小倉健太郎* 伏見征浩**

高橋 進**

"WS-Vシリーズ"の2点切り高限流遮断技術

Current Limitting Technologies Using Double-break Systems for "WS-V Series" Kentaro Kokura, Masahiro Fushimi, Susumu Takahashi

要 旨

近年、受配電システムの高度化に伴う保護性能向上のニ ーズにこたえるため、高限流性能を備えた回路遮断器の要 求が強くなってきている。三菱電機では、VJC(Vapor Jet Control)、ISTAC(Impulsive Slot Type Accelerator)など の、独自の1点切り遮断技術を開発し製品のラインアップ 充実を図ってきた。今回、大容量品の更なるラインアップ 充実化に当たり、構造的に可動子の慣性モーメントの低減 が図りやすく、かつ開極直後の電極降下電圧が高い、限流 性能向上が容易な2点切り方式を従来の技術に加えて採用 し、遮断性能(遮断容量/外形寸法)の向上を指向した。本 稿で述べる新型"WS-Vシリーズ"の"NF125-RV"、 "NF250-RV"では、当社初となるブローアウトコイル方 式の2点切り消弧室構造を採用し、世界トップクラスの遮 断性能を実現した。

高限流性能の確立に当たっては、ブローアウトコイル構造の固定導体適用によって可動子へ開極電磁力を付与し、 可動子を高速開極させることで実現した。さらに、ブロー アウトコイル構造は可動子側面に導体を配置するため、一 般的なUターン構造の固定導体方式に対して、消弧室高さ 方向への空間拡大を抑制できる。その結果、同一遮断容量 の回路遮断器の外形寸法を、WS-Vシリーズでは従来の 105×240×68(mm)から105×165×68(mm)に小型化する ことに成功した。これらの遮断技術は、導体構造をモデル 化した電磁場解析などの基礎検討で得た知見に基づいてお り、より高限流性能が求められる遮断責務の厳しい上位機 種への展開が可能である。



"WS-Vシリーズ"の2点切り高限流遮断技術

新型WS-VシリーズのNF125-RV,NF250-RVでは,高限流性能の確立による高遮断性能化と外形寸法の小型化を実現するため,当社初 となる新型2点切り消弧室構造を採用した。さらに固定子導体を可動子側面に配置するブローアウトコイル構造とすることで,高さ方向への筐 体(きょうたい)寸法を拡大することなく,可動子に発生する開極磁気駆動力を強化して高速開極動作を可能にして,高遮断性能を実現した。

1. まえがき

近年の受配電システム高度化に伴う保護性能向上のニー ズにこたえるため、低圧遮断器に対しては事故電流を抑制 する限流性能の向上が求められている。この要求に対して、 当社では1点切り遮断技術として、消弧室内部に発生する 圧力上昇を利用したVJC⁽¹⁾, ISTAC⁽²⁾などの独自の1点切 り遮断技術を開発し、製品のラインアップ充実を図ってき た。今回、大容量品の更なるラインアップ充実化に当たり、 構造的に可動子の慣性モーメントの低減が図りやすく、か つ開極直後の電極降下電圧が高い、限流性能向上が容易な 2点切り方式を従来の技術に加えて採用し、遮断性能(遮 断容量/外形寸法)の向上を指向した。

当社WS-VシリーズにおけるNF125-RV,NF250-RV では,世界トップクラスの遮断性能(遮断容量/外形寸法) の実現に向けて,ブローアウトコイル方式を適用した2点 切り遮断技術を開発した。本稿では,これらの機種に適用 した高限流遮断技術,及び開発過程における基礎検討の結 果について述べる。

2. 多接点方式での高限流遮断技術

2.1 ブローアウトコイル方式2点切り消弧室構造

図1にブローアウトコイル方式の2点切り消弧室を搭載 した新型回路遮断器の内部構造,図2に消弧室内部の導体 引き回し構造を示す。図2から、導体中央部に回転軸、両 端に可動接点を持つ可動子は、機構部とリンクピンによっ て連結されたロータによって保持されている。操作機構を 動作させることでリンクピンを介してロータが回転動作し, 同図中で可動子が反時計回りに開極動作するが、瞬時遮断 などの大電流遮断時には可動子のみが電磁駆動力によって 先行して開極動作する。この可動子の構造によって, 慣性 モーメントの抑制が可能となり、開極動作の高速化に有利 に作用する。可動子の両端にはそれぞれ固定子が配置され ており,固定導体は可動子の側面に配置されてブローアウ トコイルを形成している。このため、電流通電時には上記 コイルから発生する磁束が可動子の導体アーム部分に鎖交 し、可動子に対して開極方向の電磁駆動力を付与する。可 動子の慣性モーメント抑制に加え磁気駆動力を強化するこ とで、開極速度の更なる向上が可能となる。また、ブロー アウトコイルから発生する磁束は,遮断時,接点間に発生 するアークに対しても鎖交する。この結果、アークには消 弧板方向の駆動力が発生し、開極初期からアークが消弧板 に到達して分断アークが形成され、限流性能の向上が可能 となる。ここで、ブローアウトコイルは可動子の片側側面 に、電源側と負荷側で互い違いに配置されている。片側配 置に関しては、消弧板ボリュームの確保が目的である。こ れによって、Ics遮断(3回の動作を保証する短絡電流値に



図1. ブローアウトコイル方式2点切り消弧室搭載の新型遮断器





よる遮断)や大電流遮断などでの消弧板の耐消耗性向上を 実現した。互い違い配置に関しては,ブローアウトコイル からの磁束は可動子を側面方向に押し付ける力も与えてい るため,この力を可動子回転軸を中心に打ち消すための構 造である。これら可動子,固定子などはユニットケースに よって保護され,機構部及びリレー部とは隔離された状態 で遮断器筐体内部に配置されている。

ブローアウトコイル構造の採用に当たっては,開発前に 複数の固定導体構造案を抽出した。抽出構造に対して,電 磁場解析によって,通電時に可動子で発生する開極加速度 の算出,及び簡易モデルを用いての実回路での限流性能検 証をそれぞれ実施し,これらを比較,検討した。2.2節で その検討内容について述べる。

2.2 高速開極を実現する固定子構造の検討

高速開極の実現には、可動子に発生する開極方向の電磁 駆動力を強化することが重要であり、電磁駆動力の強化は 主に固定導体の引き回しレイアウトに依存する。そこで、 電磁駆動力の強化が見込める固定子構造を複数個抽出し、 静電磁界解析ソフトウェアTOSCAによる磁場計算を行い、 可動子の開極加速度を算出した。表1に、モデル作成した 代表的な消弧室内部構造を示す。それぞれ固定導体の構造 が異なっており、①固定導体を折り返し可動子に反発電路 を対向させるUターン構造(従来構造)、②可動子側面にコ イルを配置し可動子に発生磁束を鎖交させるブローアウト コイル構造,及び他案として検討していた③固定子をロー タ中心周辺まで差し込み,折り返し反発電路を可動子に近 接させた切り起こし構造の3タイプを示す。3タイプの導 体レイアウトを比較した場合,Uターン,及び切り起こし はいずれも消弧室の高さ方向への固定導体引き回しが必要 であるが,ブローアウトコイル構造は可動子の側面方向へ の展開であるという点が異なっている。これらのモデル作 成では,内部の磁場分布に影響する消弧板及び,接点近傍 のコアを適宜配置した。これらを基に解析を実施した結果, 可動子の開極加速度はブローアウトコイル構造,切り起こ し構造がUターン構造に対して約10%の向上効果があり, いずれも高速開極に優れているという見込みを得た。

2.3 遮断試験による各固定子構造の限流性能検証

図3は2.2節で述べた消弧室の簡易評価モデルを製作し, 遮断試験評価した際のアーク電圧,電流,消弧室内部発生 圧力の波形である。図4は限流性能についての比較結果で Uターン構造を100%として示した(遮断試験の回路条件は 1φ265V50kA,投入位相60°)。ここで,簡易評価モデル に機構部はなく,可動子を機械的に保持する機能はないの で、ここでは可動子の開極電磁力、つまり高速開極による 電流ピークの抑制効果を検証することを目的とし、機構部 の挙動や消弧板配置などの影響が大きい電流ピーク以降の 現象に関しては言及しない。このような点を踏まえ、遮断 試験の結果から次のことが判明した。限流性能に関しては, ブローアウトコイル構造がUターン構造に比べ5.5%優れて いることが分かる。これは図3の時間約2ms以降でアー ク電圧のdV/dtが大きくなっていることから、開極動作が 高速化されアークが伸張したものと考えられる。発生圧力 に関しては、Uターン構造と比較しブローアウトコイル構 造,切り起こし構造の2タイプが共に低い。原因として考 えられるのは高分子材料から成る細隙(さいげき)材の位置 である。細隙材はアーク自体の熱によって溶融,蒸発し, アークの温度を低下させるとともに消弧室内部の圧力を高 めてアークを圧縮し、限流性能を向上させる効果を持つ。 ブローアウトコイル構造、切り起こし構造の2タイプは、 Uターン構造に比べ細隙材が接点接触位置よりロータ側 (消弧板の反対側)に配置されていたため、消弧板方向に移



表1.ブローアウトコイル形2点切り導体構造の解析モデル(静電磁界解析ソフトウェア TOSCA)

"WS-Vシリーズ"の2点切り高限流遮断技術・小倉・伏見・高橋

動するアークと細隙材の距離が遠く,発生圧力が低下した ものと考えられる。この結果から,ブローアウトコイル構 造,切り起こし構造の2タイプは,圧力依存ではなく高速 開極に依存した限流性能向上技術であることが確認できた。 2.2節で述べた結果と合わせて,ブローアウトコイル構造, 又は切り起こし構造を採用することで,低圧力での限流性 能の向上が可能である見込みを得た。新型WS-Vシリー ズでは,高限流性能と筐体の小型化を両立させた製品スペ ックが求められており,切り起こしは反発電路をロータ上 下方向に配置する必要がある。このため小型化は消弧室高 さ方向に空間を確保する必要がないブローアウトコイル構 造の方が有利である。これらの理由から,この開発ではブ ローアウトコイル構造を採用した。

3. 3極品による遮断性能検証

図5に図1で示した製品形態での遮断試験結果(回路条件:3φ415V×1.1 150kA)の一例を示す。この図は3相遮断した中の電流最大相のアーク電圧,電流のみを表示しており,通電後約4.2msで遮断に成功していることが分かる。この結果から,小型化した筐体で世界トップクラスの遮断性能を達成した。

4. む す び

新型WS-VシリーズのNF125-RV,NF250-RVに搭載 する当社初のブローアウトコイル方式を適用した2点切り 遮断器構造,及び要素技術開発として高限流技術について 述べた。この高限流技術の実用化によって3φ415V150kA の遮断性能を実現することが可能となった。これらの技術





は、より高限流性能が求められる遮断責務の厳しい上位機 種への展開が可能であり、今後も適用機種拡大に向けて検 討を続ける予定である。

参考文献

- (1) 吉安 一, ほか:新限流技術"VJC", 三菱電機技報,
 60, No.4, 230~232 (1986)
- (2) 高橋 貢,ほか:新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の新遮断技術"ISTAC",三菱電機技報,69,No.4,353~357 (1995)