

伊方発電所第 3 号機
所内変圧器の故障警報の発信について

平成 3 0 年 2 月
四国電力株式会社

1. 件 名

伊方発電所第3号機 所内変圧器の故障警報の発信について

2. 事象発生の日時

平成29年12月 4日 23時05分

3. 事象発生の設備

伊方発電所第3号機 所内変圧器

4. 事象発生時の運転状況

3号機 第14回定期検査中

5. 事象発生の状況

第14回定期検査中の伊方発電所第3号機中央制御盤に、「所変^{※1}故障」の警報（計算機^{※2}の詳細情報は「所変タップ^{※3}極限」）が発信した。

警報発信当時、主変圧器^{※4}、所内変圧器、遮断器等は点検後の試験のため500kV送電線系統（四国中央西幹線）より受電し、所内母線は187kV送電線系統（伊方南幹線および伊方北幹線）により、受電していた。

調査の結果、今回の定期検査で更新した所内変圧器制御補助盤^{※5}のプログラムコントロール切換スイッチ^{※6}が、通常は「不使用」に設定しておくべきところ、「使用」になっていることを確認した。

当該スイッチを「使用」としていたことにより、所内母線の目標電圧が通常よりも低く設定されたことから、所内変圧器2次側電圧を調整するタップが最低位置（極限位置）まで移行し、警報発信に至ったことを確認した。

このため、当該スイッチを通常目標電圧となるよう「不使用」と設定し、タップおよび所内変圧器2次側電圧が正常に調整されることを確認した。

所内変圧器制御補助盤に関しては、以下のことを確認した。

- ・ 外観、配線、入力電圧の確認を実施し異常はない
- ・ 当該スイッチに「使用」「不使用」の自動切替機能はない
- ・ 盤の機能試験結果を確認し問題ない

また、タップに関しては手動にて操作を行い、動作を確認し異常はないことから、設備の異常ではなく、当該スイッチの設定位置を誤っていたことによるものと推定した。

なお、本事象によるプラント運転への影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1，2）

※1 所変＝所内変圧器

発電機運転中は発電機出力電圧を降圧し、発電機停止中の500kV送電線系統より受電時は、主変圧器で降圧した送電線電圧を再度降圧し、所内設備に電力を供給する変圧器

- ※2 計算機
プラントの各種データを収集し、表示する設備
今回の警報発信時は、中央制御盤に「所変故障」、計算機に「所変タップ極限」が表示された。
- ※3 所変タップ
所内変圧器2次側の電圧を調整するため、1次側巻線の接続位置を変えて1次側－2次側の巻線比（変圧比）を調整する装置
（添付資料－3）
- ※4 主変圧器
発電機運転中は発電機の出力電圧を500kV送電線系統に送電できるよう昇圧し、発電機停止中は500kV送電線系統より受電し、所内変圧器に電力を供給できるよう降圧する変圧器
- ※5 所内変圧器制御補助盤
所内変圧器の2次側電圧を調整するタップの制御を行う盤
- ※6 プログラムコントロール切換スイッチ
所内変圧器2次側電圧をプログラムされた電圧値（事象発生時は通常より低い値（6.60kV）に設定）に制御する機能の「使用」「不使用」を選択するスイッチ（「不使用」を選択した場合、所内変圧器2次側電圧は通常目標電圧値（6.81kV）に制御される。）

6. 事象の時系列

12月 4日

- 22時24分 試験のため500kV送電線系統（四国中央西幹線）から所内変圧器3号を受電
- 22時28分 「所変故障」警報発信
（計算機詳細情報「所変タップ極限」）
所変タップ「3」→「1」に自動で切替わっていることを確認

（22時59分～23時05分の間、再現テスト（事象の再現確認）を実施）

- 22時59分 所変タップ運転モードを「自動」から「手動」に切替え、所変タップを「1」→「2」に切替え
- 23時01分 所変タップ運転モードを「手動」から「自動」に切替え、所変タップが「2」→「1」に自動で切替わることを確認
- 23時05分 「所変故障」警報発信
（計算機詳細情報「所変タップ極限」）

23時28分	所変タップ運転モードを「自動」から「手動」に切替え、 所変タップを「1」→「3」に切替え
12月 5日	
2時18分	プログラムコントロール切替スイッチを「使用」から「不 使用」とし、所変タップ運転モードを「手動」から「自 動」に切替え、所内変圧器制御補助盤の健全性確認開始
2時40分	所内変圧器制御補助盤の健全性確認終了

7. 調査結果

(1) 所内変圧器制御補助盤現地調査結果

a. 外観確認

盤の外観を目視にて確認した結果、操作パネルに外観上の異常はなかった。ただし操作パネルの表示状態について、プログラムコントロール切替スイッチが通常時「不使用」のところ「使用」となっていることを確認した。その他は異常のないことを確認した。

b. 盤内配線の状況確認

盤内の配線状況を目視および触診にて確認し、端子の緩みや解線個所が無く、異常のないことを確認した。

c. 所内変圧器2次側入力電圧の確認

操作パネルにて所内変圧器2次側入力電圧を確認した結果、異常のないことを確認した。

(2) 所内変圧器制御補助盤仕様調査結果

プログラムコントロール切替スイッチが「使用」位置となっている場合、通常の設定値(6.81kV)^{※7}ではなくプログラムされた設定値^{※8}にてタップ位置が制御されるが、当該スイッチの「使用」「不使用」の切替は、操作パネル上の当該項目をタッチすることで切替わり、自動切替や外部からの信号による切替機能がないことを確認した。

また、所内変圧器制御補助盤の全ての操作項目を確認し、操作パネル運用状態において、プログラムコントロール切替スイッチ以外に所内変圧器制御補助盤の運用に影響が出る操作項目がないことを確認した。

※7 通常の設定値(6.81kV)

所内高圧母線の公称電圧は6.6kVだが、最大使用電圧(通常の運転状態にかかる電圧の最大値)は6.9kVであり、6.6～6.9kVの間に収まるよう6.81kVに設定している。

※8 プログラムされた設定値

所内変圧器制御補助盤は、一般の変電所や火力発電所でも使用可能となるよう機能が標準化されている。このため時間帯により自動で変圧器2次側電圧の設定値を変更する機能が備わっている。(例えば変電所では、一日の電圧の推移に合わせ、昼間は電圧設定値を上げておく等の対応を実施するが、伊方発電所では本機能は不要である。)

(添付資料-4)

(3) 所内変圧器制御補助盤据付後の機能試験結果の確認結果

本盤は今回の定期検査において経年劣化対策として更新を実施したものであり、盤据付後の機能試験結果について確認した結果、問題なく完了していることを確認した。

なお、伊方発電所ではプログラムコントロール機能は不要であるため、プログラムコントロール切替スイッチは「不使用」で機能試験を実施していた。ただし、作業要領書には当該スイッチ位置について特に記載はなかった。

(4) 所内変圧器制御補助盤保守状況等の調査結果

本盤は今回の定期検査にて更新したものであり、保守実績はない。

(5) 所内変圧器制御補助盤メーカーへの聞き取り調査結果

メーカーへ聞き取り調査した結果、プログラムコントロール切替スイッチを含む所内変圧器制御補助盤は、これまで多数の採用実績があるが、プログラムコントロール切替スイッチが手動操作以外で「不使用」から「使用」に切替わるといった不具合は確認されておらず、プログラムのバグ等が原因とは考えられないとのことであった。

8. 推定原因

原因調査した結果、プログラムコントロール切替スイッチが「使用」となっていたことで、あらかじめプログラムされた低い電圧設定にてタップ位置の制御を実施したことから所内変圧器のタップが最低位置(極限位置)まで移行し、警報発信に至ったものと推定した。

- ・通常時の電圧設定値：6.81 kV
- ・プログラムされていた電圧設定値：6.60 kV

また、プログラムコントロール切替スイッチが「使用」となっていた理由については、操作パネルで操作しない限り切替わることはないため、盤据付後の機能試験実施時に誤って操作パネルに触れ、「不使用」→「使用」に切替えてしまったものと推定される。

なお、機能試験実施後は、操作パネルにはアクリルのカバーが取付られており、試験等でカバーを開けない限り、誤って操作パネルに触れることはない。

9. 対 策

(1) 当該スイッチが万が一「使用」状態となっても、設定値が変わらないよう通常の設定値とプログラムコントロールの設定値を同一設定とした。

- ・通常時の電圧設定値：6.81 kV

- ・プログラムされる電圧設定値：6.81 kV

なお、本製品は一般の変電所等でも使用できるよう標準化された製品であり、部分的な機能の削除等は出来ない仕様となっている。このため当該スイッチを削除する等の対策は不可能である。

(2) 作業要領書に、「プログラムコントロール切換スイッチを触らないこと」「操作パネルを触った場合、最後に運用状態を確認すること」等の操作パネル操作時の注意事項について追記し、再発防止を図った。

(3) 当該操作パネルの近傍に、「プログラムコントロール切換スイッチを触らないこと」「操作パネルを触った場合、最後に運用状態を確認すること」等の操作時の注意事項を記載した注意表示を貼り付け、操作パネルの操作者に注意喚起を実施した。

(4) 3号機予備変圧器に使用している予備変圧器制御補助盤についても同一の設備が設置されているため、所内変圧器制御補助盤と同様に上記(1)～(3)の対策を実施した。なお、その他に同様の設備はない。

以 上

添 付 資 料

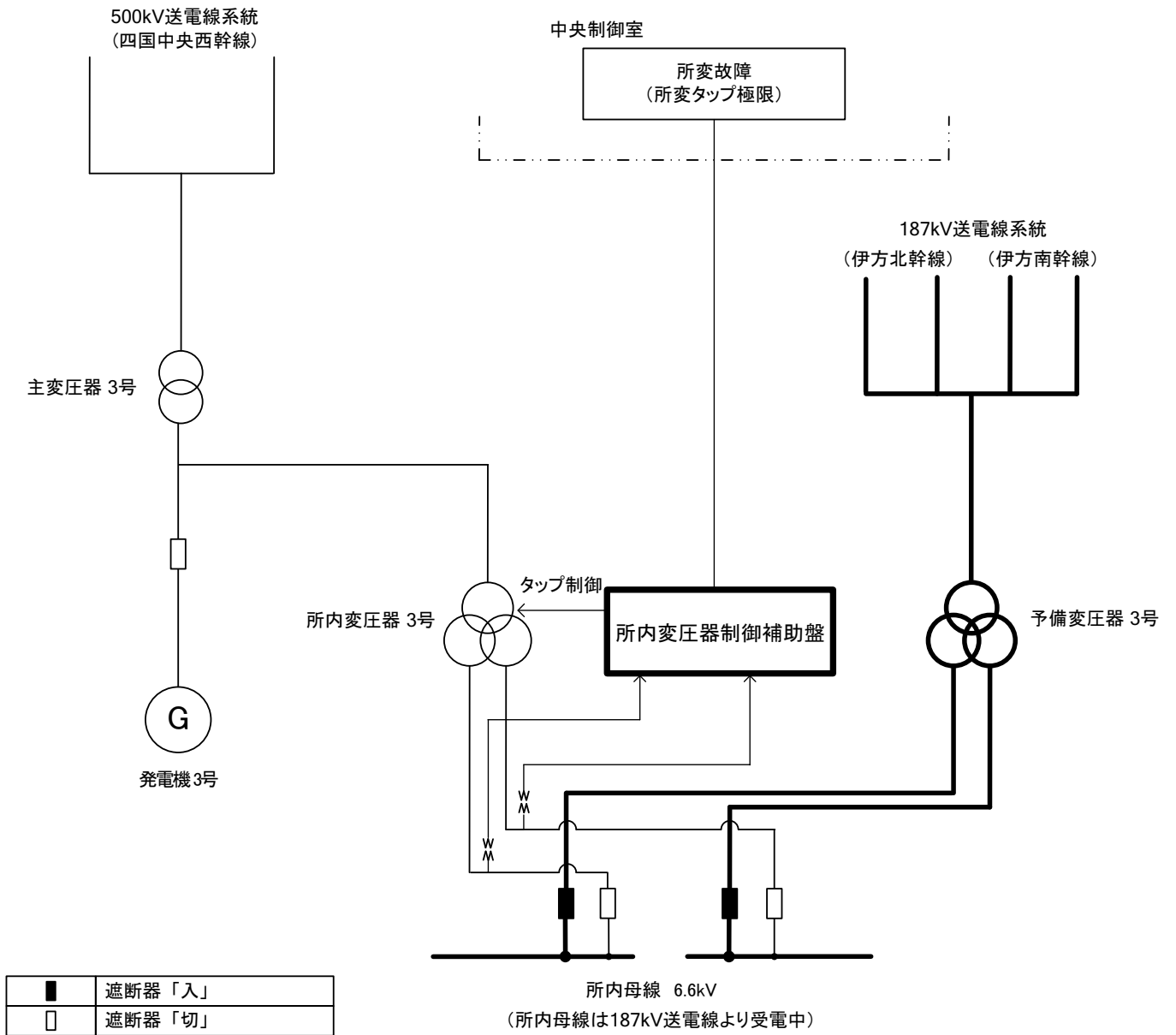
添付資料－1 伊方発電所 所内変圧器3号 概略系統図

添付資料－2 伊方発電所3号機 所内変圧器制御補助盤 状況写真

添付資料－3 所変タップについて

添付資料－4 プログラムコントロールと設定値について

伊方発電所 所内変圧器 3号 概略系統図



伊方発電所3号機 所内変圧器制御補助盤 状況写真

所内変圧器制御補助盤



操作パネル表示
(今回事象発生時の状況)

43A		43PL	
手動	自動	不使用	使用
TR2次電圧(kV)			発信
6.70			
87	TR軽故障	48	タップ極限
52P	27T	66	90ロック
90R	90L	84H	84L

43A : 所変タップ運転モード

43PL : プログラムコントロール切換スイッチ

所変タップについて

所内変圧器変圧比の定格は22.5kV/6.9kVで、タップは所内変圧器1次電圧の22.5kV+5%から-11%の間で1%刻みで17段階設定されている。(22.5kV+5%が下限位置)

警報発信前のタップ位置は「3」(22.5kV+3%)であるが、警報発信時に「1」(22.5kV+5%)に移行した。

なお、所内変圧器2次側電圧は所内変圧器1次側電圧/巻数比(変圧器)となる。それぞれのタップにおける巻数比(変圧比)は下表のとおり。

タップ値	1 (+5%)	2 (+4%)	3 (+3%)	4 (+2%)	5 (+1%)	6 (±0%)	7 (-1%)	8 (-2%)	9 (-3%)	10 (-4%)	11 (-5%)	12 (-6%)	13 (-7%)	14 (-8%)	15 (-9%)	16 (-10%)	17 (-11%)
所内変圧器 1次側電圧[kV]	23.625	23.400	23.175	22.950	22.725	22.5	22.275	22.050	21.825	21.600	21.375	21.150	20.925	20.700	20.475	20.250	20.025
所内変圧器 2次側電圧[kV]	6.9																
巻数比(変圧比) 1次側電圧/2次側電圧	3.42	3.39	3.36	3.33	3.29	3.26	3.23	3.20	3.16	3.13	3.10	3.07	3.03	3.00	2.97	2.93	2.90

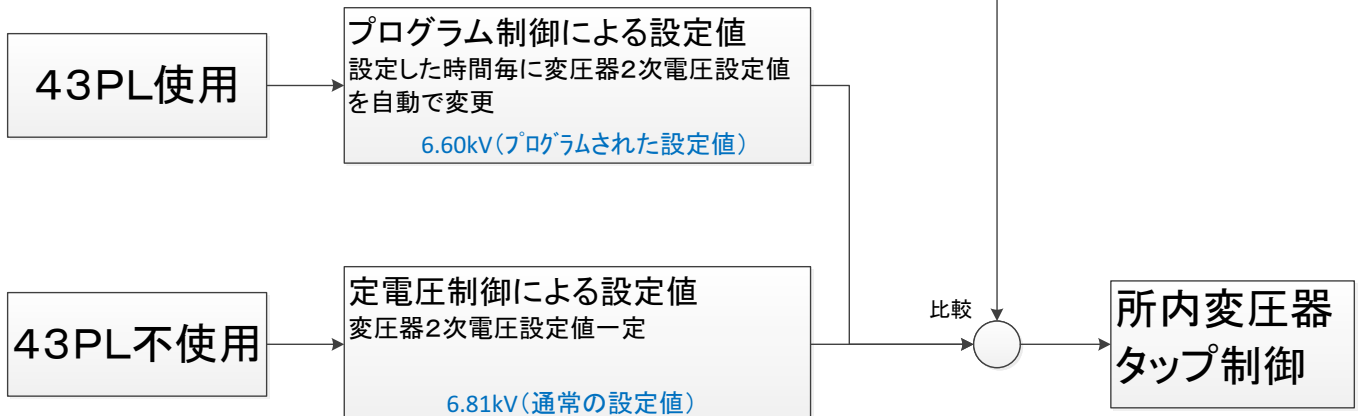
① : 所内変圧器定格

- ① タップ値： 1 下限値 (22.5kV+5%)
- ② タップ値： 3 今回警報発信前のタップ値 (22.5kV+3%)
- ③ タップ値： 6 定格値 (22.5kV±0%)
- ④ タップ値： 17 上限値 (22.5kV-11%)

プログラムコントロールと設定値について

所内変圧器2次側電圧

6.85kV(警報発信前電圧)



【タップ制御】

設定値 > 所内変圧器2次側電圧: タップ上げ指令

設定値 < 所内変圧器2次側電圧: タップ下げ指令

例えばタップ「3」設定値6.81kVの時、所内変圧器2次側電圧が6.91kV程度まで上昇すればタップ下げ指令が出て「3」から「2」に切替わる。

【43PL】

プログラムコントロール切換スイッチ

【43PL「使用」選択】

プログラム制御で設定した設定値と変圧器2次側電圧を比較し、変圧器タップを制御する

所内変圧器2次側電圧に比べ低い値に設定されていたため、「使用」選択でタップが下限位置まで移行し警報が発信したが、6.6kV以下に電圧が低下することはないため、設備上問題となることはない

【43PL「不使用」選択】

定電圧制御で設定した設定値と変圧器2次側電圧を比較し、変圧器タップを制御する