

# KK7 多様化設備(D/W圧力指示計)追加工事における 回路構成について

2023/09/01

株式会社 日立製作所 制御プラットフォーム統括本部  
原子力・発電制御システム本部  
原子力制御システム設計部

1. はじめに
2. 技術基準規則・JEAC4620との適合性の考え方
3. 安全保護系に対する波及的影響評価
4. まとめ

補足資料1. 技術基準規則抜粋

補足資料2. JEAC4620—2020抜粋

補足資料3. IEEE std 384抜粋

補足資料4. 多様化設備追加に対する分岐回路構成案(計画時)

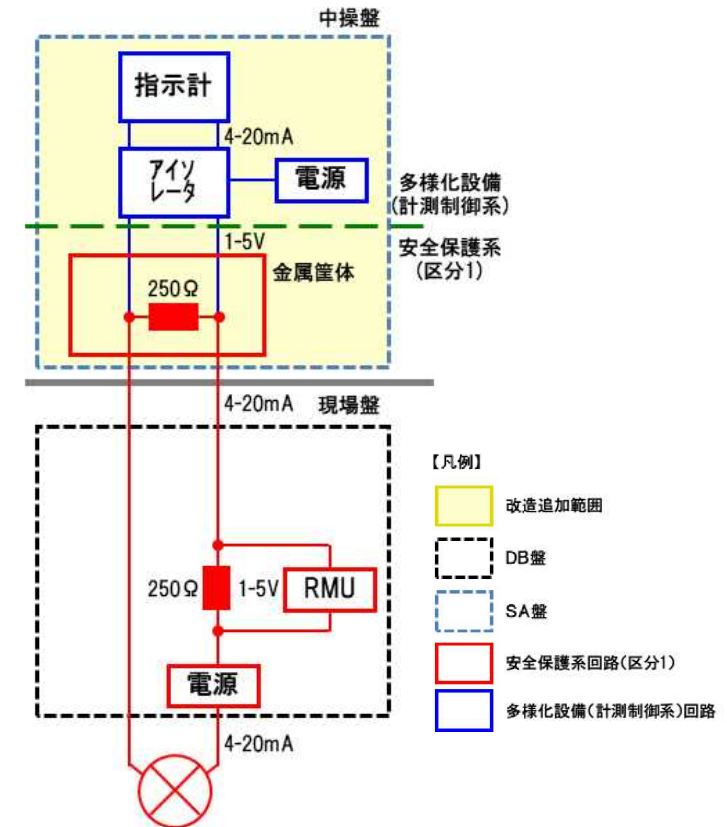
補足資料5. 多様化設備への要求事項と評価(耐震／火災防護・溢水)

# 1. はじめに

8/3面談時に、多様化設備(D/W圧力指示計)追加工事における安全保護系と多様化設備間の分離の考え方に関して質問がありました。次紙以降に弊社の設計見解を示します。

## 【全体の要点】

- ✓ 技術基準規則、及びJEAC4620の安全保護系に関する分離要件に関して、詳細設計では、IEEE384\*1に準拠した回路分離設計により、適合を図っている。
- ✓ 今回工事では、既設設備の構成上、JEAC4620の「安全保護系に属するアイソレーションデバイスを用いて計測制御系と電氣的に分離すること」が難しく、多様化設備(計測制御系)にアイソレーションデバイス(アイソレータ)を追加及び、安全保護系に抵抗を追加する回路構成を採用した。
- ✓ 本回路は、IEEE384 4.6項に基づく設計・評価により、安全保護系に対する波及的影響を及ぼすことはなく、安全保護系にアイソレーションデバイスを設置した構成と同等の機能的な分離(独立性)を実現している。



以降、今回の追加回路(D/W圧力指示計)における① 技術基準規則・JEAC4620との適合性の考え方、②安全保護系に対する波及的影響評価に関する見解を示します。

## 2. 技術基準規則・JEAC4620との適合性の考え方(1/2)

安全保護系と計測制御系の分離に関しては、IEEE384に準拠した回路設計としており、既設設備のハード的な制約等により安全保護系と計測制御系の電氣的な分離が難しい場合においても、IEEE384に基づく波及的影響を確認し、機能的な分離(独立性)を確保することで、技術基準規則及びJEAC4620への適合を図っている。

### 【既設設備改造における分離の考え方】

- ✓ 技術基準規則やJEAC/JEAGの指針を受け、具体的な実現手法についてはIEEE、IEC、JIS、JEMなどの規格・基準を参照して設計しており、安全保護系と計測制御系の分離に関しては、IEEE384に準拠した回路設計としている。
- ✓ 既設設備改造において、既設設備のハード的な制約(盤内実装スペース等)により、JEAC4620に基づく電氣的分離の実現が難しい場合においても、IEEE384 4.6項をもとに、計測制御系と単一区分の安全保護系のみ構成で、他区分との混在がないこと、および安全保護系への波及的影響を及ぼさない回路構成とし、機能的な分離(独立性)を確保することで、同等の回路構成を実現している。
- ✓ 上記回路構成に対する評価として、IEEE384 6.2.2項をもとにした波及的影響評価により、「計測制御系の故障が安全保護系に影響を及ぼさないこと」を確認している。

### 【技術基準に関する規則 第35条6】(抜粋)

計測制御系の一部を安全保護装置と共用する場合には、その安全保護機能を失わないよう、  
計測制御系から機能的に分離されたものであること。

…原文は補足資料1

…解釈(例示基準)としてJEAC4620を参照

### 【JEAC4620-2020 4.6「計装制御系との分離」の要約】

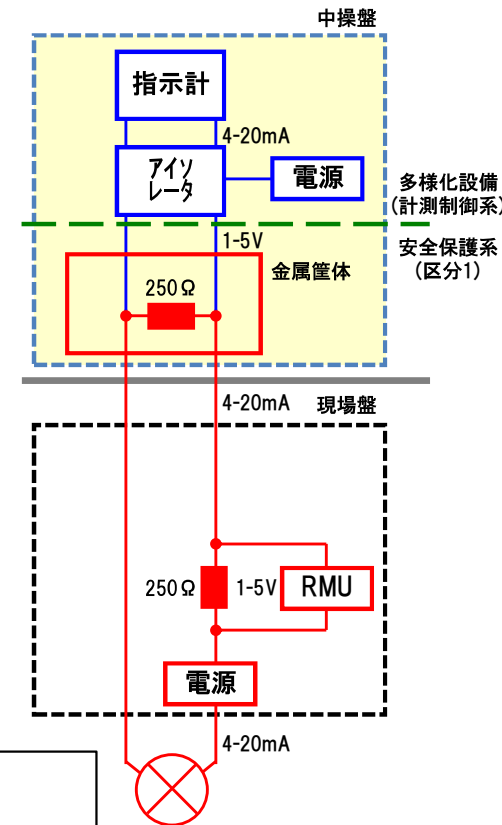
デジタル安全保護系が計測制御系と部分的に共用する場合において、「計測制御系での故障がデジタル安全保護系に影響を及ぼさない」よう、光/電気変換等のアイソレーションデバイスを用いて電氣的に分離する。…原文は補足資料2

## 2. 技術基準規則・JEAC4620との適合性の考え方(2/2)

今回の追加回路(D/W圧力指示計)は、抵抗及びアイソレータを使用し、安全保護系に波及影響のない回路構成を採用することで、安全保護系にアイソレーションデバイスを設置した構成と同等の機能的な分離(独立性)を確保し、技術基準規則およびJEAC4620に適合した回路構成を実現している。

【今回の追加回路(D/W圧力指示計)における具体的な分離方法】(補足資料4)

- ✓ 既設設備の改造成立性、保守性評価の結果、安全保護系として、アイソレーションデバイス(アイソレータ)設置が難しいことから、計測制御系にアイソレータを設置。
- ✓ この場合、IEEE384 4.6 b)項の電気的な分離を十分に満たせないことから、IEEE384 4.6 c)項をもとにアイソレータ1次側に安全保護系に属する抵抗を追加し安全保護系の電流ループを形成する回路構成とした。(尚、IEEE384 4.6 c)項における“他区分との混在”は無し)
- ✓ IEEE384 4.6 c)項における「安全系に対し波及的影響を及ぼさないこと」の確認として、IEEE384 6.2.2 における電気的事象に対する影響評価項目をもとに安全保護機能の喪失が無いことを確認した。評価の詳細は「3.波及的影響評価」による。
- ✓ 尚、アイソレータ他、追加機器は、安全保護系で実績のある高い信頼性を有した型式を採用。



【IEEE384-2018 4.6「Non-Class 1E circuits—General criteria」の要約】

- 安全保護系回路と計測制御系回路を機能的分離(独立性)をする際は、以下の要件を満たすこと。
  - a) 最小分離要件を満足させることで物理的に分離する
  - b) アイソレーションデバイスの使用や遮蔽、分離距離等の配線技術の適用により電気的に分離する
  - c) a)またはb)を実現できない場合は以下を満たすこと。
    - 安全保護系と電気的分離がない回路が、「安全保護系に対し波及的影響を及ぼさないこと」
    - 「単一区分の安全保護系」と「計測制御系」のみで構成され、他区分との混在がないこと

…原文は補足資料3

### 3. 安全保護系に対する波及的影響評価(1/4)

安全保護系電流ループに接する「変換器(アイソレータ)」を起点に異常要因を抽出し、安全保護系電流ループへの影響評価を実施。多様化設備(計測制御系)の故障が安全保護系へ影響を及ぼさないことを確認した。

【評価項目】IEEE384-2018 6.2.2「Isolation devices」における  
電氣的事象に対する影響評価項目

…原文は補足資料3

- a) 計測制御系側に印加される最大電圧、電流、EMI/RFI過渡現象
- b) 計測制御系側で発生する短絡、地絡、または断線等の回路開放

【評価手順】

- ・計測制御系回路の内、安全保護系ループに接する「変換器」の信号入力側(図:青色地)を起点に異常要因を抽出

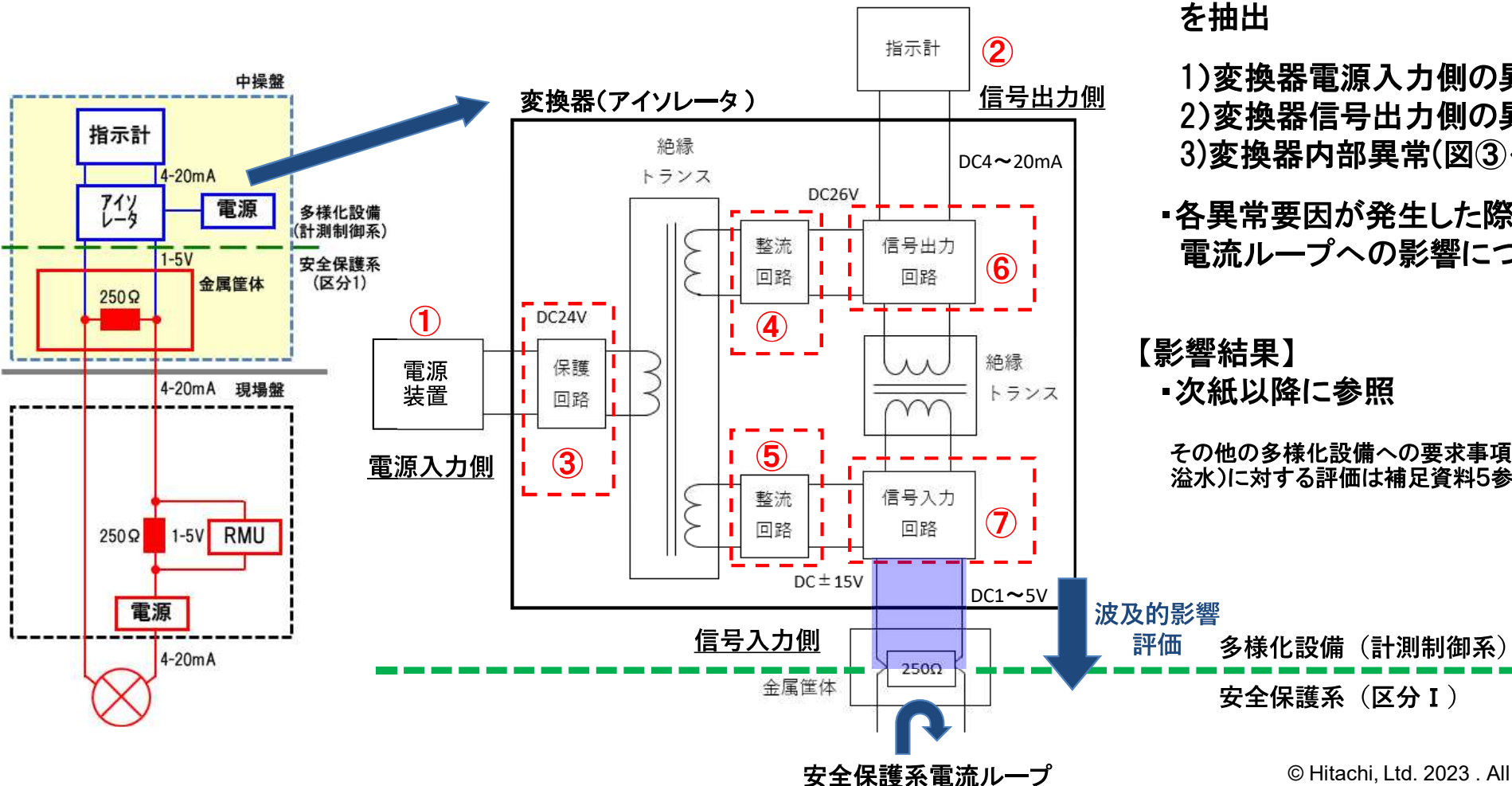
- 1) 変換器電源入力側の異常(図①)
- 2) 変換器信号出力側の異常(図②)
- 3) 変換器内部異常(図③~⑦)

- ・各異常要因が発生した際の安全保護系電流ループへの影響につき評価

【影響結果】

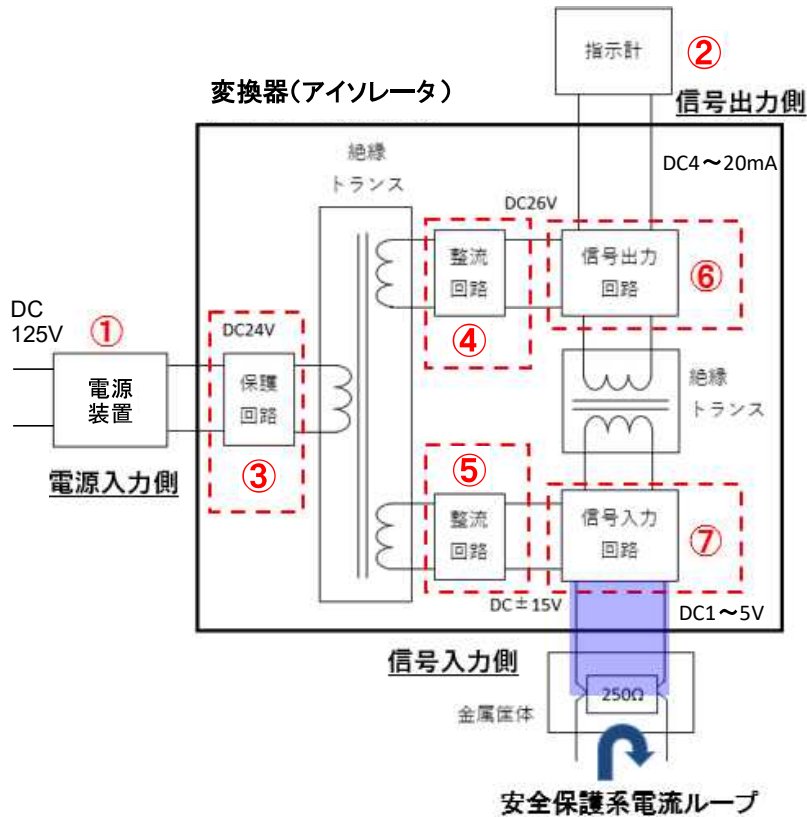
- ・次紙以降に参照

その他の多様化設備への要求事項(耐震/火災防護・溢水)に対する評価は補足資料5参照



# 3. 安全保護系に対する波及的影響評価(2/4)

## 【評価結果(1/3)】



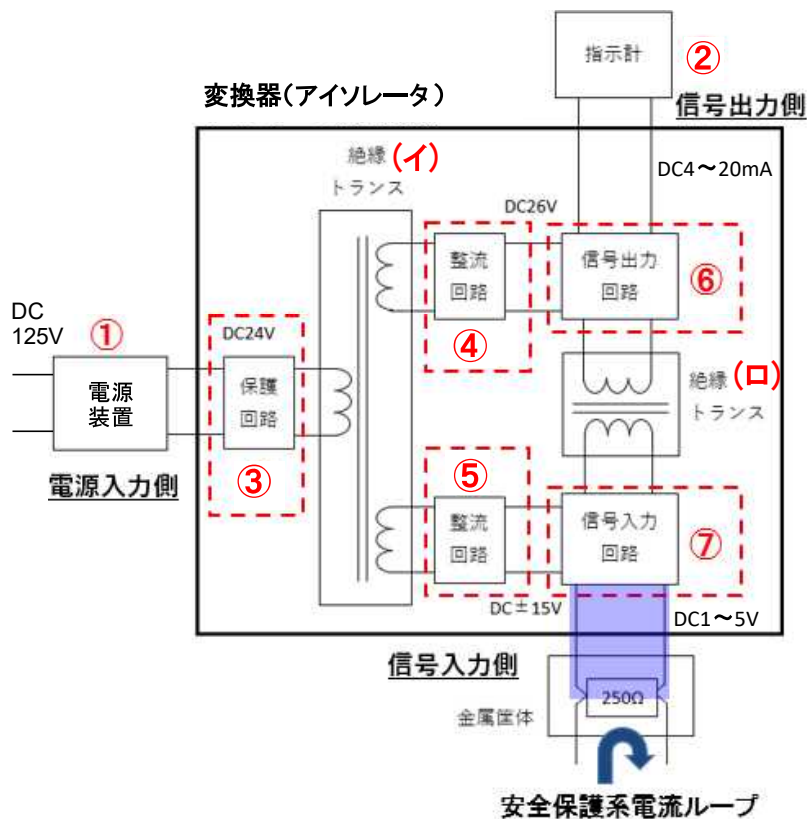
評価部位		評価項目 ※1	評価内容	影響評価
図中 No	名称			
①	電源装置	a) 最大電圧、 電流、EMI/RFI 過渡現象	✓ 発生要因:電源装置(①)の異常 ✓ 影響:変換器への電圧DC125V級の直接印加 <評価> 変換器内の保護回路(③)にて信号入力回路(⑦)への給電が遮断されるが、変換器の信号入力側(DC1~5V)(青色地)の電圧変動なし	無
		b) 短絡、地絡、 または断線等 の回路開放	✓ 発生要因:電源装置(①)の構成部品短絡/開放 ✓ 影響:変換器への給電の遮断 ・内部短絡:電源装置トリップ(ヒューズ断) ・内部開放:電圧出力不可 <評価> 変換器への給電が遮断されるが変換器入力側(DC1~5V)(青色地)は変化しない	無
②	指示計	a) 最大電圧、 電流、EMI/RFI 過渡現象	✓ 主な発生要因:無し 可動コイル型で電源供給不要のため(発生要因なし)	無
		b) 短絡、地絡、 または断線等 の回路開放	✓ 発生要因:指示計(③)内コイル部における電流信号の短絡/開放 ✓ 影響:変換器からの出力信号(DC4~20mA)における電流ループ(閉ループ)を形成 ・コイル部における短絡 許容負荷抵抗(0-750Ω)内の閉ループ回路を形成 ・コイル部における開放 変換器内部のツェナーダイオードによる閉ループ回路を形成 <評価> 電流ループを形成する(通常動作範囲内)ため、変換器入力側(DC1~5V)(青色地)は変化しない	無

※1 【評価項目】

- a) 計測制御系側に印加される最大電圧、電流、EMI/RFI過渡現象
- b) 計測制御系側で発生する短絡、地絡、または断線等の回路開放

# 3. 安全保護系に対する波及的影響評価(3/4)

## 【評価結果(2/3)】



※2 変換器(アイソレータ)仕様

項目	仕様
耐電圧	DC500V 1分間
絶縁抵抗	100MΩ以上/DC500V
絶縁機能	入出力間、電源・入出力間あり

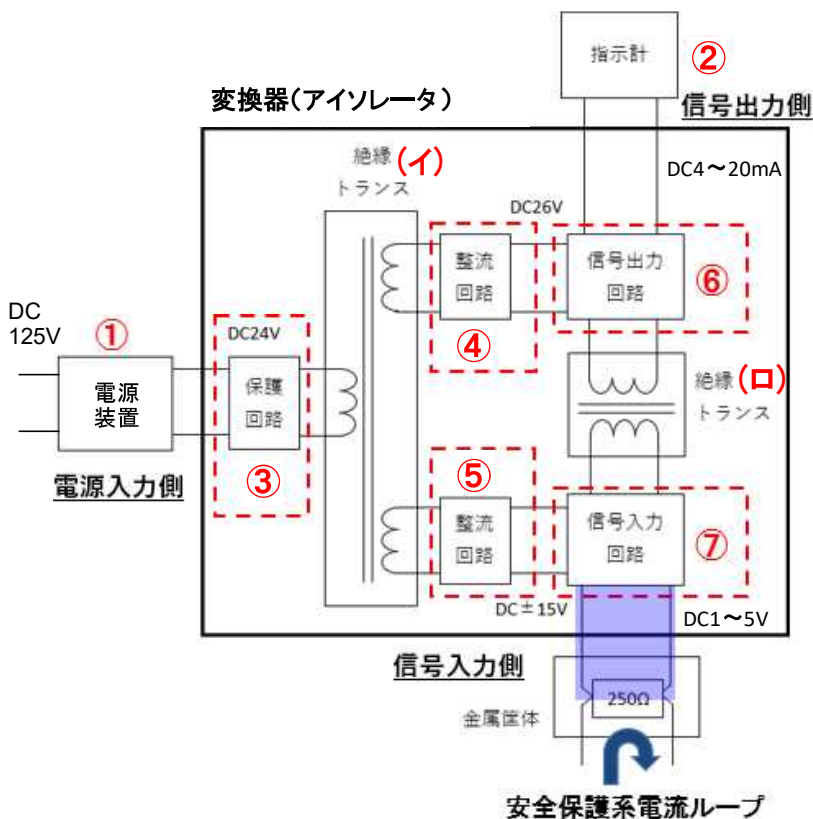
評価部位		評価項目 ※1	評価内容	影響評価
図中 No	名称			
③	変換器 電源入力部 (保護回路) (絶縁トランス (イ)1次側)	a) 最大電圧、 電流、EMI/RFI 過渡現象	✓ 発生要因:電源装置(1)異常+保護回路(3)不動作 ✓ 影響:保護回路(3)を含む電源入力部への電圧 DC125V級の直接印加 <評価> 絶縁トランス(イ)に直接印加された場合も変換器仕様値 内(DC500V※2)のため、絶縁トランス(イ)2次(4⑤)側 以降の影響なし	無
		b) 短絡、地絡、 または断線等 の回路開放	✓ 発生要因:保護回路(3)を含む電源入力部における 構成部品の短絡/開放 ✓ 影響:変換器への給電の遮断 ・内部短絡:電源装置(1)の保護機能にて給電を遮断 ・内部開放:回路開放により電圧出力不可 <評価> 変換器への給電が遮断されるが変換器入力側(DC1~ 5V)(青色地)は変化しない	無
④⑤	変換器 整流回路 (絶縁トランス (イ)2次側)	a) 最大電圧、 電流、EMI/RFI 過渡現象	✓ 発生要因:無し ③より、絶縁トランス(イ)2次側(4⑤)への影響なし	無
		b) 短絡、地絡、 または断線等 の回路開放	✓ 発生要因:整流回路(4⑤)における素子(部品)の 短絡/開放 ✓ 影響:信号入力・出力回路(6⑦)への供給電圧変動 <評価> 回路に使用している各部品の耐量以内であり、変換器の 入力側(DC1~5V)(青色地)は変化しない	無

※1 【評価項目】 a) 計測制御系側に印加される最大電圧、電流、EMI/RFI過渡現象  
 b) 計測制御系側で発生する短絡、地絡、または断線等の回路開放



# 3. 安全保護系に対する波及的影響評価(4/4)

## 【評価結果(3/3)】



※2 変換器(アイソレータ)仕様

項目	仕様
耐電圧	DC500V 1分間
絶縁抵抗	100MΩ以上/DC500V
絶縁機能	入出力間、電源・入出力間あり

評価部位		評価項目 ※1	評価内容	影響評価
図中 No	名称			
⑥	変換器 信号出力 回路 (絶縁トランス (ロ) 2次側)	a) 最大電圧、 電流、 EMI/RFI 過渡現象	✓ 発生要因:無し ③より、絶縁トランス(イ)2次側(④⑤)への影響なし	無
		b) 短絡、地絡、 または断線等 の回路開放	✓ 発生要因:信号出力回路(⑥)の構成部品 短絡/開放 ✓ 影響:絶縁トランス(ロ)の2次側短絡、開放による信号 出力不可 <評価> 絶縁トランス(ロ)2次側の計装信号(4~20mA)が生成されなくなるが、絶縁トランス(ロ)1次(⑦)側の影響なし	無
⑦	変換器 信号入力 回路 (絶縁トランス (ロ) 1次側)	a) 最大電圧、 電流、 EMI/RFI 過渡現象	✓ 主な発生要因:無し ③より、絶縁トランス(イ)2次側(④⑤)への影響なし	無
		b) 短絡、地絡、 または断線等 の回路開放	✓ 発生要因:信号出力回路(⑦)の構成部品 短絡/開放 ✓ 影響:安全保護系電流ループの合成抵抗変化 ・内部短絡:250Ωと短絡抵抗との合成抵抗 (250Ωよりも小さい合成抵抗) ・内部開放:250Ωそのまま <影響> 安全保護系電流ループは2線式伝送器の定電流源により 許容負荷(0-600Ω)以内であれば電流一定となるため影 響無し	無

※1 【評価項目】 a) 計測制御系側に印加される最大電圧、電流、EMI/RFI過渡現象  
b) 計測制御系側で発生する短絡、地絡、または断線等の回路開放

デジタル安全保護系に対する多様化設備(計測制御系)は、技術基準規則及びJEAC4620の要求事項に基づき、安全保護系と分離する設計としている。

- ✓ 既設設備のハード的な制約等により安全保護系と計測制御系の電氣的な分離が難しい場合においては、安全保護系に対する波及的影響を確認し、機能的な分離(独立性)を確保することで、技術基準規則及びJEAC4620への適合を図っている。
- ✓ 今回の追加回路(D/W圧力指示計)は、安全保護系に属したアイソレーションデバイスによる電氣的な分離が難しいことから、計測制御系にアイソレーションデバイス(アイソレータ)を追加及び、安全保護系に抵抗を追加した回路構成としている。
- ✓ 本回路は、IEEE384 4.6項 b)、c)に基づく設計・評価により、安全保護系に対する波及的影響を及ぼすことはなく、安全保護系にアイソレーションデバイスを設置した構成と同等の機能的な分離(独立性)が確保されている。
- ✓ 今回工事におけるアイソレータ他、追加機器は、安全保護系で実績のある型式と同型であり、高い信頼性を有している。

以上より、今回の追加回路(D/W圧力指示計)は、安全保護系内での電氣的な分離はできていないものの、機能的な分離(独立性)の観点で、同等の回路分離を確保しており、技術基準規則及びJEAC4620に適合した回路構成を実現している。

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
<p>(安全保護装置)</p> <p>第三十五条 発電用原子炉施設には、安全保護装置を次に定めるところにより施設しなければならない。</p> <p>一 運転時の異常な過渡変化が発生する場合又は地震の発生により発電用原子炉の運転に支障が生ずる場合において、原子炉停止系統その他系統と併せて機能することにより、燃料要素の許容損傷限界を超えないようにできるものであること。</p> <p>二 系統を構成する機械若しくは器具又はチャンネルは、単一故障が起きた場合又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合において、安全保護機能を失わないよう、多重性を確保すること。</p> <p>三 系統を構成するチャンネルは、それぞれ互いに分離し、それぞれのチャンネル間において安全保護機能を失わないように独立性を確保すること。</p> <p>四 駆動源の喪失、系統の遮断その他の不利な状況が生じた場合においても、発電用原子炉施設をより安全な状態に移行するか、又は当該状態を維持することにより、発電用原子炉施設の安全上支障がない状態を維持できること。</p> <p>五 不正アクセス行為その他の電子計算機に使用目的に沿うべき動作をさせず、又は使用目的に反する動作をさせる行為による被害を防止するために必要な措置が講じられているものであ</p>	<p>第35条 (安全保護装置)</p> <p>1 第1号の安全保護装置の機能の確認については、設置許可申請書の添付書類八の設備仕様及び設置許可申請書において評価した運転時の異常な過渡変化の評価の条件に非保守的な変更がないことを確認すること。</p> <p>2 第3号に規定する「独立性を確保すること」とは、チャンネル間の距離、バリア、電氣的隔離装置等により、相互を分離することをいう。</p> <p>3 第5号に規定する「必要な措置が講じられているものであること」とは、外部ネットワークと物理的な分離又は機能的な分離を行うこと、有線又は無線による外部ネットワークからの遠隔操作及</p>

<p>実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則</p>	<p>実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈</p>
<p>ること。</p> <p>六 計測制御系の一部を安全保護装置と共用する場合には、その安全保護機能を失わないよう、計測制御系から機能的に分離されたものであること。</p> <p>七 発電用原子炉の運転中に、その能力を確認するための必要な試験ができるものであること。</p> <p>八 運転条件に応じて作動設定値を変更できるものであること。</p>	<p>びウイルス等の侵入を防止すること、物理的及び電氣的アクセスの制限を設けることにより、システムの据付、更新、試験、保守等で、承認されていない者の操作及びウイルス等の侵入を防止すること等の措置を講ずることをいう。なお、ソフトウェアの内部管理を強化するために、ウイルス等によるシステムの異常動作を検出させる場合には以下の機能を有すること。</p> <p>(1) ウイルス等によるシステムの異常動作を検出する機能を設ける場合には、ウイルス等を検知した場合に運転員等へ告知すること。</p> <p>(2) ウイルス等によるシステムの異常動作を検出する機能は、安全保護装置の機能に悪影響を及ぼさないこと。</p>
	<p>4 デジタル安全保護系の適用に当たっては、日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」(JEAC 4620-2008) (以下「JEAC4620」という。) 5. 留意事項を除く本文、解説-4から6まで、解説-8及び解説-11から18まで並びに「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」(JEAG 4609-2008) 本文及び解説-9に以下の要件を付したものであること。ただし、「デジタル」は「デジタル」と読み替えること。</p> <p>(1) JEAC4620の4. 1の適用に当たっては、運転時の異常な過渡変化が生じる場合又は地震の発生等により原子炉の運転に支障が生じる場合において、原子炉停止系統及び工学的安全施設と併</p>

<p>実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則</p>	<p>実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈</p> <p>せて機能することにより、燃料許容損傷限界を超えないよう安全保護系の設定値を決定すること。</p> <p>(2) JEAC4620の4. 18. 3において検証及び妥当性確認の実施に際して作成された文書は、4. 18. 2の構成管理計画の中に文書の保存を定め、適切に管理すること。</p> <p>(3) JEAC4620の4. 8における「想定される電源擾乱、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮した設計とすること」を「想定される電源擾乱、サージ電圧、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮して設計し、その設計による対策の妥当性が十分であることを確認すること」と読み替えること。</p> <p>(4) JEAC4620の4. 5及び解説－6の適用に当たっては、デジタル安全保護系は、試験時を除き、計測制御系からの情報を受けないこと。試験時に、計測制御系からの情報を受ける場合には、計測制御系の故障により、デジタル安全保護系が影響を受けないよう措置を講ずること。</p> <p>デジタル安全保護系及び計測制御系の伝送ラインを共用する場合、通信をつかさどる制御装置は発信側システムの装置とすること。</p> <p>(5) JEAC4620の4. 16の「外部からの影響を防止し得る設計」を「外部影響の防止された設備」と読み替えること。</p> <p>(6) JEAC4620の4. における安全保護機能に相応した高い信頼性を有するとは、デジタル安全保護系のトリップ失敗確率及び誤</p>
------------------------------------	--

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
	<p>トリップする頻度を評価し、従来型のものと比較して同等以下とすること。また、デジタル安全保護系の信頼性評価において、ハードウェア構成要素に異常の検出、検出信号の伝送、入出力信号の処理、演算処理、トリップ信号の伝送、トリップの作動等、評価に必要な構成要素を含むこと。</p> <p>(7) 安全保護系に用いられるデジタル計算機の健全性を実証できない場合、安全保護機能の遂行を担保するための原理の異なる手段を別途用意すること。</p> <p>(「日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程 (JEAC 4620-2008)」及び「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針 (JEAG 4609-2008)」に関する技術評価書 (平成23年1月原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構取りまとめ))</p>

## 安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程（JEAC4620—2008） 抜粋

### 4.5 計測制御系との分離

デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、計測制御系で故障が生じてもデジタル安全保護系に影響のないよう、デジタル安全保護系と計測制御系を電氣的に分離する設計とすること。更に、通信を共用する場合には機能的にも分離する設計とすること。（解説-6）

#### （解説-6）

デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、以下のように設計することにより、電氣的に分離することができる。

- 安全保護系と計測制御系との信号取り合いは、光/電気変換などのアイソレーションデバイスを用いて電氣的に分離する。

また、デジタル安全保護系と計測制御系との通信の機能的分離は具体的には（解説-5）の事項を考慮する。

# 補足資料1. 技術基準規則抜粋(6/6)

安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程（JEAC4620－2020）の技術評価内で、JEAC4620－2008に対して読み替えられる字句（抜粋）

デジタル安全保護系に関する日本電気協会規格の技術評価の結果及び実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈の改正案並びにこれからに対する意見公募の実施（抜粋）

## 5. 2 デジタル安全保護系規程 2008

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
4.5 計測制御系との分離	デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、計測制御系で故障が生じてもデジタル安全保護系に影響のないよう、デジタル安全保護系と計測制御系を電氣的に分離する設計とすること。更に、通信を共用する場合には機能的にも分離する設計とすること。	デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、計測制御系で故障が生じてもデジタル安全保護系に影響のないよう、デジタル安全保護系と計測制御系を電氣的に分離する設計とすること。更に、通信を共用する場合には機能的にも分離する設計とすること。 デジタル安全保護系は、試験時を除き、計測制御系からの情報を受けないこと。試験時に、計測制御系からの情報を受ける場合には、計測制御系の故障により、デジタル安全保護系が影響を受けないよう措置を講ずること。 デジタル安全保護系及び計測制御系の伝送ラインを共用する場合は、通信をつかさどる制御装置は発信側システムの装置とすること。 デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、以下のように設計することができ。 ・安全保護系と計測制御系との信号取り合いは、光／電気変換などのアイソレーションデバイスを用いて電氣的に分離する。



## 安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程（JEAC4620-2020） 抜粋

### 4.6 計測制御系との分離

デジタル安全保護系は、計測制御系と部分的に共用する場合には、計測制御系で故障が生じてもデジタル安全保護系に影響のないよう、計測制御系と電氣的に分離する設計とすること。さらに、通信を共用する場合には機能的にも分離する設計とすること。（解説-8）

#### （解説-8）計測制御系との分離

デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、以下のように設計することにより、電氣的に分離することができる。

- ・デジタル安全保護系と計測制御系との信号取り合いには、光／電気変換等のアイソレーションデバイスを用いる。この場合アイソレーションデバイスは安全保護系に属する。

安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程（JEAC4620-2020）の技術評価内で、  
JEAC4620-2020に対して読み替えられる字句（抜粋）

デジタル安全保護系に関する日本電気協会規格の技術評価の結果  
及び実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則  
の解釈の改正案並びにこれからに対する意見公募の実施（抜粋）

読み替える規定	読み替えられる字句	読み替える字句
4.6 計測制御系との分離	デジタル安全保護系は、計測制御系と部分的に共用する場合には、計測制御系で故障が生じてもデジタル安全保護系に影響のないよう、計測制御系と電氣的に分離する設計とすること。さらに、通信を共用する場合には機能的にも分離する設計とすること。	デジタル安全保護系は、計測制御系と部分的に共用する場合には、その安全保護機能を失わないよう、計測制御系から機能的に分離されたものであること。また、計測制御系で故障が生じてもデジタル安全保護系に影響のないよう、計測制御系と電氣的に分離する設計とすること。 デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、以下のように設計することにより、電氣的に分離することができる。 ・デジタル安全保護系と計測制御系との信号取り合いには、光／電気変換などのアイソレーションデバイスを用いる。この場合アイソレーションデバイスは安全保護系に属する。

IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (IEEE std 384-2018) (抜粋)

## **4.6 Non-Class 1E circuits – General criteria**

*The independence of non-Class 1E circuits from Class 1E circuits or associated circuits shall be achieved by complying with the following requirements:*

Non-Class 1E回路の、Class 1E回路又は関連回路からの機能的分離(独立性)は、以下の要件に従うことによって実現すること。

*a) Non-Class 1E circuits shall be physically separated from Class 1E circuits and associated circuits by the minimum separation requirements specified in 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.9, or 5.6, except as permitted in items c), d), and e) in 4.6, or the non-Class 1E circuits shall be associated circuits. (See Figure 2.)*

a) Non-Class 1E 回路は、4.6(c)(d)(e)(f)で許容される場合を除き、5.1.3, 5.1.4, 5.1.5, 5.1.9, or 5.6に規定される最小分離要件によって、Class 1E 回路及び関連回路から物理的に分離されなければならない。(図 2 参照)。

*b) Non-Class 1E circuits shall be electrically isolated from Class 1E circuits and associated circuits by the use of isolation devices, shielding, and wiring techniques or separation distance, except as permitted in items c), d), e), and f) in 4.6, or the non-Class 1E circuits shall be associated circuits.*

*(See Figure 1, Figure 3, and Figure 8.)*

b) Non-Class 1E 回路は、4.6 (c)(d)(e)(f)で許容される場合を除き、アイソレ装置、遮蔽、配線技術又は物理的分離距離の使用により、Class 1E 回路及び関連回路から電氣的に分離されるか、又はNon-Class 1E 回路を関連回路とすること。(図1、図3、図8参照)。

IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (IEEE std 384-2018)

### 4.6 Non-Class 1E circuits – General criteria (抜粋)

*c) The effects of less than minimum separation or the absence of electrical isolation between the non-Class 1E circuits and the Class 1E circuits or associated circuits shall be analyzed to demonstrate that Class 1E circuits are not degraded below an acceptable level, or the non-Class 1E circuits shall be associated circuits. As part of the analysis, consideration shall be given to potential energy and identification of the circuits involved. Also, the non-Class 1E circuits shall remain with the division to which it was analyzed and shall not be routed with other divisions.*

c) Non-Class 1E 回路と、Class 1E 回路または関連回路との間の物理的分離が最小分離距離未満、または電気的分離がない場合の影響は、Class 1E 回路が許容レベル以下に劣化しないことを実証するために解析されなければならない。さもなくば non-Class 1E回路は関連回路としなければならない。解析の一部として、ポテンシャルエネルギーおよび関連する回路の特定を考慮すること。また、non-Class 1E回路は解析された区分に留まり、他区分と配線してはならない。

## IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (IEEE std 384-2018)

### **6.2.2 Isolation devices**

#### **6.2.2.1 General (抜粋)**

*A device is considered an electrical isolation device for instrumentation and control circuits if it is applied so that the following requirements are met:*

- a) The maximum credible voltage, current, and EMI/RFI transient applied to the device's non-Class 1E side will not degrade the operation of the circuit connected to the device Class 1E or associated side below an acceptable level.*
- b) Shorts, grounds, or open circuits occurring in the non-Class 1E side will not degrade the circuit connected to the device Class 1E or associated side below an acceptable level.*

*NOTE—For BDBEE connections see item f) in 4.6.*

デバイスが以下の要件を満たすように適用されている場合、そのデバイスは計装および制御回路用の電气的分離デバイスとみなされる:

- a) デバイスのnon-Class 1E側に印加される最大電圧、電流、EMI/RFI 過渡現象が、デバイスの Class 1E または関連側に接続された回路の動作を許容レベル以下に劣化させないこと。
- b) non-Class 1E側で発生する短絡、接地、または開回路は、デバイスのClass 1Eまたは関連側に接続された回路を許容レベル以下に劣化させない。

注-BDBEE 接続については、4.6 の項目 f)を参照。



## IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (IEEE std 384-2018)

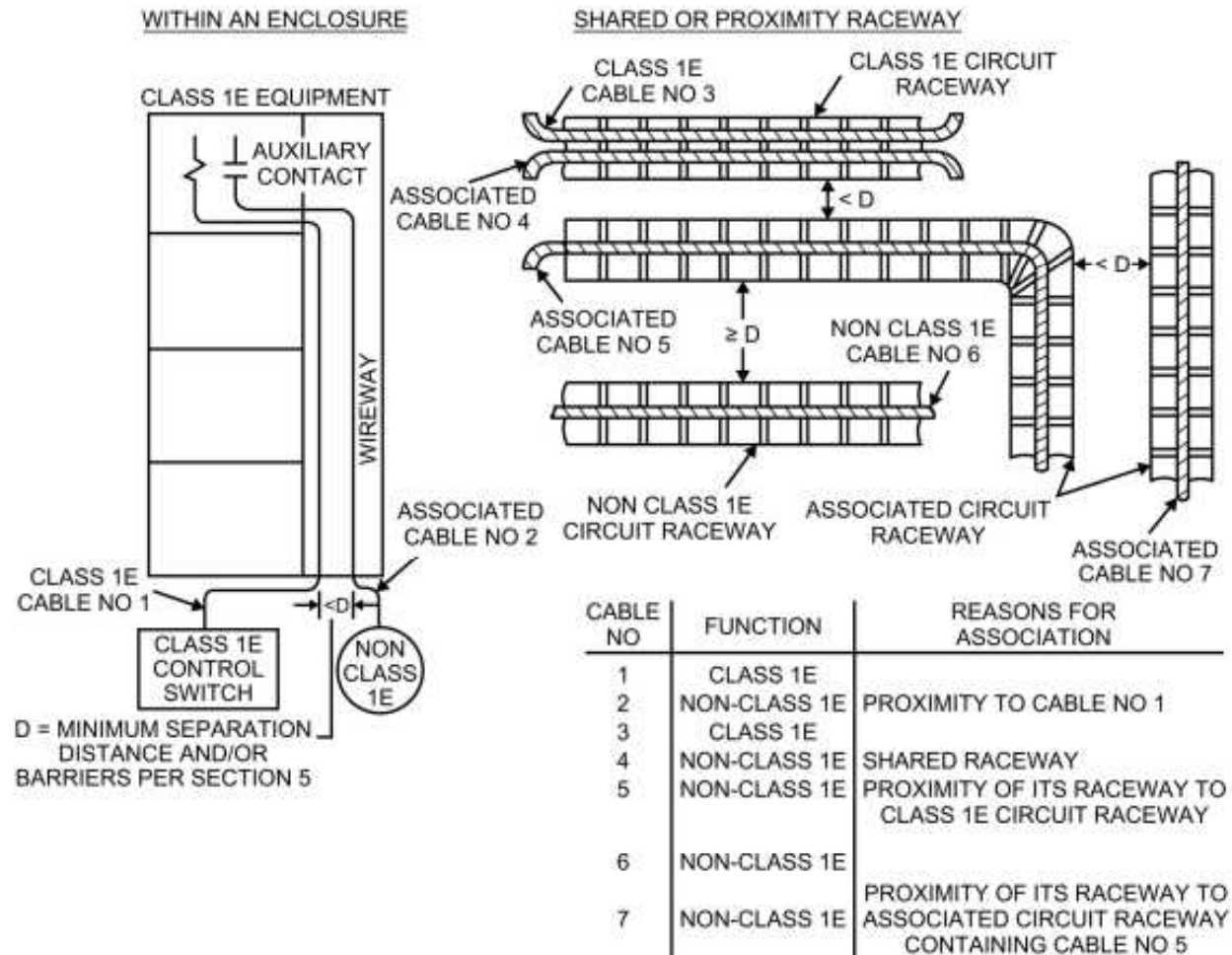


Figure 2—Examples of association by proximity

## IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (IEEE std 384-2018)

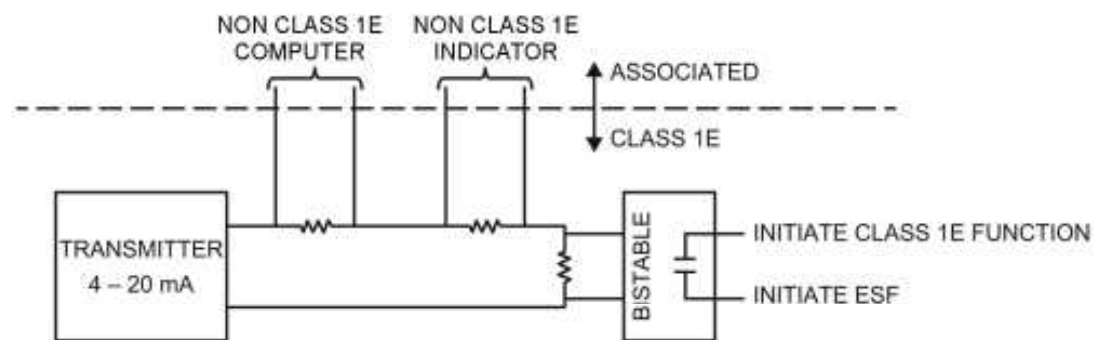


Figure 3—Association by shared signal source



## IEEE Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (IEEE std 384-2018)

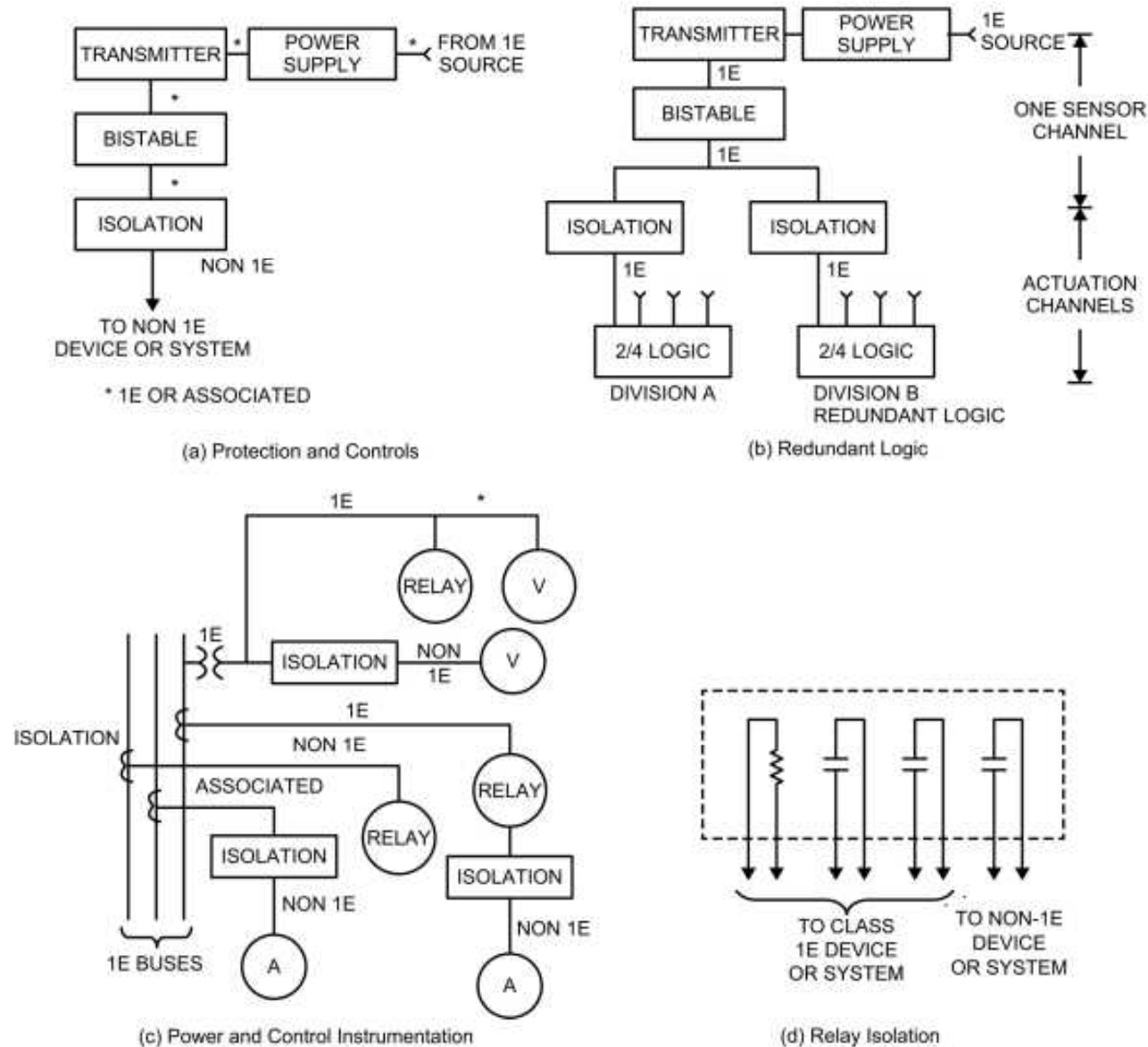
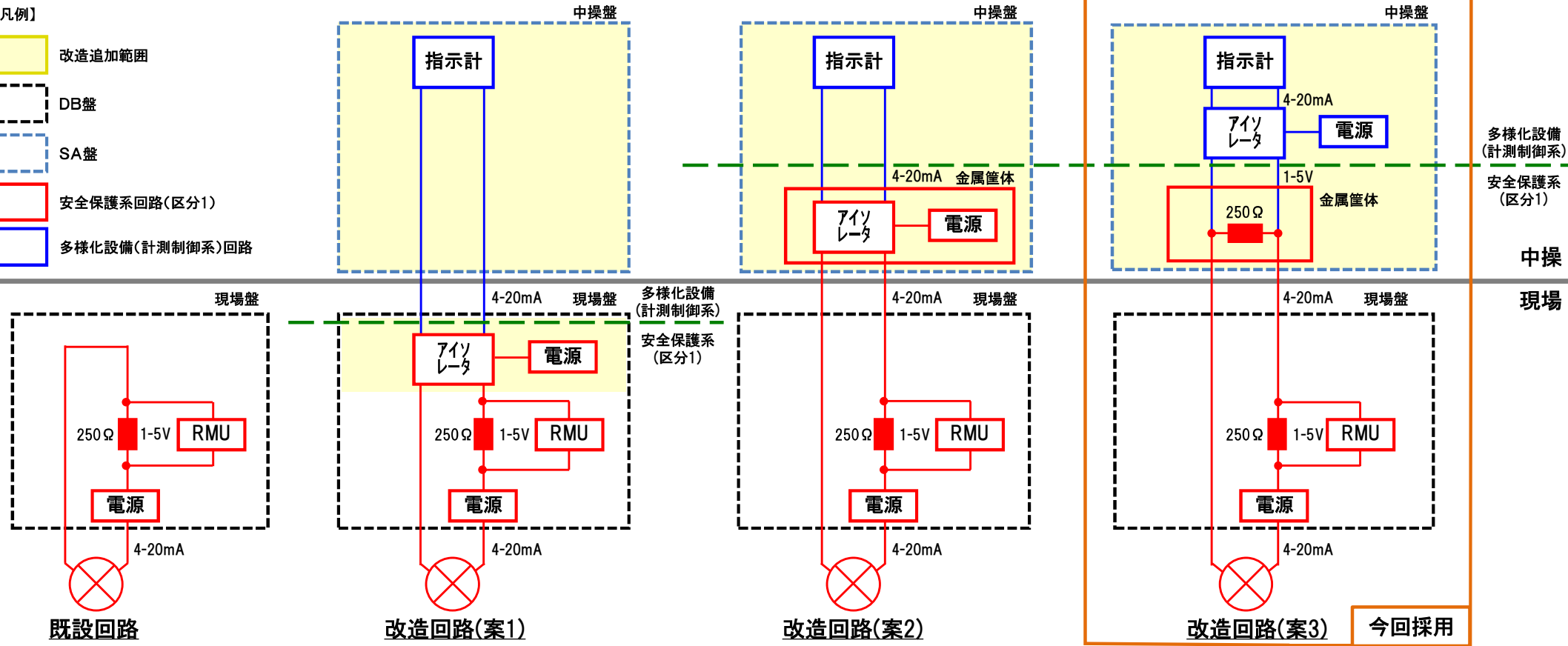


Figure 8—Examples of isolation device application in control and instrumentation circuits

# 補足資料4. 多様化設備追加に対する分岐回路構成案(計画時)

【凡例】

- 改造追加範囲
- DB盤
- SA盤
- 安全保護系回路(区分1)
- 多様化設備(計測制御系)回路



回路構成	現場盤にアイソレータ(安全保護系)を設置し電気的分離を実施	中操盤内にアイソレータ(安全保護系)を設置し電気的分離を実施	中操盤内にアイソレータ(計測制御系)を設置し電気的分離を実施(安全保護系での設置不可) ⇒安全保護系として抵抗を追加し、電流ループを形成することで、計測制御系側の波及影響を防止
●安全保護系区分1と計測制御系で回路を構成。(他区分混在は無し)			
評価			
改造成立性※(中操盤)	○	×(金属筐体内へのアイソレータ・電源装置実装スペース無し)	○(金属筐体内への抵抗の実装は容易)
改造成立性※(現場盤)	×(追加機器実装スペース僅か。拡張性無し)	○	○
保守性	○	△(金属筐体内のアイソレータ・電源装置保守が困難)	○(金属筐体内の抵抗保守は容易)

※ 改造成立性は、ハード機器の実装スペース・配線ルート of 成立性(将来の改造拡張性含む)を評価。現地調査(実機確認)により最終判断。

デジタルCCFに対する要件書(※)の「多様化設備への要求事項」(次紙以降参照)において関連する下記の2点(3.5.4 耐震性、3.5.9 火災防護及び溢水防護)につき、評価結果を以下に示す。

※ 原子力発電所におけるデジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障緩和対策に関する技術要件書(ATENA 20-ME05 Rev.1)

### 「3.5 多様化設備への要求事項」(抜粋)

#### 3.5.4 耐震性

多様化設備は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、機能維持する設計とすること。

#### 【評価結果】

以下により地震力に対し機能維持する設計としている。

- ・多様化設備となる指示計(変換器含)および、安全保護系の抵抗は、SA対象盤(耐震盤)に設置している。
- ・また、使用機器は確認済加速度において設計震度以上を確認している。  
(安全保護系において使用され検証済みのものを適用している)

#### 3.5.9 火災防護及び溢水防護

多様化設備が、火災・溢水の影響を受けたとしても、安全保護回路の安全機能を喪失させない設計とすること(参考書類2 参照)。

#### 【評価結果】

- ・多様化設備(常用系)と接する安全保護系の抵抗については、金属筐体に格納することにより火災影響から防御する設計としている。
- ・中操エリアのため溢水区域の対象外であり問題無し。