

---

# 高圧・大容量瞬低停電対策装置

Uninterruptible Power Supply System with MVA-class Rating on 6.6KV Circuit

---

河崎 吉則\*

Y. Kawasaki

村井 正樹\*

M. Murai

佐野 耕市\*

K. Sano

## 概要

近年、瞬低や停電などの電圧低下に敏感な機器が増えており、電源品質に対する要求はますます高まっている。そのようなニーズに応えるため、当社では独自の技術を用いた瞬低停電対策装置の開発・製品化を行っている。本稿では、当社の瞬低停電対策装置のラインアップの紹介を行う。

## Synopsis

In recent years, increase of electronic equipment sensitive to voltage dip and voltage interruption is leading to strong requirement for high quality of power supply to manufacturer's facilities.

To meet the customer needs, we have developed three kinds of uninterruptible power supply system with unique circuit configuration.

This paper will describe their operating principle, characteristics, specification, and field experiences.

## 1. まえがき

高度情報社会あるいはそれをささえるハイテク機器の製造現場では、10ミリ秒オーダーの電力供給の中断（瞬低や瞬断）でも、大規模システムが停止したり、生産ライン復旧に多大な時間を要するなどの大きな影響を受ける。

わが国の電力供給信頼度はきわめて高く、停電の発生回数は諸外国に比べて非常に少ないが、自然災害によって送電線事故が発生するとその影響はきわめて大きいものとなることも事実である。

特に、半導体工場や薄型ディスプレイ工場など高度に自動化された生産設備では、瞬低や停電に敏感な機器が増えているため、当社ではメガセーフのような瞬低対策専用装置に加えて、秒オーダーの停電にも対応可能な高圧大容量の瞬低停電対策装置も製品化している。

本稿では、当社のユニークな瞬低停電対策装置（高速限流遮断装置、オールセーフ、パワーセーフ）について、回路構成、動作原理、導入効果事例、装置仕様を紹介する。

## 2. 瞬低・停電対策の製品ラインアップ

図1に瞬低・停電対策装置の製品ラインアップを示す。

当社では、高圧フィーダで一括対策する大容量の瞬低・停電対策として、

連系運転を行う発電機（自家発、コージェネ）システムにおいて、高速限流遮断スイッチにより重要負荷と発電機の両方を保護できる「高速限流遮断装置」

高速限流遮断スイッチ、大容量インバータ、大容量バッテリーの組み合わせにより、常時インバータ給電方式に匹敵する補償性能を実現した「オールセーフ」

独自のサイリスタによる高速遮断スイッチ、大容量インバータ、大容量バッテリーの組み合わせにより、高効率、省スペースを実現した「パワーセーフ」をお客様のニーズに合わせてご提案している。

---

\*産業・電力システム事業本部

## 設置例

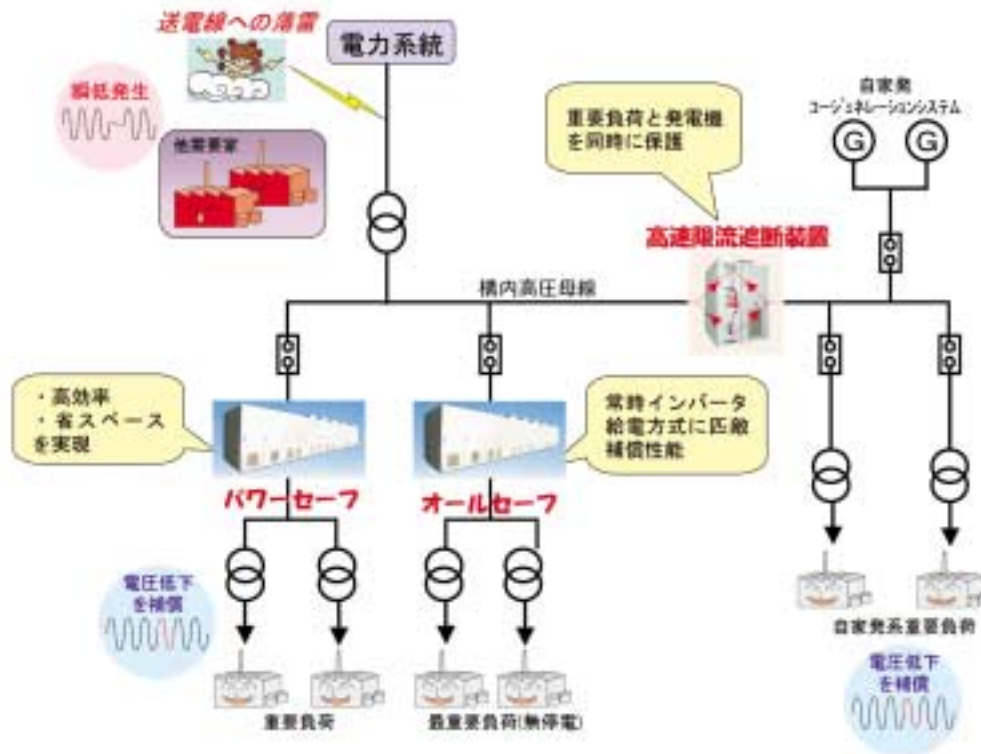


図1 瞬低・停電対策のラインアップ

### 3. 高速限流遮断装置

#### 3.1 システム概要

省エネによるコストの低減、電気・熱の供給信頼性向上、地球温暖化防止（二酸化炭素排出量の削減）のため、系統連系したコージェネレーションシステム（以下CGS）が活用されている。

しかし、落雷などにより商用電力系統で地絡・短絡故障から瞬時電圧低下（以下瞬低）が発生するとCGSなどの自家発電設備があるのにも関わらず、全負荷に瞬低の影響がおよんでしまう。

最悪の場合には系統側短絡点への過電流供給により発電設備の脱落（過電流あるいは軸トルク過大）が発生し、設備全体が停電に至る可能性があるため対策が必要である。

従来の対策方法として、雷警報により発電設備を自立運転に切り換を行ったり、高速遮断器やサイリスタなどの半導体スイッチにより、1サイクルで系統解列を行う高速スイッチを使用されている場合もある。

このような対策を行った場合でも、瞬低発生より系統解列までの間、自家発系母線の電圧も系統側と同様に電圧が低下してしまい、瞬低に敏感な機器への影響が発生する。場合によっては発電機も過負荷により停止してしまうこともある。

本装置は、直流リアクトルによる限流効果とサイリスタによる高速遮断を組み合わせることにより自家発系母線の電圧低下を補償し、重要負荷設備の瞬低・停電対策と自家発電設備の過負荷による脱落防止を両立させる自家発連系システム用の対策装置である。

#### 3.2 動作原理

図2に高速限流遮断装置の動作概要、図3に外観写真を示す。

本装置の主要部は、サイリスタとダイオードのブリッジ回路と直流リアクトルにて構成された高速限流スイッチとなっている。

定常動作時は低インピーダンス、瞬低や短絡事故などの事故発生時は高インピーダンスを呈するという特長をもつ。

##### (1) 連系運転時

連系運転時は、サイリスタは常時点呼により常時導通（ダイオード運転）しており、母線連絡CBおよび本装置を通じて、商用系と自家発電設備は連系運転状態となっている。

直流リアクトルの抵抗は極力小さくしているため、交流側から見た等価インピーダンスはほぼ零となる。

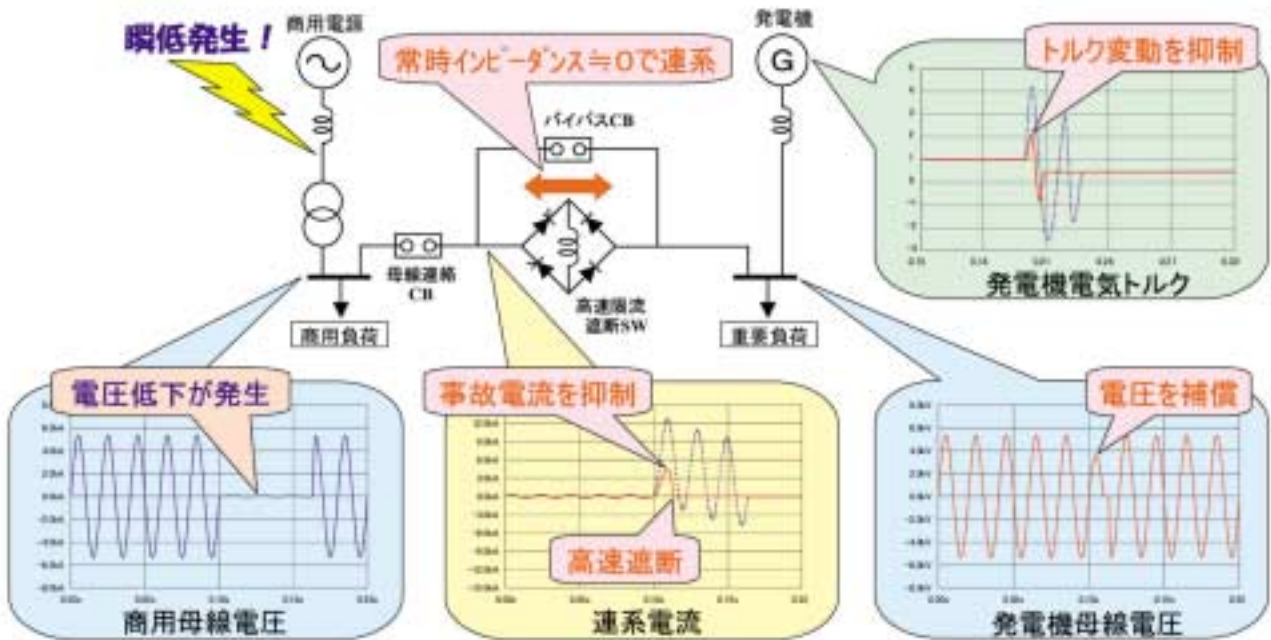


図2 高速限流遮断装置の動作概要



図3 外観写真(6.6kV 600A器)

(2) 瞬低発生時

商用系統で瞬低が発生した場合、自家用発電設備から商用系統に向かって故障電流が流出するが、故障電流は直流リアクトルにより第1波から限流される。

さらに瞬低を高速検出してサイリスタをOFFするため故障電流は高速遮断(3/4サイクル未満)され、瞬低(系統故障)の影響は最小限に抑制される。

3・3 補償性能

高速限流遮断装置の導入事例として、図4に概略系統図を示す。

受電電圧77kVを降圧し、ガスタービン発電機7000kWを6.6kVで連系運転を行っている。

直流リアクトルを適切な値に設定することにより、商用系の短絡事故によって商用系電圧が零まで低下しても、自家発系母線電圧は70%以上に維持する仕様となっている。

図5に瞬低・停電発生時の補償動作波形を示す。

連系運転時に電力系統への落雷が発生し、電圧低下度40%の瞬低が2サイクル間継続したが、電力会社側の遮断器が故障除去のため開放され停電に至っている。

一方、自家発系母線電圧は直流リアクトルにより電圧を維持し、サイリスタにて高速遮断 自立運転に移行することによって、商用系の瞬低・停電事故の影響から回避できているのがわかる。

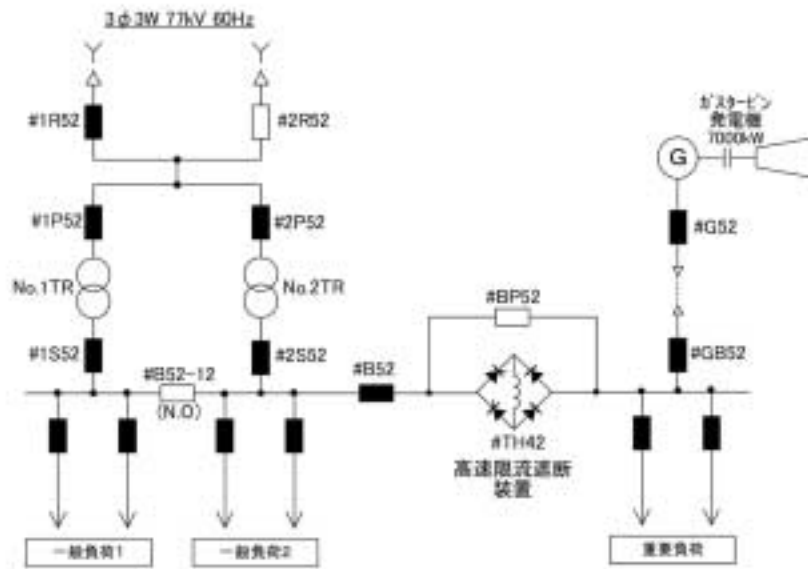


図4 高速限流遮断装置の導入例

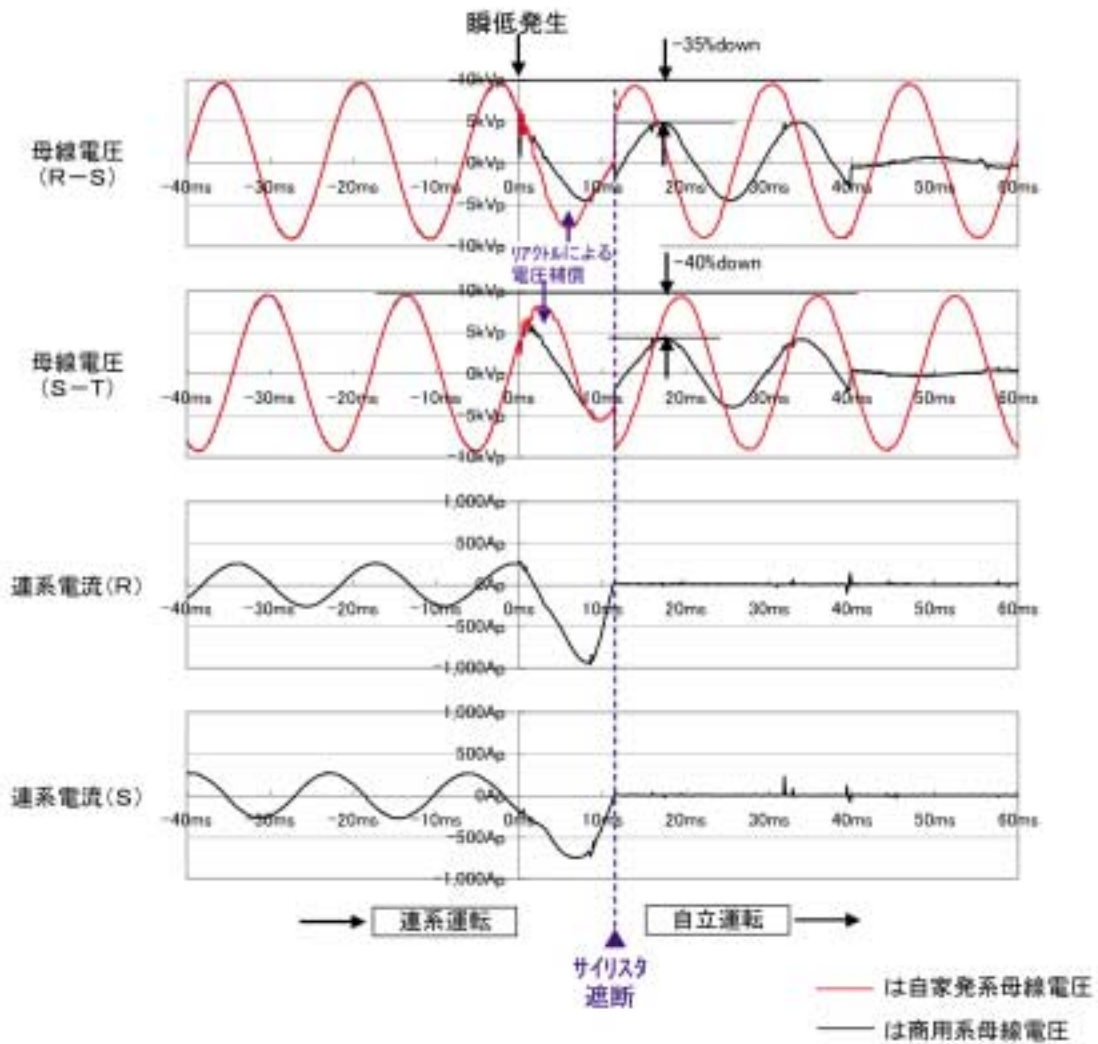


図5 瞬低 停電発生時の動作波形



### 3・4 特長

高速限流遮断装置は、商用系地絡・短絡故障時の故障電流を第1波から限流し、3/4サイクル以内に高速遮断するという機能によって、以下の特長を持つ。

**自家発系の重要負荷を保護！！**

自家発系母線の電圧低下を補償するとともに、系統連系を高速解列することにより、生産ラインなど重要負荷を瞬低や停電の影響から回避することができる。

**自家用発電設備を保護！！**

発電機から流出する事故電流を抑制することにより、発電機の出力トルクの変動が低減でき、工

ンジンの過負荷・脱落やガスタービンのシェアピン折損などのトラブルから自家用発電設備を保護することができる。

**経済性が向上！！**

瞬低・停電の予防対策として、雷警報などで自立運転切換を行っているが、本装置と組み合わせることにより系統連系運転を安心して継続できる。

自家用発電設備の運転効率の向上、デマンド超過の発生回避などエネルギーコストの低減に貢献するとともに、より効率的で信頼性の高い無停電供給システムを構築できる。

### 3・5 装置仕様、外形図

装置仕様を表1に、外形図を図6に示す。

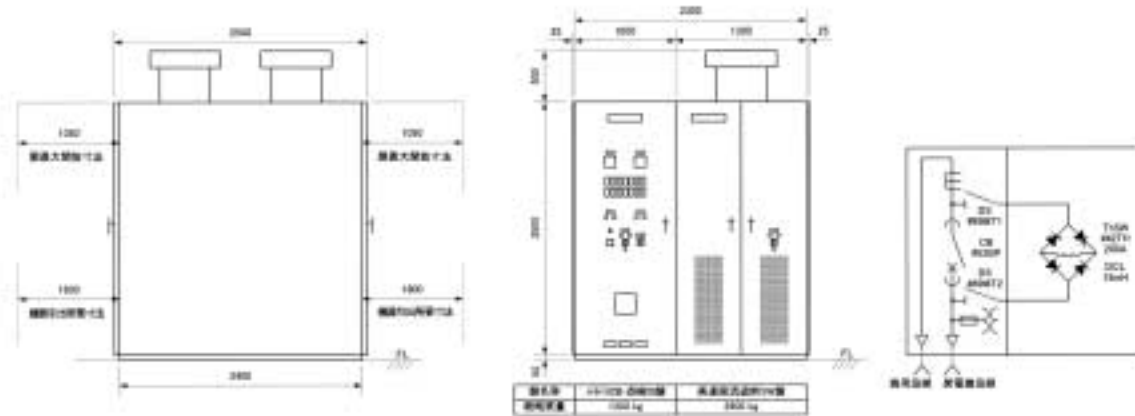


図6 高速限流遮断装置外形図(6.6kV200A器の例)

表1 高速限流遮断装置仕様

| 項目   | 定格仕様                    |      |      |      | 備考         |
|------|-------------------------|------|------|------|------------|
| 回路電圧 | 三相6.6kV                 |      |      |      | 3.3kVも製作可能 |
| 周波数  | 50/60Hz                 |      |      |      |            |
| 定格電流 | 200A                    | 400A | 600A | 800A |            |
| 遮断時間 | 限流機能付き3/4サイクル未満         |      |      |      |            |
| 冷却方式 | 強制空冷                    |      |      |      |            |
| 形式   | 金属閉鎖形スイッチギア             |      |      |      |            |
| 使用場所 | 屋内または屋外                 |      |      |      |            |
| 外形寸法 | W2300 × D2500 × H2500mm |      |      |      | 6.6kV200A器 |
| 質量   | 3900kg                  |      |      |      | 〃          |

## 4 . オールセーフ

### 4・1 システム概要

従来は、瞬低・停電対策として重要機器ごとにUPS(無停電電源装置)を設置するのが一般的であった。しかしながら、高度化された生産システムでは、個別に対策を講じても一部の生産機器が未対策であると、システム全体が停止に至る場合がある。また、分散配置されたUPSのバッテリーなどの交換や保守管理、常時インバータ給電方式UPSによる常時損失などランニングコストが大きな負担となってきた。

このような課題を解決するため、高圧電源側で一括して瞬低・停電対策を行う高効率で大容量の対策装置が要望されている。

当社はそのニーズに応えるため、北陸電力株式会社、某半導体メーカーとオールセーフを共同開発し、2004年3月から運転を開始した。オールセーフは前述した原理の高速限流遮断スイッチ、大容量インバータ、大容量バッテリーを組み合わせることにより、常時商用給電方式でありながら常時インバータ給電方式に匹敵する電圧補償特性を実現している。

4・2 動作概要

図7にオールセーフの動作概要、図8に外観写真を示す。

図8において、マスタユニットは、高速限流遮断スイッチ、バイパス遮断器、瞬低検出回路などを含んでいる。スレーブユニットは2000kVA単位のインバータとバッテリーで構成され、マスタユニットからの指令（電圧低下検出 自立運転指令）により補償動作を開始する。オールセーフの定格容量は、主にスレーブ台

数で調整している。

(1) 定常時

常時は高速限流遮断スイッチを通して負荷に商用電力を供給するとともに、インバータ制御によりバッテリー充電を行う。

(2) 瞬低発生時

瞬低発生時、高速限流遮断スイッチのサイリスタに対してOFF指令を送るとともに、インバータは負荷電圧を維持するよう定電圧運転を開始する。系統の短

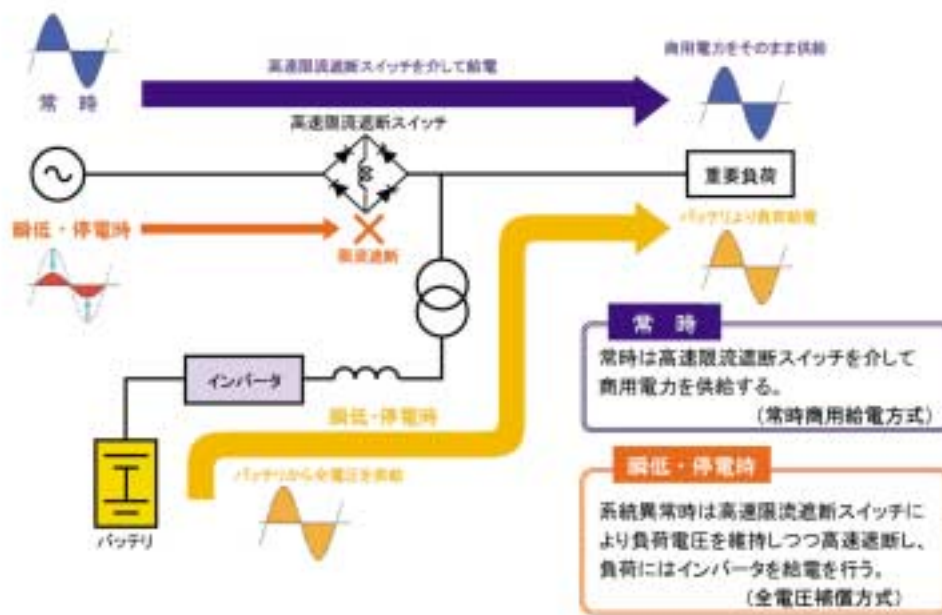


図7 オールセーフの動作概要



(マスターユニット)



(スレーブユニット)

図8 オールセーフ外観写真(6000kVA器)

絡故障点に向かったの電流供給も発生するが、高速限流遮断スイッチによりこの電流を小さな値に抑制・高速遮断する。

高速限流遮断スイッチのサイリスタが完全にオフして、系統と負荷回路を分離するまでに最長で3/4サイクルを要するが、その間も限流動作によって負荷電圧は維持され、スムーズにインバータ給電に移行する。

停電発生時も同様に電圧低下を検出し補償運転に移行するが、系統への電流出は発生しない。

(3) 復電時

系統側の電圧が回復（不足電圧リレーが復帰）すると、インバータは出力電圧の振幅、位相を系統電圧に追従させて同期運転を行い、高速限流遮断スイッチのサイリスタをONして再び商用給電に戻る。

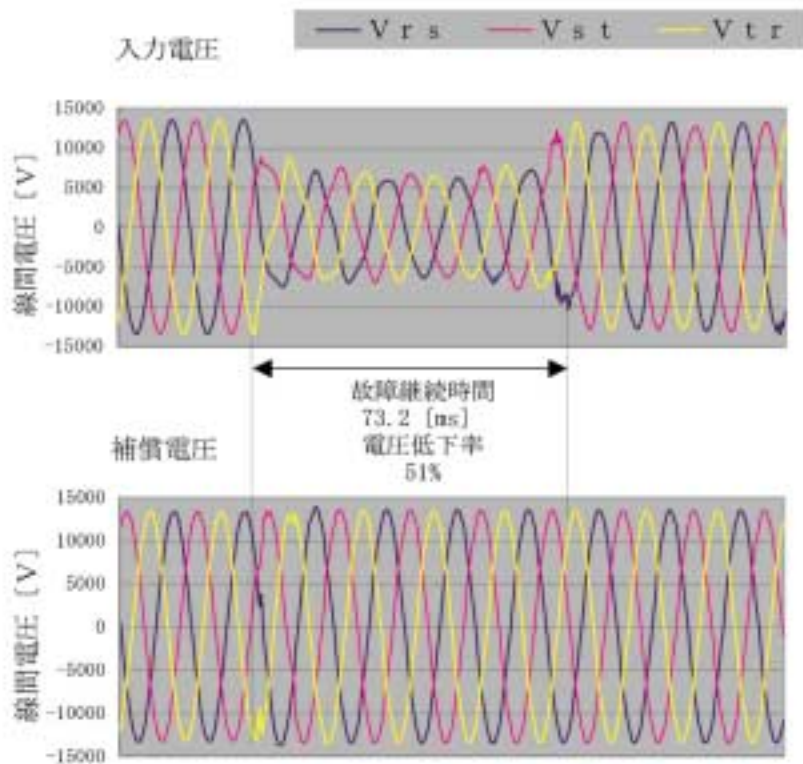


図9 補償動作波形

表2 オールセーフ仕様

| 項目      | 定格仕様                     | 備考                     |
|---------|--------------------------|------------------------|
| 回路電圧    | 三相6.6kV                  |                        |
| 周波数     | 50/60Hz                  |                        |
| 定格容量    | 2000-4000-6000kVA        |                        |
| エネルギー蓄積 | 高出力MSEバッテリー              | 期待寿命8年(25にて)           |
| 補償方式    | 無瞬断切換並列補償                | 常時商用給電方式               |
| 補償時間    | 60秒                      | 周囲温度25                 |
| 切換時間    | 無瞬断                      | JEC-2433無停電電源システムクラス2  |
| 遮断電流    | 12.5kA                   | 20kAも製作可能              |
| 運転効率    | 97%以上                    | 商用給電時                  |
| 使用場所    | 屋内                       |                        |
| 周囲温度    | - 5 ~ 40                 | 電池は5 未満では、補償時間が低減。     |
| 外形寸法    | W20700 × D2500 × H3050mm | 2000kVA/1600kW 60秒補償仕様 |
| 質量      | 63000kg                  |                        |

#### 4・3 補償性能

図9は、系統側で雷撃により3相短絡故障が発生し、電圧が73m秒間51%低下したときのオールセーフによる瞬低補償事例である。負荷電圧波形には、瞬低発生時も復電時も乱れがほとんど発生せず、常時インバータ給電方式UPSに匹敵する補償特性であることを示している。

#### 4・4 特長

オールセーフは、高速限流遮断スイッチによる商用給電からインバータ給電への無瞬断切換と大容量インバータの高速制御機能によって、以下の特長を持つ。

高い補償性能：常時インバータ給電方式と同等の補償性能

高効率：97%以上

常時インバータ給電方式と同等の補償性能でありながら高効率

多重雷（多頻度瞬低）対応：短時間に繰り返して発生する瞬低に対しても、常時インバータ給電方式と同等の補償性能を達成。

#### 4・5 装置仕様、外形図

装置仕様を表2に、外形図を図10に示す。

2000kVAシステム構成  
マスターユニット x 1set + スレーブユニット x 1set

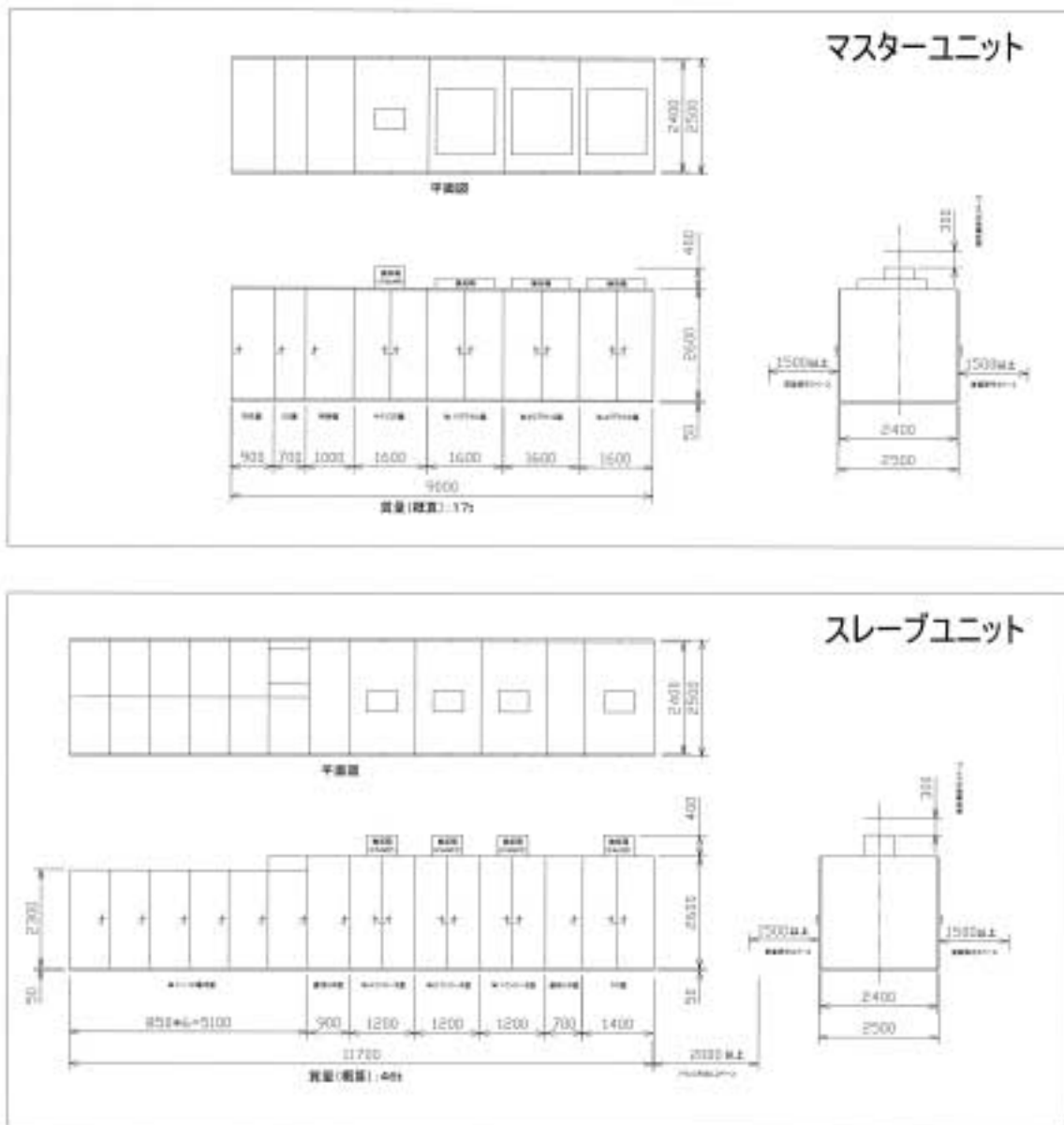


図10 オールセーフ外形図（6.6kV2000kVA器の例）



## 5. パワーセーフ

### 5.1 システム概要

オールセーフの無瞬断切換特性までは不要で、むしろ一層の高効率・省スペースを優先されるというお客様ニーズにお応えするため、パワーセーフを開発した。

パワーセーフは、オールセーフで蓄積された技術を活用し、高速限流遮断スイッチのかわりにサイリスタのみを使用した当社独自の高速切換方式を採用している。このため、常時運転効率99%以上の高効率を実現しながら、商用給電からインバータ給電への高速切換(2ミリ秒以内)も達成した。さらに大幅な小型化が図れた。

### 5.2 動作原理

図11にパワーセーフの動作概要、図12に外観図を示す。

高速限流遮断スイッチを用いたオールセーフに比べて、パワーセーフは、サイリスタスイッチのみを用いている点が大きく異なる。サイリスタの低損失特性を生かした常時商用給電方式であるため、運転効率が極めて高い。サイリスタスイッチを大容量インバータ装置からの発生電圧で逆バイアスして高速消弧させているため、きわめて高速に故障の発生した商用系統から

負荷およびパワーセーフを切り離すことができる。このため、瞬時に商用給電からインバータ給電に切り換えることができる。

#### (1) 定常時

常時はサイリスタスイッチを通して負荷に商用電力を供給するとともに、専用回路によりバッテリー充電を行う。

#### (2) 瞬低発生時

系統側の不足電圧を高速検出し、サイリスタスイッチに対してOFF指令を送るとともに、インバータからサイリスタスイッチを逆バイアスする電圧を発生する。この技術は、ユニセーフやメガセーフで蓄積された当社独自のものである。サイリスタスイッチが消弧し、瞬低発生から2ミリ秒以内で、商用からインバータ給電に切換が行われ、負荷電圧は維持される。

停電発生時も同様に電圧低下を検出し補償運転に移行するが、系統への電流出力は発生しない。

#### (3) 復電時

系統側の電圧が回復(不足電圧リレーが復帰)すると、インバータは出力電圧の振幅、位相を系統電圧に追従させて同期運転を行い、サイリスタスイッチをONして再び商用給電に戻る。

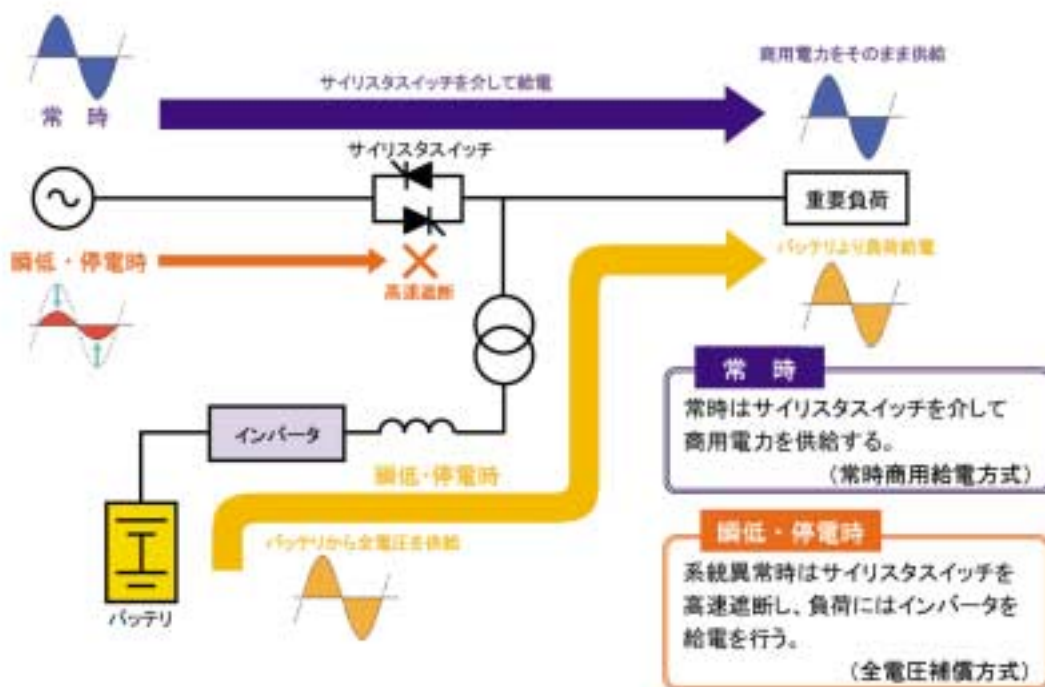


図11 パワーセーフの動作概要



図12 パワーセーフ外觀図 (2000kVA器)

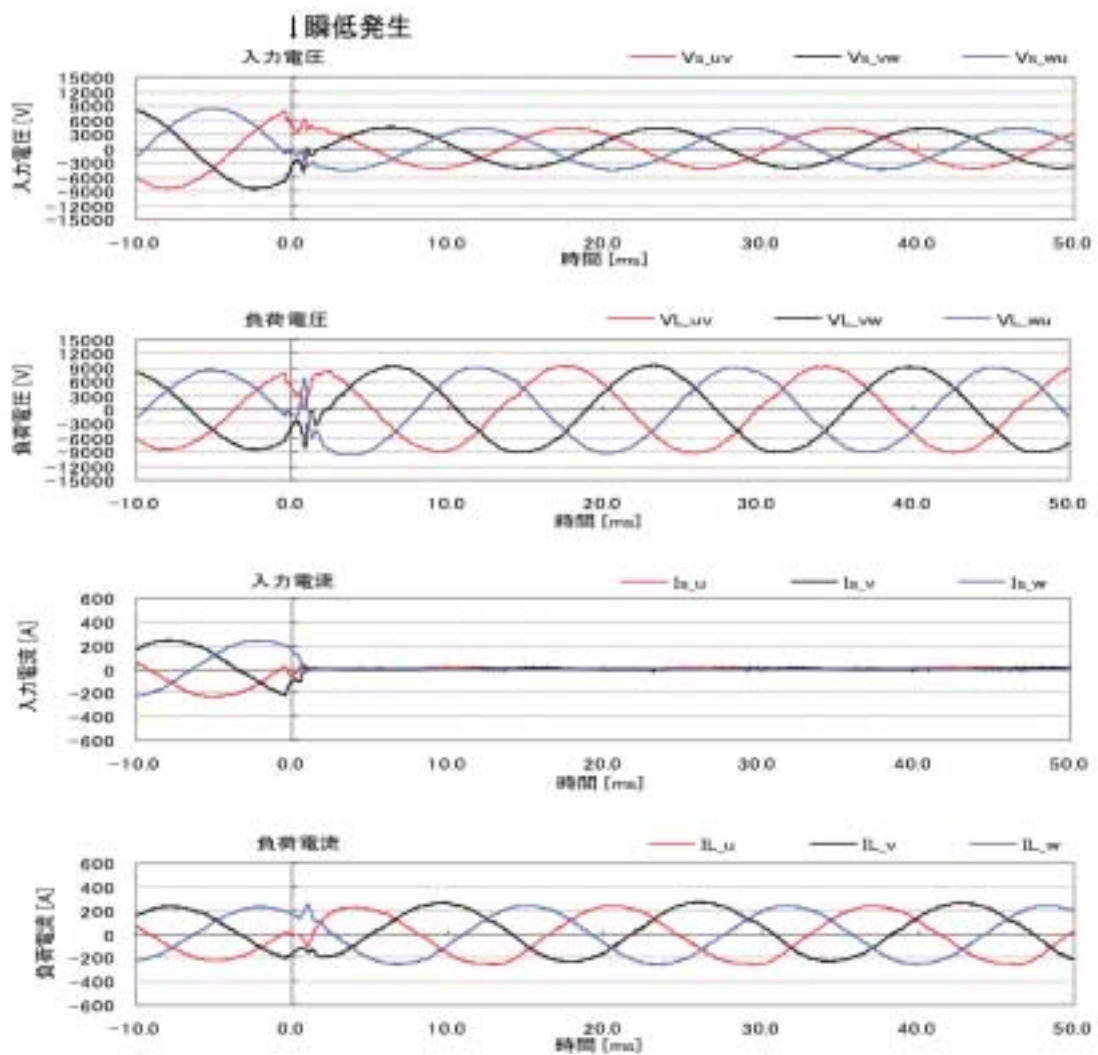


図13 瞬低補償動作波形 (50%電圧低下時)

5・3 補償性能

パワーセーフは、当社工場で長期フィールド試験中である。図13は、発電機を用いた模擬システムで実際に短絡故障を発生させ、瞬低を模擬した試験時のパワーセーフ補償動作波形である。

入力電圧は、3相短絡故障発生時に50%に低下しているが、負荷側の電圧波形は2ミリ秒以内に商用給電からインバータ給電に切り換わり、良好な補償性能を示している。

5・4 特長

商用給電からインバータ給電への切換にサイリスタスイッチを用いたパワーセーフは、以下の特長を持つ。

高効率：99%以上

常時運転（定格負荷）時の効率99%以上を実現！  
 高速切換：2ミリ秒（at 三相、100%電圧低下時）  
 サイリスタと独自の遮断技術による高速切換を実現！

多重雷対応可能：如何なるタイミングの多重雷でも補償可能であり、繰返し投入開放動作に制約なし！

省スペース：小形化を実現

長時間補償・多重雷対応でも小形化を実現！

5・4 システム仕様

装置仕様を表3に、外形図を図14に示す。

表3 パワーセーフ仕様

| 項目      | 定格仕様                     | 備考                     |
|---------|--------------------------|------------------------|
| 回路電圧    | 三相6.6kV                  |                        |
| 周波数     | 50/60Hz                  |                        |
| 定格容量    | 2000-4000-6000kVA        |                        |
| エネルギー蓄積 | 高出力MSEバッテリー              | 期待寿命8年（25にて）           |
| 補償方式    | 高速遮断並列補償                 | 常時商用給電                 |
| 補償時間    | 60秒                      | 周囲温度25                 |
| 切換時間    | 2ミリ秒                     | 三相100%電圧低下時            |
| 遮断電流    | 12.5kA                   | 20kAも製作可能              |
| 運転効率    | 99%以上                    | 商用給電時                  |
| 使用場所    | 屋内                       |                        |
| 周囲温度    | - 5 ~ 40                 | 電池は5 未満では、補償可能時間が低減。   |
| 外形寸法    | W11400 × D2500 × H2650mm | 2000kVA/1600kW 60秒補償仕様 |
| 質量      | 43500kg                  |                        |

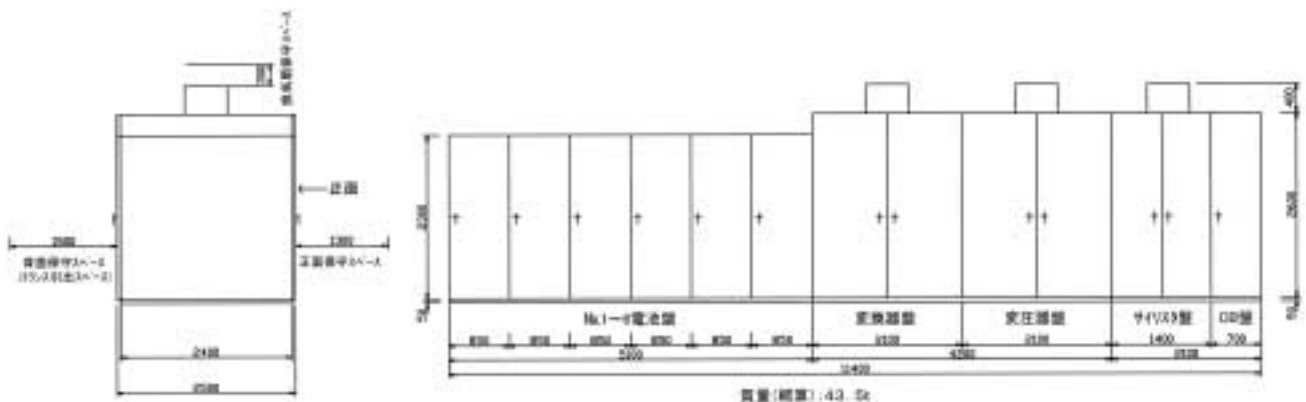


図14 パワーセーフ外形図（6.6kV2000kVA器の例）

## 6. あとがき

弊社はランニングコストの低減やメンテナンスの省力化など、お客さまの切実なご要望に応えるため、高圧フューダー一括対策を可能としたメガワット級の瞬低・停電対策装置を製品化してきた。

今後も市場ニーズにマッチした製品開発を行い、瞬低・停電被害にお困りのお客さまへ最適な対策装置を提案していく所存である。

## 参考文献

- (1) 浅野、徳田、ほか：「瞬低対策用高速限流遮断器の開発」日新電機技報 Vol.43, No.1(1998.1)
- (2) 河崎：「瞬時電圧低下対策装置の技術紹介」日新電機技報 Vol.47(2002.3)
- (3) 河崎、佐野：「日新の瞬低・停電対策装置」日新電機技報 Vol.49(2004.2)
- (4) 畠中：「大容量形瞬時電圧低下対策装置の開発」電気情報社 電気現場技術 Vol.43 No.510 (2004.11)

## 執筆者紹介



**河崎吉則** Yoshinori Kawasaki  
産業・電力システム事業本部  
システム機器事業部  
パワエレ部 部長



**佐野耕市** Koichi Sano  
産業・電力システム事業本部  
システム機器事業部  
パワエレ部 事業推進グループ グループ長



**村井正樹** Masaki Murai  
産業・電力システム事業本部  
システム機器事業部  
パワエレ部 事業推進グループ 主任