

ビル・施設における受変電設備

牛村 祥夫(うしむら よしお)

福岡 幸一(ふくおか こういち)

1 まえがき

ビル・施設などの受変電設備は、空調、照明、給排水、衛生、昇降機設備や情報通信、コンピュータ、OA、セキュリティシステムなどの中枢的機能に対する電力供給源として非常に重要な地位にあり、絶大なる供給信頼度が必要である。それには、各機器の信頼度向上だけでなく、設備全体の施工を含めたトータルでの信頼度が重要である。

最近では、インテリジェントビルの例に見られるように、設備の高機能化、高信頼化の要求がますます強くなり、施工的にも種々の制約条件が多くなってきている。また、ビル・施設分野では、各設備の分割発注が行われるケースが多いので、信頼度低下につながらないように仕事の範囲や各設備間の取合いを十分認識検討の上、計画施工する必要がある。

富士電機ではビル・施設用受変電設備として長年にわたり、ハードウェア並びにシステム技術を蓄積してきたが、ここでは最近の納入例を紹介しながら、受変電設備の総合的な信頼度向上を目指した設備計画や施工時の注意点などについて述べる。

2 各種受電方式の特徴

2.1 各種受電方式の一般比較

ビル・施設における受電方式は設置地域、設備容量・種類、建物の用途などにより適用方式が種々検討されるが、現在多く採用されている方式は表1に示す方式である。このほか、異系統常用一予備受電、平行2回線受電方式があるが、電源側の事情により採用される例は少ない。

各受電方式での系統構成、主変圧器・配電線路の故障時対応や母線絶縁、保護システムなどの総合的供給信頼度を22/33kV受電で比較すると表2のとおりとなる。

実際の受電方式は事前に電力会社と協議する必要があるが、ここに掲げた供給信頼度や工事負担金はその方式決定にあたって重要な判断要素となる。

電力需要が密な大都市では、供給信頼度の向上、配電系

表1 受電方式の種類

6kV級	1回線受電 常用一予備受電(同一系統)
20kV, 30kV級	常用一予備受電(同一系統) ループ受電 スポットネットワーク受電
60kV, 70kV級	常用一予備受電(同一系統) ループ受電

統の均等化などにより、22/33kV スポットネットワーク受電方式が多くなってきている。

2.2 常用一予備受電方式(特別高压)

この受電方式は常用側の作業停電、事故停電時の供給継続を主目的としたものであるが、最近では取引用変成器(PCT)の取替時、事故時でも供給の支障をきたさないように、常用、予備側それぞれにPCTを置く方法や、常用側事故停電時の停電時間短縮を目的として健全、予備側への自動切換を採用するなど、電力供給面での高信頼度化傾向が見られる。

この方式を採用した納入例の単線結線図と自動切換の概略フローを図1に示す。

この方式は保護継電装置(OCR, OCGR)が簡単であるが、次のような点に留意しておく必要がある。

(1) 予告停電時の閉ループ切換操作(無瞬断切換)に伴い発生するループ潮流が、通常の負荷電流を上回るようであればPCT、変流器(CT)の適用やOCR、OCGRの誤動作に波及するので事前に電力会社へ確認する。

(2) 自動切換を電力会社送出遮断器の自動再閉路時間(通常1分間)以内に実施する場合は、瞬時停電による切換防止、主変圧器二次側以降の遮断器の自動遮断・自動再投入実施の必要性、負荷側に非常用発電装置がある場合はそのスタンバイ方法などを事前に十分検討する。

なお、単線結線図作成にあたっては各電力会社の資料を参照してCT、避電器(LA)の位置などを事前に確認しておくと良い。

牛村 祥夫



昭和43年入社。一般産業・ビル施設用受配電設備のプラント技術企画に従事。現在、設備機器事業部技術部。

福岡 幸一



昭和46年入社。一般産業・ビル施設用受配電設備のプラント技術企画に従事。現在、富士電機エンジニアリング(株)サービス事業部技術部。

表2 各種受電方式 (22kV又は33kV)

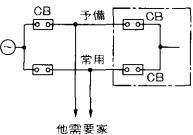
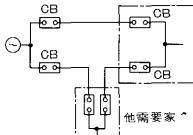
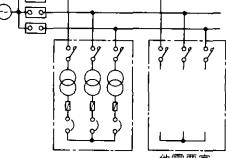
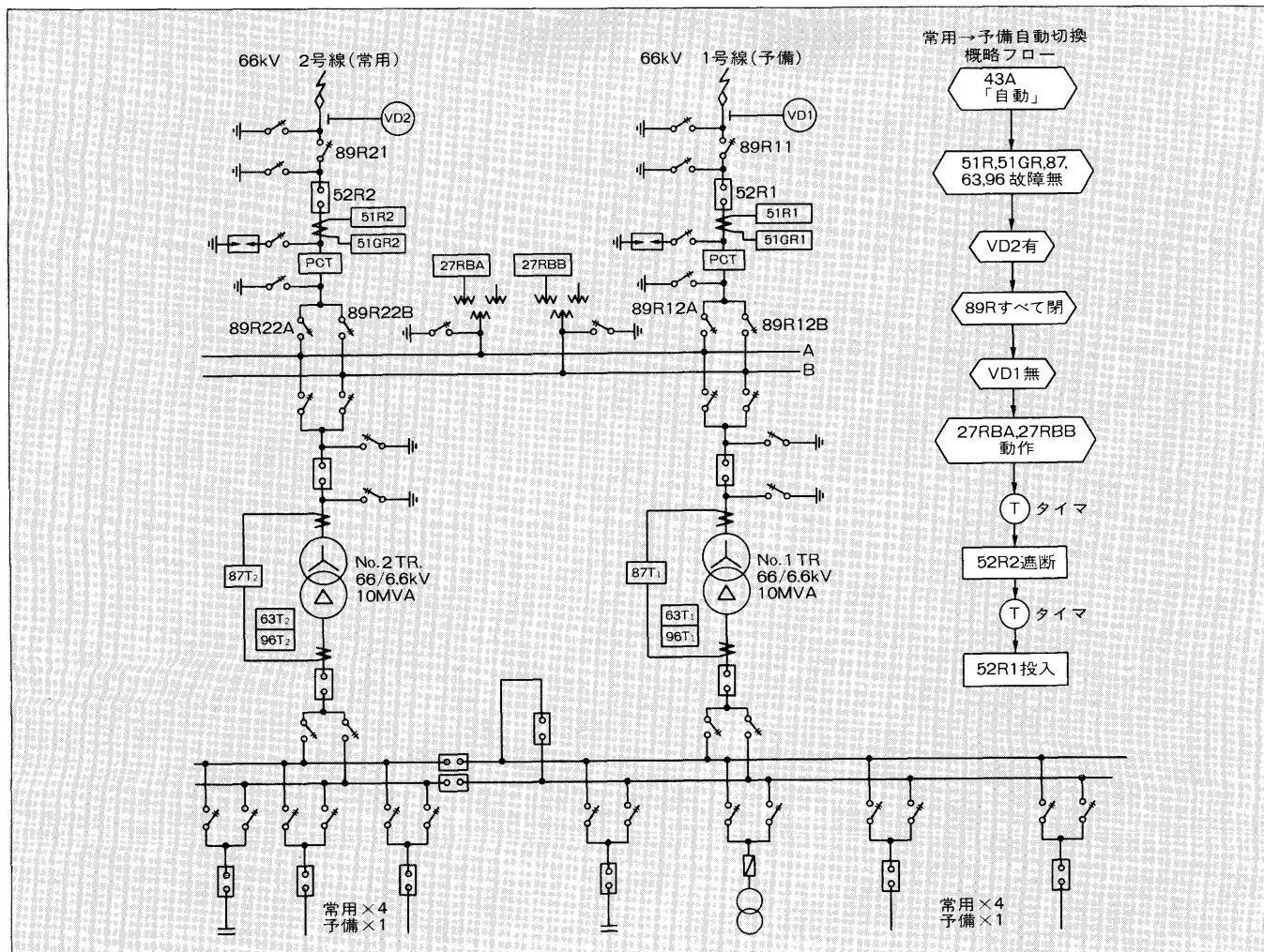
比較内容	常用予備受電(同系統)	ループ受電(クローズド)	スポットネットワーク受電
系統図			
配電線路の故障時	いったん停止になるが、予備線への切換により短時間で復電可能	常時2回線受電、片側線路の故障では停電は無い。	1回線故障時、他の2回線で供給のため停電はない。
配電線路の作業停止時	閉ループ切換により無停電切換の上回線切離し	作業箇所の両端CB遮断	作業回線のみの停止
TR故障時	TR一次LDS式であると、短時間の停電を伴う。 健全TRで全負荷を負担する計画容量にしないと負荷制限を必要とする。	同左	健全TRで無停電、かつ負荷制限無しで電力の供給が可能。
TR二次側電圧変動	TR運転台数と%Zにより決まる。	同左	3台並列運転であるための電圧変動は小さい。
TR二次主母線の絶縁	非絶縁母線	同左	絶縁母線
配電線路及び変電回路の保護Ry	受電回路にOCR、OCGRを設置	受電回路にOCR、OCGRを設備 配電線路の保護用としてバイロットワイヤRyが設置される(電力会社支給品)。	受電回路にネットワークRyを設置
特別高圧機器	受電回路 DSとCB TR一次 LDS又はCB	同左	TR一次、LDSのみ(TR二次が高圧の場合はCBにする場合もある)。
受電CBの操作	電力会社との電話連絡が必要	同左	原則 自動操作
総合的な供給信頼度	3	2	1

図1 常用一予備受電設備



2.3 ループ受電方式

この受電方式は表2に示すとおり、片側事故でも無停電で供給できる方式である。最近、信頼度を高める目的から常用一予備受電方式をループ受電方式に変更する例も出ている。ただし、この場合は、当初からループ受電に対応できるように考慮してある場合が多い。ループ受電については、パイロットワイヤリレー用CT、ZCTの取付、シーケンス上の取合いなどを事前に電力会社と十分打合せを行う必要がある。

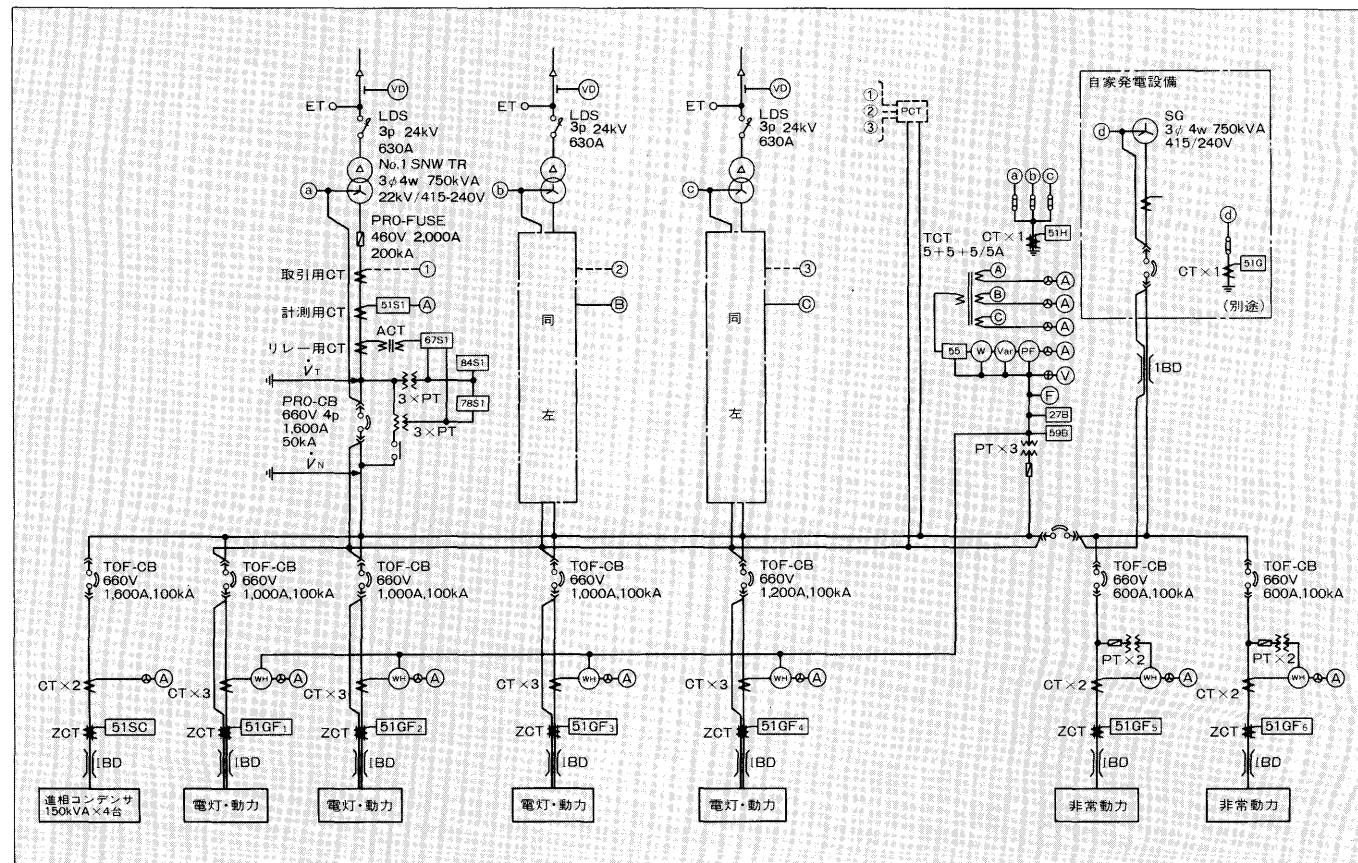
2.4 スポットネットワーク受電方式

この受電方式も表2に示すとおり、電力供給信頼度の面で優れた方式で、構成が標準化されているため計画が容易にできる特徴がある。図2に22kVスポットネットワーク受電設備の単線結線図例を示す。

周知のようにネットワーク変圧器二次側のプロテクタ遮断器操作は基本的に自動開閉であるため、次に示す三つの機能をもっている。

- (1) 一つの回線の短絡事故による該当変圧器二次逆電力、及び一つの回線の作業停止による該当変圧器二次逆励磁電流の有効分をネットワーククリレー(67S)で検出して自動遮断する(逆電力遮断機能)。
- (2) 停止回線の復電時には、他の健全回線の変圧器インピーダンス降下などのため、該当変圧器二次電圧(\dot{V}_T)と母線電圧(\dot{V}_N)との間に差電圧($\Delta V = \dot{V}_T - \dot{V}_N$)を生じ

図2 スポットネットワーク受電設備単線結線図例

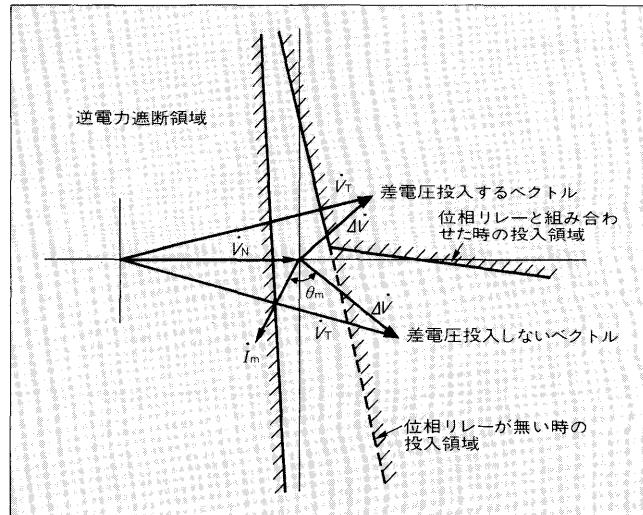


るが、ネットワーククリレーで \dot{V}_T 及び \dot{V}_N と ΔV の位相を検出して自動投入する(差電圧投入機能)。位相を検出する目的は、差電圧投入時に発生する ΔV に起因して流れる系統循環電流(I_m)が、図3に示すベクトル図のとおり逆電力遮断領域に入ると逆電力遮断→差電圧投入を繰り返すポンピング現象が発生する場合があるのである。

- (3) 停止回線の復電時、ネットワーク母線が無電圧であっても \dot{V}_T 及び ΔV をネットワーククリレーで検出して自動投入する(無電圧投入機能)。

以上の機能を満足させ、信頼度を確保するためには、

図3 ポンピング現象



- (1) 変圧器の無負荷損失を定格容量比で0.2%程度にとる(90%電圧時の逆励磁遮断を可能にするため)。
- (2) 変圧器のインピーダンスなどは技術指針に従った値で製作する。
- (3) 負荷力率は進み側にしない(差電圧投入に必要な負荷値が大きくなるため)。
- (4) 一つの回線停止時は各需要家の逆電力遮断がすべて完了するまでは多少時間がかかるので、早く遮断した需要家には他の需要家のネットワーク変圧器を介して回り込

図4 高圧スポットネットワーク差電圧検出

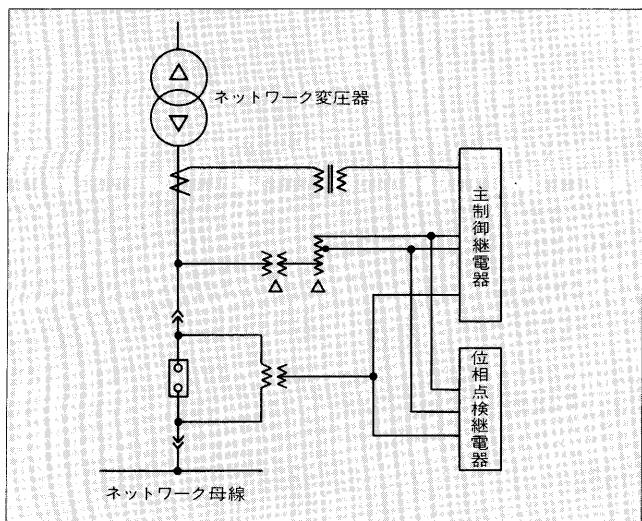
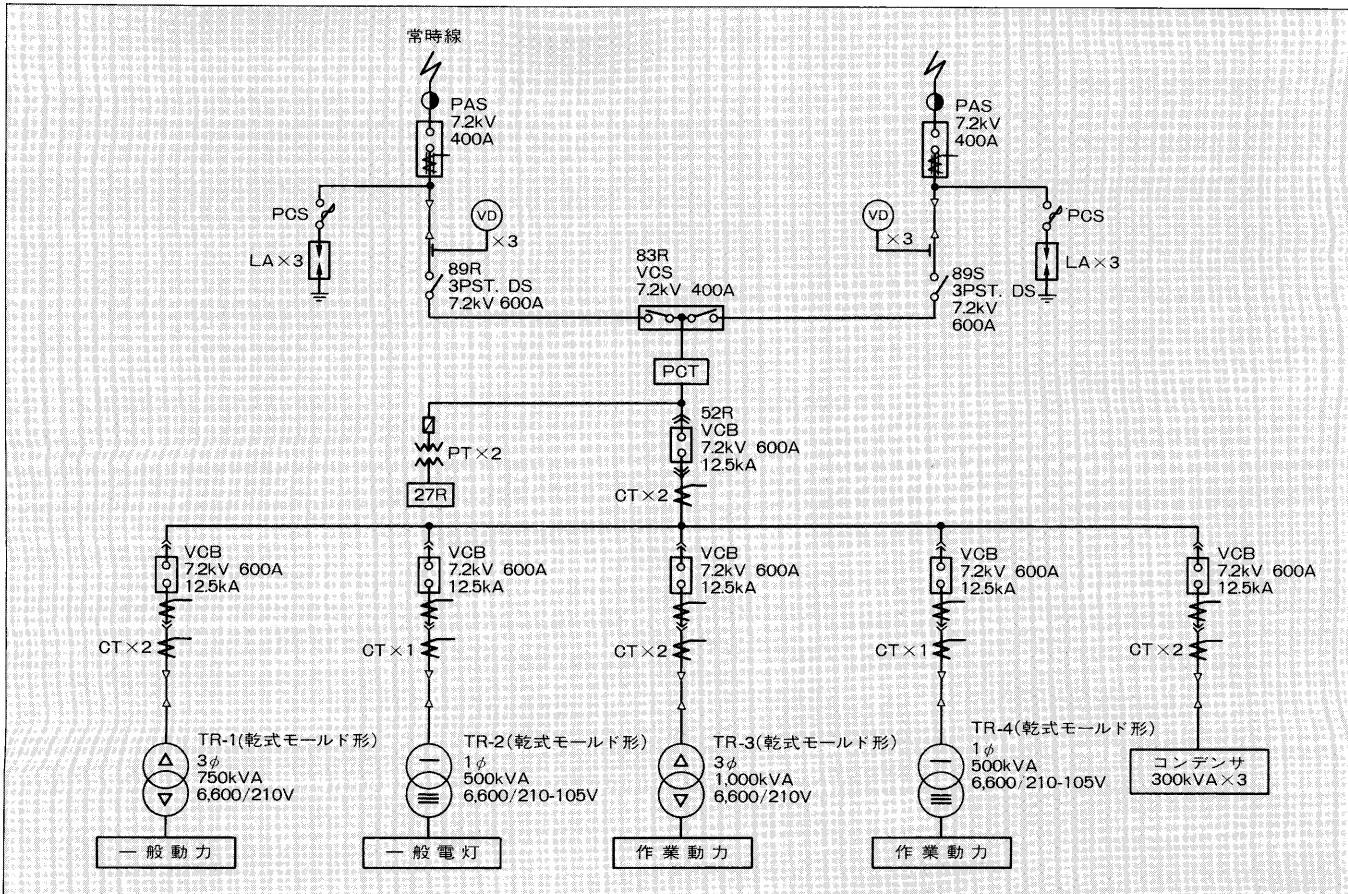


図5 高圧受電設備単線結線図例



み電圧が印加され、その電圧が差電圧投入領域に入ると差電圧投入→逆電力遮断を繰り返す別のポンピング現象が発生するおそれがあるので、自動投入には多少時限を持たせる。

- (5) エレベータなどの回生電力を発生するものがある場合は、その防止策を講じておく。
などが必要である。

高圧スポットネットワーク（ネットワーク変圧器二次側が高圧であるもの）の場合、変圧器二次側結線は△結線が多く、かつ、高圧回路は通常非接地系統であるため、差電圧は対地静電容量などの影響を受けて、正規の電圧が発生しない場合がある。したがって高圧スポットネットワークでは、図4に示すとおり、低圧方式とは若干異なった検出方法を用いており、これにより、対地浮遊容量やPT誤差による差電圧への影響を最小限に抑えることができる（特許出願中）。

2.5 高圧受電設備

高圧受電設備については「高圧受電設備指針」（日本電気協会）にて詳細に規定されているのでそれに基づき計画を行えば良い。受電回線は1回線が圧倒的に多いが、供給信頼度向上のため、常用一予備の2回線受電方式で、切換時間短縮、切換操作の簡素化、誤操作の防止などから自動切換方式を採用する例もある（図5参照）。

この受電方式における自動切換の方法は、まず通常受電

している本線側が停電すると、受電不足電圧継電器(27R)が停電を検出し、受電遮断器(52R)を遮断する。更に本線側受電断路器(89R)を開いて、真空スイッチ(83R)を予備線側へ切り換え、予備線側受電断路器(89S)を投入し、最後に受電遮断器(52R)を投入して予備線から給電し、切換操作を完了する。この本線側から予備線側への切換は、電力会社に対しては無通告で切換操作を行う。本線の復電に伴う予備線から本線側への切換は、切換前に電力会社給電所と連絡を行ってから、復電操作押しボタンスイッチ操作により本線側への自動切換操作がスタートする。

③ 自家発電装置との連絡

受電系統の停電による非常用自家発電設備の運転及びその母線切換については、当然のことながら、より高い信頼度が要求される。

最近はコンピュータ負荷の増大に伴い、非常用自家発電設備は容量増加の一途をたどっており、必然的に受変電設備との連絡も複雑になってきている。制御方式についても、中央監視設備の停・復電プログラムによる自動操作など、制御の高度化が増しているのが現状であるが、高い信頼度を保つためには母線構成、停・復電時の操作モード、自動指令やインタロックなどの信号授受条件など広範囲にわたり十分に検討した上で適用しなければならない。

特に注意すべきことは次の諸点であるが、(1)～(5)は消防関連の規制である。

- (1) 防災負荷は極力専用フィーダーとすること。
- (2) 防災用負荷と他の一般負荷は同一の盤に収納せず、隔離する。

図6 不足電圧継電器設置例

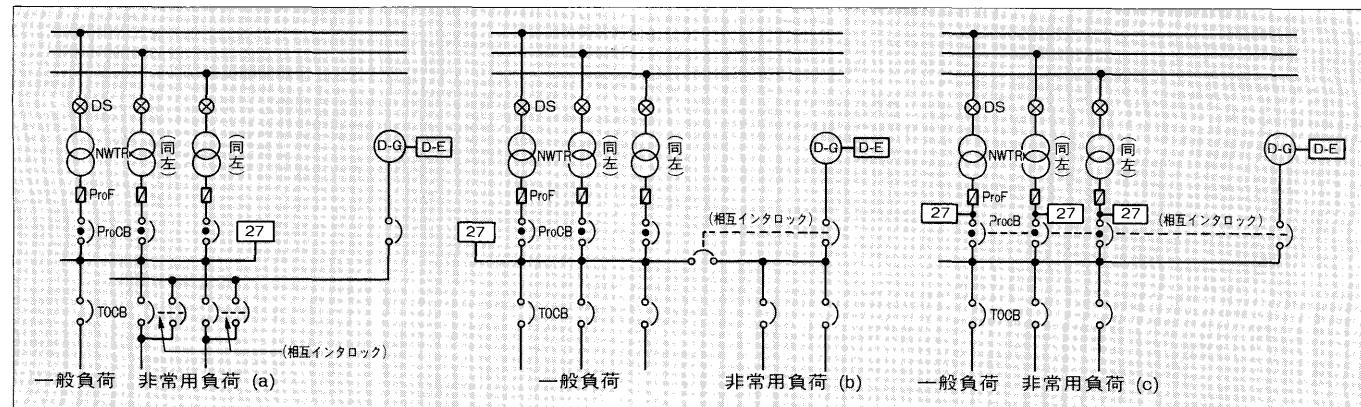
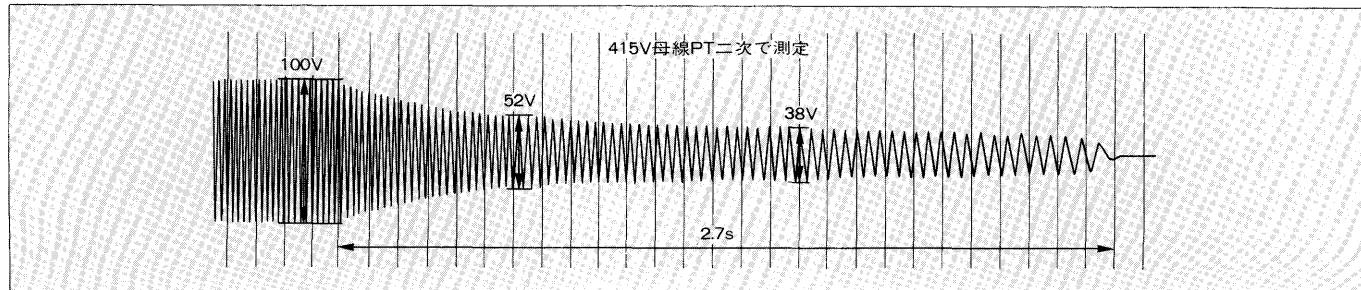


図7 母線残留電圧例



壁を設けておくこと。

- (3) 一般負荷のフィーダと上位系統（主変圧器二次など）とは短絡・地絡事故とも十分な選択遮断協調がとれること。
- (4) 防災負荷の地絡検出は警報だけとすること。
- (5) 防災負荷未使用の場合、自家発電設備の給電を一般負荷に広げる場合は、火災発生により自動的に一般負荷が遮断されること。
- (6) スポットネットワーク受電設備のように、復電時も自動操作化しているものは、中央監視設備の停復電プログラムの対象からはずすとともに、相互の協調をとること。
- (7) 停電検出のための不足電圧継電器(27Ry)の設置位置は母線切換遮断器の一次側（直近上位）からとり、自己保持をしないこと。27Ryの設置例を図6に示す。
- (8) 不足電圧継電器の整定にあたっては単なる無電圧検出だけでなく、電動機負荷の発電作用による残留電圧減衰特性を考慮した上で決定すること。残留電圧減衰特性の例を図7に示す。
- (9) 受電設備点検時、自家発電による給電を継続する場合制御電源は受電系と自家発電系とに分割できること。

④ 中央監視と制御電源

受変電設備における中央監視設備（ビル管理システム）は本特集の別稿を参照願うものとし、ここでは中央監視システムの正常なる運転に不可欠な制御電源の構成について述べる。

中央監視設備本体及びリモートターミナル盤の電源は、

図8 特別高圧受変電設備電源系統図

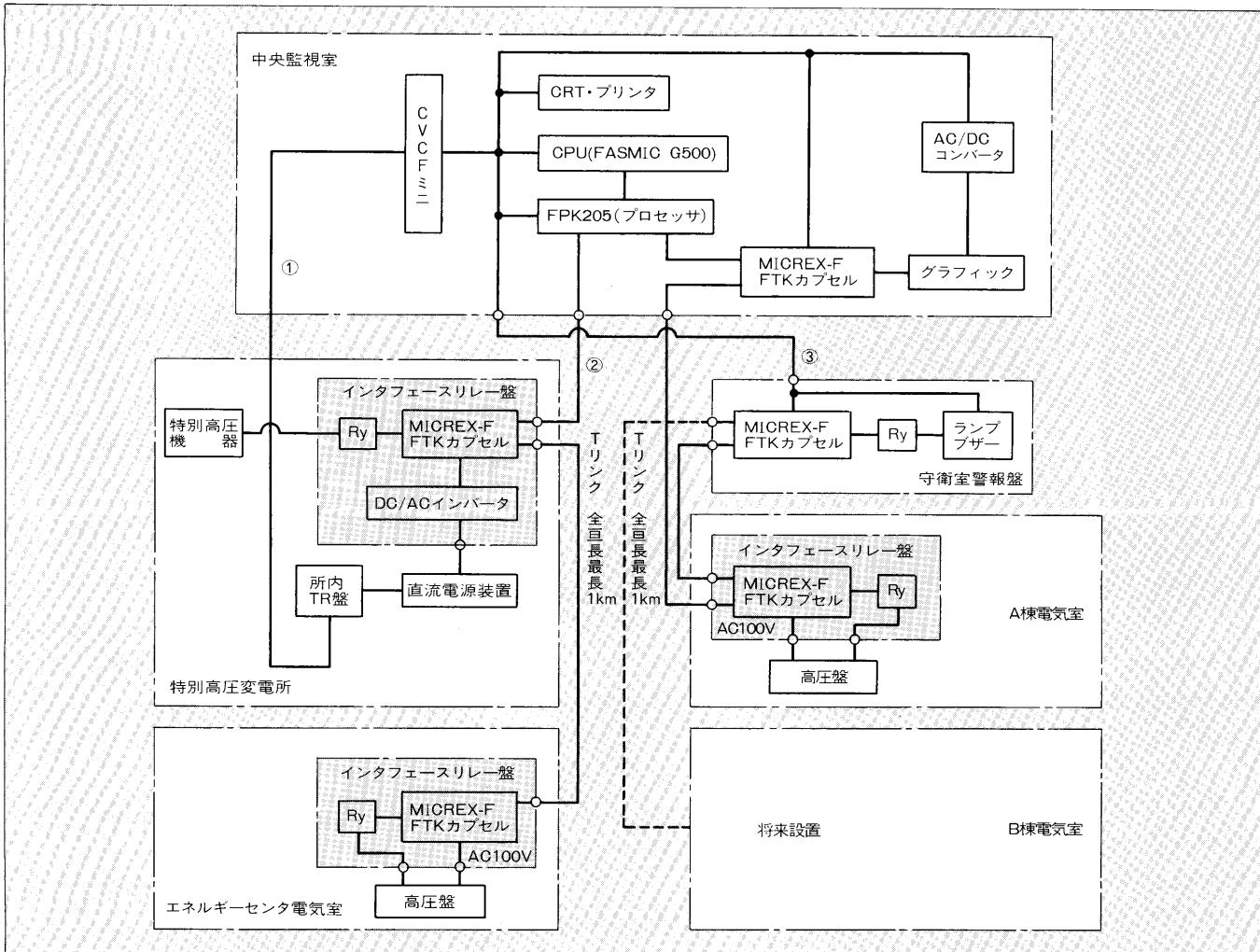
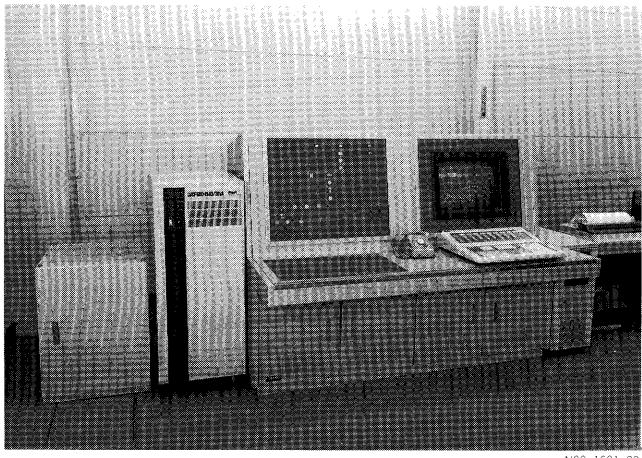


図9 変電所監視設備の外観



信頼度確保の上から停電しても確実に確保できるようにしなければならない。図8はある特別高圧変電所において採用された中央監視設備の制御電源の系統を示す。この設備はMICREX-Fを使用したUPOS100システムであり、本体の電源はAC100Vで無停電電源装置(UPS)を介しての供給である。UPSは容量、据付スペース、経済性から停電保証10分の富士ミニUPSを使用しており、UPSの電源は特別高圧変電所所内変圧器から供給している。また、リモ

ートターミナル盤の電源(AC100V)は、DC/ACインバータを通して変電所直流電源であるDC100Vから供給している。

中央監視設備にはCRT停止時のバックアップとしてグラフィックパネルを装備しているが、グラフィックパネルの表示は発光ダイオードであるため、電源はAC100V/DC24Vのコンバータを通して供給している。図9にミニUPSでサポートされた中央監視設備の外観を示す。

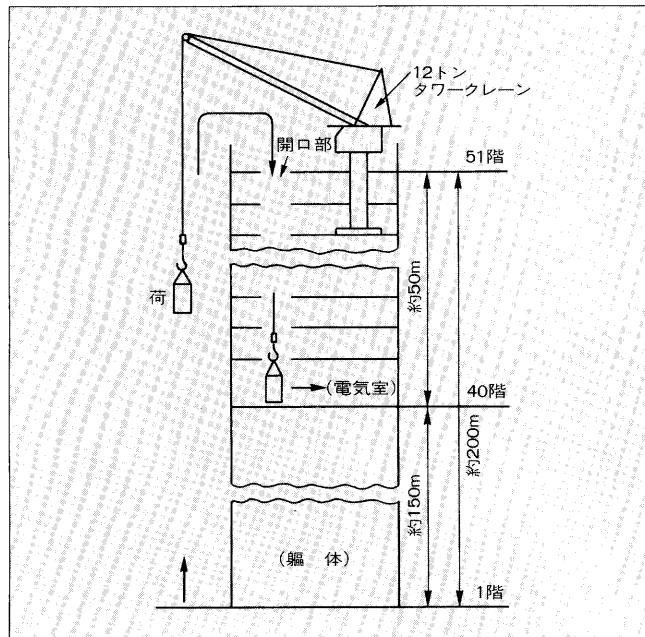
⑤ 受変電設備施工の注意点

一般にビルの電気室は地下階に設けられることが多い、また超高層ビルなどでは中・高層階に設置されるケースもある。機器の搬入・組立・据付にあたっては、搬入用仮開口を初め種々の制約があるため、建築・工事業者とよく協議の上適切に対応する必要がある。

特に搬入については、その時期、分割方法、搬入通路、搬入順序と方法、仮置場所などに十分注意しなければならない。ここでは地上40階に設置された22kVスポットネットワーク受電設備の機器搬入作業について述べる。

この例では、建築業者が設置、運転管理している51階まで延びた12トンタワークレーンを利用してビル外壁沿いに、

図10 つり上げ要領図



いったん51階までの約200mをつり上げ（これは総合計画上40階電気室の建築工程よりも外壁工事工程が先行しているためである），その後40階の電気室へ降ろし，設置場所へころ引きにより移動した（図10参照）。

51階から40階へは床（又は天井）に設けられた2.6m×3.6mの機器搬入用仮開口を使用して，約50mをつり降ろした。

高所（約200m）までつり上げるため，安全上風雨の強い場合は作業を中止しなければならないので，実施7日前から天気予報により気象条件の推移に十分注意し，速やかに臨機応変の対応策がとれるように対処した。ちなみに風速15m/s以上になれば中止を予定していたが，実際には遅滞な

く完了した。

最大寸法機器：1.9m (W) × 2.9m (D) × 3.6m (H) (配電盤)

最大重量機器：6.5t (2,000kVA モールド変圧器)

梱包数：30ケース（合計重量約60t）

以上の機器を1日10ケース，計3日間で搬入した。

⑥ あとがき

ビル・施設の受変電設備は今後ますます需要が増大していくとともに，各コンポーネント機器は，それぞれ高信頼化，高機能化を目指して改良が続けられていくはずである。それだけに設備全体の信頼度をより高くするためには，各機器間，各設備間の取合いや施工面について從来以上に綿密な検討を行い，システムをまとめていく必要があり，本文がこのような命題に少しでも役立てば幸いである。

参考文献

- (1) 東京電力(株)：特高自家用受電設備設計についてのお願い。
中部電力(株)：特高需要家受電設備の新・増設ならびに運用に際してのご案内（1981-11）
- (2) 関西電力(株)大阪北支店：特高受電設備設計の手引（1979-1）
- (3) 東京電力(株)：スポットネットワーク受電設備技術資料，第3版（1976-1）
- (4) 九州電力(株)：スポットネットワーク受電設備技術指針など（1979-1）
- (5) 日本電気協会高圧需要家受電設備研究委員会：高圧受電設備指針（改訂版），第4版（1985-4-1）

技術論文社外公表一覧

題 目	所 属	氏 名	発 表 機 関
AI技術のプロセス制御での適用動向とファジィ制御の実用化事例	富士ファコム制御	太田 徳二 伊藤 修	日本計画研究所講習会（1986-12）
架空配電線工事用マニピュレータシステムの開発(2)	富士電機総合研究所 "	津田喜一郎 森 俊二	日本ロボット学会（1986-12）
有限要素法によるクリーンルームの三次元気流解析	富士ファコム制御 " 金山 寛 寿上 宏司 本山 浩	内田 喜之 浅野 明彦 酒井 博	第36回応用力学連合講演会（1986-12）
Characterization of Amorphous Silicon Heterojunction	富士電機総合研究所 " 内田 喜之 浅野 明彦 酒井 博	内田 喜之 浅野 明彦 酒井 博	第2回 MITI/NEDO-EPRI Joint Workshop（1986-11）
Hole Injection from Polypyrrole Electrode into Photoconductive Polymers	富士電機総合研究所	久保いづみ	第2回中日共同セミナー「有機固体中の電気並びに光伝導」（1986-11）
Production Planning and Control of an Oxygen Plant	システム事業本部 富士ファコム制御	八島 高雄 津田 宗	IFAC MMM '86 5th (1986-8)
New ZnO Element for Surge Arrester	富士電機総合研究所	向江 和郎	American Ceramic Society (1986-10)
Zinc Oxide Varistors with Praseodymium Oxide	富士電機総合研究所	向江 和郎	American Ceramic Society Bulletin (1986-10)



*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。