

1 相開放事象への対応状況の報告

平成 27 年 11 月 16 日

原子力規制企画課

1. 経緯

(1) 1 相開放事象に関連する事象の発生

- ① 2012 年 1 月 30 日 米国 Byron2 号機において、外部電源系の 3 相中の 1 相開放事象に起因した電源系の設計脆弱性を示す事象が発生。
- ② 2013 年 5 月 30 日 スウェーデン Forsmark 3 号機において、2 相開放事象が発生。

(2) 原子力規制委員会／原子力規制庁における対応

- ① 2013 年 9 月 9 日 第 4 回技術情報検討会において、米国情報 (Bulletin 2012-01)「電源系統の設計脆弱性」を「要対応技術情報」に決定。
- ② 2013 年 10 月 23 日 発電用原子炉設置者に一般指示文書を発出し、1 相開放事象の発生可能性等についての報告を指示。
- ③ 2013 年 12 月 24 日 発電用原子炉設置者から報告書を受領。
- ④ 2014 年 6 月 4 日 原子力規制委員会決定により、設置許可基準解釈等に、1 相開放故障は、保安電源設備で検知し、その拡大を防止すべき異常である旨を追加。改正案のパブリックコメントを実施。
- ⑤ 2014 年 6 月 5 日 再処理事業者に一般指示文書を発出し、1 相開放故障の検知の可否と安全上の問題についての報告を指示。
- ⑥ 2014 年 7 月 4 日 再処理事業者から報告書を受領。
- ⑦ 2014 年 7 月 9 日 原子力規制委員会で、設置許可基準等の 1 相開放事象に係る条文解釈改正を決定。即日施行。
- ⑧ 2014 年 9 月 17 日 原子力規制委員会決定により、再処理施設の事業指定基準解釈に、1 相開放故障は、保安電源設備で検知し、その拡大を防止すべき異常である旨を追加。改正案のパブリックコメントを実施。
- ⑨ 2014 年 10 月 29 日 原子力規制委員会で、再処理施設の事業指定基準解釈の改正を決定。即日施行。

(3) 米国での対応状況

- ① NRC の対応
 - ・ 2012 年 7 月 27 日 NRC が Bulletin2012-01 を発行。
 - ・ 2013 年 10 月 9 日 NEI が OPC イニシアティブ発表し、NRC と合意。

- ・ 2014年6月5日 NRCは、標準審査指針(Standard Review Plan)に1相開放事象に対する規制要求事項を取り入れ、その改正案のパブリックコメントを実施。
- ・ 2015年7月 NRCは、SRPの改訂を行い、BTP8-9「Open Phase Conditions In Electric Power System」として追加。

② 1相開放事象の検知について

NRCからの情報及び国内事業者からの情報によると、米国では現在以下の検知方法の検討が実施されているが、いずれも、実用性について検証中である。

表1 米国での1相開放事象の検知方式の検討状況

	検知方式の概要	実施者
(a)	変圧器高圧側における電磁センサによる検知	Entergy社
(b)	変圧器高圧側におけるプログラムリレーによる検知	Exelon社
(c)	変圧器高圧側における光ファイバーセンサによる検知	FPL社
(d)	電圧不平衡リレーによる保護	TVA社
(e)	変圧器高圧側における中性線電流注入による検知	EPRI

(4) 国内での1相開放事象への対応状況

① 現状の1相開放事象の検知方法について

国内の発電所においては、変圧器1次側において1相開放故障が発生した場合には、不足電圧継電器等の保護継電器の設定値まで到達した場合、検知可能である。しかし、地絡や短絡を伴わない1相開放故障の場合には、設備構成や負荷状況によっては保護継電器の設定値まで値が変動しない可能性があり、その場合検知できない可能性もある。

このため、事業者は、人為的な検知と機械的な検知を組み合わせることによって地絡・短絡を伴わない1相開放故障も含めて検知できるような対応を取っている。

また、運転員の1相開放故障発生時の対応を確実にするために、運転・監視業務に関する規定類の整備も実施している。

更なる信頼性向上のためには、人為的な要素を排除することが重要であり、将来的には、機械的な検知のみで対応できるように、事業者とメーカーが対策検討を進めている。

② 国内の1相開放事象への対応状況について

2013年10月以降、1相開放事象への対応状況について、定期的に(年1回)、事業者と面談を行っており、最新の状況は以下の通りである。

【2015年度】

- ・ 個別プラント毎のシミュレーション(電気過渡応答解析)の実施
→既存検知での対応可否の検討
- ・ 電中研の模擬送電システムを用いた1相開放故障の実働試験(4/20~4/22)
- ・ 既存検知器の改造検討、新規検知器の試作機の設計

【2016年度~2017年度】(予定)

- ・ 既存/新規の検知器の検証方法の検討、試験の実施

【2018年度以降】(予定)

- ・ 発電所導入に向けた検討・評価

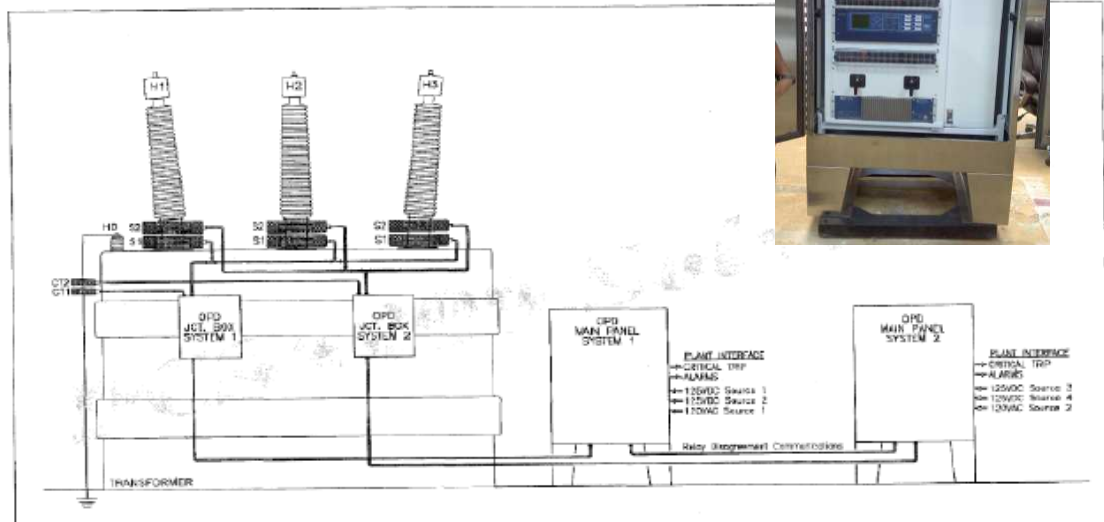
表2 1相開放故障時の各変圧器の電圧低下傾向と不足電圧継電器の動作状況

変圧器型式 (巻線の結線方法)							大飯3号炉, 4号炉にお ける同型式 の変圧器例	高圧側1相開放故障時の 低圧側の相間電圧の挙動 (無負荷時想定)	不足電圧 継電器 の動作/ 不動作
高 圧 側 巻 線	低 圧 側 巻 線	安 定 巻 線	高 圧 側 接 地	低 圧 側 接 地	構 造	脚 数			
Y	Δ	無	直接 接地	無	外鉄	5 脚	3号炉 主変圧器	各相間電圧ともほぼ変化なし	不動作
Y	Δ	無	直接 接地	無	外鉄	5 脚	4号炉 主変圧器	各相間電圧ともほぼ変化なし	不動作
Δ	Y	無	無	抵抗 接地	外鉄	3 脚	3号炉 所内変圧器	1つの相間電圧が0に、残り2つ の相間電圧は1割程度低下	1相動作
Δ	Y	無	無	抵抗 接地	外鉄	3 脚	4号炉 所内変圧器	1つの相間電圧が0に、残り2つ の相間電圧は1割程度低下	1相動作
Y	Y	Δ	直接 接地	抵抗 接地	外鉄	3 脚	No.2 予備変圧器	各相間電圧ともほぼ変化なし	不動作
Y	Y	Δ	無	抵抗 接地	内鉄	3 脚	No.1 予備変圧器	2つの相間電圧が5割程度低下	2相動作

(出典：大飯発電所安全審査資料 2-1-3)

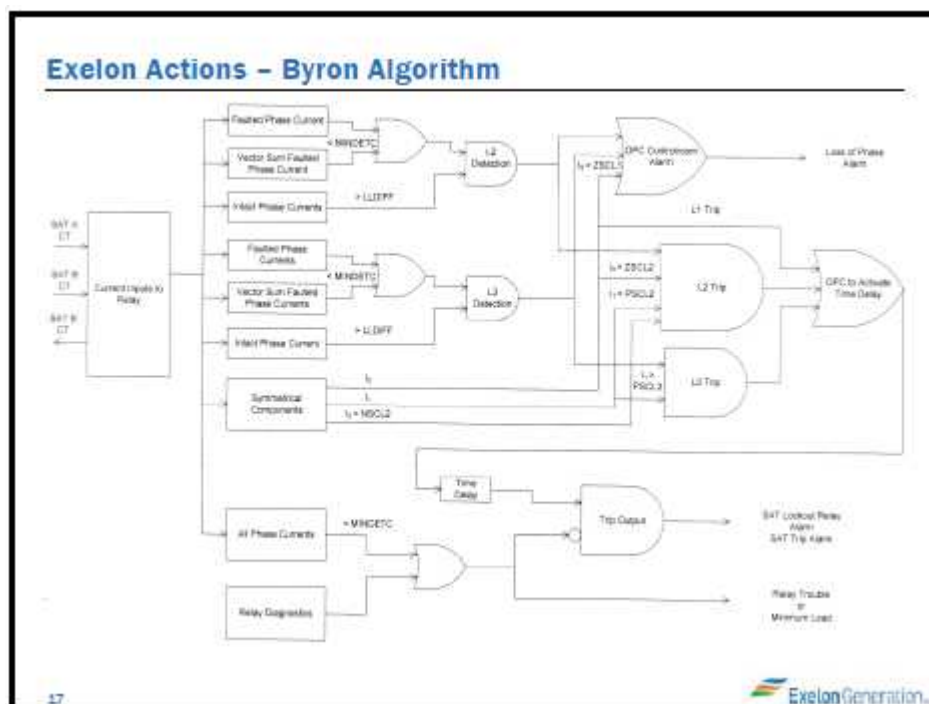
【参考】

○Energy 社の OPD (One Phase Detection) システム



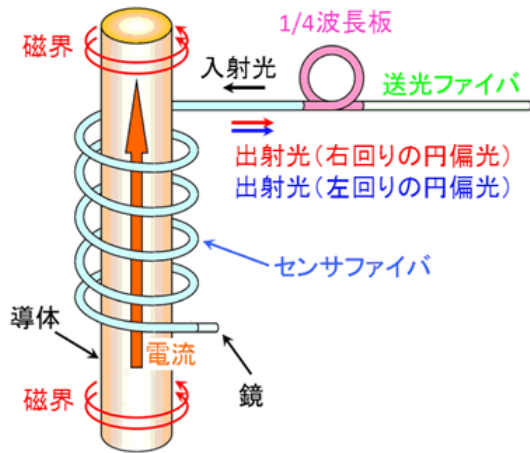
(出典 : <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1501/ML15013A052.pdf>)

○Excelon 社の OPD システム



(出典 : <http://www.nrc.gov/public-involve/conference-symposia/ric/past/2014/docs/abstracts/greenlees-w17-r2-hv.pdf>)

○光センサーCT

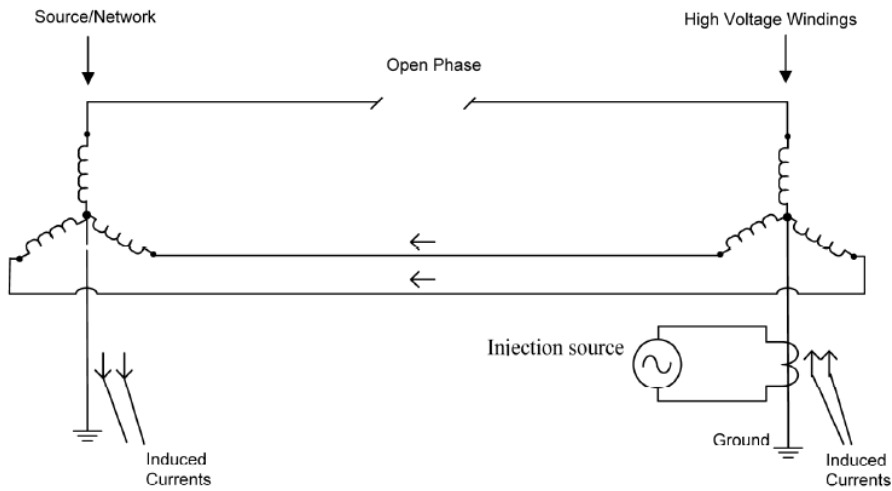


(出典：ALSTOM 資料)

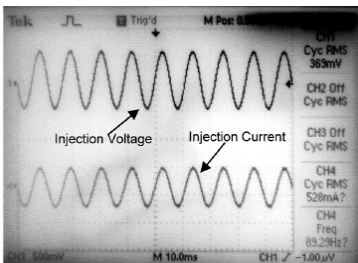
光ファイバーCTの原理 (例)

(出典：https://www3.toshiba.co.jp/power/pic/secret/transmission/detail_01.html)

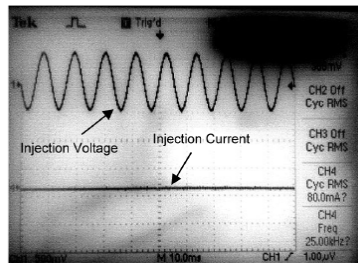
OEPRi OPD システム



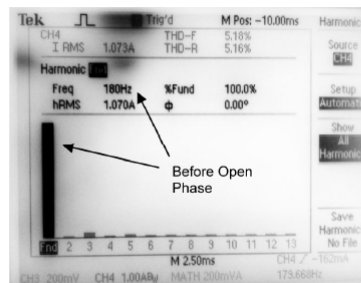
Before open-phase



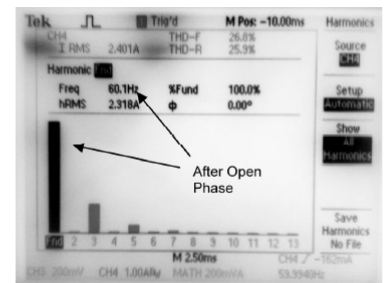
After open-phase



Before open-phase



After open-phase



(出典：2015 EPRI TECHNICAL REPORT)