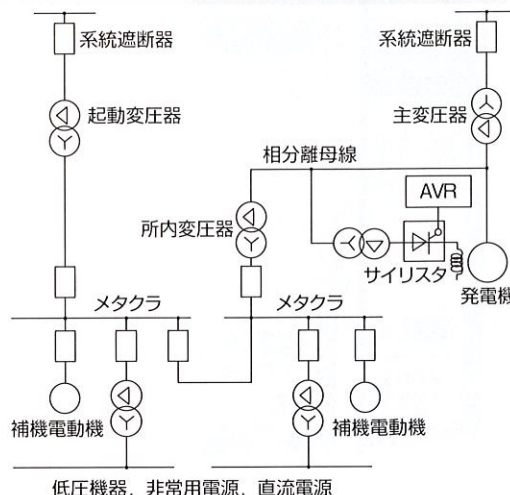
火力発電所電気システム構成

火力発電所電気システムは発電機、励磁装置(AVR)、主変圧器、所内・起動変圧器、高圧閉鎖配電盤(メタクラ)、補機電動機、低圧機器、非常用電源、直流電源などから構成される。

発電機出力は相分離母線、主変圧器を介して系統電圧に昇圧され送電されるとともに、出力の一部は所内変圧器により降圧され発電所の補機電動機を駆動する。また、発電所の起動時、および異常時の電源確保のため起動変圧

器を介した共通電源、および非常用電源設備、直流電源設備を備えている。

電気システムは電力系統において、電圧制御、系統安定化制御を行うとともに、発電プラントにおいては発電機により電気エネルギーへの変換を行うだけでなく、発電プラントの運転状態にかかわらず補機電源の安定供給を行う。



火力発電所電気システムの単線結線図の例

イクルを加味した保全方法に見直すなどの項目が挙げられる。

さらに、エンジニアリングの品質・生産性向上を旨として、システム設計、生産設計、技術計算を統合したCAE(コンピュータ支援によるエンジニアリング)を用いた配電盤エンジニアリング支援システムを開発、実プラント建設に適用しており、技術標準化、効率の向上にも積極的に取り組んでいる(図1)。

増加を続ける発電機出力

図2は、これまでに当社が製作し

た発電機出力の製造年度による推移を示したものである。

事業用火力を中心とした発電機単機容量は電力需要の伸びに応じて年々増加していたが、1970年代に60Hz-800MVA、50Hz-776MVAに達した以降停滞していた。しかし最近では、60Hz地区向けに単機1,120MVAの発電機を製造、また次世代の1,500℃級のコンパインドサイクルは1軸当たりの単機容量は約620MVAになるなど、性能向上のニーズに伴って単機容量が増加する傾向にある。

当社では、最新の解析技術と検証

試験を駆使して、発電機の基本設計技術の革新および材料技術の革新により、これら大容量化、コンパクト化の要求にこたえている(図3)。

デジタル化技術

当社では電気設備の制御、保護のデジタル化を積極的に推進している。

デジタル式AVRは32ビットの専用高速マイクロプロセッサを使用して、高性能・高機能化を達成するとともに、アナログAVRのような可動部がなく、またAVRを待機二

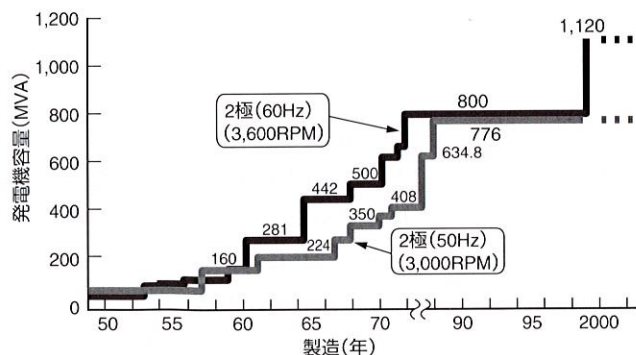


図2. 火力発電所向けタービン発電機の製作容量の推移 当社では数多くの国内記録機を手がけている。

Growth in maximum unit capacity of Toshiba turbine-driven generators

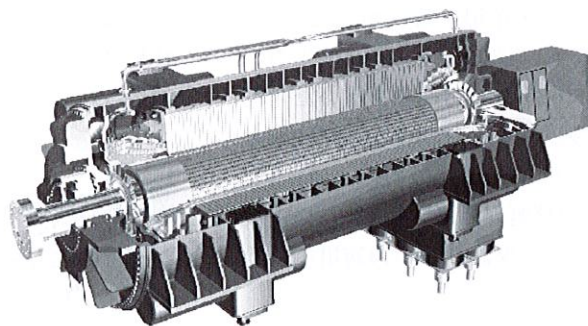


図3. 大容量固定子水冷却発電機 わが国最大容量機である1,120MVA発電機をはじめ13台の800MVA発電機の製作実績などがある。

Large-capacity liquid-cooled generator

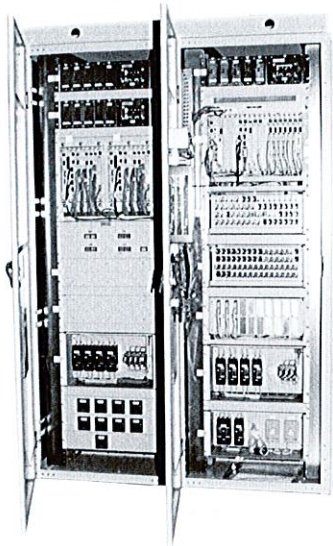


図4. デジタルAVR 32ビットの専用ハードを用い高性能・高機能化を実現した。
Digital automatic voltage regulator (AVR) for large-capacity generator

重化構成とすることにより高い信頼性を実現している(図4)。保守性の面からは、自己診断機能による故障発見、過渡現象記録装置の具備、特性試験項目の簡素化、期間短縮が可能などの特長をもつ。最近では、この32ビットデジタルAVRの特長を最大限に利用して、クロスコンバウンド^(注2)用の発電機2台に共用のAVRを設置するなどの適用例も見られる。

発電機デジタル保護リレーは80年代から適用が開始され、最近の国内の事業用火力では新設プラントの半数以上が採用するに至っている。当社でも、16ビットの第1世代のデジタルリレーハードを用いた発電機保護用リレーを91年に適用以降、98年には第二世代の32ビットCPU(中央演算処理装置)を用いた発電機デジタル保護リレーの適用を開始した。

所内の高圧閉鎖配電盤(メタクラ)



図5. メタクラ用マルチリレー 保護・監視・制御機能を一体化している。
Multifunctional relay for metal-clad switchgear

についても、96年より過負荷、過電流、選択地絡、差動保護および監視・制御機能を統合したデジタル型マルチリレーの適用を開始した(図5)。このリレーはメタクラの保護、監視、制御に必要な機能を一体化しただけでなく、保護機能には自己診断機能がある、調整試験が簡略化できるなどの、信頼性向上、運用・保守面での省力化が実現できる。近年では、このマルチリレーに光伝送の機能を追加し、補機制御のデジタル化対応、および制御ケーブルの削減を達成したプラントも建設されている。

このように、火力発電所電気システムの主要機器の保護、監視、制御は、最新のマイクロプロセッサ技術を駆使したデジタル化が完了しており、今後もプラント、系統全体の協調制御、リモート監視とメンテナンスなどのサービス向上にその適用技術はますます拡大していくものと期待される。

■電気設備の技術革新

最近の火力発電所を取巻く環境に応じ、これまでの技術の延長線上ではない、経済性、機能、性能の向上

を目ざした火力発電所電気設備の技術革新を実施しており、次にこれらの成果の一部を紹介する。

■発電機の大容量化、高効率化

2極タンデム機^(注3)ではわが国最大容量機(記録機)である1,120MVA発電機の開発を終了、現在製造中である。この発電機の設計・製作に際しては、これまでの800MVA機13台をはじめとした豊富な製作・運転実績の十分な反映、十分検証された基本技術のバランスある組合せによる設計の最適化、回転軸の大型化に対して実機大モデルロータの先行試作による信頼性の確認、さらに高効率、コンパクト化、運転性と保守性の向上を基本としている。

■水素冷却タービン発電機の大容量化

従来、中小容量の火力発電所向けタービン発電機には、出力区分に応じて水素冷却、または空気冷却方式が適用されてきた。近年、経済性および環境問題の視点からの発電所単機容量が増大するとともに、市場のオープン化に伴い運用性の高い発電機へのニーズが高まっている。これら状況の下で“シンプルな構成の冷

(注2) クロスコンバウンド

高中圧タービンと発電機Pを同一軸上に配列し、低圧タービンと発電機Sを別の軸上に配列したタービン発電機。

(注3) タンデム機

高中圧タービンと低圧タービンと発電機とを同一軸上に配列したタービン発電機。

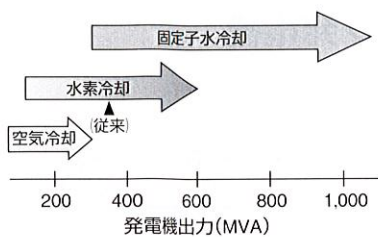


図6. 発電機冷却方式の適用拡大 コンパクト性と高効率を両立させたうえで水素冷却の適用を600MVA級まで拡大した。
Increasing generator unit capacity of various cooling methods

却方式”を達成するために、コンパクト性と高性能を両立させたうえで、中容量機である水素冷却発電機の適用範囲を600MVA級まで拡大した(図6)。

■制御, 保護装置のデジタル化

系統用保護リレーとのハードの共有化を図った第二世代の発電機デジタル保護リレー, 32ビットのデジタルAVR, 保護・計測および制御機能を一体化したメタクラ用のデジタルリレーの適用により, 高機能化, 保守の簡素化を実現した。

また, これらデジタルシステムの多くは二重化構成を採用し, さらに自己診断機能により信頼性向上を図るなどの機能向上を果たしている。

■経済的プラントの追求

自発拡散バルブの採用により大幅に遮断性能向上, コンパクト化を実現した新型閉鎖配電盤(VTZ型メタクラ), 三点指示構造を採用し長尺化, 据付架台の簡素化を可能にした改良型IPBなどによるシステムの合理化, 機器のコンパクト化, および海外調達拡大により合理的な火力プラント設計を提案している。

さらに配電盤CAEシステムをブ

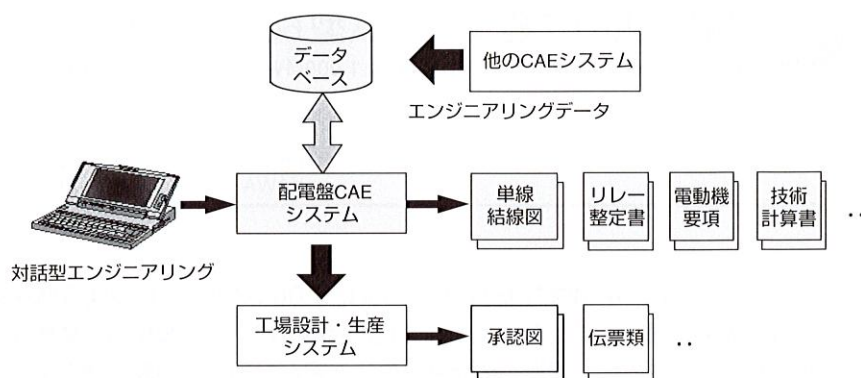


図7. 発電所電気設備のCAEシステム概要 システム設計, 生産設計, 技術計算を統合することによりエンジニアリングの品質と生産性の向上に寄与している。
Computer-aided engineering (CAE) for electrical system

ラント計画に全面適用し, エンジニアリングの品質向上, 効率向上に努めている(図7)。

■状態予知保全

これまで火力発電プラントは, 2年または4年ごとの定期点検時に目視点検, 非破壊検査を主体とした点検を行い, 機器および構成部品の状態量, 劣化度合いを評価, これらデータを基に機器の保守を行っていた。これに対し, 最近の監視技術の進歩により, インターバルベースの保守管理から, 機器の状態量つまりコンディションをベースとした新しい寿命管理手法, いわゆる予知保全が提唱されている。

予知保全とは, 機器の運転履歴, オンラインの監視データおよびオフライン診断のデータを基に機器の劣化, 余寿命診断を行い, このデータに基づいて予防保全プログラムを策定, 適切な時期に保全を行うことでプラントの利用率を向上しようとする方法である。

当社では, これまでの余寿命診断技術, 異常診断機能とオンラインの監視データを組み合わせた状態予知

保全を推進するため, そのコンセプトを含め現在鋭意検討中である。

■21世紀に向けて

以上, 火力発電所電気設備の21世紀に向けての技術革新の一端を紹介した。

大競争時代に直面し, より付加価値の高いエンジニアリング, 製品を供給していくことがメーカーの使命であり, これら技術革新を今後継続的に, かつ加速していく所存である。

今後ともユーザー各位のご指導, ご鞭撻(べんたつ)をお願いする次第である。



中川 眞一
NAKAGAWA Shin-ichi

電力システム社 火力事業部 火力改良保全技術部部長。火力発電所電気設備のシステムエンジニアリング業務に従事。電気学会会員, CIGREワーキンググループ日本代表。
Thermal Power Systems Div.