

令和2年10月9日
原子力科学研究所
臨界ホット試験技術部

STACY設工認第3回に係るコメント回答

<質問>

1. 技術基準第32条の適合性の説明における「フェイルセーフ機構」について、具体的に説明してください。

「安全保護系は、商用電源喪失時にもその安全保護機能を維持することができるよう無停電電源装置から給電するとともに、運転時励磁の回路とし、系の遮断があってもSTACYを停止させるフェイルセーフ設計とする。」とされていますが、スクラム遮断器は運転時は閉となっているものを、系の遮断により開となって、安全板装置や急速排水弁の電磁石が消磁してスクラムするというのでしょうか。

<回答>

ご理解のとおり、スクラム遮断器は運転時は給電により閉となっていますので、系の遮断が起きると開となり、安全板装置や急速排水弁の電磁石が消磁して、スクラムします。

<質問>

2. 第32条への適合性の説明における「最大給水制限スイッチの信号処理に電子計算機を使用する」について、具体的に説明してください。

「最大給水制限スイッチの信号処理に電子計算機を使用するため、第6号に適合するよう、当該計算機を外部の電気通信回路に接続しない構成とする。また、点検等で外部機器（USBメモリ等）を用いる場合には、事前に内容及びコンピュータウィルスの有無等について確認したうえで使用する。外部業者が点検作業を行う場合には、常時監視する。」

①どのような信号処理に、どのような電子計算機を使っているのか、

②最大給水制限スイッチの位置の調整には、電子計算機は使用していないのか、
（手動で調整するのか）

③実際に、USB接続等で外部機器を使用することが想定されるのか

<回答>

①どのような信号処理に、どのような電子計算機を使っているのか

最大給水制限スイッチの位置制御にPLC（Programmable Logic Controller）を使っています。具体的には以下のとおりです。

- ・現在位置を、駆動装置に設けた2系統のアブソコーダにより検出し、監視操作盤に表示します。
- ・最大給水制限スイッチを運転員の手動で操作する場合は、監視操作盤からの上昇、下降操作を受け、電動機を動作させます。
- ・最大給水制限スイッチの位置を設定し操作する場合は、監視操作盤からの最大給水制限スイッチ位置設定操作を受け、電動機を動作させます。

②最大給水制限スイッチの位置の調整には、電子計算機は使用していないのか（手動で調整するのか）

最大給水制限スイッチの位置は、監視操作盤に手動で入力し設定します。なお、入力後、設定位置に移動させる際は、上記①のとおりPLCを介して電動機が動作します。

③実際に、USB接続等で外部機器を使用することが想定されるのか

メーカーによるメンテナンスの際には、PLC表面のUSBポート、Ethernetポート、ローダー専用ポートのいずれかにパソコンを接続してソフト動作の確認や、変更を行います。

<質問>

3. 核計装等の検出器によってスクラム条件となっている異常を検知してからスクラム信号を発するまでの時間について、示してください。また、スクラム回路には電子計算機は使用していないとのことですが、具体的なハード構成について説明してください。

<回答>

各スクラム項目について、異常を検知してからスクラム信号を発するまでの時間を表 3.1 に示します。異常を検知してからスクラム信号を発するまでの時間はスクラム項目によって異なりますが、概ね 0.2 秒程度です。

例えば、「炉心タンク水位高」の場合は、最大給水制限スイッチの検出器からスクラム回路出力リレーまでの間に、7 個のリレーを設置しております。リレーの動作時間は、1 個当たり 20ms 以下であるため、 $7 \text{ 個} \times 20\text{ms/個} = 140\text{ms} \approx 0.2\text{s}$ となります。

安全保護系のスクラム回路は、電子計算機を用いないハードワイヤード方式（リレーや配線による回路）です。スクラム回路の説明図を図 3.1 に示します。

表 3.1 異常を検知してからスクラム信号を発するまでの時間

スクラム項目	リレーの設置数 [個]			合 計	スクラム信号を 発するまでの時間
	安全保護系盤外	安全保護系盤内			
	検出端から 安全保護系盤の入口まで	安全保護系盤の入口から スクラム回路出力リレー入口 まで (R _y)	スクラム回路出力リレー (R _{A1} 又は R _{B1})		
起動系炉周期短	1	5	1	7	140ms ≒ 0.2s
運転系対数出力炉周期短	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
安全出力系出力高	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
積分出力高	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
炉心タンク水位高	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
地震加速度 (水平) 大	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
地震加速度 (垂直) 大	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
電源電圧低	0	5		6	120ms ≒ 0.2s
高圧電源電圧低	1	5		7	140ms ≒ 0.2s
手動スクラム	0	4		5	100ms ≒ 0.1s
安全スイッチ	0	4		5	100ms ≒ 0.1s
炉室 (S) 遮蔽扉開	0	4		5	100ms ≒ 0.1s
炉下室 (S) 遮蔽扉開	0	4		5	100ms ≒ 0.1s

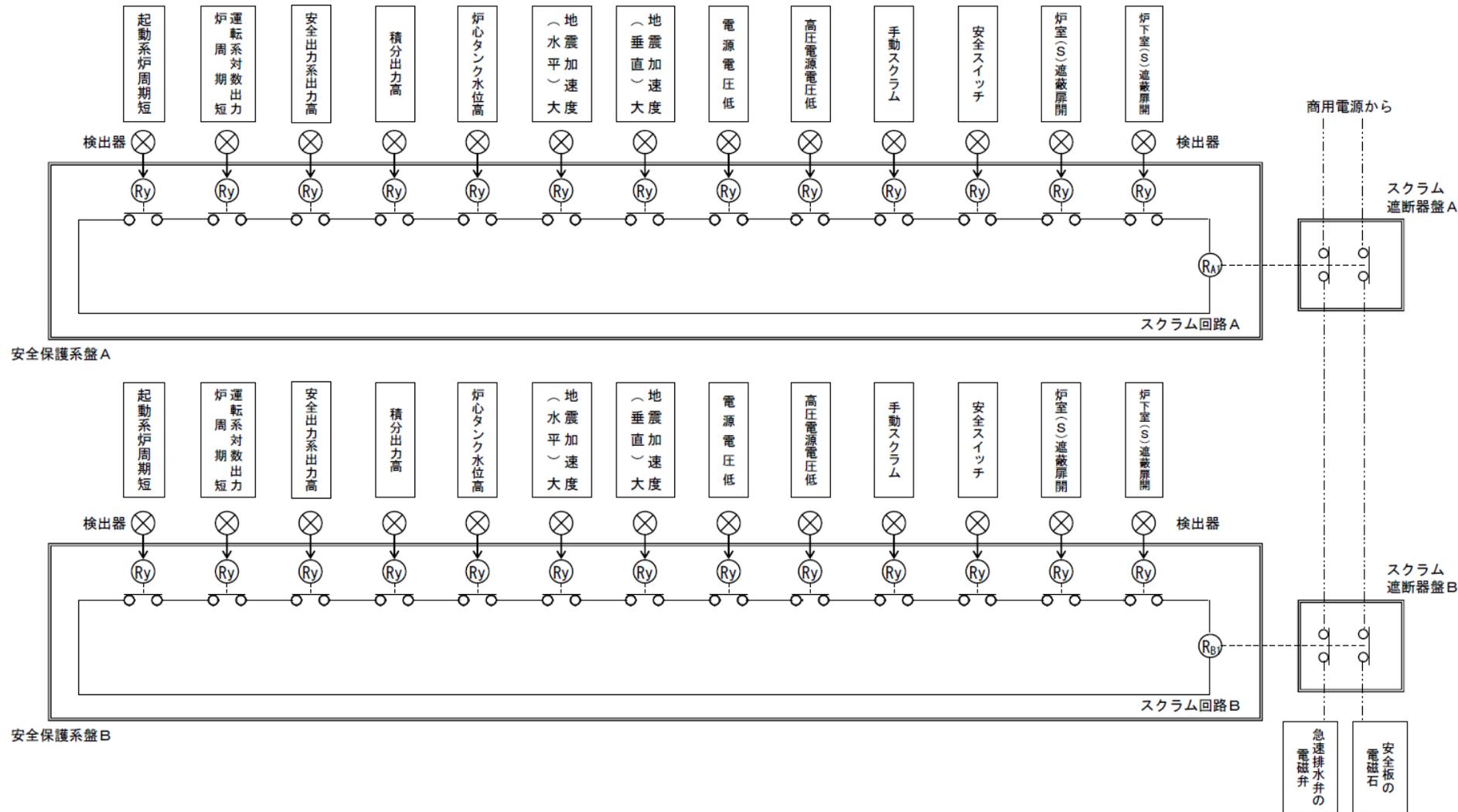


図 3.1 スクラム回路の説明図

<質問>

4. 第32条への適合性の説明における「絶縁回路」について、その機能とハード構成について具体的に説明してください。

<回答>

当該説明における絶縁回路とは、信号を入力側と出力側で電氣的に絶縁した上で伝達する絶縁増幅器（アイソレーションアンプ）又はリレーについて述べています。絶縁増幅器はアナログ信号の伝達に使用し、リレーはON-OFF信号（トリップ信号等）の伝達に使用します。以下にそれぞれの概要を説明します。

(1) 絶縁増幅器（図4.1参照）

核計装で使用するアナログ信号は直流電圧信号であるため、高周波トランスが組み込まれた絶縁増幅器を用いています。この高周波トランスに、アナログ信号と変調信号（高周波）を加えることで、高周波トランス内の磁束が変化し、入力に見合う直流電圧のアナログ信号が出力されます。

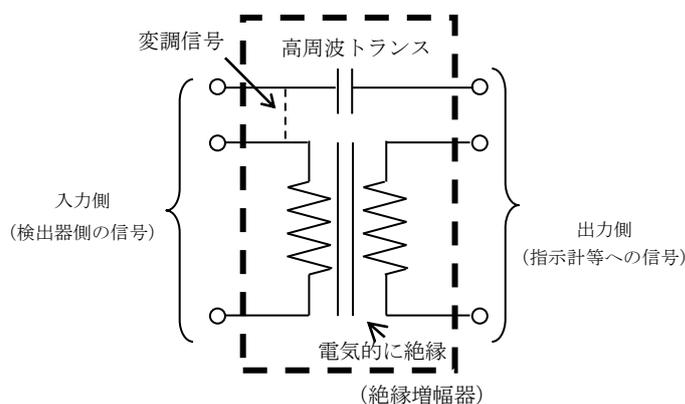


図4.1 絶縁増幅器 概要説明図

(2) リレー（図4.2参照）

入力側のコイルに電流が流れると電磁石の働きで出力側のスイッチが入り信号が伝達されます。

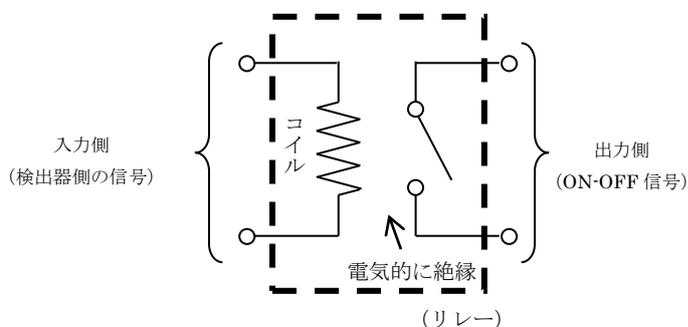


図4.2 リレー 概要説明図

<質問>

5. 核計装設備で熱出力を計測できるとされていますが、起動系、運転系、安全系それぞれについて以下を説明してください。

- ①実際に測定する中性子束密度の範囲
- ②熱出力の測定範囲（設置時設工認にありました）
- ③中性子束密度を熱出力にどのように換算しているか
- ④検出器の原理・型式（製品のカタログ等あればそれも）
（設置時の設工認にも少し記載があるのですが、もう少し詳しい情報があれば）

<回答>

①実際に測定する中性子束の範囲

検出器の種類	中性子束の測定範囲 [n/cm ² /s]
起動系	$2.5 \times 10^{-1} \sim 2.5 \times 10^4$
運転系線型出力系	$1.3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10}$
運転系対数出力系	$1.3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10}$
安全出力系	$1.3 \times 10^2 \sim 5 \times 10^{10}$

②熱出力の測定範囲

名 称	熱出力の測定範囲 [W]
起動系	$1 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^0$
運転系線型出力系	$2 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^3$
運転系対数出力系	$2 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^3$
安全出力系	2 ~ 220

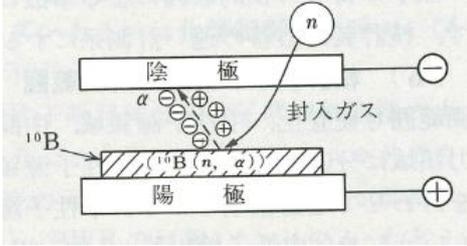
③中性子束を熱出力にどのように換算しているか

使用前事業者検査に当たり、以下の手順で出力校正運転を行い、換算係数を得て核計装を校正します。

- (1) 炉内に金箔を貼り、中性子束を絶対測定する
- (2) 解析コードを用いて中性子束→核分裂数換算係数を求める
- (3) (2)の係数を用いて核計装を校正する

④検出器の原理・型式

(1) 起動系

検出器の種類	B-10 比例計数管	
原理	<p>電極に塗布した ^{10}B を用い、$^{10}\text{B} (n, \alpha)$ 反応による電離パルス電流を測定する。 [1]</p> 	
型式	WL-22793	
外径寸法	379.48 mm 長 × 25.4 mm φ	
有感長	266.70 mm	
材質	本体	A \emptyset
	電極	W
	中性子有感材	^{10}B
	封入ガス	A r - C O ₂
外形図	図 5.1 に示す。	

[1] 新版原子力ハンドブック、オーム社より引用

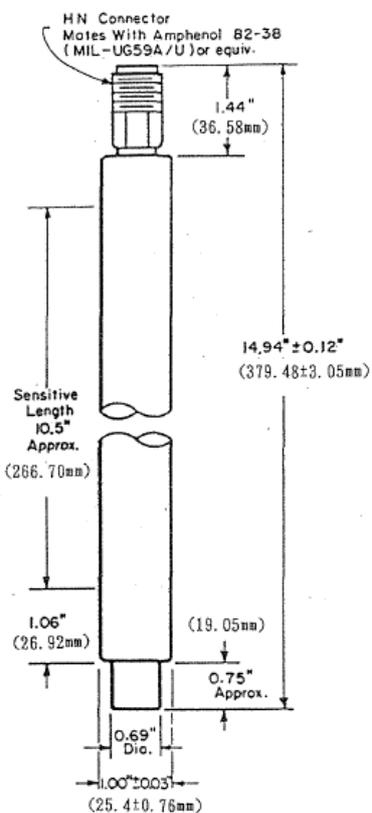
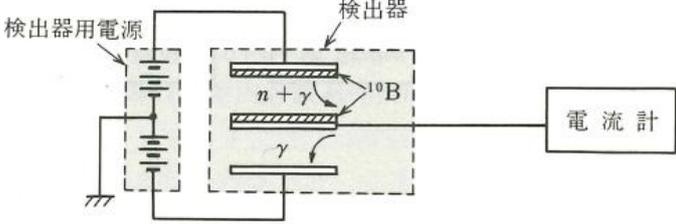


図 5.1 起動系 (B-10 比例計数管) の外形図

(2) 運転系線型出力系、運転系対数出力系、安全出力系

検出器の種類	γ 線補償型電離箱	
原理	<p>3個の電極をもち、二つの同一の空間で生じるγと$\gamma + n$の電離電流の差の電流を出力として取り出す。このようにしてγ線の影響を軽減する。 [1]</p> 	
型式	WL-23084	
外径寸法	485.65 mm 長 × 79.25 mm ϕ	
有感長	355.60 mm	
材質	本体	Al
	電極	W
	中性子有感材	^{10}B
	封入ガス	N_2
外形図	図 5.2 に示す。	

[1] 新版原子力ハンドブック、オーム社より引用

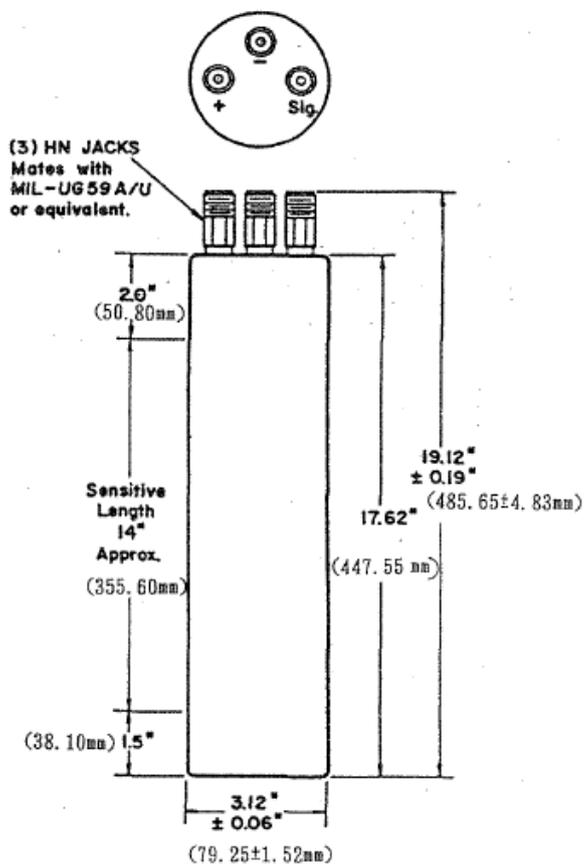


図 5.2 運転系線型出力系、運転系対数出力系、安全出力系 (γ 線補償型電離箱) の外形図