

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

2019年11月14日

北海道電力株式会社、東北電力株式会社、
東京電力ホールディングス株式会社、中部電力株式会社、
北陸電力株式会社、関西電力株式会社、
中国電力株式会社、四国電力株式会社、
九州電力株式会社、日本原子力発電株式会社、
電源開発株式会社

目次

1. 海外におけるOPCの動向	-----	1
2. 国内のOPC自動検知システムの検証計画	-----	2
3. OPC追加対策工程概要	-----	8

参考)

・国内のOPC自動検知システムについて（過去資料再掲）	-----	参考 1
・自動隔離有無（自動／手動）による運転操作の差異（過去資料再掲）	-----	参考 2
・国内電力の対応方針のまとめ（過去資料再掲）	-----	参考 3
・対策対象変圧器の選定フロー（過去資料再掲）	-----	参考 4

1. 海外におけるOPCの動向

(1) 海外動向について

7/16に米国での公開会議があった。内容概要は以下のとおり。

- NEIが出したホワイトペーパーのプロセスに沿ってリスク評価を実施するプラントに対し、NRC側のニーズより監査を実施することとなった。
- 監査の目的は、ホワイトペーパーに記載されている手法が具体的にどのように実施されているかを確認するもの。(リスク評価のPRAモデル等を具体的に確認する)
 - 事業者のPRAモデルの変更内容
 - トレーニングの実施状況
 - OPC対応を記載した要領書
 - NEIが予定している評価内容
- 対象2プラントが実施予定。(Ginna、NineMile) 7月会議時点では9月に実施予定と連絡。



受け止め

- NEIは自動インターロックを導入しない場合(手動)に、リスク評価の対象プラントとしている。当該評価について、内容が妥当かどうかを監査していることから、NRC側は自動インターロックが無い場合についての是非について検討している段階であると考えられる。

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。

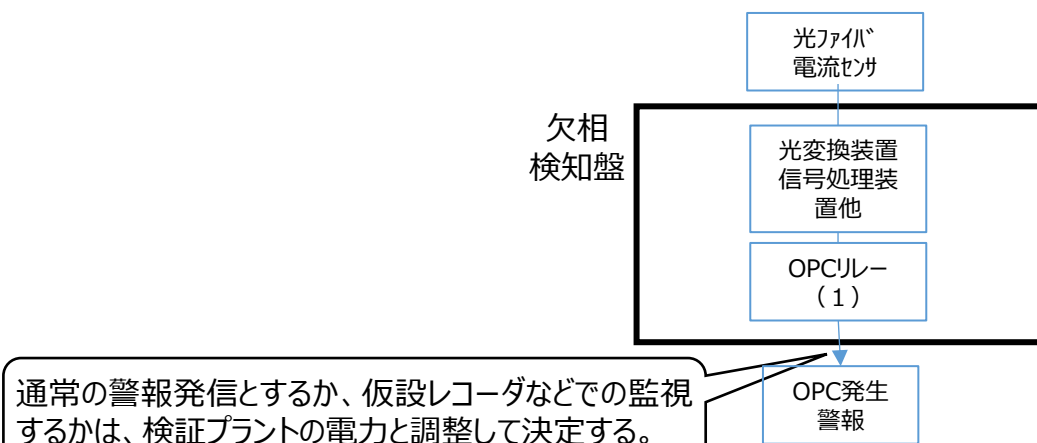


図1 回路構成

日立製品概要

(3) 確認項目

項目	内容
<p><u>リレー健全性確認</u></p>	<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> <ul style="list-style-type: none"> 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 <p>（長期試験）</p> <ul style="list-style-type: none"> 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>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>
<p><u>光変換装置からのデータの分析</u></p>	<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気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。

3.0 P C追加対策工程概要 (1 / 2)

P 電力工程概要 (注)

電力	2019年度 (平成31年度)												2020年度												2021年度												2022年度												2023年度												2024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																																																																																																																																																																																																
北海道電力																																					泊共用 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。																																				泊1・2号機共用 予備変圧器																																																																																																																																															
関西電力	高浜P/S 共用号機 予備変圧器																								美浜P/S 共用号機 予備変圧器																																																																																																																																																																																																																																			
四国電力																																																																																																													既存設備で対応可能であり、追加対策なし																																																																																																																																															
九州電力																																																																																																																																																	玄海3/4号機共用 予備変圧器																																																																																																											
日本原電																																																																																																																																																	敦賀P/S 2号機 予備変圧器																																																																																																											
																																																																																																																																																																																					敦賀P/S 2号機 後備変圧器																																																																							

[凡例  : 契約上の工程  : 現地工事着手  : 設置完了(試運用の開始)]

(注) 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

3.0 P C追加対策工程概要 (2 / 2)

B 電力工程概要 (注)

電力	2019年度 (平成31年度)				2020年度				2021年度				2022年度				2023年度				2024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
東北電力													女川P/S 共用号機 予備変圧器																																		
																	▲				★																										
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																																		
																	▲				★																										
中部電力	既存設備で対応可能であり、追加対策なし																																														
北陸電力																	志賀P/S 2号予備電源変圧器																														
																					▲				★																						
中国電力													島根P/S 共用号機 予備変圧器												島根P/S 3号機 補助変圧器 ※ ※ 2025年度着工予定																						
																	▲				★																										
																					島根P/S 共用号機 第2予備変圧器																										
																									▲				★																		
日本原電													東海第二P/S 予備変圧器																																		
																					▲				★																						
電源開発													(建設中に実施) 大間P/S 予備変圧器																																		

[凡例 : 契約上の工程 ▲ : 現地工事着手 ★ : 設置完了(試運用の開始)]

(注) 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

以下參考資料

(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>

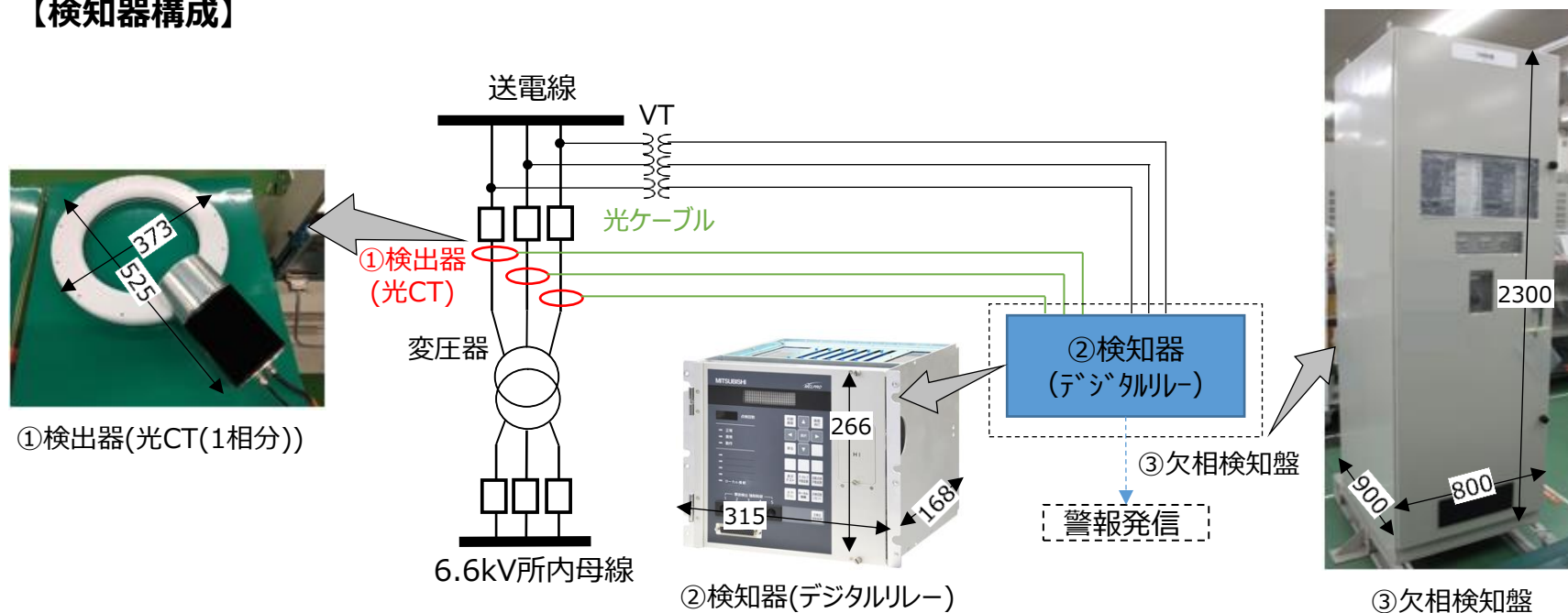
検出器：変圧器励磁電流(約0.1A)を測定可能な光CTを採用。

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。

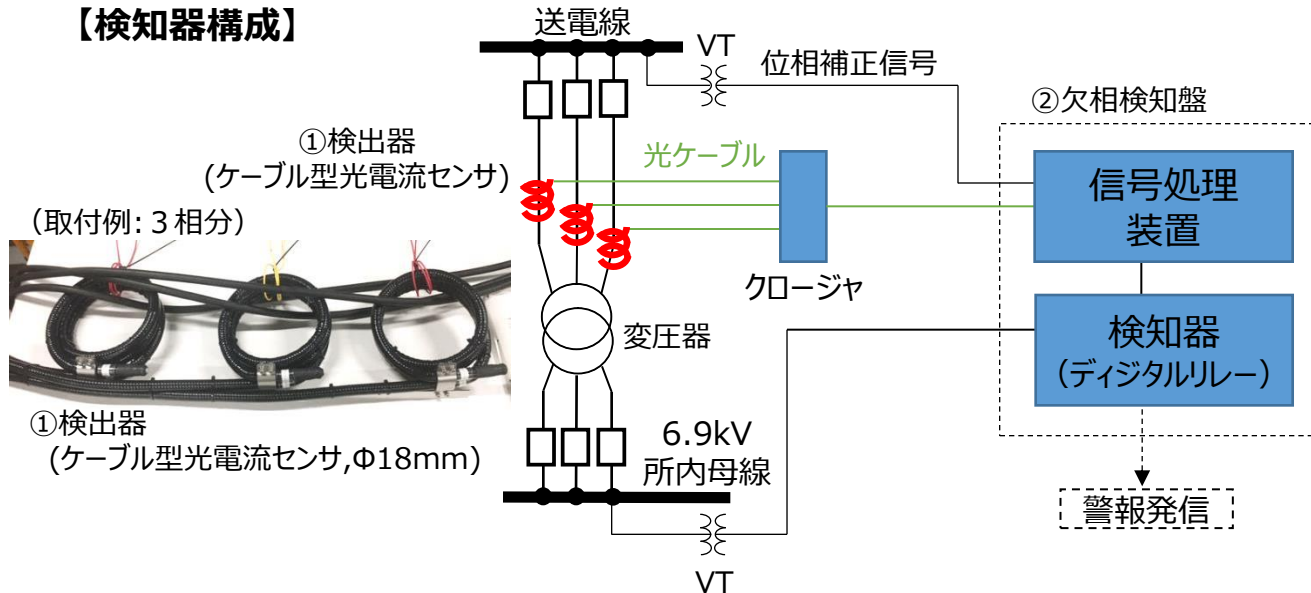
同径にてセンサ部多重化対応可能。

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】



②欠相検知ラック (試作品)
(W700×H2200×D1000)

(3) 東芝製品概要

(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

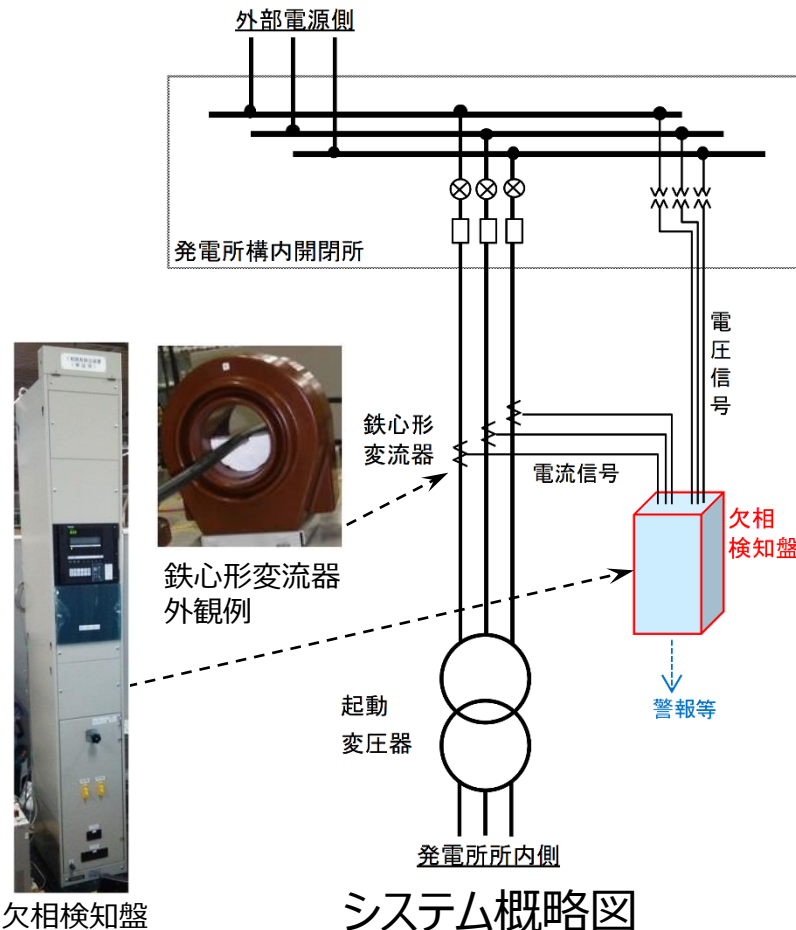
検知対象変圧器が無負荷時などの微小電流においても、鉄心形変流器を用いて欠相検知が可能。

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。



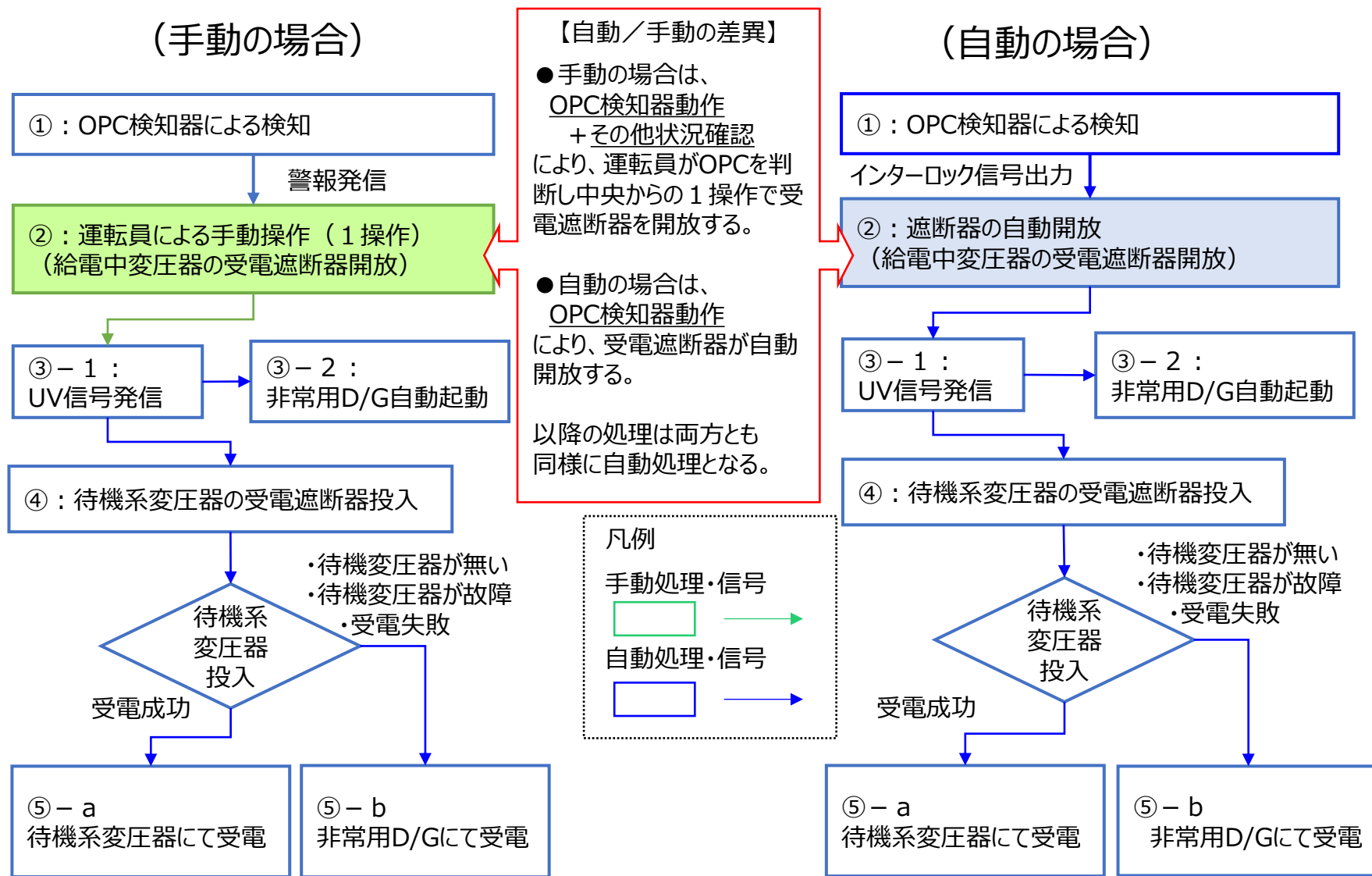
欠相検知盤

システム概略図

参考) 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 2

(2019年5月29日面談資料より抜粋)



1 相開放故障に対する対応方針まとめ

○対策の目的

・**1相開放故障の検知を運転員による目視点検等による運用としている変圧器を対象に、OPC自動検知システムを設置**する。

○対象変圧器

・非常用高圧母線に給電可能な変圧器のうち**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対象**とする。具体的には、以下の対象を除く変圧器。

【対策不要な対象】

- 通常運転状態において既存の設備・検知器で検知可能な変圧器
(例：低電圧リレー、中性点過電流リレー、CT断線検出回路等で検知可能)
- 上流の変圧器との接続に架線設備を含まない変圧器
(例：接続がIPB構成、OFケーブル、金属筐体に覆われた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

○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。

(設置許可基準規則(第33条保安電源)への適合性でこれまで説明してきたとおり、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。)

○システム仕様

- ・多重化構成は必須とはしない。
- ・設置対象の変圧器と同等の耐震性・信頼性を確保する。

○現行の技術基準における位置付け

・**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計画的に取り組んでいく。**

参考) 対策対象変圧器の選定フロー (2018年10月30日面談時資料から抜粋)

