

# マイクロコンピュータの電力事業への応用

## Recent Trends of Microcomputer Application to Power Plants and Systems

マイクロプロセッサやマイクロコンピュータは、電力事業の各技術分野でもエネルギー事情や需要の増大と変動などへの対応策の中で応用開発が活発に行なわれている。火力発電設備ではタービン、ボイラなど主機の制御装置に、原子力発電設備では稼働率と安全性の向上に関する各種装置の自動化に、水力発電設備ではピークロードに対応する各装置の性能向上に、送変電設備では系統の広域運用をサポートする各種監視、制御、保護装置などに应用され、高度化する発電設備及び送変電設備の機能・性能向上並びに信頼性向上の手段として急速な発展をしている。日立製作所も既に国内国外合わせて約40プラントからこれらの装置を受注し、その大半を既に納入してきた。

しかし、エネルギー事情の将来に備えるには、エネルギー源、発電方式及び運用方式の全般にわたり、なおいっそう迅速な技術開発が必要であり、その中でエレクトロニクスはますます重要な使命を担わねばならない。

上田源三\* Ueda Genzō  
 中田 昭\*\* Nakata Akira  
 松村重兵衛\*\* Matsumura Jūbei  
 谷中雅雄\*\*\* Yanaka Masao

### 1 緒 言

1971年に出現したマイクロプロセッサは、'70年代のあらゆる産業に様々な変革をもたらした。電力事業に関する各技術分野でも、早くからその応用研究と実用化への慎重な実証試験が進められ、幾多の新技术・新製品が開発され、既に実用に供されているものも少なくない。更に'80年代は、これらの成果の全面的実用化時代となるであろう。

この論文では我が国の電力事業が直面する諸問題のうち、火力・原子力・水力・送変電の各分野でのマイクロコンピュータを活用した対応策を総括的に考察し、併せて日立製作所がこの分野で開発した新技术、新製品の全容について紹介する。

### 2 電力とマイクロコンピュータ

エネルギー需要の継続的増大とエネルギー資源の諸問題との矛盾を解決し、文化・経済の安定成長を維持するため、その総需要の約30%を占める電力の確保は重要な課題であり、新エネルギー開発、多種エネルギー源の有効利用、省エネルギー、エネルギー備蓄などの基本方針のもとに核融合、原子力、石炭火力、LNG(液化天然ガス)火力、複合サイクル、揚水などの各種発電方式や系統の広域運用などの諸施策が推進されている。

このような背景から、計測・監視・制御のシステムは総合化・広域化と高精度・高速応答及び高度・多機能化へと多次元的发展が必要である。また、このようなシステムの大規模化と複雑化に伴いシステムの信頼性向上、事故の局限化と復旧の迅速化はいっそう重要な課題となる。

マイクロプロセッサやマイクロコンピュータが従来のコンポーネントと異なる点は、集積度が高く高速で書き替え可能な記憶素子を介して作動することであるが、これを適切に活用することにより、上述のニーズに対応できる幾多の有効な解が得られる。すなわち、

- (1) 機能の高度化と自由度の拡張
  - (a) 検出値の経時的処理や非線形的処理

- (b) 制御アルゴリズムの自動的最適化
  - (c) 制御出力の経時的・非線形的処理
  - (d) 表示・警報・記録機能の最適化と様式の改善
  - (2) システムの合理化と自由度の拡張
    - (a) システム・コンポーネントの統一
    - (b) システム規模の自由度
    - (c) 信号伝送方式の自由度と伝送帯域の拡大
  - (3) システム信頼性の向上
    - (a) インテリジェント機能の分散
    - (b) 自己診断機能の充実
    - (c) プロセス診断機能の向上
    - (d) 冗長系の構成
    - (e) 保守ツールのインテリジェント化
- などの諸点で進歩改善が期待される。

このような観点から、日立製作所は拡張性に富む制御用コンピュータHIDIC 80を中核とし、16ビットマイクロコンピュータHIDIC 08を衛星コンピュータとし、更に、8ビットマイクロプロセッサを組み込んだ各種インテリジェント・マイクロコントローラを伝送や端末制御用コンポーネントとしたハイアラキシステムを開発充実してきた。

表1にその主なコンポーネントの概要を示す。また、表2にこれらのコンポーネントを適宜活用して開発された応用システムや装置の例を示す。

### 3 火力発電プラントへの応用

最近の火力発電プラントには中間負荷運用が要求され、頻繁な起動・停止操作及び急激な負荷変化が必要となってきた。更に、燃料の多様化及び自動化の発展に伴い、制御システムはますます高度化、複雑化する趨勢にある。

こうした火力発電プラントの制御装置の構成要素として、従来のアナログ制御装置、電磁リレー及び大形プラントコンピュータに加えて小形の専用化されたマイクロコンピュータ

\* 日立製作所大みか工場 \*\* 日立製作所電力事業本部 \*\*\* 日立製作所日立研究所

表1 電力用マイクロコンピュータの代表例 マイクロコンピュータは、汎用的なものから専用のものまで、多くのレパートリーをもっている。

項目	品名略称	HIDIC 08	IMC	HISEC	SPR5000	DSC
演算機能	方式	16ビット並列	8ビット並列	サイクリック演算	8ビット並列	16ビット並列
	速度	3.5μs(加算)	3.63μs(加算)	2μs(1STEP)	2μs(加算)	3.5μs(加算)
記憶機能	最大容量	64k語	12kバイト	8k語	48kバイト	32k語
	素子	磁気コア	磁気コア	磁気コア ICメモリ	ICメモリ	磁気コア ICメモリ
入出力	種類	アナログ デジタル	アナログ デジタル	デジタル	アナログ デジタル	アナログ デジタル
	規模	大	小	小	中	中
適用		汎用	小規模汎用	シーケンス制御専用	情報伝送	中規模汎用

注：略字説明IMC=Intelligent Microcontroller  
 HISEC=Hitachi Programable Logic Controller  
 SPR5000=Superrol 5000  
 DSC=Digital Sequence Controller

表2 マイクロコンピュータ適用対象 各分野でマイクロコンピュータの適用対象は更に広がっている。

No.	分類	応用システム名	制御内容	コンポーネント
1	火力発電設備	電子油圧式ガバナ	タービン速度制御	HIDIC 08, IMC
2		タービン昇速制御装置	タービン昇速負荷制御	HIDIC 08
3		ボイラ自動制御装置	ボイラ用燃料, 給水他諸量の制御	HIDIC 08+IMC
4		ボイラ温度制御装置	ボイラ蒸気温度制御	HIDIC 08
5		自動バーナ制御装置	油バーナ点火, 消火, 本数制御	HISEC
6		補機シーケンシャル制御装置	補機連動制御	HISEC
7		ABC異常診断装置	電子式ABCの異常診断	HIDIC 08
8		タービン振動監視装置	タービン振動監視	HIDIC 08
9	水力発電設備	水車発電機運転制御装置	水車発電機の起動, 停止, モニタ, 故障検出	HISEC
10		自動運転制御装置	水車発電機の自動運転	IMC
11		適正負荷配分制御装置	発電機負荷の配分制御	IMC
12		開度調整制御装置	ガイドベーン開度制御	IMC
13		無効電力調整制御装置	発電無効電力制御	IMC
14		地上-地下連絡信号伝送装置	地下発電所の遠方監視制御	SPR5000
15	ダム制御装置	ゲート開度自動制御, データロガ	HIDIC 08	
16	原子力発電設備	燃料交換機遠隔自動化システム	位置決め制御, データロガ	HIDIC 08
17		廃棄物処理制御装置	シーケンス制御	HISEC
18		タービン補機制御装置	プロセス計測制御装置	DSC
19		ダスト放射線モニタ制御装置	シーケンス制御, データ処理	HIDIC 08
20	送変電設備	系統安定化制御装置	系統制御, 操作	HIDIC 08
21		自動復旧装置	系統再開路操作	—
22		VQ制御装置	電圧, 無効電力制御	HIDIC 08
23		系統監視表示装置	系統の状態表示	HIDIC 08
24		故障点標定装置	送電線の故障位置の検出	—
25		自動動作記録装置	操作, 状態変化, 電圧などの記録	HIDIC 08
26		送電線保護継電装置	事故区間の系統からの切離し	—
27		脱調検出系統分離装置	脱調の系統への波及防止	—
28		営業所情報伝送装置	変電所情報を営業所に転送	SPR5000
29		遠方監視制御装置	発電所の遠方監視制御	SPR5000
30	多重化CDT	CDTの1:N化, 情報処理	SPR5000	

注：CDT=Cyclic Digital Telemeter

が用いられ始めてきた。

マイクロコンピュータを使った制御装置の特徴は前述のとおりであり、自己診断機能の完備などによる信頼性の向上とあいまって、その応用分野は、

- (1) 従来アナログ制御の分野であった調整制御
- (2) 従来電磁リレーの分野であったシーケンシャル制御
- (3) 従来大形コンピュータ又は電磁リレーの分野であった監視・診断・警報機能

など制御のあらゆる分野に進出している。

表3中に火力発電プラントでのマイクロコンピュータの応用実績を示すが、以下に各装置について簡単に概要を説明する。

### 3.1 電子油圧式ガバナ(デジタル式)<sup>1)</sup>

この装置は、タービンの速度制御を行なうもので、従来は機械油圧式又はアナログ式電子油圧式が用いられていたが、マイクロコンピュータの応用によりデジタル式が可能となった。

大形タービン用としては高圧油圧を使うD-EHG、小形タービン及び給水ポンプタービン用としては低圧油圧を使うL-EHG

が用いられる。D-EHGは完全二重系として信頼度向上を図っており、既に満2年間トラブルなく運転している。

### 3.2 タービン自動起動装置(HITASS SERIES)<sup>2)</sup>

この装置はタービンを自動的に昇速、併列及び負荷上昇・下降(弁切替を含む)する機能をもっており、高圧タービン又は中圧タービンロータの熱応力が所定の制限値を超えないように制御する機能をもっている。

### 3.3 ボイラ自動制御装置(D-ABC)

この装置は約10年ぐらい前からそれまで用いられてきた空気式に代わって制御性能の良い電子式が専ら用いられるようになってきたが、マイクロコンピュータをベースとしたデジタル方式は適応制御、予測制御を容易に取り扱うことができ、負荷変化率の向上などのミドル運用上のニーズに最適の方式である。

### 3.4 自動バーナ制御装置<sup>1)</sup>

この装置はバーナ運転の自動化装置として、新設のボイラにはほとんど使用される状況にあるが、燃料の多様化により要求される制御ロジックの拡張性、及び信頼性、保守性の向

上のニーズにこたえるものとしてマイクロコンピュータを使用した方式が開発され、既に多数の納入、受注実績をもっている。

3.5 その他の応用

その他の応用としては、従来リレーシーケンスを用いていた補機シーケンシャル制御装置への適用、専用の機器異常診断装置としてボイラ自動制御装置(ABC)用異常診断装置<sup>3)</sup>及びタービン振動監視装置がある。

4 原子力発電プラントへの応用

商業用原子力発電プラントは、通常、その計画及び建設に長年月を要すること、安全性・信頼性の管理が特に重要な

ことなどから十分実績のある機器を採用することを重視している。

原子力発電でのマイクロコンピュータの応用は、このような背景から直接的なプラント制御装置よりも、むしろプラント定期点検期間の短縮によるプラント稼働率向上、運転員の放射線被曝低減を目的とした自動化機器にみられる。これらの制御装置の原子力発電での実績をもとに、プラントの自動化、主要制御装置のデジタル化へとその適用が拡大してゆくものと考えられる。

原子力発電でのマイクロコンピュータを応用した自動化機器としては、次に述べるものが挙げられる。

- (1) 燃料交換器の遠隔自動化システム<sup>4)</sup>

表3 マイクロコンピュータ応用製品納入実績 マイクロコンピュータは、電力プラントの各方面の制御装置の中に組み入れられ広く使用されている。

No.	分類	納入先	出力(MW)	応用システム名	制御内容	コンポーネント	納入年月
1	火力発電設備	昭和発電株式会社市原#6	175	電子油圧ガバナ	主タービン速度制御	IMC	1977
2		カナダ・バトルリバー#5	375	"	給水ポンプタービン速度制御	"	1979
3		東北電力株式会社東新潟#2	600	2セット	"	"	製作中
4		某社・火力発電所	-	"	主タービン速度制御	HIDIC 08	"
5		某社・火力発電所	-	2セット	給水ポンプタービン速度制御	IMC	"
6		カナダ・ポプラーリバー#2	300	タービン昇速制御装置	昇速, 負荷制御(熱応力制御)	HIDIC 08	1977
7		イラン・タブリッツ#1	368	"	昇速, 併入, 負荷制御(熱応力制御)	"	1978
8		同上・" #2	368	"	"	"	"
9		関西電力株式会社堺港#5	250	"	昇速, 併入, 初負荷制御(熱応力モニタ)	"	"
10		カナダ・ホリールード#3	150	"	昇速, 併入, 負荷制御(熱応力制御)	"	"
11		大韓民国・牙山#1	350	"	"	"	1979
12		同上・" #2	350	"	"	"	"
13		関西電力株式会社堺港#1	250	"	昇速, 併入, 初負荷制御(熱応力モニタ)	"	製作中
14		中部電力株式会社武豊#1	220	"	"	"	"
15		カナダ・バトルリバー#5	375	"	昇速, 併列, 初負荷制御(熱応力制御)	"	"
16		同上・キープヒル#1	375	"	昇速, 併列, 負荷制御(熱応力制御)	"	"
17		同上・" #2	375	"	"	"	"
18		某社・火力発電所	-	ボイラ自動制御	ボイラ用燃料, 給水他諸量の制御	HIDIC 08 IMC	1978
19		中国電力株式会社玉島#2	350	ボイラ温度制御装置	ボイラ蒸気温度制御	HIDIC 08	製作中
20		キューバ・カルロス・デ・セスベデス#3	169	自動バーナ制御装置	油バーナ点火, 消火制御	HISEC	1977
21		同上・" #4	169	"	"	"	"
22		メキシコ・ガイマス#3	158	"	油バーナ点火, 消火, 本数制御	"	1978
23		同上・" #4	158	"	"	"	"
24		関西電力株式会社尼崎第3#2	156	"	油バーナ点火, 消火制御	"	"
25		大韓民国・牙山#1	350	"	"	"	1979
26		同上・牙山#2	350	"	"	"	"
27		メキシコ・マサトラン#3	300	"	油バーナ点火, 消火, 本数制御	"	製作中
28		北海道電力株式会社苫東厚真#1	350	"	石炭及び油バーナ点火, 消火制御	"	"
29		関西電力株式会社姫路第2#2	325	"	ガスバーナ点火, 消火制御	"	"
30		メキシコ・フランシスコピラ#4	150	"	油バーナ点火, 消火制御	"	"
31		九州電力株式会社豊前#2	500	"	油バーナ点火, 消火本数制御	"	"
32		某社・火力発電所	-	"	"	"	"
33		関西電力株式会社堺港#5	250	"	油及びガスバーナ点火, 消火制御	"	"
34		電源開発株式会社松島#1	500	補機シーケンシャル制御装置	補機連動制御	"	"
35		某社・火力発電所	-	"	"	"	"
36		関西電力株式会社海南#1	450	ABC異常診断装置	電子式ABCの異常診断	HIDIC 08	1977
37	日本原子力発電株式会社東海#2		燃料交換機遠隔自動化システム	位置決め制御データロギング	"	製作中	
38	某社・原子力発電所		廃棄物処理制御装置	シーケンス制御	HISEC	"	
39	同上		タービン補機制御装置	プロセス計測制御	DSC	"	
40	同上		ダスト放射線モニタ制御装置	シーケンス制御, データ処理	HIDIC 08	"	
41	水力発電設備	東京電力株式会社海瀬#1, 2		2,300kVA 水車発電機運転制御装置	水車発電機の起動, 停止, モニタ故障検出	HISEC	1974
42		九州電力株式会社大内原ダム		ダム制御装置	ゲートの自動制御, データログ	HIDIC 08	1977
43		東北電力株式会社神代ダム		"	ゲートの自動制御, データログ	"	1978
44		同上 夏瀬ダム		"	"	"	"
45		九州電力株式会社岩屋戸ダム		"	"	"	製作中
46	送電設備	中部電力株式会社大井川制御所他		自動動作記録装置	電力系統の状態記録	-	1975
47		九州電力株式会社霧島制御所		系統監視制御装置	電力系統の状態監視及び制御	HIDIC 08	1977
48		中国電力株式会社広島給電所		VQ制御装置	電圧, 無効電力制御	"	1978
49		同上 松江変電所		系統安定化制御装置	系統制御操作	"	"
50		東北電力株式会社八戸制御所		遠方監視制御装置	配変遠方監視制御	SPR5000	"
51		九州電力株式会社中央変電所		"	変電所構内遠方監視制御	"	製作中
52		四国電力株式会社坂出営業所		"	営業所から配電・変電の遠方監視制御	"	"
53		同上 丸亀営業所		"	"	"	"
54		同上 観音寺営業所		"	"	"	"
55		同上 今治営業所		"	"	"	"
56		同上 新居浜営業所		"	"	"	"

燃料交換機速度制御，位置決め制御，運転監視及びデータロギング

(2) 原子炉水放射性核種自動分析装置<sup>5)</sup>

原子炉水の自動サンプリングと計測及び核種の自動分析処理

(3) 供用期間中検査機器の自動化装置

原子炉圧力容器，配管などの超音波探傷装置の走行制御及びデータ処理

(4) ダスト放射線モニタ制御装置

ダスト放射線モニタのサンプル弁，汙紙送りの制御及びデータ処理

(5) 原子炉音響振動監視装置

原子炉圧力容器内部の音響信号の自動分析による原子炉診断一方，プラント計装制御への応用としては，マイクロコンピュータを採用したプラント自動化が補助系統から進展中でこの例としては次のものが挙げられる。

(1) 廃棄物処理系制御装置

液体廃棄物処理系の廃液移送のシーケンス制御

(2) タービン補機制御装置

タービン補機(湿分分離器，蒸化器，タービン軸受油系統，ホットウェルなど)のレベル，圧力，温度の直接制御

原子力発電でのマイクロコンピュータの応用は，現在緒についた段階であるが，上記の事例にみるような実績を踏まえ今後急速に拡大してゆくものと考えられる。

5 水力発電プラントへの応用

水力発電プラントは，負荷の変動に対する即応性が優れており，ピーク負荷及び周波数調整用電源として大きな役割を果たしている。特に最近では，火力，原子力発電所の夜間の余剰電力の有効活用など電力系統の安定運用及び経済運用面から大容量揚水発電所の役割はますます大きくなりつつある。したがって，従来に比べて頻繁な起動，停止，きめの細かい制御，緊急時の確実迅速な起動などの要求が高まり，制御システム

の高度化，高信頼化及び保守の省力化が強く叫ばれるようになってきた。これらの要求にこたえるため，マイクロコンピュータが装置の中核として採用されるようになってきた。

このようにマイクロコンピュータ化することにより，

(1) 分散形システム構成が可能かつ現場接点の監視を行ない障害の早期検出による信頼性及び稼働率の向上

(2) 自己診断などの自動監視機能の充実と障害箇所のローカライズ化による運転保守の省力化

(3) 装置間の信号伝送の統一と合理化が実現できる。

水力発電プラントでのマイクロコンピュータの応用装置としては，起動・停止指令に基づいて動作する自動運転制御装置をはじめとし，適正負荷配分制御装置，水位により適正開度とするための開度調整制御装置，無効電力調整制御装置，地上-地下連絡信号伝送装置，ダム制御装置などがある。

6 送変電設備への応用

近年，電源設備の立地難から発電所の偏在や遠隔化に加えて，系統構成面の変貌も著しい中で，電力の安定供給と運用の合理化の課題に対し，電力系統制御・給電運用の広域化と変電所の自動化を一体とした総合自動化が進展している。

給電指令所などでは大量の情報を迅速に処理するため，早くからコンピュータが導入され実効を発揮している。マイクロコンピュータは単にその端末方向への延長線上での応用展開にとどまらず，送変電分野へ新しい応用を展開しつつある。

送変電システムの運用は，図1に示すように多岐にわたっている。電力系統の拡大や系統運用の高度化に伴い，増大する設備の合理的運用や迅速的確な対応処置がますます必要の度を増している。

マイクロコンピュータは，これらのニーズに対応し，従来のディスクリットな諸設備に代わり，判断機能・診断機能その他の付加機能を加味したものとして採用されつつある。前掲の表2中にそれらのマイクロコンピュータ応用装置をまとめて示したが，これらの電力制御・保護装置は，フィールドテストなどによる十分な信頼性の確認試験を実施している。

7 結 言

電力に影響する諸般の事情の変化は近年特に顕著であるが，大規模なプラントや系統は急には方向を転ずることはできない，長期的展望に立ち，かつその過程で生ずるであろう様々な事態の起伏に思いを至すとき，技術の改良進歩の速度をなおいっそう向上し今後に備えねばならない。この論文では，マイクロコンピュータの電力事業への応用に焦点を絞り最近の動向について述べたが，エレクトロニクスを含むシステム全般にわたり更に研さんを積み，社会の安定な成長の礎となることを願うものである。大方の御批判，御指導を仰ぎたい。

参考文献

- 1) 丸山，ほか3名：火力発電所のデジタル制御技術，日立評論，59，283 (昭52-4)
- 2) 本田，ほか4名：蒸気タービン自動制御装置，日立評論，61，199 (昭54-3)
- 3) 飯岡，射場，栗原：大規模アナログ制御装置の診断システム，日立評論，59，753 (昭52-9)
- 4) 上下，ほか3名：沸騰水型原子力発電所用自動燃料交換システム，日立評論，60，133 (昭53-2)
- 5) 大串，藤井，水野：原子力発電所保守点検機械化設備の開発，日立評論，58，105 (昭51-2)

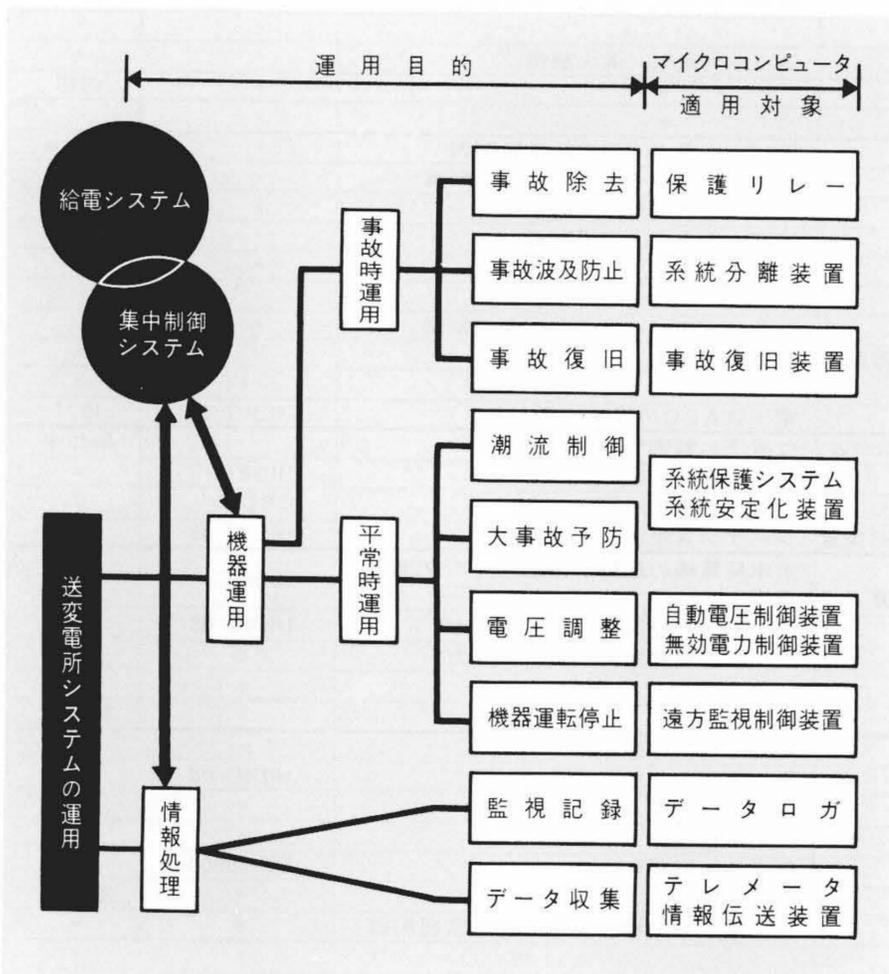


図1 送変電設備とマイクロコンピュータ マイクロコンピュータは，多岐にわたる適用範囲をもっている。