

# 24/36kV, 72/84kVタンク形真空遮断器

吉田 暁\* 高橋和希\*\*  
 三木真一\* 有岡正博\*  
 矢野知孝\*\*

24/36kV, 72/84kV Dead Tank Type Vacuum Circuit Breaker

Satoru Yoshida, Shinichi Miki, Tomotaka Yano, Kazuki Takahashi, Masahiro Arioka

## 要 旨

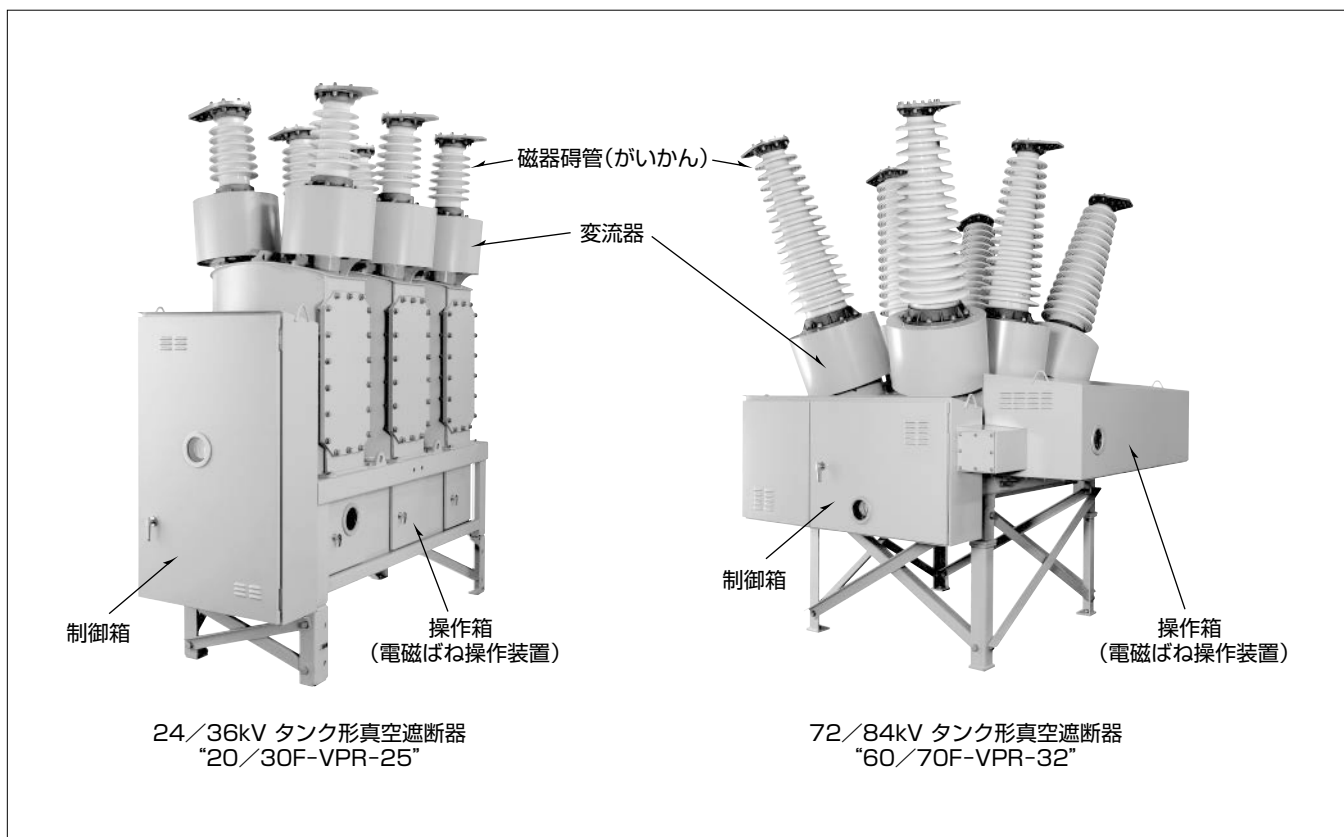
近年の定格電圧72/84kV以下の国内・海外の遮断器市場で、既設油遮断器・ガス遮断器の更新需要に対し、保守の省力化・保守時間の短縮を目的に多回数開閉が可能で、タンク開放前のガス回収が不要なSF<sub>6</sub>ガスレスの真空遮断器が求められている<sup>(1)(2)(4)</sup>。

三菱電機では、2000年以降、絶縁媒体として低圧力のドライエアを用い、操作装置に電磁操作方式を採用した真空遮断器を搭載したC-GIS(Cubicle-type Gas Insulated Switchgear)を順次製品化し、2006年までに72kVクラス以下のC-GISの製品化を完了している。このC-GISで培った低圧力ドライエア絶縁、電磁操作方式を更に発展させ、

84kVクラスへの低圧力ドライエアによる複合絶縁の適用、直線駆動方式による電磁ばね操作装置を搭載した24/36kV、72/84kVタンク形真空遮断器を製品化した。

これによって、既設遮断器に搭載されているばね操作装置では不可欠であった注油と損耗部品の交換を不要とした。また、脱SF<sub>6</sub>化によって保守・点検・廃棄時のガス回収・管理が不要となり、開閉寿命の多回数化、保守作業の低減と長寿命化を実現した。

本稿では、24/36kV、72/84kVタンク形真空遮断器の全体構造及び要素技術である真空バルブ、低圧力ドライエアによる複合絶縁、電磁ばね操作装置について述べる。



## タンク形真空遮断器“20/30F-VPR-25”及び“60/70F-VPR-32”

24/36kVタンク形真空遮断器“20/30F-VPR-25”及び72/84kVタンク形真空遮断器“60/70F-VPR-32”の外観を示す。タンク内部は低圧力のドライエアを充填し、遮断部は縦磁界方式の真空バルブ、操作装置は直線駆動方式の電磁ばね操作装置を採用している。

1. ま え が き

近年の国内・海外遮断器市場では、保守の省力化・保守時間の短縮が求められている。当社では、絶縁媒体にドライエア、遮断器の操作装置に永久磁石と電磁コイルを用いた電磁ばね操作方式を採用した24/36kV、72/84kVタンク形真空遮断器を開発して製品化した。製品の特長を示す。

(1) 脱SF<sub>6</sub>ガス化

地球温暖化係数の高いSF<sub>6</sub>ガスを使用せず、低圧力ドライエア絶縁と固体絶縁物（エポキシ注型絶縁物）を併用した複合絶縁の採用と真空中の主接点で故障電流を遮断する真空バルブを用いることで、脱SF<sub>6</sub>ガス化を達成した。

(2) 保守・点検の省力化

真空バルブの可動導体と電磁ばね操作装置の可動軸を直線上に配置し直線駆動することで回転軸受を削減した。また電磁ばね操作装置内に設けた永久磁石の磁束によって可動鉄心を閉極位置に保持することで機械式ラッチ等の損耗部品をなくした。これによって、既設遮断器に搭載されているばね操作装置では不可欠であった注油と損耗部品の交換を不要とした。

2. 定格及び構造

24/36kV、72/84kVタンク形真空遮断器の定格を表1に示す。また外観と内部構造を図1、図2、図3に示す。この製品は既設ガス遮断器及び油遮断器のリプレースを考慮した構造としており、タンク、真空バルブ、変流器、電

表1. 24/36kV、72/84kVタンク形真空遮断器の定格

定格電圧 (kV)	24	36	72	84
定格電流 (A)	600, 1,200		800, 1,200	
定格雷インパルス耐電圧 (kV)	150	200	350	400
定格商用周波耐電圧 (kV)	50	70	140	160
定格遮断電流 (kA)	12.5/20/25		20/25/31.5	
絶縁媒体	ドライエア			
定格ガス圧力 (MPa-g)	0.15 at20°C			
動作責務	A/B/R			
準拠規格	JEC-2300-2010			

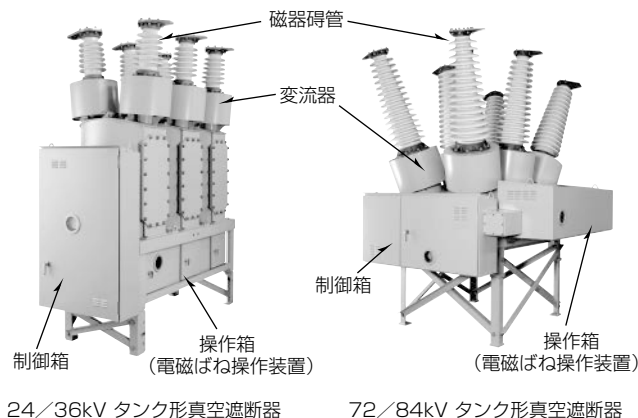


図1. 24/36kV、72/84kVタンク形真空遮断器

磁ばね操作装置、磁器碍管で構成している。また、タンク内部に絶縁媒体として封入するドライエアの定格ガス圧力を低圧力(定格ガス圧力:0.15MPa-g)として、万一のガス圧力低下時(0.00MPa-g)でも常規使用電圧に耐えるものとした。

3. 要素技術

3.1 真空バルブ

この製品の真空バルブの電極は、高い耐電圧性能を持ち、大きな遮断電流に対応できる縦磁界電極を採用している。図4に72/84kVタンク形真空遮断器用真空バルブの縦磁界電極構造を示す。

縦磁界電極は対向する接点の背面に、電流を円周方向に流すコイルを持っている。円周方向に電流を流すことでアークと平行に磁界が発生するため、アークを構成する電子及び荷電粒子が接点面全体でらせん運動を行いながら拡散する。縦磁界方式の真空アークは磁束密度の高い箇所に拡

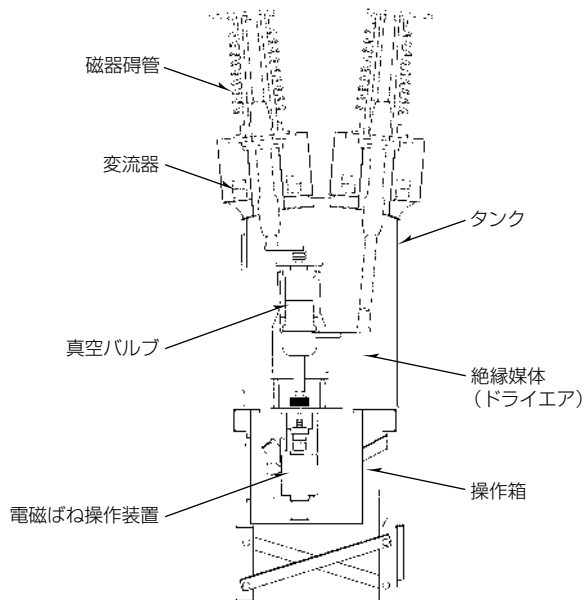


図2. 24/36kVタンク形真空遮断器の断面図

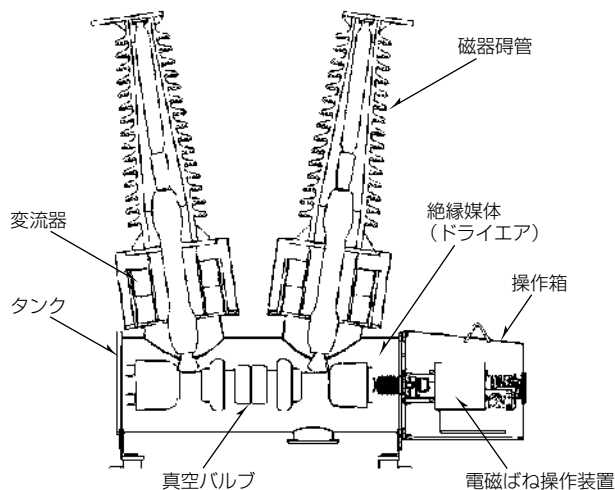


図3. 72/84kVタンク形真空遮断器の断面図

散する。磁束密度の高い面積が広いほど、真空アークは広く拡散し、接点表面の温度が低くなるため、遮断性能が高くなる。そのため縦磁界電極の接点表面の磁束密度分布を知ることは重要である。

先に述べたとおり、遮断性能を向上させるには、磁束密度の高い面積を広く得る必要があるため、接点背面のコイル部の形状をパラメータとして電磁界解析を用い電極構造の最適化検討を行った。図5に、今回採用した電極の接点表面の磁束密度分布を示す。図の結果から、接点表面全体に磁束密度の高い領域が広がっていることが分かる。そして、定格電圧72/84kV用に必要な高磁束密度領域が確保できる電極構造を実現した。

### 3.2 低ガス圧力ドライエアによる複合絶縁

SF<sub>6</sub>ガスは非常に高い絶縁性能と化学的安定性を持つ不燃性のガスであり、電力機器の絶縁媒体として広く使われている。しかし、地球温暖化係数が二酸化炭素の22,800倍と高く、SF<sub>6</sub>ガスの排出量の削減が大きな課題となっている。SF<sub>6</sub>ガスの代替ガスとしては、ドライエア、N<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>等が有望な絶縁媒体として研究されているが、今回の製品では地球温暖化係数がゼロであるドライエアを採用し、固体絶縁と合わせた複合絶縁を適用している。複合絶縁では、保守・点検・廃棄時のSF<sub>6</sub>ガス回収・温室効果ガスの管理が不要であり各作業の省力化が可能である。また酸欠のおそれがなく、作業安全性も向上する。図6に、絶縁性能の

ガス圧力依存性を示す。

図6に示すように、大気圧(0MPa-g)でドライエアの絶縁性能は、SF<sub>6</sub>ガスの絶縁性能のわずか1/3程度である。ドライエア単独でSF<sub>6</sub>ガスと同等の必要な絶縁性能を確保するためにはガス圧力を高める必要があるが、次の問題がある。

- (1) 何らかの問題でガス圧力が低下した場合の絶縁性能低下が大きい。
- (2) 高ガス圧力に耐える圧力タンクが必要(質量が増大)。
- (3) 真空バルブ可動軸のガスシール構造が複雑化する(遮断器の大型化/ガスシール部の信頼性低下)。

この製品では、ドライエア絶縁と固体絶縁を合わせた複合絶縁を採用することによってドライエア中の最大電界値を半減させ、ドライエア圧力の低ガス圧力化を実現した。

図7に複合絶縁の適用例、図8にガス絶縁構造と複合絶縁構造での磁気碍管周辺の等電位分布の比較を示す。

### 3.3 電磁ばね操作装置

表2に一般的な遮断器における部位別障害件数を示す。この表から遮断器における障害の65%は操作装置部で発生しており、遮断器の保守・点検作業の効率化には、操作装置部の信頼性向上が重要であることが分かる。

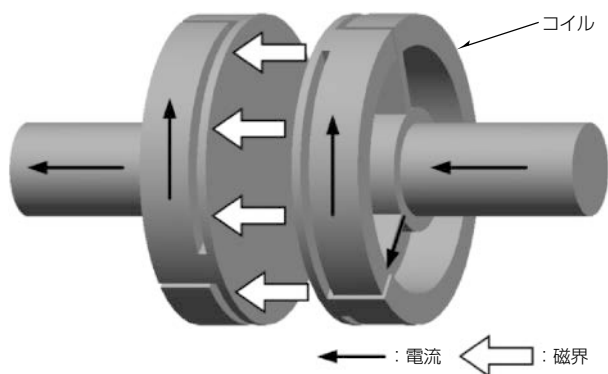


図4. 縦磁界電極構造

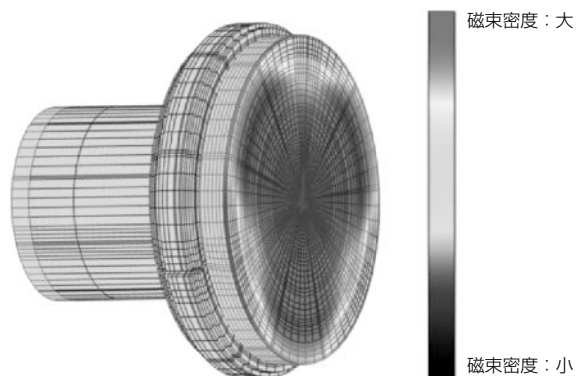


図5. 接点表面の磁束密度分布

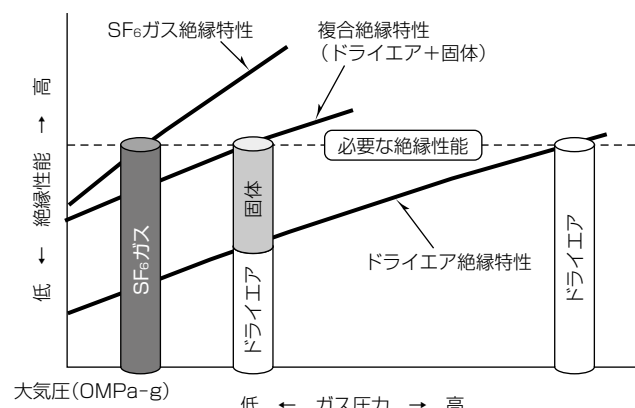


図6. 絶縁性能のガス圧力依存性

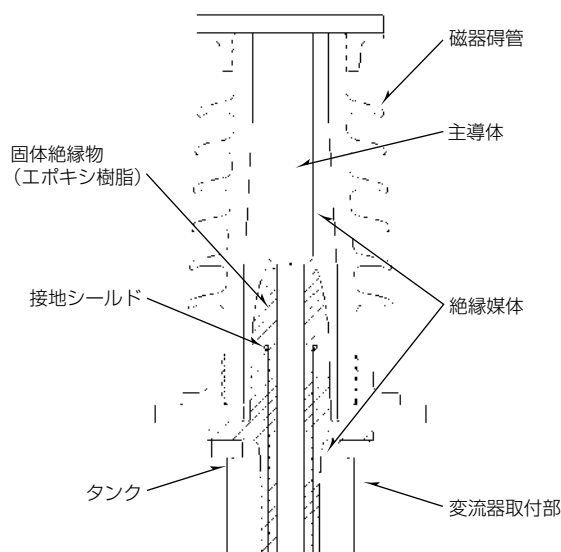


図7. 複合絶縁の適用例

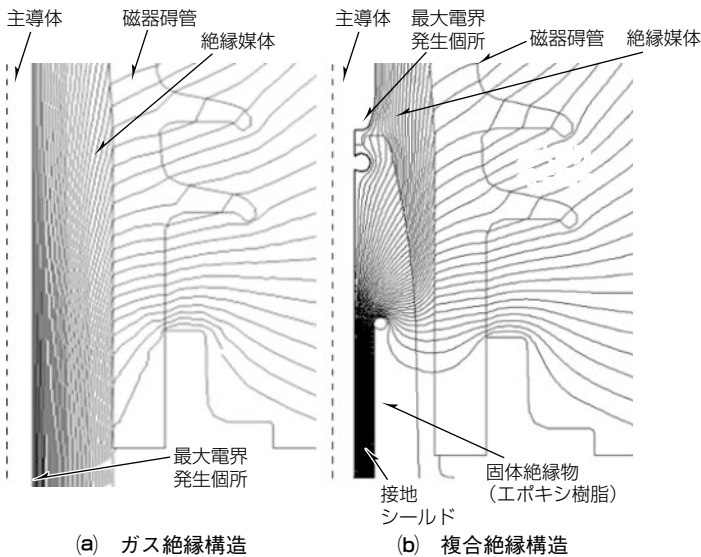


図8. 磁器碍管周辺の等電位分布

表2. 遮断器の部位別障害件数(総数519件)<sup>(3)</sup>

部位	操作装置	本体	その他
件数	337	125	57
割合	65%	24%	11%

この製品では、真空バルブの可動導体と電磁ばね操作装置の可動軸を直線上に配置し直線駆動することで回転軸受を削減した。また電磁ばね操作装置内に設けた永久磁石の磁束によって可動鉄心を閉極位置に保持することで機械式ラッチなどの損耗部品を削減し、信頼性の向上による保守作業の低減と長寿命化を実現した。

図9に電磁ばね操作装置の外観を、図10に電磁ばね操作装置の開極動作を示す。電磁操作装置は、可動鉄心、固定鉄心、可動鉄心を取り囲む開／閉極コイル、及び固定鉄心上の永久磁石によって構成している。開／閉極コイルへの通電によって発生する電磁力と開放ばね力及び接圧ばね力によって開／閉極操作を行う。

図10(a)は閉極状態を示しており、電磁操作装置内に設けた永久磁石の磁束によって可動鉄心を閉極位置に保持している。従来のばね操作装置で保持に必要であった機械式ラッチなどの損耗部品は不要である。同図(b)は開極コイルに制御基板から通電し、永久磁石の磁束を打ち消す方向に磁束を発生させた状態を示している。永久磁石による保持力が開放ばね力と接圧ばね力の合力より低下すると、可動鉄心は開極動作を開始する。開極動作は直線運動だけであり、歯車や回転軸受は使用していない。同図(c)は開極状態を示している。可動鉄心は固定鉄心の開極側に達しており、開極動作完了後も開放ばね力によって開極状態に保持されている。閉極動作時は閉極コイルに制御基板から通電し、可動鉄心を閉極側に吸引する磁束を発生させ、可動鉄心を駆動させる。

このように、構造・動作ともにシンプルな電磁ばね操作装置を実現してこの製品に適用した。

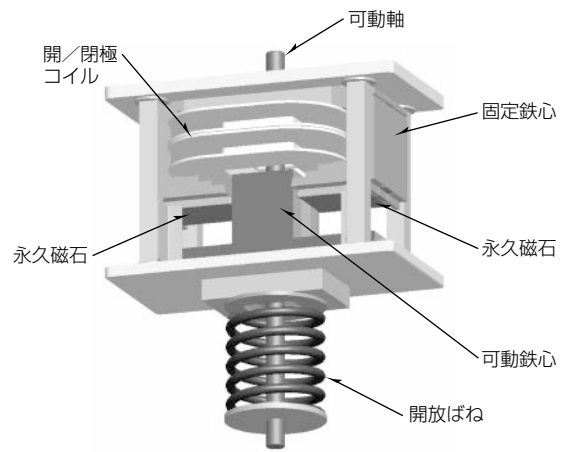


図9. 電磁ばね操作装置(開極状態)

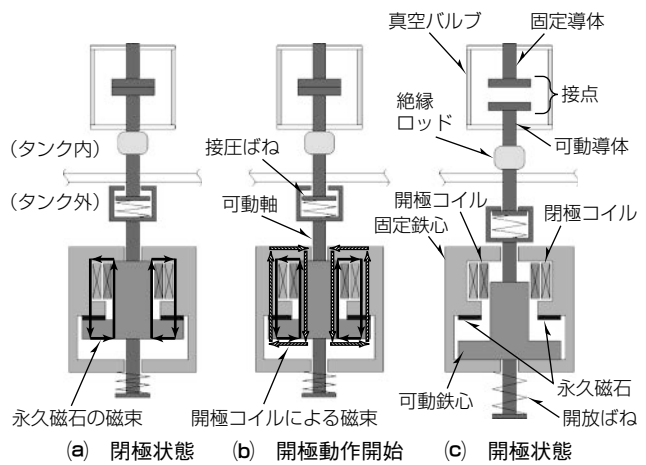


図10. 電磁ばね操作装置の開極動作

#### 4. むすび

24/36kV, 72/84kVタンク形真空遮断器の定格・構造、及び要素技術である真空バルブ・低圧力ドライエアによる複合絶縁・直線駆動方式による電磁ばね操作装置について述べた。これらの技術の適用によって、生産から廃却まで脱SF<sub>6</sub>ガス化を図り、保守・点検作業の省力化が可能な信頼性の高いタンク形真空遮断器を製品化した。

#### 参考文献

- (1) 高橋和希, ほか: 72/84kVタンク形真空遮断器の開発, 電気評論, 98, No.4, 61~63 (2013)
- (2) 矢野知孝, ほか: 24/36kVタンク形真空遮断器の開発, 電気評論, 99, No.4, 71~73 (2014)
- (3) 密封形変電設備の劣化保全技術高度化, 電気協同研究, 61, No.3 (2006)
- (4) 矢野知孝, ほか: 7.2~72kV脱SF<sub>6</sub>ガス絶縁スイッチギヤの最新技術, 三菱電機技報, 85, No.10, 597~600 (2011)