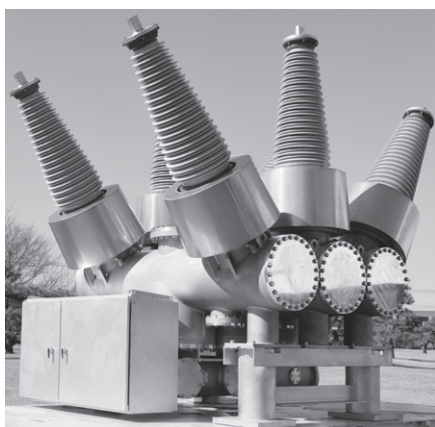


145kV 乾燥空気絶縁真空遮断器 (VCB) の開発

縣 祐介 Yusuke Agata
菊地徳明 Noriaki Kikuchi

キーワード 受変電技術, 絶縁技術, 乾燥空気絶縁, VCB, VI

概要



145kV 乾燥空気絶縁 VCB

当社は、これまでに SF₆ ガスを使用しない乾燥空気絶縁の真空遮断器 (VCB) の製品開発に力を入れてきた。電流遮断は真空中、主回路絶縁は乾燥空気です。VCB は環境性能に優れている。

昨今の SF₆ 規制需要に応えるべく、今回新たに北米市場向けに 145kV 乾燥空気絶縁 VCB を製品化した。北米規格である ANSI だけではなく、国際規格 IEC 及び国内規格 JEC に規定される形式試験で良好な結果を得た。

世界的に環境への意識が高まる中、本機器は地球温暖化防止・環境負荷低減に貢献できる製品である。

1 まえがき

昨今、米国カリフォルニア州での CARB (California Air Resource Board) に代表されるように、地球温暖化への影響から温室効果ガスである SF₆ ガスの規制需要がより強まっている。

当社は、2004 年に 72kV クラス遮断器 (CB) として、SF₆ ガスに替えて乾燥空気を使用したエコタンク形真空遮断器 (VCB) を開発した。本機器は電流遮断を真空中で行い、主回路絶縁は乾燥空気を用いることから完全に SF₆ ガスの使用をゼロとしている。加えて過去 20 年間で、キュービクル形ガス絶縁開閉装置 (C-GIS) など数々の乾燥空気絶縁製品をリリースしてきた。本稿では、新たに製品化した北米市場向け 145kV 乾燥空気絶縁 VCB を紹介する。

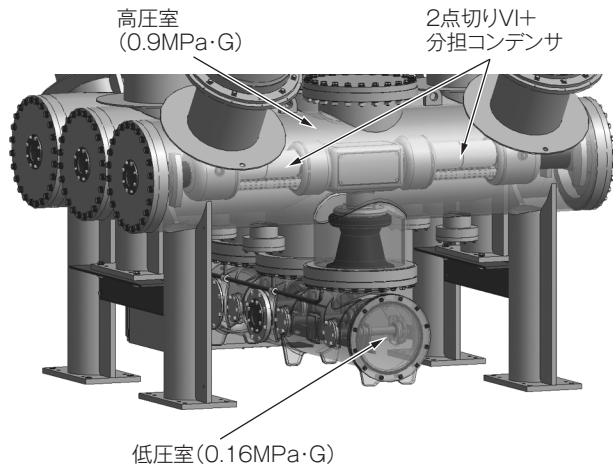
2 定格及び構造

第 1 表に 145kV 乾燥空気絶縁 VCB の定格事項を、第 1 図に内部構造を示す。

第 1 表 定格事項

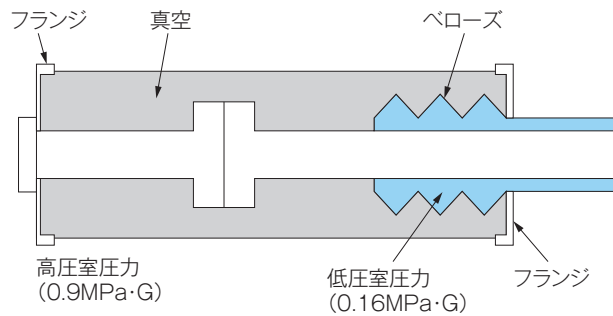
本機器の定格事項を示す。

項目	仕様	
定格電圧	145kV	
定格電流	3150A	
定格短時間耐電流	40kA・3s	
定格商用周波耐電圧	275kV	
定格雷インパルス耐電圧	Full Wave	T1/T2 = 1.2μs/50μs 650kV
	Chopped Wave	T1/Tc = 1.2μs/2.0μs 838kV
基準ガス圧力	高圧室	0.9MPa・G
	低圧室	0.16MPa・G (VI ベローズ部)
適用規格	IEC 62271-100 IEEE/ANSI C37.09 JEC-2300	



第1図 内部構造

高圧室と低圧室の構造を示す。



第2図 VIの2圧式構造

VIはベローズによって真空気密されている。ベローズは低圧室 (0.16MPa) 内に設け、高圧力がかからないように保護している。

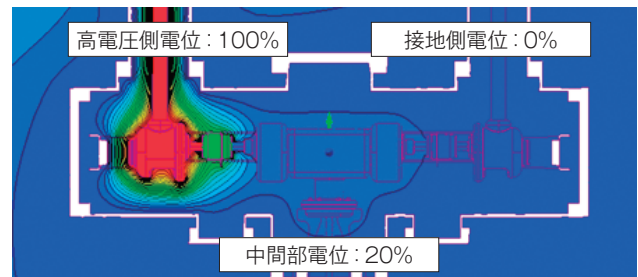
3 特長

3.1 高耐圧力真空インタラプタ (VI) の適用

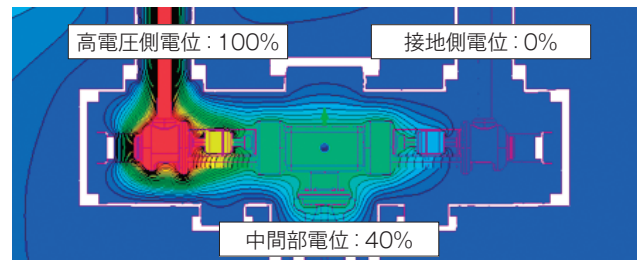
本機器は、遮断部に0.9MPaの高圧乾燥空気を封入するため、VI内部との圧力差が大きい。そのためVIの容器、特に両端部のフランジの耐圧力性能が課題であった。そこで、フランジに補強を加えることで、高圧力に耐える構造とした。さらに2圧式を採用して0.16MPaの低圧室を設け、VIベローズ部が高圧力にさらされない工夫を施した。第2図にVIの2圧式構造を示す。

3.2 高圧力下の乾燥空気絶縁

乾燥空気の絶縁破壊電界は圧力に対して飽和傾向にあり、また電極表面粗さの影響を受けやすく絶



(a) コンデンサ無し



(b) コンデンサ有り

第3図 電圧分担コンデンサ有無における電位計算例

2本あるVIの電圧分担を改善するためにコンデンサを搭載している。電位解析によってコンデンサ静電容量を決定した。

縁耐力の低下を招く。本開発を進めるにあたり、高圧力下での絶縁破壊特性を事前の基礎実験で取得し、本機器の絶縁設計に取り入れることで絶縁信頼性を確保した。

3.3 2点切りVI方式

2点切りVI方式のタンク形VCBはタンクが接地となるため、電源側遮断部の電圧分担の偏りによる絶縁性能・遮断性能が低下する。これを改善するために、電圧分担コンデンサをVIに対し並列配置した。

今回、電圧分担コンデンサの静電容量は、3次元有限要素法 (FEM) を用いて計算した。第3図に電圧分担コンデンサ有無における電位計算を示す。複雑な形状を考慮することができるため、より最適な静電容量を設計段階から決定できた。

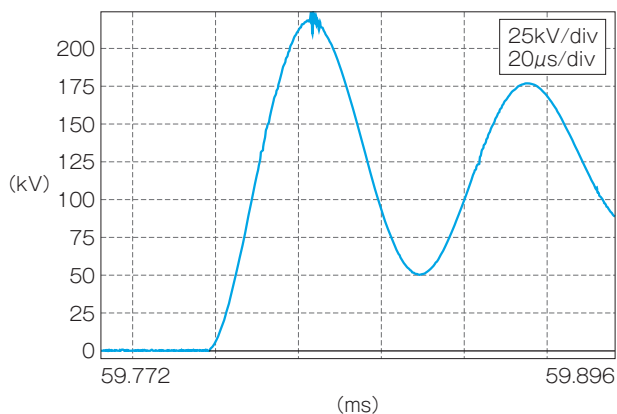
4 検証試験

本機器で、開閉試験・耐電圧試験・短絡電流遮断試験などのANSI/IEC/JECに規定された一連の形

第 2 表 主な形式試験項目

本機器で実施した主な形式試験項目を示す。

形式試験項目	試験内容
短絡電流遮断試験	端子短絡故障遮断試験・近距離線路故障遮断試験・脱調遮断試験・進み電流閉開試験・異相地絡遮断試験・変圧器通過故障遮断試験
短時間耐電流試験	電流 40kA-3 秒間・ピーク電流 104kA
雷インパルス耐電圧試験	Full Wave $\pm 650\text{kV}$ Chopped Wave $\pm 838\text{kV}$
温度上昇試験	3150A 通電で接触部 65K 以下 接続部 75K 以下
商用周波耐電圧試験	AC275kV-1min
低温試験	-30°C 環境下で動作確認
連続開閉試験	1 万回開閉動作



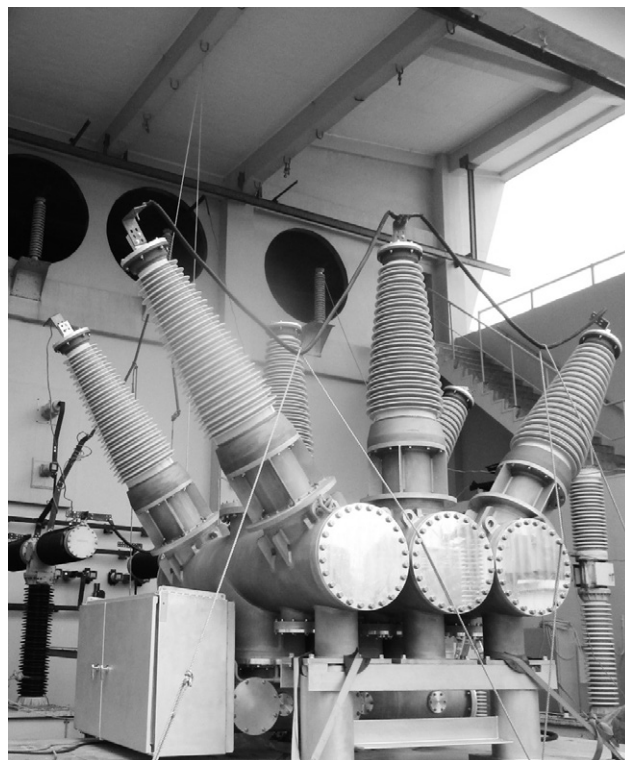
第 4 図 変圧器通過故障遮断試験の過渡回復電圧波形

過渡回復電圧の時間変化を示す。CB が急峻な回復電圧に耐えていることを確認した。本試験は、VI 一つに対するユニット試験とした。

式試験を実施し、良好な結果を得た。第 2 表に主な形式試験項目とその内容を示す。

4.1 短絡電流遮断試験

系統事故時に発生する事故電流遮断が CB の最も重要な責務である。本機器で、規格で定められている短絡電流遮断試験を実施し、各遮断試験で良好な結果を確認した。また ANSI 特有の過渡回復電圧の上昇率が高く、CB にとって過酷な変圧器通過故障遮断試験を本機器で実施し、良好な結果を確認した。第 4 図に変圧器通過故障遮断試験の過渡回復電圧波形を、第 5 図に短絡電流遮断試験状況を示す。



第 5 図 短絡電流遮断試験状況

CB に課せられている遮断試験を実施している。

4.2 短時間耐電流試験

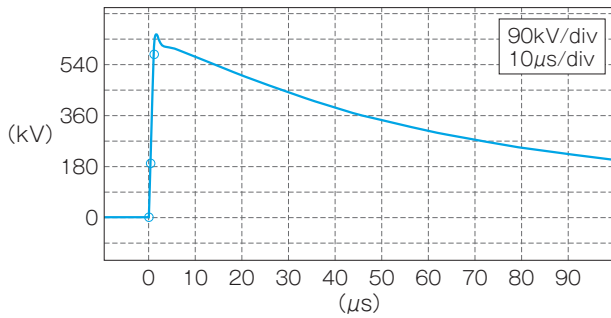
電流 40kA-3 秒間・ピーク電流 104kA 条件で試験を実施した。接触部・接続部で、発弧、溶着及び試験前後における主回路抵抗値の変化はなく、十分な通電耐力を持つことを確認した。

4.3 耐電圧試験

145kV 定格機器の責務となる 275kV の主回路商用周波耐電圧試験及び、650kV の雷インパルス全波 (Full Wave) 耐電圧試験を実施し絶縁性能を満たすことを確認した。第 6 図に 650kV 雷インパルス波形を示す。また、立ち上がり時間 $1.2\mu\text{s}$ 、波高値 838kV、裁断時間 $2\mu\text{s}$ の波頭裁断波 (Chopped Wave) インパルス耐電圧試験でも良好な結果を確認した。第 7 図に 838kV 裁断波インパルス波形を示す。

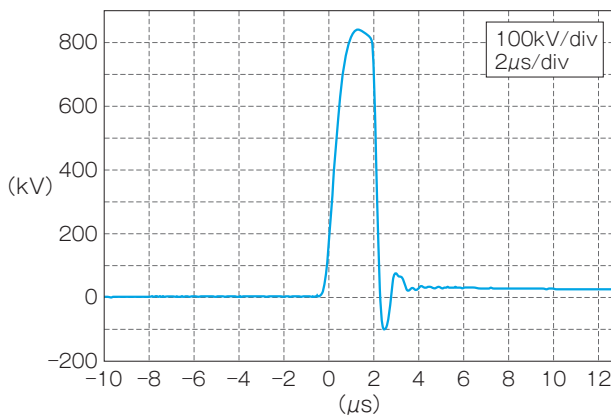
4.4 温度上昇試験

IEC 規格の定格電流 3150A 条件及び ANSI 規格の 3000A 条件で試験を実施した。それぞれの規格の



第 6 図 650kV 雷インパルス波形

雷インパルス耐電圧試験を実施し、規格要求値650kVに耐えることを確認した。



第 7 図 838kV 裁断波インパルス波形

ANSI規格要求の裁断インパルス耐電圧を実施し、838kVに耐えることを確認した。

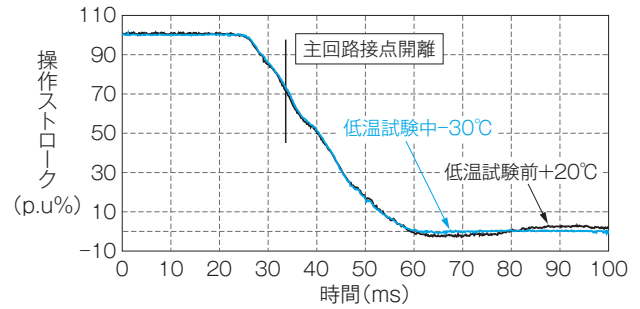
定める温度上昇限度を満足し、良好であった。試験前後における主回路抵抗値の変化はなく、十分な通電性能を持つことを確認した。

4.5 低温試験

-30℃環境下で開閉試験を実施した。-30℃でも速度変化は僅かで、短絡電流遮断に必要な投入速度及び遮断速度を有していることを確認した。第 8 図に低温試験時の開閉特性比較を示す。

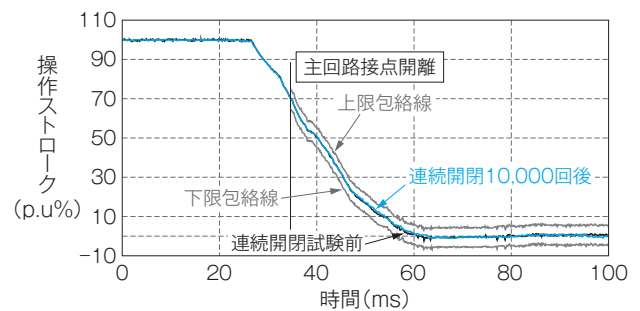
4.6 連続開閉試験

VCBが得意とする多数回開閉は本機器の特長である。IEC 62271-100並びにANSI C37.09によるCBの信頼性クラスM2に相当する10,000回開閉試験を実施し、摺動部の摩耗は無く良好であった。また、VIでも真空漏れなどの異常は発生しておらず、



第 8 図 低温試験時の開閉特性比較

低温試験を実施し、+20℃の常温と-30℃の低温条件で、開閉特性が同等であることを確認した。



第 9 図 連続開閉試験の開閉特性比較

10,000回の連続開閉試験を実施し、試験前後の開閉特性を比較して良好であることを確認した。

高耐圧力VIの健全性を確認した。試験前後の特性比較で差異は無く、必要な機械的耐久力を保有していることを確認した。第 9 図に連続開閉試験の開閉特性比較を示す。

5 むすび

新たに製品化した北米市場向け145kV乾燥空気絶縁VCBを紹介した。本機器は世界的に環境への意識が高まる中、地球温暖化防止・環境負荷低減に貢献する製品である。

今後も乾燥空気絶縁技術を中心に低環境負荷製品開発を展開していく。

・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》



縣 祐介
Yusuke Agata

スイッチギヤユニット
スイッチギヤの開発設計に従事



菊地 徳明
Noriaki Kikuchi

スイッチギヤユニット
スイッチギヤの開発検証に従事
