

新形ばね操作550kV GIS

貞國仁志* 山本茂之**
吉田大輔*
釣本崇夫**

Advanced Spring Operating 550kV GIS

Hitoshi Sadakuni, Daisuke Yoshida, Takao Tsurimoto, Shigeyuki Yamamoto

要旨

ガス絶縁開閉装置(GIS)は、ライフサイクルコスト低減や保守省力化等の更なる向上に加え、世界規模での環境意識の高まりによって地球温暖化ガスであるSF₆(6フッ化硫黄)ガスの使用量や排出量の削減などといった低環境負荷への対応が求められている。

これらに対応するため、三菱電機では2010年に小型・軽量な国内初(注1)のばね操作ガス遮断器(GCB)適用550kV GISを開発・実用化した。さらに、これに先進技術を加えて、今回新形ばね操作550kV GISを製品化した。

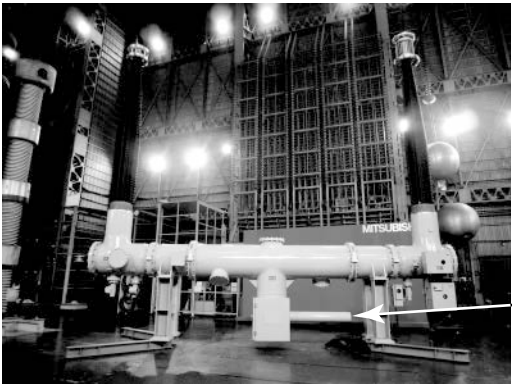
550kV GISに適用するGCBは電流を遮断する機構に大きな力を必要とするため、これまでは油圧で操作する方式であったが、保守項目が多いことが課題であった。そこで、これまで300kV以下で多くの製品実績を持つ当社独自のト

ーションバー式ばね操作装置を高出力化し、550kV GCBのばね操作化を達成し保守項目の大幅な削減を実現した。トーションバー式ばね(ねじりばね)は、一般に用いるコイルばねに比べ、駆動時のばね自身によるエネルギー損失がほぼゼロであるため、エネルギー効率が極めて高く、高出力化に適している。

また、低損耗ノズル、磁気アーク駆動遮断方式断路器/接地開閉器、ハイブリッド絶縁方式等の先進技術を適用し、部品点数の削減や軽量化(現行器比:75%)による投入資材削減と温暖化ガスの使用量・排出量の削減(現行器比:70%)を可能とした。これによって低環境負荷・保守省力化・ライフサイクルコスト低減・耐震性能向上を達成した。

(注1) 2010年3月10日現在、当社調べ

特集
I




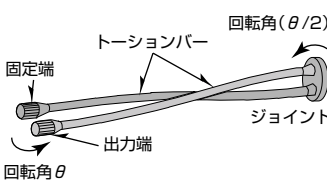
550kV GIS試験状況(H-GISの例)

国内初のばね操作GCB(トーションバー式ばね採用)

質量75%, SF₆ガス量70%(現行器100%)


GCB点検項目・試験項目50%(現行器100%)



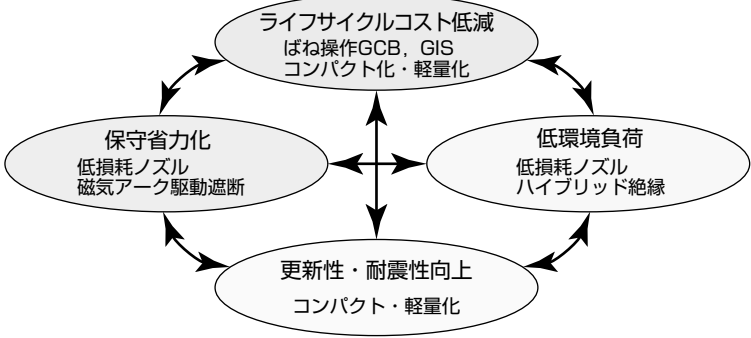


トーションバー式ばね

トーションバー式ばね操作装置



従来ノズル
↓
低損耗ノズル



ライフサイクルコスト低減
ばね操作GCB, GIS
コンパクト化・軽量化

保守省力化
低損耗ノズル
磁気アーク駆動遮断

低環境負荷
低損耗ノズル
ハイブリッド絶縁

更新性・耐震性向上
コンパクト・軽量化

新形ばね操作550kV GISの特長

このGISは550kVクラスでは国内初のばね操作遮断器を採用しており、省エネルギー・環境負荷低減・信頼性向上を図った。この技術を実現するために、トーションバー式ばねを適用した当社独自の操作装置を採用することによって高出力化を達成した。また、新技術として、低損耗ノズル、磁気アーク駆動遮断方式、ハイブリッド絶縁方式を用いることで、部品点数の削減や軽量化(現行器比:75%)による投入資材削減と温暖化ガスの使用量・排出量の削減(現行器比:70%)が可能となり、低環境負荷・保守省力化・ライフサイクルコスト低減・耐震性能向上を達成した。

1. ま え が き

昨今、電力設備に対し低炭素化社会に向けて環境負荷低減、省エネルギーの進展、保守点検の省力化、ライフサイクルコスト低減、さらに、高経年器の更新を考慮したレトロフィット性の向上などの要請が強くなっている。

当社では、このような社会の要請、次世代の電力設備への期待に応えるため、先進技術の開発・実用化に努め、2010年に国内メーカーとして初めて550kVばね操作GCBを開発・実用化した。さらに、これに先進技術を加えて、今回新形ばね操作550kV GISを製品化した。

本稿では、次世代を担う新形550kV GISの開発コンセプトと先端技術の内容及び特長・適用メリットについて述べる。

2. 開発の経緯・コンセプト

図1に開発・製品化にいたる経緯を示す。

550kV GISは1995年から油圧操作を用いた1点切GCB(縦配置)を適用し、据付け面積の縮小・経済性向上を図り、基幹系統に多くの製品実績がある。

これと並行して当社では、2000年以降に次世代の550kV GISを目指し、1点切GCBを横形配置とし、あわせてGCB、変流器(CT)、断路器(DS)等を直線配置とし、構造の簡素化を図り、気中主母線対応のハイブリッドGIS(H-GIS)に最適で、ユニット一体輸送可能な550kV GISを2003年に開発・実用化した(図2)。

さらに、2010年には、これまで30年にわたって培ってきたばね操作技術をベースに、550kVばね操作GCBを開発し、保守点検の大幅な省力化を達成した。今回このばね操作

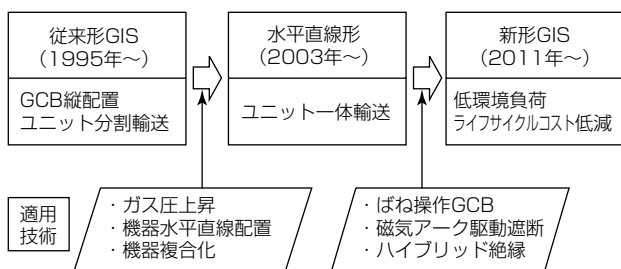


図1. 新形550kV GIS開発・製品化にいたる経緯

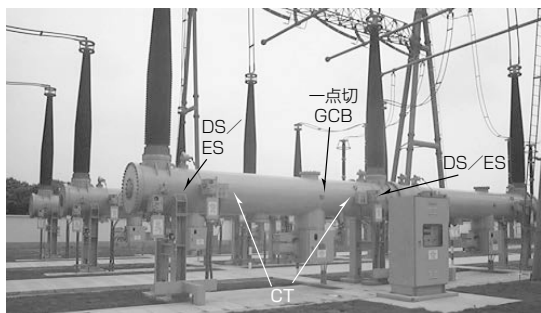


図2. 550kV水平直線形GIS

GCBに加え、各種先進技術適用によって環境負荷低減、保守点検の省力化、ライフサイクルコスト低減等を開発コンセプトとした新形550kV GISを製品化した。

3. GISの基本仕様と構成⁽¹⁾

新形550kV GISの基本仕様を表1に示す。GISの基本寸法諸元を決定する耐電圧仕様、定格電流、定格遮断電流等は国内外の要求仕様に対応できるように考慮した。

図3にH-GIS形態の1CB分を構成した新形GISの外観、図4に内部構造を示す。ばね操作(横形)GCBを基準に断路器(DS)、変流器(CT)等を直線配置し、構成機器を低層化配置した。

表1. 新形550kV GISの定格事項

GIS	定格電圧	550kV	
	定格電流	~6,300A	
	短時間耐電流	63 kA	
	耐電圧	雷インパルス	1,675kV
		開閉インパルス	1,300kV
短時間商用周波		740kV	
定格ガス圧		0.5MPa (GCB以外) 0.6MPa (GCB)	
GCB	定格遮断電流	63kA	
	定格遮断時間	2 サイクル	
DS	ループ電流開閉	400V / 1,600A	
ES	誘導電流開閉	電磁	40kV / 760A
		静電	50kV / 50A



図3. 新形550kV GISの外観

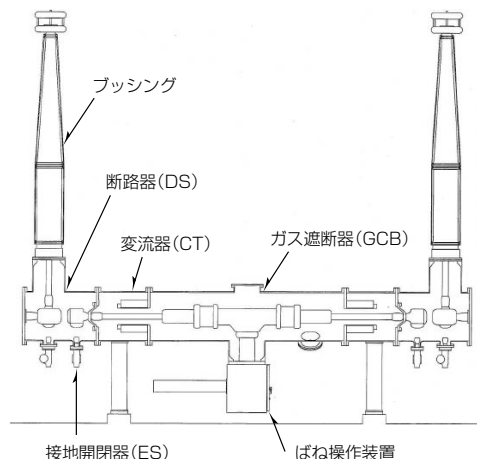


図4. 内部構造

4. 最新技術の適用

4.1 ばね操作GCB⁽²⁾

既に多数の製品実績を持ち、駆動力低減と軽量化可能な2点切消弧室とトーションバー式ばね操作装置の組合せによって、現行技術の延長で合理的に550kV 63kAまでのばね操作化を実現した(図5)。

4.1.1 消弧室の選定と設計

ばね操作装置の限られた駆動力に対して、必要な遮断性能を確保することがこの開発の主要課題である。これに対し、高い極間絶縁回復特性が要求される進み小電流遮断性能を満足させるため、362kV GCB消弧室を2点切構造とし、高速動作させる設計構造を採用した。

4.1.2 ばね操作装置

通常用いられるコイルばねはエネルギー蓄勢効率が低く、高出力化するためには極端に大型化する必要があったが、エネルギー蓄勢効率の高いトーションバーを用いることによって高出力の操作装置を合理的に構成することを可能とした(図6)。

550kVばね操作GCB開発にあたっては、現在300/240kV GCBに適用され、これまで8,000台以上の豊富な製品実績を持つトーションバー式ばね操作装置をベースにすることで信頼性を確保しつつ130%高出力化を図った。

ばね操作装置はグリス塗布・交換を不要としたメンテナンスフリーを指向したものであり、あわせて油圧操作に比べて部品点数・シール箇所が大幅に少ないことから、故障率が低く信頼性が非常に高い操作装置である。

4.1.3 低損耗ノズルの適用⁽³⁾

GCB消弧室に用いるノズルは微量充填材入りPTFE(フッ

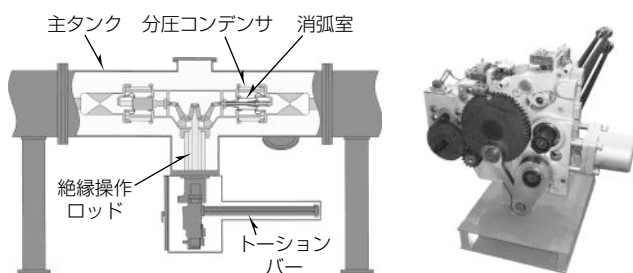


図5. GCB内部構造図

図6. トーションバー式ばね操作装置



(a) 低損耗ノズル (b) 従来ノズル

図7. 大電流遮断後のノズル

素樹脂)からなり、電流遮断時のアークによる消耗がその後の遮断性能や耐電圧性能に与える影響が大きい。そこで、充填材の配合変更によって、アーク光のPTFEへの侵入を制御することで、大電流遮断時(図7)及び負荷電流遮断時の損耗を抑制した。これによって、負荷電流遮断の許容回数(従来2,000回)を5,000回まで延長可能としたため、GCB開放点検の延伸による保守点検の省力化と環境負荷低減が期待できる。

4.2 DS, ESの磁気アーク駆動遮断方式⁽⁴⁾

断路器(DS)、接地開閉器(ES)の電流遮断方式には、低操作力で遮断電流に依存せず、安定したアーク駆動が可能な磁気アーク駆動方式を適用した。この方式は永久磁石の磁界で電流遮断アークを駆動し、アークをSF₆ガスで冷却し遮断する方式であり、操作力(開閉速度)の低減と小型・構造簡素化を図ることができる(図8)。これによって図9に示すようにアークの開離度が1/5程度と大幅に短縮でき、コンタクトの損耗軽減による長寿命化及びアーク分解生成物の発生低減による絶縁信頼度向上が期待できる。

4.3 ハイブリッド絶縁方式⁽⁵⁾

ハイブリッド絶縁方式は、図10に示すように高圧導体表面に固体絶縁被覆を施したもので、絶縁性能の弱点となる電極表面上の微小突起を絶縁物で覆うことで放電を抑制するものである。これによって、絶縁性能は裸電極に比べ約150%に向上する。この方式を変流器(CT)部の導体に適用することで、接地電位となるCT収納ケースの小型化によるCT本体、CTタンクの小型化を図った。

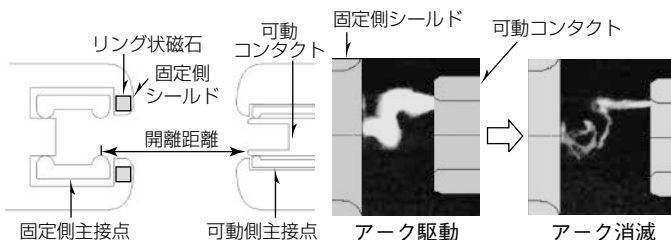


図8. アーク駆動状況

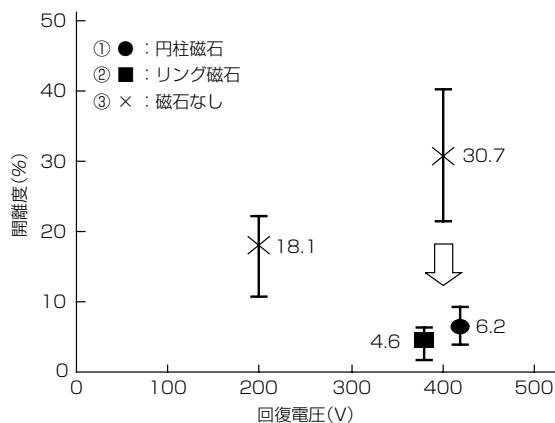


図9. DSループ電流開閉試験結果

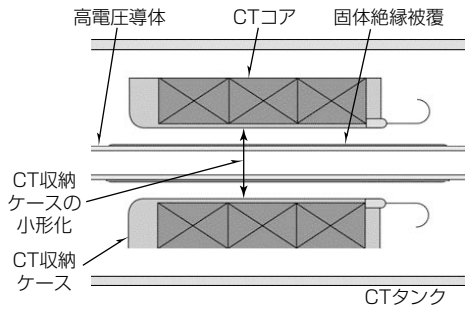


図10. ハイブリッド絶縁

表2. 検証項目

検証内容	検証項目
絶縁性能	雷インパルス耐電圧試験
	開閉インパルス耐電圧試験
	短時間商用周波耐電圧試験
	部分放電試験
通電性能	温度上昇試験
	短時間耐電流試験
機械強度性能	輸送試験(急発進, 急停止など)
	耐震解析
電流開閉性能	ループ電流開閉試験
	誘導電流開閉試験
開閉性能	高低温試験 連続開閉試験



図11. 輸送試験状況

5. 検証試験⁽⁶⁾

新形550kV GISの検証項目の一覧を表2に示す。絶縁・通電・電流開閉性能等の基本性能検証である形式試験に加え、輸送・高低温試験等の実用性能検証として参考試験を実施した。

定格電流4,000A, 6,300Aの1.1倍の4,400A, 6,930Aを通電し、温度上昇許容値内であることを確認した。

ブッシングを除いた実輸送形態をトレーラーに積載し、輸送試験を実施した(図11)。急発進・急停止及び悪路模擬走行の各条件で、輸送管理加速度(上限)5Gに対するGIS各部の発生応力は、許容値以下で十分な安全率を持っており、良好な結果を得た。

6. 適用メリット

新形550kV GISは、次に示す特長と適用メリットを持つ(図12)。図13に特長比較を示す。

- (1) GCBのメンテナンスフリー化による保守点検の大幅な省力化(保守点検項目は現行器比50%)
- (2) GISユニット一体輸送範囲の拡大による据付工期の大幅な短縮, 更新性向上(据付け工期は現行器比50%)

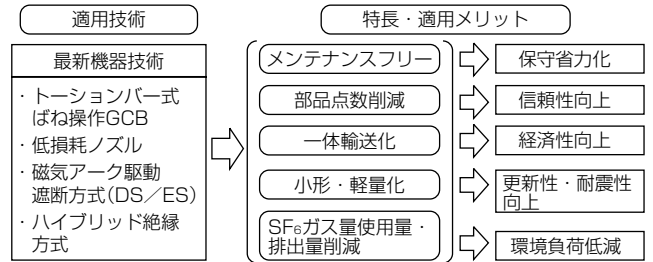


図12. 適用技術と特長・適用メリット

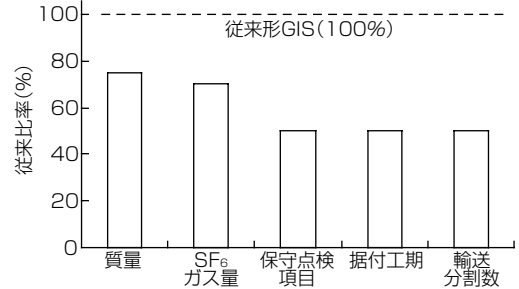


図13. 特長比較(従来比)

- (3) 小型・軽量・構造簡素化・部品点数削減による低環境負荷(温暖ガスの使用量・排出量が現行器比70%)、耐震性向上, 経済性向上(質量は現行器比75%)

なお、これまでハイブリッド形(H-GIS)構成で述べたが、主母線もGIS化したフルGIS構成での適用も可能である。

7. むすび

電力設備に対するライフサイクルコスト低減, 保守省力化, 低環境負荷への対応が強く求められる中、これに対応できる新形550kV GISの開発・製品化について述べた。当社は今後とも保守省力化, 工期短縮, 経済性・信頼性向上を追求した製品開発に邁進(まいしん)していく所存である。

参考文献

- (1) 中内慎一郎, ほか:ばね操作GCB適用新形550kV GISの開発(1), 電気学会全国大会, No.6, 489~490 (2011)
- (2) 吉田大輔, ほか:550kV 63kAばね操作GCBの開発, 電気学会全国大会, No.6, 374~375 (2010)
- (3) 山下 透, ほか:ガス遮断器用低損耗ノズルの開発, 電気学会全国大会, No.6, 347~348 (2009)
- (4) 柏木紘典, ほか:永久磁石を用いた磁気アーク駆動遮断方式遮断器の開発, 電気学会全国大会, No.6, 344 (2010)
- (5) 吉村 学, ほか:電極への絶縁被覆によるSF₆ガス絶縁システムの高耐電圧化, 電気学会電力・エネルギー部門大会, 326 (2010)
- (6) 中内慎一郎, ほか:ばね操作GCB適用新形550kV GISの開発(2), 電気学会全国大会, No.6, 491~492 (2011)