

運用性と環境の改善を実現する次世代コントローラ TOSMAP-DS™/LX

TOSMAP-DS™/LX Next-Generation Controller for Thermal Power Plants
to Achieve Efficient Operation and Low Environmental Burden

石川 鉄郎 谷 明憲 新田 能之

■ ISHIKAWA Tetsuro ■ TANI Akinori ■ NITTA Yoshiyuki

アジア圏を中心として全世界で火力発電プラントの建設の需要が今もなお増加傾向にあり、特に近年では地球環境保護の観点から、エネルギー資源の高効率利用や火力発電プラントからの排気ガス削減など、環境負荷低減に貢献する運用性改善への要求が強くなってきている。

東芝は、これらの市場ニーズに応えるため、新たに次世代コントローラ TOSMAP-DS™/LXを開発した。このコントローラは、当社の豊富な経験で培った信頼性及び安定性に優れた制御技術と、低コスト化に貢献する汎用技術の融合を開発コンセプトにしている。制御アプリケーションソフトウェアの拡張性にも優れており、運用性改善のために必要となる複雑な制御理論の採用が容易である。また、各種のフィールド伝送に対応しており、様々な機器や設備との接続が容易で、プラントの集中管理及びメンテナンス性の向上を実現している。

Demand is still growing for the construction of thermal power plants throughout the world centering on the Asian region. From the viewpoint of global environmental issues, however, it is necessary to further improve the operation of thermal power plants in order to achieve greater efficiency of their energy utilization and reduction of their environmental burden such as carbon dioxide emissions.

To fulfill these requirements in the global market, Toshiba has developed the TOSMAP-DS™/LX next-generation controller for thermal power plants, which realizes lower cost through the use of common computer technologies in combination with our proprietary technologies. Complex control theories can be easily incorporated into TOSMAP-DS™/LX to improve the overall efficiency of the thermal power plant, due to the expandability of its control application software. Furthermore, TOSMAP-DS™/LX is compatible with multiple field network interfaces, making it possible to accomplish both integrated control and monitoring and maintenance of the entire thermal power plant down to individual field components and devices.

1 まえがき

アジア圏を中心に、電力需要は継続して成長しており、その需要に合わせて火力発電プラントの建設が増加している。このような状況の下、火力発電プラントには、地球環境保護の観点から、石油、石炭、燃料ガスなどエネルギー資源の高効率利用や、二酸化炭素 (CO₂) 及び窒素酸化物 (NO_x) など排気ガスの削減が要求されている。

東芝は、これらの市場ニーズに応えるため、制御システムを多数納入してきた経験で培った信頼性や安定性に優れた制御技術と、汎用技術を融合させることで、火力発電プラント向けの次世代コントローラ TOSMAP-DS™/LXを開発した。

ここでは、TOSMAP-DS™/LXの特長及び技術について述べる。

2 TOSMAP-DS™/LXの特長

今回開発したコントローラ TOSMAP-DS™/LXの外観を図1に示す。従来のTOSMAP-DS™シリーズ⁽¹⁾は基板型のコントローラであったが、図1のようにモジュール化することで



図1. TOSMAP-DS™/LX — 東芝独自の制御技術と汎用技術を融合させることで開発した、火力発電プラント向けの次世代コントローラである。
Controller of TOSMAP-DS™/LX

コンパクトになるとともに、盤への取付けも容易になっており、製造性や保守性に優れた製品である。

2.1 開発の概要

火力発電プラント内に多数存在する、インテリジェント化した現場機器や高機能化したPLC (Programmable Logic Controller) などの外部装置と、制御システムを容易に接続するた

めには、ProfibusやModbusなどの汎用プロトコルを多数サポートする必要がある。それらを容易にサポートするために、TOSMAP-DS_{TM}/LXには汎用オペレーティングシステムであるLinux[®](注1)を採用した。制御システム全体の構成に関しては次節で詳しく述べる。

Linux[®]を採用するにあたり、コントローラのハードウェアにはパソコン(PC)アーキテクチャを適用し、高性能なプロセッサやメモリを搭載して扱えるアプリケーションソフトウェア(以下、アプリケーションと略記)のデータ容量を増大し、火力発電プラントの制御アプリケーションの拡張を容易にした。また、コントローラのハードウェア自体の製造性も向上させており、価格競争力を強化した。

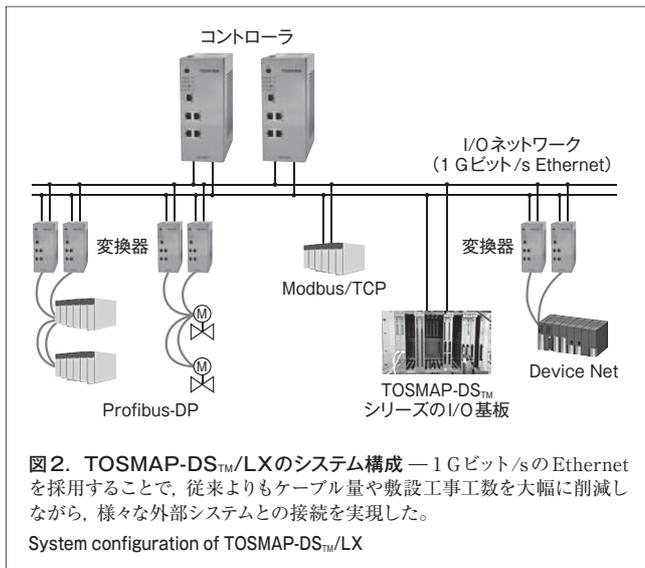
これらの汎用技術をコントローラに採用するにあたり課題となったのが、コントローラのリアルタイム性と信頼性の確保であった⁽²⁾。

リアルタイム性の確保については、社内ソフトウェア開発部門との協力体制の下、標準のLinux[®]を高速化及び最適化し、発電制御に十分な安定したリアルタイム性能を実現した。

信頼性の確保については、TOSMAP-DS_{TM}シリーズでも採用しているコントローラの故障診断機能やメモリのECC(Error Check and Correct)機能などを搭載するとともに、従来はハードウェア専用バスで行っていたコントローラの二重化同期処理をEthernet伝送に置き換えることで、汎用性を確保しながら従来と同等の信頼性を実現した。

2.2 システム構成

TOSMAP-DS_{TM}/LXの標準的なシステム構成を図2に示す。TOSMAP-DS_{TM}/LXでは、I/O(Input/Output)ネットワークに汎用ハードウェアであるEthernetを採用している。



(注1) Linuxは、Linus Torvalds氏の日本及びその他の国における登録商標又は商標。

このI/Oネットワークは1 Gビット/sの大容量データの通信が可能であり、火力発電プラント内に張り巡らすことで、従来よりもケーブル量や敷設工事工数を大幅に削減しながら、様々な外部システムとの接続を実現した。

接続方式をEthernetにしているModbus/TCP(Transmission Control Protocol)などは、外部システムとI/Oネットワークを直接Ethernetで接続することで、外部システム内の監視制御に関わるデータをTOSMAP-DS_{TM}/LX内に取り込むことができる。また、Modbus/TCPをサポートしている他社製のI/Oモジュールとも、Ethernetを介してデータの通信ができるため、リモートI/Oシステムとして他社製I/Oモジュールを利用できる。どちらの場合も、Ethernet以外のデータ通信用ケーブルは不要である。

接続方式をEthernetにしていないProfibus-DPやDevice Netでは、変換器を置くことで各種プロトコルに応じたケーブルとI/Oネットワークの接続を容易にした。特にProfibus-DPでは、現場の電動弁にインテリジェント型電動弁アクチュエータを採用することで、TOSMAP-DS_{TM}/LXと電動弁をProfibus-DP伝送で接続でき、ケーブル量を大幅に削減できる。

今後、市場ニーズや地域性により、サポートすべきプロトコルが多岐にわたることも十分考えられるが、その場合は、変換器内の伝送プロトコル変換をつかさどるファームウェアとハードウェアインタフェースだけを開発することでプロトコルを拡張できるよう、基本設計を行った。

3 運用性向上技術

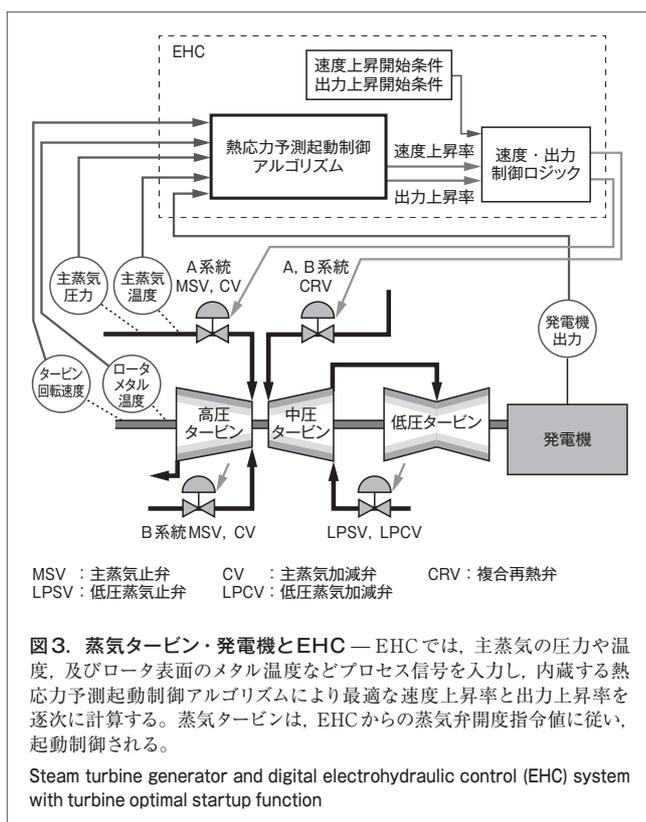
TOSMAP-DS_{TM}/LXの拡張性を利用すると、海外を含めた火力発電プラントで優位性が証明されている、運用性向上のための当社独自の制御アプリケーションを容易に実装できる。以下に、それらが実現する主な運用性向上技術について述べる。

3.1 タービンの最適起動技術

火力発電プラントにおける蒸気タービンの起動制御は、タービン起動時点の高圧タービン第1段の蒸気温度とロータ表面のメタル温度の差(ミスマッチ温度)から、タービンの回転速度や発電機出力の適切な上昇率、及び回転数や出力の保持時間など運転パターンを決定し、これらに従って起動プロセスを順次進行させ定格出力に到達する方法が用いられている。この起動方法では、タービン起動中の変動要因も考慮して、タービンロータに発生する熱応力の予測値が制限範囲に入るよう、十分余裕を持ったスケジュールが選択されるようになっている。

しかし、環境保護の観点から、起動中の燃料消費量やNO_xの排出量を削減する必要があり、また、電力需要に迅速に対応するためにも、蒸気タービンの起動時間短縮が強く求められている。

蒸気タービンの起動時間を短縮するためには、蒸気や熱応



力の状態を起動過程に沿ってモニタリングしながらロータの熱伝達率の推移を逐次予測し、速度と出力の上昇率、回転数の保持時間、及び出力の保持時間をリアルタイムに修正することで起動中の変動要因の影響を回避し、熱応力を制限範囲内に抑えながら起動する必要がある。

これらの内容を実現するために、タービン制御装置 (EHC: Electro-Hydraulic Control) に実装する熱応力予測起動制御アルゴリズムを制御アプリケーションに組み込んでいる⁽³⁾(図3)。

この技術を適用したことにより、北米にあるプラントでは、コールド起動時に起動時間を130分も短縮した。

3.2 アドバンス脱硝制御技術

国内ではNO_x排出量の規制があり、脱硝制御は重要な制御技術の一つである。しかし、ガス中のNO_xと還元剤であるアンモニア (NH₃) の反応遅れや、NO_xを測定するためのガス分析計の遅れ時間など、制御対象には大きなむだ時間が存在し、排出されるNO_x量を安定に制御することは困難である。そこでNO_xの排出量を規制値内に抑えるために、NH₃を過剰注入する傾向にある。

当社は、制御性能と安定性を考慮したアドバンス脱硝制御技術を採用しており、むだ時間を考慮した制御系を構築している。これにより、NO_x排出量を規制値内に保ちながら、NH₃の過剰注入を防止することが可能である。

従来制御とアドバンス制御の制御性を実機で得られたデータを用いて比較した結果を表1に示す。

表1. アドバンス脱硝制御の制御性データ

Results of denitrification using advanced nitrogen oxide (NO_x) removal control technology

項目	制御技術	改善率 (%)		
		従来制御	アドバンス制御	
起動運転	設定値への収束時間 (min)	39	12	69
	誤差面積 (p.u.s)	547	225	59
大きな負荷変化	設定値への収束時間 (min)	27	10.5	61
	誤差面積 (p.u.s)	262	98	63
	オーバーシュートの最大値 (%)	22	11	50

p.u.: per unit

4 あとがき

当社が開発した火力発電プラント向けの次世代コントローラ TOSMAP-DS™/LXは、火力発電プラント向けのコントローラに要求される高信頼性を十分に満たしながら、汎用技術を採用し、多数の外部システムとの接続及び監視制御を実現した。更に、発電プラントの運用性と保守性を向上させるアプリケーションの実装や拡張が容易であり、実際にアプリケーションの適用を開始している。

今後は、発電プラントの運用性や保守性を向上させるアプリケーションをいっそう充実させ、更なる付加価値を創出していく。

文献

- 1) 筧 敦行 他. 汎用技術を駆使した分散型監視制御システム TOSMAP-DS™ “Dynastream”. 東芝レビュー. 55, 6, 2000, p.41-44.
- 2) 小林良岳. Linuxの信頼性・性能向上への取組みと社会インフラ機器への適用. 東芝レビュー. 67, 8, 2012, p.7-10.
- 3) 松本 茂 他. 火力発電プラントの熱応力予測によるタービン最適起動技術. 東芝レビュー. 65, 4, 2010, p.64-67.



石川 鉄郎 ISHIKAWA Tetsuro

電力システム社 火力・水力事業部 火力情報制御技術部主務。火力発電プラント制御システムのエンジニアリング業務に従事。Thermal & Hydro Power Systems & Services Div.



谷 明憲 TANI Akinori

電力システム社 火力・水力事業部 火力情報制御技術部主務。火力発電プラント制御システムのエンジニアリング業務に従事。Thermal & Hydro Power Systems & Services Div.



新田 能之 NITTA Yoshiyuki

電力システム社 府中電力システム工場 電力プラットフォーム開発部主査。発電プラント向け監視制御コントローラ TOSMAP™シリーズの設計・開発に従事。Fuchu Operations-Power Systems