

# 次世代の計器用変成器および GIS 制御・監視装置

Next-Generation Instrument Transformers and Control/Monitoring Equipment for GIS

寺井 清寿  
TERAI Kiyohisa

榎原 高明  
SAKAKIBARA Takaaki

上西 徹  
KAMINISHI Toru

ガス絶縁開閉装置 (GIS: Gas Insulated Switchgear) の周辺装置である計器用変成器、制御・監視装置も、最近著しく進歩している光・デジタル技術を取り入れた開発が進められている。

当社では、計器用変成器は電気光学効果を応用した光 CVT (Capacitor Voltage Transformer)、磁気光学効果を利用した光 CT (Current Transformer) を開発した。これにより、従来の巻線型に比較して大幅に小型化できた。制御装置は、従来のメカニカルリレー主体の回路を電子回路とソフトウェアで構成することにより、小型化と高機能化を実現した。また、電子回路の高密度実装技術により、遮断器動作時間監視機能などを備えたより高度でコンパクトな監視装置を開発した。

Recently, more compact and lower priced gas-insulated switchgear (GIS) has been required by electric power utilities in Japan. In response to this demand, we have developed new types of instrument transformers and control/monitoring equipment.

The electrooptical effect has been applied to the optical capacitor voltage transformer (optical CVT), while the electromagnetic effect has been applied to the optical current transformer (optical CT). Electronic digital circuit and software technologies have been applied to control and monitoring equipment. These new types of transformers and control/monitoring equipment for GIS are significantly smaller and have higher functions than the conventional types.

## 1 まえがき

近年、ガス絶縁開閉装置 (GIS) のよりいっそうの縮小化、コストダウンが望まれている。周辺装置についてもこれらの要求にこたえるため、最近著しい進歩を遂げている光・デジタル技術を取り入れた計器用変成器や機器の監視・制御装置の開発を進めてきた。

ここでは、当社が開発した電気光学効果や磁気光学効果を応用した計器用変成器、さらに電子化、デジタル化により大幅な小型化を実現した GIS 制御盤および機器監視装置について述べる。

## 2 光変換型計器用変成器

電力系統設備には、監視、制御および保護のために、電圧と電流を計測する計器用変成器が必要である。この変成器には、これまで鉄心と巻線からなる計器用変圧器 (VT: Voltage Transformer または CVT) および CT が用いられてきたが、電力系統の高電圧・大容量化が進むとともに耐ノイズ特性、絶縁特性、飽和特性の向上や装置の小型化に利点があることから、VT (または CVT) および CT にも光化が望まれるようになった。

以下に、光を取り入れて開発した光変換型 CVT (光 CVT)、光変換型 CT (光 CT) の原理および現状について述べる。

### 2.1 光 CVT

光 CVT ではポッケルス効果を利用している。ポッケルス効果とは、光学素子に電界を印加したときに生ずる屈折率が変化する現象である。

開発した光 CVT では、光学素子として結晶を用いてコンデンサ分圧された電圧を印加した結晶に光を入射する。光の偏波状態は印加電圧により変化するため、この変化を光強度として検出することにより電圧を測定する。

特長は、結晶に BGO ( $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ) を選定し、光学配置のくふうにより温度特性を向上させたことである。

図 1 にセンサの温度特性を示す。

コンデンサ分圧部を含めた総合性能として電気学会電気規格調査会標準規格 JEC1201 の 1T 級 (定格電圧にて 1 % の精度) を満たす製品化を完了し、GIS の小型化に寄与して

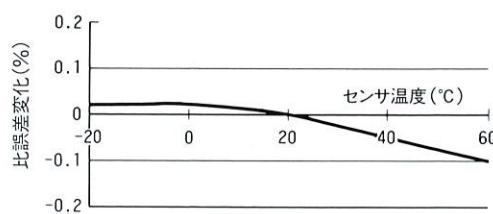


図 1. 光応用電圧センサの温度特性 電気光学結晶と光学素子から成る電圧センサ単体の温度特性である。BGO の採用と光学素子配置のくふうにより非常に良好な特性が得られるようになった。

Temperature characteristic of optical voltage sensor

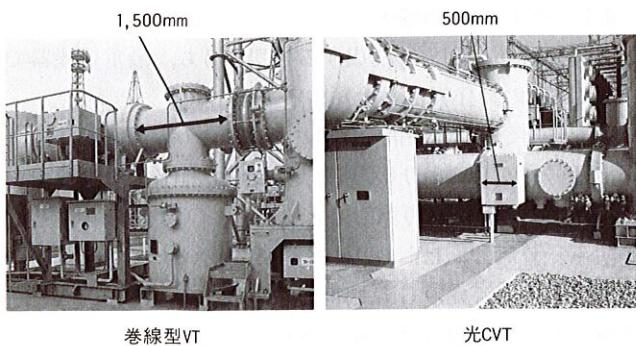


図2. 卷線型 VT と光 CVT の比較 GIS に取り付けられた卷線型 VT と光 CVT を示す。光 VT の採用により取付けスペースを 1/3 に縮小できる。

Conventional VT and optical CVT installed in GIS

いる(図2)。

## 2.2 光 CT

光 CT ではファラデー効果を利用している。ファラデー効果とは、光学素子に沿って生じた磁界により、伝播(ば)する光の偏波面が回転する現象である。

開発した光 CT では、光学素子として光ファイバを用いて導体周りに巻かれた光ファイバに直線偏光の光を入射する。導体に流れる電流によって作られた磁界の大きさに比例して光の偏波面の角度が回転する。この回転角を光強度として検出することにより電流を測定する。

特長は、光ファイバセンサとデジタル信号処理器の採用である。性能は、定格一次電流 8,000A の光 CT で JEC1201 の 1PS 級(定格電流で 1% の精度)を得ている。図3 に示すように、取付けスペースは従来の 1/24 と非常に小さく、現在実用化を目指している。

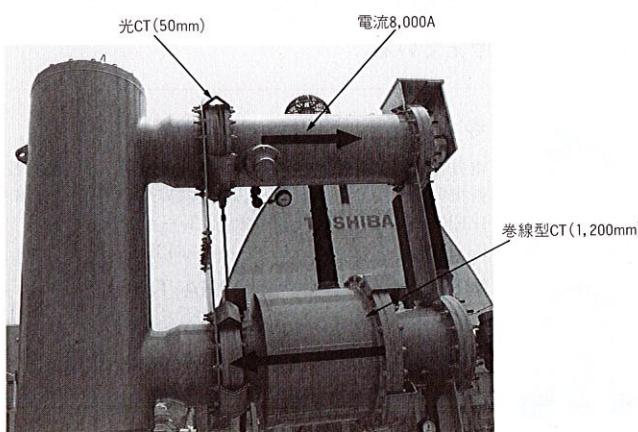


図3. 卷線型 CT と光 CT の比較 GIS に取り付けられた卷線型 CT と光 CT を示す。光 CT の採用により取付けスペースを 1/24 に縮小できる。

Conventional CT and optical CT installed in GIS

## 2.3 今後の課題

今後の課題は、二次出力のデジタル化における系統保護・制御装置とのインターフェースの確立、製造技術面の最適化による低コスト化である。

## 3 電子化 GIS 制御盤

電子技術の高信頼化および低価格化を背景として、電子技術を大幅に適用することにより小型・高機能化し、また、GIS の監視機能を統合することで機器の保守性向上も図れる GIS 制御盤を開発した。

### 3.1 構成

図4(a)に電子化 GIS 制御盤を示す。盤下部に配置した制御・監視ユニットおよび盤上部に配置した操作・表示パネルなどで構成している。

図4(b)にシステム構成を示す。制御・監視ユニットは、遮断器、断路器、接地開閉器、油圧ポンプなどを駆動するドライブ基板、位置センサ、ガス密度センサ、油圧センサなどからの信号を取り込むセンサインタフェース基板および GIS の制御・監視データの処理と伝送を行う CPU 基板などから構成されている。

ドライブ基板には、IGBT(絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)やトライアックなどのパワー半導体素子を搭載し、また CPU 基板には高速・多機能なマイクロプロセッサおよび大容量メモリを搭載している。

以上のように、電子化／基板化することで配線量の大幅削減と小型化が可能となる。

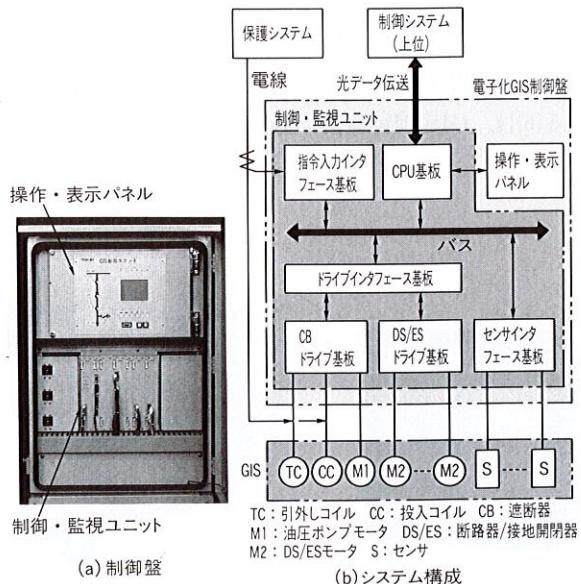


図4. 電子化 GIS 制御盤の構成 制御・監視ユニットは複数の基板により構成される。GIS および保護システムとの間は電気ケーブル接続、上位制御システムとの間は光ケーブル接続としている。

Control cubicle and its microprocessor configuration

### 3.2 機能

この制御盤は、制御機能、監視機能、データ伝送機能をもっている。

制御機能には開閉器操作制御、操作機構モータ制御などが含まれ、監視機能には機器動作状態監視、欠相監視、ガス密度監視、油圧監視などのほか、システム状態の自己監視も含まれる。データ伝送機能には、表示パネルとの伝送および上位システムとの伝送がある。上位システムとは光デジタル伝送を行うため、ケーブル類の大幅削減が可能となる。また、HDLC (High-level Data Link Control) をはじめ、さまざまなプロトコルに対応可能である。

## 4 縮小型監視装置

従来の GIS 監視装置は、GIS 近くに配置した現場監視盤に収納される構成が一般的であった。しかし、GIS の縮小化に伴って監視装置も小型化／低廉化が求められている。そこで、これまでの研究成果および半導体集積化技術の成果を適用して、GIS 制御盤に収納可能な縮小型監視装置を開発した。

### 4.1 縮小型 GIS 監視装置

図 5(a)に縮小型 GIS 監視装置を示す。この装置は、GIS 1 回線分のガス遮断器 (GCB) 動作時間、GCB 累積遮断電流、ガス圧力、油圧ポンプ動作時間／回数、故障点標定の監視項目に対応する計測ボードを幅 230×高さ 235×奥行 175(mm) の大きさに収納している。各種計測ボードを追加することにより、DS/ES 動作時間、部分放電、避雷器漏れ／放電電流も計測可能である。

計測されたデータについては、装置表面の液晶パネルによる表示、装置内不揮発性メモリへのデータ保存、上位システムへの警報接点出力／光データ伝送などが可能である。

図 5(b)は、GIS 制御盤内に監視装置を組み込んだ状況である。

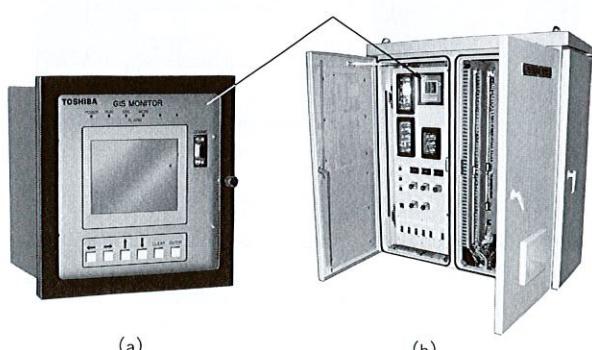


図 5. 縮小型 GIS 監視装置 装置外観(a)と GIS 制御盤への搭載例(b)を示す。

Compact monitoring system for GIS

### 4.2 GCB 動作時間モニタ

この装置は、GIS を構成する機器のうち、最重要機器である GCB の動作異常を検知するものである。

図 6 に GCB 動作時間モニタを示す。この装置は動作指令電流信号を CT により検出し、主接点の動作を補助開閉器の接点で間接的に取り込むことにより、GCB 動作時間を計測する。装置寸法は、幅 120×高さ 235×奥行 175(mm) と小型であり、新設の GIS 制御盤はもちろん、既設の GIS 制御盤にも容易に取付け可能である。

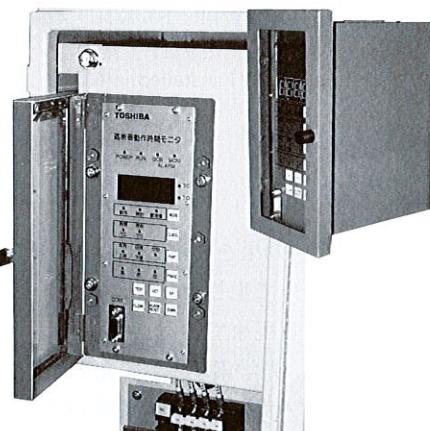


図 6. GCB 動作時間モニタ 既設の GIS 制御盤への取付けが容易で、すでに 6 か所の変電所で稼働中である。

GCB operation time monitoring system

## 5 あとがき

光、デジタル技術を取り入れた新しい原理、構成により大幅な小型化を実現した計器用変成器と機器監視・制御装置について紹介した。

これらの技術は、装置の小型化に加えて、将来のインテリジェント変電所を指向した総合デジタルシステムにつながるものと考えている。

寺井 清寿 TERAI Kiyohisa, D.Eng.

電力・産業システム技術開発センター 超電導・量子応用技術担当主査、工博。光・放電応用機器の研究開発に従事。IEEE、電気学会、応用物理学会、レーザ学会会員。  
Power and Industrial Systems Research and Development Center

榎原 高明 SAKAKIBARA Takaaki

浜川崎工場 新技術応用機器担当グループ長。  
監視・診断システム、制御システムの開発・設計に従事。  
電気学会、IEEE 会員。  
Hamakawasaki Works

上西 徹 KAMINISHI Toru

浜川崎工場 新技術応用機器担当主幹。  
光応用計器用変成器の開発・設計に従事。電気学会会員。  
Hamakawasaki Works