

1 相開放故障事象に対する国内原子力発電所等の対応 に関する今後の方針

令和5年11月1日
原子力規制庁

1. 趣旨

本議題は、1相開放故障事象（OPC：Open Phase Condition）¹に対するこれまでの原子力事業者の対応状況について報告するとともに、今後の対応についての了承を諮るものである。

2. 経緯

平成24年1月に米国のByron2号機において発生したOPCを踏まえ、平成26年度第10回原子力規制委員会（平成26年6月4日）において了承された対応方針の下、発電用原子炉施設については平成26年度第16回原子力規制委員会（平成26年7月9日）に、再処理施設については第25回原子力規制委員会（平成26年10月29日）において、設置許可基準規則の解釈²等を改正し、OPCの発生を検知し、検知した場合に手動操作による対応を含めて対策を実施することを求めることとした。

一方、当該対応方針においては、「より信頼性を向上させる対策として、1相開放故障を直接検知するための装置の設置を別途求めるための解釈改定について、その開発状況を踏まえて検討する」としており、上記解釈改正に対する対応と並行して事業者の対応状況を確認³してきた。

その後、事業者等によるOPC自動検知技術の開発が進み、代表プラントにおける試験導入・実機検証が行われたことから、原子力エネルギー協議会（ATENA）とOPC対応状況に係る意見交換会合⁴（令和4年8月3日）を実施し、その状況等について令和4年度第47回原子力規制委員会（令和4年10月26日）に技術情報検討会⁵の結果概要の一部として報告⁶した。その際、本件は、「関係する規則解釈の改正の要否及びその理由について整理し、原子力規制委員会に諮る」としていたことから、改めて原子力規制委員会に対応方針について諮るものである。

¹ 外部電源（3相交流電源）のうち1相の電路が何らかの要因により開放故障する事象

² 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第1306193号）、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原規技発第1306194号）、研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原管P発第1306192号）、研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原管P発第1306193号）、再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原管研発第1311275号）

³ 第1回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換（令和2年8月5日）

⁴ 第2回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換（令和4年8月3日）

⁵ 第55回技術情報検討会（令和4年9月29日）資料55-1-3-4

⁶ 令和4年度第47回原子力規制委員会（令和4年10月26日）資料4

3. 事業者の対応状況

上記意見交換会合及びその後の面談⁷において、ATENAから聴取したOPC自動検知システムに係る対応状況及び原子力発電所等における今後の取組については以下のとおり。

- 関西電力株式会社高浜発電所の共用予備変圧器にOPC検出器及び自動検知盤を設置し、実機検証を行った。実機環境での通常運用状態において検証期間中の誤検知はなく、システム設計へ反映が必要な事項は確認されなかったため、各プラントへの実機導入についても問題はないと判断した。
- 一方、実機検証では、落雷や系統ショック等の突発事象に対するシステム挙動は十分に確認できておらず、今後もOPC誤検知がないとは言い切れない。また、運転操作に伴う誤検知を防止するためにはOPC検知に係るタイマー設定値を長くする必要はあるが、運転操作に伴う誤検知は予め想定し得るものであることから、誤検知防止よりOPC検知を優先してタイマー設定値を短時間の設定とする。このため、実運用に当たってはOPC誤検知への対応を考慮する必要がある。
- これを踏まえ、OPC自動検知システムの導入に当たって、OPC自動検知システムによるOPC警報発信時に運転員が誤検知か否かを判断し、手動で遮断器を開放する手順等を整備する。なお、OPC自動検知システムの導入後においても、これまでのOPC対応である巡視点検によるOPC発生の検知、OPCを検知した場合の手動での故障箇所の隔離は継続して実施する。
- OPC対応のための設備の設置について、導入が必要な発電用原子炉施設⁸に対して計画的な導入を進めていく。その状況について、事業者はATENAへ最新の設置計画及び実績について報告（年に1度）し、ATENAは事業者の取り組みの進捗について、ATENAのホームページにて公開するとともに、各社の進捗状況について原子力規制庁へ適時（年に1度及び計画変更時）報告する。
- 令和5年4月に関西電力株式会社大飯発電所において試運用が完了し、本運用を開始しており、現時点（令和5年9月）までにおいて、OPC自動検知システムが作動したケースはなく、不具合なく運用できている。
- なお、日本原燃株式会社再処理施設については、通常運転状態において既存の交流不足電圧継電器により1相開放故障の検知が可能であること等から、OPC自動検知システムの追加設置は不要と判断している。

4. 今後の対応方針（委員会了承事項）

現状の設置許可基準規則の解釈等に基づいて事業者が実施している巡視点検による異常の検知、手動操作による対応を行うことによってOPCに対処することが可能であり、災害の防止上の支障は生じていない。

OPC自動検知システムは、OPC検知に係る信頼性向上の観点から設置され、これまでの運転員の対応を補完するものであることから、更なる安全性向上を図るためのものである。また、自動検知システム導入後も、運転員が誤検知か否かを判断し、OPCと判断した場合は手動操作による対応が必要となることから、手動操作による対策を実施

⁷ 令和5年4月20日及び令和5年9月15日

⁸ 中部電力株式会社浜岡原子力発電所、四国電力株式会社伊方発電所及び九州電力株式会社川内原子力発電所では、既存設備で対応が可能か又は外部電源設備の改造により対応が可能であることから、OPC自動検知システムの追加設置は不要としている。

することは現状と変わらない。

これらのことから、OPC自動検知システムの設置については、「バックフィットに係る基本的な考え方」（令和4年11月30日原子力規制委員会決定）に基づき、設置許可基準規則の解釈等を改正することは不要とする。また、OPC自動検知システムの導入に伴って、手動操作による対策を求めている現行の設置許可基準規則の解釈等を改正する必要性もない。

その上で、引き続き、OPC自動検知システムの導入に関する発電用原子炉施設ごとに実施される事業者の取組みの実施状況について技術情報検討会においてフォローアップすることとする。

＝別紙及び参考資料＝

- 別紙1 第1回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換 資料1
- 別紙2 第1回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換 資料2
- 別紙3 第2回1相開放故障事象（OPC）に対する国内原子力発電所等の対応に係る担当者レベルでの技術的意見交換 資料1
- 別紙4 原子力発電所における1相開放故障事象（OPC）への対応について（令和5年4月20日面談資料）
- 参考1 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第1306193号）（抜粋）
- 参考2 バックフィットに係る基本的な考え方（令和4年11月30日原子力規制委員会決定）

1 相開放故障事象（OPC）に対する 原子力発電所の対応について

2020年8月5日

原子力エネルギー協議会

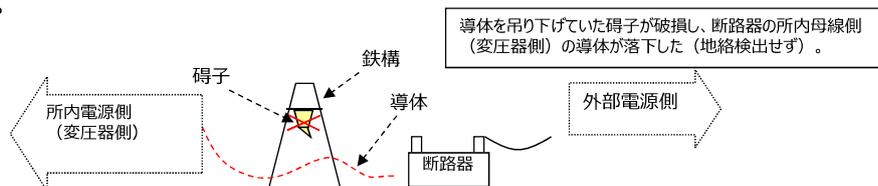
目次

1. 1相開放故障事象（OPC）の概要について	1
2. 国内のOPC対応状況と事業者の認識	2
3. 国内におけるこれまでの取組みと今後の計画	3
4. OPC自動検知システムの設置対象変圧器の選定	4
5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器	5
6. OPC自動検知システムの運用方針	
(1) システムの運用方法	15
(2) 誤検知への対応	16
7. 各社の設置計画	17
8. 米国におけるOPC対応状況	19
9. まとめ	21

1. 1相開放故障事象（OPC）の概要について

OPC（Open Phase Condition）の概要（米国におけるOPC発生事例より）

- ・2012年1月30日、米国Byron 2号機において定格出力運転中、以下の事象が発生した。
 1. 起動用変圧器につながる架線の碍子の破損により、3相交流電源の1相が開放状態となり、起動用変圧器から給電されていた常用母線のRCPが低電圧リレー動作でトリップ、さらに原子炉がトリップした。
 2. 一方、当該起動変圧器から同時に給電されていた非常用母線については、低電圧リレーが動作せず、3相交流電圧が不平衡のまま外部電源への接続が維持された。
 3. 原子炉トリップ後に起動した安全系補機類が、非常用母線の電圧不平衡に起因する過電流等により連続的にトリップしたが、運転員は事象発生当初、その原因を特定することができなかった。
 4. その後、運転員が1相開放故障状態に気付き、外部電源の遮断器を手動で動作させることにより、外部電源系から非常用母線が開放され、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、電源を回復した。



米国Byron 2号機の1相開放故障の概要

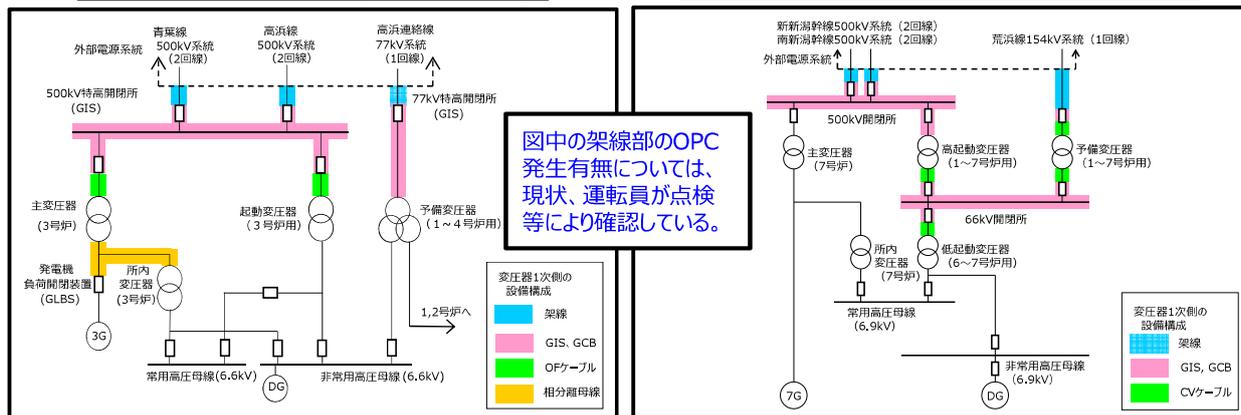
・上記のようにOPCは主に架線部で発生し、地絡を伴わない場合や非常用母線の電圧・電流低下が小さい場合は、既設の保護リレー等で検出できない事象である。設備の構造や設置環境から、架線部以外ではOPCの発生は考えにくく、仮に発生しても、地絡を伴うため、検知可能である。 → 参考1・2

2. 国内のOPC対応状況と事業者の認識

- ・ OPCへの対応については、設置許可基準規則33条に基づき、既設の保護リレー等で検出できない箇所について、運転員の巡視点検や受電ライン切替前後の点検等により事象を検知する運用としており、また、OPC発生時の兆候及びその対応を運転員に教育し、手順として定める等、OPCによるプラント影響を防止できる体制を構築している。したがって、仮に常時外部電源を受電している起動変圧器のラインでOPCが発生したとしても、非常用高圧母線の電動機が連続的に過電流トリップする等の兆候にて、速やかに非常用ディーゼル発電機等の健全な電源に切り替えることが可能であり、リスク上喫緊の問題はないと考えている。
- ・ ただし、非常用高圧母線への外部電源受電ラインに架線を含む場合で、OPCを既設の保護リレー等で検出できない変圧器については、事象発生から把握までにタイムラグがあることから、更なる改善が必要と認識。

PWRの外部電源受電ライン構成（高浜の例）

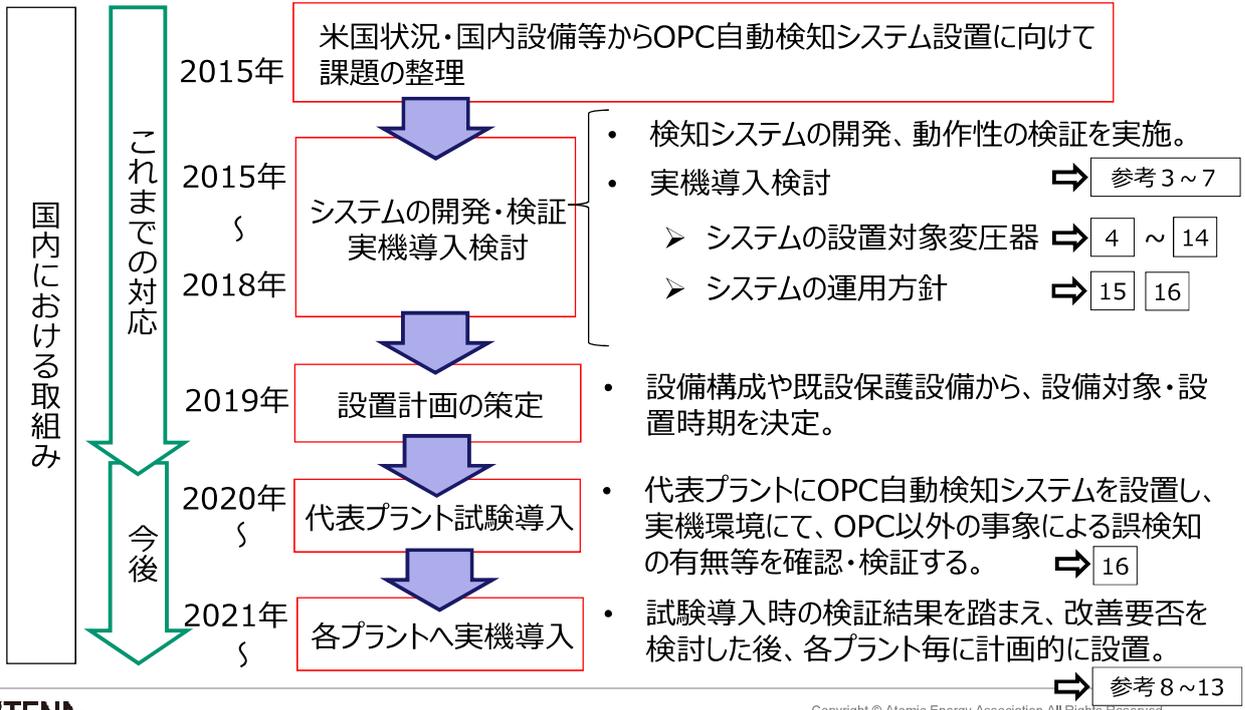
BWRの外部電源受電ライン構成（柏崎刈羽の例）



※他プラントを含めたすべての構成パターン → 5 ~ 14

3. 国内におけるこれまでの取組みと今後の計画

- 国内では、これまで海外情報等の収集も行いながら、OPC自動検知システムの開発・検証を行い、実機導入に向けて検討・準備を進めてきた。⇒ 参考3～7
- その結果、実機導入の目途が立ってきたため、今後、代表プラントにて試運用を開始し、早期の本格導入を目指す。

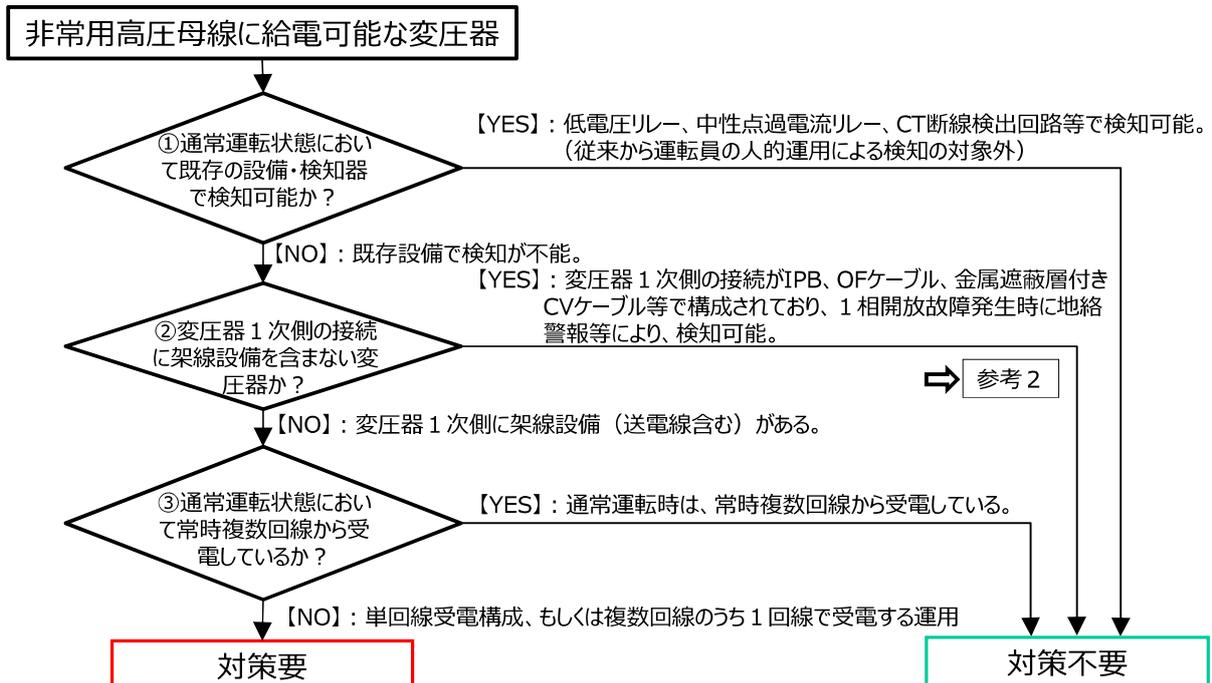


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

4. OPC自動検知システムの設置対象変圧器の選定

設置対象として、1相開放故障を人的運用によって検知する必要がある変圧器を以下のフローにより選定。PWR/BWR共に主に通常運転中は待機状態の予備変圧器が対象になる。 ⇒ 5 ～ 14

設置対象変圧器の選定フロー

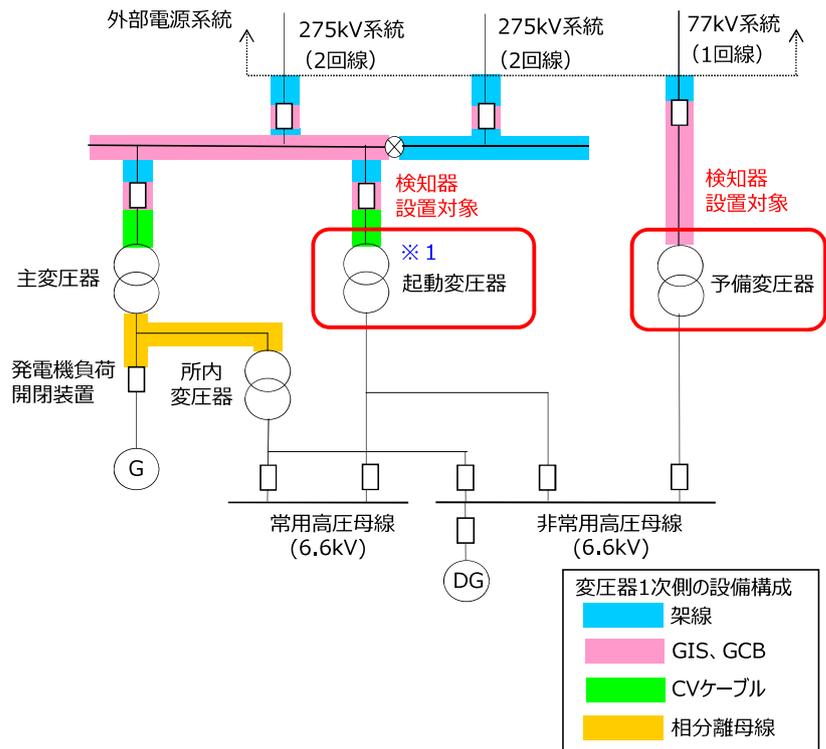


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (PWR1/6)

PWR電源構成例①

対象プラント	美浜3号	
特徴	主変圧器 + 起動変圧器 + 予備変圧器 構成	
個別プラントにおける相違点	美浜3号機	<p>※1)</p> <p>美浜3号機のNo.2起動変圧器については、275kV系統からの受電ラインに一部架線があるため、検知器設置対象としている。</p>

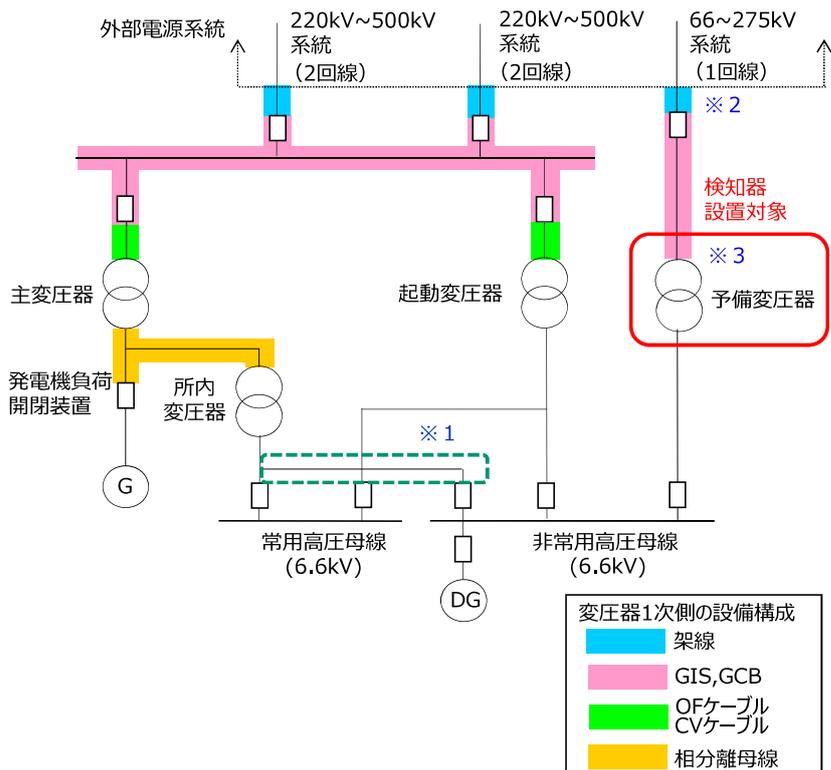


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (PWR2/6)

PWR電源構成例②

対象プラント	泊1号、泊2号、高浜1号、高浜2号、高浜3号、高浜4号、敦賀2号 (発電機負荷開閉装置の有無の差は割愛している。また、廃止措置予定プラントは除く)	
特徴	主変圧器 + 起動変圧器 + 予備変圧器 構成	
個別プラントにおける相違点	泊1,2号機	<p>※1)</p> <p>主変圧器、所内変圧器から非常用高圧母線へ接続するラインはない。</p> <p>※2)</p> <p>予備変圧器に接続する66kV系統は2回線構成となっているが、常時1回線受電のため、検知器設置対象としている。</p>
個別プラントにおける相違点	敦賀2号機	<p>※1)</p> <p>主変圧器、所内変圧器から非常用高圧母線へ接続するラインはない。</p> <p>※2)</p> <p>予備変圧器に接続する275kV系統は2回線構成となっているが、常時2回線受電ではないため、検知器設置対象としている。</p> <p>※3)</p> <p>予備変圧器に加えて、今後新設する予定の後備変圧器についても、検知器設置対象としている。</p>

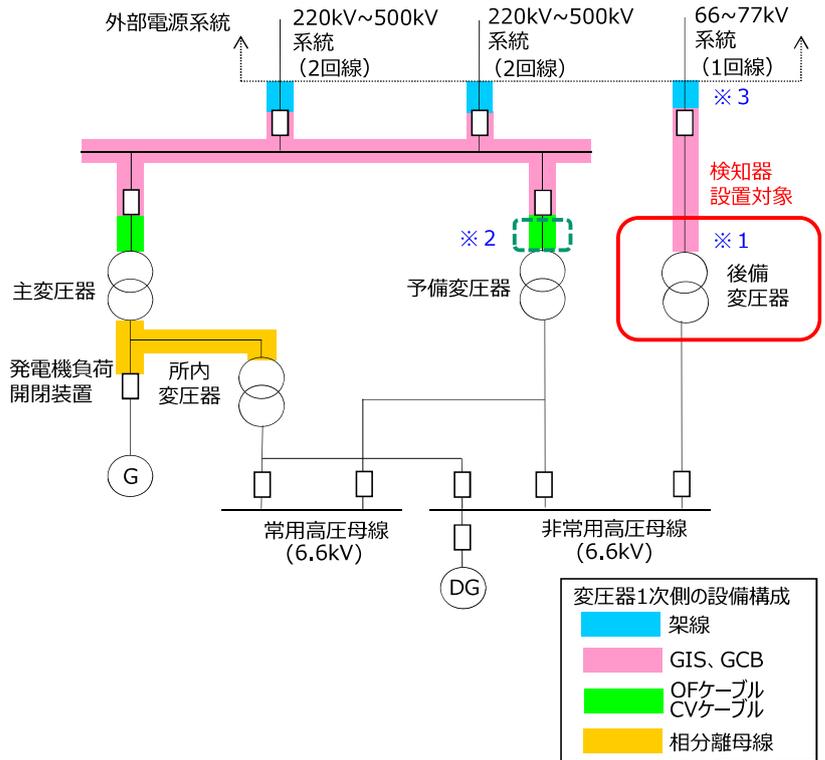


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (PWR3/6)

PWR電源構成例③

対象プラント	泊3号、大飯3号、大飯4号 (発電機負荷開閉装置の有無の差は割愛している。また、廃止措置予定プラントは除く)	
特徴	主変圧器 + 予備変圧器 + 後備変圧器 構成	
個別プラントにおける相違点	大飯3,4号機	※1) 後備変圧器として、77kV系統のNo.1予備変圧器が設置されている。
	泊3号機	※2) 当該ラインはGIS設備となっている。 ※3) 今後新設する予定の後備変圧器は、接続する66kV系統が2回線構成となっているが、常時1回線受電のため、検知器設置対象としている。

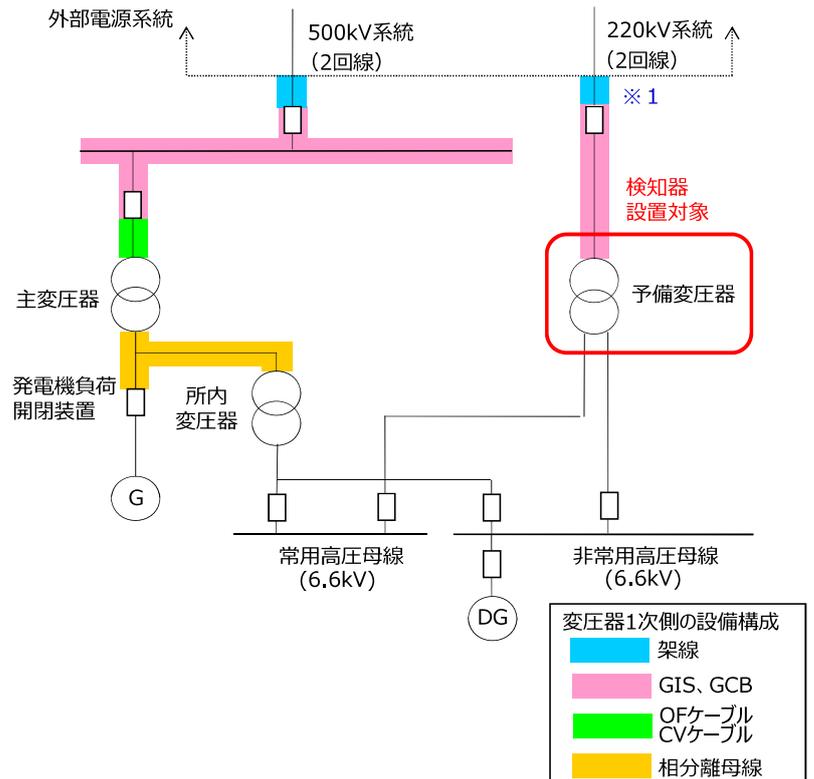


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (PWR4/6)

PWR電源構成例④

対象プラント	玄海3号、玄海4号	
特徴	主変圧器 + 予備変圧器 構成	
個別プラントにおける相違点	玄海3,4号機	※1) 予備変圧器に接続する220kV系統は2回線構成となっているが、常時2回線受電ではないため、検知器設置対象としている。

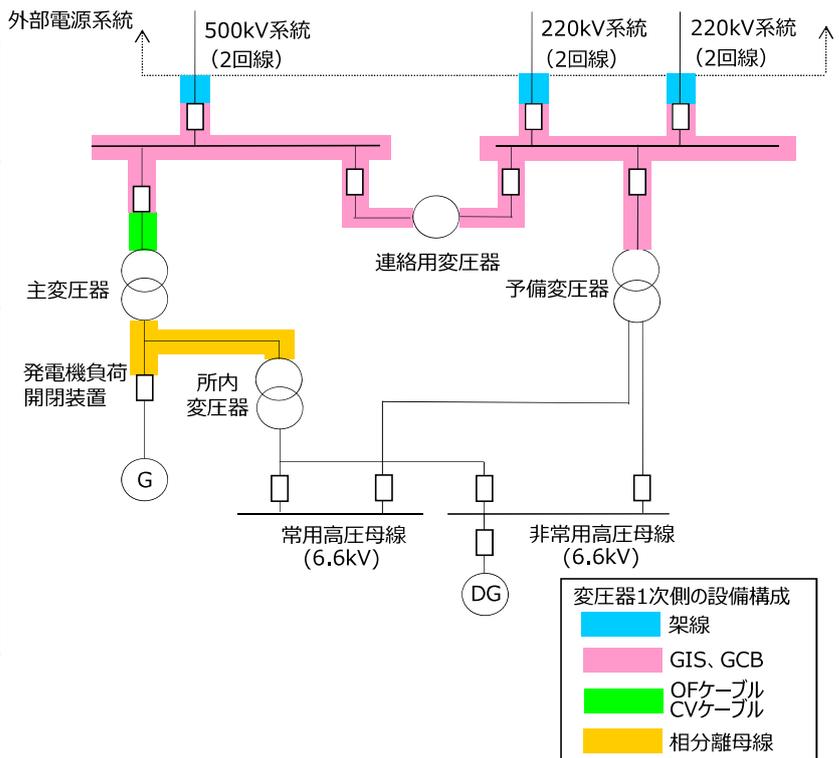


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (PWR5/6)

PWR電源構成例⑤

対象プラント	川内1号、川内2号	
特徴	主変圧器 + 予備変圧器 構成 (複数回線受電、連絡用変圧器あり)	
個別プラントにおける相違点	川内1,2号機	予備変圧器については、 常時複数回線から受電する構成であることから、検知器設置対象外 としている。

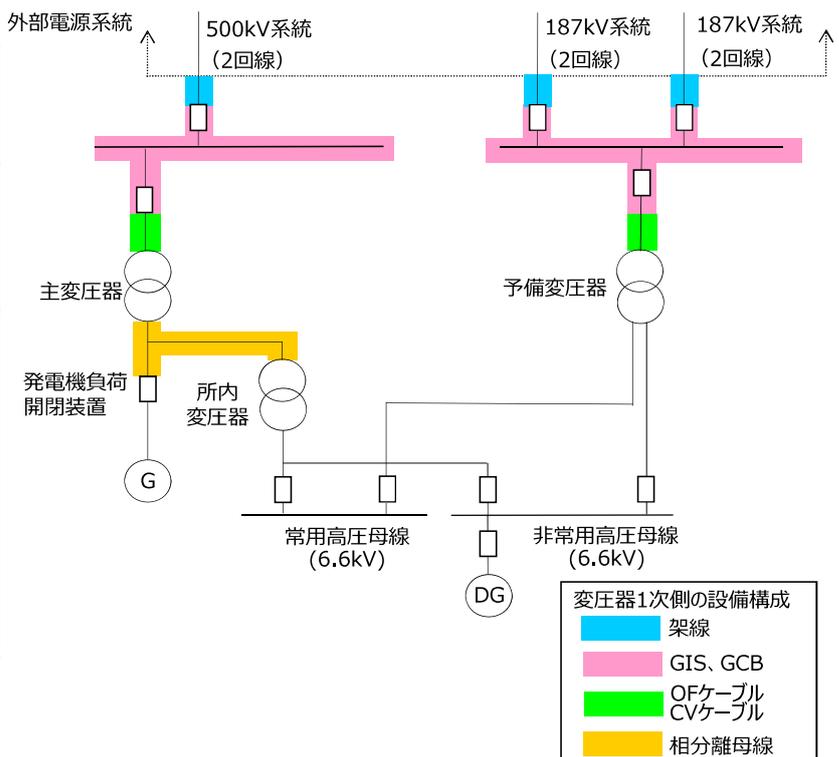


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (PWR6/6)

PWR電源構成例⑥

対象プラント	伊方3号	
特徴	主変圧器 + 予備変圧器 構成 (複数回線受電)	
個別プラントにおける相違点	伊方3号機	予備変圧器については、 常時複数回線から受電する構成であることから、検知器設置対象外 としている。

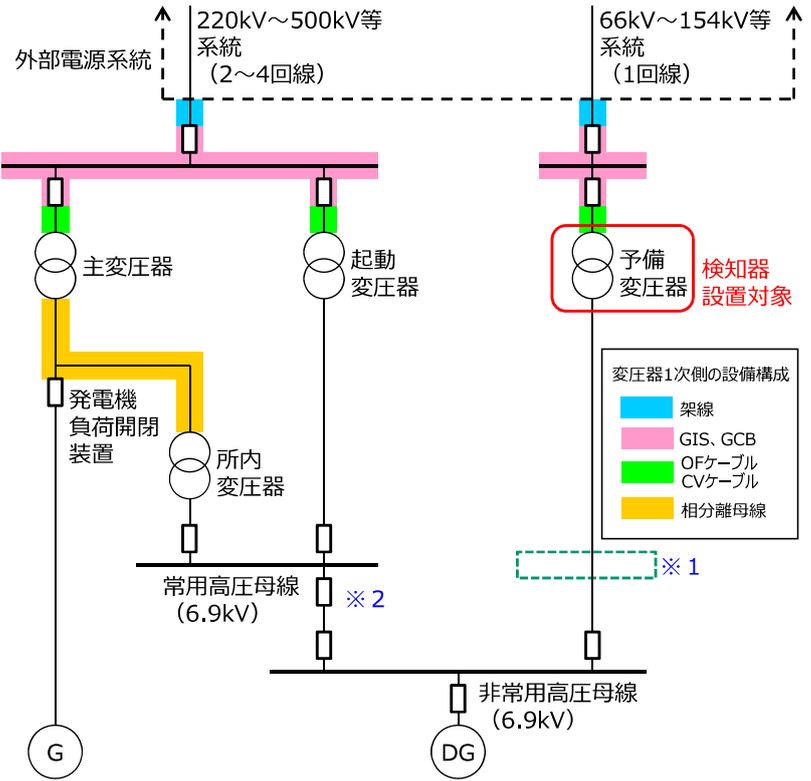


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (BWR1/4)

BWR電源構成例①

対象プラント	女川2 / 3号、志賀1号、島根2号、東海第二、大間 (発電機負荷開閉装置の有無の差は割愛している。また、廃止措置予定プラントは除く)	
特徴	主変圧器 + 起動変圧器 + 予備変圧器 構成 (主変圧器・起動変圧器を同一母線から受電。予備変圧器を別母線から受電。)	
個別プラントにおける相違点	志賀1号機	※1) 予備変圧器については、非常用高圧母線との間に専用の常用高圧母線があり、既存設備(低電圧リレー)で検知可能であることから、検知器設置対象外としている。
	女川3号機、大間	※2) 起動変圧器から直接、非常用高圧母線に給電。

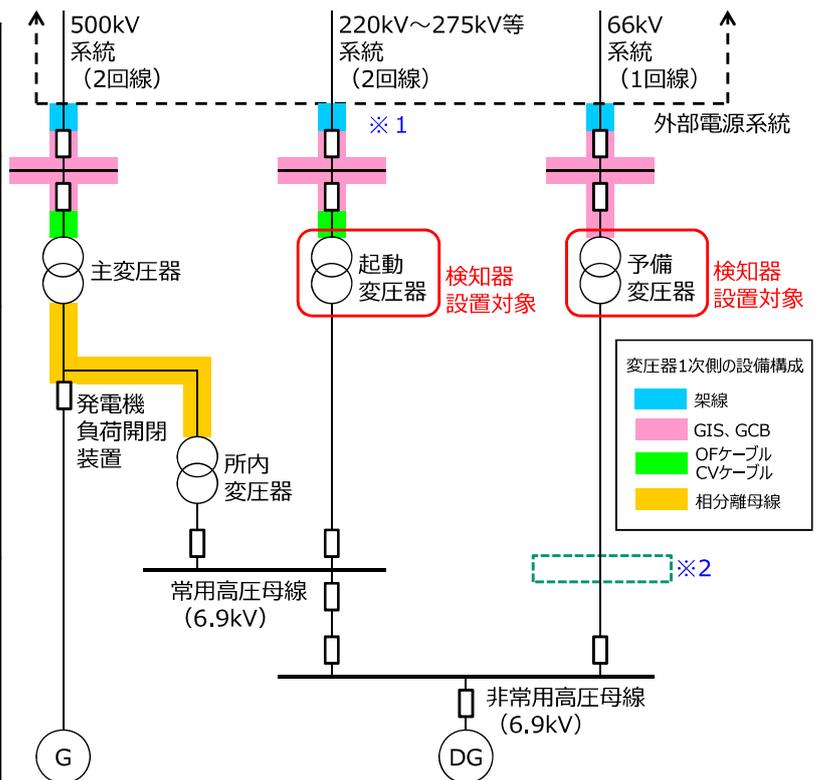


注) 電源構成図に記載の各変圧器の名称はプラントにより異なる場合がある。

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (BWR2/4)

BWR電源構成例②

対象プラント	志賀2号、島根3号	
特徴	主変圧器 + 起動変圧器 + 予備変圧器 構成 (主変圧器・起動変圧器・予備変圧器をそれぞれ別母線から受電。)	
個別プラントにおける相違点	志賀2号機、島根3号機	※1) 起動変圧器に接続する系統は2回線構成となっているが、常時2回線受電ではないため、検知器設置対象としている。
	志賀2号機	※2) 予備変圧器(志賀2号機は緊急電源変圧器)については、非常用高圧母線との間に専用の常用高圧母線があり、既存設備(低電圧リレー)で検知可能であることから、検知器設置対象外としている。

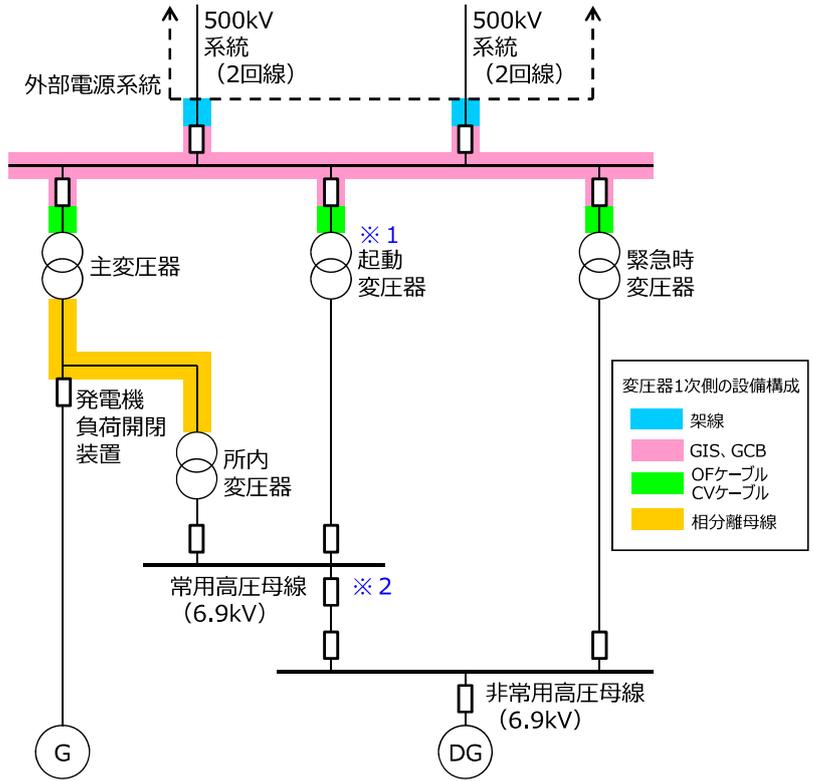


注) 電源構成図に記載の各変圧器の名称はプラントにより異なる場合がある。

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (BWR3/4)

BWR電源構成例③

対象プラント	浜岡3号、4号、5号 (発電機負荷開閉装置の有無の差は割愛している。また、廃止措置予定プラントは除く)	
特徴	主変圧器 + 起動変圧器 + 緊急時変圧器 構成 (主変圧器・起動変圧器・緊急時変圧器を同一母線から受電。)	
個別プラントにおける相違点	浜岡3,4,5号機	主変圧器、起動変圧器、緊急時変圧器は、同一の母線に接続しており、 既存設備 (CT断線検出等) で検知可能であることから、 検知器設置対象外 としている。
	浜岡5号機	※1) 起動変圧器を補助変圧器に読み替え。 ※2) 補助変圧器から直接、非常用高圧母線に給電。



注) 電源構成図に記載の各変圧器の名称はプラントにより異なる場合がある。

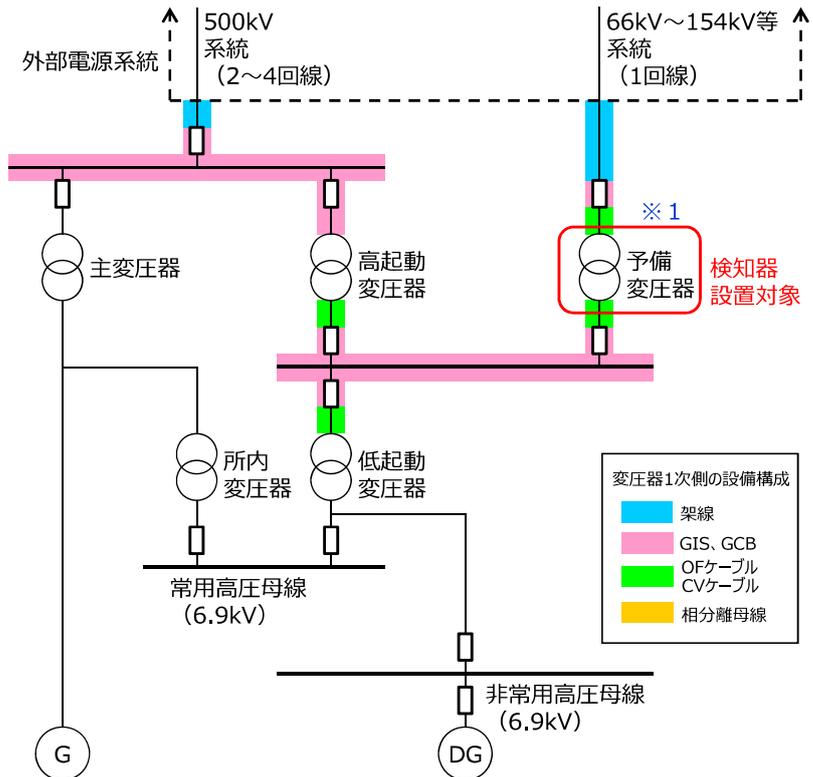


Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

5. 外部電源受電ライン構成及び検知システム設置対象変圧器 (BWR4/4)

BWR電源構成例④

対象プラント	東通1号、 柏崎刈羽1号、2号、3号、4号、5号、 6号、7号 (廃止措置予定プラントは除く)	
特徴	高起動変圧器 + 低起動変圧器 + 予備変圧器 構成 (高圧起動変圧器と予備変圧器は別母線から受電。高起動変圧器→低起動変圧器を介して安全系を受電。)	
個別プラントにおける相違点	東通1号機	※1) 予備変圧器がなく、母線が66kV東北白糠線に直接接続されている。低起動変圧器は、 既存設備 (低電圧リレー等) で検知可能であることから、 検知器設置対象外 としている。



注) 電源構成図に記載の各変圧器の名称はプラントにより異なる場合がある。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

6. OPC自動検知システムの運用方針（1 / 2）

（1）システムの運用方法

以下の点より、OPC自動検知システムは、警報発信用としての使用を考えている。
（警報発信運用による設置で十分な効果が得られると考えている。）

①警報発信（自動的な検知）による効果

現状、1相開放故障の機械的検知（低電圧リレーの動作、中性点過電流リレーの動作、CT断線検出回路等）ができない外部電源受電ラインは、運転員の巡視点検や受電ライン切替前後の点検等により1相開放故障を検知する運用のため、事象発生から把握までにタイムラグがあるが、OPC自動検知システムの設置により、即時の警報発信が可能となり、従来より、早く、確実な検知が行える。

（電源系の手動切替操作は、非常に容易な操作で中央から実施可能である） ⇒ 参考15・16

仮に誤検知によって警報が発信しても、運転員はOPC検知器における検知状態の継続有無、3相の電圧・電流計指示値のバランス状況、安全系補機の運転状態や現場架線設備の健全性を確認した上で、最終的に遮断器の開放操作を行うことから誤検知による悪影響はない。また、OPC警報発信中にSI信号が発信した場合は、誤検知が否かに関わらず即座に遮断器を開放する運用とする。

②検知後の自動インターロック化による懸念

1相開放故障発生と至急注水を行うべき事象（大LOCA等）が重畳して発生した場合、短時間で炉心注入を実施する観点では、OPC自動検知システムの信号を遮断器切替のインターロックに組み込むことは有効である。

しかし、OPC自動検知システムの動作しきい値は、事象の早期把握の観点で保守的な（動作しやすい）設定とする必要があることから、自動化インターロックを組み込んだ場合、システムの誤動作で健全な電源が自動的に系統から切り離され、非常用電源系の冗長性が不要に失われる可能性があることも併せて考慮する必要がある。

6. OPC自動検知システムの運用方針（2 / 2）

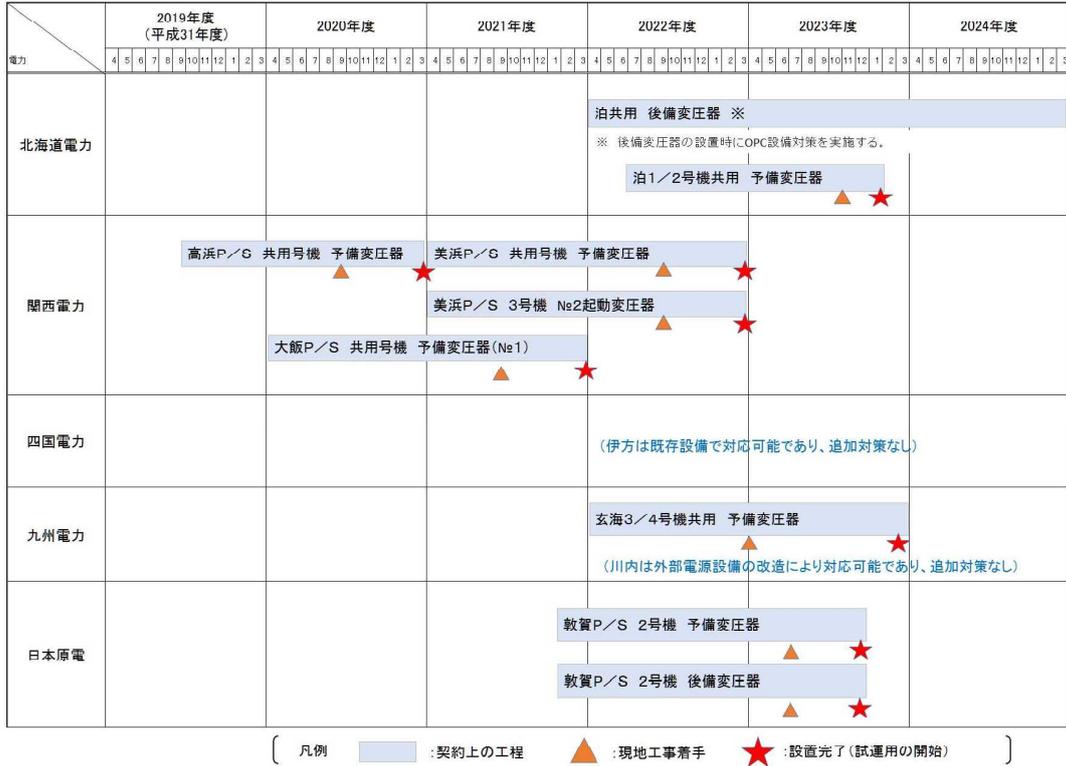
（2）誤検知への対応

誤検知とは、実際の設備でOPCが発生していない状況において、OPC検知器の誤動作でOPC検知信号が出力される状態をいう。米国では誤検知による遮断器自動開放（不要動作）が問題となっているため、国内においてもその対応を検討したものである。

- 米国では、①変圧器中性点注入方式（PSSTec）、②巻線CT+デジタルリレー（PCS2000）、③巻線CT+デジタルリレー（SEL）、④磁界による光の偏向を利用した方式（光CT方式）、⑤Class1Eの既設低電圧リレー（既設UVリレー）が採用されているが、現状、①PSSTec、②PCS2000、③SELにて、誤検知があったとの情報を入手している。なお、米国においては誤検知を考慮し、多くのプラントが、モニタリング期間中である。
- NEI加盟プラントのうちの4割が採用している①PSSTecは、EPRIが開発した変圧器の高圧側中性点に探查電流（周波数、電流値可変）を注入し、欠相発生による零相電流の変化を監視するものであるが、誤検知の発生が確認されている。これについては、実機に応じた探查電流の設定と欠相判断のしきい値設定に苦慮しているものと考えられる。（なお、当該検知器は高圧側中性点がない変圧器には適用できない検出方式である。）
- また、②PCS2000を採用する一部のプラントにおいては、試運用期間中（モニタリング期間中）でも、運転員の弊害になるほど誤検知があり、検知発信をバイパスする電力も確認されている。これについては、採用されているデジタルリレーは実績があるものだが、巻線CTから入力される微弱な電流変化から、欠相を判断するしきい値設定に苦慮しているものと考えられる。
- 国内では、変圧器の型式に左右されない汎用性と高い検知信頼性の確保を目標に、米国の状況も踏まえて誤検知に配慮した検知器開発、具体的には、2メーカーがノイズ影響を受けにくく、電流検出精度が高い光CT方式（米国の④光CT方式に類似）を、1メーカーが巻線CTからの信号入力部高精度化などOPC検知用に改良したデジタルリレーを採用した検知器開発を実施している。なお、OPC検知の有効性については電中研の実証試験にて確認している。 ⇒ 参考3
- ただし、実機適用にあたっては十分な現地検証が必要と認識しており、まずは代表プラント（高浜の予備変圧器）に設置し、国内メーカーが検知器開発にあたり、事業者と協議しながら開発の前提としてきた実機環境（落雷、大型ポンプの起動・停止、変圧器の受電・停止等）に大きな相違がないこと、ならびに現地での誤検知有無等を確認するために検証期間を約1年設けることとしている。 ⇒ 17 18 参考8～13

7. 各社の設置計画 (1 / 2)

PWR電力工程概要



※工程は現状予定であり、再稼働時期や関連機器の点検等に伴い変更可能性あり

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

7. 各社の設置計画 (2 / 2)

BWR電力工程概要



※工程は現状予定であり、再稼働時期や関連機器の点検等に伴い変更可能性あり

Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

8. 米国におけるOPC対応状況（1 / 2）

- ・Byron2号機の事象後、NEIはOPC対応内容を計画し、NEI-initiativeとして宣言した。NRCは事業者のOPC対応状況が、当該宣言内容に合致しているかについて、2018年に代表4プラントで短期検査を実施済。（Temporary Instruction）

評価項目	River Bend (BWR : Entergy社)	Palo Verde (PWR : APS社)	St. Lucie (PWR : FPL社)	Byron (PWR : Exelon社)
対象変圧器 / 母線	安全系に給電する変圧器。	安全系に給電する変圧器で以下の変圧器が対象。 ・既存の検知器で検知できないもの ・架線設備を含むもの	安全系に給電する変圧器で以下の変圧器が対象。 ・既存の検知器で検知できないもの ・架線設備を含むもの	安全系に給電する変圧器で以下の変圧器が対象。 ・既存の検知器で検知できないもの ・架線設備を含むもの
OPC検出場所	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側
OPC検出方式	PCS2000 (デジタルリレー)	PSSTec (デジタルリレー)	光CT方式 (デジタルリレー)	SEL (デジタルリレー)

- ・NRCは事業者の対応が概ね妥当と評価している。また、[NEIはNEI-initiativeに基づく産業界の自主対応で解決していくことをNRCに提案しており、NRCはこの提案を基本的に容認している。](#)

8. 米国におけるOPC対応状況（2 / 2）

（前頁の続き）

- ・NRCとNEIは、OPC関連で、2019年に複数回の公開会議を実施しており、[OPC検知器（OPIS）による遮断器自動トリップ機能を必須とするか否かについて議論](#)を行っている。
- ・NEIは、OPISで誤動作が発生していることを踏まえて、[自動トリップ機能の要否についてはプラント毎に「定性的」「定量的」にリスクを評価し、設計内容を決定すべきと提案した。](#)
- ・NEIは、NEI-initiativeにおいてOPISの仕様は、検知 + 自動トリップ機能を標準仕様としていたが、[自動トリップ機能については、プラント状況次第では、リスクを増大させる可能性もあるため、リスク評価に基づき自動トリップ機能なし（警報機能のみでトリップは手動で担保）を可能とするガイドラインを整備し、NRCに承認を求めている。](#)
- ・NRCは、8プラントに対して、OPIS自動トリップ機能のリスク低減効果を評価した報告書を2020年1月付で公表しており、[OPIS自動トリップ機能による安全性の向上は高くないと結論付け](#)ている。

米国における誤検知情報と国内事例 ⇨ [参考17~19](#)

9. まとめ

○OPC自動検知システム設置の目的

- ・1相開放故障を既設リレー等で検知することが困難な変圧器を対象に、OPC自動検知システムを設置する。OPC自動検知システムは、人的運用の信頼性を向上するものとして導入することとし、事業者として現在の技術基準解釈の中で自主的・計画的に取り組んでいく。

⇒ 参考20・21

○設置対象変圧器

- ・非常用高圧母線に給電可能な変圧器のうち以下を除く変圧器を対象とする。

【対策不要な対象】

- 変圧器 1 次側の接続に架線設備を含まない変圧器
(例：変圧器 1 次側の接続がIPB、OFケーブル、金属遮蔽層付きのCVケーブル等で構成されており、一相開放故障発生時に地絡警報等により、検知可能。)
- 通常運転状態において常時複数回線から受電している変圧器

○システムの運用方法

- ・OPC自動検知システムは運転員に対する警報発信用として使用する。

(1相開放故障検知後は運転員による容易な中央操作で電源系の切替が可能。システムは、1相開放故障に対する運転員の初動信頼性を高める用途に使用する。)

○OPC自動検知システムの設置計画（代表プラントの試験導入～各プラントの本格運用）

- ・2020年度内に代表プラント（高浜の予備変圧器）に試験導入・実機環境での誤検知の有無等の検証を開始し、その後、試運用の状況を踏まえて各社が計画的に設置していく。

以下、参考資料

発電所構内における開閉所設備構成の米国設備との違い

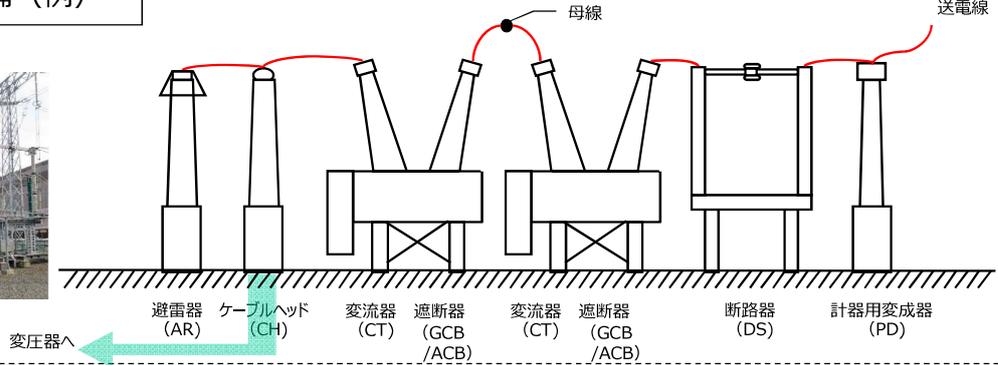
参考 1

(2019年 4月15日面談時資料から抜粋再掲)

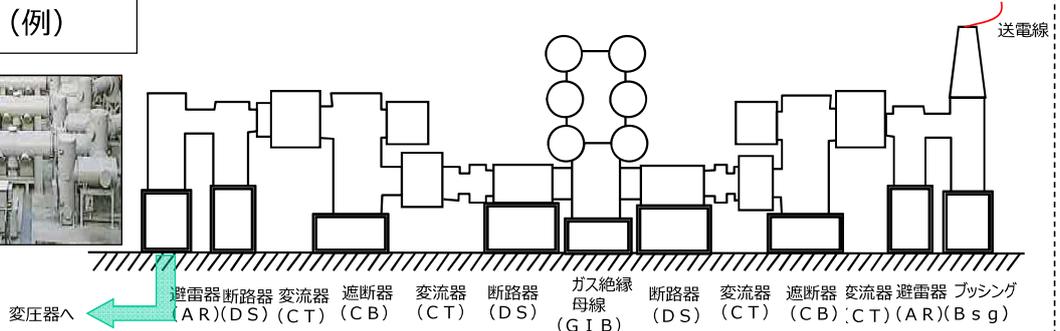
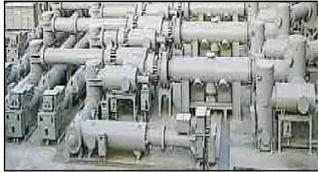
発電所構内に架線設備を多く有する米国設備に比べ、国内における発電所構内の開閉所設備の多くは、引込線以降はGIS設備になっており設備構造的に1相開放故障が発生する可能性は非常に小さい。

凡例：
— 架線電路部
→ 埋設電路部

気中（架線）設備（例）



GIS設備（例）



設備構成と故障検知の例（1 / 3） GIS, GCB

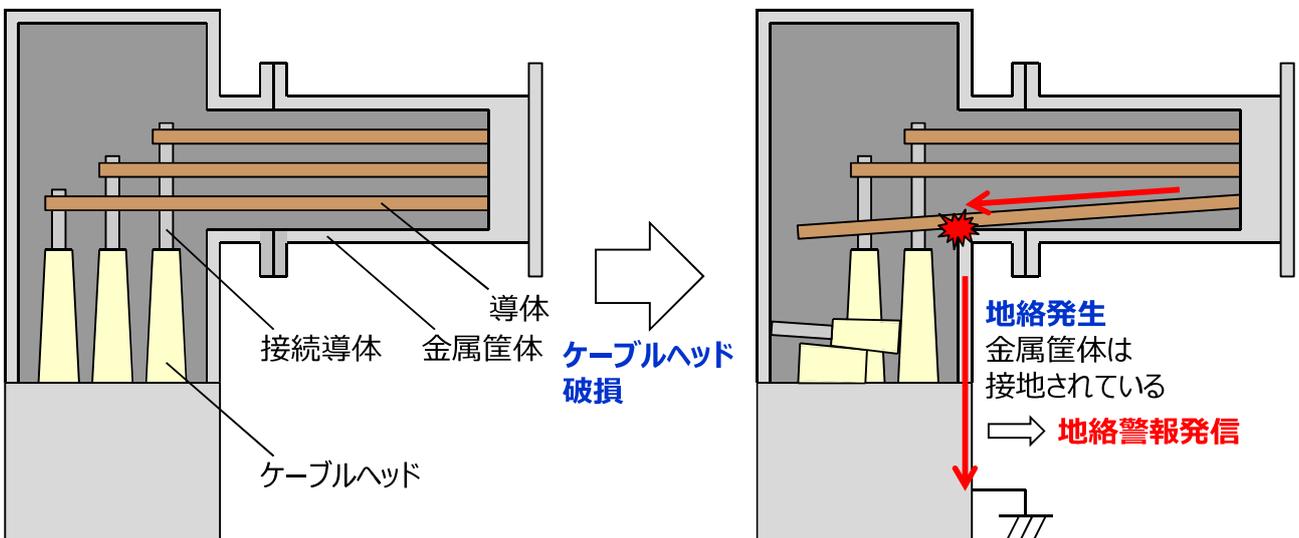
参考 2-1

GISの構造上、内部の導体が切断するようなモードは想定しにくいので、内部で1相開放故障が発生することは考えにくい。

仮にケーブルヘッド部の破損等により接続部が脱落するようなモードを仮定した場合、導体は周囲の接地された金属筐体に接触し、地絡を伴う故障となることから、異常の検知が可能である。

なお、GCB内部も同様の構造であるため、異常の検知が可能である。

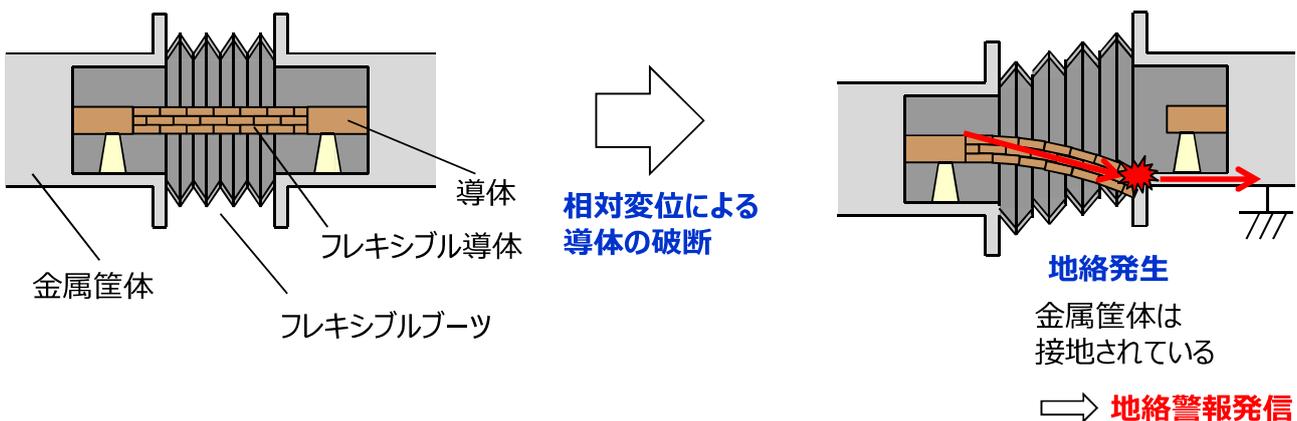
GIS内部にてケーブルヘッド破損を想定した場合の故障検知例



相分離母線の構造上、内部の導体が切断するようなモードは想定しにくい、内部で1相開放故障が発生することは考えにくい。

仮に建屋取合部等にあるフレキシブル導体部やその接続部が、相対変位等による外力の影響で破断するようなモードを仮定した場合、導体は周囲の接地された金属筐体に接触することで、地絡を伴う故障となることから、異常の検知が可能である。

相分離母線に相対変位によるフレキシブル導体部の破断を想定した場合の故障検知例

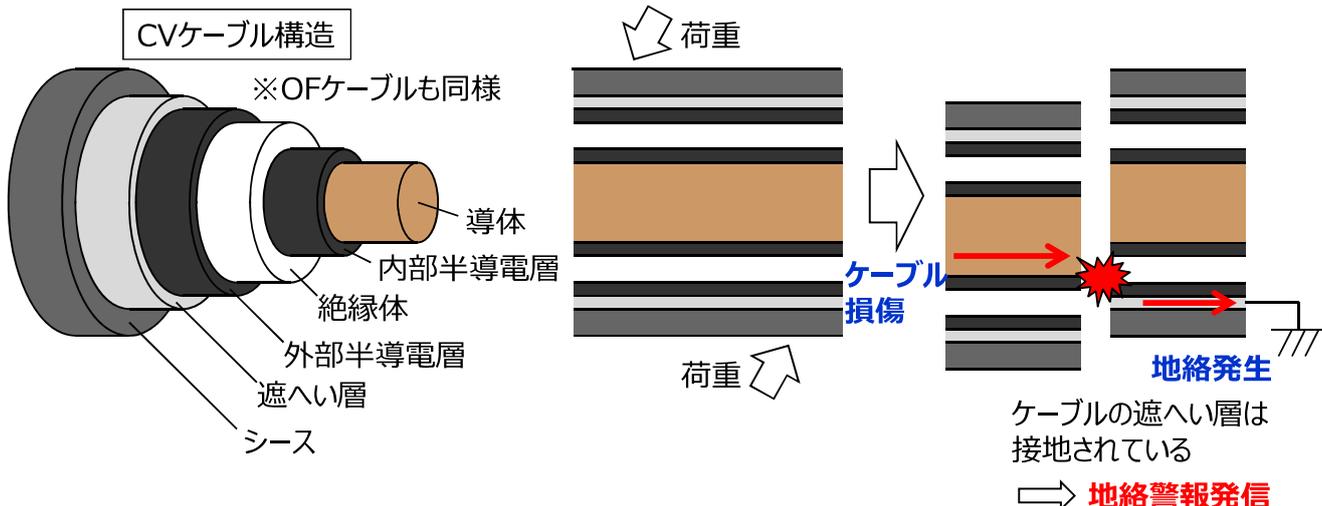


高圧ケーブルの構造上、完全断線するようなモードは想定しにくい、ケーブルで1相開放故障が発生することは考えにくい。

仮にケーブルに想定を超える大きな荷重が加わり、断線に至るようなモードを仮定した場合、導体だけでなく周囲の各層（絶縁体、遮へい層等）にも損傷が生じ、その際に接地された遮へい層と導体が接触する、または、アークが発生することにより導通し、地絡を伴う故障となることから、異常の検知が可能である。

なお、OFケーブルについては油圧異常等によっても検知が可能である。

ケーブルに荷重が加わり損傷した場合の故障検知例



(2019年4月15日面談時資料から抜粋再掲)

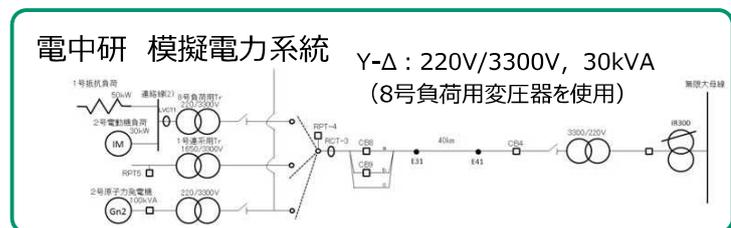
○以下、2017年度に実施した検証試験概要

- 3メーカー（日立GE、東芝ESS、三菱電機）とも電中研の模擬電力系統にて実際に欠相を模擬、検知器による検証可否を確認した結果、ロジックどおりの検知が可能との検証結果を得た。
- 2017年度の第1Q（4月～6月）にて、既存改造/新規検知器による、1相開放故障事象の検出性についてP/B全電力共同委託にて、検証試験を実施完了。
- 現地適用時には、模擬電力系統で確認した検知ロジックどおりに、各実プラント構成にてにおいても動作可能である事の確認や、検知器の動作しきい値、プラント毎の時限設定等のために、個別の電気解析等にて確認する事が必要となる。

検証結果	
三菱電機製品	検知率 100% (128/128)
日立GE製品	検知率 100% (128/128)
東芝ESS製品	検知率 100% (128/128)

(試験概要)

- 1相、2相欠相において、事故点・接地方式・負荷状況等を変化し128ケースを実施
- 試験は実系統（模擬）において、検知器がメーカーの社内における試験内容と同様の挙動を示すかを、代表例で確認する位置づけで実施。



国内のOPC自動検知システム概要について (1/4)

各メーカー製品のOPC検出アルゴリズム

	三菱電機製	日立GE製	東芝ESS製
検出箇所			
電流検出用設備	微小な電流の検出が可能な光CT※1を新規に設置	微小な電流の検出が可能な光CT※1を新規に設置	既設の変流器の精度※2を評価し、適用可能な場合、既設の変流器を使用
検出アルゴリズム	電流がしきい値以下の場合 1相開放故障と判定 $\min(Ia , Ib , Ic) < \text{しきい値 (相電流)}$	3相の電流の偏差以上の場合 1相開放故障と判定 $\max(Ia , Ib , Ic) - \min(Ia , Ib , Ic) > \text{しきい値 (電流偏差)}$	電流がしきい値以下の場合 1相開放故障と判定 $\min(Ia , Ib , Ic) < \text{しきい値 (相電流)}$

※1.光CT：既設の変流器は巻線型であり、一次側に流れる大電流を二次側接続機器に応じた小電流に変成する方式である。従って、一次通電電流が微小なケースでは二次電流が更に小さくなるが、光CTは、ファラデー効果による光の偏波を電流量に変換する方式のため、一次通電電流を一律に変成するのではなく、二次側接続機器に必要な電流情報に変換して伝達することができる。

※2.精度：電流が流れているか流れていないかを判定できることであり、具体的には、励磁電流（変圧器定格電流の約0.1%の電流値）の有無を判別可能なことを要求精度としている。

(2019年5月29日面談資料より抜粋再掲)

(1) 三菱電機製品概要

【欠相検知システム概要】

<検知方法>

本システムは、変圧器高圧側電流及び対称成分の大きさから欠相を検知。

<機器構成>

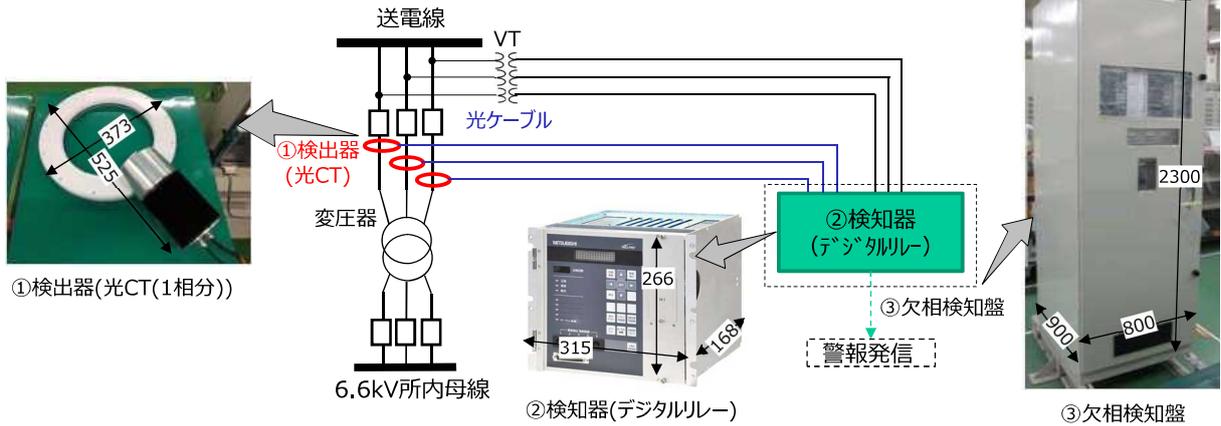
検出器：変圧器励磁電流(約0.1A)を測定可能な光CTを採用。

検知器：光信号を入力可能なデジタルリレーを採用

<発信信号>

検出器からの信号を検知器に入力し、検知器から欠相検知・警報信号等を発信。

【検知器構成】



(2019年5月29日面談資料より抜粋)

(2) 日立GE製品概要

【欠相検知システム概要】

<検知方法>

本システムは、変圧器高圧側電流、所内側電圧の3相偏差およびその挙動変化から欠相を検知する。

<機器構成>

検出器：変圧器励磁電流(約50mA以上)を計測可能。

主機の改造無く取付可能なケーブル型光電流センサを使用。

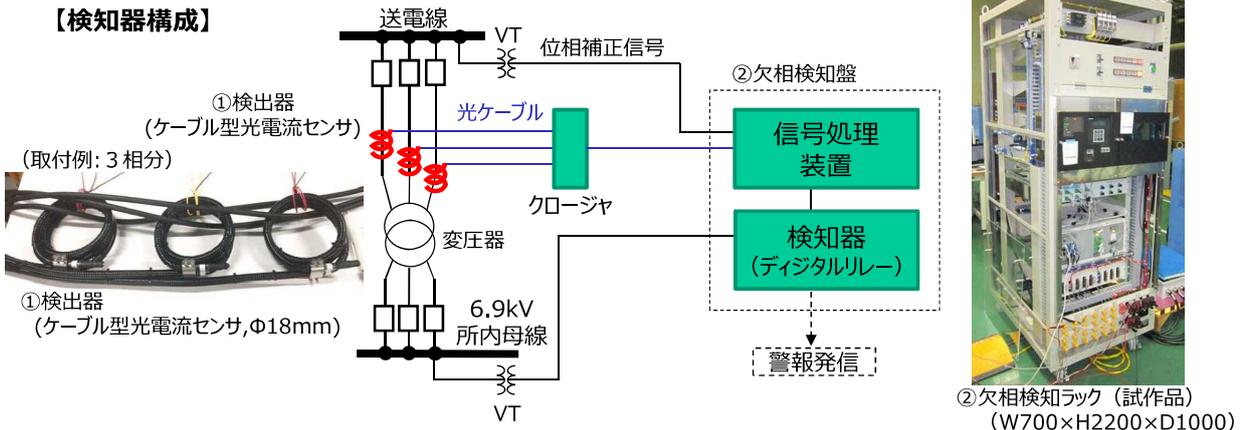
同径にてセンサ部多重化対応可能。

検知器：事象判定ロジックを装荷したデジタルリレーを使用。

<発信信号>

検出器からの信号を欠相検知盤に入力し、欠相検知盤から欠相検知・警報信号等を発信。

【検知器構成】



（2019年5月29日面談資料より抜粋）

（3）東芝ESS製品概要

（1）検知方法

3相の電圧、電流を監視し、欠相した相で生じる電圧または電流変動により欠相を検知する。

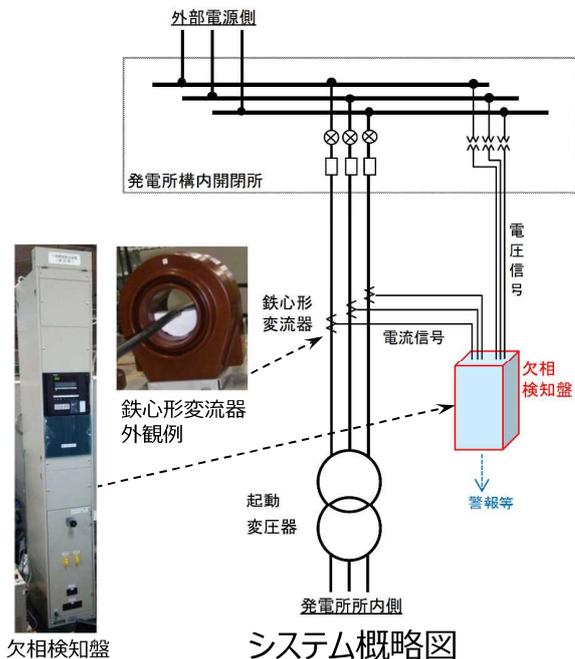
（2）検知システム構成

● 変流器

検知対象変圧器が無負荷時などの微小電流においても、鉄心形変流器を用いて欠相検知が可能。そのため、既設変流器の特性や設置位置等の条件によっては、既設変流器を使用できる可能性がある。

● 欠相検知盤

開閉所の系統保護盤等で使用実績があるデジタルリレーを搭載。欠相検知時には、盤面や中操への警報信号を出力する。



（2019年11月14日面談時資料から抜粋再掲）

三菱電機製品概要

（1）目的

OPC検知システムは開発検証が完了し、今後はプラント個別に所内回路を模擬したシミュレーションで整定値の検討を実施することで計画している。

➢ 但し、米国での誤検知等の状況を踏まえ、実プラントでのフィールド試験を行い、そこで新たな知見が得られる場合は、OPC検知システムへフィードバックさせることが、より確実なOPS検知システムを構築するうえで望ましいことから、現地検証を行う。

（2）検証内容概要

- ①対象回路：発電所 変圧器
- ②導入機器：OPCリレー盤（保護リレー、光変換器）、光CT、記録用デバイス
- ③システム：既設警報回路への組込みは行わず、スタンドアローンのシステムとする
（但し、直流電源の引込み、GIS信号取込み等の改造は発生）
- ④検証内容：通常プラント操作、欠相以外の事故、外的要因（振動、外部ノイズ）によりリレーが不要動作しないこと（整定値の妥当性）を確認する（次頁参照）
➢リレー動作した場合は、保護リレーが記録した動作時の波形データ、プラント運転状態から要因を特定
- ⑤実施期間：以下2ケースのいずれかで対応
 - ・最長 プラント起動～停止の運転1サイクル
 - ・最短 OPCシステム導入後の現地試験にて完結
 - 不要動作有無を確認する上では、運転1サイクルの中で試運転することが望ましい。
（なお、製品性能の確認は現地試験で完結するため、1サイクルの期間は必須でない）

(2019年11月14日面談時資料から抜粋再掲)

三菱電機製品概要

(3) 確認項目

No.	項目	内容	確認時期		備考
			運転中	現地試験	
1	補機起動・停止動作時におけるOPCリレー動作有無確認	通常、待機状態にある予変に対して、現在停止中の高浜1/2号機のいずれかの母線を利用し、補機の起動・停止操作を実施し、OPCリレー不要動作有無を確認	○	○	
2	動変励磁突入電流流入時のOPCリレー不要動作有無確認	現在停止中の高浜1/2号機のいずれかの母線を利用し、無電圧の動変に電圧印加し、励磁突入電流を発生させ、OPCリレー不要動作有無を確認	○	○	実施方法・時期はユーザー側（電力）との調整結果による
3	落雷時の再開路によるOPC動作有無確認	落雷による再開路を模擬した瞬時遮断器開閉操作を実施し、OPCリレー動作有無を確認	-	○	
4	その他電気事故の影響によるOPCリレー動作有無確認	予変受電時における短絡、地絡等電気事故の影響でOPCリレーが不要動作しないかを確認	※	-	※：電気事故は偶発的な自然現象のため意図的な模擬・確認は不可

(4) 補足

フィールド試験では、保護リレー動作時の要因特定のためプラント運転状態のデータを用いる必要がある。
 > 補機運転状態や電源構成等の各種必要なパラメータについては、ユーザー側（電力）より情報提示する。

(2019年11月14日面談時資料から抜粋再掲)

日立GE製品概要

(1) 目的

- ・ OPC発生時に、確実に検知できることを確認する。（期間内に発生した場合）
- ・ 系統擾乱発生時等、OPC以外の事象で本機器が誤動作しないことを確認する。
- ・ 設計時の想定条件と実機適用時の条件（想定外を含む）による本機器への影響有無を確認する。
- ・ その他、初期不良の有無等、機器の不具合発生状況をモニタリングし、本運用前に改善を図る。

(2) 検証内容概要

- ・ 試験期間は、季節による系統条件の変動、季節要因事象の検証、屋外機器に対する環境条件の影響
- ・ 評価を考慮して、最低1年間を前提とする。
- ・ 対象プラントは、系統条件や環境条件が各プラントで異なり、この間の試験結果をもとに、運用前の改善を図ることを本試験の目的としていることから、メーカーとしては全プラント対象を基本とする。



図1 回路構成

（2019年11月14日面談時資料から抜粋再掲）

日立GE製品概要

（3）確認項目

項目	内容
リレー 健全性確認	<p>OPC検知システムには複数の誤動作防止ロジックを組み込んでおり、基本的にはシステムの過渡的事象によって影響を受けることは無いが、本ロジックがいかなる条件においても適切に動作し、誤動作しないことを確認するため、以下の試験を実施する。</p> <p>【検証項目】 （短期試験）</p> <p>①励磁突入電流による影響評価のため、変圧器遮断器の開閉を実施 ②開閉サージによる影響評価のため、系統側の遮断器及び断路器の開閉を実施 ③負荷変動による影響評価のため、大型電動機の始動、負荷遮断を実施 （長期試験）</p> <p>①系統の静電容量等による影響評価のため、環境条件の季節変動等考慮し、1年以上設置運用する。 ②プラント通常運転時における負荷変動による影響評価のため、定検間隔以上の期間（約1年）設置運用する。</p> <p>誤動作した際は、原因を検討したうえで、改善案を検討・整定値の見直し等を実施する。</p>
光変換装置からのデータの分析	<p>本試験期間中に光変換装置からのデータを収集し、内部の各リレー要素の動作を検証する。ロジックを見直すことで、更なる誤動作の防止と精度の向上を見込むことが可能であれば、改善案を検討し、ロジックや整定値の見直し等を実施する。</p>

（2019年11月14日面談時資料から抜粋再掲）

東芝ESS製品概要

（1）目的

- OPC検知システムの開発検証は完了し、今後の実機導入における各プラント個別検討は解析および工場試験により検討・確認を行う。ただし、検知対象として新規性があるOPCを扱うことから、電源系統で生じる想定事象によるシステムへの影響をフィールドレベルで検証する。

（2）検証内容概要

- 電源系統の運用時には、以下に示すような電氣的な過渡事象が想定されることから、OPC検知システムはこれら事象による不要動作を防止する構成としている。そのフィールドレベルでの確認として、システムを実際に導入したうえで一定期間の試運用により不要動作が生じないことを確認する。

①想定事象

- 落雷
- 送電系統または発電所構内の地絡、短絡事故
- 系統変動（電圧変動、周波数変動、高調波）
- 変圧器受電時（励磁突入電流）
- 開閉サージ
- 負荷電動機始動、停止時（始動電流）
- 周囲設備からの誘導ノイズ など

②試運用期間

上記の想定事象がプラント運用、系統側電力潮流および季節変動に起因する部分もあることを考慮し、試運用期間はプラント運転期間1サイクル分を目安として、電力側との協議により決定する。

（2019年11月14日面談時資料から抜粋再掲）

東芝ESS製品概要

(3) 確認項目

- ①想定事象のうち、人為的に再現可能な、変圧器受電時、線路遮断器開閉時および電動機始動・停止時の影響に関し、試験による確認についても実施する。

No.	試験項目	内容
1	変圧器受電時の不要動作確認	検知対象変圧器に運転電圧を印加し、通常運用時の変圧器受電時に発生する励磁突入電流に対し、OPC検知リレーが不要動作しないことを確認する。
2	遮断器開閉サージによる不要動作確認	送電線事故時の再閉路による開閉サージを想定し、遮断器を開閉し、不要動作しないことを確認する。
3	電動機始動・停止時の不要動作確認	検知対象変圧器から二次側母線へ給電している状況で、当該母線に接続される電動機を始動・停止させ、その際の電流変動に対して、OPC検知リレーが不要動作しないことを確認する。

通常運転状態において外部電源から受電している非常用母線負荷について

（美浜3号機起動変圧器の例）

起動変圧器 容量 : 45MVA

非常用母線負荷名称	1台あたり容量 (kW)	設置台数		通常運転台数 (最大)	合計負荷容量 (kW)
		A系	B系		
1次系冷却水ポンプ	245	2	2	2	490
2次系冷却水ポンプ	250	1	1	2	500
チラーユニット	218	1	1	1	218
海水ポンプ	390	2	2	3	1170
充てん/高圧注入ポンプ	780	1 (+Yトク1)	1 (+Yトク1)	1	780
安全系パワーセンタ (下流の原子炉コントロールセンタを含む)	-	1	2	2	1522
常用系パワーセンタ	-	0	1	1	
				合計	4680

（力率0.8とした場合、5.85MVA）

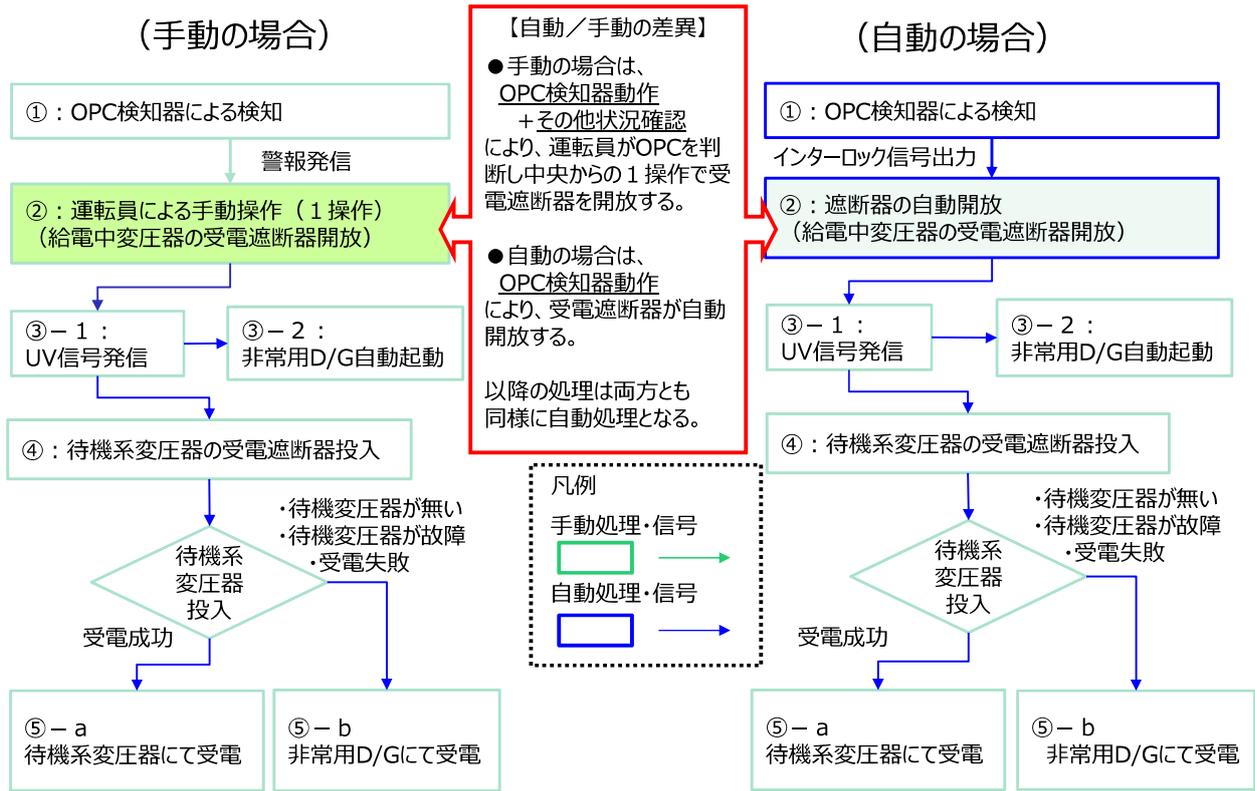
起動変圧器については、通常運転状態において、**負荷率は約13%**である。

なお、起動変圧器と共にOPC自動検知システムを設置する予備変圧器については、通常待機状態にあり、変圧器1次側には励磁電流相当しか流れていない。

OPC検知時の自動隔離有無（自動／手動）による運転操作の差異

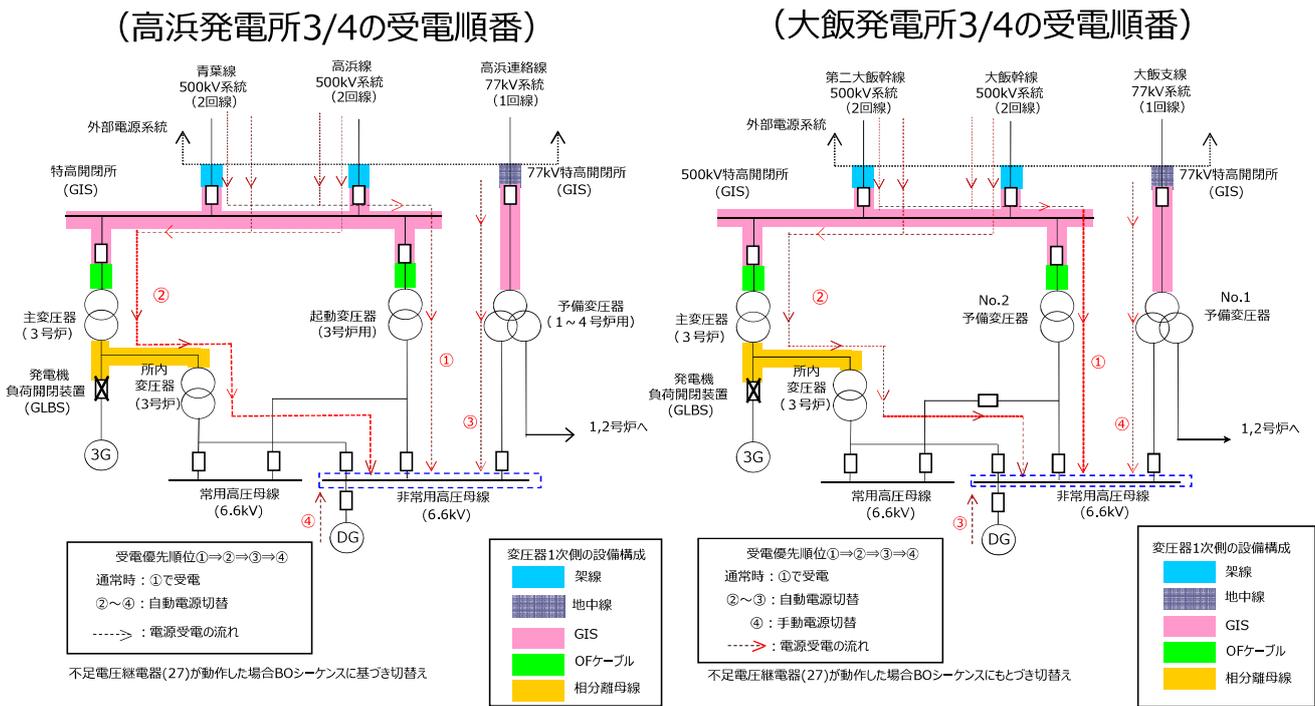
参考15

(2019年5月29日面談資料より抜粋再掲)



外部電源受電ラインの構成、遮断器自動切替順番（PWR）の例

参考16



名称(例)	①予備変圧器	②起動変圧器	③主変-所変
用途・備考	<ul style="list-style-type: none"> ・非常時用の待機用途。(②が無い場合は通常時受電) ・単回線構成の場合が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・通常運転時、安全系母線への給電用途。 ・送電線は③と同様。 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電時の送電用途 ・GLBSが設置されている場合、定検時等に安全系への受電が可能。

GLBS：Generator Line Breaker Switchの略で、事故電流を遮断する容量はないが、定格負荷電流は遮断できる発電機主回路上の開閉装置である。

(1) 米国各プラントの定期監査（instruction状況）：最新レポートの概要

- NRCはNEIの現行のOPCの対応計画が合致しているかについて2018年、代表4プラント（River Bend(BWR：Entergy社)、Palo Verde(PWR：APS社)、St. Lucie(PWR：FPL社)、Byron(PWR：Exelon社))で短期検査を実施している。
- その後、NRCが実施した代表プラント以外の8プラントに対する検査を実施し、その報告書を2019年度に発行している。以下、8プラントのレポート内容

評価項目	Grand Gulf (BWR:Entergy)	Wolf Creek (PWR:WCNOC)	Arkansas (PWR:Entergy)	Robinson (PWR:Duke)
運用状況	モニタリング期間	モニタリング期間	運用中	モニタリング期間
対象変圧器／母線	変圧器 ・サービ変圧器 ・ESF変圧器	変圧器 ・起動変圧器他	変圧器 ・起動変圧器	変圧器 起動変圧器
OPC検出場所	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側
OPC検出方式	PCS2000 (デジタルリレー)	PSSTec (デジタルリレー)	PCS2000 (デジタルリレー)	SEL (デジタルリレー)
誤警報の有無	度重なる誤警報で警報をバイパス	記載なし	記載なし	記載なし
システムの設計	常用系	常用系	常用系	常用系

評価項目	Catawba (PWR:Duke)	Quad Cities (BWR:Exelon)	Farley (PWR:SNOC)	South Texas (PWR:STP)
運用状況	モニタリング期間	モニタリング期間	モニタリング期間	運用中
対象変圧器／母線	変圧器 ・主変圧器;昇圧変圧器	変圧器 ・予備変圧器 (RAT)	変圧器 ・起動変圧器	母線 ・3つの高圧非常用母線
OPC検出場所	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側	受電変圧器高圧側	非常用母線
OPC検出方式	PSSTec (デジタルリレー)	SEL (デジタルリレー)	PSSTec (デジタルリレー)	既設UVリレー (アナログリレー)
誤警報の有無	記載なし	記載なし	度重なる誤警報で警報をバイパス	誤警報無し
システムの設計	常用系	常用系	常用系	安全系

非常用母線の既設UVリレーで検知できるため、OPC検知器は設置せず

(2) 米国におけるOPC検知器の運用状況等、誤検知に関連する情報

各レポートから、OPC誤検知の運用状況等、誤検知に関連する記載がいくつか確認できた。（以下、一部抜粋）

(a) Grand Gulf 検査レポート

- PCS2000を採用しているが、「[中央制御室への警報出力も度重なる誤警報発信により、負担軽減の観点で、バイパスしている](#)」との記載があり、誤信号の対応に苦慮している。

(b) South Texas 検査レポート

- South Texas Projectでは、安全系の従来の保護を用いて、OPC検出と保護が可能としている。（解析評価結果をベース）

(c) Wolf Creek 検査レポート

- 5つの変圧器がOPCによる影響を受ける可能性があるが、実際OPC検出器を設置しているのは、2つの変圧器としており、その理由は、残りの3つの変圧器を用いた電源供給ルートはほとんど使用されておらず（25年のうち積算で47.5日間のみ）、また、開閉所から変圧器への接続距離も150ヤードと短いめとしている。

(d) Arkansas 検査レポート

- PCS2000を採用しているが、特に誤検知の対応については記載なし。

(e) Catawba 検査レポート

- [発電機遮断器が断路器が開放されている時のみOPCの検出回路が動作](#)。（発電機が動作していないときにOPC検出装置を活かしている。発電機動作時には発電機保護での対応と考察される。）

(f) Quad Cities 検査レポート

- 回路には[時限リレーを使用し、誤動作防止](#)が可能としている。

(g) Farley 検査レポート

- EPRIのPSSTecを使用したOPC検出リレーを採用しているが、検査時にはモニタリング期間でありながら、[あまりにも多くの誤警報発信の為、警報発信自体を変圧器盤でブロック](#)している模様。
- OPCの警報ブロックを解除する時期やモニタリング期間の終了時期は記載なし。

(h) Robinson 検査レポート

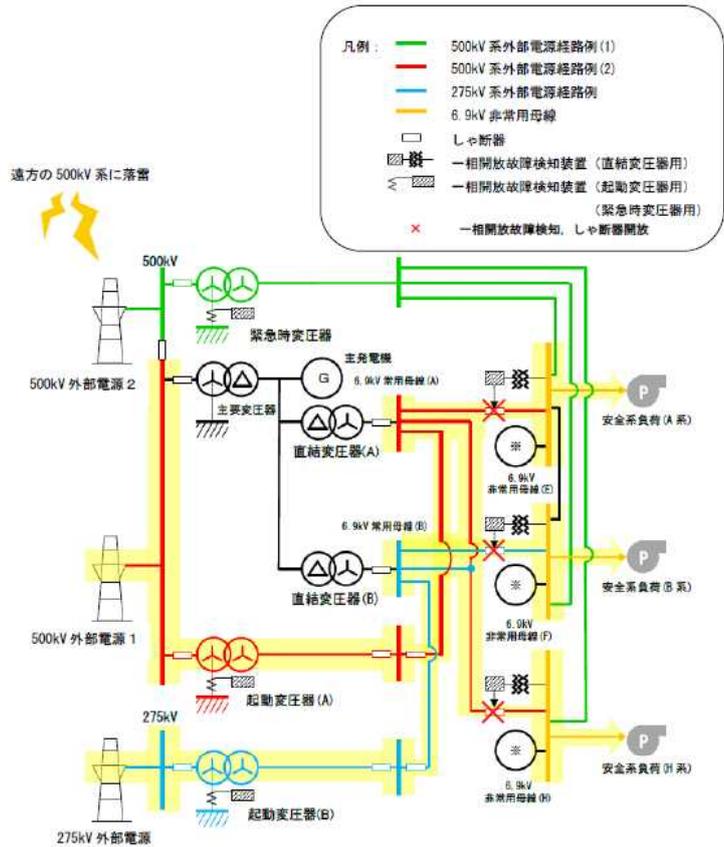
- SELを使用した変圧器高圧側のOPC検出リレーと低圧非常用母線にABB 60Qを用いたOPC検出リレーのハイブリッドを採用している。（検査時はモニタリング期間中）

浜岡発電所 4号機の事例
(ニューシア情報2017-中部-S002より)

2017年7月14日7時59分、落雷の影響により、愛岐幹線(500kV送電線)1号線、2号線をルート遮断し、中速再閉路する事象が発生した。その影響を受け、浜岡原子力発電所の所内電源の電圧が瞬時低下した。浜岡4号機6.9kV非常用母線(E),(F),(H)については、その電圧低下を一相開放事象対策※1として設置した検出器が検知し、常用と非常用母線の間に設置された遮断器が開放し、6.9kV非常用母線(E),(F),(H)が停電した。これにより非常用ディーゼル発電機(A),(B)が自動起動し、6.9kV非常用母線母線(E),(F)は受電された。非常用ディーゼル発電機(H)については、非常用ディーゼル発電機(H)関連の作業により、安全措置として停止としていたため、6.9kV非常用母線(H)は停電状態が継続した。

なお、3,5号機については、一相開放事象対策が未実施であることから非常用母線の停電には至らなかった。

※1 外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうち一相の電路の開放が生じた場合に、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障個所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策。



現行の技術基準における位置付け (1 / 2)

現状、規則の解釈は、以下のとおりである。OPC自動検知システムを人的運用の信頼性を向上・補完するものとし、現在解釈の中で、事業者として計画的に取り組んでいく。

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈 (抜粋) 1/2

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
<p>(保安電源設備)</p> <p>第四十五条 発電用原子炉施設には、電線路及び当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機からの電力の供給が停止した場合において発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置の機能を維持するため、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備を施設しなければならない。</p>	<p>第45条 (保安電源設備)</p> <p>1 第1項に規定する「発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置」とは、以下の装置をいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第2条第2項第9号ホに規定される装置 ・燃料プール補給水系 ・第34条第1項第6号に規定する事故時監視計器 ・原子炉制御室外からの原子炉停止装置 ・PWRの加圧器逃がし弁(手動開閉機能)及び同元弁 ・非常用電源設備の機能を達成するための燃料系
<p>2 設計基準対象施設の安全性を確保する上で特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する装置を施設しなければならない。</p>	<p>2 第2項に規定する「特に必要な設備」とは、非常用炉心冷却系の計測制御用電源設備等をいう。</p> <p>「同等以上の機能を有する装置」とは、直流電源装置をいい、第16条に規定する蓄電池を兼ねて設置してもよい。</p>
<p>3 保安電源設備(安全施設へ電力を供給するための設備をいう。)には、第一項の電線路、当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置への電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置を講じなければならない。</p>	<p>3 第3項に規定する「常時使用される」とは、主発電機又は非常用電源設備から電気が供給されている状態をいう。</p>
<p>一 高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置</p>	<p>4 第3項第1号に規定する「高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置」とは、重要安全施設</p>

現行の技術基準における位置付け（2 / 2）

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋） 2/2

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
	<p>（設置許可基準規則第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。）への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤（安全施設（重要安全施設を除く。）への電力供給に係るものに限る。）について、遮断器の遮断時間の適切な設定等により、高エネルギーのアーク放電によるこれらの電気盤の損壊の拡大を防止することができることをいう。</p>
<p>二 前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置</p>	<p>5 第3項第2号に規定する「異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置」とは、短絡、地絡、母線の低電圧又は過電流などを検知し、遮断器等により故障箇所を隔離し、保安を確保するために必要な装置への影響を限定できる設計及び外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合に、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによつて、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できる設計とすることをいう。</p>
<p>4 設計基準対象施設に接続する第一項の電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであつて、当該設計基準対象施設において受電可能なものであつて、使用電圧が六万ボルトを超える特別高圧のものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するように施設しなければならない</p>	<p>6 第4項に規定する「少なくとも二回線」とは、送受電可能な回線又は受電専用の回線の組み合わせにより、電力系統と非常用所内配電設備とを接続する外部電源受電回路を2つ以上設けることにより達成されることをいう。</p> <p>7 第4項に規定する「互いに独立したもの」とは、2回線以上の電</p>

1 相 開 放 故 障 事 象（O P C）に 対 す る 再 処 理 施 設 の 対 応 に つ い て



日本原燃株式会社

令和2年 8月 5日

現行の事業指定基準規則における位置付け



規則解釈に対する基本設計方針及び考え方は、以下のとおりである。

○再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全機能を有する施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、検知箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによって、安全機能を有する施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できることをいう。

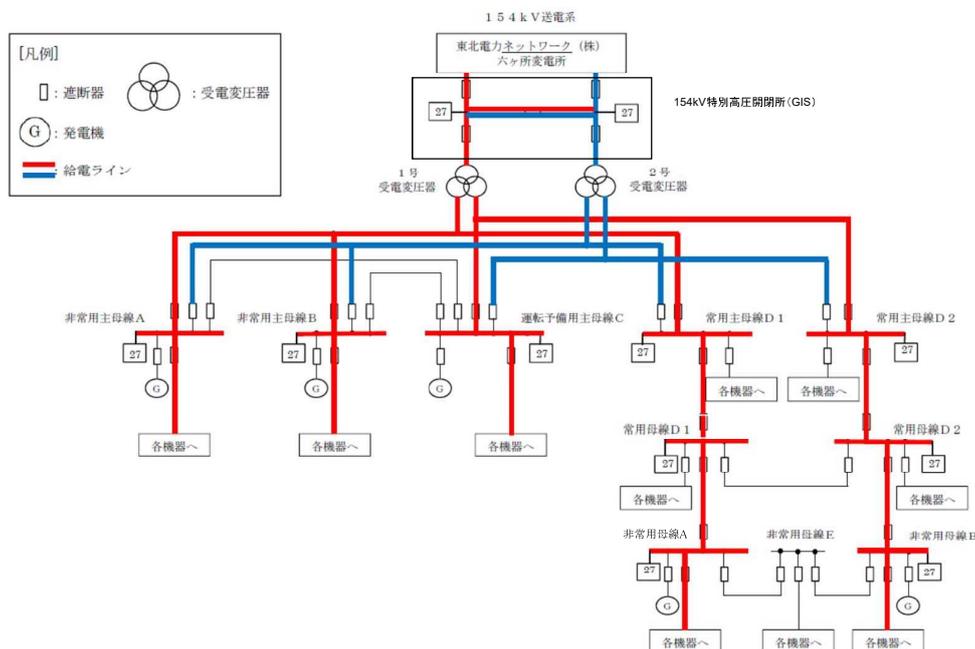
○基本設計方針

外部電源に直接接続している受電変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合、安全機能を有する施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策を講ずることによって、安全機能を有する施設への電力の供給が停止することのないように、電力供給の安定性を回復できる設計とする。

再処理施設の電源系統構成



再処理施設の受電変圧器は通常運転状態において常時2回線から受電している。また、非常用母線等の負荷は常時運転中である。



再処理施設の電源系統構成

再処理施設 主要な負荷一覧



再処理施設の主要な負荷は以下のとおりである。

所内電源系各母線	主要な負荷
非常用母線	建屋排風機
	非・常用空調機器冷水系冷凍機
	安全冷却水系冷却水循環ポンプ
	プール水冷却系ポンプ
	補給水設備ポンプ
	安全冷却水系冷却塔
非常用主母線	グローブ ボックス・セル排風機
	換気設備用冷凍機
	安全冷却水冷却塔
	排風機
	安全冷却水循環ポンプ
	冷却水循環ポンプ
	第一排風機
	第二排風機
	固化セル換気系排風機
	セル排風機
	第1高レベル濃縮廃液貯槽冷却水ポンプ
	第2高レベル濃縮廃液貯槽冷却水ポンプ
	高レベル廃液共用貯槽冷却水ポンプ
	安全冷却水冷凍機スクリュー圧縮機
	ルテニウム吸着塔加温器
	第1加温器
	第2加温器
	溶解槽セル排風機
安全空気圧縮装置	
排ガス加熱器	
安全蒸気ボイラ	

再処理施設 主要な負荷一覧

1相開放故障自動検知システムの追加設置は、以下のとおり不要と判断する。

再処理施設の受電変圧器は、通常運転状態において既存の交流不足電圧継電器により1相開放故障の検知が可能であることから、1相開放故障自動検知システムを追加設置する対策は不要である。

また、再処理施設の受電変圧器は通常運転状態において常時2回線から受電しており、1相開放故障が発生した場合でも、残り1回線で各相の電圧を維持できることから、追加設置は不要である。

1 相開放故障事象（OPC）自動検知システムの 実機検証結果について

2022年8月3日
原子力エネルギー協議会

目次

1. はじめに	1
2. 国内におけるこれまでの取組みと今後の計画	2
3. 代表プラントのOPC自動検知システム設置概要	3
4. 試運用・現地検証内容	4
5. 試運用・現地検証結果	5
6. 検証結果及び米国の状況を踏まえた誤検知に対する対応方針	7
7. システム導入に伴う手順書の整備及び教育・訓練	8
8. 各社の設置計画（PWR・BWR）	9
9. 設置計画の進捗状況確認	11
10. 最後に	12

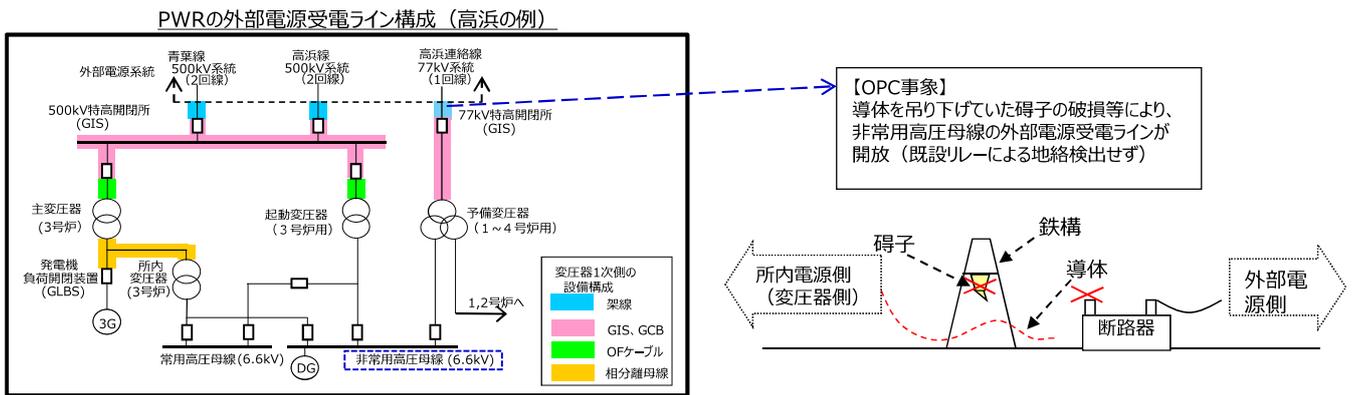
1. はじめに

1. 経緯

1 相開放故障事象（OPC : Open Phase Condition）への対応については、設置許可基準規則第33条に基づき既設の保護リレー等で検知できない箇所について、運転員の巡視点検や受電ライン切替前後の点検等により事象を検知する運用としており、また、OPC発生時の兆候及びその対応を運転員に教育し、手順として定める等、OPCによるプラント影響を防止できる体制を構築している。したがって、仮に常時外部電源を受電している起動変圧器のラインでOPCが発生したとしても、非常用高圧母線の電動機が連続的に過電流トリップする等の兆候にて、速やかに非常用ディーゼル発電機等の健全な電源に切り替えることが可能であり、リスク上喫緊の問題はないと考えている。

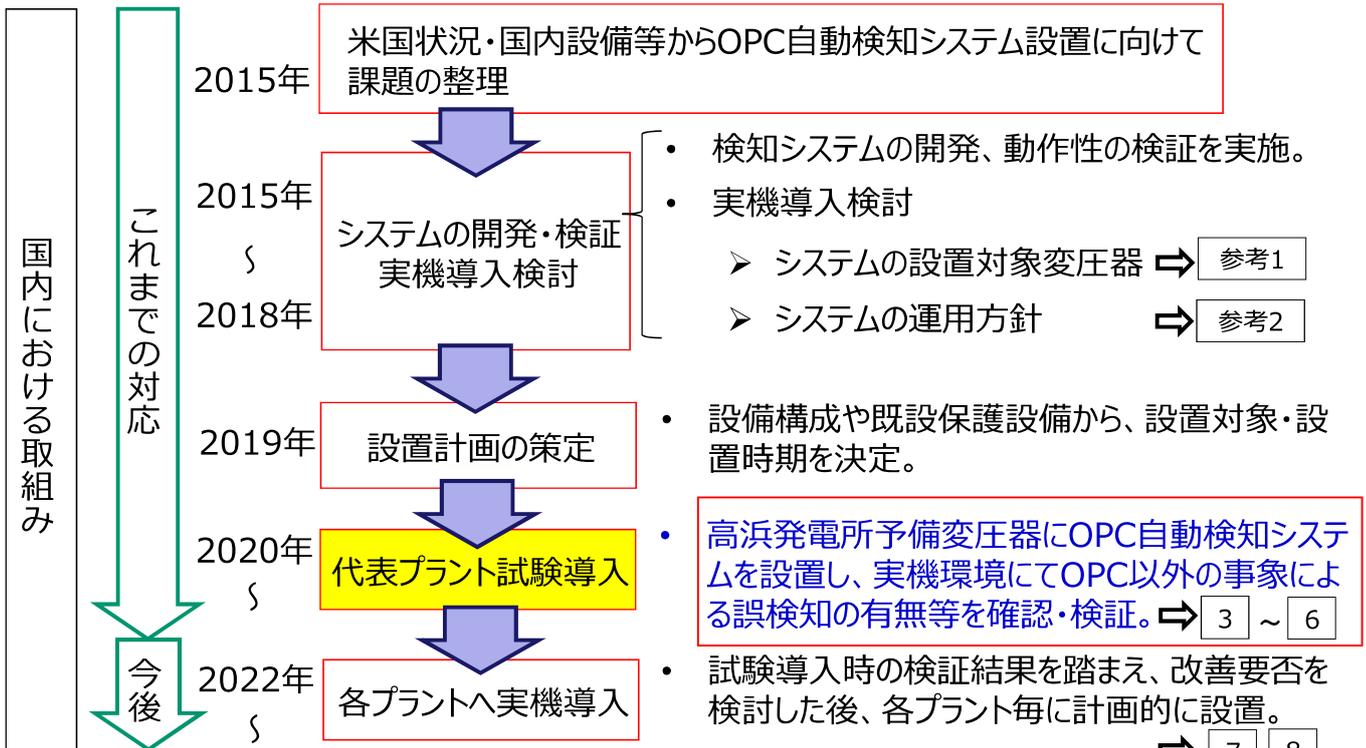
ただし、非常用高圧母線への外部電源受電ラインに架線を含む場合で、OPCを既設の保護リレー等で検知できない変圧器については、事象発生から把握までにタイムラグがあることから、機械的にOPC事象を検知可能なOPC自動検知システムの開発・検証を行い、実機導入に向けて検討・準備を進めてきた。

今回、代表プラントへのOPC自動検知システムの設置ならびに試運用・現地検証が完了したため、その結果について報告するものである。



2. 国内におけるこれまでの取組みと今後の計画

- 国内では、これまで海外情報等の収集を行いながら、OPC自動検知システムの開発・検証及び実機導入について検討し、設置計画の策定まで実施済である。（2020年8月5日の公開会合にてご説明済）
- その後、設置計画に基づき、代表プラントとして高浜発電所予備変圧器にOPC自動検知システムを設置し、試運用・現地検証を実施したので、その結果について報告する。今後、各プラントへの実機導入を進めていく。



3. 代表プラントのOPC自動検知システム設置概要

1. 対象変圧器

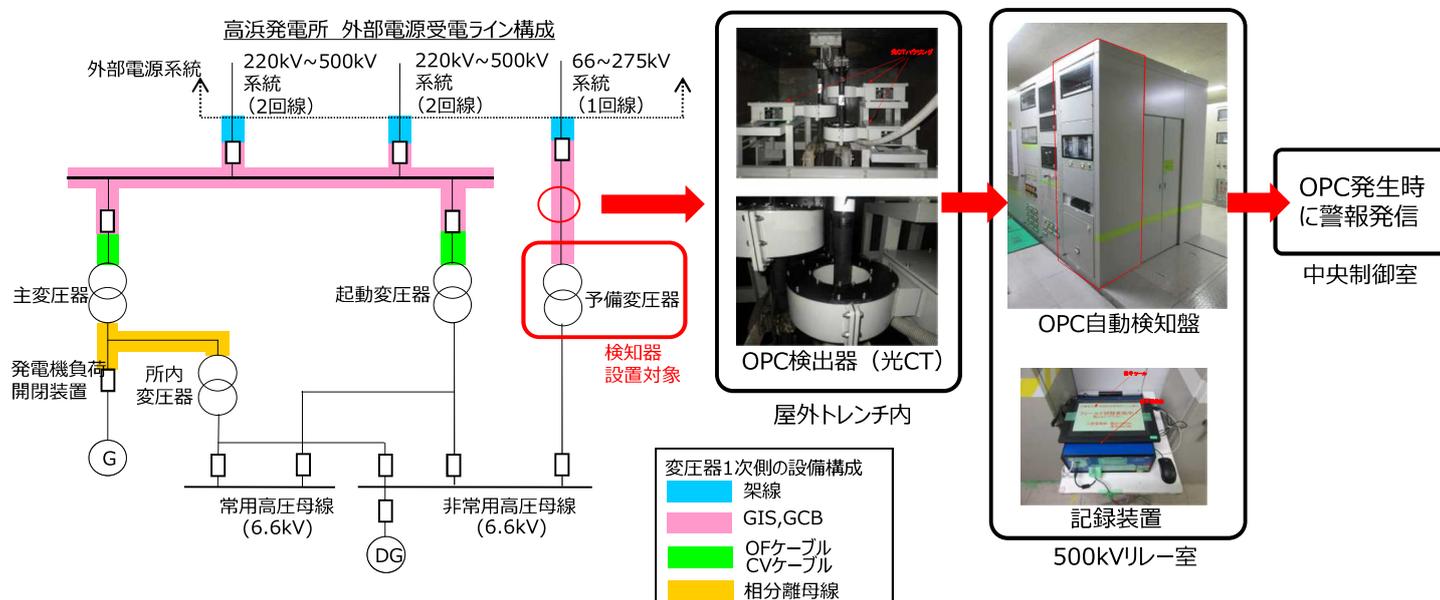
高浜発電所 予備変圧器

2. 工事期間

2020年9月～2021年3月（現地施工は2021年2月～2021年3月）

3. 工事内容

OPC検出器（光CT）及び自動検知盤を現場に設置し、OPC警報発信機能を追加。



4. 試運用・現地検証内容

1. 現地検証の目的

以下の項目を確認することを目的に現地検証を実施した。

①これまでの開発において前提としてきた実機環境*に大きな相違がないこと。

②現地での誤検知の有無等。

*:開発段階での想定事象は、①雷・開閉サージ、②変圧器の短絡・地絡、③系統電圧・周波数の変動、④単相再開路、⑤系統切替によるループ潮流、⑥安全系負荷の負荷一斉脱落、⑦励磁突入電流の7事象。下線部の③⑤⑥⑦は現地試験により検証、①②④は自然現象又は事故によるものであり、試運用中の発生状況に応じて検証を実施することとした。

2. 検証期間

2021年3月度に現地設置を完了し、2021年3月～2022年3月の約1年間を検証期間とした。

現地検証期間中は、検知システム動作時の要因調査のために記録装置を設置し、**試運用では外乱影響を幅広く採取するため、本来は数秒程度に設定する不要動作防止タイマーの設定値を0秒として検証**した。

3. 検証内容

(1) システム設計の妥当性に関する検証

① 現地試験による動作検証

実機環境において実施する可能性がある運転操作を行い、**警報発信（不要動作）の有無を確認**し、システム設計への反映の必要性を検討した。

② 通常運用状態における動作検証

実機環境での通常運用状態において、**警報発信（不要動作）の有無を確認**し、システム設計への反映の必要性を検討した。

(2) システムの監視性や運転操作に関する検証

通常運用状態及び誤検知等による監視性や運転業務への影響を聞き取り等により確認した。

5. 試運用・現地検証結果 (1/2)

1. 検証結果

(1) システム設計の妥当性に関する検証結果

① 現地試験による動作検証

開発段階での想定事象

- ①雷・開閉サージ、②変圧器の短絡・地絡、③系統電圧・周波数の変動、
- ④単相再開路、⑤系統切替によるループ潮流、
- ⑥安全系負荷の負荷一斉脱落、⑦励磁突入電流

No	試験項目	試験内容 (試験日)	検証結果 (不要動作の有無)	対応する開発段階での想定事象
1	予備変圧器しゃ断器 E10投入	予備変圧器しゃ断器E10投入時の励磁突入電流による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作あり (動作時間6.7秒)	③⑦
2	補機起動・停止	大型補機 (1次系冷却水ポンプ) 起動時の起動電流による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作なし	③⑥
3	動力変圧器しゃ断器投入	動力変圧器投入時の励磁突入電流による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作なし (負荷の状態により不要動作可能性あり)	③⑦
4	電源切替 (非常用DG⇄予備変圧器)	非常用DGから予備変圧器への負荷切替による不要動作の有無を確認 (2021.3.11)	不要動作あり (動作時間71.4秒)	③⑤

・開発段階での想定事象③⑤⑥⑦については、試験項目No.1、No.4は不要動作あり、No.3は負荷の状態により不要動作の可能性ありであり、不要動作を防止するためには、タイマーの設定値を100秒程度とする必要があることを確認した。ただし、これらの不要動作は運転操作にあたり予め想定し得るもので警報発信時に即時対応が可能であることを考慮し、不要動作防止より1相開放故障事象の検知を優先し、タイマー設定はメーカー設定値※に従い、短時間の設定として本格運用を開始することとした。

※：メーカー設定値は機密情報のため開示不可

・開発段階での想定事象①②④については、システム開発の段階で事象継続時間 (10秒以内) を評価済みであり、タイマー設定で不要動作を防止できることを確認している。⇒ 参考3

・以上より、システム設計へ反映が必要な事項は確認されなかった。



5. 試運用・現地検証結果 (2/2)

1. 検証結果 (前頁の続き)

(1) システム設計の妥当性に関する検証結果

② 通常運用状態における動作検証

・検証期間中における不要動作 (誤検知) なしであり、システム設計へ反映が必要な事項は確認されなかった。ただし、今回の検証は、誤検知の可能性のある事象について網羅的に動作確認したものではないため、本格運用開始以降も引き続き、誤検知の可能性を念頭に対処が必要である。

(2) システムの監視性や運転操作に関する検証

・実機環境での運用において監視性や運転業務に影響するような懸案は抽出されなかった。

(発電所意見・要望等の調査結果)

項目	所管課/室	調査結果	設計反映/意見要望の有無
監視操作性	第一発電室 第二発電室	監視操作性への問題なし	無
運転業務への影響	第一発電室 第二発電室	運転業務への支障、問題点なし	無
設計変更の見直し必要性	電気保守課	設計段階での想定事象、検知ロジック等の見直し必要性なし	無

以上の (1) (2) の検証結果より、システム設計及び運用面へ反映が必要な事項がないことを確認した。なお、誤検知に対する対応方針は、次ページに示す。



6. 検証結果及び米国の状況を踏まえた誤検知に対する対応方針

1. 誤検知に係る検証結果の考察

検証期間中、運転操作時を除き、通常運用状態において誤検知は確認されなかったが、落雷や系統ショック等の突発事象に対するシステム挙動を十分に確認できていないため、今後も誤検知がないとは言いきれないため、運用面で誤検知を考慮した対応が必要である。 ⇨ 参考16

2. 米国における誤検知対応状況

(1) 誤検知の発生状況

NRCがこれまでに発行しているOPC検査レポートでは、43発電所の内、少なくとも8発電所が誤検知を経験しており、原因が分かっていないものもあるとされている。そこで、ATENAとして誤検知の原因を把握するため、2020年7月から9月にかけて独自にNEIのシステムエンジニアと面談し、OPC検出器に係る誤検知の経験について聞き取りを行った。その結果、OPC検知器の運用開始後における電源系統の変更を設定値に反映できていなかったケース、非常用ディーゼル発電機の系統並列運転を考慮したOPC検知器の設定ができていなかったケース等、OPC判断の閾値設定に関する問題が誤検知の主な原因であることが分かった。

(2) OPC警報発信時の対応

2021年度に新たにNRC検査レポートが発行された30発電所のすべてが、リスク情報を活用してOPC警報発信時に運転員が手動で対応する意向であり、これまでに発行されたNRC検査レポートから、43発電所のうち約7割が運転員による手動対応を適用又は適用する予定であることを確認した。

3. 国内における誤検知に対する対応方針

上記の状況を踏まえ、国内ではOPC警報発信時に運転員が誤検知か否かを判断し、OPCと判断した場合は手動でしゃ断器を開放し、OPC警報とSI/BO信号が重畳した場合は、原子炉の安全停止を優先して、誤検知か否かに関わらずしゃ断器を開放し、速やかに非常用DGからの受電に切替えることを社内マニュアルに明記する。

なお、2017年7月に中部電力浜岡4号機で発生した誤検知事象の原因は、落雷による系統電圧の瞬時低下であることが分かっており、誤検知防止の観点からOPC判断の閾値設定と同様に、不要動作防止タイマーの設定も重要であり、プラント毎に必要な試運用・現地検証を行い設定値の妥当性を確認した上で、本格運用を開始する方針とする。

7. システム導入に伴う手順書の整備及び教育・訓練

1. 手順書の整備

OPC自動検知システムの導入にあたり、以下の社内標準（手順書）を整備した。OPC検知システム導入に伴う改定内容は以下のとおり。

社内標準名称	システム導入前	システム導入後	改定のポイント
(1)発電室業務所則	<ul style="list-style-type: none"> 変圧器の巡視点検（1回/日）時にOPCの発生がないことを確認する。 OPCを検知した場合、故障箇所の隔離または非常用母線を健全な電源系に切替える。 当直課長は、予備変圧器から所内負荷へ給電時は、77kV送電線の電流値測定を電気保修課長に依頼し、その結果を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 変圧器の巡視点検（1回/日）時にOPCの発生がないことを確認する。 OPCを検知した場合、故障箇所の隔離または非常用母線を健全な電源系に切替える。 当直課長は、予備変圧器から所内負荷へ給電時は、<u>77kV送電線の電流値を確認</u>する。 	<ul style="list-style-type: none"> 高浜の保安規定第73条（外部電源）の「予備変圧器から所内負荷へ給電時は、77kV送電線の電流値を確認する。」の対応について、<u>電気保修課員が電流値を測定し運転員が確認する方法から、運転員が直接電流値を確認する方法に変更（OPC検知盤で電流値を確認）</u>
(2)運転操作所則	<ul style="list-style-type: none"> 予備変圧器受電前に巡視点検を行い、OPCの有無を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 予備変圧器受電前に巡視点検を行い、OPCの有無を確認する。 	変更なし
(3)警報時操作所則	記載なし	<ul style="list-style-type: none"> <u>OPC警報発信時の確認、操作</u> <u>OPC警報とSI/BO信号が重畳した場合は予備変圧器しゃ断器を開放</u> 	<ul style="list-style-type: none"> OPC警報発信時の対応手順を追加

2. 警報発報時の対応

- OPC警報を確認後、中央制御室で77kV送電線の各相電圧ならびに所内負荷給電時は運転パラメータを確認し、現場のOPC検知盤で各相電流を確認する。異常がない場合は、OPC検知盤で警報リセット操作を行い、警報がリセットできた場合は誤検知と判断する。
- 警報がリセットできない場合は検知盤の故障又は実際にOPC発生と考えられるため、電気保修課に検知盤の点検を依頼するとともに、現地で予備変圧器および架線設備の目視点検を行い、断線等の異常がないか確認する。点検、確認の結果、OPC発生と判断した場合は予備変圧器しゃ断器を開放する。
- OPC警報とSI/BO信号が重畳した場合は、速やかに予備変圧器しゃ断器を開放し、予備変圧器を待機除外とする。

3. 教育・訓練

社内標準（教育訓練要綱）に基づき、運転員に対して定期的（1回/年以上）にOPC対応の机上教育及び実技訓練を実施している。

8. 各社の設置計画 (1/2)

PWR電力工程概要

2020年8月5日公開会合時からの変更点と理由を併せて記載

電力	2020年度 (令和2年度)												2021年度												2022年度												2023年度												2024年度												2025年度												2026年度																							
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3												
北海道電力																																					泊P/S 1・2号機共用 予備変圧器												再稼働審査の進捗を踏まえた発電所全体工程の見直しにより設置完了時期を2024.1から2025.1へ見直し																																															
																																					泊P/S 共用号機 後備変圧器 ※												※ 後備変圧器の設置時にOPC設備対策を実施する。																																															
関西電力	高浜P/S 共用号機 予備変圧器												試運用・現地検証												美浜P/S 共用号機 予備変圧器												美浜P/S 3号機 No2起動変圧器												大飯P/S 共用号機 予備変圧器 (No1)												プラント工程、設備点検計画最新化と半導体不足により設置完了時期を2023.3から2024.3へ見直し												プラント工程、設備点検計画最新化と半導体不足により設置完了時期を2023.3から2024.3へ見直し												プラント工程、設備点検計画最新化と半導体不足により設置完了時期を2022.3から2022.11へ見直し											
四国電力																																																													(伊方は既存設備で対応可能であり、追加対策なし)																																			
九州電力																																					玄海P/S 3/4号機共用 予備変圧器												(川内は外部電源設備の改造により対応可能であり、追加対策なし)												プラント工程、設備点検計画最新化と半導体不足により設置完了時期を2024.3から2024.11へ見直し																																			
日本原電																																					敦賀P/S 2号機 予備変圧器												再稼働審査の進捗を踏まえた発電所全体工事の見直しにより設置完了時期を2023.12から2024.12へ見直し												敦賀P/S 2号機 後備変圧器 ※												※ 新規制基準適合のため新設に合わせてOPC設備対策を実施する。																							

〔凡例 :計画工程 :実績工程 ▲:現地工事着手 ★:設置完了(試運用の開始)〕

注) 各社の設置計画は最新の工程より見直しを実施、今後も再稼働時期や関連機器の点検時期等に伴い変更の可能性あり



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

8. 各社の設置計画 (2/2)

BWR電力工程概要

2020年8月5日公開会合時からの変更点と理由を併せて記載

電力	2020年度 (令和2年度)												2021年度												2022年度												2023年度												2024年度												2025年度												2026年度																							
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3																								
東北電力																									女川P/S 共用号機 予備変圧器												再稼働工程の見直しにより設置完了時期を2023.3から2023.11へ見直し																																																											
																																																													(東通は既存設備により対応可能であり、追加対策なし)																																			
東京電力ホールディングス																																					柏崎刈羽P/S 共用号機 予備変圧器												選定検討の遅延と半導体不足により設置完了時期を2023.3から2024.5へ見直し																																															
中部電力																																																																									(浜岡は既存設備により対応可能であり、追加対策なし)																							
北陸電力																																					志賀P/S 2号機 予備電源変圧器												設計進捗により着手時期を2023.6から2024.2へ見直し																																															
中国電力													島根P/S 共用号機 予備変圧器												当初計画通り																								島根P/S 3号機 補助変圧器												島根P/S 共用号機 第2予備変圧器												運転計画の見直しにより、設置完了時期を2024.6から2026.10へ見直し																							
日本原電																																					東海第二P/S 予備変圧器												工事計画(安全対策工事完了時期)変更に伴う停電工程変更より設置完了時期を2023.3から2024.9へ見直し																																															
電源開発																																					大間P/S 予備変圧器												(建設中に実施)																																															

〔凡例 :計画工程 :実績工程 ▲:現地工事着手 ★:設置完了(試運用の開始)〕

注) 各社の設置計画は最新の工程より見直しを実施、今後も再稼働時期や関連機器の点検時期等に伴い変更の可能性あり



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

9. 設置計画の進捗状況確認

各社の設置計画については、ATENA会員の責任者が出席するATENAステアリング会議でコミットし、責任を持って自律的かつ計画通りに実施するよう、ATENAで引き続き進捗状況のフォローを行う。

- ①ATENAから事業者に対し、設置計画の提出を要求。
- ②事業者は年に一度、ATENAへ「**最新の設置計画（現地着工時期、工事完了時期、試運用完了時期）**」および「**実績**」について報告する。計画変更が必要となった場合は、その理由を付して適宜報告する。
また、試運用完了時には、「**本格運用開始日**」および「**システム導入に伴い整備した手順書類名**」についてATENAへ報告する。
- ③ATENAは②の進捗情報について、ATENAホームページへ公開する。
- ④ATENAは年に一度および計画変更時、各社の進捗状況について原子力規制庁へ報告する。

1 相開放故障自動検知システムの設置計画・実績管理（例）

事業者	発電所名	設置対象 変圧器	設置計画／実績					備考 ・システム導入に伴い整備した 手順書類名 ・その他特記事項	
				現地着工	工事完了	試運用完了 (手順整備含む)	本格運用開始		計画変更の 理由
A 電力	高浜 発電所	予備 変圧器	計画	2020年9月	2021年3月	2022年4月	2020年4月	-	・発電業務所則 (電流計測) ・警報時所則 (警報時対応、SI/BO信号 発信時操作手順等)
			実績	2020年9月	2021年3月	2022年4月	2022年4月12日		
B 電力	□発電所	□変圧器	計画	2022年9月	2024年〇月 ※	2025年〇月 ※	2025年〇月 ※	※〇〇による 着工時期 変更のため	
			実績	2022年12月 ※					
C 電力	△発電所	△変圧器	計画	2023年10月	2024年5月	2025年5月	2025年5月		
			実績						

Atomic Energy Association

10. 最後に

・代表プラントでの試運用・現地検証結果

国内メーカーにより設計開発されたOPC自動検知システムの実機適用にあたり、代表プラントの高浜発電所（予備変圧器）に設置し、2021年3月より試運用・現地検証を実施した結果、システム設計及び運用面へ反映が必要な事項がないことを確認した。

従って、国内の各プラントへの実機導入に問題はないと判断する。

・各プラントへの実機導入計画

代表プラントでの試運用・現地検証結果を踏まえ、今後、国内各プラント※にOPC自動検知システムの実機導入を進め、OPC検知に係る人的運用の信頼性向上を図る。

なお、プラントによって採用する1相開放故障検知システムのメーカー及び実機環境に違いがあることを踏まえ、プラント毎に設置及び必要な試運用・現地検証を実施し、本格運用を開始することとする。

※：電源開発を含む9社のプラント。中部、四国、原燃は既存設備により対応可能であり、追加対策なし。

- ・事業者としては、技術基準規則第45条の要求事項に基づき、現在実施している運転員の巡視点検等によるOPC検知運用はそのまま継続し、OPC自動検知システムを人的運用の信頼性を向上・補完するものと位置付け、自主的かつ計画的にシステムを導入していく予定である。
- ・ATENAにて、引き続き工事進捗状況のフォローを行う。

以下、参考資料

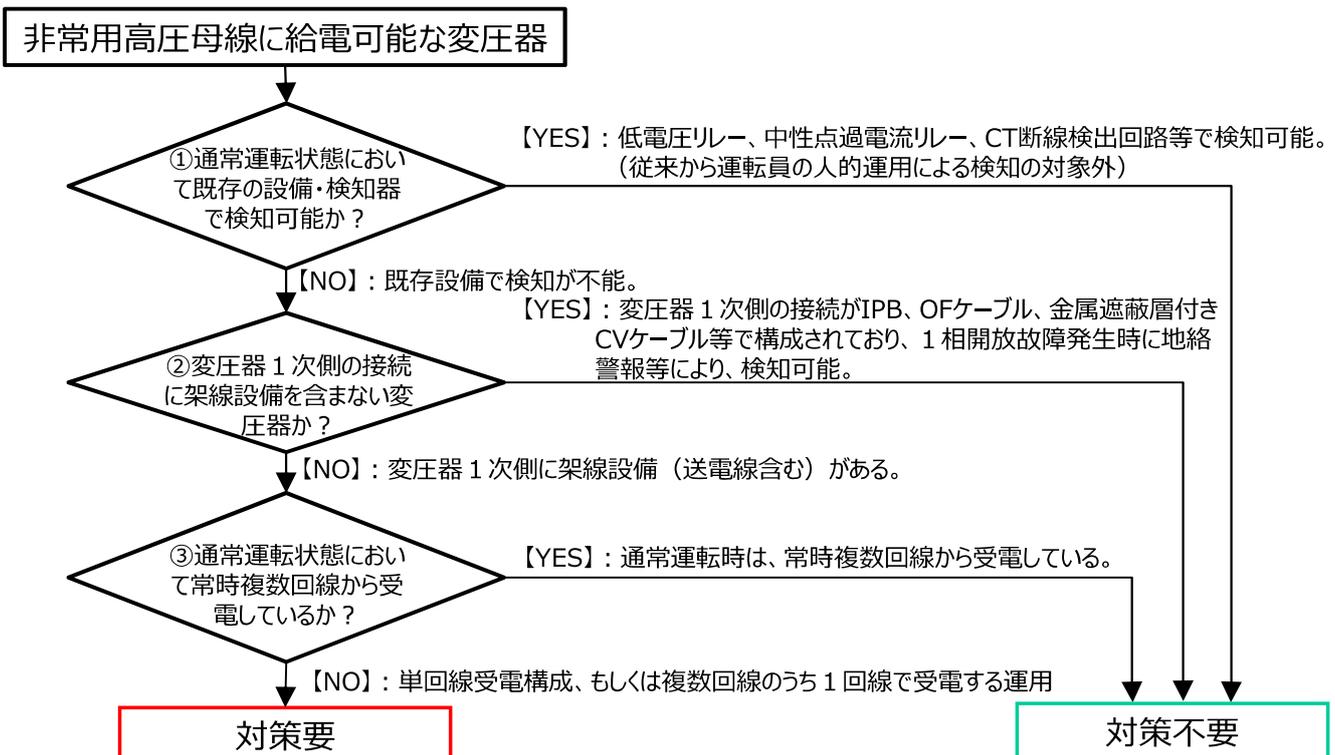
参考 1

OPC自動検知システムの設置対象変圧器の選定

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

設置対象として、1相開放故障を人的運用によって検知する必要がある変圧器を以下のフローにより選定。PWR/BWR共に主に通常運転中は待機状態の予備変圧器が対象になる。

設置対象変圧器の選定フロー



OPC自動検知システムの運用方針

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

システムの運用方法

以下の点より、OPC自動検知システムは、警報発信用としての使用を考えている。
(警報発信運用による設置で十分な効果が得られると考えている。)

①警報発信（自動的な検知）による効果

現状、1相開放故障の機械的検知（低電圧リレーの動作、中性点過電流リレーの動作、CT断線検出回路等）ができない外部電源受電ラインは、運転員の巡視点検や受電ライン切替前後の点検等により1相開放故障を検知する運用のため、事象発生から把握までにタイムラグがあるが、OPC自動検知システムの設置により、即時の警報発信が可能となり、従来より、早く、確実な検知が行える。

(電源系の手動切替操作は、非常に容易な操作で中央から実施可能である)

仮に誤検知によって警報が発信しても、運転員はOPC検知器における検知状態の継続有無、3相の電圧・電流計指示値のバランス状況、安全系補機の運転状態や現場架線設備の健全性を確認した上で、最終的に遮断器の開放操作を行うことから誤検知による悪影響はない。また、OPC警報発信中にSI信号又はBO信号が発信した場合は、誤検知が否かに関わらず即座に遮断器を開放する運用とする。

②検知後の自動インターロック化による懸念

1相開放故障発生と至急注水を行うべき事象（大LOCA等）が重畳して発生した場合、短時間で炉心注入を実施する観点では、OPC自動検知システムの信号を遮断器切替のインターロックに組み込むことは有効である。

しかし、OPC自動検知システムの動作しきい値は、事象の早期把握の観点で保守的な（動作しやすい）設定とする必要があることから、自動化インターロックを組み込んだ場合、システムの誤動作で健全な電源が自動的に系統から切り離され、非常用電源系の冗長性が不要に失われる可能性があることも併せて考慮する必要がある。



Copyright © Atomic Energy Association All Rights Reserved.

OPC自動検知システムの検証試験結果

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

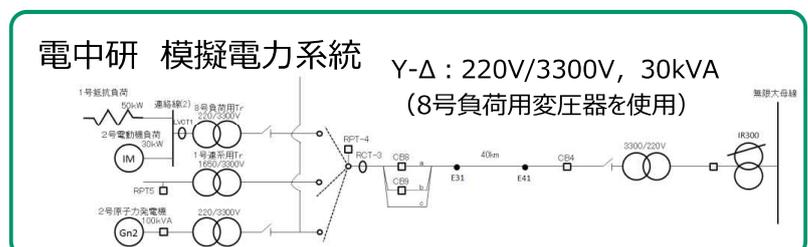
○以下、2017年度に実施した検証試験概要

- 3メーカー（日立GE、東芝ESS、三菱電機）とも電中研の模擬電力系統にて実際に欠相を模擬、検知器による検証可否を確認した結果、ロジックどおりの検知が可能との検証結果を得た。
- 2017年度の第1Q（4月～6月）にて、既存改造/新規検知器による、1相開放故障事象の検出性についてP/B全電力共同委託にて、検証試験を実施完了。
- 現地適用時には、模擬電力系統で確認した検知ロジックどおりに、各実プラント構成にておいても動作可能である事の確認や、検知器の動作しきい値、プラント毎の時限設定等のために、個別の電気解析等にて確認する事が必要となる。

検証結果	
三菱電機製品	検知率 100% (128/128)
日立GE製品	検知率 100% (128/128)
東芝ESS製品	検知率 100% (128/128)

(試験概要)

- 1相、2相欠相において、事故点・接地方式・負荷状況等を変化し128ケースを実施
- 試験は実系統（模擬）において、検知器がメーカーの社内における試験内容と同様の挙動を示すかを、代表例で確認する位置づけで実施。



（2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲）

各メーカー製品のOPC検出アルゴリズム

	三菱電機製	日立GE製	東芝ESS製
検出箇所			
電流検出用設備	微小な電流の検出が可能な光CT※1を新規に設置	微小な電流の検出が可能な光CT※1を新規に設置	既設の変流器の精度※2を評価し、適用可能な場合、既設の変流器を使用
検出アルゴリズム	電流がしきい値以下の場合 1 相開放故障と判定 $\min(I_a , I_b , I_c) < \text{しきい値 (相電流)}$	3 相の電流の偏差以上の場合 1 相開放故障と判定 $\max(I_a , I_b , I_c) - \min(I_a , I_b , I_c) > \text{しきい値 (電流偏差)}$	電流がしきい値以下の場合 1 相開放故障と判定 $\min(I_a , I_b , I_c) < \text{しきい値 (相電流)}$

- ※ 1. 光CT：既設の変流器は巻線型であり、一次側に流れる大電流を二次側接続機器に応じた小電流に変成する方式である。従って、一次通電電流が微小なケースでは二次電流が更に小さくなるが、光CTは、ファラデー効果による光の偏波を電気量に変換する方式のため、一次通電電流を一律に変成するのではなく、二次側接続機器に必要な電流情報に変換して伝達することができる。
- ※ 2. 精度：電流が流れているか流れていないかを判定できることであり、具体的には、励磁電流（変圧器定格電流の約0.1%の電流値）の有無を判別可能なことを要求精度としている。

（2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲）

（1）三菱電機製品概要

【欠相検知システム概要】

<検知方法>

本システムは、変圧器高圧側電流及び対称成分の大きさから欠相を検知。

<機器構成>

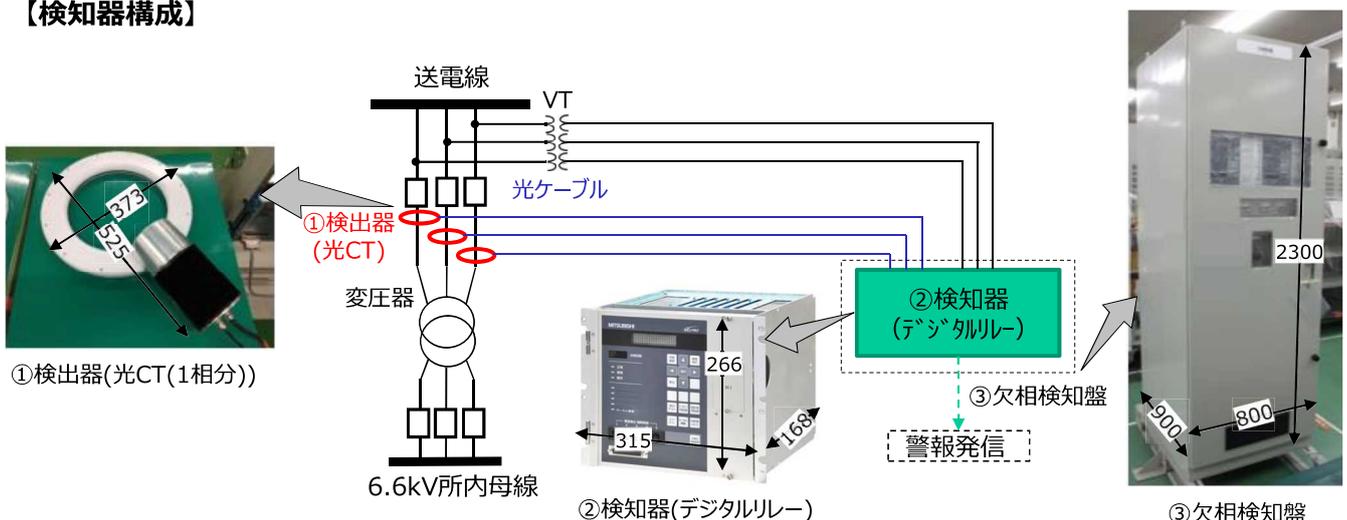
検出器：変圧器励磁電流(約0.1A)を測定可能な光CTを採用。

検知器：光信号を入力可能なデジタルリレーを採用

<発信信号>

検出器からの信号を検知器に入力し、検知器から欠相検知・警報信号等を発信。

【検知器構成】



（2）日立GE製品概要

【欠相検知システム概要】

＜検知方法＞

本システムは、変圧器高圧側電流、所内側電圧の3相偏差およびその挙動変化から欠相を検知する。

＜機器構成＞

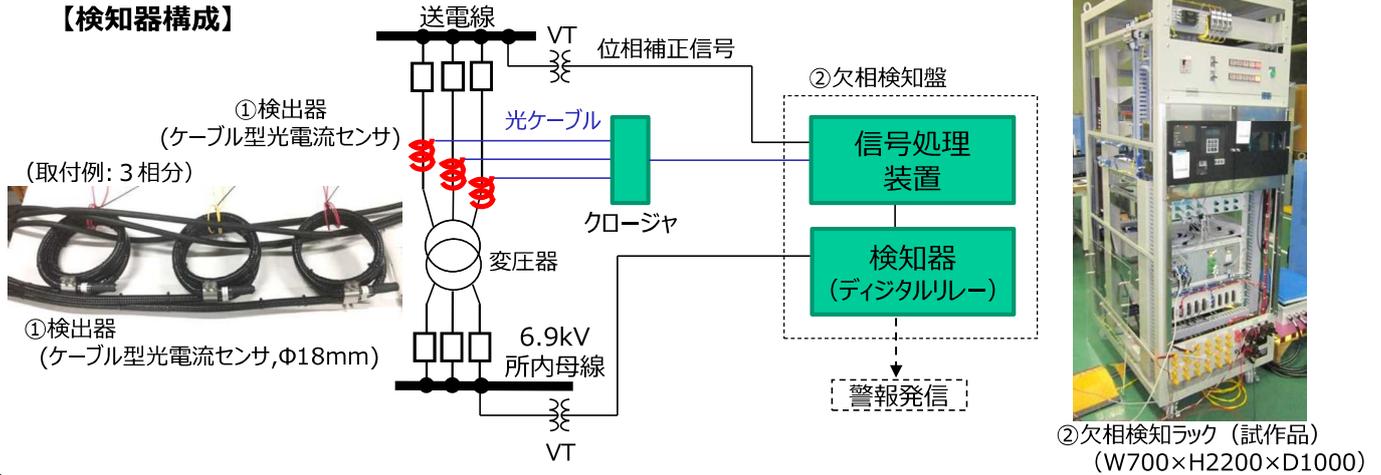
検出器：変圧器励磁電流(約50mA以上)を計測可能。
 主機の改造無く取付可能なケーブル型光電流センサを使用。
 同径にてセンサ部多重化対応可能。

検知器：事象判定ロジックを装荷したデジタルリレーを使用。

＜発信信号＞

検出器からの信号を欠相検知盤に入力し、欠相検知盤から欠相検知・警報信号等を発信。

【検知器構成】



（3）東芝ESS製品概要

（1）検知方法

3相の電圧、電流を監視し、欠相した相で生じる電圧または電流変動により欠相を検知する。

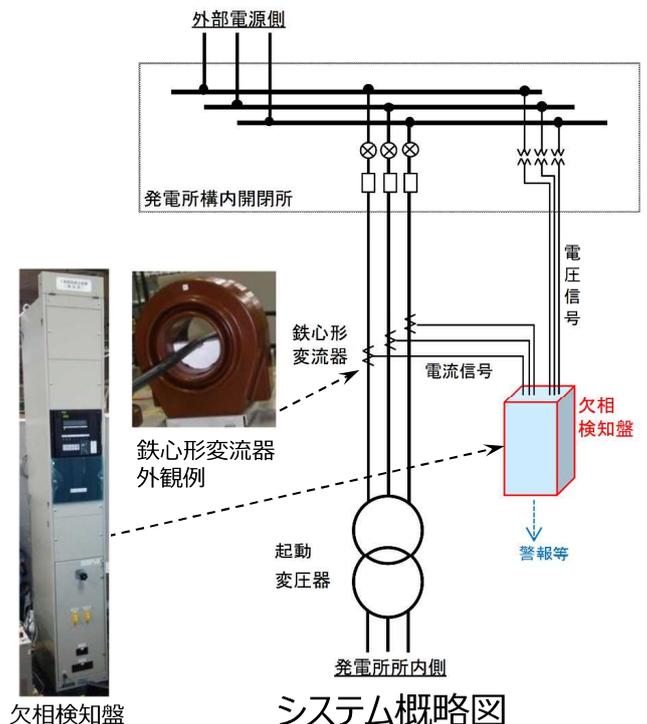
（2）検知システム構成

● 変流器

検知対象変圧器が無負荷時などの微小電流においても、鉄心形変流器を用いて欠相検知が可能。
 そのため、既設変流器の特性や設置位置等の条件によっては、既設変流器を使用できる可能性がある。

● 欠相検知盤

開閉所の系統保護盤等で使用実績があるデジタルリレーを搭載。
 欠相検知時には、盤面や中操への警報信号を出力する。



三菱電機製品概要

(1) 目的

OPC検知システムは開発検証が完了し、今後はプラント個別に所内回路を模擬したシミュレーションで整定値の検討を実施することで計画している。

- 但し、米国での誤検知等の状況を踏まえ、実プラントでのフィールド試験を行い、そこで新たな知見が得られる場合は、OPC検知システムへフィードバックさせることが、より確実なOPS検知システムを構築するうえで望ましいことから、現地検証を行う。

(2) 検証内容概要

- ①対象回路 : 発電所 変圧器
- ②導入機器 : OPCリレー盤(保護リレー、光変換器)、光CT、記録用デバイス
- ③システム : 既設警報回路への組込みは行わず、スタンドアローンのシステムとする
(但し、直流電源の引込み、GIS信号取込み等の改造は発生)
- ④検証内容 : 通常プラント操作、欠相以外の事故、外的要因(振動、外部ノイズ)によりリレーが不要動作しないこと(整定値の妥当性)を確認する(次頁参照)
➢リレー動作した場合は、保護リレーが記録した動作時の波形データ、プラント運転状態から要因を特定
- ⑤実施期間 : 以下2ケースのいずれかで対応
 - ・最長 プラント起動～停止の運転1サイクル
 - ・最短 OPCシステム導入後の現地試験にて完結
➢ 不要動作有無を確認する上では、運転1サイクルの中で試運転することが望ましい。
(なお、製品性能の確認は現地試験で完結するため、1サイクルの期間は必須でない)

三菱電機製品概要

(3) 確認項目

No.	項目	内容	確認時期		備考
			運転中	現地試験	
1	補機起動・停止動作時におけるOPCリレー動作有無確認	通常、待機状態にある予変に対して、現在停止中の高浜1/2号機のいずれかの母線を利用し、補機の起動・停止操作を実施し、OPCリレー不要動作有無を確認	○	○	
2	動変励磁突入電流流入時のOPCリレー不要動作有無確認	現在停止中の高浜1/2号機のいずれかの母線を利用し、無電圧の動変に電圧印加し、励磁突入電流を発生させ、OPCリレー不要動作有無を確認	○	○	実施方法・時期はユーザー側（電力）との調整結果による
3	落雷時の再開路によるOPC動作有無確認	落雷による再開路を模擬した瞬時遮断器開閉操作を実施し、OPCリレー動作有無を確認	—	○	
4	その他電気事故の影響によるOPCリレー動作有無確認	予変受電時における短絡、地絡等電気事故の影響でOPCリレーが不要動作しないかを確認	※	—	※：電気事故は偶発的な自然現象のため意図的な模擬・確認は不可

(4) 補足

- フィールド試験では、保護リレー動作時の要因特定のためプラント運転状態のデータを用いる必要がある。
➢ 補機運転状態や電源構成等の各種必要なパラメータについては、ユーザー側（電力）より情報提示する。

日立GE製品概要

(1) 目的

- O P C発生時に、確実に検知できることを確認する。(期間内に発生した場合)
- 系統擾乱発生時等、O P C以外の事象で本機器が誤動作しないことを確認する。
- 設計時の想定条件と実機適用時の条件（想定外を含む）による本機器への影響有無を確認する。
- その他、初期不良の有無等、機器の不具合発生状況をモニタリングし、本運用前に改善を図る。

(2) 検証内容概要

- 試験期間は、季節による系統条件の変動、季節要因事象の検証、屋外機器に対する環境条件の影響
- 評価を考慮して、最低1年間を前提とする。
- 対象プラントは、系統条件や環境条件が各プラントで異なり、この間の試験結果をもとに、運用前の改善を図ることを本試験の目的としていることから、メーカーとしては全プラント対象を基本とする。

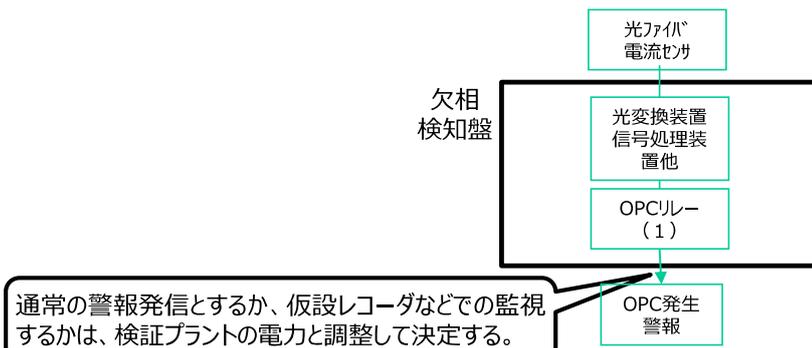


図1 回路構成

日立GE製品概要

(3) 確認項目

項目	内容
リレー健全性確認	<p>O P C検知システムには複数の誤動作防止ロジックを組み込んでおり、基本的には系統の過渡的事象によって影響を受けることは無いが、本ロジックがいかなる条件においても適切に動作し、誤動作しないことを確認するため、以下の試験を実施する。</p> <p>【検証項目】 (短期試験) ①励磁突入電流による影響評価のため、変圧器遮断器の開閉を実施 ②開閉サージによる影響評価のため、系統側の遮断器及び断路器の開閉を実施 ③負荷変動による影響評価のため、大型電動機の始動、負荷遮断を実施 (長期試験) ①系統の静電容量等による影響評価のため、環境条件の季節変動等考慮し、1年以上設置運用する。 ②プラント通常運転時における負荷変動による影響評価のため、定検間隔以上の期間（約1年）設置運用する。</p> <p>誤動作した際は、原因を検討したうえで、改善案を検討・整定値の見直し等を実施する。</p>
光変換装置からのデータの分析	<p>本試験期間中に光変換装置からのデータを収集し、内部の各リレー要素の動作を検証する。ロジックを見直すことで、更なる誤動作の防止と精度の向上を見込むことが可能であれば、改善案を検討し、ロジックや整定値の見直し等を実施する。</p>

東芝ESS製品概要

(1) 目的

- OPC検知システムの開発検証は完了し、今後の実機導入における各プラント個別検討は解析および工場試験により検討・確認を行う。ただし、検知対象として新規性があるOPCを扱うことから、電源系統で生じる想定事象によるシステムへの影響をフィールドレベルで検証する。

(2) 検証内容概要

- 電源系統の運用時には、以下に示すような電氣的な過渡事象が想定されることから、OPC検知システムはこれら事象による不要動作を防止する構成としている。そのフィールドレベルでの確認として、システムを実際に導入したうえで一定期間の試運用により不要動作が生じないことを確認する。

① 想定事象

- 落雷
- 送電系統または発電所構内の地絡、短絡事故
- 系統変動（電圧変動、周波数変動、高調波）
- 変圧器受電時（励磁突入電流）
- 開閉サージ
- 負荷電動機始動、停止時（始動電流）
- 周囲設備からの誘導ノイズ など

② 試運用期間

上記の想定事象がプラント運用、系統側電力潮流および季節変動に起因する部分もあることを考慮し、試運用期間はプラント運転期間1サイクル分を目安として、電力側との協議により決定する。

東芝ESS製品概要

(3) 確認項目

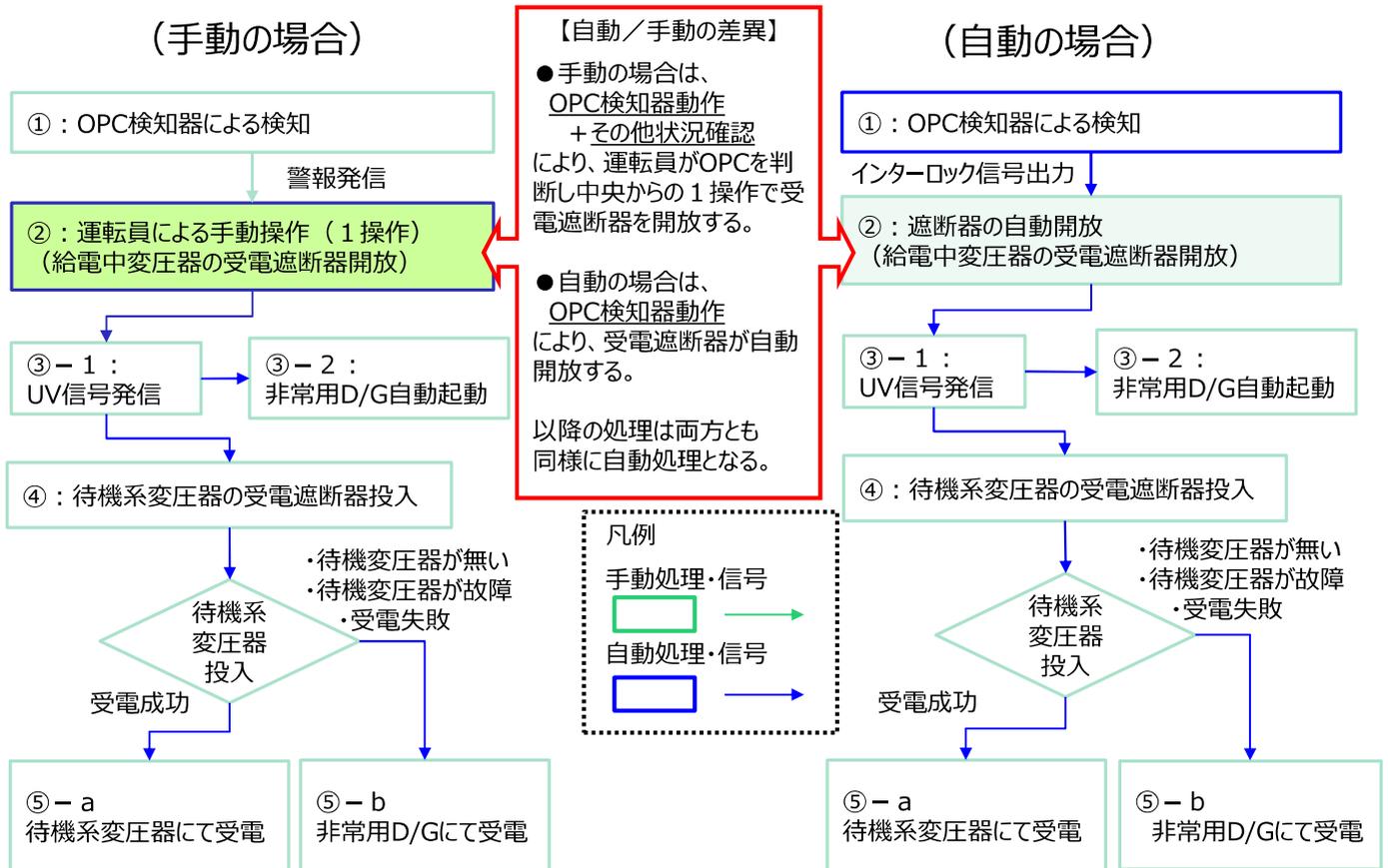
- ① 想定事象のうち、人為的に再現可能な、変圧器受電時、線路遮断器開閉時および電動機始動・停止時の影響に関し、試験による確認についても実施する。

No.	試験項目	内容
1	変圧器受電時の不要動作確認	検知対象変圧器に運転電圧を印加し、通常運用時の変圧器受電時に発生する励磁突入電流に対し、OPC検知リレーが不要動作しないことを確認する。
2	遮断器開閉サージによる不要動作確認	送電線事故時の再閉路による開閉サージを想定し、遮断器を開閉し、不要動作しないことを確認する。
3	電動機始動・停止時の不要動作確認	検知対象変圧器から二次側母線へ給電している状況で、当該母線に接続される電動機を始動・停止させ、その際の電流変動に対して、OPC検知リレーが不要動作しないことを確認する。

OPC検知時の自動隔離有無（自動／手動）による運転操作の差異

参考14

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)



国内においてOPC検知器を先行設置し、誤検知が発生した事例

参考15

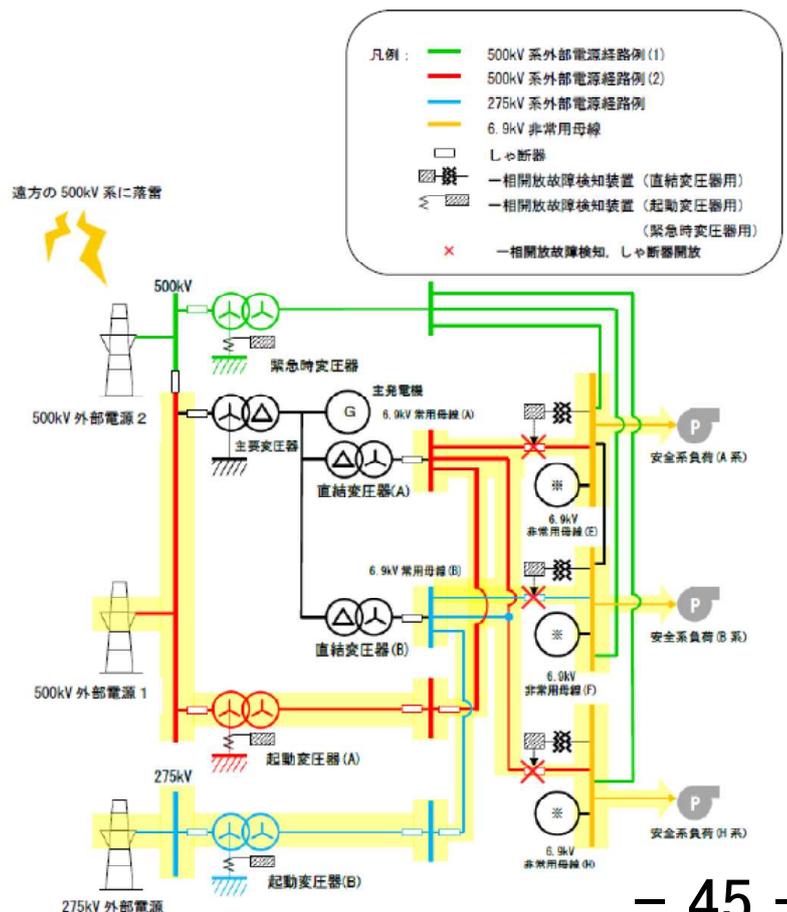
(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

浜岡発電所4号機の事例 (ニューシア情報2017-中部-S002より)

2017年7月14日7時59分、落雷の影響により、愛岐幹線（500kV送電線）1号線、2号線をルート遮断し、中速再開路する事象が発生した。その影響を受け、浜岡原子力発電所の所内電源の電圧が瞬時低下した。浜岡4号機6.9kV非常用母線（E）、（F）、（H）については、その電圧低下を一相開放事象対策※1として設置した検出器が検知し、常用と非常用母線の間に設置された遮断器が開放し、6.9kV非常用母線（E）、（F）、（H）が停電した。これにより非常用ディーゼル発電機（A）、（B）が自動起動し、6.9kV非常用母線母線（E）、（F）は受電された。非常用ディーゼル発電機（H）については、非常用ディーゼル発電機（H）関連の作業により、安全措置として停止していたため、6.9kV非常用母線（H）は停電状態が継続した。

なお、3、5号機については、一相開放事象対策が未実施であることから非常用母線の停電には至らなかった。

※1 外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうち一相の電路の開放が生じた場合に、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障個所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策。



米国におけるOPCに係る対応状況について（1/2）

参考16

NRC及びNEIを代表とする産業界のOPCに係る対応について、過去からの経緯を含め、以下にまとめる。

2012年1月	Byron2号機において定格出力運転中にOPC発生
2012年7月	NRCは、Bulletin 2012-01を発行
2013年12月	NEIは、OPCへの対応について産業界ガイダンスNEI 13-12及びその付属文書として産業界の対応とスケジュールを示したOPCイニシアチブ（自主的措置）を発行 ←対策完了は2017年12月31日
2014年11月	NRCは、各事業者にOPCイニシアチブに従い対策完了した場合はNRCに通知するようレターを発行
2015年3月	NEIは、OPCイニシアチブの改訂1版をNRCに提出 ←対策完了は2018年12月31日
2017年5月	NRCは、8プラントを対象にOPCによる炉心損傷頻度（CDF）への寄与、OPC隔離システム（OPIS）のリスク低減効果を評価し、OPISの使用によりOPCの脆弱性は大きく低減できるとした評価結果を公表
2017年10月	NRCは、OPCイニシアチブの実施状況確認を目的とした暫定検査要領（TI 2515/194）を公表 →NRCがOPC対応不要と判断したプラント、10CFR50.90「変更、検査、試験」に基づく変更申請中のプラント、2020年1月30日までに廃炉予定を通知したプラントを除く全プラントが検査対象
2018年9月	NEIは、OPISの設置を完了した複数のプラントにおいて、設置後のモニタリング期間中にOPISの誤作動が発生していることを踏まえ、モニタリング期間を1年延長するため、OPCイニシアチブの改訂2版をNRCに提出 ←対策完了は2019年12月31日
2019年5月	NEIは、OPISの自動電源切替機能の代替オプションとして運転員の手動対応を採用する場合のリスク評価手法をまとめた産業界ガイダンスNEI 19-02を発行し、各事業者がNEI 19-02を使用できるよう、OPCイニシアチブの改訂3版をNRCに提出
2019年7月	NRCは、NEI 19-02の使用を承認
2020年1月	NRCは、8プラントを対象にOPISの自動電源切替機能のリスク低減効果を評価し、OPISの自動電源切替機能による安全性の向上は高くないと結論付けた報告書を公表
2020年4月	NRCは、OPCイニシアチブの改訂3版でリスク情報を活用するオプションが追加されたことを踏まえ、暫定検査要領（TI 2515/194）の改訂1版を公表

これまでに発行されたNRC検査レポートから、43発電所のうち約7割が運転員による手動対応を適用又は適用する予定であることを確認している。

米国におけるOPCに係る対応状況について（2/2）

参考17

米国では、[①変圧器中性点注入方式（PSSTec）](#)、[②巻線CT+デジタルリレー（PCS2000）](#)、[③巻線CT+デジタルリレー（SEL）](#)、[④磁界による光の偏向を利用した方式（光CT方式）](#)、[⑤Class1Eの既設低電圧リレー（既設UVリレー）](#)が採用されている。

現状、①PSSTec、②PCS2000、③SELにて、誤検知があったとの情報を入手している。

- NEI加盟プラントのうちの4割が採用している①PSSTecは、EPRIが開発した変圧器の高圧側中性点に探査電流（周波数、電流値可変）を注入し、欠相発生による零相電流の変化を監視するものであるが、[誤検知の発生が確認されている](#)。これについては、実機に応じた探査電流の設定と欠相判断のしきい値設定に苦慮しているものと考えられる。（なお、当該検知器は高圧側中性点がない変圧器には適用できない検出方式である。）
- また、②PCS2000を採用する一部のプラントにおいては、試運用期間中（モニタリング期間中）でも、[運転員の弊害になるほど誤検知があり、検知発信をバイパスする電力も確認されている](#)。これについては、採用されているデジタルリレーは実績があるものだが、巻線CTから入力される微弱な電流変化から、欠相を判断するしきい値設定に苦慮しているものと考えられる。

国内では、変圧器の型式に左右されない汎用性と高い検知信頼性の確保を目標に、米国の状況も踏まえて誤検知に配慮した検知器開発、具体的には、[2メーカーがノイズ影響を受けにくく、電流検出精度が高い光CT方式（米国の④光CT方式に類似）を、1メーカーが巻線CTからの信号入力部高精度化などOPC検知用に改良したデジタルリレーを採用した検知器開発を実施している](#)。

なお、OPC検知の有効性については電中研の実証試験にて確認している。

現行の技術基準における位置付け（1 / 2）

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

現状、規則の解釈は、以下のとおりである。OPC自動検知システムを人的運用の信頼性を向上・補完するものとし、現在解釈の中で、事業者として計画的に取り組んでいく。

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋） 1/2

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
<p>(保安電源設備)</p> <p>第四十五条 発電用原子炉施設には、電線路及び当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機からの電力の供給が停止した場合において発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置の機能を維持するため、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備を施設しなければならない。</p> <p>2 設計基準対象施設の安全性を確保する上で特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する装置を施設しなければならない。</p> <p>3 保安電源設備（安全施設へ電力を供給するための設備をいう。）には、第一項の電線路、当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置への電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置を講じなければならない。</p> <p>一 高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置</p>	<p>第45条（保安電源設備）</p> <p>1 第1項に規定する「発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置」とは、以下の装置をいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第2条第2項第9号ホに規定される装置 ・燃料プール補給水系 ・第34条第1項第6号に規定する事故時監視計器 ・原子炉制御室外からの原子炉停止装置 ・PWRの加圧器逃がし弁（手動開閉機能）及び同元弁 ・非常用電源設備の機能を達成するための燃料系 <p>2 第2項に規定する「特に必要な設備」とは、非常用炉心冷却系の計測制御用電源設備等をいう。</p> <p>「同等以上の機能を有する装置」とは、直流電源装置をいい、第16条に規定する蓄電池を兼ねて設置してもよい。</p> <p>3 第3項に規定する「常時使用される」とは、主発電機又は非常用電源設備から電気が供給されている状態をいう。</p> <p>4 第3項第1号に規定する「高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置」とは、重要安全施設</p>

現行の技術基準における位置付け（2 / 2）

(2020年8月5日公開会合資料より抜粋再掲)

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋） 2/2

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
<p>二 前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置</p> <p>4 設計基準対象施設に接続する第一項の電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、当該設計基準対象施設において受電可能なものであって、使用電圧が六万ボルトを超える特別高圧のものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するように施設しなければならない</p>	<p>(設置許可基準規則第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。)への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤(安全施設(重要安全施設を除く。))への電力供給に係るものに限る。)について、遮断器の遮断時間の適切な設定等により、高エネルギーのアーク放電によるこれらの電気盤の損壊の拡大を防止することができることをいう。</p> <p>5 第3項第2号に規定する「異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置」とは、短絡、地絡、母線の低電圧又は過電流などを検知し、遮断器等により故障箇所を隔離し、保安を確保するために必要な装置への影響を限定できる設計及び外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合に、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策(手動操作による対策を含む。)を行うことにより、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できる設計とすることをいう。</p> <p>6 第4項に規定する「少なくとも二回線」とは、送受電可能な回線又は受電専用の回線の組み合わせにより、電力系統と非常用所内配電設備とを接続する外部電源受電回路を2つ以上設けることにより達成されることをいう。</p> <p>7 第4項に規定する「互いに独立したもの」とは、2回線以上の電</p>

別紙 4

原子力発電所における1相開放故障事象(OPC)への対応について
(令和5年4月20日面談資料)原子力発電所における1相開放故障事象(OPC)
への対応について〔各原子力事業者の安全対策の
実施計画及び実施状況について〕

2023年4月 更新版

原子力エネルギー協議会(ATENA)

原子力発電所における1相開放故障事象への対応について

1

- ◆ 国内の原子力事業者は、**更なる信頼性向上のための自主的な取組みとして、1相開放故障事象(以下、「OPC※1」)の検知性向上対策(変圧器への検知器設置)を実施**することとしている。
- ◆ 上記を踏まえ、ATENAは原子力事業者※2に対し、**OPC自動検知システムの設置を要求し、その進捗状況をフォロー**することとしている。

※1 Open Phase Condition

※2 OPC対策対象変圧器を保有する原子力事業者

<ATENAによる進捗管理について>

- 事業者は年に一度、ATENAへ「最新の設置計画(現地着工時期、工事完了時期、試運用完了時期)」および「実績」について報告する。計画変更が必要となった場合は、その理由を付して適宜報告する。また、試運用完了時には、「本格運用開始日」および「システム導入に伴い整備した手順書類名」についてATENAへ報告する。
- ATENAは、上記の進捗情報について、ATENAホームページへ公開する。

1. OPC自動検知システムの設置計画／実績（1 / 4）

2

(1) PWRプラント（その1）

前回（2022年11月30日）からの変更箇所を青字で記載

事業者	発電所	対象変圧器	設置計画／実績					備考	
				現地着工	工事完了	試運用完了 (手順整備含む)	本運用開始		計画変更 の理由
北海道電力	泊	1 / 2号機共用 予備変圧器	計画	前回	2024年11月★	2025年1月★	2026年2月★	2026年2月★	
				今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			実績						
		3号機 後備変圧器	計画	前回	変圧器設置にあわせて実施				
				今回	変更なし				
			実績						
関西電力	高浜	共用号機 予備変圧器	計画	2020年9月	2021年3月	2022年4月	2022年4月	<ul style="list-style-type: none"> 高浜発電所第一発電室業務所則（電流値確認） 高浜発電所第二発電室業務所則（電流値確認） 高浜発電所1号機警報時操作所則（警報時対応、SI/BO信号発信時操作手順等） 	
			実績	2020年9月	2021年3月	2022年4月	2022年4月		
	大飯	共用号機 予備変圧器 (No.1)	計画	2022年1月	2023年3月	2023年4月	2023年4月	<ul style="list-style-type: none"> 発電業務所則（電流計測） 警報時所則（警報時対応、SI/BO信号発信時操作手順等） 事故時操作所則（電流計測等） 	
			実績	2022年1月	2023年3月	2023年4月	2023年4月		
	美浜	共用号機 予備変圧器	計画	前回	2022年9月	2023年12月	2024年1月	2024年1月	
				今回		変更なし	変更なし	変更なし	
			実績	2022年9月					
		3号機 No.2 起動変圧器	計画	前回	2022年4月	2023年12月	2024年1月	2024年1月	
				今回		変更なし	変更なし	変更なし	
			実績	2022年4月					

★：再稼働・運開工程との関係で変更となる可能性あり。

1. OPC自動検知システムの設置計画／実績（2 / 4）

3

(1) PWRプラント（その2）

前回（2022年11月30日）からの変更箇所を青字で記載

事業者	発電所	対象変圧器	設置計画／実績					備考	
				現地着工	工事完了	試運用完了 (手順整備含む)	本運用開始		計画変更 の理由
四国電力	伊方	-	-	-	-	-	-	既存設備で対応可能であり、対策対象外	
九州電力	玄海	3 / 4号機共用 予備変圧器	計画	前回	2024年7月	2024年11月	2025年12月	2025年12月	
				今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			実績						
	川内	-	-	-	-	-	-	外部電源設備の改造により対応可能であり、対策対象外	
日本原子力発電	敦賀	2号 予備変圧器	計画	前回	2024年8月★	2024年12月★	2025年12月★	2025年12月★	<ul style="list-style-type: none"> ※新規基準適合性に係る審査状況を踏まえた着工時期変更
				今回	2025年8月★※	2025年12月★※	2026年12月★※	2026年12月★※	
			実績						
		2号 後備変圧器	計画	前回	変圧器設置にあわせて実施				
				今回	変更なし				
			実績						

★：再稼働・運開工程との関係で変更となる可能性あり。

1. OPC自動検知システムの設置計画／実績（3 / 4）

4

(2) BWRプラント（その1）

前回（2022年11月30日）からの変更箇所を青字で記載

事業者	発電所	対象変圧器	設置計画／実績					備考 ・システム導入に伴い整備した手順書類名 ・その他特記事項	
				現地着工	工事完了	試運用完了 (手順整備含む)	本格運用開始		計画変更の理由
東北電力	女川	共用号機 予備変圧器	計画	前回	2023年7月★	2023年11月★	2024年11月★	2024年11月★	※半導体部品納期の延伸および外部電源の停電工程を踏まえた計画変更
				今回	2024年9月★※	2025年3月★※	2026年3月★※	2026年3月★※	
			実績						
	東通	-	-	-	-	-	-	既存設備で対応可能であり、対策対象外	
東京電力HD	柏崎刈羽	共用号機 予備変圧器	計画	前回	2024年7月★	2024年9月★	2026年9月★	2026年10月★	
				今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			実績						
中部電力	浜岡	-	-	-	-	-	-	既存設備で対応可能であり、対策対象外	
北陸電力	志賀	2号機 予備電源 変圧器	計画	前回	2024年2月★	2024年3月★	2025年3月★	2025年4月★	
				今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			実績						

★：再稼働・運開工程との関係で変更となる可能性あり。

1. OPC自動検知システムの設置計画／実績（4 / 4）

5

(2) BWRプラント（その2）

前回（2022年11月30日）からの変更箇所を青字で記載

事業者	発電所	対象変圧器	設置計画／実績					備考 ・システム導入に伴い整備した手順書類名 ・その他特記事項	
				現地着工	工事完了	試運用完了 (手順整備含む)	本格運用開始		計画変更の理由
中国電力	島根	共用号機 予備変圧器	計画	前回	2022年12月	2023年2月	2024年3月	2024年3月	
				今回			変更なし	変更なし	
			実績	2022年12月	2023年2月				
		3号機 補助変圧器	計画	前回	2026年8月★	2026年10月★	2027年11月★	2027年11月★	
				今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			実績						
3号機 第2予備変圧器	計画	前回	2026年8月★	2026年10月★	2027年11月★	2027年11月★			
		今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし			
	実績								
日本原子力発電	東海第二	予備変圧器	計画	前回	2024年4月★	2024年9月★	2025年9月★	2025年9月★	
				今回	変更なし	変更なし	変更なし	変更なし	
			実績						
電源開発	大間	予備変圧器	計画	前回	建設中に実施				
				今回	変更なし				
			実績						

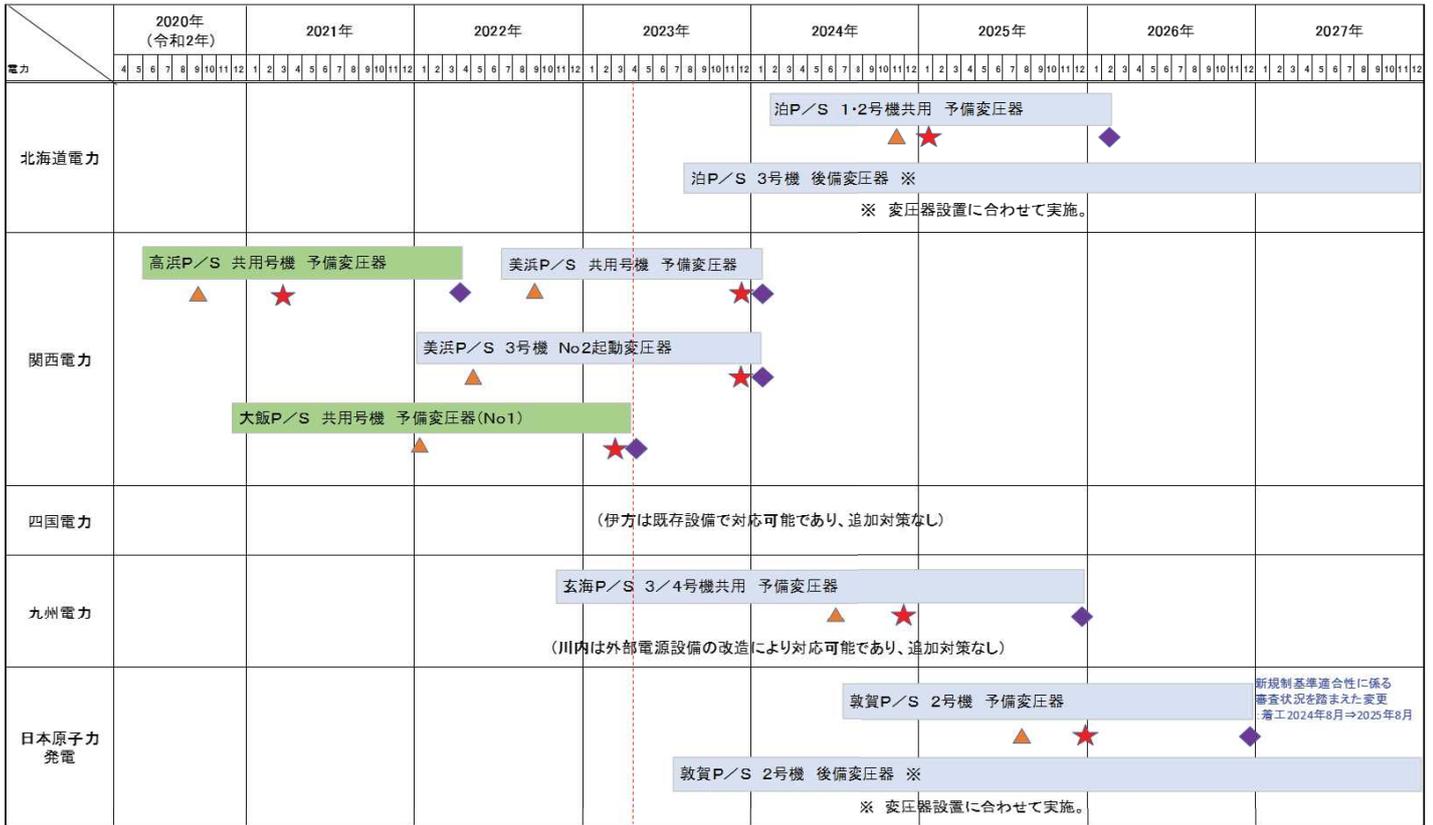
★：再稼働・運開工程との関係で変更となる可能性あり。

2. OPC自動検知システムの設置工程（1/2）

6

(1) PWRプラント

前回（2022年11月30日）からの変更箇所を青字で記載



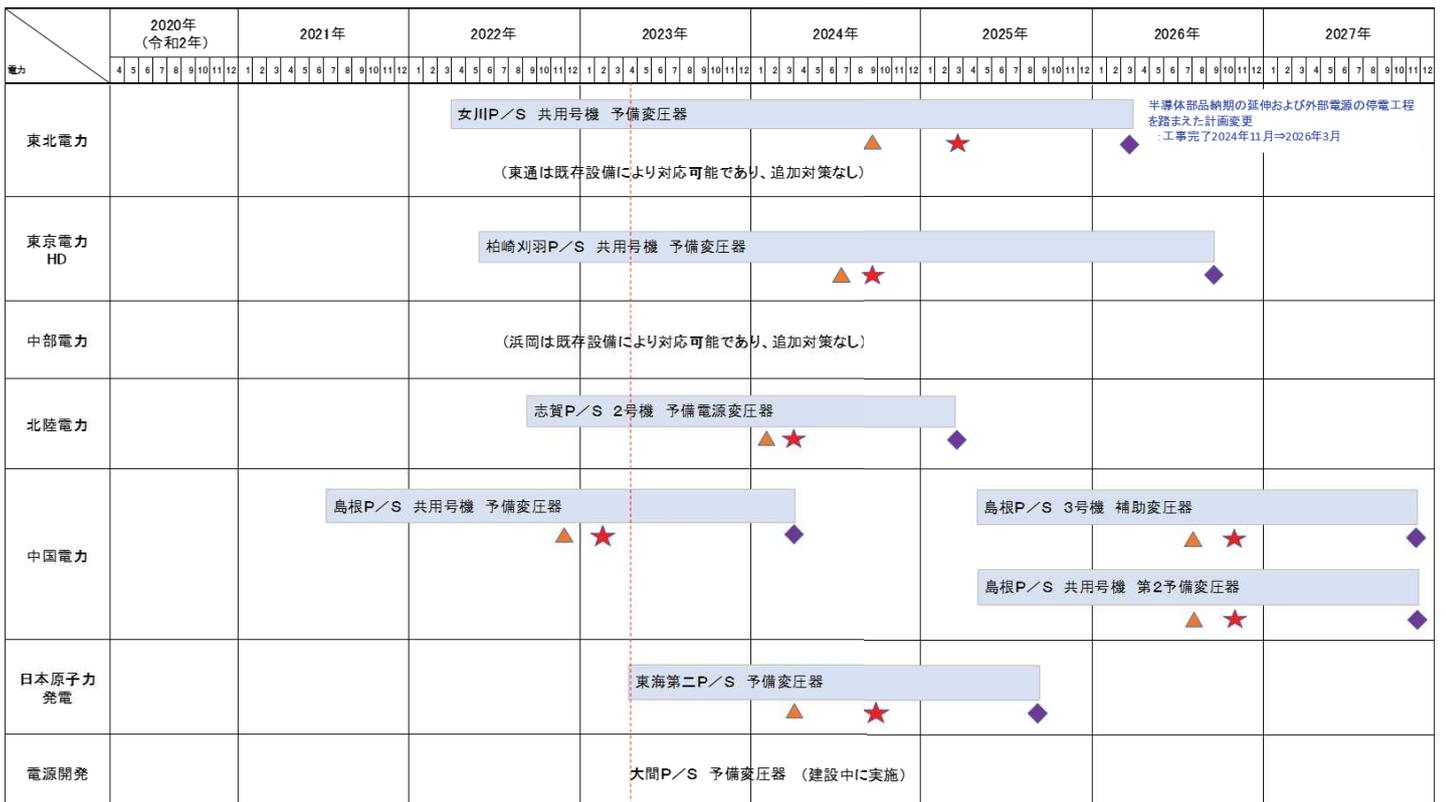
注) 各社の設置計画は最新の工程より見直しを実施、今後も再稼働時期や関連機器の点検時期等に伴い変更の可能性あり
 (凡例 :計画工程 :実績工程 ▲:現地着工 ★:工事完了(試運用開始) ◆:試運用完了(本運用開始))

2. OPC自動検知システムの設置工程（2/2）

7

(2) BWRプラント

前回（2022年11月30日）からの変更箇所を青字で記載



注) 各社の設置計画は最新の工程より見直しを実施、今後も再稼働時期や関連機器の点検時期等に伴い変更の可能性あり
 (凡例 :計画工程 :実績工程 ▲:現地着工 ★:工事完了(試運用開始) ◆:試運用完了(本運用開始))

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈
 (原規技発第1306193号) (抜粋)

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈
<p>(保安電源設備) 第三十三条 (略) 2 (略) 3 保安電源設備(安全施設へ電力を供給するための設備をいう。)は、電線路、発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないように、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。</p> <p>4～8 (略)</p>	<p>第33条 (保安電源設備) 1 (略) 2 第3項に規定する「機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止する」とは、電気系統の機器の短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等を検知し、遮断器等により故障箇所を隔離することによって、故障による影響を局所化できるとともに、他の安全機能への影響を限定できることをいう。また、<u>外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3相のうち1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策(手動操作による対策を含む。)を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できることをいう。</u></p> <p>3～8 (略)</p>

バックフィットに係る基本的な考え方

令和4年11月30日
原子力規制委員会

原子力規制委員会のバックフィットに係る基本的な考え方は、以下のとおりである。

1. 安全の追求に終わりはないとの認識の下、継続的な安全性向上を図ることは、東京電力福島第一原子力発電所事故の最も大きな教訓の一つであり、そのためには、規制機関と原子力事業者等が、リスクは決してゼロにはならないとの認識の下、残されたりリスクを低減するため不断の努力を続けることが必要である。
2. 継続的な安全性向上を実現するために、安全の確保に一義的責任を負う原子力事業者等は、最新の知見を踏まえた上で、原子力施設（以下単に「施設」という。）の安全性の向上に継続的に取り組む必要がある。
また、原子力規制委員会としても、常に新たな知見を収集してその規制への反映の必要性を検討し、必要と判断した場合には躊躇なく規制に反映することで、規制の継続的な改善に取り組む。
3. バックフィットは、新たな知見に対応する手段の一つであり、法令及び規制基準¹の改正等により新たな知見を規制に反映し、その新たな規制を既存の施設²にも適用することをいう。その目的は、新たな知見を迅速かつ柔軟に規制に反映し、災害の防止のために施設が最低限達成すべき安全上の水準を向上することで、規制の継続的な改善を行い、もって継続的な安全性向上を実現することにある。
4. 如何なる知見をバックフィットの対象とするかについて、原子力規制委員会は、既存の規制における取扱い、施設の安全性への想定される影響、影響が生じる蓋然性及び切迫度や、当該知見についてとり得る対策の内容等を踏まえ、当該知見の安全上の重要性を考慮するとともに、当該知見に対する原子力事業者等の対応状況等も考慮するなど、当該知見に係る個別の性質等を勘案して、科学的・技術的な見地から判断を行う。

¹ 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。）に基づき定められる原子力規制委員会規則及び告示のうち許認可等の基準として定められるもの並びに行政手続法（平成5年法律第88号）第2条第8号ロに規定する審査基準として定められる内規類をいう。

² 原子炉等規制法に基づく事業許可、設置許可等を受け、工事が完了していない施設を含む。

5. バックフィットの対象とする施設については、グレーデッドアプローチの観点や、新たな知見による影響の態様、施設毎の特徴等を考慮して判断する。
6. 継続的な安全性の向上を達成する上では、バックフィットにより適用される新たな規制に対して、対象となった施設が、合理的期間内に適合することが必要であり、またそれで十分である。バックフィットの都度、新たな規制を即時適用することや、施設の使用停止命令³等を発出すること、バックフィットに関係しない他の審査・検査等の対応を停止することは、かえって新たな知見の規制への円滑な取り入れを阻害し、当該制度が所期の目的を果たせず、継続的な安全性の向上を妨げることとなる。
ただし、当然ながら、安全上緊急の必要性がある場合には、新たな規制を即時適用することや、施設の使用停止命令等を発出すること等もあり得る。
7. したがって、バックフィットに当たっては、原子力規制委員会は、一定の経過措置を設けることを基本とし、保安のために必要な限度において、その専門技術的裁量の下、安全上の緊急性、要求する対策の内容、原子力事業者等の対応状況及び対応に要する期間、審査・検査等に要する期間等、個別の具体的事情を考慮した上で、経過措置の内容等について判断する。また、経過措置期間後に、新たな規制に適合していない施設については、使用の前提条件を満たさないものと判断する。
8. バックフィットは、新たな知見に対応する唯一の手段というわけではない。例えば、既存の規制によって包含され、災害の防止上の支障があるとはいえない知見について、更なる安全性向上の観点から原子力事業者等に対策を求める場合には、原子力事業者等の対応状況等も踏まえた上で、バックフィット以外の手段をとるとの判断もあり得る。

以 上

³ 施設の使用停止等の命令は、あくまでバックフィットを適用する方法の一つに過ぎず、規制への不適合に対する制裁として発出するものではないため、施設が新たな規制に適合していないことをもって、直ちに当該命令を発出しなければならない性質のものではない。