

コンバインドサイクル発電制御システム 柔軟な運用と高い熱効率を実現

Combined Cycle Power Generation Control System

永井 克典 Katsunori Nagai
鈴木 洋之 Hiroshi Suzuki

佐野 智一 Tomokazu Sano
柳田 守治 Moriji Yanagida

田中 三雄 Mitsuo Tanaka
藤田 招 Akira Fujita



図1 大阪ガス株式会社泉北製造所第二工場内の発電所

泉北天然ガス発電所は、大阪ガス株式会社泉北製造所の第一および第二工場に建設中の合計4基の最新鋭ガスタービンコンバインドサイクル方式による約110万kWの発電所である。写真は第二工場内に建設中の発電設備を示す。

火力発電所では環境規制が強化される中、CO₂削減が大きな課題となっており、高効率運用がますます注目されている。電力自由化により、PPS(特定規模電気事業者)として電力売買事業への参入も可能となっているが、厳しい法規制での運用要求もある。このような変化を背景に、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインド発電システムが、独自の負荷運用による柔軟な負荷応答性能と50%超の高い熱効率を実現し、稼働実績を伸ばしている。

日立製作所は、発電監視制御システム「HIACS」を適用し、それぞれの状況や環境に即したコンバインド発電特有の新しい技術を加え、システムの信頼性向上と設備コスト低減を両立する最新鋭コンバインドサイクル発電制御システムを構築している。

1.はじめに

CO₂排出量を考慮し、環境に配慮した運用を導入することは、火力発電所だけでなく、火力電源を主体とするPPS(Power Producer and Supplier:特定規模電気事業者)においても課題となっている。現在、火力発電プラントでは、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインド発電システムが、独自の負荷運用による柔軟な負荷応答性能と50%超の高い熱効率を実現し、これらの要求を満たすものとして稼働実績を伸ばしている。

日立製作所は、コンバインド発電システムの制御に発電監視制御システム「HIACS(Hitachi Integrated Autonomic Control System)」を適用している。プラントの監視操作は高度化が進んでおり、HMI(Human-machine Interface)システムを

用いた集中環境での操作監視が求められる。しかし、プラント全体を一つの制御システムで制御することは難しく、小型付帯設備にはPLC(Programmable Logic Controller)を用いた制御装置が付随するなど、設備制御内容によってさまざまなシステムが混在する。これらをシームレスに統合するためにはネットワーク接続が鍵となり、特にDCS(Distributed Control System:分散制御システム)の基幹ネットワークに多種多様なゲートウェイ装置を用いてデータを集約する方式が主流となってきている。

近年では、プラント内のデータ統合だけでなく、発電プラントと上位給電システムとの接続においても大量のデータ授受が可能になり、より高度なプラント運用の可能性が広がっている。

ここでは、大阪ガス株式会社泉北製造所第二工場内発電所におけるコンバインドシステムのDCSによるシームレスな制御と情報の統合、および高効率なプラント運用の適用について述べる(図1参照)。

2. システムの高度化とコストの両立

前述のようにコンバインド発電における監視制御システムは、システムの高度化に加え、市場価格低下に対応したコストの実現も急務となっている。これらの背景から、従来の主流であった主機ごとの機能分散構成から、システムを統合するDCS化の流れが急速に強まっている。今回、大阪ガス泉北製造所第二工場内発電所向けに開発した大型コンバインドサイクル制御システムにおいても、図2に示す三つのコンセプトによってDCSを適用し、高信頼・高運用性とコストを両立させた。

一つ目は、制御システム構成の単一化である。標準的な出力カードから、SOE(Sequence of Event)カードのような高機能カードまでを単一のアーキテクチャ上に構成し、系統単位分散による制御機器構成を統一することにより、サポートする制御範囲を拡大しつつ、設計、製作コストを低減している。

二つ目は、設計ツールの高度化である。設計ツールにおいてはデータベースによる大規模な設計データの集約、階層設計・オブジェクト指向設計による設計データの自動生成・運用により、大量のデータを扱いながらも、効率的かつ高度な設計が可能となる(図3参照)。

そして三つ目は、サポートネットワークの拡充である。ゲートウェイを介してDCSのネットワーク上に他システムを具現化することで、システムとして実現可能な範囲が大きく拡大する。

3. 他社システムとのシームレスな統合

泉北天然ガス発電所においては、コンバインドシステムの1、2号機を日立製作所が、3、4号機を他社がそれぞれ制御している。これらを一つの発電所として発電設備を統括して運用

することに加え、ガス製造工場内に設置されているガス製造設備と連携する必要があった。

この実現のためには、給電指令システム、ガスタービン制

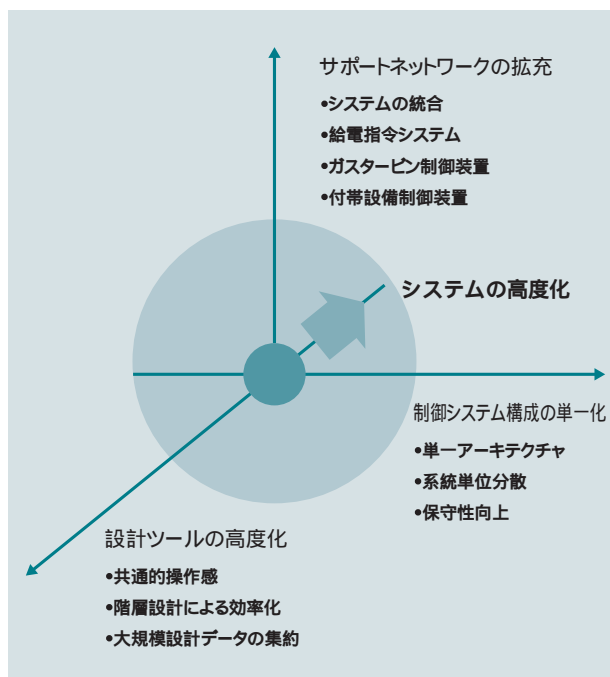
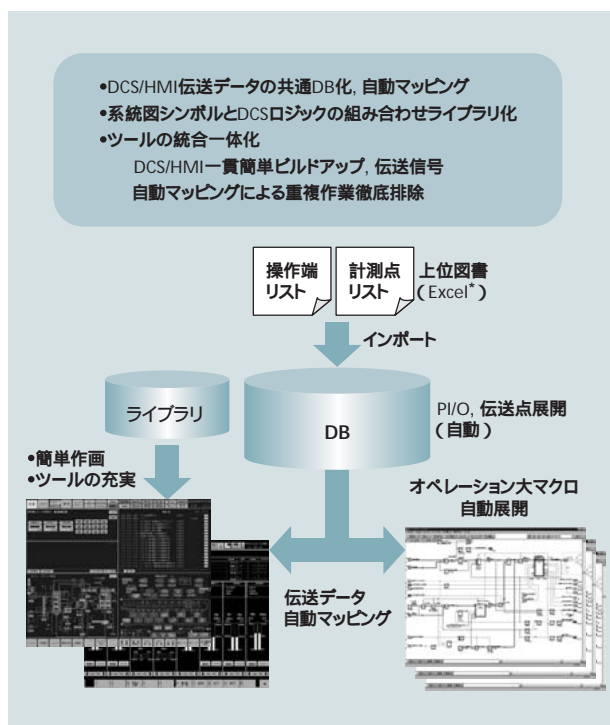


図2 DCS(分散制御システム)適用によるシステムの高度化
制御システム構成の単一化、設計ツールの高度化、サポートネットワークの拡充という三つのコンセプトにより、DCSを適用してシステムの高度化を図った。



注:略語説明ほか DCS(Distributed Control System), HMI(Human-machine Interface), DB(Database), PI/O(Process Input and Output)
* Excelは、米国およびその他の国における米国 Microsoft Corporationの登録商標である。

図3 「HIACS」設計ツールの概念
大規模設計データの集約、階層設計による効率化、設計データの自動生成などにより、効率的かつ高度な設計を可能にする。

御装置、ガス製造システムDCS、プラントの付帯設備など、多様な設備の情報を統括して監視制御することが不可欠である。これらのニーズを満たし、情報を統合するために、「HISEC-04/R700」コントローラに各種通信プロトコルを実装し、DCSネットワーク上で他社の制御システムとシームレスに統合した。

米国GE社(General Electric Company)のガスタービン制御装置「SPEEDTRONIC Mark VI」との接続においては、伝送プロトコルとしてGE社標準のGSM(GEDS Standard Message format)を用い、状態監視、ガスタービン起動停止操作をDCSネットワーク上のオペレータステーションからシームレスに実行することが可能である。水処理設備、排水処理設備などの付帯設備ではPLCを用いて制御されているが、プロトコルは数多くのPLCにおいてサポートされているModbus/TCP(Transmission Control Protocol)¹⁾を用いている。また、給電指令システムとのリンケージでは、三菱電機株式会社製PLCにおいてサポートされている同社のMELSEC²⁾通信プロトコルを実装している。

このように汎用的プロトコルを用いることにより、他社の制御システムとの接続に伴うトラブルを解消した。

4. 統括負荷制御

前述のとおり、各種システムをシームレスに統合したうえで、PPS向けの発電所特有の制御システムを実装した。

従来、事業用発電所では、電力会社の大規模かつ広範囲な運用を行う給電指令システムによって各発電所の発電量を指令していたが、PPS業態においては多数の発電所を抱える例はまれであり、発電所単位での30分同時同量制御が必要となる。これは同時同量制御を行う給電指令システムとの連携を実施しつつ、発電所側では必要数の設備を立ち上げて負荷を分配し、制御するという統括的負荷制御を実現する必要があることを意味する。

この統括負荷制御を実現するため、HIACSを適用したシステムには、一つのR700コントローラに同時同量連携制御機能と負荷分配機能を持たせ、さらに給電指令システムとのゲートウェイ通信機能を組み込んで、複数台のコンバインドシステムをコンパクトなシステムで制御した。

さらに、給電計画に合わせたコンバインドシステムの起動停止を計画実行するために、発電所において給電指令システムから送信されてくる送電計画値に合わせて、複数台のコンバインドシステムの起動停止スケジュールを計算させる機能を開発した。一般に起動停止時間は、プラント状態によって変動するため、将来のプラント状態を予測し、再計算のうえで収束

させるという手法を用いた。各ガスタービンの運転パターンを決定するにあたっては、寿命消費の均一化・起動停止損失低減も踏まえ、手動による優先軸選択機能を採用しているため、さらなる高効率運用が期待できる。

このスケジュール計算操作はオペレータの日常業務となるため、HMIにパラメータ設定を保存しておくコピー機能などを設け、少ない操作で運転できるように工夫している。

5. 集約されたプラント情報の提供と活用

ネットワーク上に集約されたデータは、オペレータステーションを通じてオペレータに提供され、統一されたインタフェースによってプラント全体を俯瞰(ふかん)することが可能である。このため、オペレータは、1台のオペレータステーションで各コンバインドシステムのデータをシームレスに監視・制御することができる。

日立製作所は、多軸コンバインドシステムにおいて、長年培ってきたノウハウによるヒューマンマシン機能とプラント自動起動停止システムを融合することにより、省人力化にも寄与している。オペレータステーションの画面例を図4に示す。

集約されたデータは、計算機サーバシステムによって加工され、日報・月報など、従来のスタイルで提供される。また、環境情報の配信、非常時ガイダンスシステムへのデータ提供機能も装備している。直接的にこれらの制御に関係しないデータについては、接続汎用性、および制御データとの分離の観点から、イーサネット³⁾ネットワーク上で授受する方式とした。

このシステムの導入により、近年のハードディスクの大容量化に伴い、ストレージシステムではデータ数が増大しているにもかかわらず、長期間のデータ収集が可能となった。

3) イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の登録商標である。



図4 オペレータステーションの画面例

オペレータが、1台のオペレータステーションで各コンバインドシステムのデータを監視・制御できるため、省人力化にも寄与している。

1) Modbus/TCPは、Schneider Electric社の商標および登録商標である。

2) MELSECは、三菱電機株式会社の登録商標である。

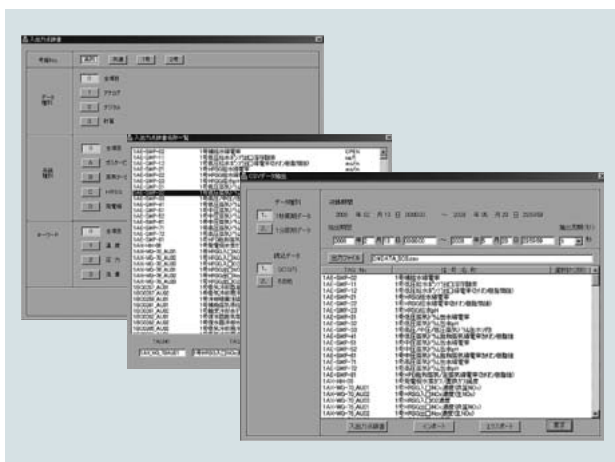


図5 データ収録システム画面の例

データ収録システムは、プラント全体のデータを1秒周期で168時間、1分周期で2か月分を保存することが可能である。

データ収録システムの画面例を図5に示す。このシステムではプラント全体のデータを1秒周期で168時間、1分周期で2か月分を保存することができる。

プラントのさらなる高効率運用のためには、収録したデータの活用が重要であり、活用には際しては運転員、保守員の経験、知識といったナレッジデータベースを構築し、プラントデー

タと組み合わせていく必要があると考える。これらはまだ実現には至っていないが、今後、保守を踏まえた運転員ソリューションを評価・分析し、経年データの分析と高度化ナレッジデータベースの組み合わせによるシステムを提案していく。

今後、設計・提供予定の主なソリューションは以下のとおりである。

- (1) 設備管理・保守ソリューション
- (2) 高効率・高度化運転ソリューション

6. おわりに

ここでは、大阪ガス株式会社泉北製造所第二工場内発電所におけるコンバインドシステムのDCSによるシームレスな制御と情報の統合、および高効率なプラント運用の適用について述べた。

日立グループは、今後も、プラント全体のさらなる情報統合と集約されたデータの活用により、運用面まで含めたプラント高効率化に寄与していく考えである。

参考文献

- 1) 須沢, 外: 発電プラントの総合監視制御システムを適用したH-25ガスタービン制御装置「HIACS-MULTI」, 日立評論, 90, 2, 180~183(2008.2)

執筆者紹介



永井 克典
1997年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 発電制御システム設計部 所属
現在, 発電プラントの制御システムの設計に従事



柳田 守治
1979年日立エンジニアリング株式会社入社, 株式会社日立情報制御ソリューションズ 電力システム本部 発電制御設計部 所属
現在, 発電プラントの制御システムの設計に従事



鈴木 洋之
1998年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 発電制御システム設計部 所属
現在, 発電プラントの制御システムの設計に従事



田中 三雄
1979年日立エンジニアリング株式会社入社, 株式会社日立情報制御ソリューションズ 電力システム本部 発電制御設計部 所属
現在, 発電プラントの電気・計装品の取りまとめに従事



佐野 智一
2006年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 発電制御システム設計部 所属
現在, 発電プラントの制御システムの設計に従事



藤田 招
2004年日立製作所入社, 電力グループ 日立事業所火力プラント設計部 所属
現在, 発電プラントの電気・計装品の取りまとめに従事