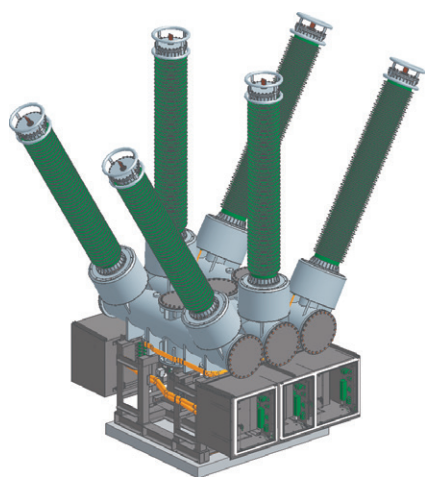


240kV タンク形真空遮断器 (VCB) の開発

原田久司 Hisashi Harada

キーワード 240kV, 高電圧・大容量化, ライフサイクルコスト低減, VCB, SDGs13

概要



240kV タンク形 VCB

当社はこれまで多くの真空遮断器 (VCB) の研究・開発に挑戦し、製品化してきた。この度、蓄積した技術を応用し、世界最高電圧となる240kVのタンク形VCBを開発した。

本製品は、当社のVCBでは初めてとなる2サイクル遮断仕様を実現するため、操作機構部の軽量化、引き外し電磁石の強化及び制御回路の応答性向上を実現した。また、鉄道向けで要求される10,000回開閉性能や、ライフライン維持に欠かせない耐震性能も満足している。

環境配慮として、既存のガス遮断器 (GCB) と比較して、温室効果ガスである六フッ化硫黄 (SF₆) ガスの使用量を大幅に削減し、持続可能な開発目標 (SDGs) にも貢献している。

1 まえがき

当社はこれまで、ガス遮断器 (GCB) でしか対応できなかった高電圧の領域にも真空遮断器 (VCB) を適用するため、基礎研究及び製品開発を行ってきた。2010年に145kV 1点切りがいし形VCBを、2013年に120kV 1点切り・168/204kV 2点切りタンク形VCBを製品化し⁽¹⁾、2017年には2点切り技術を用いた204kVガス絶縁開閉装置 (GIS) を製品化した⁽²⁾。

この度、更に高電圧化の研究・開発を行い、VCBとしては世界最高電圧となる240kV 2点切りタンク形VCBを開発した。本稿では、その構造及び特長を紹介する。

2 定格及び構造

第1表に240kVタンク形VCBの定格事項を、

第1図に単相試作器の外観を、第2図に内部構造を示す。定格事項は定格電流2000A、遮断電流31.5kA、遮断時間2サイクルの性能を有する。単相試作器は、製品形態では3台集約して三相器を構成する。構造は、タンク内に145kVの真空インタラプタ (VI) を直列に2本配置し、中央のY字リンク機構で2本のVIを同時に動かしている。また、甲乙それぞれのVIに電圧分担コンデンサを並列配置することで、各VIの電圧分担の偏りを改善している。

3 特長

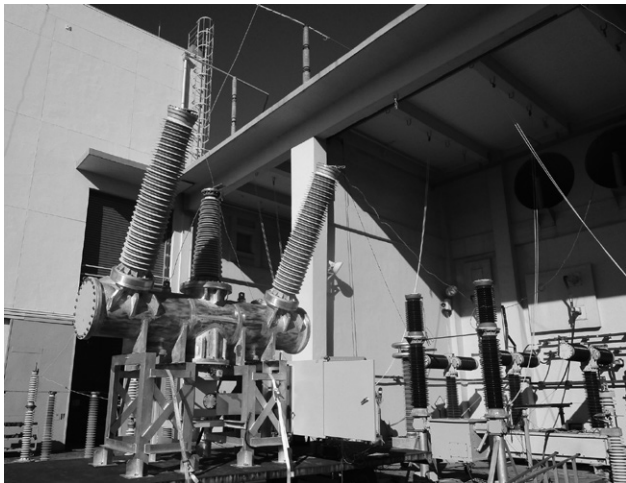
3.1 2サイクル遮断

定格電圧240kVの遮断器は、JEC-2300の規格によって遮断時間が2サイクルに規定されている。204kVのVCBまでは3サイクルとしていたが、本製品は2サイクルとしなければならない、当社として

第1表 定格事項

240kVタンク形VCBの主な各種定格を示す。

項目	仕様
機種	真空遮断器 (VCB)
絶縁ガス	六フッ化硫黄 (SF ₆), 2圧式
遮断方式	2点切り, 分担コンデンサ有り
定格電圧	240kV
雷インパルス耐電圧	900kV, peak
商用周波耐電圧	395kV
定格周波数	50/60Hz
定格電流	2000A
定格短時間耐電流	31.5kA-2s
定格遮断時間	2サイクル
定格制御電圧	DC100V
定格操作電圧	DC100V
操作方式	電動蓄勢・ばね投入・ばね遮断
定格ガス圧力	高压室: 0.4MPa・G以下, 低压室: 0.16MPa・G (at 20°C)
標高	1000m以下
周囲温度	-20~40°C
設置環境	屋外
適用規格	JEC 2300 (2020), JRCS301-1I-EG15E, JEAG-5003

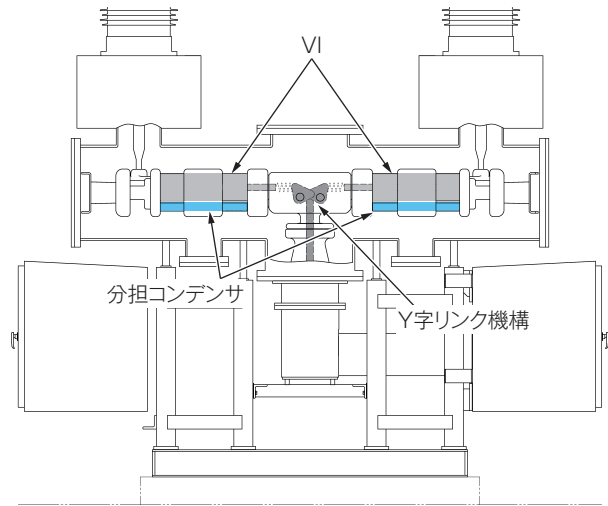


第1図 単相試作器

単相試作器による短絡電流遮断試験時の様子を示す。中央の短い管は試験用で、製品には取り付けない。

も初めての挑戦となる。2サイクルとは周波数60Hzの場合で計算すると、本製品の遮断特性（アーク時間を考慮した開極時間は、19.7ms以下に抑える必要があった。

2サイクル遮断を実現するために、引き外しコイ



第2図 内部構造

240kVタンク形VCBの内部構造を示す。左右にVIを配置し、各VIには電位分担用のモールド型コンデンサを並列で備える。VIの間にY字リンク機構があり、下のロッドが上下することでVIの開閉を行う。

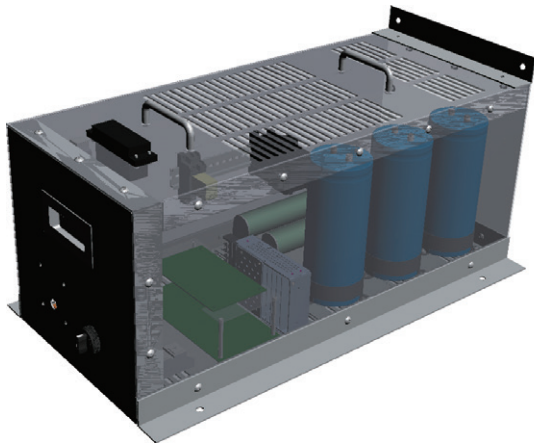
ルの高速度化・操作機構の軽量化・制御回路の高速応答性を行った。機構部は1次元シミュレーション(1D-CAE)を用いて動作特性を検証した。また、ばね特性・負荷・レバー比・質量などは物理要素モデルで模擬し、各要素の物理パラメータを相互に入れ替えて最適な結果を出している。これらにより、機構部の応答性最適化を実現した。

3.2 コンデンサ電源装置

前述の2サイクル遮断実現のために、引き外しコイルを高速化したため瞬時に強力なパワーが必要になる。このため、制御電源容量を大きくする必要があるが、GCBからのリプレース需要を考慮すると、既設の制御電源から容量アップが困難になることが予想されるため、コンデンサ電源装置を機器に搭載することとした。第3図にコンデンサ電源装置の外観を示す。従来の制御電源からコンデンサに電気を蓄え、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) による大容量高速スイッチングで一気到大電流を流せるため、既設の制御電源容量を変えずに2サイクル遮断を実現可能とした。

3.3 一万回開閉動作

JEC-2300の規格では、規定される合計2000回の



第3図 コンデンサ電源装置

コンデンサ電源装置の外観（透視図）を示す。内部に配置されているコンデンサなどが見える。

開閉後に試験項目をクリアできれば良いが、本製品は電鉄用受電遮断器の運用として、1日1回の開閉操作を行うため、連続10,000回の開閉試験（2000回ごとの注油や簡単な点検は実施）を行う必要がある。これは、VCB本体だけではなく、前述のコンデンサ電源装置も単体で10万回の開閉試験を行い、信頼性を確認している。

また、GCBは電流遮断時にSF₆分解ガスを発生させて、遮断能力や絶縁能力が低下するため、2000回ごとにタンク内部を開放し、点検・部品交換などを行う必要があるが、VCBはVIの真空中で遮断するため、ガスの変質は発生せず、絶縁ガスが汚れないため、10,000回まで内部点検は不要である。第2表にVCBのGCBに対する採用メリットを示す。ライフサイクルコストを考えた場合には、VCBの方がメリットが多く有利である。

3.4 ポリマーがい管の採用

従来、当社はVCBのがい管は磁器がい管を用いていたが、240kVタンク形VCBを採用するにあたり、日本列島特有の地震発生頻度、昨今の未曾有の震災対応を考慮して、耐震性・メンテナンス性に優れたポリマーがい管を採用した。これにより、既設GCBの基礎への負担を軽減でき、耐震性能も向上するメリットがある。

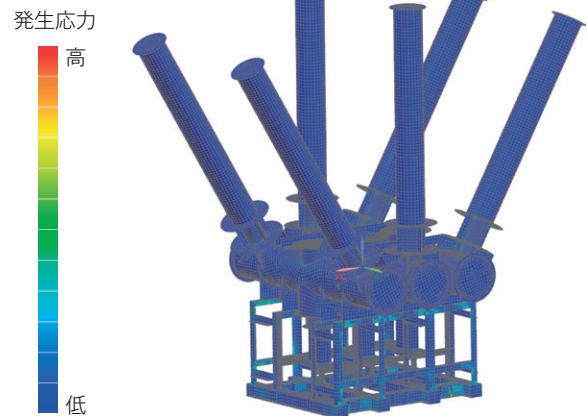
第2表 VCBのGCBに対する採用メリット

VCBとGCBの保守（メンテナンス）と、VCBの特長である多重雷遮断の性能比較を示す。

区分	項目	VCB	GCB*1	備考	
保守	遮断部 寿命	負荷電流	10,000回	2000回	VCBは電極消耗が少なく長寿命
		定格遮断電流	20回	10回	
	遮断部分解点検	不要	2000回ごと	VCBは内部点検不要（メンテナンスが不要）	
	環境負荷低減（SF ₆ 分解ガス）	分解ガス発生なし	遮断時に分解ガス発生	VCBの場合、点検・撤去時に分解ガス（SO ₂ 、HF）*2処理装置が不要	
多重雷遮断（2回以上短時間での雷撃）		可能 VCBは自力消弧（真空拡散）	不可能 GCBは他力消弧（ガスの吹き付け）	VCBは真空拡散の自力消弧のため多重雷遮断が可能	

注 ※1 当社GCBとの比較

※2 SO₂：亜硫酸ガス HF：フッ化水素

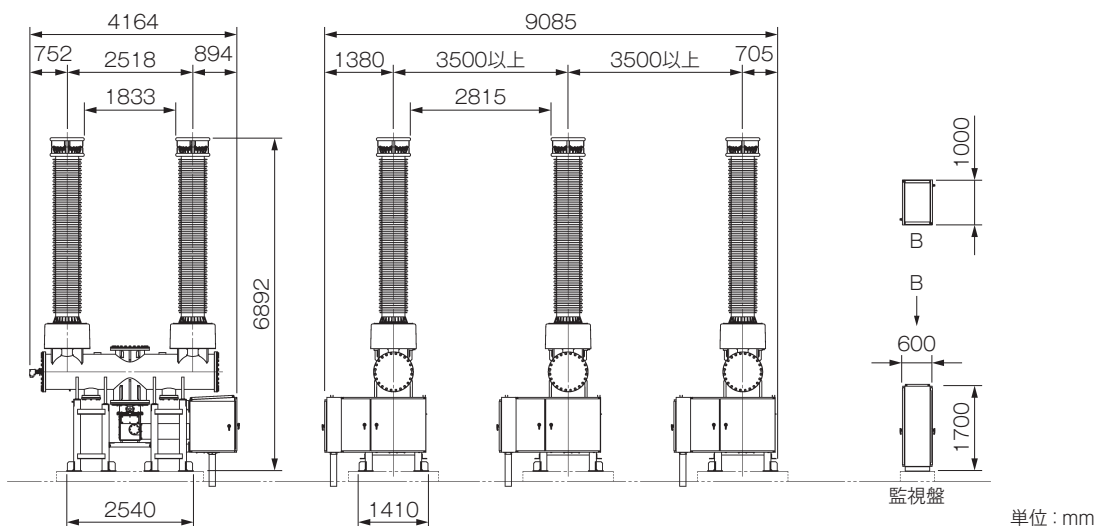


第4図 耐震解析結果

240kVタンク形VCB（三相器）の耐震解析結果を示す。発生応力の強さを解析し、強度を確認する。

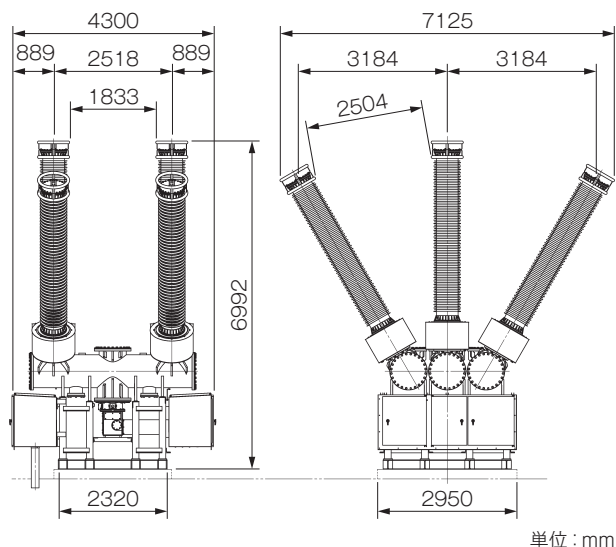
3.5 耐震性能

近年でも2024年1月1日に起きた能登半島地震の記憶は新しいが、地震が多い日本国内では地震災害への対応を考慮する必要がある。現代生活では、水と空気と同じように電気も不可欠になっている。重要なライフラインとして、地震にも耐えられる電気設備を考えることが重要になる。本製品では、JEAG-5003の規格に基づき耐震解析を行い、地震に対する強度対策を実施している。第4図に耐震解析結果を示す。



第5図 単相器の外形

240kVタンク形VCB（単相器）の外形と寸法を示す。単相器を三台並べた場合の配置となる。単相器の場合は、外部との取り合いを行う監視盤が付属となる。



第6図 三相器の外形

240kVタンク形VCB（三相器）の外形と寸法を示す。

3.6 単相器と三相器

当初の開発計画では、既設GCBのリプレースを目的に開発を始めたため、三相器（単相器を3相一体で設置）で計画していたが、単相器を単体で設置できるようにした。3相一体設置と単相設置どちらにも対応できるように、既設のリプレースにも柔軟に対応できる。第5図に単相器、第6図に三相器の外形を示す。

4 むすび

当社の得意技術であるVCBの研究・開発を進め、世界最高電圧となる2サイクル遮断ができる240kVタンク形VCBを開発した。これまでGCBしか対応できなかった分野に参入できる。VCBを使用することで、温室効果ガスであるSF₆の使用量を減らすことができ、SDGs13「気候変動に具体的な対策を」に貢献できる。当社はこのVCBを拡充し、更なる高電圧化・大容量化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。

《参考文献》

- (1) 勝又清仁・塩崎光康・長竹和浩：「120～204kVタンク形真空遮断器（VCB）の製品化」, 明電時報340号, 2013/No.3, pp.44-47
- (2) 原田久司：「204kVガス絶縁開閉装置」, 明電時報355号, 2017/No.2, pp.06-10

《執筆者紹介》



原田久司
Hisashi Harada
変電技術部電鉄技術部
電鉄用配電設備のエンジニアリング業務に従事