

海外向け 145kV ガス絶縁開閉装置 (V-GIS) の製品化

米山圭祐 Keisuke Yoneyama
縣 祐介 Yusuke Agata
長竹和浩 Kazuhiro Nagatake

キーワード 高電圧・大容量化, VCB, スイッチギヤ, VI, 縦磁界電極, 環境低負荷

概要



海外向け 145kV V-GIS

当社では、これまでに真空遮断器 (VCB) の製品開発に力を入れてきた。VCBは電流遮断を真空中で行い、六フッ化硫黄 (SF₆) ガスを用いないことから環境性能に優れ、保守点検が容易・長寿命などの特長から高電圧・大容量化が望まれている。当社では1970年代に84kV用、2010年には145kV (1点切り) VCBを世界初として製品化してきた。

今回、高電圧VCBの適用拡大の足掛かりとして、定格145kV VCB搭載のガス絶縁開閉装置 (V-GIS) を開発した。本製品はこれまで、2016年に初号器、2017年には2号器をASEAN (東南アジア諸国連合) 市場に納入している。本GISは、145kVクラスとして世界初の1点切りVCBを搭載しているGISとして大きく注目され、今後の受注拡大が見込まれる製品である。

1 まえがき

当社では、145kVクラスの遮断器・開閉器として、1990年代にガス遮断器 (GCB) を搭載したガス絶縁開閉装置 (GIS) をリリースし、約20年にわたり国内外へ納入してきた。一方で、高電圧真空遮断器 (VCB) の開発に取り組み、2010年に145kV 1点切りがいし形VCBを製品化している。VCBは電流遮断を真空中で行い、遮断部にSF₆ガスをういず分解ガスの発生もないため環境性能に優れ、保守点検が容易・長寿命などの特長から高電圧・大容量化が期待されている。

本稿では、145kV 1点切りVCBを搭載したGIS (V-GIS) を製品化し納入したので紹介する。本GISに搭載するVCBの遮断部には、従来の絶縁筒にガラスを用いた真空インタラプタ (VI) から量産化、工程削減や気密部の信頼性向上を目的にセラ

ミックVIに変更している。

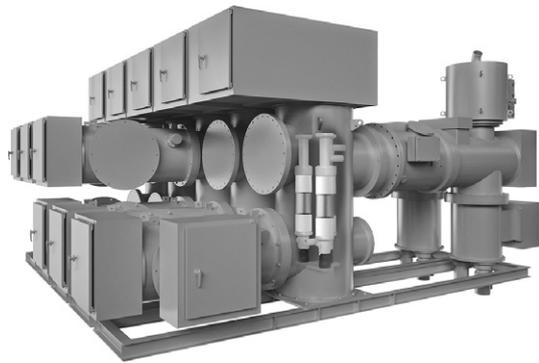
2 定格と構造

第1表に145kV V-GISの定格を、第1図に外観及びレイアウトの一例を示す。本GISは、基本構

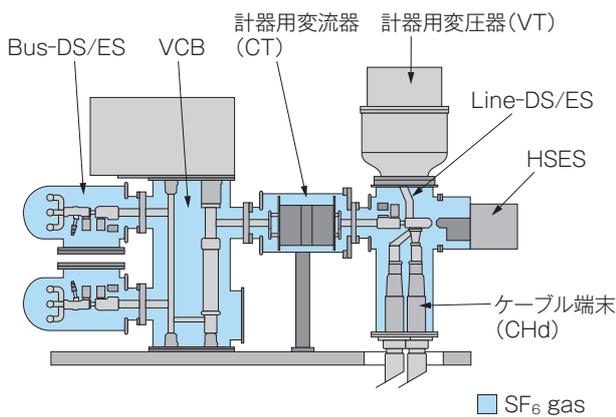
第1表 145kV V-GISの定格

145kV V-GISの定格を示す。

項目	定格	
定格電圧	145kV	
定格電流	2000A	
定格短時間耐電流	31.5kA-3s	
定格耐電圧	商用周波耐電圧	275kV
	雷インパルス耐電圧	650kV
SF ₆ 定格ガス圧力 (MPa・G)	VCB 母線断路器 (DS)	0.16
	そのほか	0.50
適用規格	IEC 62271-203 (2011)	



(a) 外観



(b) レイアウト

第 1 図 V-GISの外観及びレイアウト例

ケーブル受けの場合の外観及びレイアウト図を示す。

成としては VCB ユニット・母線断路器／接地開閉器 (Bus-DS/ES) ユニット・線路用接地開閉器 (HSES) ユニットから成る。また架線受けにも対応しており、お客様の要望に応じてアレンジできる。

3 特長

3.1 SF₆ガス量低減

第 2 表に当社製 GCB と本 VCB の比較を示す。三次元電界解析を用いてタンク内部の電極 (導体) 形状・配置の絶縁最適設計を行ったことで、VCB と母線 DS ユニットの定格ガス圧力は従来の当社製 GCB の 0.65MPa・G から 0.16MPa・G となった。VCB ユニットと GCB ユニットの単体で比較すると、使用 SF₆ ガス量を約 50% 削減することができ、より低環境負荷な製品を実現できた。

第 2 表 当社製 GCB と本 VCB の比較

当社製 GCB と本 VCB の比較一覧表を示す。本 VCB は使用ガス量低減が図られ、多数回遮断性能が優れている。

項目		本 VCB	当社製 GCB
定格ガス圧力 (MPa・G)		0.16	0.65
使用ガス量 (%)		50	100
遮断部 寿命回数 (回)	負荷電流 2000A	10,000	2000
	定格遮断電流 31.5kA	30	10
遮断部分解点検		不要	2000 回ごと
SF ₆ 分解ガス		分解ガス発生 なし	遮断時に分解 ガス発生

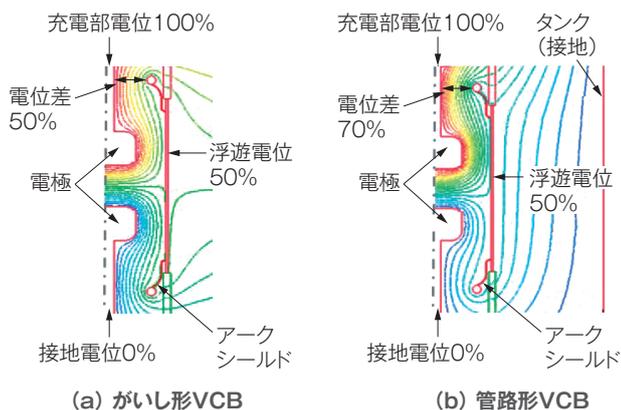
また、GCB は SF₆ ガス中で遮断を行うが、VCB は真空容器内 (VI 内部) で遮断を行うため、遮断時に不純物となる分解ガスを発生しない。このため、機器撤去時・点検時にガス回収をして再使用できる。

3.2 多数回遮断性能

VCB は、GCB に比べ遮断時に発生するアークエネルギーが少ないため、電極消耗量が少ない。また、VI の電極には大別してスパイラル電極と縦磁界電極があり、縦磁界電極はそのアーク消弧原理 (遮断原理) からスパイラル電極に比べて電極消耗が少なく、多数回遮断性能に優れているという利点がある。本 VCB 搭載の VI の電極にはこの縦磁界電極を適用し、従来の当社製 GCB に比べて定格遮断回数は 30 回、負荷電流開閉 10,000 回と多数回遮断性能に優れている。これにより、一般的な GCB が 2000 ~ 5000 回ごとにタンク内部を開放し、遮断部の点検と部品交換が必要であるのに対して、10,000 回まで遮断部の内部点検が不要となり、保守点検を省力化できる。

3.3 1 点切りセラミック VI

V-GIS に搭載する VI は、量産化及び気密部の信頼性向上を目的に、72kV クラスで実績のあるセラミック VI を新たに開発した。ガラス VI からセラミック VI にすることで、封着部は全て真空ろう付けができるため、従来必要であった溶接工程が不要となった。一方、当社が既に製品化した 145kV がいし



第2図 VI内部の電界解析結果比較

VI内部の電界解析結果を示す。周囲が接地の管路形VCBの場合、電位差が大きくなり、耐電圧性能向上が必要となる。

形VCBに比べ、本VCBはVIがタンク内（接地層内）に配置されるため、接地層がVI内部の絶縁性能に影響を及ぼし、VIの更なる耐電圧性能向上が必要であった。第2図にVI内部の電界解析結果の比較を示す。耐電圧性能の向上には、電極材質や形状変更、さらに電極表面のコンディショニングなどの手法がある。コンディショニングには、定格遮断電流以下の電流を遮断させることで電極表面を溶融させ銅とクロムの微細分散層を形成させて電極表面状態を向上させる電流コンディショニングと、電極表面の突起・異物を高電圧印加によって除去し、電極表面状態をなめらかにする電圧コンディショニングがある。本VIの製品適用では、電流・電圧コンディショニングの組み合わせ条件を検討・検証して決定した。

4 検証試験

第3表に145kV V-GIS (GIS・VCB・DS/ES・HSES)で検証した主な試験項目を示す。GISはIEC 62271-203, VCBはIEC 62271-100, DS/ES及びHSESはIEC 62271-102で規定されている一連の形式試験だけでなく、裕度試験・実用性能試験を実施し、良好な結果を得た。以下に主な試験結果を示す。

第3表 検証試験項目

V-GISの主な検証試験項目を示す。

検証内容	試験項目	形式	参考
絶縁性能	商用周波耐電圧試験	○	—
	雷インパルス耐電圧試験	○	—
	部分放電試験	○	—
通電性能	温度上昇試験	○	—
	短時間耐電流試験	○	—
実用性能	輸送試験	—	○
	注水試験	—	○
電流開閉性能	VCB遮断試験	○	—
	DS進み小電流開閉試験	○	—
	HSES誘導電流開閉試験	○	—
	HSES投入容量試験	○	—
開閉性能	高低温試験	—	○
	連続開閉試験	—	○



第3図 耐電圧試験状況

GIS総合状態における耐電圧試験状況を示す。

4.1 耐電圧試験 (GIS)

主回路商用周波耐電圧試験は、145kV定格の試験電圧275kVで行い、試験電圧に耐えることを確認した。また、雷インパルス耐電圧試験は、145kV定格の650kVの性能を満たすことを確認した。第3図に耐電圧試験状況を示す。

4.2 短時間耐電流試験 (GIS)

総合状態では、82kA, peak 31.5kA-3sの条件で試験した。接触部・接続部では、発弧・溶着及び試験前後に主回路抵抗値の変化はなく、十分な通電耐力を持つことを確認した。

4.3 投入容量試験 (HSES)

電界解析結果から閉路速度及びアーキング形状を選定し、Class E1の投入容量試験(投入:2回)を実施して良好な結果を得た。

5 むすび

145kVクラスでは世界初となる1点切りVCBを搭載した145kV GIS (V-GIS) の構造並びに特長を紹介した。本GISは、当該電圧クラスではGCBが主流である中、VCBの搭載によって、省メンテナンス・長寿命化を実現した。またVCBにはセラミックVIを搭載し、量産化と信頼性向上を実現した。

本GISは既に2015年に初号器、2017年には2号器を納入し、ASEANを中心に更なる受注拡大を目指す。今後は、大容量化と国内仕様にも対応できるラインアップの拡充を進めていく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



米山 圭祐
Keisuke Yoneyama
変電機器工場
スイッチギヤの開発検証試験に従事



縣 祐介
Yusuke Agata
変電機器工場
スイッチギヤの開発設計に従事



長竹 和浩
Kazuhiro Nagatake
変電機器工場
スイッチギヤの開発検証試験に従事