

# ビル用電気設備・管理システムの動向

## Recent Development and Trends of Electric Equipment and Control Systems for Buildings

都市でのビルの普及と大容量化、高層化によりビルの機能が都市機能の一部となり、地域社会への貢献と影響は大きく公共性がいっそう増大した。一方、最近の社会情勢によりエネルギーの大口使用者であるビルに対し、省エネルギーは大きな課題となってきた。以上によりビル内に設置される設備、特に中枢的な設備に対しては高い信頼性、安全性及び省エネルギーに加え、長期にわたる安定運転が強く求められている。この論文では受変電設備、非常用発電設備及び無停電CVCF電源設備の各電気設備並びにビル管理システムについて、これらのニーズに対する最近の対応と動向を述べる。

渡辺 一郎\* *Ichirô Watanabe*

豊田 武二\* *Takeji Toyoda*

畝田 透\*\* *Tôru Uneta*

### 1 緒言

最近では都市部での人口の集密化により、ビルの普及、大容量化及び高層化が進むとともに、居住者の多人数化・多様化により都市機能性、公共性をもつようになった。このため、ビルには次の諸条件が必要となってきた。すなわち、(1) ビルの内外に対し快適、安全、低騒音な施設であること、(2) 万一の地震に対しても安全であること、(3) 建設及び運営維持に多くの資源とエネルギーを消費するために、ビル自身が省資源、省エネルギー性をもつこと、(4) ビルとしての機能、安全、快適性及び財産価値を長期にわたり継続維持させることが必要であり、このためのきめの細かい管理と保守機能をもつことなどである。

ビルでの電気設備（受変電設備、非常用発電設備、無停電定電圧定周波電源装置など）は、ビル内での各種の機器の電源として中枢であり、ビル管理システムは電気設備、空気調和設備、衛生給排水設備、防災設備などの全負荷制御の管理の中枢である。したがって、中枢としての電気設備とビル管理システムは上述の諸条件を満たすために非常に大きな役割を果たすようになった。そのためには、最近の技術の進歩、特にマイクロコンピュータやLSIに代表されるエレクトロニクス、サイリスタ応用のパワーエレクトロニクス、コンピュータ使用による設計精度の向上、材料の向上による小形化・高信頼化などが大きな支えになっている。以下に個別の特集論文に先立ち電気設備・管理システムでのそれぞれの動向につき述べる。

### 2 電気設備の動向

#### 2.1 電気設備の内容

ビルでの電気設備は種々あるが、この論文では受変電設備、非常用発電設備（以下、自家発と略称する。）及び無停電CVCF（定電圧定周波電源装置）について記述する。これらの設備は、いずれもビル内の各負荷設備への電力供給のための電源設備であり、電力供給プロセスとして非常に重要な位置にある。緒言で記述した諸条件に最適の対応をするためには、このプロセスを構成する各機器及びこれらの組合せとその運用の両方の最適化を図ってはじめて電力供給システムの最適化を図ることができる。

#### 2.2 プロセス構成及び運用<sup>1)</sup>

電力供給プロセスの第一の使命は、負荷側に安定した良質の電力を継続して供給することであり、これを達成するためには、供給信頼度の高いシステム構成とする必要がある。供給信頼度の向上は、故障率の低下と平均故障時間の極小化により達成され、前者は主としてハードウェア上の品質向上により対策がとられ、後者がソフトウェア上の対策となり、その対応技術を表1に示す。特に、最近では都市過密地域に対する22~33kVスポットネットワーク配電網の充実により、中形ビルの領域までが信頼性が高く、縮小化、保守の容易なスポットネットワーク受電方式と自家発を組み合わせた設備とすることが一般化した。また、電源容量の増大により、故障除

表1 プロセス構成の高信頼化策 プロセス構成上の平均故障時間の極小化のための電気設備の高信頼化策を示す。

目的	対策	受変電設備	自家発電設備	CVCF
平均故障時間の極小化	冗長性の確保	2回線以上受電 常用予備受電 ループ受電 スポットネットワーク受電	2台以上の自家発の設置	並列冗長方式
		自家発との併列運転		
		ビル内ループ配電 ビル内平行2回線配電		
故障除去時間の高速化		区間保護方式の採用		サイリスタインタラプタの採用
		復旧時間の短縮	二重回線方式 ビル内2回線配電 非常用発電機の設置	自家発専用母線方式 自家発負荷の自動順序投入

注：略語説明 CVCF(定電圧定周波電源装置)  
自家発(自家発電)

\* 日立製作所機電事業本部 \*\* 日立製作所システム事業部

表2 健全電源確保の適用例 多電源併列運転方式での適用保護方式と保護の対象を示す。

対 象	適用保護方式	保 護 の 内 容
自家発併列運転	母線分離	短絡 地絡(100A以上の接地系のみ)
	受電しゃ断器解列	受電逆送
2バンク以上の変圧器 並列運転	比率差動継電方式	短絡
構内平行2回線配電	電力平衡継電方式	短絡 地絡(100A以上の接地系のみ)
構内ループ配電	表示線保護継電方式	
自家発併列運転	負荷選択しゃ断方式	健全電源の連鎖停止の防止

去時間の短縮はしゃ断器のしゃ断能力としゃ断時間の高速化、及び最適の保護継電方式に大きく依存している。したがって、高い供給信頼度を得るには表2<sup>2)</sup>に示すように、それに見合った保護継電方式とすることが必要である。

プロセス運用の最適化は、効率的運用と電力供給信頼度の向上から成り、前者は主として省力化、省エネルギー化により達成され、後者はプロセスの平均故障時間の極小化に対する運用上の対策により達成される。それぞれの対応技術を表3に示す。これらの対応技術は、マイクロコンピュータ及び制御用コンピュータの発達により、一括してビル管理システムなどによってより効果的な運用を目指すようになった。

2.3 ハードウェアの動向

電気設備を構成する各ハードウェアに求められるニーズは、高信頼性、メンテナンスフリー(省力)、不燃性、省エネルギー、小形・軽量、安全性、低騒音などと工期の短縮である。これらのニーズに対する対応技術を表4に示す。各設備とも設計精度の向上、部品点数低減及び十分な品質管理により高信頼度化を図るとともに、受変電設備については主としてSF<sub>6</sub>ガス使用の拡大、モールド変圧器の使用、キュービクルでは

表3 プロセス運用の最適化策 プロセス運用の最適化策として、省力化、省エネルギー化及び平均故障時間の極小化に対する対応技術と制御の場所を示す。

目 的	対 策	対 応 技 術	制 御 場 所	
			現 場 盤	ビル管理システム
省 力 化	日常業務 の自動化	自動日報作成	—	○
		シーケンスモニタ	—	○
		アナログモニタ	—	○
		スケジュール運転	—	○
	監視効率 の向上	ワンマン制御化	—	○
		CRT採用による情報密度の向上	—	○
省エネ ギー化	経済運転	無効電力制御	—	○
		最大需要電力制御	—	○
		変圧器台数制御	—	○
		ガスタービン発電機排熱利用システム	○	—
平均故障時間の 極小化		停電時の自家発自動切換	○	—
		自家発負荷の自動順序投入	—	○
		復電時の復旧の自動化	—	○
		選択しゃ断	○ 又は ○	
		事故回線の自動復旧	○	—
		CVCF冗長システムの採用	○	—

注：表中の○印は、適用場所を示す。  
略語説明 CRT(Cathode Ray Tube)

多段積などの集積化の推進などによりニーズへの対応を行なっている。自家発では部品交換基準の明確化、ブラシレス化、高速エンジンの採用及びパッケージ化の推進によりメンテナンスフリー化、小形・軽量化を目指している。CVCFについては内部構成のユニット化、トレイ化及び制御回路のIC化、逆導通サイリスタ、GTO(ゲートターンオフ)サイリスタなどの最新のパワーエレクトロニクスデバイスを使用して、メン

表4 ニーズに対するハードウェア上の対策 受変電設備、自家発設備及びCVCFの各電気設備の各種ニーズに対するハードウェア上の対応策を示す。

ニ ー ズ	ハ ー ド ウ ェ ア 上 の 対 応 策		
	受 変 電 設 備	自 家 発 設 備 <sup>3)</sup>	C V C F <sup>4)</sup>
高 信 頼 化	CADによる設計精度の向上 部品点数の低減 品質管理の充実	部品点数の低減 品質管理の充実	部品点数の低減 品質管理の充実 スクリーニング、テバッキングの徹底 サイリスタインタラプタの採用
メンテナ ンスフリー	SF <sub>6</sub> ガス絶縁変電所 モールド変圧器	ブラシレス化 部品多換基準の明確化	ユニット化、トレイ化の徹底
不燃(難燃)化	SF <sub>6</sub> ガス変圧器	—	—
省エネ ルギー	低損失変圧器	過給方式の改善	インバータの効率向上
小形・軽 量化	SF <sub>6</sub> ガス絶縁変電所 一体形スポットネットワーク方式 超小形VCBによる多段積メタルクラッド	高速エンジン パッケージ化の推進 ガスタービン発電機の採用	逆導通サイリスタ、 GTOサイリスタの採用 制御回路のIC化
安 全 性	充電部の密閉 耐震性の向上	耐震性の向上	耐震性の向上
低 騒 音 ほ か	低騒音化	低騒音化 SOx排出量の低減 防震台床の採用	低騒音化

注：略語説明 CAD(Computer Aided Drawing) GTO(ゲートターンオフ) VCB(真空しゃ断器)

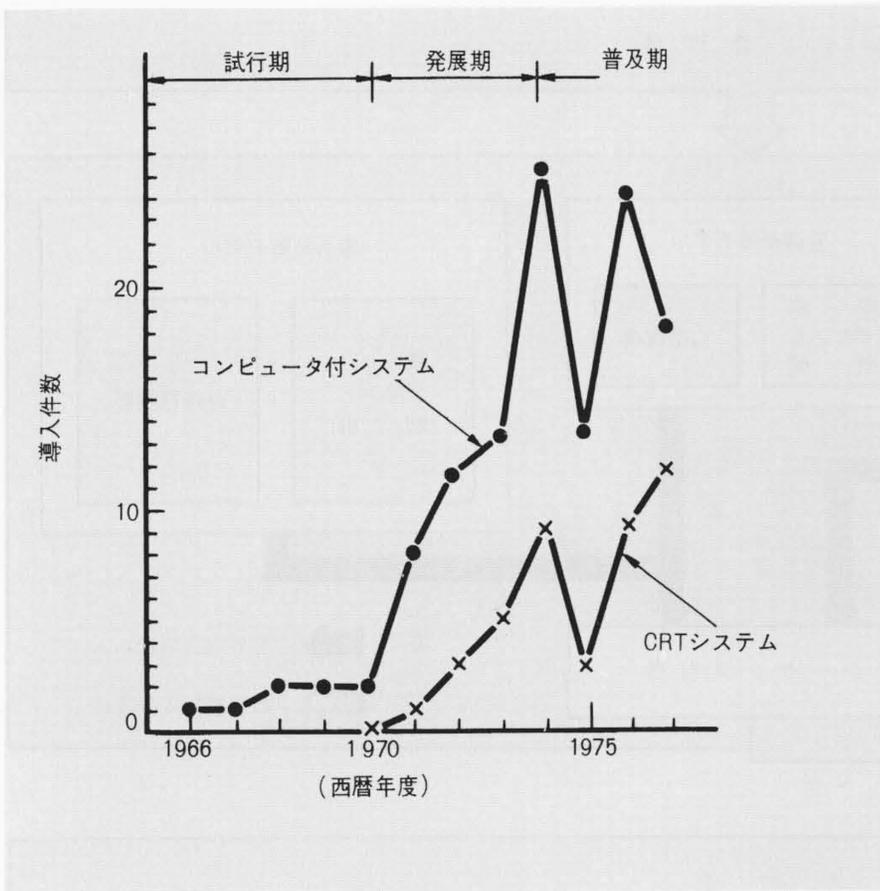


図1 ビルのコンピュータ導入実施例の年次別推移 1966年から1977年までのコンピュータ導入の年次別推移を、試行期、発展期及び普及期に分けて示す。

テナンスフリー化、小形・軽量化を図っている。このほかに、インバータの順次投入可能な純個別制御方式CVCF<sup>5)</sup>が出現し、非常用発電設備のCVCFに対する容量低減が可能となった。更に、騒音基準や耐震基準が各公共機関で整備されるにつれて、低騒音や耐震性、安全性などのいっそうの向上が必要となってきており、これらを含めた詳細については本特集の後続論文に記述してある。

### 3 管理システムの動向

#### 3.1 発展の過程と導入目的

ビル管理システムは、ビル内に設置される受変電、自家発電設備、空気調和設備、衛生給排水設備、防災及び防犯設備を中央監視室で一括集中監視制御するシステムであり、このようなシステムにマイクロコンピュータや制御用コンピュータを利用する実施例は、電気学会での調査報告<sup>6),7)</sup>によれば図1に示す推移となる。また、このコンピュータ利用の過程は、同図にも示すように、試行期、発展期、普及期に分かれ、現在は普及期に相当する。これは、マイクロコンピュータ、制御用コンピュータなどのハードウェア及びこれらのソフトウェアの著しい進歩と経済性に負うところが多い。したがって、試行期及び発展期の初期には超高層ビルなどの大規模ビルを中心に導入されたが、現在は10,000m<sup>2</sup>程度のビルまでにマイクロコンピュータ利用のビル管理システムが導入される気運にある。また、このようなシステムの導入目的を電気学会で調査した結果、省エネルギー、最適環境の維持、安全性・信頼性の向上及び管理の向上と省力化が主目的として挙げられている。今後のビル管理システムは、これらの主目的を十分に満足させる必要がある。

#### 3.2 システム構成

上記の主目的のほか、建築及び工事側からのニーズとして、スペース効率の向上、配線工事の低減及び仕様の変更や増加に対する拡張性の向上がある。これらの多様なニーズに対応

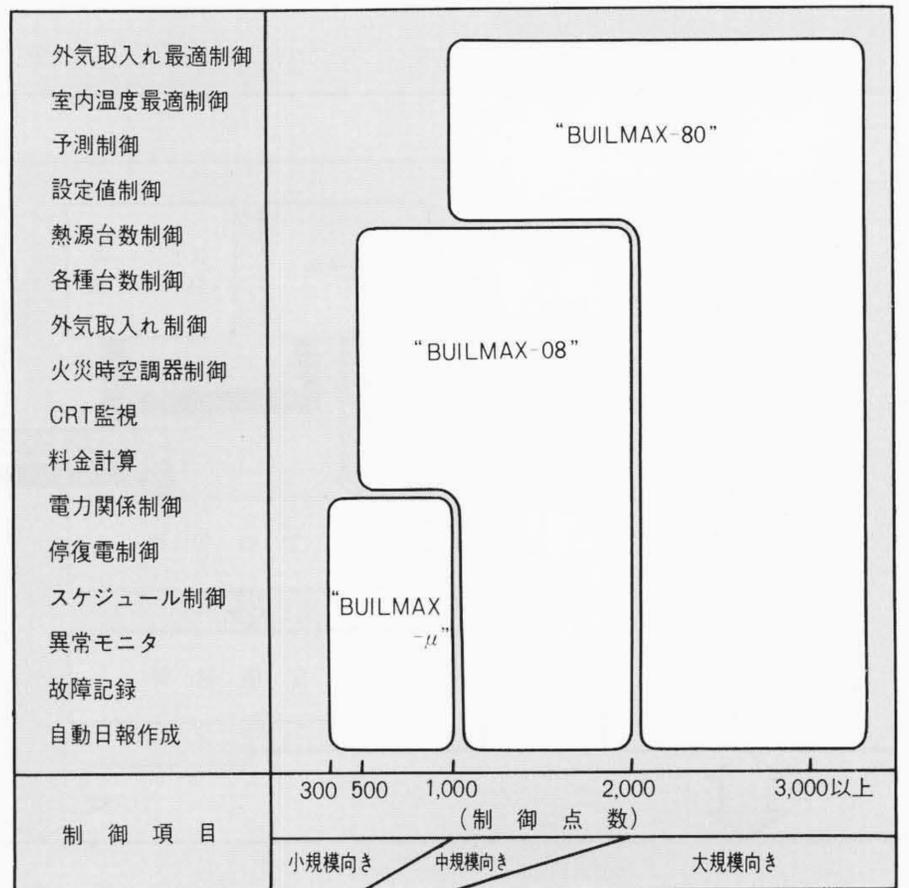


図2 “BUILMAX”システムのシリーズ適用図 “BUILMAX-μ”, “BUILMAX-08”及び“BUILMAX-80”各システムのビルの規模、制御内容別の適用範囲を示す。

するためには、ビル管理システムの信頼性、処理性及び拡張性の向上並びに制御内容の充実をハードウェア、ソフトウェアの両面から図る必要がある。このためには、従来のワイヤードロジックを主体としたシステムでは不適であり、マイクロコンピュータや制御用コンピュータ、LSIやICなどのエレクトロニクス技術を十分に駆使したシステムとすることが必要である。また、各種の制御機能を中央に集中させるのではなく、各所にマイクロコンピュータを設けてそれぞれにインテリジェントターミナル化を図り、機能と危険を分散させる分散制御方式を採用する傾向にある。この方式として、最近開発し製品化された日立ビル管理システム“BUILMAX”シリーズがあり、後述の論文に示すようにシステムをホスト(中央処理機能)、フロント(伝送制御及び監視操作)及びフロントエンド(リモートステーション、プロセス側との入出力信号の取合い)の3階層に分け、それぞれの階層のインテリジェント化を図り、階層間の信号伝送はデジタル伝送方式を用

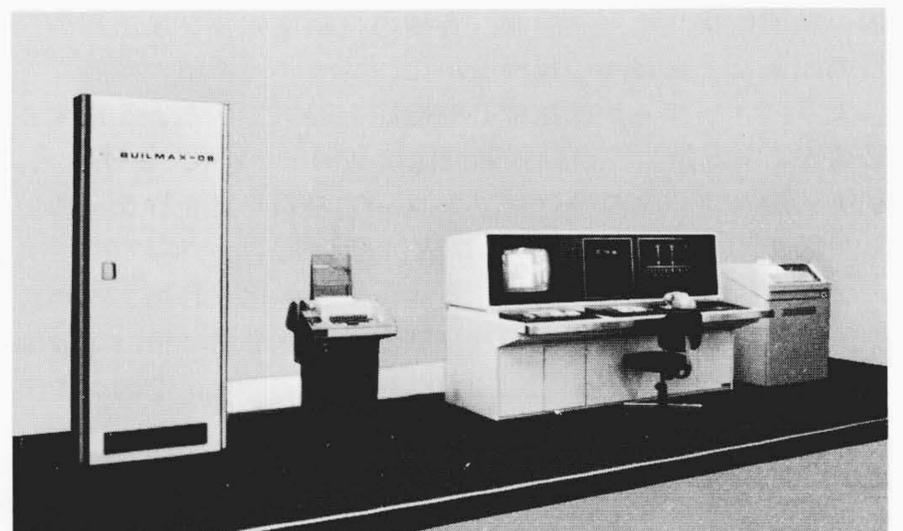


図3 “BUILMAX-08”システム “BUILMAX”システムの中央監視室での監視操作卓、中央処理装置などの配置例を示す。

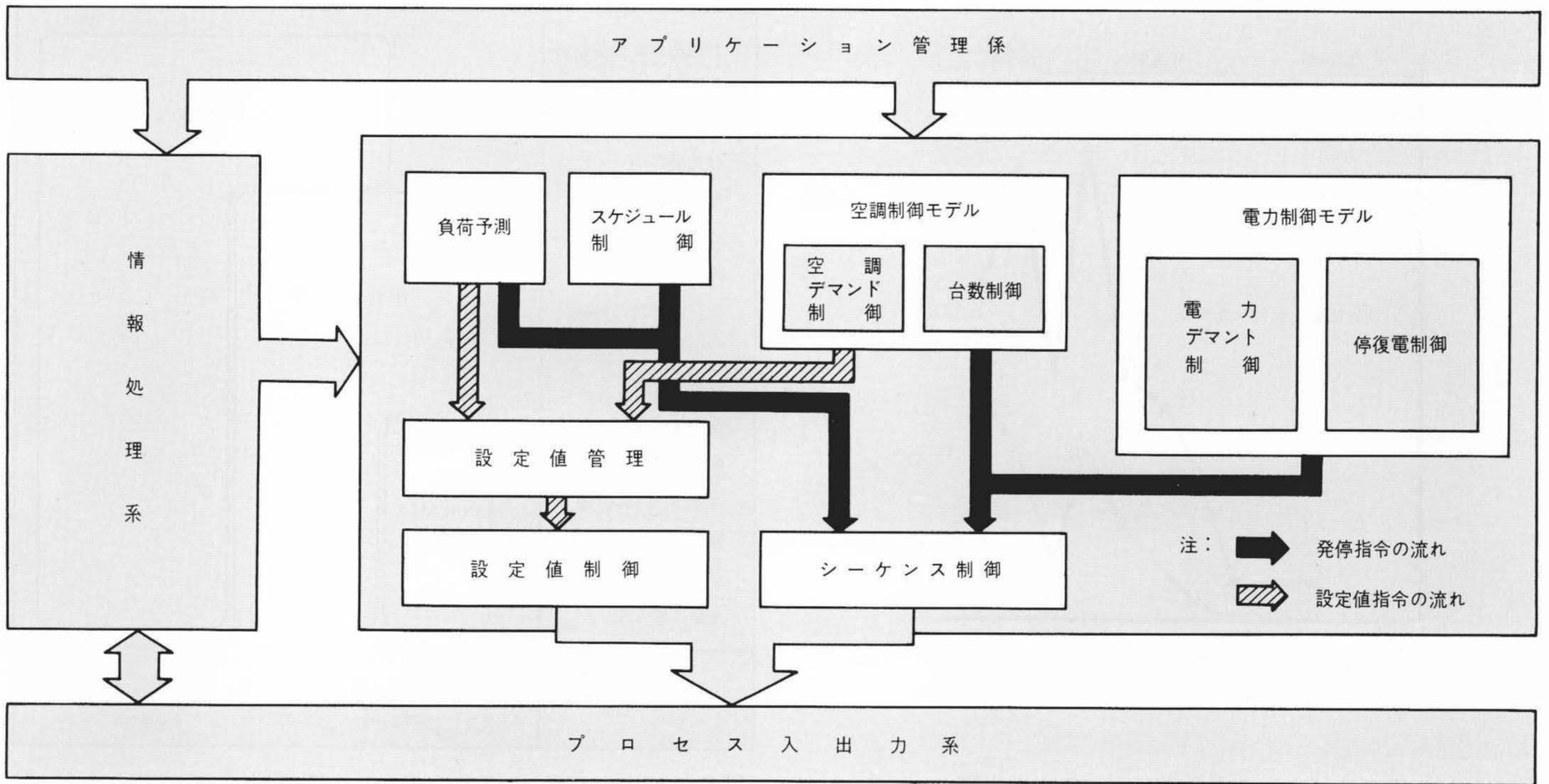


図4 ソフトウェアの構成 空調制御モデル、電力制御モデルなどを中心としたソフトウェアの構成例を示す。

いる。また、ビルの規模や用途別に幅広く適用するようシステムのシリーズ展開（小規模向き、中規模向き及び大規模向き）を行なって、同一の思想で適用できるように、かつビルディングブロック方式に拡張できるようにしたシステム適用の効率化を図っている。図2に“BUILMAX”シリーズのシリーズ適用を、図3に“BUILMAX-08”システムの外観を示す。

### 3.3 制御機能

ビル管理システムのマイクロコンピュータ化、制御用コンピュータ化により、管理システムではソフトウェアが非常に重要になり、ソフトウェアの良否がシステム全体の質の良否を左右するようになってきている。ソフトウェアはシステムソフトウェアとアプリケーションソフトウェアにより構成される。システムソフトウェアはリアルタイム性に優れ、オペレーティングシステムのモジュール化、豊富化を図ることによりハードウェアの作動の円滑化とプログラマ、オペレータの負担の軽減を行なう。アプリケーションソフトウェアはデータの処理と監視、マンマシン機能及び自動制御機能の実行を図る。そのため、このアプリケーションソフトウェアを豊富にそろえ、それぞれを標準ソフトウェアパッケージ化を行なって機器の状態監視、データ計測、各種の自動運転及び最適制御、自動記録などをビルの規模や用途、ユーザー希望の機能などにより、ユーザーが任意に必要な機能を選択できるようにする必要がある。特に、自動制御機能は制御モデル化<sup>5)</sup>を行ない、制御共通ロジックを分けソフトウェアの効率化を行なっている。図4<sup>8)</sup>にソフトウェアの構成例を示す。

また最近では、空調設備での省エネルギー化を目指すため、空調設備方式、設備の仕様及び制御方式を事前に検討、評価することが重要になってきており、そのためのビル空調システムシミュレータ（本号一般論文中の「空調システムダイナミックシミュレータ“TACSS”」参照）が開発利用されるようになった。このシミュレータを用いて、各制御方式の妥当性及びその効果の事前検討を行ない、これを定量的に把握して各制御ループでの制御パラメータを事前調整することが可能となった。

## 4 結 言

以上で最近のビル用電気設備・管理システムの動向について概説した。受変電設備、非常用発電設備、無停電CVCF及びビル管理システムのそれぞれの詳細については本特集後続の各論文を参照されたい。今後の動向としては、電気設備は信頼性の向上とコンパクト化、難燃化、耐震性の向上及び各種性能の向上をエレクトロニクス及び材料技術の発達によりいっそう推進されるであろう。ビル管理システムではマイクロコンピュータなどのハードウェアのいっそうの発達と機能の向上、ソフトウェアの発達及び多様化する市場ニーズなどにより、ますますコンパクトで処理性の高い、より多くの充実した機能をもったシステムがより経済的に提供され、かなりの小規模ビルまでこのようなシステムが普及されるであろう。また、このシステムがビル管理だけではなく、工場ユーティリティの監視制御などにも幅広く応用されるものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 竹島，外：需要家受変電システムの現状と将来，日立評論，59，707～710（昭52-9）
- 2) 大音，外：最近の自家用受変電設備と保護継電システム，OHM，p.17～21（1976-8）
- 3) 横山，外：ディーゼル発電装置，原動機，発電機，電設工業，7（昭53-7）
- 4) 塩入，外：静止形無停電定電圧定周波電源装置「ハイパータ」シリーズとその応用，日立評論，60，409～414（昭53-6）
- 5) 徳永，外：純個別制御方式静止形無停電定電圧定周波電源装置，日立評論，60，403～408（昭53-6）
- 6) 電気学会技術報告71号：建築設備の電子計算機による中央管制システムの調査研究（昭53-12）
- 7) 折原：建築の総合コンピュータ利用入門（総論）'79セミナーテキスト，空気調和・衛生工学会（昭54-9）
- 8) 豊田：建築の総合コンピュータ利用入門（実施例 竹橋合同ビル）'79セミナーテキスト，空気調和，衛生工学会（昭54-9）