

# 盤製作の省工数に貢献するねじレス端子技術と製品群

Screwless Terminal Technology and Products that Contribute to Panel Manufacturing Labor Savings

町田 謹斎 MACHIDA, Noriyoshi

浜田 佳伸 HAMADA, Yoshinobu

受配電・開閉・制御機器コンポーネントの多くが、制御盤や受配電盤で使用されている。近年では熟練作業者の減少により、配線工数の削減、スキルレス、メンテナンスレスのニーズが高まっている。このニーズに応える省工数機器を具現化するため、顧客の声を直接聞きながら、問題解決を図るためのプロトタイプングを行った。これにより、配線工数の削減、盤の小型化、使いやすさ・信頼性・メンテナンス性の向上に寄与するねじレス端子技術を開発した。また、省工数機器としてプラグインブレーカが普及しており、信頼性と利便性が向上した新たなプラグインブレーカを開発した。

Many electric distribution, switching and control devices are used in controlboards and switchboards. In recent years, the decrease in skilled workers has led to a greater demand for reduced wiring person-hours, as well as maintenance-free and skill-free equipment operation. In order to develop labor saving equipment that meets these needs, we carried out customer interviews and surveys and implemented prototyping with the goal of solving their problems. As a result, we have developed a screwless terminal technology that contributes to reducing wiring man-hours, while miniaturizing the size and improving the ease-of-use, reliability and maintainability of panels. Furthermore, we have also developed a new plug-in circuit breaker that improves reliability and facilitates convenience in order to meet the growing popularity of labor saving plug-in circuit breakers.

## ① まえがき

受配電・開閉・制御機器コンポーネント（コンポーネント）の多くが、制御盤や受配電盤の構成部品として使用されている。富士電機は、コンポーネントにおける継続したニーズである小型化、高性能化、ユーザインタフェースの向上、およびグローバル化に対応してきた。近年ではこれに加えて、熟練作業者の減少に伴って、配線工数の削減、スキルレス、およびメンテナンスレスの高まるニーズに対応した技術や製品の提供が求められている。

富士電機は、お客さまからニーズを直接聞きながら、新製品のコンセプトと仕様について十分な事前検証を行い、製品開発を行っている。

本稿では、このような事前検証と開発を行った制御盤におけるねじレス端子技術、ならびに受配電盤において製品取付けと配線を同時に行うプラグイン形の配線用遮断器（ブレーカ）について述べる。

## ② 顧客ニーズの把握と製品開発への反映

富士電機は、コンポーネントの主要顧客である機械メーカーと盤メーカーが直面している課題を調査した。調査結果は次のとおりであった。

- コストダウンのための部材の購入費や組立時間の削減
- 品質の維持・向上
- 配線作業の簡易化とメンテナンスフリー化

また、国内のコンポーネントで使用しているねじ端子に関して次に示す問題があることが分かった。

- (a) 配線工数が掛かる。ねじ端子を緩め、電線先端に圧着端子をかきめ、ねじで締め付け、締め付けの確認を行う必要がある。

- (b) 端子ねじの締め付けには、トルクの管理が必要である。

- (c) 端子ねじは、時間の経過とともに緩むため、盤の運搬後に増し締め作業が必要である。

- (d) ねじ締めは、有資格者による作業が必要である。

このようなねじ端子の問題を解決するために、制御回路から主回路までのコンポーネントに対して、ねじレス端子構造のアイデアなどを盛り込んだモデル制御盤を製作し、直接、顧客の声を聞きながら問題解決を図るためのプロトタイプングを行った。

## ③ ねじレス端子の対象製品群と開発項目

### 3.1 ねじレス端子の対象製品群

富士電機は、主回路から制御回路までのコンポーネントについてニーズの高いねじレス端子技術を開発している。

図1に開発計画中のねじレス端子の製品群を示す。

### 3.2 ねじレス端子技術の開発項目

顧客ニーズについてレビューを行い、配線工数の削減、盤の小型化、使いやすさ・信頼性・メンテナンス性の向上に寄与するねじレス端子技術の開発項目を図2のようにまとめた。

ねじレス端子として、電線を板ばねの力で保持する構造のスプリング端子を採用した。スプリング端子は、既に端子台にねじ端子と併用されている。なお、スプリング端子に電線を接続するときは、より線または単線の先端の被覆を剥いてから挿入して接続する。より線の先端の素線ばらけを防止するときに、フェルール端子が主に使用されている（表1）。

- (1) 配線性と使いやすさに優れたプッシュイン方式

スプリング端子には、プッシュイン方式とケーシクラ

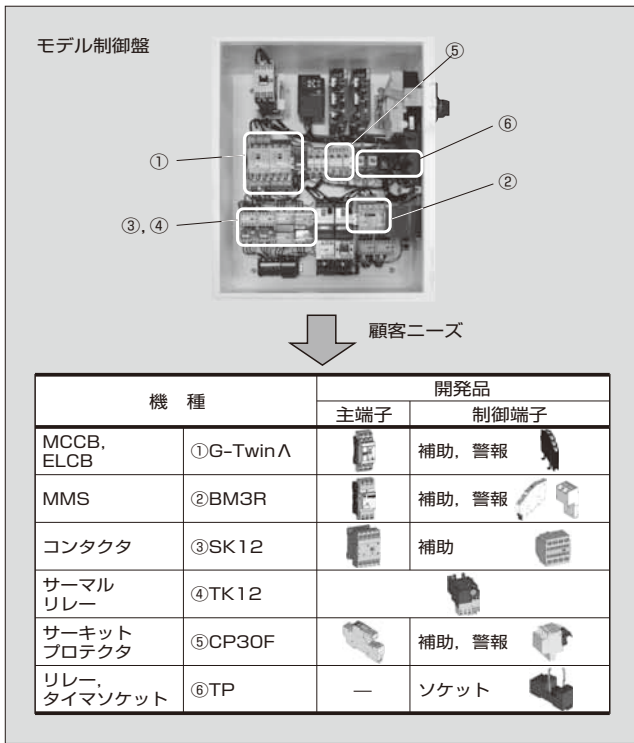


図1 開発計画中のねじレス端子の製品群

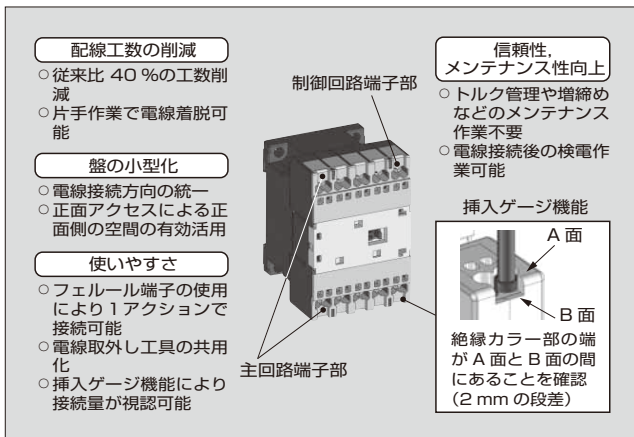


図2 ねじレス端子技術の開発項目

プ方式の二つの方式がある。ケージクランプ方式では、工具を挿入した後、電線を差し込み、工具を抜くという三つの作業工程からなる。これに対して、プッシュイン方式では電線を差し込むだけの一つの作業工程で配線作業が完了する。そこで、工数が少なく配線性に優れているプッシュイン方式を採用した。さらに、電線を外す場合も工具を差し込んで片手で作業ができる構造にしている。

また、渡り配線に対応できるように各端子は分岐端子付としている。端子の配置は、リレーやタイマソケットのように、複数極の電線の差込穴を持つ機器では電線の差込穴を一行に並べる構造が一般的であった。しかし、この構造ではマークチューブがひしめき合い、表示文字が見にくくなるという問題があった。そこで、分岐端子を1列ずらした千鳥配置(図3)とし、見やすさに配慮した。

さらに、配線作業者が電線の差込みが完了したことを視

表1 プッシュイン方式とケージクランプ方式の特徴

方式	接続電線	電線の差込み作業		
		工具挿入	電線挿入	工具を抜く
プッシュイン	より線			
	フェール端子	なし		なし
ケージクランプ	より線			
	フェール端子			

スプリング端子に使用する電線

より線    単線    フェール端子

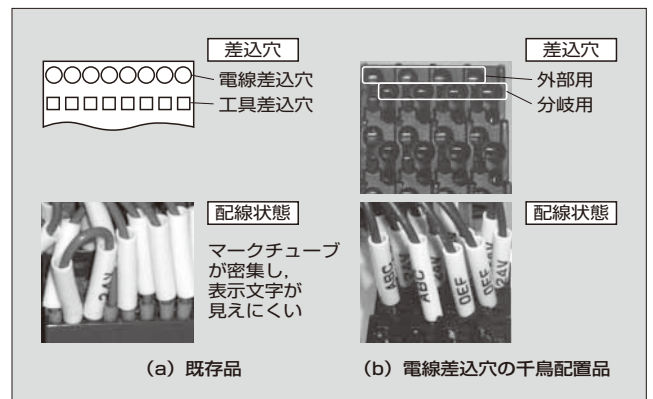


図3 リレー, タイマソケットの千鳥配置

覚的に認識できる挿入ゲージ機能を表面カバーに取り入れた。絶縁カラー付フェール端子を使用するユーザの声を基に、表面ケースと絶縁カラー部との視認性の優れた位置関係とした。また、配線作業者が電線の差込み作業を途中で止めないように、電線と板ばねが係合した後に荷重が変化する機構を設け、電線の差込み途中で止めにくする工夫も取り入れている。

(2) 盤の小型化への貢献

全ての電線の差込み作業を、機器の正面から行う構造とした。正面側の空間を有効に使用することによって、機器を効率的に取り付けることができる。また、電線の差込み方向を統一することによって、盤の配線作業の自動化につながる。

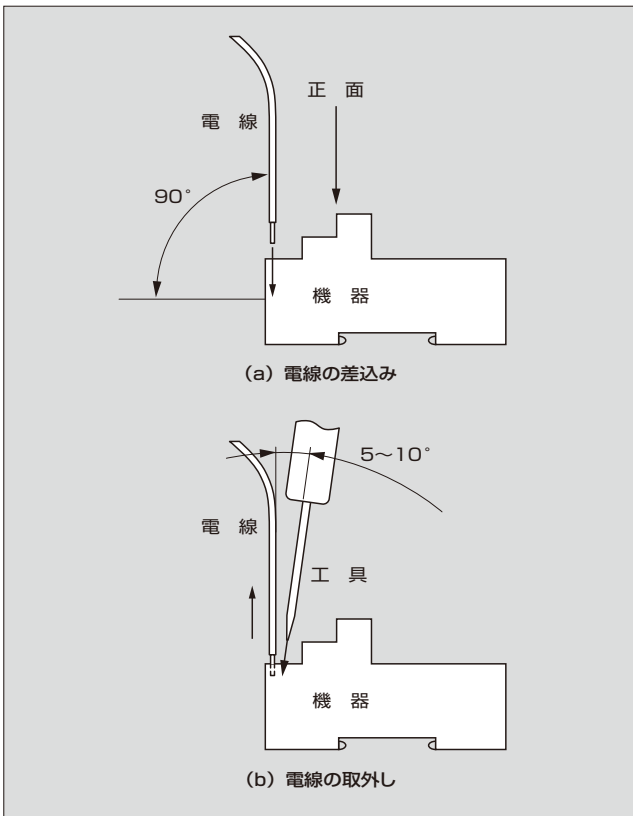


図4 電線と工具の差込み方向

さらに、電線取外し作業の際に5～10度傾けて工具を差し込む構造とすることにより、電線差込穴が工具の柄の部分で隠れることなく見えるようにした(図4)。

#### 4 プッシュイン方式のスプリング端子の設計指針

プッシュイン方式では、接触抵抗の抑制、電線引抜力の確保、ならびに耐振動、耐衝撃、耐過電流などの接触信頼性の確保が必要である。また、電線を押しやる力(電線押え力)を増加させると電線の挿入力も大きくなる。フェール端子の挿入性を損なわない電線押え力で、接触信頼性を確保する必要もある。

これまでの接触信頼性に関するノウハウに加え、接触抵抗、電線挿入力、耐振動、耐衝撃、耐過電流の個別性能に及ぼす電線押え力の影響などの基礎データを蓄積し、図5のように共通の設計範囲をまとめた。横軸の電線押え力と縦軸の電線挿入力は比例関係にあることを明確にした。電線押え力の上限は、顧客が電線の挿入しにくさを感じない電線挿入力の上限のときの電線押え力とした(図5のB)。これに加えて、他の個別性能に対して必要な電線押え力を求め、範囲の下限の電線押え力を設定した。

##### 4.1 板ばねと電線の接触形状と接触抵抗

プッシュイン方式において、電線を差し込んだ後の板ばねと電線と導体の接触状態および断面写真を図6に示す。電線の素材は銅である。電線に図の上方向に引っ張る力が作用しても、ステンレス製板ばねの先端の一部の電線への

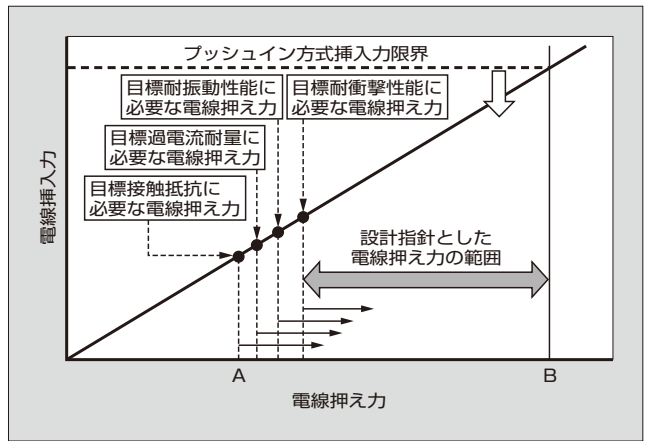


図5 共通設計指針

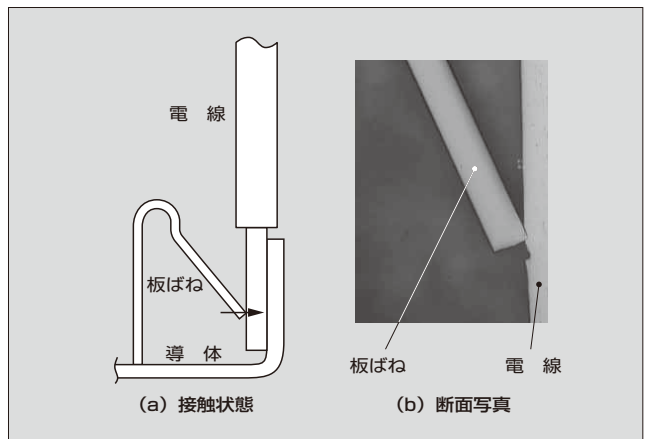


図6 板ばねと電線と導体の接触状態

食込みがロックする作用として働く。これにより引抜力は、IEC 60947-1(低圧開閉装置及び制御装置)で定められる捻回試験後のプルアウト試験の基準値よりも数倍高く、端子ねじと同様に簡単に電線が抜けない構造となっている。

板ばねと電線の電気的接触は、板ばねが食い込む方向に図6の矢印で示す板ばねの力が電線に作用し、導体が電線を押しやる構造になっている。また、これまでに電気接点の接触圧力と接触抵抗の関係のデータを蓄積している。このデータを生かしながら、最も基本のデータである電線押え力と接触抵抗の関係を明確にし、安定した接触抵抗で使用できる設計とした(図7)。

##### 4.2 耐振動(フレットング)性能と耐衝撃性能の確保

電磁石により電流を開閉するコンタクトの開閉寿命は1,000万回である。開閉時に機器自体が振動や衝撃を発生するため、接触部の接触信頼性の確保は特に重要である。また、接触部が微振動を継続して受けると、接触部材同士の摺動(しゅうどう)によって接触抵抗が増大する。これは、フレットング現象として知られている。

そこで、電線が振動や衝撃の影響を受けても接触部を瞬断させず、また、接触部が動かず摺動を発生させない電線押え力を、コンタクトを含む製品群共通の仕様として決定した。

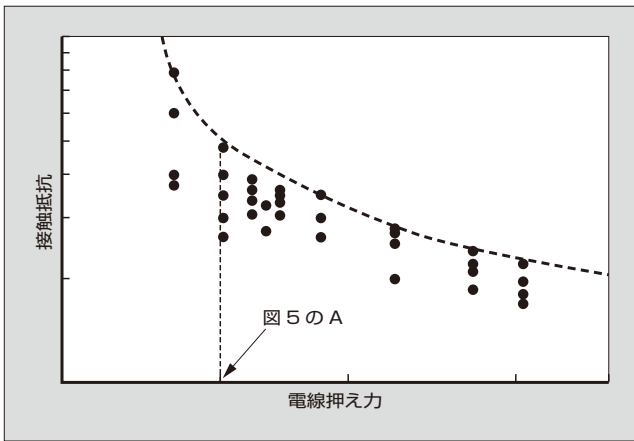


図7 電線押え力と接触抵抗の関係

### 4.3 電線の挿入性の追求

スプリング端子の普及を促進するためには、資格を持たない作業でも電線の差込み作業が可能で、かつ確実に入るようになる必要がある。

図8に、板ばね形状を最適化した結果と電線挿入力カーブを示す。最適な板ばねは、板ばね形状を作るための8寸法(図8(a)に示した要因効果図のA~Hの因子)をパラメータとした直交表の解析を行い、理想カーブに近づく因子の水準を選定し、組み合わせた形状とした。この板ばねに対して、電線を挿入するときのストロークと挿入力の関係(電線挿入力カーブ)は、電線を挿入すると挿入力が上昇し、板ばねと導体の間に電線が挟まると最大の挿入力となる。その後、図6に示したように、板ばねの先端の一部

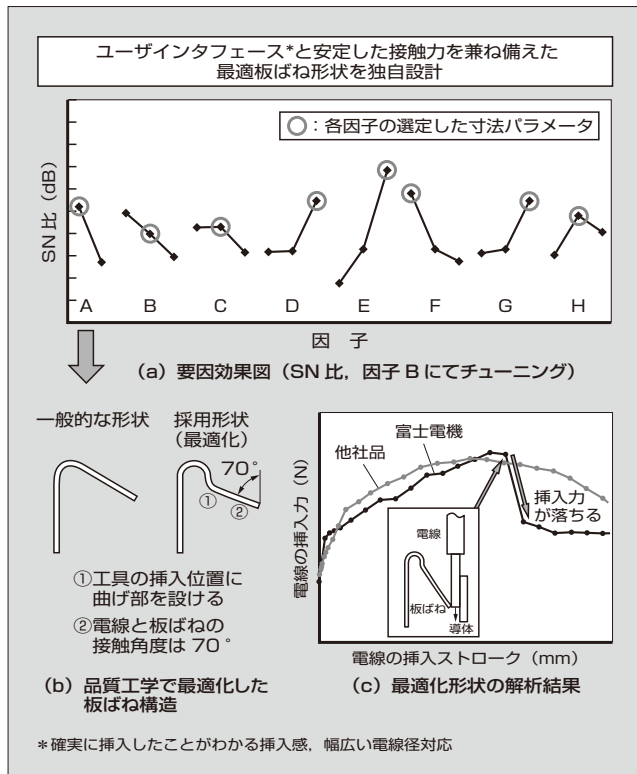


図8 板ばね形状の最適化

が電線に食い込むので、大きな摩擦力を発生しながら電線が導体に押し付けられる。最大の挿入力は、作業者が電線被覆部をしっかりと保持することができ、ストレスを感じない力に設定した。また、その後の電線挿入時において、中途半端な挿入を防止するために、荷重の変化を設定した。

### 4.4 過電流耐量の確保

保護機器でもあるブレーカは、短絡電流などの大きな電流を遮断する。接触部に大きな電流が流れると、接触の状態が不安定になって温度が局部的に高くなり、溶着するトラブルが発生する。遮断エネルギー、電流ピークなどの過電流のさまざまな条件を考慮しながら、スプリング端子と電線の接触部が溶着しないような電線押え力を決定した。

## 5 受配電盤における省工数機器

### 5.1 母線直結形プラグインブレーカ

受配電盤における省工数機器として、母線直結形プラグインブレーカが普及している(図9)。受配電用機器においては、主に動力回路用として大電流を通電する目的で使用されるため、遮断器の定格通電性能(温度上昇)や短絡電流に対する耐量が必要とされ、母線との接続部は、ばねで押された多点接触子による構造が広く用いられている(図10)。

ただし、より大きな電流を通電させるためには接触部の大型化や押圧するばね荷重の増加が必要である。接触信頼性と比例する形で母線への挿入荷重が大きくなり、大型製品では取付け作業が困難となる課題があった。富士電機ではこの課題に対して、G-TWIN母線プラグイン形ブレーカ「TWIN Plug(プラグ)シリーズ」の中～大型製品(400~630AF)の挿入力を低減させる改良を実施した。新たに採用した構造では、母線挿入前後の接触部の変位量を小さくし、母線との接触点の見直しを行うことで、従来品に比べて挿入力を約40%低減させた(図11)。これにより、高い信頼性を確保した上でユーザに対する利便性の向上を行った。

また、ブランクカバーの取付け方法について、図12に

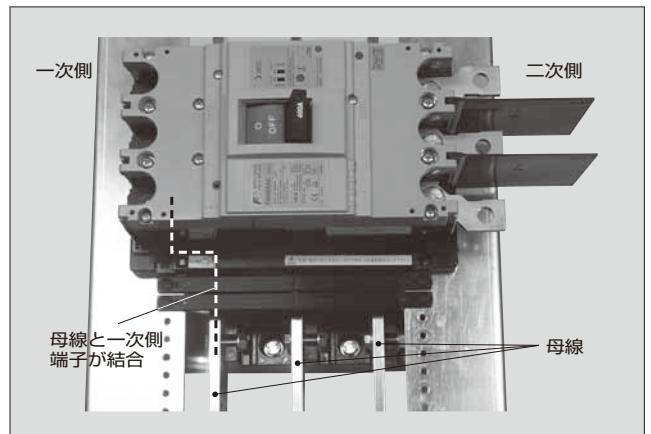


図9 母線直結形プラグインブレーカ

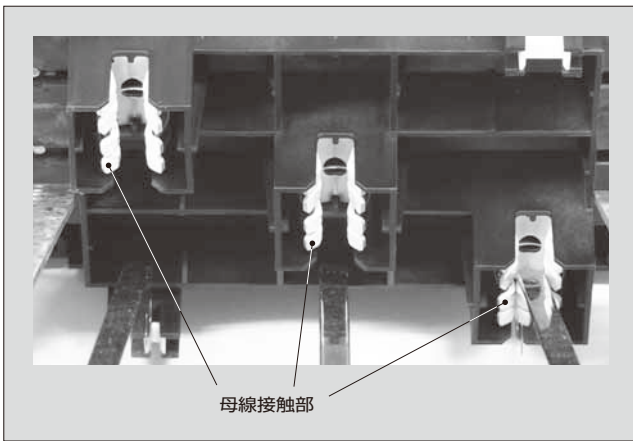


図10 母線接触部の構造

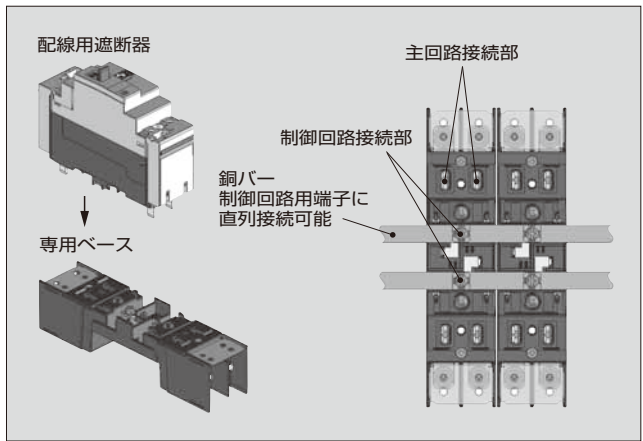


図13 ソケット形プラグインブレーカ

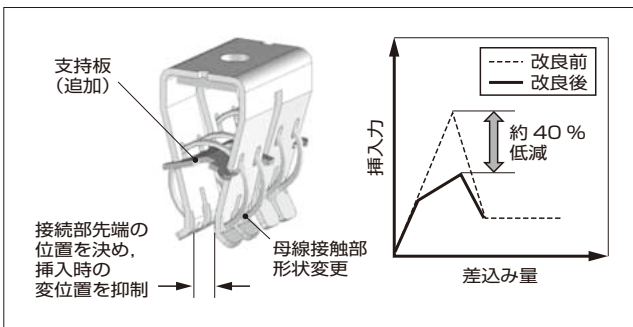


図11 挿入力の低減構造

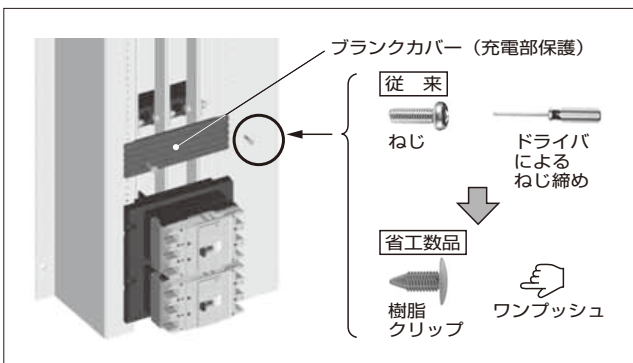


図12 ブランクカバーの取付け方法

示す改良を実施した。ブレーカの増設や変更によって発生する空きスペースや、ブレーカ間の隙間に設置するブランクカバーにおいて、従来のねじ締め方式から専用の樹脂部品を手で押し込む方式に変更した。ねじ締め工数を削減するだけでなく、充電部への金属部品の脱落防止といったメンテナンス作業における安全性の向上を実現した。

## 5.2 ソケット形プラグインブレーカ

近年、普及が著しいデータセンターの受配電設備において、稼動中にサーバの増設が必須であり、受配電設備には増設時の停電時間の最短化および工期削減が求められる。この要求に応えるため、富士電機ではサーバ分電盤用としてソケット形の2極プラグインブレーカのラインアップを拡充した(図13)。

従来の母線プラグインブレーカでは、一次側の配線作業が簡素化できるものの、負荷増設時にはブレーカの設置後に二次側の配線作業を必要とする。これに対し、開発したソケット形のプラグインブレーカでは、あらかじめ、最大接続回路分の専用のベースを盤内に取り付け、一次側および二次側の配線を行っておくことで、負荷増設時には遮断器を差し込むだけで接続が可能となるため、配線工数の大幅な削減となる。さらに、専用ベースに設けた制御用回路においても、銅バーを使用した直列接続が可能であり、配線工数の削減に貢献できる。

また、専用ベースに接続する機器もラインアップの拡充を図っている。上位遮断器との選択遮断協調が可能な小型・高限流タイプの一般ブレーカの他、漏電警報付配線用遮断器などをそろえることで、データセンターをはじめとした三相4線式配電における単相回路や、その他配電回路にも適用が可能である。

## 6 あとがき

盤製作の省工数に貢献するねじレス端子技術と製品群について述べた。省工数の機器が普及することは、人手不足が続く社会情勢への一助になると考える。今後も、お客さまの多様なニーズに応える技術開発や製品ラインアップの充実を図っていく所存である。

## 参考文献

- (1) 岡本泰道ほか. グローバルツインブレーカ「G-TWIN シリーズ」の新技术. 富士時報. 2010, vol.83, no.2, p.161-166.



**町田 謹斎**

制御リレー，端子台，操作表示機器等の製品設計・開発業務に従事。現在，富士電機機器制御株式会社開発本部開閉制御開発部担当課長。



**浜田 佳伸**

配線用遮断器，漏電遮断器の製品設計・開発業務に従事。現在，富士電機機器制御株式会社開発本部受配電開発部課長。





\*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。