

海外向け新形 12kV 気中絶縁開閉装置 (AIS) 用真空遮断器 (VCB) の開発

菊地徳明 Noriaki Kikuchi
宮本晴望 Seibo Miyamoto
佐藤 聡 Satoshi Sato

キーワード 省力化, 受変電技術, 絶縁技術, VCB, 開閉装置, VI

概要



これまで当社は、12kV VCBを中心に東南アジア各国に数多く納入してきた。近年、真空遮断器 (VCB) に対しては、小形・軽量化、信頼性・安全性向上、保守省力化及びLCC (Life Cycle Cost) の低減が求められている。

そこで今回、高性能・高信頼性・低LCCを実現した気中絶縁開閉装置用 (AIS) のVCBを開発した。本VCBは、第3者認定試験機関のKERI試験場で形式試験を実施し、短絡試験・耐電圧試験・温度上昇試験・機械試験に合格し、高性能・高信頼を表すIECクラス (VCB) のE2・C2・M2で認証を取得した。

1 まえがき

1986年以来、当社は海外向け12kV気中絶縁開閉装置 (AIS) ^{ハイクラッド} HICLAD-10Jを東南アジア諸国や中東市場に25,000面以上納入してきた。従来の12kV真空遮断器 (VCB) は、開閉装置から直接VCB本体を引き出すことができるトラックタイプが主流だった。これに対し、近年はAISに小形・高信頼性・高性能が求められ、開閉装置形態の主流がトラックタイプからカセットタイプに移行しつつある。今回、当社は最新のIEC 62271-100に準拠した電氣的・機械的耐久性に優れ、固体モールド絶縁による小形化・保守の省力化を特長としたカセットタイプVCBを開発した。本稿では新形12kV AIS用VCB (モデル名: VZA-12) の特長を紹介する。

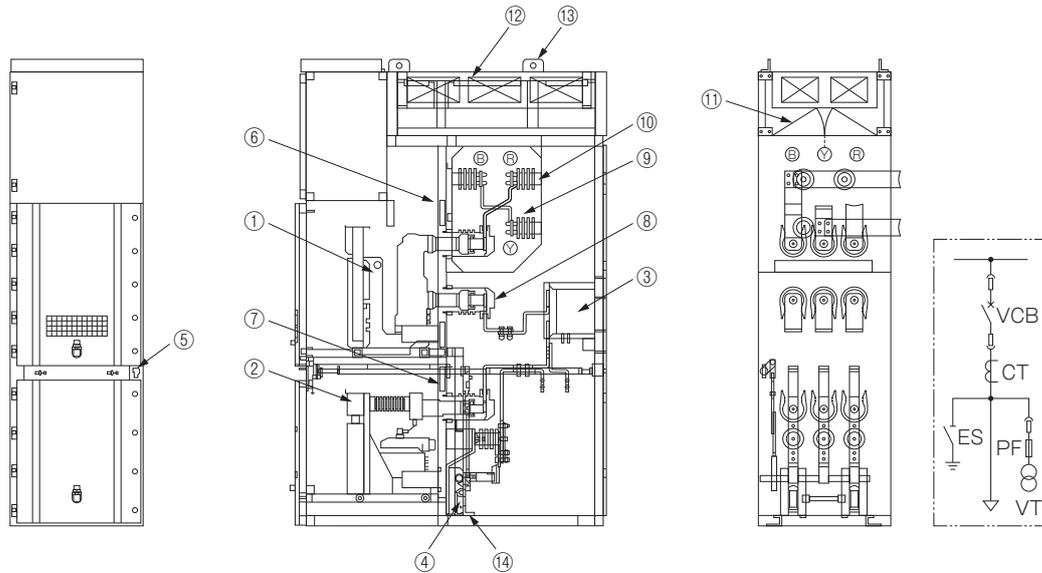
2 定格・構造

第1表にVCBの定格を、第1図に開閉装置の外形図を、第2図に新形VCBの構造図を示す。

第1表 VCB定格

VCBの定格を示す。

| 項目 | 定格 |
|-------------|----------------------|
| 定格電圧 | 12kV |
| 定格電流 | 630/1250/2000A |
| 定格雷インパルス耐電圧 | 75kV |
| 定格遮断電流 | 25kA |
| 定格短時間耐電流 | 25kA-3s |
| 定格投入電流 | 65kA |
| IEC 信頼性クラス | E2/C2/M2 |
| 準拠規格 | IEC 62271-100 (2012) |

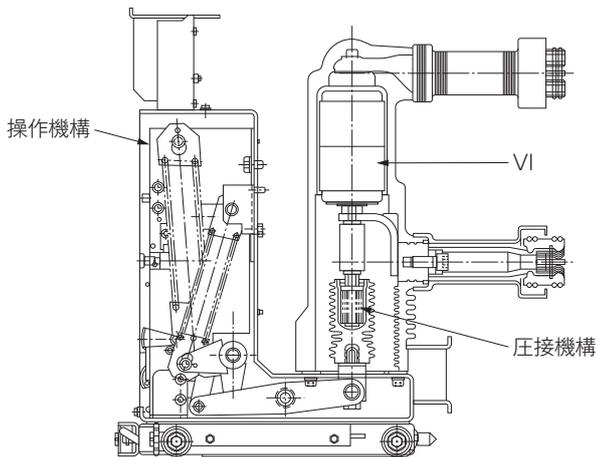


受電盤(W: 650mm)

| No. | 名称 | No. | 名称 |
|-----|---------------------|-----|---------|
| ① | 真空遮断器 (VCB) | ⑧ | ブッシング |
| ② | 限流ヒューズ付き計器用変圧器 (VT) | ⑨ | 主回路母線 |
| ③ | 計器用変流器 (CT) | ⑩ | 支持がいし |
| ④ | 接地開閉器 (ES) | ⑪ | 放圧装置 |
| ⑤ | 接地開閉器操作装置 | ⑫ | アークバンパー |
| ⑥ | 真空遮断器断路部シャッター | ⑬ | 吊耳 |
| ⑦ | 計器用変圧器断路部シャッター | ⑭ | 接地母線 |

第1図 開閉装置外形図

カセットタイプ開閉装置の外形図と機器構成を示す。



第2図 新形 VCB 構造図

真空インタラプタ (VI)・絶縁ロッド・圧接機構をモールド一体化し、操作機構を小形化した。

本 VCB は 630/1250/2000A をシリーズ化し、VCB をカセットタイプとしたことで、開閉装置に二段積みできる構造とした。従来形 VCB では操作時に開閉

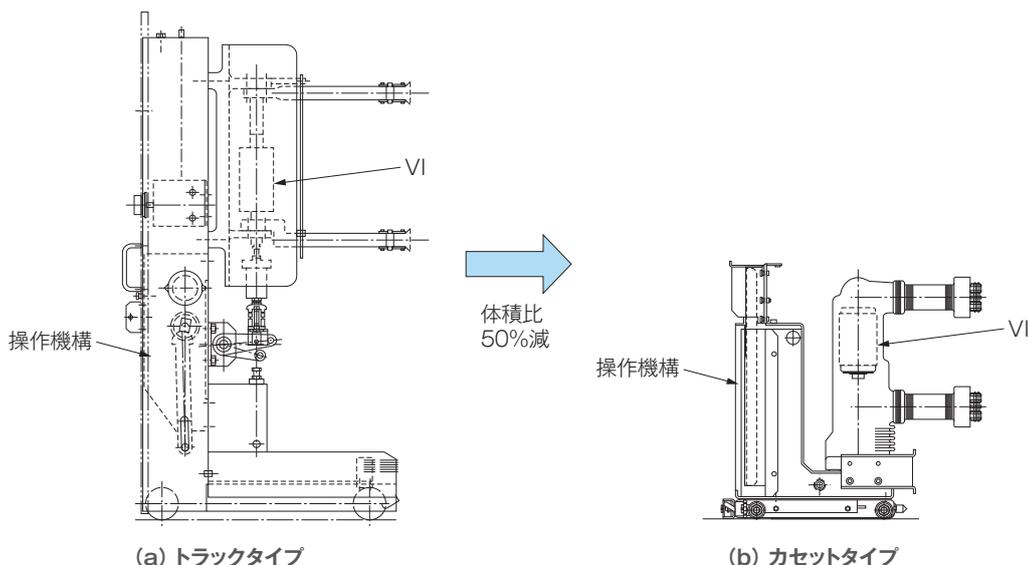
装置の扉を開いて操作するが、新形 VCB は新 IEC 規格にのっとり、開閉装置の扉を開けることなく VCB の接続 - 断路操作や VCB の手動開閉操作ができる。

3 特長

3.1 小形化・高信頼化

本 VCB では投入カム形状の最適化で、従来形 VCB に対して操作機構の投入ばね力を 30% 低減した。さらに操作機構と VI の間にレバーを二段配置することで操作力の低減を図り、遮断ばね力を 50% 低減した。その結果、操作機構部は従来と比べ体積を 20% 小形化した。さらに VCB 電装機器の集中配置とプリント基板の採用による省スペース化や配線本数削減、配線経路短縮などの特長を有している。

さらに充電部の VI や導体、絶縁ロッドや圧接機



第 3 図 VCB 比較図

従来トラックタイプVCBと新形カセットタイプVCBの外形比較を示す。新形VCBは体積比を50%低減した。

第 2 表 IEC 62271-100 における信頼性評価に関するクラス分類

IEC規格ではそれぞれのカテゴリーでクラス分けされ、クラス2がより高性能であることを示す。

| 分類 | クラスとその内容 |
|-----------|---|
| 電氣的耐久性 | E1：基本的な電氣的耐久性を持つ遮断器 E2：期待動作寿命中に主回路遮断部品の保守を必要とせず、その他の部分も最小限の保守のみで済むように設計された遮断器（高い電氣的耐久性を有する遮断器） |
| 進み小電流開閉性能 | C1：容量性電流遮断中の再点弧の確率の低い遮断器 C2：容量性電流遮断中の再点弧の確率の非常に低い遮断器 |
| 機械的耐久性 | M1：2000回の機械的形式試験を行った通常遮断器 M2：10,000回の機械的形式試験を行った長寿命遮断器 |

構をモールド内に一体化することで、絶縁距離の縮小や安全性に配慮した構造とした。第 3 図に示すように当社トラックタイプと比較し、体積比50%の縮小化を実現した。またこの一体構造によって、従来構造で必要であったVI・絶縁ロッド部のメンテナンスを省略できる。

以下に記述する電氣的・機械的耐久性は、IEC 62271-100ではその用途がクラス分けで規定され、本VCBはその最高クラスで合格した。高い信頼性と低LCC（Life Cycle Cost）を実現した結果である。



第 4 図 第 3 者試験場 KERI での試験状況

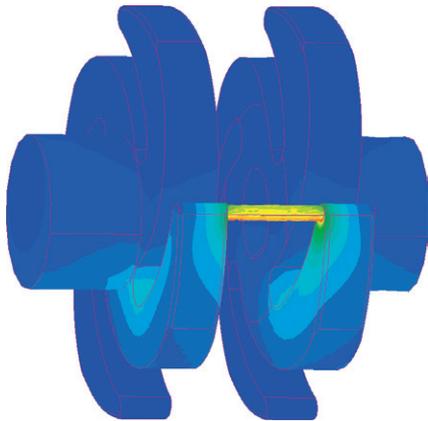
KERI 試験場での遮断試験状況を示す。

3.2 高性能化

第 2 表に示すように、最新の IEC 規格では遮断器の性能・保守・機械的耐久性がクラス分けされている。本VCBは、最新の IEC 規格で高クラスの評価を獲得した遮断器で、第3者認定機関のKERI試験場でE2・C2・M2の認証を取得した。第 4 図に第3者試験場KERIでの試験状況を示す。

3.2.1 電氣的耐久性 E2

電流遮断部のVIには、手裏剣状のスパイラル電極を採用している。この電極形状とアークから成る通電経路から生み出される電磁力によってアークを駆動し、消弧能力を高める方式である。アークが駆動されて回転運動する力をローレンツ力と呼び、この力が強いほどアークの回転は速くなる。アークが早く回転するほど、アークによる局部集中を避けることができ、電極材の損耗を防ぐことができる。今回、25kAの遮断電流によって発生するアークの電磁界解析を実施し、VI電極の空隙・刃先の形状などを最適化した。これによりローレンツ力は従来電極形状と比べて約8%向上し、アークによる電極損耗量を低減した。第5図にVI電極に発生するアークの電磁界解析を、第3表にクラスE2の遮断試験責務を示す。



第5図 VI電極に発生するアークの電磁界解析

解析例を示す。電極先端の黄色で示された部位がアーク柱である。

第3表 IEC 62271-100における電氣的耐久性クラスE2の遮断試験責務

全ての責務で良好な結果を得た。遮断動作責務のOは遮断動作を示し、COは投入後すぐに（数十ms後）遮断動作するものである。

| 試験電流 定格遮断電流に 対する割合 | 遮断動作責務 | 遮断試験回数 (list3) | 試験結果 |
|--------------------------|----------------|-------------------|------|
| 10% | O-0.3s-CO-t-CO | 1 | 良 |
| 30% | O-0.3s-CO-t-CO | 1 | 良 |
| 60% | O | 15 | 良 |
| | O-0.3s-CO-t-CO | 15 | 良 |
| 100% (対称分電流) | O-0.3s-CO-t-CO | 2 | 良 |

3.2.2 進み小電流開閉性能 C2

進み小電流開閉試験は、ケーブル接続における充電電流遮断を責務としたものである。電流遮断後のVI電極間には最大で2倍の電源電圧が印加され、その絶縁耐力が遮断後8.3ms（60Hzの場合）で求められる高い絶縁回復性を要求される試験である。第4表にクラスC2の遮断試験責務を示す。本VCBでは、E2・C2を適用するために開閉速度とストロークカーブを最適化し、遮断性能を向上した。

3.2.3 機械的耐久性 M2

本VCBでは圧接機構・操作機構などの衝撃力を受ける部品について、衝撃力を想定して構造を検討した。それにより、IEC 62271-100クラスM2の連続開閉試験責務10,000回の試験に合格している。第5表にクラスM2の試験責務を示す。

第4表 IEC 62271-100における進み小電流開閉性能クラスC2の遮断試験責務

全ての責務で良好な結果を得た。表中の上段から試験を実施していく。試験回数が多く、閃絡確率を試される試験である。

| 試験責務 | 試験電流 | 遮断動作責務 | 遮断試験回数 | 結果 |
|------|-----------|---|-------------|----|
| T60 | 15kA | クラスC2遮断器の場合、進み小電流試験前に実施し、電流遮断時の電極消耗を想定する。 | 1 (O-CO-CO) | 良 |
| CC1 | 2.5 ~ 10A | 24回の進み小電流遮断試験 | 24 | 良 |
| CC2 | 25A | 24回の進み小電流遮断試験 | 24 | 良 |

第5表 IEC 62271-100における機械的耐久性クラスM2の試験責務

全ての責務で良好な結果を得た。開閉動作によって繰り返し衝撃を受けるが、応力検討を実施し必要な耐久性を備えている。

| 動作責務 | 制御電圧 | 試験回数 | 結果 |
|-----------------|------|------------------------|----|
| C-t-O-t | 最小 | 2500回 | 良 |
| | 定格 | 2500回 | 良 |
| | 最大 | 2500回 | 良 |
| O-0.3s-CO-t-C-t | 定格 | 1250回 (合計開閉動作2500回) | 良 |



第6図 トラックタイプVCBと開閉装置

トラックタイプVCBを盤外へ引き出し中の様子を示す。

4 アレンジ対応

市場でカセットタイプが主流となる中、お客様には、台車一体構造で移動が容易という特長を持つトラックタイプVCBに対する要望もある。

3.1項で記述したようにVCBの小形化を達成したことで、カセットタイプVCBを標準としながら、台枠を設ける構造を採用してトラックタイプへのアレンジ対応を実施した。第6図にトラックタイプのVCBと開閉装置を示す。

5 多数回遮断への対応

欧州メーカーでは遮断器の性能項目として、100回遮断対応を挙げることがある。その試験責務はIEC 62271-100のE2試験より過酷で、50回投入と50回遮断の試験である。本新形VCBは、操作機構の効率

化とVI電極形状の最適化で、開閉速度を向上し、VI電極損耗量を減少した。それにより、遮断性能と遮断可能回数を大幅に向上し、100回遮断対応を実現した。

6 むすび

当社は最新のIEC 62271-100に準拠したAIS用VCBを開発した。高い遮断性能・機械的性能を確保し、固体モールド絶縁による保守の省力化を特長としたカセットタイプVCBで、第3者試験場のKERIで高性能・高信頼を表すIECクラスのE2・C2・M2で認証を取得した。2016年に初号機を出荷し、今後は東南アジア・中東などに市場範囲を拡大していく所存である。

・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》



菊地 徳明
Noriaki Kikuchi
変電機器工場
開閉装置の開発検証試験に従事



宮本 晴望
Seibo Miyamoto
変電機器工場
開閉装置の開発検証試験に従事



佐藤 聡
Satoshi Sato
変電機器工場
開閉装置の開発設計に従事