

新型 240/300 kV GIS

New 240/300 kV Gas-Insulated Switchgear

小坂田 昌幸
KOSAKADA Masayuki

佐藤 弘
SATO Hiroshi

秋山 光太郎
AKIYAMA Kotaro

据付面積を従来の 40 % にまで縮小した、新型 240/300 kV ガス絶縁開閉装置 (GIS) を開発した。この GIS は、ガス遮断器を横置きした全三相一括低層配置レイアウトを採用するとともに、ガス遮断器には改良ハイブリッドパuffa 消弧方式や新型オールインワン方式油圧操作機構、また、断路器、接地開閉器、母線などについても三次元電界解析・設計技術をはじめとする最新技術を駆使し、機器の縮小化を図っている。

新型 GIS は、こうした各構成機器の小型化に加え、永年培った GIS 製造技術や運転実績を踏まえ、据付工事や保守・運転性にも配慮したものとなっており、GIS 技術の円熟期にふさわしい最新鋭の機器である。

Toshiba has launched a new 240/300 kV gas-insulated switchgear (GIS) whose installation area is reduced to 40%. Size reduction of each component was achieved with new technologies such as an improved hybrid-puffer interruption method and an all-in-one type hydraulic operating mechanism for the gas circuit-breakers, and the use of 3-D electric field analysis and computer-aided design for the disconnecting switches, earthing switches, and bus bars.

In addition to the size reduction of each component, Toshiba's long experience in the manufacturing and operation of GIS was utilized in the development process, with full consideration given to installation, maintenance, and operation. This new 240/300 kV GIS is state-of-the-art equipment reflecting the highly evolved level of technology in this field.

1 まえがき

240/300 kV 級の GIS は、1970 年に当社として初号機を納入以来、ガス遮断器 (GCB) の 1 点切り化や全三相一括型化といった技術革新を経ながら、同電圧クラスの開閉設備として広く用いられている。GIS 機器技術は、成熟期を迎つつあるとも一部では言われているが、常に小型化と信頼性の向上を追求しながら絶え間なく進歩してきている。

当社は、今般、据付面積を従来の 40 % にまで縮小した新型 240/300 kV GIS を開発した。新型 GIS は、基本コンポーネントである GCB、断路器 (DS)・接地開閉器 (ES) 及び母線を中心とする各構成機器の大幅な小型化に加え、設計技術の高度化、永年培った製造技術や運転実績を踏まえ、据付工事や保守運転性、環境面にまで配慮するなど、GIS 技術の円熟期にふさわしい最新鋭の機器である。

2 定格仕様

今回、製品化した 240/300 kV GIS の標準仕様を表 1 に、また、総組立試験検証姿を図 1 に示す。

国内向けの同電圧クラスの開閉装置は、そのラインアップとして、定格電流 8 kA、定格短時間耐電流 (定格遮断電流) 63 kA までの仕様に対応することが求められる。しかし、これらの大電流定格が必要とされる地点は限られており、その一方で機器の大型化が必要となる。したがって、今回の

表 1 . 基本仕様と定格

Basic specifications and ratings of new 240/300 kV GIS

項目	仕様
定格電圧	240/300 kV
定格電流	2/3/4/6 kA
定格短時間耐電流	50 kA (2 秒)
雷インパルス耐電圧 ⁽¹⁾	750/950 kV
定格ガス圧力	0.6 MPa (GCB) 0.4 MPa (GCB 以外)
温度上昇 ⁽²⁾	ガス中 銀 - 銀接触部 : 75 K タンク表面 : 40 K



図 1 . 240/300 kV GIS の総組立検証姿 基本ユニット 1 回線の総組立状態で検証を実施し、良好な結果を得ている。

New 240/300 kV GIS (fully assembled)

開発では、対象とする定格電流を6kA、定格短時間耐電流を50kAまでとし、これを超過する仕様に対しては、既開発済みの従来機種で対応するものとした。機器設計上の基本仕様である絶縁仕様、温度上昇仕様については、近年の仕様合理化検討⁽¹⁾⁽²⁾の結果を反映した。なお、単体のタンク型ガス遮断器(単体GCB)については、気中絶縁変電所での使用時に、周辺機器との絶縁協調を考慮する必要があるため、従来どおりの雷インパルス耐電圧値(300kV器において1,050kV)にも対応可能とした。

3 GISの全体構成とその特長

従来器と新型器の比較を図2、図3及び表2に示す。図2は1回線の側面図であり、図3は、GIS部の平面図である。

GISレイアウトの特長は、全三相一括型の採用とGCBの横置き低層配置化に集約される。これにより、機器の据付

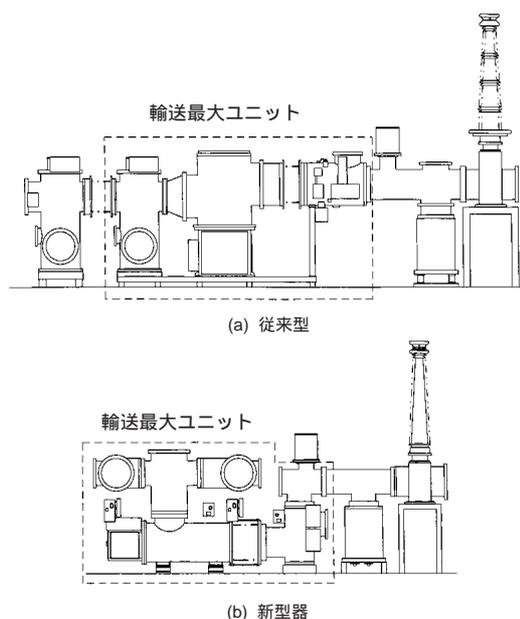


図2．側面レイアウト比較 プッシング引出しの線路用回線の例を示す。従来器に比べ大幅な縮小化を図っている。

Comparison of side views of new 240/300 kV GIS and conventional type

表2．従来器との比較
Advantages of new 240/300 kV GIS

項目	新型器/従来器(%)
主母線方向長	69
回線方向長	59
GIS部分の据付面積	41
機器質量*	68
輸送ユニット数	43
現地工事工程	65
シール箇所数	74
SF ₆ ガス使用量	65

* 図2に示す線路用回線の場合

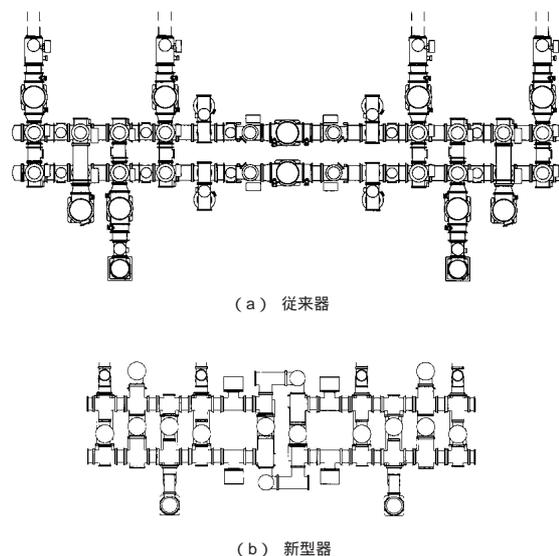


図3．全体レイアウト比較 4ブスタイ2重母線方式、4線路回線、2変圧器回線でのレイアウト例を示す。4ブスタイとは、4台の遮断器で主母線を区分する方式を言う。

Comparison of overall layouts of new 240/300 kV GIS and conventional type

面積は図3の例で従来の約40%にまで縮小している。

3.1 GCBの横置き低層配置化

今回採用したGCBの横置き低層配置方式は、GIS全体の低重心化が図れるとともに、地上レベルでの保守・点検や回線一体輸送を可能とし、加えてGISとしての組立作業性も向上する優れた配置構成である。また、GCBそのものとしても、単体GCBとの開発項目の共通化部分を多く確保できるなどのメリットがある。従来の240/300kV級のGISでは、敷地面積の縮小を考慮し、主母線のわきにGCBを縦置きする配置構成をとっていたが、今回、主母線、DS/ESなどの小型・軽量化により、これらをGCB上方に配置することが比較的容易となり、この利点を生かした形で空間利用率を高められるGCB横置き配置を実現した。

3.2 全三相一括型の採用

GISのタンク構成は、GISを構成する各部位が各相分離タンクか三相一括タンクかという観点から、相分離構成、主母線のみ三相一括構成、及び全三相一括構成に大別される。定格電圧204kV級以下では全三相一括型が有利とされるが、550kV級においては主母線のみ三相一括構成、もしくは相分離構成が有利とされている。240/300kV器はこれらの中間的位置にあり、近年主母線のみ全三相一括型へと主流は移行してきたが、その一方で相分離構成を志向する動きもあり、評価の分かれるところとなっている。今回の開発にあたっては、定格仕様はもとより、設計・製造面での作りやすさや据付作業性、また、運用・保守性まで含めて評価し、これらに基づく総合経済性や環境面も含めた数多くの判断要素について分析評価した。その概要を表3に示す。

表3．相分離構成との比較

Comparison of three-phase tank and single-phase tank for GIS

項目	全三相一括構成	主母線のみ三相一括構成	相分離構成
主母線方向寸法	短い	全三相より長い	全三相より若干長い
回線方向寸法	短い	全三相と同等	全三相と同等
質量	若干重い(従来器に比べ大幅軽量化)	若干軽い	軽い
開発難易度	GCBの三相遮断検証が必要	GCBの三相遮断検証が不要	GCBの三相遮断検証が不要
接地方式	相間のシャントバーが不要であり、多点接地方式を採用しやすい	相間のシャントバー設置が必要であり、接地設計技術が必要	相間のシャントバー設置が必要であり、複雑な接地設計技術が必要
単体機器の設計・製造	相ごとに形状の異なる内部部品が必要(三次元CADで対応)	各コンポーネントは簡素	各コンポーネントは簡素
GIS全体の設計・製造	全三相一括化により単純化 外装設計の簡素化が可能	相分離構成部分の作業は複雑 外装設計に各種配慮が必要	相分離構成のため作業は複雑 外装設計に各種配慮が必要
外部リンク数	少ない,調整が必要	多い,調整が必要	多い,複雑な調整が必要
ガス量・シール箇所数	ガス量はやや多い(従来器に比べ大幅削減)が,シール箇所数は少ない	ガス量はやや少ないが,シール箇所数はやや多い	ガス量は少ないが,シール箇所数は多い
現地作業性・接続箇所数	接続箇所数が少なく作業性に優れる	接続箇所数がやや多い	接続箇所数が多い
保守運用性	GCBの定位置点検が可能 フロアレス設計を指向可能	GCBの定位置点検が可能 フロアレス設計を指向可能	GCBの定位置点検が可能 フロアレス設計を指向可能

: 優れている。

以上のような検討の結果として、今回対象とする定格仕様に対しては、前述の全三相一括型、GCBの横置き低層配置がもっともコンパクトで信頼性の点で優れるとともに、製造性、経済性でも総合的に優れているとの結論に至った。この配置構成では、外部リンクやシャントバー、配管などの外装・付属品類が削減可能であるとともに、ガスシール箇所数が低減されるなど、信頼性や耐環境性に優れたGISを実現することが可能である。併せて実現した回線一体輸送化は、輸送コストを低減するだけでなく、現地接続箇所数の低減によって現地据付工期も短縮可能とし、また、品質管理面でも現地開放部分の極少化を図れるという効果がある。

4 各機器の特長と適用技術

新型GISの各構成機器の特長を以下に述べる。

4.1 GCB

GCBの主要適用技術としては、改良ハイブリッドパuffa消弧室の採用と、オールインワン方式油圧操作機構の採用が挙げられる。

(1) 改良ハイブリッドパuffa消弧室 89年に開発適用した⁽³⁾ハイブリッドパuffa消弧方式は、電流遮断初期のアーク電流の熱エネルギーを再びパuffa室に取り込むことにより、圧力の早期立上げと圧力上昇(Δp)の向上を図り、大電流遮断性能を高める優れた消弧方式である。今回、これを更に改良し、遮断性能の高い消弧室を開発した。

具体的な改良手法としては、永年のパuffa型消弧室開発で得た技術の蓄積と、高精度な熱ガス流測定に基づいたガス流解析技術を駆使した点が挙げられる。ノズルを含めた消弧室形状の最適化を図ることにより、パuffa室内の Δp を向上させ、パuffaシリンダ径を縮

小しながらも従来と同等の遮断性能を達成した。これらの遮断性能向上技術により、消弧室可動部質量は従来比50%となり、駆動エネルギーの半減を可能としている。

(2) オールインワン方式油圧操作機構 油圧操作方式は、信頼度が高く多様な動作責務に柔軟に対応可能であることから、国内の高電圧遮断器の駆動方式として広く用いられている。油圧操作機構の構成としては、従来から信頼性向上の観点で接続配管を極少化することが望ましいと考えられてきたが、今回、各機能要素をすべてモジュール化し、配管を介さずに各モジュールユニットを接続する、オールインワン方式の油圧操作機構を開発、適用した。その外観を図4に示す。オールインワン方式油圧操作機構の利点は、大幅な小型・軽量化とともに、シール箇所・部品点数削減による信頼性向上や、万一の交換時に各ユニットごとに交換可能である点など、メンテナンス性の向上が挙げられる。

4.2 断路器・接地開閉器

全三相一括型GISの縮小化を図るうえでは、三相導体の最適配置が重要となる。特に、DS・ESは、接点部及び機構部を持ち、かつ、母線分岐部、曲り部近傍に配置される場合が多いため、制約条件は更に厳しくなる。

新型GIS用DSでは、ガス中部品を三次元モデル化し、三次元電界解析や駆動軌跡解析、温度上昇検討などの三次元設計技術を駆使し、DS全体寸法に大きく影響を与える接点部の小型・軽量化を達成した。

従来、240/300 kV級のDSの操作装置には、大出力のコイルばねを適用していたが、コイルばねは円柱状であり、操作機構箱内の空間利用率が低いという課題があった。今回、単位体積当たりのエネルギー効率の高い渦巻ばね操作方式を適用した。これにより、操作機構箱の縮小が可能となり、

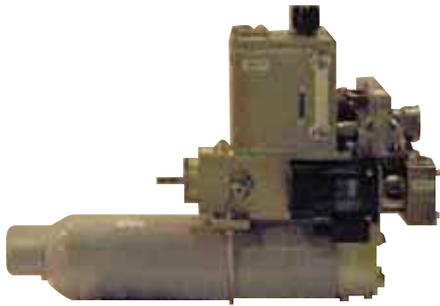


図4．オールインワン方式油圧操作機構 構成要素をすべてモジュール化し、接続配管を排した新型油圧操作機構である。
All-in-one type hydraulic operating mechanism

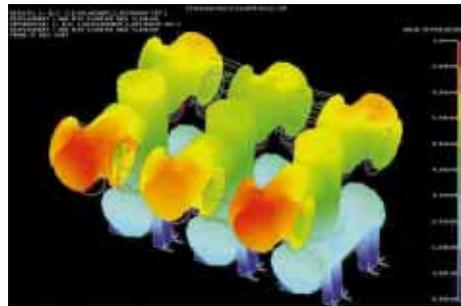


図5．三次元CADの設計検討への適用 熱伸縮解析への応用例を示す。
Application of 3-D computer-aided design to design process

DS及びGIS全体の簡素化に寄与している。

作業用ESには、既に72/84 kV級GIS用で適用実績があるブレード型接点方式を採用した。このメリットは、接点動作が円周方向であるため、従来の直線動作方式に比べて少ないスペースで接点のストロークを確保できる点である。

4.3 母線

新型GISでは、三相母線導体配置設計の最適化により、定格電流4 kA器で従来比81%、6 kA器で従来比85%にまで母線径を縮小した。

従来の三相一括母線では、内部導体の分岐方法も考慮し、三相分の導体を下を頂点とした直角二等辺三角形配置としていたが、三次元解析設計技術の適用による詳細検討や、主母線を上部に配置し導体引出し方向を水平とすることにより、横に頂点を持つ正三角形の導体配置を採用した。この設計技術と導体配置の工夫により、タンク内部の万一の有害導電性異物の存在を考慮した場合でも、もっとも電界的に厳しくなるタンク底面と高電圧導体との間に距離を確保でき、タンク径の縮小を可能にしている。

4.4 その他の機器

- (1) 避雷器 既に各電圧階級で多くの実績を持つ高耐圧素子適用避雷器を採用した。内部の素子配列を従来の2柱構造から1柱化し、構造の簡素化を図っている。
- (2) ガスブッシング 電界設計の最適化により、従来のガスシングで設けていた下側の外部気中シールドを省略し構造を簡素化した。また、近年、適用に向けて各種の検証・取組みが行われている複合がい管ブッシングにも対応できるように配慮している。
- (3) 機器制御・監視診断 このGIS用の制御盤では、GIU(GIS Interface Unit)と称するプリント基板化した制御回路、及びNCT(Network Computing Terminal)と称する小型の機器監視端末を搭載することを提案している。GIUは、回路のユニット構成化により制御盤の小型化に貢献し、また、NCTはこれを搭載することにより、イントラネットを経由した機器の遠隔監視・診断に

よる将来的なCBM(Condition Based Maintenance : 機器状態に基づいた保守)の適用も可能となる。

- (4) GIS設計・エンジニアリング GIS設計に三次元CADを取り入れることにより、設置後の人間系の視点による機器配置や操作・保守性の検討を可能とした。更に三次元CADのデータを応力解析や耐震解析などの解析ツール用データとして使用する、いわゆるCAE(Computer Aided Engineering)化により、設計の迅速化、最適化を可能としている(図5)。

5 あとがき

新型の240/300 kV GISの概要について述べた。新型GISは、最新の技術と永年の経験・知見を反映して開発した完成度の高い最新機器である。このGISは、2001年から各地の複数サイトに向けて出荷を開始する予定である。

文献

- (1) ガス絶縁開閉装置仕様・保守基準 .電気協同研究 .52,1,1996 p.68.
- (2) 試験電圧標準 .JEC - 0102 - 1994 .電気書院 .1994,45p.
- (3) 上田利正,ほか "300 kV・50 kAハイブリッドバッファ形ガス遮断器の開発".平成2年電気学会全国大会1308.1990.



小坂田 昌幸 KOSAKADA Masayuki
電力システム社 電力事業部 電力変電技術部主査。
変電設備の開発・システムエンジニアリングに従事。
電気学会、IEEE会員。
Transmission, Distribution & Hydraulic Power Systems & Services Div.



佐藤 弘 SATO Hiroshi
電力システム社 浜川崎工場 開閉装置部主査。
ガス遮断器の開発・設計に従事。電気学会会員。
Hamakawasaki Operations



秋山 光太郎 AKIYAMA Kotaro
電力システム社 浜川崎工場 開閉装置部主務。
ガス絶縁開閉装置の開発・設計に従事。
Hamakawasaki Operations