

電力の安定供給に貢献する データセンター向け電源切換盤

Static Transfer System Cabinet for Data Centers That Contributes to Stable Power Supply

村津 宏樹 MURATSU, Hiroki

若林 郁也 WAKABAYASHI, Fumiya

徳田 剛 TOKUDA, Tsuyoshi

情報システムのクラウド化や電子商取引の増加に伴い、サーバなどの情報機器への電力の安定供給のニーズが高まっている。電源システムの冗長構成の一つである 2N（二重化）システムにおいて、電源系統の切換えに必要な電源切換盤を開発した。切換えの高速化と、低損失・小型化を実現するため、機械式スイッチと半導体スイッチを併用したハイブリッド型切換器を採用した。また、保守バイパス用のブレーカの内蔵や、主要機器の冗長化、UPS 同期機能による切換時の負荷への影響低減などにより、電源システムの信頼性を向上することで、電力の安定供給に貢献する。

The need for supplying stable power to information equipment, such as servers is increasing as the use of cloud information systems and e-commerce are expanding. Fuji Electric has developed a static transfer system cabinet necessary for transferring in a 2N (duplex) system, a redundant configuration for power supply systems. It has a hybrid switch that uses mechanical switches and semiconductors switch together to speed up transferring, lower loss, and downsize the cabinet. It also deliver functions, such as accommodating a built-in bypass breaker for maintenance, supporting the redundancy of major components, and reducing the effect on the load when switching under UPS synchronization, to improve the reliability of power systems, contributing to stable power supply.

1 まえがき

情報化社会の主要な役割を担うデータセンター（DC：Data Center）において、サーバなどの情報機器への電力の安定供給のニーズが高まっている。

電源システムの信頼性向上のため、予備の電源装置を初めから接続しておき、一方の電源装置に異常が発生した場合も、他方の電源装置で運用を継続可能にする手法（冗長化）が取られる。この電源系統の切換えを行うのが電源切換盤であり、その信頼性が電源システム全体の信頼度大きく影響を及ぼす。

本稿では、電圧安定性ととも保守性も向上し、電力の安定供給に貢献するデータセンター向け電源切換盤について述べる。

2 電源切換盤の概要

2.1 電源システムの冗長化

無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）を用いた電源システムの代表的な構成例を図 1 に示す。

UPS の必要台数を“N”とした場合、UPS1 台を余分に構成することで、いずれかの UPS が異常となった場合も残りの UPS から電源供給が可能な“N+1”、受電系統も含めた電源システム全体を二重化する“2N”などの構成が挙げられる。表 1 にそれぞれの利点を示す。“2N”の電源システムは其中で最も信頼性が高くなる一方で、2 系統の電源系統の切換えを行うための電源切換盤が必要となる。

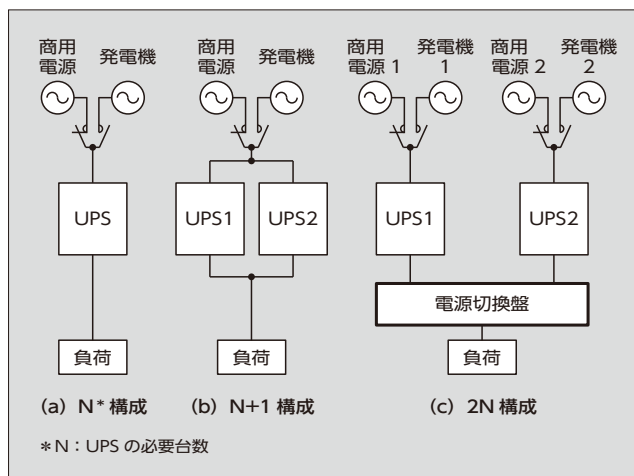


図 1 電源システムの代表的な構成例（N=1 の場合）

表 1 電源システム構成の比較

○：有利、△：標準的、×：不利

	N	N+1	2N
コスト	○ 最もシンプルな構成で低コスト	△	× 最も機器数が増えるため高コスト
信頼性	× UPS故障時は停電、瞬停への対応不可	△ 一つのUPSが故障しても停電、瞬停への対応可能。ただし、UPS入出力部などの共通部で事故が発生した場合は、給電停止するリスクあり	○ UPSだけでなく上位系統（電源、発電機など）の故障やトラブルにおいても給電可能

2.2 電源切換盤を用いた電源システム構成

図 2 に電源切換盤と UPS を組み合わせた電源システムの構成例を示す。負荷容量に応じて UPS の出力を分岐さ

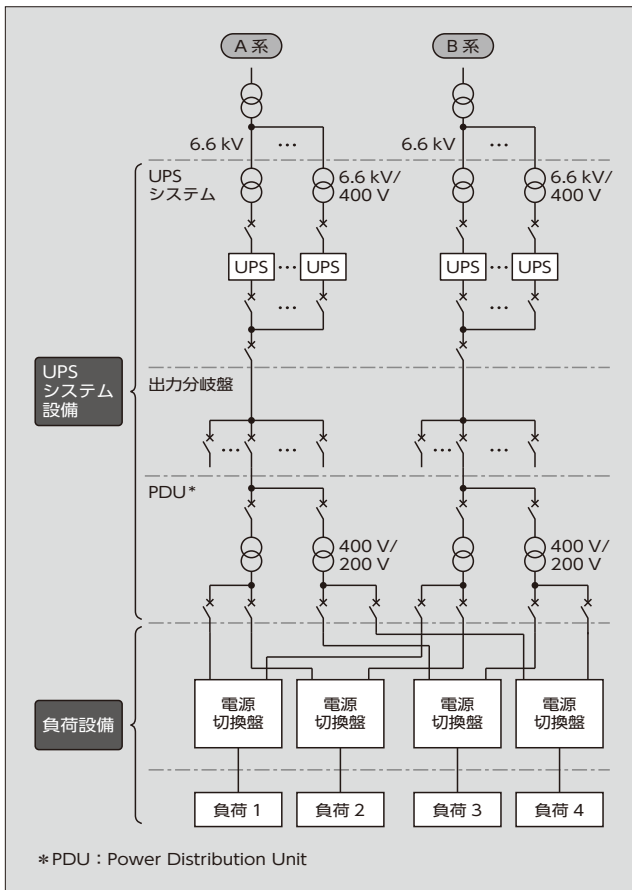


図2 電源システムの構成例

せ、個別にトランスを設けた上で電源切換盤にて負荷設備への給電システムの切換えを行う構成となっている。これにより、いずれかの系統で異常が発生した場合においても、もう一方の系統からの給電を継続することができるため、信頼性の高い電源システムを提供することが可能となる。

2.3 電源切換盤の内部構成

図3に電源切換盤の内部構成を示す。A系、B系の電源入力と母線出力を結び、開極動作が高速な双投式電磁接触器

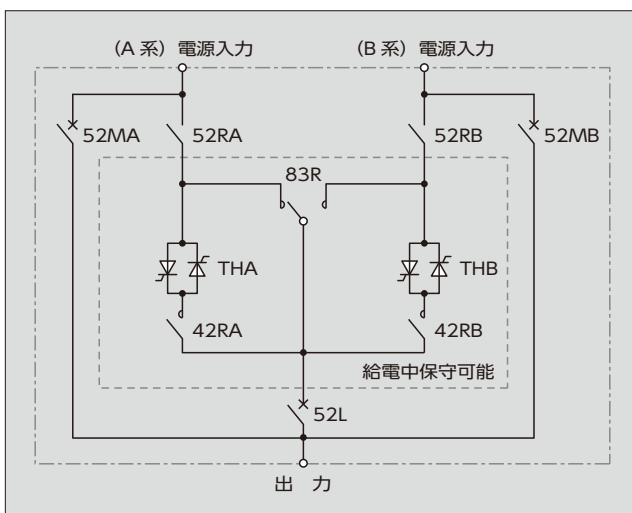


図3 電源切換盤の内部構成

器（機械式スイッチ）（83R）と、83Rに並列に接続された短時間定格の双方向半導体スイッチ（THA、THB）、入力開閉器（ノントリップスイッチ）（52RA、52RB）、保守バイパス用のブレーカ（52MA、52MB）、および出力母線遮断器（52L）で構成する。出力電磁接触器（42RA、42RB）は電源入力部で停電が発生した際に、もう一方の電源からの回り込みの防止と、半導体スイッチの故障時に切り離すために設けており、通常時は投入状態である。

52RA、52RB、52Lは保守目的のブレーカで、運用中は常時投入状態となる。

3 従来の電源切換盤の課題

3.1 切換えの高速化と低損失・小型化の両立

電源切換にかかる時間は負荷への給電が瞬断する時間となるため、切換動作を高速で行うことが電源切換盤の動作としては重要である。

このため、従来は応答性の高い連続通電の半導体スイッチが使用されてきたが、常時通電が必要なことから損失が大きく、また周波数依存性があるため電力品質に影響を及ぼすといった欠点があった。さらに、半導体スイッチを冷却するための冷却器、冷却装置が必要であり、設備が大型化していた。

こうした課題に対応するため、切換えに半導体スイッチではなく機械式スイッチを採用する場合もあったが、投入時間が通常数十ms、高速のものでも10～20msかかることから、高速化には適していなかった。

3.2 保守性の向上

電源切換盤の信頼性を維持するために、定期的な保守が不可欠である。しかし、従来の電源切換盤では、通電を継続しながらの保守を可能とするバイパス回路がなく、盤外部で配線し、保守作業を行う場合があった。また、こうしたバイパス回路を盤内に内蔵すると、配線の増加などにより盤が大型化するという課題があった。

3.3 切換時の負荷への安定給電

DCについては、地震リスクに対する評価、UPSの信頼性など、さまざまな項目を基にTier^{（注）}と呼ばれる格付けが定められている。Tierレベル（重要度）は1～4でランク分けされており、この中で重要度の高い負荷に使われるTier4の電源システムでは、冗長化された（N+2あるいは2N）送電経路が用いられる。そのため、電源切換盤を用いた2Nシステムが必要となる場合があるが、サーバ機器のような重要度の高い負荷への安定給電という点では、異なる電源への切換えに伴う電圧変動などを抑制し、負荷

〈注〉Tier：データセンターのファシリティを評価し、格付けする基準である。UPTIME INSTITUTE（アメリカの民間団体）や日本データセンター協会などが制定したものである。

に影響を与えないようにする必要がある。

4 新規開発した電源切換盤

4.1 概要

図4に電源切換盤の外観を、表2に電源切換盤の仕様を示す。400 A、600 A、800 A の3種類の容量に対応しており、それぞれ三相3線入力と単相3線入力に対応している。

4.2 切換えの高速化と低損失・小型化の両立

機械式スイッチと半導体スイッチを併用したハイブリッド型切換器とすることで、切換時に出力が無電圧となる時間を短縮し、負荷機器への影響を低減することを可能とし

ている。

このハイブリッド型切換器の構成は、富士電機のUPS内部でも使用している構成であり、今回の電源切換盤においては、UPSの制御装置、検出回路技術を用いることで高速での切換動作を実現している。

(1) 切換えの高速化

切換時の動作タイムチャートを図5に示す。A系からの電源供給時は、機械式スイッチA側(83R)が通電状態となっており、半導体スイッチA側(THA)は非通電状態となっている。これを手動でB系に切り換えた場合、機械式スイッチB側(83R)および半導体スイッチB側(THB)に通電指示が行われる。まず、約1 ms後に半導体スイッチB(THB)が通電状態となり、B系からの電源供給を開始する。また、切換えから数十ms後に機械式スイッチB側(83R)が通電状態となるが、これ以降は機械式スイッチB側が通電を継続し、半導体スイッチB

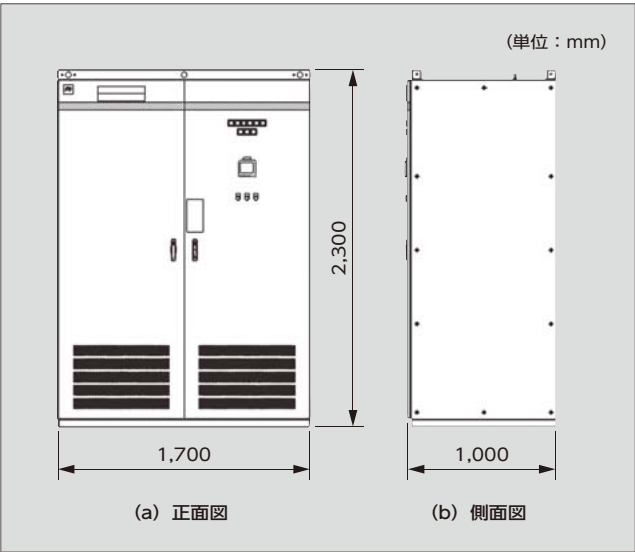


図4 電源切換盤 (800 A)

表2 電源切換盤の仕様

項目		仕様
定格電流		400 A、600 A、800 A
交流入力 交流出力	定格電圧	3φ3W 100V、105V、200V、210V 1φ3W 200/100V、210/105V
	電圧変動範囲	±10%
	周波数	50/60 Hz
	周波数変動範囲	±5%
交流出力	過電流耐量	800% 1s (通常時) 300% 1サイクル/125% 1s (切換時)
	電圧差	8V以内
同期条件	周波数差	5Hz以内
	位相差	8.5°以内
切換時間	手動切換	5ms以下
	自動切換	5ms以下 (同期時) 0.3s以内 (非同期時)
構造仕様	寸法	400 A : W1,200×D1,000×H2,300 (mm)
		600 A : W1,300×D1,000×H2,300 (mm)
		800 A : W1,700×D1,000×H2,300 (mm)

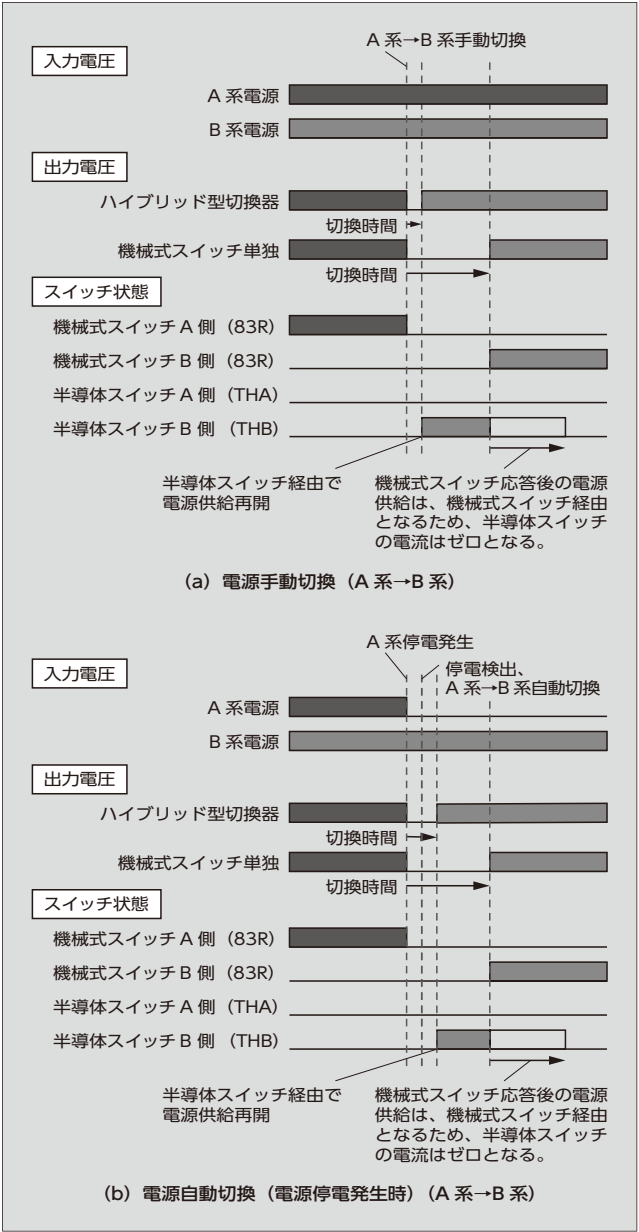


図5 切換時の動作タイムチャート (イメージ図)

は非通電状態となる。このように、機械式スイッチ（83R）の切換動作中に半導体スイッチ B（THB）から電源供給することで、無電圧時間を短縮するのがハイブリッド型切換器の特徴である。

図 6 に A 系から B 系への電源手動切換時の電圧・電流波形を示す。切換えに要する時間は 0.4 ms と短く、出力電圧の変動もないことから、負荷停止を引き起こすことなく安定して給電を継続することが可能である。

図 7 に停電が発生した際の A 系から B 系への電源自動切換時の電圧・電流波形を示す。高速で停電を検出することで即座に切換えを行っており、今回の電源切換盤では約 1.5 ms と出力が瞬断する時間を最小限に留めることができる。なお、図 7 には示していないが、機械式スイッチを単独で使った場合は、瞬断する時間が 10 ms となる。

上述の動作は、B 系から A 系への切換えの際も同様である。

(2) 低損失・小型化

今回の電源切換盤においては、常時通電時は機械式スイッチを通して給電することで、損失を低減することができる。また、半導体スイッチへの通電は、切換時の短時間のみとなるため、連続通電電流に対して小さい容量のものを選定することができる上、冷却の必要はなくなる。そのため、従来盤に比べて装置の低損失・小型化が可能となる。

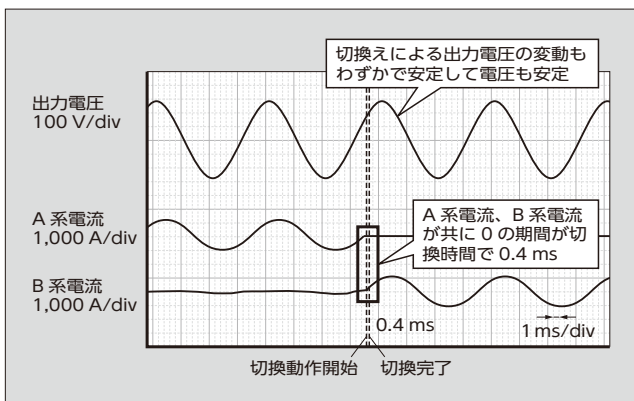


図 6 電源手動切換時の電圧・電流波形（A 系→B 系）

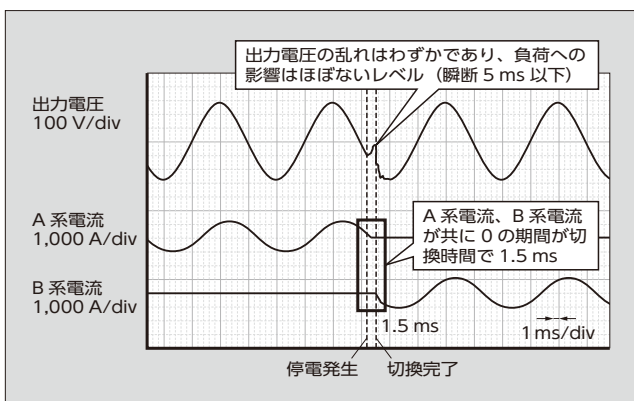


図 7 電源自動切換時の電圧・電流波形（A 系→B 系）

4.3 保守性の向上

電源切換盤の保守手順例を図 8 に示す。電源切換盤内には保守バイパス用のブレーカ（52MA、52MB）を内蔵しており、保守時には、52MA か 52MB のいずれか一方を投入した状態で 52RA、52RB、52L を遮断することで、特定部分が無電圧状態にすることができ、負荷給電を継続しながら内部機器のメンテナンスや交換作業、動作確認が可能である。

電源切換盤では、切換盤内に保守時に電源を残すエリアと、非通電のエリアを設け、非通電のエリアに電源、スイッチ類、制御回路などの定期交換部品を集約させたレイアウトとすることで、切換盤の大型化も防止し、負荷給電を継続しながらの保守を可能としている。

また、電源切換盤内の電源や停電検出・半導体スイッチの駆動などの制御回路に、UPS の装置内で使用しているものと同一の部品を使用することで、UPS との保守部品の共通化を図ることができ、電源システム全体としての保守部品種類を削減し、確実な部品確保による故障時の迅速な回復を実現することを可能としている。

なお、電源切換盤の内部で使用する機器のうち、制御電源や器具駆動用の電源などに関しては、二重化して、万が一電源に異常が発生しても切換えに支障をきたさないような回路構成とするなどの対策も行っている。

4.4 切換時の負荷への安定給電

電源品質の向上を目的とし、電源切換盤は、A 系電源入力と B 系電源入力の 2 系統を同期させた状態で切換えを行うことで、電圧や位相の跳躍を防止し、負荷への影響を軽減している。

UPS は、通常は自らのバイパス電圧に同期することで、装置異常時に電圧変動することなく商用電源に切り換えることが基本動作となるが、本切換盤を使用した 2N の電源システムの場合は、2 系統の電圧が常に同期していることが必要となる。そのため、負荷給電していない側の UPS 出力が、負荷給電している側の UPS 出力電圧に同期するように UPS との信号のやり取りと制御を行う。

UPS の別系統への同期機能を用いた電源切換盤の電源システム構成例を図 9 に示す。電源切換盤が A 系の電源から負荷への電力供給を行っている場合は、電源切換盤からの信号を受けて、B 系 UPS は A 系の出力電圧に同期する。また、A 系の UPS が B 系の出力電圧への同期を行わないように、B 系 UPS が A 系 UPS に信号を発信してインタロックする。このインタロックを行わないと、同時にお互いの出力への同期を行おうとするため同期が完了せず、また、電源切換盤が同期完了を認識して次の動作に移行することができなくなるためである。

こうした UPS 同期機能と電源切換盤との連携により、電源ソリューションとしての信頼性を向上させた。

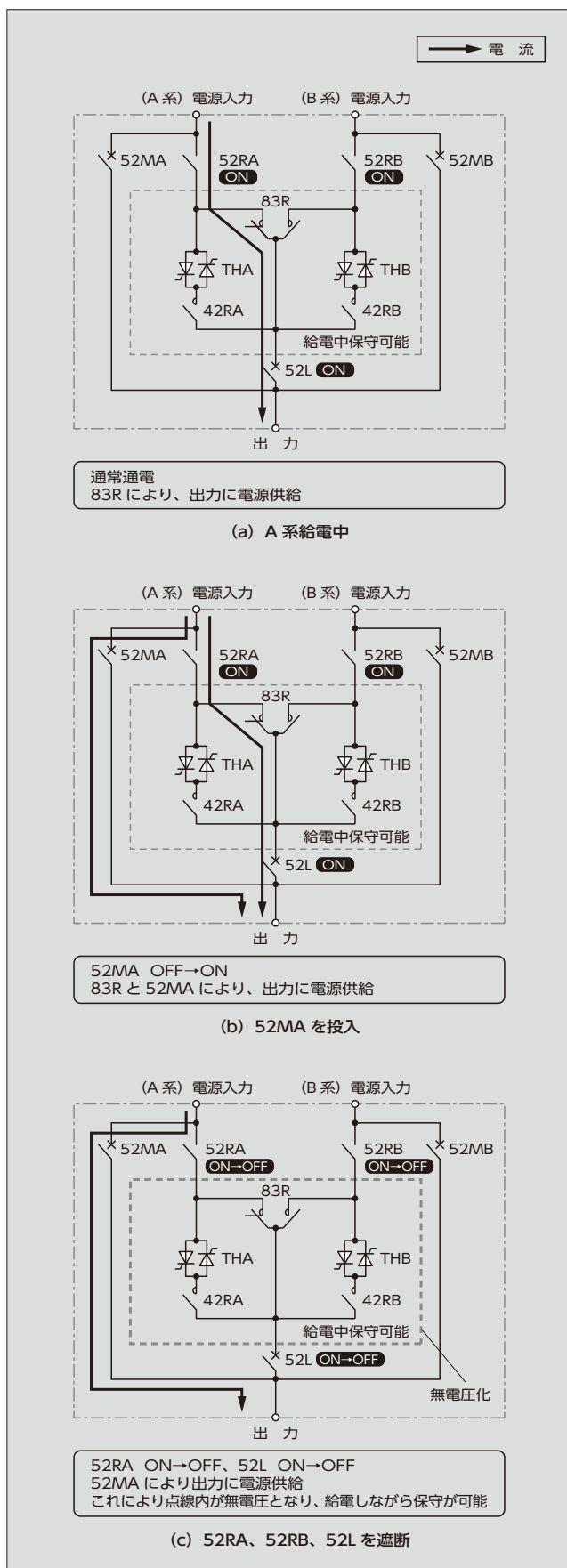


図8 電源切換盤の保守手順例

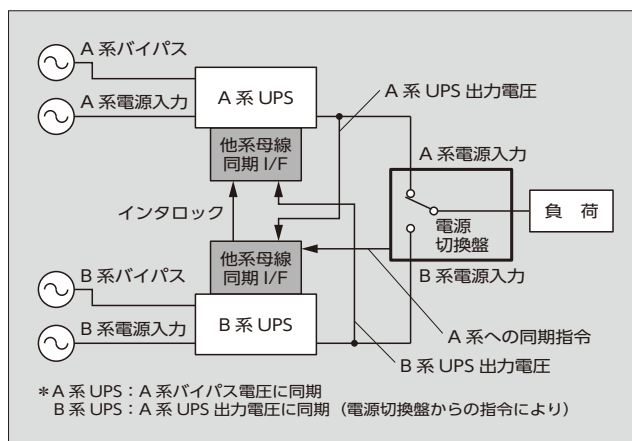


図9 UPSの別系統への同期機能を用いた電源切換盤の電源システム構成例

5 あとがき

電力の安定供給に貢献するデータセンター向け電源切換盤について述べた。データセンター以外にも高信頼性が要求される電源設備への広い適用が期待できる。

今後も新技術を取り入れ、お客さまの期待に応える電源システムを提供していく所存である。



村津 宏樹

中大UPS、PCSの開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ エネルギー事業本部神戸工場施設電機電源盤装置部主任。



若林 郁也

中大UPSの開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ エネルギー事業本部神戸工場施設電機電源盤装置部。



徳田 剛

中大UPSシステムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ エネルギー事業本部施設・電源システム事業部電源システム技術第一部主査。



*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。