

第 33 条：保安電源設備

<目 次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合方針
 - 2.1 保安電源設備の概要
 - 2.1.1 常用所内電源設備の概要
 - 2.1.2 非常用所内電源設備の概要
 - 2.2 保安電源の信頼性
 - 2.2.1 発電所構内における電気系統の信頼性
 - 2.2.1.1 安全施設に対する電力系統の異常の検知とその拡大防止
 - 2.2.1.1.1 安全施設の保護装置について
 - 2.2.1.1.1.1 送電線保護装置
 - 2.2.1.1.1.2 500kV 母線保護装置
 - 2.2.1.1.1.3 66kV 母線保護装置
 - 2.2.1.1.1.4 起動変圧器保護装置
 - 2.2.1.1.1.5 その他設備に対する保護装置
 - 2.2.1.1.2 1相開放故障への対策について
 - 2.2.1.1.2.1 米国バイロン2号炉の事象の概要と問題点
 - 2.2.1.1.2.2 非常用高圧母線への電力供給について
 - 2.2.1.1.2.3 1相開放故障の検知性について
 - 2.2.1.1.3 電気設備の保護
 - 2.2.1.2 電気系統の信頼性
 - 2.2.1.2.1 系統分離を考慮した母線構成
 - 2.2.1.2.2 電気系統を構成する個々の機器の信頼性
 - 2.2.1.2.3 非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替え操作
 - 2.2.2 電線路の独立性
 - 2.2.2.1 外部電源受電回路について
 - 2.2.2.2 複数の変電所又は開閉所との接続
 - 2.2.2.2.1 変電所等と震源として考慮する活断層の位置
 - 2.2.2.2.2 変電所又は開閉所の停止想定
 - 2.2.2.2.2.1 西群馬開閉所全停時の供給系統
 - 2.2.2.2.2.2 刈羽変電所全停時の供給系統
 - 2.2.2.3 電線路の物理的分離
 - 2.2.2.3.1 送電鉄塔への架線方法について

- 2.2.3.2 送電線の信頼性向上対策
 - 2.2.3.2.1 鉄塔基礎の安定性
 - 2.2.3.2.2 近接箇所の共倒れリスク
 - 2.2.3.2.3 風雪対策について
- 2.2.4 複数号炉を設置する場合における電力供給確保
 - 2.2.4.1 電線路が2回線喪失した場合の電力の供給
 - 2.2.4.1.1 2回線喪失時の電力供給継続
 - 2.2.4.1.2 変圧器多重故障時の電力供給
 - 2.2.4.1.3 外部電源受電設備の設備容量について
 - 2.2.4.2 受送電設備の信頼性
 - 2.2.4.2.1 開閉所設備等の耐震性評価について
 - 2.2.4.2.2 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性
 - 2.2.4.2.3 開閉所基礎の設置地盤の支持性能について
 - 2.2.4.2.4 ケーブル洞道設置地盤の支持性能について
 - 2.2.4.2.5 基礎及びケーブル洞道の不等沈下による影響について
 - 2.2.4.2.6 設置地盤の液状化について
 - 2.2.4.2.7 ケーブル洞道設置地盤安定性に関する地すべり性断層の影響について
 - 2.2.4.2.8 津波の影響, 塩害対策
- 2.3 外部電源喪失時における発電所構内の電源の確保
 - 2.3.1 非常用所内電源設備及びその附属設備の信頼性
 - 2.3.1.1 多重性又は多様性及び独立性
 - 2.3.1.1.1 非常用所内電源設備の配置
 - 2.3.1.1.2 非常用所内電源設備の共通要因に対する頑健性
 - 2.3.1.2 容量について
 - 2.3.1.3 燃料貯蔵設備
 - 2.3.2 隣接する原子炉施設に属する非常用所内電源設備等への依存
- 3. 別添
 - 別添1 鉄塔基礎の安定性について
 - 別添2 吊り下げ設置型高圧遮断器について
 - 別添3 変圧器1次側の1相開放故障について
 - 別添4 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作について
 - 別添5 負荷状態に応じた保護継電器による検知方法
 - 別添6 開閉所設備等の基準地震動 S_s に対する耐震性評価結果について
 - 別添7 非常用所内電源設備の配置の基本方針
 - 別添8 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉
運用, 手順説明資料
保安電源設備

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

保安電源設備について、設置許可基準規則第 33 条及び技術基準規則第 45 条において、追加要求事項を明確化する（第 1.1-1 表）。

第 1.1-1 表 設置許可基準規則第 33 条及び技術基準規則第 45 条要求事項

設置許可基準規則 第 33 条（保安電源設備）	技術基準規則 第 45 条（保安電源設備）	備 考
発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。	—	変更なし
2 発電用原子炉施設には、非常用電源設備（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。	<p>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>変更なし</p> <p>変更なし</p>
3 <u>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。</u>	3 <u>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ために必要な措置を講じなければならない。</u>	追加要求事項

設置許可基準規則 第 33 条 (保安電源設備)	技術基準規則 第 45 条 (保安電源設備)	備 考
4 <u>設計基準対象施設に接続する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ものでなければならない。</u>	4 <u>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。</u>	追加要求事項
5 <u>前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならない。</u>	5 <u>前項の電線路のうち少なくとも一回線は、当該設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるように施設しなければならない。</u>	追加要求事項
6 <u>設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。</u>	6 <u>設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の敷地内の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からそれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないように施設しなければならない。</u>	追加要求事項
7 <u>非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。</u>	7 <u>非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならない。</u>	追加要求事項

<p style="text-align: center;">設置許可基準規則 第 33 条（保安電源設備）</p>	<p style="text-align: center;">技術基準規則 第 45 条（保安電源設備）</p>	<p style="text-align: center;">備 考</p>
<p>8 <u>設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならない。</u></p>	<p>8 <u>設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないように施設しなければならない。</u></p>	<p>追加要求事項</p>

2. 追加要求事項に対する適合方針

2.1 保安電源設備の概要

2.1.1 常用所内電源設備の概要

500kV 送電線は、約 100km 離れた東京電力パワーグリッド株式会社 西群馬開閉所(以下「西群馬開閉所」という。)に連系する。また、154kV 送電線は、約 4km 離れた東北電力株式会社刈羽変電所(以下「刈羽変電所」という。)に連系する。送電系統図を第 2.1.1-1 図に示し、開閉所単線結線図を第 2.1.1-2 図に示す。

上記 3 ルート 5 回線の送電線の独立性を確保するため、万一、西群馬開閉所が停止した場合でも、外部電源系からの電力供給が可能となるよう、東北電力株式会社 154kV 荒浜線(以下「154kV 荒浜線」という。)を経由するルートで本発電所に東北電力株式会社の電力を供給することが可能な設計とする。また、刈羽変電所が停止した場合には、西群馬開閉所を経由するルートで、本発電所に東京電力パワーグリッド株式会社の電力を供給することが可能な設計とする。

これら送電線は、発電所を安全に停止するために必要な電力を供給可能な設計とする。500kV 送電線 4 回線は、1 回線停止時でも本発電所の全発生電力を送電し得る設計とする。

通常運転時には、所内電力は、主として発電機から所内変圧器を通して受電するが、500kV 送電線より 500kV 母線及び起動用開閉所変圧器を介して受電する起動用開閉所から起動変圧器を通して受電することができる。また、154kV 送電線より予備電源変圧器を介して受電する起動用開閉所から起動変圧器を通して予備電源として受電することができる。

常用高圧母線は 4 母線で構成し、所内変圧器又は共通用高圧母線から受電する。

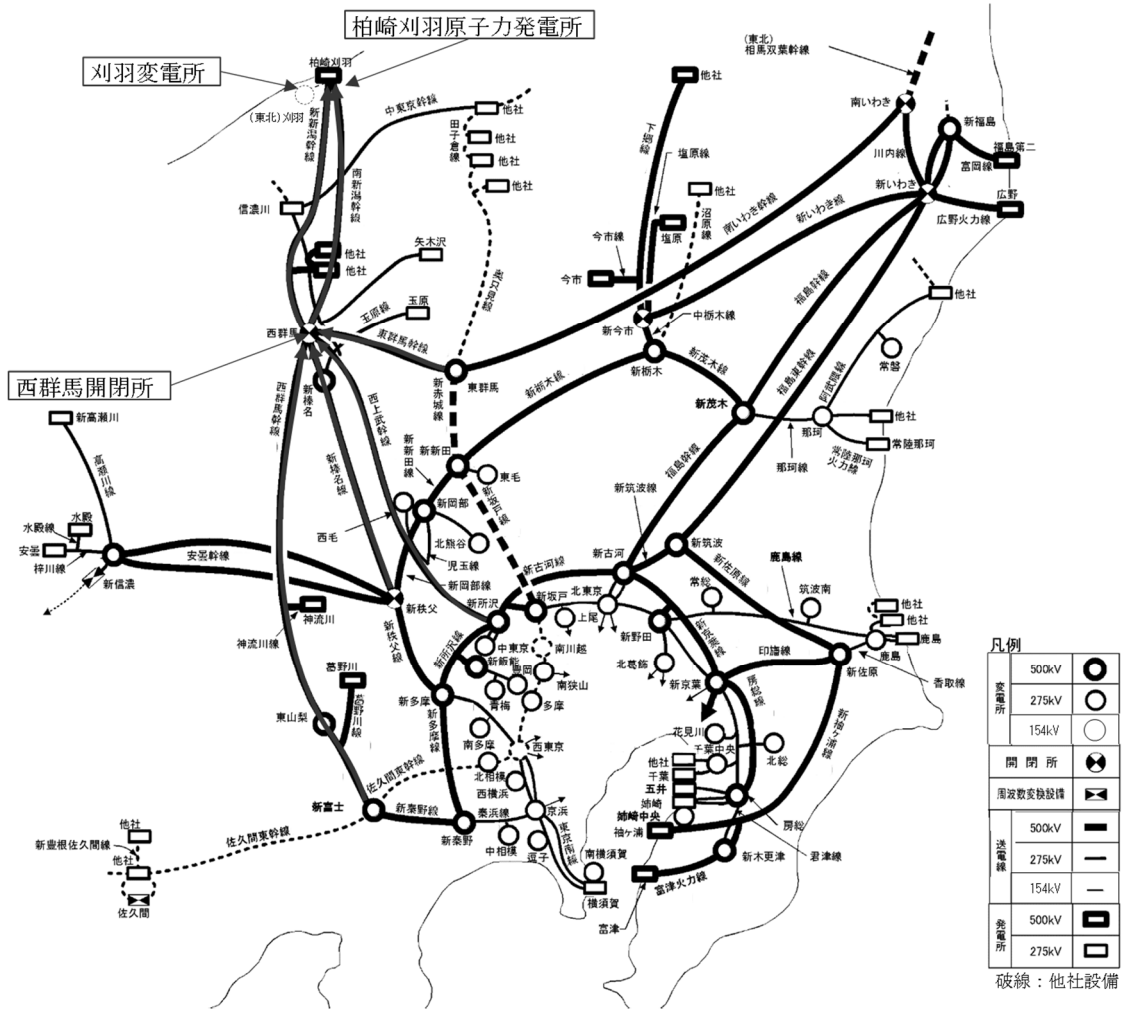
共通用高圧母線は 4 母線で構成し、起動変圧器から受電する。

常用低圧母線は 4 母線で構成し、常用高圧母線から動力用変圧器を通して受電する。

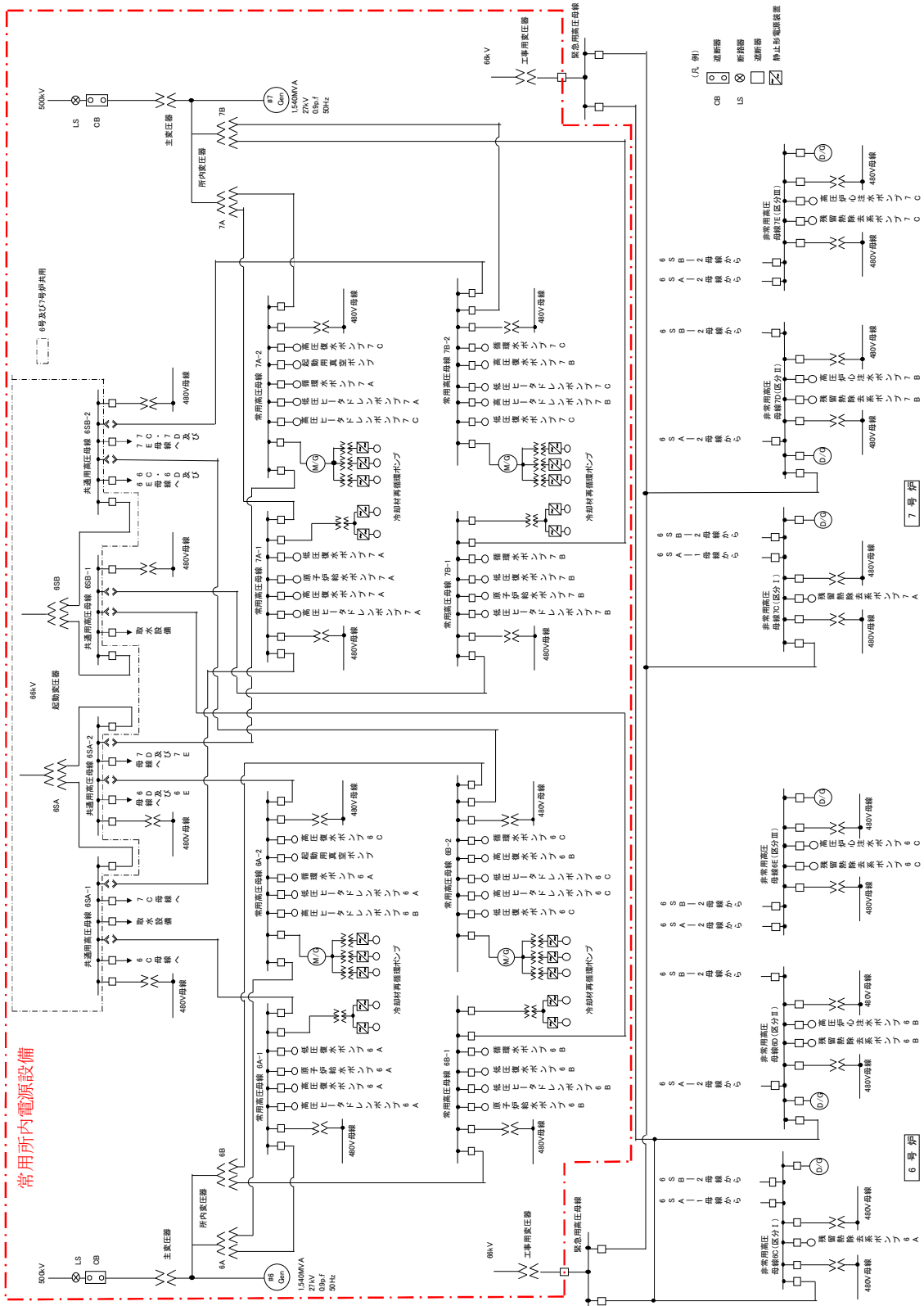
共通用低圧母線は 2 母線で構成し、共通用高圧母線から動力用変圧器を通して受電する。

所内機器で 2 台以上設置するものは、単一の所内母線の故障があっても、全部の機器電源が喪失しないよう 2 母線以上に分割接続し、所内電力供給の安定を図る。所内単線結線図を第 2.1.1-3 図に示す。

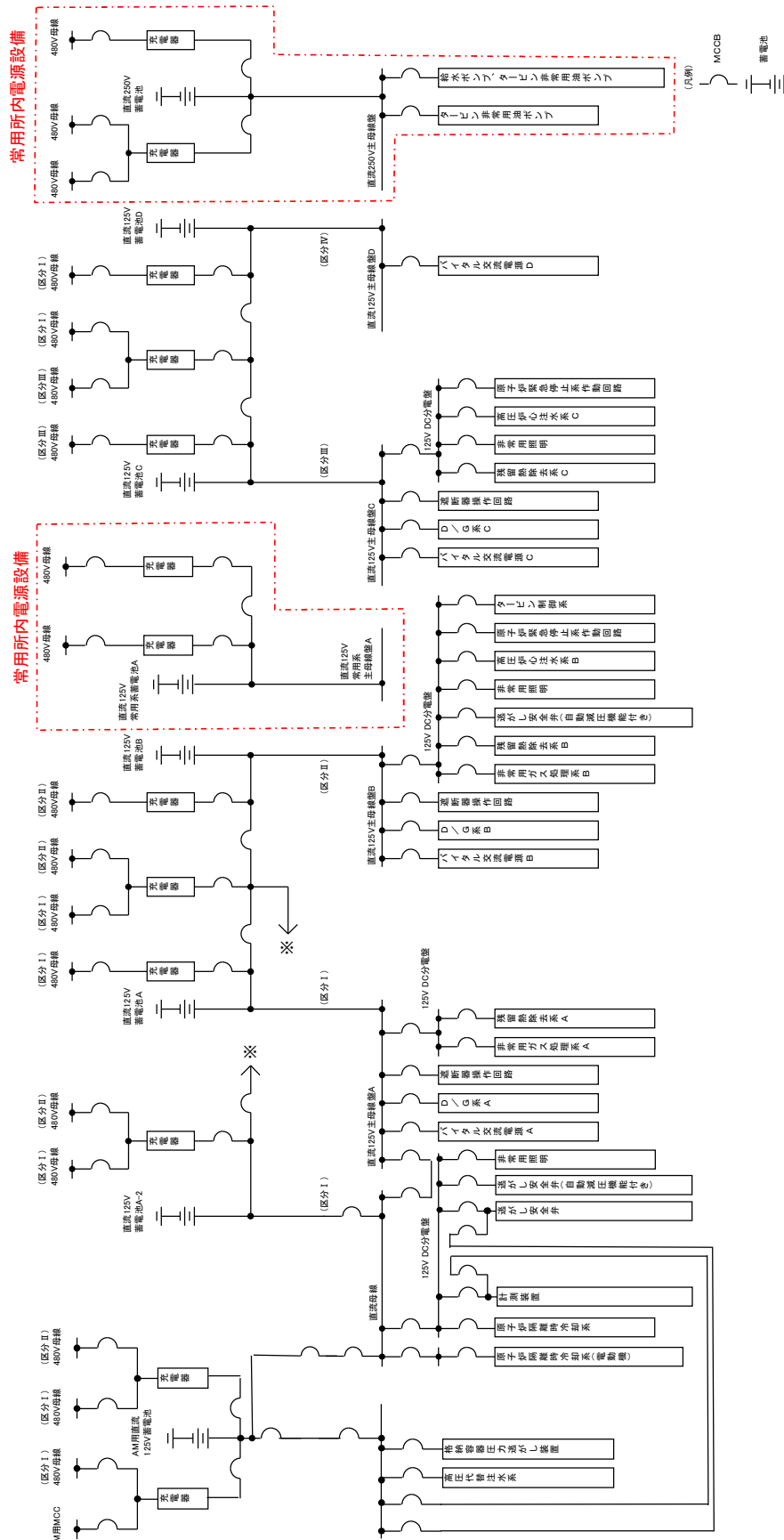
また、直流電源設備は、常用所内電源として直流 250V 1 系統及び直流 125V 常用系 1 系統の 2 系統から構成する。直流電源単線結線図を第 2.1.1-4 図に示す。



第 2.1.1-1図 送電系統図



第 2.1.1-3 図 所内単線結線図 (常用所内電源設備)



(7号炉)

第 2. 1. 1-4 図 直流電源単線結線図 (常用所内電源設備) (2/2)

2.1.2 非常用所内電源設備の概要

発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系する設計とする。

非常用の所内高圧母線は 3 母線で構成し、共通用高圧母線又は非常用ディーゼル発電機のいずれからも受電できる設計とする。

非常用の所内低圧母線は 6 母線で構成し、非常用高圧母線から動力用変圧器を通して受電する。所内単線結線図を第 2.1.2-1 図に示す。

所内機器は、工学的安全施設に関する機器とその他の一般機器に分類する。

工学的安全施設に関する機器は非常用母線に、その他の一般機器は原則として常用あるいは共通用母線に接続する設計とする。

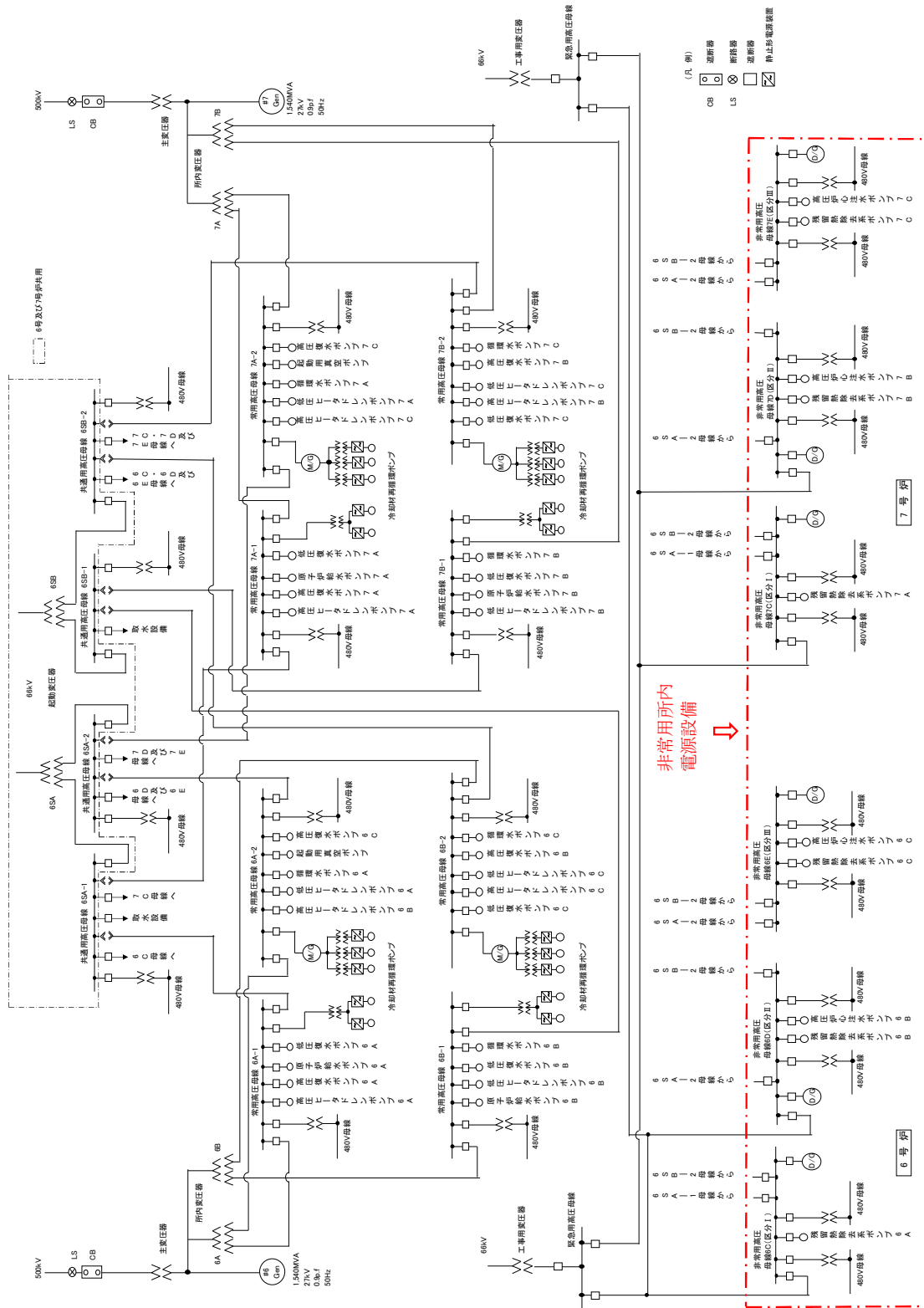
安全保護系及び工学的安全施設に関する機器は、単一の非常用母線の故障があっても、他の系統に波及して多重性を損なうことがないように系統ごとに分離して非常用母線に接続する設計とする。

3 台の非常用ディーゼル発電機は、500kV 送電線が停電した場合にそれぞれの非常用母線に電力を供給し、1 台の非常用ディーゼル発電機が作動しないと仮定した場合でも原子炉内の燃料及び原子炉冷却材圧力バウンダリの設計条件を超えることなく炉心を冷却でき、あるいは、冷却材喪失事故時にも炉心の冷却とともに、原子炉格納容器等安全上重要な系統機器の機能を確保できる容量と機能を有する設計とする。

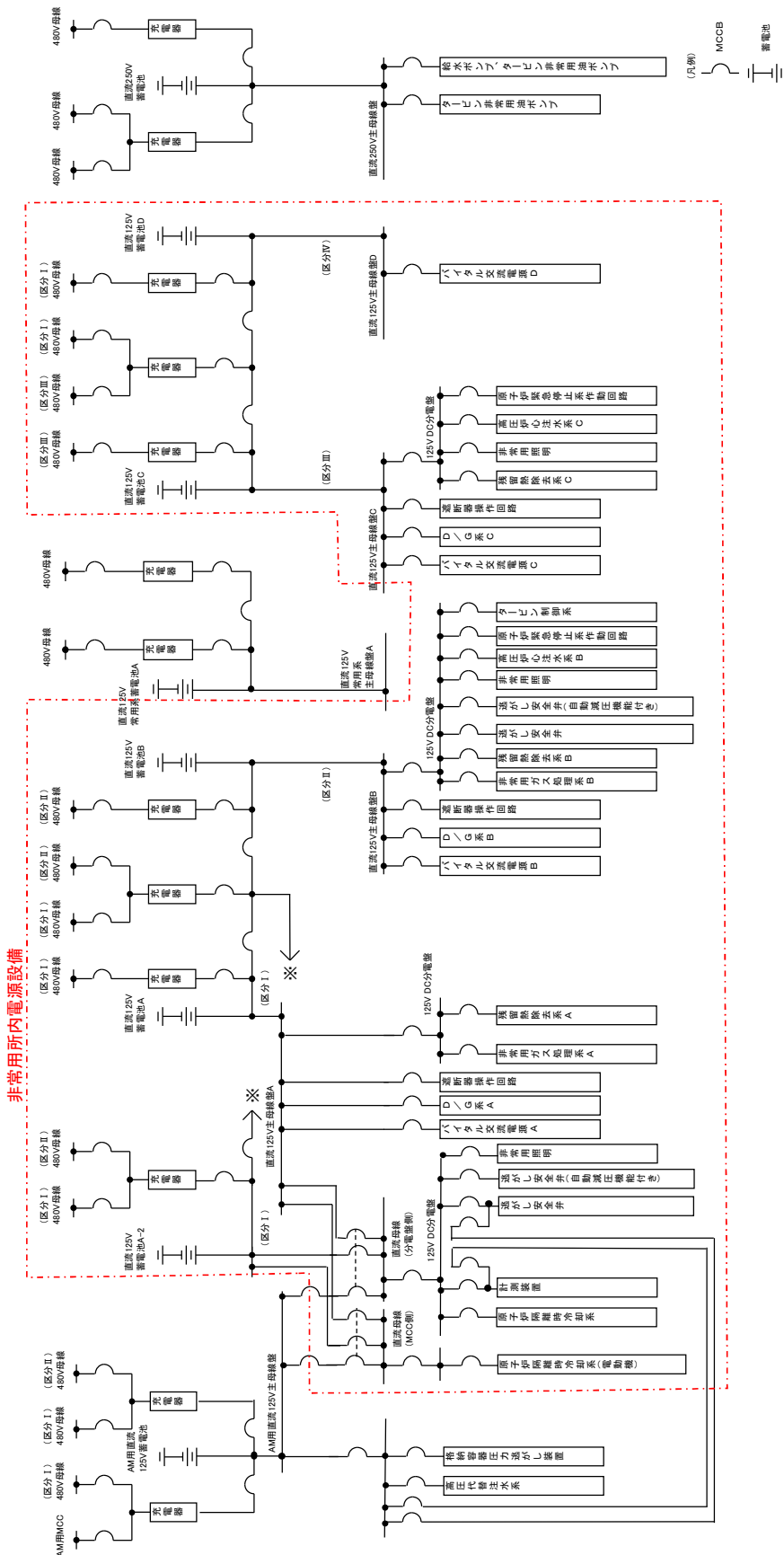
また、発電用原子炉施設の安全施設がその機能を維持するために必要な直流電源を確保するため蓄電池（非常用）を設置し、安定した交流電源を必要とするものに対しては、静止型無停電電源装置を設置する設計とする。直流電源設備は、非常用所内電源設備として 4 系統から構成する。直流電源単線結線図を第 2.1.2-2 図に、計測制御用電源単線結線図を第 2.1.2-3 図に示す。

外部電源、非常用所内電源設備、その他の関連する電気系統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できる設計とし、検知した場合には、遮断器により故障箇所を隔離し、他の安全機能への影響を限定できる設計とする。

また、非常用所内電源系からの受電時に、容易に母線切替え操作が可能な設計とする。

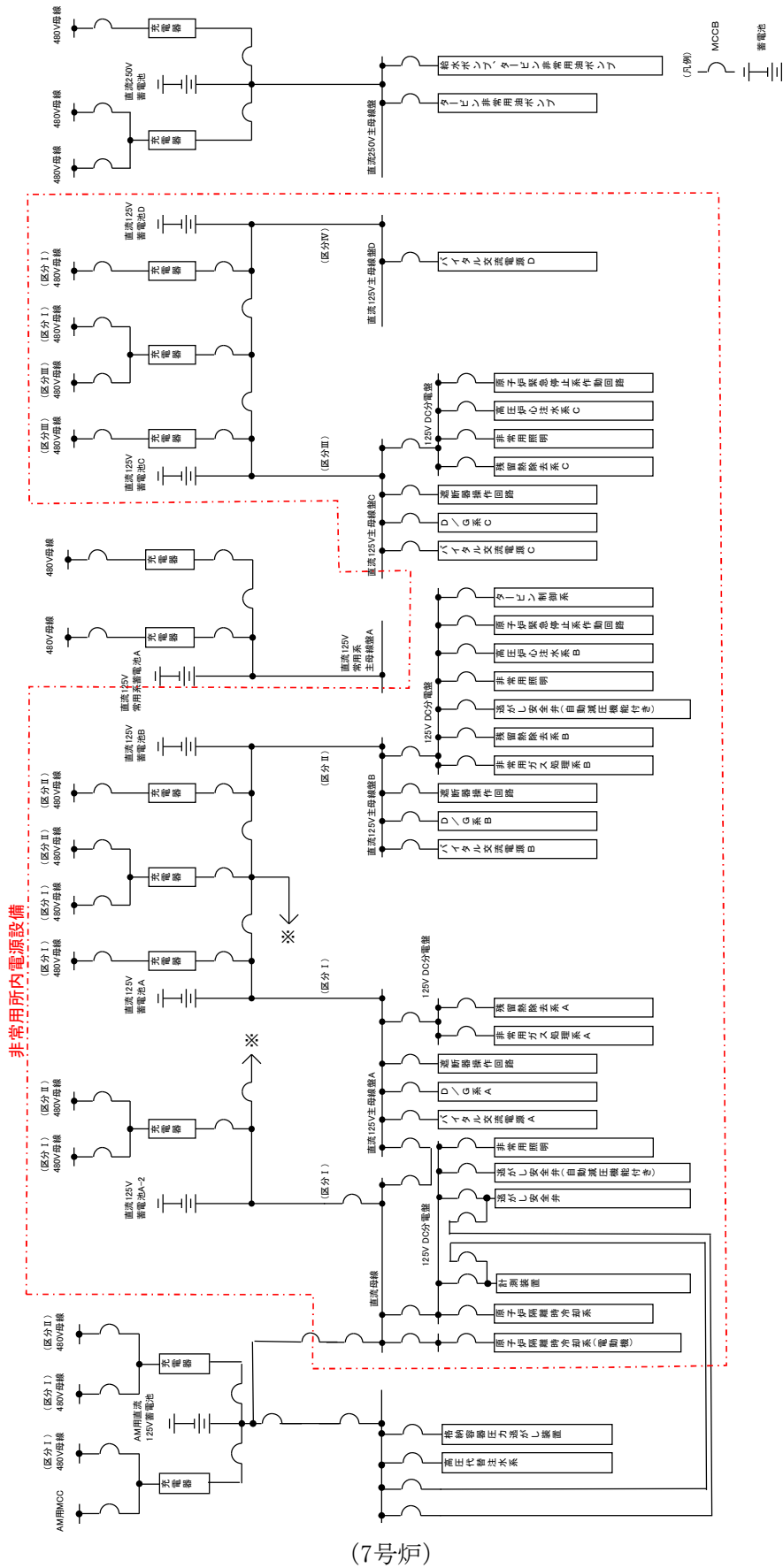


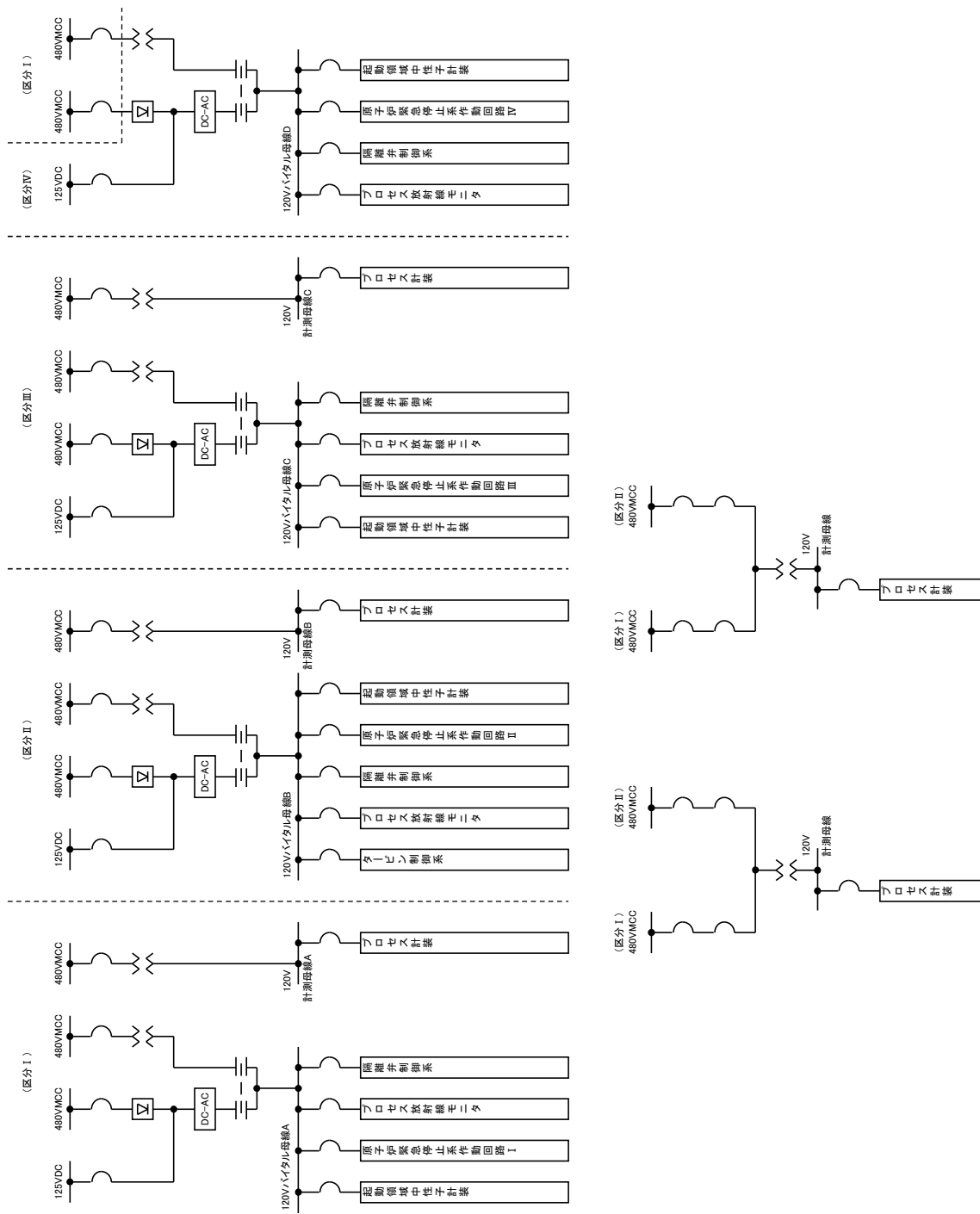
第 2.1.2-1 図 所内単線結線図 (非常用所内電源設備)



(6号炉)

第2.1.2-2図 直流電源単線結線図 (非常用所内電源設備) (1/2)





第 2.1.2-3 図 計測制御用電源単線結線図

2.2 保安電源の信頼性

2.2.1 発電所構内における電気系統の信頼性

2.2.1.1 安全施設に対する電力系統の異常の検知とその拡大防止

2.2.1.1.1 安全施設の保護装置について

開閉所（母線等）、変圧器、その他の関連する電気系統の機器の故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等に対し、安全施設への電力の供給が停止することのないように、保護継電装置により検知できる設計としており、検知した場合には、異常の拡大防止のため、保護継電装置からの信号により、遮断器等により故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項】

なお、吊り下げ設置型高圧遮断器については、使用していない。（別添2）

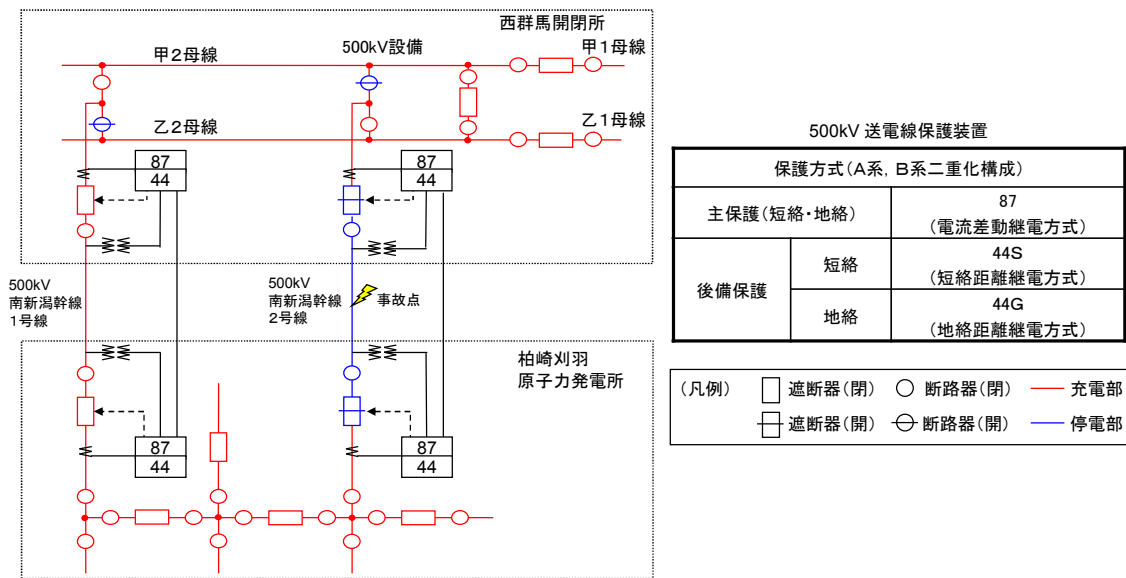
2.2.1.1.1.1 送電線保護装置

柏崎刈羽原子力発電所と西群馬開閉所を連系する東京電力パワーグリッド株式会社500kV南新潟幹線及び500kV新新潟幹線（以下「500kV南新潟幹線及び500kV新新潟幹線」という。）には、第2.2.1-1図の表に示す保護装置を設置している。

送電線の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該送電線が連系される遮断器を開放し、故障区間を速やかに分離し、残りの健全回線の電力供給を維持することが可能な設計とする。

【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

第2.2.1-1図に500kV南新潟幹線2号線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



第2.2.1-1図 送電線保護装置（500kV南新潟幹線2号線故障時）

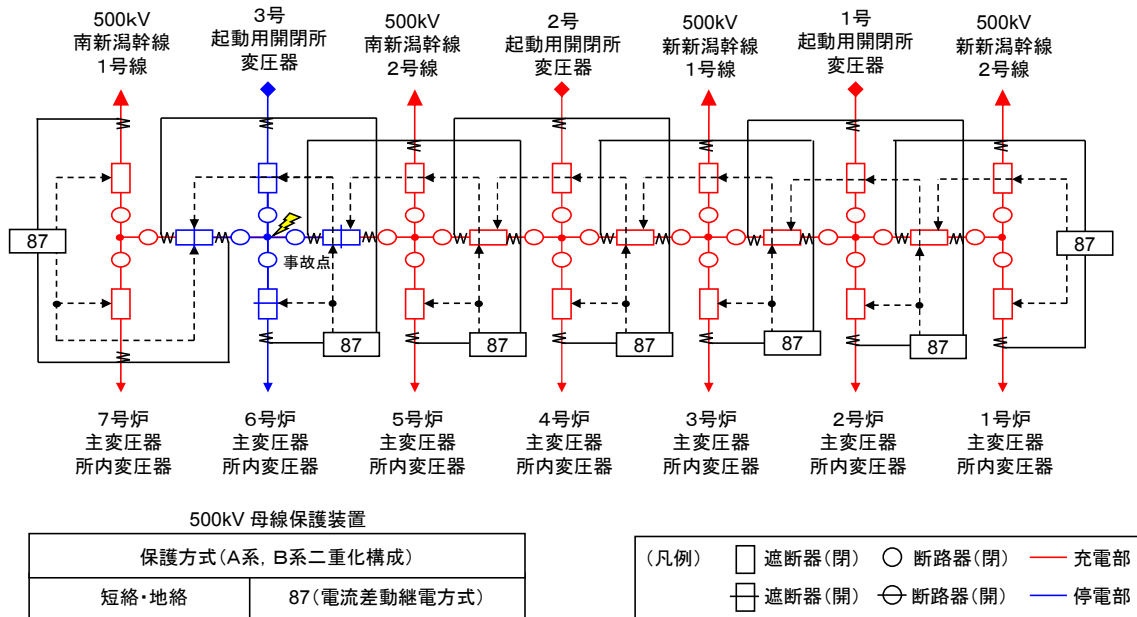
2.2.1.1.1.2 500kV 母線保護装置

柏崎刈羽原子力発電所 500kV 超高圧開閉所は、7 母線で構成されており、第 2.2.1-2 図の表に示す保護装置を設置している。

母線の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該母線が連系される遮断器を開放し、故障区間を速やかに分離し、残りの健全側母線の電力供給を維持することが可能な設計とする。

【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

第 2.2.1-2 図に 6 号炉が接続する母線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



第 2.2.1-2 図 母線保護装置 (500kV 超高圧開閉所 6 号炉が接続する母線故障時)

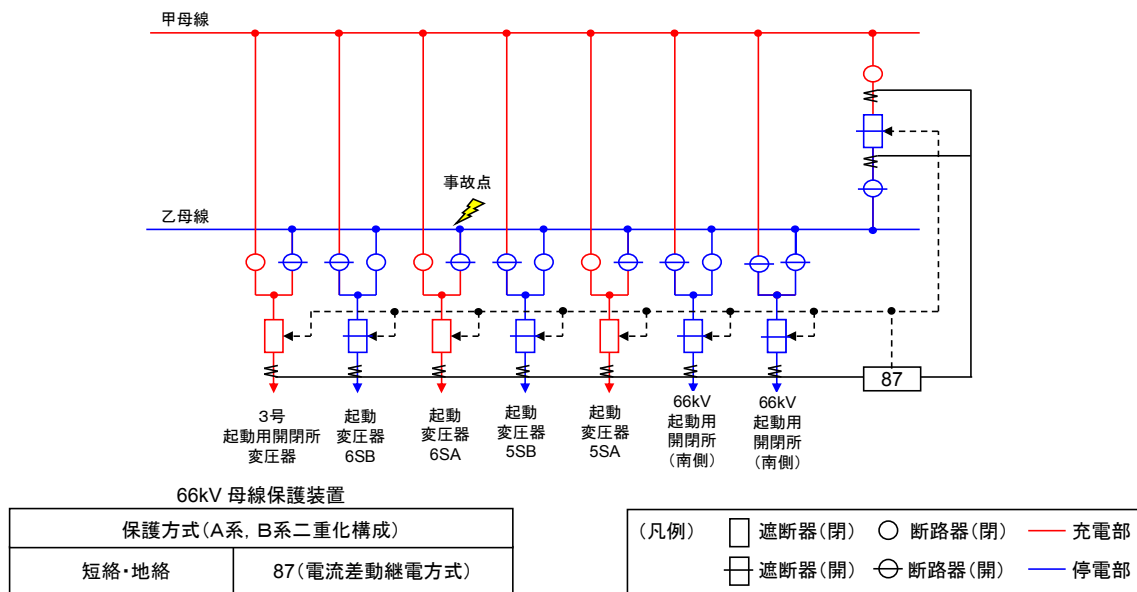
2.2.1.1.1.3 66kV 母線保護装置

柏崎刈羽原子力発電所 66kV 起動用開閉所は、500kV 超高压開閉所の北側と南側に位置している。北側、南側共に甲乙母線の二重母線で構成されており、第 2.2.1-3 図の表に示す保護装置を設置している。

母線の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該母線が連系される遮断器を開放し、故障区間を速やかに分離し、残りの健全側母線の電力供給を維持することが可能な設計とする。

【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

第 2.2.1-3 図に 66kV 起動用開閉所（北側）乙母線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



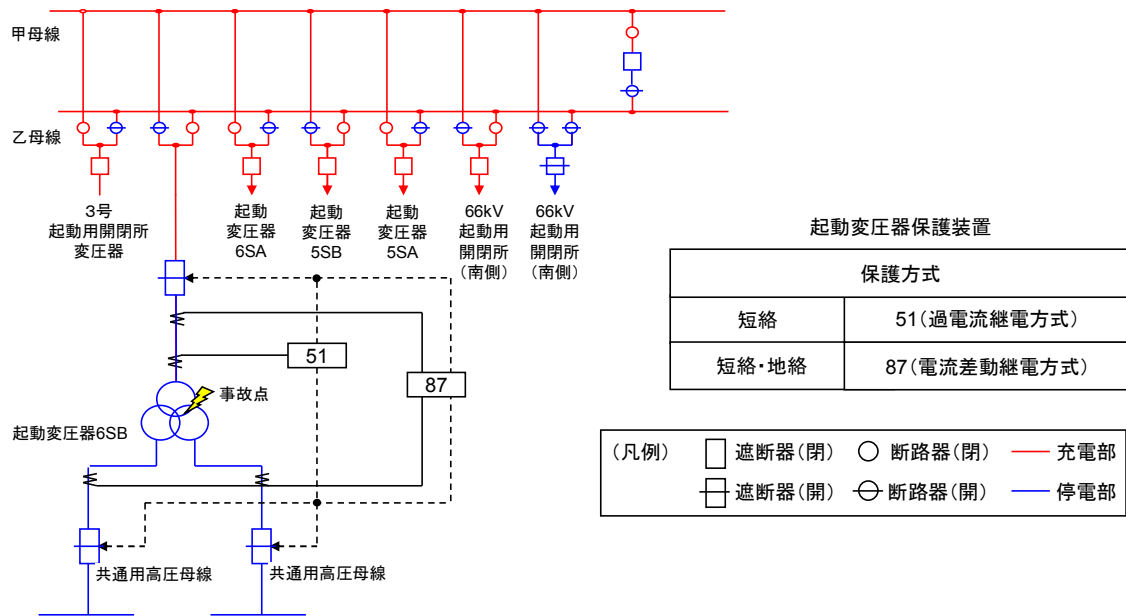
第 2.2.1-3 図 母線保護装置 (66kV 起動用開閉所 (北側) 乙母線故障時)

2.2.1.1.1.4 起動変圧器保護装置

変圧器には、第 2.2.1-4 図の表に示す保護装置を設置している。

変圧器の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該変圧器が連系される遮断器を開放し、故障変圧器を速やかに分離するとともに、他の安全施設への影響を限定できる設計としている。【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

第 2.2.1-4 図に起動変圧器 6SB で故障が発生した際に、動作する遮断器及び停電範囲を示す。



第 2.2.1-4 図 変圧器保護装置 (起動変圧器 6SB 故障時)

2.2.1.1.1.5 その他設備に対する保護装置

ファンやポンプ等の補機については過負荷保護継電器及び過電流保護継電器を設置している。

過負荷保護継電器（49）及び過電流保護継電器（51）にて過電流を検知した場合，警報を発生させることや補機を停止させることにより，他の安全機能への影響を限定できる設計としている。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

2.2.1.1.2 1相開放故障への対策について

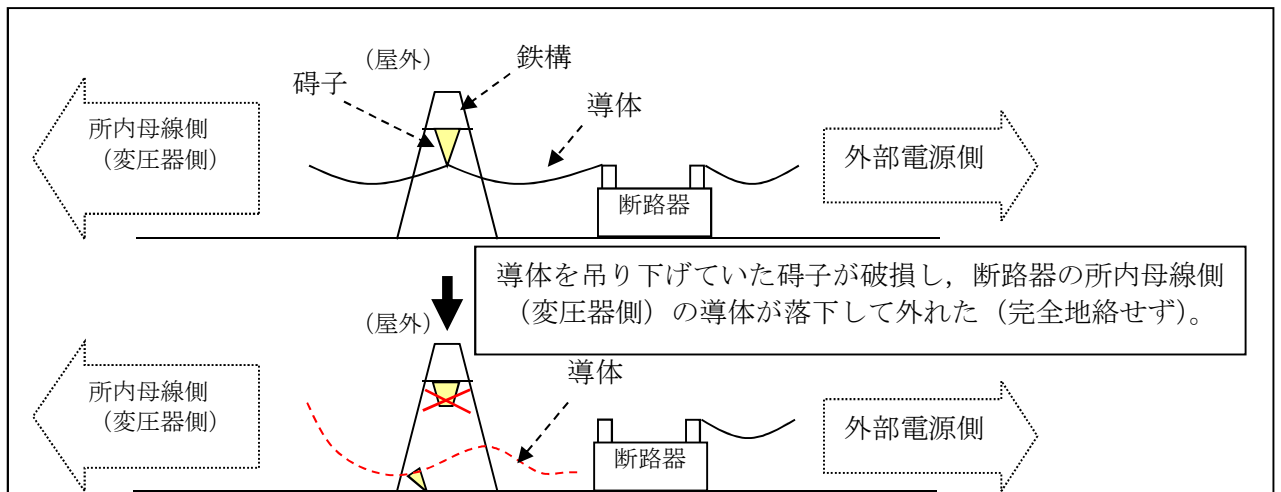
外部電源に直接接続している変圧器の1次側において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、保護継電器が動作することによる故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できる設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

2.2.1.1.2.1 米国バイロン2号炉の事象の概要と問題点

(1) 事象の概要

2012年1月30日、米国バイロン2号炉において定格出力運転中、以下の事象が発生した。

- ① 起動用変圧器の故障（架線の碍子の破損）により、3相交流電源の1相が開放故障した状態が発生した。（第2.2.1-5図参照）
- ② このため、起動用変圧器から受電していた常用母線の電圧の低下により、一次冷却材ポンプがトリップし、原子炉がトリップした。
- ③ トリップ後の所内切替えにより、常用母線の接続が起動用変圧器側に切り替わった。
- ④ 非常用母線の電圧を監視している保護継電器のうち、1相分の保護継電器しか動作しなかったため、非常用母線の外部電源への接続が維持され、非常用母線各相の電圧が不平衡となった。
- ⑤ 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のために過電流によりトリップした。
- ⑥ 運転員が1相開放故障状態に気づき、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。



第2.2.1-5図 米国バイロン2号炉の1相開放故障の概要

(2) 問題点

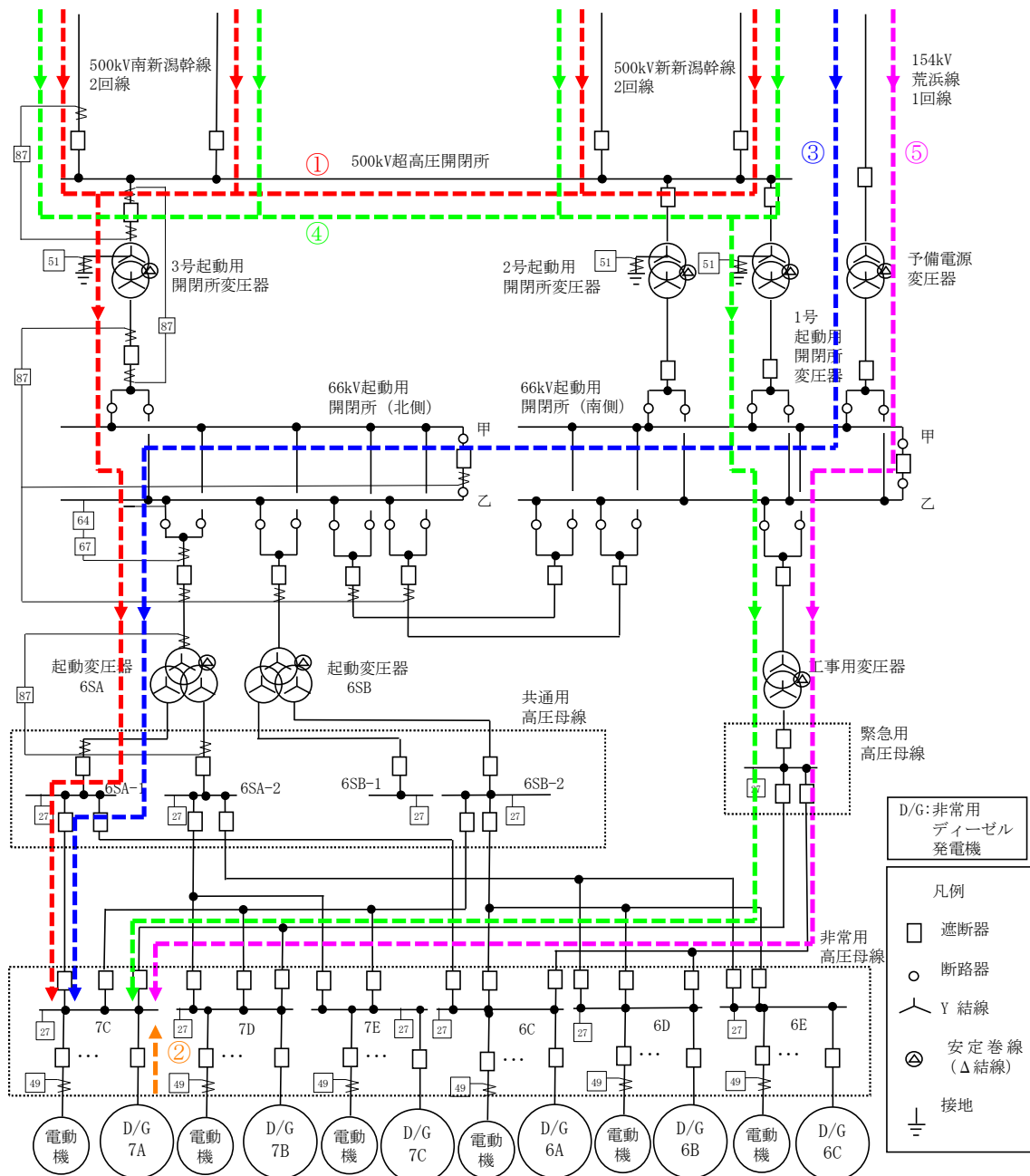
当該事象に対し、「変圧器1次側の3相のうち1相開放故障が発生した状態が検知されることがなく、非常用母線への電源供給が維持された。」ことが問題点である。

2.2.1.1.2.2 非常用高圧母線への電力供給について

柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線（500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線）2 ルート 4 回線及び 154kV 送電線（154kV 荒浜線）1 ルート 1 回線で電力系統に連系している。非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。

- ① 通常時、500kV 超高压開閉所内にある 500kV ガス絶縁開閉装置（以下「GIS」という。）を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器から受電する。
- ② 非常用ディーゼル発電機から受電する。
- ③ 500kV 送電線、500kV GIS 若しくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器（以下「GCB」という。）を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器から受電する。
- ④ 起動変圧器が使用できない場合、500kV 超高压開閉所内にある 500kV GIS を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。
- ⑤ 500kV 送電線、500kV GIS 若しくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合及び起動変圧器が使用できない場合、154kV GCB を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。

非常用高圧母線への電力供給を第 2.2.1-6 図に示す。



※例として非常用高压母線 7C への電源供給ルートを図示

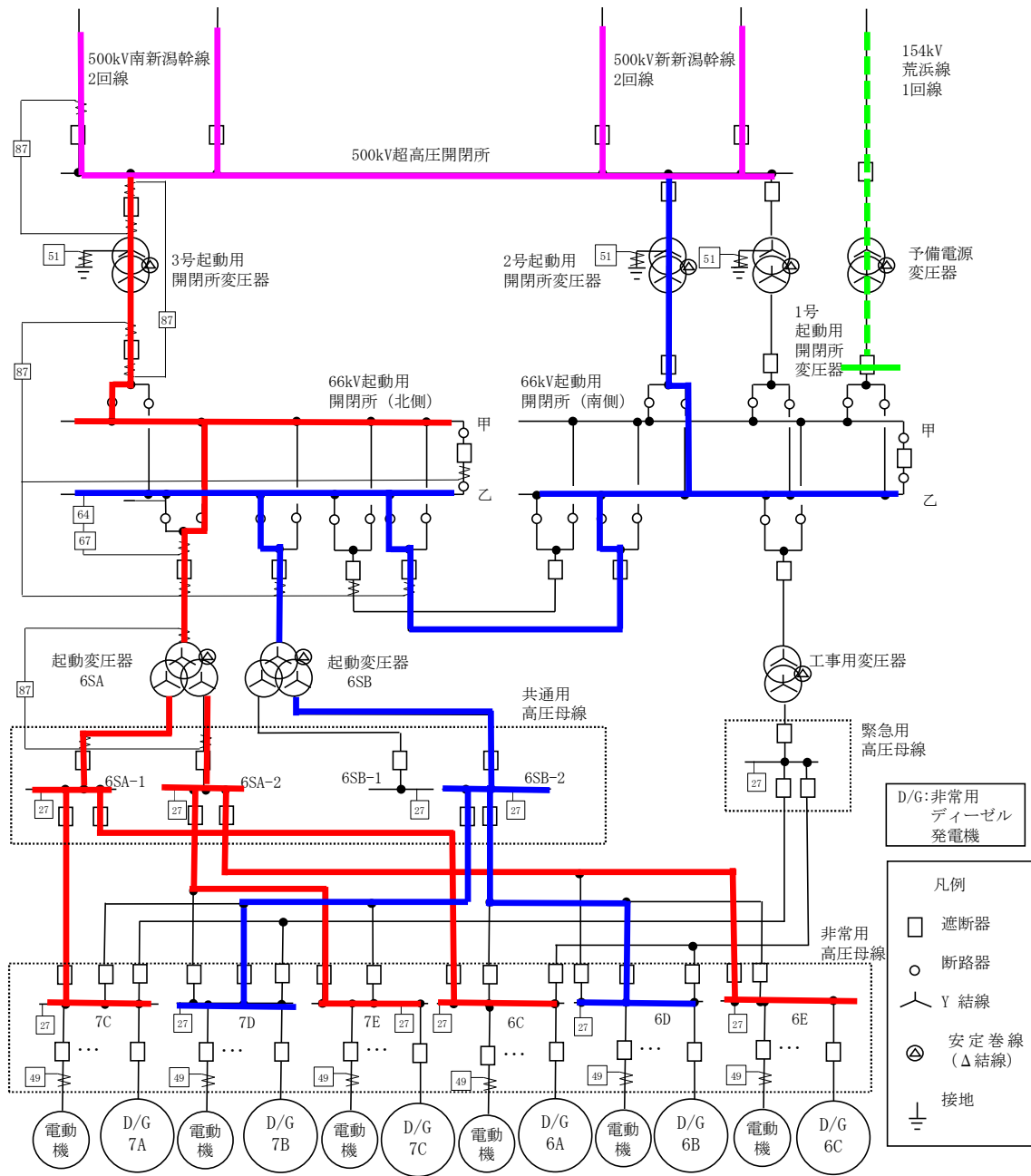
第 2. 2. 1-6 図 非常用高压母線への電力供給

また①の経路で受電する場合、通常は 500kV 送電線から 6 号及び 7 号炉の非常用高压母線まで第 2.2.1-7 図の経路で電源供給を行っているため、以下のとおり、変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生しても非常用高压母線への電源供給は 1 回線以上確保可能な構成としている。

- a. 500kV 送電線 4 回線は 500kV 超高压開閉所にて連系しているため、500kV 送電線 1 回線にて 1 相開放故障が発生しても非常用高压母線の電圧に変化が生じない。
- b. 非常用高压母線 C 系及び D 系は多重化された異なる起動用開閉所変圧器及び起動変圧器から受電しているため、起動用開閉所変圧器又は起動変圧器の 1 次側において 1 相開放故障が発生しても、1 回線以上の非常用高压母線は健全な電源から受電可能である。

したがって、変圧器 1 次側において 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たとしても、非常用高压母線への電源供給は 1 回線以上確保可能であることから、直ちに原子炉安全を脅かすものではないが、別の変圧器 1 次側で 1 相開放故障が発生する前に速やかに検知し、故障箇所を隔離することが重要となる。

なお、154kV 送電線から予備電源変圧器までは、通常負荷へ電源供給していないこと、及び変圧器の 1 次側が非接地であることから、予備電源変圧器の 1 次側に 1 相開放故障が発生した場合、予備電源変圧器の 2 次側で電圧が低下するため、電圧計を新規に設置し、検知性を向上させている。



第 2.2.1-7 図 通常時の非常用高压母線への受電経路

2.2.1.1.2.3 1相開放故障の検知性について

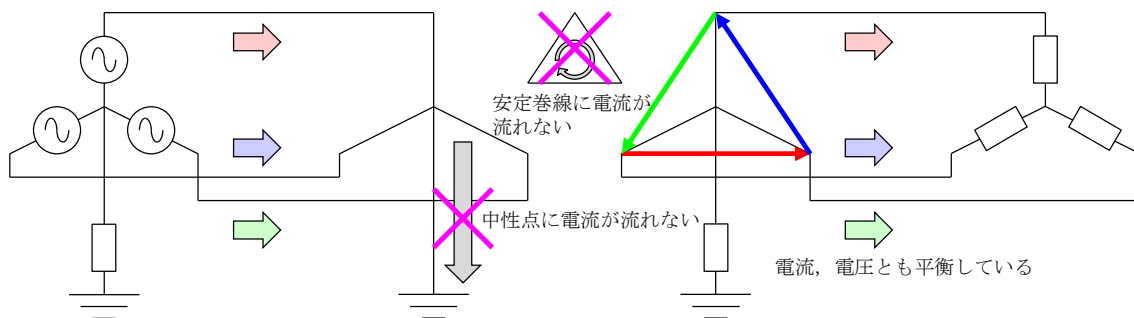
(1) 変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合電圧が低下しない事象の概要

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。

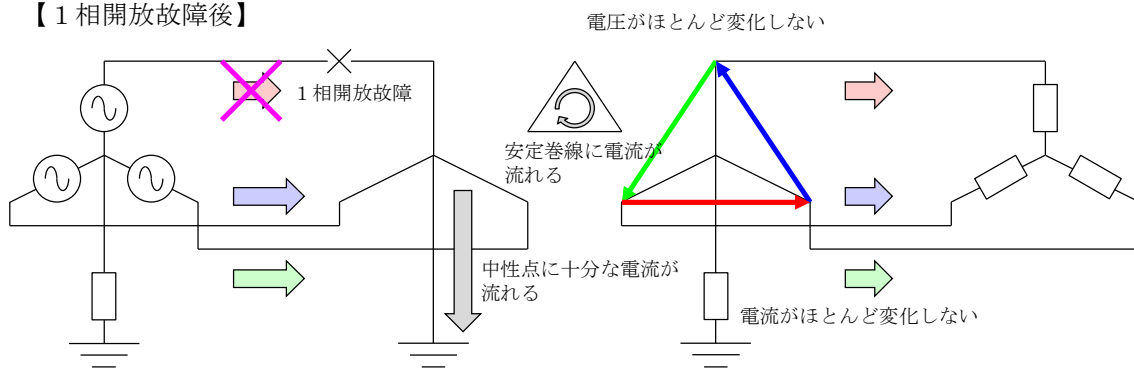
一方、変圧器負荷が非常に少ない場合や、変圧器にΔ結線の安定巻線を含む場合等においては、所内電源系側の交流不足電圧継電器(27)の検知電圧が動作範囲まで低下せず、1相開放故障が検知できない可能性がある(3相交流では、変圧器1次側における1相のみが開放故障となっても変圧器鉄心に磁束の励磁が持続され、変圧器2次側(所内電源系側)において3相ともほぼ正常に電圧が維持されてしまう場合がある)。(第2.2.1-8図参照)

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)

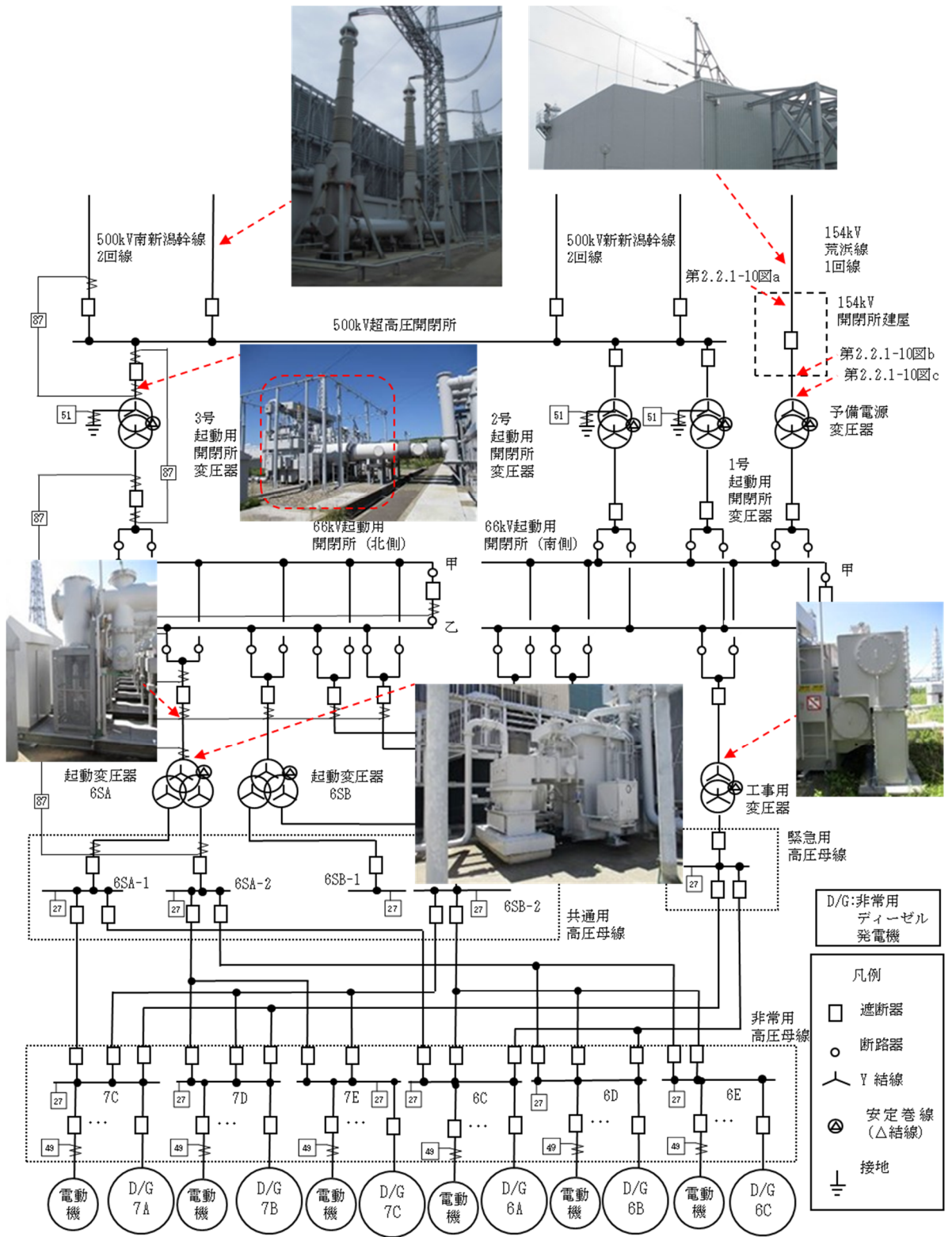
気中に露出した架線接続部を有しているのは、500kV 送電線の引込部及び 154kV 送電線の引込部から 154kV 開閉所機器が該当する。(第 2.2.1-9 図, 第 2.2.1-10 図参照) 当該部位については、毎日実施する「巡視点検」にて電路の健全性を確認することにより、1 相開放故障を目視にて検知することが可能である。

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。

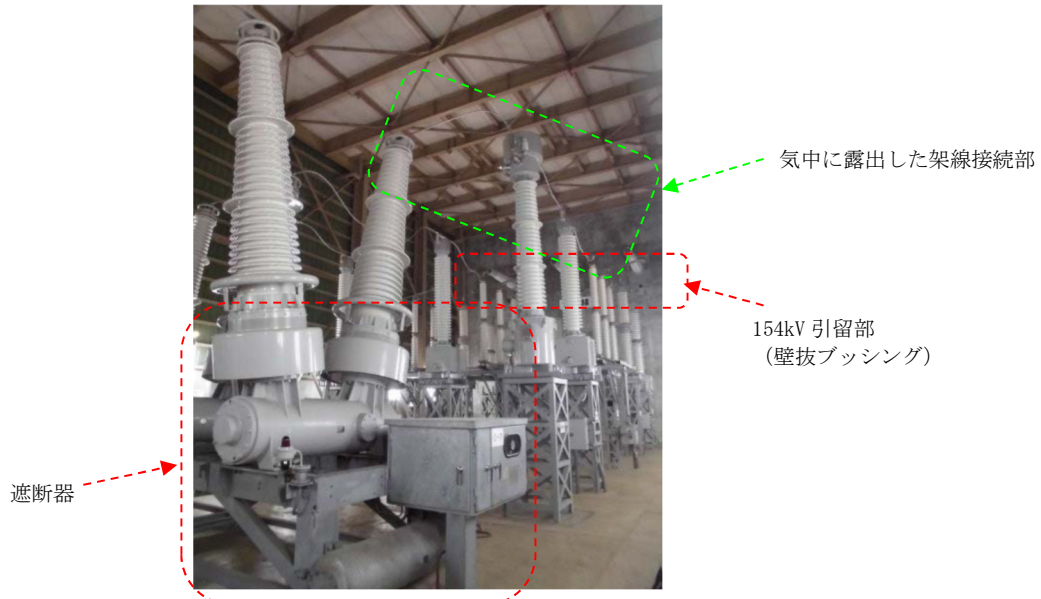
第 2.2.1-1 表 巡視確認項目

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。

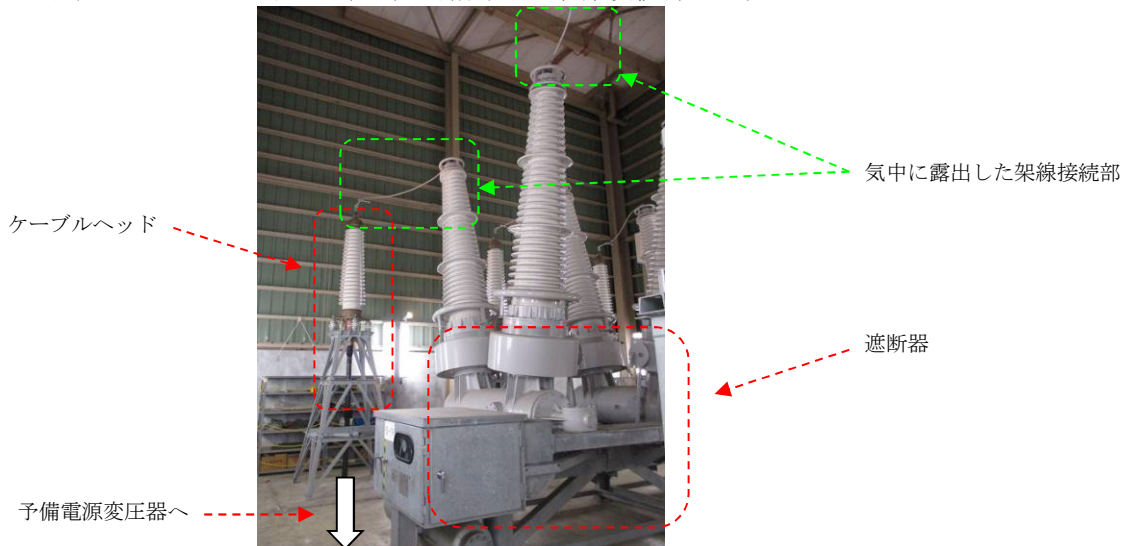


第 2. 2. 1-9 図 変圧器 1 次側の接続部位について

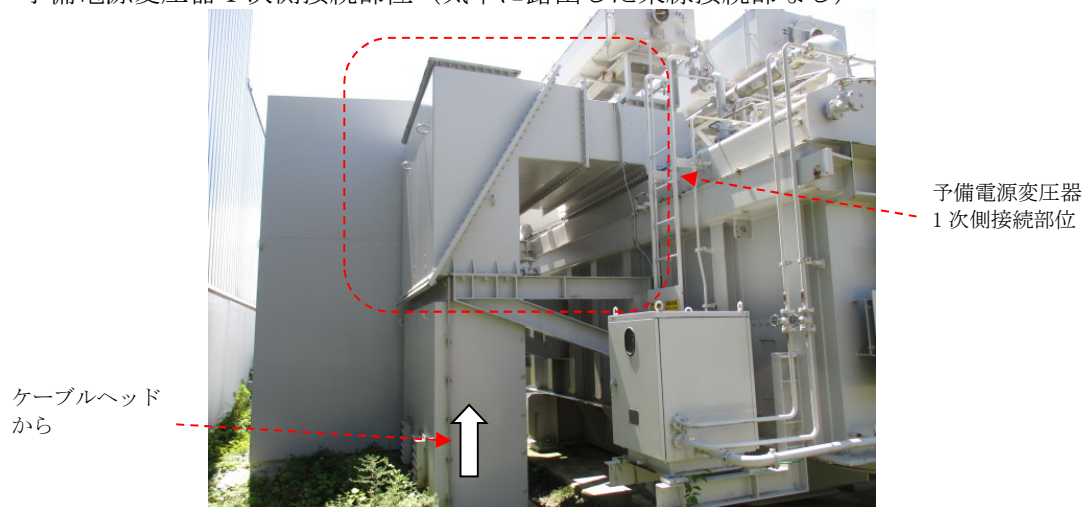
a. 154kV 引留部（壁抜ブッシング）～遮断器（気中に露出した架線接続部あり）



b. 遮断器～ケーブルヘッド（気中に露出した架線接続部あり）



c. 予備電源変圧器 1 次側接続部位（気中に露出した架線接続部なし）



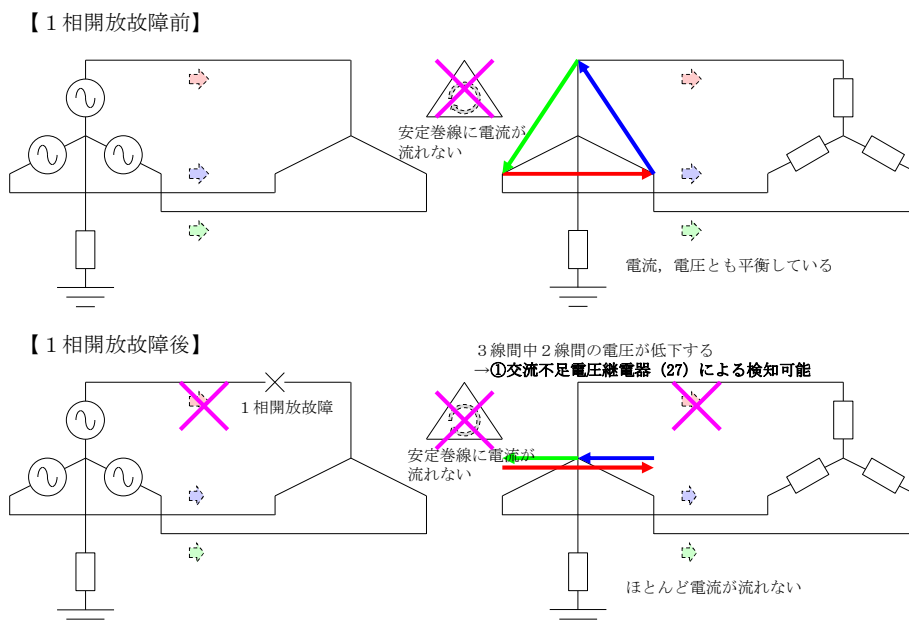
第 2. 2. 1-10 図 変圧器 1 次側の接続部位について（154kV 送電線側）

(3) 検知性向上対策について

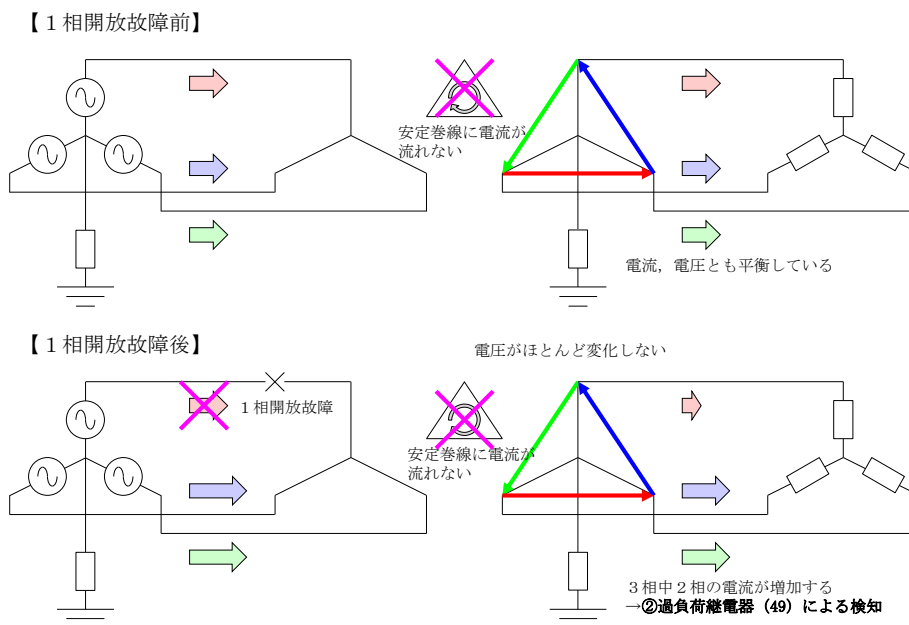
前述の電流差動継電器 (87) 等及び目視の他に、第 2.2.1-11 図に示すとおり、変圧器の 1 次側において 1 相開放故障が発生した場合、「①交流電圧が低下する」の他にも以下の事象が発生する。(第 2.2.1-12~14 図参照)

- ② 電動機に逆相電流が流れるため、電動機電流の 3 相のうち 2 相が増加する。
- ③ 変圧器の 1 次側の中性点に電流が流れる。

したがって、上記事象①②③を検知することにより、変圧器 1 次側に 1 相開放故障が発生した場合の検知性向上を図る。

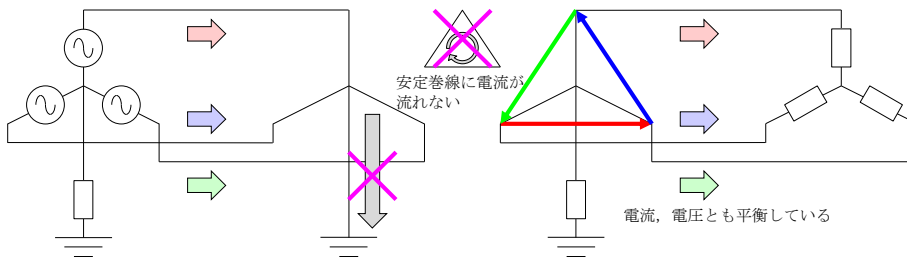


第 2.2.1-11 図 ①交流不足電圧継電器 (27) による検知 (イメージ)
(起動変圧器の 1 次側 (非接地))

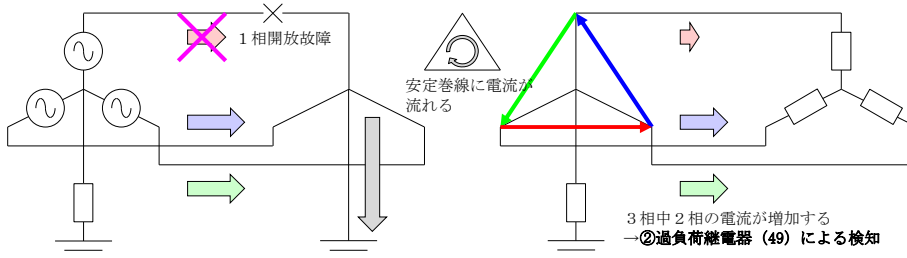


第 2.2.1-12 図 ②過負荷継電器 (49) による検知 (イメージ)
(起動変圧器の 1 次側 (非接地))

【1相開放故障前】

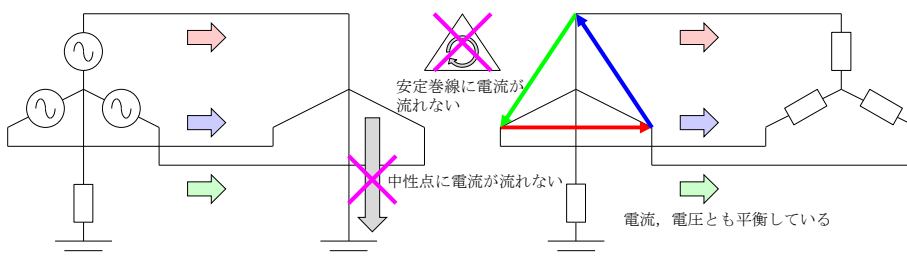


【1相開放故障後】

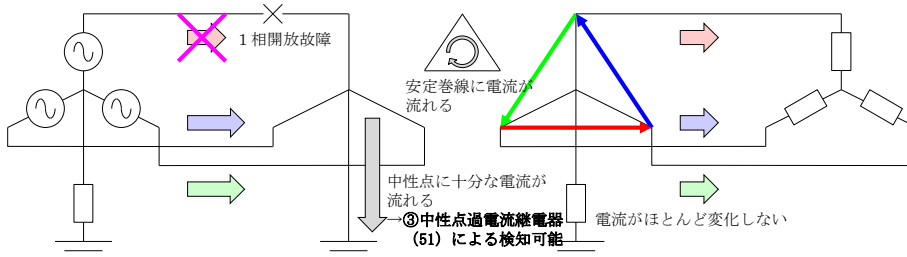


第 2.2.1-13 図 ②過負荷継電器 (49) による検知 (イメージ)
(起動用開閉所変圧器の1次側 (直接接地))

【1相開放故障前】



【1相開放故障後】



第 2.2.1-14 図 ③中性点過電流継電器 (51) による検知 (イメージ)
(起動用開閉所変圧器の1次側 (直接接地))

上記事象①②③は、変圧器の1次側において1相開放故障が発生した条件により検知できる保護継電器が異なる。1相開放故障の発生条件に応じた保護継電器による検知方法を第2.2.1-2表に示す。

第2.2.1-2表 検知性向上対策

1相開放故障の発生条件		検知可否 ^{※1}	保護継電器	検知後の対処
発生場所	起動用開閉所変圧器の状態			
起動用開閉所変圧器の1次側 (直接接地)	重負荷 (負荷率：約15%以上)	○	③起動用開閉所変圧器1次側中性点過電流継電器(51) ^{※2}	警報発生後、電圧を確認し、手動にて発生箇所を隔離する。
	軽負荷 (負荷率：約15%以下)	△	②過負荷継電器(49) ^{※3}	複数の電動機に過負荷継電器(49)の警報及びトリップが発生することにより、1相開放故障の発生を想定し、電圧を確認後、手動にて発生箇所を隔離する。
	無負荷	×	なし ^{※4}	—
起動変圧器の1次側 (非接地)	重負荷	△	②過負荷継電器(49) ^{※3}	複数の電動機に過負荷継電器(49)の警報及びトリップが発生することにより、1相開放故障の発生を想定し、電圧を確認後、手動にて発生箇所を隔離する。
	軽負荷			
	無負荷	○	①交流不足電圧継電器(27)	警報発生後、電圧を確認し、手動にて発生箇所を隔離する。

※1. ○：検知可能，△：検知可能な場合と不可能な場合あり，
×：検知できないことを示す。

※2. 既設中性点過電流継電器(51)では負荷率：約25%～約50%で検知可能であったが、新規に保護継電器を設置することにより、検知性向上を実現している。

※3. 過負荷継電器(49)の動作値に至らなければ電動機への影響は問題とならない。
また、電動機のすべりが増加し、電動機電流がさらに増加することにより過負荷継電器(49)が動作する場合や、交流電圧の低下に伴い交流不足電圧継電器(27)が動作する場合がある。

※4. 無負荷なので安全上の問題に至ることはない。

なお、1相開放故障の検知のうち過負荷継電器(49)は、起動用開閉所変圧器の負荷状態(重負荷、軽負荷、無負荷)だけではなく、各電動機の負荷状態にも依存する。具体的には電動機が重負荷で運転していると、1相開放故障が発生した場合の電流増加が大きくなり、1相開放故障の検知が容易になる。具体的な検知パターンは別添5を参照。

1 相開放故障の発生箇所ごとに応じた識別方法と対応操作を第 2. 2. 1-3 表に示す。

第 2. 2. 1-3 表 1 相開放故障発生箇所の識別とその後に対応操作

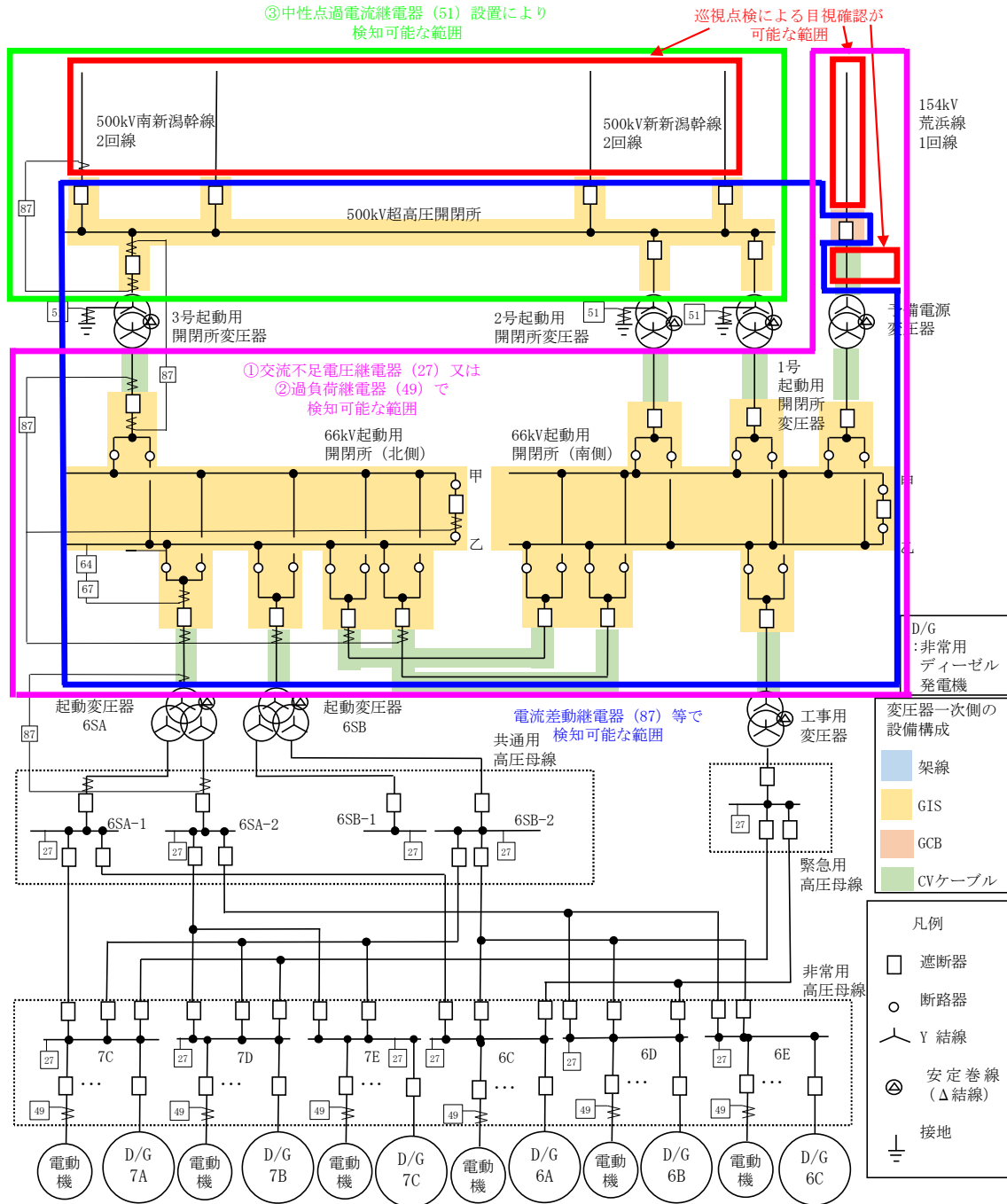
発生箇所	識別方法	切り離し操作	対応操作	別添
500kV 送電線	目視にて確認	手動	残り 3 回線で電源供給を維持する。 (非常用高圧母線の電圧に変化なし)	4. 1
起動用開閉所変圧器 1 次側	500kV 母線又は起動用開閉所変圧器の電流差動継電器 (87) にて検知	自動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器 (27) が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも 1 系統は 1 相開放故障前同様に健全である。	4. 2
	中性点過電流継電器 (51) にて検知	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器 (27) が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも 1 系統は 1 相開放故障前同様に健全である。	4. 3
起動変圧器 1 次側	起動用開閉所変圧器又は 66kV 母線の電流差動継電器 (87) にて検知	自動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器 (27) が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも 1 系統は 1 相開放故障前同様に健全である。	4. 4
	過負荷継電器 (49) にて検知	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器 (27) が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも 1 系統は 1 相開放故障前同様に健全である。	4. 5
	交流不足電圧継電器 (27) にて検知	自動	非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも 1 系統は 1 相開放故障前同様に健全である。	4. 6
予備電源変圧器 1 次側又は 2 次側	目視にて確認	手動	予備電源変圧器は通常時 66kV 母線と隔離されている。 (非常用高圧母線の電圧に変化なし)	4. 7

なお、予備電源変圧器は通常時に非常用高圧母線に電源供給を行っていないが、予備電源変圧器を用いた電源供給時の、1相開放故障の発生箇所ごとに応じた識別方法と対応操作を第2.2.1-4表に示す。

第2.2.1-4表 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作

発生箇所	識別方法	切り離し操作	対応操作	別添
予備電源変圧器1次側又は2次側	目視にて確認	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも1系統は1相開放故障前同様に健全である。	4.8
	予備電源変圧器の電流差動継電器(87)にて検知	自動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも1系統は1相開放故障前同様に健全である。	4.9
	過負荷継電器(49)にて検知	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも1系統は1相開放故障前同様に健全である。	4.10
	交流不足電圧継電器(27)にて検知	自動	非常用ディーゼル発電機から電源供給を行う。 なお非常用高圧母線の少なくとも1系統は1相開放故障前同様に健全である。	4.11

変圧器の1次側において1相開放故障が発生した場合の検知方法及び適用範囲について第2.2.1-15図に示す。



第2.2.1-15図 1相開放故障が発生した場合の検知方法及び適用範囲について

(4) まとめ

変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生しても、500kV GIS での連系により非常用高圧母線の電圧に変化が起こらないこと、又は 500kV GIS から下流側は設備が多重化されていることから、非常用高圧母線への電源供給は 1 回線以上確保可能な構成としている。

したがって、変圧器 1 次側において 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たとしても、非常用高圧母線への電源供給は 1 回線以上確保可能であることから、直ちに原子炉安全を脅かすものではないが、別の変圧器 1 次側で 1 相開放故障が発生する前に速やかに検知し、故障箇所を隔離することが重要となる。

1 相開放故障の検知については、気中に露出した架線接続部での不具合については巡視点検等による早期発見による検知が可能である。それ以外の箇所については保護継電器でおおむね検知可能であり、手動操作を含めて 1 相開放故障箇所を隔離することにより、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。

また、運転員が保護継電器の動作にて 1 相開放故障の発生を想定し、1 相開放故障発生時の対応を確実にするために、手順書等へ反映する。

2.2.1.1.3 電気設備の保護

開閉所（母線等）、変圧器、その他の関連する電気系統の機器の故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等に対し、保護継電装置により検知できる設計としており、検知した場合には、保護継電装置からの信号により、遮断器等により故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。外部電源系の保護継電装置を第 2.2.1-5 表に示す。

第 2.2.1-5 表 外部電源系保護継電装置※

電気設備	保護継電装置の種類
500kV 送電線	電流差動継電方式 (87) 短絡距離継電方式 (44S) 地絡距離継電方式 (44G)
154kV 送電線	交流不足電圧継電器 (27)
500kV 母線	電流差動継電方式 (87) 母線分離継電方式 (44)
66kV 母線	電流差動継電方式 (87) 母線分離継電方式 (44) 地絡過電圧継電方式 (64)
起動用開閉所変圧器	過電流継電器 (51) 電流差動継電器 (87) 中性点過電流継電器 (51)
起動変圧器	過電流継電器 (51) 電流差動継電器 (87) 地絡過電圧継電器 (64) 方向地絡継電器 (67)
予備電源変圧器 工所用変圧器	過電流継電器 (51) 電流差動継電器 (87)
非常用高圧母線 共通用高圧母線 緊急用高圧母線	過電流継電器 (51) 交流不足電圧継電器 (27)
非常用ディーゼル発電機	電流差動継電器 (87) 過電流継電器 (51) 逆電力継電器 (67)
負荷（電動機類）	過負荷継電器 (49)

※. 工事計画書に記載の保護継電装置についても追記した。

※. 主発電機、主変圧器、所内変圧器及び補助ボイラー用変圧器については、非常用高圧母線に電源供給しないため、除外した。

2.2.1.2 電気系統の信頼性

重要安全施設に対する電気系統については、系統分離を考慮した母線によって構成するとともに、電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いものであって、非常用所内電源系からの受電時等の母線切替え操作が容易である設計とする。

2.2.1.2.1 系統分離を考慮した母線構成

500kV 母線はタイラインにより起動用開閉所変圧器を介して起動用開閉所に接続するとともに、154kV 送電線は予備電源変圧器を介して起動用開閉所に接続する。起動用開閉所は起動変圧器を介して発電用原子炉施設へ電源供給する設計とする。非常用母線を 3 母線確保することで、多重性を損なうことなく、系統分離を考慮して母線を構成する設計とする。

詳細な系統構成は 2.2.1.1.2.2 項参照。

2.2.1.2.2 電気系統を構成する個々の機器の信頼性

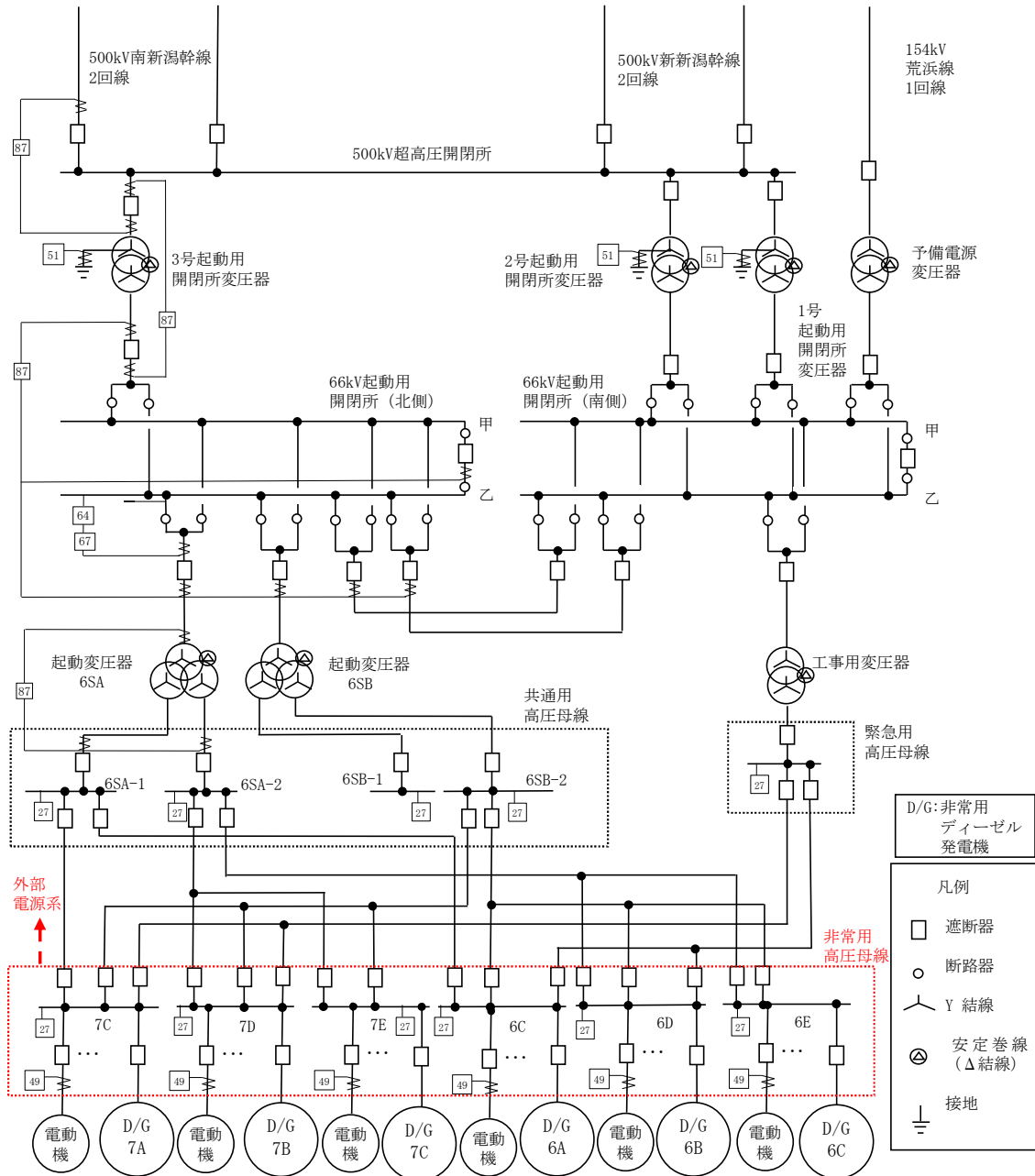
電気系統を構成する送電線（500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線）、母線、変圧器、非常用電源系、その他関連する機器については、電気学会電気規格調査会にて定められた規格（JEC）又は日本工業規格（JIS）等で定められた適切な仕様を選定し、信頼性の高い設計とする。

2.2.1.2.3 非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替え操作

重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器で、その機能を達成するために電力を必要とするものについては、非常用高压母線からの電源供給可能な構成とし、非常用高压母線は外部電源又は非常用ディーゼル発電機のいずれからも受電できる構成としている。(第2.2.1-16図参照)【設置許可基準規則第33条 第1項】

このうち、外部電源については、送電線に接続する遮断器や断路器等を設置した500kV超高压開閉所機器、66kV起動用開閉所機器、開閉所電圧を降圧する変圧器、及び高压母線等を設置した所内高压系統から構成される。

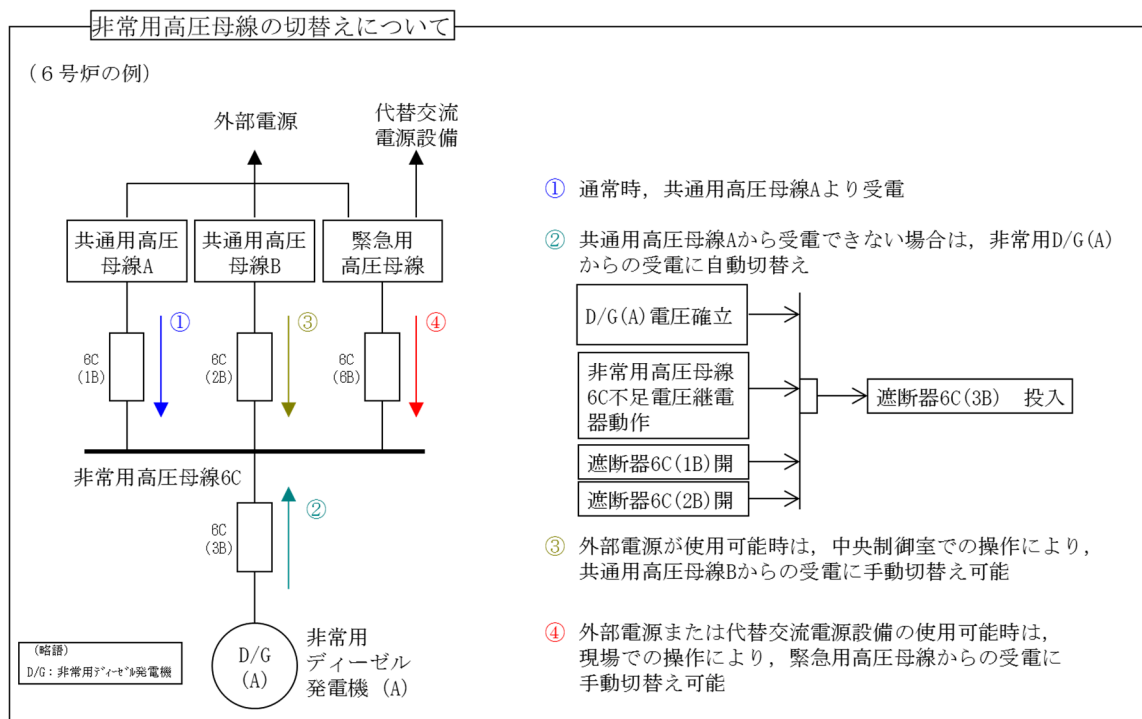
開閉所機器、変圧器及び所内高压系統については、送電線や所内電源の切替え操作が容易に実施可能なように操作スイッチ等を設ける設備構成としている。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈1, 第4項 解釈3, 解釈4】



第2.2.1-16図 所内単線結線図

非常用高圧母線が共通用高圧母線から受電できなくなった場合には、非常用ディーゼル発電機からの受電へ自動切替える設計とする。(第 2.2.1-17 図参照)【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 1】

なお、非常用高圧母線が非常用ディーゼル発電機から受電できなくなった場合には、中央制御室での操作により、もう一方の共通用高圧母線からの受電へ手動切替える、又は現場での操作により、緊急用高圧母線からの受電へ手動切替える設計とする。



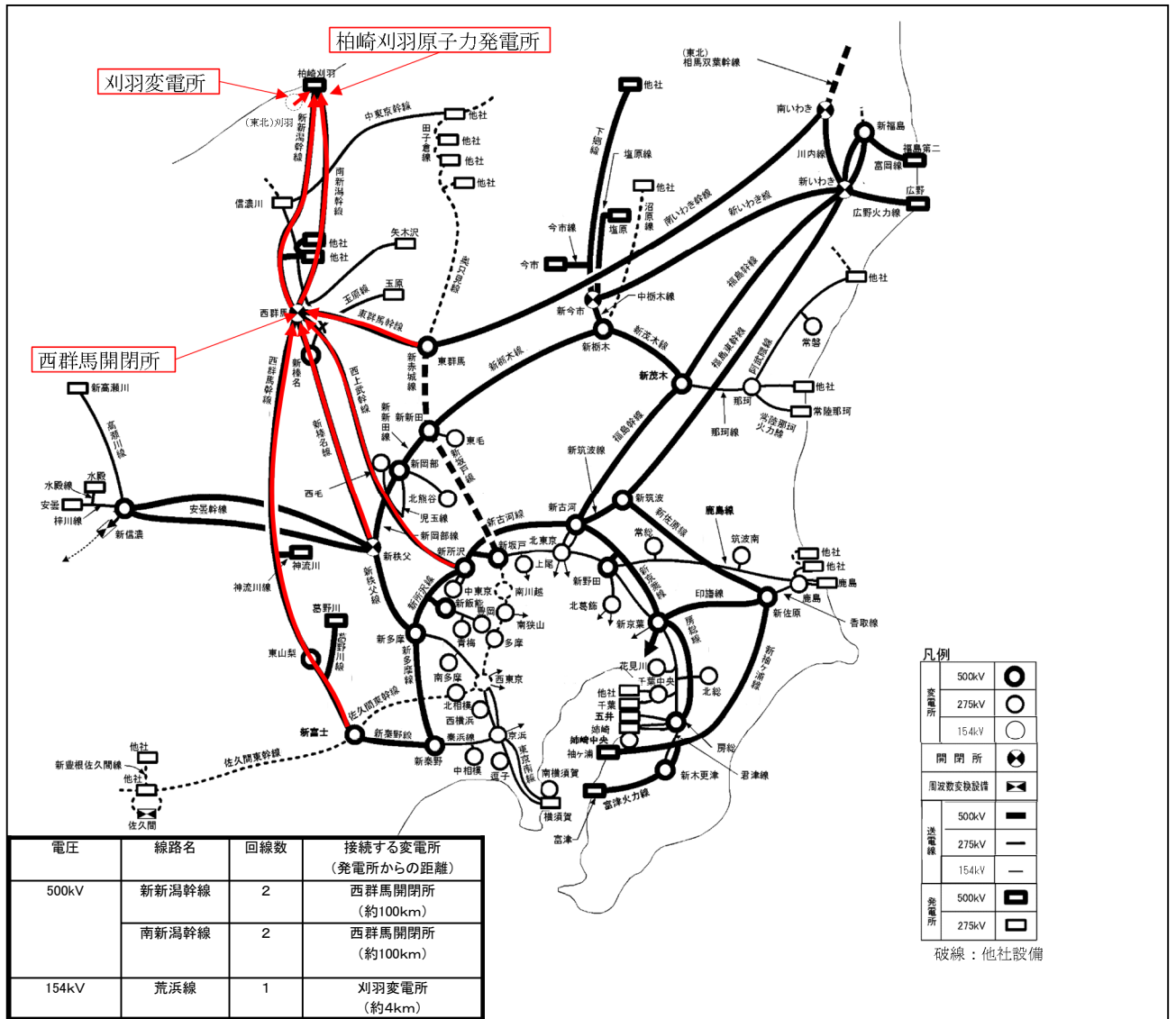
第 2.2.1-17 図 非常用高圧母線の受電切替えのイメージ図

2.2.2 電線の独立性

2.2.2.1 外部電源受電回路について

柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線 4 回線及び 154kV 送電線 1 回線の合計 5 回線にて電力系統に連系し、500kV 送電線 4 回線は約 100km 離れた西群馬開閉所に接続し、154kV 送電線 1 回線は約 4km 離れた刈羽変電所に連系する設計とする。

外部電源受電回路の送電系統図を第 2.2.2-1 図に示す。



第 2.2.2-1 図 送電系統図

2.2.2.2 複数の変電所又は開閉所との接続

500kV 送電線 4 回線は、500kV 新新潟幹線 2 回線、500kV 南新潟幹線 2 回線の 2 ルートで柏崎刈羽原子力発電所から約 100km 離れた西群馬開閉所に接続し、154kV 送電線 1 回線は、154kV 荒浜線 1 回線の 1 ルートで約 4km 離れた刈羽変電所に接続する設計とする。

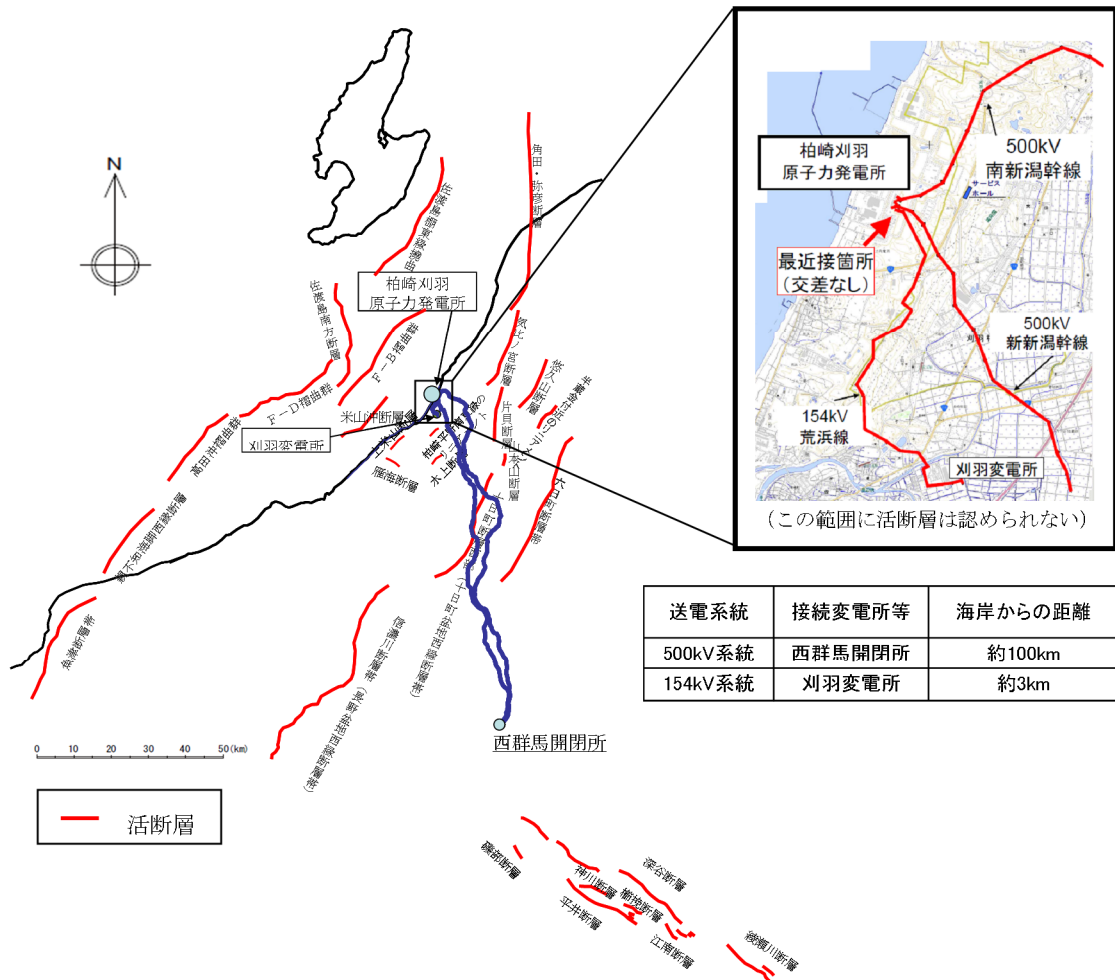
西群馬開閉所及び刈羽変電所は、その電力系統における上流側の接続先において異なる変電所に連系し、1 つの変電所が停止することによって、当該原子力施設に接続された送電線がすべて停止する事態に至らない設計とする。

西群馬開閉所は、複数の変電所と送電線で接続されており、各方面からの電力供給が可能な構成としている。【設置許可基準規則第 33 条 第 1 項、第 3 項 解釈 1、第 4 項 解釈 3、解釈 4】

2.2.2.2.1 変電所等と震源として考慮する活断層の位置

西群馬開閉所及び刈羽変電所は、その直下に震源として考慮する活断層は認められていないことを確認した。第 2.2.2-2 図に変電所等と震源として考慮する活断層の位置について示す。

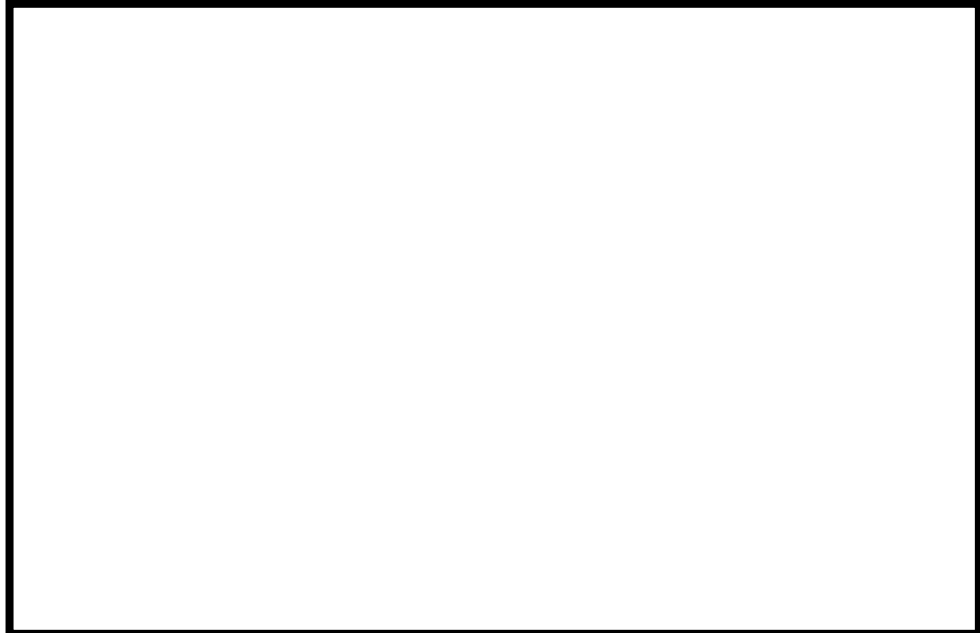
西群馬開閉所及び刈羽変電所はそれぞれ独立しており、500kV 新新潟幹線 2 回線、500kV 南新潟幹線 2 回線及び 154kV 荒浜線 1 回線の全 5 回線は共通する震源として考慮する活断層の上に設置されていない。



第 2.2.2-2 図 変電所等と震源として考慮する活断層の位置

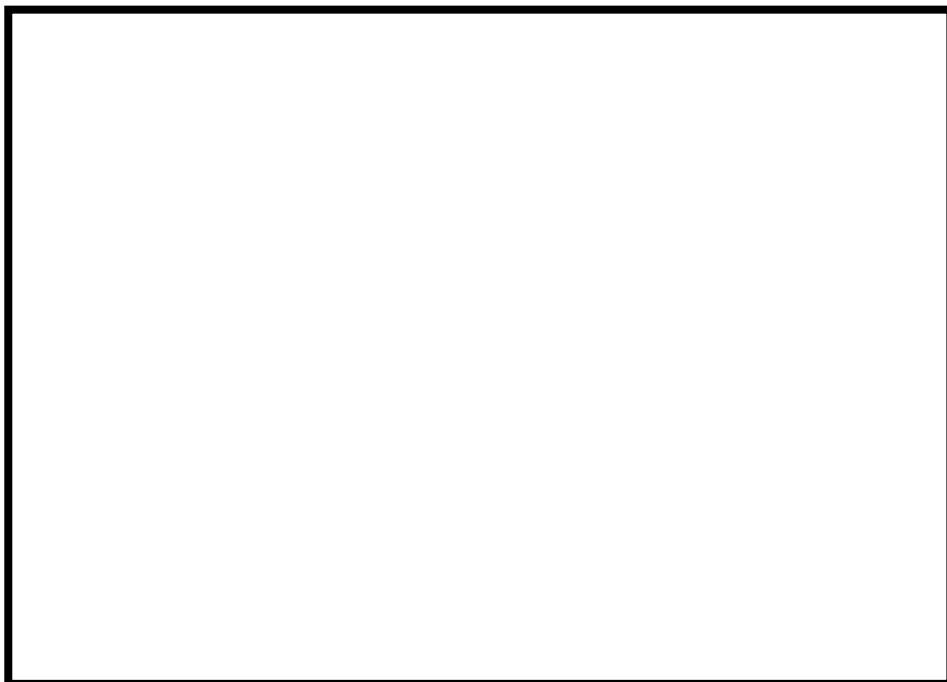
なお、刈羽変電所は、約 T.P. +6.3m であり、新潟県における津波シミュレーション結果によると津波による浸水がない場所となっている。(第 2.2.2-3 図参照)

「日本海における大規模地震に関する調査検討会 報告書」(平成 26 年 9 月)においても、柏崎市の平地*1における津波高は平均で 3.1m、最大で 3.7m(新潟県の朔望平均満潮位 T.P. +0.42~0.61m)との報告があり、刈羽変電所内の 154kV 設備の浸水のおそれはない。
(*1: 海岸線から 200m 程度以内の標高が 8m を超えない海岸線)



第 2.2.2-3 図 新潟県の津波浸水想定と送電線の位置関係
引用元: 「新潟県津波浸水想定図」(柏崎市)

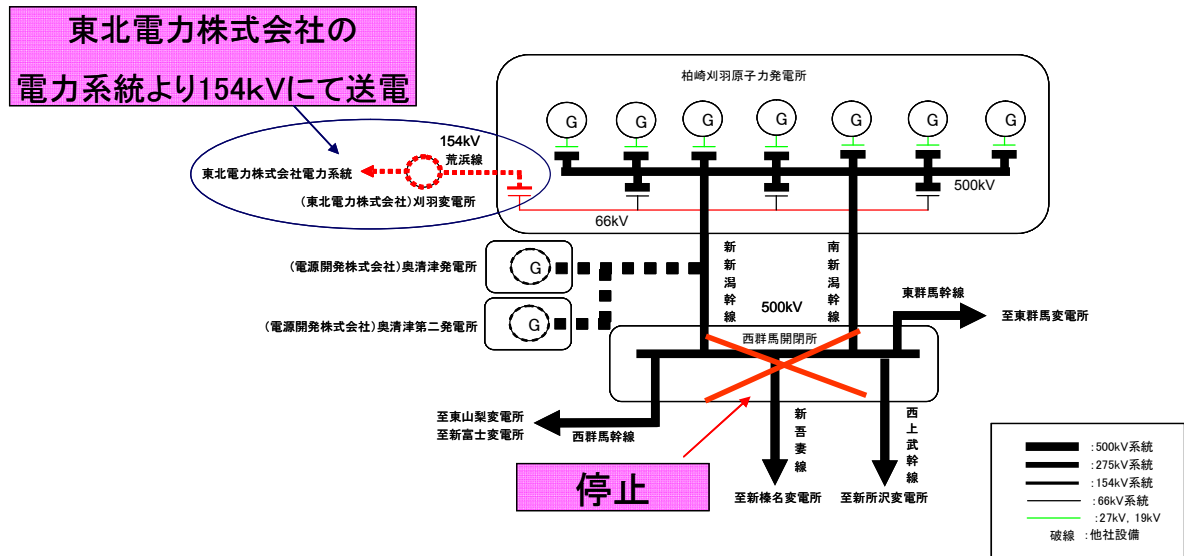
(参考) 基準津波 3 (海域の活断層 (5 断層連動モデル) + 海底地すべり) における津波浸水想定



2.2.2.2.2 変電所又は開閉所の停止想定

2.2.2.2.2.1 西群馬開閉所全停時の供給系統

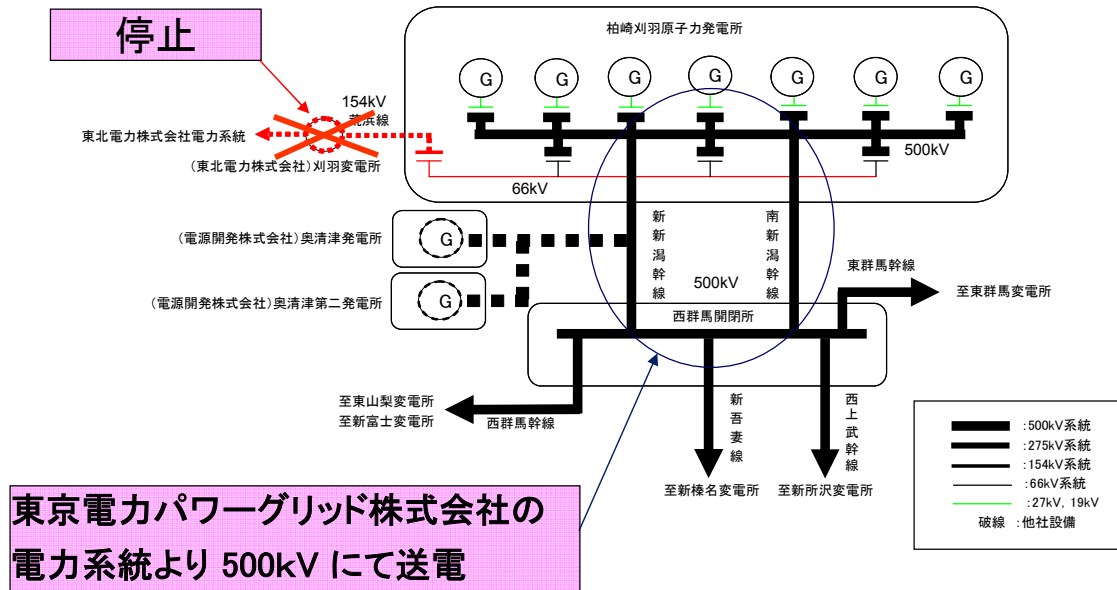
第 2.2.2-4 図に示すとおり、西群馬開閉所が停止した場合においても、刈羽変電所から154kV 荒浜線により受電を行うことで、柏崎刈羽原子力発電所への電力供給が可能である。
【設置許可基準規則第 33 条 第 4 項 解釈 4】



第 2.2.2-4 図 西群馬開閉所全停時の供給系統

2.2.2.2.2 刈羽変電所全停時の供給系統

第 2.2.2-5 図に示すとおり、刈羽変電所が停止した場合においても、西群馬開閉所から 500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線により受電を行うことで、柏崎刈羽原子力発電所への電力供給が可能である。【設置許可基準規則第 33 条 第 4 項 解釈 4】



第 2.2.2-5 図 刈羽変電所全停時の供給系統

2.2.3 電線路の物理的分離

2.2.3.1 送電鉄塔への架線方法について

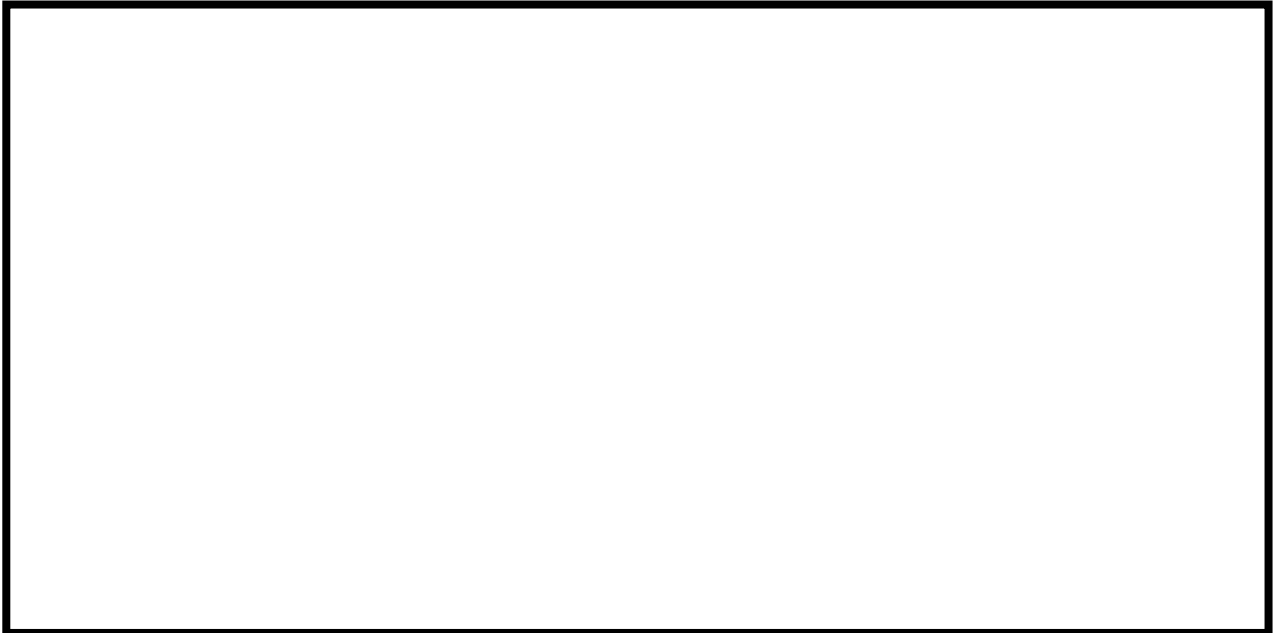
柏崎刈羽原子力発電所に接続する送電線は、500kV 送電線 4 回線と 154kV 送電線 1 回線の設備構成であり、全ての送電線が同一鉄塔に架線されている箇所はなく、物理的に分離した設計とする。

500kV 南新潟幹線、500kV 新新潟幹線、及び 154kV 荒浜線のそれぞれに送電鉄塔を備えており、物理的に分離した設計としている。(第 2.2.3-1 図参照)【設置許可基準規則第 33 条第 5 項 解釈 5】

なお、送電線の交差箇所、近接区間の状況については以下のとおりである。

【送電線の交差箇所及び近接区間】

- | | |
|---|------|
| (1) 500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線と 154kV 荒浜線の交差箇所 | なし |
| (2) 500kV 新新潟幹線と 500kV 南新潟幹線の送電線の交差箇所 | なし |
| (3) 500kV 新新潟幹線と 154kV 荒浜線の近接区間 | 1 区間 |
| (4) 500kV 南新潟幹線と 154kV 荒浜線の近接区間 | なし |
| (5) 500kV 南新潟幹線と 500kV 新新潟幹線の近接区間 | なし |



第 2.2.3-1 図 送電線の交差及び近接箇所

なお、送電線の近接箇所の状況は下記(1)～(3)のとおりである。

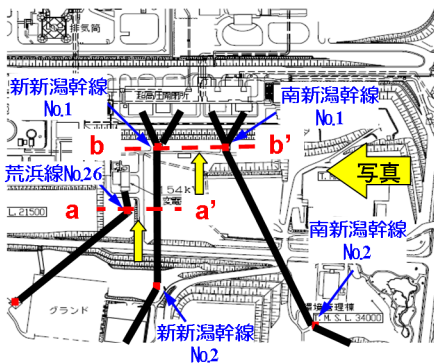
(1) 柏崎刈羽原子力発電所構内の近接箇所の状況

第 2. 2. 3-1 図における柏崎刈羽原子力発電所構内①の近接箇所を第 2. 2. 3-2 図に示す。

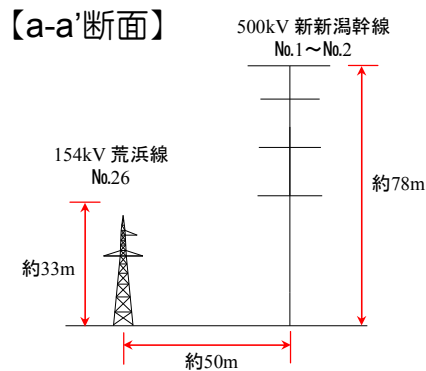
a-a' 断面は第 2. 2. 3-3 図に示すとおり、500kV 新新潟幹線No.1～No.2 の架渉線は 154kV 荒浜線に影響を与える可能性はあるが、その反対側に位置している 500kV 南新潟幹線に影響を及ぼすことはない。

したがって、500kV 新新潟幹線が倒壊しても、500kV 南新潟幹線にて外部電源の確保が可能である。【設置許可基準規則第 33 条 第 5 項 解釈 5】

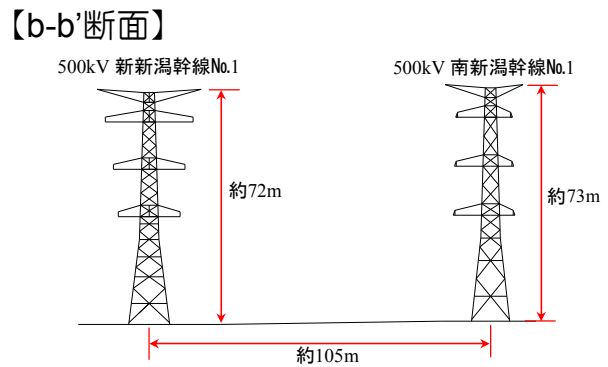
なお、b-b' 断面の状況は第 2. 2. 3-4 図に示すとおり、500kV 新新潟幹線No.1 と 500kV 南新潟幹線No.1 は鉄塔高さ以上の水平距離がある。



第 2. 2. 3-2 図 柏崎刈羽原子力発電所構内の送電線の近接箇所



第 2. 2. 3-3 図 近接箇所の詳細【a-a' 断面】

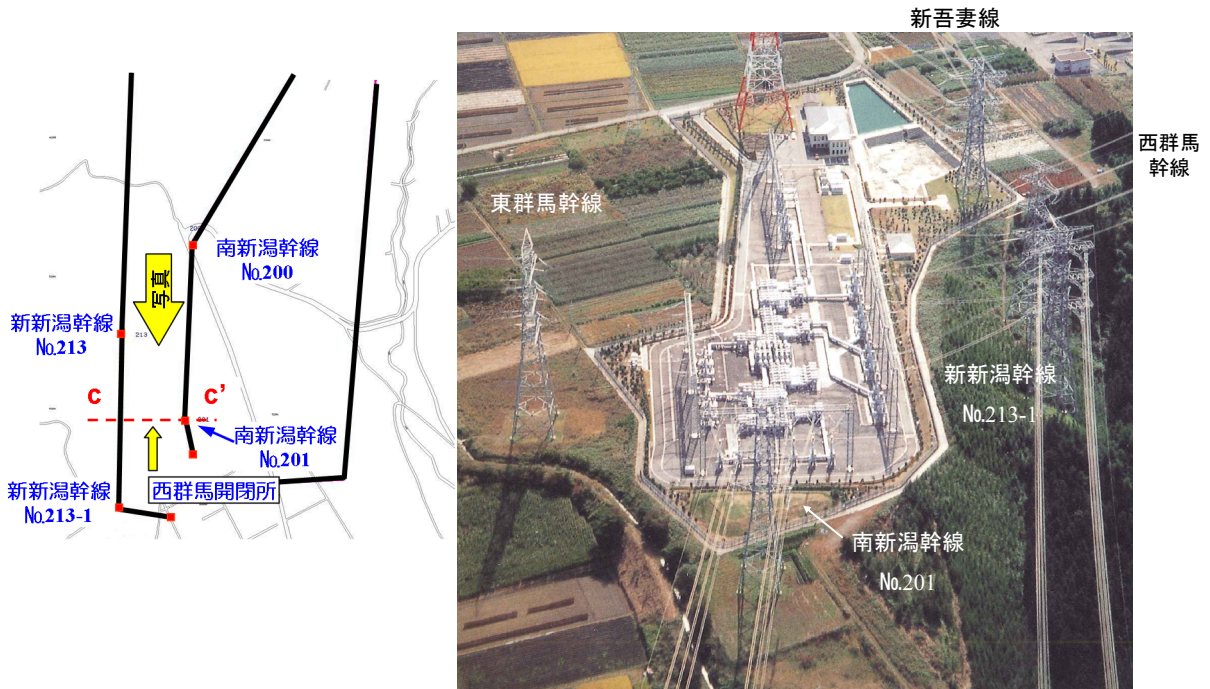


第 2. 2. 3-4 図 近接箇所の詳細【b-b' 断面】

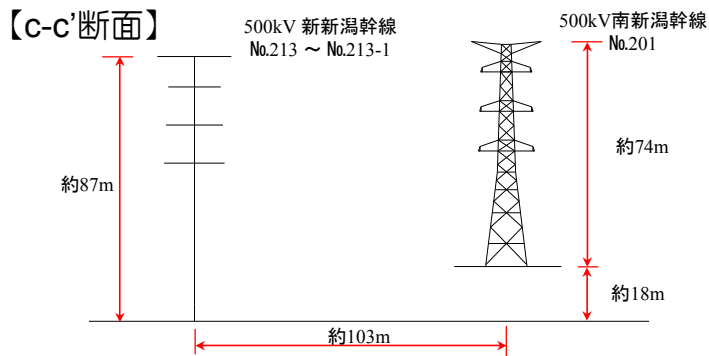
(2) 西群馬開閉所付近の近接箇所の状況

第 2. 2. 3-1 図における西群馬開閉所付近②の近接箇所を第 2. 2. 3-5 図に示す。

c-c' 断面は第 2. 2. 3-6 図に示すとおり，500kV 南新潟幹線No.201 鉄塔と 500kV 新新潟幹線No.213 ～ No.213-1 の架渉線は，それぞれの高さ以上の水平距離がある。【設置許可基準規則第 33 条 第 5 項 解釈 5】



第 2. 2. 3-5 図 西群馬開閉所近傍の送電線の近接箇所



第 2. 2. 3-6 図 近接箇所の詳細【c-c' 断面】

(3) 刈羽変電所以降の送電線との交差箇所の状況

刈羽変電所に接続する東北電力株式会社送電線と 500kV 新新潟幹線, 500kV 南新潟幹線との交差箇所の状況を第 2.2.3-7 図及び第 2.2.3-8 図に, 送電線交差部異常発生時の評価について第 2.2.3-1 表に示す。

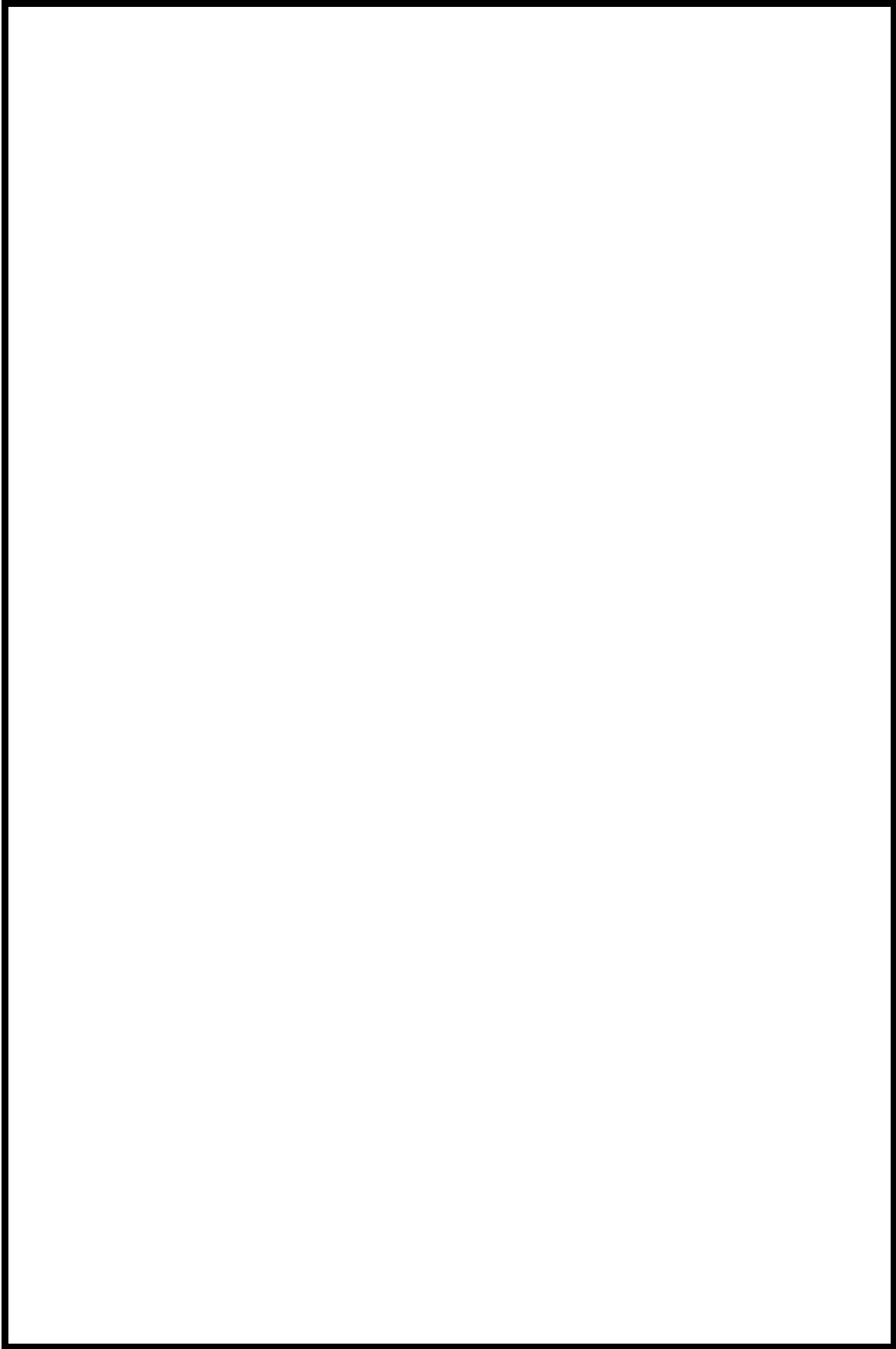
東北電力株式会社送電線 (66kV 西山線, 154kV 刈羽線, 66kV 南刈羽線) と 500kV 新新潟幹線, 500kV 南新潟幹線の交差部においては, 上部の送電線の異常発生時に下部の送電線に影響を与える可能性は否定できないが, いずれの交差部で異常があっても, 他のルートにより外部電源の確保が可能である。



第 2.2.3-7 図 刈羽変電所に接続する送電線の交差箇所

第 2.2.3-1 表 送電線交差部異常発生時の評価

No.	交差の状況	交差部での異常発生時の評価
A	500kV新新潟幹線 (上部) と 東北電力株式会社66kV西山線 (下部)	500kV南新潟幹線と東北電力株式会社154kV荒浜線 (154kV刈羽線, 66kV南刈羽線) が健全
B	500kV新新潟幹線 (上部) と 東北電力株式会社154kV刈羽線 (下部)	500kV南新潟幹線と東北電力株式会社154kV荒浜線 (66kV西山線, 154kV南刈羽線) が健全
C	500kV新新潟幹線 (上部) と 東北電力株式会社66kV南刈羽線 (下部)	500kV南新潟幹線と東北電力株式会社154kV荒浜線 (66kV西山線, 154kV刈羽線) が健全
D	500kV南新潟幹線 (上部) と 東北電力株式会社66kV西山線 (下部)	500kV新新潟幹線と東北電力株式会社154kV荒浜線 (154kV刈羽線, 66kV南刈羽線) が健全
E	500kV南新潟幹線 (上部) と 東北電力株式会社154kV刈羽線 (下部)	500kV新新潟幹線と東北電力株式会社154kV荒浜線 (66kV西山線, 154kV南刈羽線) が健全
F	500kV南新潟幹線 (上部) と 東北電力株式会社66kV南刈羽線 (下部)	500kV新新潟幹線と東北電力株式会社154kV荒浜線 (66kV西山線, 154kV刈羽線) が健全



第 2. 2. 3-8 図 送電線交差部の平面図及び縦断図

2.2.3.2 送電線の信頼性向上対策

送電線は、大規模な盛土の崩壊、大規模な地すべり、急傾斜の崩壊による被害の最小化を図るため、鉄塔基礎の安定性を確保することで、鉄塔の倒壊を防止する設計とする。

過去に発生した設備の被害状況を踏まえて、電気設備の技術基準（第32条）への適合に加え、台風等による強風発生時や冬期の着氷雪による事故防止対策を図ることにより、外部電源系からの電力供給が同時に停止することのない設計とする。

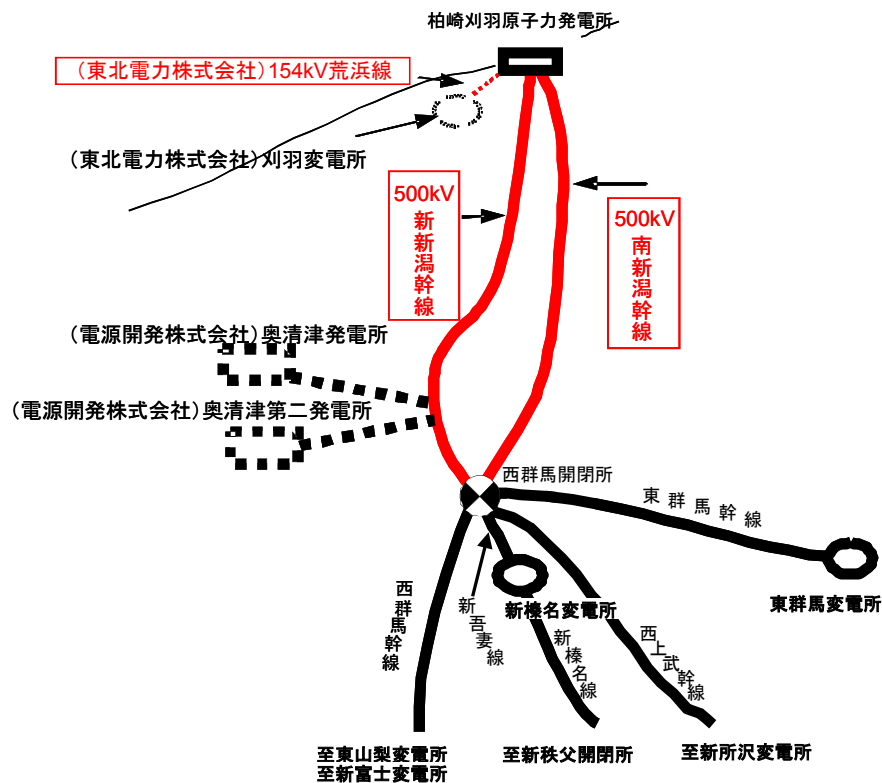
2.2.3.2.1 鉄塔基礎の安定性

一般に、送電線ルートはルート選定の段階から地すべり地域等を極力回避しており、地震による鉄塔敷地周辺の影響による被害の最小化を図っている。また、やむを得ずこのような地域を選定する場合には個別に詳細調査を実施し、基礎の安定性を検討して基礎型を選定する等の対策を実施している。

さらに、柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉に連系する500kV送電線4回線及び154kV送電線1回線については、鉄塔敷地周辺で基礎の安定性に影響を与える盛土の崩壊、地すべり、急傾斜地の土砂崩壊について、図面等を用いた机上調査及び地質専門家による現地踏査を実施し、鉄塔基礎の安定性が確保されていることを確認している。評価対象となる鉄塔基数を第2.2.3-2表に、評価対象線路を第2.2.3-9図に示す。

第2.2.3-2表 基礎の安定性評価対象

発電所	送電線区分	対象線路	鉄塔基数
柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉	外部電源線	500kV 新新潟幹線	214基
		500kV 南新潟幹線	201基
		154kV 荒浜線	26基

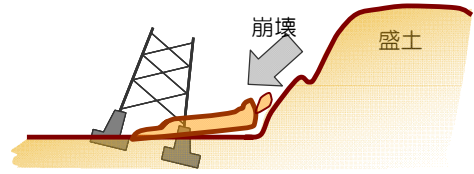


第2.2.3-9図 基礎の安定性評価対象線路

(1) 評価内容

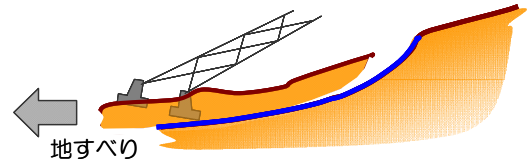
①盛土の崩壊

【リスク】盛土の崩壊に伴う土塊の流れ込みによる鉄塔傾斜，倒壊
→送電鉄塔近傍に大規模な盛土がある箇所を抽出し，リスク評価する。



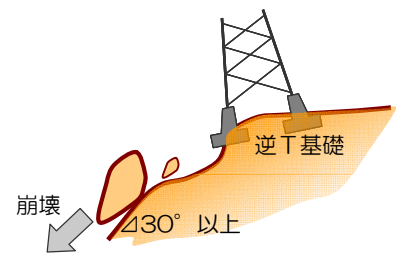
②地すべり

【リスク】鉄塔を巻込んだ地すべりによる鉄塔傾斜，倒壊
→地滑り防止地区，地滑り危険箇所，地滑り地形分布図をもとに地滑り箇所を抽出し，リスク評価する。



③急傾斜地の崩壊

【リスク】逆T字型基礎における地盤崩壊による鉄塔傾斜，倒壊
→急傾斜地（30度以上）で土砂崩壊が発生する可能性がある箇所を抽出し，リスクを評価する。



(2) 確認結果

①盛土の崩壊リスク

実測平面図や国土地理院発行の地形図等を使用し、人工的に土地の改変が加えられた箇所等を抽出

→500kV 新新潟幹線 1 基, 500kV 南新潟幹線 3 基, 154kV 荒浜線 0 基

→抽出された 4 基について現地踏査等により、現時点では基礎の安定性に問題のないことを確認 (第 2.2.3-3 表参照)

②地すべりリスク

地すべり防止区域、地すべり危険箇所、地すべり地形分布図から対象鉄塔を抽出後、空中写真判読により地すべり地形近傍の鉄塔を抽出

→500kV 新新潟幹線 28 基, 500kV 南新潟幹線 33 基, 154kV 荒浜線 2 基

→抽出された 63 基について現地踏査等により、現時点では基礎の安定性に問題のないことを確認 (第 2.2.3-3 表参照)

③急傾斜地リスク

国土地理院発行の地形図等を使用し、急傾斜を有する斜面が近傍にある鉄塔を抽出

→500kV 新新潟幹線 25 基, 500kV 南新潟幹線 0 基, 154kV 荒浜線 2 基

→抽出された 27 基について現地踏査等により、現時点では基礎の安定性に問題のないことを確認 (第 2.2.3-3 表参照, 詳細は別添 1 を参照)

第 2.2.3-3 表 基礎の安定性評価結果

線路名	鉄塔基数	現地踏査基数			対策工等対応 必要基数
		盛土	地すべり	急傾斜地	
500kV 新新潟幹線	214 基	1 基	28 基	25 基	0 基
500kV 南新潟幹線	201 基	3 基	33 基	0 基	0 基
154kV 荒浜線	26 基	0 基	2 基	2 基	0 基
3 線路	441 基	4 基	63 基	27 基	0 基

※基礎の安定性評価以降も巡視及び点検を実施しており、基礎の安定性を脅かす兆候 (亀裂等) がないことを確認している。

2.2.3.2.2 近接箇所の共倒れリスク

近接箇所（第2.2.3-2図）については、3ルートが近接した状況にあるが、地形評価に加え、送電線相互の近接状況、気象状況から3ルート共倒れのリスクは極めて低いと判断している。

(1) 地形評価

第2.2.3-4表の評価より、盛土崩壊、急傾斜地の崩壊、地すべり等、将来的にも鉄塔斜面の安定性が損なわれる可能性は低い。

第2.2.3-4表 地形評価結果

評価項目	主な評価内容	評価結果
盛土崩壊	○盛土の立地状況や形状及び規模 ○盛土と鉄塔との距離	図面等による抽出結果4基を対象に、現地踏査等による評価の結果、基礎の安定性に影響はなし。
地すべり	○地すべり地形の状況 ○露岩分布状況 ○移動土塊の状況 ○地表面の変状有無 ○構造物の変状有無	図面等による抽出結果63基を対象に、現地踏査等による評価の結果、現時点で変状は確認されず、基礎の安定性に影響はなし。
急傾斜地	○斜面状況（勾配及び変状有無） ○地盤特性 ○崩壊履歴	図面等による抽出結果27基を対象に、現地踏査による評価の結果、基礎の安定性に影響はなし。

(2) 3ルートの送電線・鉄塔の位置関係の評価

500kV 新新潟幹線，500kV 南新潟幹線，154kV 荒浜線において94箇所の斜面があり，(1)にて鉄塔斜面の安定性が損なわれる可能性が低いことは確認しているが，万一，斜面崩壊を仮定した場合でも，複数のルートにまたがって共倒れとなる箇所はないことを確認している。

(3) 気象状況の評価

台風の影響について、当該地域は、JEC-127-1979における基準速度圧地域区分が高温季、低温季共に、第2.2.3-5表に示す地域区分V及びVIの地域であり、地域別の50年再現風速値が特に高い地域ではない。また、雪の影響については、経過地に応じて電線への着雪厚さを個別に評価し対策を実施している。

第2.2.3-5表 基準速度圧地域区分

地域区分	速度圧
I	240kg/m ²
II	200kg/m ²
III	175kg/m ²
IV	150kg/m ²
V	125kg/m ²
VI	100kg/m ²

2.2.3.2.3 風雪対策について

(1) 強風対策

- ・ 技術基準の設計に加え、一部の鉄塔については、地形要因等（強風が局地的に強められる特殊箇所）を考慮して風速を割り増す設計としている。

(2) 着氷雪対策

- ・ 過去の豪雪被害による対応として、電気設備の技術基準（第 32 条）への適合に加え、地域ごとに定めた着氷雪厚さによる荷重を考慮する設計としている。
- ・ 着氷雪及び強風によるギャロッピングが予測される箇所の対策として、一部の区間に偏心重量錘、ルーズスペーサを設置している。
- ・ その他、架渉線への着氷雪対策として難着雪リングやねじれ防止ダンパーを設置している。着氷雪対策品について第 2.2.3-10 図に示す。



難着雪リング

電線、地線に一定間隔で取付けることにより、着雪の連続性が分断されるため、着雪の発達が抑制される。



ねじれ防止ダンパー

電線のねじれ剛性を増加し、電線自体の回転を防止することで着雪の発達を抑制する。

第 2.2.3-10 図 着氷雪対策品

なお、送電線の信頼性向上対策について第 2.2.3-6 表及び第 2.2.3-7 表に示す。

①設備対策面

第 2.2.3-6 表 送電線の信頼性向上対策

項目	電気設備の技術基準（第 32 条） （解釈（第 58 条））	信頼性向上対策
風	風速 40m/s の風圧荷重を考慮	・ JEC-127-1979 における強風時荷重の導入（耐風強化設計）
雪	架渉線の周囲に厚さ 6mm, 比重 0.9 の氷雪が付着した状態に対し、風速 28m/s の風圧荷重を考慮	・ 設置箇所に応じて、電線への湿型着雪（着雪厚さ）による荷重（厚さ 25～50mm, 密度 0.6g/cm ³ ）を考慮（耐雪強化設計） ・ 着氷雪及び強風によるギャロッピングが予測される箇所の対策として偏心重量錘, ルーズスペーサを設置 ・ 架渉線への着氷雪対策として難着雪リングやねじれ防止ダンパー等を設置

第 2.2.3-7 表 500kV 新新潟幹線, 500kV 南新潟幹線及び
154kV 荒浜線の信頼性向上対策

線路名	強風対策	着氷雪対策			
	耐風強化設計	耐雪強化設計	ギャロッピング対策品	難着雪リング	ねじれ防止ダンパー
500kV 新新潟幹線	○	○	○	○	○
500kV 南新潟幹線	○	○	○	○	○
154kV 荒浜線	—※1	—※1	—※2	○	○

※1. 難着雪対策を全線に施すことで着氷雪, 強風に対して信頼性向上を図っている。

※2. 線路評価の結果, ギャロッピング発生リスクが少ないため対策品を設置していない。

②保守管理面

500kV 新新潟幹線, 500kV 南新潟幹線及び 154kV 荒浜線に対し, 保安規程に定めた巡視及び点検により設備の異常兆候の把握に努めている。また, これらの巡視及び点検に加え, 地すべりや急傾斜地の崩壊が懸念される箇所に対して大規模地震や集中豪雨発生時等必要に応じて臨時巡視を実施し, 現地状況を確認している。

【巡視】

普通巡視（ヘルコプター）：1 回／年以上, 普通巡視（徒歩）：1 回／年以上

臨時巡視（台風前後, 大雨後又は地震後等）：必要の都度

【点検】

普通点検：1 回／5 年（154kV 荒浜線：1 回／10 年）

(補足) ギャロッピング対策品設置後の電気事故発生状況

ギャロッピング発生メカニズムを第 2.2.3-11 図に、ギャロッピング対策品を第 2.2.3-12 図に示す。

以下に、ギャロッピング発生実績と対策状況について示す。

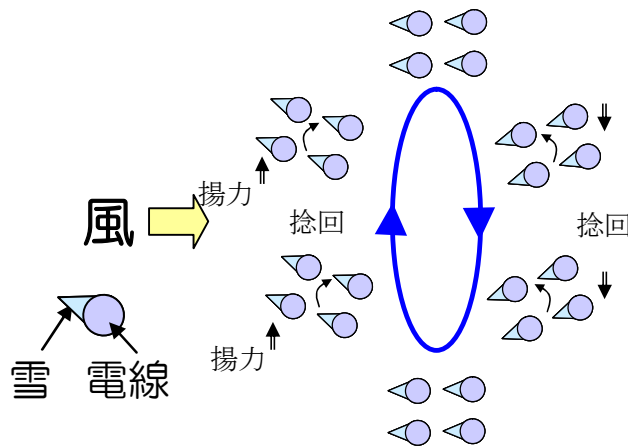
○平成 17 年 12 月, 500kV 新新潟幹線で発生したギャロッピングによる電気事故 (No.11, No.13~No.15 にて発生) を踏まえ, 以下の対策を実施した。

- ・平成 18 年 10 月, 500kV 新新潟幹線 (No.1~No.16) に偏心重量錘を設置。
 - ・平成 19 年 7 月, 500kV 南新潟幹線 (No.1~No.2, No.7~No.15) に偏心重量錘を設置。
- なお, 500kV 南新潟幹線 (No.2~No.7) については, 同送電線建設時に偏心重量錘を設置済み。

○平成 22 年 1 月, 500kV 南新潟幹線で発生したギャロッピングによる電気事故 (No.27 ~No.30 にて発生) を踏まえ, 以下の対策を実施した。

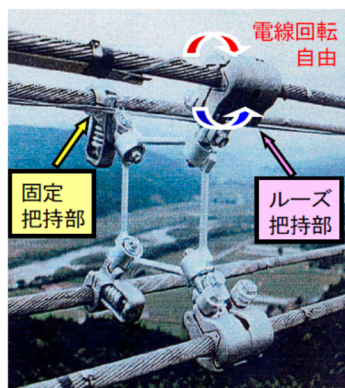
- ・平成 22 年 8 月, 500kV 南新潟幹線 (No.27~No.33) にルーズスペーサを設置。

上記, ギャロッピング対策品を設置後, 現時点において 500kV 新新潟幹線と 500kV 南新潟幹線でギャロッピングによる電気事故は発生していない。



電線に付着した氷雪が一定方向に発達して羽状になり, 風が水平方向にあたることで電線に上下方向へ揚力が発生し, ギャロッピングが発生する。

第 2.2.3-11 図 ギャロッピング発生メカニズム



ルーズスペーサ

固定把持部側は羽形状の着雪, ルーズ把持部側は筒形状の着雪となり, 多導体としての一定の揚力を低減する。



偏心重量錘

ギャロッピング時における電線の上下運動周期と捻回周期をずらせることによりギャロッピングを抑止する。

第 2.2.3-12 図 ギャロッピング対策品

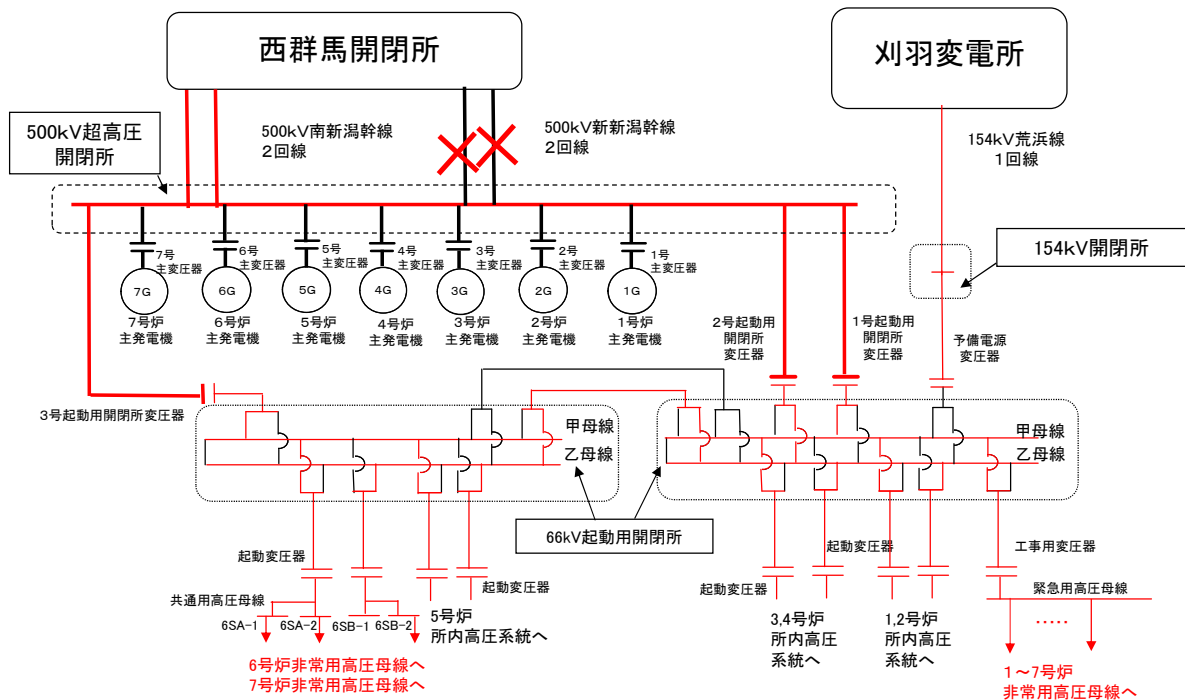
2.2.4 複数号炉を設置する場合における電力供給確保

2.2.4.1 電線路が2回線喪失した場合の電力の供給

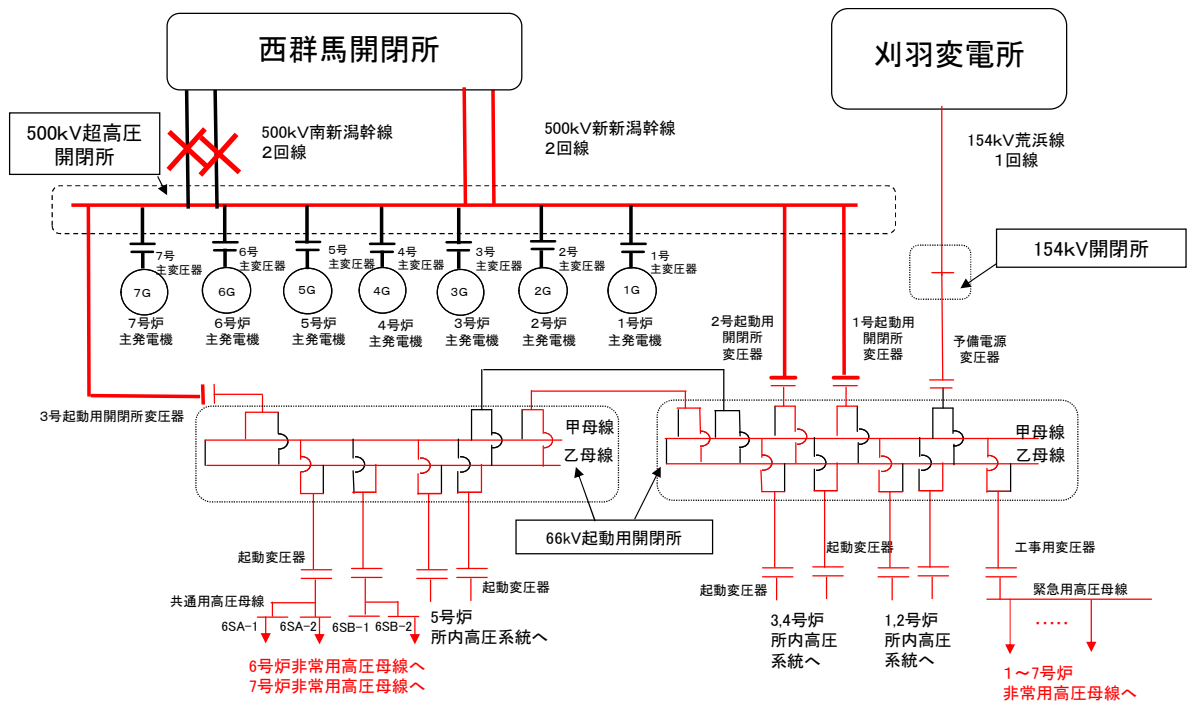
柏崎刈羽原子力発電所に接続する500kV送電線及び154kV送電線は1回線で6号及び7号炉の停止に必要な電力を供給できる容量があり、500kV送電線4回線はタイラインで接続されていることから、いかなる2回線が喪失しても、発電用原子炉を安全に停止するための電力を他の500kV送電線及び154kV送電線から供給できる設計とする。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

2.2.4.1.1 2回線喪失時の電力供給継続

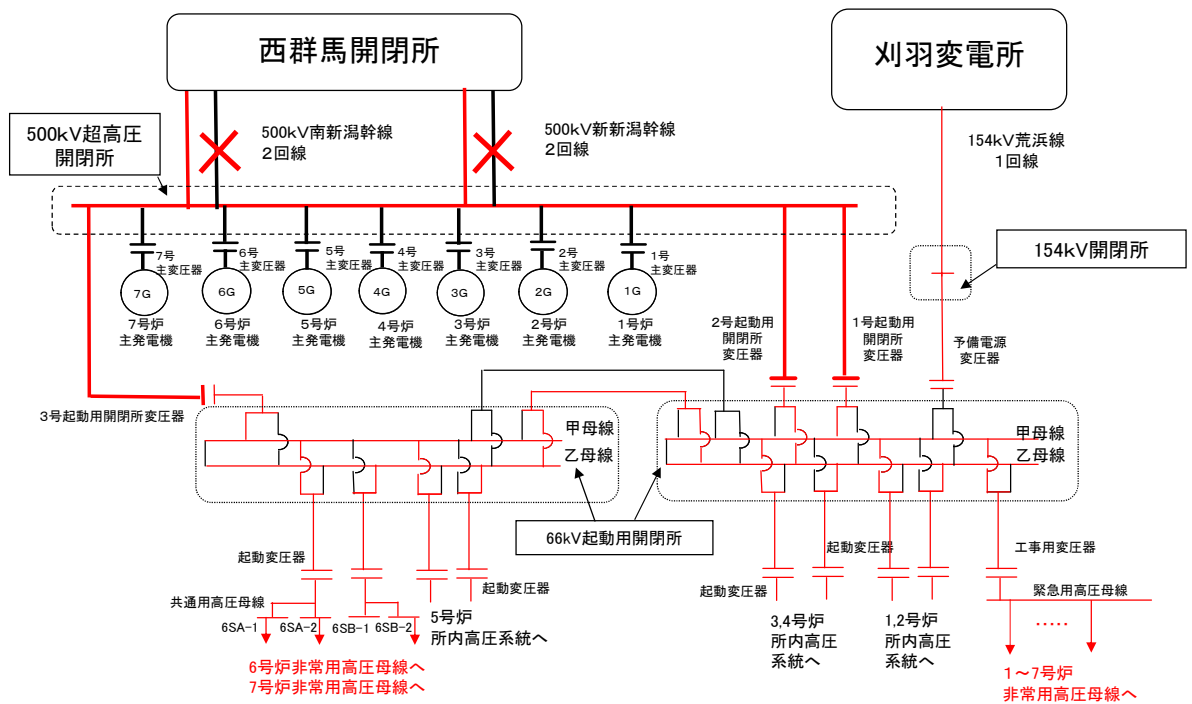
第2.2.4-1図～第2.2.4-4図に、いずれかの2回線が喪失した場合における非常用高圧母線への電力供給を示す。



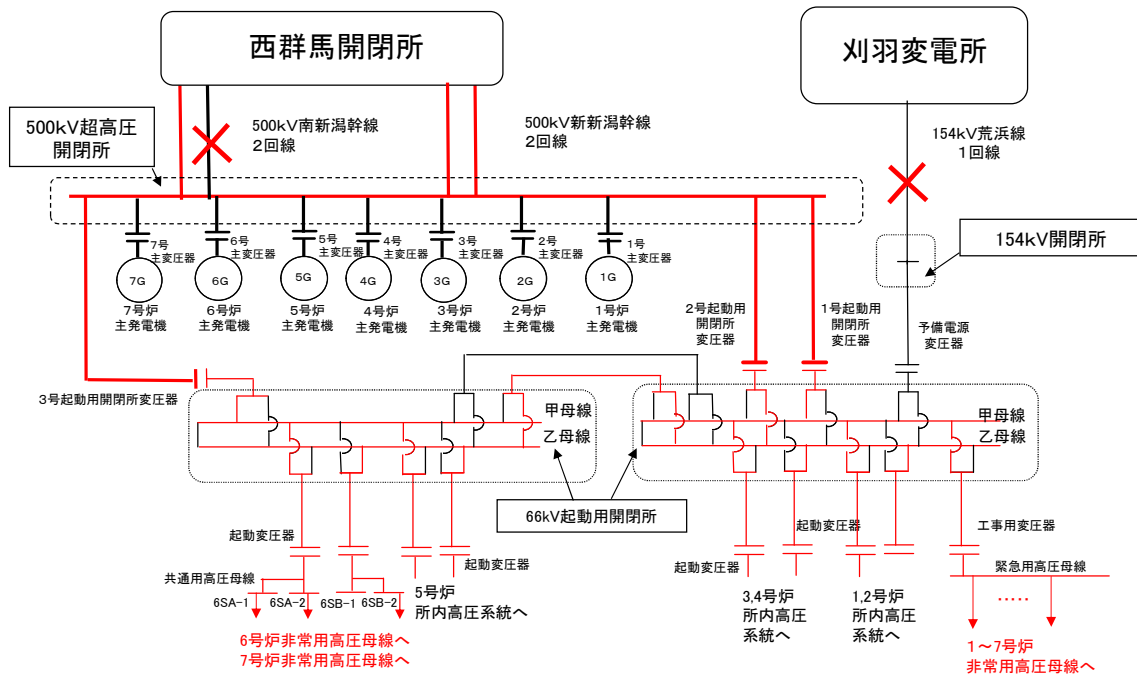
第2.2.4-1図 500kV 新新潟幹線 2回線喪失時の電力供給



第 2. 2. 4-2 図 500kV 南新潟幹線 2 回線喪失時の電力供給



第 2. 2. 4-3 図 500kV 南新潟幹線 1 回線及び 500kV 超高压幹線 1 回線喪失時の電力供給

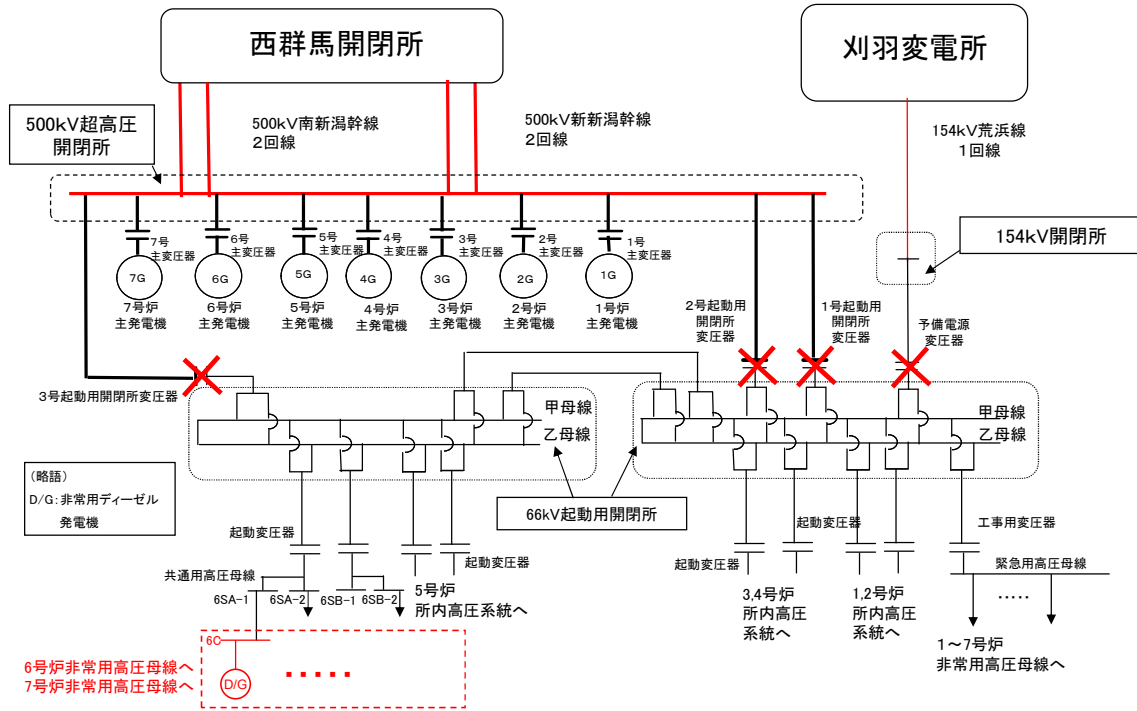


第 2. 2. 4-4 図 500kV 南新潟幹線 1 回線及び 154kV 荒浜線 1 回線喪失時の電力供給

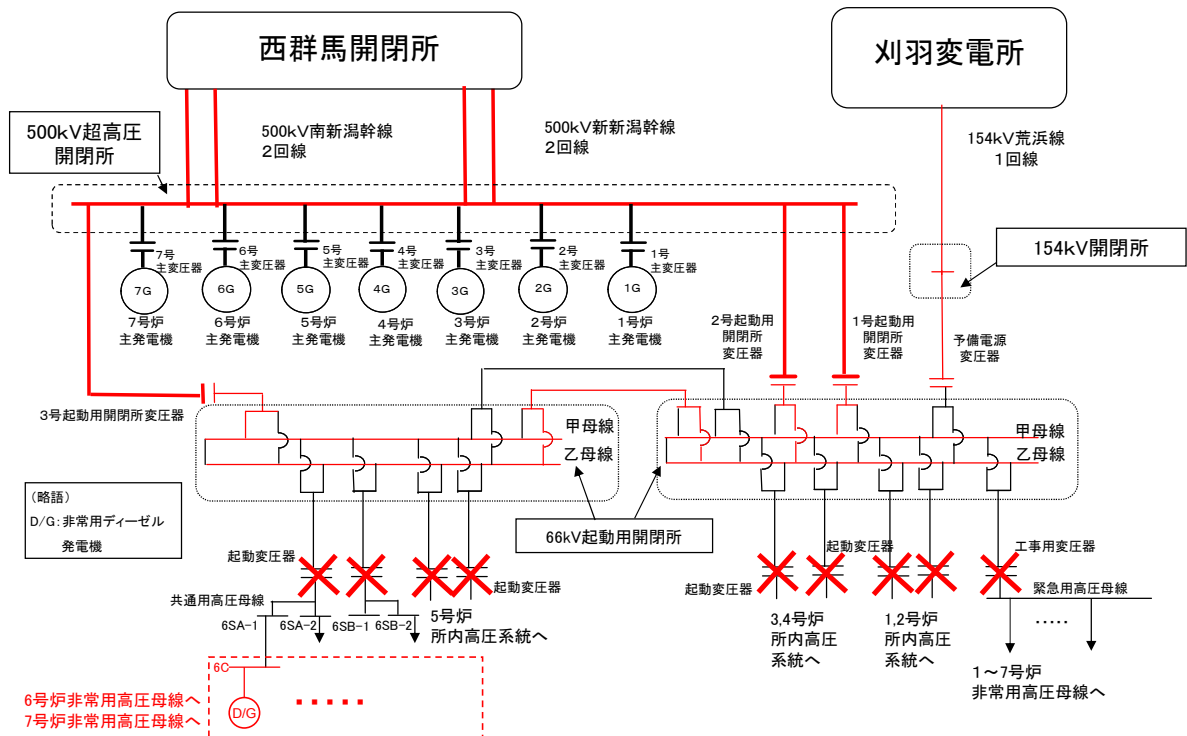
2.2.4.1.2 変圧器多重故障時の電力供給

変圧器多重故障等により 500kV 送電線 4 回線及び 154kV 送電線 1 回線から受電できない場合は、非常用高圧母線が共通用高圧母線から受電できなくなるため、発電用原子炉を安全に停止するために必要な所内電力は非常用ディーゼル発電機から受電する（2.3.1 参照）。

第 2.2.4-5 図、第 2.2.4-6 図に、変圧器多重故障時の非常用高圧母線への電力供給を示す。



第 2.2.4-5 図 起動用開閉所変圧器及び予備電源変圧器故障時の電力供給



第 2.2.4-6 図 起動変圧器及び工所用変圧器故障時の電力供給

2.2.4.1.3 外部電源受電設備の設備容量について

柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線（500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線）2 ルート 4 回線及び 154kV 送電線（154kV 荒浜線）1 ルート 1 回線で電力系統に連系している。非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。（第 2.2.1-6 図参照）

- ① 通常時、500kV 超高压開閉所内にあるガス絶縁開閉装置を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器から受電する。
- ② 非常用ディーゼル発電機から受電する。
- ③ 500kV 送電線、500kV GIS 若しくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器から受電する。
- ④ 起動変圧器が使用できない場合、500kV 開閉所内にある 500kV GIS を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。
- ⑤ 500kV 送電線、500kV GIS 若しくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合及び起動変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。

それぞれの送電線及び変圧器は、第 2.2.4-1 表に示す発電用原子炉を安全に停止するために必要な電力を受電し得る容量を有している。（第 2.2.4-2 表参照）【設置許可基準規則第 33 条 第 4 項】

第 2.2.4-1 表 発電用原子炉を安全に停止するために必要となる電力

		500kV 南新潟幹線（2 回線）						
		500kV 新新潟幹線（2 回線）						
		154kV 荒浜線（1 回線）						
非常用 ディーゼル 発電機容 量	号炉	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号
	1 台分容量	8.25 MVA	8.25 MVA	8.25 MVA	8.25 MVA	8.25 MVA	6.25 MVA	6.25 MVA
必要容量		53.75MVA						

第 2.2.4-2 表 送電線及び変圧器の設備容量

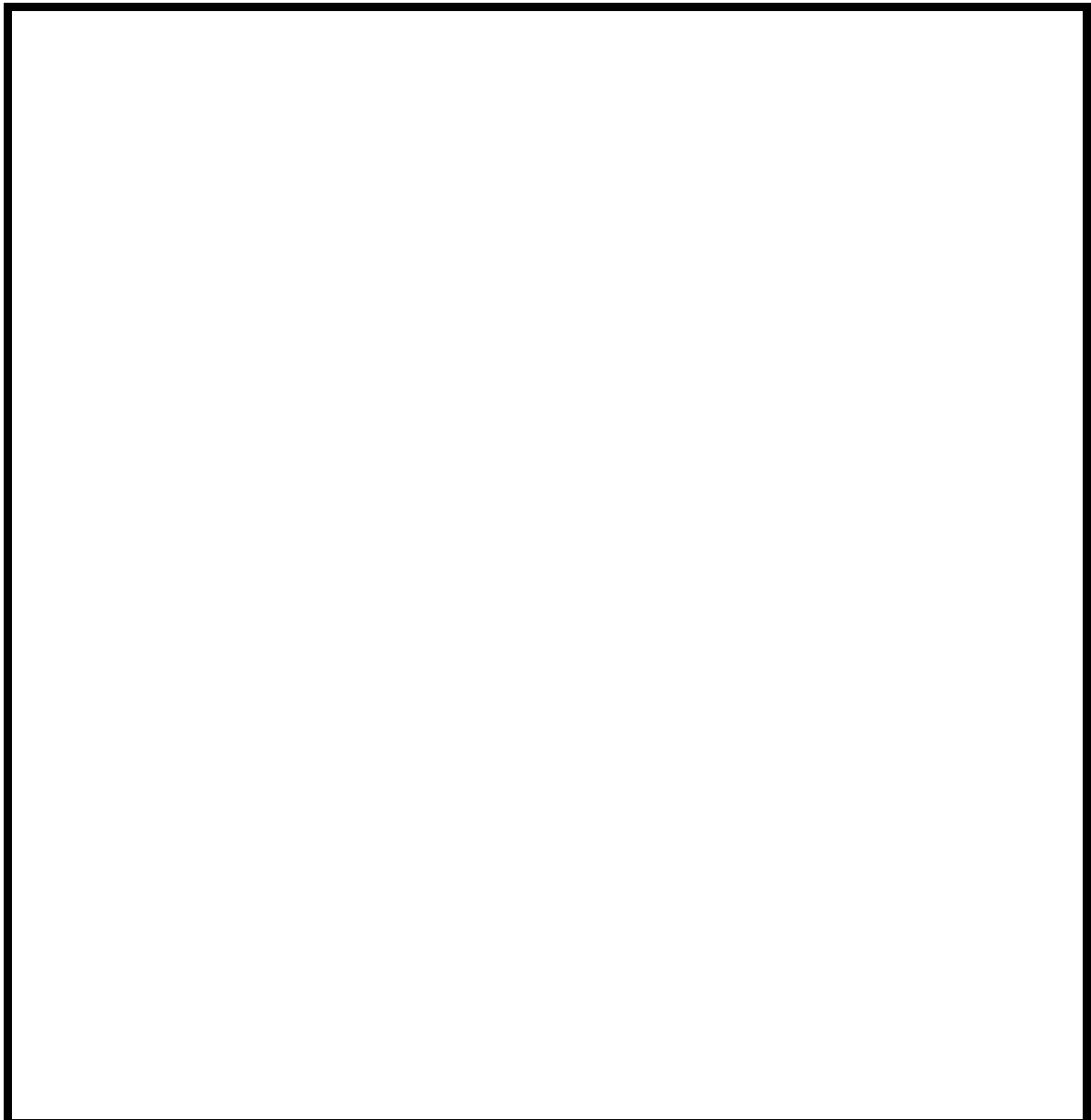
送電線容量	500kV 南新潟幹線（2 回線）	500kV 新新潟幹線（2 回線）	154kV 荒浜線（1 回線）
	約 4,139MW/回線*1（>53.75MVA） （4,357MVA/回線） （1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2）	約 4,139MW/回線*1（>53.75MVA） （4,357MVA/回線） （1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2）	約 118MW/回線*1（>53.75MVA） （124MVA/回線） （1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2）
変圧器容量	1 号起動用開閉所変圧器 （1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2）	2 号、3 号起動用開閉所変圧器 （1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2）	予備電源変圧器 （1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2）
	120MVA（>53.75MVA）	170MVA×2 台（>53.75MVA）	60MVA（>53.75MVA）
	起動変圧器（6,7 号炉共用*2）		
70MVA×2 台（>6.25MVA×2 台）			

*1. 力率 0.95 で MVA に換算した。

*2. 共用：安全施設（重要安全施設は除く。）については、電気事故の波及的影響を防止する観点から遮断器を設けることにより、電気的分離を実施しており、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものとしている。

なお、刈羽変電所は第 2.2.4-7 図のとおり、154kV 系統である刈羽線及び東北電力株式会社南新潟線（以下「南新潟線」という。）を經由して、東北電力株式会社中越変電所（以下「中越変電所」という。）及び東北電力株式会社南新潟変電所（以下「南新潟変電所」という。）に接続している。南新潟変電所は東北電力株式会社新潟変電所（以下「新潟変電所」という。）に接続している。中越変電所及び新潟変電所は基幹系統である 275kV 系統に接続している。一方、刈羽変電所は 66kV 系統である東北電力株式会社西山線，東北電力株式会社剣線，東北電力株式会社比角線を經由して需要家に電源供給している。

刈羽線，南新潟線の送電線容量（ ）と比較して，刈羽変電所から需要家に供給する電力容量（ ）と，刈羽変電所から柏崎刈羽原子力発電所への電力容量（43MW）の合計は余裕がある。万一，中越変電所及び南新潟変電所のいずれか一方の変電所が停止し，他方の変電所のみから刈羽変電所を受電する場合においても，南新潟幹線及び刈羽線の送電線容量には余裕がある。



第 2.2.4-7 図 刈羽変電所に電源供給する送電線容量

2.2.4.2 受送電設備の信頼性

500kV 超高圧開閉所，154kV 開閉所，66kV 起動用開閉所及びケーブル洞道は十分な支持性能を持つ地盤に設置した上で，遮断器等の機器については耐震性の高い機器を使用する設計とする。

500kV 超高圧開閉所，154kV 開閉所，66kV 起動用開閉所は津波の影響を受けない敷地高さに設置するとともに，塩害を考慮する設計とする。

2.2.4.2.1 開閉所設備等の耐震性評価について

直接基礎構造であり、1.0Ciの地震力に対し不等沈下、傾斜又はすべりが起きないように地盤に設置していることから、十分な支持性能を確保しており、耐震クラスCを満足している。

発電所内の開閉所の遮断器は耐震クラスCを満足するガス絶縁開閉装置（GIS）及びガス遮断器を使用している。（第2.2.4-8図、第2.2.4-9図参照）

開閉所の電気設備及び変圧器については、経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所等の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の地震対策について（指示）」（平成23・06・07 原院第1号）に基づき、JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」による耐震評価を実施することにより、耐震裕度を有する設計とする。（平成23年7月7日報告）【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】



ガス絶縁開閉装置（500kV，66kV）
第2.2.4-8図 開閉所設備外観



ガス遮断器（154kV）
第2.2.4-9図 開閉所設備外観

(1) 柏崎刈羽原子力発電所開閉所設備等の耐震性評価

経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所等の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の地震対策について（指示）」（平成 23・06・07 原院第 1 号）に基づき、柏崎刈羽原子力発電所の開閉所等の電気設備が機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性が低いことを確認した。

(2) 評価対象設備

当社福島第一原子力発電所の 1 号及び 2 号炉の遮断器等の損傷を踏まえ、柏崎刈羽原子力発電所における同様の開閉所設備について影響評価を行った。

また、開閉所設備で受電した後に電圧を変換する変圧器についても、地震により倒壊、転倒しないことを評価した。

(3) 開閉所設備等の影響評価手法

JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」による評価を実施し、設計上の裕度（各部位の発生応力とその部位の許容応力の比率）を確認した。

開閉所設備については、機器下端に 3m/s^2 共振正弦 3 波を入力し、動的評価を実施している。裕度が 1.3 以上であれば、過去の地震データをほぼ包絡していることから、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性は低いものと見なす。

また、変圧器については、静的 5m/s^2 の入力で倒壊しない（基礎ボルトがせん断しない）ことを評価している。地震と共振する可能性が小さいことから、裕度が 1.0 以上であれば、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性は低いものと見なす。

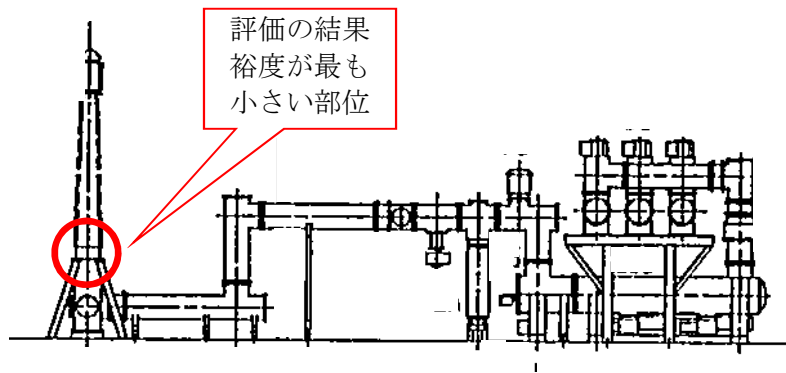
(4) 耐震性評価結果

開閉所設備の評価結果を第 2.2.4-3 表及び変圧器の評価結果を第 2.2.4-4 表に示す。概略図を第 2.2.4-10 図及び第 2.2.4-11 図に示す。評価の結果、柏崎刈羽原子力発電所における評価対象設備について、以下のとおり裕度を満足しており、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性が低いことを確認した。

なお、更なる信頼性向上対策として、一部耐震補強対策を実施した機器を除き、機器の構造変更は実施していないため、本評価は現在も有効である。

第 2.2.4-3 表 開閉所設備の評価結果

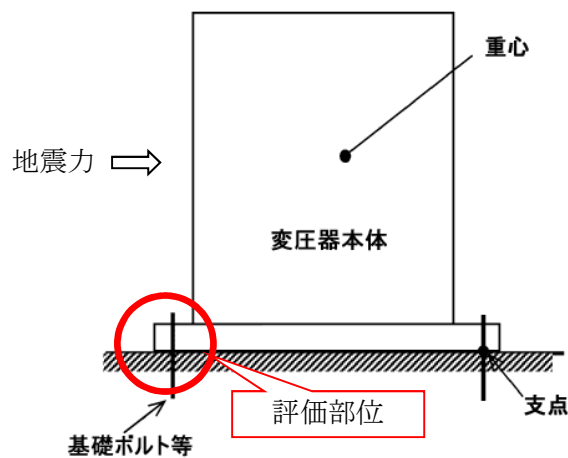
電圧階級	仕様	裕度	最小裕度部位
500kV	500kV 超高圧開閉所 ガス絶縁開閉装置 (GIS)	3.80	ブッシング
154kV	154kV 開閉所 気中遮断器 (ガス)	2.20	ブッシング
66kV	66kV 起動用開閉所 ガス絶縁開閉装置 (GIS)	2.30	タンク



第 2.2.4-10 図 500kV ガス絶縁開閉装置の最小裕度部位

第 2.2.4-4 表 変圧器の評価結果

変圧器名称	電圧	裕度	評価部位
1号起動用開閉所変圧器	500/66kV	5.00	基礎固定部
2号起動用開閉所変圧器	500/66kV	5.62	基礎固定部
3号起動用開閉所変圧器	500/66kV	5.62	基礎固定部
予備電源変圧器	154/66kV	3.90	基礎固定部
起動変圧器 6SA	66/6.9kV	3.40	基礎固定部
起動変圧器 6SB	66/6.9kV	3.40	基礎固定部



第 2.2.4-11 図 変圧器評価の概念図

(5) 更なる信頼性向上対策

更なる信頼性向上対策として、66kV 起動用開閉所において架台補強、1号起動用開閉所変圧器において基礎ボルトを追加、2号及び3号起動用開閉所変圧器において基礎耐震金具を追加する耐震裕度向上対策を実施しており、本評価よりも耐震裕度が向上している。

この耐震裕度向上対策により、500kV 超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV 起動用開閉所、起動変圧器については、基準地震動 S_s に対して信頼性を確認している。

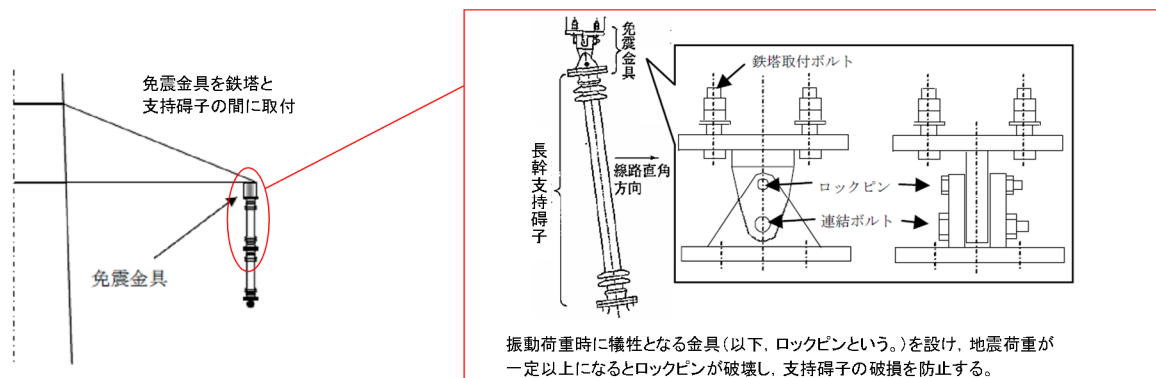
別添 6 に開閉所設備等の基準地震動 S_s に対する耐震性評価結果について示す。

2.2.4.2.2 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性

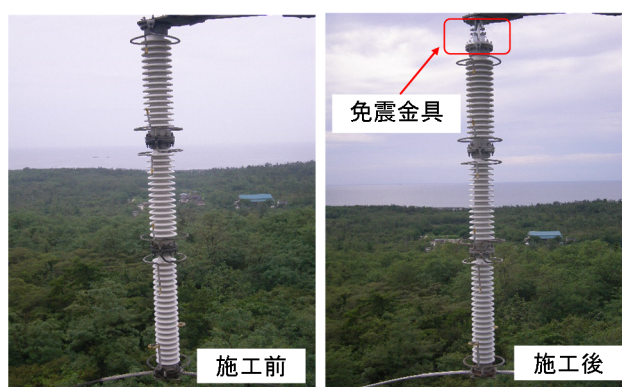
(1) 送電線の長幹支持碍子の免震対策について

東日本大震災では長幹支持碍子の折損が発生したが、柏崎刈羽原子力発電所に接続されている500kV 新新潟幹線、500kV 南新潟幹線において長幹支持碍子は使用していない。

また、154kV 荒浜線の長幹支持碍子については、鉄塔と支持碍子の間に免震金具を取り付け、耐震性を強化している。耐震対策内容を第2.2.4-12図に、耐震対策状況を第2.2.4-13図及び第2.2.4-5表に示す。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】



第2.2.4-12図 支持碍子の免震化



第2.2.4-13図 免震金具取付の施工状況

第2.2.4-5表 長幹支持碍子の耐震対策状況

線路名	長幹支持碍子の耐震対策	
	懸垂がいし化	免震金具設置
154kV 荒浜線	—	12基 (37個) (H23.8完了)

※ 500kV 新新潟幹線、500kV 南新潟幹線において、長幹支持碍子は使用していない。

(2) 変電所及び開閉所の遮断器等の耐震性について

東日本大震災では空気遮断器及び断路器が損傷したが、柏崎刈羽原子力発電所に接続されている、西群馬開閉所は重心が低く耐震性の高いガス絶縁開閉装置、刈羽変電所は重心が低く耐震性の高いガス遮断器及び耐震性を強化した断路器を採用している。また上記の設備は、JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」に基づいた評価を実施し、設計上の裕度を確認している。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈1】

2.2.4.2.3 開閉所基礎の設置地盤の支持性能について

(1) 500kV 超高压開閉所

500kV 超高压開閉所（500kV 新新潟幹線，500kV 南新潟幹線に接続）は，直接基礎構造であり，1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-6 表に 500kV 超高压開閉所基礎の支持性能評価結果，第 2.2.4-14 図に 500kV 超高压開閉所位置，第 2.2.4-15 図に 500kV 超高压開閉所基礎構造図を示す。

第 2.2.4-6 表 500kV 超高压開閉所基礎の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	182 (kN/m ²)	392 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-14 図 500kV 超高压開閉所位置



第 2.2.4-15 图 500kV 超高压開閉所基礎構造図

(2) 154kV 開閉所

154kV 開閉所（154kV 荒浜線に接続）は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-7 表に 154kV 開閉所基礎の支持性能評価結果，第 2.2.4-16 図に 154kV 開閉所位置，第 2.2.4-17 図に 154kV 開閉所基礎構造図を示す。

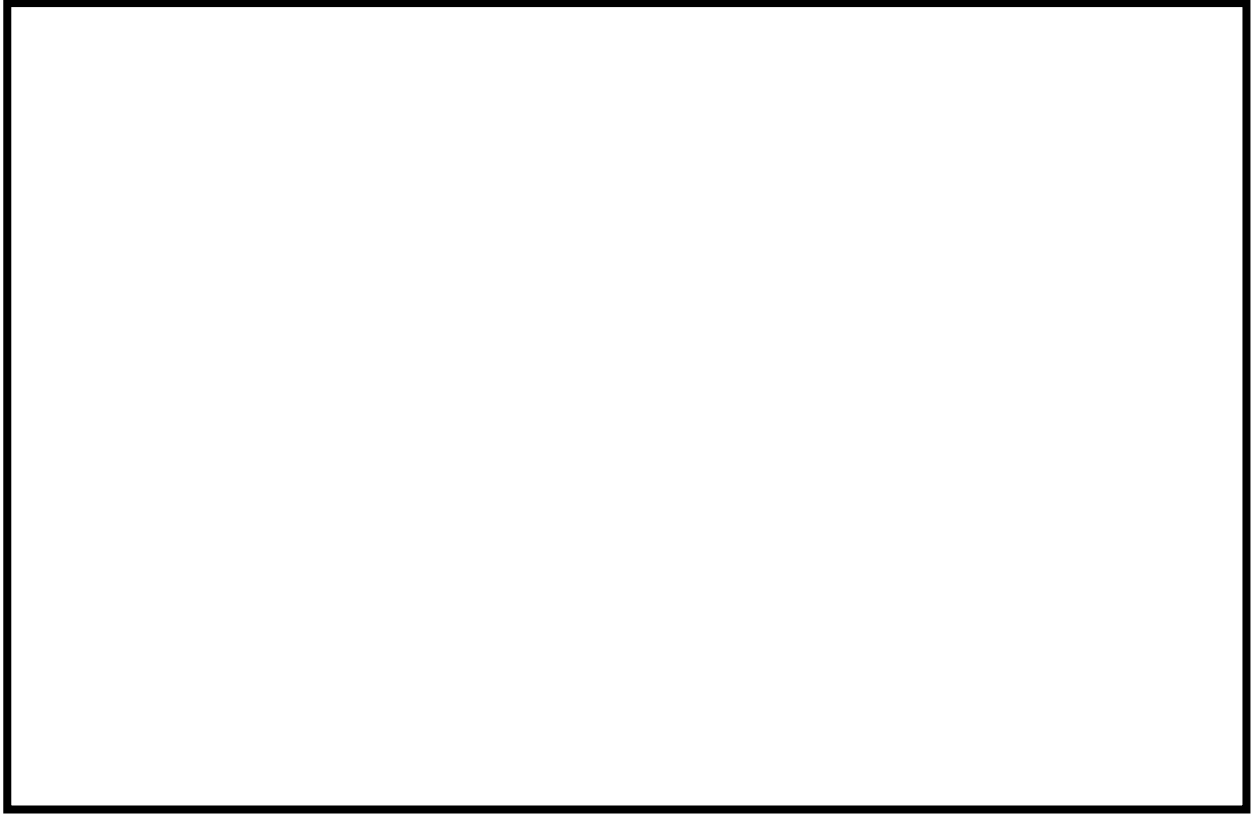
第 2.2.4-7 表 154kV 開閉所基礎の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	87 (kN/m ²)	196 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-16 図 154kV 開閉所位置



第 2. 2. 4-17 图 154kV 開閉所基礎構造図

(3) 66kV 起動用開閉所

66kV 起動用開閉所は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-8 表に 66kV 起動用開閉所基礎の支持性能評価結果、第 2.2.4-18 図に 66kV 起動用開閉所位置、第 2.2.4-19 図に 66kV 起動用開閉所（北側）基礎構造図、第 2.2.4-20 図に 66kV 起動用開閉所（南側）基礎構造図を示す。

第 2.2.4-8 表 66kV 起動用開閉所基礎の支持性能評価結果

配置場所	照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
北側	最大接地圧	143 (kN/m ²)	392 (kN/m ²)	○
南側	最大接地圧	112 (kN/m ²)	196 (kN/m ²)	○

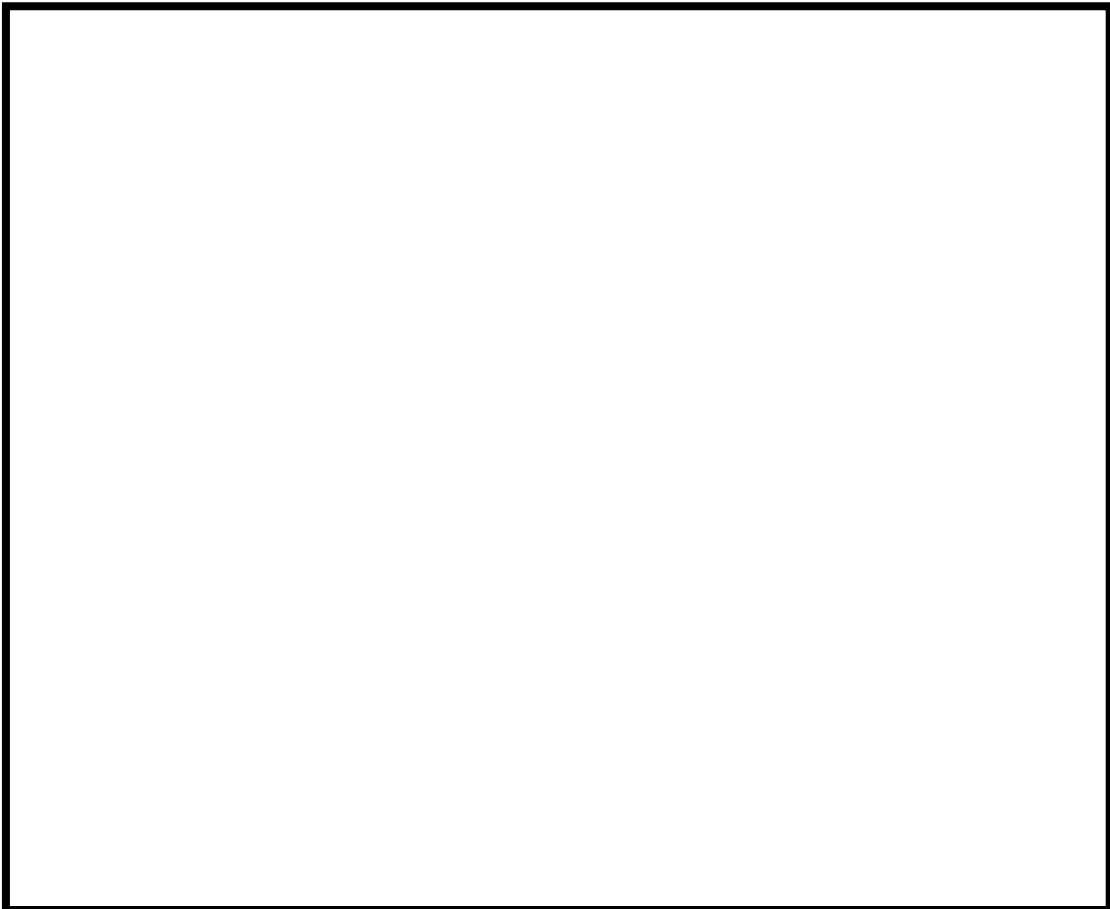
*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-18 図 66kV 起動用開閉所位置



第 2.2.4-19 図 66kV 起動用開閉所（北側）基礎構造図



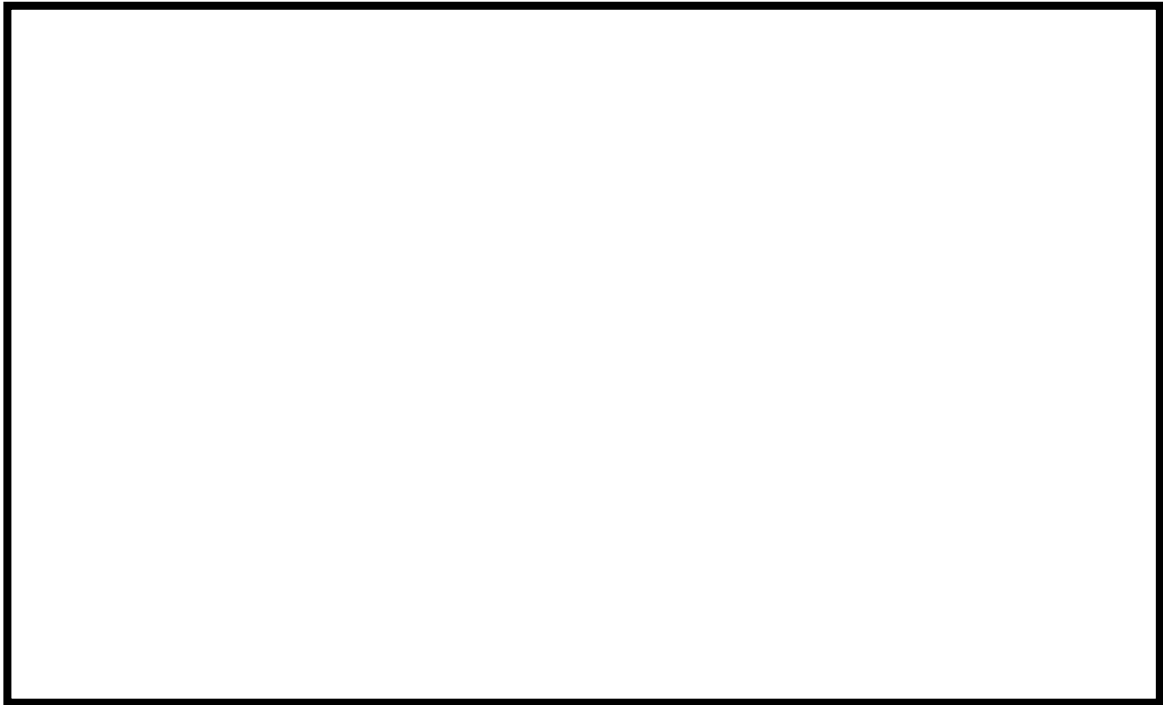
第 2.2.4-20 図 66kV 起動用開閉所（南側）基礎構造図

2.2.4.2.4 ケーブル洞道設置地盤の支持性能について

154kV 開閉所から柏崎刈羽 6 号及び 7 号炉まではケーブル洞道を通して接続している
(第 2.2.4-21 図)。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

ケーブル洞道設置地盤の支持性能については、ケーブル洞道の構造の相違により、
154kV 開閉所から 66kV 起動用開閉所（南側）にかけて、66kV 起動用開閉所（南側）から
66kV 起動用開閉所（北側）にかけて、500kV 電力ケーブル洞道及び 6 号炉 C V ケーブル洞
道の 4 つのエリアに区分した上で、検討している。

各エリアでは、評価式の特性を考慮して、ケーブル洞道の設置深さが浅くかつ、断面形
状の縦横比が大きい位置を代表断面として選定し、支持性能を確認した。



第 2.2.4-21 図 全体平面図

(1) 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）

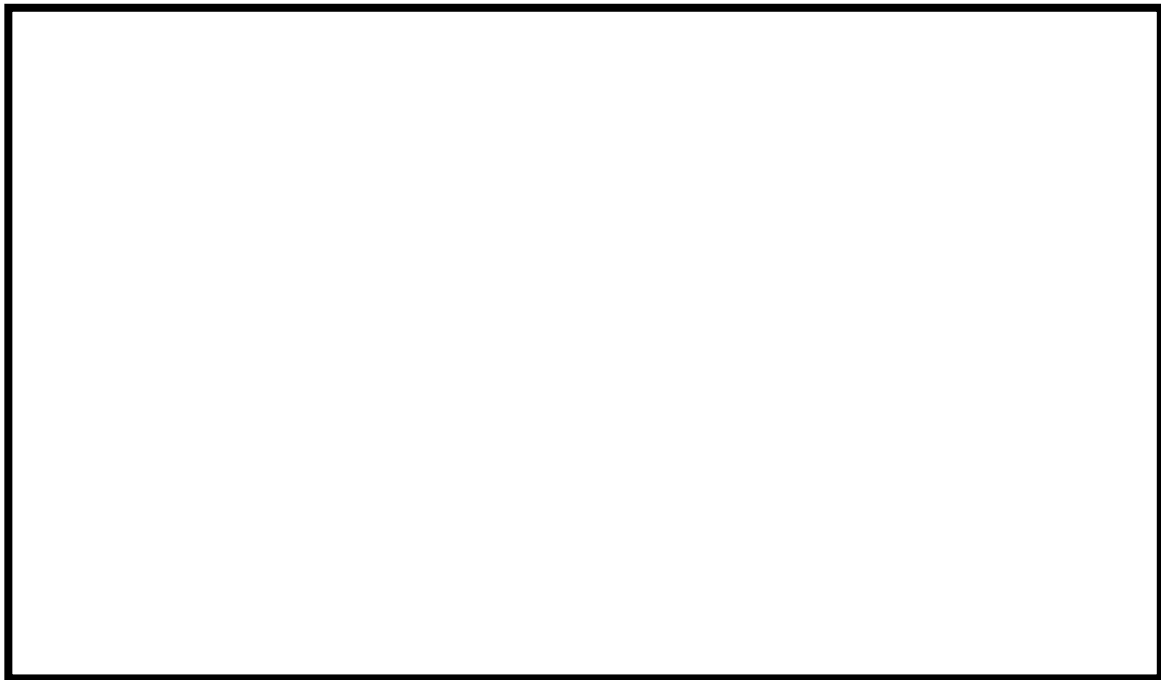
154kV 開閉所から 66kV 起動用開閉所（南側）にかけてのケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-9 表に 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道支持性能評価結果，第 2.2.4-22 図に 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道位置図，第 2.2.4-23 図に 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道断面図を示す。

第 2.2.4-9 表 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	77 (kN/m ²)	1,142 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-22 図 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道位置図



第 2.2.4-23 図 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道断面図

(2) 66kV 起動用開閉所（南側～北側）

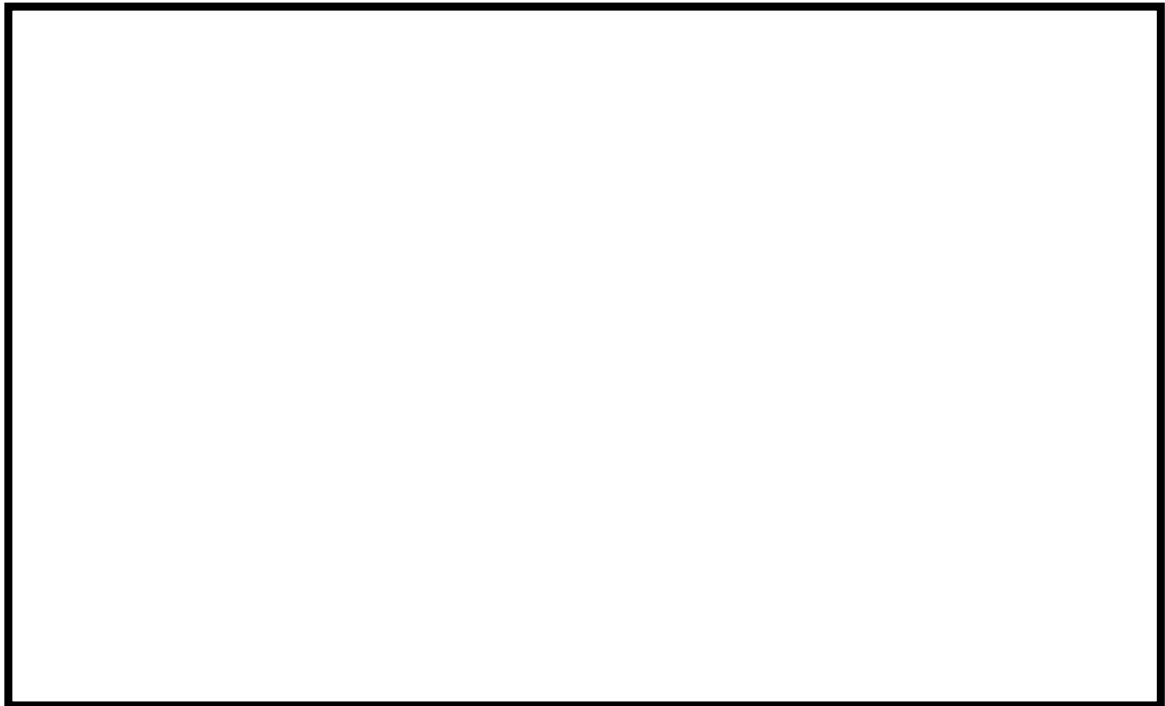
66kV 起動用開閉所（南側）から 66kV 起動用開閉所（北側）にかけてのケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-10 表に 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道支持性能評価結果、第 2.2.4-24 図に 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道位置図、第 2.2.4-25 図に 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道断面図を示す。

第 2.2.4-10 表 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	115 (kN/m ²)	284 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-24 図 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道位置図



第 2.2.4-25 図 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道断面図

(3) 500kV 電力ケーブル洞道

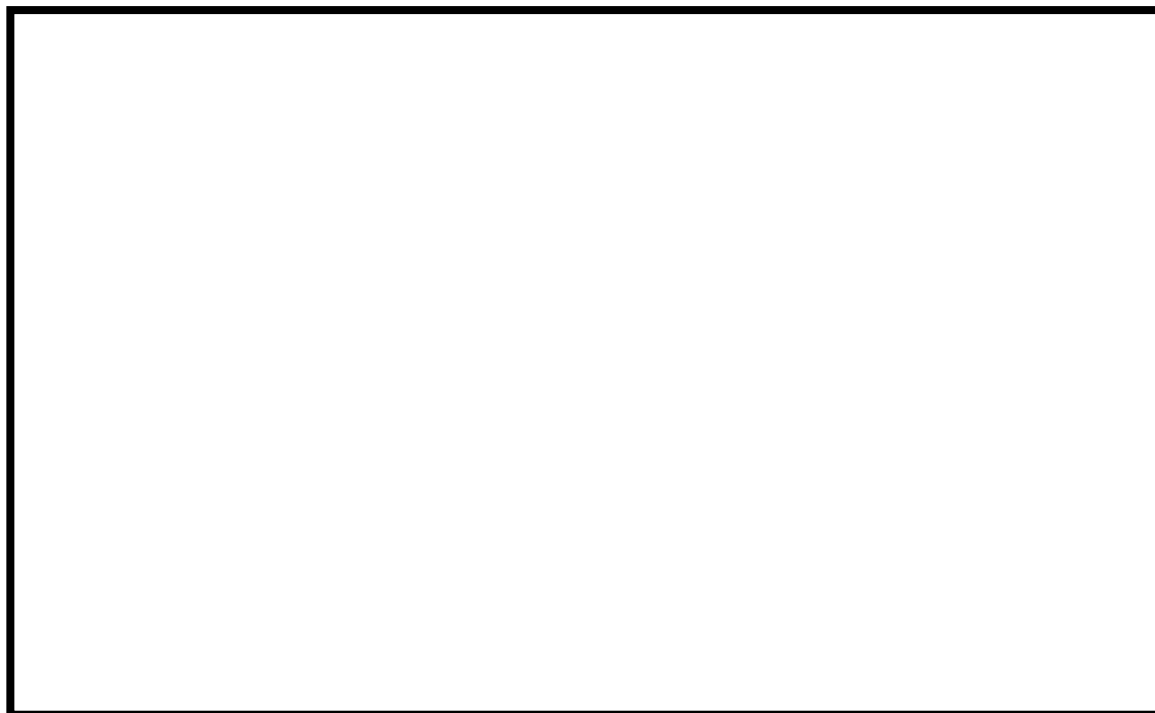
500kV 電力ケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-11 表に 500kV 電力ケーブル洞道支持性能評価結果，第 2.2.4-26 図に 500kV 電力ケーブル洞道位置図，第 2.2.4-27 図に 500kV 電力ケーブル洞道断面図を示す。

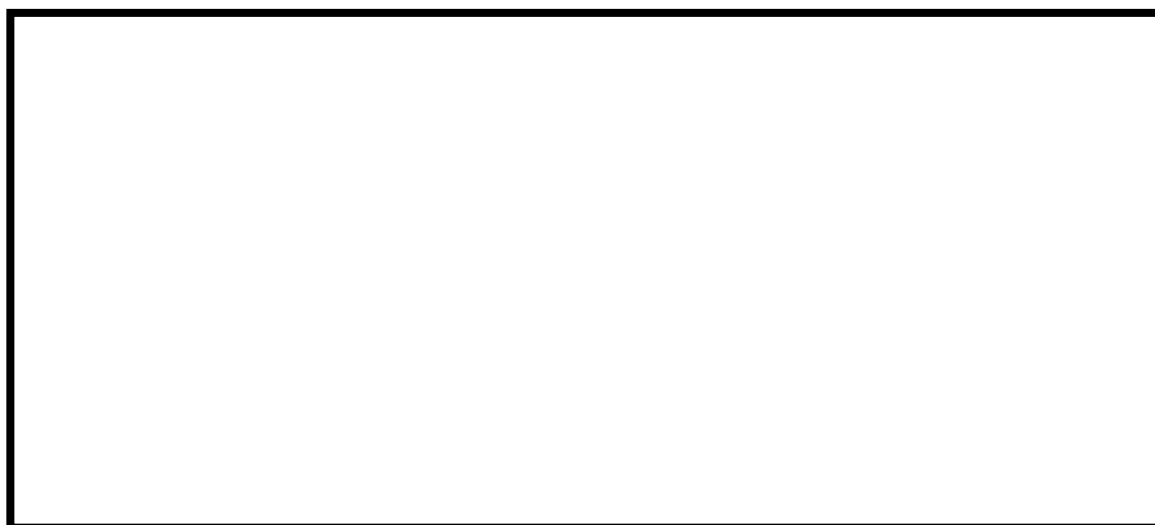
第 2.2.4-11 表 500kV 電力ケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	153 (kN/m ²)	1,920 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-26 図 500kV 電力ケーブル洞道位置図



第 2.2.4-27 図 500kV 電力ケーブル洞道断面図

(4) 6号炉CVケーブル洞道

6号炉CVケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ciの地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

第2.2.4-12表に6号炉CVケーブル洞道支持性能評価結果、第2.2.4-28図に6号炉CVケーブル洞道位置図、第2.2.4-29図に6号炉CVケーブル洞道断面図を示す。

第2.2.4-12表 6号炉CVケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	160(kN/m ²)	1,800(kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる(十分な支持性能を確保)。



第2.2.4-28図 6号炉CVケーブル洞道位置図



第2.2.4-29図 6号炉CVケーブル洞道断面

2.2.4.2.5 基礎及びケーブル洞道の不等沈下による影響について

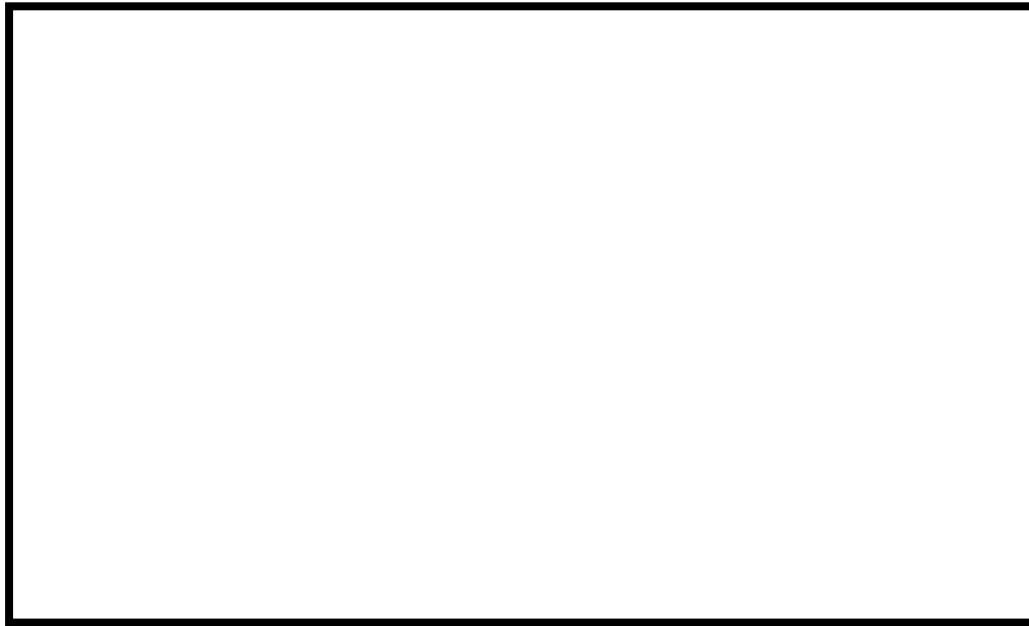
(1) 不等沈下に伴う被害事例

平成 19 年新潟県中越沖地震時には、3 号炉所内変圧器（杭基礎構造，岩盤支持）と、二次側接続母線部ダクト（直接基礎構造，埋戻土支持）の間で約 20cm の不等沈下が発生した。この不等沈下の影響によりダクトがブッシングに衝突し、ブッシング部が破損したために絶縁油が漏えい、短絡によるアーク放電が漏れた絶縁油に引火して、火災に繋がるという事象が発生した。

不等沈下が起きやすい場所は、このように、それぞれが独立した異なる種類の基礎であり、かつ、埋戻土等の沈下が起きやすい地層に設置されている場所と考えられる。

(2) 評価対象箇所を選定

6 号及び 7 号炉の保安電源のケーブルラインは、直接基礎（第 2.2.4-30 図及び第 2.2.4-13 表に設置状況を、第 2.2.4-31 図に代表断面を記載）のケーブル洞道（鉄筋コンクリート構造）内に敷設しているが、杭基礎構造の予備電源変圧器及び工事用変圧器と、ケーブル洞道との間は、異種基礎の接続箇所となっている。このため、当該接続箇所について変位量を算出し、影響評価を行った。なお、ケーブル洞道については、約 20m ほどの目地部を境に構造が独立しているため、目地部で変位を緩和することができるとともに、設置地盤の支持力も十分にあることから、設備に影響を与えるような不等沈下は起こらない設計となっている。

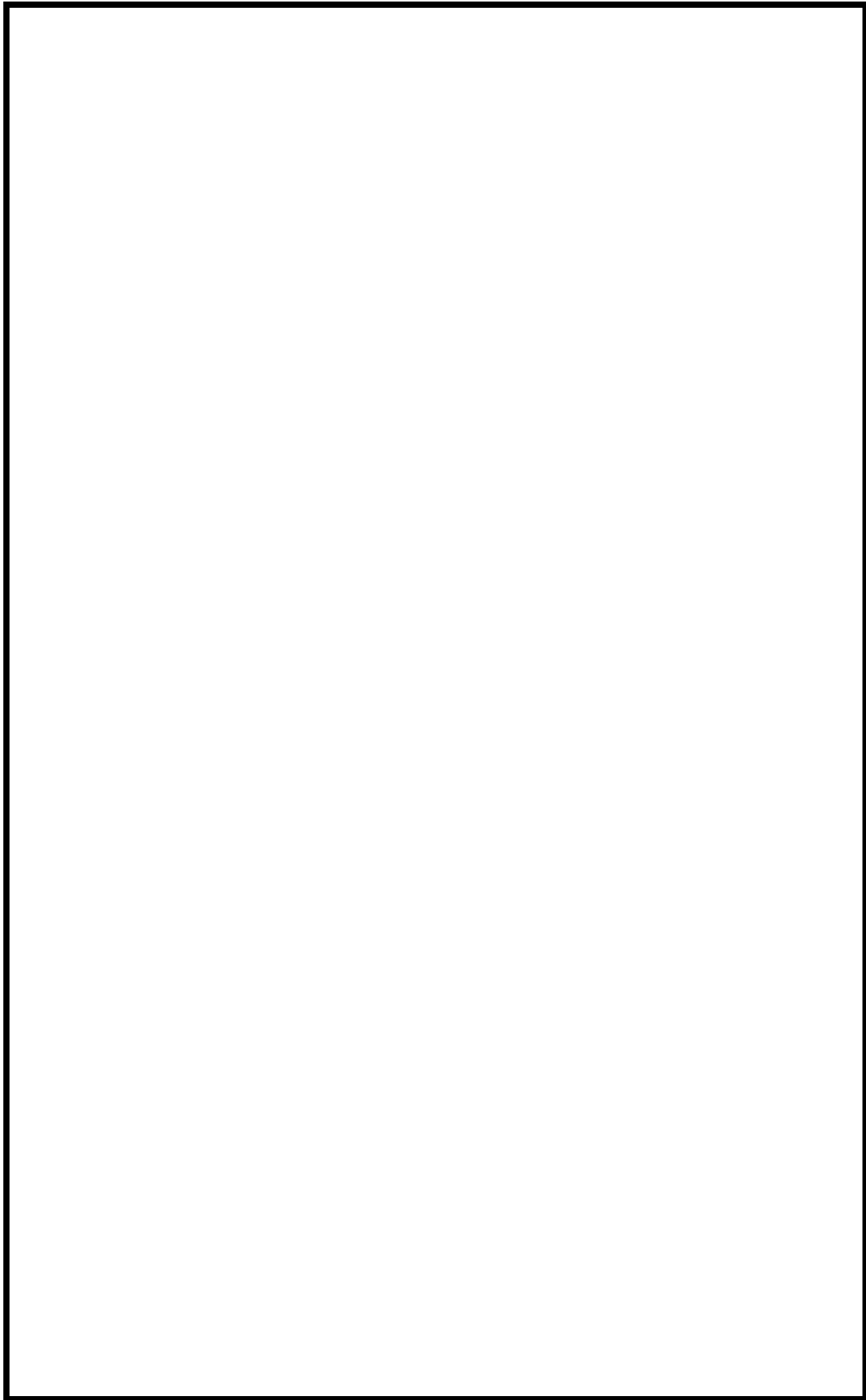


第 2. 2. 4-30 図 6 号及び 7 号炉保安電源ケーブルライン全体平面図

第 2. 2. 4-13 表 6 号及び 7 号炉保安電源ケーブルラインの基礎構造形式と設置地盤

設備名称	基礎構造形式	主な支持地盤	検討要否	備考
154kV 開閉所	直接基礎	番神砂層	×	同一基礎形式
ケーブル洞道	直接基礎	番神砂層		
予備電源変圧器 工事用変圧器	杭基礎	古安田層※	○	異種基礎形式
ケーブル洞道	直接基礎	番神砂層 新期砂層	○	異種基礎形式
66kV 起動用開閉所 (南側)	直接基礎	古安田層※	×	同一基礎形式
ケーブル洞道	直接基礎	古安田層※	×	同一基礎形式
66kV 起動用開閉所 (北側)	直接基礎	古安田層※	×	同一基礎形式
500kV 電力 ケーブル洞道	直接基礎	新期砂層 盛土	×	同一基礎形式
6 号炉 CV ケーブル洞道	直接基礎	古安田層※	×	同一基礎形式
6 号炉 起動変圧器	直接基礎	西山層	×	同一基礎形式

※安田層下部層の MIS10～MIS7 と MIS6 の境界付近の堆積物については、本資料では『古安田層』と仮称する。



第 2. 2. 4-31 図 6 号及び 7 号炉保安電源用ケーブルを内包する洞道及び基礎の代表断面図

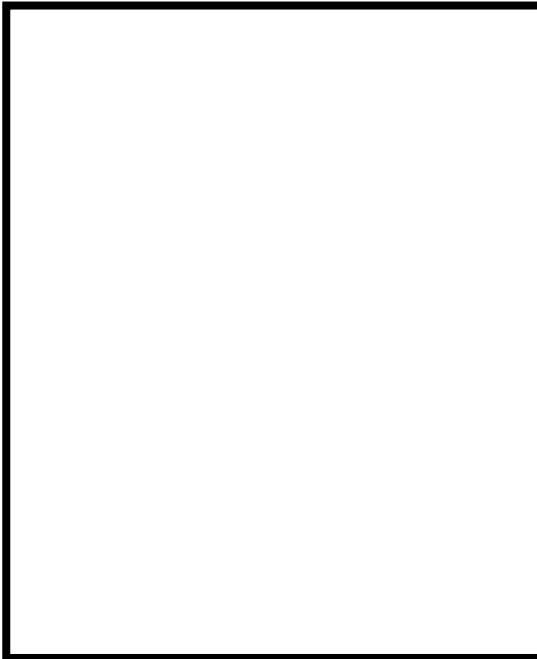
(3) 評価手法及び評価結果

変圧器は、杭基礎構造で古安田層に支持されており、ケーブル洞道は、直接基礎構造で番神砂層に支持されている。154kV 開閉所周辺平面図を第 2.2.4-32 図に、154kV 開閉所付近ボーリング柱状図を第 2.2.4-33 図、変圧器基礎の断面図及び解析モデル概念図を第 2.2.4-34 図に示す。地震時の沈下量は、粘性土主体の古安田層では小さく、砂質土主体である番神砂層で大きくなるため、変圧器（杭基礎、古安田層支持）とケーブル洞道（直接基礎、番神砂層支持）との相対沈下量は、番神砂層の沈下量に等しいものと考えて、影響評価を行った。

解析モデルの概念図を第 2.2.4-34 図に示す。地盤は番神砂層をモデル化し、上端を T. M. S. L. +27.0m の地表面、下端を T. M. S. L. +20.2m の古安田層上面とした。地震力は地表面で 1.0Ci とし、各要素に深度相当の地震力を静的に作用させ、静的非線形解析により求めたせん断ひずみから沈下量を算定した。

評価結果は第 2.2.4-14 表に示すとおり、沈下量が 1cm 以下である。

以上のことから、基礎及びケーブル洞道の不等沈下について、想定される相対沈下量は、ケーブルの性能に影響を与えるものではなく、設置地盤は十分な支持性能を確保していることを確認した。



第 2.2.4-32 図 154kV 開閉所周辺平面図



第 2.2.4-33 図 154kV 開閉所付近ボーリング柱状図



第 2.2.4-34 図 工事用変圧器～予備電源変圧器断面図及び解析モデル概念図(a-a' 断面)

第 2.2.4-14 表 地盤沈下量の算定結果

地層名	層厚	沈下量
番神砂層	6.8m	

2.2.4.2.6 設置地盤の液状化について

液状化の影響について、道路橋示方書・同解説（V耐震設計編，平成14年3月）に基づき，1.0Ciの地震力に対して液状化判定を実施する。

開閉所及びケーブル洞道の主な設置地盤は，第2.2.4-13表に示すとおり，基礎岩盤である西山層，更新統である古安田層，番神砂層，完新統である新期砂層，盛土層に分類される。このうち，液状化強度が最も低い盛土層に設置された500kV電力ケーブル洞道について， F_L 法に基づいた液状化判定を行う。なお，構造物の評価断面位置は第2.2.4-26図，断面図は第2.2.4-27図のとおりである。

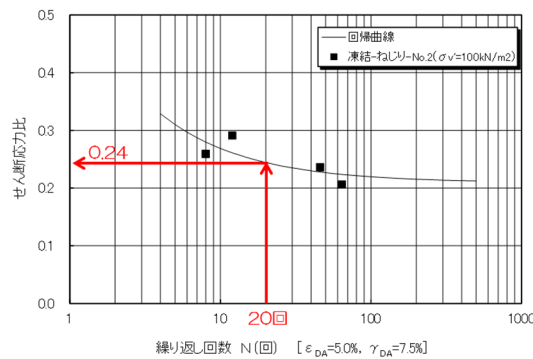
$$F_L = R / L$$

F_L ：液状化に対する抵抗率

R：動的せん断強度比

L：地震時せん断応力比

動的せん断強度比Rは，繰り返し回数20回で軸ひずみ両振幅 ε_{DA} が5%（せん断ひずみ両振幅 γ_{DA} が7.5%）に達するのに要するせん断応力振幅を，初期有効拘束圧で除した値（せん断応力比）として設定する。盛土層の動的せん断強度比Rは，液状化試験結果（第2.2.4-35図）に基づき0.24とする。



第2.2.4-35図 液状化試験結果

評価断面位置の地下水位はT.M.S.L.+8m程度であり，地表面がT.M.S.L.+40mであることから，地下水位が地表面から10m以深であるため，道路橋示方書によれば液状化の検討の必要はないが，ここでは念のため，地下水位が構造物底面レベルのT.M.S.L.+32.2mにあると保守的に仮定して検討を行った。検討に用いる地盤物性値を第2.2.4-15表に示す。

第2.2.4-15表 地盤物性値

地下水位以浅の土の単位体積重量 γ (kN/m ³)	18.6
地下水位以下の土の有効単位体積重量 γ' (kN/m ³)	8.8
地表面 (T.M.S.L.+ (m))	40
地下水位 (T.M.S.L.+ (m))	32.2
設計水平震度 K_h (1.0Ci)	0.2

地震時せん断応力比Lは、地震時せん断応力と有効上載圧 σ_v' の比で定義される。このうち地震時せん断応力は、地盤の全上載圧 σ_v に、地表面からの深さ方向の低減係数 γ_d を考慮した設計水平震度 k_{hg} を乗じたものである。設計水平震度 k_{hg} には、1.0Ciの地震力を用いる。

$$L = \gamma_d \cdot k_{hg} \cdot \sigma_v / \sigma_v'$$

γ_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数 (=1.0-0.015x)

x : 地表面からの深さ [m]

k_{hg} : 地表面における設計水平震度

σ_v : 全上載圧 [kN/m²]

σ_v' : 有効上載圧 [kN/m²]

F_L 法による液状化評価結果を、第2.2.4-16表に示す。

第2.2.4-16表 F_L 法による液状化評価結果

動的せん断強度比R	地震時せん断応力比L	液状化に対する抵抗率 F_L	判定
0.24	0.18	1.33	○

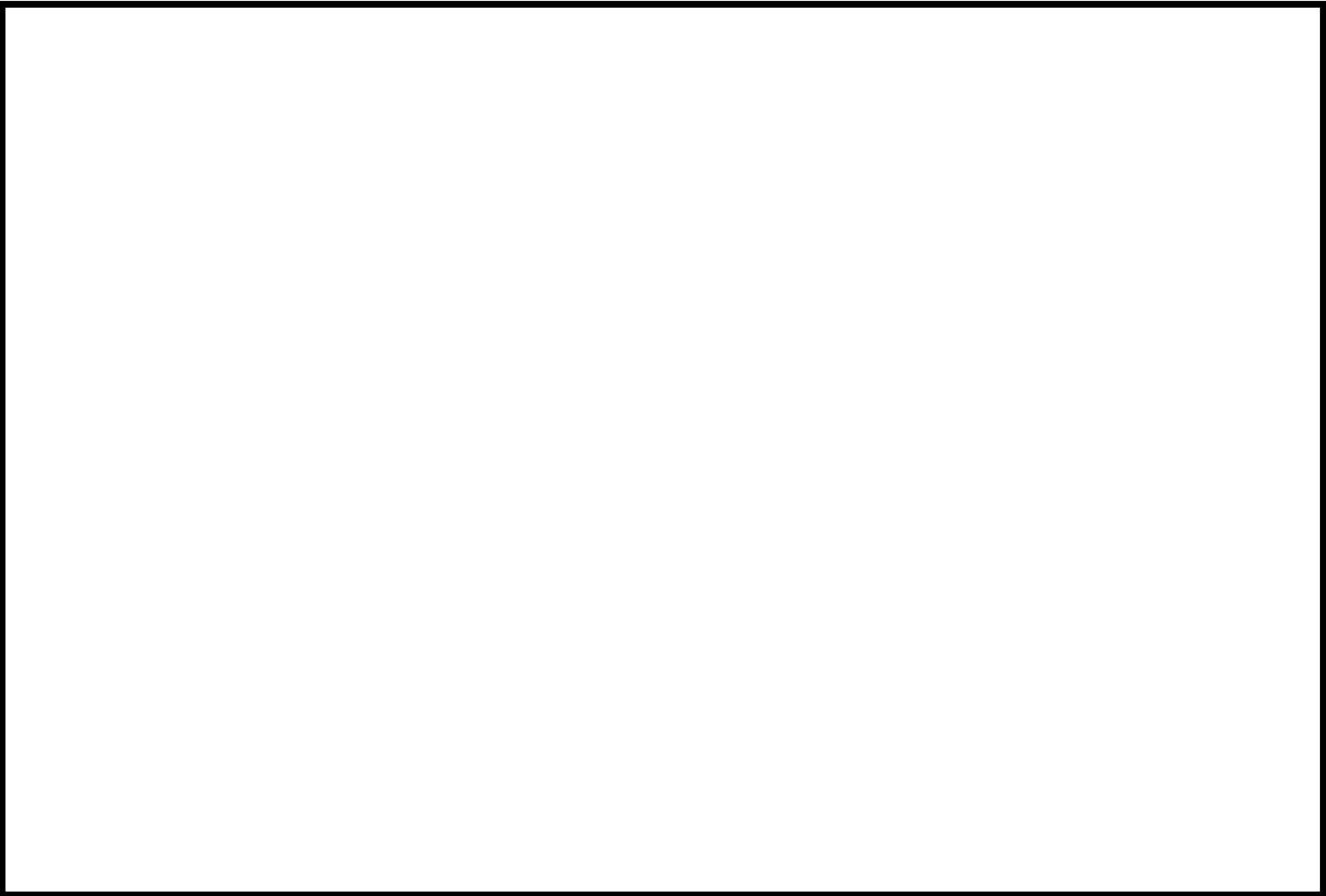
評価の結果、構造物設置レベルにおける液状化に対する抵抗率は $F_L=1.33$ と1.0を上回り、液状化しない判定となることを確認した。上記より、開閉所及びケーブル洞道の設置地盤は、液状化しないと判断され、2.2.4.2.3及び2.2.4.2.4に示すとおり、地盤は十分な支持性能を確保している。

2.2.4.2.7 ケーブル洞道設置地盤安定性に関する地すべり性断層の影響について

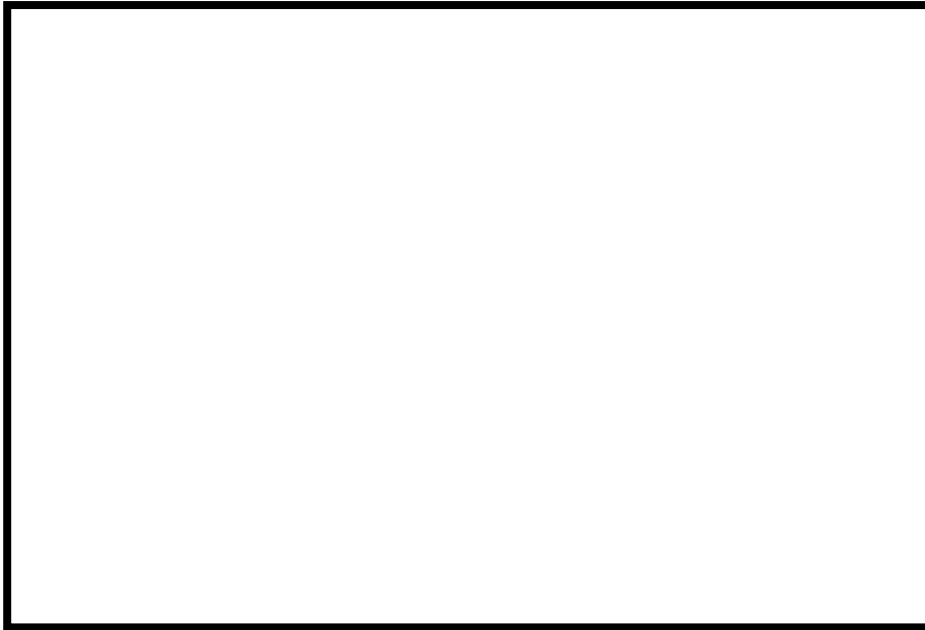
保安電源のケーブルラインの設置地盤については、耐震クラスCとして十分な支持性能を持つ地盤に設置することとしており、2.2.4.2.4にその評価結果を示した。

ただし、500kV 超高圧開閉所付近のケーブル洞道設置位置では、地すべり性の断層が推定されている。現状では、地すべりの原因となったことが推定される北側の番神砂層及び大湊砂層の高まりが造成により取り去られていることから、地盤は十分に安定していると定性的に判断されるが(第2.2.4-36図～第2.2.4-38図)、念のために定量的な評価を行った。

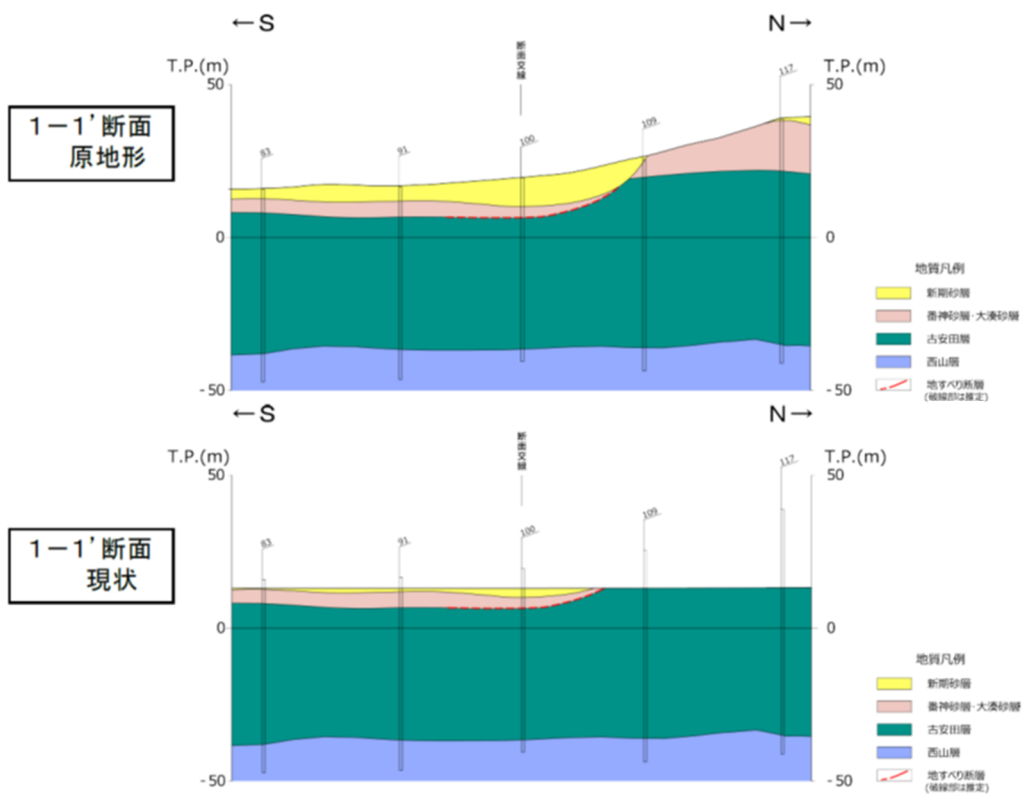
評価は円弧すべり法により行い、新期砂層及び番神砂層の密度については、密度試験結果より設定し、すべり線上のせん断強度については、荒浜側における各断層のせん断強度のうち、浅部で最も保守的な設定となるF₅断層の残留強度相当とした。1.0Ciの地震力に対する地盤安定性評価を実施した結果、最小すべり安全率は15.5であり、設置地盤は十分安定していることを確認した。(第2.2.4-17表、第2.2.4-18表、第2.2.4-39図)



第 2. 2. 4-36 図 建設時に確認された古安田層以浅の地すべり性断層位置



第 2. 2. 4-37 図 建設時に確認された古安田層以浅の地すべり性断層位置 (拡大図)



第 2. 2. 4-38 図 解析断面位置地質縦断図 (上図：原地形，下図：現状)

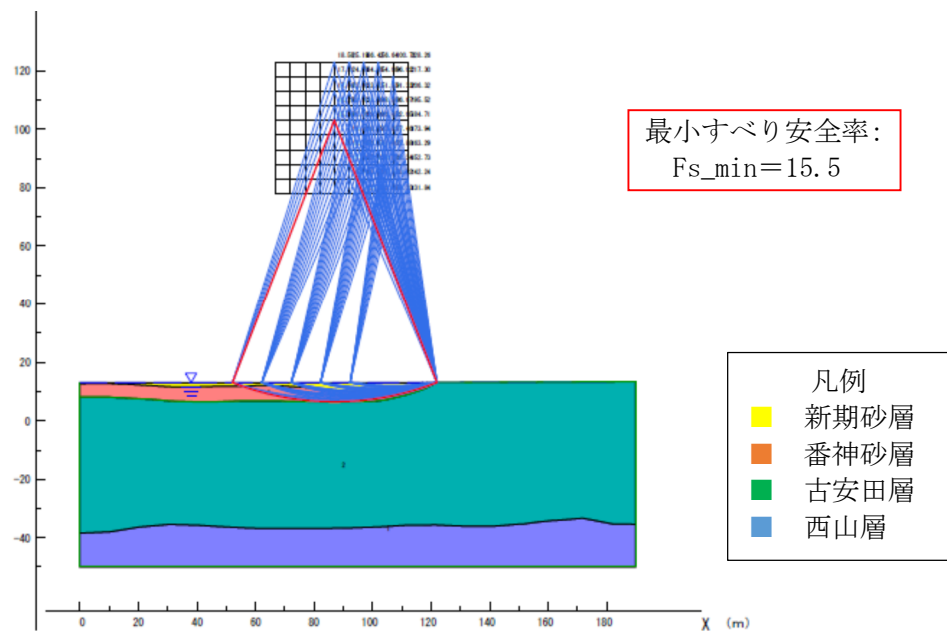
第 2. 2. 4-17 表

地層区分	密度 (g/cm ³)
新期砂層	1.82
番神砂層	1.93

第 2. 2. 4-18 表

すべり線上のせん断強度 (N/mm ²)
0.23+0.24P

T. M. S. L. (m)



第 2. 2. 4-39 図 円弧すべり法による地盤安定性評価結果

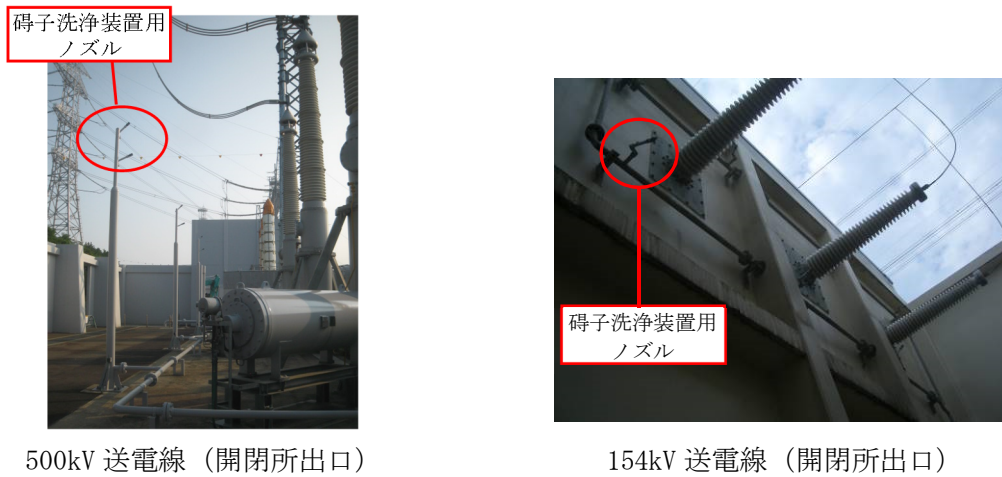
2.2.4.2.8 津波の影響，塩害対策

塩害に対しては，定期的に碍子洗浄が可能なる設計とする。(第2.2.4-40 図参照)【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

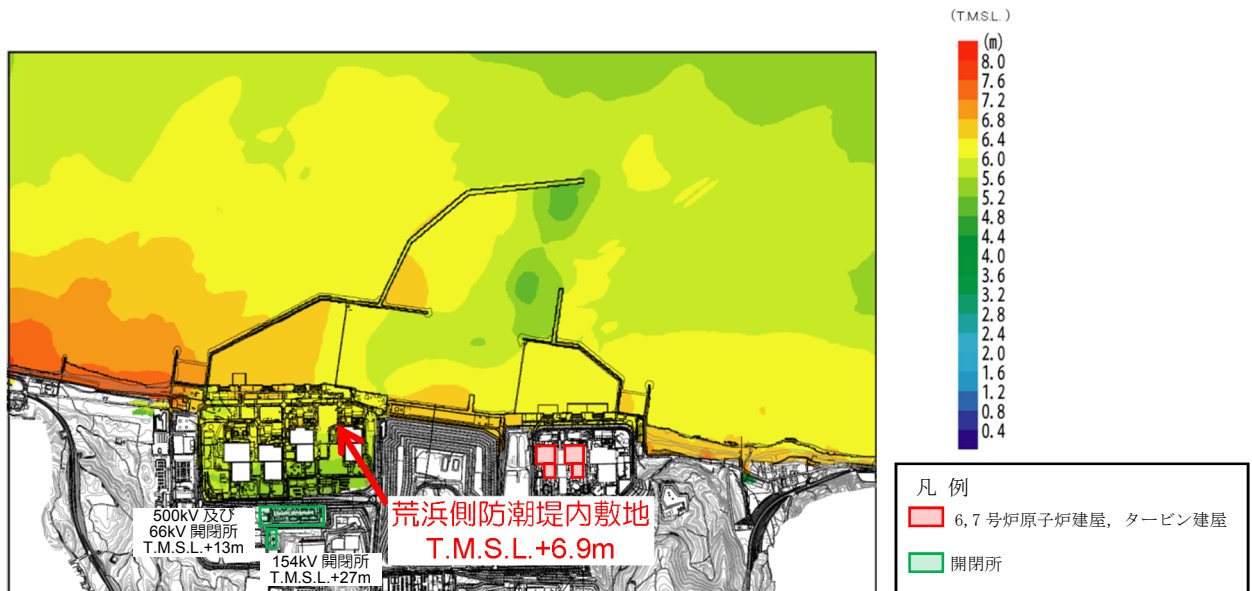
津波による影響に対しては，設計基準津波高さが最大で T.M.S.L.※1 +6.9m に対し，500kV 超高圧開閉所及び 66kV 起動用開閉所高さが T.M.S.L. +13.0m, 154kV 開閉所高さが T.M.S.L. +27.0m であり，津波の影響を受けない設計とする。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

第2.2.4-41 図に基準津波における遡上波による最大水位分布(詳細は，第5条:津波による損傷の防止 別添1 耐津波設計方針について 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域を参照。)を示す。

※1. T.M.S.L. : 東京湾平均海面



第2.2.4-40 図 碍子洗浄装置外観



第2.2.4-41 図 柏崎刈羽原子力発電所の敷地高さとの関係

2.3 外部電源喪失時における発電所構内の電源の確保

2.3.1 非常用所内電源設備及びその附属設備の信頼性

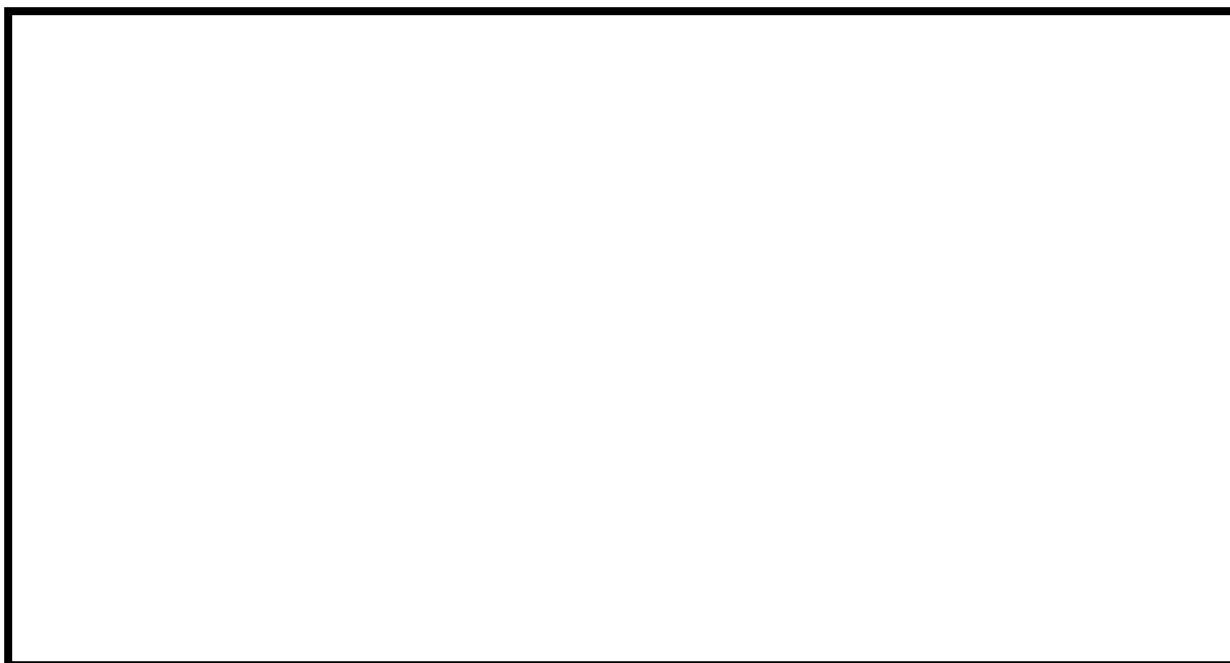
2.3.1.1 多重性又は多様性及び独立性

非常用ディーゼル発電機及びその附属設備は、多重性及び独立性を考慮して、必要な容量のものを3台備え、各々非常用高圧母線に接続している。また、蓄電池（非常用）及びその附属設備は、4系統を各々別の場所に設置し、多重性及び独立性を確保している。【設置許可基準規則第33条 第7項】

非常用ディーゼル発電機及びその附属設備は、常用系との独立性を考慮して、非常用所内電源設備は原子炉建屋地下1階及び地上1階、常用所内電源設備はコントロール建屋地下2階と別の場所に設置することにより、共通要因により機能が喪失しない設計とする。

2.3.1.1.1 非常用所内電源設備の配置

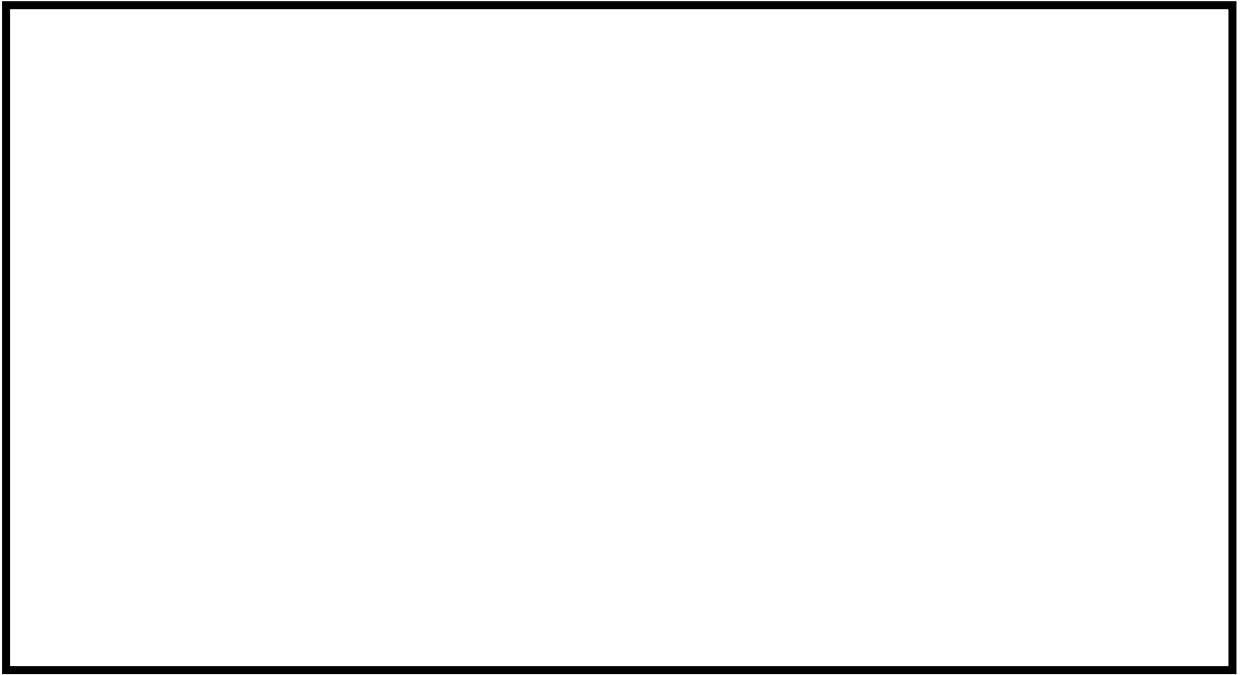
非常用所内電源設備は、区分Ⅰ、区分Ⅱ、区分Ⅲ及び区分Ⅳに区画された電気室等に設置している。第2.3.1-1図～第2.3.1-7図に非常用所内電源設備の配置位置を示す。



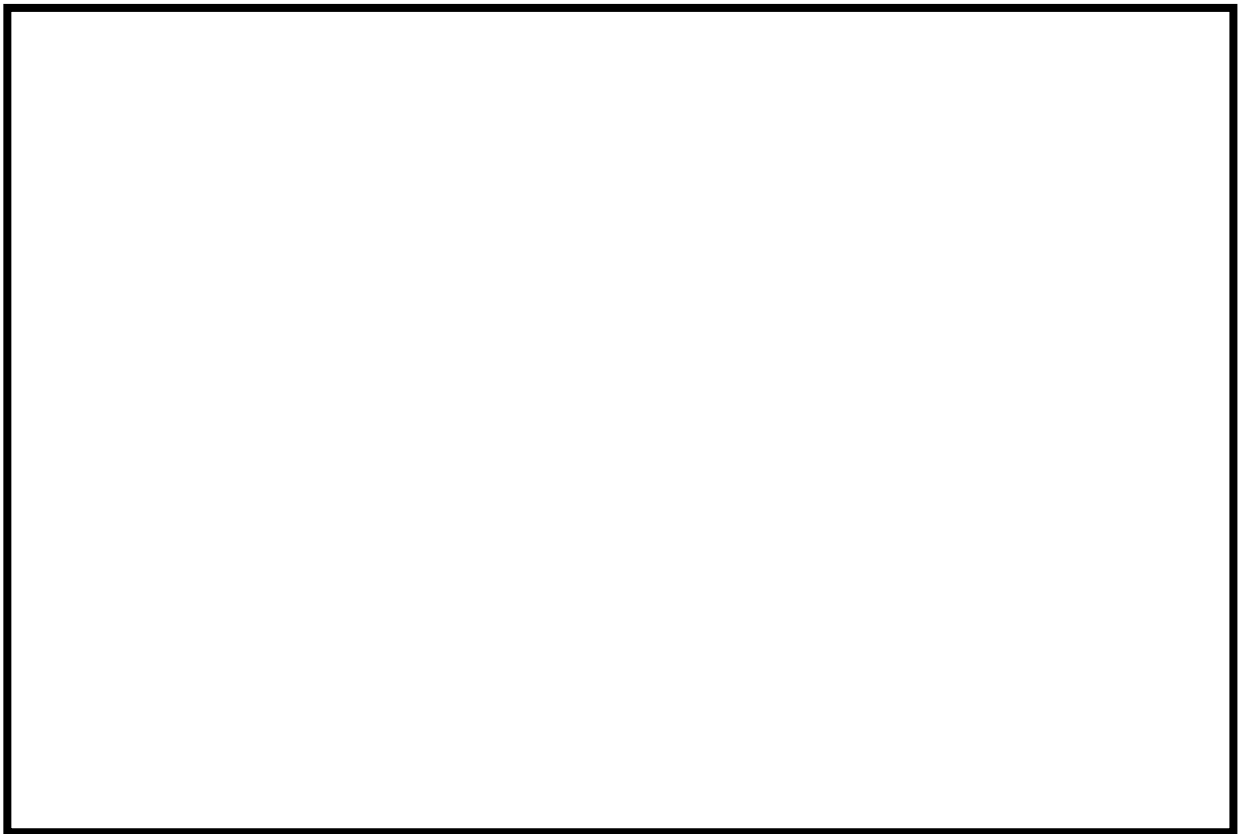
第 2.3.1-1 図 非常用ディーゼル発電機及び非常用高圧母線の配置 (6 号炉)



第 2.3.1-2 図 蓄電池 (非常用) 及び計測制御用電源設備の配置 (6 号炉)



第 2.3.1-3 図 非常用ディーゼル発電機及び非常用高圧母線の配置 (7 号炉)



第 2.3.1-4 図 蓄電池 (非常用) 及び計測制御用電源設備の配置 (7 号炉)



第 2.3.1-5 図 燃料ディタンクの配置 (6 号炉)



第 2.3.1-6 図 燃料ディタンクの配置 (7 号炉)



第 2.3.1-7 図 軽油タンク及び燃料移送ポンプの配置 (6 号及び 7 号炉)

2.3.1.1.2 非常用所内電源設備の共通要因に対する頑健性

非常用交流電源設備は3系統、非常用直流電源設備は4系統あり、基準地震動に対して支持機能が維持可能な建物である原子炉建屋及びコントロール建屋内の区画された部屋に設置(別添7)し、主たる共通要因(地震、津波、火災、溢水)に対し、頑健性を有している。第2.3.1-1表に非常用所内電源設備の主たる共通要因に対する頑健性を示す。

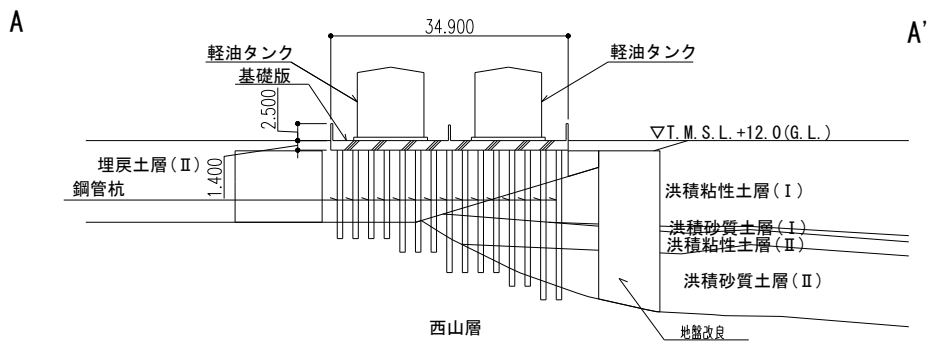
第2.3.1-1表 非常用所内電源設備の主たる共通要因に対する頑健性

共通要因	対応方針	状況
地震	設計基準地震動に対して十分な耐震性を有する設計とする。	設計基準地震動に対して、建屋及び安全系の電気設備が機能維持できる設計としている。
津波	設計基準津波に対して、浸水や波力等により機能喪失しない設計とする。	6/7号の敷地高さは12mであり、遡上域における最大遡上高さ(8.3m(大湊側))より高いため津波流入のおそれがない。また、浸水防止設備を設置することにより非常用電源設備が配置されているエリアへの浸水を防止している。
火災	適切な耐火能力を有する耐火壁(障壁)で分離を行うか、適切な離隔距離で分離した配置設計とする。	火災防護審査基準で要求される3時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁により異なる系統の非常用電気品室、計測制御電源室及び蓄電池室は分離し、自動若しくは中央制御室にて遠隔操作可能な固定式消火設備を設置する。
溢水	想定すべき溢水(没水、蒸気及び被水)に対し、影響のないことを確認、若しくは溢水源等に対し溢水影響のないよう設備対策を実施する設計とする。	地震等による溢水を想定しても、電気盤が機能喪失にならないことを確認している。 なお、非常用電気品室、計測制御電源室及び蓄電池室には蒸気源及び溢水源はない。

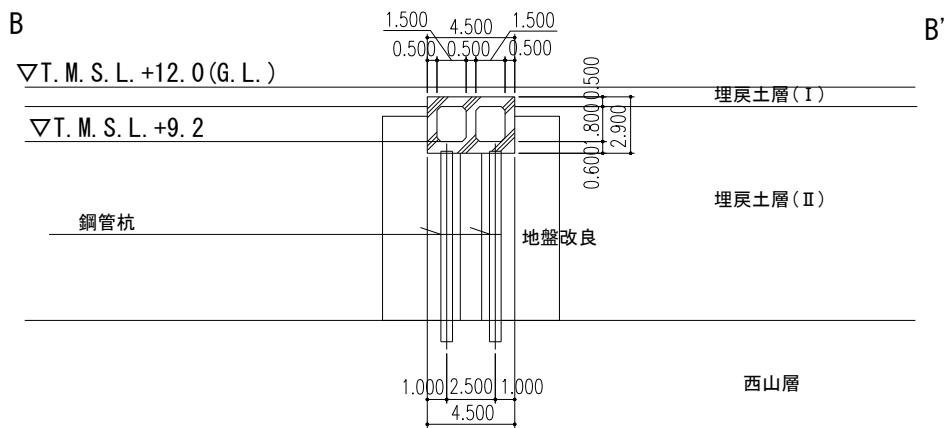
軽油タンク及び燃料移送ポンプは屋外に設置されているが、軽油タンクから燃料移送ポンプまで、及び燃料移送ポンプから燃料ディタンクまでには連絡配管が設けられており、軽油タンク及び燃料移送ポンプいずれか1系統が使用できない場合でも、原子炉建屋内にある3系統の燃料ディタンクに燃料を供給可能な設計としている。また、燃料ディタンクは外部からの燃料補給がなくても一定時間非常用ディーゼル発電機に燃料を供給可能な設計とする。(2.3.1.3項参照)

また、軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトは、耐震クラスSの設備の間接支持構造物として、原子炉建屋と同じ西山層を支持地盤としている(杭基礎形式)。第2.3.1-8図及び第2.3.1-9図に軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトの断面図を示す。

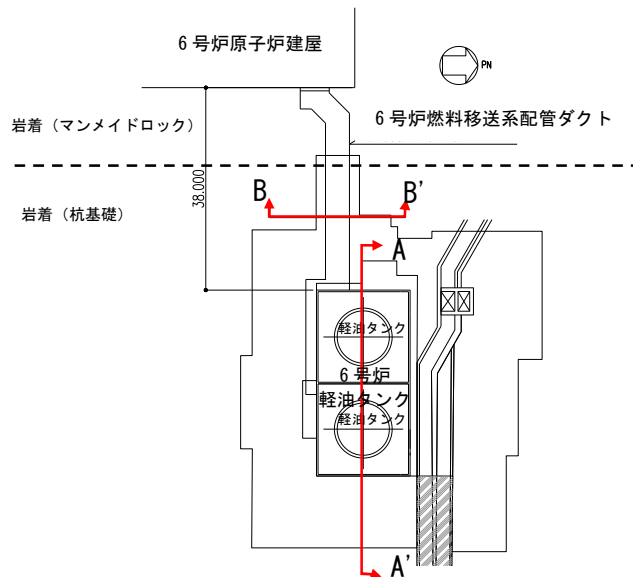
相対変位については、軽油タンク基礎と燃料移送系配管ダクトの基礎構造が同じ杭基礎形式であることから、接続箇所において相対変位が生じにくい構造となっている。燃料移送系配管ダクトと原子炉建屋は、同じ西山層を支持地盤としており、相対変位が生じにくい構造となっているが、基礎構造はダクトが杭基礎形式、建屋が直接基礎形式と異なることから、当該接続箇所について相対変位量を算定し、燃料移送系配管は、相対変位が生じた場合であっても、配管の健全性が確保されるよう、配管及び配管支持構造物を設計する。



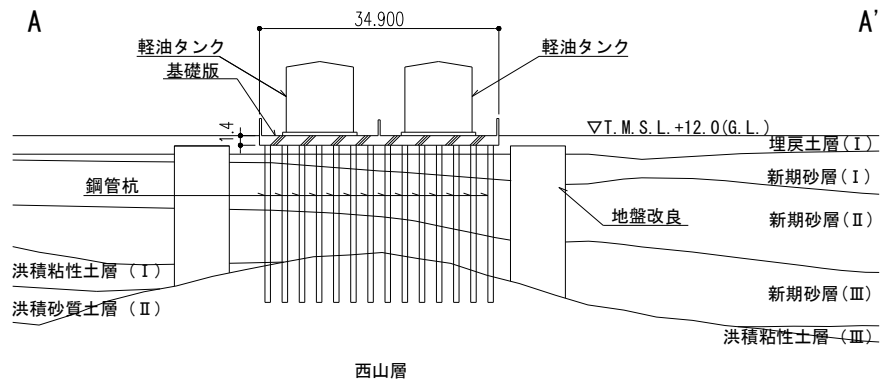
(a) 6号炉軽油タンク基礎断面図



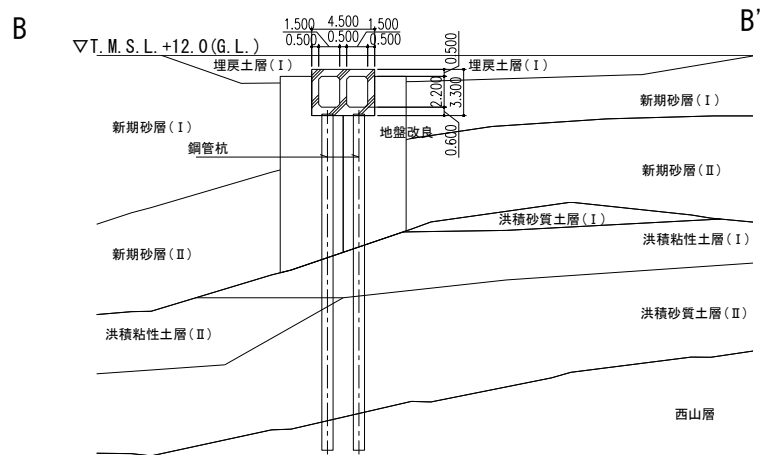
(b) 6号炉燃料移送系配管ダクト断面図 (単位: m)



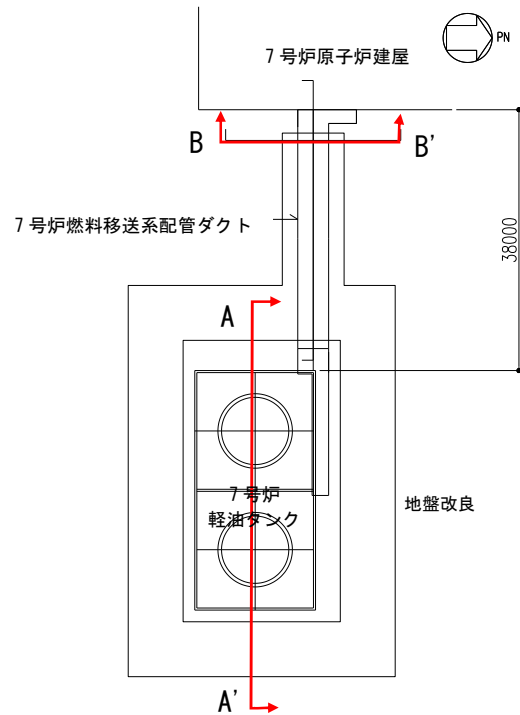
第 2.3.1-8 図 軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトの断面図 (6号炉)



(a) 7号炉軽油タンク基礎断面図



(b) 7号炉燃料移送系配管ダクト断面図



第 2.3.1-9 図 軽油タンク基礎及び燃料移送系配管ダクトの断面図 (7号炉)

2.3.1.2 容量について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉非常用所内電源設備のうち、設計基準事故に対処するための設備は以下のとおりである。

① 非常用ディーゼル発電機

台数： 3

容量： 約 6,250kVA/台 (約 5,000kW/台)

<主な負荷>

- ・外部電源が完全に喪失した場合に、発電用原子炉を安全に停止するために必要な負荷
- ・工学的安全施設作動のための負荷

非常用ディーゼル発電機は、外部電源の喪失及び冷却材喪失事故が発生した際、自動起動して原子力発電所の保安上必要とされる各負荷に電力を供給するために、十分な発電機容量を有する設計とする。

各非常用ディーゼル発電機において、保安上必要とされる負荷を、第 2.3.1-2 表及び第 2.3.1-3 表に示す。

第 2.3.1-2 表 6 号炉非常用ディーゼル発電機の保安上必要とされる負荷

負荷		D/G (A)		D/G (B)		D/G (C)	
		台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)
自動起動	高圧炉心注水系ポンプ	—	—	1	1,400	1	1,400
	残留熱除去系ポンプ	1	540	1	540	1	540
	原子炉補機冷却水ポンプ	2	640 (320/台)	2	640 (320/台)	2	520 (260/台)
	原子炉補機冷却海水ポンプ	2	540 (270/台)	2	540 (270/台)	2	540 (270/台)
	非常用ガス処理装置	1	約 50	1	約 50	—	—
	非常灯	—	約 100	—	約 100	—	約 100
	蓄電池用充電器	—	約 380	—	約 100	—	約 270
	ディーゼル室換気設備	1	約 150	1	約 150	1	約 160
	その他の非常用負荷	—	約 770	—	約 530	—	約 380
手動起動	その他の非常用負荷	—	約 880	—	約 530	—	約 310
合計		—	約 4,050	—	約 4,580	—	約 4,220

※D/G：非常用ディーゼル発電機

第 2.3.1-3 表 7 号炉非常用ディーゼル発電機の保安上必要とされる負荷

負荷		D/G (A)		D/G (B)		D/G (C)	
		台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)
自動起動	高圧炉心注水系ポンプ	—	—	1	1,500	1	1,500
	残留熱除去系ポンプ	1	540	1	540	1	540
	原子炉補機冷却水ポンプ	2	740 (370/台)	2	740 (370/台)	2	300 (150/台)
	原子炉補機冷却海水ポンプ	2	560 (280/台)	2	560 (280/台)	2	560 (280/台)
	非常用ガス処理装置	1	約 30	1	約 30	—	—
	非常灯	—	約 100	—	約 100	—	約 100
	蓄電池用充電器	—	約 380	—	約 100	—	約 270
	ディーゼル室換気設備	1	約 110	1	約 110	1	約 140
その他の非常用負荷	—	約 760	—	約 560	—	約 410	
手動起動	その他の非常用負荷	—	約 1,020	—	約 330	—	約 200
合計		—	約 4,240	—	約 4,570	—	約 4,020

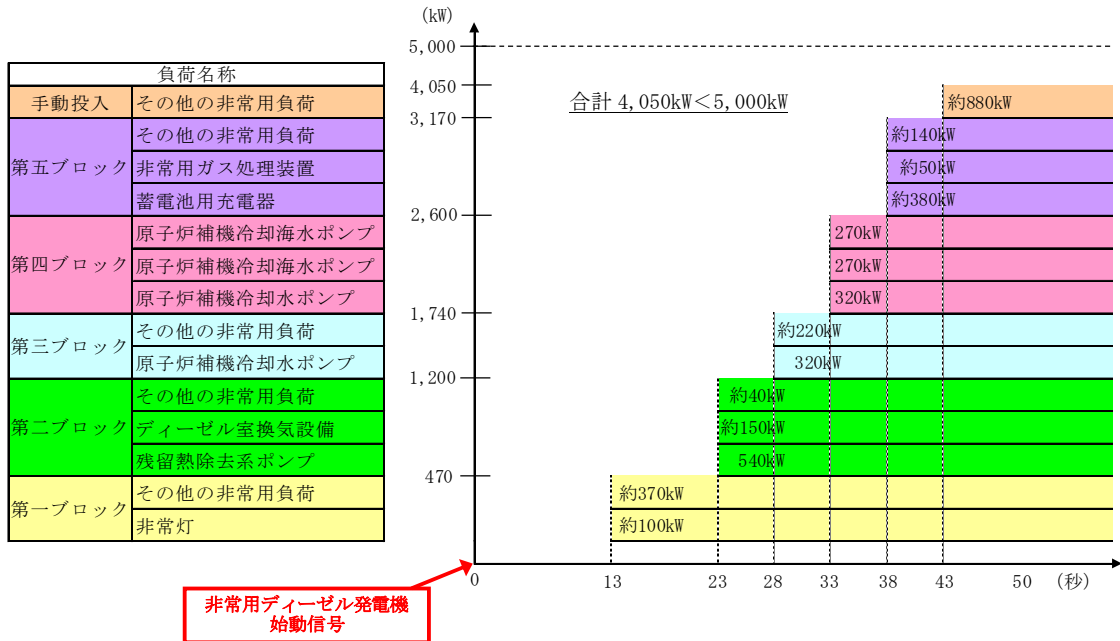
※D/G：非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機は、外部電源が喪失した場合に、発電用原子炉を安全に停止するために必要な電源を供給し、さらに、工学的安全施設作動のための電源も供給する。

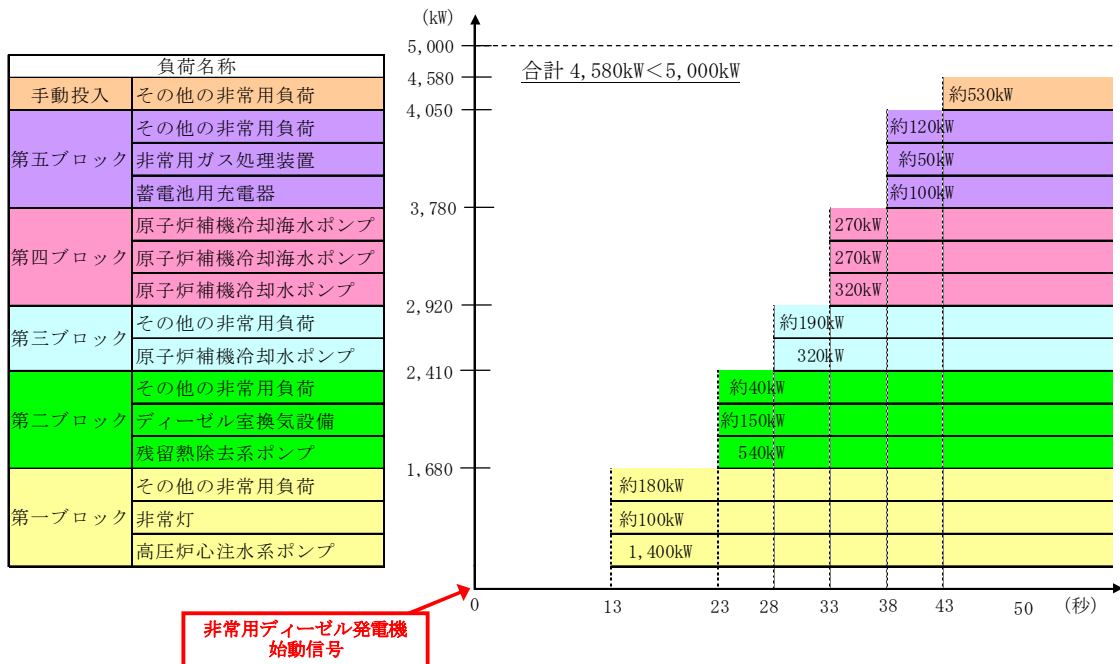
非常用ディーゼル発電機は、多重性を考慮して、必要な容量のものを3台備え、各々非常用高圧母線に接続する。3台のうち1台が故障しても発電用原子炉の安全性は確保できる。

非常用ディーゼル発電機は、非常用高圧母線低電圧信号又は非常用炉心冷却設備作動信号で起動し、約13秒で電圧を確立した後は、各非常用高圧母線に接続し負荷に電源供給する。

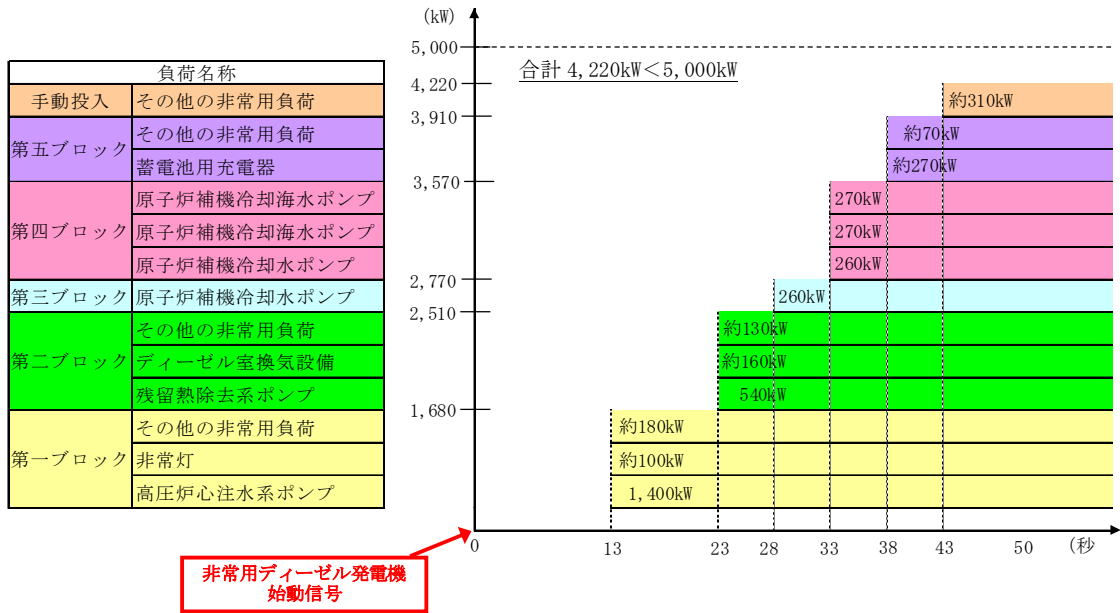
外部電源が喪失し、かつ、冷却材喪失事故が発生した場合の負荷の始動順位を第2.3.1-10図～第2.3.1-15図に示す。



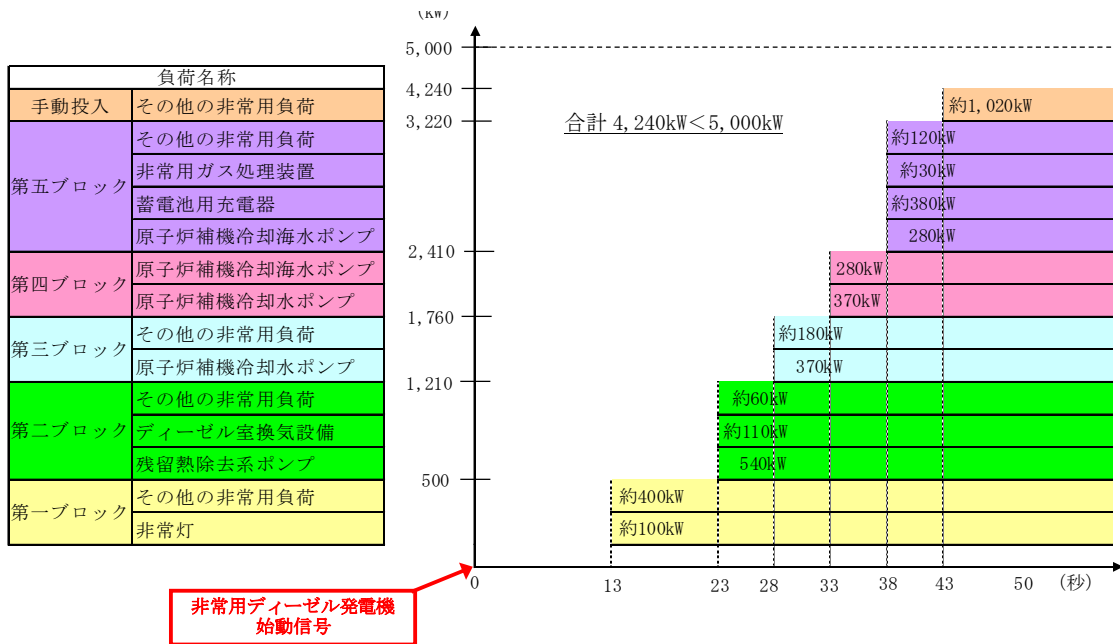
第2.3.1-10図 6号炉非常用ディーゼル発電機 (A) における負荷の始動順位 (外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



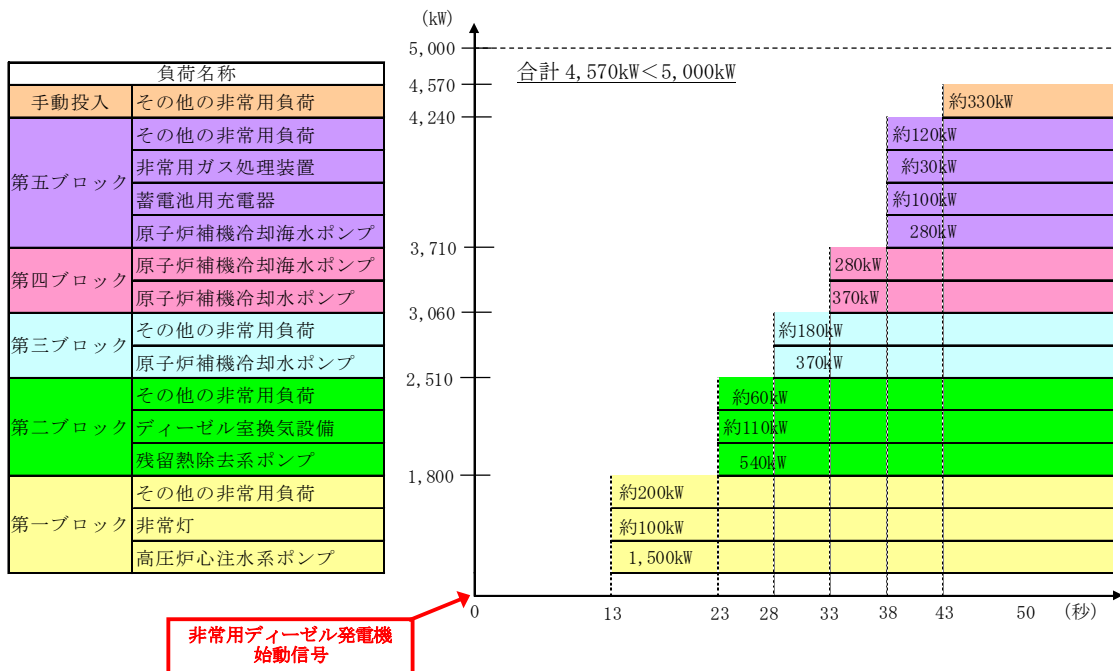
第2.3.1-11図 6号炉非常用ディーゼル発電機 (B) における負荷の始動順位 (外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



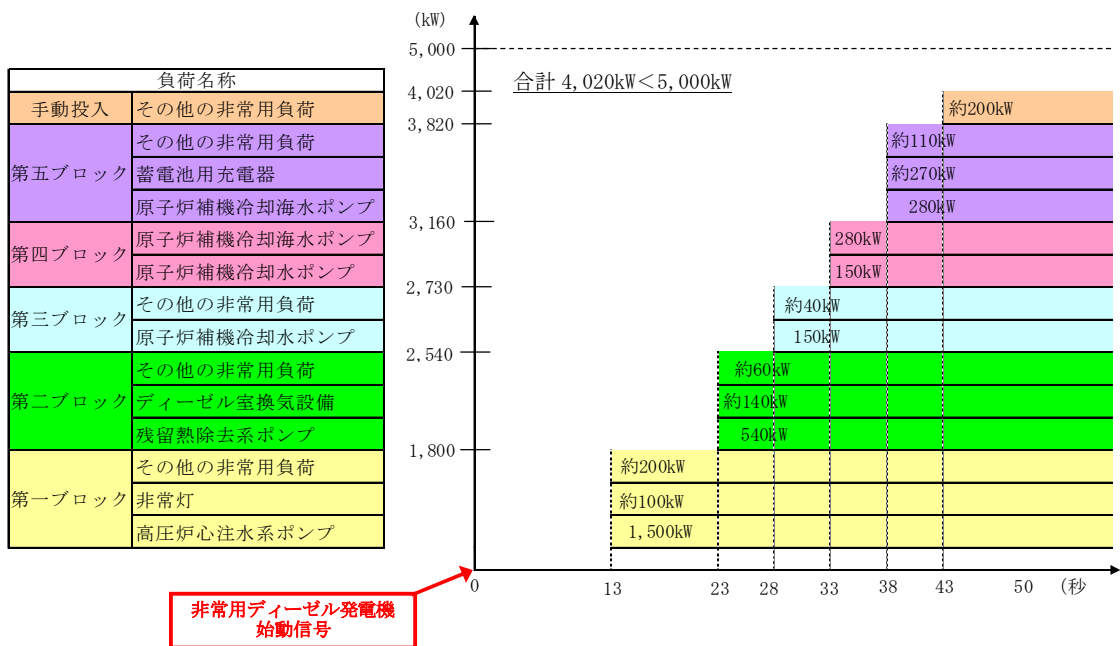
第 2.3.1-12 図 6号炉非常用ディーゼル発電機 (C) における負荷の始動順位 (外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



第 2.3.1-13 図 7号炉非常用ディーゼル発電機 (A) における負荷の始動順位 (外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



第 2.3.1-14 図 7号炉非常用ディーゼル発電機 (B) における負荷の始動順位 (外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



第 2.3.1-15 図 7号炉非常用ディーゼル発電機 (C) における負荷の始動順位 (外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)

② 蓄電池（非常用）

非常用直流電源設備は、4系統4組のそれぞれ独立した蓄電池、充電器及び分電盤等で構成し、直流母線電圧は125Vである。主要な負荷は非常用ディーゼル発電機初期励磁、非常用高圧母線及び非常用低圧母線の遮断器操作回路、計測制御系統施設、静止形無停電電源装置等であり、設計基準事故時に非常用直流電源設備のいずれの1系統が故障しても残りの3系統で発電用原子炉の安全は確保できる。

また、万一、全交流動力電源が喪失した場合でも、安全保護系及び原子炉停止系の動作により、発電用原子炉は安全に停止でき、停止後の発電用原子炉の崩壊熱及びその他の残留熱も、原子炉隔離時冷却系により発電用原子炉の冷却が可能であり、原子炉格納容器の健全性を確保できる。

蓄電池（非常用）は鉛蓄電池で、独立したものを4系統4組設置し、非常用低圧母線にそれぞれ接続された充電器により浮動充電される。

全交流動力電源喪失に備えて、非常用直流電源設備は発電用原子炉の安全停止、停止後の冷却に必要な電源を一定時間、電源供給をまかなう蓄電池容量を確保している。全交流動力電源喪失後、常設代替交流電源設備（第一ガスタービン発電機）から約70分以内に電源供給を行うが、万一常設代替交流電源設備（第一ガスタービン発電機）が使用できない場合は、可搬型代替交流電源設備である電源車から約12時間以内に電源供給を行う。蓄電池（非常用）は、常設代替交流電源設備（第一ガスタービン発電機）が使用できない場合も考慮し、電源が必要な設備に約12時間供給できる容量とする。

なお、重大事故等対処設備の各条文にて炉心の著しい損傷、原子炉格納用容器の破損、及び貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷防止を防止するために設けている設備への電源供給時間は、約24時間とする。

- 組数：4
- 容量：約10,000Ah（1組）
- 約3,000Ah（2組）
- 約2,200Ah（1組）

<主な負荷>

- ・制御用負荷（原子炉緊急停止系作動回路、遮断器操作回路、自動減圧系等）及び非常用照明
- ・原子炉隔離時冷却系
- ・静止形無停電電源装置

各蓄電池の容量を第2.3.1-4表に示す。

第2.3.1-4表 蓄電池の容量

	非常用直流電源設備					(参考) 常用直流電源設備	
	A系	A-2系	B系	C系	D系	鉛蓄電池	鉛蓄電池
型式	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池
容量	6,000Ah	4,000Ah	3,000Ah	3,000Ah	2,200Ah	3,000Ah	300Ah
電圧	125V	125V	125V	125V	125V	250V	125V

③ 計測制御用電源設備

計測制御用電源設備は、バイタル交流 120V 4 母線及び計測母線 120V 3 母線で構成する。

バイタル交流母線は、4 系統に分離独立させ、それぞれ静止形無停電電源装置から電源供給する。

静止形無停電電源装置は、外部電源喪失及び全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が常設代替交流電源設備から開始されるまでの区分Ⅰにおいては約 12 時間以上、区分Ⅱ，Ⅲ，及びⅣにおいては約 1 時間においても、非常用直流電源設備である蓄電池（非常用）から直流電源が供給されることにより、静止形無停電電源装置内の変換器を介し直流を交流へ変換し、バイタル交流母線に対し電源供給を確保する。

これにより、原子炉核計装の監視による発電用原子炉の安全停止状態及び未臨界の維持状態の確認を可能とする。

なお、これらの電源を保守点検する場合は、必要な電力は非常用低圧母線に接続された予備電源変圧器から供給する。また、計測母線は分離された非常用低圧母線から電源供給する。

2.3.1.3 燃料貯蔵設備

非常用ディーゼル発電機は、工学的安全施設等の機能を確保するために必要な容量を有しておりA系、B系、C系の区分ごとに各1台合計3台有しており、また、軽油タンクから燃料移送ポンプにて非常用ディーゼル発電機へ供給される燃料油系統等もA系、B系の2系統を有しているため、非常用ディーゼル発電機の単一故障に対しても必要な機能を確保できる設計とする。非常用ディーゼル発電機燃料油供給系統の構成を第2.3.1-16図に示す。

軽油タンクは、非常用ディーゼル発電機2台を7日間以上連続運転できる容量(500kL以上*)をA系、B系の2系統を有しているため、軽油タンクの単一故障に対しても必要な機能を維持できる。

A系、B系の燃料油供給系統は連絡配管により接続されており、軽油タンクの燃料は、3台の非常用ディーゼル発電機のどれに対しても供給できる構成となっている。(連絡配管は通常時は手動弁により隔離されており、片系で漏えい等が生じた場合でも他系へ影響しないようにしている。)【設置許可基準規則第33条 第7項 解釈7】

*1 非常用ディーゼル発電機2台を定格出力にて7日間連続運転できる容量
(事故後、自動起動、燃費については定格出力にて事故後～事故後7日間を想定)

V : 軽油必要容量 (L)

N : 発電機定格出力 (kW) = 5,000 (力率 0.8)

H : 運転時間 (h) = 168 (7日間)

γ : 燃料 (軽油) の密度 (kg/L) = 0.83

c : 燃料消費率 (kg/kW・h) = 247.7×10^{-3}

$$V = \frac{N \times c \times H}{\gamma} \times 2 \text{台}$$

$$= \frac{5,000 \times 247.7 \times 10^{-3} \times 168}{0.83} \times 2 \text{台}$$

$$\approx 500 \text{kL} < \text{約} 550 \text{kL}$$

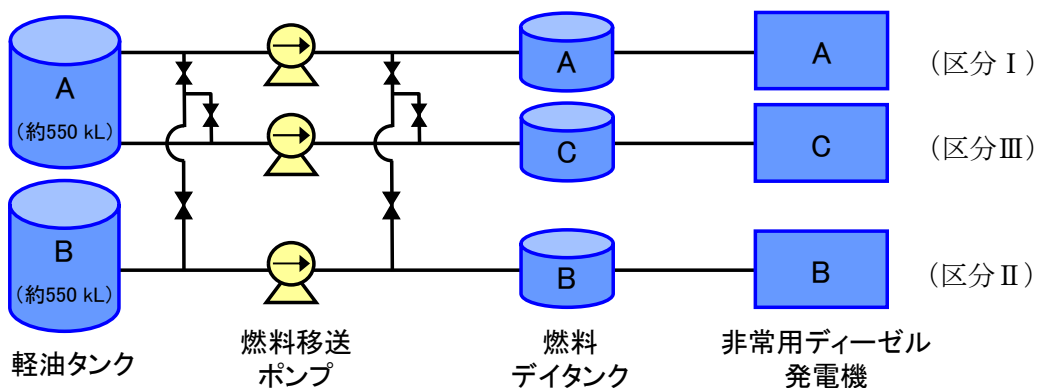
■軽油タンク

形 状 : たて置円筒形

基 数 : 2

容 量 : 約 550kL/基

使用燃料 : 軽油



第2.3.1-16図 非常用ディーゼル発電機 燃料供給系統の構成

2.3.2 隣接する原子炉施設に属する非常用所内電源設備等への依存

(1) 非常用ディーゼル発電機の共用について

非常用ディーゼル発電機は、発電用原子炉ごとに単独で設置し、多重性を考慮して、必要な容量のものを3台備え、各々非常用高圧母線に接続しており、他の発電用原子炉施設との共用をしない設計としている。【設置許可基準規則第33条 第8項】

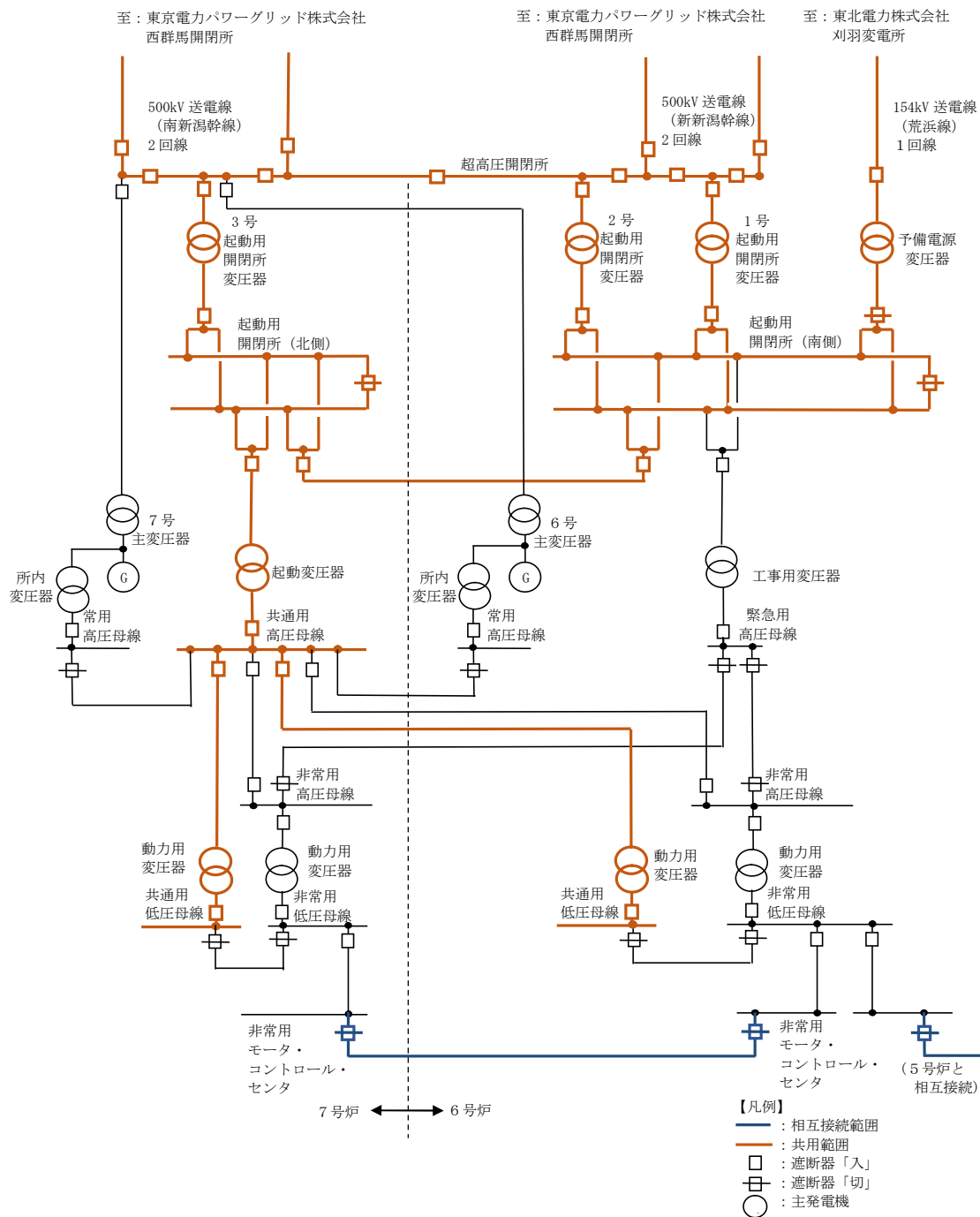
(2) 非常用所内電源系の相互接続について

6号及び7号炉非常用所内電源系は、要求される安全機能をそれぞれ満たすとともに、5号、6号及び7号炉の非常用モータ・コントロール・センタを号炉間連絡ケーブルにて相互に接続することで、下記のとおり安全性が向上する。(第2.3.2-1図参照)

○電源の融通

通常時は、号炉間連絡ケーブルの両端の遮断器を開放することにより、6号及び7号炉非常用所内電源系の分離を図っており、非常用所内電源系としての技術的要件が満たされなくなることはない設計としている。その上で、重大事故等時においては、号炉間連絡ケーブルの両端の遮断器を投入することにより、迅速かつ安全に電源融通を可能とする設備であることから、電源供給のさらなる多重化を図ることが可能となり、総合的な安全性が向上する設計とする。

なお、6号炉非常用高圧母線と7号炉非常用高圧母線は号炉間電力融通電気設備を用いた相互接続が可能な設計としているが、相互に接続することで安全性が向上する設計とする。(重大事故等対処設備については、第57条：電源設備 3.14.2.5 号炉間電力融通電気設備を参照。)



第 2.3.2-1 図 単線結線図 (非常用所内電源系の相互接続)

3. 別添

別添1 鉄塔基礎の安定性について

1 柏崎刈羽原子力発電所外部電源線における送電鉄塔基礎の安定性評価

経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所及び再処理施設の外部電源の信頼性確保について（指示）」（平成23・04・15 原院第3号）に基づき敷地周辺の地盤変状の影響による二次的被害の要因である盛土崩壊、地すべり及び急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価し、抽出した鉄塔について、地質の専門家による現地踏査結果を踏まえ、鉄塔基礎の安定性に影響がないことを確認した。

第1-1表に、基礎の安定性評価結果を示す。

第1-1表 基礎の安定性評価結果

線路名	鉄塔基数	現地踏査基数			対策工等対応 必要基数
		盛土	地すべり	急傾斜地	
500kV 新新潟幹線	214 基	1 基	28 基	25 基	0 基
500kV 南新潟幹線	201 基	3 基	33 基	0 基	0 基
154kV 荒浜線	26 基	0 基	2 基	2 基	0 基
3 線路	441 基	4 基	63 基	27 基	0 基

2 地質の専門家による現地踏査の評価項目と方法

500kV 新新潟幹線、500kV 南新潟幹線及び154kV 荒浜線の対象鉄塔について、地質の専門家による現地踏査で第2-1表に示す項目に基づき、鉄塔基礎の安定性評価を行った。

第2-1表 現地踏査における評価項目と評価方法

評価項目	主な評価項目	評価方法
盛土崩壊	○盛土の立地状況や形状及び規模 ○盛土と鉄塔との距離	○現地踏査に際しては、盛土の規模や鉄塔との距離等を確認し、鉄塔に近接する盛土については『道路土工—盛土工指針（（社）日本道路協会 平成22年4月）』に基づく安定計算を実施し、健全性を評価した。
地すべり	○地すべり地形の状況 ○露岩分布状況 ○移動土塊の状況 ○地表面の変状有無 ○構造物の変状有無	○現地踏査に際しては、可能な限り見通しのよい正面又は側面から全体の地形、勾配、傾斜変換線の位置等を確認し、地すべり地の概略を把握した。 ○その後、地すべり地内を詳細に踏査し、地形状況、露岩分布状況、移動土塊の状況、構造物の変状有無等左記の評価内容を確認し、健全性を評価した。
急傾斜地の土砂崩壊	○斜面状況（勾配及び変状有無） ○地盤特性 ○崩壊履歴	○現地踏査に際しては、斜面勾配等の地形条件、斜面上の変状有無、植生状況、地下水や表流水の集水条件等、左記の評価内容を確認し、健全性を評価した。

3 盛土崩壊に対する鉄塔基礎の安定性評価結果

3.1 現地踏査対象の抽出

対象箇所への抽出にあたっては、送電線並びにその周辺の地形状況が記載されている実測平面図等を使用して、人工的に土地の改変が加えられた箇所を抽出した。

また、送電線路周辺で発生した盛土に関する送電線の保守記録等を確認するとともに、車両やヘリコプター等による巡視で直接現地状況を確認し、漏れのないよう盛土箇所を抽出した。

抽出の結果、鉄塔 441 基のうち 4 基が該当した。

なお、盛土の規模としては、基本的に、東北地方太平洋沖地震で倒壊した当社“66kV 夜の森線”周辺で発生した盛土崩壊箇所と同程度の規模の盛土を対象とし、更なる安全性向上の観点から、それよりも小規模な盛土についても対象とした。

3.2 現地踏査結果

対象鉄塔 4 基について、当該盛土の立地状況や形状及び規模、鉄塔との距離等を確認した結果、2 基（500kV 新新潟幹線 2 基）については、鉄塔脚から盛土までの距離が十分離れており、仮に崩壊したとしても当該鉄塔への土砂流入はないと判断した。

また、盛土が鉄塔に近接する 2 基（500kV 新新潟幹線 1 基、500kV 南新潟幹線 1 基）については、『道路土工—盛土工指針（（社）日本道路協会 平成 22 年 4 月）』に基づく安定計算を実施し、その結果を以下の第 3-1 表に示す。いずれも安全率 1.0 以上であることから基礎の安定性に影響ないと判断した。

第 3-1 表

支持物名	最小安全率
新新潟幹線No.2	1.560
南新潟幹線No.5	1.556

4 地すべりに対する鉄塔基礎の安定性評価結果

4.1 現地踏査対象の抽出

地すべり防止区域（地すべり等防止法）、地すべり危険箇所（地方自治体指定）、地すべり地形分布図（（独）防災科学技術研究所）に示される範囲及び、その近傍に設置している鉄塔を選定し、さらに空中写真判読により、鉄塔との位置関係等を確認した。結果、鉄塔 441 基のうち 63 基が該当した。

4.2 現地踏査結果

対象鉄塔 63 基について、地すべり地形の概略を把握するとともに、地すべり地内における地形状況、露岩分布状況、移動土塊の状況、地表面の変状、構造物の変状の有無等について確認した。地すべりの安定性については、『道路土工—切土工・斜面安定工指針』における「地すべりの安定度判定一覧表」を参考に、地質専門家の意見をふまえて評価を行った。

上述の現地踏査で収集した地すべりの変状、地形特性に基づき、各鉄塔を評価した結果、地すべり地形内にある鉄塔が 2 基（500kV 新新潟幹線 2 基）、地すべり地形近傍にある鉄塔が 11 基（500kV 南新潟幹線 6 基、500kV 新新潟幹線 5 基）確認されたが、これら地すべり箇所については、現時点で地すべりによる変状はないため、緊急的な保全対策は必要ないと評価され、引き続き周辺地盤の変状を重点的に監視していくこととした。

5 急傾斜地の土砂崩壊に対する鉄塔基礎の安定性評価結果

5.1 現地踏査対象の抽出

急傾斜地の土砂崩壊については、鉄塔周辺の斜面の最大傾斜角が 30 度以上かつ逆 T 字基礎を抽出した結果、鉄塔 441 基のうち 27 基が該当した。

5.2 現地踏査結果

対象鉄塔 27 基について、斜面勾配等の地形条件、斜面上の変状の有無、植生状況、地下水や表流水の集水条件等を調査した。また、安定性の評価にあたっては、『道路土工一切土工・斜面安定工指針』における「表層崩壊と落石の安定性評価の目安」や「斜面崩壊対策の調査」を参考に、地質専門家の意見をふまえた評価を行った。

上述の現地踏査で収集した斜面勾配等の地形条件、地盤特性等に基づき、各鉄塔を評価した結果、崩壊や崩壊跡地が鉄塔近傍にみられた鉄塔や近接する斜面に湧水箇所がみられた鉄塔として、6 基（500kV 新新潟幹線 6 基）を抽出した。

これら 6 基について、斜面状態の確認、周辺の地盤状況の確認、過去の地震に対する被害の有無の確認等により斜面安定に関して詳細評価を行った。

500kV 新新潟幹線 6 基については、現地状況やボーリング調査等により岩盤が地表近くに位置することの確認が得られたことや、小規模な崩壊はみられるもののそれらは表層部の一部にとどまっていること等から、斜面全体は安定しているものと評価した。また、平成 16 年の中越地震や今回の東北地方太平洋沖地震において非常に大きな地震動を経験しているが、地盤変状等の被害が発生していないことを確認した。これらのことから妥当と評価した。

6 巡視及び点検実績

500kV 新新潟幹線、500kV 南新潟幹線及び 154kV 荒浜線に対し、保安規程に定めた巡視及び点検により設備の異常兆候の把握に努めている。また、これらの巡視及び点検に加え、地すべりや急傾斜地の崩壊が懸念される箇所に対して大規模地震や集中豪雨発生時等必要に応じて臨時巡視を実施し、現地状況を確認している。

巡視及び点検の頻度を第 6-1 表に、直近の巡視実績を第 6-2 表に、直近の点検実績を第 6-3 表に示す。

なお、基礎の安定性はあるが、今後、地盤変状の可能性がある 4 基（500kV 新新潟幹線 3 基、500kV 南新潟幹線 1 基）について予防的な補強を実施した。

基礎の予防的な補強例について、第 6-1 図に示す。

○巡視及び点検

第 6-1 表 巡視及び点検の頻度

種別		方法及び頻度
巡視	普通巡視	徒歩：1 回/年以上 ヘリコプター：1 回/年以上
	臨時巡視	徒歩又はヘリコプター：必要の都度 (台風、地震、豪雨、豪雪等の後に実施)
点検	普通点検	1 回/5 年

第6-2表 直近の巡視実績

500kV 新新潟幹線			巡視種別	平成24年度	平成25年度	平成26年度
巡視	普通巡視	信濃川	徒歩	4/23（構内）, 10/9（構内）, 4/23～8/2	4/25（構内）, 10/7（構内）, 4/25～9/6	4/17（構内）, 10/22（構内）, 4/24～9/18
			ヘリコプター	6/14, 6/15, 2/12, 2/13, 3/12	6/5, 2/24, 3/12	6/4, 6/10, 2/17, 2/24
		群馬	徒歩	10/11～10/12	10/17～10/29	9/4～10/24
			ヘリコプター	3/5	3/4	3/6
	臨時巡視	信濃川	徒歩	4/3, 10/1	9/17, 10/17	5/19, 5/20, 1/14
			ヘリコプター	7/9, 7/17, 7/18	7/9, 7/10, 10/18	7/2, 7/3, 1/21, 2/24
		群馬	徒歩	なし	9/17	7/22, 8/11
			ヘリコプター	7/11	7/8	8/7, 8/8

500kV 南新潟幹線			巡視種別	平成24年度	平成25年度	平成26年度
巡視	普通巡視	信濃川	徒歩	4/23（構内）, 10/9（構内）, 4/23～8/7	4/25（構内）, 10/7（構内）, 4/26～9/19	4/17（構内）, 10/22（構内）, 4/17～10/9
			ヘリコプター	6/14, 6/15, 2/12, 2/13, 3/12	6/5, 2/24, 3/12	6/4, 6/10, 2/17, 2/24
		群馬	徒歩	7/3～7/4	10/2～10/21	10/23～11/20
			ヘリコプター	3/5	3/4	3/6
	臨時巡視	信濃川	徒歩	4/3, 10/1	9/17, 10/17	5/19, 5/20
			ヘリコプター	7/9, 7/17, 7/18	7/9, 7/10, 10/18	7/2, 7/3, 1/21, 2/24
		群馬	徒歩	なし	なし	なし
			ヘリコプター	7/11	7/8	8/7

154kV 荒浜線			巡視種別	平成24年度	平成25年度	平成26年度
巡視	普通巡視※	徒歩	8/28（構内）, 2/20（構内）, 9/5	8/27（構内）, 2/19（構内）, 9/27	8/8（構内）, 2/17（構内）, 9/25	
		ヘリコプター	3/5	3/12	3/6	

※. 東北電力株式会社にて実施

第 6-3 表 直近の点検実績

500kV 新新潟幹線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
普通点検	信濃川	4/23～8/2	なし	なし
	群馬	10/11, 10/12	6/17, 6/18	6/16, 6/17, 10/28

500kV 南新潟幹線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
普通点検	信濃川	なし	4/25～9/19	なし
	群馬	7/3, 7/4	7/16, 7/18, 7/19	7/15, 7/17, 10/27

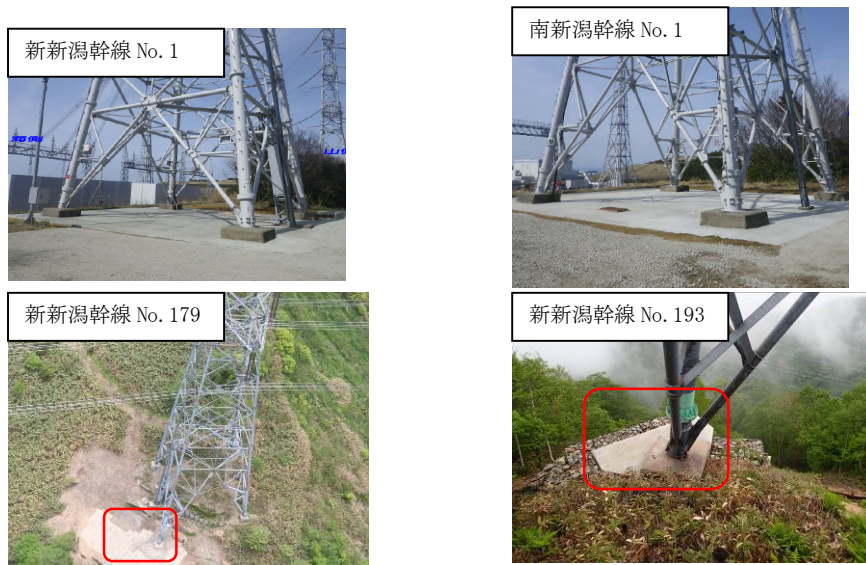
154kV 荒浜線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
普通点検*		9/13	なし	なし

※. 東北電力株式会社にて実施 (1 回/10 年)

○基礎地盤の予防的な補強

500kV 新新潟幹線 No. 1 及び 500kV 南新潟幹線 No. 1 については、変位抑制を目的としたコンクリート舗装を実施した。(第 6-1 図参照)

500kV 新新潟幹線 No. 179 及び No. 193 については、変位抑制を目的とした鋼管杭による基礎補強を実施した。(第 6-1 図参照)



第 6-1 図 基礎の予防的な補強例

別添2 吊り下げ設置型高圧遮断器について

1 事象概要

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震による揺れで、東北電力株式会社女川原子力発電所1号機高圧電源盤6-1Aで火災が発生したことを受け、平成23年5月31日に発出された経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所における吊り下げ設置型の高圧遮断器に係る火災防護上の必要な措置の実施等について（指示）」（平成23・05・30 原院第2号）に基づき、原子力発電所において所有している吊り下げ設置型高圧遮断器の有無を確認した。

2 吊り下げ設置型高圧遮断器の有無

柏崎刈羽原子力発電所で使用している吊り下げ設置型の高圧遮断器について調査した結果、設置されていないことを確認した。

別添3 変圧器1次側の1相開放故障について

1 外部電源系の変圧器の巻線仕様一覧

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉の非常用高圧母線に電源供給する外部電源系の変圧器巻線仕様を第1-1表に示す。

第1-1表 変圧器の巻線仕様

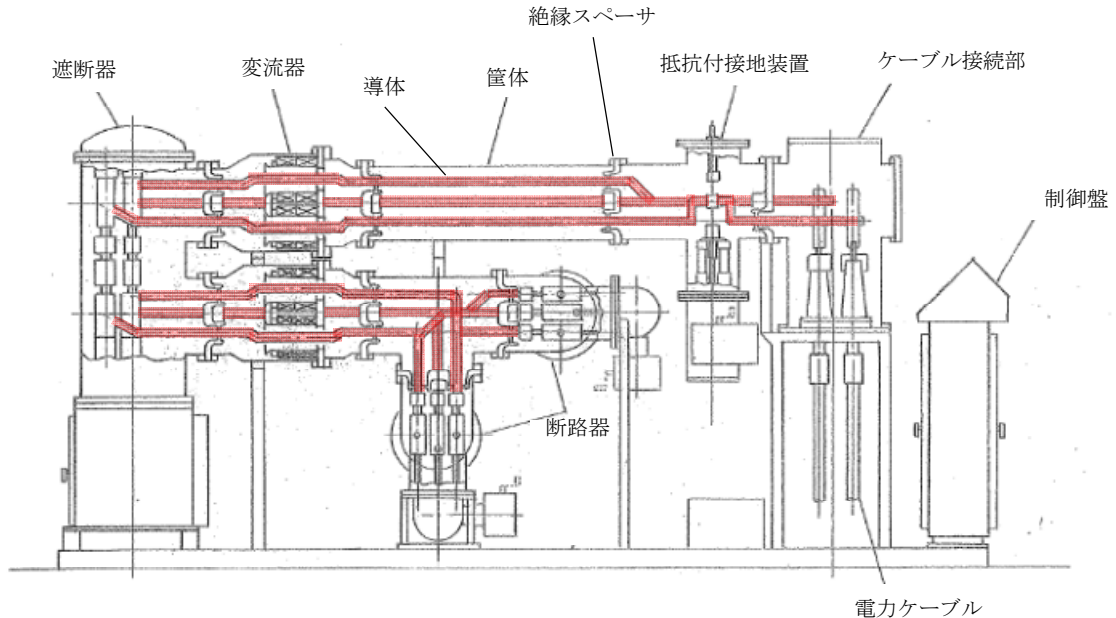
変圧器名称	電圧	巻線の結線方法		
		1次側 (外部電源側)	2次側 (負荷側)	安定巻線※
予備電源変圧器	154kV/66kV	Y (非接地)	Y (抵抗接地)	Δ
起動変圧器(6SA)	66kV/6.9kV	Y (非接地)	Y (抵抗接地)	Δ
起動変圧器(6SB)	66kV/6.9kV	Y (非接地)	Y (抵抗接地)	Δ
工所用変圧器	66kV/6.9kV	Y (非接地)	Y (非接地)	Δ
1号起動用開閉所変圧器	550kV/66kV	Y (直接接地)	Y (抵抗接地)	Δ
2号起動用開閉所変圧器	550kV/66kV	Y (直接接地)	Y (抵抗接地)	Δ
3号起動用開閉所変圧器	550kV/66kV	Y (直接接地)	Y (抵抗接地)	Δ

※安定巻線は、当該変圧器で発生する高調波等の抑制を目的で設置されている。

2 1相開放故障発生時の検知について

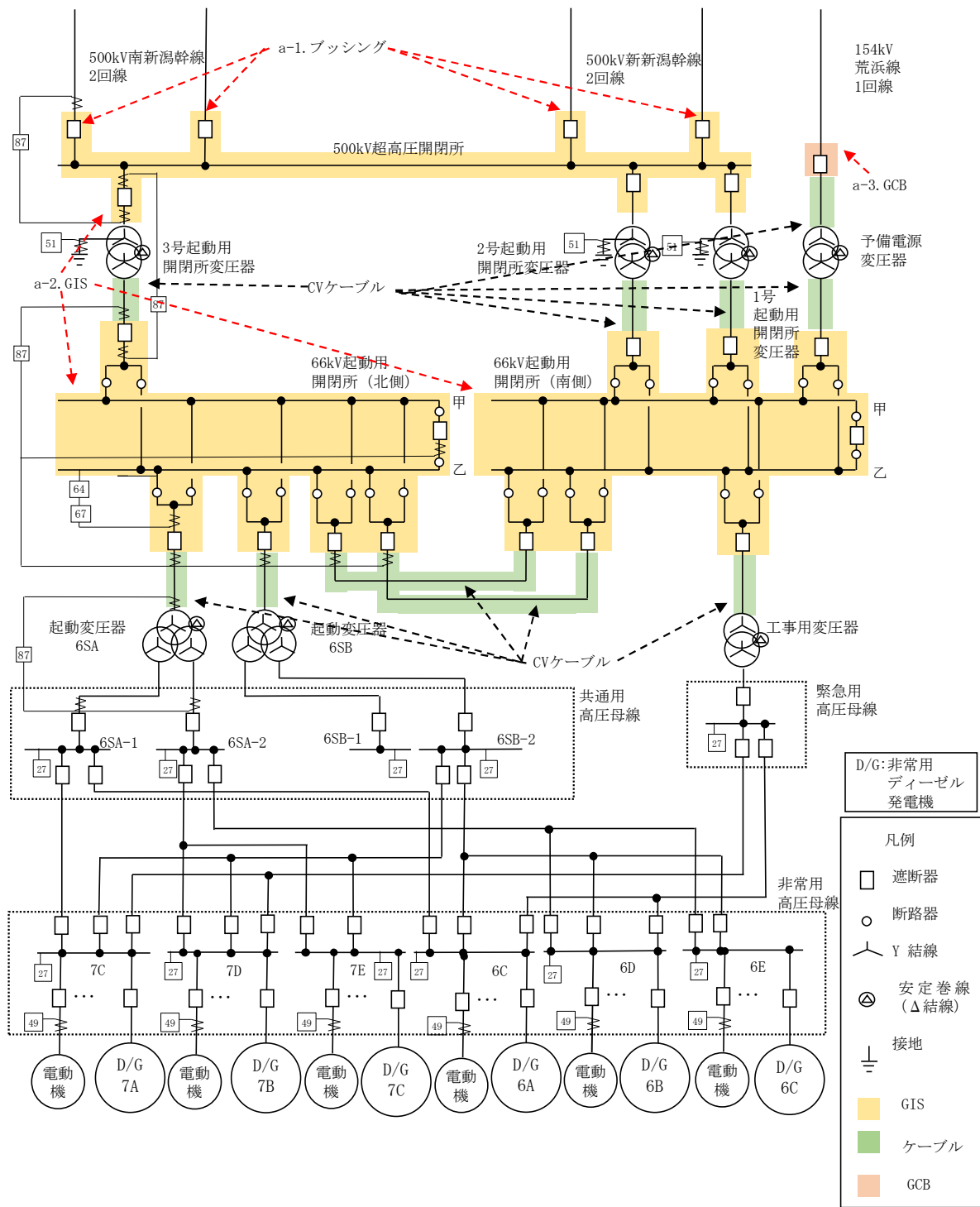
2.1 電流差動継電器(87)による検知

変圧器の1次側において、米国パイロン2号炉の事象のように1相開放故障が発生した場合、500kV送電線側については、米国パイロン2号炉同様の気中に露出した接続ではなく、第2-1図のように接地された筐体内等に導体が収納された構造である。このような構造の場合、導体の断線による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)による検知が可能である。



第2-1図 接地された筐体内等に導体が収納された構造 (500kV GISの例)

第 2-2 図に完全地絡による電流差動継電器（87）により検知可能な GIS、変圧器及び CV ケーブルの各部位を示す。



第 2-2 図 完全地絡による電流差動継電器（87）による検知部位

以下に GIS、変圧器及び CV ケーブルの構造に関する詳細を示す。

a. GIS の故障検知について

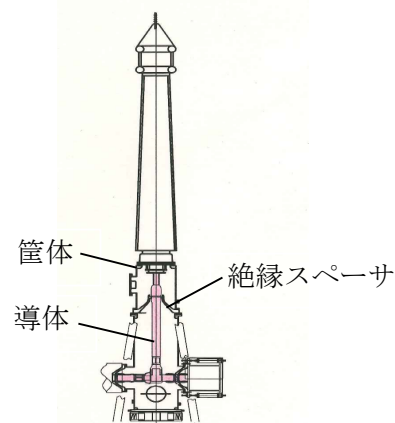
GIS は、接地されたタンク内に導体が収納されており、絶縁性の高い SF6 ガスにより絶縁が確保されている。

GIS は、ブッシングを通じて架線と接続する構成である。

a-1. ブッシング

ブッシングは第 2-3 図のとおり磁器碍管に導体等が収納された構造となっており、ブッシング内の導体等の破損については、磁器碍管の破損がない限り考えにくい。

仮に、磁器碍管の破損による故障が発生した場合、導体と筐体間で地絡が発生する。その場合、電流差動継電器 (87) が設置されており、検知が可能である。



第 2-3 図 ブッシングの外観及び内部構造部

a-2. GIS (ブッシング除き)

(a) 導体

GIS は第 2-1 図のとおり絶縁スペーサで GIS 内の導体を支持する構造となっており、絶縁スペーサは、機械的強度が高く壊れる可能性が小さいと考えられることから、導体の脱落が生じにくい構造となっている。したがって、GIS 内部での 1 相開放故障は発生しにくい構造である。

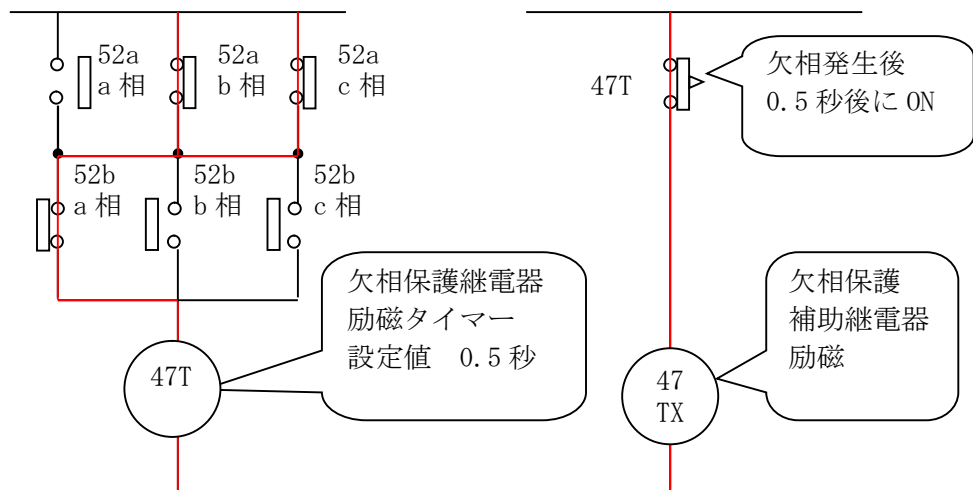
仮に、絶縁スペーサが破損した場合、導体と筐体間で地絡が発生する。その場合、電流差動継電器 (87) が設置されており、検知が可能である。

(b) 遮断器の投入動作不良による欠相の検知

遮断器により 1 相開放故障が発生する要因として、各相個別に開放及び投入が可能な遮断器の投入動作不良による欠相が考えられる。しかし、投入動作不良による欠相が発生した場合においては、欠相継電器 (47) を設置しており、検知が可能である。(第 2-4 図参照)

欠相が生じた場合、欠相保護継電器が動作し、遮断器は 3 相開放されるため、欠相状態は解除され、また警報により、1 相開放故障の検知が可能である。

【例：a相のみ開放，b，c相投入】

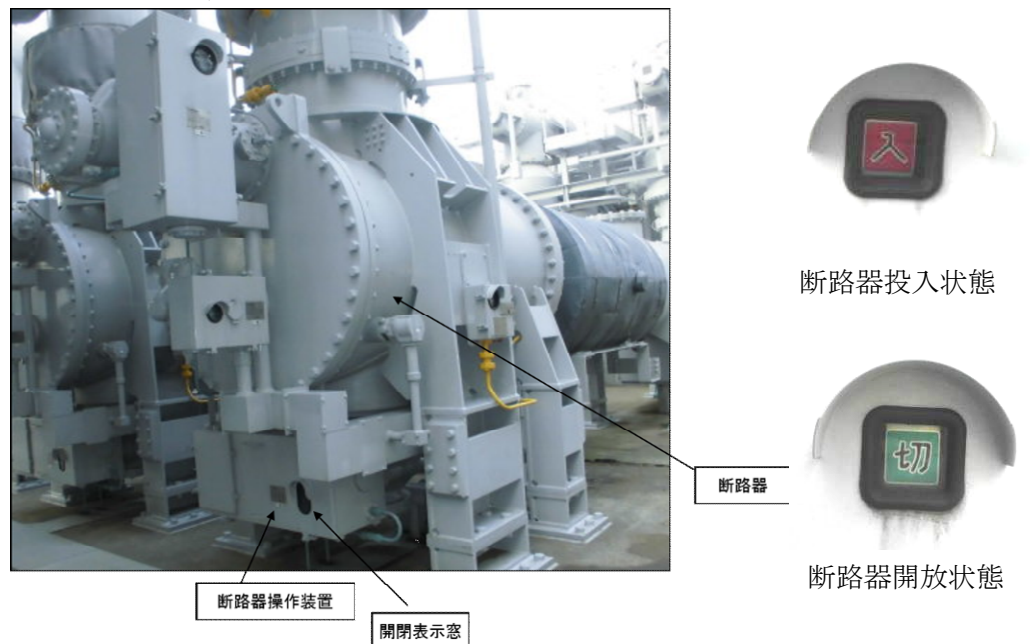


第 2-4 図 遮断器投入不良による 1 相開放故障検知のインターロック

(c) 断路器の投入動作不良による欠相の検知

断路器投入時は遮断器開放状態であり，投入操作時は現場に運転員がいるため，第 2-5 図のとおり投入成功状態の確認が可能であることから，投入動作不良による欠相の検知は可能である。

なお，断路器通電状態の場合は，開放及び投入不可のインターロックが構成されており，操作不可である。



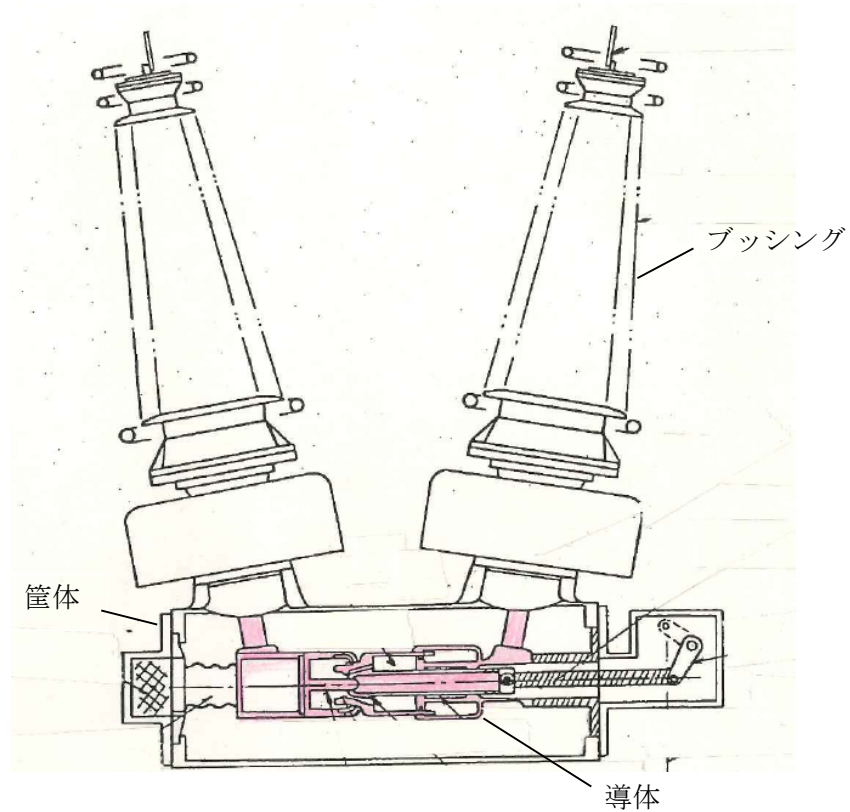
第 2-5 図 断路器の開放及び投入表示について

a-3. GCB

GCBは第2-6図のとおり GIS 同様ブッシングを通じて気中部と接続する構成である。

ブッシングは磁器碍管に導体等が収納された構造となっており、ブッシング内の導体等の破損については、磁器碍管の破損がない限り考えにくい。

仮に、磁器碍管の破損による故障が発生した場合、導体と筐体間で地絡が発生する。その場合、電流差動継電器（87）が設置されており、検知が可能である。



第2-6図 GCB 構造概要

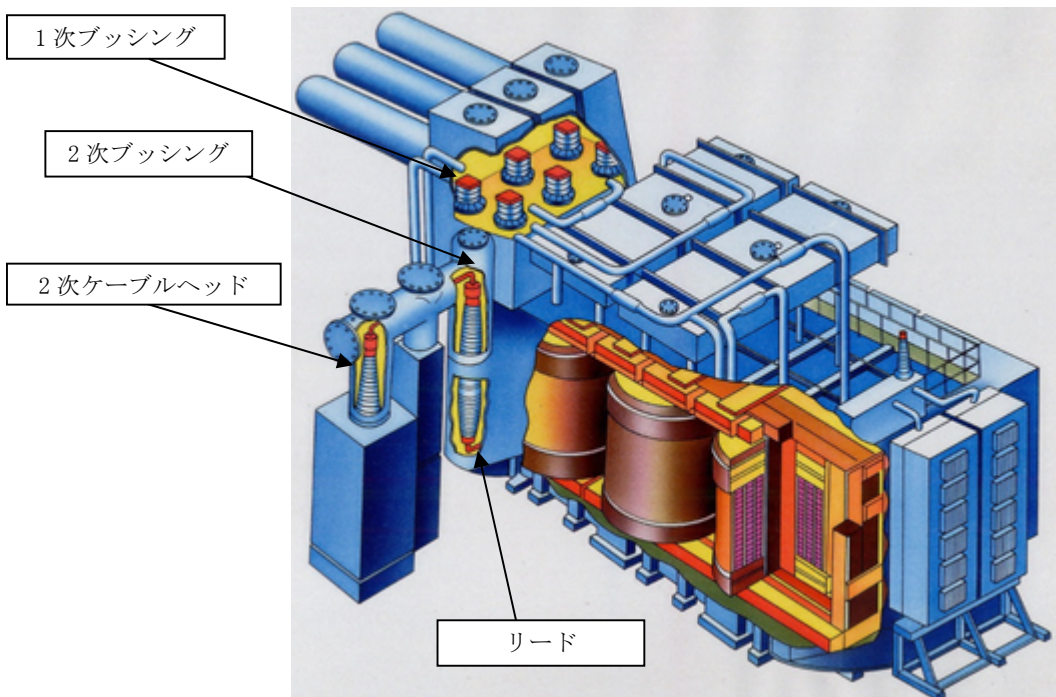
b. 変圧器の故障検知について

変圧器は第2-7図のとおり接地された筐体内に導体が収納されており、絶縁油により絶縁が確保されている。導体は、タンク内ブッシングを介し、リード線で変圧器巻線と連結した構造である。

変圧器は、十分強度を持った筐体内にあるため、断線が発生する可能性は低い。

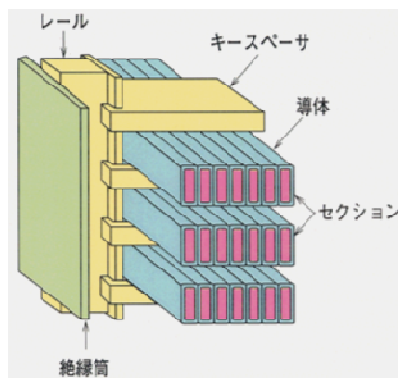
仮に、変圧器の筐体内で断線が発生した場合、アークが発生し、機械的保護継電器である衝撃油圧継電器が動作することによって検知に至る場合や、地絡が生じることによって電流差動継電器（87）検知が可能である。

変圧器の構造を第2-7図に示す。



第2-7図 変圧器構造概要

なお、変圧器巻線については、第2-8図のとおり複数の導体により構成されており、断線が発生し、1相開放故障が発生する可能性は低い。

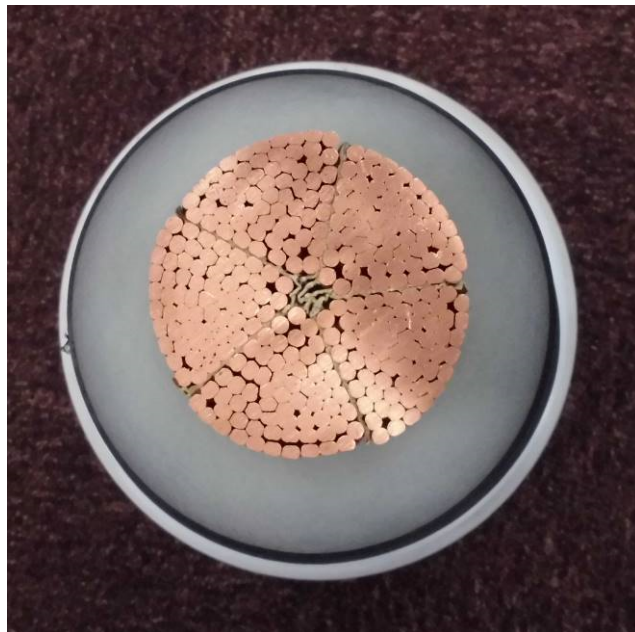
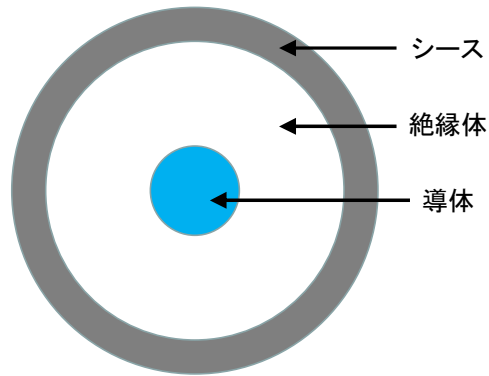


第2-8図 変圧器巻線概要

c. CV ケーブルの故障検知について

CV ケーブルは第 2-9 図のとおり絶縁体と、接地されたシースに導体が内包されており、導体の断線が起きにくい構造となっている。仮に、断線が発生した場合でも、アークの発生により接地されたシースを通じ、地絡が発生し電流差動継電器 (87) (66kV GIS から起動変圧器間は電流差動継電器 (87) の代わりに、地絡過電圧継電器 (64) と地絡方向継電器 (67) とが動作する設計である) が動作し異常を検知することが可能。

CV ケーブルの構造を第 2-9 図に示す。



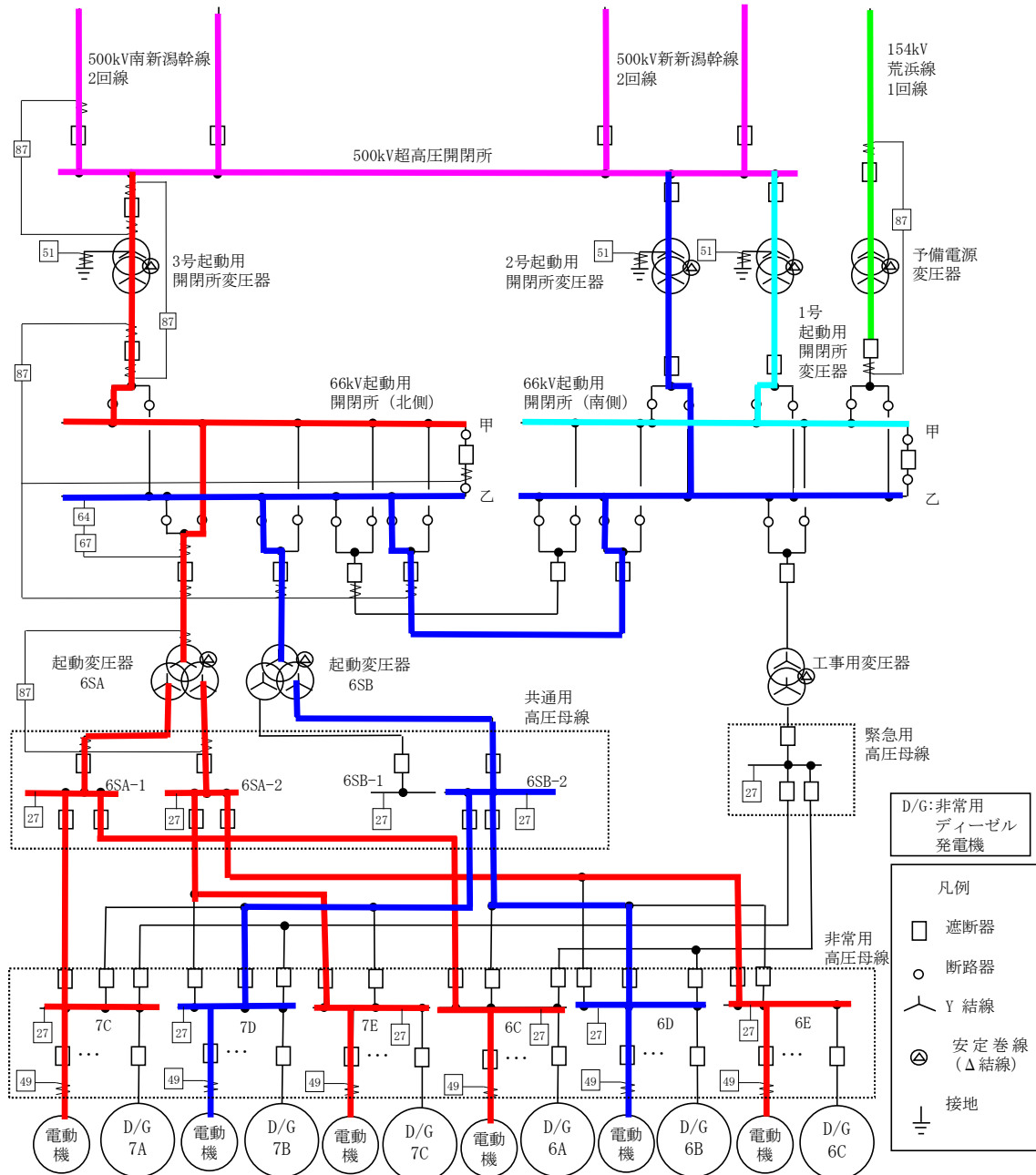
第 2-9 図 CV ケーブル構造図

別添4 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作について

1 500kV送電線で発生する1相開放故障
(目視による確認)

(1) 1相開放故障直前の状態

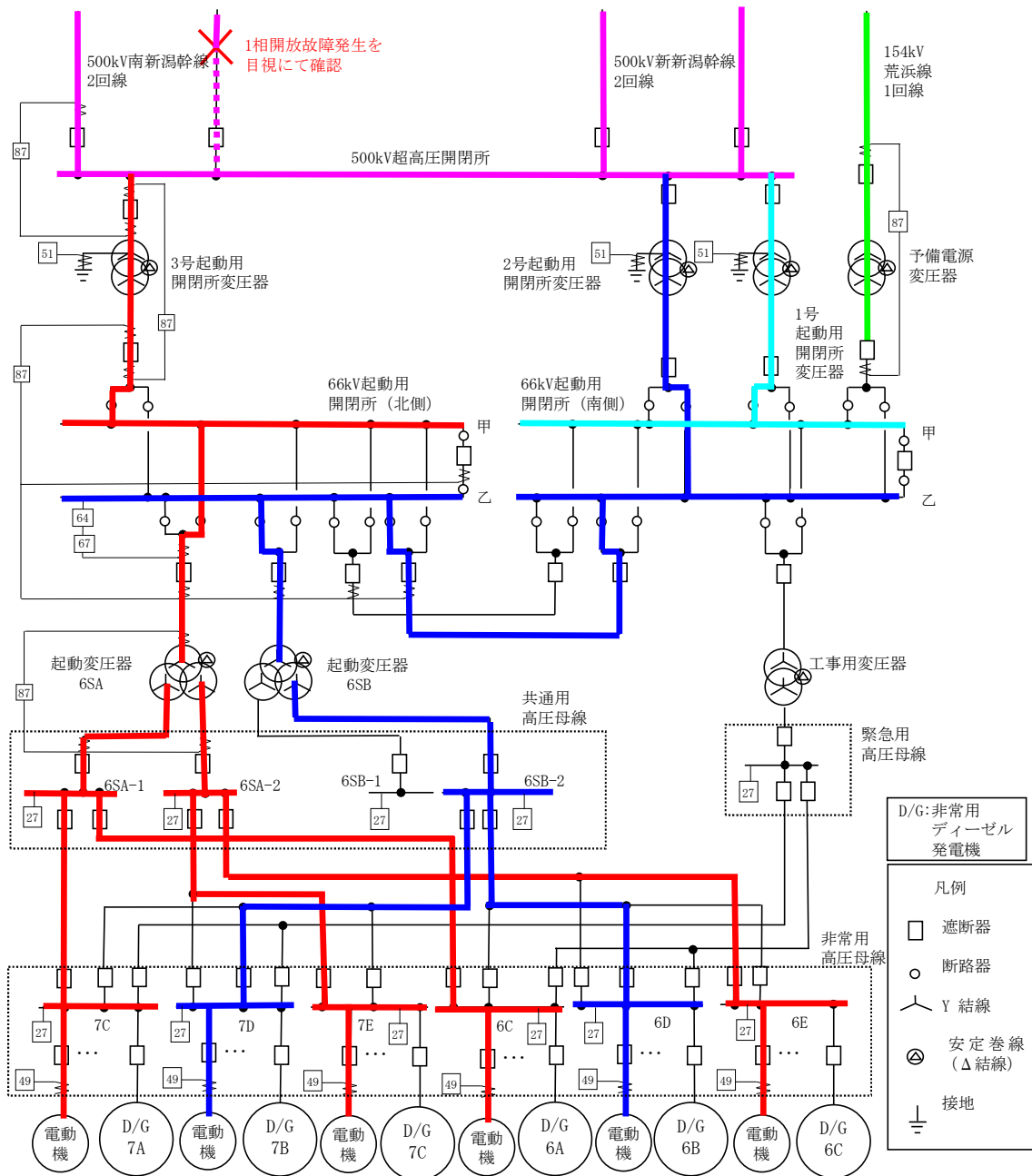
第1-1図の通り、500kV送電線から500kV超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV起動用開閉所、起動変圧器、共通用高压母線を経由し、非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第1-1図 1相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

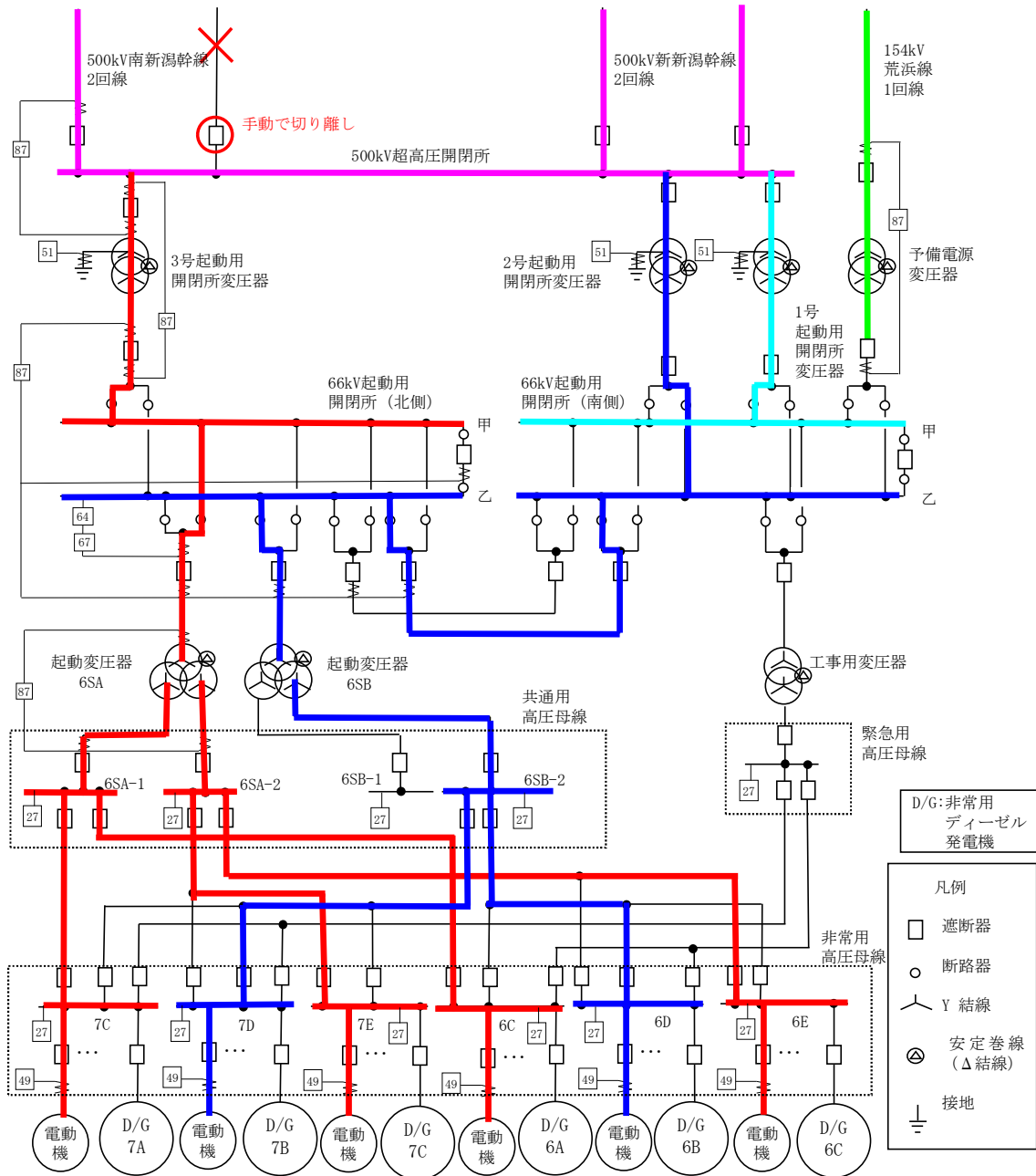
第1-2図の通り、500kV送電線の1回線で1相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、500kV送電線の1回線にて1相開放故障が発生したことを検知可能である。



第1-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

第1-3図の通り、運転員の手動操作により、500kV送電線1回線を外部電源系から隔離すると、残り3回線で電源供給を行う。

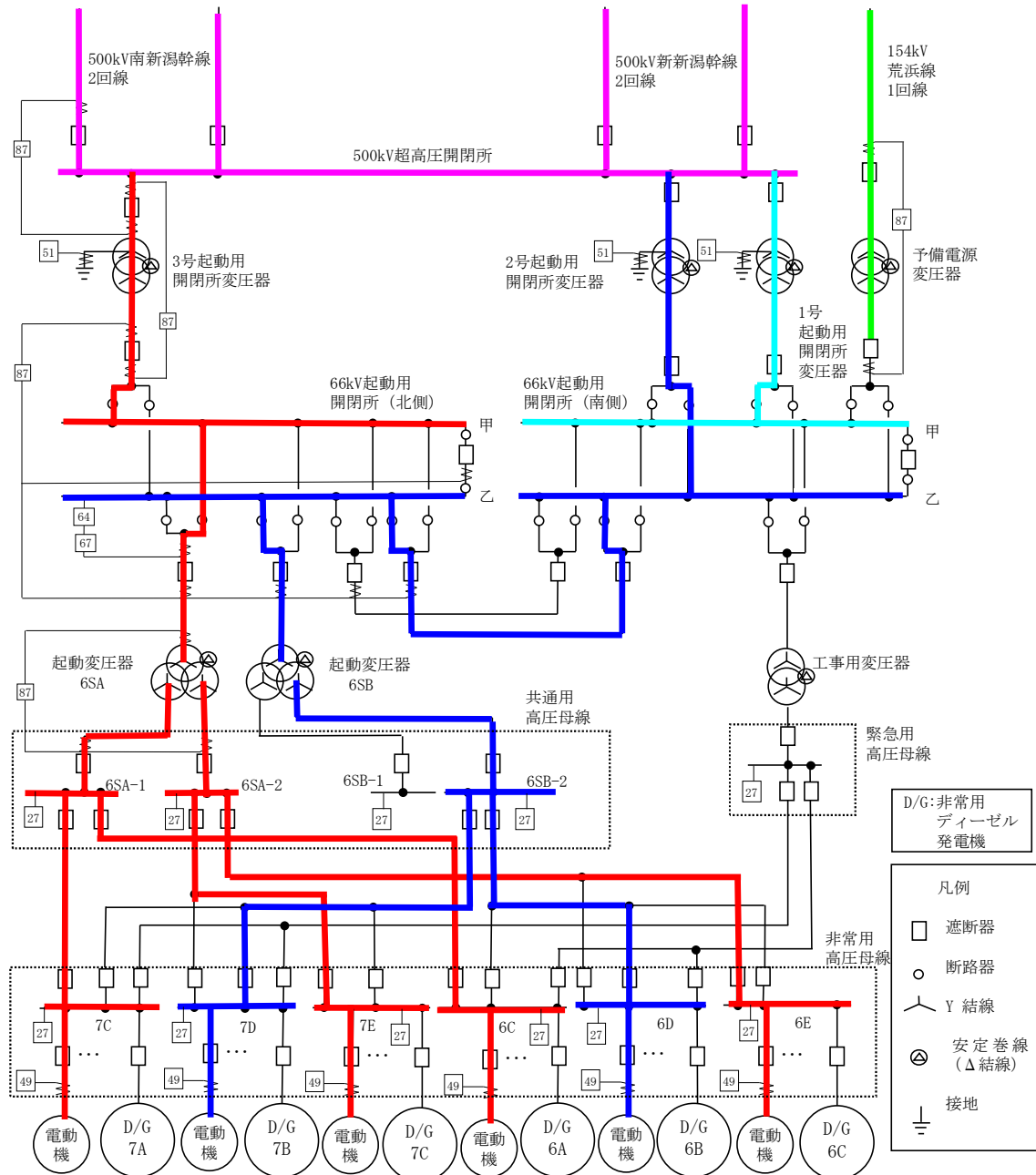


第1-3図 故障箇所を隔離した状態

2 起動用開閉所変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (電流差動継電器 (87) にて検知)

(1) 1 相開放故障直前の状態

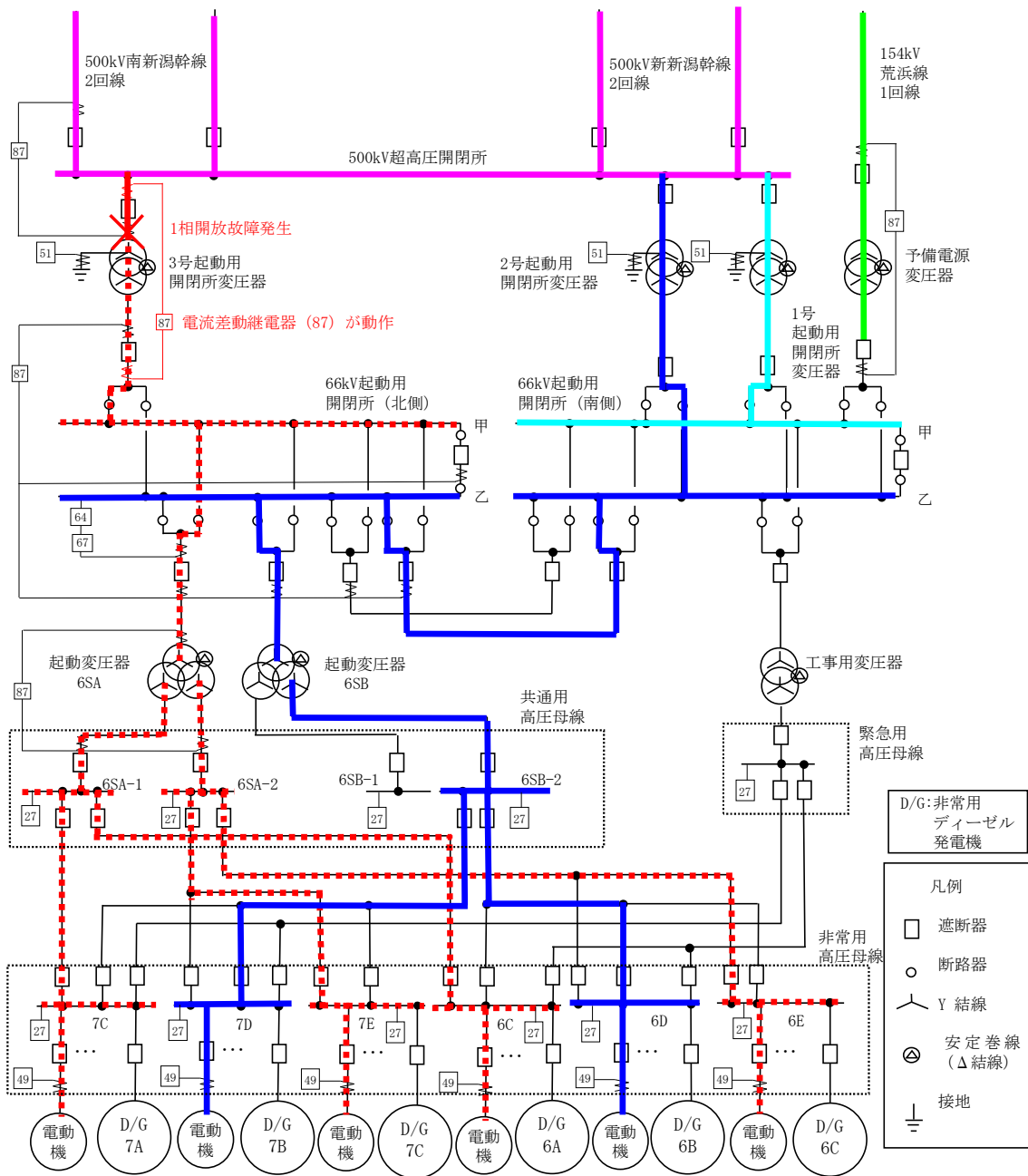
第 2-1 図の通り、500kV 送電線から 500kV 超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV 起動用開閉所、起動変圧器、共通用高压母線を経由し、非常用高压母線を受電している状態 (通常時の電源供給ルート) を想定する。



第 2-1 図 1 相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

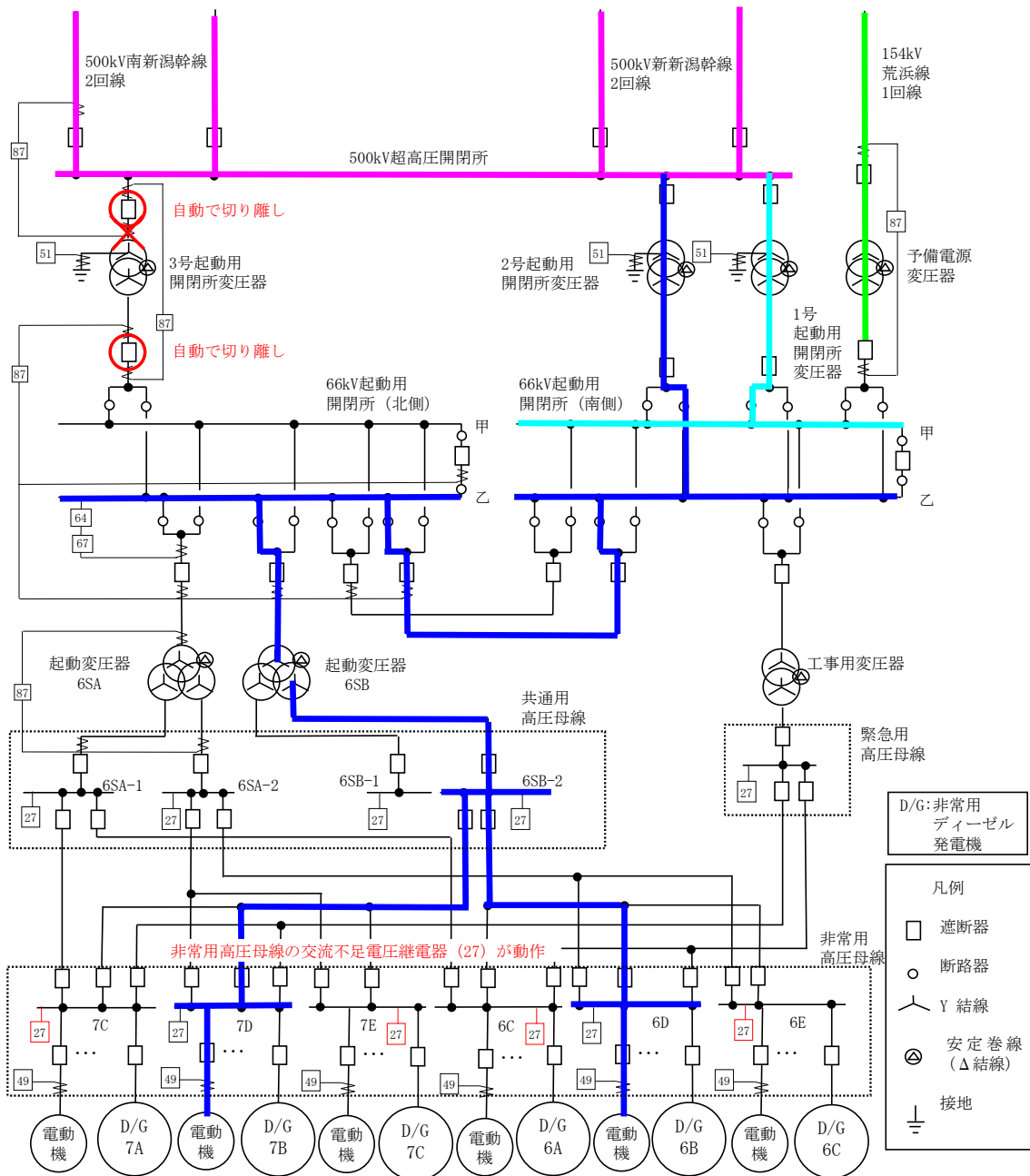
第2-2図の通り、3号起動用開閉所変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、3号起動用開閉所変圧器の電流差動継電器(87)が動作する。このことから運転員は、3号起動用開閉所変圧器にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第2-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

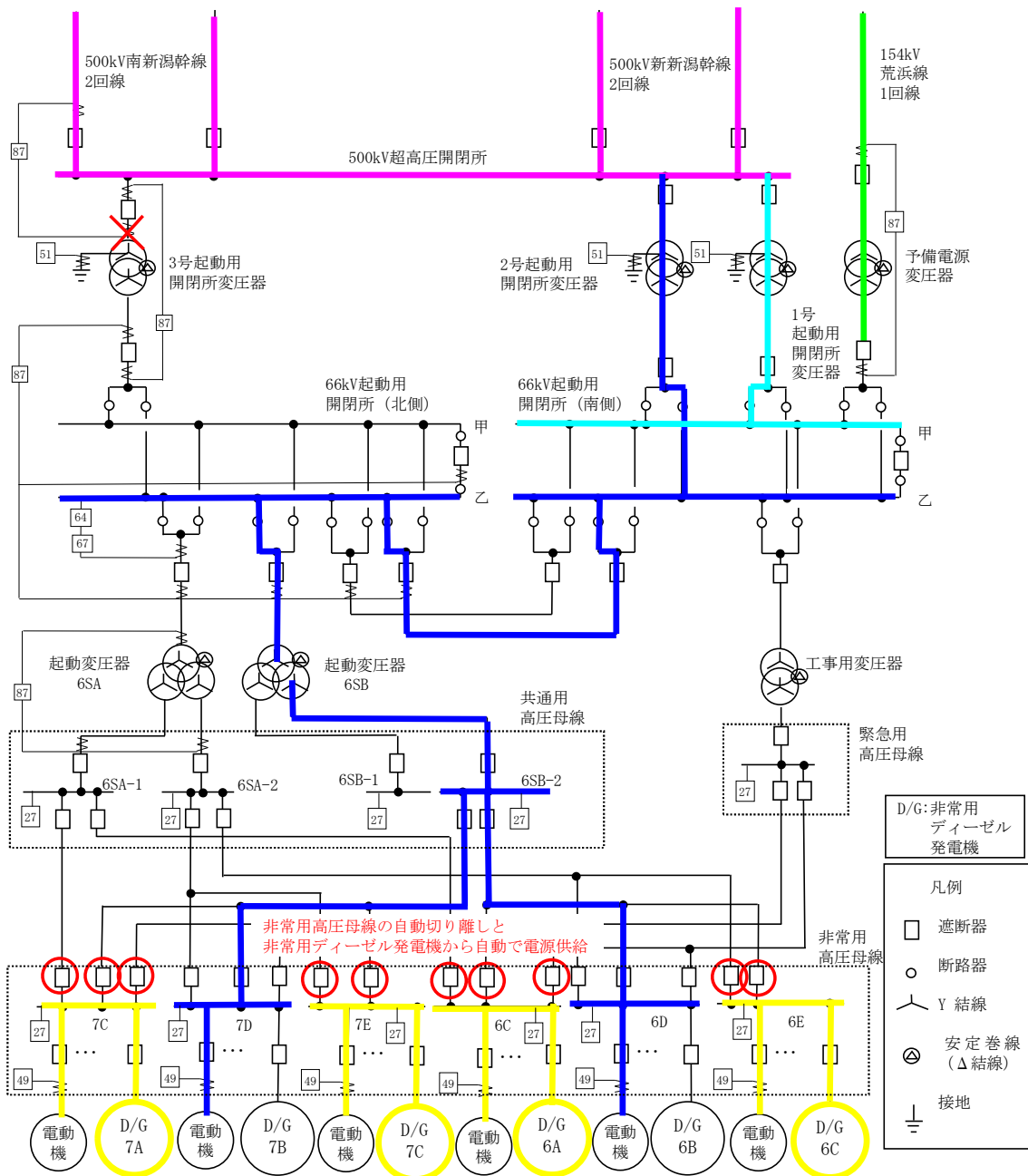
第 2-3 図の通り，電流差動継電器（87）の自動操作により，3 号起動用開閉所変圧器を外部電源系から隔離すると，3 号起動用開閉所変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器（27）が動作する。



第 2-3 図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第2-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

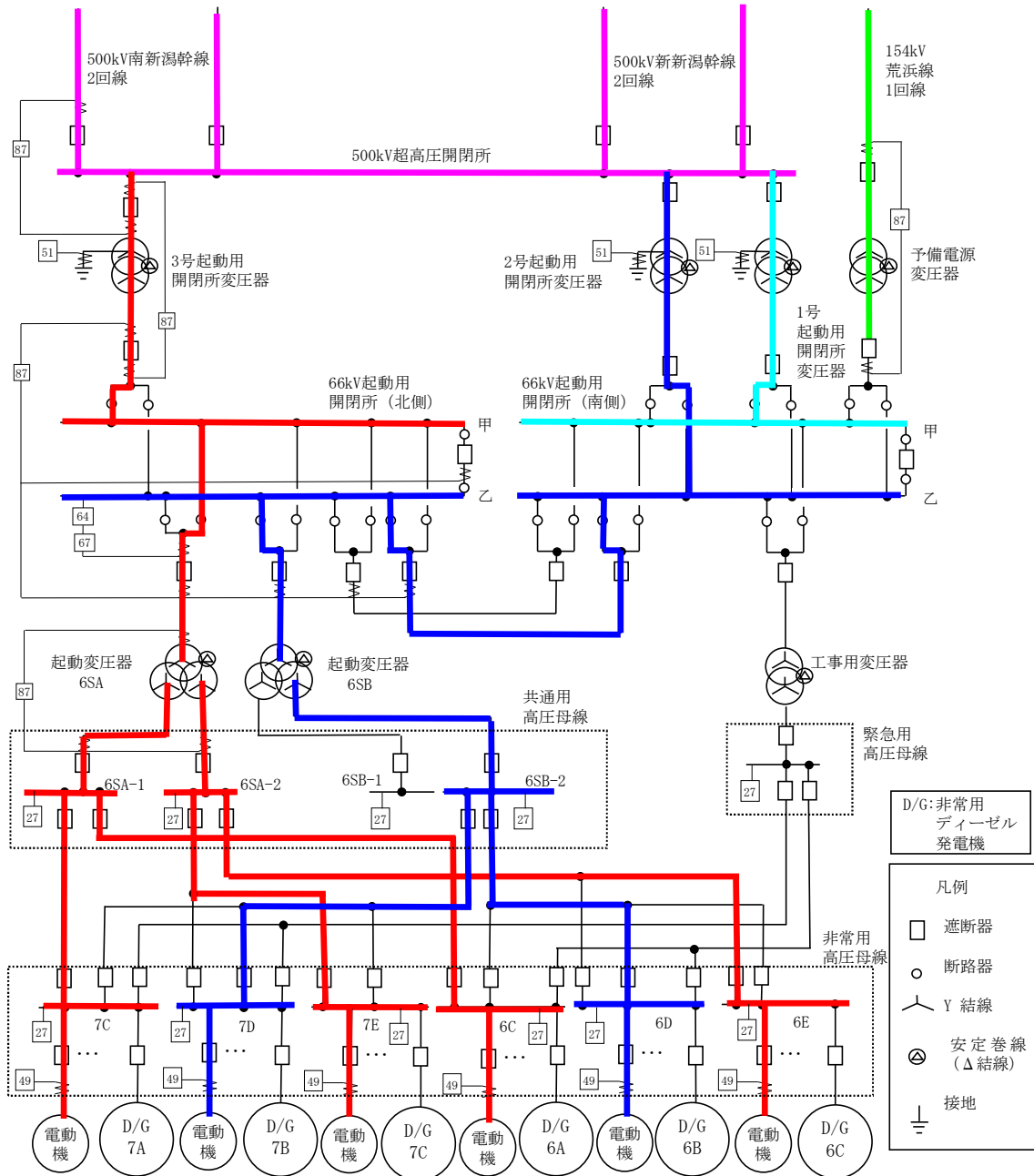


第2-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

3 起動用開閉所変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (中性点過電流継電器 (51) にて検知)

(1) 1 相開放故障直前の状態

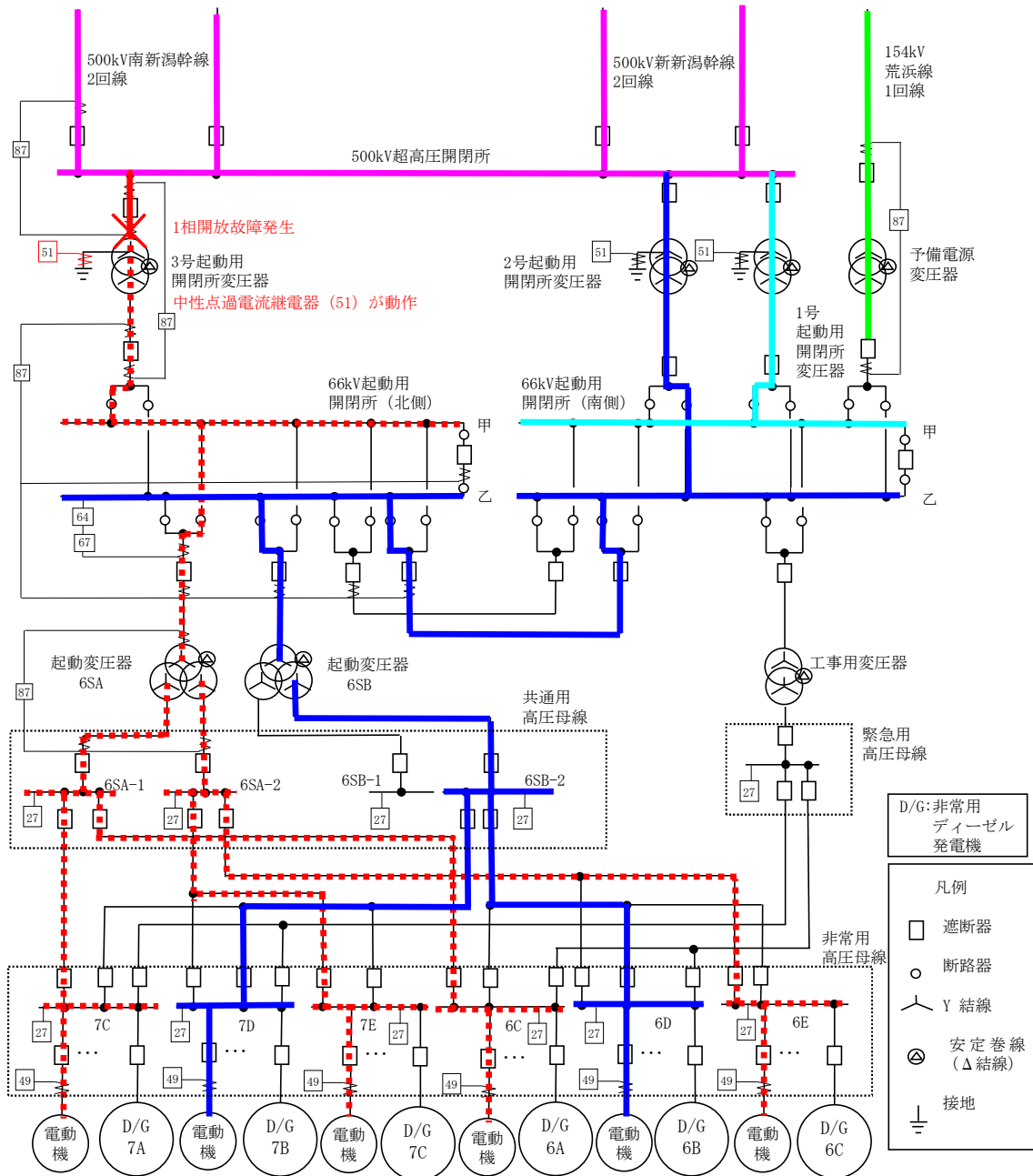
第 3-1 図の通り, 500kV 送電線から 500kV 超高压開閉所, 起動用開閉所変圧器, 66kV 起動用開閉所, 起動変圧器, 共通用高压母線を経由し, 非常用高压母線を受電している状態 (通常時の電源供給ルート) を想定する。



第 3-1 図 1 相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

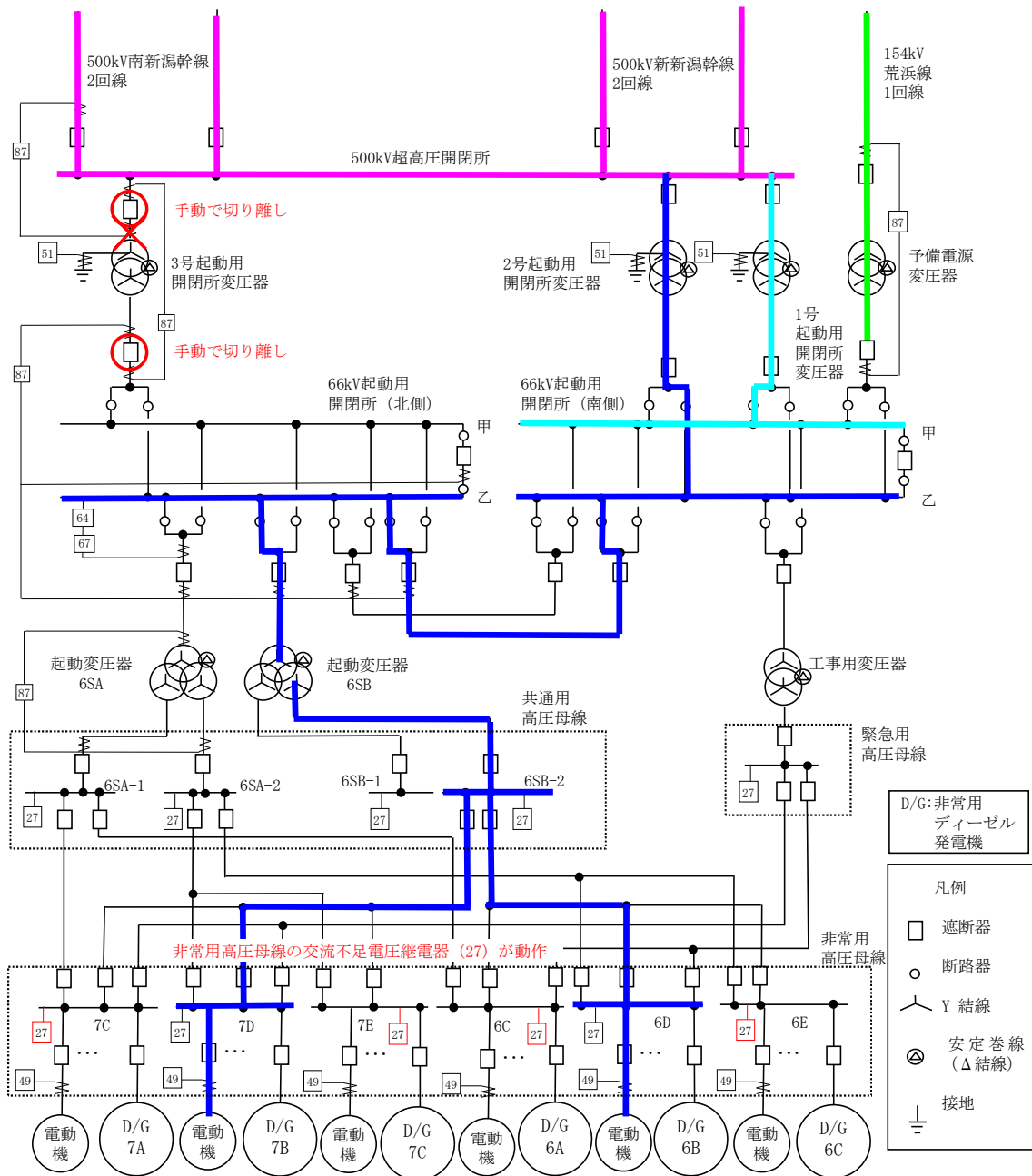
第3-2図の通り、3号起動用開閉所変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、3号起動用開閉所変圧器の中性点過電流継電器(51)が動作する。このことから運転員は、3号起動用開閉所変圧器にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第3-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

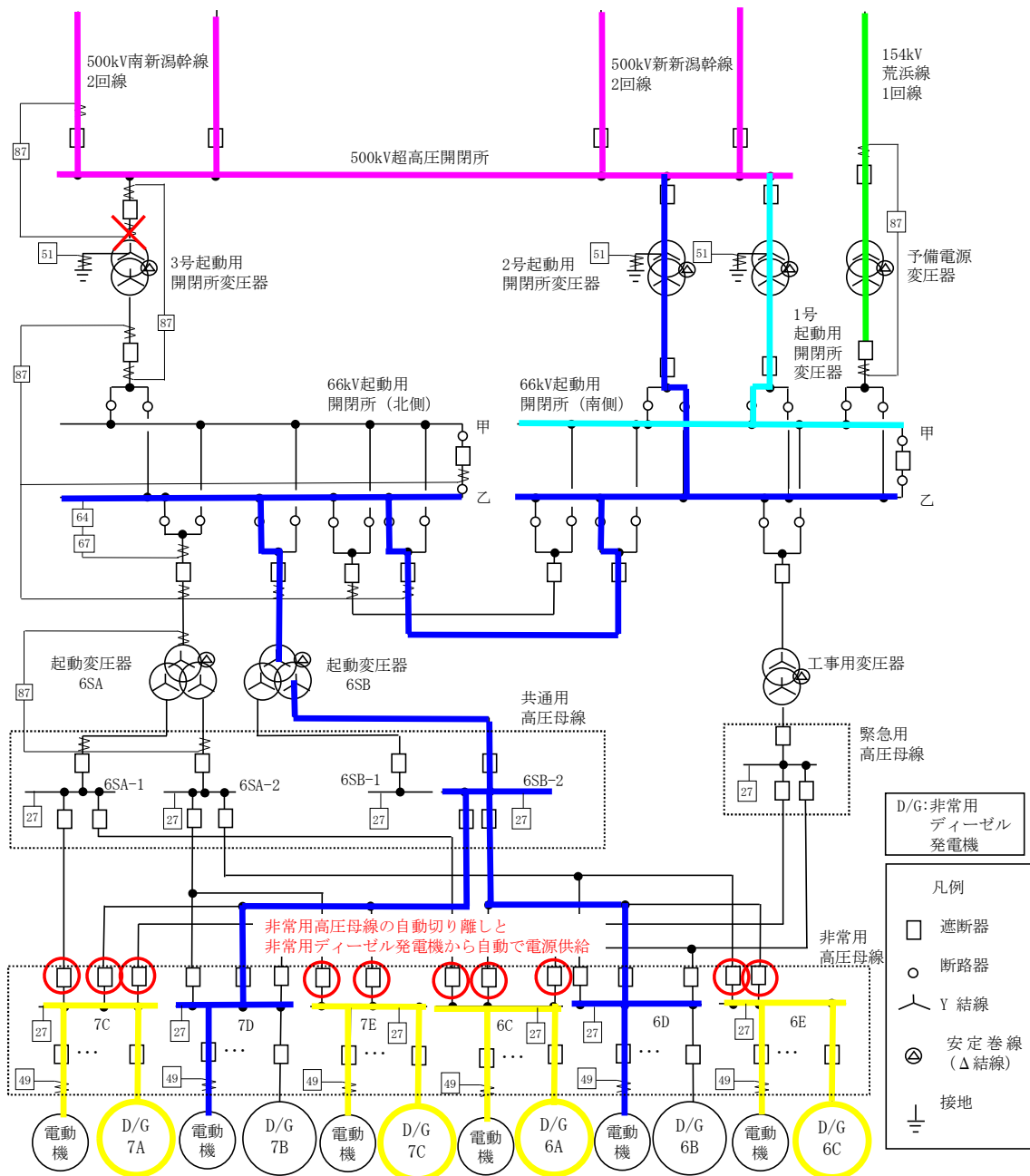
第 3-3 図の通り，運転員の手動操作により，3 号起動用開閉所変圧器を外部電源系から隔離すると，3 号起動用開閉所変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器（27）が動作する。



第 3-3 図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第3-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

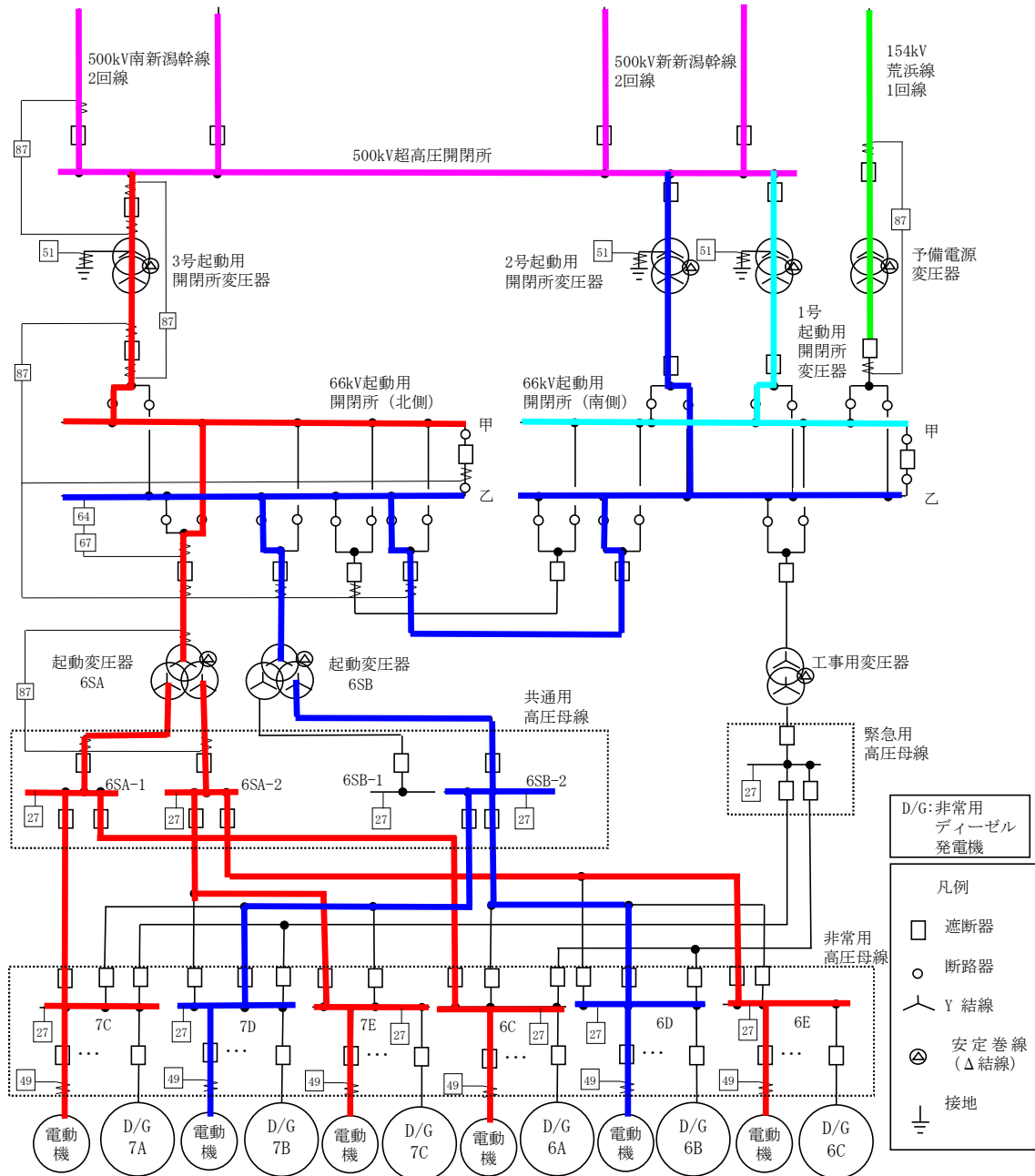


第3-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

4 起動変圧器1次側で発生する1相開放故障
 (電流差動継電器(87)にて検知)

(1) 1相開放故障直前の状態

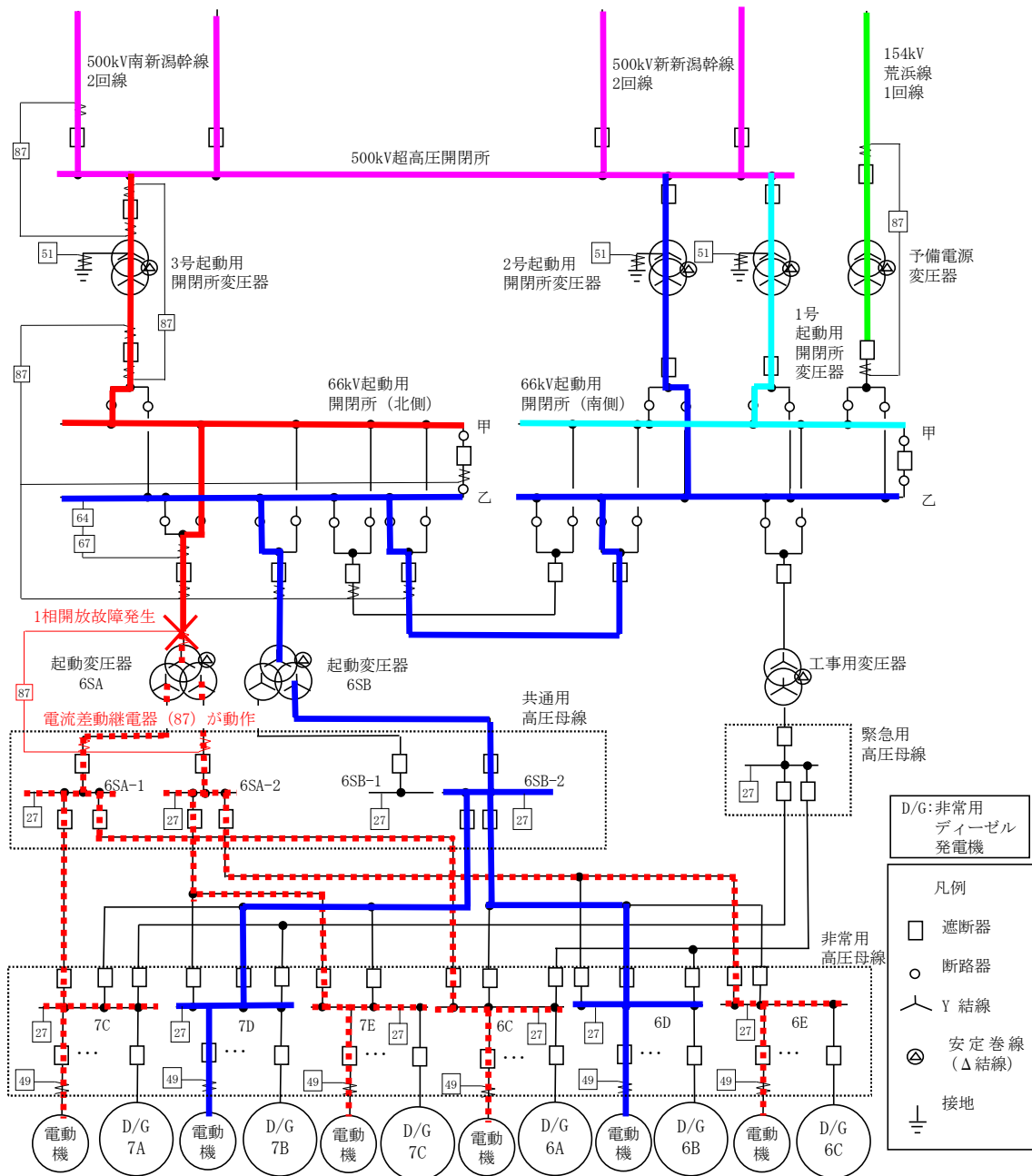
第4-1図の通り、500kV送電線から500kV超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV起動用開閉所、起動変圧器、共通用高压母線を経由し、非常用高压母線を受電している状態(通常時の電源供給ルート)を想定する。



第4-1図 1相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

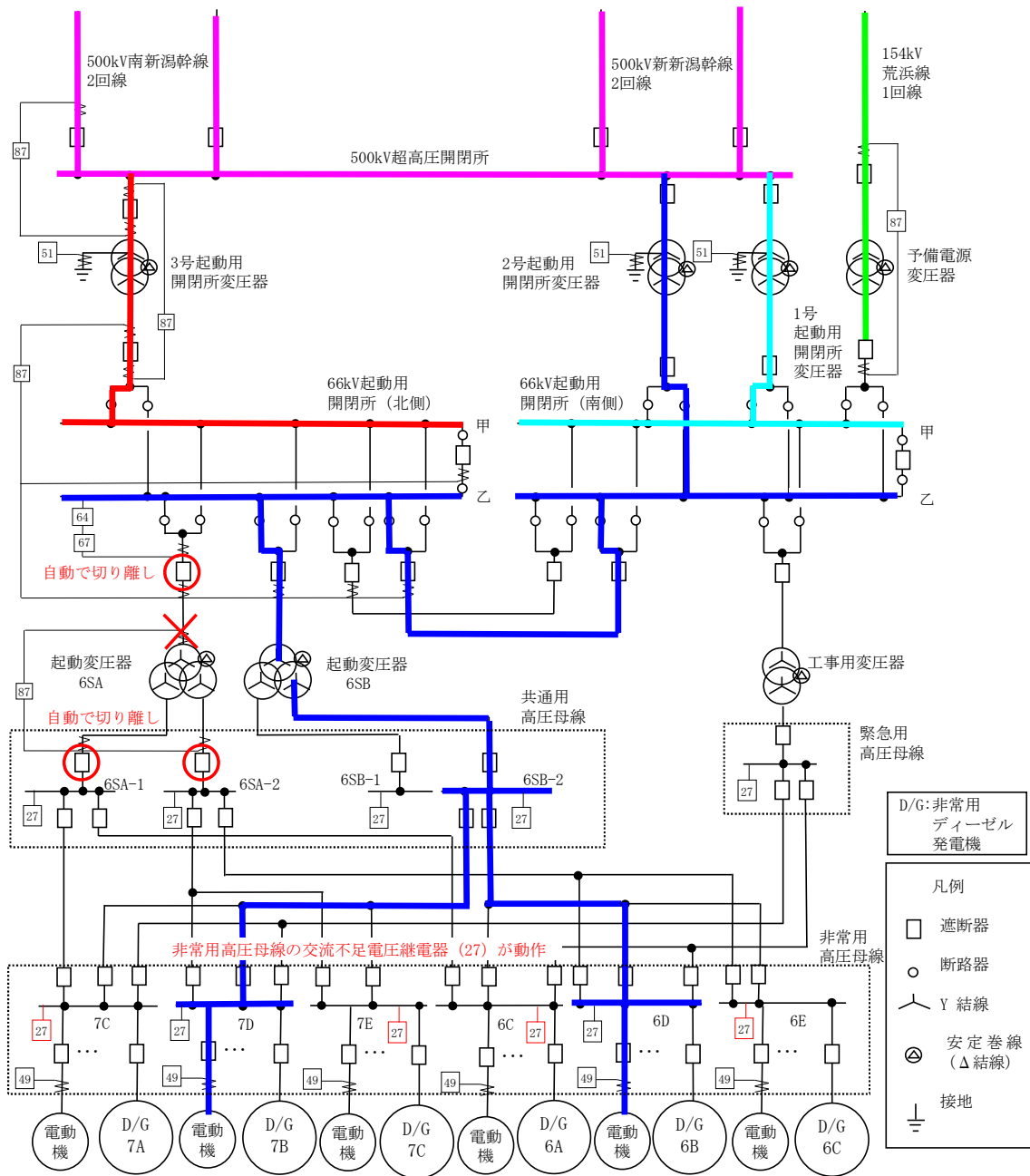
第4-2図の通り、起動変圧器6SAの1次側で1相開放故障が発生すると、起動変圧器6SAの電流差動継電器(87)が動作する。このことから運転員は、起動変圧器6SAにて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第4-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

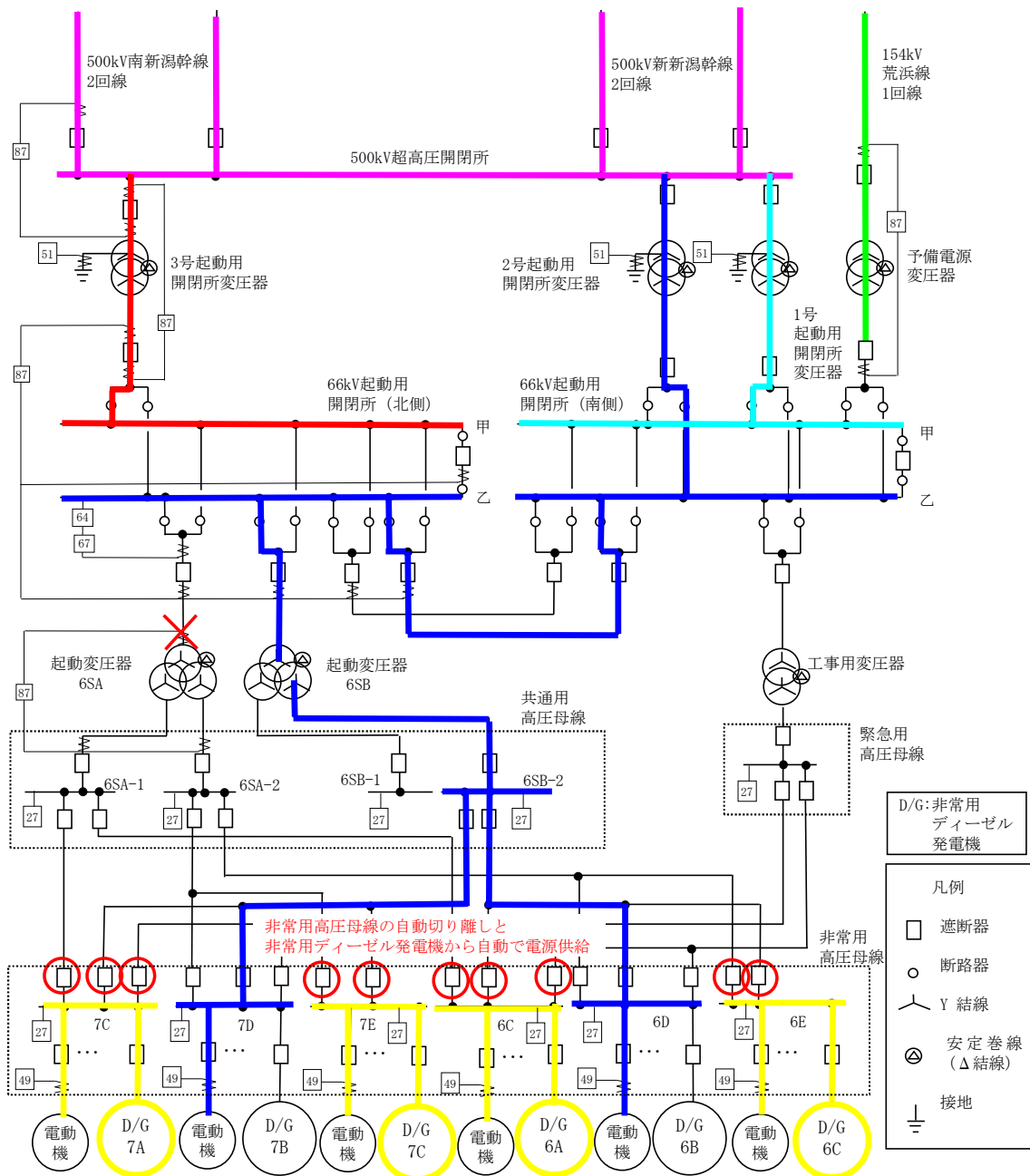
第4-3図の通り、電流差動継電器(87)の自動操作により、起動変圧器6SAを外部電源系から隔離すると、起動変圧器6SAから受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器(27)が動作する。



第4-3図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第4-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

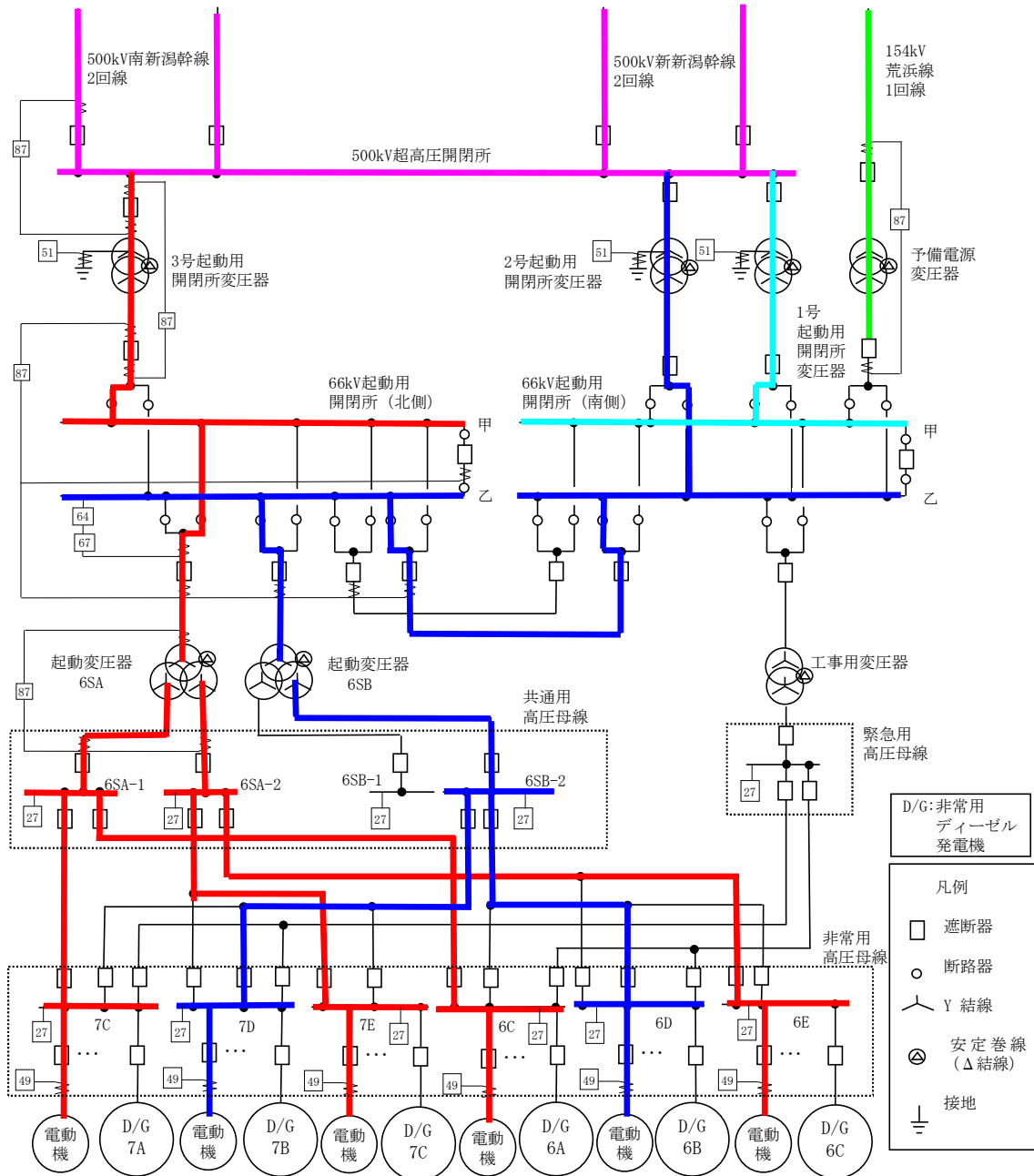


第4-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

5 起動変圧器1次側で発生する1相開放故障
 (過負荷継電器(49)にて検知)

(1) 1相開放故障直前の状態

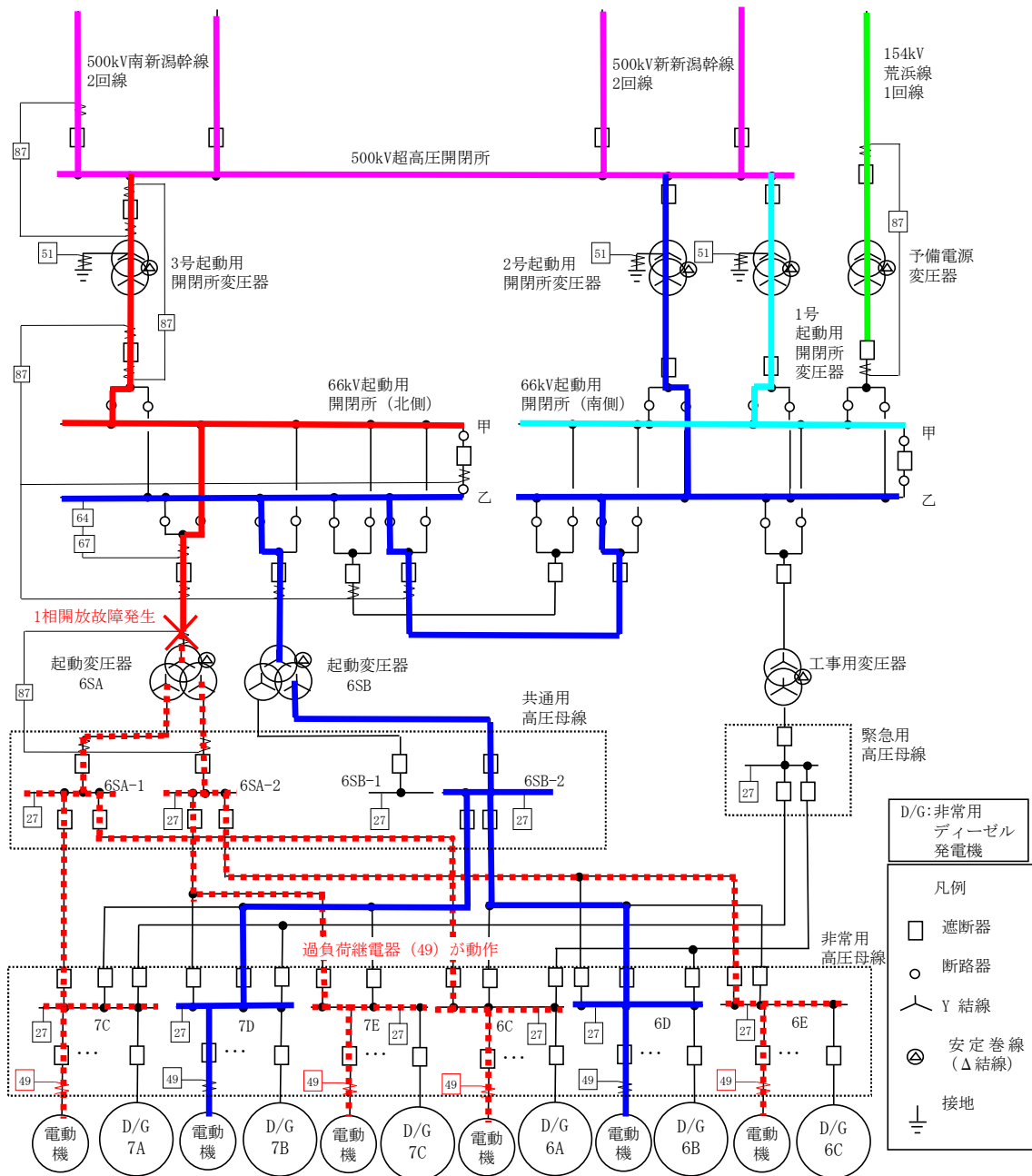
第5-1図の通り、500kV送電線から500kV超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV起動用開閉所、起動変圧器、共通用高压母線を経由し、非常用高压母線を受電している状態(通常時の電源供給ルート)を想定する。



第5-1図 1相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

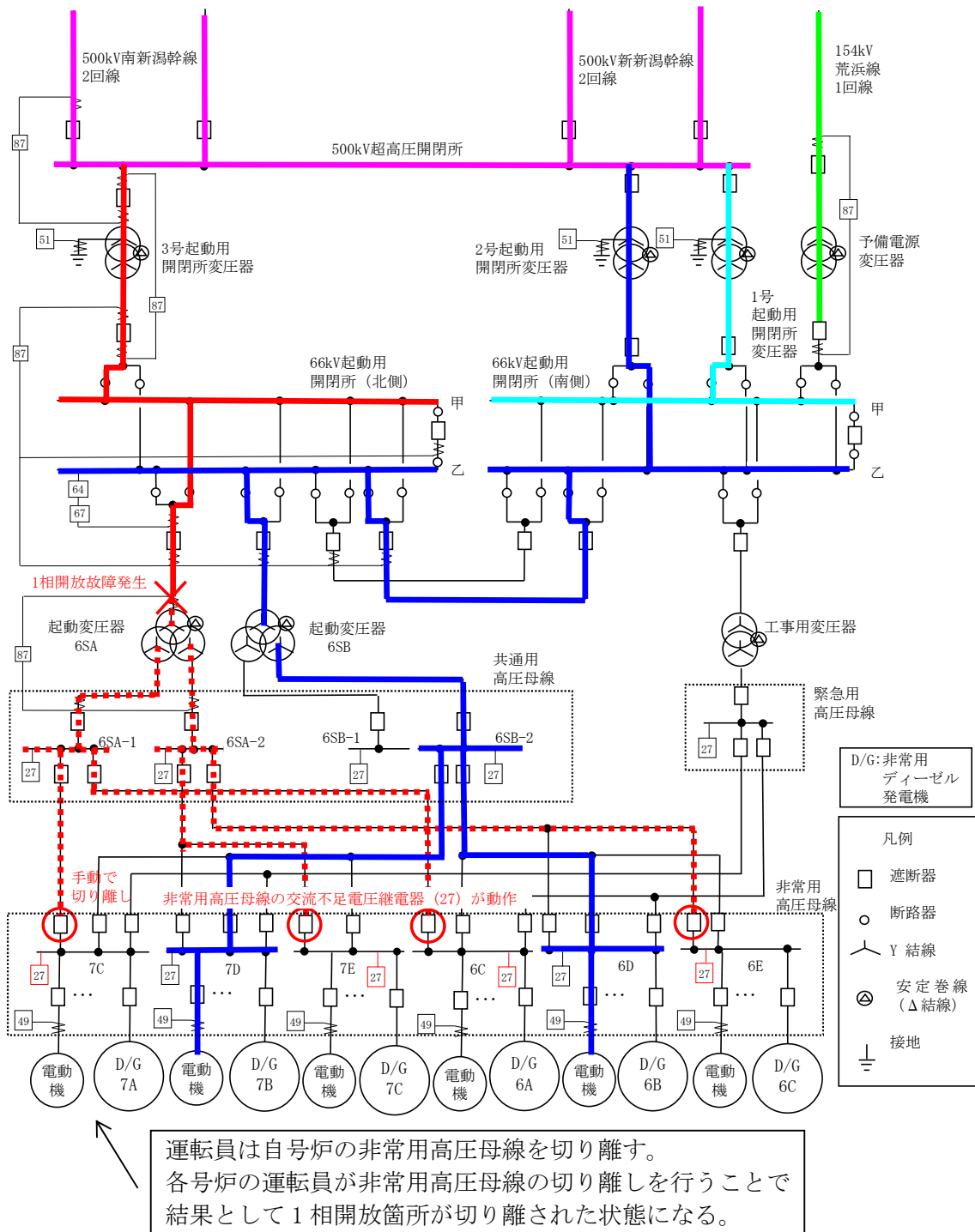
第5-2図の通り、起動変圧器6SAの1次側で1相開放故障が発生すると、起動変圧器6SAから受電していた複数の負荷の過負荷継電器(49)が動作する。2台以上の電動機で過負荷継電器が発生している場合、非常用高圧母線の電圧を確認することにより、外部電源系にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第5-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

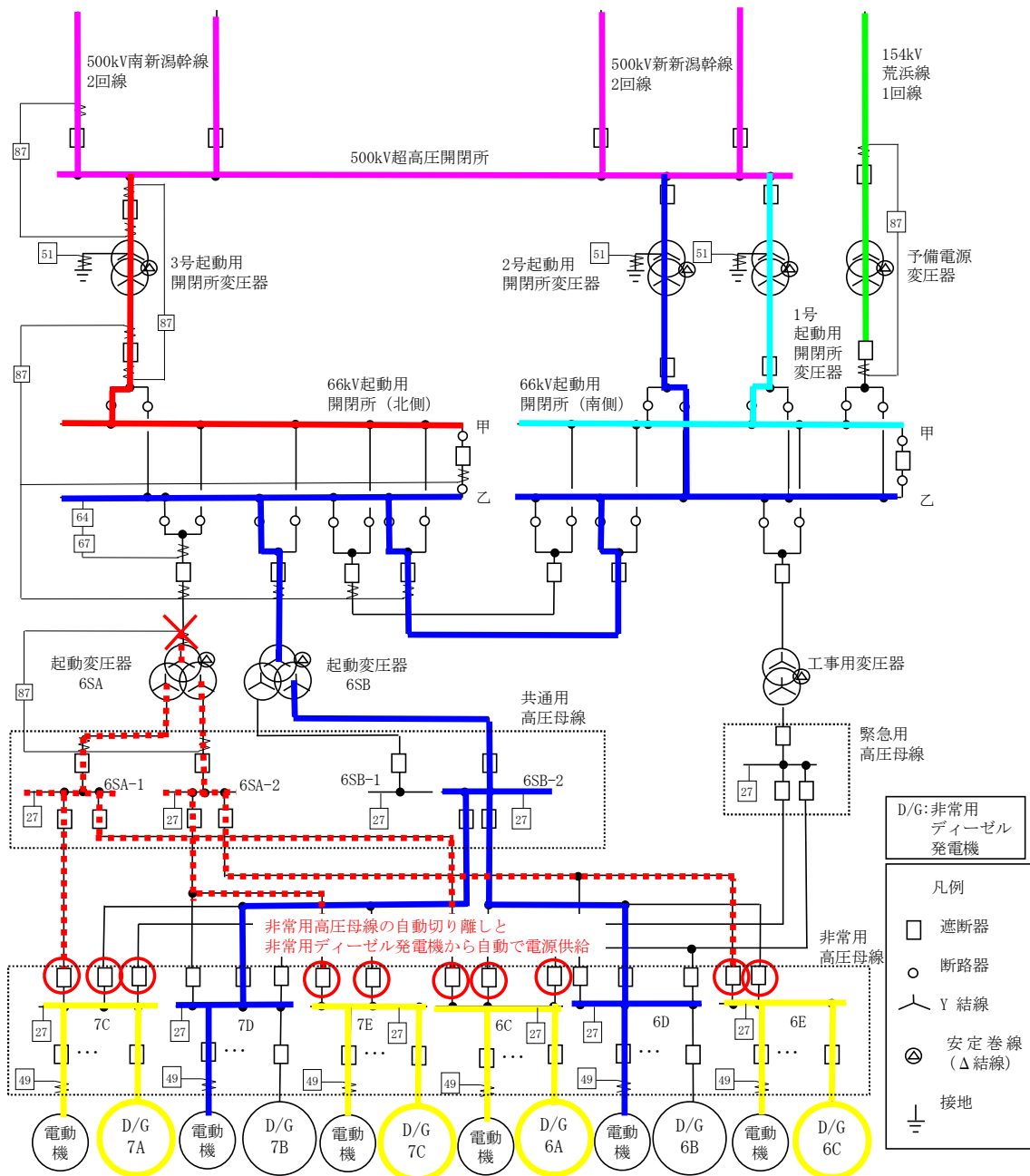
第5-3図の通り、運転員の手動操作により、過負荷継電器(49)が動作した非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、当該非常用高圧母線の交流不足電圧継電器(27)が動作する。



第5-3図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第5-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

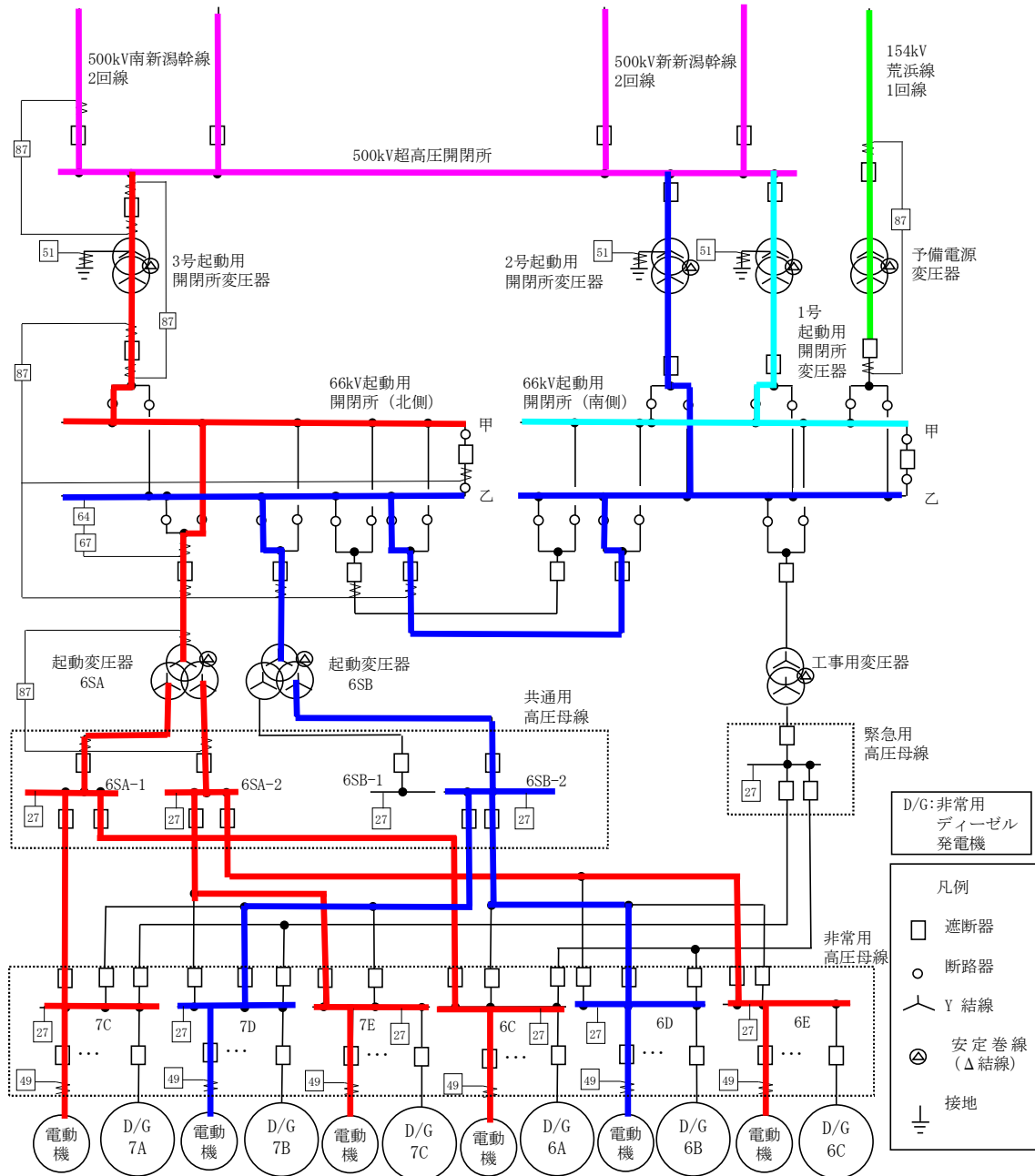


第5-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

6 起動変圧器1次側で発生する1相開放故障
 (交流不足電圧継電器(27)にて検知)

(1) 1相開放故障直前の状態

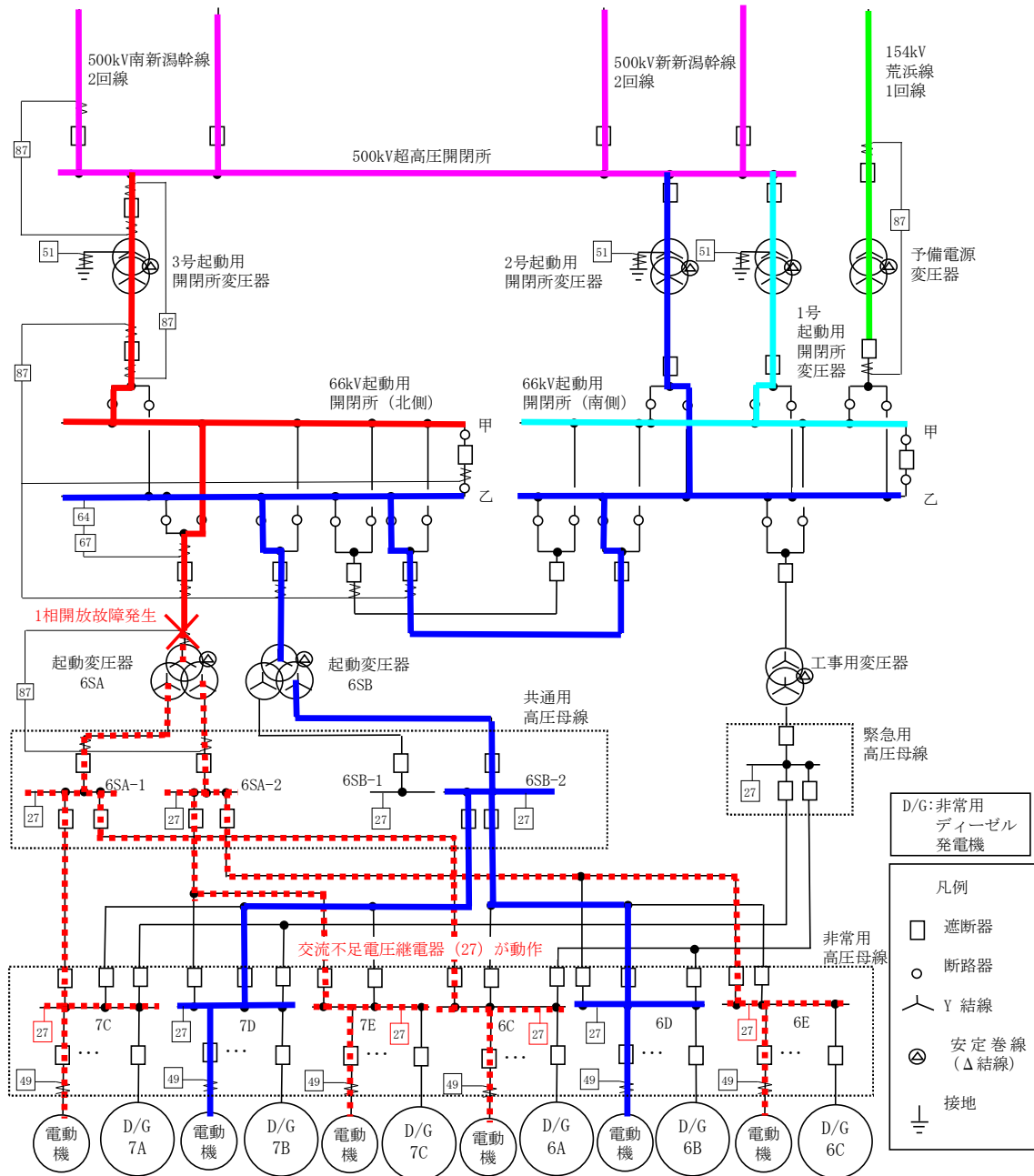
第6-1図の通り、500kV送電線から500kV超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV起動用開閉所、起動変圧器、共通用高压母線を経由し、非常用高压母線を受電している状態(通常時の電源供給ルート)を想定する。



第6-1図 1相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

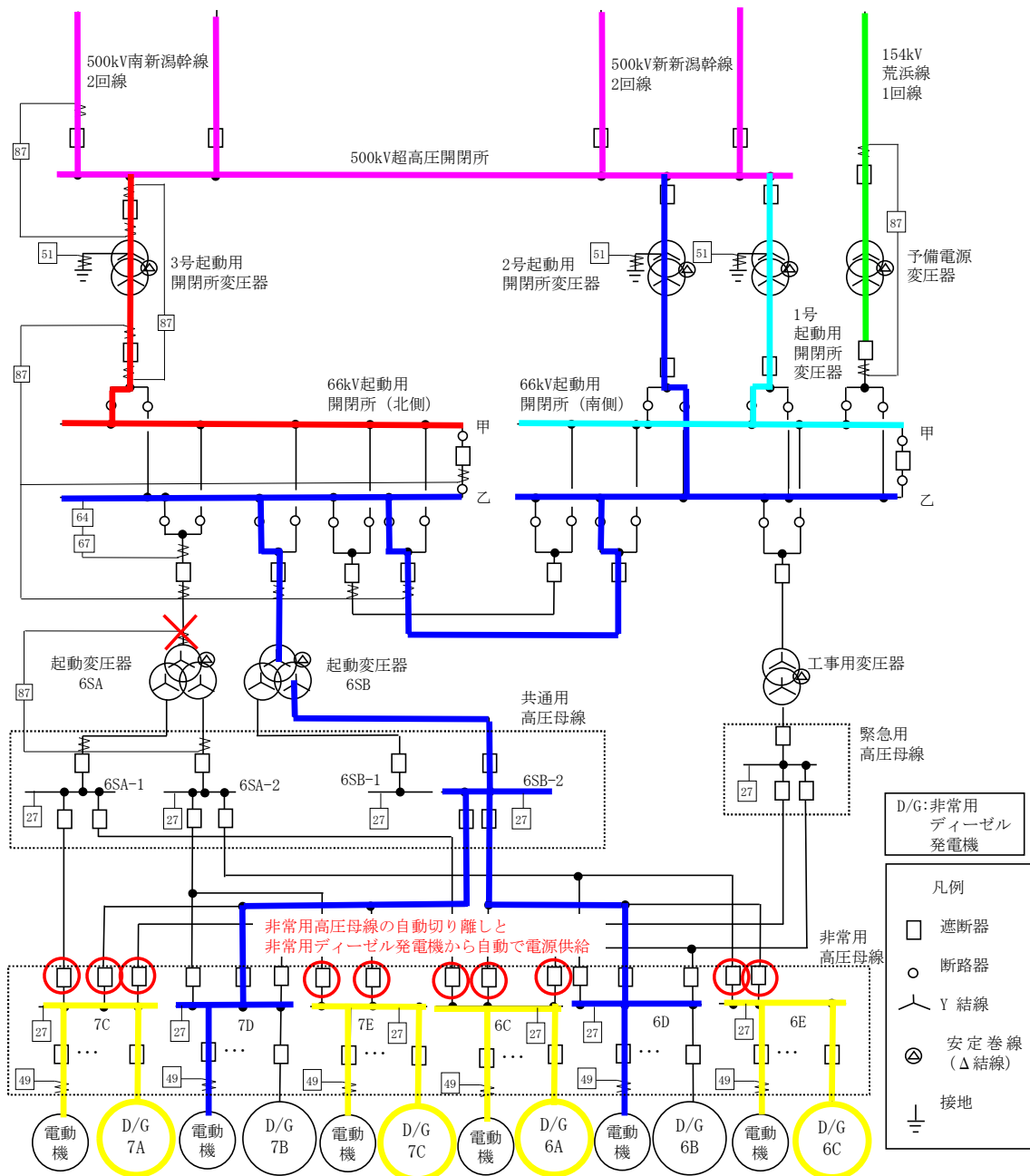
第6-2図の通り、起動変圧器6SAの1次側で1相開放故障が発生すると、起動変圧器6SAから受電していた複数の母線の交流不足電圧継電器(27)が動作する。このことから運転員は、起動変圧器6SAにて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第6-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 非常用高圧母線を隔離した状態

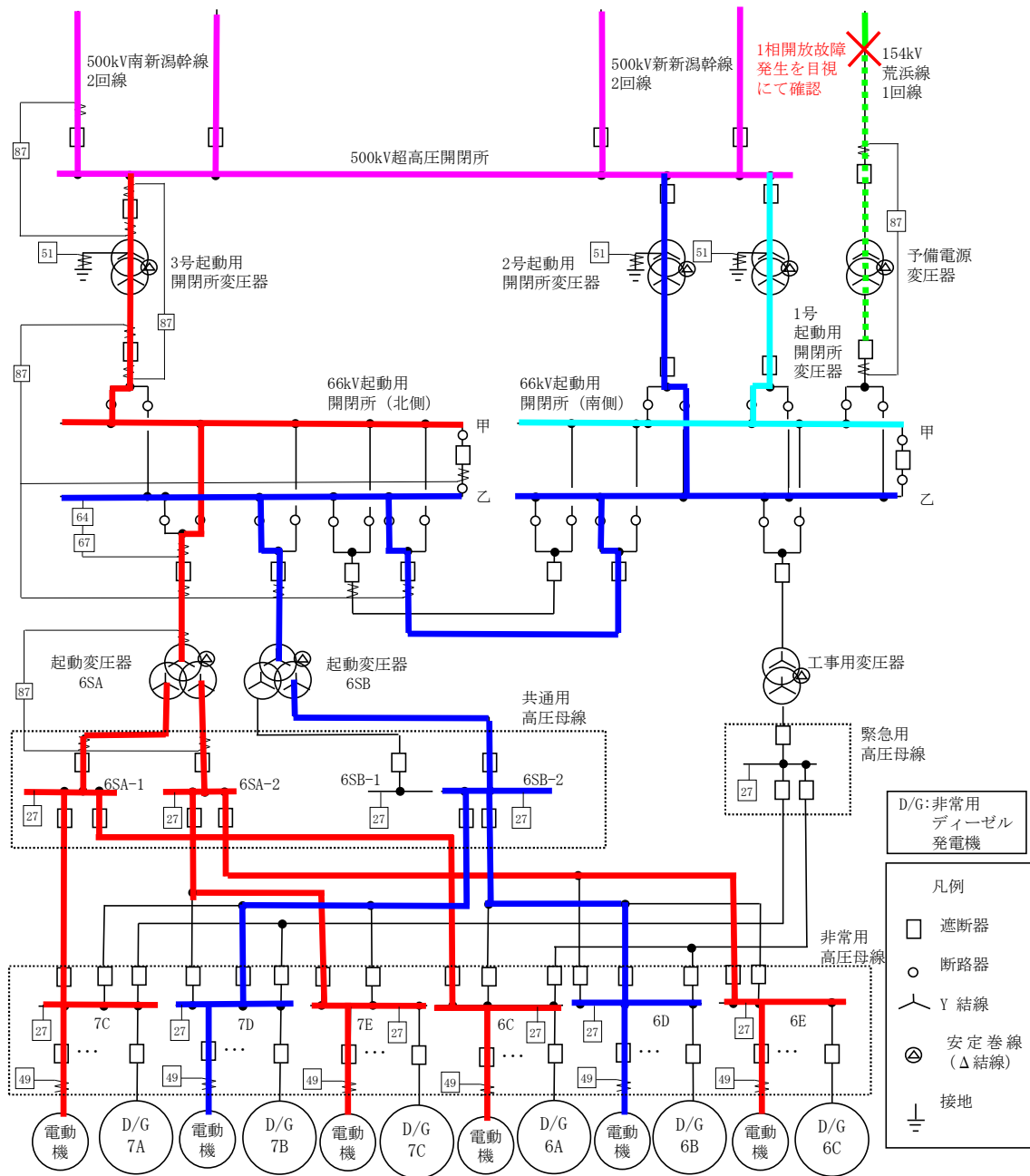
第6-3図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。



第6-3図 非常用高圧母線を隔離した状態

(2) 1相開放故障直後の状態

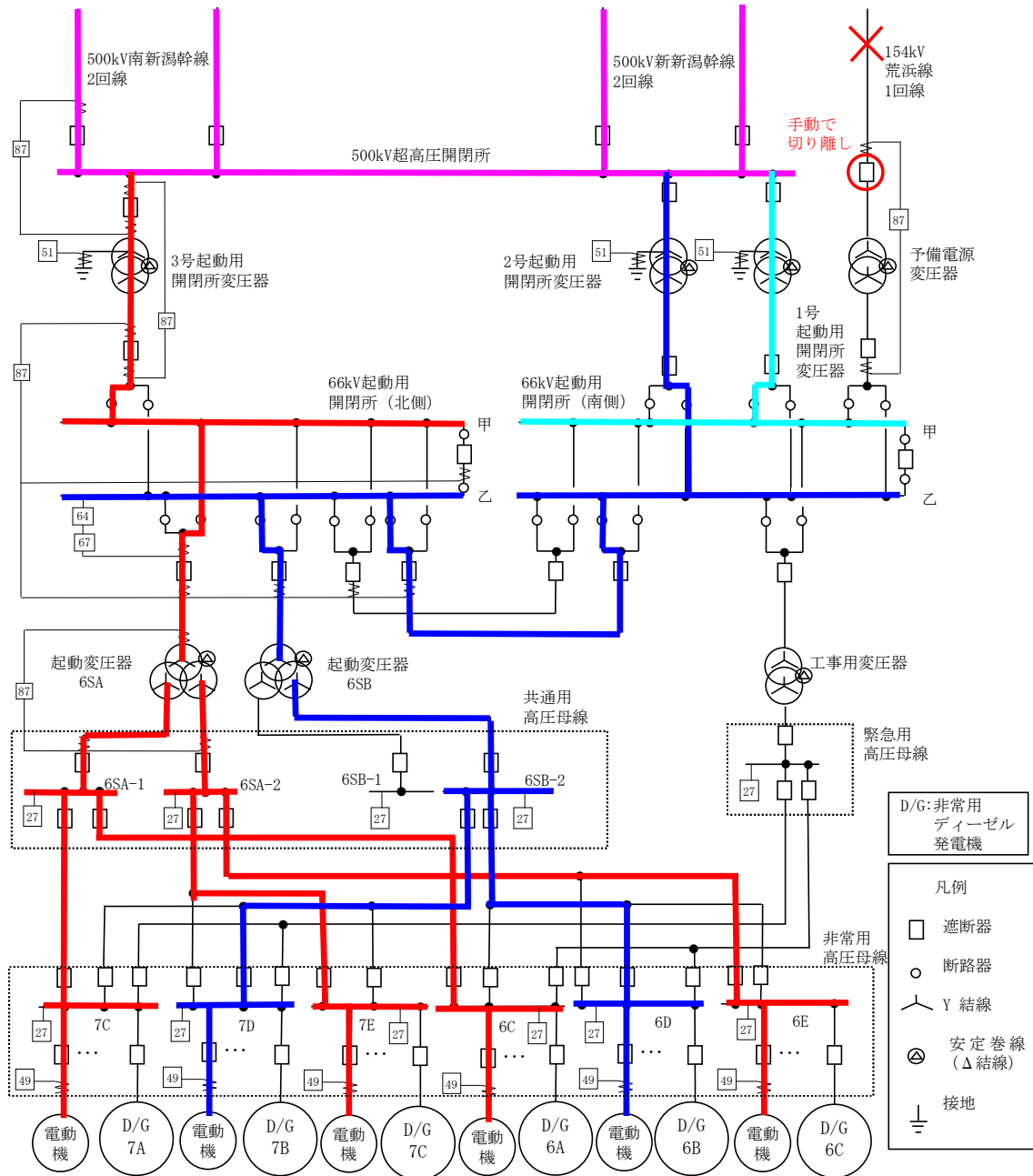
第7-2図の通り、予備電源変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、予備電源変圧器1次側にて1相開放故障が発生したことを検知可能である。



第7-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

第7-3図の通り、運転員の手動操作により、予備電源変圧器を外部電源系から隔離すると、500kV送電線4回線で電源供給を行う。

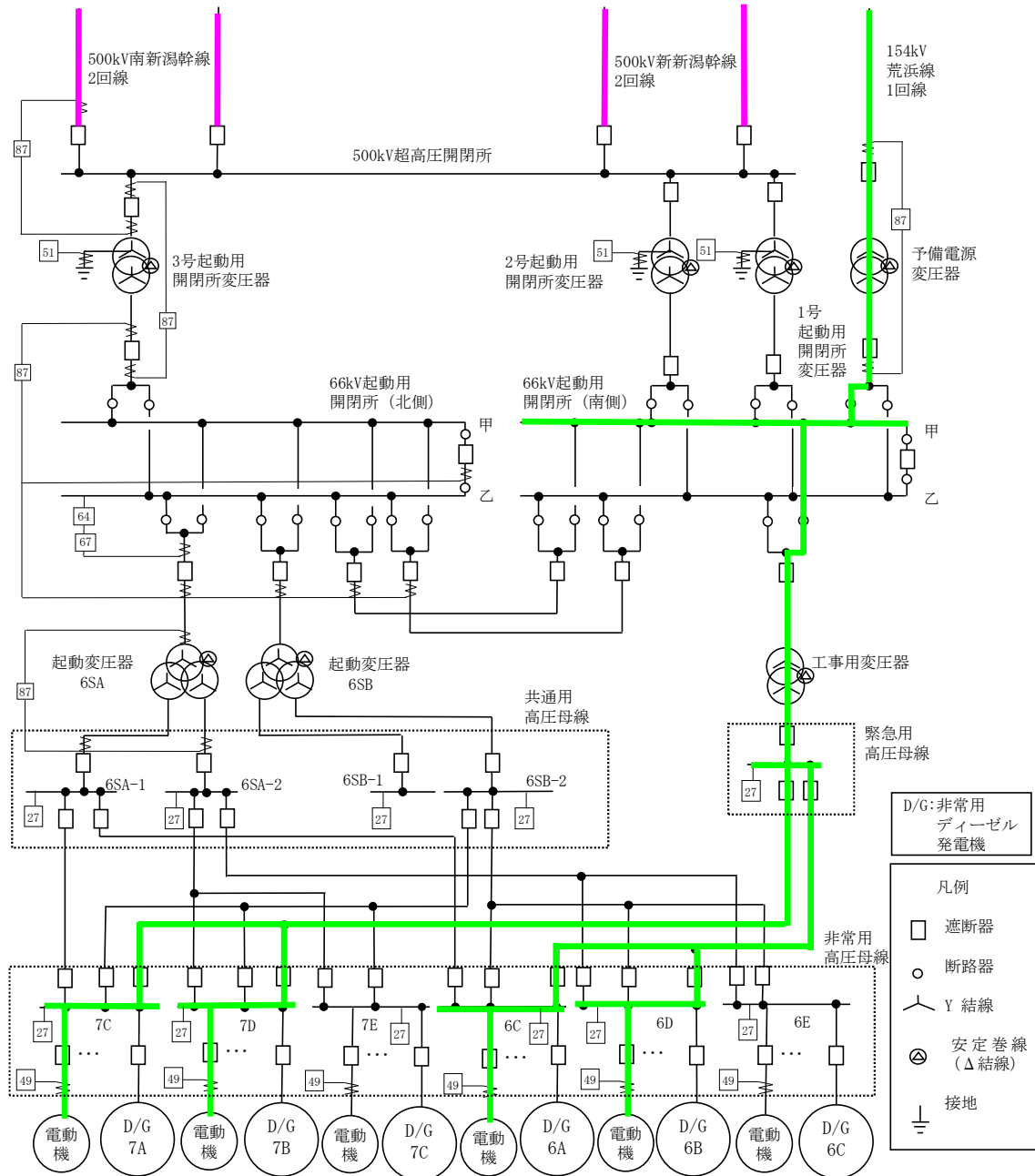


第7-3図 故障箇所を隔離した状態

8 予備電源変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
(目視にて検知)

(1) 1 相開放故障直前の状態

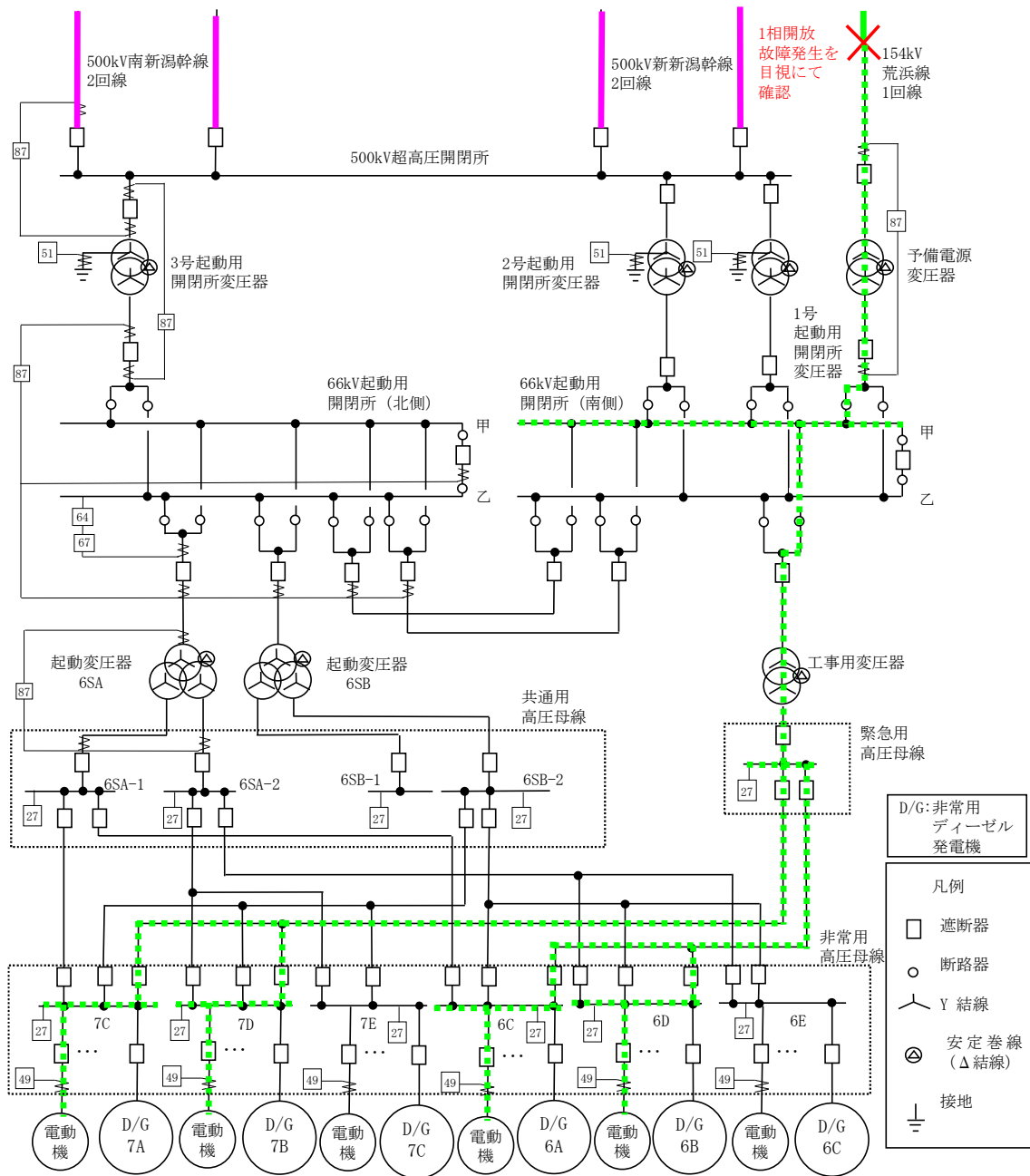
第 8-1 図の通り，154kV 送電線から予備電源変圧器，66kV 起動用開閉所，工所用変圧器，緊急用高圧母線を経由し，非常用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 8-1 図 1 相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

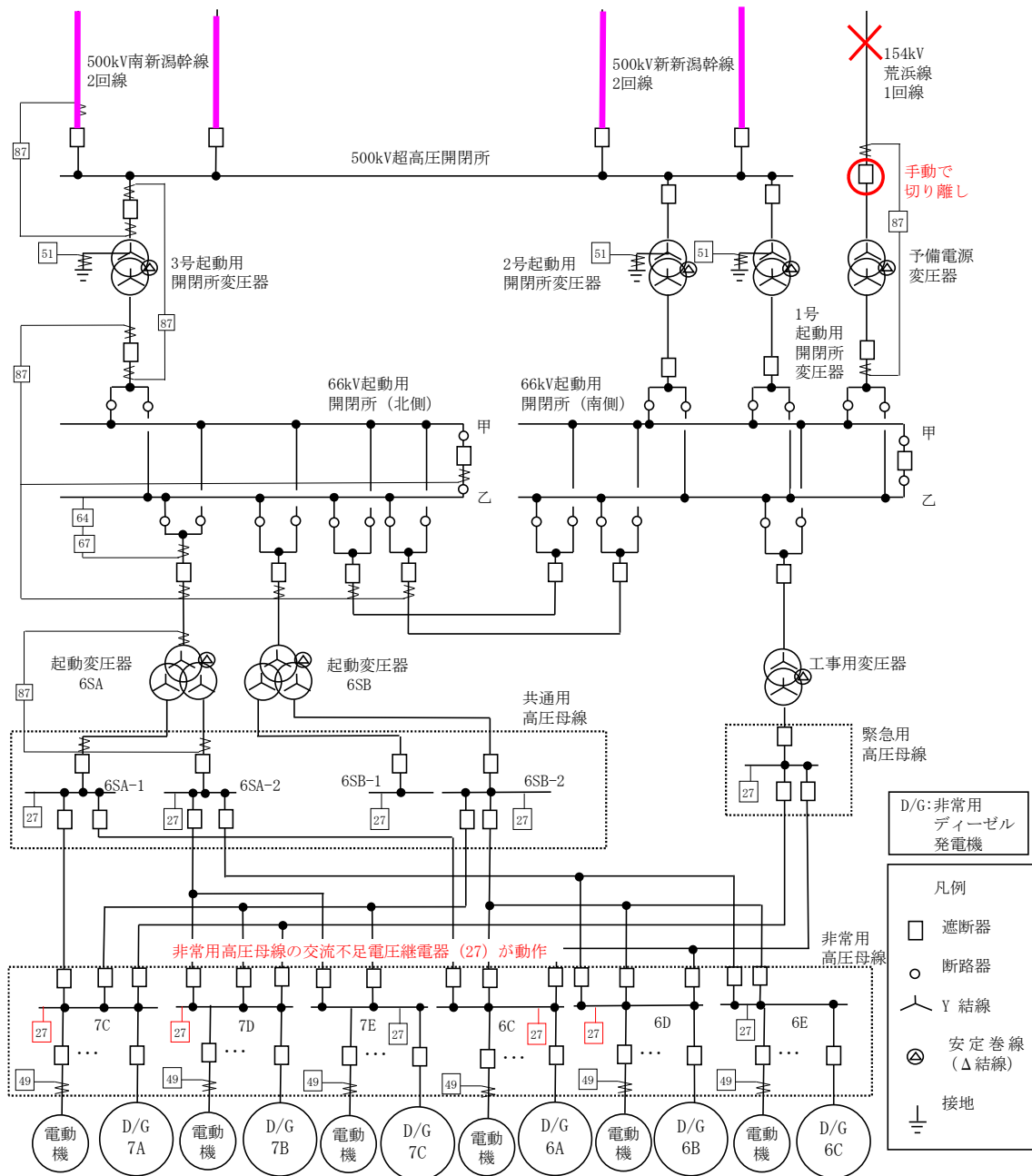
第8-2図の通り、予備電源変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、予備電源変圧器1次側にて1相開放故障が発生したことを検知可能である。



第8-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

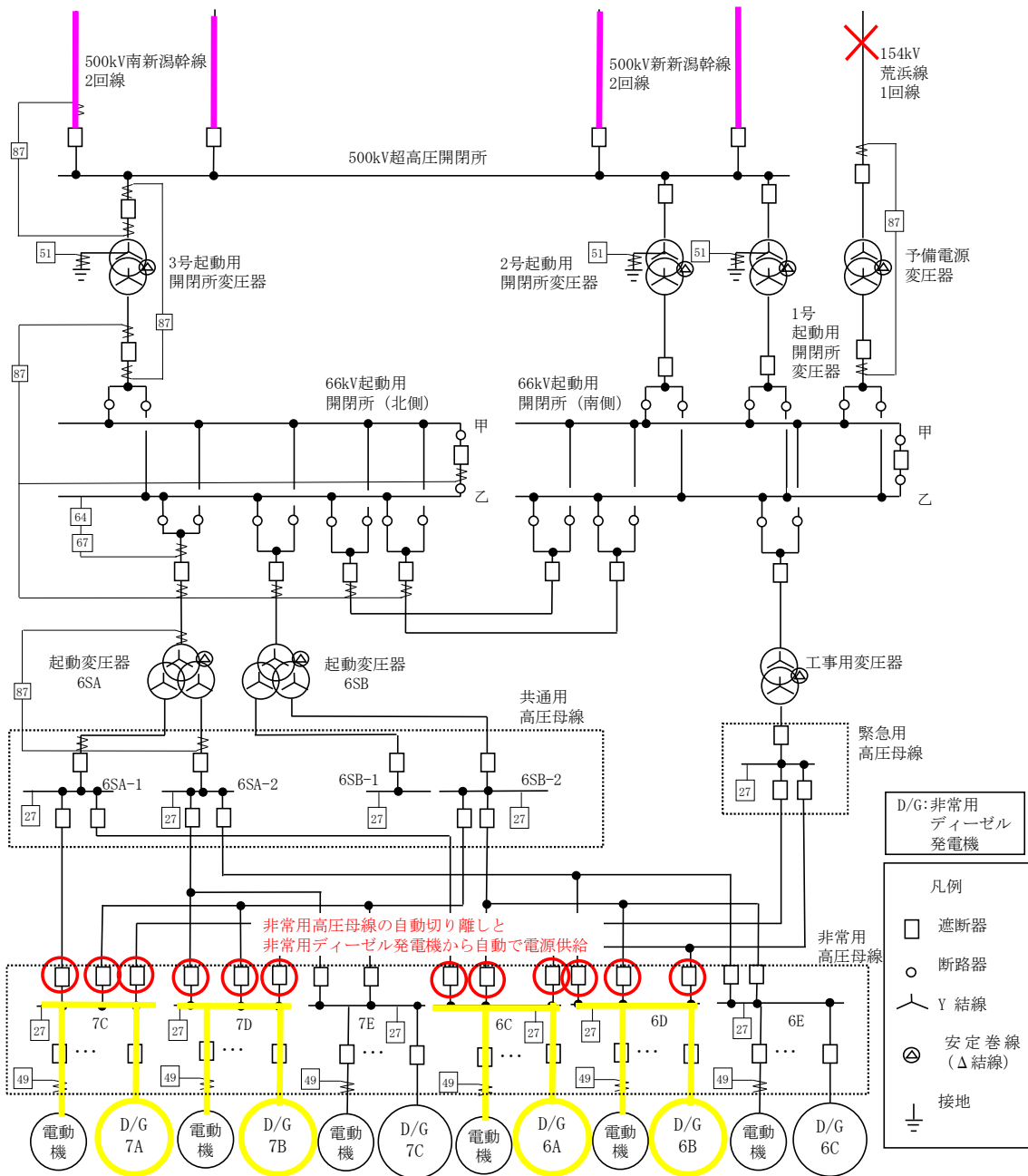
第 8-3 図の通り、運転員の手動操作により、予備電源変圧器を外部電源系から隔離すると、予備電源変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器 (27) が動作する。



第 8-3 図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第8-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

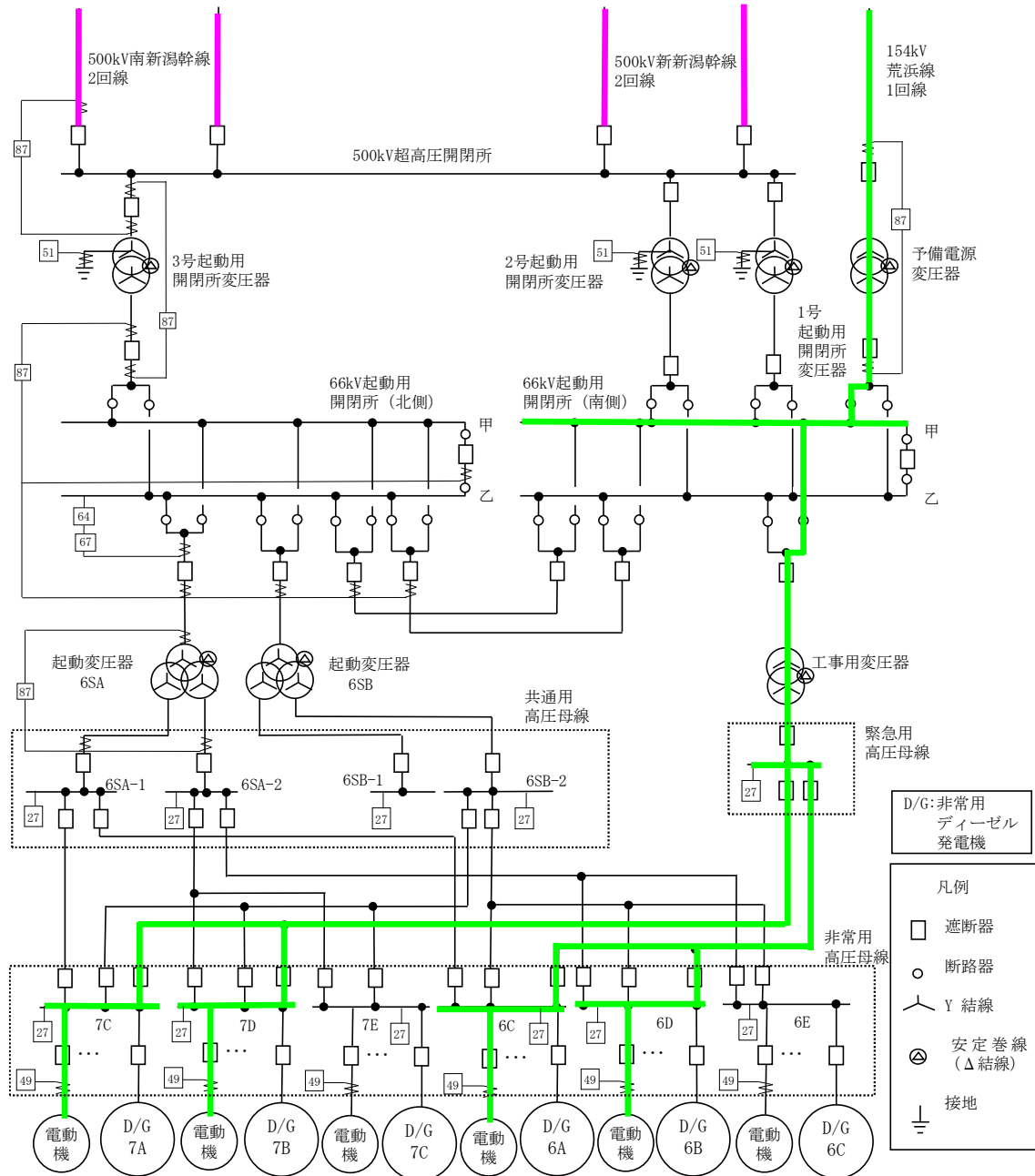


第8-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

9 予備電源変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (電流差動継電器 (87) にて検知)

(1) 1 相開放故障直前の状態

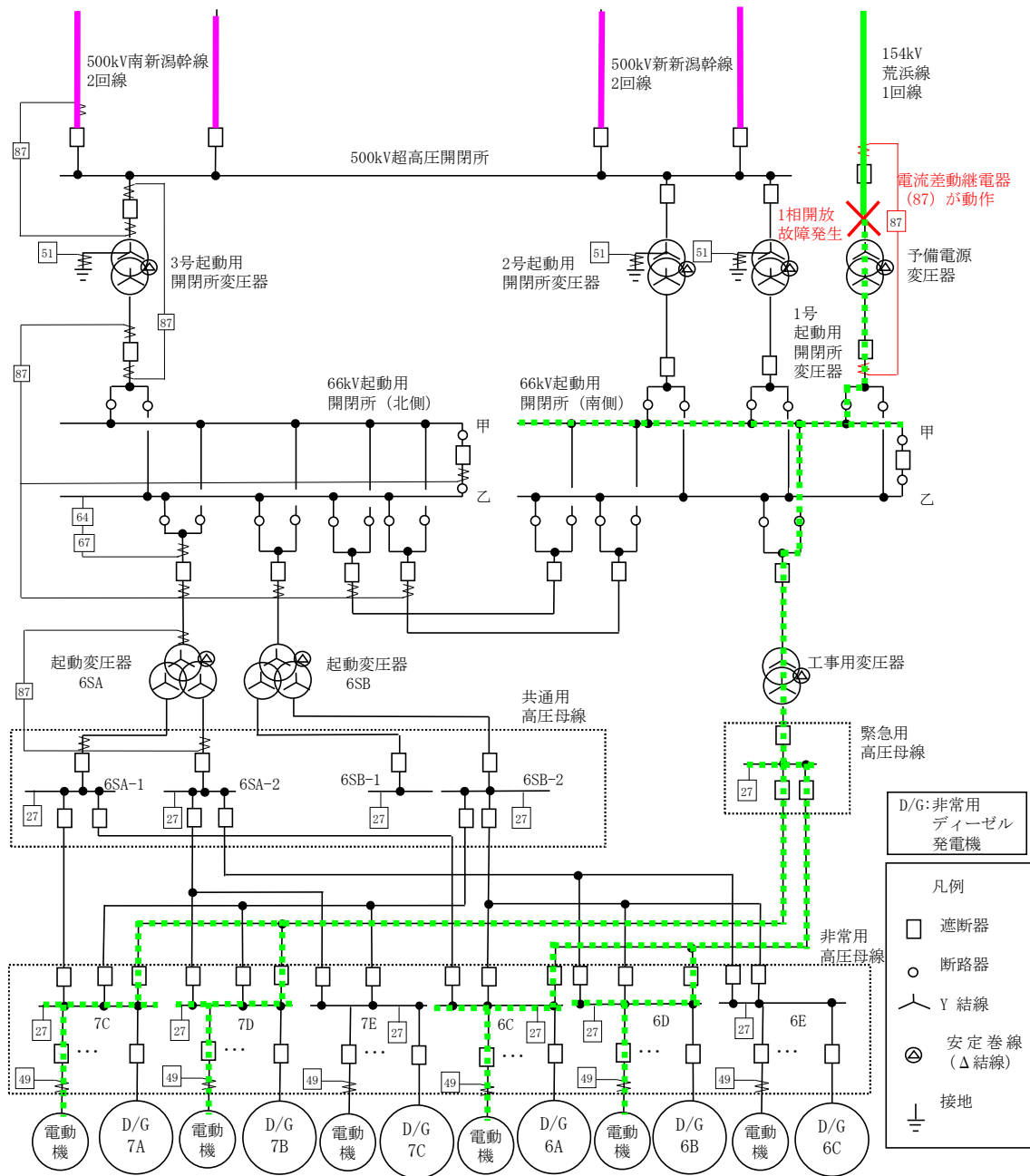
第 9-1 図の通り, 154kV 送電線から予備電源変圧器, 66kV 起動用開閉所, 工所用変圧器, 緊急用高圧母線を経由し, 非常用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 9-1 図 1 相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

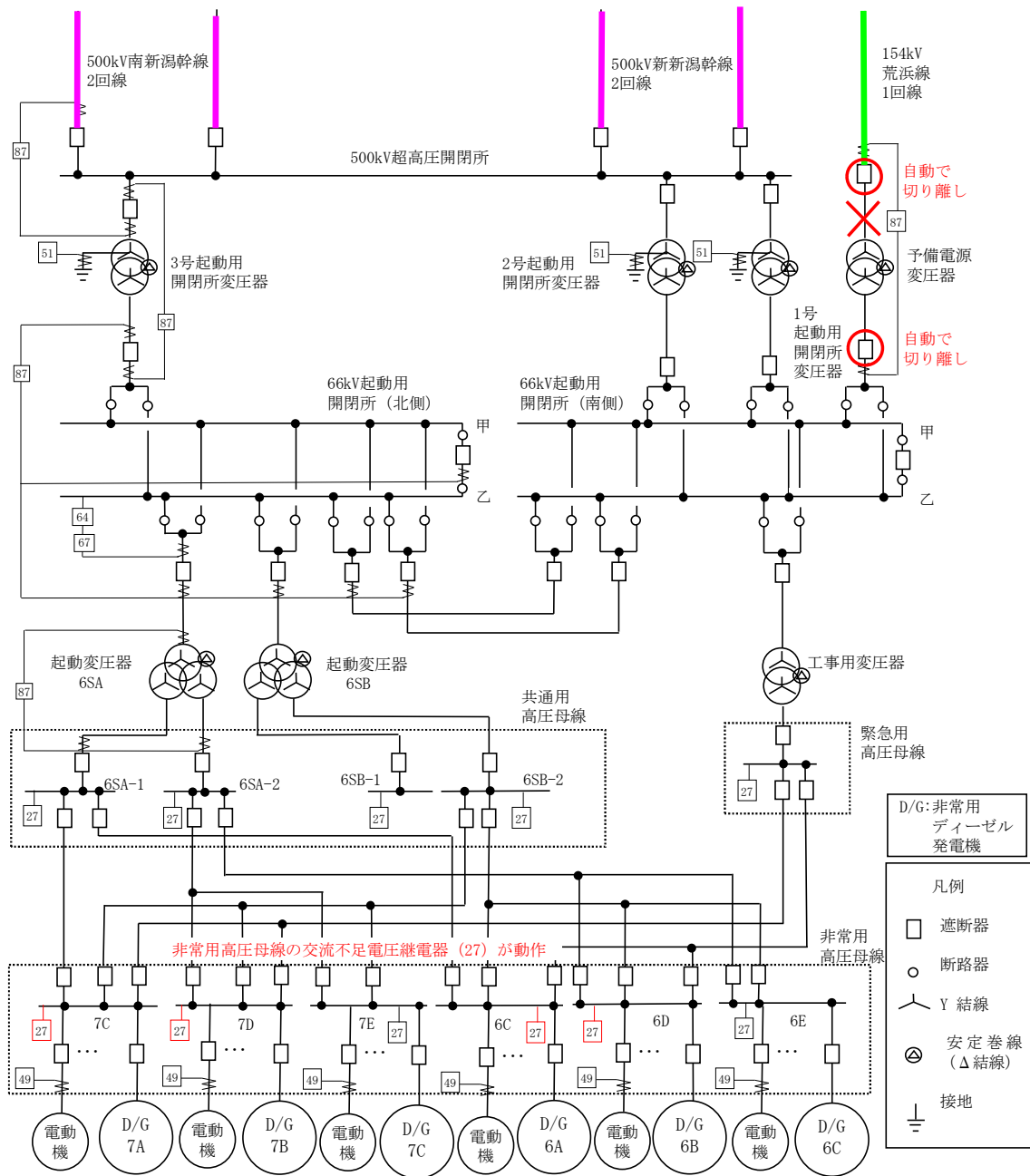
第9-2図の通り、予備電源変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、予備電源変圧器の電流差動継電器(87)が動作する。このことから運転員は、予備電源変圧器にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第9-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

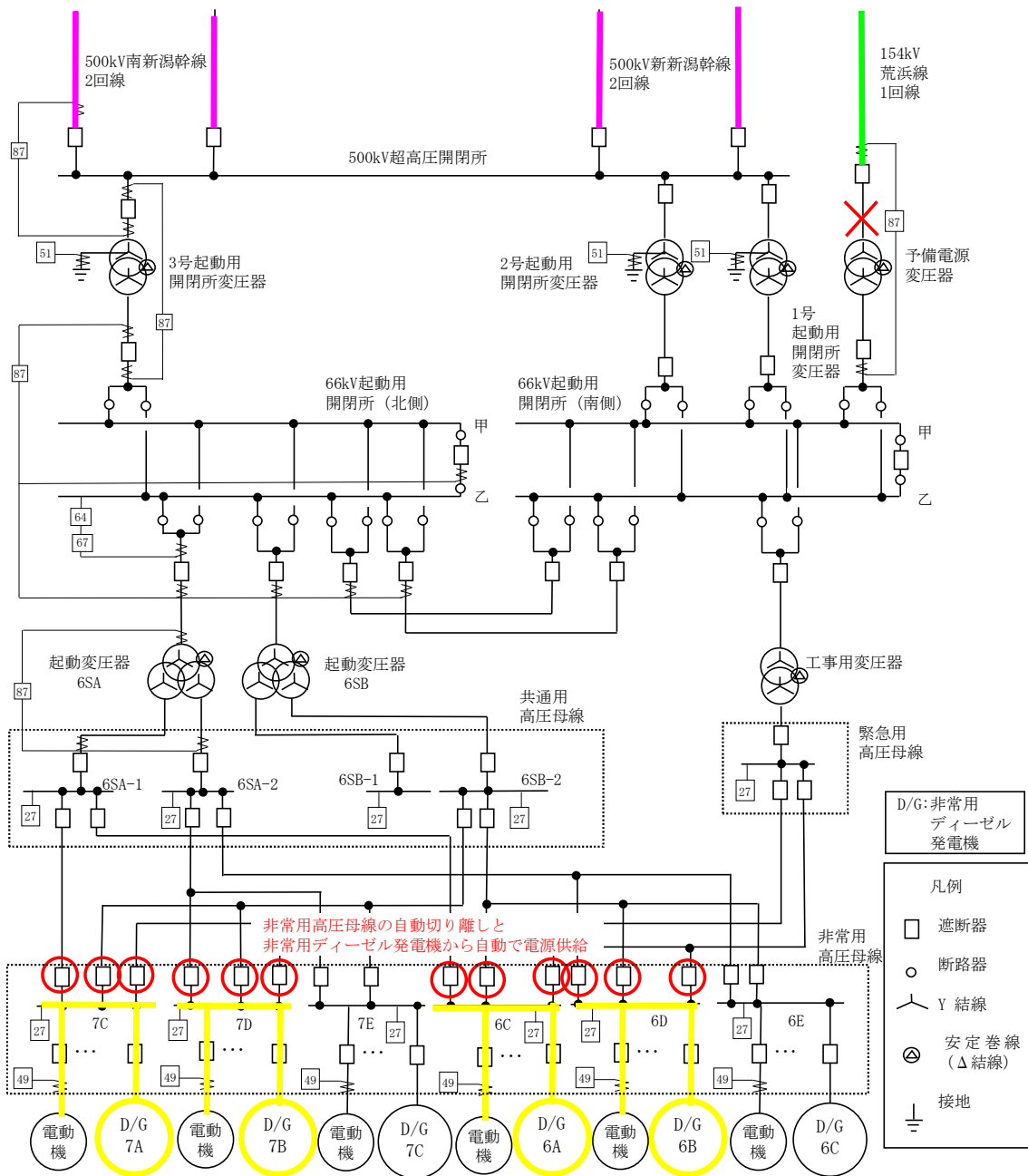
第9-3図の通り、電流差動継電器（87）の自動操作により、予備電源変圧器を外部電源系から隔離すると、予備電源変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器（27）が動作する。



第9-3図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第9-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

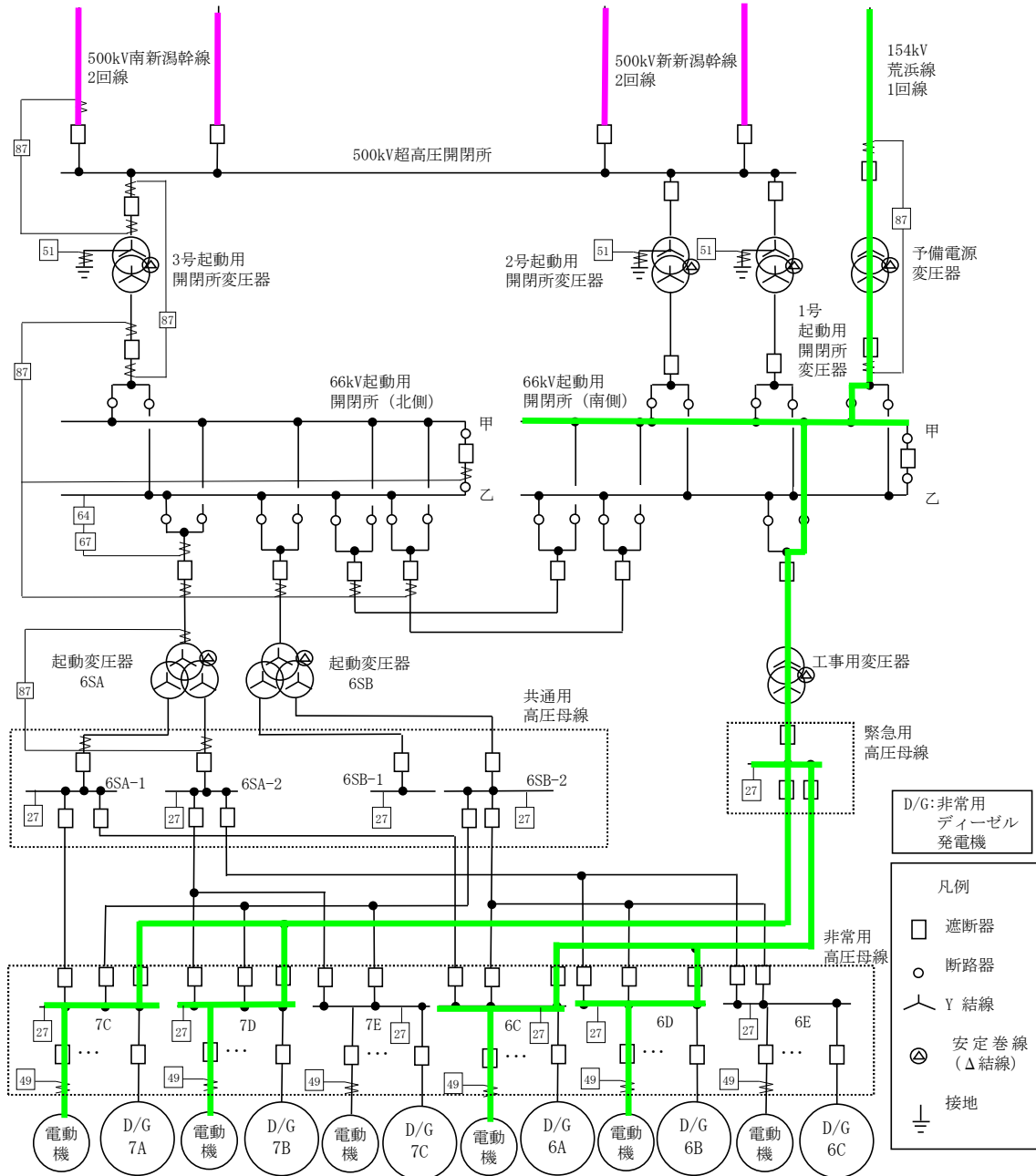


第9-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

10 予備電源変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (過負荷継電器 (49) にて検知)

(1) 1 相開放故障直前の状態

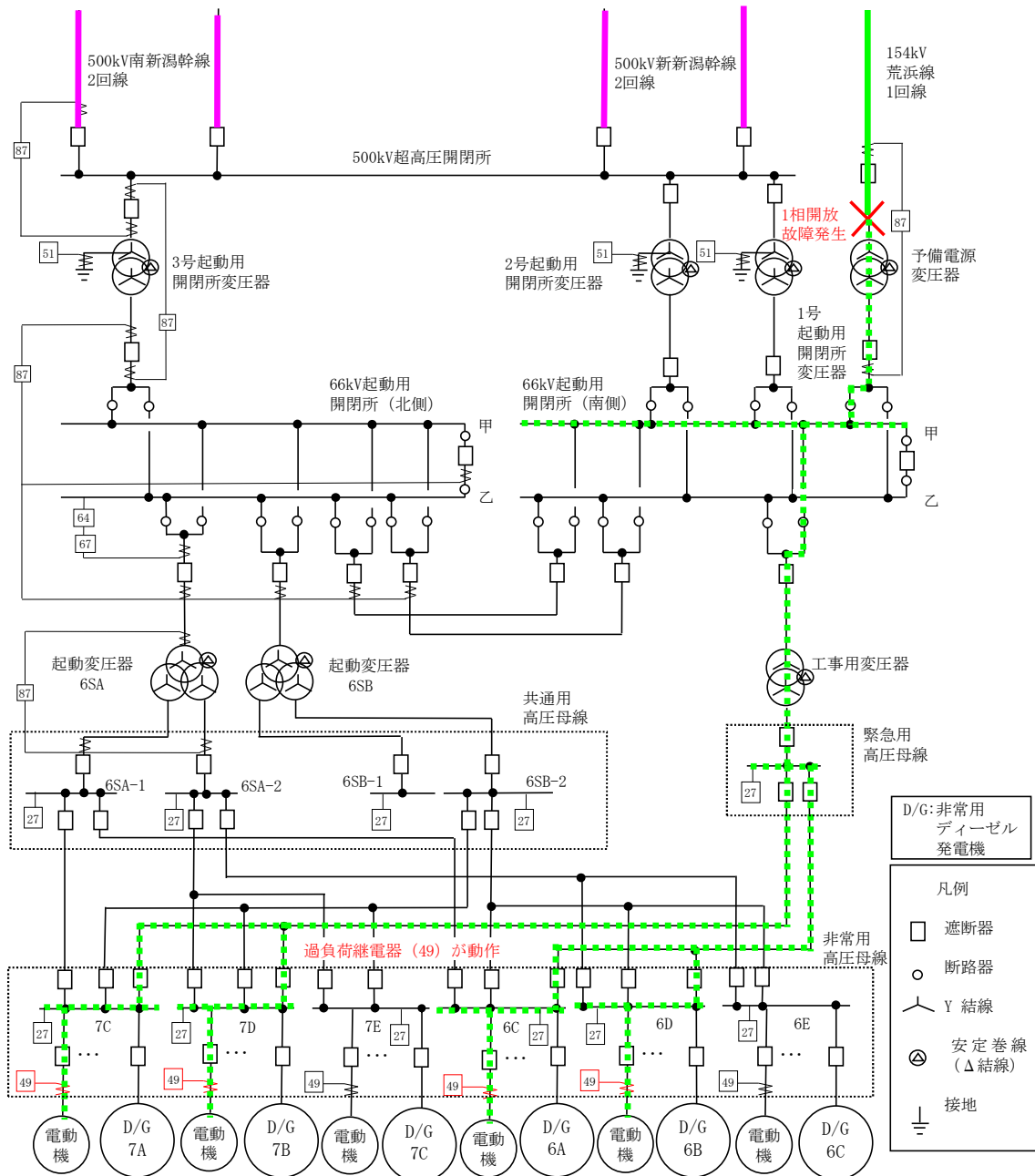
第 10-1 図の通り、154kV 送電線から予備電源変圧器、66kV 起動用開閉所、工所用変圧器、緊急用高圧母線を経由し、非常用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 10-1 図 1 相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

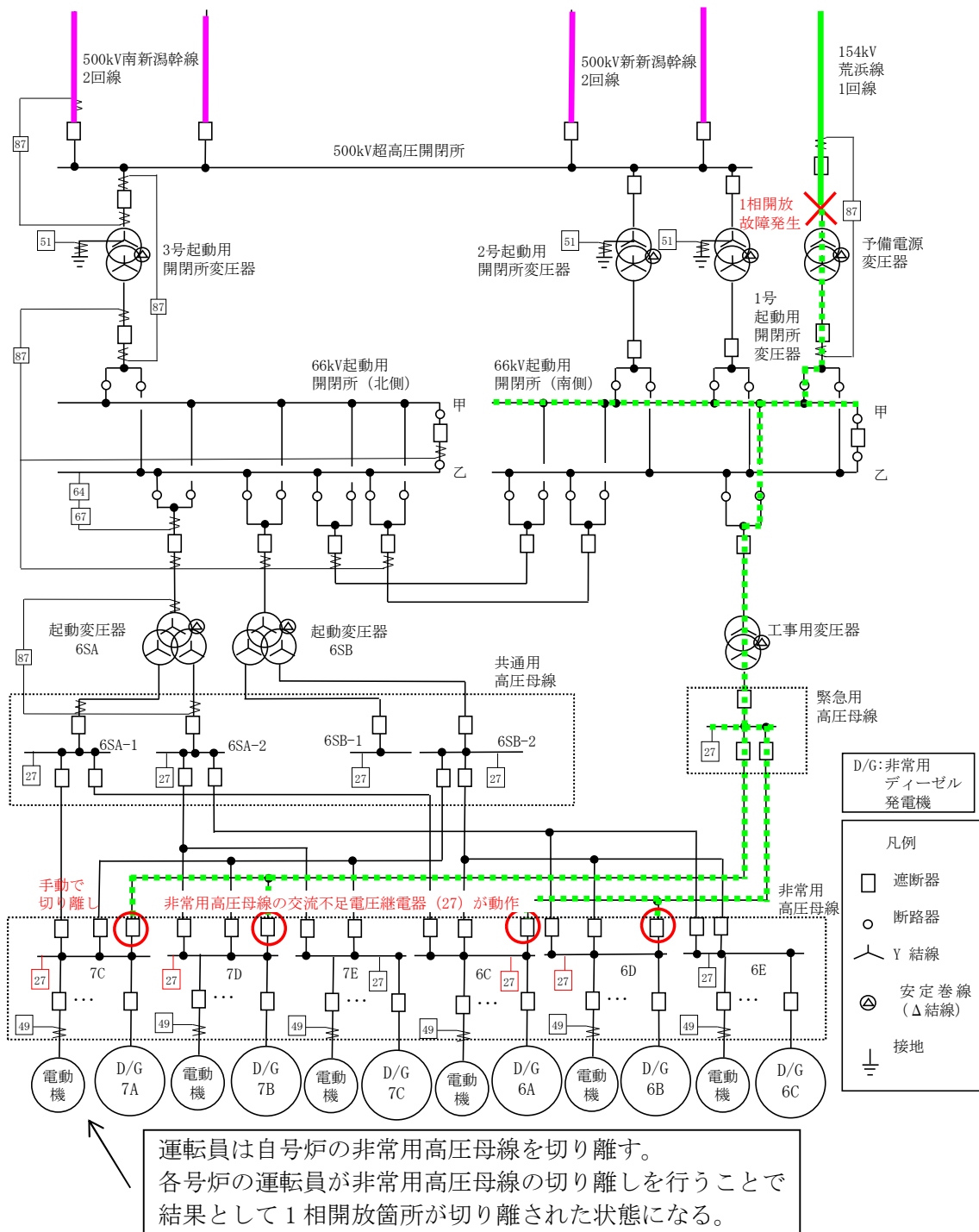
第10-2図の通り、予備電源変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、予備電源変圧器から受電していた複数の負荷の過負荷継電器(49)が動作する。2台以上の電動機で過負荷継電器が発生している場合、非常用高圧母線の電圧を確認することにより、外部電源系にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第10-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 故障箇所を隔離した状態

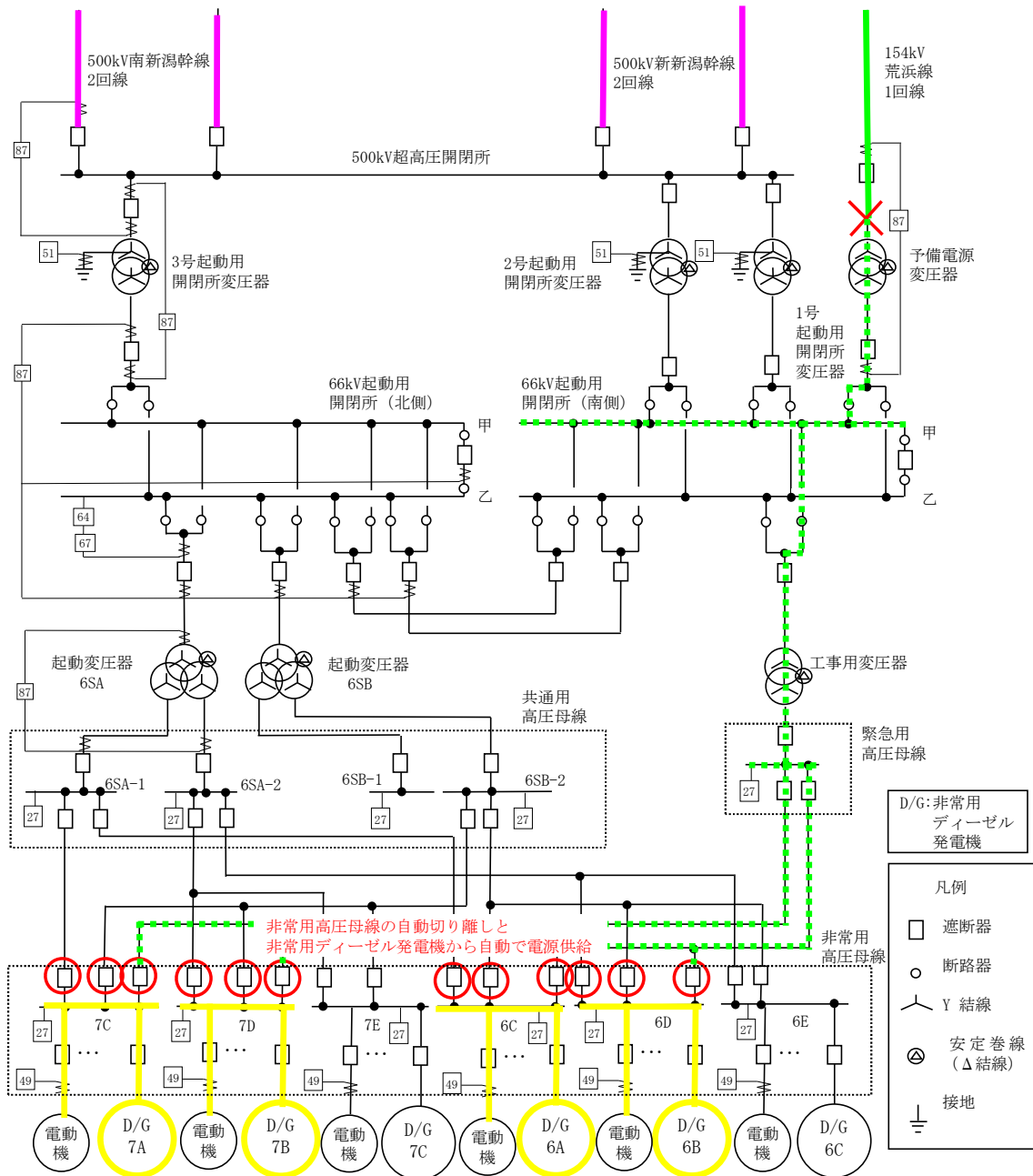
第10-3図の通り、運転員の手動操作により、過負荷継電器(49)が動作した非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、当該非常用高圧母線の交流不足電圧継電器(27)が動作する。



第10-3図 故障箇所を隔離した状態

(4) 非常用高圧母線を隔離した状態

第10-4図の通り、交流不足電圧継電器(27)の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。

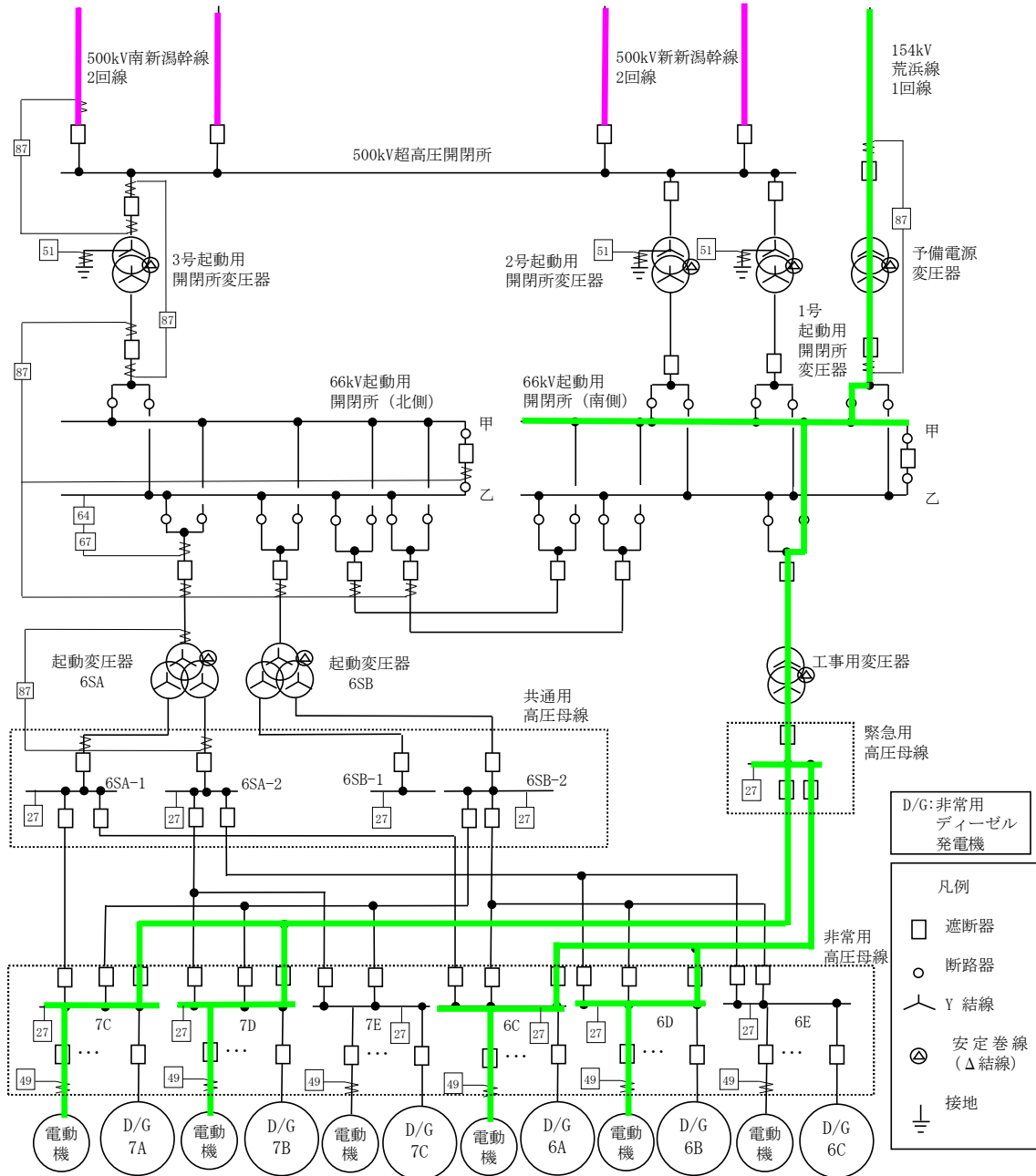


第10-4図 非常用高圧母線を隔離した状態

11 予備電源変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (交流不足電圧継電器 (27) にて検知)

(1) 1 相開放故障直前の状態

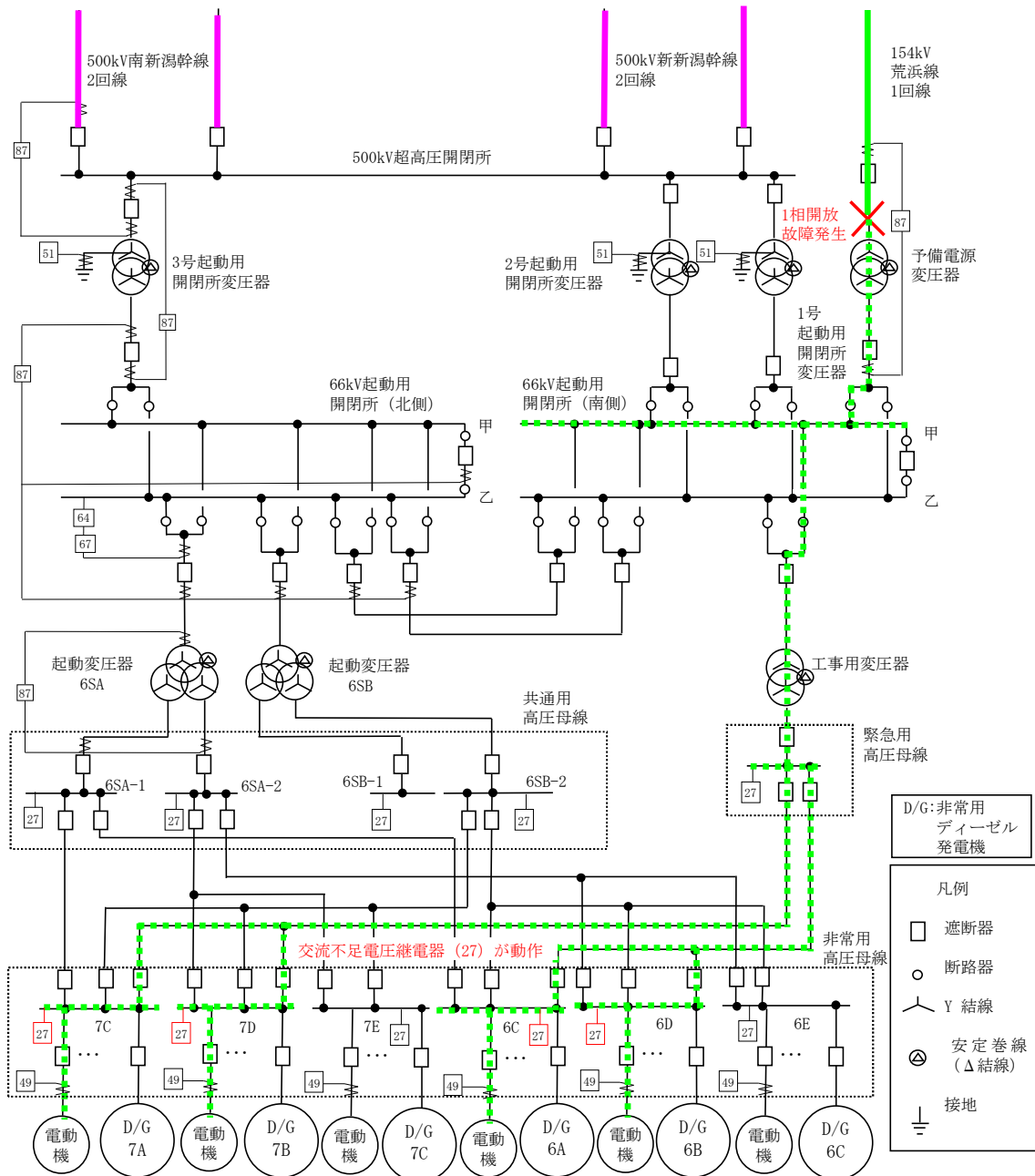
第 11-1 図の通り、154kV 送電線から予備電源変圧器、66kV 起動用開閉所、工所用変圧器、緊急用高圧母線を経由し、非常用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 11-1 図 1 相開放故障直前の状態

(2) 1相開放故障直後の状態

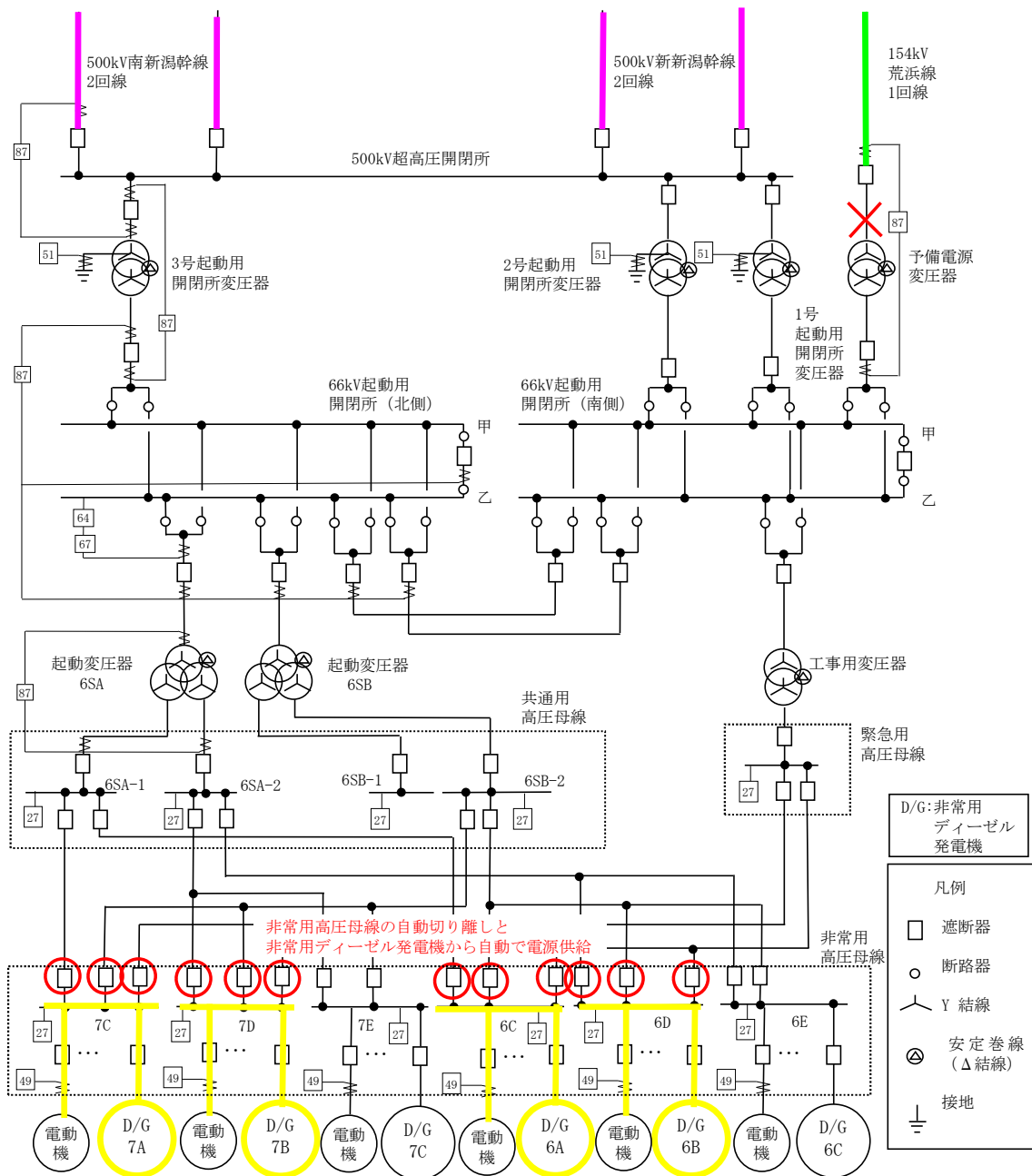
第11-2図の通り、予備電源変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、予備電源変圧器から受電していた複数の母線の交流不足電圧継電器（27）が動作する。このことから運転員は、予備電源変圧器にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第11-2図 1相開放故障直後の状態

(3) 非常用高圧母線を隔離した状態

第 11-3 図の通り、交流不足電圧継電器 (27) の自動操作により、非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、負荷に電源を供給する。



第 11-3 図 非常用高圧母線を隔離した状態

別添 5 負荷状態に応じた保護継電器による検知方法

保護継電器による検知方法は

- 1 相開放故障発生場所が起動用開閉所変圧器の1次側か起動変圧器の1次側か
 - 起動用開閉所変圧器の負荷状態
 - 非常用高圧母線以下の負荷状態
- に応じて第1表の通り複数のパターンに分類される。

第1表 負荷状態に応じた検知方法の差異

起動用開閉所 変圧器の状態	非常用高圧母線 以下の負荷の状態	起動用開閉所変圧器 1次側での1相開放故障	起動変圧器 1次側での1相開放故障
重負荷	重負荷	1項参照	4項参照
重負荷	軽負荷	1項参照	5項参照
軽負荷	重負荷	2項参照	4項参照
軽負荷	軽負荷	2項参照	5項参照
無負荷	無負荷	3項参照	6項参照

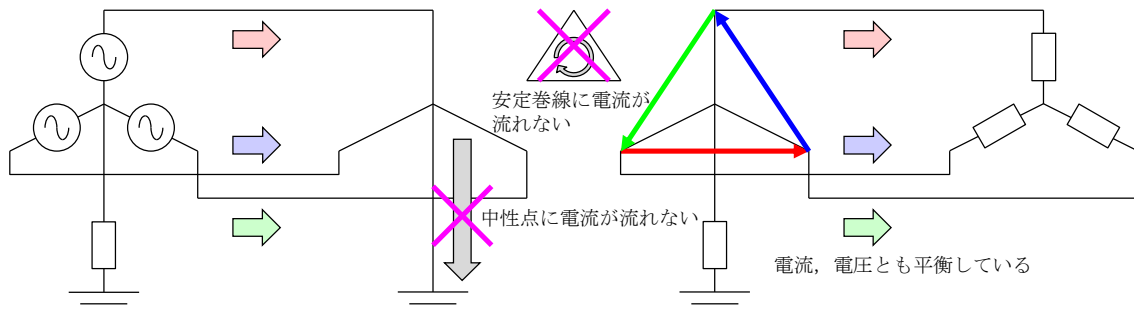
1 起動用開閉所変圧器 1 次側の 1 相開放故障かつ起動用開閉所変圧器が重負荷

各保護継電器での検知の可否を第 1-1 表に示す。また、1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態を第 1-1 図に示す。

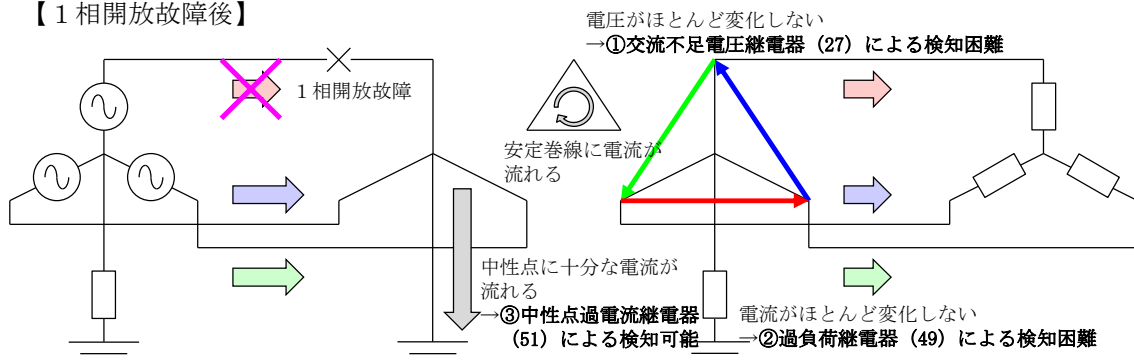
第 1-1 表 各保護継電器での検知の可否

保護継電器	検知の可否
交流不足電圧継電器 (27)	× 安定巻線の作用で変圧器 2 次側にほぼ平衡な電圧が誘起されることで、電圧が低下しないため、検知困難である。(ごく稀に検知可能な場合がある。)
過負荷継電器 (49)	× 安定巻線の作用で変圧器 2 次側にほぼ平衡な電流が流れることで、電流が増加しないため、検知困難である。(ごく稀に検知可能な場合がある。)
中性点過電流継電器 (51)	○ 起動用開閉所変圧器 1 次側中性点に、中性点過電流継電器 (51) の整定値を上回る電流が流れるため、検知可能である。
【参考】負荷への影響	○ 過負荷継電器 (49) の整定値を下回る負荷電流が流れるため、負荷への影響はない。 なお、電動機のすべりが増加し、電動機電流がさらに増加することにより過負荷継電器 (49) が動作する場合や、交流電圧の低下に伴い交流不足電圧継電器 (27) が動作する場合がある。

【1 相開放故障前】



【1 相開放故障後】



第 1-1 図 1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態

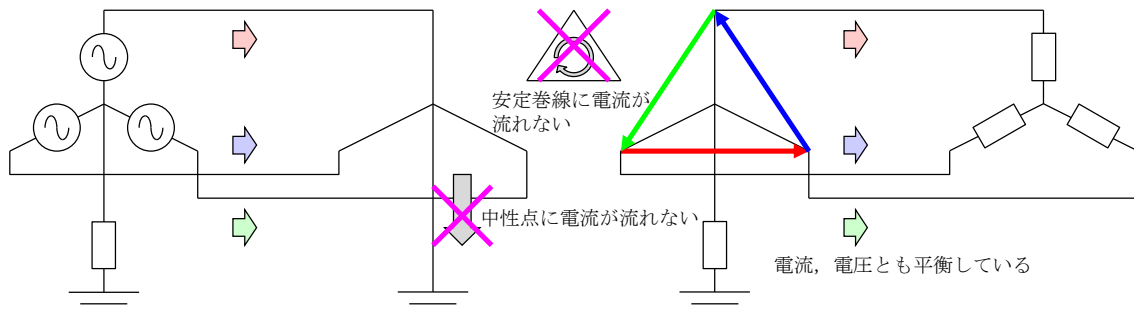
2 起動用開閉所変圧器 1 次側の 1 相開放故障かつ起動用開閉所変圧器が軽負荷

各保護継電器での検知の可否を第 2-1 表に示す。また、1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態を第 2-1 図に示す。

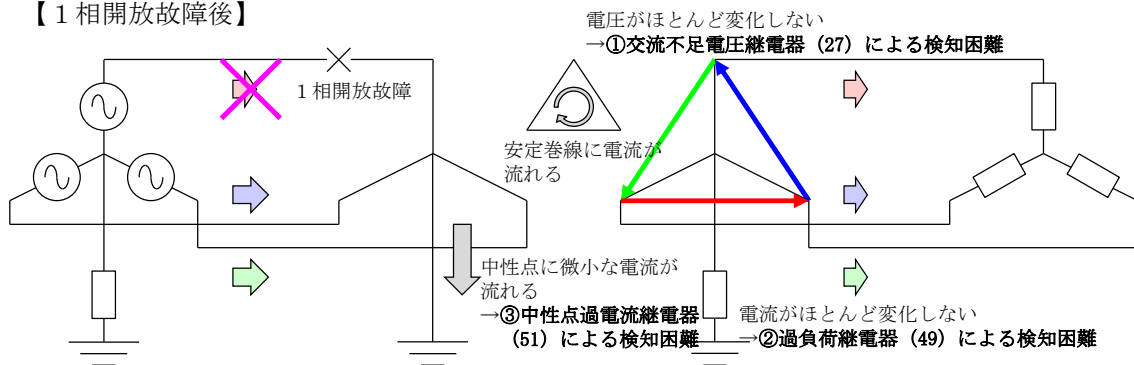
第 2-1 表 各保護継電器での検知の可否

保護継電器	検知の可否
交流不足電圧継電器 (27)	× 安定巻線の作用で変圧器 2 次側にほぼ平衡な電圧が誘起されることで、電圧が低下しないため、検知困難である。(ごく稀に検知可能な場合がある。)
過負荷継電器 (49)	× 安定巻線の作用で変圧器 2 次側にほぼ平衡な電流が流れることで、電流が増加しないため、検知困難である。(ごく稀に検知可能な場合がある。)
中性点過電流継電器 (51)	× 起動用開閉所変圧器 1 次側中性点に、中性点過電流継電器 (51) の整定値を下回る電流が流れるため、検知困難である。
【参考】負荷への影響	○ 過負荷継電器 (49) の整定値を下回る負荷電流が流れるため、負荷への影響はない。 なお、電動機のすべりが増加し、電動機電流がさらに増加することにより過負荷継電器 (49) が動作する場合や、交流電圧の低下に伴い交流不足電圧継電器 (27) が動作する場合がある。

【1 相開放故障前】



【1 相開放故障後】



第 2-1 図 1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態

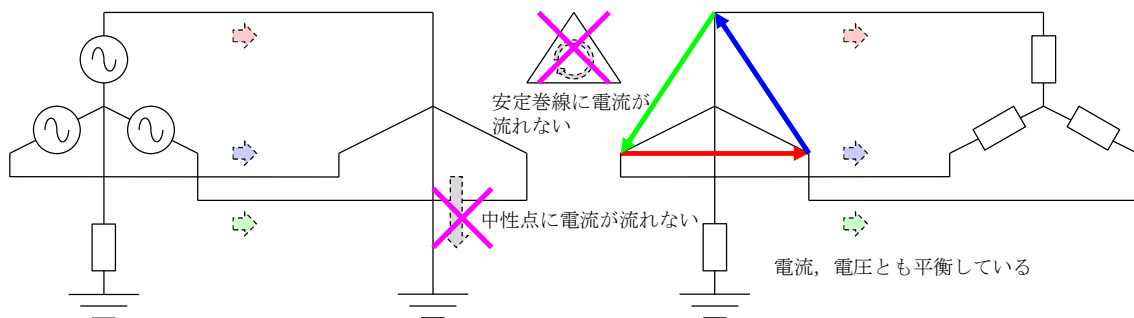
3 起動用開閉所変圧器 1 次側の 1 相開放故障かつ無負荷

各保護継電器での検知の可否を第 3-1 表に示す。また、1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態を第 3-1 図に示す。

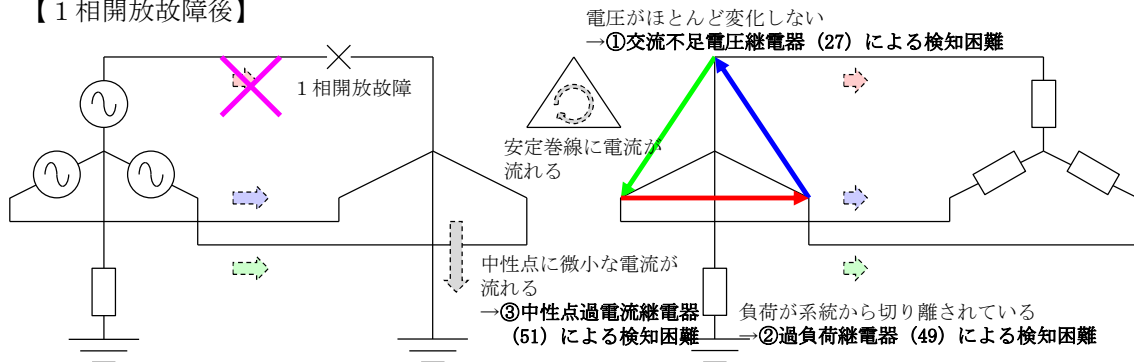
第 3-1 表 各保護継電器での検知の可否

保護継電器	検知の可否
交流不足電圧継電器 (27)	× 安定巻線的作用で変圧器 2 次側にほぼ平衡な電圧が誘起されることで、電圧が低下しないため、検知困難である。
過負荷継電器 (49)	× 無負荷状態では過負荷継電器 (49) が系統から切り離された状態となっているため、検知困難である。
中性点過電流継電器 (51)	× 起動用開閉所変圧器 1 次側中性点に、ほとんど電流が流れないため、検知困難である。
【参考】 負荷への影響	○ 負荷が系統から切り離された状態となっているため、影響ない。

【1 相開放故障前】



【1 相開放故障後】



第 3-1 図 1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態

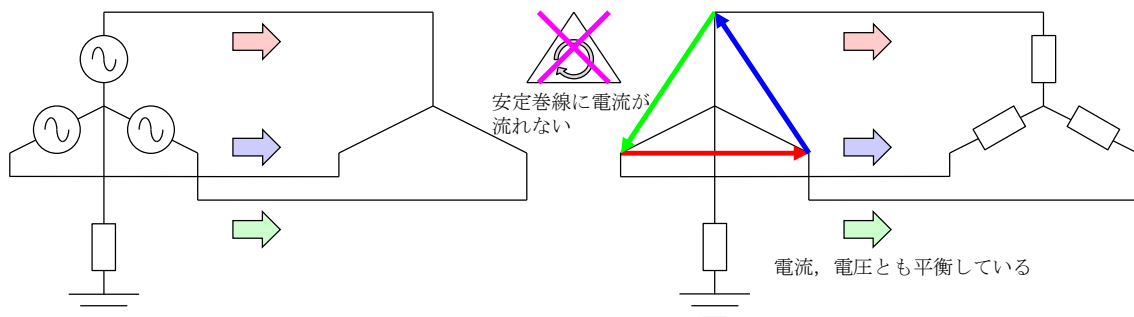
4 起動変圧器 1 次側の 1 相開放故障かつ非常用高圧母線が重負荷

各保護継電器での検知の可否を第 4-1 表に示す。また、1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態を第 4-1 図に示す。

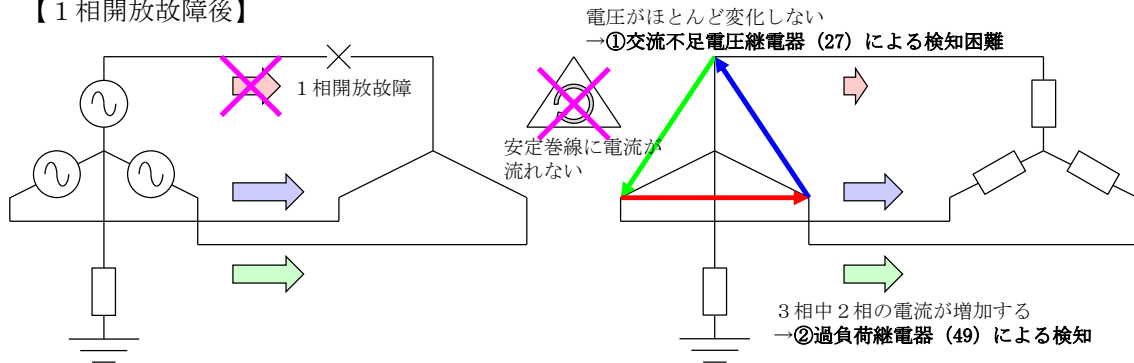
第 4-1 表 各保護継電器での検知の可否

保護継電器	検知の可否
交流不足電圧継電器 (27)	× 非常用高圧母線より下流に接続された電動機が変圧器 2 次側に逆電圧が誘起されることで、電圧が低下しないため、検知困難である。(ごく稀に検知可能な場合がある。)
過負荷継電器 (49)	○ 電動機負荷に過負荷継電器 (49) の整定値を上回る電流が流れるため、検知可能である。

【1 相開放故障前】



【1 相開放故障後】



第 4-1 図 1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態

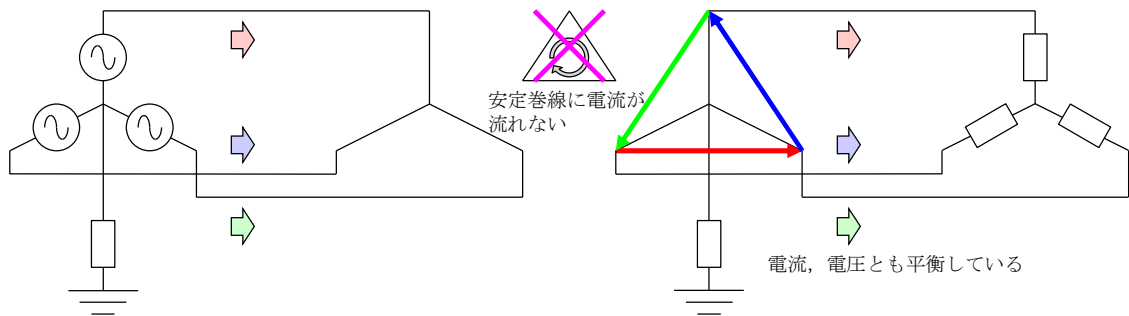
5 起動変圧器 1 次側の 1 相開放故障かつ非常用高圧母線が軽負荷

各保護継電器での検知の可否を第 5-1 表に示す。また、1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態を第 5-1 図に示す。

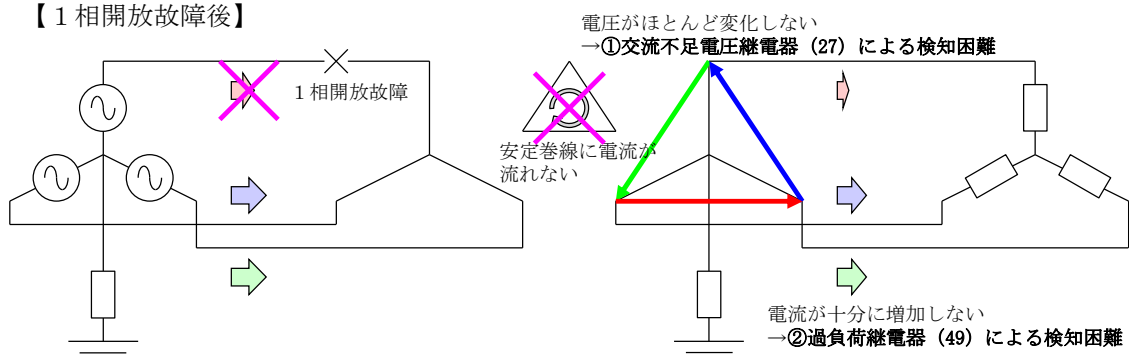
第 5-1 表 各保護継電器での検知の可否

保護継電器	検知の可否
交流不足電圧継電器 (27)	× 非常用高圧母線より下流に接続された電動機が変圧器 2 次側に逆電圧が誘起されることで、電圧が低下しないため、検知困難である。(ごく稀に検知可能な場合がある。)
過負荷継電器 (49)	× 電動機負荷に過負荷継電器 (49) の整定値を下回る電流が流れるため、検知困難である。
【参考】負荷への影響	○ 過負荷継電器 (49) の整定値を下回る負荷電流が流れるため、負荷への影響はない。 なお、電動機のすべりが増加し、電動機電流がさらに増加することにより過負荷継電器 (49) が動作する場合や、交流電圧の低下に伴い交流不足電圧継電器 (27) が動作する場合がある。

【1 相開放故障前】



【1 相開放故障後】



第 5-1 図 1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態

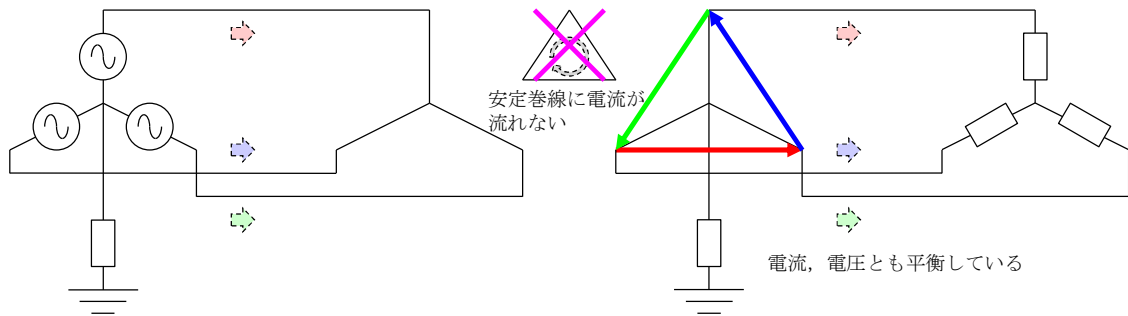
6 起動変圧器 1 次側の 1 相開放故障かつ無負荷

各保護継電器での検知の可否を第 6-1 表に示す。また、1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態を第 6-1 図に示す。

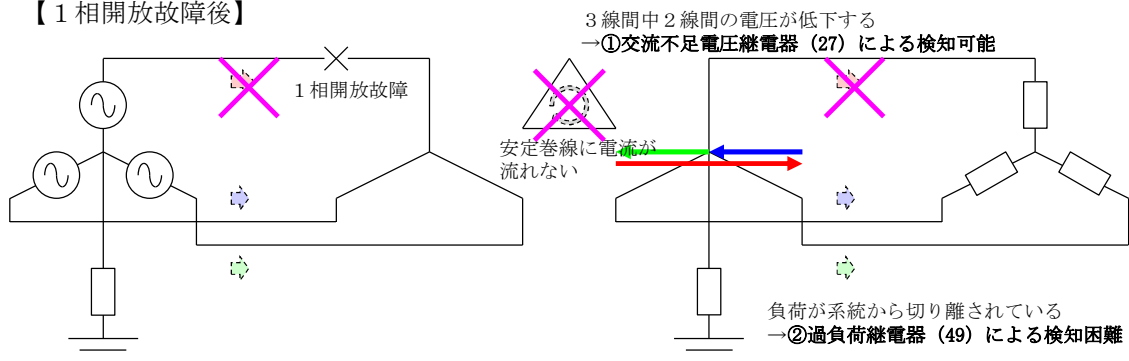
第 6-1 表 各保護継電器での検知の可否

保護継電器	検知の可否
交流不足電圧継電器 (27)	○ 欠相相に電圧が誘起されず、交流不足電圧継電器 (27) の整定値より電圧が低下するため、検知可能である。
過負荷継電器 (49)	× 無負荷状態では過負荷継電器 (49) が系統から切り離された状態となっているため、検知困難である。
【参考】 負荷への影響	○ 負荷が系統から切り離された状態となっているため、影響ない。

【1 相開放故障前】



【1 相開放故障後】



第 6-1 図 1 相開放故障前後の電流及び電圧の状態

別添 6 開閉所設備等の基準地震動 Ss に対する耐震性評価結果について

(1) 評価対象設備

外部電源における更なる信頼性向上対策として、500kV 送電線からの外部電源受電回路の設備（500kV 超高压開閉所、66kV 起動用開閉所、起動用開閉所変圧器、起動変圧器）について、基準地震動 Ss に対する耐震評価対象とし、信頼性を確認する。

なお、外部電源受電回路の設備は耐震 C クラスであり、本評価は地盤の液状化を考慮せず、設置変更許可申請書（平成 25 年 9 月 27 日）の基準地震動 Ss にて信頼性を確認したものである。

(2) 耐震評価内容

評価対象設備への入力地震動は、基準地震動 Ss により各設備設置位置の算出した応答を用いる。（設置変更許可申請書（平成 25 年 9 月 27 日）の基準地震動 Ss を使用）

開閉所設備については、設備をはり要素モデル化し、スペクトルモーダル解析又は時刻歴応答解析により、各部位に発生する応力が許容応力*以下であることを確認する。

また、変圧器については、基礎固定部に発生する引張応力とせん断応力が許容応力*以下であることを確認する。

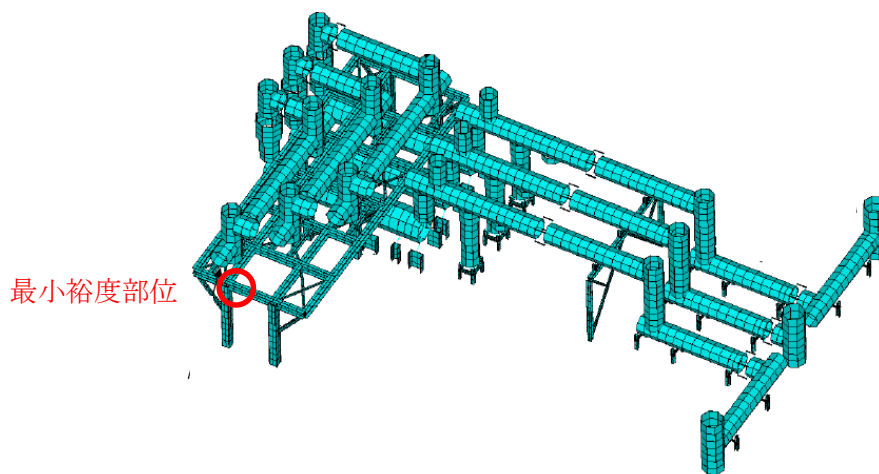
※「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601 - 2008）」に準拠

(3) 耐震性評価結果

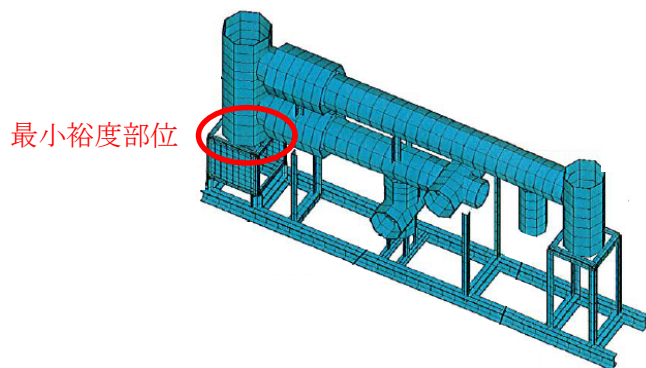
開閉所設備の評価結果を第 1 表及び変圧器の評価結果を第 2 表に示す。概略図を第 1 図～第 3 図に示す。評価の結果、500kV 送電線からの外部電源受電回路の設備（500kV 超高压開閉所、66kV 起動用開閉所、起動用開閉所変圧器、起動変圧器）については、基準地震動 Ss に対して許容応力を満足しており信頼性を有している。

第 1 表 基準地震動 Ss に対する開閉所設備の評価結果

電圧階級	設備名	最小裕度部位	使用材料	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度
500kV	500kV 超高压開閉所 ガス絶縁開閉装置 (GIS)	GIS 架構部	SS400	192	279	1.45
66kV	66kV 起動用開閉所 ガス絶縁開閉装置 (GIS)	GIS 架構部	SS400	220	279	1.26



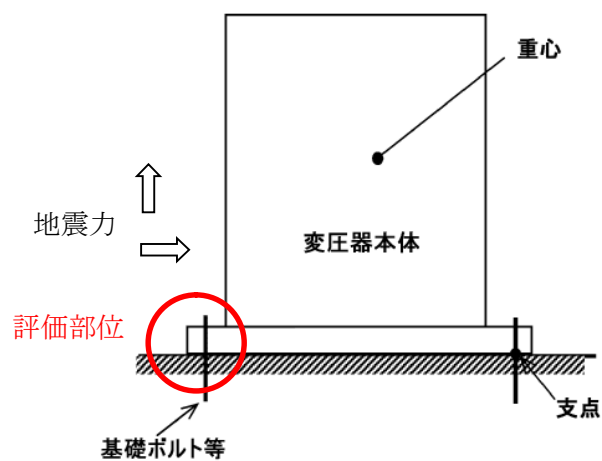
第 1 図 500kV ガス絶縁開閉装置における最小裕度部位



第2図 66kV ガス絶縁開閉装置における最小裕度部位

第2表 基準地震動 S_s に対する変圧器の評価結果

変圧器名称	電圧	評価部位	評価項目	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度
1号起動用開閉所変圧器	500/66kV	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	149	160	1.07
2号起動用開閉所変圧器	500/66kV	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	127	160	1.25
3号起動用開閉所変圧器	500/66kV	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	127	160	1.25
起動変圧器 6SA	66/6.9kV	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	121	160	1.32
起動変圧器 6SB	66/6.9kV	基礎固定部 (溶接)	引張とせん断の組合せ	126	160	1.26

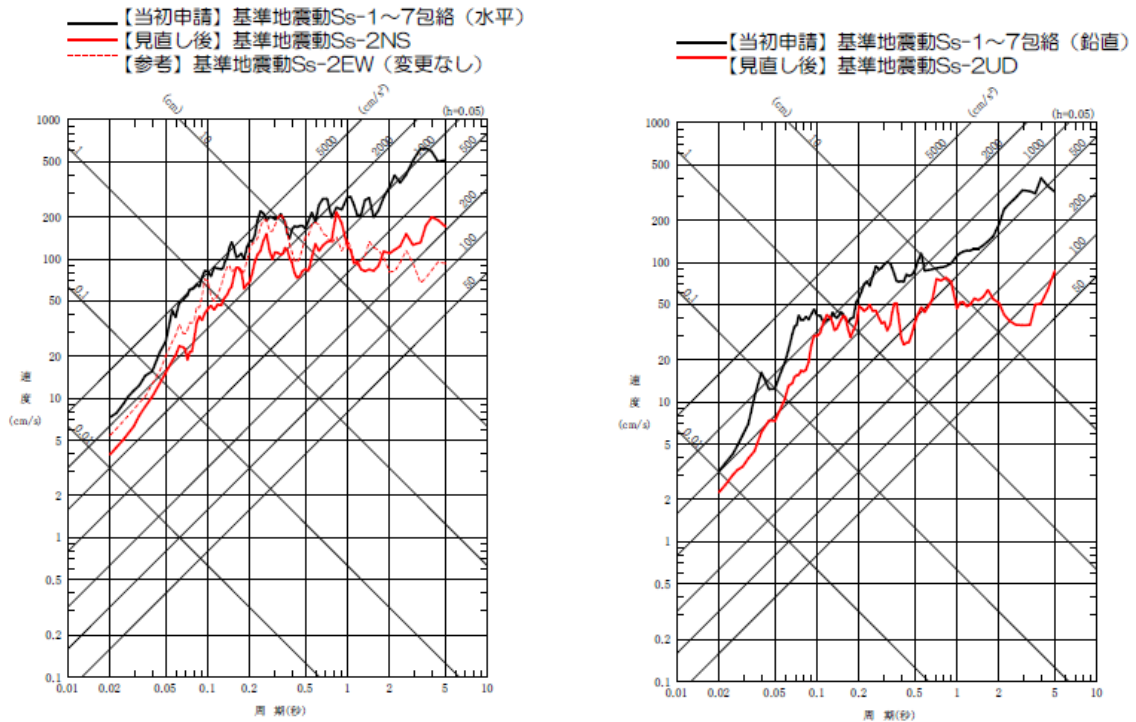


第3図 変圧器評価の概念図

(4) 申請（平成 25 年 9 月 27 日）後に設定した基準地震動 Ss による影響評価

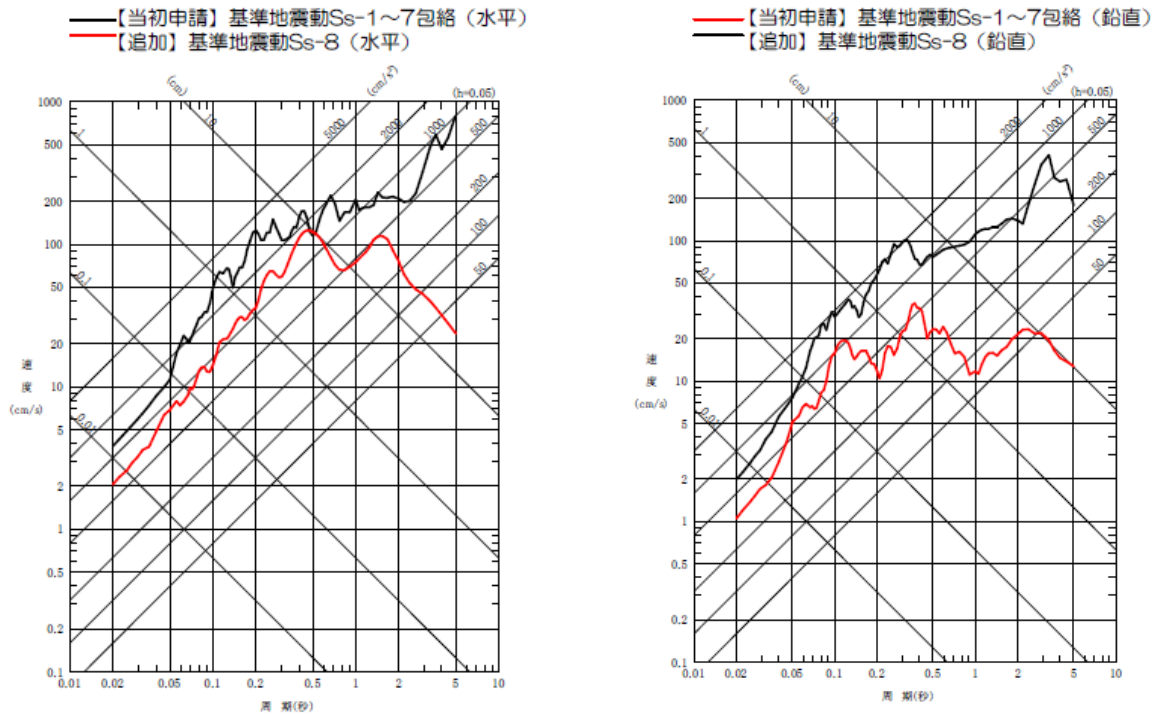
申請後において基準地震動 Ss は、荒浜側は Ss-2 の NS 方向及び UD 方向が変更され、大湊側は Ss-8 が追加となったことから、申請時の基準地震動 Ss と変更のあった基準地震動 Ss を比較し、影響を確認する。

第 4 図に、荒浜側の申請時基準地震動 Ss と変更後基準地震動 Ss の比較を示す。荒浜側 Ss-2 の NS 方向は、申請時の基準地震動 Ss に包絡されていることを確認した。また、UD 方向は、一部の周期帯 (0.12 秒) で申請時の応答加速度を最大で 1.08 倍上回っていたが、荒浜側の設備で最も裕度の低い 66kV 起動用開閉所においても裕度 1.26 であるため、裕度は確保されていると評価した。



(a) 水平方向 (b) 鉛直方向
第 4 図 荒浜側 申請時基準地震動 Ss と変更後基準地震動 Ss の比較

第 5 図に、大湊側の申請時基準地震動 Ss と変更後基準地震動 Ss の比較を示す。大湊側 Ss-8 の水平方向は、一部の周期帯 (0.5 秒) で申請時の応答加速度を最大で 1.06 倍上回っていたが、大湊側の設備で最も裕度の低い起動変圧器 6SB においても裕度 1.26 であるため、裕度は確保されていると評価した。また、UD 方向は、申請時の基準地震動 Ss に包絡されていることを確認した。



第5図 大湊側 申請時基準地震動 Ss と変更後基準地震動 Ss の比較

以上より、500kV 送電線からの外部電源受電回路の設備について、申請後に設定した基準地震動 Ss に対しても裕度は確保されていると評価した。

別添7 非常用所内電源設備の配置の基本方針

電気設備は、区分ごとに区画された部屋に設置し、主たる共通要因（地震、津波、火災、溢水）に対し、頑健性を有している。

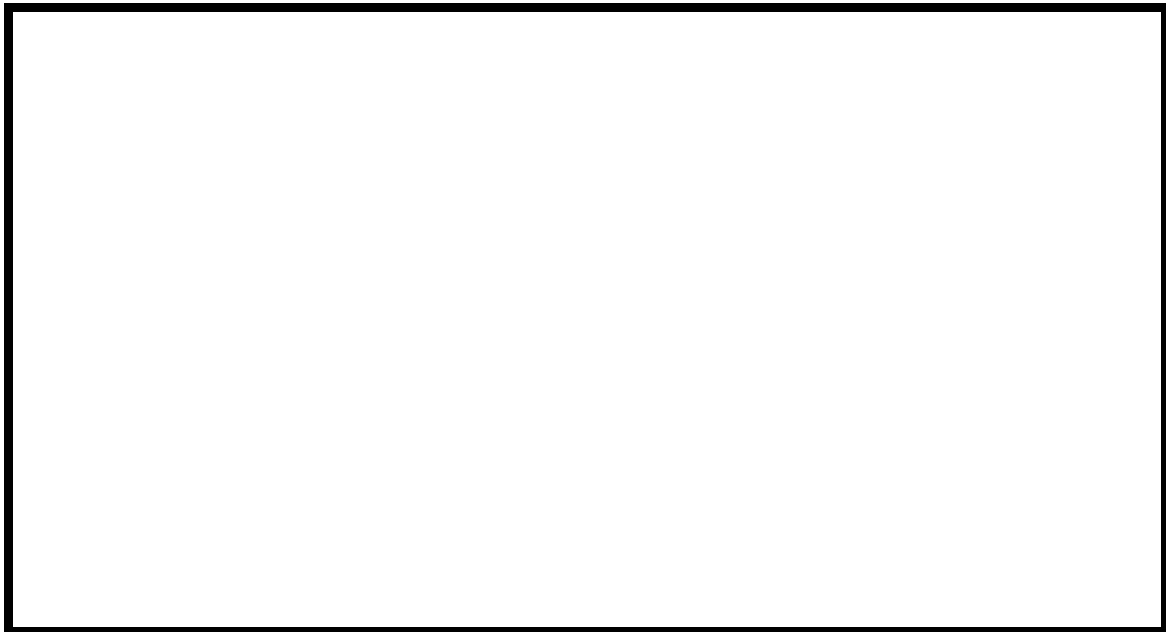
プラント全体の配置設計コンセプトにおいて、電気品室は非放射性機器から構成されているため、原子炉建屋の二次格納施設外に配置している。また、電気設備はケーブル、トレイ等の物量削減のため、電源供給を行う対象設備の近傍に配置している。



電気設備を配置するうえでの基本的なコンセプトは、以下の通りである。

- 非放射性機器で構成されるため、原子炉建屋の二次格納施設外へ配置
- ヒューマンエラーの発生を極力低減する配置
- ケーブル等の物量が極力低減される配置
- 地震、津波、火災、溢水に対する頑健性を確保する配置
- 同じ機能を有する設備は運転性、保守性に配慮し集中配置

6号及び7号炉の電気設備の配置及び動線は第1図の通りであり、上記の基本的なコンセプトを満足している。



第1図 現状の電気設備の配置と動線

ここでケーススタディとして、電気設備の区分分離の考え方について、現状と異なる配置を行った場合の得失の検討を行う。検討対象として、下記の3ケースの配置パターンについて、検討を行った。

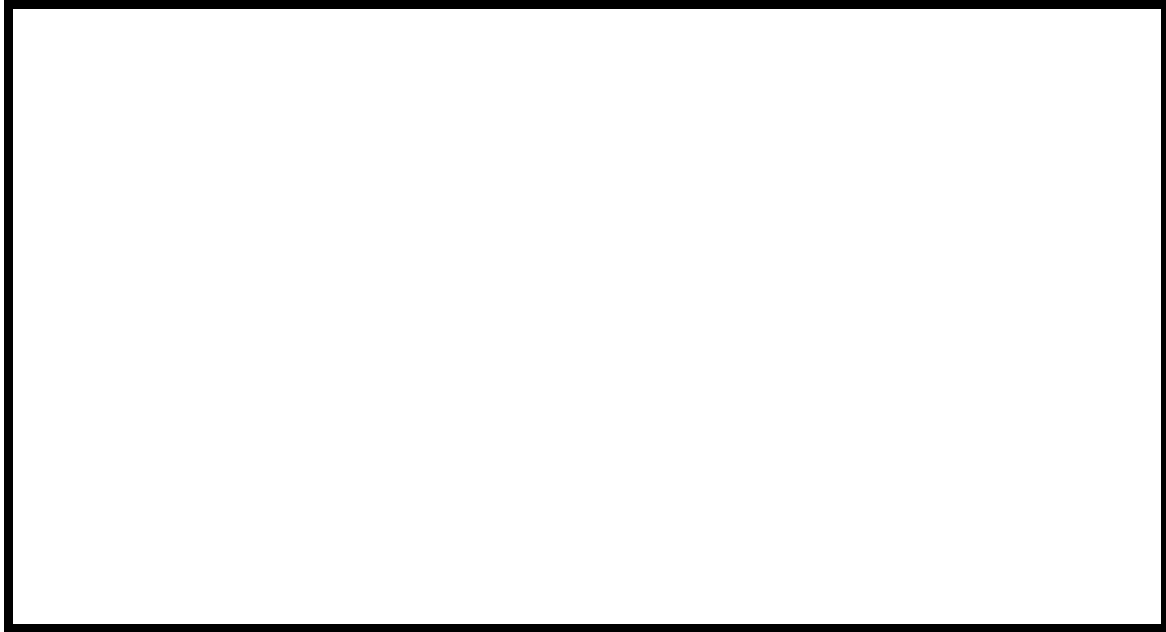
- (1) 原子炉建屋二次格納施設内外に電気設備を分離配置する場合
- (2) 6号炉と7号炉で電気設備を互い違いに配置する場合
- (3) 区分ごとに配置する建屋を分離する場合

1 原子炉建屋二次格納施設内外に電気設備を分離配置する場合

原子炉建屋二次格納施設内外に電気設備を分離配置するケースを検討した場合の配置図を第2図、現状と比較した得失を第1表に示す。

図は原子炉建屋内の区分Ⅱの電気設備を原子炉建屋二次格納施設の外から内に変更する場合を想定している。

この場合、二次格納施設内へのアクセスで不要な被ばくが生じることになる。不要な被ばくを避け、プラントの運転及び保守を踏まえた動線とするためには、電気設備を原子炉建屋二次格納施設外に配置することが望ましい。



第2図 原子炉建屋二次格納施設内外に電気設備を分離配置する場合の配置と動線

第1表 原子炉建屋二次格納施設内外に電気設備を分離配置する場合の得失

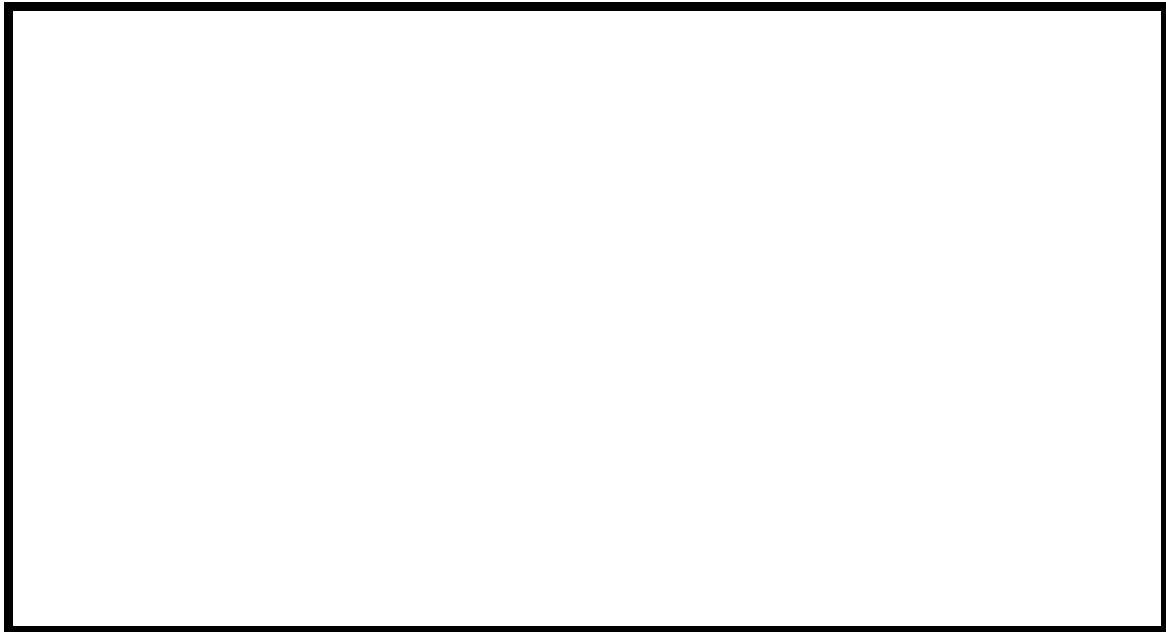
評価項目	現状と比較した場合の得失
地震及び火災等防護	同等
人的安全性	低下（動線上に管理区域があるため不要な被ばくをする）
運転及び保守性	低下（動線が長くなる）
物量	増加（ケーブル、トレイ、貫通部等の物量増大）

2 6号炉と7号炉で電気設備を互い違いに配置する場合

6号炉と7号炉で電気設備を互い違いに配置するケースを検討した場合の配置図を第3図、現状と比較した得失を第2表に示す。

図は6号炉と7号炉の原子炉建屋及びコントロール建屋に配置している区分Ⅱ及び区分Ⅳの電気設備を、入れ替えて配置する場合を想定している。

この場合、各々の電源供給対象設備のケーブルが6号炉と7号炉で混在、また運転中ユニットのエリアに当該ユニット以外の監視操作、点検対象設備が存在することになる。号炉毎の配置エリア単位による識別管理ができなくなることから、運転操作性、保守性向上の阻害（ヒューマンエラー等）が発生する可能性が高くなるおそれがある。



第3図 6号炉と7号炉で電気設備を互い違いに配置する場合の配置と動線

第2表 6号炉と7号炉で電気設備を互い違いに配置する場合の得失

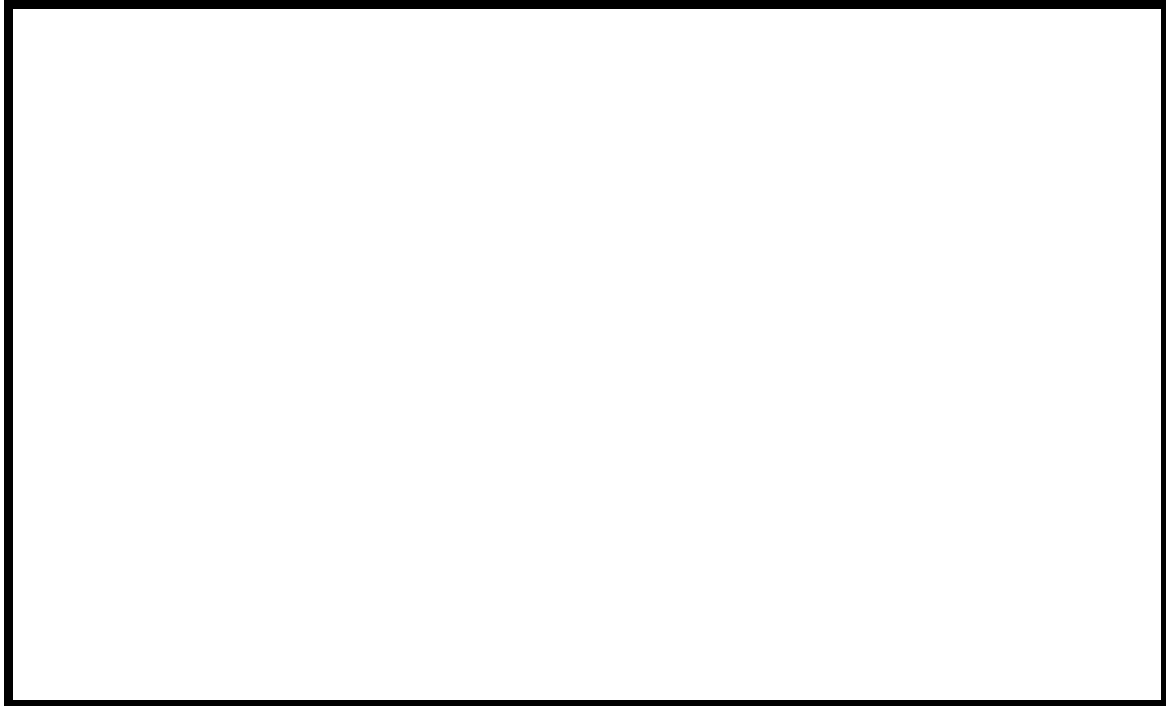
評価項目	現状と比較した場合の得失
地震及び火災等防護	同等
人的安全性	同様
運転及び保守性	低下（動線が長くなる、ヒューマンエラーの懸念あり）
物量	増加（ケーブル、トレイ、貫通部等の物量増大）

3 区分ごとに配置する建屋を分離する場合

区分ごとに配置する建屋を分離するケースを検討した場合の配置図を第4図、現状と比較した得失を第3表に示す。

図は区分Ⅰと区分Ⅲの電気設備をそれぞれ原子炉建屋に、区分Ⅱと区分Ⅳの電気設備をそれぞれコントロール建屋に集中配置する場合を想定している。

この場合、ケーブルの取り合いが複雑化し、建屋間を行き来するケーブルの物量や必要スペースが増えるデメリットがある。このことから電気設備は電源供給を行う対象設備の近傍に配置することが最適である。



第4図 区分ごとに配置する建屋を分離する場合の配置と動線

第3表 区分ごとに配置する建屋を分離する場合の得失

評価項目	現状と比較した場合の得失
地震及び火災等防護	同等
人的安全性	同様
運転及び保守性	低下（動線が長くなる）
物量	増加（ケーブル、トレイ、貫通部等の物量増大）

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉

運用，手順説明資料

保安電源設備

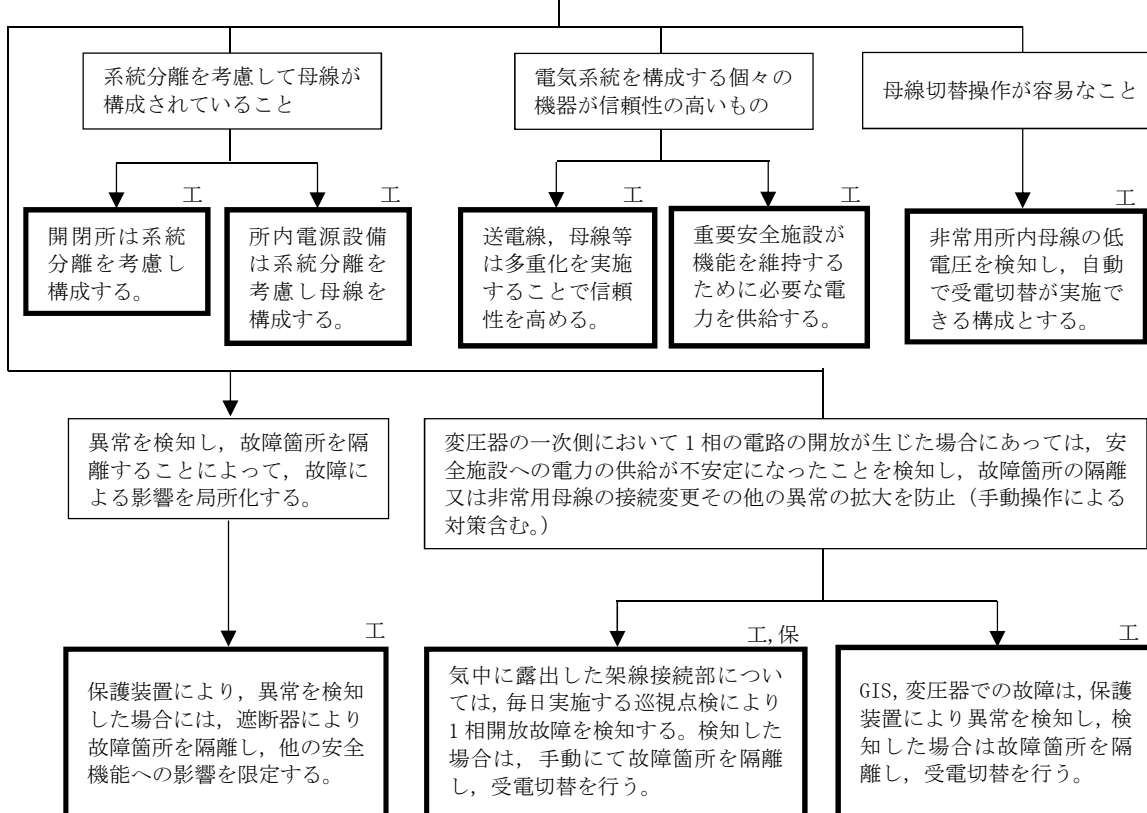
第 33 条 保安電源設備（追加要求事項）

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。

【解釈】

第3項に規定する「安全施設への電力の供給が停止することがない」とは、重要安全施設に対して、その多重性を損なうことがないように、電気系統についても系統分離を考慮して母線が構成されるとともに、電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いものであって、非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替操作が容易なことをいう。なお、上記の「非常用所内電源系」とは、非常用所内電源設備（非常用ディーゼル発電機及びバッテリー等）及び工学安全施設を含む重要安全施設への電力供給設備（非常用母線スイッチギヤ及びケーブル等）をいう。

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、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。



【後段規制との対応】
 工：工認（基本設計方針，添付書類）
 保：保安規定（運用，手順に係る事項，下位文書含む）
 核：核防規定（下位文書含む）

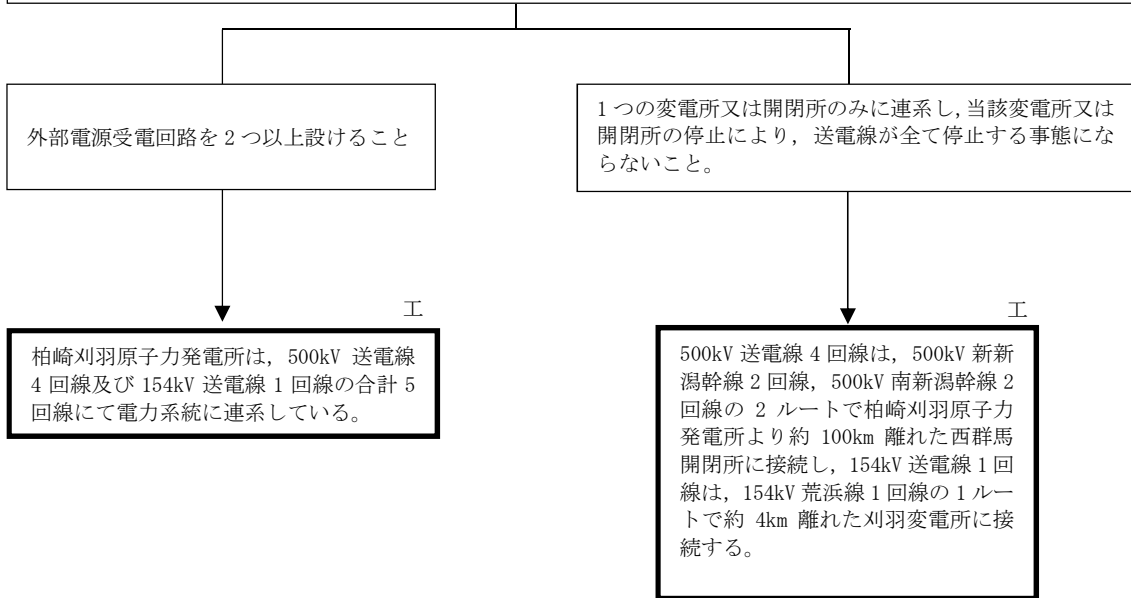
【添付六，八への反映事項】
：添付六，八に反映
：当該条文に該当しない（他条文での反映事項他）

4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち**少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものである**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ものでなければならない。

【解釈】

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可能な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。

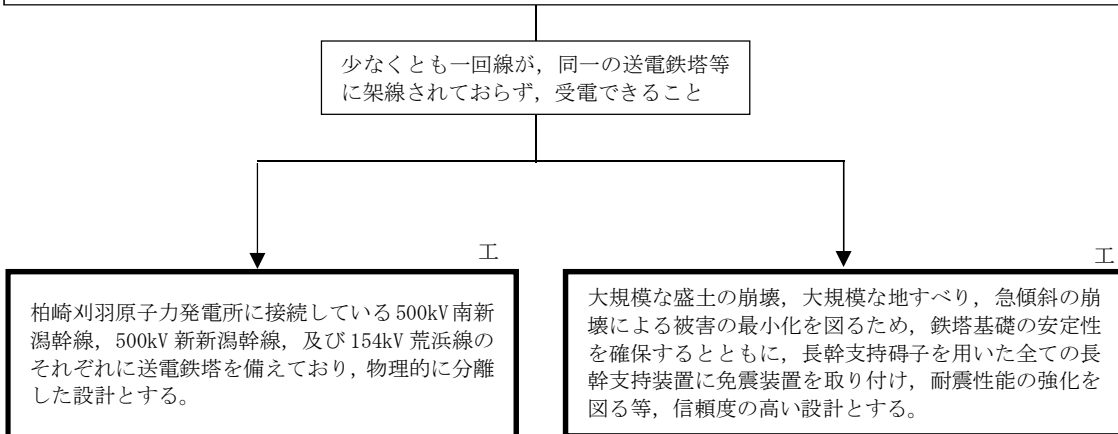
第4項に規定する「互いに独立したもの」とは、発電用原子炉施設に接続する電線路の上流側の接続先において**1つの変電所又は開閉所のみ**に連系し、当該変電所又は開閉所が停止することにより当該発電用原子炉施設に接続された送電線が**全て停止する事態にならないこと**をいう。



5 前項の電線路のうち**少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるもの**でなければならない。

【解釈】

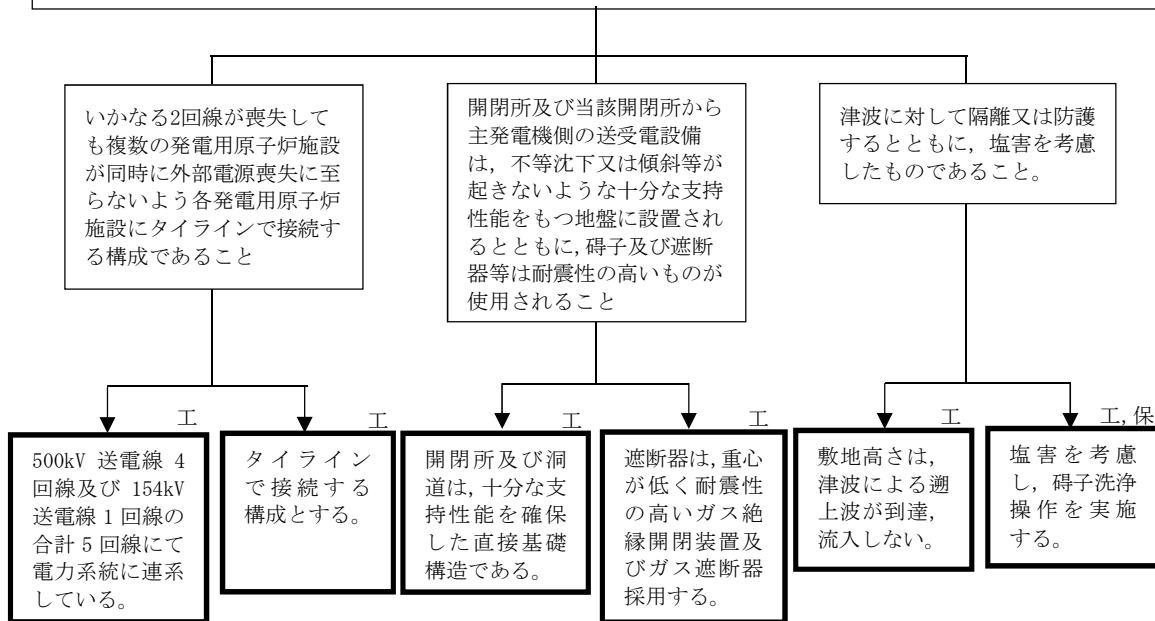
第5項に規定する「物理的に分離」とは、**同一の送電線鉄塔等に架線されていないこと**をいう。



6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの**発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。**

【解釈】

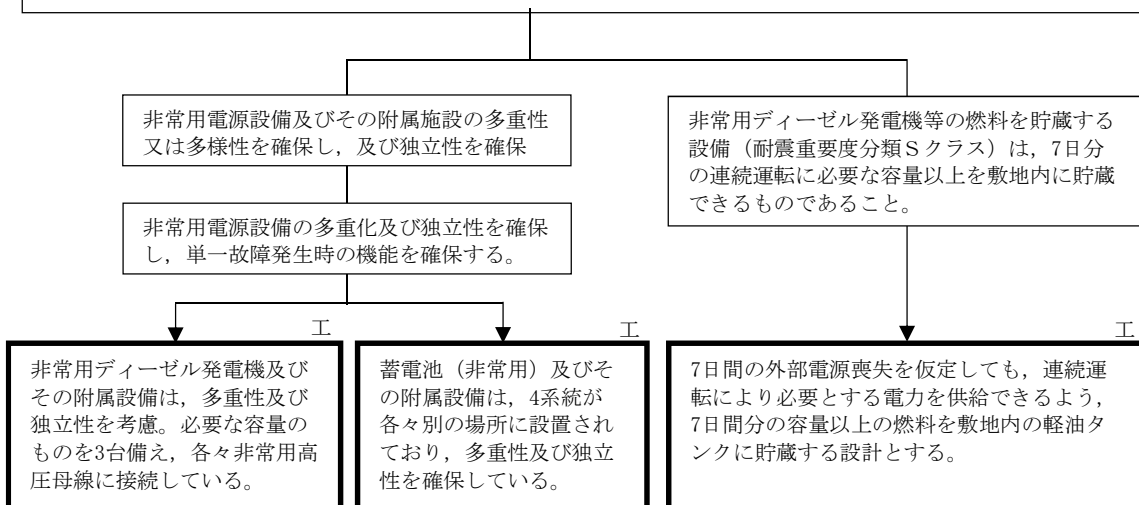
第6項に規定する「同時に停止しない」とは、複数の発電用原子炉施設が設置されている原子力発電所の場合、外部電源系が3回線以上の送電線で電力系統と接続されることにより、**いかなる2回線が喪失しても複数の発電用原子炉施設が同時に外部電源喪失に至らないよう各発電用原子炉施設にタイラインで接続する構成であることをいう。**なお、上記の「外部電源系」とは、外部電源（電力系統）に加えて当該発電用原子炉施設の主発電機からの電力を発電用原子炉施設に供給するための一連の設備をいう。また、**開閉所及び当該開閉所から主発電機側の送受電設備は、不等沈下又は傾斜等が起きないように十分な支持性能をもつ地盤に設置されるとともに、碍子及び遮断器等は耐震性の高いものが使用されること。**さらに、**津波に対して隔離又は防護するとともに、塩害を考慮したものであること。**



7 非常用電源設備及びその附属設備は、**多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し**、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために**十分な容量を有するものでなければならない。**

【解釈】

第7項に規定する「十分な容量」とは、**7日間の外部電源喪失を仮定しても、非常用ディーゼル発電機等の連続運転により必要とする電力を供給できることをいう。**非常用ディーゼル発電機等の燃料を貯蔵する設備（耐震重要度分類Sクラス）は、7日分の連続運転に必要な容量以上を敷地内に貯蔵できるものであること。



8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならない。

【解釈】

第8項に規定する「他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合」とは、発電用原子炉施設ごとに、必要な電気容量の非常用電源設備を設置した上で、安全性の向上が認められる設計であることを条件として、認められ得る非常用電源設備の共用をいう。

非常用電源設備を共用する場合、過度に依存しないものでなければならない。

設計基準事故において、発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備は、原子炉毎に単独で設置し、他の原子炉施設と共用しない設計とする。

工

非常用所内電源設備を号炉ごとに設置

表 1 (1/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第 33 条 保安電源 設備	開閉所設備, 所内電気設備の 系統分離	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	送電線, 母線等 の多重化	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	重要安全施設へ の電力供給	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	受電系統の 自動切替	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	保護装置による 異常の検知	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

表 1 (2/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等	
第 33 条 保安電源 設備	保護装置による 異常の検知	運用・手順	—	
		体制	—	
		保守・点検	—	
		教育・訓練	—	
	電流不平衡の 監視又は開閉所 碍子の巡視点検	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・変圧器一次側において 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。 ・1 相開放故障が検知されない状態において，安全系機器に悪影響が生じた場合にも，運転員がそれを認知し，適切な対応を行えるよう手順書等を整備する。 	
		体制	—	
		保守・点検	—	
		教育・訓練	—	
		故障箇所の隔 離，受電切替	運用・手順	—
			体制	—
			保守・点検	—
	教育・訓練		—	

表 1 (3/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第 33 条 保安電源 設備	500kV 送電線 4 回線及び 154 kV 送電線 1 回線	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	送電線の物理的 分離	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	鉄塔基礎の安定 性, 碍子の耐震 性強化	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

表 1 (4/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第 33 条 保安電源 設備	500kV 送電線 4 回線及び 154 kV 送電線 1 回線, タイライン構成	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	地盤 (十分な支持性能)	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	遮断器 (ガス絶 縁開閉装置, ガ ス遮断器)	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	地盤 (津波の影響を 受けない敷地高 さ)	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	碍子洗浄	運用・手順	・電気設備の塩害を考慮し, 定期的に 碍子洗浄操作を実施する。 ・また, 碍子の汚損が激しい場合は, 臨 時に碍子洗浄操作を実施する。
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

表 1 (5/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第 33 条 保安電源 設備	ディーゼル発電 機の多重性及び 独立性	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	蓄電池の多重性 及び独立性	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	7 日間分の容量 以上の燃料貯 蔵, 燃料輸送	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	非常用電源設備 を号炉毎に設置	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—