

# 山形サンケン 瞬低対策工事施工事例について

## Example of Construction Work to Prevent Instantaneous Voltage Drop in Yamagata Sanken Fab.

大 滝 卓 也\*  
Takuya Ohtaki

**概要** 装置産業と言われる半導体業界の製品製造において、生産装置に供給する電力が不足し装置が停止することは、仕掛かり中の製品にとって致命的ともいえ、また装置故障に繋がりにかぬ課題でもある。さらに、昨今において、半導体製品製造装置の高度化・精密化にともない、電源電圧の変動に対して脆弱化している点も課題を大きくしている。その対策は、各生産装置に無停電電源装置を設置するなど各社様々であるが、今回、山形サンケンでは、落雷により発生する瞬時電圧低下に特化した対策とその施工事例について報告する。

### 1. まえがき

昨今、半導体装置の高度化、精密化にともない電源電圧の変動に対して脆弱化していることから、瞬低(瞬時電圧低下)による損害が件数、金額ともに増加している。

日本海側の北陸地方や東北地方は雷が多い地域である。特徴として日本海側特有の現象として冬にも冬季雷が発生する。冬季雷は放電時間が長く、エネルギーが大きく夏に発生する夏季雷と比較して落雷による影響も大きくなる傾向にある。

瞬低とは文字どおり瞬間的に電圧が低下する現象であり、その多くは落雷等の自然現象が原因である。

発生のメカニズムは送電線への落雷によって地絡等の故障が発生し、多大な地絡電流等が流れることで電圧が低下する。検出リレーで故障点の検出を行い、故障箇所の切り離しを行うことで復旧するが、落雷から故障点切り離しまで0.07～2秒程度時間を要し、その間電圧低下が継続する。又、関連する言葉で「瞬停」があり、瞬低と誤解されやすい。「瞬停」は短時間停電のことで送電が止まることを意味し電圧がゼロとなる。その波形を図1に示す。継続時間は1分程度となり、瞬低とは対応策も変わってくる<sup>(1)</sup>。

本稿では過去に山形サンケンで発生した瞬低事例を分析し、その対策と施工事例を紹介する。

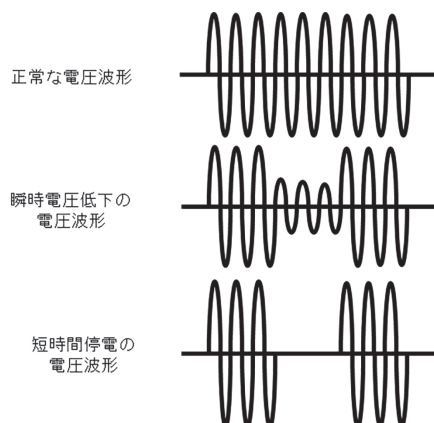


図1 瞬時電圧低下と短時間停電の電圧波形

### 2. 瞬時電圧低下対策の背景

#### 2.1 瞬時電圧低下発生状況

2011年～2021年の10年間で136件の瞬時電圧低下が発生した。その電圧降下率と降下時間の実測結果を図2に示す。

図2には10年間の被害として37件の瞬時電圧低下により、生産装置や用力装置の停止が発生したことも示されている。

図2より電圧降下率が20%を超えると装置が停止するため、対応が必要となることがわかる。又、電圧降下率が低くても電圧降下時間の長さにより停止してしまうケースもあるため、降下時間についても考慮する必要がある。

\*山形サンケン 管理統括部 総務部 環境課

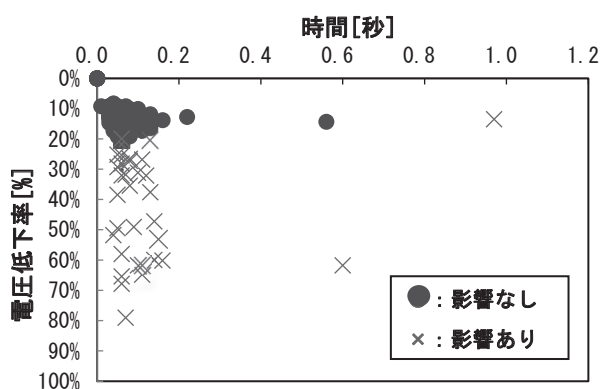


図2 実測結果グラフ

## 2.2 瞬時電圧低下対策の実態

現状、瞬時対策としてUPS(無停電電源装置)が使用されている。UPSとは図3で示すように整流器、インバーター等の電力変換器と交流入力電源との冗長性を担保する電力経路切替スイッチ及び蓄電素子としてバッテリーを組み合わせ、交流入力異常が発生した場合でもバッテリーの電力を出力側に安定して電力を供給し続ける装置である。

瞬時対策の目的は主に生産装置等のデータ消失防止となっており、生産装置のデータを保管する装置の電源である100V系を瞬時対策のメインターゲットとしている。生産装置の200V系電源は瞬時対策の対象外としていた。200V系は主に生産装置の動力として使用されている。生産装置の動力電源に瞬低が発生し、生産に損害を被る場合も損害も大きいことから200V系電源の瞬時対策をするか検討が必要となる。

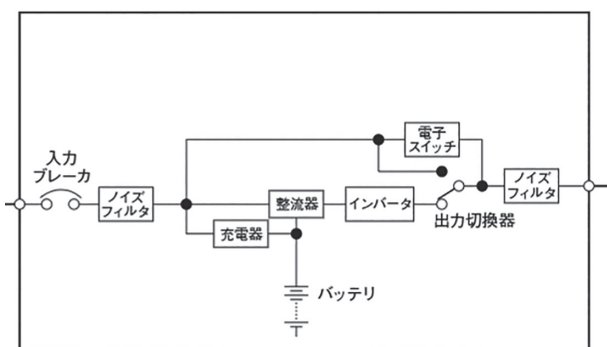


図3 UPS 構成図例

## 3. 瞬時電圧低下対策装置の検討

### 3.1 瞬時電圧低下補償範囲の選定

瞬時対策被害状況や対策の実態から瞬時対策条件をまとめると次のようになる。

- (1) バックアップ容量6000KVA
- (2) 高圧側でバックアップ可能なこと
- (3) 電圧低下率20%~80%以上バックアップ可能なこと
- (4) 瞬低時間1秒間バックアップ可能なこと

今回の瞬低対策に必要な生産装置の負荷容量は100V系、200V系も含め生産装置の合計容量から6000KVAのバックアップが必要となる。瞬低補償を高圧側で行うか低圧側で行うかの検討もおこなった(図4)。低圧側で瞬低対策を行う場合は電流値が増すため1台で瞬低補償できる装置がなく、各系統に瞬低補償装置を導入する必要があり、装置台数が増加する。そこで、工事の施工、設置スペース、管理、運用を考慮し高圧側で瞬低対策を行うこととした。

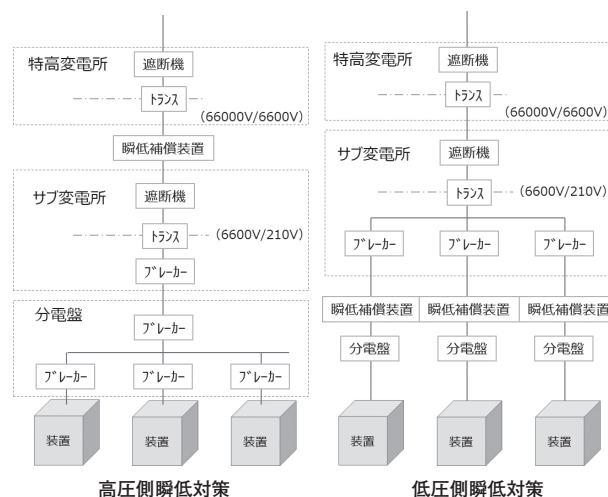


図4 瞬低対策接続イメージ

### 3.2 瞬時対策装置の選定

瞬時対策装置でUPS以外に瞬低補償装置がある。UPSの場合、バックアップ時間は3~10分程度になるが瞬低補償装置は0~1秒程度が一般的である。

相違点として一般的にはUPSは、蓄電素子としてバッテリーを使用し瞬低補償装置はキャパシタを使用している点に違いがある。バッテリーは充電に時間を要するがキャパシタは瞬時に充電、放電が可能である。寿命にも違いがあり、バッテリーの寿命は一般的な鉛バッテリーの場合5~10年程度であるのに対しキャパシタは15年程度と長寿命である。現状使用しているUPSに瞬低補償装置を含め瞬時対策を検討した結果、キャパシタを用いる瞬低補償装置を採用することにした。

瞬低補償装置の蓄電素子として用いるキャパシタには一般的に電気二重層キャパシタとリチウムイオンキャパシタの2種類がある。電気二重層キャパシタは電解液に

浸した活性炭電極表面にイオンを吸着させ電気二重層を形成することで電荷を蓄える。リチウムイオンキャパシタは電気二重層キャパシタの原理を使いながら負極の材料としてリチウムイオン吸蔵可能な炭素系素材を使用しリチウムイオンを添加することでエネルギー密度の向上や高温特性向上させたキャパシタである。今回はエネルギー密度が高く装置が小型化されているリチウムイオンキャパシタを採用した。図5にリチウムイオンキャパシタの写真を示す。



図5 リチウムイオンキャパシタ

### 3.3 瞬低補償装置の特徴

- (1) 電圧低下率100%バックアップ可能
- (2) 瞬低時間1秒間バックアップ可能
- (3) 常時商用給電方式により、99%以上の高効率
- (4) 並列補償方式により、瞬低時だけではなく系統切替による短時間停電も補償可能
- (5) 半導体スイッチ(GTO)により2ms以内の高速切替
- (6) リチウムイオンキャパシタは15年間交換不要
- (7) 1秒間補償後の充電時間は約10秒間であり、定格容量の30%充電時となる。

図6、図7に装置の外観を示す。



図6 瞬低補償装置(正面)



図7 瞬低補償装置(背面)

図8に瞬低補償装置の単線結線図を示す。常時商用給電方式を採用し、高速スイッチにはGTO素子(ゲートターンオフサイリスタ)を使用している。GTOは高速、高耐圧で転流回路が不要な為、装置の小型化、高効率化を実現している。

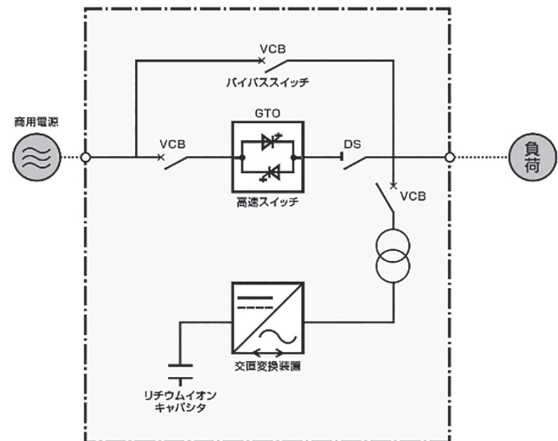


図8 回路構成図

瞬低補償装置の動作波形を図9に示す。

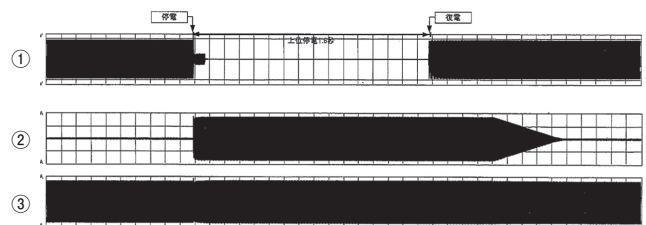


図9 瞬低補償装置動作波形

- ①商用電源波形
- ②直交変換器出力電流
- ③負荷電流

瞬低補償装置が瞬低を検出(波形①)すると、GTOスイッチで負荷側を系統側と切り離し、リチウムイオン

キャパシタから直交変換器電源を経由し、負荷に電力が供給される(波形②)。瞬低後、停電動作になるが負荷電流(波形③)には負荷装置に影響を与える変動がないことが確認できる。

また、復電時は、負荷が瞬時に商用系統側に切り替わると系統側の電圧降下を招くため、ランプ的に負荷を商用側に切り替えている(波形②)。この際も負荷への電力供給が継続的に行われていることが分かる(波形③)。

#### 4. 施工概要

##### 4.1 電源系統の構成について

瞬低補償装置を含む電源系統の構成は図10のとおりである。通常の商用系統の1次遮断器とバイパス回路の遮断器を構築することで、電源を止めることなく瞬低補償装置を電源系統と切り離すことを可能とし、保守やトラブル等による瞬低補償装置の完全停止や装置更新の際にも容易に対応が可能な電源系統を構築した。また、負荷系統をトランスごとに分散し出力することにより、不具合発生時に製品生産への影響を最小限に抑えることも可能とした<sup>(2)</sup>。図11に高圧分岐盤の外観を示す。

##### 4.2 設置について

装置の寸法は瞬低補償装置W:7.5m, D:4.0m×2台, 高圧分岐盤W:27.0m, D:2.4mであり、広い設置面積を必要とした。将来の増産を見込んだ工場増築計画から装置の増設も視野に入れて協議を重ねた結果、基礎寸法W:37.0m, D:19mとし変電所近傍に設置することにした。

又、ロードヒーティング設備を設置し積雪対策をおこなった<sup>(2)</sup>。

#### 4.3 高調波対策について

瞬低補償装置は常時商用給電方式が採用され、入力高調波電流が抑制されないのでクレストファクタ(波高値)を考慮する必要がある。

クレストファクタとは波形のピーク値と実効値の比(ピーク値/実効値)で定義され、交流電源の品質パラメータの一つとなっている。クレストファクタが高い状態では受電設備の発熱や焼損、電子機器の誤動作等の問題を引き起こす。

瞬低補償装置のクレストファクタは1.5以下が条件となっている。

条件を満たさない場合は直列リアクトルの設置等の改善が必要だったが高圧電源(6600V系統)を測定した結果、負荷となる生産ラインの各装置が十分に高調波抑制をしていたのでクレストファクタは1.5以下であり問題がないことが確認できた<sup>(2)</sup>。

#### 5. むすび

今回の瞬低補償装置の導入で瞬低の影響を受けない生産ラインを構築することができた。瞬低に限らず生産ラインに影響を及ぼす現象は多岐にわたるので今後も止まらない生産ライン構築に向けて取り組む所存である。

#### 参考文献

- (1) 一般社団法人「瞬時電圧低下現象」電気学会誌 128 巻 9 号
- (2) 株式会社ユアテック「精密機器製造工場における瞬低補償装置導入施工事例」

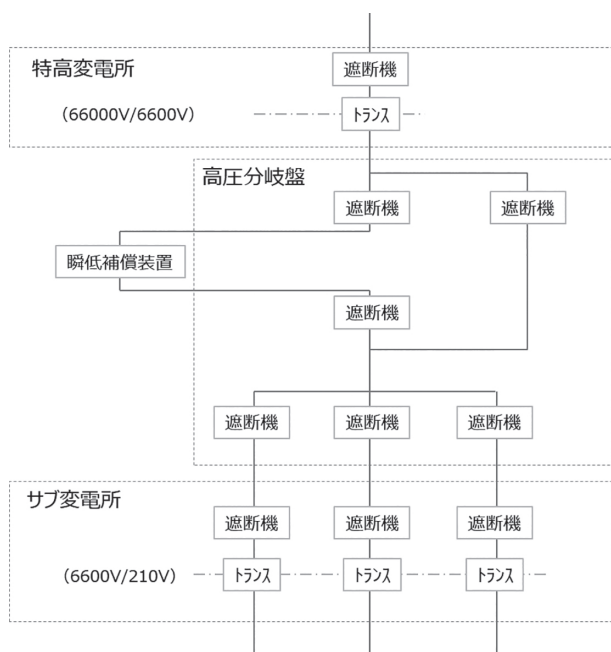


図10 電源系統構成図



図11 高圧分岐盤