

縮小形300kVガス絶縁開閉装置

中内慎一朗*
中村泰規*

Compact 300kV Gas Insulated Switchgear

Shinichiro Nakauchi, Yasunori Nakamura

要旨

縮小形300kVガス絶縁開閉装置(Gas Insulated Switchgear : GIS)は、従来形GISに対し一層の据付工期短縮と保守省力化を図り、環境負荷低減に貢献する最新形GISである。三菱電機ではこれまで半世紀にわたって培ってきたGIS技術に各種新技術を付加し、更なる小型・構造簡素化、メンテナンスフリー、SF₆ガス使用量の極小化などを実現した最新形GISを開発・製品化した。その主な特長は次のとおりである。

(1) 据付工期短縮

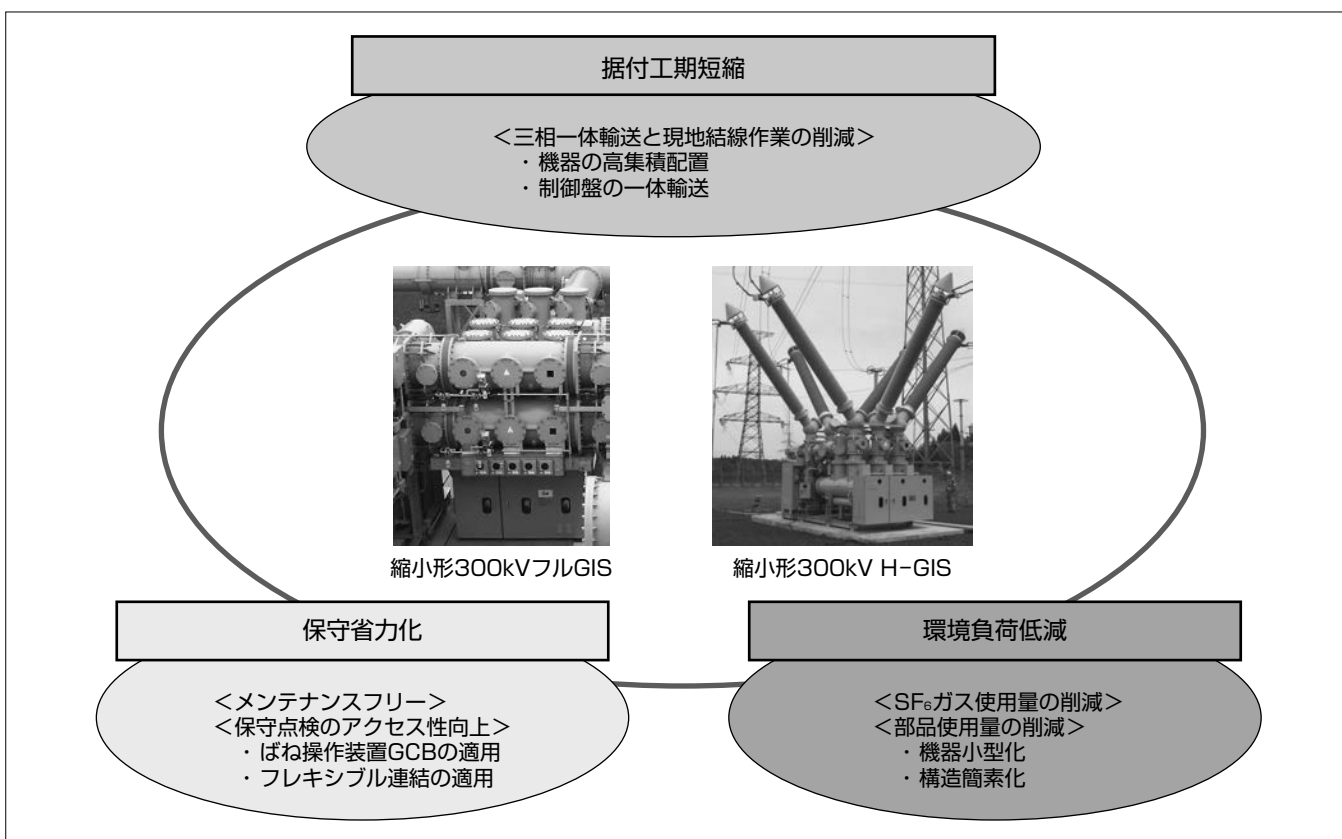
GISの高集積配置によってブッシングを除くGISの三相一体輸送を可能にした。さらに制御盤も含めた一体輸送とすることで現地結線作業を削減し、据付工期の短縮による経済性の向上を図った。

(2) 保守省力化

ガス遮断器(Gas Circuit Breaker : GCB)は、ばね操作装置を適用し、歯車部への乾性潤滑皮膜適用によってグリスアップを不要にし、メンテナンスフリーを実現している。また、断路器(Disconnecting Switch : DS)・接地開閉器(Earthing Switch : ES)と電動操作装置をワイヤで連結する方式(フレキシブル連結)にすることで、DS・ES操作装置をGCB操作装置と同一面、又は制御盤内への一体配置を実現し、保守点検時の作業性改善を図った。

(3) 環境負荷低減

最新形のGIS構成機器の適用によってGCB・避雷器・DSのタンク径を縮小し、部品使用量の削減とSF₆ガスの使用量の削減を図った。



縮小形300kV GISの特長

縮小形300kV GISはGIS全体を高集積配置にすることで、制御盤を含めたGISユニットの三相一体輸送を実現し、据付工期の短縮を図った。また、GCBへばね操作装置を適用することで保守省力化を図り、DS・ES操作装置にフレキシブル連結を適用することで保守面と統一して作業性の改善を図った。また、GCBタンク径を縮小し、縮小形避雷器を適用することでGIS構成機器を小型化し、SF₆ガス使用量を削減して環境負荷低減を図った。

1. ま え が き

GISは、その優れた性能と特長から電力用開閉装置として広く国内外に適用されている。当社ではこれまで半世紀にわたって培ってきたGIS/GCB技術をベースに新しい技術を付加することによって、一層の経済性、信頼性、保守点検性の向上及び環境負荷低減を図るために、新機種の開発と製品化に努めている。

本稿では、その代表例である縮小形300kV GIS⁽¹⁾⁽²⁾の特長と適用技術について述べる。

2. 定格事項と基本構造

縮小形300kV GISの定格事項と基本仕様を表1に示す。定格短時間耐電流(定格遮断電流)は63kA、定格電流は6,000Aまで対応している。定格ガス圧は機器サイズの小型化を図るため、0.6MPa(従来0.5MPa, 以下ゲージ圧)にしている。DSとESは電流遮断方式に磁気アーク駆動方式を採用することで低操作力の電動操作にしている。また、DS・ES操作装置にフレキシブル連結を適用し、操作装置の配置自由度を向上させている。

図1と図2に、主母線まで含めてガス絶縁としたフルGISの外観を示す。GCB横形配置とし、GCBの上部に三

相一括主母線・DS・ESを積層配置している。このような積層配置にすることによって、線路側に設置されたGIS制御盤も含めて、GISの三相一括でのユニット一体輸送を実現した。また、DS・ES操作装置はフルGISでは全てGCBのばね操作装置側に集約して配置し、一方向からの機器操作を可能にした。

図3に、主母線を気中絶縁とし、それ以外をガス絶縁と

表1. 縮小形300kV GISの定格事項と基本仕様

		新形器	従来器
GIS 共通	定格電圧(kV)	240/300	
	定格電流(A)	2,000/4,000/6,000	
	短時間耐電流(kA)	40/50/63	40/50
	雷インパルス耐電圧(kV)	950/1,050	
GCB	定格ガス圧(MPa)	0.6	0.5
	定格遮断電流(kA)	63	50
DS	操作方式	ばね操作	
	ループ電流開閉(A)	3,200/4,000	4,000/6,000
	操作方式	電動操作 フレキシブル連結	ばね操作 ロッド連結
ES	誘導電流開閉(A)	500/600	
	操作方式	電動操作 フレキシブル連結	ばね操作 ロッド連結

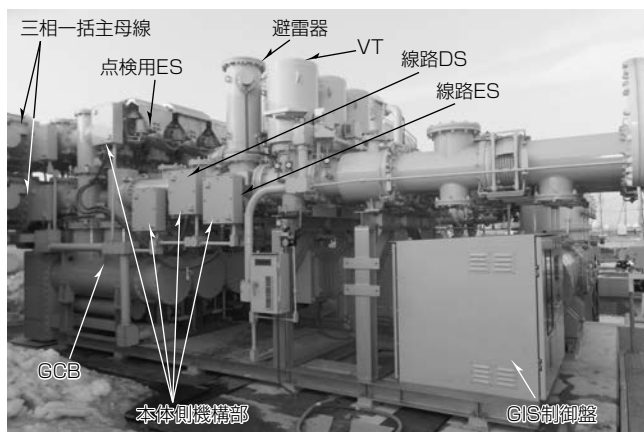


図1. 縮小形300kV フルGIS (GIS制御盤側)

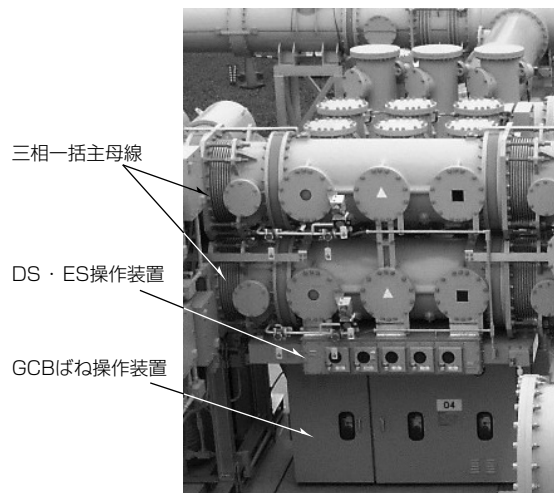
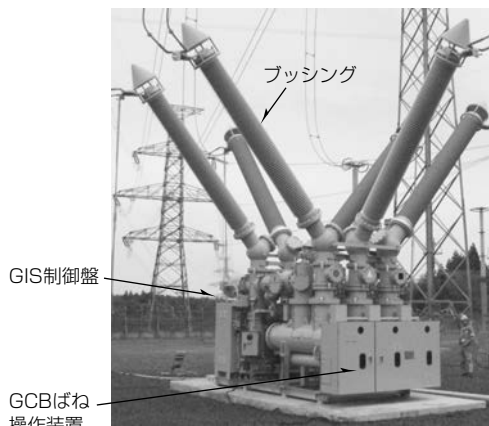
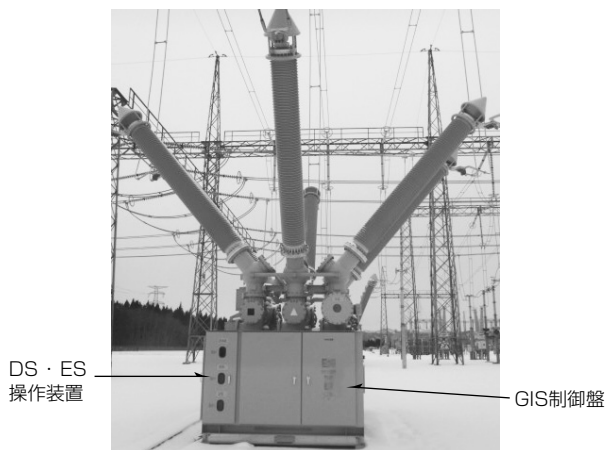


図2. 縮小形300kV フルGIS (GCBばね操作装置側)



(a) GCBばね操作装置側



(b) GIS制御盤側

図3. 縮小形300kV H-GIS

したハイブリッド形GIS(Hybrid-Gas Insulated Switchgear : H-GIS)の外観を示す。先に述べたフルGISと同じ機器モジュールを用いて三相を集中配置し、ブッシングを傾斜配置として気中絶縁距離を確保した。

3. 縮小形300kV GISの特長

3.1 据付工期短縮

図4に300kV H-GISの新旧構造比較を示す。従来器(図4(b))は各相を個別配置としているのに対し、新形器(図4(a))は三相集中配置とし、さらにGIS制御盤をGIS本体と近接配置にしている。これによって、ブッシングを除き、GIS制御盤を含むGISユニットの三相一体輸送を可能にし、現地での制御線の配結線作業を削減した。その結果、縮小形300kV H-GISは従来器に対し、据付工期を約40%短縮した。図5に縮小形300kV H-GISの輸送状況を示す。

また、三相個別配置の従来器に比べ、三相集中配置にしたことで、新形器の外形寸法は約1/2、機器設置スペースは約1/4となり、コンクリート基礎面積を大幅に削減した。

3.2 保守省力化

縮小形300kV GISは、ばね操作装置を適用することでGCB操作装置をメンテナンスフリーとし、低損耗ノズル

の適用によって、内部点検周期の延伸による保守点検の省力化を図った。点検時の作業性に関しては、フレキシブル連結を適用することで操作装置の配置自由度が高まり、保守点検時の作業性改善を可能にした。

3.2.1 ばね操作装置

ばね操作装置は油圧操作装置に対して高い信頼性を持っている。ばね操作装置は油圧操作装置に比べて漏油リスクがなく、油圧系補機・計器類がないため、故障率は油圧操作装置に対して約1/5と大幅に低減される。新形器は十分な実績を持つトーションバー式ばね操作装置(図6)を適用し、歯車部への乾性潤滑被膜適用とシール付軸受の適用によって定期的なグリスアップを不要にし、操作装置としてのメンテナンスフリーを可能にした。

3.2.2 低損耗ノズル

消弧室に負荷電流遮断回数5,000回まで無交換で開閉可能な低損耗ノズルを適用することで³⁾、内部解放点検周期を従来ノズルの2倍以上に延伸し、保守点検の省力化を図った。図7に大電流遮断後のノズルを示す。

3.2.3 フレキシブル連結

母線DSと線路ESにはループ電流開閉と誘導電流開閉責務があり、従来器は抵抗限流方式と吸い込みパuffa方式を適用し、高速動作を行う電動ばね操作装置を適用していた。縮小形300kV GISでは、永久磁石の磁界によってアークを回転駆動する磁気アーク駆動方式(図8)を適用するこ

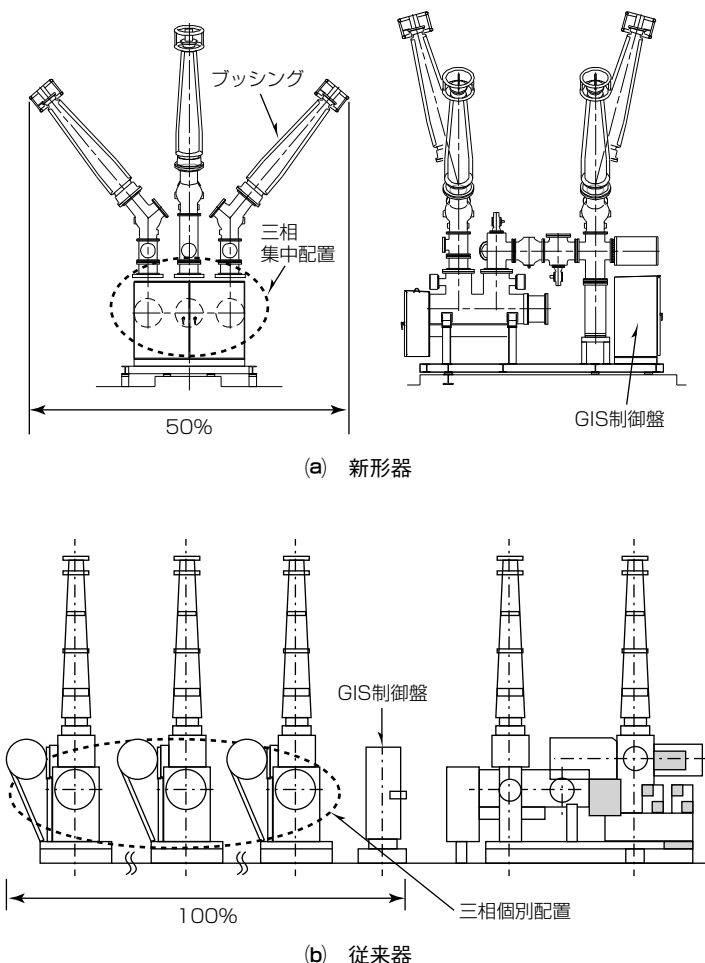


図4. 300kV H-GISの新旧構造比較



図5. 縮小形300kV H-GISの輸送状況

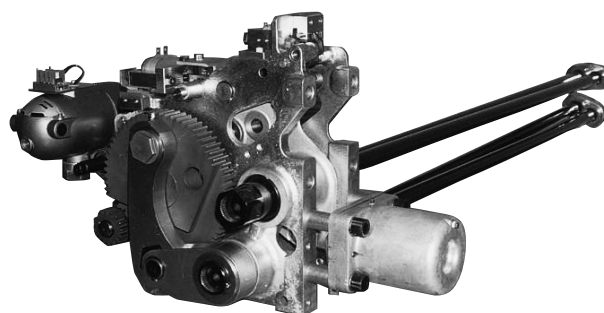
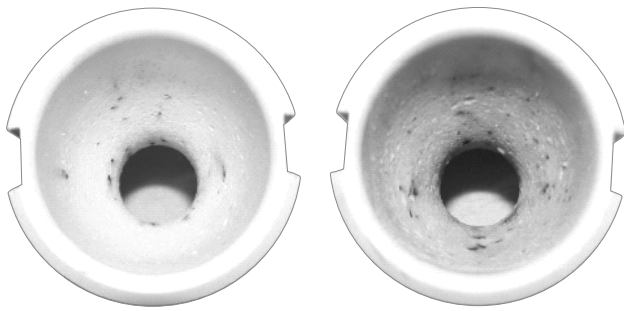
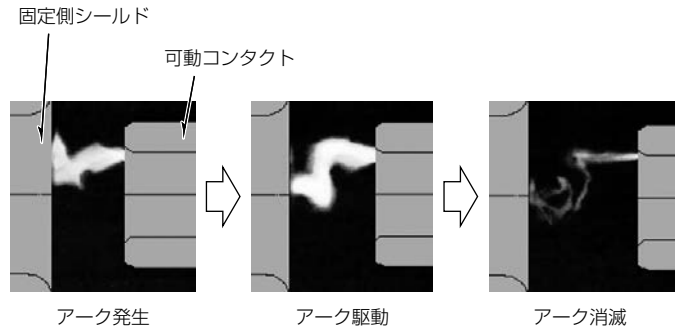


図6. トーションバー式ばね操作装置



(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



固定側シールド 可動コンタクト
アーク発生 アーク駆動 アーク消滅

図8. 磁気アーク駆動のアーク挙動

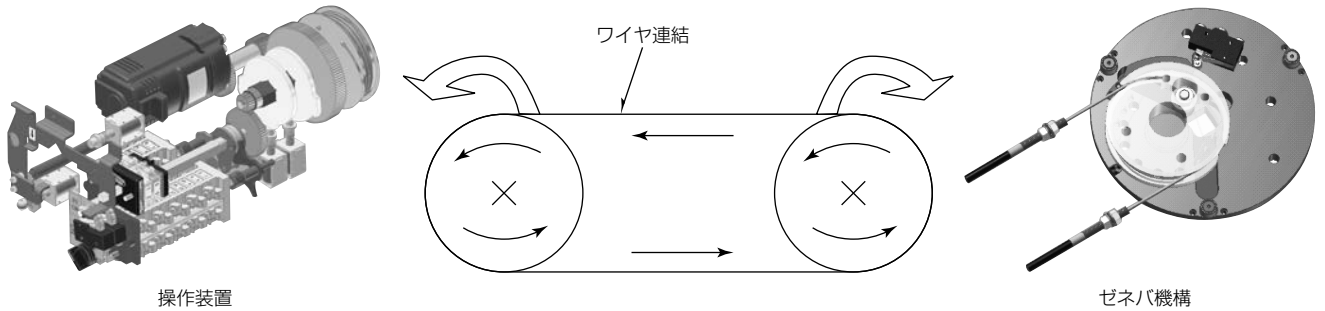


図9. フレキシブル連結構造

表2. GCB諸元の新旧比較

	新形器	従来器
タンク径(%)	75	100
GCB質量(%)	70	100
遮断速度(%)	120	100
定格ガス圧(MPa)	0.6	0.5
極間コンデンサ	なし	あり

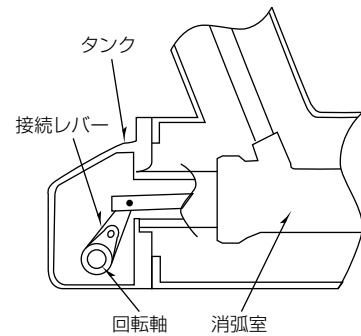
とで⁽⁴⁾、低速動作で遮断性能を確保し、電動操作装置の適用を可能にした。電動操作装置の適用によって、図9に示すフレキシブル連結の適用が可能になった。フレキシブル連結はDS・ES本体と操作装置それぞれに回転する円盤を設置し、それらを可とう性を持つワイヤで連結し、電動操作装置の動力をDS・ES本体に伝達する連結機構である。従来の連結ロッドはDS・ES本体に対して操作装置の配置が垂直又は水平に限定されていたのに対し、フレキシブル連結は、DS・ES操作装置の配置自由度が向上し、GCBばね操作装置の操作面、又はGIS制御盤内に集中配置することが可能になり、保守点検時の作業性改善を図った。

3.3 環境負荷低減

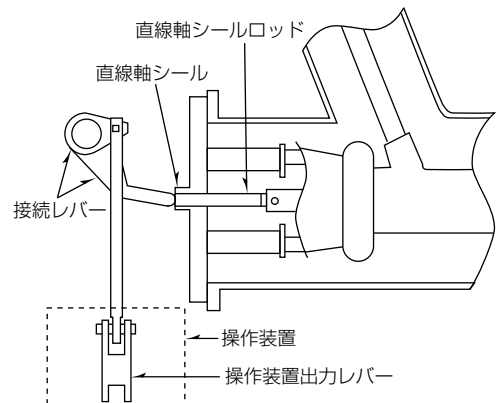
GIS構成機器の小型化・配置合理化によって、SF₆ガス使用量を約20%低減した。また、機器の構造を簡素化することで部品使用量を削減した。次にGCBと避雷器の小型・軽量化技術について述べる。

3.3.1 GCBの小型・軽量化

表2にGCB諸元の新旧比較を示す。新形器では、遮断速度上昇による遮断性能の向上のため、駆動部に回転シール構造を適用した。図10(a)に新形器の消弧室の回転シール



(a) 新形器の回転シール構造



(b) 従来器の直線シール構造

図10. GCBのシール構造比較

ル構造を、図10(b)に従来器の消弧室の直線シール構造を示す。回転シール構造の適用によって、直線運動系に換算した可動部の等価質量を約20%軽量化し、遮断速度が10%上昇した。消弧室構造に関して、軽量化による遮断

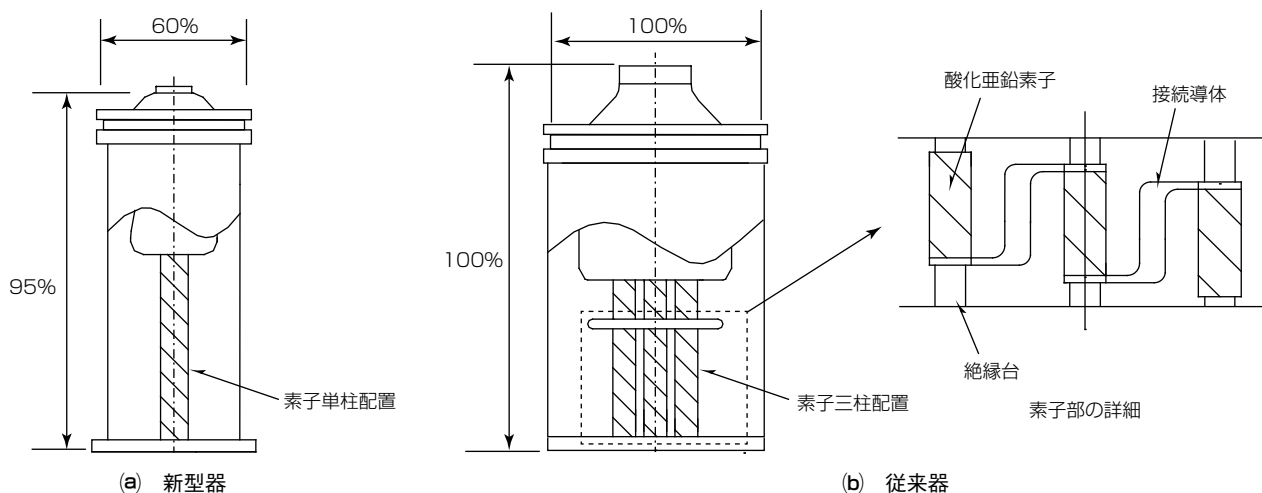


図11. 新旧避雷器の構造比較

速度上昇に伴い、パuffa径とガス流路形状の改良によって遮断性能を向上させた⁽⁵⁾。

回転シール構造を適用し、先に述べたパuffa径とガス流路形状を改良した消弧室と、国内外で数多くの製品実績を持つ高効率のトーションバー式ばね操作装置を用いることによって、極間コンデンサなしで定格遮断電流63kAの性能を確保した。これらによって、新形器は従来器に対して、タンク径を75%、GCB質量を70%にそれぞれ小型・軽量化した。

3.3.2 避雷器の小型化

縮小形300kV GISには、素子単位長さ当たりの動作開始電圧が600V/mm(従来器比1.5倍)の最新形の高抵抗素子を用いた縮小形高抵抗避雷器を適用した⁽⁶⁾。これによって素子数が従来器の約2/3に削減され、図11に示すように、素子配置を、従来器の三柱配置(電気的には直列接続)から単柱配置とすることができたため、素子柱構造の簡素化と部品点数を削減できた。これによって、タンク容積を従来器に対して約60%に小型化した。

4. む す び

電力業界を取り巻く様々な情勢変化を背景に、一層の経済性向上や保守省力化、地球環境問題への対応が要求される中、これまで当社が長年にわたって培ってきたGIS/GCB技術に加えて、研究・開発成果を反映して縮小形300kV GISの開発・製品化を行った。その特長を次に述べる。

(1) 据付工期短縮

制御盤を含めたユニット一体輸送による現地組立工程の

削減と現地での配結線作業の削減によって、据付工期を約40%短縮した。

(2) 保守省力化

GCBへのメンテナンスフリーであるばね操作装置の適用と、低損耗ノズル適用による点検周期延伸によって、保守省力化を図った。フレキシブル連結の適用によって操作装置の保守面を統一し、作業性を改善した。

(3) 環境負荷低減

GIS構成機器の小型・配置合理化によって、SF₆ガス使用量を約20%削減した。

参 考 文 献

- (1) 中内慎一郎, ほか: 縮小形300kV GISの開発, 平成28年電気学会全国大会論文集, 6-010 (2016)
- (2) 中内慎一郎, ほか: 縮小形300kV GISの開発, 平成30年電気学会全国大会論文集, 6-016 (2018)
- (3) 山下 透, ほか: ガス遮断器用低損耗ノズルの開発, 平成21年電気学会全国大会論文集, 6-207 (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断路器の開発, 平成22年電気学会全国大会論文集, 6-200 (2010)
- (5) 芳友雄治, ほか: 362kV 63kA三相一括ばね操作GCBの開発, 平成22年電気学会全国大会論文集, 6-221 (2010)
- (6) 齋藤弘樹, ほか: 275/500kV新形ガス絶縁タンク形避雷器の開発, 平成27年電気学会全国大会論文集, 6-064 (2015)