

# 最近の施設電源用発・変電機器

中村 信男(なかむら のぶお)

立野 幸一(たのの こういち)

日高 輝嗣(ひだか てるつぐ)

## ① まえがき

最近のビルや公益性の高い施設に使用される施設電源用発・変電機器は、経済性、安全性の観点から、次のようなニーズがある。

- (1) ビルなどでは、テナントのスペースが優先され、電気室のスペースが小さく計画される傾向にあり、機器の縮小化が要求される。
- (2) 地下に設置される場合が多いことから、搬入の容易性、機器の縮小化、分割搬入及び現地組立の容易性などが要求される。
- (3) 特に屋内設置の場合は、防災上の目的から、不燃性、難燃性が要求される。
- (4) 住宅地域やビルのテナントの近くに設置されることから、振動・騒音などの配慮が必要となってきた。
- (5) コンピュータの使用などにより、電圧変動の小さい良質の電源の確保やコンピュータ電力量・空調電力量の増大で、総電力量も増大傾向にある。
- (6) 保守性の向上、安全性の向上が今までにも増して強く要求されてきている。

これらのニーズに対応するため、特別高圧機器設備ではキューピクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)の採用、特別高圧キューピクルの縮小化、変圧器ではモールド変圧器、ガス絶縁変圧器の普及、高圧受配電設備では薄形配電盤の採用、自家発電設備ではまだディーゼル発電設備が主流を占めているが、ガスタービン発電設備が増加しつつあり、各々特長を生かした設備が採用されている。

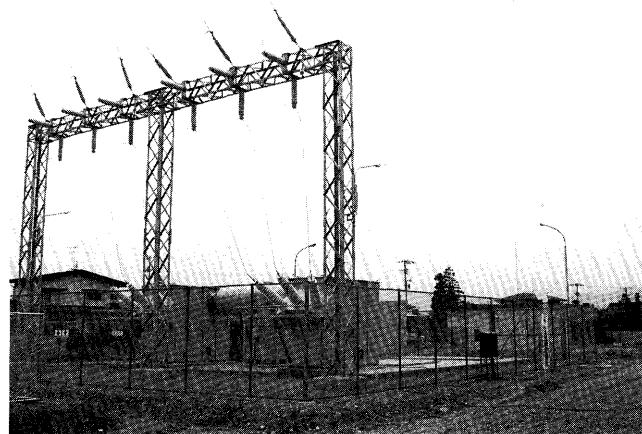
更に、省エネルギー・省力化を目的としてビル管理システムによる中央監視が定着ってきており、これらを含めた富士電機製品の概要について述べる。

## ② 特別高圧機器

### 2.1 60, 70kV級キューピクル形GIS (C-GIS)

変電所の近代化はここ十数年間に著しく推進され、過去の開放形からハウジング形、更にGIS形やC-GIS形へと

図1 66kV C-GIS 外観



変遷し、これによって変電所の縮小化、高信頼性、保守点検の省力化などが達成された。特に、60, 70kV級として、C-GISが広く採用されている。C-GISは低圧のSF<sub>6</sub>ガスを封入した角形タンク内に、遮断器、断路器などの変電機器を一括収納したものである。SF<sub>6</sub>ガス封入圧力は0.5kgf/cm<sup>2</sup>Gとし、一体形のタンク構造により、設備スペースの縮小、工期短縮などが図られる。C-GISの外観を図1に示す。詳細は別稿「C-GISを使用した特別高圧受変電設備」を参照されたい。

### 2.2 20, 30kV級特別高圧キューピクル

電力会社における近年の都市配電計画は、受電設備容量の増大や電力供給の安定性により6kV級から20, 30kV級配電へと変わりつつあり、20, 30kV級配電が主流となってきている。富士電機は、このような配電線から受電する受変電設備として、Fクラッド20/30kV及び20/30kVキューピクル形ガス絶縁開閉装置(以下、20/30kV C-GISと略す)を適用している。

Fクラッド20/30kVは、受電方式、容量別に構成計画が容易にでき、機器の有機的配置による小型化やモールド変圧器・真空遮断器など、難燃化機器の使用に伴う安全性、信頼性の大幅な向上による長期メンテナンスフリー化など、

中村 信男

昭和38年入社。配電盤の設計、企画、営業技術に従事。現在、設備機器事業部技術部課長補佐。



立野 幸一

昭和37年入社。変圧器設計、製造技術に従事。現在、千葉工場営業技術部課長補佐。



日高 輝嗣

昭和37年入社。回転機、ディーゼル発電装置の構造設計に従事。現在、鈴鹿工場営業技術課課長補佐。



多くの特長を備えている。20/30kV C-GISは、60kV級以上で既に多くの実績を持つSF<sub>6</sub>ガスを採用し、小形・軽量で、優れた遮断性能を持つ真空遮断器の使用により、充電部の完全密閉化と装置の大幅な縮小化が可能となり、変電所用地、電気室の縮小化が図れる。

表1 20, 30kV級特別高圧キュービクル基本仕様・定格

屋内・外の別	屋内	屋内
定格電圧(kV)	24	36
絶縁階級	20号B	30号B
商用周波耐圧(kV)	50	70
雷インパルス耐圧(kV)	125	170
定格周波数(Hz)	50/60	50/60
定格母線電流(A)	600/1,200	600/1,200
定格電流(A)	200/400	200/400
定格短時間電流	25kA 1秒	25kA 1秒
準拠規格	JEM1153	JEM1153
定格ガス圧力	0.3kgf/cm <sup>2</sup> G(at 20°C):ガス開閉装置のみ	

図2 Fクラッド20/30k

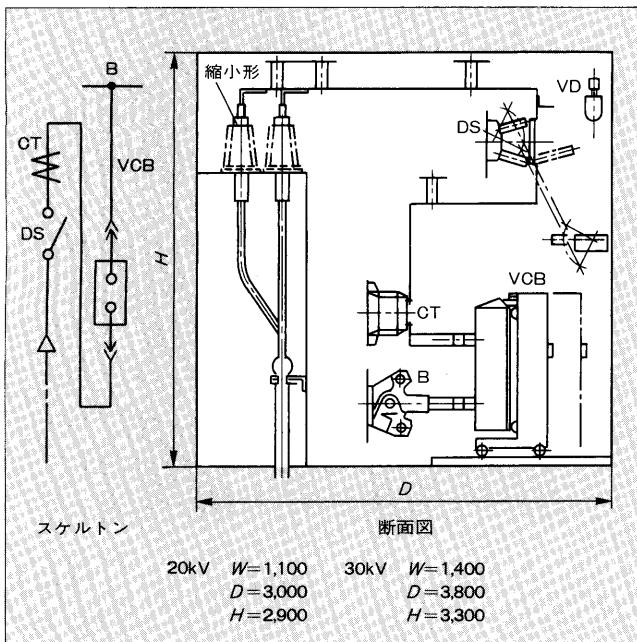


図4 変圧器の不燃(難燃)化

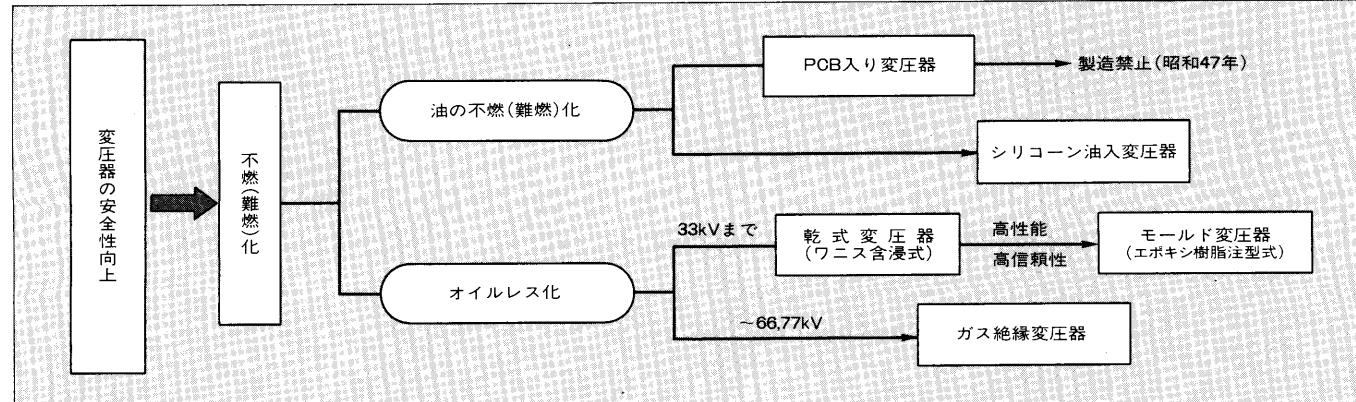


図3 20/30kV キュービクル形ガス絶縁開閉装置

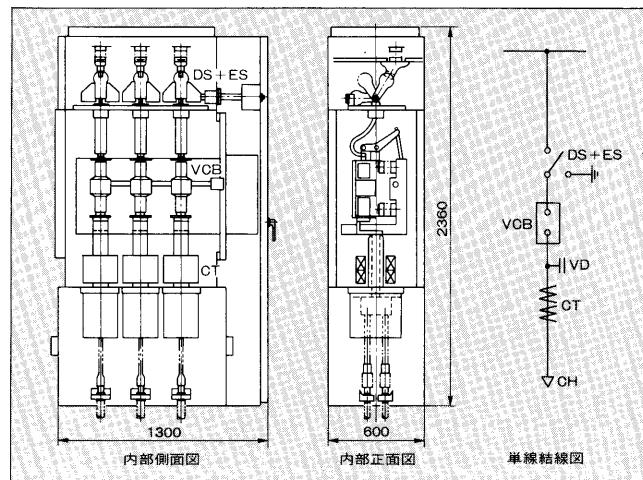


表1に20, 30kV級特別高圧キュービクル基本仕様・定格、図2、図3にそれぞれスケルトン・構造の一例を示す。

### ③ 変圧器

受変電設備において重要な機器の一つである変圧器は歴史の古い成熟機器であるが、社会のニーズに対応して新しい機種が出現している。特に施設電源用としては屋内設置されるケースが多く、一般的の油入変圧器は多量の可燃性の絶縁油(鉱油)を使用しており、防災上の観点から不燃化、難燃化のニーズが近年急速に高まりつつある。油入変圧器は長年の豊富な製作実績から、その信頼性は極めて高いものであるが、万一の事故においては重大災害に発展する可能性が全くないわけではない。このため図4に示すような方向で不燃化、難燃化が進められている。特にモールド変圧器は30kV級以下に、ガス絶縁変圧器(以下、ガストラと略す)は60, 70kV級に採用される傾向にある。

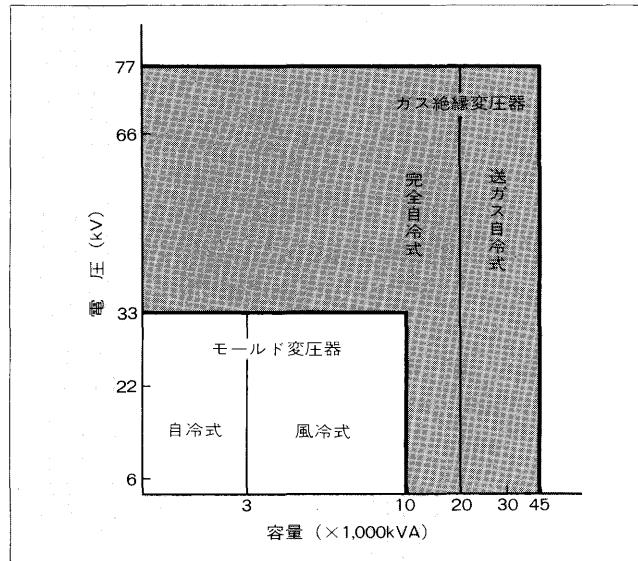
図5に油入、モールド及びガス入りの各変圧器の標準的な適用範囲を、また表2にその比較を示す。

モールド変圧器は巻線をエポキシ樹脂で注型したもので、絶縁信頼性が高く、小形軽量化、省エネルギー、更にメンテナンスの簡略化などの特長から、現在では6kV級及び20, 30kV級の数千kVA以下の範囲で屋内用変圧器の主流

表2 各種変圧器の比較（自冷式）

項目	モルトラ自冷	油入自冷	ガス絶縁自冷
概要	・巻線をモールドし、鉄心に組み込んだ変圧器 ・33kV以下の回路に適用可 ・経済性から3,000kVA程度まで適用	・本体をすべてタンク内に収納し、絶縁油を封入したもの ・実用電圧範囲のすべてに適用可	・本体をすべてタンク内に収納し、SF <sub>6</sub> ガスを封入したもの ・22kV, 33kV, 66kV, 77kV いずれの回路でも不燃性変圧器として最適 ・20,000kVAまで製作可 (送ガス式とすれば45,000kVAまで製作可)
保守性	・日常は外観目視点検程度 ・定期的にウエス、真空掃除機などによる清掃	・油漏れ、空素ガス漏れ、又はブリーザ点検など油の監視が必要 ・定期的に油のチェックが必要	・日常は外観・目視点検程度 ・ガス漏れ点検などガスの監視が必要
信頼性	・主要部がモールドされているため信頼性は高い	・主要部が油入タンク内に収納されているため信頼性は高い	・主要部がガス中に封入されるため、信頼性は高い
安全性	・キューピクルに収納することにより安全性は高い	・主回路端子を保護すれば完全である	・主回路端子を保護すれば完全である
燃焼性	・難燃性である	・可燃性である	・不燃性である
騒音	・H種乾式より低い	・油入タンク内のため騒音は低い	・ガスタンク内のため騒音は低い (油入自冷より低い)
寸法	・キューピクル収納の場合、油入自冷よりやや大	・小形である	・油入自冷式と同等である
最適用途	・33kV以下の屋内、地下変電所	・屋外変電所	・66~77kVで屋内、地下変電所、防災を必要とする屋外変電所

図5 不(難)燃変圧器の標準適用範囲

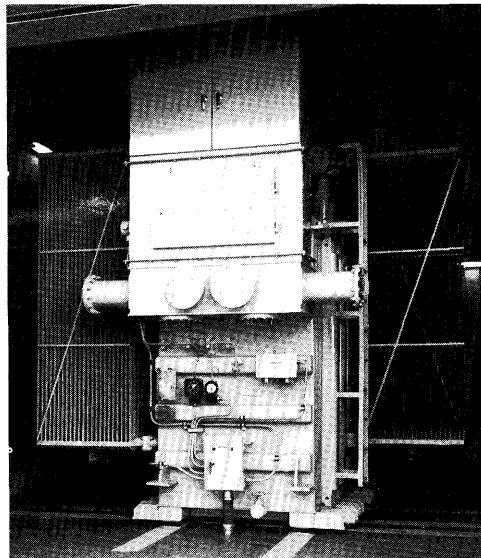


となっている。しかし、モールド変圧器は30kV級が製作限界であり、また60, 70kV級においては、過去不燃化を目的にPCB入り変圧器が採用された時期があったが、PCBの製造禁止後は鉛入り変圧器が全面的に使われてあり、安全性への要求度が高まるに従い、これに代わるものとして、SF<sub>6</sub>ガスを封入したガストラが昭和50年代に入ってから採用されるようになり、既に多くの納入実績がある。

SF<sub>6</sub>ガスは無害、不活性、更に不燃、非爆発の特性があり、万ータンク内でアーキの発生があっても、爆発、火災のおそれもなく、防災上非常に安全な変圧器といえる。

ガストラの外観は、油入とよく類似している（図6）が、これはタンク圧力が最大2kgf/cm<sup>2</sup>G以下であり、油入と同様、第2種圧力容器としての法的規制を受けないためである。SF<sub>6</sub>ガス冷却能力は油入の約1/2であり、このため一般には容量が大きくなるとタンク内にガス循環用プロアを内

図6 ガス絶縁変圧器 三相、66/22kV、15,000kVA 完全自冷式



蔵し、冷却効率を高めている。しかし、プロアの点検時タンク内ガスを抜くなどの作業が必要となるため、富士電機のガストラは、絶縁材料として耐熱性の高い材料を選定し、20,000kVAまではガス循環用プロアを使用しない完全自冷式で製作している。

また、ガストラは現地作業において、油処理を必要とする油入変圧器に比べ、ガスを簡単に封入できるので据付が容易で、クリーンな作業ができるこも大きな特長である。

なお、前述のC-GISとガストラの組合せにより、変電所内の主要機器はSF<sub>6</sub>ガス機器に統一され、オイルレス化と保守管理の質的向上を図ることができる。

#### ④ 高圧受配電設備

施設電源としての受配電設備の電気室は、従来、大きな

奥行寸法の高圧配電盤収納のため、広いスペースを必要としていた。電気室の省スペース化は、都心部の地価の高騰で経済的効果が大きい。また、配電盤奥行寸法が従来に比べ半分以下の薄形配電盤適用により、省スペース化が可能となる。富士電機は、このような薄形配電盤として、ユニデプス700形及びFC-V6形高圧配電盤を適用している。

#### 4.1 ユニデプス700形高圧配電盤

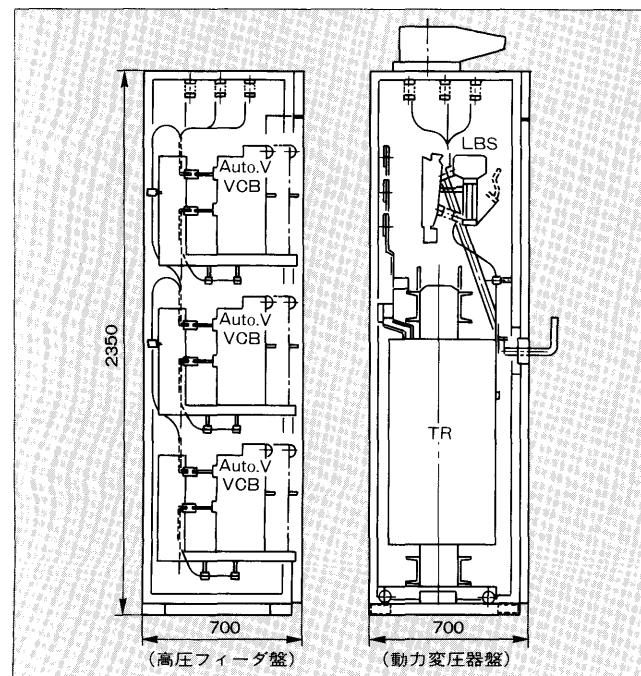
ユニデプス700形高圧配電盤は、すべての配電盤奥行寸法を700mmとし、真空遮断器に変流器・過電流继電器を搭載し、確実な保護協調を追求した富士Auto.V真空遮断器、モールド変圧器、Lシャルタを収納した配電盤である。仕様・定格を表3、構造を図7に示す。本装置の特長を以下に記す。

(1) スペースの有効利用ができる。

表3 ユニデプス700仕様・定格

項目	種類	高圧盤	低圧盤
定格電圧		6.9kV	220V
定格母線電流(A)		200 / 400 / 600	最大1,600
定格周波数(Hz)		50/60	50/60
定格短時間電流		12.5kA 1秒	最大30kA 0.5秒
絶縁階級		6号A	定格絶縁電圧500V
操作電圧(V)	DC or AC 100/110	AC 100/110	
制御電圧(V)	DC or AC 100/110	AC 100/110	
準拠規格		JEM 1153, JIS C 4620	
標準使用状態		標高1,000m以下、周囲温度-5~+40°C	
屋内外の別		屋内	
母線形式		単一母線	
段積み		3段 (Auto.V VCB: 12.5kA)	

図7 ユニデプス700断面図



真空遮断器が3段、変圧器单器容量三相500kVAが収納できる薄形設計であり、前面操作・前面保守で壁面にそって配置できる。

(2) 保守・点検が簡単で安全である。

前面操作・前面点検、かつ、のぞき窓設置により扉を開けずに目視点検でき、保守・点検が容易、また、遮断器の点検はレールに載せたまま可能で、リフタは不要である。

(3) 高い安全性を確保している。

断路器、地中負荷開閉器は、扉（機械的インタロック）を閉じたまま開閉操作ができ、遮断器との間には電気的インタロックを備えている。また、真空遮断器、モールド変圧器などの難燃性機器を採用し、高い安全性を有している。

(4) 信頼性が極めて高い。

収納機器は、優れた特徴と豊富な実績を持った富士電機の高信頼性機器である。

(5) 機能的なデザインである。

盤面のデザインを一新し、人間工学に基づいた機能的な監視制御面となっており、コンパクトな設計である。

#### 4.2 FC-V6形高圧配電盤

FC-V6形高圧配電盤は、定格母線電流2,000A、定格遮断電流40kA 使用の単位回路ごとユニット化された前面操作方式の配電盤で、仕様・定格を表4、構造を図8に示す。

本装置の特長を以下に記す。

(1) 電気室の省スペース化により経済的である。

前面保守構造で、奥行寸法750~1,200mm、壁にそった配置や2面を背中合わせにした配置が可能であり、配置計画も容易で、電気室の大幅な省スペース化が可能となる。

(2) 安全で確実な構造である。

小电流から短絡電流まで安定した遮断性能の富士Vシャルタ（真空遮断器）を収納した遮断器室、母線室、ケーブル室等を構成する。

図8 FC-V6形高圧配電盤断面図

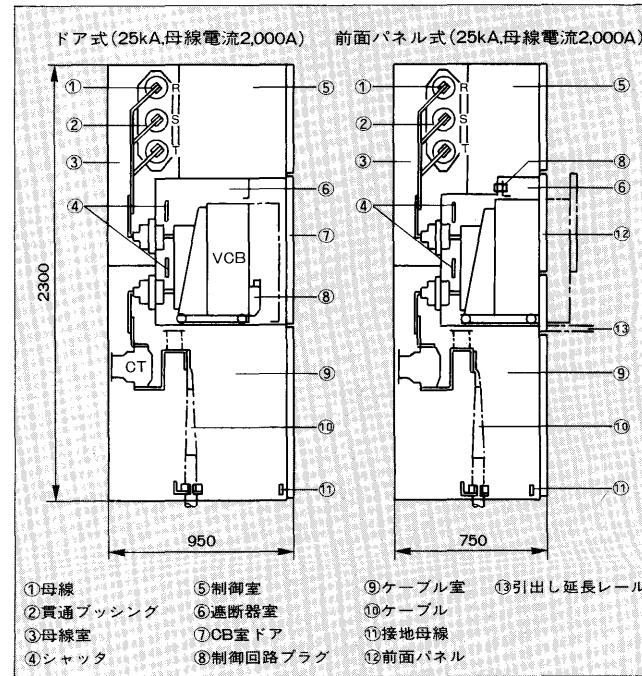


表4 FC-V6形高圧配電盤の仕様・定格

閉鎖配電盤の定格	定格電圧(kV)	3.45 / 6.9						
	定格周波数(Hz)	50 / 60						
	定格母線電流(A)	400 / 600	600 / 1,200 / 2,000		1,200 / 2,000 / 3,000			
	定格電流(A)	400 / 600	600 / 1,200 / 2,000		600 / 1,200 / 2,000 / 3,000			
	定格短時間電流(kA)	12.5	20	25	31.5	40		
	絶縁階級	3A(商用周波16kV 1分間, 雷インパルス45kV)・6A(商用周波22kV 1分間, 雷インパルス60kV)						
	操作電圧(V)	DC100			ACorDC100 / 200			
	制御電圧(V)	DC100			ACorDC100 / 200			
収納遮断器の定格	形式	HB1206	HS2006	HS2506	HS3106	HS4006		
	定格遮断電流(kA)	12.5	20	25	31.5	40		
	定格電流(A)	600	600 / 1,200 / 2,000		1,200 / 2,000 / 3,000			
	投入操作方式	電磁			電動一スプリング			
形式		FC-V6-E	FC-V6-F	FC-V6-G	FC-V6-I			
準拠規格		JEM1153-E	JEM1153-F2	JEM1153-G	IEC298 BS5227			
母線形式		単一母線						
使用状態		屋内: 常規使用状態(標高1,000m以下, 周囲温度-5~40°C)						

ブル室、低圧室で構成され、また各室は接地金属で隔離されており、万一の盤内アーク対策も可能で、事故波及防止ができる安全な構造である。

### (3) 保守点検が容易である。

遮断器、計器用変圧器、避雷器など補助機器も引出し構造で、盤外部に引き出して容易に保守点検できる。また、すべての作業が前面から容易に行え、能率的である。

## 5 自家発電設備

ビル、施設用発電設備は、消防法及び建築基準法に基づく防災負荷やコンピュータ設備の停電時非常用が主体で、環境、負荷種類、設置スペースの条件により多種多様な機能が要求され、容量的にも広範囲にわたる。

非常用発電設備は、駆動機によりディーゼル発電設備とガスタービン発電設備に分類され、それぞれにシリーズ化されている。

### 5.1 ディーゼル発電設備

ディーゼル発電設備は、一般に設備費用が低廉で、始動特性が良いなどの特長を持ち、広く用いられている。ビル設置の中小容量ディーゼル発電設備は、建設費節減を目的

として据付工事の簡素化、据付面積縮小化のニーズから、運転に必要な機器類を一体パッケージ化したものが主流となっている。更に中小規模ビルでは発電設備を屋上、駐車場などに設置するケースが増加している。また、設置環境上から低騒音化要求も強く、図9に示す低騒音キューピクル形(SPGシリーズ)が数多く用いられている。表5にディーゼル発電設備シリーズの標準仕様を示す。

### 5.2 ガスタービン発電設備

ガスタービン発電設備も小形・軽量、耐震性、冷却水不要、瞬時過負荷耐量が大きく、保守点検が容易などの特長から年々増加の傾向にある。表6にガスタービン発電設備シリーズの標準仕様を示す。

今後、コジェネレーションの普及に伴い、廃熱回収が容易という利点を生かし、ますます増加傾向にある。

## 6 ビル管理システム

ビル管理システムは、受変電設備などの各設備に対する総合監視・制御の自動化、最適運転を行い、省力化、省エネルギーが図れる。システム規模は、管理項目数やコンピュータの能力によって大規模ビル管理システム及び中・小

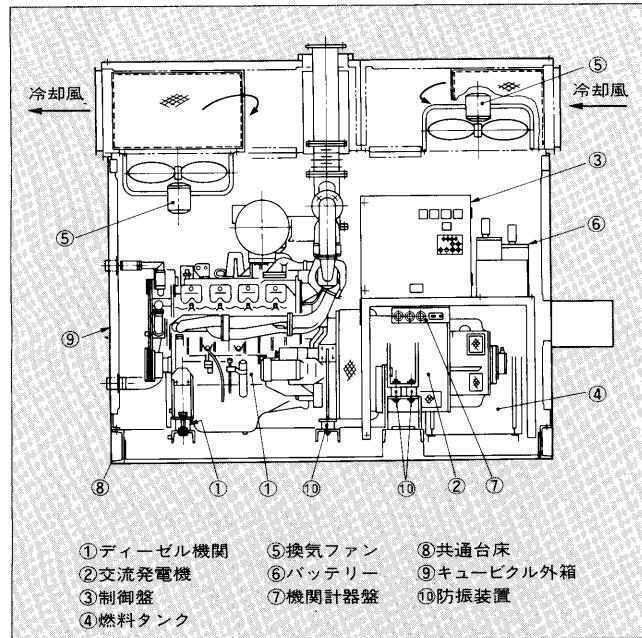
表5 富士ディーゼル発電機のシリーズの標準仕様

外被構造区分 容量区分 諸元	オーブン形(PAG), キューピクル形(FPG), 低騒音キューピクル形(NPG, SPG)										
	20A	30A	45A	75A	100A	150A	200A	250B	300B	375B	500B
出力(kVA)	20/22.5	27.5/32.5	40/45	65/75	100/100	127.5/150	180/210	200/250	250/300	300/375	437.5/500
電圧(V)	200/220					400/440又は6,600					
周波数(Hz)	50/60										
発電機回転速度(rpm)	3,000/3,600			1,500/1,800							
機関メーカー	いすゞ					日産	三菱重工				

表6 富士ガスタービン発電機のシリーズの標準仕様

諸元	外被構造区分 容量区分	FX(屋外キューピクル形、屋内キューピクル形、オープン形)								
		200	250	375	500	625	750	1,000	1,250	1,500
出力(kVA)	防災用(40°C)	187.5	225	375	437.5	500	750	1,000	1,250	1,500
	非常用(30°C)	187.5	225	375	437.5	625	750	1,000	1,250	2,375
電圧(V)	200/220	400/440又は6,600						6,600		
周波数(Hz)							50/60			
発電機回転速度(rpm)							1,500/1,800			
ガスタービン							川崎重工製 単純開放1軸式			

図9 低騒音キューピクル形ディーゼル発電装置構造図



規模ビル管理システムに分かれる。大規模ビル管理システムは、管理項目数1,000~2,000点程度であり、大規模ビル、又は広域に分散するビルを1か所で集中管理するシステムに適用され、図10に構成例を示す。また、中・小規模ビル管理システムは、管理項目数100~1,000点程度を対象とした一般ビルに適用され、図11に構成例、図12に外観を示す。

また、ビル管理として、デマンド装置、ロガー装置、力率調整装置、CVCFモニタリング装置など専用システムが使用されるケースもある。

## 6.1 システムの効果

### 6.1.1 省力化の効果

- (1) 個別発停制御、連動制御、停・復電制御、火災時停止制御などにより、設備機器の操作を簡単にし、省力化が図れる。
- (2) 力率制御によるコンデンサの自動開閉、デマンド制御による負荷の自動開閉によって、省力化が図れる。
- (3) 計測データのロギングにより、ビル管理の省力化が図れる。

図10 大規模システム構成例（広域ビル集中管理システム）

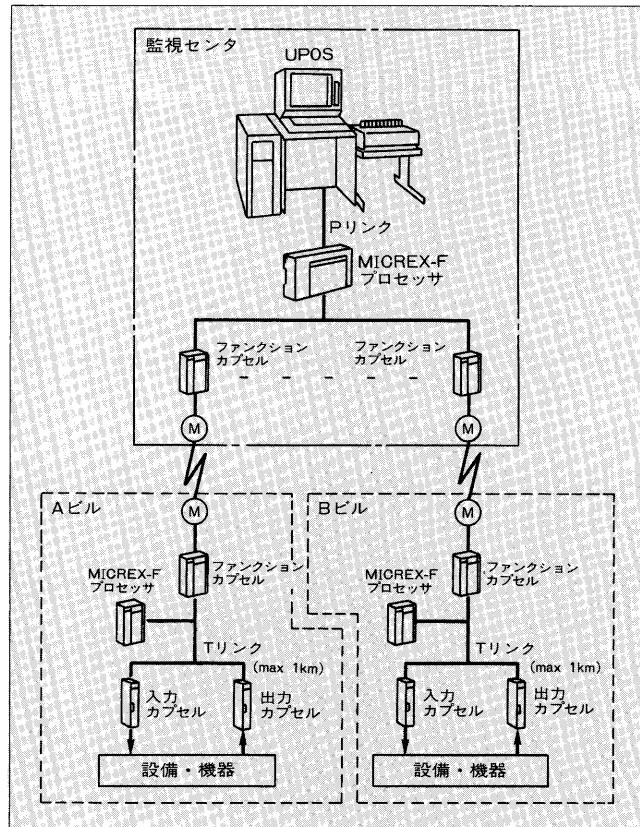


図11 中小規模システム構成例

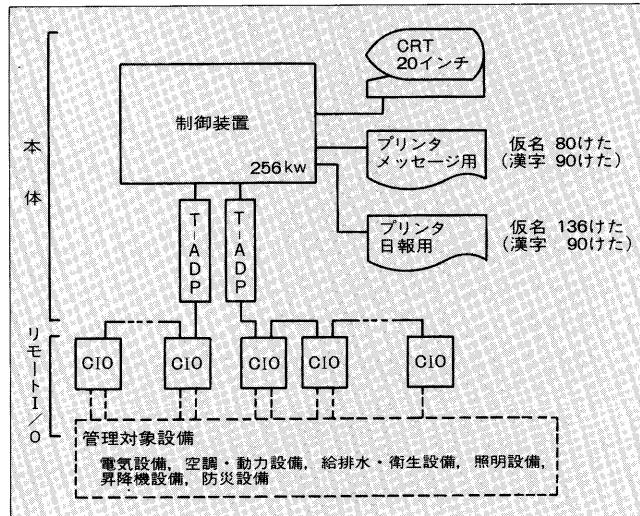
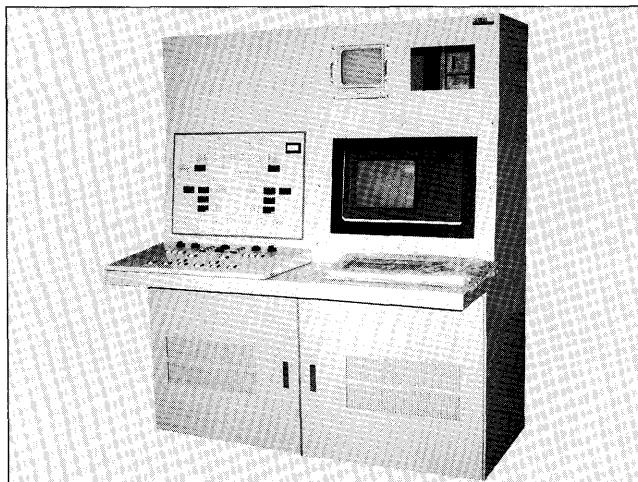


表7 一般ビルにおける管理例

機能	対象設備	電力	空調・動力	給排水・衛生	照明	防災	昇降機
操作・制御	個別操作	○	○	○	○		
	スケジュール制御	○	○	○	○		
	停電・復電制御	○	○ 火災時の強制停止	○			
	デマンド制御	○	○				
	功率制御	○					
	デューティサイクル制御		○				
	室温設定制御		○				
	外気取入制御		○				
	空調機の最適起動停止		○				
	運転台数制御		○	○			○
監視	照明パターン制御				○		
	状態監視	○	○	○	○	○	○
	警報監視(故障)	○	○	○	○	○	○
計測	異常警報(上下限)	○	○	○ 満水・減水			
	計測表示	受電計測 電力量ほか	室内温湿度 冷温水温度				
	印字記録	計測値の日報 月報	状変記録 計測値の日報	状変記録 警報記録			
記録	CRT画面表示	計測値の表示 系統表示	計測値の表示	系統表示	点灯パターン表示	火災発生区画の表示	系統表示

図12 ビル管理システム外観



### 6.1.2 省エネルギー効果

- (1) スケジュール制御、デューティサイクル制御、運転台数制御により、設備機器を連続運転とせず、最適な運転を行い、省エネルギーが図れる。
- (2) 外気取入制御、室温設定制御、空調機の最適起動・停止制御により、最適な室温、運転時間とし省エネルギーが図れる。
- (3) 照明パターン制御により、照明電力量を軽減できる。

### 6.2 システムハードウェアの特長

- (1) カラーCRTによる見やすい表示と簡単な操作を実現する。

- ・表示部は20/14インチカラー8色CRTを使用。
- ・漢字による項目名称の表示。
- ・グラフィック表示による監視が可能で監視能力が高い。
- (2) 管理対象に合わせた分散形の入出力装置であり、自由なシステム構成と拡張性を持っている。
- (3) 管理対象機器を区別する機器No.は、任意の英数字4又は12けたで覚えやすい意味のある番号を自由につけることができる。

### 6.3 機能構成と管理例

操作・制御、監視、計測、記録及びトレンドグラフ、バーグラフによる表示機能を持ち、各機能による対象機器の管理例(一般ビルにおける管理例)を表7に示す。

### 7 あとがき

以上、富士電機の施設電源用発・変電機器の概要を紹介した。今後更に、前述したニーズは高まり、新たなニーズとともに追求する所存である。

今後とも、施設電源用発・変電機器に対する需要家各位の御指導をお願いする次第である。

### 参考文献

- (1) 野渡正義ほか: 22/33kV キュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS), 富士時報, Vol.57, No.5, p.309-313 (1984)
- (2) 宮武修・黒田一彦: 汎用受配電機器の現状と動向, 富士時報, Vol.59, No.2, p.112-117 (1986)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。