

# 電磁操作形盤用真空遮断器の特長と レトロフィット真空遮断器の紹介

🔌 電磁操作、磁気ラッチ式、グリスレス、レトロフィット、VI、VCB、スイッチギヤ

- \* 林 尚樹 Naoki Hayashi
- \* 山村健太 Kenta Yamamura
- \* 芹澤慎晶 Mitsuaki Serizawa
- \* 古畑高明 Takaaki Furuhata

## 概要

近年、運転から廃棄までのライフサイクルコストが重要視され、メンテナンス性に優れた電磁操作方式の真空遮断器（VCB）に対する需要が増えている。当社は、7.2kV VCBへの取り組みとして、シンプルな電磁式操作機構を有し操作電流ピーク値を低減したVR形VCBを製品化している。一方、1970年代の高度経済成長期に納入した製品群が更新時期を迎えており、既設器と互換性のある遮断器の要望も有る。当社では、これらライフサイクルコストの低減と既設器との互換性のあるVCBの要望に適応したレトロフィットVCBをシリーズ化し、販売を進めている。



レトロフィットVCB

## 1. ま え が き

近年、イニシャルコストだけでなく、運転から廃棄までを含めたライフサイクルコストを重要視する傾向が強まっている。そのため、重電機器メーカー各社とも、従来の電動ばね操作方式に対して構造が極めてシンプルでかつメンテナンス性に優れた磁気ラッチ式電磁操作器の製品化が進んでいる。一方、1970年代の高度経済成長期に納入された製品群が更新時期を迎えており、既設遮断器との互換性を確保したレトロフィット器に対する需要が増えている。本稿では、当社がこれらの要求に対応するため新たに製品化した7.2kVクラスのVRシリーズについて紹介する。

## 2. 磁気ラッチ式電磁操作器のメカニズム

磁気ラッチ式電磁操作器の特長は、従来の電動  
\*スイッチギヤ工場

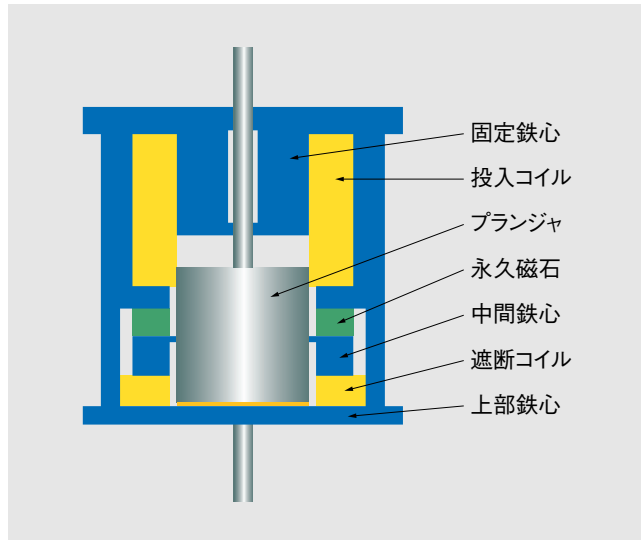
ばね操作方式のような複雑なギヤ部や機械的ラッチ部を一切用いないことである。

### 2.1 操作器の構造

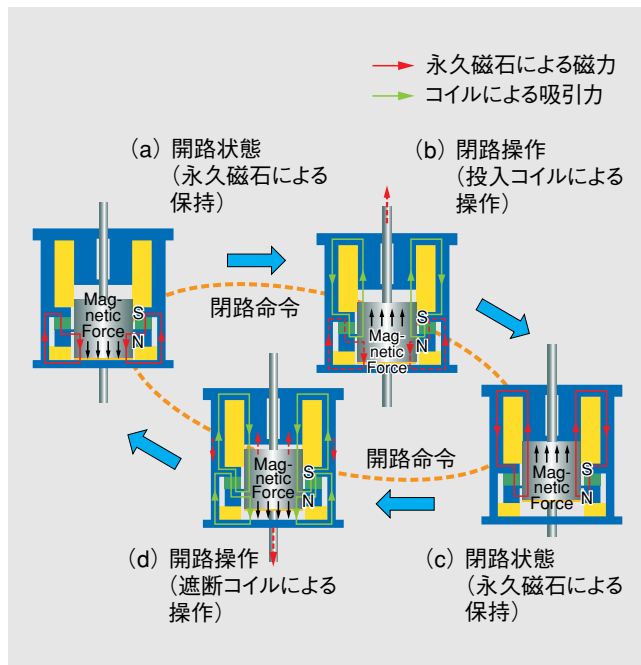
第1図に磁気ラッチ式電磁操作器の内部構造図を示す。ラッチ機構に永久磁石を用いており、構造はシンプルで、部品点数はわずか18点である。開路・閉路状態で異なる磁気回路を構成し、状態保持（ラッチ）している。真空遮断器（VCB）の開閉は、投入コイル・遮断コイルを励磁することでプランジャを往復運動させ、開路・閉路を切り替える。

### 2.2 開閉動作

第2図に磁気ラッチ式電磁操作器の開閉動作を示す。永久磁石から上部鉄心を通る磁気回路を構成することで、VCBは(a)開路状態を保持する。閉路命令が出ると、投入コイルの励磁による吸引力が、永久磁石による磁力を上回りプランジャを



第1図 磁気ラッチ式電磁操作器の内部構造図  
部品点数がわずかであることを示す。

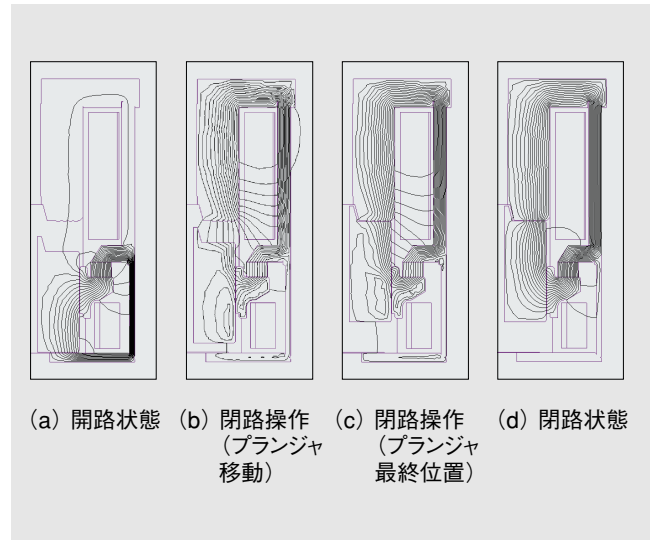


第2図 磁気ラッチ式電磁操作器の開閉動作  
命令で磁気回路が形成され、それによってプランジャが動作することを示す。

動かす (b) 閉路操作)。プランジャが閉路位置まで動くと、固定鉄心を通る磁気回路が形成されるため、投入コイルの励磁を切ってもVCBは (c) 閉路状態が保持される。開路命令が出ると、励磁による吸引力が永久磁石による磁力を上回りプランジャを動かす (d) 開路操作)。吸引力と遮断ばね力によってプランジャは開路位置まで動き、磁気回路によって (a) 開路状態が保持される。

### 2.3 解析技術の向上

VRシリーズの磁気ラッチ式操作器は、電磁場過



第3図 解析による磁路の変化 (閉路操作)  
配置による磁路の変化が分かり、最適な配置の参考となる。

渡解析と機構解析の連成解析による最適化を考慮して設計している。第3図に解析による磁路の変化 (閉路操作) を示す。

従来のVCBの設計は、必要な吸引力とストロークを決めてから起磁力を求めていたため、過渡現象が計算できなかった。また空隙部の磁束密度や構成部品の磁気抵抗などは、仮定値を用いて計算するため精度が出ず、性能を満足する製品を作るまでに数度の試作を繰り返す必要があった。

解析技術の向上と機構解析の連成解析によって、電氣的・機械的な過渡現象を解析できるようになり、形状の最適化や限界設計が可能となった。VRシリーズは、これらを駆使することで小形かつ性能を最大限に引き出した電磁操作器を搭載することに成功した。

## 3. VR-D形VCBの特長

VRシリーズには、主に民需向けのVR形と、電力向け及びレトロフィットVCB用のVR-D形がある。ここでは、VR-D形の特長を紹介する。

### 3.1 注油作業不要 (グリスレス)

従来のVCB機構部にはグリスを使用しており、点検時に注油作業の実施をお願いしている。しかし、長期間注油作業が実施されない場合や注油が不十分な場合、機構部のグリスが固着して開閉不具合が発生することがある。VR-D形は、機構部にグリスを使用していないため、グリス固着による開閉不具合が発生しない。また、注油作業が不

要なため、1回の点検にかかる時間を大幅に短縮でき（当社比57%減）、さらに点検周期の延長（普通点検周期が3年⇒6年、細密点検周期が6年⇒12年）を実現した。

### 3.2 省電力化

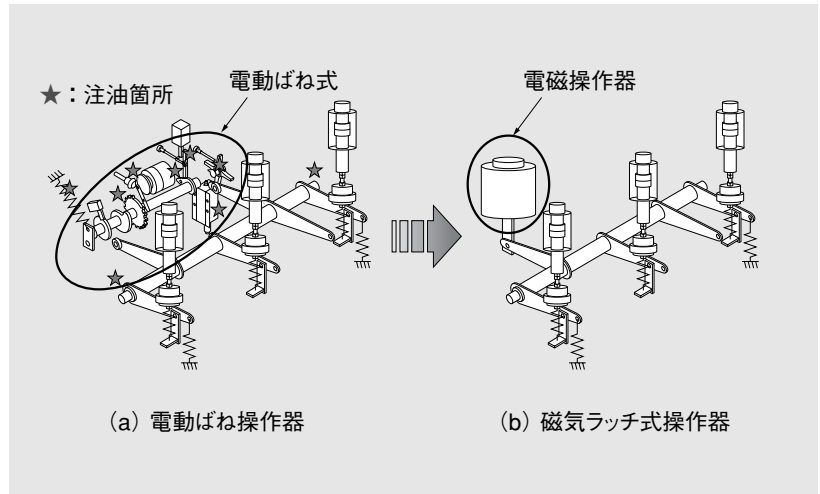
前述の解析技術の向上及びVIの性能向上などによって、VR-D形は従来の電磁操作形VCBに比べて操作電流の低減が可能になった。（7.2kV-20/25kAのVCBの場合、従来機器〈VE形〉が56Aに対し、VR-D形は20A）

### 3.3 信頼性の向上

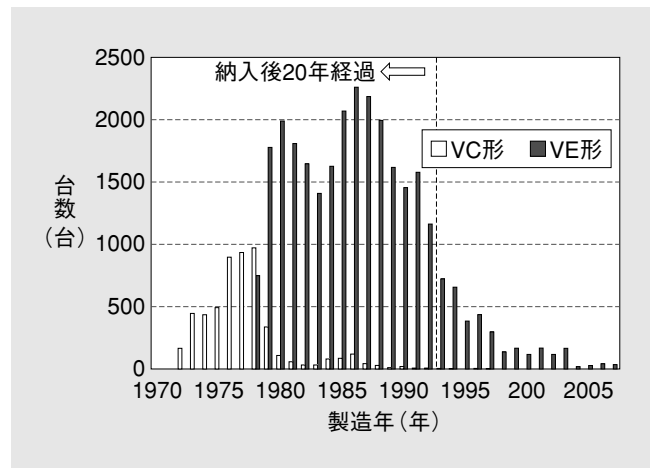
シンプルな操作機構及び部品点数の削減で、電動ばね操作機構と比較して信頼性が向上している。電動ばね操作形の機構部に比べて、構成部品点数は40%以下になった。第4図に電動ばね操作器と磁気ラッチ式操作器の比較を示す。

## 4. レトロフィットVCB

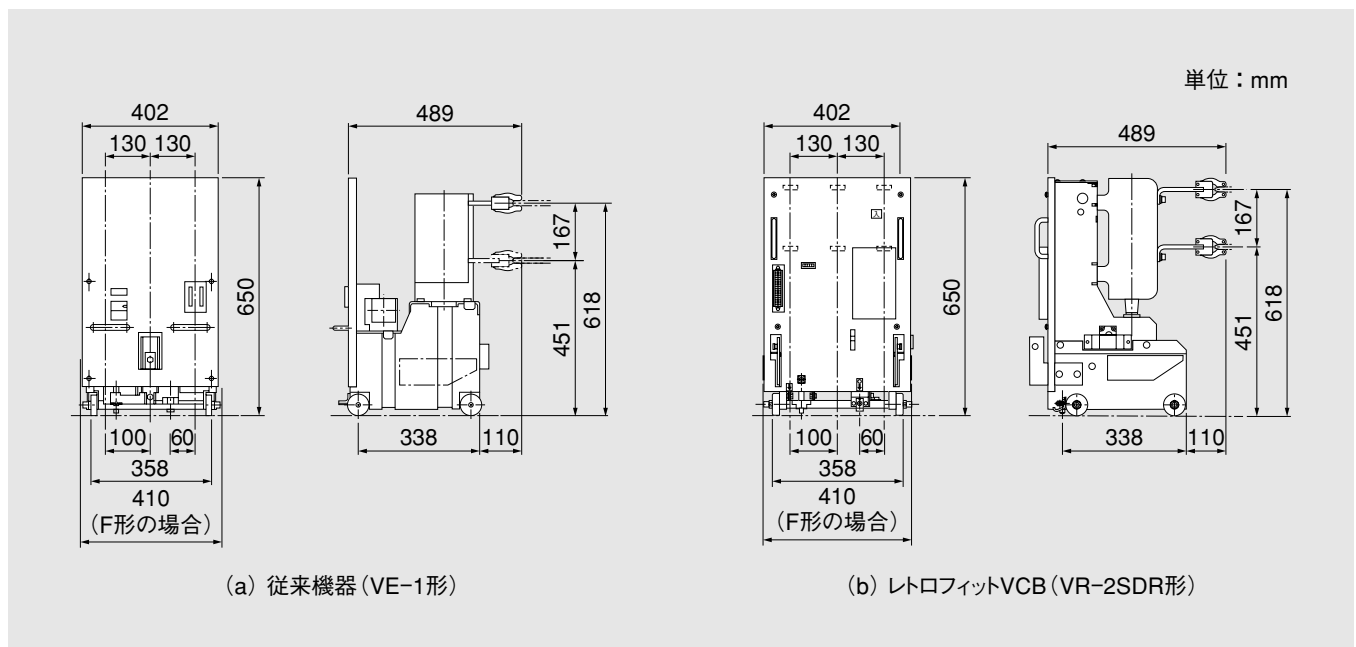
当社製VCBのうち、VC形は1971年から、VE形は1979年から製造してきた。これらの機器の多くは、VCBの交換推奨時期である納入後20年を経過した現在でも数多く稼働している。第5図にVC形・VE形納入実績を示す。しかし、これらの機器は製造中止機器であり、近年では交換部品の調達



第4図 電動ばね操作器と磁気ラッチ式操作器の比較  
シンプルな構造になっていることと注油箇所がないことを示す。



第5図 VC形・VE形納入実績  
納入後20年以上経過しているVCBが多いことを示す。



第6図 従来機器とレトロフィットVCB  
比較して、位置関係が同じであることを示す。



**第1表 定格一覧表**

従来機器とレトロフィットVCBは、基本定格が同じである。

	従来機器	レトロフィットVCB
モデル名	VE-1	VR-2SDR
形式	VBED-6213S_-E/F	NVBRD-6213SE-ER/FR
定格電圧 (kV)	7.2	
定格商用周波耐電圧 (kV)	22	
定格雷インパルス耐電圧 (kV)	60	
定格電流 (A)	600	
定格周波数 (Hz)	50/60	
定格遮断電流 (kA)	12.5	
定格投入電流 (kA)	31.5	
定格短時間耐電流 (kA)	12.5 (2s)	
定格過渡回復電圧 (kV/μs)	0.32	
定格遮断時間 (サイクル)	3	5
定格開極時間 (s)	0.03	0.05
閉極時間 (s)	0.15	0.2
標準動作責務	A	A, B
適用規格	JEC-2300 (1985)	JEC-2300 (1998)
定格開路制御電流 (A) at DC100V	2.9	5
定格閉路制御電流 (A) at DC100V	0.8	0.02
定格閉路操作電流 (A) at DC100V	26	20
VCB 幅 (mm)	402	
VCB 高さ (mm)	650	
VCB 奥行き (mm)	489	
VCB 相間ピッチ (mm)	130	
VCB 上部端子高さ (mm)	618	
VCB 下部端子高さ (mm)	451	
VCB 車両幅 (mm)	358	

や技術員の確保が難しくなっている。当社はこれらの機器の更新を促進させるため、VR-D形をベースとしたレトロフィットVCBを製品化した。

第6図に従来機器とレトロフィットVCBの外形図を、第1表に定格一覧表を示す。レトロフィットVCBは、主回路位置や車輪幅などを従来機器と同一にしており、大きな盤改造作業が不要である。制御回路コネクタについては、制御回路リード線の張り替え作業、もしくは両端でコネクタの形状が異なるアダプタリード線を使用することで互換

を図っている。またレトロフィット器は、VR-D形の特長をそのまま備えている。したがって、注油作業不要・省電力化・信頼性の向上によって、ライフサイクルコストの低減に大きく貢献できる。

**5. む す び**

ライフサイクルコストを重要視する要求が増える中、シンプルな操作機構を特長とする永久磁石ラッチ式電磁操作器を有したVR形シリーズを製品化した。新規納入のほかに、納入後20年以上経過したVCBの更新が容易にできるレトロフィットVCBも用意し、お客様に満足していただける製品をご提供できるよう取り組んでいく所存である。

・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》



林 尚樹 Naoki Hayashi  
真空遮断器の設計に従事



山村健太 Kenta Yamamura  
真空遮断器の設計に従事



芹澤慎晶 Mitsuaki Serizawa  
真空遮断器の設計に従事



古畑高明 Takaaki Furuhashi  
真空インタラプタと真空遮断器の開発設計に従事