

上下水道における最近の特別高圧受変電設備

*1 田中 健(たなか けん)

*1 橋爪 彰一(はしづめ しょういち)

*1 中原 泰男(なかはら やすお)

*2 森田 公(もりた ただし)

1 まえがき

特別高圧受変電設備は、大規模な上下水道設備の電力を供給する設備として、いかなる場合にも停電しないような信頼性の高い方式が要求される。加えて、近年のごとく建設用地の取得難から、よりコンパクトな設備であることも強く要求される。

特別高圧受変電設備の信頼性とコンパクト化を同時に満足させるには、機器相互間と対地間の絶縁技術と設備の中心機器である遮断器の消弧技術(遮断方式)の開発が不可欠である。

設備形式は屋外ストラクチャ式、ハウジング式、ガス絶縁式などがあり、遮断器形式は油入遮断器、空気遮断器、真空遮断器、ガス遮断器がある。特別高圧受変電設備は、設備形態における絶縁技術と遮断器形式の進歩の歴史でもある。

本稿では、特別高圧受変電設備の信頼性とコンパクト化を同時に満足させるという課題に対する取り組みについて、富士電機の特別高圧受変電設備の変遷を通じて述べ、更に信頼性を確実にするための予防保全技術の概要を紹介する。

2 特別高圧受変電設備の変遷

2.1 66～154kV 受変電設備

(1) 絶縁方式と設備形態の変遷

設備形態として表1に示す①屋外ストラクチャ ②屋外ハウジング式 ③屋内閉鎖配電盤式の各設備は、収納機器の間と対地間の絶縁に大気の絶縁性を利用した方式である。

本方式は実績が多い、経済的であるなどの特長がある反面、湿度、じんあい等の影響を受けやすい、絶縁空間が大きいため設備スペースが大きくなるなどの難点があり、近年、気中絶縁方式の採用は減りつつある。

昭和40年代初期に実用化されたSF₆(六フッ化硫黄)ガス絶縁開閉装置(GIS)は、気中絶縁の欠点を補った方式として急速に使用実績が増えている。

GISは設備を構成する機器(遮断器、断路器、変成器など)を接地された金属容器(タンク)に収納し、数気圧のSF₆ガスを封入した装置であり、充電部が露出しておらず、温度、湿度、ガスなどの周囲環境の影響を受けないなど構造的に信頼性を高めた設備である。また、SF₆ガスの良好な絶縁特性(図1参照)から絶縁距離が短くて済み、設置スペースは大幅に縮小されている(表1据付面積比参照)。

更に、GISは初期の三相分離形から三相一括形に発展

図1 平等電界における各種絶縁物の直流破壊電圧

(電気工学ハンドブックより)

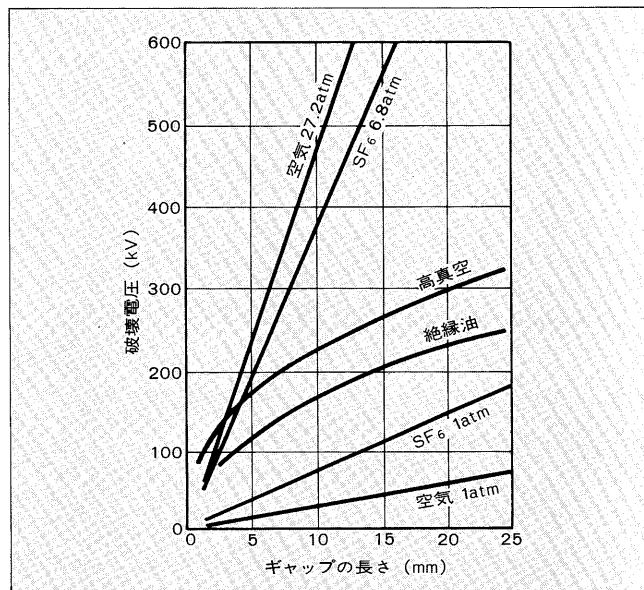
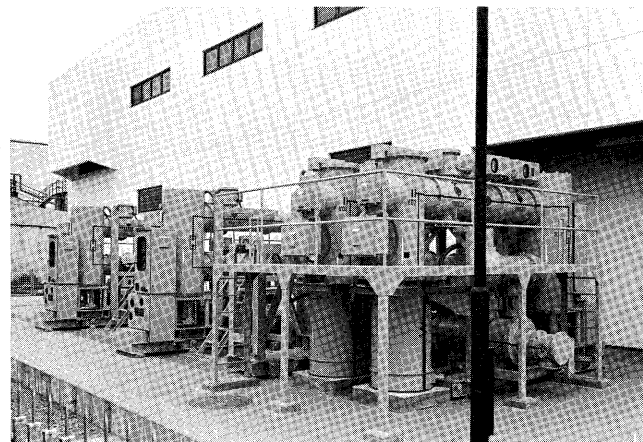


図2 66kV 三相一括形 GIS の外観



N99-1386-21

し、コンパクト化が進んでいる。加えて最近⁽¹⁾は、操作面を1か所に集約したキュービクル形式のGISが開発された。

図2に66kV三相一括形GISの外観を示す。

(2) 遮断方式と操作方式の変遷

遮断器は遮断方式と操作方式の工夫によって、受変電設備の保護装置として、遮断性能に優れ、動作時の騒音が小さく、かつ取扱いと保守の容易なものへと進展してきている。

遮断方式は油吹付式から空気吹付式を経て、SF₆ガス吹付式の時代に入っている。SF₆ガス吹付式は前二者に比べ、①多量の油を使わない ②遮断に利用したガスが繰り返

*1 総合技術第二部 水処理技術部 *2 (株)富士電機総合研究所 超高压電力研究所

表1 特高受変電設備の変遷(当社)

電圧	項目	年代	(昭和)	～30年代	40年代	50年代	60年代
66 154 (kV)	設備形態		屋外ストラクチャ式				
			屋外ハウジング式				
			屋内閉鎖形配電盤				
			ガス絶縁式				
	遮断方式		油吹付(OCB)				
			空気吹付(GCB)				
			SF ₆ ガス吹付(GCB)				
	操作方式		電磁式				
			圧縮空気式				
			油圧式				
22 33 (kV)	絶縁方式 (機器相間及び対地間)		気中絶縁式				
			ガス絶縁式				
	変圧器		油入式				
			ガス絶縁式				
	据付面積比 (2回線2バンク) (当社比)		屋外ストラクチャ式 (100) 屋外ハウジング式 (70～80) 屋内閉鎖形配電盤 (60～70)				
			ガス絶縁式 三相分離形 } (30～50) 三相一括形 } キュービクル式(C-GIS) 縮小三相一括形 } (20～40)				
	設備形態		屋外ストラクチャ式				
			キュービクル式				
	遮断方式		油吹付(OCG)				
			少油量吹付(TCB)				
			空気吹付(ABB)				
	操作方式		電磁式				
			圧力空気式				
			電動スプリング式				
	絶縁方式 (機器相間及び対地間)		気中絶縁式				
			エポキシ樹脂絶縁式				
	変圧器		油入式				
			モールド式				
	据付面積比 (1回線) (当社比)		屋外ストラクチャ式 (100)				
			キュービクル式(気中絶縁式) (70～80) " (母線エポキシ樹脂絶縁) } (20～40) " (ガス絶縁)				
	設備形態		屋外ストラクチャ式				
			キュービクル式				
	遮断方式		油吹付(OCG)				
			少油量吹付(TCB)				
			空気吹付(ABB)				
	操作方式		電磁式				
			圧力空気式				
			電動スプリング式				
	絶縁方式 (機器相間及び対地間)		気中絶縁式				
			エポキシ樹脂絶縁式				
	変圧器		油入式				
			モールド式				
	据付面積比 (1回線) (当社比)		屋外ストラクチャ式 (100)				
			キュービクル式(気中絶縁式) (70～80) " (母線エポキシ樹脂絶縁) } (20～40) " (ガス絶縁)				

し使えるため、空気吹付式のような排気騒音がない ③大容量の範囲まで安定した遮断性能をもっている——などの特長を有している。

操作方式は電磁式、圧縮空気式、油圧式の三つに分かれるが、近年は油圧式が多く用いられている。その理由は、①強力な操作力を有している ②低騒音である ③電磁式に比べ操作電源容量が小さくて済む ④空気式のようにコンプレッサを必要とせず保守が容易である——などの点にある。

2.2 22～33kV 受変電設備

(1) 絶縁方式と設備形態の変遷

66kV 以上の設備に比べて必要な絶縁距離が短く、設備スペースも比較的少なく済む点から、気中絶縁によるキ

ュービクル方式が使われている。しかし縮小化の試みがなされており、母線の絶縁にエポキシ樹脂を使い相間距離を短縮した方式、あるいは前述の SF₆ ガスの特性を生かしたガス絶縁キュービクルが実用化され始めている。

(2) 遮断方式と操作方式の変遷

遮断方式は空気吹付式、少油量吹付式を経て真空式に移行している。理由は66kV クラスと同様に、保守が容易で、かつ低騒音化と安定した遮断性能を有する点にある。

操作方式は、取扱いの容易さと実績の点から電磁式が多く用いられている。

なお、変圧器については60kV 以上は、まだ油入式が経済性と実績面から多く使われているが、ガス絶縁変圧器も実用期に入っている。

33kV 以下の変圧器は、既に油入変圧器からモールド変

圧器に移行している。

3 キュービクル形ガス絶縁開閉装置
(C-GIS80シリーズ)

C-GIS (Cubicle type-GIS) は、前述した66kV 以上のSF₆ ガス絶縁方式の特長をベースに、設備構造として33kV 以下で実績の多いキュービクル形態を取り入れた新しい形式のGIS である。

3.1 標準仕様

C-GIS の標準仕様は表 2 のとおりである。適用範囲は定格電圧72～120kV、定格遮断電流25kA であり、一般需要家の特別高圧受変電設備に十分適用できる範囲である。

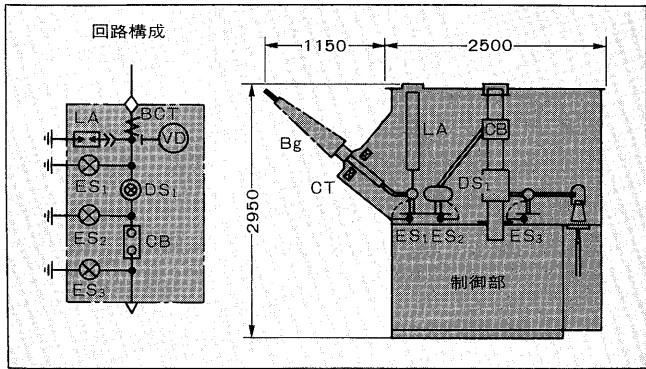
3.2 特 長

(1) ユニットの大きさは組み立てた状態でトラック輸送

表 2 C-GIS (FCG-80)

項 目	標準仕様	
形式	SDD108KK	SDD112KK
公称電圧	66/77kV	110kV
定格電圧	72/84kV	120kV
絶縁階級	60/70号	100号
定格周波数	50/60Hz	
定格電流	800A, 1,200A	
定格遮断電流	25kA	
定格ガス圧力(20°C)		
ユニット本体	0.5kgf/cm ² G	1.3kgf/cm ² G
遮断器	5kgf/cm ² G	
PCT接続用ユニット及びGPT	3kgf/cm ² G	
外面塗装色	マンセルN7/0	
主要構成機器	遮断器、断路器、接地開閉器、計器用変圧器、変流器、避雷器、検電装置などの必要回路機器	
外部接続	・ 気中ブッシングによる架空線接続 ・ ケーブルヘッドによるケーブル接続 ・ ユニット相互あるいは変圧器接続 ・ PCTあるいはGPT接続	
使用条件	常規使用状態	

図 3 66kV C-GIS の構造



(66kV 用) が可能なまで縮小化されている。このためブッシング付の場合は、斜め取付方式を採用している (図 3 参照)。

(2) 外観は図 4 に示すように角形容器形式である。各ユニットに収納される機器の操作部と監視計器類は、正面下部に集約されているため全体の監視操作が容易になっている。

図 4 66kV C-GIS の外観

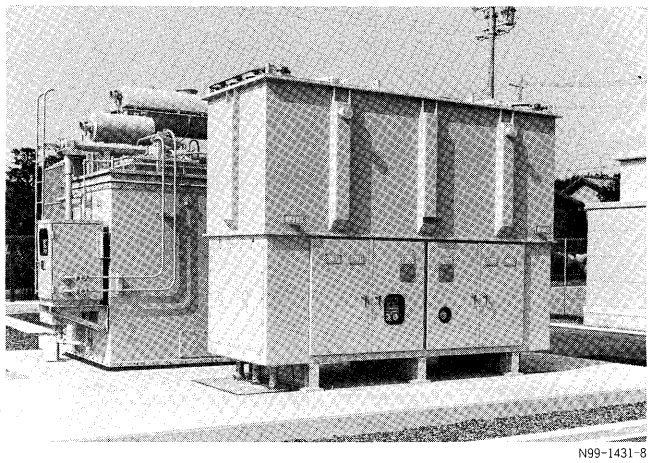
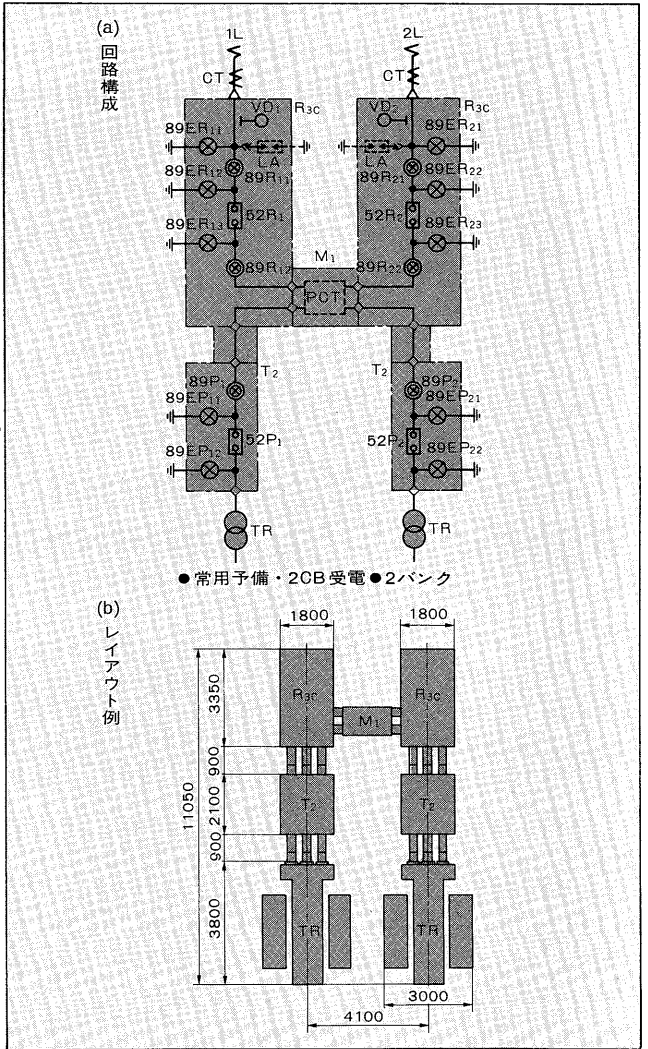


図 5 66kV C-GIS レイアウト例



(3) C-GIS は回路構成ごとにユニットがシリーズ化され、受変電設備計画が容易にできるようになっている。

図 5 は標準ユニットを組み合わせた常用-予備受電、変圧器 2 台設置の場合のレイアウト例である。

C-GIS は高信頼性と安全性の向上に加え、キュービクル形式であるため周囲の建物との調和がとりやすく、今後適用が増えると考えられる。

④ 受変電設備の予防保全技術

4.1 維持管理中心の時代

受変電設備の運転管理の方法は法的規制を必要条件とし、電力系統の監視制御の形態をベースに出発した。

日常管理は表 3 の各種情報を監視操作盤及び現場にて読み取り、記録をし、必要と判断すれば監視操作盤にて操作をする。また、巡視点検及び定期点検により機器の汚損、外的損傷及び劣化を発見し、保守する形態がとられた。

現在、電力系統の供給信頼度が高くなり、機器の信頼性、保守性が格段に進歩した時代においては、維持管理中心の時代から運営管理の時代に移りつつある。

表 3 受変電設備維持管理情報

情報の種類		表示の方法
系統情報	機器の開閉	模擬母線照光表示 操作開閉器近傍でのランプ表示
電力情報	V, A, F, pf, W, Wh, varh	指示計器(集中監視)
機器の状態	温度, 圧力	指示計器(集中又は現場監視)
故障	系統継電装置機器故障	故障表示灯(集中監視)

4.2 運営管理の時代

(1) 設備の状態把握

受変電設備の信頼性の向上及び伝送技術の進歩により、遠隔監視にて大量の情報を取り扱うことが可能となった。

このため、従来、巡視点検にて収集していたデータを常時遠隔に送り、その時間的変化を把握するなどの情報加工も容易になった。このような監視制御装置の例を図 6 に示す。

(2) 監視制御の自動化

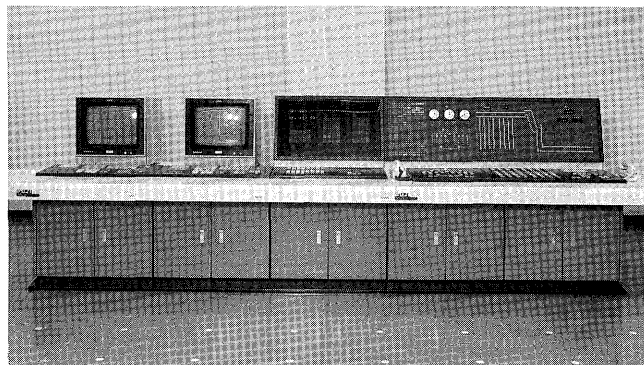
契約電力の適正化対策が実施され、使用電力の管理が重要となった。デマンド制御、ピークカット制御により操作の自動化又はガイダンスが行われている。使用電力の時系列及び設備別のデータ集取と分析は、省エネルギー対策実施の有効な手段となっている。

停電時などの系統切換には決まった制約と手順があり、そのためのガイダンス表示又は自動操作が行われている。また、力率の監視と力率改善の自動化も広く行われている。

4.3 信頼性向上の時代

多くの情報の管理は、保守技術のなかで信頼度向上に役

図 6 最近の受変電監視制御装置



N89-3949-14

立てることができる。その一例に予防保全技術があり、受変電設備の運営管理に導入され始めた。

設備の信頼性を維持するためには、使用している機器の状態を定量的に把握し、異常を検知し、故障が生じる以前に対処できるシステムが必要である。このため、センシング技術とデータ処理技術を結合させ、機器の状態をオンラインで監視しようとする監視システムが検討され、一部で使用されている。

ここでは受変電設備の機器に必要な監視項目とセンサの内容について、設備の中心である GIS と油入変圧器に絞って紹介する。

4.3.1 受変電機器の監視項目

(1) 油入変圧器

油入変圧器内部の異常（例えば、接触不良による過熱）を知るため外部から実施される点検内容としては、油面、油温度、異常音、絶縁油の水分、耐電圧測定及び油中ガス分析などがある。油中ガス分析は、変圧器内部に熱的あるいは電氣的異常が発生したとき、絶縁油の分解で発生したガスが油中に溶解し、油中のガス濃度が増大するので油中ガスを抽出して分析することによって異常の有無を診断する方法であり、信頼性の高い診断方法である。

一方、最近では、内部絶縁破壊の前兆現象である部分放電を監視する方法も試みられている。

変圧器における監視項目の例を表 4 に示す。

(2) ガス絶縁開閉装置

GIS は、前述のようにタンク内に機器が収納されているため、気中絶縁式に比べ機器を目視点検できないという難点がある。そこで、密閉した内部機器の機能が十分果たされていることを外部から確認可能なことと異常箇所の評価が課題となっており、これを踏まえた検討がされている。

GIS における監視項目の例を表 4 に示す。

4.3.2 受変電機器の適用センサ

オンライン診断の監視センサ選定に際しては、寿命、精度、耐サージ性、耐温度性、センサ取付の容易さなどを検討し、適切なものとする必要がある。

(1) 変圧器の部分放電

変圧器内部で部分放電が発生すると、高調波のパルス電流と超音波が発生する。この二つの物理量を同時に検出し、ノイズを分析して部分放電を判別する（図 7 参照）。

表 4 受変電機器の監視項目(例)

機 器	監 視 項 目	機 器	監 視 項 目
変圧器	内部コロナ	GIS	内部コロナ
	油中ガス		分解ガス
	油 面		異常音
	温度上昇		耐電圧特性
	負荷時タップ切換装置		温度上昇
			開閉特性

図 7 部分放電監視装置のシステム構成

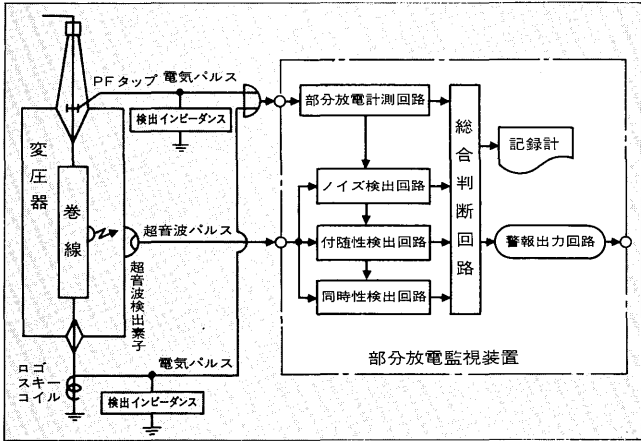
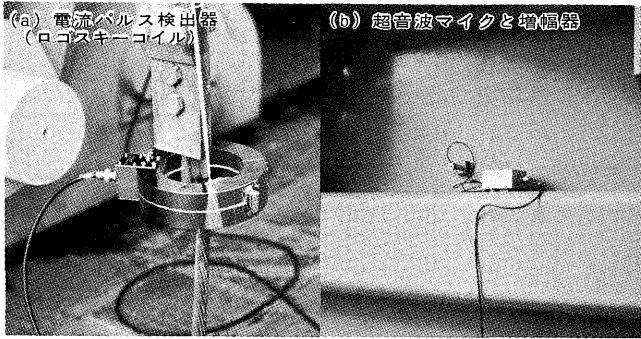


図 8 部分放電監視センサ



なお、内部の部分放電と外部のノイズを区別することは重要であるが、ここでは電流パルスと超音波パルスの相関をマイクロプロセッサにてノイズ判別処理を行っている。

接地線にロゴスキーコイルを取り付けた状況と、変圧器タンク壁に超音波マイクを取り付けた状況を図8に示す。

(2) ガス絶縁開閉装置の開閉特性

遮断器、断路器といった開閉機器は、設備の中でも台数が多く障害の低減が望まれている。

開閉機器の動作不良は、開閉時間の変動や制御電流の変化となって表れる。例えば、操作機構が固渋した場合、投入・引外し制御電流の通電時間が長く、かつ制御電流の波形や開閉ストローク特性が変化する。

制御電流の監視には、制御回路に電流センサを取り付けて制御電流の基準データと比較して良否を判定する方法がある。一方、開閉ストローク特性の監視は、操作器の可動部分にバーコードを取り付け、光ファイバセンサで光の信

図 9 ストローク測定装置の構成

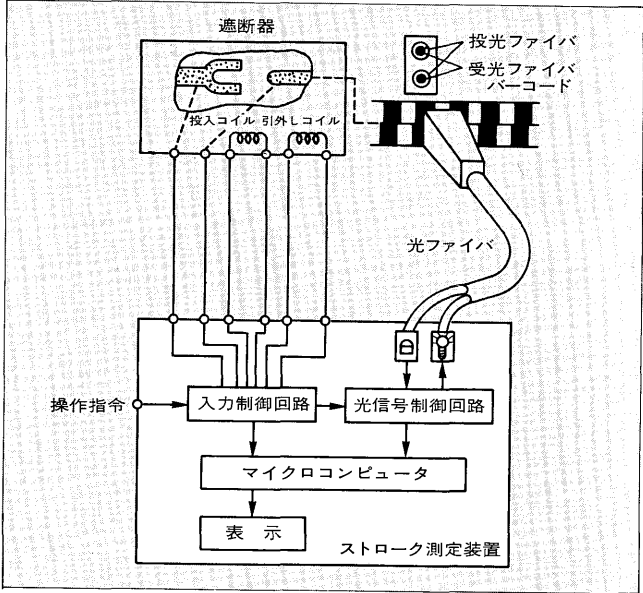
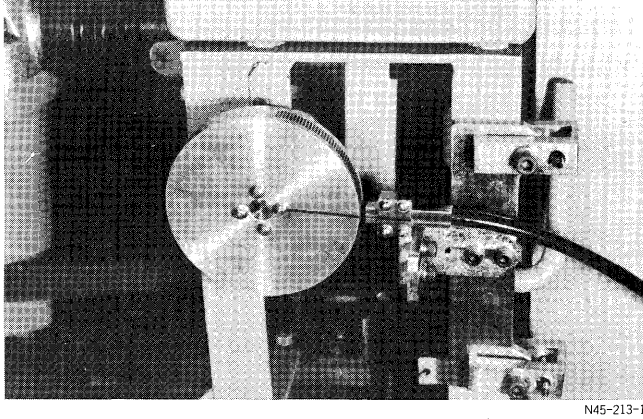


図10 バーコードと光ファイバセンサ



号に変換し、処理装置にてストローク長、平均速度をオーバシュートなどで演算判定するものである。その構成を図9に示す。また、操作機構の可動部にバーコードを取り付けた例を図10に示す。

5 あとがき

以上、上下水道プラントに用いられる特別高圧受変電設備の最近の技術動向を信頼性追求の面から述べた。

特に、予防保全技術は設備の効率的運用と省力化の面から積極的に取り入れられると考えられ、一層の研究と開発を重ね、これらの動向に対処する所存である。

参考文献

- (1) 児玉孝亮ほか：72～204kV ガス絶縁開閉装置の縮小化，富士時報，56，11，pp.687～694（1983）
- (2) 野渡正義ほか：22/33kV キュービクル形ガス絶縁開閉制御装置（C-GIS），富士時報，57，5，pp.309～313（1984）
- (3) 真壁正治：変電機器の予防保全，富士時報，55，2，pp.138～142（1982）



＊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。