

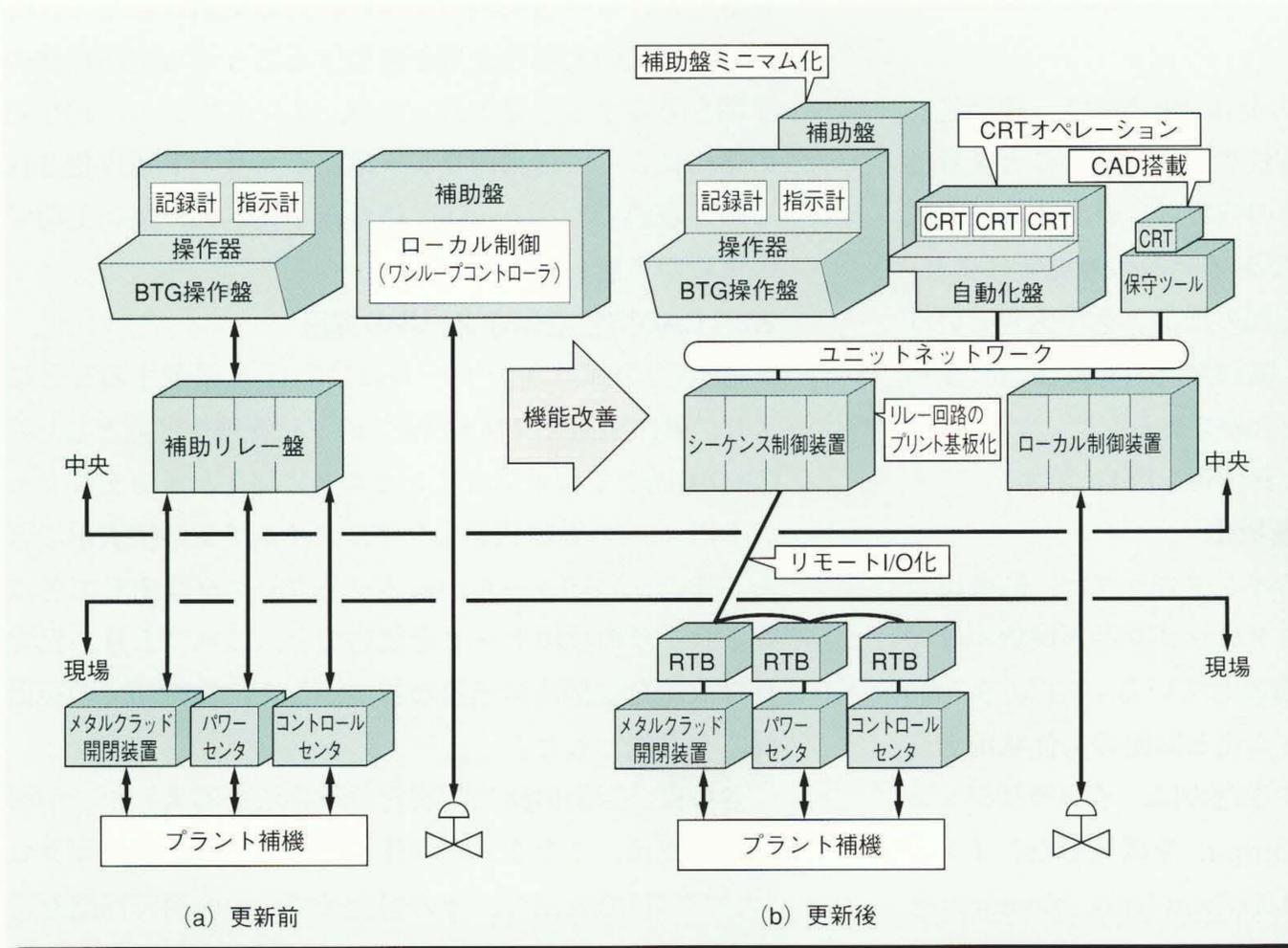
高信頼・次世代監視制御システムの 火力発電所への適用

Latest High-Reliability Supervisory and Control System for Power Stations

木村 亨 Tôru Kimura

深井雅之 Masayuki Fukai

高橋正衛 Shôuei Takahashi



注：略語説明
 BTG (Boiler, Turbine, Generator)
 RTB (Remote Terminal Block)
 I/O (Input and Output)

高信頼・次世代監視制御システム“HIACS-7000”を適用した東京電力株式会社 大井火力発電所2号機制御システムの更新例

監視制御装置の更新では、高信頼・次世代監視制御システム“HIACS-7000”を採用することにより、リモートI/Oやリレー回路のプリント基板化、CRTオペレーションなどを実現し、保守性・操作性・信頼性と経済性を両立させた。

稼働後十数年を経過した火力発電所では、予防保全の見地から、制御装置の更新が計画されるケースがある。この更新は単に既設装置の機能を置き換えるものではなく、保守性・操作性・信頼性の向上を目的とし、最新の情報制御技術を適用して既設機能の改善を図るケースも多い。また、経済性の観点から、更新でのコストミニマム化のために、ケーブル工事や制御装置の合理化も積極的に進められている。

このような更新計画に対応するために監視制御システムを開発し、火力発電所の制御システム更新に適用した。このシステムでは、(1) CRTオペレーション、(2) リレー回路のプリント基板化、(3) リモートI/O (Input and Output)、および (4) CAD搭載型保守ツールの採用により、保守性・操作性・信頼性と経済性を両立させた。

この成果を最新鋭の火力発電所も含めてさらに広く適用するとともに、いっそうの経済性や信頼性の高いシステムの構築を目指してダウンサイジングなどを進めていく。

1 はじめに

電力の安定供給という観点から、火力発電所では、設備稼働後十数年を経過すると、予防保全の見地から制御装置の更新が計画されるケースがある。この更新は、既設設備の機能を単純に置き換えるだけでなく、自動化範囲の拡大や集中監視化による運転員の負担軽減が計画される場合も多い。さらに、ミニマムの設備投資で最大の

効果が引き出せるように、装置とその据付け工事のコストダウンが大きな課題となっている。

このような背景から、日立製作所は、これまで培ってきた高い信頼性を維持しながら経済性を追求する一方、運転員・保守員の負担を軽減できる監視制御システムとして“HIACS-7000 (Hitachi Integrated Autonomic Control System 7000)”を開発し、更新システムとして火力発電所に適用した。

ここでは、HIACS-7000を装置更新に適用した東京電力株式会社大井火力発電所2号機、姉崎火力発電所4号機、および富津火力発電所2号系列について、その適用の概要を述べる。

2 一般事業用発電プラント監視制御システムの更新

東京電力株式会社大井火力発電所2号機は、稼動後27年が経過しており、監視操作性の向上を図ることを目的に設備更新が計画された。その内容は、自動化範囲を拡大し、かつ集中監視が可能なシステムへの更新により、自動化範囲拡大による監視範囲の増加と集中監視という相反する要求を、シーケンス制御機能の導入とCRTオペレーションの採用で実現したものである。

システム更新の基本方針と具体策を図1に示す。

2.1 リレー回路のプリント基板化

従来、補機などを保護するインタロックは、制御用コントローラの故障時にもインタロックや保護機能が確保できるようにリレー回路で構成している。HIACS-7000では、保守点検工数のミニマム化と回路の動作状況を直接見ることができるようになるために、インテリジェントPI/O(Process Input and Output)を開発した。インテリジェントPI/OにCPUとROM(Read-Only Memory)を搭載し、ROMにはインタロック回路や保護回路を内蔵しており、コントローラの故障時でも単独で機能を果たすことができる。インテリジェントPI/Oの動作状況は、保守ツールによってリアルタイムに監視が可能であり、

さらに、インタロック回路の改造時には、保守ツールからのローディングだけで改造が行える。

このインテリジェントPI/Oを採用して既設リレー盤をプリント基板化し、制御装置のコンパクト化を図るとともに、信頼性の向上と保守点検の合理化を実現した。

さらに、この適用例のように、装置更新に際しては既設リレー盤の大幅な改造が発生することから定期点検の工期を考慮する必要があったが、インテリジェントPI/Oの適用によって従来のリレー回路がプリント基板化されるので現地でのリレー盤改造が極小化され、短い工期での更新が可能となった。

2.2 CAD搭載型保守ツールの採用

HIACS-7000の保守ツールにはCADを搭載することにより、製作図面とソフトウェアの一元管理を可能とした。CAD図面上でのオンラインモニタに加え、インテリジェントPI/O内の動作状態もリアルタイムで工学値表示できる。また、保守ツールからネットワークを経由して各コントローラの故障データを収集でき、これにより、保守員は故障発生個所の迅速な特定が行え、短時間での復旧対応を可能とした。

さらに、制御回路に階層化設計手法を導入した。階層化設計では、まとまった機能を一つの大きな機能マクロ(大マクロ)で表記し、その組合せで一つの制御回路を構成する。この制御回路は、要求時以外にはブラックボックス化し、必要なときだけ保守ツールのウィンドウを開いて内容を見ることができる。これは、ソフトウェアの部品化・標準化につながり、ヒューマンエラーの防止を図るとともに、図面の理解しやすさとトラブル時の不適合個所の調査期間の短縮化に大きく貢献している。

このほかに、デジタル制御装置で必ず必要となるアドレス管理や演算順序管理、伝送管理などをすべて保守ツール内で自動管理としたため、ソフトウェアの信頼性向上とソフトウェア管理図面の大幅な削減を実現した。

2.3 リモートI/O化

ケーブル工事の合理化と工期短縮を目的に、制御装置と現場機器間のリモートI/O化を計画した。HIACS-7000では、インテリジェントPI/Oと高速の二重化フィールドLANで接続できるRTB(Remote Terminal Block)を開発した。このRTBでは、フィールドのおおのの信号種別(発信器、熱電対、測温抵抗体など)に対応するように機能をレパートリー化し、これらを混在したまま接続できるほか、伝送速度を変えることにより、伝送距離に応じて選択できるようにしている。

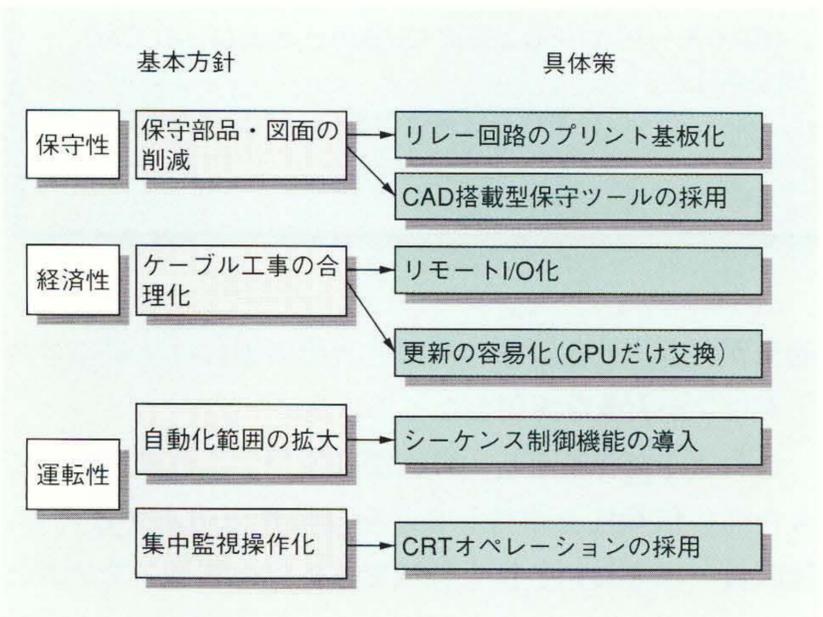
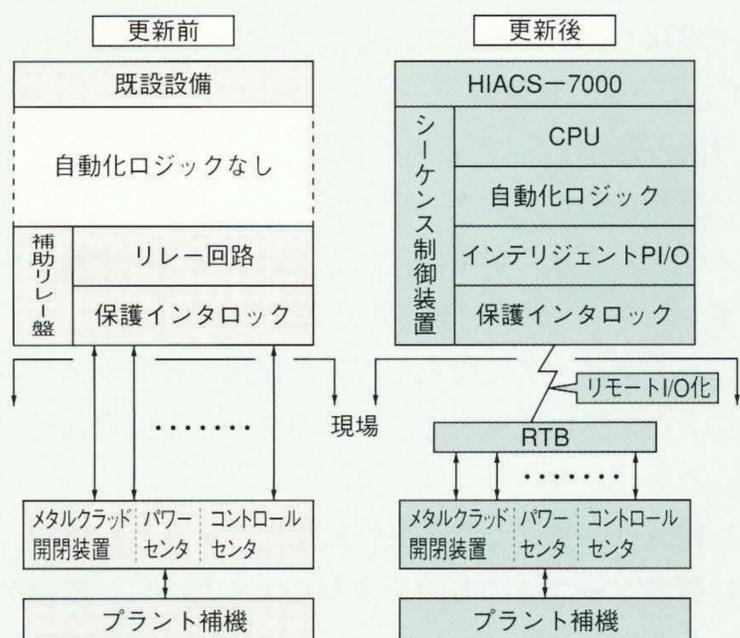


図1 制御システム更新基本方針と具体策

保守性・経済性・運転性の面から、基本方針に添って具体策を決定した。



注：略語説明 RTB (Remote Terminal Block)

図2 インテリジェントPI/OとRTBを採用した更新による合理化

インテリジェントPI/OとRTBの組合せにより、リレー回路とケーブル工士の大幅な合理化が図れる。

インテリジェントPI/OとRTBの適用により、以下のことを実現した(図2参照)。

- (1) RTB盤を現場機器に設置することによる、制御機器室のスペースの有効活用とケーブル工士の合理化
- (2) コントローラ・インテリジェントPI/O盤とRTB盤の筐(きょう)体の分離による、弱電回路からのノイズ源の分離
- (3) RTBをフィールドLANへ追加接続できるようにしたことによる、追加改造の容易化
- (4) RTB盤だけの先納ができるようにしたことによる、ケーブル工士の先行着手と更新工事期間の短縮

このリモートI/Oの適用範囲は、主に現場での機器配置が集中しかつケーブル物量が多い配開装置(メタルクラッド開閉装置・パワーセンタ・コントロールセンタ)と制御装置間である。その結果、約600本のケーブルを

表1 自動化補機とCRTオペレーション範囲

装置更新に伴い、運転性向上のために自動化とCRTオペレーション化を図った。

項目	更新前	更新後
シーケンスマスタ	マスタ自動化なし	7マスタ
ボイラ補機	手動対応	87台 (CRTオペレーション対象: 87台)
タービン補機	手動対応	88台 (CRTオペレーション対象: 86台)

現場でRTBに接続処理し、それ以降の制御装置まではリモートI/O化によって50本の通信ケーブルだけで対応でき、ケーブル物量の削減と工事の大幅な合理化を実現した。

2.4 自動化範囲拡大と集中監視

運転員の負担軽減と省力化を目的に、シーケンス制御装置を導入して手動操作であった補機起動停止の自動化を図った。また、ボイラ・タービン周りのローカル制御はワンループコントローラで制御していたが、中央制御機器室での集中監視制御と保守ツールからのメンテナンスを実現するために、デジタル型のローカル制御装置として更新した。これに伴って追加設置となる操作監視計器については、CRTオペレーション化により、補助盤の縮小化を図った(表1参照)。

また、CRTオペレーションには、小型サーバ「HF-Wシリーズ」を採用した。このサーバは操作性とリアルタイム性に優れ、従来の操作画面や系統図画面からの操作端呼出しとヒストリカルトレンド表示などの標準機能を提供するほか、集中監視性の向上を目的として追加したシーケンスロジックの渋滞監視機能により、ロジック渋滞時の迅速な対応を可能とした。

2.5 制御装置更新の容易化

HIACS-7000では従来システム(HIACS-3000, 5000)のプロセス入出力装置もサポートしており、CPU交換により、同様の保守性と制御監視性を確保した(図3参照)。これにより、既設のプロセス入出力装置を流用すること

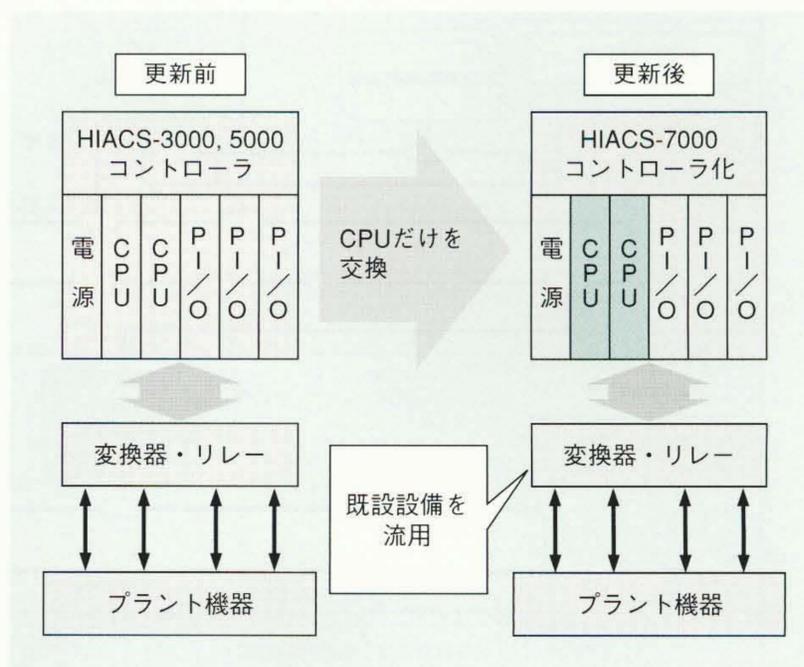


図3 CPUだけの交換による更新の容易化

従来システムのCPU交換だけで、更新後のHIACS-7000システムとの接続を可能にした。

が可能となり、装置の改造やケーブル工事の費用を抑えることで、装置の更新を容易にした。

東京電力株式会社姉崎火力発電所4号機では大井火力発電所2号機と同様に装置更新計画があり、HIACS-7000システムへ更新した。この更新ではすでに一部装置が従来システム(HIACS-3000)へ更新されているものがあり、それら装置についてはCPUだけを更新してHIACS-7000で更新される装置とユニットネットワークで接続し、共通のCAD搭載型保守ツールによるメンテナンスを可能とした。

3

大容量コンバインド発電プラントの監視制御システムの更新

火力発電プラントの監視制御システムの高度化は、エレクトロニクスや伝送システム、マルチメディア技術などの発展に支えられ、大きく進んでいる。運転省力化、合理化、保守性や信頼性の向上などの成果は、新設プラントだけにとどまらず、既設プラントの監視制御システムの更新でも有用である。

今回、東京電力株式会社富津火力発電所2号系列(7軸構成で出力 1,000 MW, 液化天然ガス燃料)では、DLNC(Dry Low NOx Combustor)採用を契機に、監視

制御システムの更新を行った。工期やスペースの制約の中で実現した、特徴的な技術について以下に述べる。

3.1 ニーズと具体策

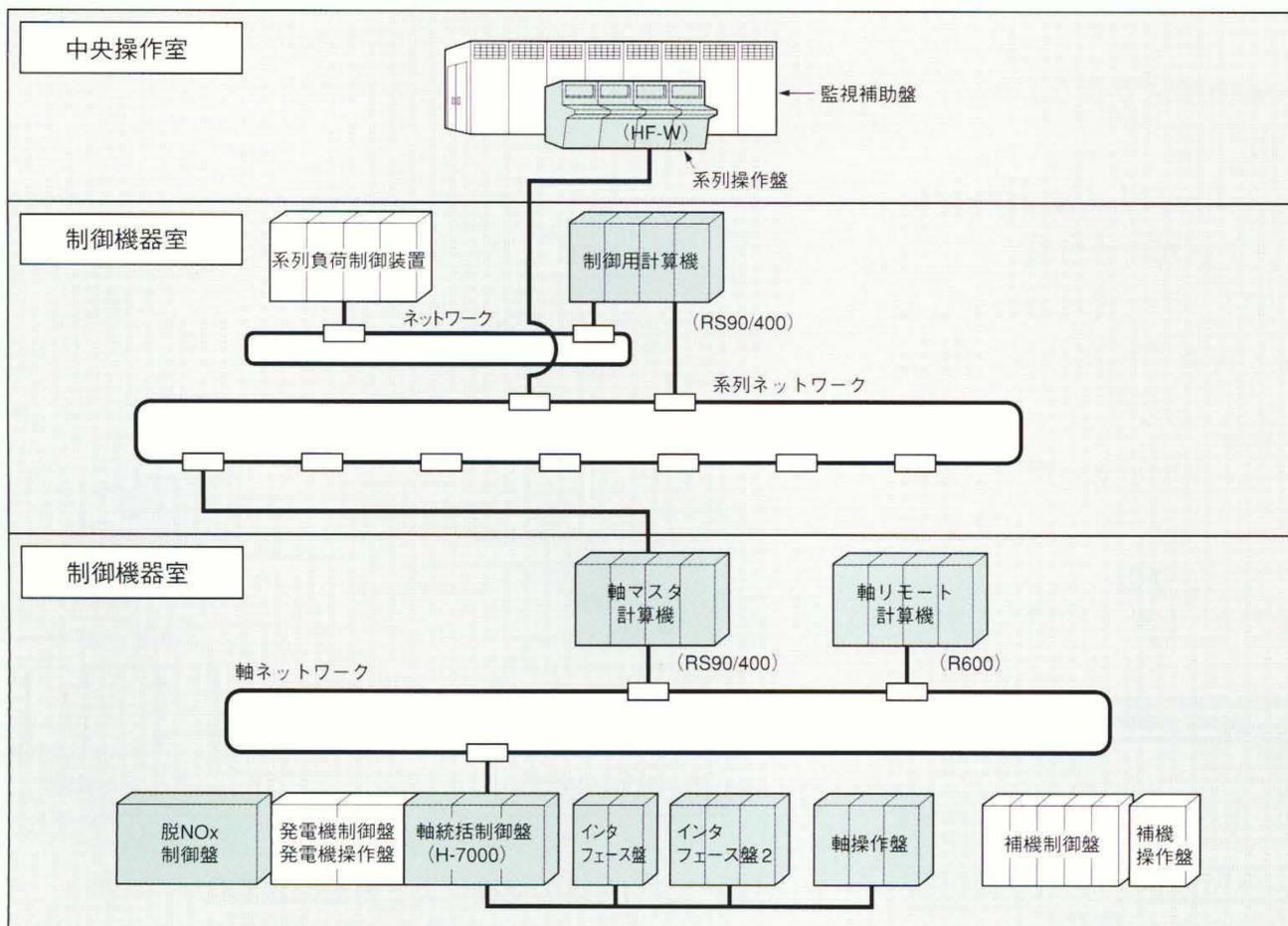
今回の更新作業で特に考慮した点は以下のとおりである。

- (1) 更新前のアナログ、デジタル混在の制御装置を全デジタル化し、集中保守ツールにより、中央操作室からネットワーク経由で保守できるようにした。
- (2) ハードウェアで構成していた保護や警報システムのソフトウェア化を実現し、コンパクト化と保守性向上を図った。
- (3) 保護は三重化とし、高信頼化システムとした。
- (4) 新設ケーブルの布設を少なくするために、既設ケーブルを活用してリモートI/Oを大幅に採用した。
- (5) LCC(Local Control Compartment)での試運転や補修作業を考慮し、フラットディスプレイを設置した。

3.2 システム構成

全体監視制御システム構成と更新範囲を図4に示す。HIACS-7000を核として、系列制御用計算機と軸マスタ計算機はRS90/400、ヒューマンインタフェースはHF-W、系列・軸ネットワークは $\mu\Sigma$ Network-100で構成した。

HIACS-7000を採用することにより、これまで培ってきた信頼性を生かしながら、経済的なシステム構築とプ



注：■ (更新範囲)

図4 全体監視制御システムの構成と更新範囲

HIACS-7000を採用することにより、信頼性を確保しながら経済的なシステム構成とプラント運用性の改善を実現している。

ラント運用性の改善を実現した。

3.3 軸統括制御盤

軸の定検期間である117日の中で、機器の据付けとケーブルの布設、および試運転のすべてを終了させる必要があることから、建屋の改築を不要とすることと、既設ケーブルを最大限に利用することが要求された。このために、ガスタービン、蒸気タービンおよび排熱回収ボイラの制御・保護を一体化し、軸統括制御盤としてまとめるとともに、入出力用のI/OをRTBとし、これを既設盤の位置に設置した。

統括制御盤は、大容量・高速コントローラとインテリジェントPI/Oで構成しており、ガスタービン・蒸気タービン制御および保護は三重系、HRSG(Heat Recovery Steam Generator)制御は二重系である。ガスタービンの燃料流量指令などのように比較的遅い演算周期でよいものはコントローラを、弁開度制御のように高速で演算を行うものはインテリジェントPI/Oと階層化構成をそれぞれ採用している。このインテリジェントPI/Oからの出力は電気油圧変換器を駆動するインタフェースカードに接続され、ここで中央値が選択される。

それぞれの三重系コントローラは非同期に演算を行っているが、経年変化やドリフトによって演算結果がわずかずつ変化して制御の安定性に影響を与えることが懸念されるため、強制タイバック機能を持たせている。

統括制御盤の外観と構成を図5に示す。

ガスタービン・蒸気タービンの制御と保護は三重系、HRSG制御は二重系の構成としている。指令値の演算は

コントローラで、閉ループ制御はインテリジェントPI/Oでそれぞれ行い、弁への指令はIFTB(Interface Terminal Board)で中央値を選択している。

3.4 保護システムの構成

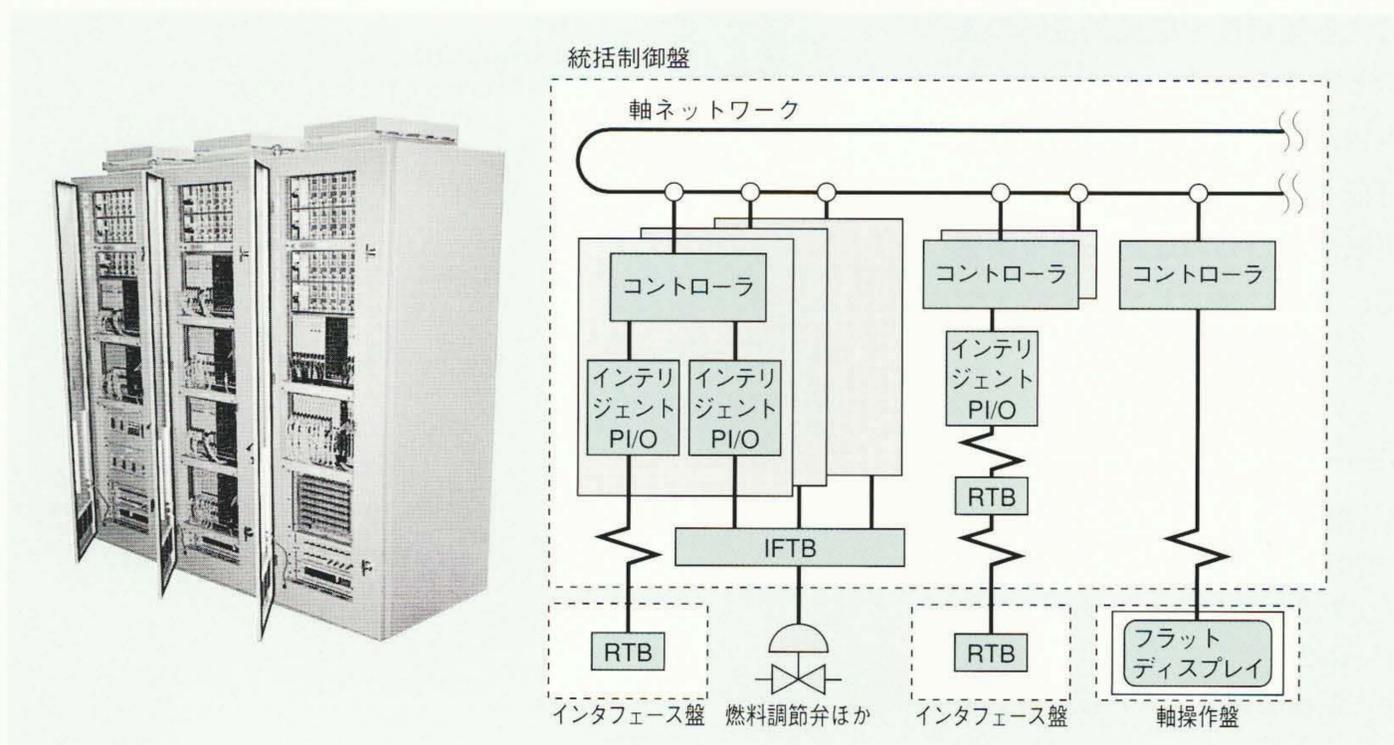
トリップ項目43点を限られたスペースの中でハードワイヤード形式で構成することは困難であることから、すべてにわたってソフトウェア化を図り、統括制御盤の三重系コントローラを制御と兼用して使用することにした。トリップ項目を集約した後、1点DO(Digital Output)を出力し、これによって軸トリップを行わせる方式とした。また、各トリップ項目の誤動作・誤不動作の検出は二重系コントローラで行っている。さらに、三重系のうち二系が停止した場合には主機保護機能喪失と見なし、軸トリップさせる。

このような構成により、専用の盤を設置することなく保護システムを実現することができた。その構成を図6に示す。

3.5 警報システム

保護システムと同様に、限られたスペースの中でDLNC化用に増加した警報項目を効率よく処理するために、次の点に配慮した。

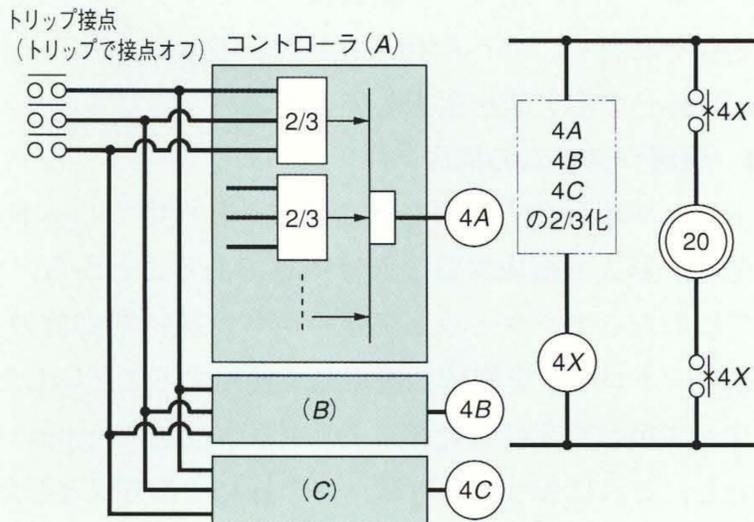
- (1) 全デジタル化とし、警報ロジック、警報窓ごとの集約および再故障の機能を統括制御盤の二重系コントローラで兼用した。
- (2) 軸操作盤に採用したフラットディスプレイに警報窓と個別警報要因を表示することとし、警報窓数を削減した。
- (3) 系列制御用計算機とフラットディスプレイへの警報



注：略語説明
IFTB (Interface Terminal Board)

図5 統括制御盤の外観と構成

統括制御盤は3面から成り、コントローラは用途に応じて三重系・二重系・一重系の冗長化構成とし、インテリジェントPI/Oもあわせて機能分散した。



注：略語説明 2/3(2 out of 3), 20(遮断電磁弁), 4(マスタ信号)

図6 保護システムの構成

常時励磁方式を採用しており、遮断電磁弁は通常励磁されている。トリップ発生時または電源喪失時には、遮断電磁弁は無励磁となり、トリップ油を遮断する。

情報は、すべてネットワーク経由で渡している。

このような構成により、警報システムのための専用盤を不要とした。フラットディスプレイの表示例を図7に示す。

1998年12月15日に初軸が運用開始となり、現在まで順調に運転を継続中である。これまでに、7軸のうち3軸が商用運転となり、1軸が試運転中である。2000年11月には、7軸すべての試運転が完了する予定である。

4 おわりに

ここでは、高信頼性を維持しながら経済性を追求し、さらに運転員・保守員の負担を軽減する火力発電所監視制御システム“HIACS-7000”を適用した装置更新事例について述べた。

今後、発電プラントに対する経済性や環境保全への要求はさらに高度化するものと考えられる。これらに対応するために、監視制御システムは、あらゆるニーズに対応した柔軟なシステム構築を可能とする必要がある。プラントを安全にかつ効率よく運転するための最適な監視制御システムの実現を目指して、さらに努力していく考えである。

参考文献

- 1) 高橋, 外: 高度情報化を目指した火力監視制御システム, 日立評論, 79, 3, 267~270(平9-3)
- 2) 伊藤, 外: 高信頼・次世代総合監視制御システム, 日立評論, 80, 2, 235~240(平10-2)
- 3) 滝田, 外: 最新の火力発電監視制御システム技術, 日立評論, 81, 2, 167~170(平11-2)



図7 フラットディスプレイの警報表示例

警報窓や警報個別要因、運転データなどの各種表示を行うほか、シーケンスマスタの条件無視機能を持つ。

執筆者紹介



木村 亨

1984年日立製作所入社、電力・電機グループ 情報制御システム事業部 制御設計本部 発電制御システム設計部 所属
現在、発電プラント監視制御システムの開発・設計に従事
E-mail: to.kimura@omika.hitachi.co.jp



高橋正衛

1976年日立製作所入社、電力・電機グループ 情報制御システム事業部 制御設計本部 発電制御システム設計部 所属
現在、コンバインドサイクル発電プラント監視制御システムの開発・設計に従事
電気学会会員
E-mail: s.takaha@omika.hitachi.co.jp



深井雅之

1977年日立製作所入社、電力・電機グループ 火力・水力事業部 火力システム部 所属
現在、火力プラントの電気計装システム計画取りまとめに従事
日本機械学会会員
E-mail: m.fukai@cm.hitachi.co.jp