

柏崎刈羽原子力発電所保安規定審査資料	
資料番号	TS-50
提出年月日	令和2年6月12日

## 柏崎刈羽原子力発電所7号炉

### 外部電源の運転上の制限について

令和2年6月

東京電力ホールディングス株式会社

本資料では、下記の内容について説明する。

- ・ 設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映
- ・ 設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映
- ・ バイロンの事象から得られた一相開放故障に関する知見の反映

## 目 次

1. 保安規定変更比較表 抜粋
2. 保安規定第58条の3（外部電源その3（7号炉））独立性に関する記載について
3. 工事計画認可申請書（常用電源設備 基本設計方針）
4. 一相開放故障の検知に関する記載について

1. 保安規定変更比較表 抜粋

(1 / 3)

変更前	変更後	記載の考え方								
<p>(外部電源その1)</p> <p>第58条 原子炉の状態が運転、起動及び高温停止において、外部電源は表58-1で定める事項を運転上の制限とする。ただし、送電線事故等による瞬停時を除く。</p> <p>2. 外部電源が前項で定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。</p> <p>(1) 当直長は、原子炉の状態が運転、起動及び高温停止において、外部電源の電圧が確立していることを1週間に1回確認する。</p> <p>3. 当直長は、外部電源が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表58-2の措置を講じる。</p> <table border="1" data-bbox="934 1855 1024 2730"> <tr> <td>項目</td> <td>運転上の制限</td> </tr> <tr> <td>外部電源<sup>※1</sup></td> <td>2系列<sup>※2</sup>が動作可能であること</td> </tr> </table> <p>※1：外部電源とは、電力系統又は主発電機（当該原子炉の主発電機を除く。）からの電力を第65条及び第66条で要求される非常用交流高圧電源母線に供給する設備をいう。以下、第59条及び第60条において同じ。</p> <p>※2：外部電源の系列数は、非常用交流高圧電源母線に対して電力供給することができる発電所外からの送電線の回線数と主発電機数（当該原子炉の主発電機を除く。）の合計数とし、各々の非常用交流高圧電源母線について求められる。以下、第59条及び第60条において同じ。</p>	項目	運転上の制限	外部電源 <sup>※1</sup>	2系列 <sup>※2</sup> が動作可能であること	<p>(外部電源その3)</p> <p>第58条の3 [7号炉]</p> <p>原子炉の状態が運転、起動、高温停止及び燃料交換において、外部電源<sup>※1</sup>は、表58の3-1で定める事項を運転上の制限とする。ただし、送電線事故等による瞬停時<sup>※2</sup>を除く。</p> <p>2. 外部電源が前項で定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。</p> <p>(1) 当直長は、原子炉の状態が運転、起動、高温停止、冷温停止、燃料交換において、1週間に1回、所要の非常用交流高圧電源母線に電力供給可能な外部電源3回線<sup>※3</sup>以上の電圧が確立していること及び1回線以上は他の回線に対して独立性を有していることを確認する。</p> <p>変圧器1次側において1相開放を検知した場合、故障箇所の隔離又は非常用交流高圧電源母線を健全な電源から受電できるよう切替えを実施する。</p> <p>3. 当直長は、外部電源が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表58の3-2の措置を講じる。</p> <table border="1" data-bbox="934 866 1113 1745"> <tr> <td>項目</td> <td>運転上の制限</td> </tr> <tr> <td>外部電源</td> <td>(1) 3回線<sup>※3</sup>が動作可能であること (2) (1)の外部電源のうち、1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること<sup>※4</sup></td> </tr> </table> <p>※1：外部電源とは、電力系統からの電力を第64条及び第65条で要求される非常用交流高圧電源母線に供給する設備をいう。</p> <p>※2：154kV送電線（荒浜線）については、回線に異常がないことを確認しすみやかに復旧できることをいう。</p> <p>※3：外部電源の回線数は、当該原子炉に対する個々の非常用交流高圧電源母線に対して電力供給することができる発電所外からの送電線の回線数とする。</p> <p>※4：独立性を有するとは、「送電線の上流において1つの変電所又は開閉所のみに係属しないこと」をいう。</p>	項目	運転上の制限	外部電源	(1) 3回線 <sup>※3</sup> が動作可能であること (2) (1)の外部電源のうち、1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること <sup>※4</sup>	<p>記載の考え方</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第58条と第59条の条文をひとつにし、全原子炉の状態の記載に見直し</li> <li>設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</li> <li>設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</li> <li>一相開放を検知した場合の対応を反映</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</li> <li>設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</li> </ul>
項目	運転上の制限									
外部電源 <sup>※1</sup>	2系列 <sup>※2</sup> が動作可能であること									
項目	運転上の制限									
外部電源	(1) 3回線 <sup>※3</sup> が動作可能であること (2) (1)の外部電源のうち、1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること <sup>※4</sup>									

1. 保安規定変更比較表 抜粋

(2/3)

変更前			変更後			記載の考え方
表58の3-2						
表58-2						
2. 6号炉及び7号炉						
条件	要求される措置	完了時間	条件	要求される措置	完了時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>第58条と第59条の条文をひとつにし、全原子炉の状態の記載の見直し</li> <li>設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</li> <li>設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</li> </ul>
A. 動作可能である外部電源が1系列のみの場合	A1. 外部電源を2系列動作可能な状態に復旧する。	10日間	A. すべての外部電源が他の回線に対し独立性を有していない場合	A1. 当直長は、動作可能な外部電源について、電圧 <sup>*5</sup> が確立していることを確認する。 及び A2. 当直長は、動作可能な外部電源の少なくとも1回線以上を他の回線に対して独立性を有している状態に復旧する。	速やかにその後、毎日1回 30日間	
B. 動作可能である外部電源が1系列のみの場合及び非常用ディーゼル発電機が1台動作不能の場合	B1. 外部電源を2系列動作可能な状態に復旧する。 又は B2. 当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。	12時間 12時間	B. 動作可能な外部電源が2回線である場合	B1. 当直長は、動作可能な外部電源について、電圧 <sup>*5</sup> が確立していることを確認する。 及び B2. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。	速やかにその後、毎日1回 30日間	
C. 動作可能である外部電源が1系列もない場合 又は 条件A又はBで要求される措置を完了時間内に達成できない場合	C1. 高温停止とする。 及び C2. 低温停止とする。	24時間 36時間	C. 動作可能な外部電源が2回線である場合 及び すべての外部電源が他の回線に対して独立性を有していない場合	C1. 当直長は、動作可能な外部電源について、電圧 <sup>*5</sup> が確立していることを確認する。 及び C2. 当直長は、動作可能な外部電源の少なくとも1回線以上を他の回線に対し独立性を有している状態に復旧する。	速やかにその後、毎日1回 20日間	
			D. 動作可能な外部電源が1回線である場合	D1. 当直長は、動作可能な外部電源について、電圧 <sup>*5</sup> が確立していることを確認する。 及び D2. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。	速やかにその後、毎日1回 10日間	

1. 保安規定変更比較表 抜粋

(3/3)

変更前		変更後		記載の考え方																							
<p>(外部電源その2)</p> <p>第59条 原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、外部電源は表59-1で定める事項を運転上の制限とする。ただし、送電線事故等による瞬停時を除く。</p> <p>2. 外部電源が前項に定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。</p> <p>(1) 当直長は、原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、外部電源の電圧が確立していることを1週間に1回確認する。</p> <p>3. 当直長は、外部電源が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表59-2の措置を講じる。</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> <th>要求される措置</th> <th>完了時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部電源</td> <td>1 系列が動作可能であること</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		項目	運転上の制限	要求される措置	完了時間	外部電源	1 系列が動作可能であること			<p>・第58条と第59条の条文をひとつにし、全原子炉の状態の記載の見直し</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</p>															
項目	運転上の制限	要求される措置	完了時間																								
外部電源	1 系列が動作可能であること																										
<p>表59-1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> <th>要求される措置</th> <th>完了時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部電源</td> <td>1 系列が動作可能であること</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		項目	運転上の制限	要求される措置	完了時間	外部電源	1 系列が動作可能であること			<table border="1"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>要求される措置</th> <th>完了時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E. 動作可能である外部電源が1回線のみの場合及び第59条及び第60条で要求される非常用ディーゼル発電機の台数を満足していない場合</td> <td>E1. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。 又は E2. 当直長は、当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。</td> <td>12時間</td> </tr> <tr> <td>F. すべての外部電源が動作不能である場合</td> <td>F1. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。</td> <td>24時間</td> </tr> <tr> <td>G. 原子炉の状態が運転、起動及び高温停止において、条件A, B, C, D, E又はFの措置を完了時間内に達成できない場合</td> <td>G1. 当直長は、高温停止とする。 及び G2. 当直長は、冷温停止とする。</td> <td>24時間 36時間</td> </tr> <tr> <td>H. 原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、条件A, B, C, D, E又はFの措置を完了時間内に達成できない場合</td> <td>H1. 当直長は、炉心変更を中止する。 及び H2. 当直長は、原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。 及び H3. 当直長は、有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉圧力バウンダリを構成する隔離弁の開操作を禁止する。</td> <td>速やかに 速やかに 速やかに</td> </tr> </tbody> </table>		条件	要求される措置	完了時間	E. 動作可能である外部電源が1回線のみの場合及び第59条及び第60条で要求される非常用ディーゼル発電機の台数を満足していない場合	E1. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。 又は E2. 当直長は、当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。	12時間	F. すべての外部電源が動作不能である場合	F1. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。	24時間	G. 原子炉の状態が運転、起動及び高温停止において、条件A, B, C, D, E又はFの措置を完了時間内に達成できない場合	G1. 当直長は、高温停止とする。 及び G2. 当直長は、冷温停止とする。	24時間 36時間	H. 原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、条件A, B, C, D, E又はFの措置を完了時間内に達成できない場合	H1. 当直長は、炉心変更を中止する。 及び H2. 当直長は、原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。 及び H3. 当直長は、有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉圧力バウンダリを構成する隔離弁の開操作を禁止する。	速やかに 速やかに 速やかに	
項目	運転上の制限	要求される措置	完了時間																								
外部電源	1 系列が動作可能であること																										
条件	要求される措置	完了時間																									
E. 動作可能である外部電源が1回線のみの場合及び第59条及び第60条で要求される非常用ディーゼル発電機の台数を満足していない場合	E1. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。 又は E2. 当直長は、当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。	12時間																									
F. すべての外部電源が動作不能である場合	F1. 当直長は、動作不能となっている外部電源の少なくとも1回線を動作可能な状態に復旧する。	24時間																									
G. 原子炉の状態が運転、起動及び高温停止において、条件A, B, C, D, E又はFの措置を完了時間内に達成できない場合	G1. 当直長は、高温停止とする。 及び G2. 当直長は、冷温停止とする。	24時間 36時間																									
H. 原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、条件A, B, C, D, E又はFの措置を完了時間内に達成できない場合	H1. 当直長は、炉心変更を中止する。 及び H2. 当直長は、原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。 及び H3. 当直長は、有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉圧力バウンダリを構成する隔離弁の開操作を禁止する。	速やかに 速やかに 速やかに																									
<p>※5: 154kV送電線(荒浜線)の予備変圧器の電圧については1次側及び2次側電圧値を確認する。(予備変圧器が通常負荷へ電源供給していない場合)</p>																											

## 2. 保安規定第58条の3（外部電源その3（7号炉））独立性に関する記載について

新規制基準適用のうち、保安規定第58条の3（外部電源その3）の外部電源（7号炉）に関する運転上の制限として「外部電源3回線のうち1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること※4」が新たな要求事項となった。

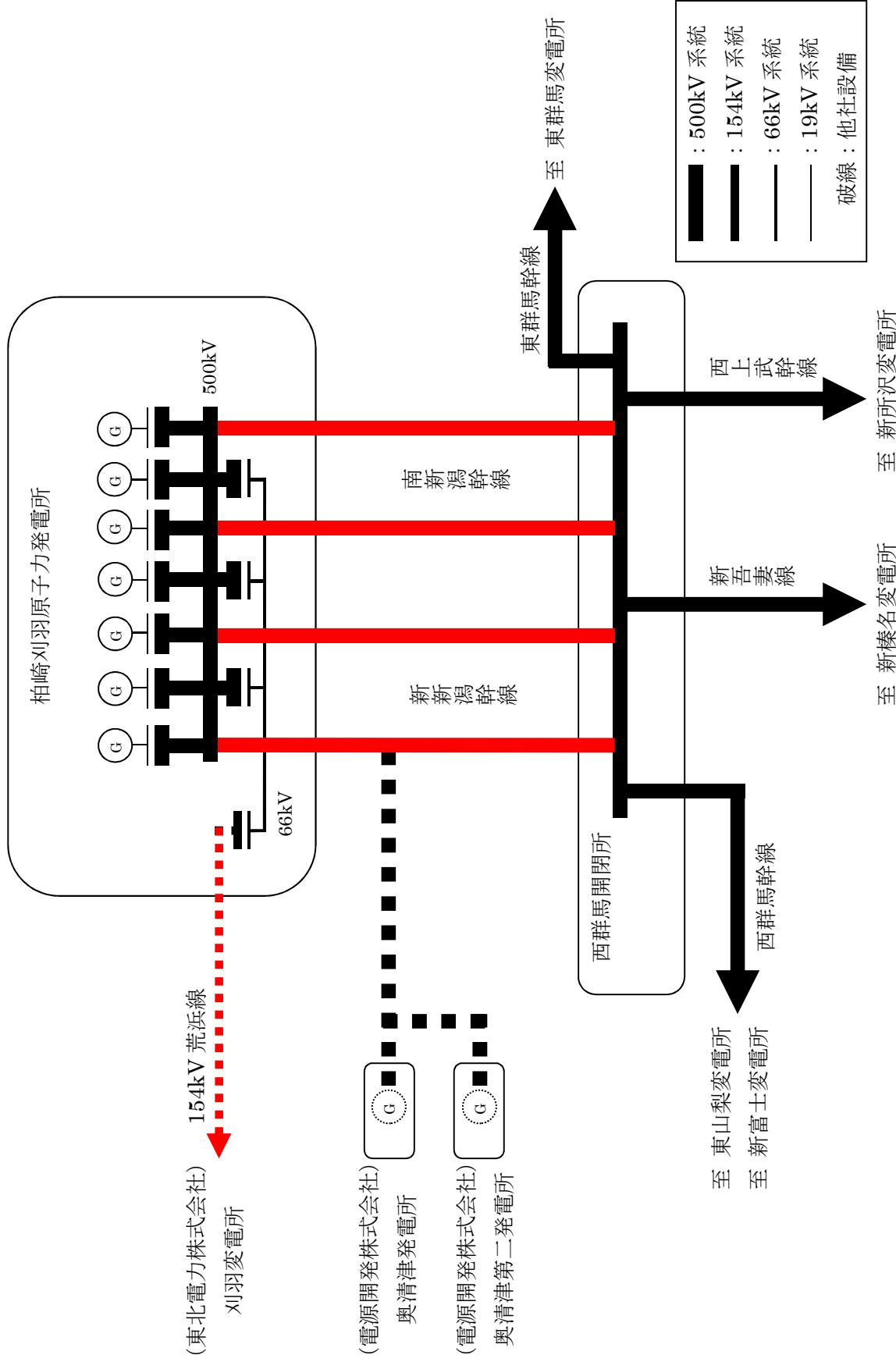
（保安規定条文案）

※4：独立性を有するとは、「送電線の上流において1つの変電所又は開閉所のみに関係しないこと」をいう。

柏崎刈羽原子力発電所では、新新潟幹線及び南新潟幹線とともに西群馬開閉所に接続するため、東北電力刈羽変電所に接続する154kV荒浜線により独立性を有する設計としている。

以 上

柏崎刈羽原子力発電所の送電系統 (特別高圧)



3. 工事計画認可申請書  
常用電源設備 基本設計方針

変更前	変更後
なし	<p>1.1.2 1 相の電路の開放に対する検知及び電力の安定性回復</p> <p>変圧器1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検知できるように、変圧器1次側の電路は、架線部を除き、電路を筐体に内包する変圧器やガス絶縁開閉装置等により構成し、3相のうち1相の電路の開放が生じた場合に保護継電器にて自動検知できる設計とする。架線部については、保護継電器にて自動検知するとともに、保安規定に定めている巡視点検により保護継電器による自動検知が期待できない場合の電路の開放や、その兆候を早期に検知できる運用とする。</p> <p>送電線において3相のうち1相の電路の開放が生じた場合、1回線での電路の開放時に、安全施設への電力の供給が不安定にならないよう、多重化した設計とする。また、保護継電器にて自動検知するとともに、保安規定に定めている巡視点検により保護継電器による自動検知が期待できない場合の電路の開放や、その兆候を早期に検知できる運用とする。</p> <p>1相の電路の開放を検知した場合は、自動又は手動で故障箇所との隔離又は非常用母線の受電切替ができる設計とし、電力の供給の安定性を回復できる設計とする。</p>



#### 4. 一相開放故障の検知に関する記載について

一相開放故障については、一部を除き、既設置の保護継電器等の検知デバイスにより検知可能と判断している。残りの一部については、人的な検知（巡視点検等）を加えることで、保護継電器等による検知が期待できない箇所の1相開放故障の発見や、その兆候を早期に発見できる可能性を高めることとしている。

そこで、人的な検知並びに対応には、バイロンの事象から得られた一相開放故障に関する知見が有用であることから、これらをマニュアル等に反映し、運転員の事象に対する認識を高めることとしている。

（別紙1 「設置(変更)許可33条 まとめ資料」抜粋 参照。）

一相開放故障事象に関する教育については、原子力発電所運転員に対する教育・訓練マニュアルにて定める。（別紙2 「訓練テキスト」 参照）

## 2.2.1.1.2.3 1相開放故障の検知性について

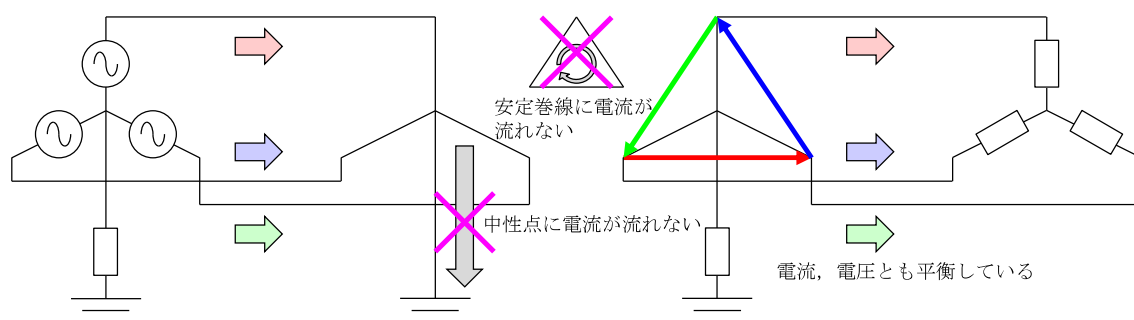
## (1) 変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合電圧が低下しない事象の概要

米国パイロン2号炉の事象のように変圧器1次側において1相開放故障が発生した場合に、所内電源系の3相の各相には、低電圧を検知する交流不足電圧継電器(27)が設置されていることから、交流不足電圧継電器(27)の検知電圧がある程度(約30%以上)低下すれば、当該の保護継電器が動作し警報が発報することにより1相開放故障を含めた電源系の異常を検知することが可能である。

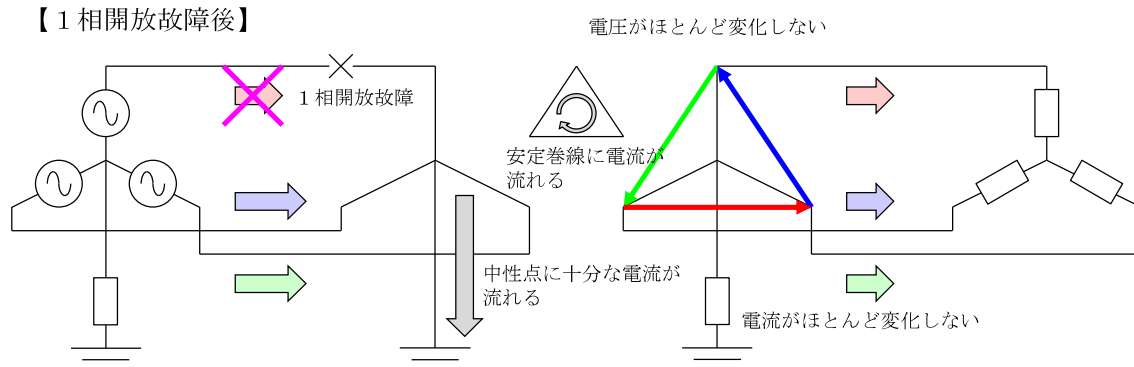
一方、変圧器負荷が非常に少ない場合や、変圧器に $\Delta$ 結線の安定巻線を含む場合等においては、所内電源系側の交流不足電圧継電器(27)の検知電圧が動作範囲まで低下せず、1相開放故障が検知できない可能性がある(3相交流では、変圧器1次側における1相のみが開放故障となっても変圧器鉄心に磁束の励磁が持続され、変圧器2次側(所内電源系側)において3相ともほぼ正常に電圧が維持されてしまう場合がある)。(第2.2.1-8図参照)

したがって、変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合の検知の可否については、交流不足電圧継電器(27)が動作することにより検知できる場合もあるものの、発生時の負荷の状態によっては検知できない可能性がある。

## 【1相開放故障前】



## 【1相開放故障後】



第2.2.1-8図 変圧器1次側における1相開放故障による電圧維持(イメージ)

## (2) 当社変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合の対応について

当社変圧器1次側の接続部位のうち、500kV送電線側については、送電線の引込部を除き、米国パイロン2号炉のように全面的に気中に露出した架線接続ではなく、接地された筐体内等に配線された構造である。

一方、154kV送電線側については、米国パイロン2号炉のような気中に露出した架線接続部と、接地された筐体内等に配線された構造箇所を有している。(第2.2.1-9図、第2.2.1-10図参照)

筐体内等の導体においては、断線による1相開放故障が発生したとしても、接地された筐体等を通じ完全地絡となることで、電流差動継電器(87)、地絡過電圧継電器(64)及び地絡方向継電器(67)による検知が可能である。

電流差動継電器(87)等が動作することにより、1相開放故障が発生した部位が自動で

隔離されるとともに、非常用ディーゼル発電機が自動起動し非常用高圧母線に電源供給される。したがって、変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への電源供給が維持されることはない。(別添 3)

気中に露出した架線接続部を有しているのは、500kV 送電線の引込部及び 154kV 送電線の引込部から 154kV 開閉所機器が該当する。(第 2.2.1-9 図, 第 2.2.1-10 図参照) 当該部位については、毎日実施する「巡視点検」にて電路の健全性を確認することにより、1 相開放故障を目視にて検知することが可能である。

目視にて検知したのちは、健全な変圧器側への受電切替えを実施すること、及び電源供給中の変圧器を手動にて切り離すことにより、非常用ディーゼル発電機が自動起動し非常用高圧母線に電源供給される。したがって、変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への電源供給が維持されることはない。

なお、柏崎刈羽原子力発電所では毎日実施する巡視点検時に確認すべき項目として、巡視点検要領にて第 2.2.1-1 表のとおり定めており、1 相開放故障の発見が可能である。

第 2.2.1-1 表 巡視確認項目

設備及び機器	巡視確認項目	点検頻度	備考
設備機器全般	1. 外観上から判断できる範囲での損傷、漏えい、異常な振動等、不具合の有無（電源施設については 1 相開放故障の観点から碍子及びブッシングの損傷、架線の断線等がないことを外観上から判断できる範囲で確認する） 2. 異音、異臭の有無 3. 作業の有無 4. 火災発生の有無	1 回/日	・表示灯, タンク類の LG, タンク類の底部等, 点検項目以外の確認を含む。

## 訓練テキスト

## 基礎理論

## 電気応用 B(送電線及び開閉所の保護)

KK-TX-THE(CS)-電気応用 B(送電線及び開閉所の保護) rev01

## 目次

はじめに	1
1. 保護継電器の基本	1
1.1 保護継電器の目的	1
1.2 保護継電器への要求事項	1
1.3 保護システムの構成	2
1.4 計器用変成器(PT、CT)	2
1.5 系統保護リレーの概要	4
2. 送電線保護	8
2.1 送電線保護方式の概要	8
2.2 主保護装置	9
2.3 電流差動方式の動作原理	9
2.4 差動リレーの特性	10
2.5 主保護装置の動作概要	11
2.6 後備保護	11
2.7 高速再閉路	17
3. 開閉所の母線保護	20
3.1 保護方式	20
3.2 母線保護装置の目的と保護	22
4. 外部電源1相開放(欠相)事象	30
4.1 1相開放事象の定義	30
4.2 1相開放事象の影響	30
4.3 1相開放事象時の対応	31
4.4 1相開放事象の事例	34