

# 開閉，操作・表示，制御機器の現状と展望

## Current Status and Future Outlook for Switching, Operation/Display and Control Devices

久保山 勝典 Katsunori Kuboyama

鹿野 俊介 Shunsuke Shikano

月花 正志 Masashi Tsukihana

特集

低炭素社会を実現するため、エネルギーの発電・給電システムの多様化が進んでいる。多様化により太陽電池発電設備やデータセンタの直流回路向け器具の要求や電気設備の省エネルギー（省エネ）への要求が高まっている。この要求に応えるため、富士電機は配線用遮断器「Compact NS シリーズ」の機種を拡大した直流遮断器の提供や事業所などの電気・ガス・水道の使用量を監視する「F-MPC」を製品化し、ユーザの省エネ活動にも貢献している。なお、低圧機器の安全規格や法律の動向への対応を製品やシステムレベルで行えるようにし、ユーザ顧客設備の本質安全にも貢献している。

In order to achieve a low carbon society, systems for generating and supplying energy are becoming more diversified. As a result of this diversification, there is increasing demand for devices for the DC circuits in solar power generation facilities and data centers and for energy savings in electrical equipment. To meet this demand, Fuji Electric provides DC circuit breakers that expand the range of models in the “Compact NS Series” molded case circuit breakers and has commercialized “F-MPC” multiple function protection systems and devices that monitor the electricity, gas and water usage of a business or the like. Fuji Electric also contributes to the energy-saving initiatives of its customers. Furthermore, so as to support, on a product or system level, the trend toward safety standards and regulations of low-voltage equipment, Fuji Electric also contributes to the intrinsic safety of customers’ equipment.

### 1 まえがき

近年、地球温暖化を防止するため、低炭素社会の実現が地球規模での急務な課題となっている。従来の化石燃料の燃焼による発電に替えて、自然界に存在し、繰り返し再生可能なエネルギーによる発電が加速的に拡大している。

本稿ではこのような電気エネルギーの供給の変化に対応する開閉，操作・表示，制御機器の動向および電気設備の安全要求の動向と最近の新製品の特徴を紹介し、今後の取組みについて述べる。

### 2 再生可能エネルギーの利用と省エネルギー化の動向

#### 2.1 世界・国内動向

地球温暖化対策として2008年度から「京都議定書」の削減実行期間が始まり、2012年度までの5年間に温室効果ガス排出量を平均で1990年度比6%削減する計画になっている。京都議定書に定めた削減目標達成のため、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）はいっそうの適用範囲の網羅化の上でさらに規制を強化する改正が行われ、2010年4月1日より施行される。

さらに、鳩山首相が2020年までに温室効果ガス排出量を1990年比で25%削減する中期目標を発表し、2009年12月の気候変動枠組条約第15回締約国会議（COP15）では、先進国は京都議定書のレベルより排出削減を強化する合意が成されるなど地球規模の取組みが推進されている。

国内では経済産業省が2008年3月に低炭素社会を作るための21の技術をまとめた“Cool Earth 革新技术計画”を発表している。

このような動きを背景として、各企業は省エネルギー

（省エネ）化対策や太陽光や風力などの再生可能エネルギー用発電設備の拡大およびCO<sub>2</sub>排出量を低減する電気自動車の開発などに積極的に取り組んでいる。

電力各社は、発電・送電における電力効率向上や太陽光発電を大幅に増やす政府方針に対応した日本型スマートグリッド（次世代送電網）構想を進めている。

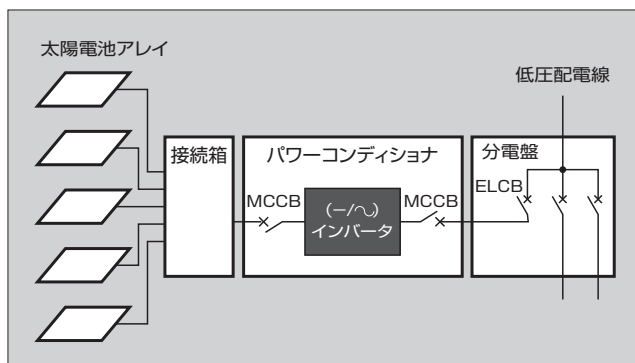
次に、再生可能エネルギーとして注目されている太陽光発電システムや環境配慮型データセンタなどの直流回路における低圧器具への要求と具体的な適用について述べる。

#### 2.2 太陽光発電システム

再生可能な自然エネルギーによる発電として太陽光発電や風力発電が挙げられる。これらの発電エネルギーは自然環境に依存して出力変動が大きいことから、発電した電力を直流電力として蓄電池に蓄える電気設備事例が多い。

開閉機器は交流回路において電流零点で絶縁を確保して遮断するが、直流回路は零点が存在しないため電流の遮断が難しい。したがって、断線などの事故において、発生するアークが消弧できず火災の発生や感電事故の心配がある。

図1 太陽光発電システムの構成例



このため、直流回路に適用できる開閉機器、制御機器、保護機器の要求が急激に高まってきている。

太陽光発電システムの構成例を図1に示す<sup>(1)</sup>。太陽電池アレイからパワーコンディショナのインバータ入力部までが直流電圧である。一般的にパワーコンディショナの定格入力電圧はDC200～500Vである。電圧変動や開放電圧を考慮し、開閉器や遮断器はDC750V程度までの性能が要求される。

接続箱の内部回路図と構成機器例を図2に示す<sup>(1)</sup>。接続箱は、太陽電池アレイ故障時の波及範囲の極少化や保守・点検時に回路を分離し作業を容易にするものであり、直流開閉器、避雷器、逆流防止ダイオードなどを設置する。直流開閉器には太陽電池の直流電圧や通電電流および太陽電池アレイの短絡電流遮断能力を持つMCCBなどの遮断器を使用している。避雷器は、太陽電池アレイあるいはパワーコンディショナを雷サージから保護するために設置され、電源給電の安定性や信頼性を高めるサージ保護機器として重要である。

2.3 環境配慮型データセンターの高電圧直流給電方式

IT機器の高密度化により、大量に電力を消費するデータセンターの省エネ対策として高電圧直流給電方式が検討されている。高電圧直流給電は、受変電設備の効率向上と電

図2 接続箱の内部回路図と構成機器の例

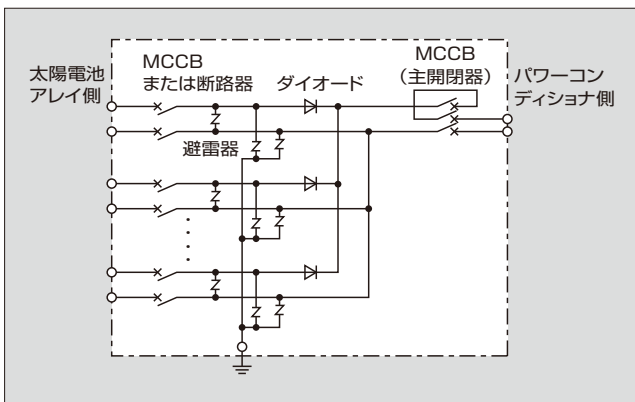
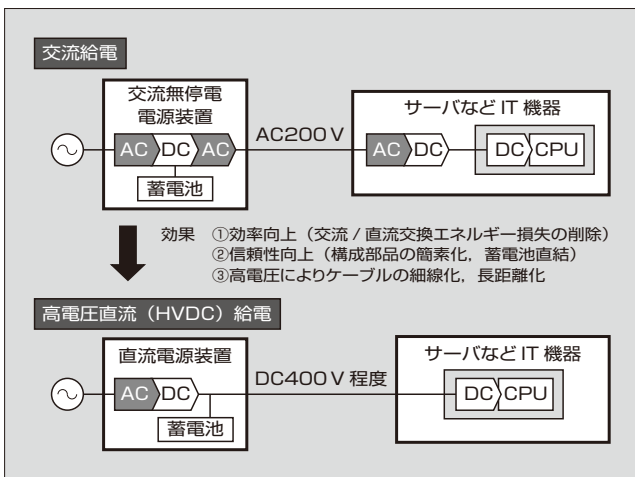


図3 交流給電と直流給電システムの比較



力消費量の低減を狙った方式である<sup>(2)</sup>。

交流給電システムと直流給電システムの比較を図3に示す。高電圧直流給電方式はDC400V程度の高電圧の直流で直接サーバ機器へ給電する方式であり、UPS機器やIT機器におけるAC-DC変換の回数を減らすことで、電源システム全体としての変換効率を高めるものである。さらに、ケーブルの細径化による設備コスト削減や長距離化も可能とし、設置自由度の向上も図れる。

図4に高電圧直流(HVDC)給電システムの構成例を示す。直流開閉器には通常配線用遮断器(MCCB)、ミニチュアサーキットブレーカ(MCB)などの遮断器を使用する。機器の選定においては、直流電圧や負荷電流だけではなく、直流電源装置やバックアップ用蓄電池、コンデンサの特性を考慮した遮断容量の検討や保護協調の検討が必要である。

直流給電は、家庭やオフィス、工場、店舗および電気自動車など多岐の分野で普及が加速しており、開閉機器、保護機器の直流回路への選定および適用技術が重要になってくる。

③ 低圧器具の直流回路適用

3.1 低圧遮断器の直流回路適用

(1) 低圧遮断器「Compact NSシリーズ」の直流回路への適用

図4 高電圧直流(HVDC)給電システムの構成図

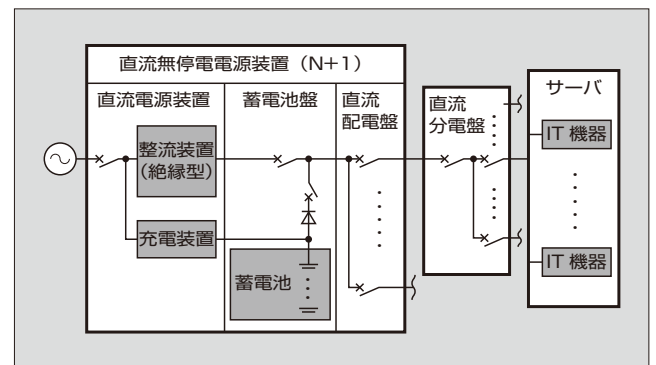
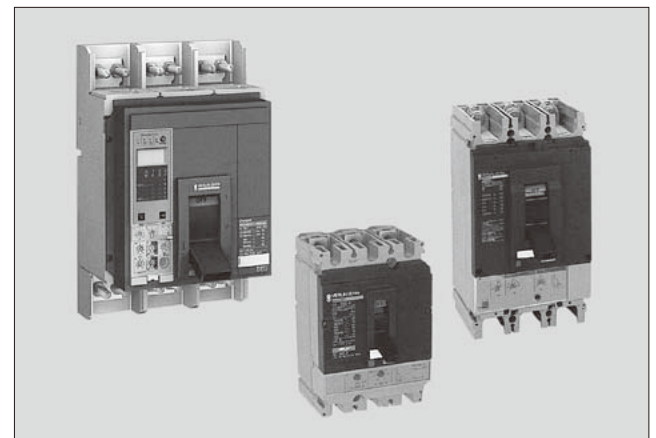


図5 「Compact NSシリーズ」



電流零点がない直流配電回路を安全に開閉・遮断するため、Compact NS形の配線用遮断器シリーズ(図5)は、可動接触子に二つの接点を配置して回転させるロータリーアーク遮断方式を採用している。この方式は、1接点を配置したMCCBよりも1極当たりの開極距離が大きいいため高電圧遮断が達成できる。DC250Vで100kA、2極直列でDC500V回路、3極直列でDC750Vの回路へ適用できる。また、4極ブレーカを設置することで、大きな負荷電流にも対応できる。

図6に示すように、回路電圧はDC24VからDC750V、回路電流は1,000Aまでの広範囲の適用が可能である。

(2) 高電圧直流回路への適用と注意事項

国内の交流電気設備ではTT接地方式が主流である。データセンタや病院などでは絶縁劣化時の地絡動作などによる突然の給電停止や感電を防止する狙いで、非接地(IT)系統も採用している。直流回路においても同様に、TN, TT, ITの各種接地方式が採用される。以下に各種接地方式における接続方法や注意事項を述べる。

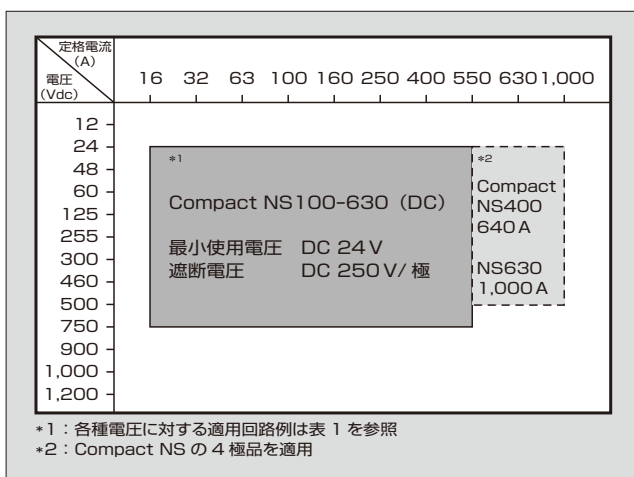
表1に高電圧直流回路へのCompact NSシリーズの接続方法と、短絡・地絡事故点における1極当たりの分担電圧を示す。また、表下段には事故点と配線用遮断器の動作・不動作の関係を示す。IT方式における一線地絡故障では地絡電流が流れないため不動作であるが、一線地絡故障に気づかず放置すると二重地絡による感電や遮断事故の恐れがある。このため、絶縁監視装置などの設置による予防監視が必要と考える。

なお、表1に示すように、負極設置の場合や有極性の直流遮断器を用いる場合には、接続方法にも注意が必要である。

3.2 低圧開閉機器の直流回路適用と直流制御化

電磁開閉器などの低圧開閉機器の用途は、主として誘導電動機の始動/停止などの交流負荷開閉が一般的であった。ただし、前述した電気設備動向により直流回路の開閉や異常時の断路などの直流負荷制御用途が拡大している。さら

図6 「Compact NSシリーズ」の直流回路への適用範囲



に、電力損失の低減や蓄電池の大容量化により、直流回路の高電圧、高電流化が進んでいる。

図7に低圧開閉機器の直流回路適用範囲を示す。電圧DC24～1,500V、電流1～1,000Aまでの広範囲の電圧/電流領域に対応できるようにラインアップしている。

また、生産設備や電機システムの制御盤の最近の技術動向として、感電保護対策をするためのPELV(保護特別低電圧)回路の採用やプログラマブルコントローラ(PLC)による制御機器の直接ドライブおよび直流電源の小容量化などが挙げられる。このため、直流操作形電磁接触器はさらに低い操作電圧や低消費電力が求められている。「LC1-Dシリーズ」(接点定格9～38A)および「SC-N4～N5/

表1 高電圧直流回路の接続方法と保護動作

接地方式	直流電路接地			直流電路非接地		
回路図と地絡・短絡事故点						
分類	遮断性能: 250V/極の遮断器 (Compact NS)					
適用電圧	適用極数	TN (接地極を切り離さない)	適用極数	TT (電源と負荷を切り離す)	適用極数	IT (非接地)
250V	1極		2極		1極	
					2極	
500V	2極		3極		2極	
750V	3極		4極		3極	
750V 正極接地	3極		4極		3極	-
事故点における1極当たりの分担電圧	A, B: 250V		A: 250V B: 125/167/188V (適用電圧: 250/500/750V)		A, C: 非接地で電圧分担なし B: 250(1極)/125(2極) (適用電圧: 250V) /250/250V (適用電圧: 500/750V)	
地絡・短絡時の配線用遮断器の動作/不動作*						
事故点	A	○地絡	△地絡 (抵抗値により変化)	×(一線地絡)		
	B	○短絡	○短絡	○短絡		
	C	-	-	×(一線地絡)		

\*): ○: 動作を示す △: 不定を示す ×: 不動作

図7 低圧開閉機器（電磁開閉器）の直流回路への適用範囲

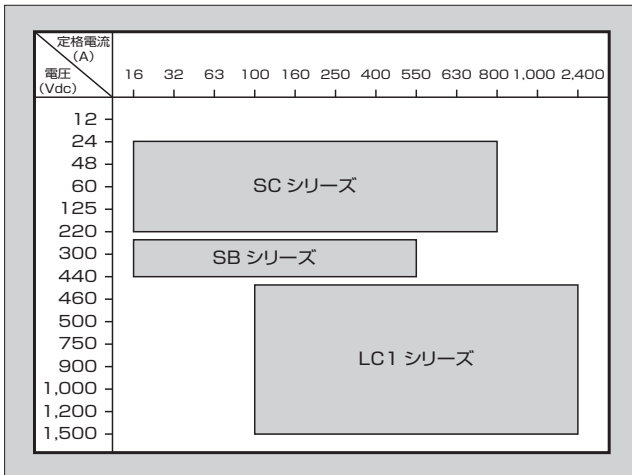
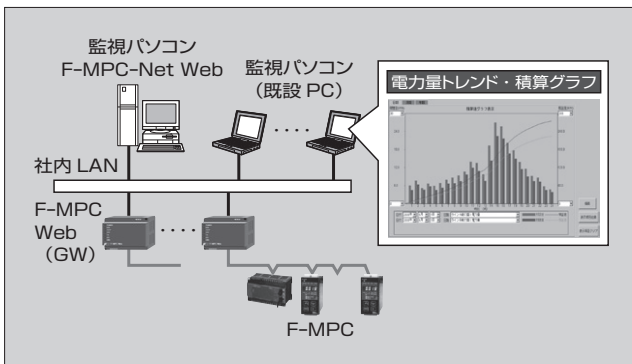


図8 エネルギー監視システムの構成例



Gシリーズ」（接点定格 80～93 A）は、その消費電力をそれぞれ世界最小クラスである 2.4 W，20 W に低減した。

### 3.3 改正省エネ法とエネルギー監視システムの動向

再生可能エネルギーにおいても消費する電力の監視は重要である。2010 年の改正省エネ法施行で、従来の工場・事業場単位のエネルギー管理から、事業者単位（企業単位）で経営的視点による省エネ企画立案と推進管理を求めるエネルギー管理に規制が変わる。ビル管理者やコンビニエンスストアなどのフランチャイズチェーンを展開する業務部門にかかわる規制が強化される。規制対象範囲率が現行約 10% から、改正で 50% 程度に拡大すると予想される。

個々の契約電力やエネルギー使用量があまり大きくない事業者オフィスや加盟店なども対象となるため、専門知識がない人でも簡単に電力監視が行えることが必要である。このニーズに応えるため、比較的廉価な初期投資で小規模システムから導入可能な「F-MPC Web」ユニットを開発した。

図8に F-MPC Web ユニットによるシステム例を示す。パソコンなどに汎用ブラウザがあれば専用ソフトウェアは不要で、簡単に消費エネルギーの把握ができる。

表2 低圧機器関連の法・規格の動向

法・規格の動向	内容
電気設備技術基準へ IEC 規格の導入、細則発行	TN システムおよび感電保護や過電圧保護方式の思想導入
低圧電気設備の使用部品の JIS が IEC 規格に一本化	低圧電気機器の設計基準の欧米流統一プラットフォーム
ISO 12100, IEC 60204-1 の普及、IEC 60204-33 の新規発行	機械の電気装置や半導体製造装置の安全規格の充実と浸透
改正省エネ法, RoHS 指令	温暖化防止と環境規制, 有害物質の使用禁止
NEC (National Electrical Code) の改定	米国へ輸出される制御盤に "SCCR: 短絡電流定格" の値の表示

図9 「Power Pact シリーズ」



## 4 電気設備の規格動向と器具の取組み

### 4.1 電気設備の規格動向

わが国では、低圧電気設備および使用部品の国際規格（IEC 規格や ISO 規格）への整合化が急激に進行している。「電気設備技術基準の解釈について」には国際規格の取入れ（IEC 60364 の適用）が追加され、国内電気設備に IEC 規格による工事が認められた。併せて、IEC 規格に整合した JIS C 0364 シリーズも発行された。

産業機械の電気装置に関する安全規格としては IEC 60204-1（JIS B 9960-1）が確実に普及し、機械の制御盤などにおいて、この規格が設計の指針になってきている。

新しい安全規格の動向としては、半導体製造装置において米国の SEMI 規格（S22）と IEC 規格の整合も積極的に行われ、半導体製造装置の国際規格 IEC 60204-33 も新規に発行された。さらにインタロックや非常停止、各種センサなどの安全機器個別の規格も整備され、機械の電気装置には安全規格の順守が強く求められている。

米国においては NEC（National Electrical Code：米国における電気設備基準）の改定により短絡事故発生時において二次災害や発火などがなく、現場での作業者の安全を

特集2

確保する目的で SCCR (Short Circuit Current Rating: 短絡電流定格) の値を産業用制御盤に表示することを義務付けている。この短絡電流定格は盤内機器が短絡電流に耐えられる限界電流であり、その機器が短絡電流によって損傷しても、発火、爆発や絶縁機能の消失により人や周辺設備に危害を及ぼさないことである。表2に低圧機器関連の法・規格の動向を示す。

#### 4.2 低圧遮断器のSCCRに対する対応

OHSA (Occupational Safety and Health Administration), IAEI (The International Association of Electrical Inspectors) は NEC に基づき、製品と設備が安全に構築されているかを検査し、場合によっては改善を強制する機関である。工場の電源から供給される推定短絡電流値と制御盤のSCCR値の協調も OHSA や IAEI が監査する。仮に制御盤を設置した場所での推定短絡電流値よりも制御盤のSCCRが大きくなければ設備に通電ができず、部品や設計変更によりSCCR値を高くしなければならない。

富士電機は制御盤の多様なSCCR要求に幅広く対応できる。AC240V/25～50kA, AC480V/10～50kAのSCCRの要求には、「G-TWIN」ブレーカが適用できる。

SCCRの要求がAC240V, 480V/50kAを超えるときは、北米向けのUL489対応「Power Pactシリーズ」(図9)で対応可能である。本シリーズは、600VΔ回路にも採用できる。

#### 4.3 機械安全規格動向と器具の取組み

機械安全や機能安全の浸透に伴い、作業者の安全を確保するために機械・設備にあらかじめ安全対策を実施し、故障や誤った使い方をした場合に人に危害が及ばないように生産設備や機械の制御装置・システムに多様な安全機能が求められるようになってきた。主な要求としては、単一部品の不具合で安全機能を損なわない冗長設計の要求(安全カテゴリ3, 4)、故障の自己検出機能の要求(安全カテゴリ3, 4)、電磁障害など冗長性を妨害する現象を防ぐためのダイバーシティ要求(安全カテゴリ4)、不用意な起動を防止する要求、オペレータインタフェースとしての視認性の要求などが挙げられる。これらの制御装置・システムの安全機能は適切な安全機器の使用およびその構成によって実現できる。

富士電機はφ16非常停止押しボタンスイッチ、ワイヤロープスイッチ、各種センサ、安全ドアスイッチ、安全リ

レーユニット・安全コントローラの安全機器をラインアップした。MCCBや開閉機器などの製品に加えて安全機器をラインアップすることで、総合的により信頼性の高い生産設備の安全構築に貢献できる。

#### 5 あとがき

地球温暖化対策は今後、グローバルな取組みが進んでいく。その有効な手段の一つである再生可能エネルギーを採用した電力設備は、ますます多用化していくことが予測される。これらの電気設備を確実に保護・制御・監視する低圧受配電機器、開閉機器、安全制御機器、予防保全機器などはいっそう重要となる。富士電機はグローバルな市場要求を今後とも製品に取り込み、お客さまの抱える課題のソリューションとなる製品を供給していく所存である。

#### 参考文献

- (1) 太陽光発電協会編. 太陽光発電システムの設計と施工. 改訂3版. オーム社. 2006, p.245.
- (2) NTTファシリティーズ. “高電圧直流給電システム実証実験の結果について”. NTTファシリティーズメールマガジン. 2009-12-15, no.00134.



久保山 勝典

低圧遮断器の開発設計、低圧機器全般の商品企画に従事。現在、富士電機機器制御株式会社技術・開発本部副本部長。



鹿野 俊介

アナログ回路、デジタル回路の設計、製品企画業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社技術・開発本部開発部マネージャー。



月花 正志

制御リレーの設計、低圧器具製品の企画業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社技術・開発本部開発部マネージャー。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。