

# 瞬時電圧低下対策装置の技術紹介

The Technical Introduction of Voltage Dip Compensator

河崎 吉 則\*

Y. Kawasaki

## Synopsis

Voltage dip compensator "UNISAFE" and "High Speed Fault Current Limiting Switch" were developed as special countermeasures in order to solve the voltage dip problems.

The "UNSAFE" is more economical and is effective and easy-to-use in manufacture line. And the "High Speed Fault Current Limiting Switch" is applied to the systems which connected dispersed power source and power line.

We describe the technology and principle, and applications of "UNISAFE" and "High Speed Fault Current Limiting Switch", respectively.

## 1. ま え が き

送電線を支える鉄塔に落雷があると、鉄塔電位が急激に上昇し送電線を支持する碍子の沿面に逆フラッシュオーバーと呼ばれる現象が起こり、送電線と大地が電氣的につながる地絡と呼ばれる現象が発生する<sup>1)</sup>。送電線に直接落雷があった場合にも同様に地絡現象が発生する。また、地絡が複数の相で発生すると短絡現象となる。

このような地絡・短絡故障が発生した場合、これを変電所の保護継電器が検出し、遮断器で故障発生区間の電力供給を短時間遮断するが、そのときに瞬時電圧低下(瞬低)が発生する。この現象を電圧ディップ(Voltage Dip)とも呼ぶ。

この瞬低により、照明が消えたり、マイコン制御機器を装備した生産ラインが停止する現象が起こる。この現象と対策が最初に調査・報告<sup>2)</sup>されてからすでに10年以上経過するが、今だに解決されておらず、さらに近年IT関連機器の普及により瞬低の影響はますます拡大し、情報化社会の大きな問題としてクローズアップされている。

このような背景の中、「メンテナンス性に優れた安価

な対策装置で、瞬低さえ救済できればよい」という顧客からの強い要望に応えるため、コストパフォーマンスおよびメンテナンス性を追求した瞬低専用対策装置(当社商標ユニセーフ)を開発し、1986年の発売以来、工場生産ラインの低圧フィード(給電)で数多くの実績を上げてきた。

さらに、多くの需要家では重要負荷と一般負荷が混在しており、重要負荷のみを選別し特定のフィードに集めるような工事が難しいため、「需要家構内の高圧配電系統を一括して瞬低対策したい」という新たなる要求が高まってきている。これに対応するため、高圧/大容量(定格6.6kV、2MVA)ユニセーフを開発中である。

また、商用電源系統と自家用発電機(自家発)の連系システムを運用されている需要家からは、「瞬低対策と自家発の保護を同時に実現する対策装置」の要求があり、それに応じて系統連系の「高速限流遮断装置」も1998年に商品化した。

本稿では、瞬低対策装置「ユニセーフ」、高速限流遮断装置の技術紹介、および「高圧/大容量ユニセーフ」の開発状況について紹介する。

\*システム機器事業部 パワエレ機器部

## 2. 瞬時電圧低下

### 2.1 瞬低の発生原因と発生頻度

瞬低の発生原因の大部分は自然災害、特に落雷によるものが殆どである。

表1に電圧階級ごとの電圧低下継続(故障除去)時間の範囲を示す。また、図1に電圧低下度ごとの継続時間の実績を示す。

これより、わが国では、電圧が20%以上低下する瞬低が、平均5回/年(停電発生頻度は平均0.3回/年)発生していることが分かる<sup>2)3)</sup>。

表1 瞬時電圧低下の継続時間

故障発生系統[kV]	電圧低下(故障除去)時間[秒]
500	0.07~0.34
275~220	0.07~0.34
187~110	0.1~2.0
77~22	0.1~2.0
6	0.3~2.0

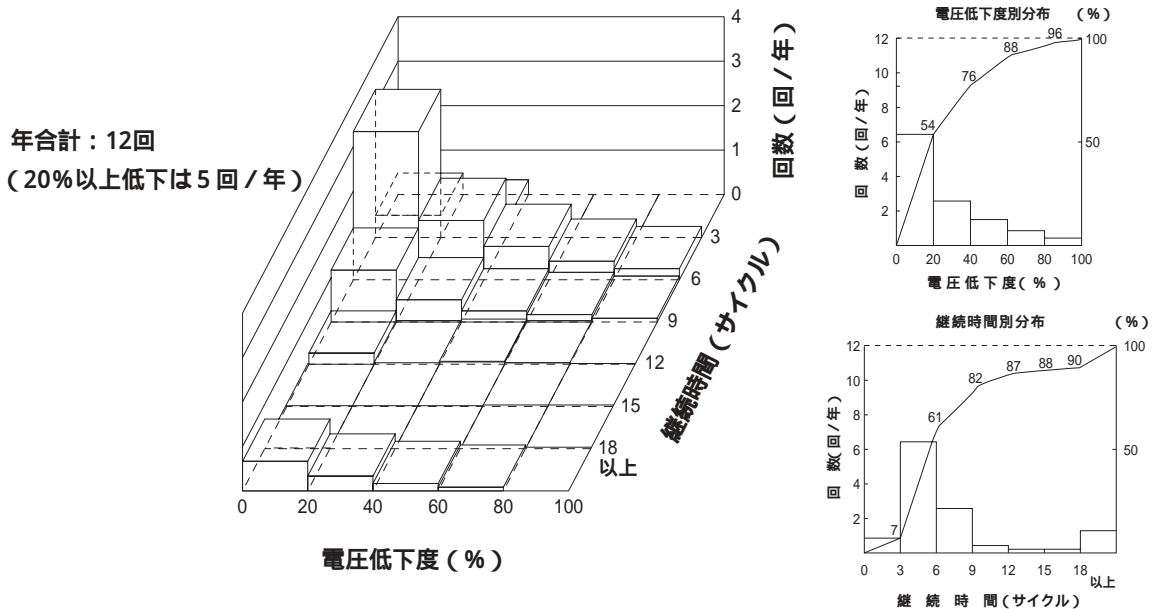


図1 瞬時電圧低下実績(全国平均)

### 2.2 瞬低の影響

個々の機器についての瞬低による影響度や運転を継続できる能力を示したデータは、文献<sup>(4)</sup>として公表されているものなどごくわずかである。その文献によると、瞬低が発生すると図2に示すような条件で電気機器に対し影響が出る。

また、自家発の連系システムを運用している需要家においては、商用電源系統に事故が発生すると、自家発設備にも事故電流が流れ、発電機の出カトルクが大きく変動する。100%瞬低では、この変動が定格出カトルクの5~10倍にも達するため、過負荷により発電機が停止してしまうこともある。

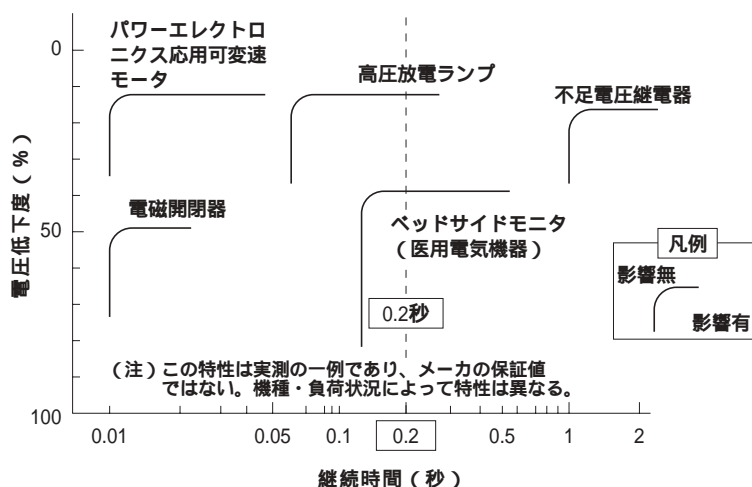


図2 負荷機器の電圧ディップによる影響例

### 3. ユニセーフ

ユニセーフは瞬低専用の対策装置であり、半導体製造装置等の産業用製造設備一般、計測・制御用電源など、瞬低を救済すれば大幅な採算性向上が得られる業種、製造ラインの低圧フィード用に適用されている。

#### 3.1 基本動作

図3の原理図によって、動作を説明する。

##### (1) 常時

常時はサイリスタスイッチにより商用運転を行い、コンデンサは充電状態、インバータは停止状態でスタンバイしている。

##### (2) 瞬低発生時

瞬低を検出した場合は高速にサイリスタスイッチをオフ状態にするのと同時に、インバータは低下した電圧分だけを発生する。この電圧は、注入トランスを介して電源電圧に加算され、負荷には一定の電圧が継続して印加される。

図4にフィールドでの瞬低補償動作記録の例を示す。

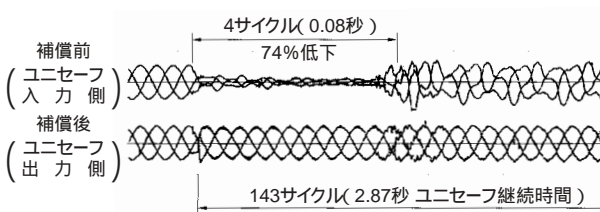
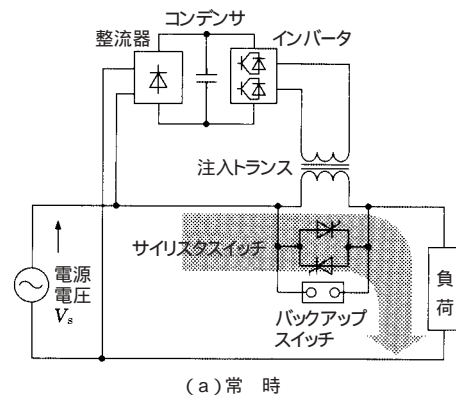


図4 フィールドでの瞬低補償動作記録の例

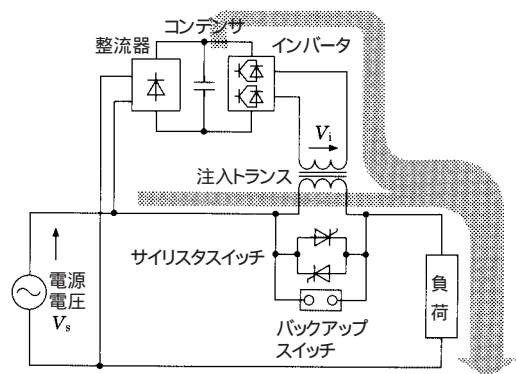
#### 3.2 補償性能

定格負荷容量において電圧低下幅10% - 2秒、60% - 0.35秒、100% - 0.09秒の瞬低を補償する。

負荷容量が定格よりも小さい場合には補償時間が長くなり、負荷が1/2であれば補償時間は2倍となる。また、負荷率が低い場合にはその分補償時間が長くなり、力



(a) 常時



(b) 瞬低発生時

図3 ユニセーフの原理図

率が0.8の場合、補償時間は1.25倍となる。

図5にユニセーフの瞬低補償領域と需要家における瞬低実測記録を示す。

図より、ほぼすべての瞬低に対しユニセーフで救済可能であることがわかる。

三相電圧低下時のユニセーフ動作説明図 (力率1.0の時)



---: 電圧低下  
●: ユニセーフの補償電圧  
(注)ユニセーフは電圧低下幅10%以上のものを補償

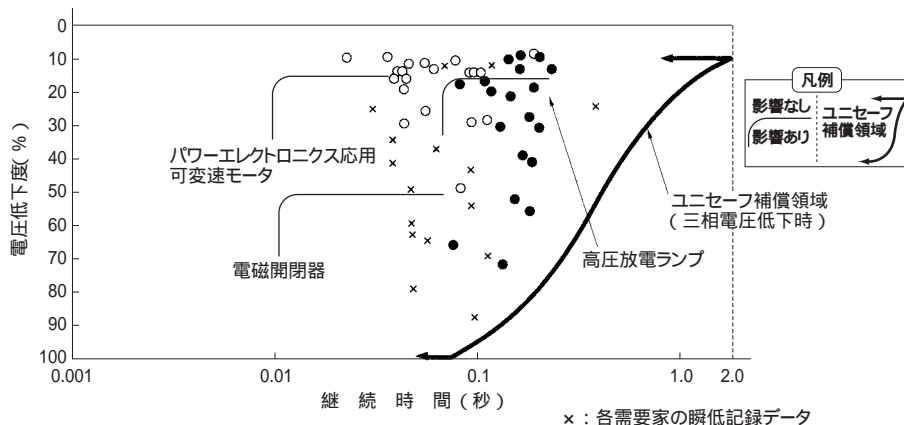


図5 ユニセーフの瞬低補償領域

### 3・3 特長

ユニセーフは、その方式と動作原理により、次の特長を持っている。

- (1) 低コスト
  - 装置価格は200kVAクラスでUPSの半分程度と安価である。
- (2) 低損失
  - 損失を常時インバータ給電方式UPSの1/5以下に低減し、総合効率98%以上を達成した。
  - 常時は損失の低いサイリスタスイッチによる商用給電とし、瞬低発生時のみインバータ給電に切り換える省エネ運転とした。
  - インバータは、直列に電圧低下分を供給するという当社独自の技術である"直列補償方式"を採用し、インバータ損失を最小限に抑制した。
- (3) 省メンテナンス

UPSは3年に1回程度の蓄電池の定期交換が必要であるが、ユニセーフはエネルギー蓄積部に直流コンデンサを用い、瞬低発生時のみの充放電動作とすることによって、10年間部品交換不要とした。

### 4．高速限流遮断装置

高速限流遮断装置は、自家発系の母線に接続された重要負荷設備の瞬低対策、自家発の過負荷による脱落防止を両立させる系統連系システム用の瞬低対策装置である。

#### 4・1 基本動作

図6にシステム構成を示す。

- (1) 常時
 

サイリスタは直流点弧によりダイオード運転をしている。直流リアクトルの抵抗を極力小さくしているため交流側から見た伝達インピーダンスはほぼ零となる。
- (2) 負荷遮断(正常時)
 

サイリスタのゲートブロックにより、通常の負荷電流が遮断できる。
- (3) 限流遮断(瞬低発生時)
 

系統に短絡故障が発生した場合、高速限流遮断装置を通過する交流電流が直流リアクトルに流れる直流電流を上回ればアーム1と4のペアまたは2と3のペアのいずれかが停止する。つまり交流端子から見ると、この間の直流リアクトルが交流回路に直列に挿入された形になり、自発的に限流が行われる。

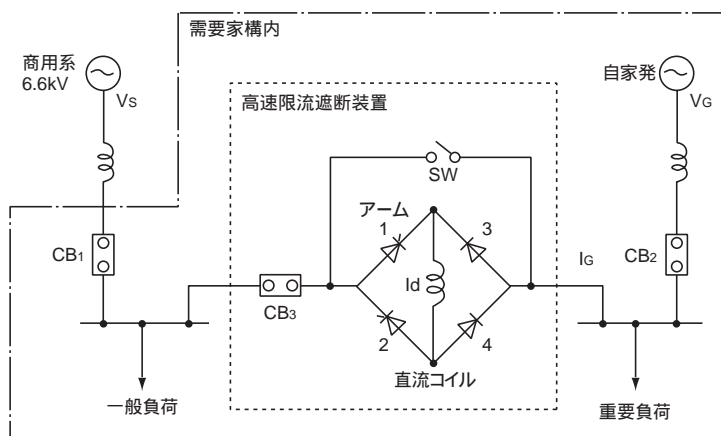


図6 システム構成

4・2 補償性能

図7に瞬低補償時の動作波形例を示す。

3/4サイクル未満で限流遮断が完了するとともに、自

家発側の電圧が回復しており、図2に示したほとんどの負荷機器が商用側の事故の影響を受けないことがわかる。

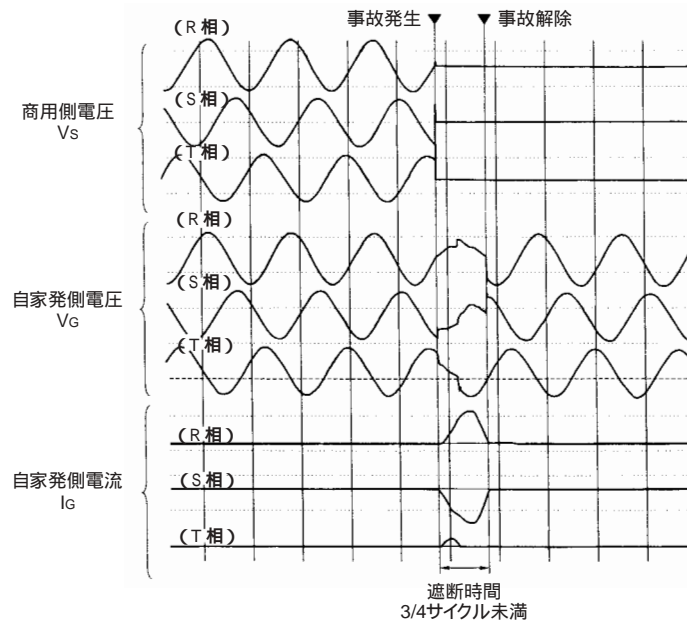


図7 瞬低補償動作の例

4・3 特長

(1) 瞬低対策

従来の高速遮断器やサイリスタスイッチ方式の系統連系遮断装置では、瞬低発生より連系遮断までの間、自家発系母線の電圧も同様に低下してしまい電磁開閉器および可変速モータ制御など瞬低に敏感な装置への影響を回避できなかったが、本装置は、直流リアクトルの自律的な限流効果を利用する新方式を採用することにより、商用系の瞬低発生時に自家発の過負荷電流を抑制し、自家発系母線の電圧を維持するとともに、サイリスタで高速に連系遮断することで、各種機器を瞬低から完全に保護することができる。

(2) 限流効果

事故電流の第1波から限流効果があり、自家発の発電機出力トルクの急激な変化が抑制され、過負荷による自家発停止を防止できる。

(3) 高速連系遮断

直流リアクトルの電圧をモニタすることによって、商用系の瞬低を2ms以内に検出、サイリスタゲートブロックを行い、3/4サイクル未満での高速連系遮断を可能とした<sup>(5)</sup>(図8)。

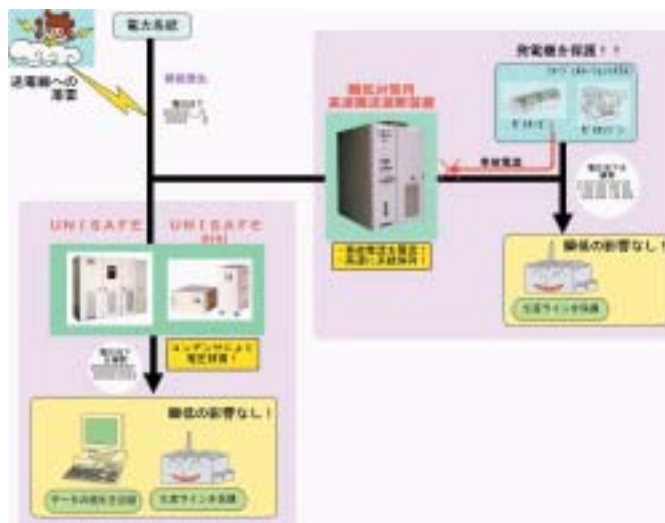


図8 瞬低対策装置の適用例



## 5. 高圧/大容量ユニセーフの開発状況

最近の事例を見ると、需要家の構内配電線に重要負荷と一般負荷が混在するフィーダがあり、瞬低対策を施す上で、補償の抜け落ちが発生しているケースが見受けられる。

これは、IT関連機器の普及により瞬低の影響が拡大し、瞬低対策が必要な対象負荷の選別が複雑化し、重要負荷として特定のフィーダに集めるような工事が難しくなってきたことも要因と考えられる。

上記課題を解決するため、需要家構内の高圧配電系(6.6kV)を一括して瞬低補償する高圧/大容量ユニセーフを、関西電力(株)殿と共同で開発中である。

低圧ユニセーフの特長を継承しながらインバータの並列多重化技術による大容量化(従来最大容量の5倍)、サイリスタスイッチの高圧化技術導入とともに、全デジタル制御によるリモート監視機能の追加など最新技術を盛り込んだ検証用装置(2MVA)を製作し、2002年3月までフィールド検証を実施の上、4月より正式に販売を開始する予定である。

## 6. あとがき

現代社会において電気は必要不可欠なエネルギーであるが、単に供給を停止させないだけでなく、近年のIT関連機器の普及により電気の品質に対するニーズもいっそ

う高まっている。

当社では、早くから瞬低問題に取り組み、"保守が簡単で安価な対策装置"という世のニーズに応えるため、低圧フィーダの瞬低専用対策装置として低コスト、低損失、省メンテナンスを実現したユニセーフ、また商用電源系統と自家発の連系システムには、瞬低対策と自家発過負荷保護も可能な新方式の高速限流遮断装置など、それぞれ当社独自の技術を活かした対策装置を製品化し、数多くの実績を上げている。

さらに、現在、高圧フィーダ一括瞬低補償用に高圧/大容量ユニセーフを開発中であり、今後とも需要家の要求にあったシステム提案を行っていく所存である。

### 参考文献

- (1) 西台、荻原、ほか：「瞬時電圧低下対策装置の原理と特徴」日新電機技報 Vol.32, No.1(1987.1)
- (2) 瞬時電圧低下対策専門委員会：「瞬時電圧低下対策」平成2年7月 電気協同研究 第46巻第3号
- (3) 宮田、大嶋：「直列補償型UPSのシステム構成と適用」OHM11月号(1987)
- (4) 「電力品質に関する動向と将来展望」電気協同研究 第55巻第3号
- (5) 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)

### 執筆者紹介

河崎 吉 則 システム機器事業部 パワエレ機器部 主査