

**「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」に関する  
日本電気協会への説明依頼事項に対する回答**

令和4年6月23日  
(一社)日本電気協会  
原子力規格委員会

標記につきましては、以下の通り回答いたします。

**○説明依頼事項**

1. JEAC4620 の適用範囲を明確にすること。
2. 核計装、放射線モニタを「デジタル計算機」の対象としていない理由を説明すること。
3. JEAC4620 の 4.11 設定の変更に関する（解説-12）で “出力領域中性子束高  
原子炉トリップにおける、高設定と低設定の 2 段の設定値を切り替える機能”  
が例示されているが、これは核計装の設定値切り替えの機能が「デジタル計  
算機」で実施されることを示しているのではないか？  
核計装と「デジタル計算機」の設定値変更の取り扱いについて説明するこ  
と。
4. 一部の BWR5 プラントの温度計装がデジタル化されているが、デジタル安  
全保護系としての扱いとなるのか、また ABWR のデジタル安全保護系との相  
違について説明すること。
5. JEAC4620 と JEAC4604 の関係を明確にすること。

○回答

1. JEAC4620 の適用範囲を明確にすること。

回答 1)  
別添参照。

2. 核計装、放射線モニタを「デジタル計算機」の対象としていない理由を説明すること。

回答 2)

①経緯の面から

デジタル安全保護系に関する規格は、安全保護系へのデジタル計算機適用にあたり、ソフトウェアの品質確保を目的に、V&V(検証及び妥当性確認)を中心とした手順をガイドラインとして、JEAG4609-1989「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する指針」を制定したところからはじまります。

この際、「安全保護系へのデジタル計算機適用」については、安全保護系として機能を実現するソフトウェアが実装されたデジタル計算機を対象としており、つまり、「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」をアプリケーションソフトウェアとして実装したデジタル計算機を対象としています。このため、V&Vの対象範囲も「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」を実装したアプリケーションソフトウェアとしています。

これは、それまでのリレー回路を中心としたハードウェアで構成された「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」をソフトウェアで実現するにあたり、その品質確保を最も重要視し、そこに焦点を絞って検討したことが理由です。

また、1989年当時、BWRプラントの核計装については既にデジタル制御技術を適用した装置が開発、導入されていましたが、ソフトウェアも含めて、十分な検証を実施した上で導入されており、問題なく稼働していたため、前記の対象には含めておりません。逆に、核計装での経験も踏まえて、デジタル安全保護系の対応方法を検討したという形です。

JEAC4620では2008年の制定時からこの考え方を踏襲しており、2020年の改定においてもその考え方は変更しておりません。

②機能の面から

「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」は、多重化された装置の論理演算結果(2/4論理等)を出力し、原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の動作に直結する回路です。このため、この部分は、安全保護系全体の中でも最も重要な部分であると考えられ、安全保護系の他の部分を軽視するわけではありませんが、装置における異常発生時の影響という点では、検出器等の部分とは差別化することができるものと考えております。

また、「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」の機能は、「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」に信号入力されてからの論理演算機能を対象としています。核計装、放射線モニタでは設定値比較機能をデジタル制御回路で実現しておりますが、その判定結果は「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・

論理回路」へ接点入力されています。このような回路(CV 急閉の圧カスイッチ等)は他にもあり、設定値比較機能はアナログ回路で構成されていますが、判定結果を「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」へ接点入力しているという点では同じ構成になっております。これらは、「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」に信号入力される前の回路であり、「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」としてはおりません。

「原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路」も、核計装、放射線モニタもデジタル制御技術を適用しているという点では同じですが、上記のような点を踏まえて、JEAC4620 では核計装、放射線モニタをデジタル計算機(原子炉停止系及び工学的安全施設作動系の演算・論理回路)ではなく、検出器として扱っております。

### ③今後の検討について

現状の考え方は①及び②に記載した通りですが、核計装、放射線モニタにデジタル制御技術を適用しており、その扱いについては改めて今後検討すべき課題と考えております。

3. JEAC4620 の 4.11 設定の変更に関する（解説-12）で “出力領域中性子束高原子炉トリップにおける、高設定と低設定の 2 段の設定値を切り替える機能” が例示されているが、これは核計装の設定値切り替えの機能が「デジタル計算機」で実施されることを示しているのではないかと。核計装と「デジタル計算機」の設定値変更の取り扱いについて説明すること。

回答 3)

（解説-12）では、“「適切な設定変更が行われる」とは、安全保護系の機能、運転員の操作等を考慮して、プラント運転中の運転モードの変更又はプラント状態の変化に応じて安全保護系の設定値を適切に切り替えることをいう”と示しています。この例示として PWR における高設定と低設定の 2 つの設定値比較結果を論理回路上で切り替える機能を示しており、これはデジタル計算機で実施しています。また、BWR においても運転モード（モードスイッチの「起動」「運転」位置等）によってトリップ信号を使い分けています。

また、ご指摘のように、BWR の核計装では炉心流量に応じて設定値を変更しており、これも上記の機能の一部であるとみなせます。

4.11 は、デジタル安全保護系に対する要求ですが、デジタル計算機で実施すべきとはしていません。（解説-12）ではデジタル計算機における例を示しましたが、デジタル安全保護系の一部である核計装系に設定値変更の機能を有したとしても JEAC4620 の要求と相違したものではありません。

（参考）JEAC4620より抜粋

#### 4.11 設定値の変更

デジタル安全保護系は、運転条件に応じた適切な保護を行うために設定値を変更する必要がある場合には、適切な設定変更が可能な設計とすること。（解説-12）

#### （解説-12）適切な設定変更

「適切な設定変更が行われる」とは、安全保護系の機能、運転員の操作等を考慮して、プラント運転中の運転モードの変更又はプラント状態の変化に応じて安全保護系の設定値を適切に切り替えることをいう。

このような運転条件に応じた適切な保護を行うために設定値を変更する例としては、出力領域中性子束高原子炉トリップにおける、高設定と低設定の 2 段の設定値を切り替える機能がある。

4. 一部の BWR5 プラントの温度計装がデジタル化されているが、デジタル安全保護系としての扱いとなるのか、また ABWR のデジタル安全保護系との相違について説明すること。

回答 4)

一部の BWR5 プラントの温度計装(主蒸気管トンネル温度など)は、デジタル化しています。デジタル化している範囲は、熱電対などの温度計から入力された信号をデジタル処理して設定値比較し、ON/OFF のトリップ信号を原子炉緊急停止系の作動論理回路へ出力するまでです。この範囲は核計装や放射線モニタと同様であり、検出器の一部とみなしています。そのため、この温度計装がデジタル化された安全保護系は、「デジタル安全保護系」としては扱っていません。

なお、温度計装は複雑な処理を実施しているわけではないため(温度計の点数が多くハードワイヤードの計器の数量を削減することが目的であったため)、ABWR のデジタル安全保護系においては、温度計装も他のプロセス計装と同様「デジタル計算機」にて処理するよう統合し合理的な構成としています。

5. JEAC4620 と JEAC4604 の関係を明確にすること。

回答 5)

JEAC4620-2008 を策定するにあたって、デジタル安全保護系の設計に関連するような安全保護系の一般的な要求事項を包含した規程(JEAC)とすることを旨とし、安全保護系全般に関する事項をまとめた JEAC4604-1993「原子力発電所安全保護系の設計指針」を参考とし、必要な事項を JEAC4620 の要求事項に反映しました。

その後、JEAC4604 は規程化され、JEAC4604-2009「原子力発電所安全保護系の設計規程」として発行されましたが、要求事項自体は JEAC4604-1993 から大きな変更はありません。なお、JEAC4604 において新規制基準は未反映です。

このように、JEAC4620 に安全保護系の一般的な要求事項を包含することは、デジタル計算機のソフトウェアについて V&V を実施する際に、最上位の要求事項を漏れなく揃えることに有用であると考えます。

表-1 に JEAC4620-2020 と JEAC4604-2009 の要求事項記載項目の対応関係を示しますが、要求事項同士は基本的に同じ項目をカバーしています。さらに、JEAC4620 では IEEE 標準の動向なども参考として、デジタル計算機を適用した場合の要求事項を付加しています。

したがって、安全保護系について JEAC4620 を適用しても JEAC4604 を適用しても、一般的な事項については同様な要求事項となっています。

なお、JEAC4620 の解説-1 には以下を記載しています。

「なお、デジタル計算機を適用していない従来型の安全保護系に対しては、「原子力発電所安全保護系の設計規程: JEAC4604-2009」に従うものとする。また、一部にデジタル計算機を適用する場合には、デジタル計算機がシステムに影響を及ぼす範囲において、本規程に従うものとする。」

デジタル計算機を適用していない安全保護系については JEAC4620 の適用範囲外であるため、JEAC4604 が適用されることとなります。

一方、安全保護系の一部にのみデジタル計算機が適用された場合は、デジタル計算機自身以外についてもデジタル計算機の適用の影響を受ける部分があるので、この部分についても JEAC4620 を適用する必要があることを記載したものです。

表-1 JEAC4620-2020 と JEAC4604-2009 の要求事項記載項目の比較

JEAC4620-2020	要求事項記載項目		JEAC4604-2009	要求事項記載項目
4.	デジタル安全保護系に対する要求事項	←	5.1	安全保護系の設計方針
4.1	過渡時及び地震時の機能	←	5.2	安全保護系の多重性
4.2	事故時の機能	←	5.3	安全保護系の独立性
4.3	精度及び応答時間	←	5.4	安全保護系の過渡時の機能
4.4	多重性	←	5.5	安全保護系の事故時の機能
4.5	独立性（安全系間の分離）	←	5.6	安全保護系の故障時の機能
4.6	計測制御系との分離	←	5.7	安全保護系と計測制御系との分離
4.7	故障時の機能	←	5.8	安全保護系の試験可能性
4.8	試験可能性	←	5.9	環境条件
4.9.1	環境条件	←	5.10	自然現象
4.9.2	耐震性	←	5.11	外部人為事象
4.9.3	その他の外的要因（火災・溢水）	←	5.12	内部発生飛来物
4.9.4	設計の確証	←	5.13	火災
4.10	非常用電源の使用	←	5.14	安全保護系の共用
4.11	設定値の変更	←	5.15	安全保護系のバイパス及び使用状態からの取り外し
4.12	入力変数の選定	←	5.16	安全保護系の電源
4.13	保護動作の完全性	←	5.17	設定値の変更
4.14	手動操作	←	5.18	安全保護系の入力
4.15	動作およびバイパスの表示	←	5.19	安全保護系の完全性
4.16	自己診断	←	5.20	安全保護系の手動操作
4.17	ソフトウェアの管理外の変更の防止	←	5.21	安全保護系の表示
4.18	不正アクセス行為等の被害の防止	←	5.22	安全保護系の保守、補修
4.19	品質保証			
4.19.1	ライフサイクルプロセス			
4.19.2	構成管理			
4.19.3	V & V			