

第1章 はじめに

瞬時電圧低下は略して「瞬低」とも呼ばれ、「ある区間、ある時間、電圧が低下する現象」である。瞬低は、雷等の自然現象が主な原因であり、その発生は本質的に避けられない現象である。瞬低が発生するとさまざまな機器の稼動に影響が及ぶため、日常生活において重要な役割を担っている下水道設備にとっても、雨水ポンプの停止大きな被害が出る可能性があり、その対策が重要となってくる。また運転時に瞬低が生じたかどうかの見極めが難しい。

そこで本検討書は、瞬低時のプラント機器への影響を整理するとともに、運転継続のための対策案や留意事項などについてまとめたものである。

第2章 瞬低とプラント機器への影響

瞬低による影響と一般的な対策及び下水プラント機器へ具体的な影響について整理した。

(1) 瞬低による影響と一般的な対策

落雷や着氷雪による電線の接近により送電線が短絡した場合、そのままにしておくと大量の電流が流れ、電気設備が破壊されてしまう。そこで短絡箇所を検出し、故障箇所を高速（0.07～2.0秒程度）で自動的に切り離すが、その際に発生する短時間の電圧低下を瞬時電圧低下と呼んでいる。

瞬低の影響を受けやすい機器を、表1にまとめた。

表1 瞬低の影響を受けやすい機器

機器名	適用箇所の例	影響内容
直流安定化電源 (コンピュータ等 マイクロエレクトロニクス機器 の電源)	<ul style="list-style-type: none"> ・工場のプロセス制御用 ・OA機器 	<ul style="list-style-type: none"> ・20%以上の電圧低下が0.01～0.1秒程度継続するとコンピュータが停止する。(計算ミスなどを避けるため自動停止するようになっている) ・工場のプロセス制御用コンピュータが停止すると、操業が部分停止する。
電磁開閉器 (マグネットスイッチ)	<ul style="list-style-type: none"> ・工場のモータの大部分 ・各種機器・装置の電源開閉 	<ul style="list-style-type: none"> ・50%以上の電圧低下が0.005～0.05秒継続すると開放し、モータの電源を開放する。 ・モータの停止によりプラントが停止する。
パワーエレクトロニクス応用可 変速モータ	<ul style="list-style-type: none"> ・一般産業用のモータ ・エレベータ ・浄水場、下水処理場のポンプ用モータ 	<ul style="list-style-type: none"> ・20%以上の電圧低下が0.01～0.02秒程度継続するとモータが停止する。(サイリスタ保護のために停止する) ・モータの停止により、工場の操業、エレベータ、水道などが停止する。
高圧水銀灯	<ul style="list-style-type: none"> ・店舗、ホールの照明 ・スポーツ施設、道路、トンネルの照明 	<ul style="list-style-type: none"> ・20%以上の電圧低下が0.05～0.1秒以上継続すると消灯する。 ・一旦消灯すると、再点灯までに数分かかり、安定点灯するまでに数分要する。
不足電圧継電器	<ul style="list-style-type: none"> ・受電電圧の監視 ・機器電圧の監視 	<ul style="list-style-type: none"> ・不足電圧継電器の動作整定時間が短い場合に停止する。 ・プラントが停止する。

(出典：東北エネルギーサービス株式会社ホームページ「瞬時電圧低下対策」)

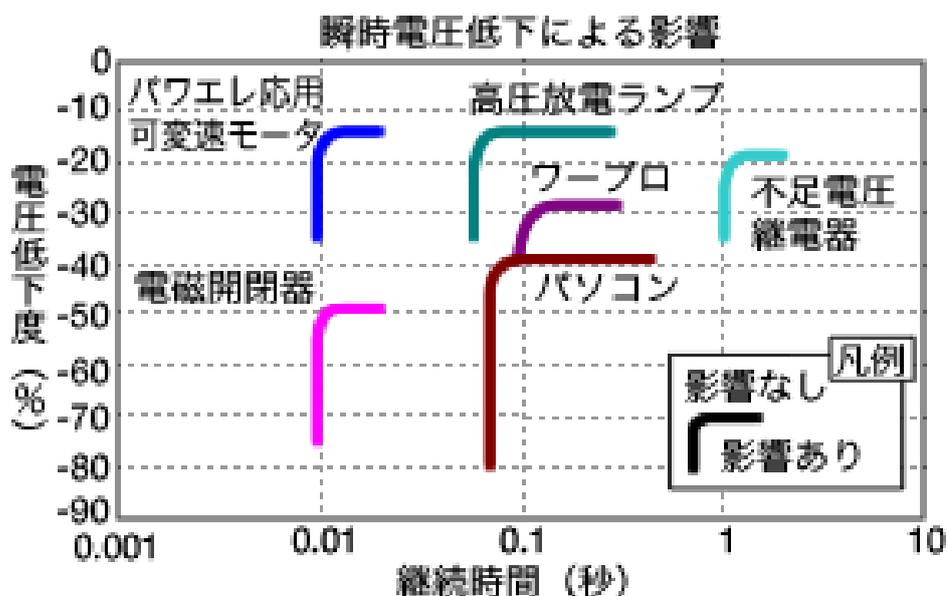


図1 瞬時電圧低下による影響を受ける機器とその影響範囲
(出典：電気協同研究第46巻第3号)

電力会社側で可能な対策はほとんど実施されており、今後著しい向上は望めないことから、プラント側（需要者側）での対策が必要となる。具体的な例を表2にまとめた。

表2 機器毎の対策例

機器及び装置	主な対策	内容
直流安定化電源 (コンピュータ等 マイクロエレクトロニクス機器 の電源)	小型無停電電源装置 (小容量UPS)	補償範囲が比較的小容量(パソコンなど) の場合に適用。
電磁開閉器 (マグネットスイッチ)	遅延開放式やラッチ式の 採用	製品及び機器保護の点で影響のない範囲 で、瞬低時のマグネットスイッチの開放 時間を遅らせる。
パワーエレクトロニクス応用可 変速モータ	自動再起動型インバータ の採用	電圧低下時にモータ制御機能をロック状 態とし、電圧復帰後、自動的に正常運 転に戻す機能の付加
高圧水銀灯	瞬時再点灯型安定器の採 用	再点灯までの時間短縮
不足電圧継電器	動作時間の変更	製品及び機器保護の点で影響のない範囲 で、不足電圧継電器の動作整定を見直す。

(参考：北陸電力ホームページ「耐雷・瞬低コンサルティング」
東京電力神奈川支店ホームページ「瞬時電圧低下とは・・・」)

(2) 下水道プラント機器への具体的影響

下水道プラント機器に対する、瞬低時の動作と影響を整理すると、表3のようになる。

表3 (1) 下水道プラント機器への瞬低による影響 (1)

設備	機器	瞬低時の動作	プラントへの影響	備考
揚水	阻水扉	変わらず	無	間欠運転かつ通常DC電源
	ろ格機	停止	無	間欠運転かつ通常自動運転
	沈砂かき揚げ機	停止	無	復電自動再起動回路あり
	汚水ポンプ	停止	中 手動起動すれば問題ない	
	雨水ポンプ	停止	大 豪雨時、手動再起動の遅れは浸水となる。	
水処理	汚泥かき寄せ機	停止	無	復電自動再起動回路あり
	曝気槽流入扉	停止	無	間欠運転
	送風機	停止	小 手動起動すれば問題ない	
	風量調節弁	停止	無	間欠運転かつ通常自動運転
	返送汚泥ポンプ	停止	小 手動起動すれば問題ない	
	余剰汚泥ポンプ	停止	無	間欠運転かつ通常自動運転
	次亜塩注入ポンプ	停止	小 手動起動すれば問題ないが、遅れは放流水質規定違反	通常自動運転
	砂ろ過原水ポンプ	停止	小 手動起動すれば問題ない	通常自動運転

無：自動復帰回路が組み込んでいない場合は再起動の手間はかかるが、処理プロセスへの影響が少ない

表3 (2) 下水道プラント機器への瞬低による影響 (2)

設備	機器	瞬低時の動作	プラントへの影響	備考
汚泥処理	送泥ポンプ	停止	小 手動起動すれば問題ない	通常自動運転
	遠心濃縮機	停止	小 手動起動すれば問題ない	
	汚泥脱水機	停止	小 手動起動すれば問題ない	
	薬液注入ポンプ	停止	小	通常自動運転
	汚泥搬送コンベヤ	停止	小 手動起動すれば問題ない	
汚泥焼却	焼却炉	停止	中 排ガス関係のみ考慮要。	通常自動運転
	誘引ブロワ	停止	中 排ガス関係のみ考慮要。	通常自動運転
	ケーキ投入ポンプ	停止	小	通常自動運転
	灰搬送装置	停止	小	通常自動運転
共通	床排水ポンプ	停止	無	間欠運転かつ通常自動運転
	活性炭吸着塔	停止	無	間欠運転かつ通常自動運転
	脱臭ファン	停止	小 手動起動すれば問題ない	
	計装用空気圧縮機	停止	無	間欠運転かつ通常自動運転

第3章 瞬低対策及び留意事項について

瞬低によってプラント運転に影響が“雨水ポンプ”について、電気設備として可能な対策およびその他運転上の留意点を整理した。

(1) 雨水ポンプが停止する可能性のある回路

瞬低時に、雨水ポンプが停止する可能性がある回路を列举すると、次のパターンが考えられる。

a) 制御電源が商用AC電源

- ・“雨水ポンプの運転指令”を電氣的に保持しているリレーが復帰（開放）することにより、ポンプが停止する。
- ・リレー個々で若干の差異はあるが、おおよそ定格電圧の10～40%まで低下した場合、リレーが復帰する。

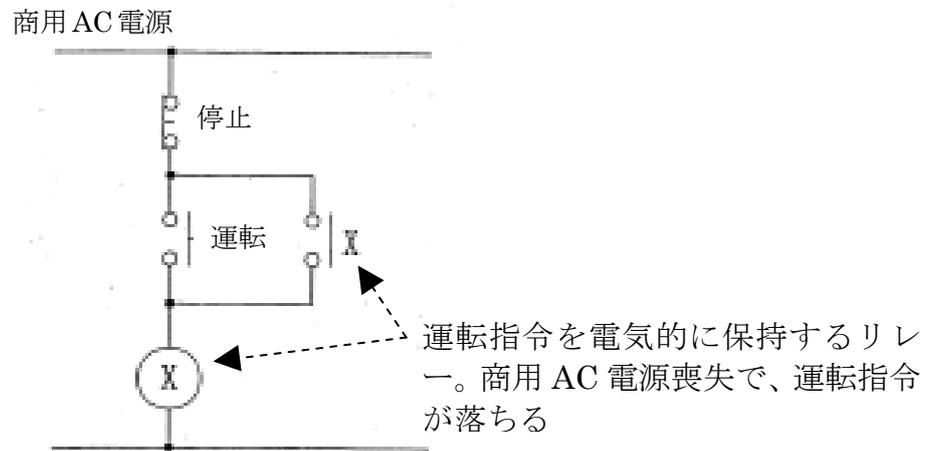


図1 運転指令自己保持回路（例）

b) ポンプ停止条件に補機稼動状態を含有

- ・補機停止をポンプの停止条件に含めている場合、瞬低により補機が停止すると、ポンプが停止する。
- ・通常、補機は動力・制御電源を商用電源としている。

表4 雨水ポンプ停止(故障)条件(例)

	故障項目	共通故障	号機毎故障
1	雨水ポンプ 過電流		○
2	雨水ポンプ 方向地絡		○
3	母線不足電圧	○	
4	制御電源断		○
5	非常停止		○
6	雨水ポンプ 始動渋滞		○
7	雨水ポンプ 軸受温度高		○
8	雨水ポンプ 冷却水断		○
9			
10	冷却水ポンプ 全台停止	○	
11			

この項目が停止条件に含まれていると、通常動力・制御電源が商用電源である補機が停止し、主機であるポンプも停止する

c) VCS (高圧コンビネーションスイッチ) かつラッチ回路でない

- ・通常、雨水ポンプはVCB (真空遮断器) を採用しているが、もし雨水ポンプの開閉装置にVCS (高圧コンビネーションスイッチ) を採用し、かつ励磁回路としている場合、a) と同様にVCS閉の電氣的保持が解除されることで、主回路断となる。

単線結線図の例を図-2 に示す。

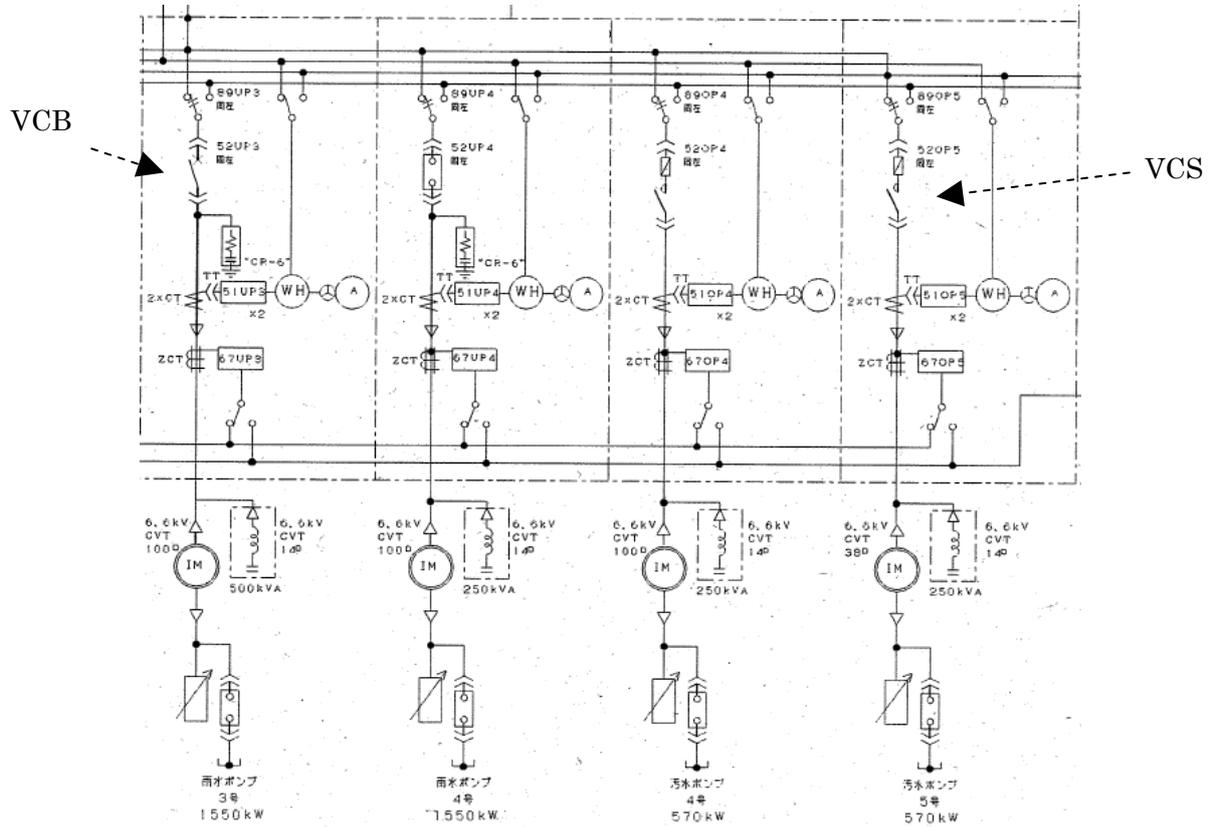


図-2 単線結線図の例

(2) 電気設備としての対策

電気設備として考えられる対策と適用時の留意点を整理した。記載した対策は一つだけでなく全てを実施することが必要である。

- a) 制御電源をDC電源あるいは無停電電源とする
 - ・“雨水ポンプの運転指令”を電氣的に保持しているリレーの電源を、瞬低時にも喪失しないDC電源あるいは無停電電源とする。
 - ・通常はDC電源としている場合が多い。
 - ・無停電電源とする場合、その分容量が必要となるため、適用時は費用対効果も考慮する必要がある。

- b) 補機稼動状態をポンプ停止条件とする場合は必要最小限とする
 - ・即ポンプ故障となる条件のみ、ポンプ停止条件とするようにする。(例：冷却水ポンプ停止は軸受温度高が検出できる場合は、軸受温度高のみを停止条件に含める)
 - ・補機停止のポンプ停止条件への要否は、機械メーカーへその都度確認する必要がある。

- c) VCSの場合は遅延開放式やラッチ式を適用する
 - ・瞬低で即主回路断とならないよう、機器保護の点で影響のない範囲での開放時間の遅延やラッチ式回路を適用する。
 - ・ただし、主回路のみラッチ式とした場合、停電時の機器保護対策として、補機制御電源断にてVCS電磁開閉器開放の回路追加も必要がある。

(3) その他の留意事項

- a) 可定速装置保護回路の追加（可変速とする場合のみ）
- ・雨水ポンプの場合通常は固定速であるが、可変速とした場合可変速装置（セルビウス等）保護用の回路を考慮する必要がある。
 - ・すなわち、瞬停でモータ回転数が制御範囲より低下した場合、回生エネルギーによるモータ二次電圧が上昇するため、セルビウスを切り離し、起動抵抗器で加速後、セルビウス運転に切り替える回路を構築する。（図3）
- b) 瞬低時の設備影響の整理と運転員への周知
- ・瞬低自体、システムで検知し警報として通知することが難しい。そのため、瞬低で各設備が停止した場合、なぜ停止したかあるいは停止したこと自体がよくわからず、運転管理上の不安材料となっていると考えられる。
 - ・表3のように、各機器の瞬低時の動作・対応をマニュアル等で整備し、運転員へ周知することも有効と考えられる。
 - ・またその際、自動運転時の主機起動までの時定数等も明確にしておく。

第4章 おわりに

本書では、瞬低時のプラント機器への影響を整理するとともに、運転継続のための対策案や留意事項などについて整理した。

再構築工事や改良工事の際に、現状の回路を調査した上で、場合によっては対策検討も必要であろう。なお、今回のような対策が有効であれば、設備の重要度に応じて汚水ポンプや焼却設備等についても、詳細に検討範囲を拡大していきたいと考えている。

東京都下水道局では、引き続き水質保全や浸水防止など下水道設備としての責務を全うしていく必要がある、当協会では会員の経験・実績を活かして、側面から下水道事業に貢献していく所存である。今回まとめた内容を設計および設備維持管理業務の一助としていただければ幸いである。

検討メンバー

株式会社 東 芝

株式会社 日立製作所

富士電機システムズ 株式会社

三菱電機 株式会社

株式会社 明電舎

岡崎 吉倫

田村 浩明

川口 哲郎

間宮 基

小暮 敏志

吉森 孝博

時盛 孝一

高倉 正佳