

# スポットネットワークならびに レギュラーネットワーク配電機器

Equipment for Spot and Regular Network Distribution

能 一 彦\* 平 野 靖 典\*  
Kazuhiko Noh Yasunori Hirano

## 要 旨

超過密都市の中心部の電力需要は急増し、信頼度に対する要求も高度になってきた。これに対しネットワーク配電方式がクローズアップしてきている。日立製作所では数年前からスポットネットワーク受電設備ならびにレギュラーネットワークプロテクタの開発研究を行ってきたが、これらについて紹介する。

## 1. 緒 言

経済成長が高度化していくに従い、大都市の人口集中は急激に進んでおり、これに伴い都市部における電力負荷密度は非常な勢いで増加している。またこれら量的増加とともに負荷の種類も多様化し、一瞬の停電もゆるされない情勢になりつつある。すなわち、供給信頼度の高い電力を多量にしかも経済的に配電する必要性が叫ばれている。これら超過密都市に対する配電方式としては、ネットワーク配電方式が最も適したものとして各電力会社で検討されている。これに対応して日立製作所では数年前からネットワーク配電方式に用いられる機器について研究を重ね、すでにスポットネットワークプロテクタならびにレギュラーネットワークプロテクタを各方面に納入したが、さらに経済性の追求などの研究を引き続いて行なっている。これら研究結果について報告する。

## 2. 低圧ネットワーク方式の概要

低圧ネットワーク方式は、ビルディングのように一個所に大きな負荷があるところに配電をするのに適したスポットネットワーク方式と、比較的小容量の負荷の密集した都市の繁華街に配電するのに適したレギュラーネットワーク方式に大別される。

スポットネットワーク方式は図1に示すように電源変電所から、2~4回線の22kV配電線で受電し、変圧器一次側には一次断路器のみ設置し、二次側に変圧器ごとのネットワークプロテクタを置き、その負荷側をネットワーク母線で並列に接続し、その母線に接続されたいくつかの幹線によって各方面の負荷に供給する方式である。ネットワークプロテクタはスポットネットワーク方式の中核となるもので、気中しゃ断器、プロテクタヒューズ、ネットワークリレーなどにより構成されている。このように受電フィーダが複数回線であるため、仮に一つの配電線あるいは変圧器が故障を起こしても、電源変電所のしゃ断器が事故を検出してしゃ断すると同時に、ネットワークプロテクタはネットワーク母線より逆流する電力を検出してしゃ断し、事故回線を電源から切り離してほかの健全な回線により電力を無停電で供給することができる。また単に電源変電所のしゃ断器が開かれたときも、変圧器の無負荷励磁電流が低圧側より逆流することを検出し、22kVフィーダを自動的に無電圧にすることができる。負荷が増加していったとき投入されていないプロテクタがあったならば、ネットワークリレーの投入指令により自動的に投入される。このとき投入後しゃ断、再び投入、しゃ断と短時間のうちに繰り返すことのないような方式になっており、すべて自動的に運営される。またネットワーク母線が無電圧のときもネットワークプロテクタは自動的に投入される。

\* 日立製作所国分工場

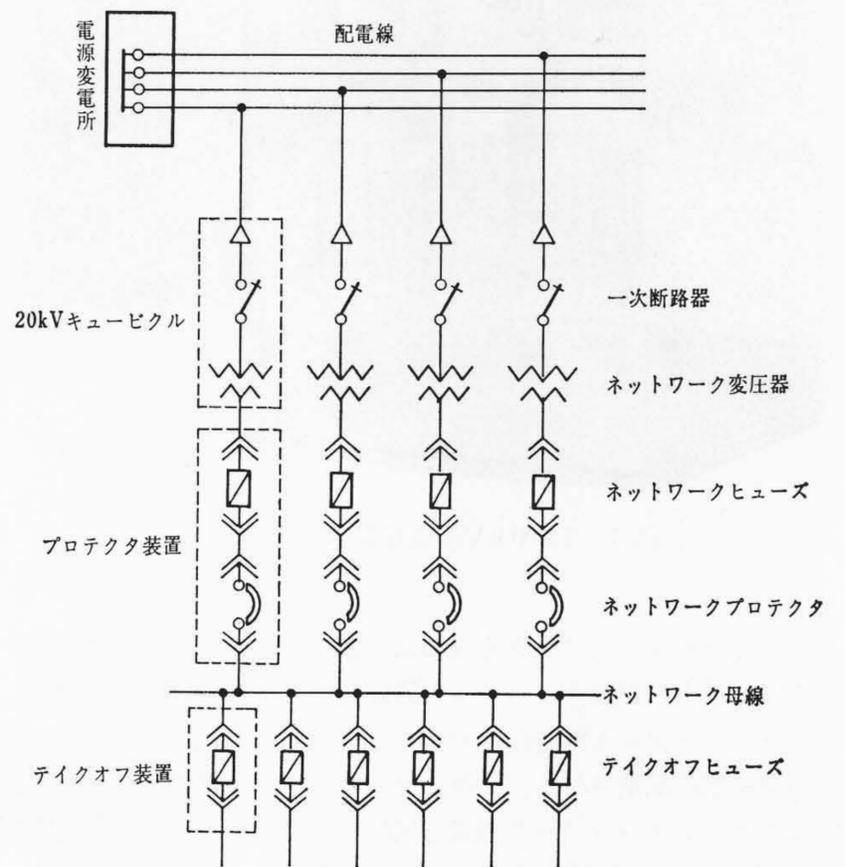


図1 スポットネットワーク受電設備単線接続図

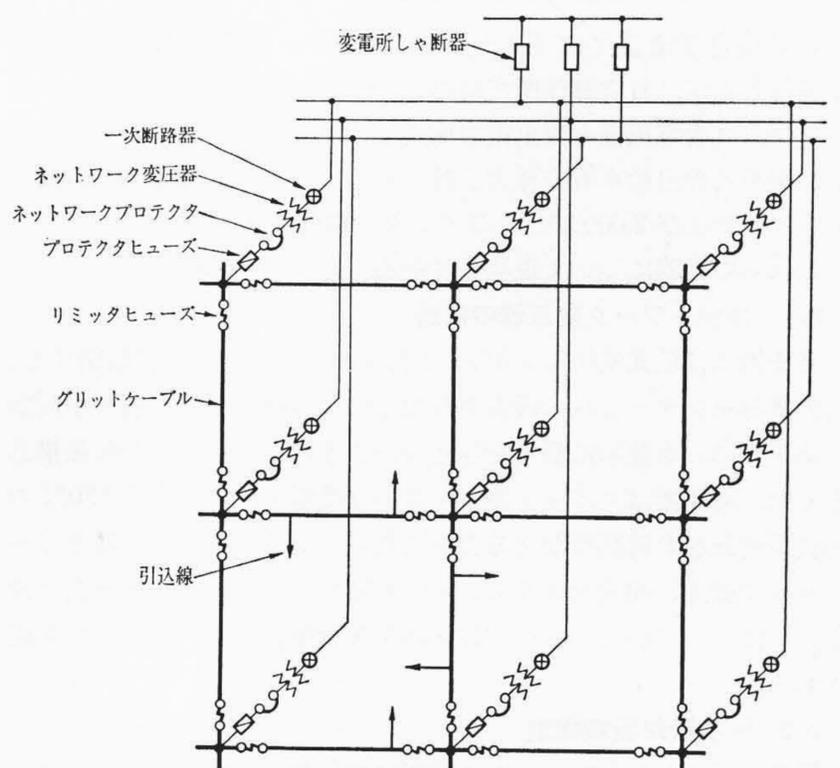


図2 レギュラーネットワーク方式

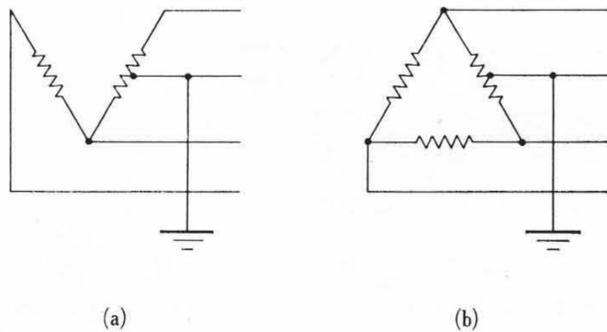


図3 非対称低圧三相4線式

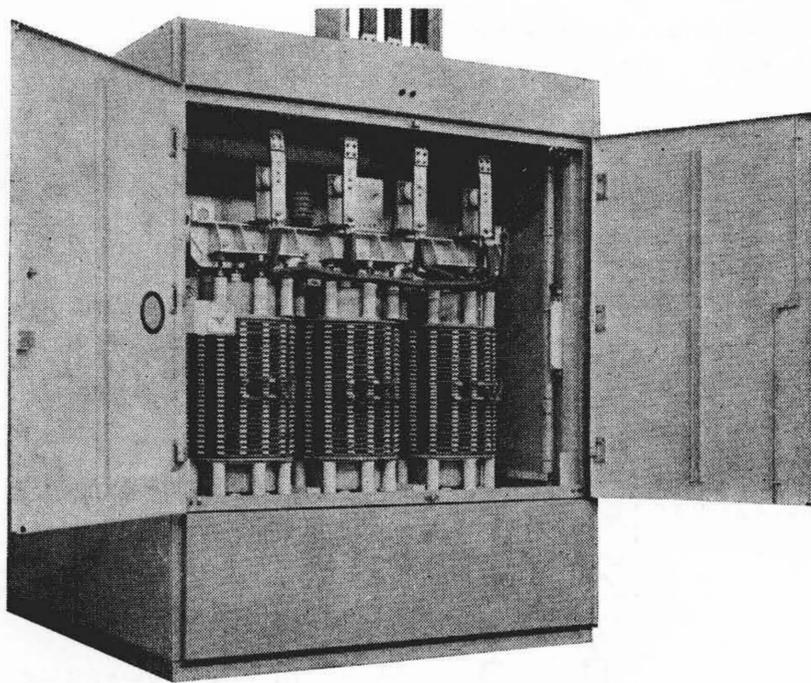


図4 1,000 kVA 変圧器キュービクル

レギュラーネットワーク方式では、図2に示すようにプロテクタ変圧器が数十～百数十メートルの間隔で配置され、変圧器二次側は、グリッドケーブルと称されるケーブルで互いに接続されており、さらに需要家に配電される。レギュラーネットワークプロテクタの動作はスポットネットワーク方式と同様であるが、わが国の配電電圧が200Vおよび100Vであるため、人結線三相4線線式にすることができず、図3に示すような非対称低圧三相4線式変圧器結線を用いざるを得ない。

3. スポットネットワークプロテクタ

日本電設工業会では「スポットネットワーク受電設備技術指針」を発行したが、日立製作所ではこれに準拠して製作したスポットネットワーク受電設備を東京電力株式会社(世界貿易センタービル)および東京日産自動車販売株式会社に納入した。これは1,000 kVA×3バンクおよび2,000 kVA×3バンクの構成である。

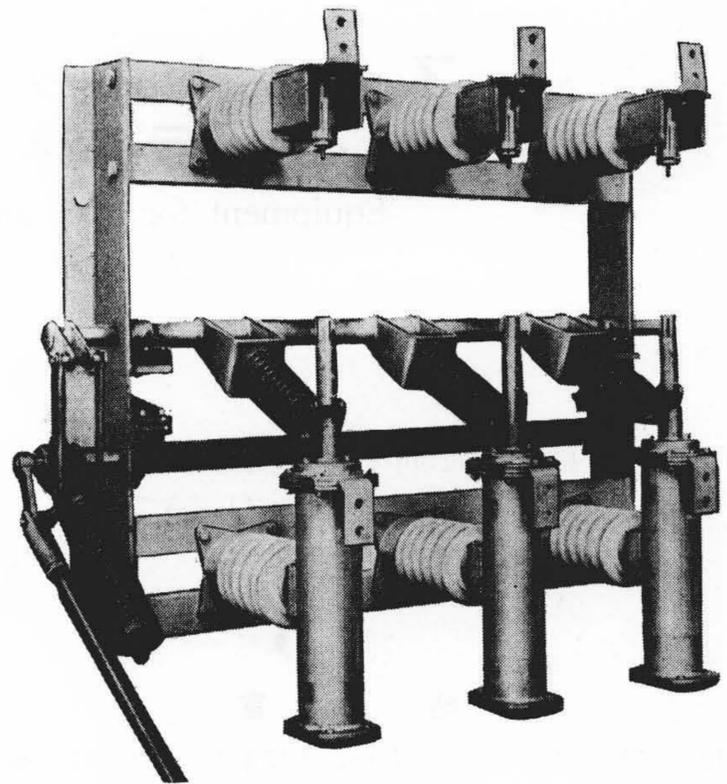
これらの機器について説明を加える。

3.1 ネットワーク変圧器の構造

変圧器には乾式変圧器を用い、これをキュービクル内に収納する。世界貿易センタービルに設置されたものは設置場所が建物の中間階であるため、事務室に騒音を与えないようにバネを用いた防振構造とした。変圧器はスポットネットワーク受電方式の特質上130%の過負荷運転を8時間行なえるようになっている。また変圧器キュービクルは搬入に便利のように、一次断路器キュービクルと分割できるようになっている。図4は1,000 kVA 変圧器キュービクルの外観である。

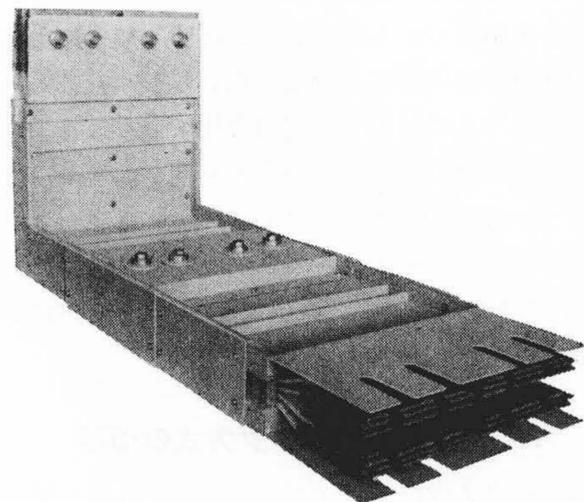
3.2 一次断路器の構造

図5に示したように、一次断路器は二次側の気中しゃ断器とインターロックをとってあるため、負荷電流を開閉する必要はないが、



(励磁電流しゃ断容量5A)

図5 24 kV 200 A 一次断路器



(2,000A 3P4W Al-Fe)

図6 絶縁バスダクト

変圧器励磁電流の開閉を行なう必要がある。この種の開閉器として細隙(さいげき)形、空気吹付形、真空形などがあるが、細隙形は寸法が大で、かつ開閉寿命が小である。また真空形は價格的に割高であるため、空気吹付形を採用した。可動接触子は上下方向に直線運動するリニア形で、キュービクル内部にコンパクトに収まる形状としてある。本器の下部にあるシリンダ内部の空気が、可動接触子の先端に設けられたノズルより噴出する際、アークを吹き消す構造である。本一次断路器の操作は手動操作であるが、投入、しゃ断ともバネで急速に動作するようになっており、手動操作をゆっくり行ったり、途中で止めたりしても開閉特性が変わることはない。

3.3 絶縁バスダクト

変圧器キュービクルとプロテクタキュービクルを連絡するのに、電流が比較的小さい場合には低圧ケーブルによるのが経済的であるが、電流が大になると絶縁バスダクトのほうが有利となってくる。このため図6に示すような絶縁バスダクトを開発した。本バスダクトは独自の方法により、耐熱ビニルをシームレスに被覆した導体を密着させ、さらに金属ダクトで強固に囲ってあるので、短絡電流が流れても導体に変形する心配がなく、短絡強度が大きい。表1は絶縁バスダクトの寸法を示したものである。

3.4 プロテクタ装置およびテイクオフ装置

図7に示したのは2,000 kVA×3バンク用のプロテクタ装置およびテイクオフ装置の外観である。プロテクタ装置はスポットネット

表1 絶縁バスダクト寸法

定格電圧 (V)	定格電流 (A)	寸法 (mm)		重量 (kg) (1mあたり)
		幅	高さ	
600	1,000	210	135	32
600	2,000	470	135	66
600	3,000	630	135	80
600	4,000	780	135	100

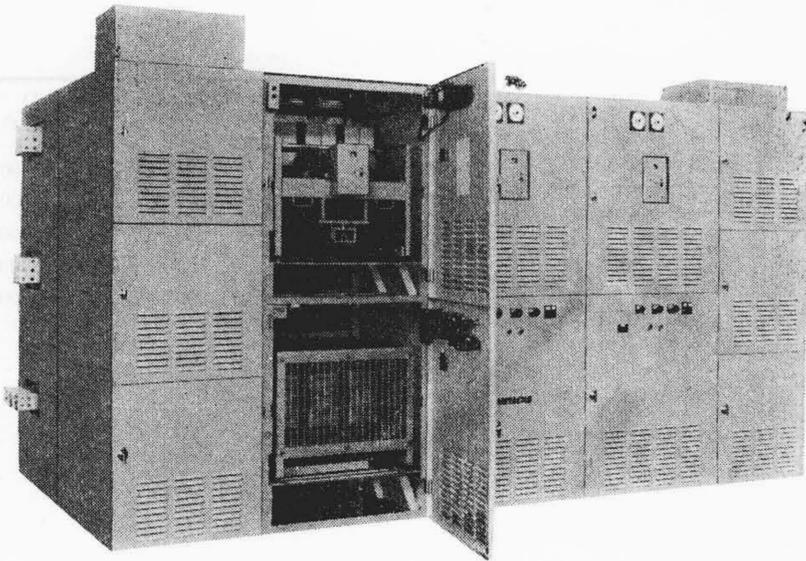


図7 4,000A プロテクタ装置および 3,000A テイクオフ装置キュービクル

ワーク受電設備の心臓部ともいべきもので、プロテクタリレー、プロテクタしゃ断器、プロテクタヒューズなどを内蔵している。

図8はプロテクタリレーの外観である。プロテクタリレーはマスターリレーとフェージングリレーよりなり、電力の流れがネットワーク母線より変圧器へ流れ込むようになったときに、しゃ断指令が発せられる。投入指令は差電圧投入指令と無電圧投入指令に分けられる。差電圧投入指令は運転している変圧器が過負荷にならないうちに開放しているプロテクタに投入指令を与えるのが目的である。差電圧投入指令を受けてプロテクタが投入したときプロテクタリレーがしゃ断指令を出すとプロテクタは投入、しゃ断、投入と繰り返しポンピングを起こすのでこれを防がなければならない。

プロテクタ投入前のプロテクタ極間差電圧を $\Delta V$ とし、変圧器インピーダンスを $Z_T$ とし、運転中の変圧器数を $n$ とすれば、プロテクタ投入後に流れる電流 $I$ は(1)式で示される。

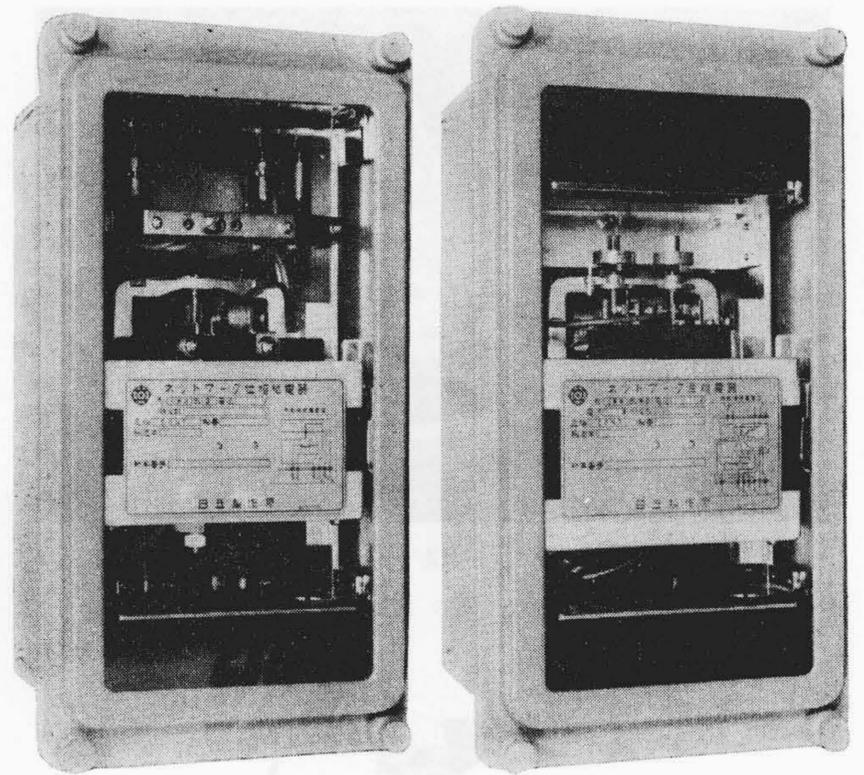
$$I = \frac{\Delta V}{Z_T + \frac{1}{n} Z_T} \dots\dots\dots (1)$$

この $I$ とネットワーク電圧 $V$ による電力が変圧器よりネットワーク母線の方向へ流れているならば、ネットワークプロテクタを投入してもポンピングは起こらない。このことは図9に示すような範囲に差電圧 $\Delta V$ がはいってればポンピングしないことになり、したがって変圧器側電圧がネットワーク母線側電圧よりも高く、かつ位相が進んでいれば投入してもよいといえる。この条件をマスターリレーおよびフェージングリレーによって検出し投入指令を出す。また補助リレーの組合せで無電圧投入が行なわれるようになっている。

図10はプロテクタしゃ断器として用いられる600V、3,000A 気中しゃ断器を示したものである。

図11はプロテクタヒューズおよびテイクオフヒューズで、ネットワーク回路の性質上非常に短絡電流が大となるので、しゃ断容量は200kAとしてある。

図12はプロテクタ装置の外観である。主回路母線は事故の際、



(左：マスターリレー、右：フェージングリレー)

図8 プロテクタリレー

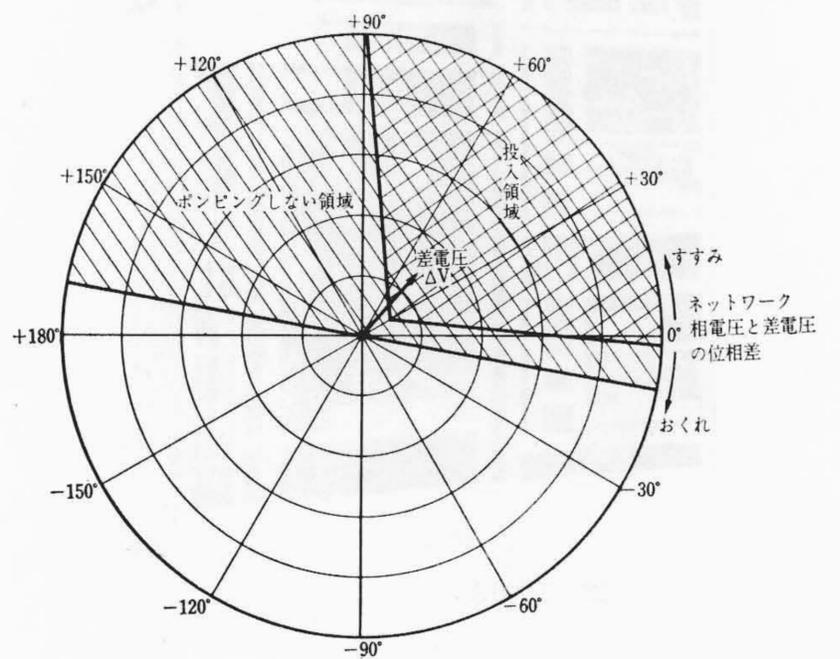


図9 ネットワークリレーの投入特性

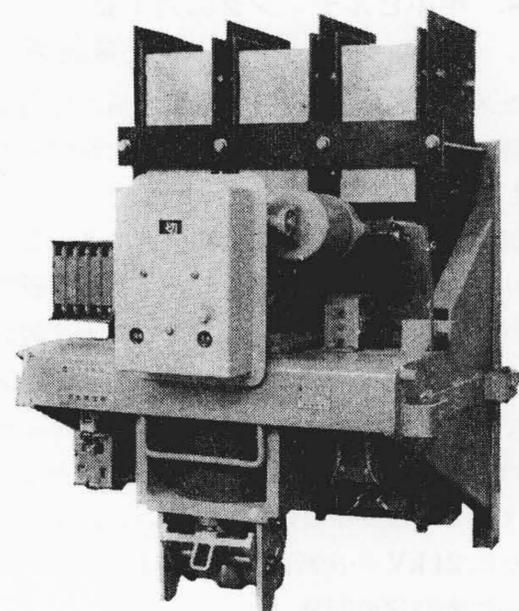
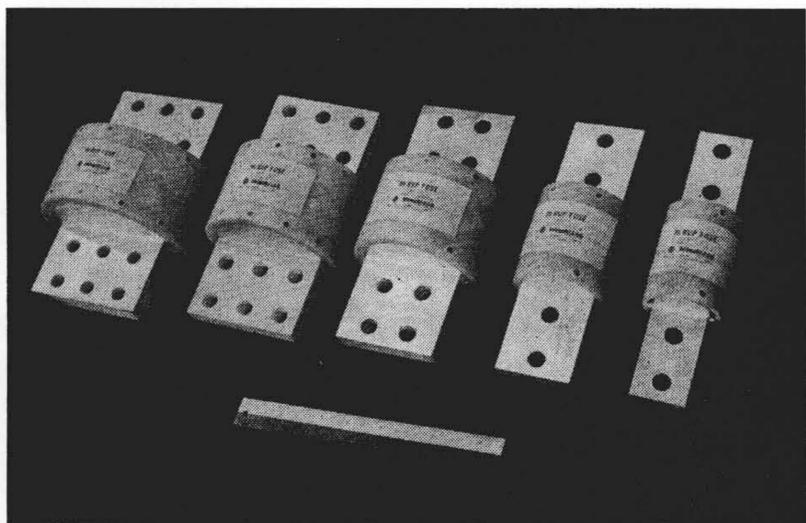
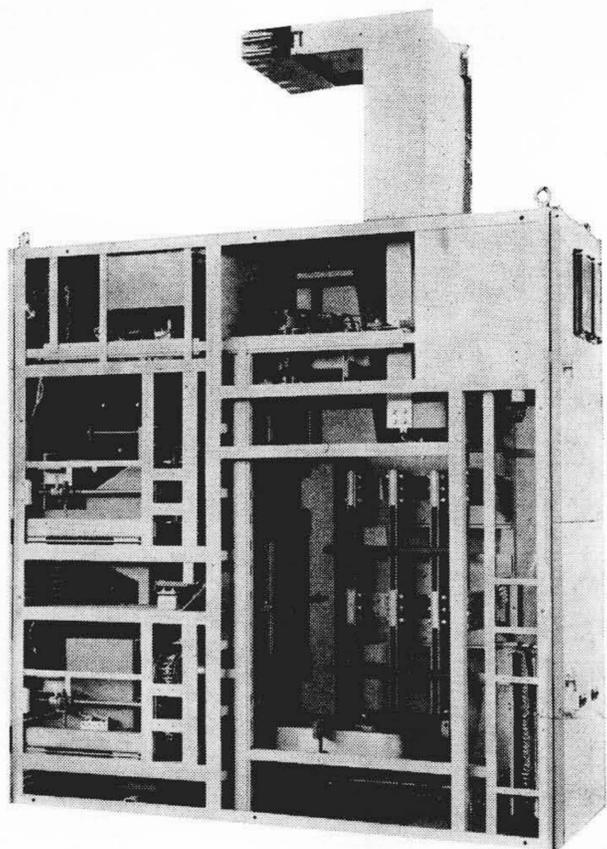


図10 プロテクタ気中しゃ断器



(しゃ断容量 200 kA)

図11 プロテクタヒューズ



(天井は絶縁バスダクト)

図12 3,000A プロテクタ装置側面

火災を防ぐため難燃性絶縁物で完全におおっており、接続部は容易に取りはずしのできるカバーを使用して現地での組立や、ボルトの増締めを容易にできるようにしてある。

#### 4. 中小ビルディングに対する スポットネットワーク受電設備

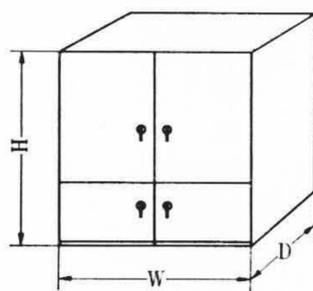
前項に述べたスポットネットワーク受電設備は超高層ビルディングなどの大容量受電設備には適しているが、比較的中小規模のビルディング用としては、6 kV 受電方式に比べ、やや割高となっている。このため東京電力株式会社との共同研究によりこれに適したスポットネットワーク受電設備の開発を行なった。本研究で変圧器キュービクル、プロテクタキュービクル、テイクオフ装置キュービクルの小形化を期した結果、中小ビルディングの狭い電気室の中に収納することができるようになった。表2はこれらキュービクルの寸法を示したものである。図13は750 kVA 変圧器キュービクルならびにプロテクタキュービクルの外観である。このようにコンパクトにするため新たに24 kV 一次断路器を開発した。

##### 4.1 24 kV 一次断路器の開発

3.2 に示した一次断路器でも、従来のものに比べてコンパクトな

表2 中小規模ビルディング用スポットネットワーク用  
キュービクルの寸法

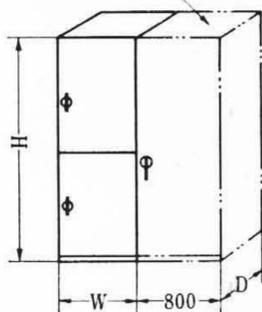
(その1) 変圧器キュービクル



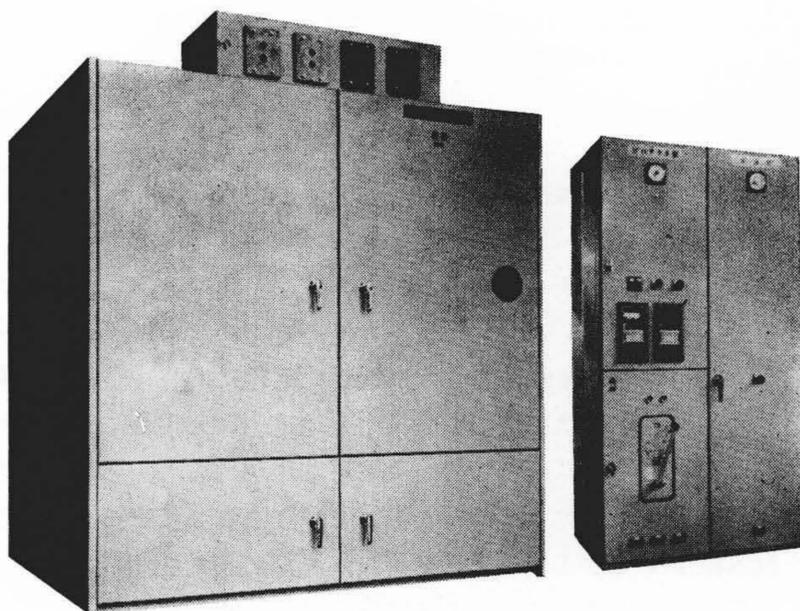
変圧器容量 (kVA)	冷却方式	W (mm)	H (mm)	D (mm)
500	自冷	2,300	2,400	1,900
750	風冷	2,400	2,400	1,900
1,000	風冷	2,400	2,400	1,900
1,500	風冷	2,400	2,600	2,100
2,000	風冷	2,400	2,600	2,100

(その2) プロテクタキュービクル

幹線キュービクル  
(プロテクタキュービクルと列盤構造)



変圧器容量 (kVA)	W (mm)	H (mm)	D (mm)
500	600	2,300	1,200
750	600	2,300	1,200
1,000	660	2,300	1,400
1,500	760	2,300	1,900
2,000	1,000	2,300	1,900



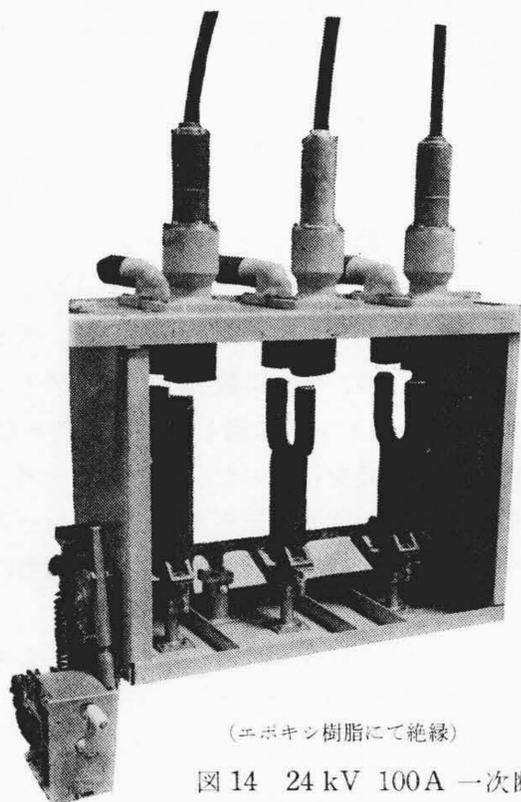
(左) 変圧器キュービクル  
(右) プロテクタならびに幹線キュービクル

図13 中小規模ビルディング向け  
スポットネットワーク受電設備(750 kVA 用)

キュービクルに収納することができるが、さらにコンパクトにするため、エポキシ樹脂で断路器をおおった2点切の空気吹付形一次断路器を開発した(図14参照)。図14に示すように一次断路器の片側端子には固体絶縁形ケーブルヘッドを直結し、ケーブルをそのまま連結できる構造とした。図15はしゃ断原理を示したものである。シリンダはエポキシ絶縁物で構成され、しゃ断時には内部の空気が両方の可動子先端から吹き付けられ、アークを吹き消す構造となっており、24 kV、15A の励磁電流しゃ断が可能である。本器の開発により、24 kV 特高キュービクルは日本電設工業会の技術指針に示すものよりも小形にすることができた。

#### 5. レギュラーネットワークプロテクタ

日立製作所では昭和44年、東京電力株式会社銀座支店に750kVA レギュラーネットワークプロテクタを納入した。図16はその外観である。わが国の配電電圧は200V および100Vのため、本器の二次側の結線は図3(b)に示す非対称低圧三相4線式となっている。こ



(エポキシ樹脂にて絶縁)  
図14 24 kV 100 A 一次断路器

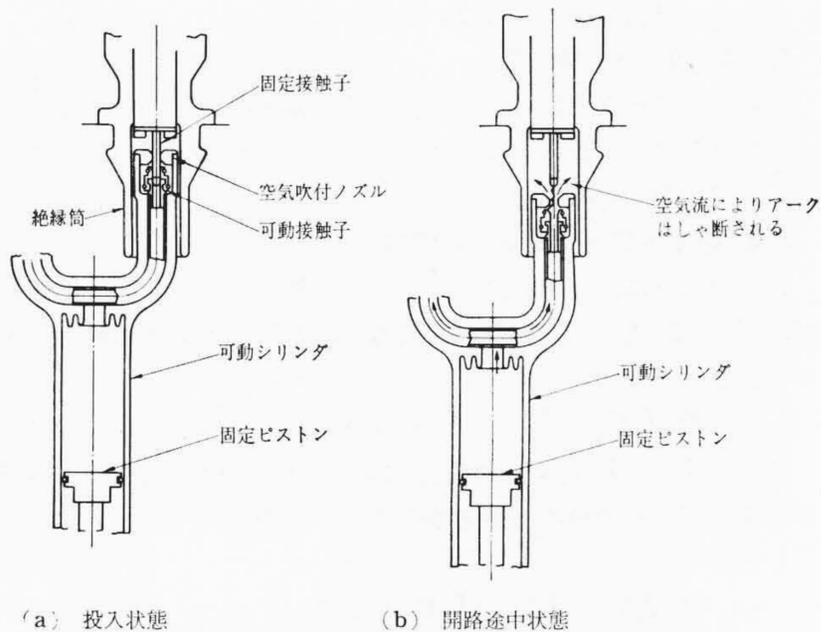


図15 一次断路器のしゃ断原理

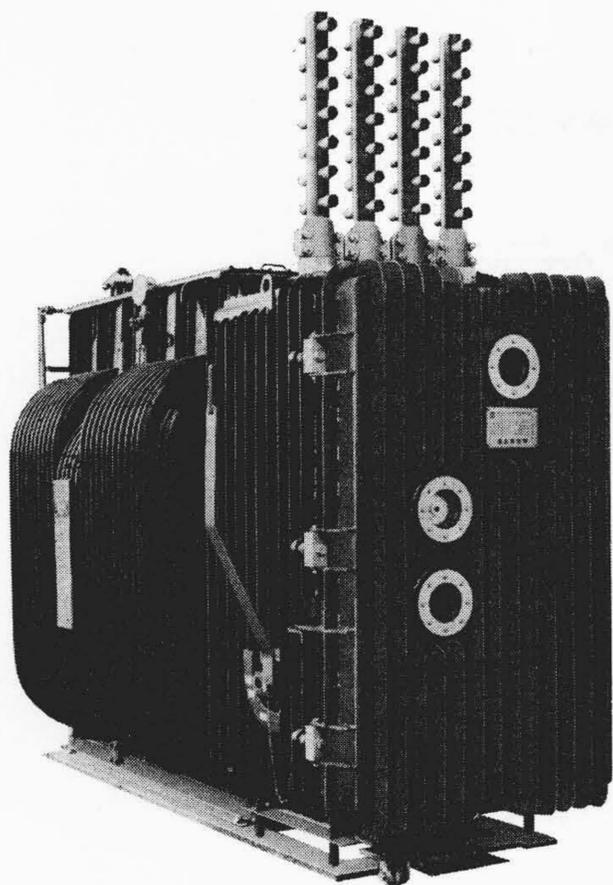


図16 750 kVA レギュラーネットワークプロテクタ装置

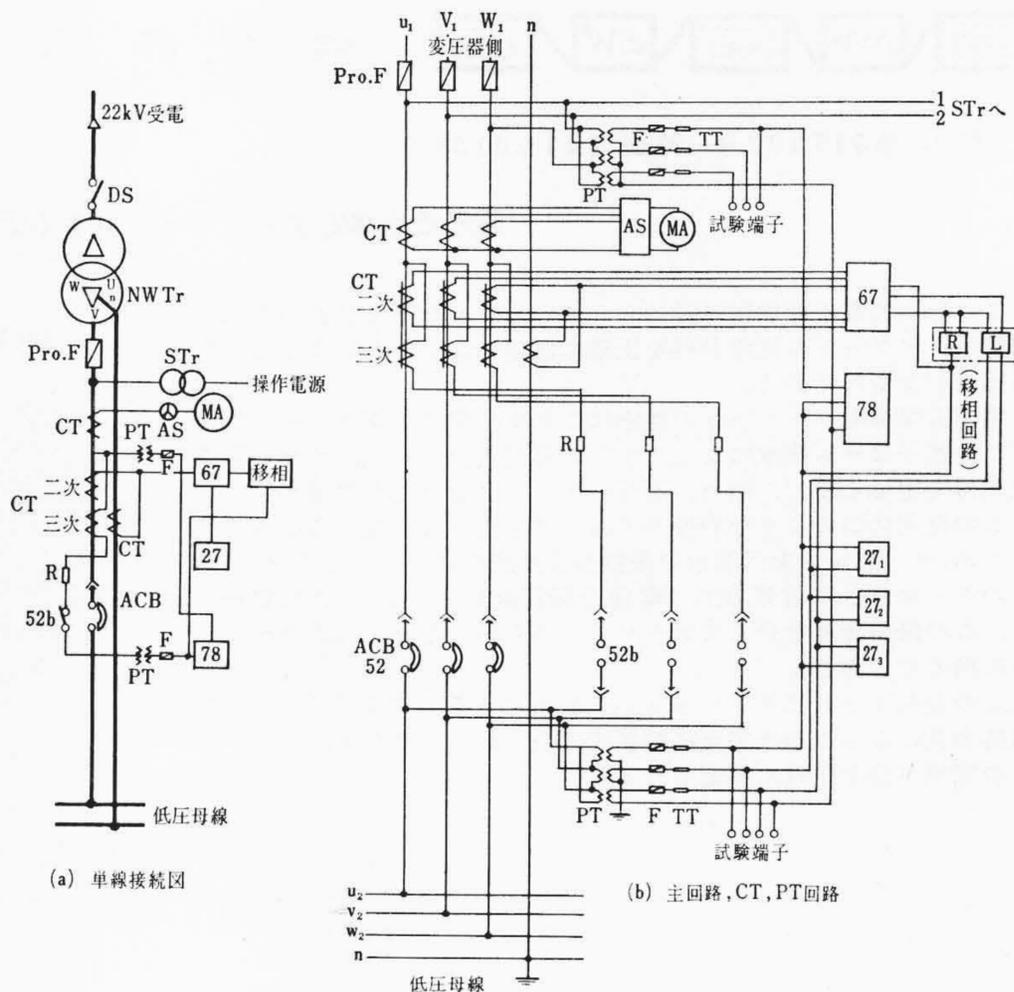


図17 ネットワークプロテクタ回路図

のため中性相に常時若干の負荷電流が流れるが、この電流がネットワークリレー動作の障害となる。このため特殊な工夫が必要である。これについて以下説明する。

5.1 ネットワークリレーに要求される特性

図3(a)および(b)に示す回路は非対称回路であり、N相に流れる電流が存在しても、リレーの動作が正確でなければならない。ネットワークリレーに要求される特性として下記があげられる。

5.1.1 シャ断特性

シャ断動作は電力の流れが逆方向になったときシャ断指令を出すのであるが、N相に電流が流れている場合にも正確に電力の流れに反応し、しかも次に述べるようなじゅうぶんな感度をもっていなければならない。

(1) 励磁電流シャ断特性

高圧側フィードに地絡が発生して変電所シャ断器がトリップし

た場合、ネットワーク変圧器はネットワーク側から逆励磁を受けるが、この励磁分だけ電力の流れは逆向きになるので、これをチェックしてトリップ指令を出さなければならない。このとき高圧側ケーブルの対地キャパシタンスの影響、高圧側ケーブルの地絡状況、共用相変圧器がバランスとして働く効果などによって励磁電流が大幅に変化を受けるが、いずれの場合にも電力の流れが逆向きであることをチェックしてトリップしなければならない。

(2) 高圧側短絡シャ断, 低圧側短絡非シャ断特性

高圧側フィードに短絡が発生して電力の流れが逆向きになったときにはトリップ指令を出さなければならない。またネットワーク側に短絡が発生したときは、電力の流れが順方向であるからトリップ指令を出してはならない(これはヒューズで保護される)。

(3) 負荷力率が進みまたは遅れのときの動作特性

ネットワーク側負荷が非常に進み力率または遅れ力率となって

もトリップ指令を出してはいけない。

5.1.2 投入特性

ネットワークを組んでいる隣の変圧器が過負荷にならないうちにプロテクタを投入しなければならない。また投入したときポンピングを起こしてはならない。

5.2 ネットワークリレーの構成

以上のように、しゃ断動作は電力に応動して動作する必要があるが、下記(2)式にて表わされる電力に応動したトルクを発生するリレーとした。

$$P = \bar{I}_U V_{U0} + \bar{I}_V V_{V0} + \bar{I}_W - \frac{1}{2} \bar{I}_N \cdot V_{W0} \dots \dots \dots (2)$$

ここに  $V_{U0}$ ,  $V_{V0}$ ,  $V_{W0}$  は電圧三角形の重心  $O$  からの電圧である。 $O$  は電圧三角形の重心であるから  $V_{W0} = -2V_{N0}$  となる。

したがって、

$$P = \bar{I}_U V_{U0} + \bar{I}_V V_{V0} + \bar{I}_W V_{W0} + \bar{I}_N V_{N0}$$

とも表わすことができ、これは  $N$  相をも考えた電力を示す式であるから  $P$  に応動して動作するリレーとすれば  $N$  相をも考えた電力に応

動したリレーとすることができる。このために図17に示すような回路として、リレーに入力を加えることにした。このように構成されたリレーにて実際に銀座地区で現地試験を行なったが、動作はすべての場合に満足すべき結果となった。

6. 結 言

以上、スポットネットワーク受電設備ならびにレギュラーネットワークプロテクタの開発にあたっての要点を述べた。スポットネットワーク受電設備にあつては、すでに数個所のビルディングに納入したが、今回、中小ビルディングに適したコンパクトなスポットネットワーク受電設備の開発を行なった。レギュラーネットワークプロテクタにあつては、非対称低圧三相4線式のリレー方式を考究し、動作が完全であることを確認した。関係各位の参考になれば幸いである。

終わりに本件は、東京電力株式会社のご指導によるものであることを記して深く謝意を表する次第である。



特許の紹介

特許第517302号 (特公昭41-20130号)

孤田 孜

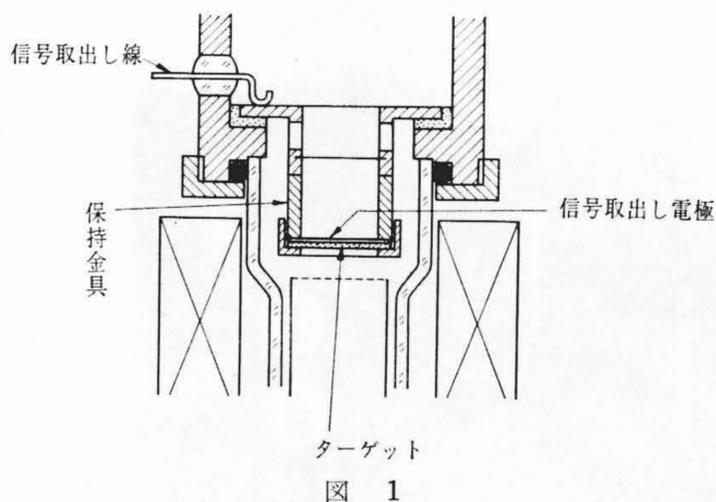
電子衝撃導電ターゲットを有するテレビ撮像装置

この発明は電子顕微鏡に設けられているテレビ撮像装置の電子衝撃導電ターゲットの電流利得を正確に測定できるようにすることを目的としたものである。

電子衝撃導電ターゲットの性能はこれを衝撃する電子ビーム電流とこの電子ビーム衝撃によって生じる導電電流との比、すなわち電流利得で定まるので、時々、利得のチェックを行なう必要がある。

この発明はこのような利得のチェックを正確に行なえるようにするため、ターゲットを円筒形の保持金具の底部に固定するとともに、このターゲットの信号取出し電極と保持金具とを電気的に接続して、この保持金具を介してターゲットから信号を外部に取り出すように構成してある。

この発明によればターゲットから放出される二次電子の大部分を保持金具によってほぼ完全に捕集することができるため、ターゲットの電流利得を正確に測定しうる。(永田)



特許第520220号 (特公昭41-6378号)

孤田 孜

撮像管を内蔵した電子顕微鏡

この発明は電子衝撃導電ターゲットを有する撮像管を内蔵した電子顕微鏡において、この撮像管に酸化陰極を使用できるようにすることを目的とするものである。

撮像管を内蔵した従来の電子顕微鏡はその鏡体と撮像管部とは真空的に一体となるように結合されている。電子顕微鏡の鏡体内はしばしば大気圧にまで戻される関係から、撮像管の陰極には酸化物を用いることができず、寿命の短いタングステンフィラメントを用いざるを得なかった。

この発明はこのような欠点を改良するために、鏡体と撮像管部との間に、自由に開閉できる真空しゃ断板を設けて撮像管に酸化陰極を用いることができるようにしてある。

この発明によれば鏡体と撮像管部とを真空的にしゃ断できるので、鏡体内を大気圧に戻してもさしつかえなく、撮像管の陰極に酸化物を用いることによりフィラメントの寿命を長くしうる。(永田)

