

データセンター向け低圧遮断器

Low-voltage circuit breakers for data centers

佐藤 佑高 SATO Yutaka

データセンターの電源設備には、電力供給の高信頼性やノイズ発生の低レベル化ならびに設備の変更・メンテナンス性の容易化が要求されている。富士電機では、電力供給の高信頼性を実現するために高い限流性能を持つ「BM3 シリーズ」を採用して選択遮断協調を行っている。また、作業の効率化のためにブスバーにプラグインで取り付ける低圧遮断器を開発するとともに、高調波対策として N 相強化形の低圧遮断器を開発した。これらの低圧遮断器を用いた設備事例において、データセンターの電気工事における適用課題と技術的対処法を検証した。

Power equipment in data centers requires power supplies with increased reliability and decreased noise, as well as easier exchangeability and maintenance. To develop highly reliable power supplies, Fuji Electric employs the BM3 series having high current-limiting performance and uses selective trip coordination. To improve operation productivity, it developed low-voltage circuit breakers that attach to a busbar using a plugin, along with low-voltage circuit breakers with n-phase protection against harmonic current. We verified problems occurred in electrical installation work for data centers and their technical solutions by using the examples of equipment where these low-voltage breakers are used.

1 まえがき

高度情報化社会への進展が目覚ましい昨今の状況において、データセンターなどの低電圧電気設備には、特段の電気安全性、電力供給における信頼性の確保が求められている。データセンターにおける電気安全性を確保するためには、電気回路の過負荷・短絡事故および地絡事故に対する適切な保護協調を経済的に構築する必要がある。電力供給における信頼性を確保するため、良質な電力を継続的に供給することができる電気設備であることはもちろん、ノイズの発生を従来の電気設備より極めて低いレベルに抑制しなければならない⁽¹⁾。

このたび開発したデータセンター向け低圧遮断器は、高いレベルの電気安全性と電力供給における信頼性の確保を達成した。本稿では、達成するための技術開発および実証試験結果について述べる。

2 データセンター電源設備の対応技術

2.1 データセンター電源設備の配電方式

データセンターの電源設備では、電力供給の信頼性確保とノイズの発生を極めて低いレベルに抑制することが要求される。低電圧回路における電気安全性および電力の供給

表 1 配電方式の比較⁽¹⁾

配電方式	地絡電流	地絡保護方式	特徴
TT配電	小	漏電遮断器	関連設備接地系で電位差が発生し、ノイズ発生の場合がある。
TN配電	大	過電流遮断器	等電位ボンディングによって基準電位を確保することにより電位差によるノイズが抑制が可能である。

信頼性を高いレベルで経済的に確保するには、まず電源設備と負荷に適する配電方式にすることが必須である。配電方式においては、従来、国内で適用されてきた TT 配電方式に加えて、ヨーロッパで適用されてきた TN 配電方式が 1999 年 11 月の電気設備技術基準の改正で取り込まれ、選択肢が増えた。配電方式の比較を表 1 に、接地方式を図 1 に示す⁽¹⁾。

TT 配電方式では各機器について個別に接地を行っている。そのため、接地間の電位上昇の干渉が発生する可能性があり、基準電位の確立が難しい。近年では、等電位接地線を設けて機器の露出導電性部分と電源の接地極を接続し、接地間の電位上昇を抑制する統合接地方式を用いることもある。

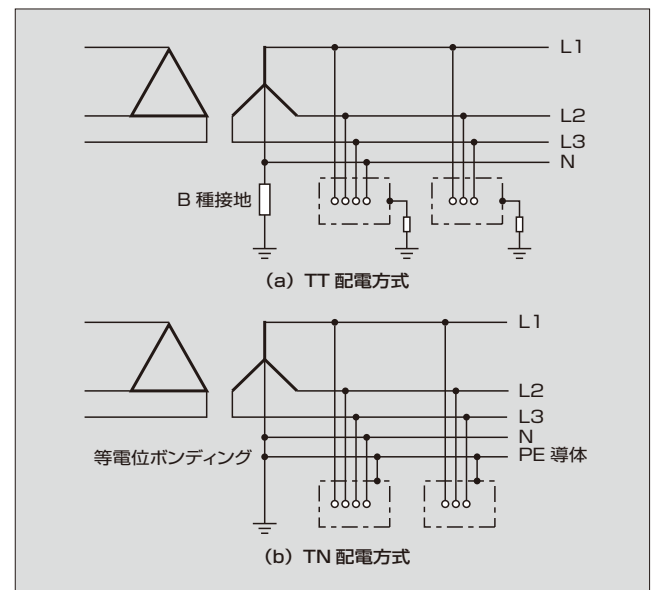


図 1 接地方式

一方、TN 配電方式では、等電位ボンディングを行っているため、基準電位の確保という点で有利である。関連設備接地系での電位差発生を抑制できるため、ノイズの発生も抑制できる。データセンターにおいては、経済的であり高いレベルの電気安全性の確保ならびにノイズ発生を極めて低いレベルに抑制することを目的に、TN 配電の採用事例が増えており、本稿は TN 配電方式を対象としたものである。

2.2 供給信頼性の向上

データセンターの電源設備では、“24 時間 365 日ノンストップ運転”が要求される。そうした中で、一つのサーバの短絡事故が波及し、メインの低圧遮断器（ブレーカ）がトリップすることはできる限り避ける必要がある。図 2 に示すように、地絡事故が発生した場合でも分岐ブレーカのみを遮断するようにしている。

ブレーカによる地絡保護方式の適用を図 3 に示す。TN

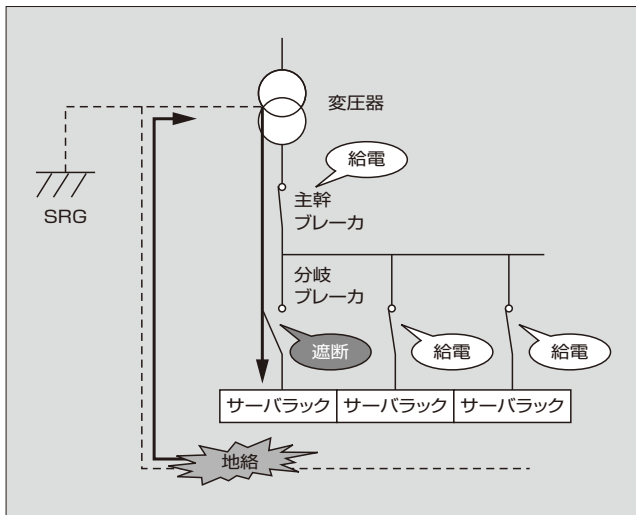


図 2 データセンターにおける地絡事故の保護方式

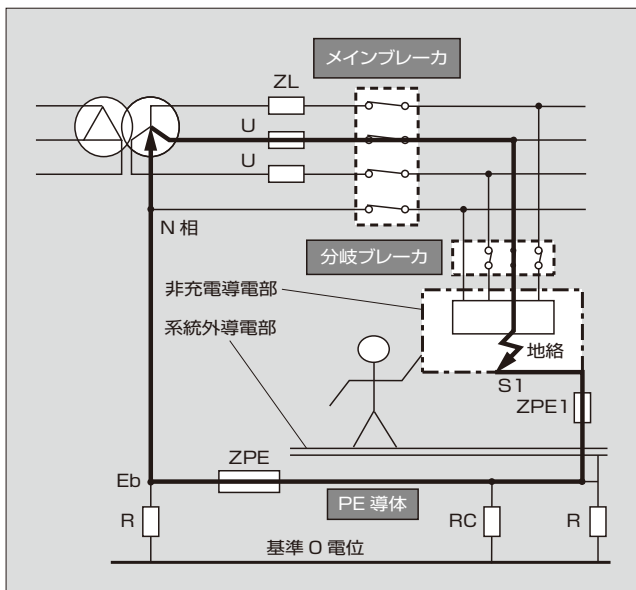


図 3 ブレーカによる地絡保護方式の適用

配電方式では、地絡事故電流は、基準大地電位に等電位で電氣的に結合した保護接地導体（PE 導体）を通して流れる。設備機器の非充電導電部は、原則として PE 導体に接続されるので、当該部に地絡した場合は地絡回路のループインピーダンスが小さく短絡電流に近い大電流が流れる。大地間インピーダンス（ZPE1）が小さいために、人体への接触電圧が低く抑えられるなどの特徴がある。この短絡電流に近い地絡電流に対して保護協調を踏まえ、地絡選択遮断協調を実現する必要がある⁽¹⁾。

ブレーカによる地絡保護に必要な条件は、次の三つである。

- (a) 地絡点 S1 におけるメインブレーカの瞬時動作電流と時間のレベルが感電保護に対して十分なこと
- (b) 分岐ブレーカの動作時に、メインブレーカが同時に遮断しない領域を持つこと
- (c) 幹線用遮断器直下の大きな地絡電流に対して、分岐ブレーカが単極遮断性能を保持すること

これらの条件を実現するために、分岐ブレーカに高い限流性能を持つ「BM3 シリーズ」を採用した。BM3 シリーズは、独自の高效率 2 接点遮断機構、接点強制乖離（かいり）機構により、通過遮断エネルギーが従来のブレーカの 1/5 以下になる。

図 4 に示すように、従来の非限流式分岐ブレーカとメインブレーカの組合せでは、数 kA の短絡電流が流れるとメインブレーカも瞬時動作によってトリップしてしまう領域があり地絡保護協調が取れない。一方、BM3 シリーズでは、自身の限流作用により 10 ms 以内に遮断動作を完了させ、メインブレーカをトリップさせずに、分岐回路のみを遮断することができる。この組合せにより、最大 10 kA の地絡電流までの選択遮断協調が実現できる。

データセンターの電源設備においては、選択遮断協調以外に設備や機器の点検・交換時間を最小限に抑制することが要求される。ブレーカの取付け・取外しの工数を最小限

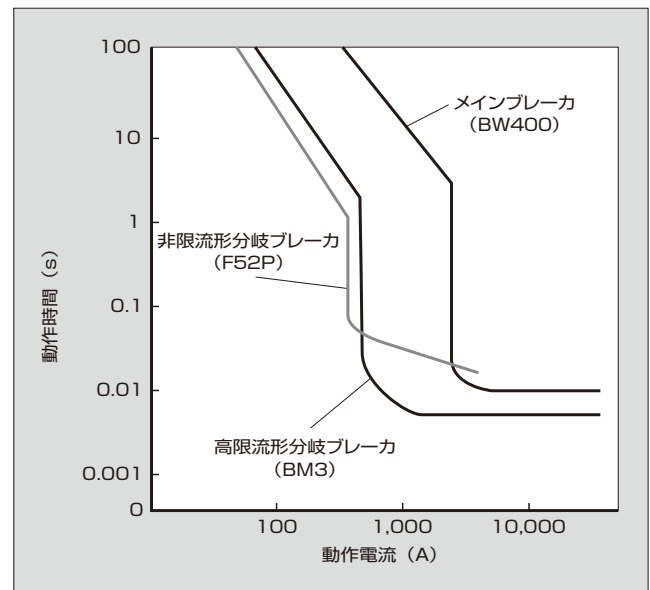


図 4 ブレーカの動作特性曲線

にするために、従来のねじと圧着端子による電線の取付けではなく、プスバーにプラグイン端子式のブレーカを取り付ける方式（BM3 プラグインタイプ）を開発した。プラグイン端子は、メインブレーカと分岐ブレーカに備えるようにして、着脱作業の簡素化を実現した。図5に、BM3にプラグイン端子を組み合わせた構造を示す。

2.3 高調波対策

TN 配電方式を採用した低電圧電気設備では、高調波電流が中性相に重畳する可能性がある。特に三相電源の場合、図6に示すように第3高調波が重畳し、中性相（N相）に最大で定格電流の1.73倍の電流が流れる。

一般的に三相四線式の設備では4極品を使用するのが望ましいが、中性相に高調波が重畳するため使用できないことがある。これは、4極ブレーカの中性相は最大定格電流の通電容量で設計されるため、定格電流の1.73倍にもな

る電流を流すと、熱的損傷を受けるからである。従来、このN相は4極のブレーカではなく、三相のブレーカと単極の開閉器の組合せなどで対応していた。しかし、これらのブレーカとN相開閉器の操作については注意が必要である。ブレーカが“入”状態でN相開閉器を“切”にすると、負荷の電圧バランスが崩れ、異常電圧により設備機器を損傷してしまう恐れがある。

こうした高調波が重畳した場合においても、通電・開閉ができるという市場の強い要求がある。これに応えるために、4極のブレーカでN相の電流容量を大きくしたN相強化形ブレーカを開発した。このN相強化形ブレーカでは、R・S・T相に対してN相が1.73～2倍の容量で通電・開閉することができる。N相強化形ブレーカの仕様を表2に、外観を図7に示す。

③ 実証試験結果

(1) 地絡選択遮断協調の検証

地絡保護への課題は、2.2節に述べたようにメインブレーカの瞬時動作電流および動作時間は、感電保護に対して十分に裕度を確保した上で、分岐ブレーカの動作時にメインブレーカが同時に遮断しない領域を持つことである。この検証として、メインブレーカと分岐ブレーカの組合せで、200V/10kA単極遮断の回路条件で試験を行った。分

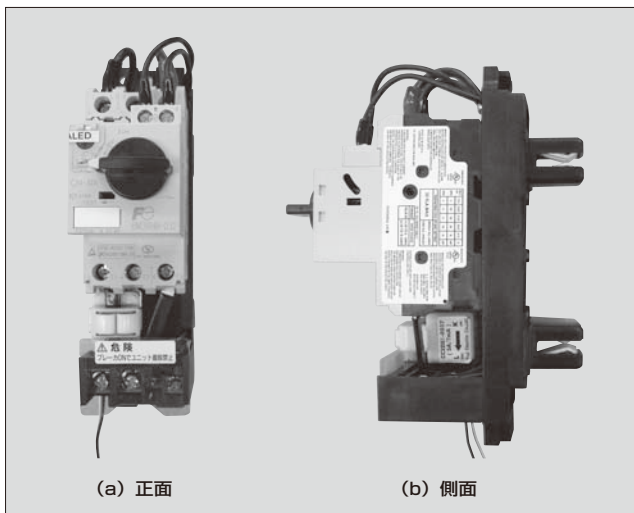


図5 BM3 プラグインタイプ

表2 N相強化形ブレーカの仕様

フレームの大きさ (AF)	定格電流 (A)	
	R, S, T相	N相
250	125, 150	250
400	225	400
630	350, 400	630

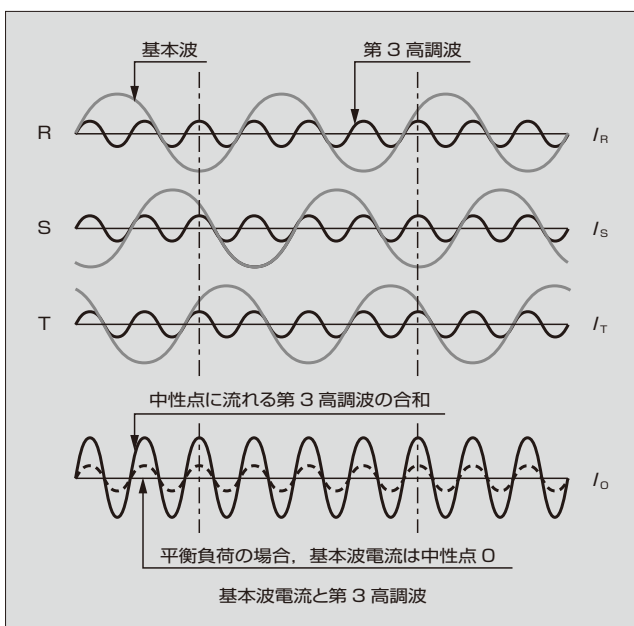


図6 高調波の重畳現象

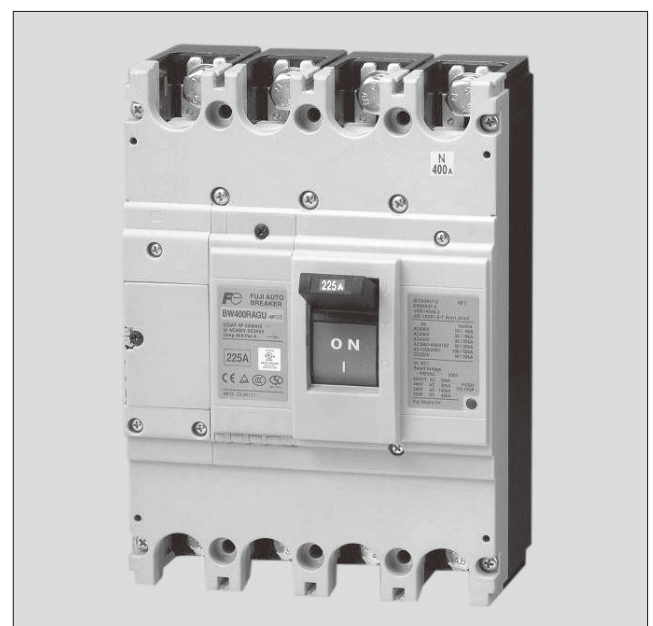


図7 N相強化形ブレーカ

岐ブレーカに非限流式ブレーカ「F52P」を使用した場合と、限流式のBM3を使用した場合の結果を図8に示す。

まず、非限流式ブレーカの組合せでは、図8(a)のように分岐ブレーカの限流効果が働かないため、遮断時間が8.0msと長くメインブレーカも動作してしまい、遮断協調が取れていない結果となった。

一方、高い限流性能を持つBM3との組合せにおいては、限流効果によりメインブレーカを動作させずに分岐ブレーカのみが動作し、図4の動作特性曲線のように地絡協調が取れている。BM3 プラグインタイプを分岐ブレーカに用いることにより、地絡事故回路のみを切り離し、他の健全回路への給電の連続性を保てる事が確認できた。

(2) プラグイン端子着脱に対する接続信頼性

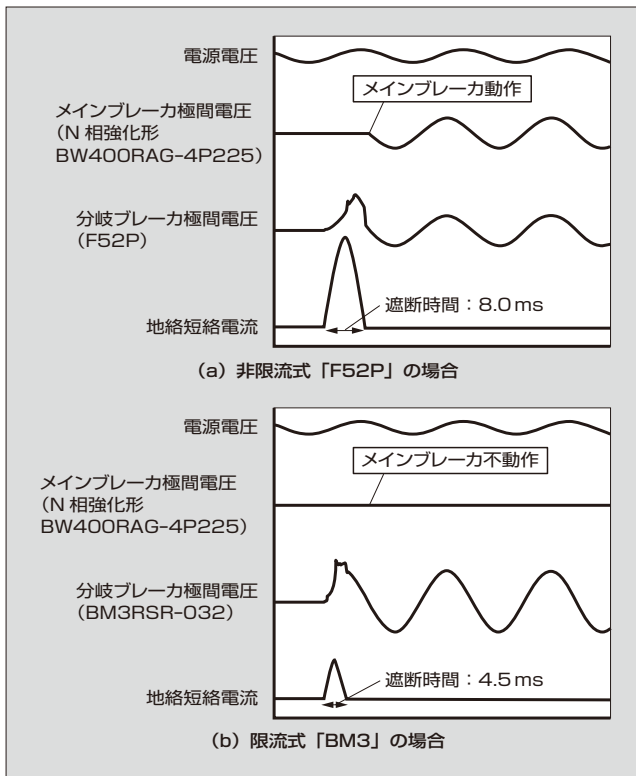


図8 遮断試験結果

分岐プラグイン接続は、メンテナンスのため複数回抜き差しを実施することが予想できる。プスバーに対してプラグイン端子を複数回抜き差しすることで、プラグに傷などが生じて接触抵抗が変化してしまうことが考えられる。複数回の着脱に耐えられるようにプラグ強度に裕度を持たせる必要があり、その検証としてプラグイン端子着脱試験を行った。試験では着脱回数を増やしていき、温度変化と接触抵抗を測定した。その結果、プラグイン端子の温度上昇値は50回試験して安定しており、製品として十分な裕度を確保していることが確認できた。

4 あとがき

データセンターなどの低電圧電気設備においては、機器単体ではなく配電方式そのものが見直されている。その背景には関連設備接地におけるノイズ低減があり、基準電位の確保のため、TN配電方式を採用する事例が増えている。

本稿では、今回開発したN相強化形ブレーカやBM3シリーズなどのデータセンター向け低圧遮断器を用いることで、安全に地絡保護を行い、給電信頼性も十分に高いものであることを述べた。今後は、さらに適用機器の検討を広げること、電力の供給信頼性の確保に寄与する所存である。

参考文献

- (1) 阿部汎雄ほか. “TN配電方式の普及を目指した一連の研究”. 電気設備学会全国大会講演論文集. 2006-08-01, vol.24, p.37-52.



佐藤 佑高

低圧遮断器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社技術・開発本部開発部。





*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。