

## 第3部 受配電システム

# 受配電システム機器の技術展望

Technology Outlook of Power Distribution Systems Equipment



橋本孝治\*  
Koji Hashimoto

### 要旨

受配電システム機器は、社会のニーズに対応した技術の進展によって、安全・信頼性の追求、小型・軽量化、運用・保守性の改善が進められてきた。近年でも、変化する社会ニーズ(更なる安全性向上・電力安定供給、グローバル化・規格の国際化、IoT(Internet of Things)・高機能化・高信頼性、LCC(Life Cycle Cost)削減、省エネルギー・環境負荷削減、災害レジリエンス)に対応した技術の進展によって、三菱電機でも次に示すような技術を開発し、新製品を投入している。

#### (1) 国際規格に準拠した内部アーク放圧技術の進展

- ①スイッチギヤのIAC(Internal Arc Classified) AFLR対応技術
- ②低圧モータコントロールセンタへのIAC対応技術

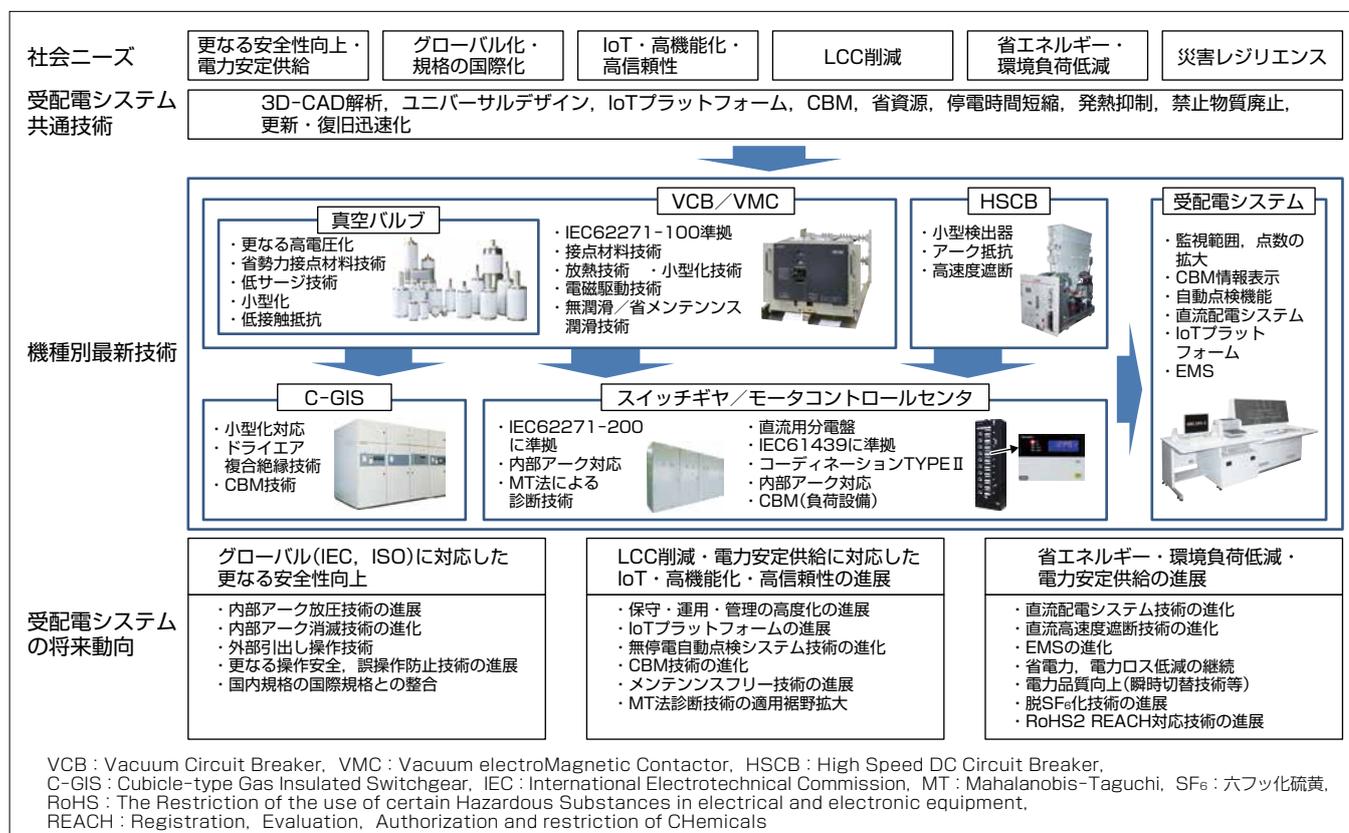
#### (2) IoT・高機能化・高信頼性の進展

- ①IoTプラットフォームの機能性向上技術
- ②モータ負荷設備のCBM(Condition Based Maintenance)技術
- ③真空遮断技術の高電圧化

#### (3) 直流配電技術の進展

- ①直流配電システムと当該EMS(Energy Management System)技術の進化
- ②直流高速度遮断技術の進化

今後も顧客ニーズは多様化し、高度化していくと考えられる。先に述べた受配電システム技術を更に発展させて、製品開発に反映し、受配電システム機器として付加価値の高い製品を提供することで社会に貢献していく。



### 受配電システムの技術マップと将来動向

受配電システムの社会ニーズに基づく技術マップと将来動向を示す。

## 1. ま え が き

受配電システムは、電力会社の配電線から電力を受ける鉄道・工場・ビル・店舗等の受電点から動力・照明など配電端負荷に至るまでの電力供給用設備、保護・計測・監視・制御装置を構成要素としている。これらは、公共・民間を問わず、社会インフラでの重要な基幹システムに位置付けられる。

受配電システム機器は、以前から社会ニーズに対応し、技術の進展によって、安全・信頼性の追求、小型・軽量化、運用・保守性の改善が進められてきた。また、近年でも、変化する社会ニーズに対応した技術の進展によって、国際規格に準拠した内部アーク放圧技術、IoT・高機能化技術、直流配電技術等が進展してきている。

本稿では、社会ニーズに対応することで発展している受配電システム機器の技術開発や製品化動向と展望について述べる。

## 2. 高圧配電盤の技術動向

長年国内高圧配電盤の準拠規格であった日本電機工業会規格JEM1425が国際規格IEC62271-200への統合の流れによって、2021年7月にJIS C 62271-200:2021として新規発行され、配電盤操作員に対する安全性がより重視されるようになった。そこで国際規格IEC準拠の海外市場向け配電盤を製品化した知見を活用し、このJIS規格に対応した安心・安全な配電盤を近日製品化予定である。近年このような規格国際化や、アフターコロナに対応したりリモート監視化の流れに従って、より高い安全性を追求し、IoT技術を用いた状態監視・診断等に対応した配電盤の需要が高まっている。

また特高配電盤領域では、絶縁媒体としてドライエアやSF<sub>6</sub>ガスを封入したC-GISが用いられているが、近年、カーボンニュートラルの実現に向けた脱SF<sub>6</sub>ガスの流れに従って、ドライエア等SF<sub>6</sub>ガス以外の絶縁媒体を用いたC-GISの需要が高まっている。

### 2.1 JIS C 62271-200:2021対応中圧配電盤

JIS C 62271-200では、内部短絡等の事故によってアークが発生しても配電盤操作員に危険を及ぼさない要求事項がオプションとして指定される。

この要求に対応するには、**図1**のように、内部アークを配電盤操作員に危険が及ばない安全な方角(基本的に上方、要求によって後方や下方)にだけ放出する構造が求められる。そこでIEC準拠海外市場向け配電盤開発で培った堅牢



図1. 内部アーク安全性試験の様子



図2. JIS C 62271-200:2021準拠高圧配電盤のイメージ

(けんろう)な箱体構造技術、放圧フラッパー動作機構技術、内部アーク挙動解析技術等を展開し、この規格に準拠した国内市場向け配電盤(**図2**)を近日製品化の予定である。

### 2.2 特高C-GIS

一般に33kV以上の定格電圧では、SF<sub>6</sub>ガス等の絶縁性能の高い絶縁ガスを絶縁媒体として、コンパクト・高信頼性のC-GISが用いられることが多い。SF<sub>6</sub>ガスは、高い絶縁性能の反面、地球温暖化係数が高く、世界的に使用抑制の動きがある。当社では、耐環境性を重視したドライエアをいち早く採用し、環境に配慮した特高C-GISをラインアップしてきた。今後も運用性、環境性、安全性を考慮したより使いやすい製品へのニーズに対応していく。

## 3. 配電用高電圧クラス遮断器の技術動向

受配電システム用の3.6~84kVの遮断器及び負荷開閉器には主に真空遮断技術が用いられている。近年はカーボンニュートラル実現に向けた再生可能エネルギーの普及に伴い、高電圧直流(HVDC)送電や84kVを超える特高开閉器の脱SF<sub>6</sub>ガスの要求があり、これらを構成する変換設備や遮断器にも真空遮断技術の適用が拡大されている。

### 3.1 高電圧真空遮断器

高電圧のスイッチギヤに収納される遮断器には、小型・軽量・保守の容易性等の多くの特長から真空バルブを収納した真空遮断器が主に適用されている。図3に真空バルブの外形の変遷を示すが、50年余りの技術革新によって、開発当時の10%以下の容積にまで小型化できている。真空バルブの小型化によって、真空遮断器自体も、注油周期の延長、操作エネルギーの低減、部品点数の削減を進めるとともに、安全性向上・環境保全の観点から、RoHS指令で使用制限される有害6物質を不使用(最大許容濃度以下)としてきた。近年、スイッチギヤの規格がJEM1425から国際規格に整合させて新たに制定されたJIS C 62271-200に更新され、遮断器取り外し等の保守時での安全性の向上がより求められるようになってきている。

### 3.2 特高クラス以上への真空遮断技術適用

84kVを超える特高クラスの開閉器に主に使用されてきた、環境負荷の高いSF<sub>6</sub>ガスを削減するための解決策の一つとして、真空遮断技術の特高クラスへの適用拡大が進められている。当社では2002年から図4に示す72/84kV用一点切り真空バルブを用いた遮断器を製品化しているが、より高い電圧クラスへ適用するためには、特に短絡遮断性能や耐電圧性能、大型化に伴う機械強度の確保等が課題であり、真空バルブを始めとした構成部品の材料、形状等の研究開発を進めている。

### 3.3 真空遮断器技術の他用途への応用

短ギャップでの高い消弧性能、絶縁性能と多数回開閉性能を特長とする真空バルブは、これまで変圧器用のタップチェンジャーにも適用されてきたが、これに加えて近年ではHVDC送電のための交直変換設備や機械式高電圧直流遮断器の高速転流回路等への適用が進められている。



図5. 真空式バイパススイッチ

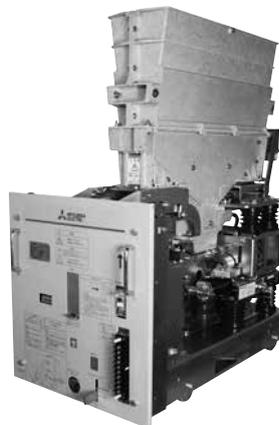


図6. JH形直流高速遮断器

断器の高速転流回路等への適用が進められている。図5は、最近適用が進むIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を用いた自励式変換器に設置される保護用のバイパススイッチの外観である。このスイッチには極間を短ギャップで構成できる真空バルブが適用されており、IGBT素子故障時に高速投入して素子極間を短絡して変換器を保護する役割を果たす。

一方、真空遮断器の高速駆動技術や電磁力によるアーク制御技術は、直流用気中遮断器に応用されている。図6は、主に鉄道用の直流系統に適用される直流高速遮断器の外観を示す。直流系統では、故障発生後に故障電流が急激に増加するため、できるだけ早期に遮断することが求められるが、故障電流検知からの高速接点駆動技術を電磁駆動によるアーク制御技術やガス流制御技術と組み合わせることで13ms以内での高速消弧を実現して遮断性能を向上(50kA→100kA)させている。

## 4. 低電圧直流配電及びIoT活用MCCの技術動向

受配電システム用低電圧クラスの配電盤やモータコントロールセンタ(MCC)は、近年、カーボンニュートラル実現に向けた再生可能エネルギーの普及に伴い、電源(太陽光発電、定置型蓄電池等)を直流連系して配電する低電圧直流(LVDC)配電の需要が高まっている。また、MCCが取得した計測値を解析して波形の分析結果から機器の劣化を予測したり、顧客のSCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)や当社プラットフォームと連携して新たな価値を提供するIoT化の技術が進展している。

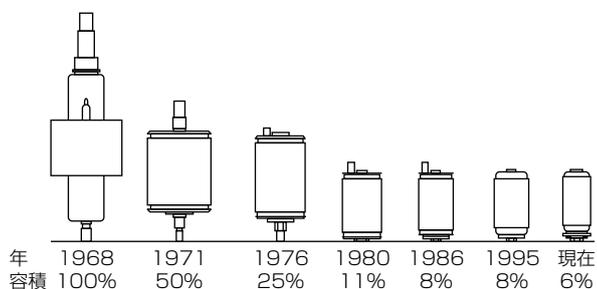


図3. 7.2kV-600A-12.5kA汎用遮断器用真空バルブの変遷



図4. 72/84kV用真空バルブ

### 4.1 直流給電用分電盤

再生可能エネルギー電源系統との連系点、又は負荷設備へ給電するための主母線を直流化(DC380V)し、電圧の変換段数を削減することでシステム全体の電力損失低減(=省エネルギー)を実現するDC380V直流給電システム用の分電盤(図7)を開発した。分岐MCCB(Molded Case Circuit Breaker)収納ユニットにプラグイン構造を採用し、他系統への電源供給を維持しながら安全にユニットの追加、撤去、交換作業が可能である。各分岐に負荷電流、漏洩(ろうえい)電流、電力量等の計測・液晶表示が可能な電子式マルチDC計測装置(表1)を搭載した。

### 4.2 IoTを活用したモータ診断システム

工場や上下水道プラント、発電所などで使用されるモータ設備に関しては、設備の故障停止による被害が甚大になることから定期的な点検作業を実施している。敷地内に点在するモータ設備に対して巡視点検が必要になることから、点検作業には多大な時間を要している。また、点検には音やにおい等、熟練作業者の五感によるノウハウによって点検される場合も多いが、少子高齢化が進んで、熟練作業者の不足も課題の一つとして挙げられる。

これらの課題を解決するため、オンラインでモータ設備を自動診断するシステムを開発・製品化した。このシステムは、独自解析アルゴリズムで、モータ設備稼働中の電流／

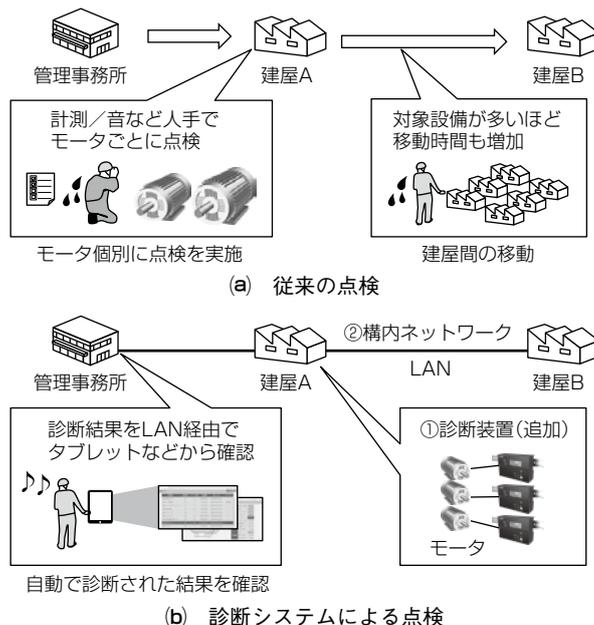


図8. モータ設備の点検イメージ

電圧情報からモータの異常発生前に兆候を検出する。  
 従来点検とこの診断システムによる点検イメージを図8に示す。従来点検では敷地内のモータ設備それぞれに対して移動/点検を実施していたが、診断システムによる点検では、診断装置をモータごとに設置し、構内ネットワークLANに接続しておくことで、タブレットやパソコンから診断結果をLAN経由でいつでも確認することが可能になる。

## 5. む す び

受配電システム機器の技術展望を、最近の技術・製品動向を主体に述べた。受配電システムは社会インフラの根幹を支える設備であり、更なる安全性向上・電力安定供給、省エネルギー・環境負荷削減などの社会的ニーズは今以上に高まると考えられる。また近年では、太陽光発電や風力発電のような自然エネルギーを利用した分散型電源の普及が進んで、直流配電技術を活用した、蓄電システムと再生可能エネルギー電源の併用による高効率運用・省エネルギーの促進が予想される。さらに、IoTプラットフォームとの親和性向上によるCBMや自動点検による保守作業の省力化、停電時間の短縮も進展すると予想されるなど、国内外を問わず顧客ニーズは多様化し、要求も高度化している。このような社会動向の中であって、今後も当社は、技術開発を更に進めて、受配電システムとして付加価値の高い製品とサービスを提供することによって、活力とゆとりある持続可能な社会の実現に貢献していく。

### 参考文献

(1) 長谷潤一郎：受配電システム機器の技術展望，三菱電機技報，94，No.11，612～617（2020）



図7. マルチDC計測装置搭載の直流給電用分電盤

表1. マルチDC計測装置の仕様

機能		測定・設定範囲
計測・表示	負荷電流	電流設定値の0～135%
	漏洩電流	0～250mA
	主回路電圧	0～440V
	電力	0～999,999kW
アラーム(表示)	電力量	0～9,999,999kWh
	過電流プレアラーム	50～115%
	漏電プレアラーム	0.2～50mA