

発電プラント向け 新計装制御システムのコンセプト

川上益史*
野村明裕*
古賀靖信*

Concept of New Instrumentation and Control System for Power Plants

Masufumi Kawakami, Akihiro Nomura, Yasunobu Koga

要旨

電力の安定供給は昨今の重要課題であり、電力安定供給に向けて発電プラントの安定稼働、加えて更新工事の工期短縮などが求められている。三菱電機はこれらの課題に対応し、電力の安定供給に貢献するための、機能・性能等を一新した発電プラント向け新計装制御システムの提供を開始した。新計装制御システムは、機能・性能面の向上に加え、従来のシステムとの継承性も考慮した製品としている。次を製品コンセプトに掲げて開発を行った。

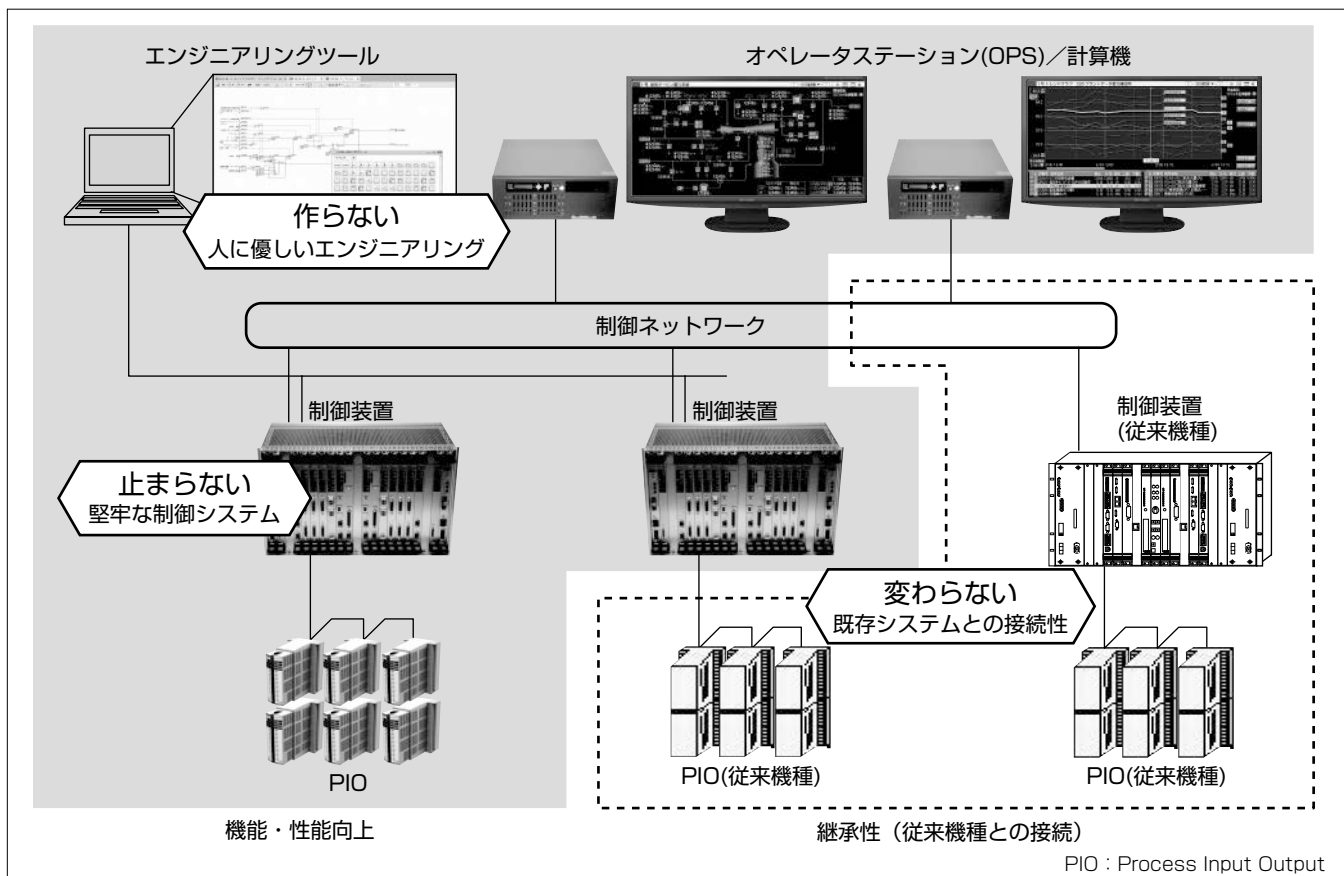
- (1) 止まらない：堅牢(けんろう)な制御システム
- (2) 作らない：人に優しいエンジニアリング
- (3) 変わらない：既存システムとの接続性

電力の安定供給に貢献するため、一過性の異常時にも自己修復を行うことで継続運転を可能とする“止まらない

堅牢な制御システム”を提供する。例えば、半導体の微細化に伴い今後顕在化する可能性のある宇宙線によるSEU (Single Event Upset)発生への対策も徹底的に行った。

発電プラントの建設・更新で、品質確保と工期短縮を両立させるため、機能を高度化した“作らない 人に優しいエンジニアリング”を提供する。また、特に更新工事向けに、様々な組合せで既存システムとの接続を可能とする“変わらない 既存システムとの接続性”を実現した。

新計装制御システムは、共通プラットフォーム“MELHOPE-GRID”をベースに、火力発電、水力発電など、分野ごとに必要な機能をアドオンした上で、各分野に提供していく。



“MELHOPE-GRID”：発電プラント向け新計装制御システムのプラットフォーム

MELHOPE-GRIDは、発電プラントを制御する制御装置、監視・操作のためのOPS/計算機、制御装置や計算機で実行するアプリケーションプログラムを作成するエンジニアリングツールで構成している。MELHOPE-GRIDでは、制御装置、OPS/計算機、エンジニアリングツールの機能・性能を向上させるとともに、従来機種との継承性を確保することで、既設システムの部分更新、既設システムへの増設を容易に実現可能としている。

1. ま え が き

電力の安定供給は昨今の重要課題であり、電力安定供給に向け発電プラントの安定稼働、加えて更新工事の工期短縮などが求められている。当社はこれらの課題に対応し、電力の安定供給に貢献するため、機能・性能等を一新した発電プラント向け新計装制御システムを開発した。

新計装制御システムは、次を製品コンセプトとして開発した。

- (1) 止まらない：堅牢な制御システム
- (2) 作らない：人に優しいエンジニアリング
- (3) 変わらない：既存システムとの接続性

電力の安定供給に貢献するため、一過性の異常時にも自己修復を行うことで継続運転を可能とする“止まらない堅牢な制御システム”を提供する。例えば、半導体の微細化に伴い今後顕在化する可能性のある宇宙線によるSEU発生への対策をすべてのメモリ素子に対して行った。発電プラントの建設・更新で、品質確保と工期短縮を両立させるため、機能を高度化した“作らない 人に優しいエンジニアリング”を提供する。また、特に発電プラントの更新工事向けに、様々な組合せで既存システムとの接続を可能とする“変わらない 既存システムとの接続性”を実現した。

本稿では、新計装制御システムの特長について述べた上で、これらのコンセプトについて詳しく述べる。

2. 新計装制御システムのコンセプト

2.1 機能・性能の向上

2.1.1 制御装置とネットワーク

発電プラントの制御性能に大きく関わる制御装置(図1)とネットワークでは、高性能化・高信頼化を中心に強化を図っている。主な特長を次に示す。

(1) マルチコアプロセッサによる高性能化

制御装置で、プラントの制御プログラムを実行するマイクロプロセッサに最新のマルチコアプロセッサを当社制御装置として初めて採用した。

マルチコアプロセッサの採用によって、制御プログラムの高速な実行が可能となり、今後、複雑・大規模化する発

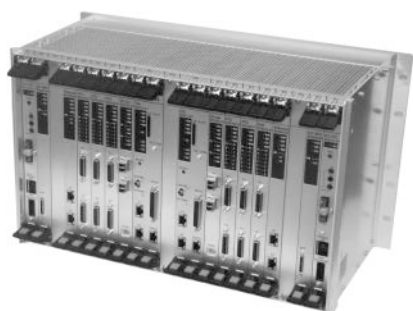


図1. 制御装置

電プラントにも十分に対応可能な性能を確保した。

(2) 一過性異常への耐性強化、高信頼化

ノイズ、静電気、宇宙線等を原因とする一過性異常への耐性を強化した。制御装置内のすべてのメモリ、及び、システムバスに関して、リトライ・リカバリー機能を装備することによって、従来はシステム停止していた一過性の異常時にも正常に動作継続する制御装置を実現した。プラントの安定稼働、電力の安定供給に寄与するものと考えている。

(3) 制御ネットワークの大容量化

制御ネットワークにおけるサイクリック通信の通信容量を従来の2倍に拡張し、ネットワークの大容量化を実現した。これによって、今後、複雑・大規模化する発電プラントにも十分に対応可能とした。

(4) 省スペース化

制御装置内のカード構成の見直し、PIOモジュールのスリム化、周辺機器の小型化・形状見直し、電源系統の見直し等、種々の施策によって制御盤内の実装効率を向上させた。代表的なCPU盤の例では3面から2面への削減を実現した。

結果、必要とする制御盤の面数が大幅に削減され、システムとしての省スペース化を実現した。

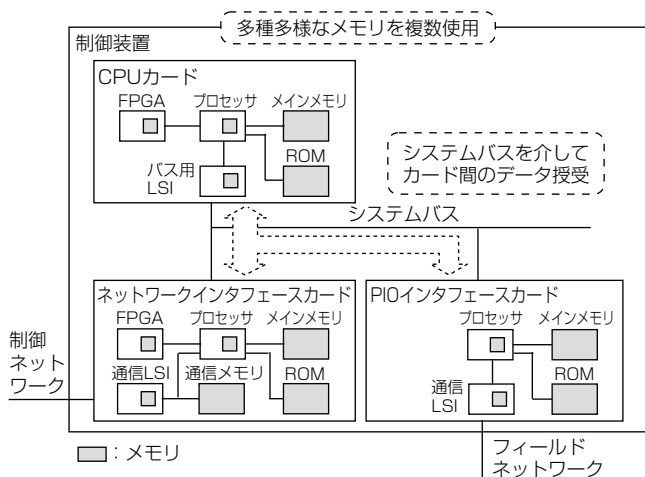
これらの特長のうち、“止まらない 堅牢な制御システム”を実現するための制御装置の高信頼化について、次に詳しく述べる。

2.1.2 止まらない 堅牢な制御システム

電力の安定供給のためには、電力プラントで使用する計装制御システムに関しても停止することなく安定稼働することが必須条件である。電力プラントの安定稼働に向け、新計装制御システムでは、制御装置における一過性異常への耐性を徹底的に強化した。

制御装置のハードウェア構成を図2に示す。

制御装置は、CPUカード、インタフェースカード



FPGA : Field Programmable Gate Array
ROM : Read Only Memory

図2. 制御装置のハードウェア構成

(ネットワークインタフェースカード、PIOインタフェースカードなど)、及び、カード間のデータ授受のためのシステムバスで構成している。新計装制御システムでは、一般的に一過性異常が想定されうるカード内のメモリ素子、及び、システムバスを対象に、一過性異常への耐性を強化した。

メモリ、システムバスそれぞれについての強化内容を次に述べる。

(1) メモリ

図2では、制御装置のハードウェア構成と併せて、制御装置内でのメモリの使用箇所を示している。例えば、制御装置の各カードにはプログラムとワークデータを格納するためのメインメモリが存在する。また、プロセッサ内にはプログラムを高速に実行するためのキャッシュメモリが存在し、ほかにハードウェア回路をプログラムできるFPGA内などにもメモリが存在する。このように、制御装置では多種多様なメモリが複数使用され、必要とされており、一過性異常に対する対策は、すべてのメモリに対して行う必要がある。また、近年の半導体の微細化によって、宇宙線によるメモリ上のデータが反転する現象(SEU)も今後顕在化する可能性があり、メモリに対する耐性強化は重要な課題である。

新計装制御システムでは、制御装置内の様々な部位にある多種多様なすべてのメモリを対象に、一過性異常に対するリカバリー機能を実装し、一過性異常への耐性を向上させた。

使用しているメモリ素子の種類、用途に応じて最適な方法でデータのリカバリーを実現している。一般的な技術であるECC(Error Checking and Correction)による自動修復、CRC(Cyclic Redundancy Check)値/サム値等によるデータ健全性のチェックとエラー検出時の再送などに加え、マイクロプロセッサ内のキャッシュメモリなどの特殊なメモリに関しては、当社独自技術によるデータの修復機能を実装した。メモリの種類・用途に応じて様々な手法を使い分けることによって、すべてのメモリに対してリカバリーを実現している。各メモリの高信頼化の方法を表1に示す。

(2) システムバス

制御装置内のカード間のデータ授受を行うためのシステ

表1. メモリの高信頼化方法

部位	リカバリー方法	ECC	パリティ+再送	CRC・サム値+再送	その他
メインメモリ		○			
プロセッサ	一次キャッシュ				(注1)
	二次キャッシュ	○			
FPGA内メモリ		○	○		
バス用LSI・通信LSI内メモリ		○		○	
その他(通信用メモリなど)		○	○	○	

(注1) ECCなどを付加できないメモリは、当社独自技術によってリカバリー

ムバスについて信頼性を大きく向上させた。システムバスをシリアル化し、ネットワーク技術を導入したことでパケット通信を可能とし、データリンク層でのデータの完全性を保証している(図3)。

具体的には、ノイズなどによる一過性の異常発生時でも、異常の検出、リトライを自動的に行うことで、データのリカバリーを実現した。異常のパターンとしては、データそのものが破壊されるデータエラー、パケットそのものが抜けるパケット抜けの2パターンが想定されるが、どちらの異常に対しても、異常の検出とリトライによるリカバリーを可能としている。システムバスの高信頼化方法を表2に示す。

2.1.3 OPS/計算機、エンジニアリングツール

OPS/計算機、エンジニアリングツールでは、更なる機能性、操作性、エンジニアリング性の向上を図っている。主な特長を次に示す。

(1) エンジニアリング環境の統合

制御装置POL(Problem Oriented Language)と計算機POLのエンジニアリング環境を統合し、統合データベースによってシステム全体の情報を一元管理することで、ツール間の相互連携を強化している。また、ブロック図に制御装置POL部品や計算機POL部品を混在して記述可能としており、装置間の取り合い情報などを統合データベースで共有しながら、ブロック図からPOL図を自動展開できるなど、エンジニアリング性の向上を図っている。

(2) マルチプラットフォーム化

エンジニアリングツールはOS(Operating System)に依存することなく種々のOSで動作可能なマルチプラットフォーム化を実現している。これによって、OPSの警報画面から関連するPOLロジック図を直接表示できるなど、OPSとエンジニアリングツール間の連携強化が可能となり、プラント監視機能の向上を図ることができる。

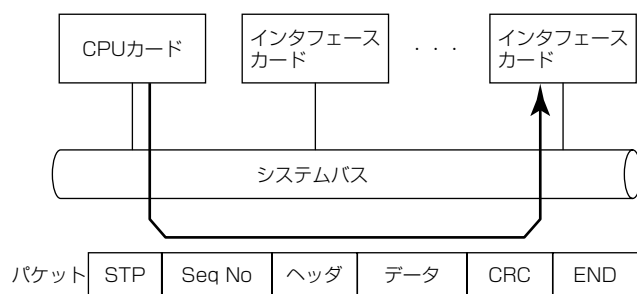


図3. パケット通信を使用したシステムバス

表2. システムバスの高信頼化方法

異常パターン	検出方法	リカバリー方法
データエラー	リンクCRC	受信側からの再送要求による送信側からの再送
パケット抜け	パケットのシーケンス番号監視	受信側からの再送要求による送信側からの再送

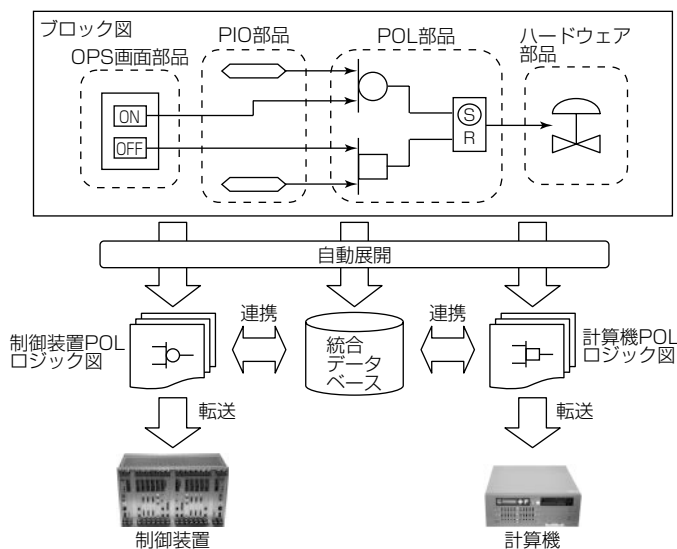


図4. ブロック図からの自動展開

(3) ユニバーサルデザインの全面適用

OPS画面デザインにユニバーサルデザインを全面適用し、視線移動を最短にしたレイアウトや識別しやすいフォント・色使いの採用等によって、操作性・視認性の向上及びヒューマンエラーの防止を図っている。

(4) 充実したエンジニアリング支援機能

パソコン上で制御装置POLの検証を可能とするシミュレーション機能や、従来機種のPOLデータを変換して新計装制御システムのエンジニアリングツールで流用可能とするデータ変換機能など、様々な要求に柔軟に対応する各種のエンジニアリング支援機能をサポートしている。

これらの特長のうち、“作らない 人に優しいエンジニアリング”を実現するためのブロック図からの自動展開機能について、次に詳しく述べる。

2.1.4 作らない 人に優しいエンジニアリング

図4に示すように、ブロック図にOPSの画面部品、PIO部品、制御装置POL部品、計算機POL部品、ハードウェア部品を混在して記述可能としている。今後、各部品に割り付けられた信号のアドレス情報や名称などの定義情報を統合データベースに自動展開する機能、及び、統合データベース内の情報を共有しながら、ブロック図から各POLロジック図へ自動展開する機能のサポートを計画している。

2.2 従来機種からの継承性

2.2.1 変わらない 既存システムとの接続性

既存プラントシステムの更新工事では、プラント停止期間を極力短くすることが求められる。そのため、既設システムの設備を最大限に活用しながら、部分的なリプレースや増設を段階的に行い、最終的にシステム全体を更新する。

システムを部分的に更新していく場合、既設のシステムと新設のシステムが混在するため、既設システムとの接続

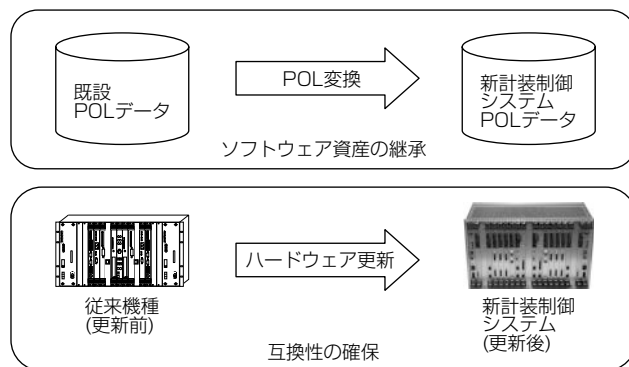


図5. 既設ソフトウェア資産の継承

が必須となる。新計装制御システムでは、ハードウェア・ソフトウェア両面で従来機種からの継承性を確保することによって、多様な更新形態を可能としている。

(1) ハードウェアの継承性

既設システムにおけるシステム構成・ハードウェア構成に応じた更新工事に対応するため、次に示す様々な組合せで従来機種との接続をサポートしている。

① 既設PIOを残した更新

- ・従来型PIOとの接続
- ・従来型PIOと新型PIOの混在

② 既設ネットワークを残した更新

- ・従来型ネットワークとの接続
- ・従来型ネットワークと新型ネットワークの混在

③ カード単位の更新

- ・既設制御装置内で新旧カードの混在

(2) ソフトウェアの継承性

既設システムのソフトウェア資産をそのまま継承する。新計装制御システムの制御装置では、POL命令体系や演算実行アルゴリズムなど、従来機種と互換性のあるアーキテクチャを踏襲している。そのため、既設システムの更新工事で、ユーザーは実績のある従来機種の既設POLデータを新計装制御システムのPOLデータへ変換するだけでそのまま流用することができ、従来機種で構築された高い品質を継承して、更新工事の工期短縮を図ることができる(図5)。

3. む す び

発電プラント向け新計装制御システムのコンセプトについて述べた。一過性の異常への耐性強化・高信頼化、人に優しいOPS/計算機、エンジニアリングツール、既存システムとの継承性の確保等によって、発電プラントの安定稼働、更新工事の工期短縮等を実現し、電力の安定供給に貢献できるものと考えている。

当社は、今後も電力の安定供給に向け、計装制御システムの技術開発に取り組んでいく。