

伊方発電所第3号機
第3抽気逆止弁3Aの不具合について

平成23年2月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 第3抽気逆止弁3Aの不具合について

2. 事象発生の日時

平成22年10月20日 13時33分頃（確認）

3. 事象発生の設備

主タービン第3抽気逆止弁3A

4. 事象発生時の運転状況

通常運転中（電気出力896MW^{*1}）

*1 タービン各弁システムフリーテストのため負荷抑制中

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機は、通常運転中のところ、タービン各弁システムフリーテストに合わせて実施する第3抽気逆止弁^{*2}3Aの動作試験において、10月20日13時33分頃、テストスイッチを押しても当該抽気逆止弁が閉動作しないことを確認した。

調査の結果、当該抽気逆止弁駆動用電磁弁の不具合を確認した。

このため、不具合のあった電磁弁を予備の電磁弁に取り替え、同日17時50分、当該抽気逆止弁が正常に閉動作することを確認した。

その後、10月27日に同電磁弁を積放電圧^{*3}の高い電磁弁（調達時に積放電圧20V以上を要求事項としている）に取り替え、当該抽気逆止弁が正常に閉動作することを確認し、同日15時45分、通常運転状態に復旧した。

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 第3抽気逆止弁

蒸気発生器への給水を加熱（第3低圧給水加熱器）するため、蒸気タービンから蒸気を一部取り出す配管に設置されている逆止弁で、蒸気の逆流があった場合は閉止する構造となっている。

*3 積放電圧

電磁弁にかかる電圧を下げていき電磁弁が開から閉になる時の電圧。

（添付資料－2）

6. 事象の時系列

10月20日

13時33分頃	抽気逆止弁動作試験において、第3抽気逆止弁3Aが閉動作しないことを確認
13時56分	当該抽気逆止弁駆動用電磁弁の不具合を確認
17時09分	不具合のあった電磁弁の取り替え開始（予備の電磁弁）
17時50分	動作試験を実施し、当該抽気逆止弁が正常に閉動作することを確認

10月27日

10時14分

電磁弁取り替え開始(積放電圧の高い電磁弁)

15時45分

動作試験を実施し、当該抽気逆止弁が正常に閉動作することを確認

7. 平成17年度に発生した類似異常

(1) 事象

抽気逆止弁は、通常運転中は電磁弁を経由して駆動部に空気を供給することで開状態となっており、テスト時およびタービン自動停止などの異常時には電磁弁から駆動部の空気を排出し、強制的に弁が閉方向に動作する構造となっている。電磁弁は、テストスイッチを押すことにより、制御回路内の電圧を積放電圧以下とすることで開閉をコントロールしており、制御出力を通常125Vからテスト時約8Vに切り替え、積放電圧以下とすることで、空気供給をコントロールしている。

平成17年度には、連続通電によるコイル温度の上昇に伴い積放電圧が低下し、テスト時の電圧約8Vを下回ったため、テストスイッチを押しても、制御回路内の電圧は積放電圧以下とならず、抽気逆止弁が動作しない異常が発生した。

(2) 対策

電磁弁の調達は、積放電圧が低下しない「積放電圧20V以上」のものとし、積放電圧を確認指定できるように計器台帳に記載した。

8. 調査結果

(1) 現地調査

a. 逆止弁本体調査

電磁弁の電源を断することで当該抽気逆止弁の動作を確認した結果、電磁弁から駆動部の空気が排出され、逆止弁本体は正常に閉動作し異常は認められなかった。

b. 制御回路調査

タービン補機シーケンス盤のPIFカード*4出力において、制御回路から電磁弁に供給する電圧の確認を実施した結果、通常時(テストスイッチを押していない時)は125V、テスト時(テストスイッチを押した時)は8Vで、当該電磁弁を閉とするための制御出力に異常はなかった。

(添付資料-2)

*4 PIFカード：電磁弁駆動用出力カード

c. 電磁弁本体調査

・外観目視により調査した結果、電磁弁の表面に変形、変色等の異常は認め

られなかった。

- ・通常時に電磁弁の表面温度を測定した結果、約37℃であり異常な過熱は認められなかった。
- ・テスト時に電磁弁の表面温度および供給電圧を測定した結果、表面温度は通常時と同様に約37℃であり、供給電圧も8Vで異常は認められなかったが、電磁弁は閉にならなかった。
- ・取り外した電磁弁のコイル抵抗を測定した結果、約1646Ω（メーカー基準値：1620Ω±10%）であり、異常は認められなかった。
- ・取り外した電磁弁の調達時の工場試験記録を確認した結果、型式は調達で要求したNJ-2 XJ321A5Vであることは確認できたが、「釈放電圧20V以上」の仕様であることが確認できなかった。

（2）電磁弁メーカーでの調査

- ・電磁弁単体で、外観点検・コイル抵抗測定・動作試験・分解点検を実施した結果、異常は認められなかった。
- ・制御回路を模擬した回路で電磁弁の釈放電圧を測定した結果、連続通電前は動作良好であったが、24時間連続通電後は釈放電圧が低下し、当該抽気逆止弁動作試験時の電磁弁への供給電圧（PIFカード出力）約8Vより低い釈放電圧となった。このことから、当該電磁弁は平成17年5月に発生した第3抽気逆止弁3Bの不具合と同様に、連続通電するとコイル温度の上昇に伴い釈放電圧が低下する特性であることが分かった。

（3）保守状況の調査

- ・抽気逆止弁駆動用電磁弁は、3定検に1回の頻度で取り替えを行っており、至近では第12回定検（平成22年1月～3月）時に取り替えている。
- ・抽気逆止弁動作試験は、2ヶ月に1回の頻度で実施しており、至近では平成22年8月21日（通常運転中）に実施し、動作状況は良好であった。

（4）電磁弁の交換状況調査

a. 平成17年5月の取替え

- ・平成17年5月に発生した第3抽気逆止弁3Bの不具合は、電磁弁の釈放電圧が低かったことが原因であったことから釈放電圧の高い電磁弁に応急的に取り替えを実施した。（型式：NJ-2 J321A5V → NJ-2 HCJ321A5V）

b. 平成18年5月の取替え

- ・抽気逆止弁駆動用電磁弁は、平成17年5月に発生した第3抽気逆止弁3Bの不具合の対策として、第9回定検（平成18年4月～7月）時に釈放電圧20V以上の電磁弁に取り替えを実施している。
- ・第9回定検（平成18年4月～7月）で電磁弁の取り替え時、「型式：NJ-2 XJ321A5V 釈放電圧20V以上」で発注したところ、メーカーから「型式：NJ-2 HCXJ321A5V」が推奨され、「型式：NJ-2 HCXJ321A5V」が納入された。

- ・しかし、受入試験にて「積放電圧 20V 以上」を確認しており、機能上の要求を満足していることを確認している。なお、納品された「型式：NJ-2 HCXJ321A5V」は積放電圧 20V 以上であったが、同型式のものすべてが設計によって「積放電圧 20V 以上」を担保されているものではない。

c. 平成 22 年 1 月の取替え

- ・今回不具合のあった電磁弁は、第 12 回定検（平成 22 年 1 月～3 月）時に取り替えた際に、平成 17 年 5 月に不具合の発生した電磁弁と同等のものに取り替えていたことがわかった。
- ・受入時の検査により型式等の確認はされていたが、調達時に特殊仕様「積放電圧 20V 以上」が要求されていなかったため、特殊仕様に係る検査（記録確認）はされていなかった。なお、第 9 回定検では受入試験を実施していたが、第 12 回定検より工場試験成績書から読み取ることができる検査項目は受入試験を実施せず、代わりに工場試験成績書の記録により確認するようマニュアルを見直していた。

（添付資料－3）

（5）電磁弁の調達要求に係る調査

- ・平成 17 年 8 月、電磁弁の型式変更を検討し、計器台帳を「型式：NJ-2 XJ321A5V 積放電圧 20V 以上」に修正した。（型式の「X」の符号は特殊仕様を示しており、「積放電圧 20V 以上」のみを示すものではない。）
- ・保守システムを運用するため平成 18 年にデータを整備したが、同システムには、調達物品の型式を記入する欄のほか、特殊仕様を記載できる欄が 2 か所あるにもかかわらず、担当者が型式記入欄に特殊仕様内容も含めすべて記載すべきものと思い込み作業を行ったため、文字数制限により特殊仕様内容「積放電圧 20V 以上」が記載できず、また、型式の符号「X」で「積放電圧 20V 以上」が指定できると思い込んでいたことから、本来記載すべき「積放電圧 20V 以上」が記載されなかった。
- ・第 12 回定検（平成 22 年 1 月～3 月）で電磁弁の取り替え用として、「型式：NJ-2 XJ321A5V」で発注したが、調達要求である「積放電圧 20V 以上」を指定していなかったことおよびメーカーは型式の符号「X」がどのような特殊仕様を示すか確認しなかったことから、積放電圧の低い電磁弁が納入された。その際、「型式：NJ-2 HCXJ321A5V」と取り替え品の型式が異なるためメーカーに確認したが、担当者は型式の符号「X」のみで積放電圧は 20V 以上を満足しているとの思い込みがあり、積放電圧に係る工場試験成績書を確認していなかった。

（添付資料－3）

9. 推定原因

平成17年5月に発生した第3抽気逆止弁3Bの不具合対策として釈放電圧の高い電磁弁に型式変更した。その後、平成18年に実施した保守システムデータ整備時に「釈放電圧20V以上」の注釈を保守システムの入力文字数制限および型式の符号「X」で釈放電圧20V以上を指定できると思い込み削除したことから、第12回定検（平成22年1月～3月）で電磁弁の取り替えを実施する際、「型式：NJ-2 XJ321A5V」のみで発注した。また、メーカーは型式の符号「X」がどのような特殊仕様を示すか確認しなかったため釈放電圧の低い電磁弁が納入され、担当者は部品取り替え時の新旧照合を確実に行わず取り替えを行った。

そのため、平成17年5月に発生した第3抽気逆止弁3Bの不具合と同様に、当該電磁弁が製造時のばらつきにより釈放電圧が低かったことに加え連続通電するとコイル温度の上昇に伴い釈放電圧が低下する特性であったため、釈放電圧が更に低下した。このため、テスト時の電圧（PIFカード出力：約8V）を下回り、テストスイッチを押しても当該電磁弁が閉せず、抽気逆止弁が閉動作しなかったものと推定される。

10. 対策

- (1) 当該電磁弁および同型式の電磁弁について、「釈放電圧20V以上」が確認されている電磁弁（準対策品*⁵）「型式：NJ-2 HCXJ321A5V」に取り替えた。なお、次回定検において、より消費電力の少ない電磁弁（対策品*⁶）「型式：NJ-2 XJ321A5V 釈放電圧20V以上」に取り替えを行う。
- (2) 当該電磁弁および同型式の電磁弁について、「釈放電圧20V以上」であることを保守システムデータに追記するとともに、今後は、調達時に受入試験を実施し、釈放電圧20V以上を確認するようマニュアルを改訂した。
- (3) 当該電磁弁メーカーの全ての電磁弁について、保守システムデータに型式の符号「X」を記載しているものについては、型式の符号「X」の内容が全て記載されていることを確認し、記載が不十分なものは追記した。
また、記載が不十分であった電磁弁の内、保守システムデータ整備以降に調達した電磁弁については本来要求すべき性能を有していることを確認した。
- (4) 保守システムデータ整備時に、入力文字数制限により入力文字を減らした機器について必要な情報が削除されていないか確認し、記載が不十分なものは追記した。
また、記載が不十分であった機器の内、保守システムデータ整備以降に調達した機器が本来要求すべき機能を有していることを確認した。
- (5) 保守システムの入力箇所3箇所全てに仕様等のデータ入力が可能であることを

操作マニュアルに追記した。

(6) 部品取り替え時の新旧照合を確実に実施するよう取替部品管理チェックシートの見直しを実施した。

* 5 準対策品

積放電圧 20V 以上を電磁弁メーカーが保証する電磁弁

* 6 対策品

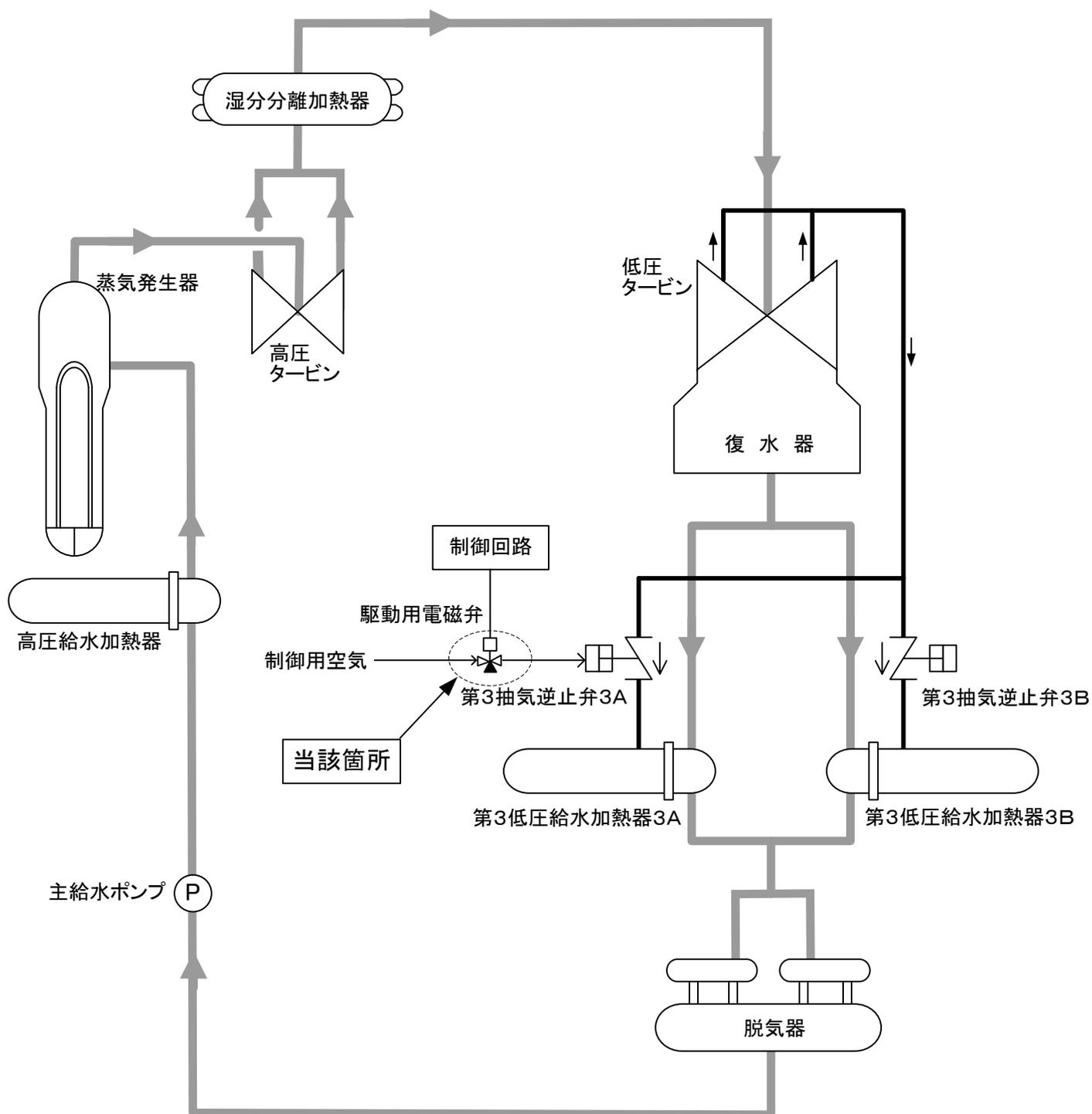
積放電圧 20V 以上を電磁弁メーカーが保証する電磁弁であるが、準対策品に比べて消費電力が少ない仕様の電磁弁

以 上

添 付 資 料

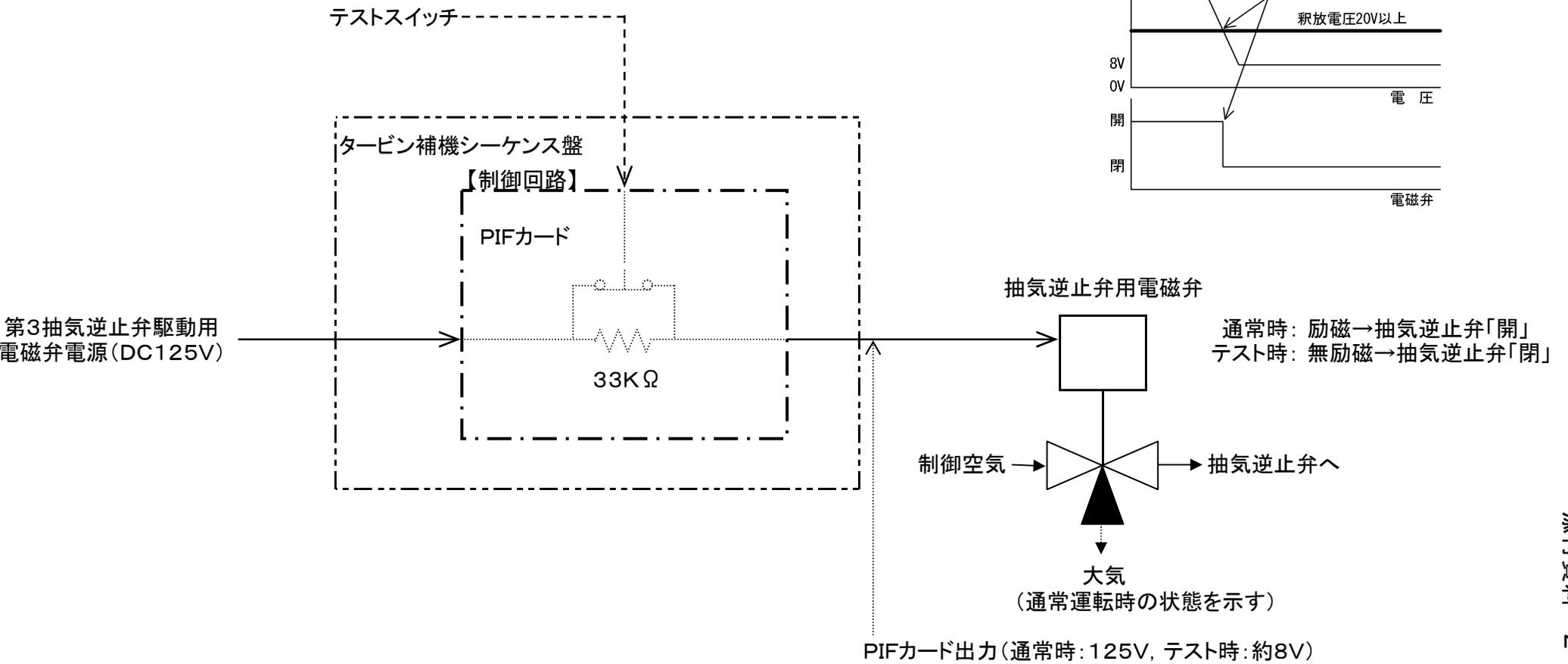
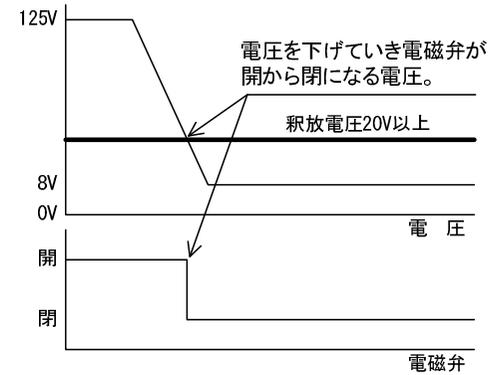
- 添付資料－ 1 第 3 抽気逆止弁 3 A 概略系統図
- 添付資料－ 2 第 3 抽気逆止弁 3 A 制御回路図
- 添付資料－ 3 第 3 抽気逆止弁用電磁弁型式変更経緯
- 添付資料－ 4 第 3 抽気逆止弁 3 A 現場写真

第3抽気逆止弁3A概略系統図



第3抽気逆止弁3A制御回路図

積放電圧イメージ(例)



第3 抽気逆止弁用電磁弁型式変更経緯

	平成17年5月18日 トラブル発生 ▽	平成18年 3-9定期点検 ▽	平成19 ~21年	平成22年 3-12定期点検 ▽	平成22年10月20日 トラブル再発 ▼	平成23年5月(予定) 3-13定期点検 ▽	
計器台帳の型式 (システム)	8月		▽システムデータ整備※4				
	NJ-2 J321A5V	NJ-2 XJ321A5V (積放電圧20V以上)	NJ-2 XJ321A5V		NJ-2 XJ321A5V (積放電圧20V以上)		
	※1, 2						
現場取付の 電磁弁型式	5月		1月				
	NJ-2 J321A5V	NJ-2 HCJ321A5V	NJ-2 HCXJ321A5V	NJ-2 XJ321A5V	NJ-2 XJ321A5V (予備品)	NJ-2 HCXJ321A5V (準対策品)	NJ-2 XJ321A5V (対策品)
		※3		※5			
積放電圧20V以上 ※6	×	△	○	×	△	○	○

- ※1：平成17年8月3日型式変更検討書により「NJ-2 J321A5V」→「NJ-2 XJ321A5V 積放電圧20V以上」に変更した。
(メーカーからは、「NJ-2 HCXJ321A5V」を推奨されたが、積放電圧20V以上でより消費電力の低い「NJ-2 XJ321A5V」を採用した。)
- ※2：型式変更の際し、型式の符号「X」が積放電圧20V以上を示すと思い込んだ。
- ※3：メーカーから「NJ-2 HCXJ321A5V」を推奨され、「NJ-2 HCXJ321A5V」が納入された。
ただし、受入試験にて「積放電圧20V以上」を確認している。
- ※4：型式の符号「X」で「積放電圧20V以上」が指定できると思い込んでいたことから「積放電圧20V以上」を削除したため、3-12定検では積放電圧が低い電磁弁が納入され取り替えを実施した。
- ※5：平成22年1月からの3号機第12回定検で電磁弁の取替時、「NJ-2 HCXJ321A5V」と取替品の型式が異なるためメーカーに確認したが、担当者は型式の符号「X」のみで積放電圧は20V以上は満足していると思い込みがあり深く追求しなかった。
- ※6：○ 調達時の要求として、積放電圧20V以上を満足している電磁弁。
△ 調達時の要求として、積放電圧20V以上を満足しているものではないが、使用前に電磁弁が閉するのに必要な積放電圧であることを確認した電磁弁。
× 積放電圧20V以上を満足していない電磁弁。

第3抽気逆止弁3A 現場写真

【当該電磁弁】



【テストスイッチ】



【当該抽気逆止弁】

