



谷辺俊幸*

低圧遮断器の現状と展望

R&D Activities of Low-voltage Circuit-breakers in Mitsubishi Electric Corp.

Toshiyuki Tanibe

要 旨

ヒューズから始まった低電圧電気回路の過電流短絡保護には、今日ではヒューズよりも取扱いに数々の利点のある低圧遮断器が普及し、広く用いられている。

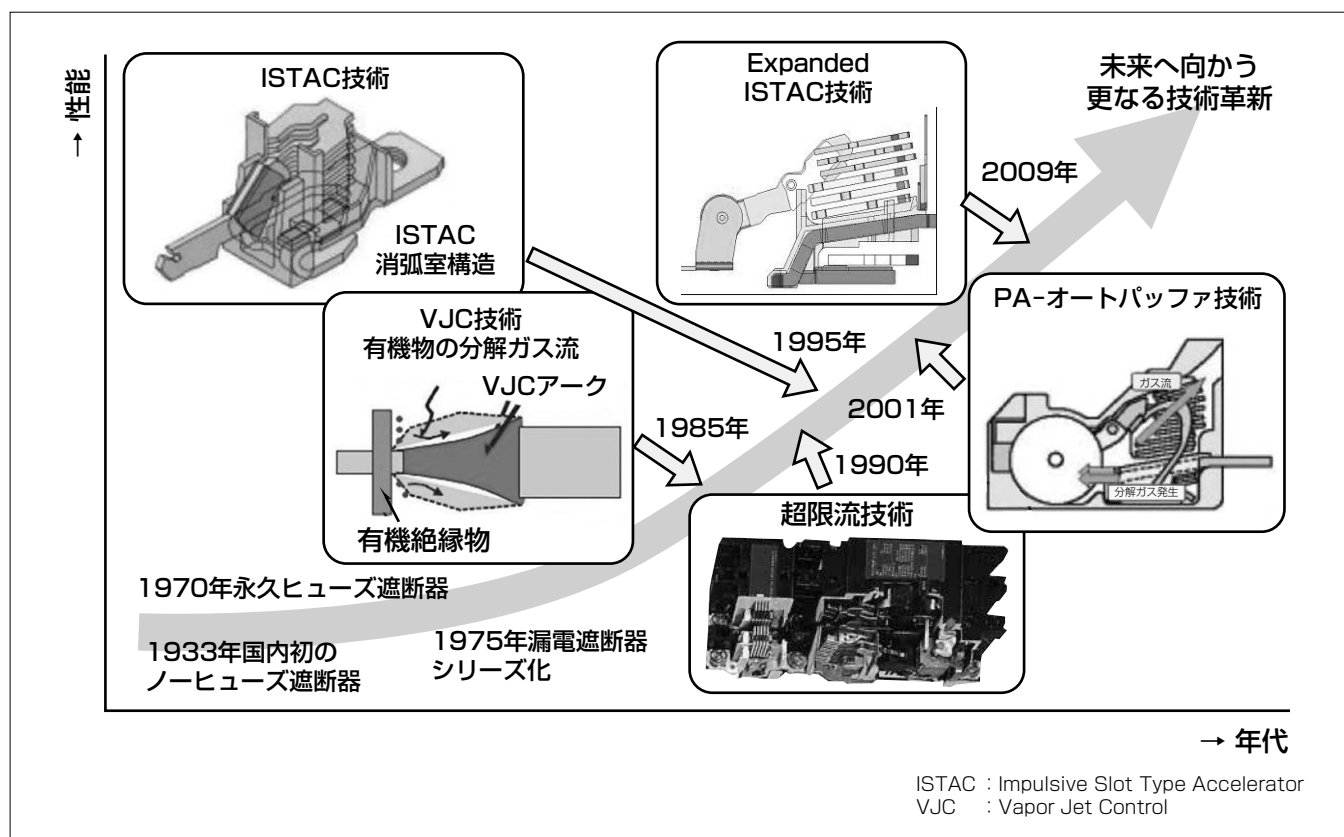
1933年に我が国で初めて三菱電機が“ノーヒューズ遮断器”の生産を開始して以来、小型化、大容量化、高性能化、高機能化を軸にした低圧遮断器の技術的発展はめざましい。当社における低圧遮断器の技術の変遷を俯瞰(ふかん)してもそのことがわかる。今日では、ヒューズからの置き換えのみならず、漏電遮断器、電子式遮断器、計測・表示・伝送機能付き遮断器などの幅広い製品群で低圧電気設備の発展に貢献している。

低圧遮断器の需要家市場を大別すると、建物や工場などでの使用が顕著な事例である受電盤、配電盤、分電盤など

のいわゆる“受配電市場”と機械装置の電気装置としてとらえられる工業用制御盤のいわゆる“機械市場”とに分かれる。それぞれの分野では共通のニーズもあるが、また、各分野独自のニーズも大きい。

低圧遮断器への要求ニーズの代表として、受配電市場では①遮断容量の拡大、②アークスペースの縮小、③取付け・接続の省力化を、機械市場では①各国規格への適合、②外形寸法の小型化、③工業用制御盤の短絡性能(SCCR)を採り上げて述べる。

本稿では、低圧遮断器の技術動向、市場動向を踏まえ、今回開発した“WS-Vシリーズ”を紹介しながら、当社における低圧遮断器の事業展開の一端について述べる。



低圧遮断器技術の変遷

1933年に我が国で初めて“ノーヒューズ遮断器”を製品化して以来、継続的な遮断技術の開発と高度化によって、現在に至るまで性能や信頼性を向上させてきた。今後も更なる技術開発によって、世の中のニーズにこたえる製品を創出する。

1. ま え が き

いつから電気エネルギーが利用されるようになったかについては、いろいろな始まりが考えられるが、現代文明社会に不可欠なものに成長してきたことは紛れもない事実である。特に、環境、エコの叫ばれる今日にあっては、クリーンエネルギーという面からも電気エネルギーの一層の活用発展が見込まれる。しかしこの便利なエネルギーも、一歩取扱いを誤ると大きな事故につながるため、保護機器の使用を欠かすことができない。

低電圧電気回路で安全保護を行うには、感電、熱、過電流、短絡故障電流、過電圧、不足電圧などに対応する必要がある。その中で過電流短絡保護はヒューズから始まっているが、今日では、取扱いでヒューズよりも利点の多い低圧遮断器(Low-voltage Circuit-breaker)(以下“遮断器”という。)にその座を譲っている。また、先に挙げた項目のほとんどに低圧遮断器が何らかのかかわりを持つようになっている。

当社は、1933年に我が国で初めて“ノーヒューズ遮断器”の生産を開始したが、人間でいえば喜寿を迎えるまでに至ったこの間に、低圧遮断器の発展はめざましく、小型化、大容量化、高性能化、高機能化を軸にして、漏電遮断器、電子式遮断器、計測・表示・伝送機能付き遮断器など、電気設備技術の発展に貢献してきた。

本稿では、低圧遮断器の技術動向、市場動向を踏まえ、今回開発したWS-Vシリーズを紹介しながら、当社における低圧遮断器の事業展開の一端について述べる。

2. 遮断器の技術の変遷

2.1 遮断技術による高性能化

現在もなお、世界各国のほとんどの遮断器に採用されている“デアイオン(De-ion)消弧方式”は米国ウェスチングハウス社のJ. Slepian博士の発明によるものであり、1927年にはDe-ion Circuit Breakerとしてウェスチングハウス社から製品化された。これは、交流(AC)電流が必ず零点を通過するというタイミングで事故電流を速やかに遮断できるように、アークの分断や冷却を図るものである。

その後、この方式をベースにしつつ、多くの遮断器メーカーが遮断容量や限流性能の拡大のための技術を開発し、製品化してきた。

当社も1933年に我が国で初めてデアイオン消弧方式の“ノーヒューズ遮断器”を発売して以来、金属ナトリウムを利用した自己復旧形限流素子“永久ヒューズ”付きのウルトラブレーカ(1970年)や、電磁反発による接点部の高速開極とアーク駆動とによる高限流品(1971年)を開発した。また、現在につながる技術として、接点部周辺に絶縁物のアークガス圧力反射板を配置した気中アーク制御技術VJC

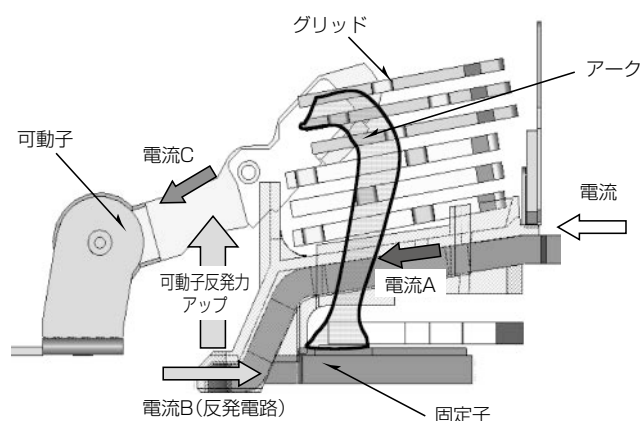


図1. Expanded ISTAC

(Vapor Jet Control)を搭載した遮断器(1985年)や、世界最大の遮断容量200kAを持つ高速転流式VJC(SJ-VJC)遮断方式の超限流ブレーカの開発(1990年)と続き、さらに、VJC遮断技術と磁気駆動を強化する導体配置を融合したISTAC(Impulsive Slot Type Accelerator)技術を採用(1995年)し、近年の開発として、PA-オートパッファ技術を採用した“WSシリーズ”(2001年)に至っている。

そして今回、Expanded ISTAC技術による遮断性能の向上やアーク走行遮断方式による小型化を追求した新製品として、WS-Vシリーズを完成させた(図1)。

2.2 電子回路による複合機能化

当社の遮断器の電子化は、過電流引き外し装置をバイメタルや電磁石を使用した熱動電磁式に代わってアナログのディスクリット部品で構成した電子式のもので実現したことに始まる。また、電気回路の過電流保護に加えて、地絡保護、漏電保護の機能を持たせた漏電遮断器も電子回路による複合機能化製品といえよう。さらに、計測・表示・伝送機能を付加したMDU(Measuring Display Unit)ブレーカをはじめとして、各種の電子化製品を開発してきた。

WS-Vシリーズでは、計測項目の追加と計測精度の向上を図ったMDUブレーカを開発し、電気設備のインテリジェント化をより進めることに寄与している。

2.3 省施工など利便性の向上

遮断器を使用するシステム全体の機能を向上させるために、遮断器の内部や外部に付加する各種アクセサリ類や、多様な外部導体との接続方法や遮断器の取付け方法に対応する構造が準備されている。

補助スイッチ、警報スイッチ、電圧引き外し装置、不足電圧引き外し装置などの内部付属装置は、かつては遮断器本体への後付け設置ができなかった。あらかじめ付属装置付きとして遮断器を製作する必要があるため、ユーザーの利便性を損ねていた。1995年に開発した製品から付属装置を遮断器へ後付け可能とするようにカセット化したことで、仕様の決定や調達面の柔軟性が上がり、ユーザーの利便性は飛躍的に高まった(図2)。

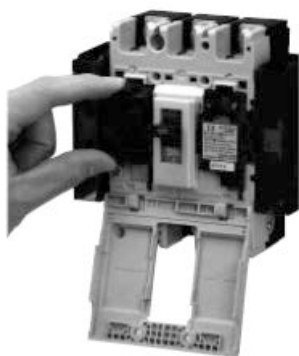


図2. カセット化された内部付属装置

接続方法については、電源母線や分岐母線に直接接続可能とする製品を開発し、差し込み(プラグイン)構造のバリエーションが拡大してきたことで、盤内配線の面からも省施工化が図れ、ユーザーの利便性が高まった。

3. 遮断器の市場動向とその対応

今日の遮断器の需要家は、使用形態の面からは、ビルや工場建屋などに設置される受電盤、配電盤、分電盤に代表されるいわゆる“受配電市場”と、機械装置の電気装置としてとらえられる工業用制御盤に代表されるいわゆる“機械市場”とに大別される。遮断器に対して、共通のニーズもあるが、それぞれの分野独自のニーズも少なからずある。

また、世界市場を規格の面から見ると、IEC (International Electrotechnical Commission) 整合規格系の市場と北米規格系の市場との違いが見受けられる。この違いは主として、電気インフラを規制する法基準、遮断器自体の製品規格や使用方法に関する各種アプリケーション規格、さらには各国に存在する認証制度などの違いによって生じるものである。

3.1 受配電分野

受電盤、配電盤、分電盤などに適用していくとき、遮断器に関係する主要事項は、定格値として遮断容量、性能面でアークスペース、構造的には外形寸法、施工面から接続方式や付属装置、付加機能として情報伝送などが考えられる。次にいくつかの項目について述べる。

3.1.1 遮断容量の拡大

電気エネルギーの消費量の増加に対応するため、設備仕様として変圧器容量を上げる場合がある。又は、同一容量の変圧器であっても、損失低減のためにインピーダンスの低い変圧器を使用する場合がある。これらの場合には、変圧器直下の短絡電流が増大することになる。このため、変圧器二次側に主幹遮断器として使用される遮断器には、従来以上に遮断容量値の向上が要求されることになる。負荷機器を内蔵することがなく、ほとんどが配線導体主体の盤構成の場合では、盤全体の回路インピーダンスが低いため、大きい遮断容量値を持った遮断器を選定しなければならない。

い。

このような要求に対応するため、遮断器の同じアンペアフレームに対し遮断容量の異なった数種類のモデルを準備することが一般的に行われている。当社の場合も汎用(はんよう)品(Sクラス)、経済品(Cクラス)、高性能品(Hクラス)などの製品系列を準備している。

3.1.2 アークスペースの縮小

国土交通省監修“公共建築工事標準仕様書(電気設備工事編)”では、平成19年版から、“短絡電流を遮断したときに排出されるイオン化したガスの影響を受けるおそれのある遮断器の一次側の導体は、絶縁処理を施す”との注記が追加された。遮断器が短絡事故電流を遮断するとき、内部の接点間にはアークが発生し、同時に内部気圧も急速に増大する。この内部圧力のため、アークによってイオン化したガスの一部が遮断器外部へ放出される。このガスの影響を受ける空間がアークスペースと呼ばれており、盤の絶縁性能を高めるためには重要な項目である。

遮断器にとっては、アークスペースを“ゼロ”にすることが究極の目標である。当社では超限流ブレーカでアークスペース“ゼロ”を実現しているが、さらに各製品でのアークスペース縮小を目指して研究を続けている。

3.1.3 取付け・接続の省力化

遮断器の取付けや盤内配線(絶縁電線、ブスバー)の接続など、不可欠の作業項目で盤の付加価値を大きくすることが重要である。盤の付加価値向上策として組上(そじょう)に載せるものに、ねじ締結作業の合理化や廃止があるが、遮断器側でも改善に努めている。

遮断器の取付け方法には固定取付け、レール取付け、差し込み取付けがあり、接続方法には表面接続、裏面接続、差し込み(プラグイン)接続などがある。これらの中で、比較的最近に発売したものが、差し込み(プラグイン)接続の範疇(はんちゅう)の製品となる“配電盤用プラグイン形遮断器”であり、盤内母線への遮断器の接続がねじ締結不要となる。分電盤用途に対しては、分岐母線にねじ締結不要で接続できる“分電盤用電源側プラグイン遮断器”をラインアップしている。さらに分電盤用途として、連結端子付きの遮断器もあるなど、ねじ締結廃止に寄与できる遮断器の開発に取り組んでいる。

3.2 機械分野

ここでは機械装置の電気装置を対象として述べるが、工業用制御盤に使用する遮断器に求められる主要事項は、仕様面で適合規格、構造的には外形寸法、施工面から付属装置、付加機能として情報伝送などである。次にいくつかの項目について述べる。

3.2.1 各国規格への適合

機械装置メーカー及びその機械装置を使用するユーザーの事業は、近年ますますグローバル化している。したがっ

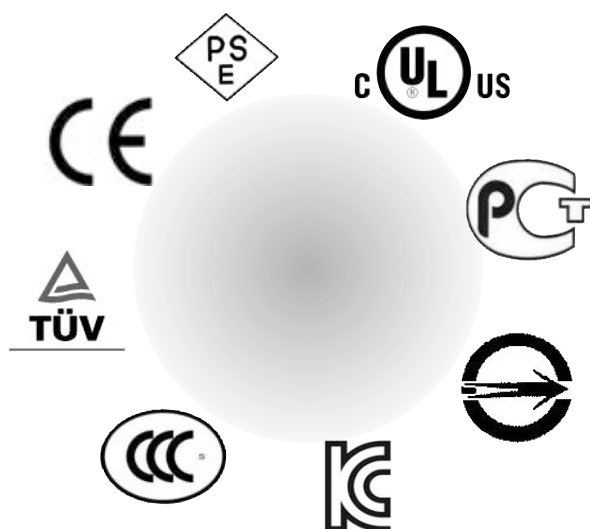


図3. 世界の主な認証マーク

て遮断器に対しても、グローバル対応が求められる。具体的には、各国規格へ適合することと、各国の認証制度に応じた認証の取得が必要になっている(図3)。

当社の遮断器は、欧州CE、米国UL、カナダCSA、韓国eK、中国CCC、台湾BSMI、ロシアGOST-Rなどの認証に対応し、顧客の製品のグローバル展開に寄与している。しかしながら、現状では1台の製品ですべての認証に対応することが困難であり、この点については今後の課題である。

遮断器の規格では、世界の製品規格の統一が困難な状況が継続している。これは、米国の遮断器の規格UL489が国際規格IEC60947-2と整合していないことが最大の原因である。世界の主要国で唯一の未加盟国であるロシアの加盟交渉の帰趨(きすう)が注目されているWTO(世界貿易機関)の一括協定であるTBT(Technical Barriers to Trade)協定は、加盟各国に対して“規格の整合”を求めている。しかし、米国における整合化の実態は、特に遮断器では進捗(しんちょく)がはかばかしくない。

UL489規格の要求事項とIEC60947-2規格のそれとは大きく異なる点があるので、現状ではUL489規格適合遮断器を他の規格適合品と別シリーズとした方が経済的である。“一製品全世界同一”が本来の意味でのグローバル製品であり、その実現は遮断器メーカーにとって大きな課題である。

3.2.2 外形寸法の小型化

機械装置では、装置全体へ電気を供給するための電気装置に対しては、機械装置全体の中で占めるスペースを少なくすることが求められており、その内部に収容される遮断器をはじめとした部品に対して小型化が要請される。

遮断器の開発の歴史は、小型化の歴史ということもできる。今回開発したWS-Vシリーズ遮断器は、幅寸法54mmという業界でも最小寸法の製品をラインアップしている。

従来の相当品が幅75mmであるから、約30%もの縮減となり、電気装置の小型化に大きく寄与できる。

3.2.3 工業用制御盤の短絡性能(SCCR)

米国NEC(米国電気設備規程)の2005年版から採り入れられた短絡電流定格SCCR(Short Circuit Current Rating)の要求は、関係諸方面に大きな影響を与えた。機械装置メーカーにとっては、工業用制御盤の短絡性能の意味が改めて問い直されることになり、機械装置を使用するユーザーでは、機械装置の電気仕様とそれを接続する電源設備仕様との協調が重要になってきた。さらに最も影響を受けたのは、遮断器のような部品メーカーであるといえる。

米国NECではSCCRを“定義された許容基準を超えて被害を受けることなく装置やシステムが接続できる公称電圧での推定事故電流対称値”と定義している。つまり短絡耐量である。なお、遮断機能を持つヒューズや遮断器にはSCCRの値がないので、便宜的に遮断容量をSCCR値として適用している。

電磁接触器やサーマルリレーなど、工業用制御盤の部品として使用される機器自体の電流遮断能力は一般的に小さいので、これらの機器のSCCR値を拡大するためには、組み合わせて使用される遮断器の限流性能が大きく影響する。

工業用制御盤にSCCR値を要求した規格に適合しようとする際、SCCR値をいくらにすればよいかという決定し難い問題が生じている。SCCR値が大きいほど望ましいように思えるが、そうすればするほど経済性が損なわれるし、対応できる機器の選択肢が狭まる。今後のSCCRに関する規格動向を注視していくことが重要である。

いずれにしても、遮断器としてはその限流性能をより一層高めていくことが重要であり、更には被保護機器との組合せによってSCCR値を高めることも今後の課題である。

4. 遮断器WS-Vシリーズ

当社は、1969年に“SCHATシリーズ”，1977年に“SCRUMシリーズ”，1985年に“Super SCRUMシリーズ”，1995年に“Progressive Superシリーズ”，2001年に“World Superシリーズ”，そして直近では2006年に“White & World Superシリーズ”と、常に時代のニーズに対応した製品を開発し、発売してきた。

今回、より多様化したニーズに対応するために、市場ごとに最適な製品を品ぞろえしながらも、外形サイズは4種類にまとめることで全体の構成モジュールの標準化を図り、製品力の向上と生産性の向上とを同時に実現したWS-Vシリーズを開発した(図4)。次にその特長を列記する。それぞれの詳細については、この特集号の別論文で述べる。

(1) 受配電市場向け

- ①外形寸法を維持し、遮断容量をアップ
- ②Icu=Icsを実現(Sクラス)



図4. WS-Vシリーズ

- ③電子式遮断器の進化
- ④125Aフレームに横幅75mm品追加
- ⑤内部付属装置共用化
- ⑥AC/DC共用の範囲拡大
- ⑦カセット付属装置の範囲拡大
- ⑧電流の歪(ひず)みによる不要トリップ軽減

(2) 機械市場向け

- ①業界最小寸法横幅54mm品
- ②各種最新海外規格への対応
- ③漏電遮断器にSHT(電圧引き外し装置)取付け可能
- ④内部付属装置共用化
- ⑤IEC35mmレール取付け標準対応(～125Aフレーム)
- ⑥AC/DC共用の範囲拡大
- ⑦カセット付属装置の範囲拡大
- ⑧UL規格品ラインアップ拡充と性能向上

5. 今後の展望

今日まで当社は、新遮断方式、新材料、並びに計測・通信技術の開発や生産技術の革新などを通して、市場のニーズに対応した遮断器の製品開発に努めてきた。

今後は、これまでに開発した技術の洗練化はもとより、

遮断技術の更なる革新による高限流・省スペース化、インテリジェント機能複合・ネットワークによるシステムコンポーネント化、機能安全思想も加味した高度安全製品化、環境負荷の一層の低減を指向した製品などを開発し、高信頼電力供給システムに貢献することを追求するとともに、グローバル市場に受け入れられる製品を供給していくことが重要であると考えている。なお、環境負荷低減の追求に当たっては、製品のライフサイクル全体での環境負荷が最小となるように指向することが大切である。

6. む す び

遮断器の技術動向、市場動向を踏まえながら、新しい製品の紹介を交えて当社の遮断器事業の展望について述べた。市場のグローバル化はますます進展するものと思われる。このような経済環境や社会環境の変動に迅速に対応していくことが重要である。今後も優れた技術開発に基づいた、市場のニーズを的確にとらえた製品開発によって、世界市場に受け入れられる製品の提供に努める所存である。

遮断器の活用がユーザー各位の電気設備の価値向上につながっていくならば幸甚である。