

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添1-053改02
提出年月日	2022年6月17日

VI-1-5-3 発電用原子炉の運転を管理するための
制御装置に係る制御方法に関する説明書

S2 補 VI-1-5-3 R0

2022年6月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 中央制御室に係る制御方法	2
3.1 発電用原子炉の通常運転時の出力制御	2
3.1.1 起動手順	2
3.1.2 停止手順	3
3.2 発電用原子炉の負荷急変時の出力制御	4
3.3 発電用原子炉の緊急停止	4
3.4 発電用原子炉の制御設備の構成等	4
3.4.1 原子炉出力制御	4
3.4.2 プロセス制御	6
3.4.3 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の作動設備	7
3.4.4 その他の保護回路	9
4. 中央制御室外原子炉停止装置	29
4.1 制御機能	29
4.2 監視機能	29

1. 概要

本資料は、「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」（以下「技術基準規則」という。）第 38 条及び第 74 条並びにそれらの「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」（以下「解釈」という。）に関わる制御方式である中央制御方式による常時監視並びに手動及び自動制御としての発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法について説明するものである。併せて技術基準規則第 33 条, 第 35 条, 第 36 条, 第 37 条, 第 59 条及び第 61 条並びにそれらの解釈に関わる制御方式である発電用原子炉の出力制御（制御棒駆動系等）、プロセス制御（給水制御系等）、安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）、その他の工学的安全施設等の作動設備、発電用原子炉の起動及び停止等の発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法についても説明する。

なお、設計基準対象施設の機能に関しては、技術基準規則の要求事項に変更がないため、今回の申請において変更は行わない。

今回は、発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法のうち、工学的安全施設等の作動信号を発信する設備（緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備及び原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備）の制御方法について説明する。

2. 基本方針

発電用原子炉は、原則として基底負荷用として高負荷運転を行う。また、発電用原子炉の出力変更は、基幹給電制御所（中国電力ネットワーク株式会社）の指令に基づく運転員の操作、又は負荷偏差信号による自動操作で原子炉出力を調整することにより行われる。また、蒸気タービンの出力制御は、電気油圧式制御装置（速度制御、負荷制御、圧力制御、タービンバイパス弁制御及び流量制御）による出力の制御並びに発電用原子炉、蒸気タービン及び発電機の自動あるいは手動トリップによる制御を各制御設備により制御する。

また、発電用原子炉の起動及び停止においては適切な操作手順により制御するとともに、発電用原子炉の出力変更は原子炉再循環流量制御系の主制御器の自動あるいは手動による流量調整及び制御棒位置の調整によって行う。

通常運転時（起動及び停止を含む。）、運転時の異常な過渡変化時、設計基準事故時及び重大事故等時の常時監視並びに手動及び自動制御に必要な機能として、操作、記録、表示及び警報機能等を有する表示装置及び操作器が、中央制御室（「1, 2号機共用」（以下同じ。））内に配置され集中管理方式による運転が行われる。なお、中央制御室で操作が困難な場合に、発電用原子炉をスクラム後の高温停止状態から低温停止状態に導くための中央制御室外原子炉停止装置を設置する。

また、通常運転時における熱的制限値の監視、炉心性能計算は運転監視用計算機により行う。

なお、その他の中央制御室の機能（中央制御室の制御盤等、外部状況把握、居住性の確保、通信連絡）については、VI-1-5-4「中央制御室の機能に関する説明書」に示す。

運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事

象（以下「ATWS」という。）が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合においても、炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行させるため、ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）により、全制御棒を全挿入させる設計とする。

また、ATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）により、原子炉再循環ポンプを自動停止させ原子炉再循環流量の低下により原子炉出力を抑制する設計とする。

原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の減圧機能が喪失した場合においても、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）により、逃がし安全弁を作動させ原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧する設計とする。

3. 中央制御室に係る制御方法

計測制御系統施設のうちプラント全体に係る制御方法は、様々な制御方式によって制御され、プラントの運転状況に応じた制御方法で自動又は手動操作により発電用原子炉の運転を管理する。

このため、プラントの運転状況に応じた制御方法である通常運転時の出力制御、その他の発電用原子炉の主要な起動手順及び停止手順を「3.1 発電用原子炉の通常運転時の出力制御」、負荷急変時の出力制御を「3.2 発電用原子炉の負荷急変時の出力制御」、発電用原子炉に異常状態が生じた場合の原子炉スクラム及びタービントリップ並びに発電機保護による制御を「3.3 発電用原子炉の緊急停止」に示す。

これらの発電用原子炉の運転を制御するための設備構成等として、発電用原子炉の出力制御（制御棒駆動系等）、プロセス制御（給水制御系等）、安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）並びにその他の工学的安全施設等の制御設備を「3.4 発電用原子炉の制御設備の構成等」に示す。また、発電用原子炉の出力制御設備を図 3-1「発電用原子炉の出力制御設備」に示す。

なお、発電用原子炉の出力制御設備の制御能力については、平成 16 年 11 月 9 日付平成 16・08・05 原第 32 号にて認可された工事計画の添付書類IV-2「制御能力についての計算書」による。

3.1 発電用原子炉の通常運転時の出力制御

発電用原子炉の出力制御は、発電用原子炉の起動、停止の場合等の大幅な出力変更、出力分布の調整及び燃料の燃焼に伴う長期の炉心反応度変化の補償は制御棒によって行い、負荷変動に対する出力の追従は原子炉再循環流量制御によって行う。

また、発電用原子炉の主要な起動手順、停止手順は以下に述べるとおりであり、初期条件その他の要因により実際の運転操作に当たっては必ずしも下記手順によらない場合がある。

3.1.1 起動手順

低温停止の状態から所内電源切替（発電機出力 100MW）までの起動要領は以下のとおり

である。

- (1) 起動前準備として各系統設備は次のような状態にあること。
 - a. 原子炉水位が、通常運転水位に保持された状態にあり、原子炉再循環系、原子炉浄化系が運転中であること。
 - b. 復水ポンプが運転中であり、発電用原子炉への給水が可能な状態にあること。
 - c. 復水器の真空度が確立された状態にあること。
- (2) 原子炉モードスイッチを「起動」位置にし、制御棒操作シーケンスに従って、制御棒の引き抜きを開始する。
- (3) 発電用原子炉が臨界に達したら、原子炉温度、圧力上昇を開始する。
- (4) 原子炉圧力上昇に伴い、下記の操作を実施する。
 - a. タービン発電機の保護装置をリセットし、タービン暖機を行う。
 - b. タービングランドシールを所内蒸気系蒸気より、ランド蒸気発生器の発生蒸気に切り替える。
 - c. 空気抽出器の駆動蒸気を所内蒸気系蒸気より、主蒸気に切り替える。
 - d. 給水系の電動機駆動原子炉給水ポンプを起動し、給水制御系を単要素で自動運転にする。
 - e. 電気油圧式制御装置の圧力設定値を原子炉圧力の上昇に合わせて上昇させ、最終的に原子炉定格圧力に対応するタービン入口圧力に調整する。
- (5) 引き続き制御棒操作シーケンスに従って制御棒を引き抜き、原子炉圧力を増加させ、主蒸気をタービンバイパス弁を通して復水器にバイパスする。
- (6) 原子炉出力上昇の過程で、平均出力領域計装の監視範囲に入ったら原子炉モードスイッチを「運転」位置に切り替える。
- (7) 蒸気タービンを起動し、蒸気タービン回転数を 1800rpm とする。
- (8) タービン発電機初期負荷に必要な主蒸気流量が得られるまで原子炉出力が増加したらタービン発電機を起動し同期速度まで上昇させる。
- (9) タービン発電機を外部電源系統に併入し、タービンバイパス弁が閉じるまで、タービン発電機の出力を増加させる。
- (10) 蒸気タービンの出力制御機器を負荷制限器から負荷設定器に切り替える。
- (11) 更に制御棒操作シーケンスに従って制御棒を引き抜き原子炉出力、タービン発電機出力を増加させた後、所内電源を起動変圧器側から所内変圧器側に切り替える。

3.1.2 停止手順

所内電源切替（発電機出力 100MW）から低温停止状態までの停止要領は以下のとおりである。

- (1) 所内電源を所内変圧器側から起動変圧器側に切り替える。
- (2) 制御棒操作シーケンスに従って制御棒を挿入し、原子炉出力、タービン発電機出力を

減少させる。

- (3) 負荷制限器を操作しタービンバイパス弁を開かせ、タービン発電機出力が最小となった時点で、タービン発電機を外部電源系統より解列する。
- (4) タービン発電機を停止する。
- (5) 原子炉出力減少の過程で中間領域計装の監視範囲に入ったら、原子炉モードスイッチを「起動」位置に切り替える。
- (6) 引き続き制御棒操作シーケンスに従って制御棒を挿入し、全制御棒を全挿入状態にする。全挿入となったら原子炉モードスイッチを「燃料交換」又は「停止」位置に切り替える。
- (7) タービンバイパス弁を使用し、原子炉圧力の減少及び発電用原子炉の冷却を開始する。
- (8) 発電用原子炉の圧力低下に伴い下記の操作を実施する。
 - a. 給水系の電動機駆動原子炉給水ポンプを停止する。
 - b. 空気抽出器の駆動蒸気を主蒸気より、所内蒸気系蒸気に切り替える。
 - c. タービングランドシール蒸気をランド蒸気発生器の発生蒸気より所内蒸気系蒸気に切り替える。
- (9) 引き続きタービンバイパス弁を使用し、原子炉圧力の減少及び発電用原子炉の冷却を行い、原子炉圧力が低下したら残留熱除去系を停止時冷却モードで運転し、発電用原子炉を低温停止状態に移行させる。

3.2 発電用原子炉の負荷急変時の出力制御

タービン出力 40%以上で運転中、例えば系統事故などにより負荷遮断が生じると、パワーロードアンバランス検出回路からの信号によって、蒸気加減弁が急速に閉鎖するとともに、タービンバイパス弁が急開し、蒸気を復水器に放出する。

さらに、原子炉再循環ポンプ 2 台の同時トリップ（タービン出力 80%以上において）、選択制御棒の挿入（タービン出力 45%以上において）により、原子炉出力の低下を行い所内単独運転に移行する。

3.3 発電用原子炉の緊急停止

発電用原子炉の保護装置は、発電用原子炉に異常状態又は故障が生じた場合に、発電用原子炉及び蒸気タービン並びに発電機を緊急停止する。また、必要に応じて運転員の判断によって発電用原子炉及び蒸気タービン並びに発電機を緊急停止させることも可能である。

なお、原子炉スクラム、タービントリップ又は発電機保護が作動した場合、図 3-2「プラントインターロック」に示すように発電所の緊急停止を行う。

3.4 発電用原子炉の制御設備の構成等

プラントの運転状況に応じた制御方式による制御設備である、制御棒の挿入位置を調節する

ことによって反応度を制御する制御棒駆動系及び制御棒手動操作系、原子炉再循環流量を調整することによって反応度を制御する原子炉再循環流量制御系、タービンの速度を制御するタービン制御系、原子炉水位を一定に保持するよう制御する給水制御系並びに発電用原子炉の停止等を制御する安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の作動設備について以下に示す。

3.4.1 原子炉出力制御

発電用原子炉の出力は、制御棒駆動系、制御棒手動操作系と原子炉再循環流量制御系によって制御される。

3.4.1.1 制御棒駆動系、制御棒手動操作系

制御棒位置の調整は、中央制御室から手動遠隔操作で行われ、操作スイッチで制御棒駆動水圧系の弁類を操作することによって行う。通常の操作過程では、操作スイッチの1回の操作ごとに、制御棒は1ノッチずつ動くようにする。また、制御棒連続操作スイッチと操作スイッチの引抜又は挿入を同時に操作することにより、連続的に制御棒を動かすことも可能である。

なお、操作すべき制御棒は選択スイッチで選択し、制御棒は一度に1本しか動かさないようなインターロックを有している。

起動時の制御棒引き抜きは、制御棒価値ミニマイザによって監視されており、あらかじめ定められている制御棒引き抜き手順に従わない制御棒引き抜きが行われようとした場合には、その制御棒引き抜きは阻止される。

なお、制御棒の引き抜きは次のような場合に阻止される。

- (1) 原子炉モードスイッチが「停止」位置にある場合
- (2) 原子炉モードスイッチが「燃料交換」位置にある場合で、燃料取替機が原子炉上部にあり、荷重中のとき
- (3) 原子炉モードスイッチが「燃料交換」位置にある場合で、1本制御棒が引き抜かれているとき
- (4) 原子炉モードスイッチが「燃料交換」位置にある場合で、スクラム排水容器水位高によるスクラム信号をバイパスしているとき
- (5) スクラム排水容器水位高による制御棒引抜阻止信号のあるとき
- (6) 原子炉モードスイッチが「燃料交換」又は「起動」位置にある場合で、中性子源領域計装又は中間領域計装の指示高、指示低、若しくは動作不能及び同計装の検出器が炉心内の所定の位置にないとき
- (7) 原子炉モードスイッチが「運転」位置にある場合で、平均出力領域計装の指示低のとき
- (8) 平均出力領域計装の指示高又は動作不能のとき

- (9) 制御棒価値ミニマイザによる制御棒引抜阻止信号のあるとき
- (10) 制御棒引抜監視装置からの制御棒引抜阻止信号のあるとき（ただし、制御棒引抜阻止機能は任意の出力運転状態からの制御棒引き抜きによって最小限界出力比（MCPR）が過渡時の限界値を下回らないようにするために設けられており、この制御棒引抜阻止信号の設定点は、炉心流量に対応して自動的に変えられるようになっている。）

負荷遮断時又は原子炉再循環ポンプが1台以上トリップし、低炉心流量かつ、原子炉高出力運転時（原子炉出力 35%以上）である場合に、あらかじめ選択された制御棒を自動的に挿入する選択制御棒挿入機能を設ける。

3.4.1.2 原子炉再循環流量制御系

原子炉再循環流量制御は、手動操作又は自動による原子炉再循環ポンプの速度調整によって行われるが、所要のポンプ速度は流体継手つき原子炉再循環ポンプ可変周波数電源装置を通して、原子炉再循環ポンプ用電動機の電源周波数及び電圧を変化させることにより調整される。原子炉再循環流量を主制御器により自動で制御する場合、負荷設定信号と圧力制御信号との比較による負荷偏差信号で制御される。

また、タービン出力 45%以上におけるタービントリップあるいはタービン出力 80%以上における負荷遮断時には、主蒸気止め弁閉又は蒸気加減弁急速閉の信号により原子炉再循環ポンプ 2 台を同時トリップし、タービントリップ又は負荷遮断直後の原子炉出力の上昇を抑制する。

3.4.2 プロセス制御

発電用原子炉の運転中における原子炉圧力はタービン制御系、原子炉水位は給水制御系により一定になるように制御される。

3.4.2.1 タービン制御系

通常の出力行運転中において、原子炉圧力を一定に自動制御する系統であり、蒸気加減弁とタービンバイパス弁によって手動操作又は自動により制御する。

例えば、原子炉出力が上昇すると原子炉圧力がそれに伴って上昇する。この圧力上昇は、圧力検出器により電気信号に変換され電気油圧式制御装置の一部である圧力制御機能の出力信号増加となり、蒸気加減弁のサーボ弁に伝達され、この弁開度を調整し原子炉圧力を一定にするようにタービン出力を増加させる。したがって、通常運転時には、タービン発電機出力は原子炉出力に従属して制御されている。

なお、電気油圧式制御装置は、速度制御、負荷制御、圧力制御、タービンバイパス弁制御及び流量制御により構成される。

3.4.2.2 給水制御系

原子炉出力に応じ、可変速のタービン駆動原子炉給水ポンプの速度又は電動機駆動原子炉給水ポンプの出口側に設けた給水調節弁の開度が手動操作又は自動により、原子炉水位を一定に保持するように制御される。

給水制御系が自動の場合、タービン駆動原子炉給水ポンプあるいは給水調節弁は、三要素（原子炉水位、主蒸気流量、給水流量）あるいは単要素（原子炉水位）の信号により制御される。

例えば、原子炉出力が上昇すると主蒸気流量が増大し原子炉水位が低下する。単要素制御の場合には、この水位低下を水位偏差信号として検出し、その偏差に相当する量だけ水位制御器の出力を増加させる。この信号は、タービン駆動原子炉給水ポンプ制御装置又は給水調節弁制御装置に伝達され、タービン駆動原子炉給水ポンプの回転数の増大又は給水調節弁の開度増大となり給水流量が増大し水位を一定に保持する。また、三要素制御の場合には原子炉出力の上昇による主蒸気流量の増大を流量検出器により検出し、主蒸気流量の増大に伴う給水流量との偏差を水位低下分として水位信号に加えることにより、給水流量の制御を行う。

3.4.3 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の作動設備

運転時の異常な過渡変化が発生する場合、地震の発生により発電用原子炉の運転に支障が生じる場合及び原子炉冷却材喪失その他の設計基準事故時に原子炉停止（スクラム）系を自動的に作動させ、かつ、発電用原子炉内の燃料体の破損又は発電用原子炉の炉心の損傷による多量の放射性物質の放出のおそれがある場合に、工学的安全施設を自動的に作動させる安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）、A T W Sが発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合においても、炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行させるA T W S緩和設備（代替制御棒挿入機能）及びA T W S緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）並びに原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の減圧機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧する代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）について以下に示す。

3.4.3.1 原子炉保護系

原子炉保護系は、2系統のチャンネルによって構成され、各チャンネルには、1つの測定変数に対して、少なくとも2つ以上の独立したトリップ接点があり、いずれかの接点の動作でそのチャンネルがトリップし、両チャンネルの同時トリップに対して制御棒が急速に挿入され、発電用原子炉はスクラムされる。

原子炉非常停止信号一覧表を表3-1「原子炉非常停止信号一覧表」に示すとともに、

安全評価の条件である応答時間及びその内訳を表 3-2「解析に使用する原子炉非常停止信号の応答時間」に示す。

3.4.3.2 工学的安全施設等作動回路

工学的安全施設作動回路として、主蒸気隔離弁、その他の原子炉格納容器隔離弁、非常用ガス処理系、高圧炉心スプレイ系、低圧炉心スプレイ系、低圧注水系、格納容器冷却系、自動減圧系の機器を起動（作動）させる回路を設ける。

なお、A TWS時に自動減圧系が作動すると、低圧注水系等から大量の冷水が注水され、出力の急激な上昇につながるため、自動起動を阻止するための起動阻止スイッチ（2個）を設ける。

工学的安全施設等の起動（作動）信号を表 3-3「工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表」の「1. 工学的安全施設起動（作動）信号」に示すとともに、安全評価の条件である応答時間及びその内訳を表 3-4「解析に使用する工学的安全施設の起動（作動）信号の応答時間」に示す。

3.4.3.3 A TWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）

A TWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）は、原子炉保護系とは独立した原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）の作動信号により全制御棒を自動で全挿入させる。あるいは、中央制御室の操作スイッチを手動で操作することで作動させる。A TWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）の作動信号を表 3-3「工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表」の「2. A TWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）の作動信号」に示す。

3.4.3.4 A TWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）

A TWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）は、原子炉保護系とは独立した原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）の作動信号により原子炉再循環ポンプ2台を自動停止させる。あるいは、中央制御室の操作スイッチを手動で操作することで作動させる。A TWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）の作動信号を表 3-3「工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表」の「3. A TWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）の作動信号」に示す。

3.4.3.5 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）

代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）は、原子炉水位低（レベル1）及び残留熱除去ポンプ運転又は低圧炉心スプレイポンプ運転の場合に、逃がし安全弁（2個）を作動させ、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧させる。代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）は、自動減圧系が不動作時に期待される機能であるため、自動減圧系本来の安全機能と干渉しないよう、自動減圧系の減圧信号より遅く動作する必要があるこ

とから、信号発信後に自動減圧系作動信号が成立する 120 秒に起動阻止スイッチの判断操作の時間的余裕を考慮し、10 分の時間遅れを設ける。

なお、A TWS 時に代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）が作動すると、低圧注水系等から大量の冷水が注水され、出力の急激な上昇につながるため、自動減圧系の起動阻止スイッチと同じ盤に自動起動を阻止するための起動阻止スイッチ（1 個）を設ける。代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）の作動信号を表 3-3「工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表」の「4. 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）の作動信号」に示す。

3.4.4 その他の保護回路

3.4.4.1 タービン保護装置

タービン保護装置は、タービン設備が異常な状態へ接近するのを検知して、非常用調速機及びマスタートリップ装置を作動し制御遮断油圧を低下させ、主蒸気止め弁、蒸気加減弁、中間蒸気止め弁、インターセプト弁及び抽気逆止め弁を閉止することにより、蒸気タービンへの蒸気流入を絶ちタービンを停止させる。

タービントリップ信号を表 3-5「タービントリップ信号一覧表」に示す。

なお、表 3-6「タービントリップ信号（原子炉起因）一覧表」に示す発電用原子炉からの信号により、主蒸気止め弁を閉じることでタービンをトリップする。

3.4.4.2 発電機保護装置

発電機保護装置は、発電機設備が異常な状態へ接近することを検知して、発電機ロックアウトリレー-86-1/2G 及び 86-2/2G により 220kV 主変圧器用遮断器及び界磁遮断器を開くことにより、発電機を系統より自動遮断させる。

発電機トリップ信号を表 3-7「発電機トリップ信号一覧表」に示す。

表 3-1 原子炉非常停止信号一覧表 (1/2)

原子炉非常停止信号の種類	検出器及び作動条件				原子炉非常停止信号を 発信させない条件
	検出器 の種類	個数	原子炉非常停止 に要する信号の 個数	設定値	
原子炉 圧力高	原子炉 圧力検出器	4	2* ¹	7.23MPa* ² 以下	—
原子炉 水位低	原子炉 水位検出器	4	2* ¹	気水分離器 下端* ³ より 16cm 上以上	—
ドライ ウェル 圧力高	ドライ ウェル 圧力検出器	4	2* ¹	13.7kPa* ² 以下	—
中性子束高	出力領域 中性子束 検出器	6* ⁴	2* ⁵	原子炉モード スイッチ 「運転」* ⁶ 位置 で定格出力の 120%以下	—
				原子炉モードス イッチ「運転」 位置以外で定格 出力の 15%以下 自動可変 設定* ⁷	
	中間領域 中性子束 検出器	8	2* ⁸	選択レンジ目盛 りの 95%以下	原子炉モードスイッ チ「運転」位置
スクラム 排水容器 水位高	スクラム 排水容器 水位検出器	4	2* ⁹	70ℓ/個に相当す るレベル以下	原子炉モードスイッ チ「燃料交換」又は「停 止」位置, かつスクラ ム排水容器水位高 バイパススイッチ「バ イパス」位置
	スクラム 排水容器 水位検出器	4			

表 3-1 原子炉非常停止信号一覧表 (2/2)

原子炉非常停止信号の種類	検出器及び作動条件				原子炉非常停止信号を 発信させない条件
	検出器 の種類	個数	原子炉非常停止 に要する信号の 個数	設定値	
中性子束計装 不動作	出力領域 中性子束 検出器	6*4	2*5	—	—
	中間領域 中性子束 検出器	8	2*8	—	原子炉モードスイッチ 「運転」位置
主蒸気管 放射能高	主蒸気管 放射能 検出器	4	2*1	正常時の 6倍以下	—
主蒸気 隔離弁閉	主蒸気 隔離弁 位置検出器	16	4*10	90%開度以上	原子炉圧力 4.11MPa 以下、かつ原子炉モード スイッチ「運転」位置 以外
主蒸気 止め弁閉	主蒸気 止め弁 位置検出器	8	4*11	90%開度以上	タービン出力 45%以下
蒸気加減弁 急速閉	蒸気加減弁 制御油圧 検出器*12	4	2*1	4.12MPa*2 以上	タービン出力 45%以下 又は、蒸気加減弁 急速閉の信号発生 後、0.2秒以内にター ビンバイパス弁が 開した場合
原子炉 モード スイッチ 「停止」	原子炉 モード スイッチ	1	1	—	—
手動	押しボタン スイッチ	2	2	—	—
地震 加速度大	水平方向 加速度 検出器	4	2*9	水平方向 (EL1.3m) 140Gal 以下	—
		4		水平方向 (EL34.8m) 350Gal 以下	
	鉛直方向 加速度 検出器	4		鉛直方向 (EL1.3m) 70Gal 以下	

注：原子炉保護系は2系統の独立したチャンネルで構成し、両チャンネルが同時動作した場合に発電用原子炉は緊急停止する。両チャンネルの電源が喪失したときには、フェイルセーフ機能により発電用原子炉は緊急停止する。

注記*1：原子炉保護系の各チャンネルは検出器2個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。

*2：SI単位に換算したものである。

*3：気水分離器下端は、原子炉圧力容器零レベルより1328cm上

*4：スクラム信号は6チャンネルの平均出力領域計装からの信号であり、個数はチャンネル数を示す。

*5：原子炉保護系の各チャンネルは検出器3個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。

*6：原子炉モードスイッチには「停止」、「燃料交換」、「起動」及び「運転」の位置がある。

*7：原子炉非常停止信号の設定値と再循環流量との関係を図3-3に示す。

*8：原子炉保護系の各チャンネルは検出器4個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。

*9：原子炉保護系の各チャンネルは検出器各2個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。

*10：原子炉保護系の各チャンネルは検出器8個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低2個の動作でチャンネルは動作する。

*11：原子炉保護系の各チャンネルは検出器4個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低2個の動作でチャンネルは動作する。

*12：蒸気加減弁のディスクダンプ弁下部油圧を検出

表 3-2 解析に使用する原子炉非常停止信号の応答時間

原子炉非常停止信号	応答時間 (秒)			
	T 1 *1	T 2 *2	合計 (T 1 + T 2)	
原子炉圧力高			0.55	
原子炉水位低			1.05	
中性子束高			出力領域 中性子束 検出器	0.09
			中間領域 中性子束 検出器	0.09
主蒸気隔離弁閉			0.06	
主蒸気止め弁閉			0.06	

注記*1：プロセス量が設定値に達してから検出器が検知し，アナログ回路の信号がスクラム論理回路に発信されるまでの検出遅れ時間

*2：スクラム論理回路及び原子炉スクラム用電磁接触器での信号処理遅れ時間

表 3-3 工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表（1/6）

1. 工学的安全施設起動（作動）信号

工学的安全施設等の 起動信号の種類		検出器及び作動条件				工学的安全施設等 の起動信号を発信 させない条件
		検出器 の種類	個数	工学的安全施設 等の起動に要す る信号の個数	設定値	
主	原子炉 水位低 (レベル2)	原子炉 水位 検出器	4	2* ¹	気水分離器 下端* ² より 112cm 下以上	—
	主蒸気管 圧力低	主蒸気管 圧力 検出器	4	2* ¹	5.87MPa* ³ 以上	原子炉モードスイ ッチ「運転」位置 以外
蒸	主蒸気管 放射能高	主蒸気管 放射線 検出器	4	2* ¹	正常時の 6倍以下	—
気	主蒸気管 トンネル 温度高	主蒸気管 トンネル 温度 検出器	24	2* ⁴	93℃以下	—
隔	主蒸気管 流量大	主蒸気管 流量 検出器	16	2* ⁵	定格流量の 140%以下	—
離 弁	復水器 真空度低	復水器 真空度 検出器	4	2* ¹	真空度 28.8kPa* ³ 以上	主蒸気止め弁開度 90%以下，かつ原 子炉圧力 4.11MPa 以下，かつ復水器 真空度低バイパス スイッチ「バイパ ス」位置，かつ原 子炉モードスイッ チ「運転」位置以 外
	手動	—	—	—	—	—

表 3-3 工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表（2/6）

工学的安全施設等の 起動信号の種類		検出器及び作動条件				工学的安全施設等 の起動信号を発信 させない条件	
		検出器 の種類	個数	工学的安全施設 等の起動に要す る信号の個数	設定値		
その他の原子炉格納容器隔離弁	(1)*6	ドライウエル 圧力高	ドライウエル 圧力検出器	4	2*7	13.7kPa*3 以下	—
		原子炉水位低 (レベル3)	原子炉水位 検出器	4		気水分離器 下端*2より 16cm上以上	—
	(2)*8	原子炉水位低 (レベル3)	原子炉水位 検出器	4	2*9	気水分離器 下端*2より 16cm上以上	—
	手動	—	—	—	—	—	
非常用ガス処理系	原子炉棟 放射能高	原子炉棟 放射線 検出器	4	2*10	正常時の 6倍以下	—	
	燃料取替階 放射能高	燃料取替階 放射線 検出器	4	2*10			
	ドライウエル 圧力高	ドライウエル 圧力検出器	4	2*11	13.7kPa*3 以下	—	
	原子炉水位低 (レベル3)	原子炉水位 検出器	4		気水分離器 下端*2より 16cm上以上	—	
	手動	—	—	—	—	—	
高圧炉心スプレイ系	ドライウエル 圧力高	ドライウエル 圧力検出器	4	2*12	13.7kPa*3 以下	—	
	原子炉水位低 (レベル1H)	原子炉水位 検出器	4	2*12	気水分離器 下端*2より 261cm下以上	—	
	手動	—	—	—	—	—	

表 3-3 工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表 (3/6)

工学的安全施設等の 起動信号の種類		検出器及び作動条件				工学的安全施設等 の起動信号を発信 させない条件	
		検出器 の種類	個数	工学的安全施設 等の起動に要す る信号の個数	設定値		
低圧炉心スプレイ系	ド ラ イ ル ウ エ ル 高 圧 力	ド ラ イ ル ウ エ ル 力 検 出 器	2	2*13	13.7kPa*3 以下	—	
	原 子 炉 水 位 低 (レベル1)	原 子 炉 水 位 検 出 器	2		気水分離器 下端*2より 381cm 下以上	—	
	手 動	—	—	—	—	—	
残留熱除去系	低圧注水系	ド ラ イ ル ウ エ ル 高 圧 力	ド ラ イ ル ウ エ ル 力 検 出 器	4	2*14	13.7kPa*3 以下	—
		原 子 炉 水 位 低 (レベル1)	原 子 炉 水 位 検 出 器	4		気水分離器 下端*2より 381cm 下以上	—
		手 動	—	—	—	—	—
	格納容器冷却系	手 動	—	—	—	—	—
自動減圧系	原子炉水位 低（レベル 1）とドラ イウエル圧 力高の同時 信号*15	ド ラ イ ル ウ エ ル 力 検 出 器	4	2*16	13.7kPa*3 以下	—	
		原 子 炉 水 位 検 出 器	4	2*17	気水分離器 下端*2より 381cm 下以上	—	
	手 動	—	—	—	—	—	

注：主蒸気隔離弁の作動回路は2系統の独立したチャンネルで構成し、両チャンネルが同時動作した場合に主蒸気隔離弁が閉鎖する。両チャンネルの電源が喪失したときには、フェイルセーフ機能により主蒸気隔離弁が閉鎖する。

- 注記*1：主蒸気隔離弁作動回路の各チャンネルは検出器2個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。
- *2：気水分離器下端は原子炉圧力容器零レベルより1328cm上
- *3：SI単位に換算したものである。
- *4：主蒸気隔離弁作動回路の各チャンネルは検出器12個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。
- *5：主蒸気隔離弁作動回路の各チャンネルは検出器8個で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルは動作する。
- *6：本信号により、残留熱除去系、可燃性ガス濃度制御系、液体廃棄物処理系、窒素ガス制御系に属する格納容器隔離弁が作動する。
- *7：その他の格納容器隔離弁作動回路は内側及び外側隔離弁が、各々、検出器各1個からなるチャンネル2系統で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルが動作、両チャンネル同時動作で各隔離弁は閉鎖する。
- *8：本信号により、残留熱除去系、原子炉浄化系に属する格納容器隔離弁が作動する。
- *9：その他の格納容器隔離弁作動回路は内側及び外側隔離弁が、各々、検出器1個からなるチャンネル2系統で構成され、検出器1個の動作でチャンネルが動作、両チャンネル同時動作で各隔離弁は閉鎖する。
- *10：2系統の非常用ガス処理系作動回路は、各々、検出器1個からなるチャンネル2系統で構成され、検出器1個の動作でチャンネルが動作、両チャンネル同時動作で1系統の非常用ガス処理系が起動する。
- *11：2系統の非常用ガス処理系作動回路は、各々、検出器各1個からなるチャンネル2系統で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低1個の動作でチャンネルが動作、両チャンネル同時動作で1系統の非常用ガス処理系が起動する。
- *12：高圧炉心スプレイ系作動回路は、検出器2個からなる論理和2個の直列回路で構成され、最低2個の検出器の同時動作で高圧炉心スプレイ系が起動する。
- *13：低圧炉心スプレイ系作動回路は、検出器各1個からなる論理和2個の直列回路で構成され、最低2個の検出器の同時動作で低圧炉心スプレイ系が起動する。
- *14：2系統の低圧注水系作動回路は、各々、検出器各1個からなる論理和2個の直列回路で構成され、最低2個の検出器の同時動作で1系統以上の低圧注水系が起動する。
- *15：残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中のみ

- *16 : 自動減圧系作動回路は、検出器 2 個の直列回路からなるチャンネル 2 系統で構成され、同じチャンネルに属する検出器 2 個及び原子炉水位低（レベル 1）信号の同時動作で自動減圧系が作動する。
- *17 : 自動減圧系作動回路は、検出器 2 個の直列回路からなるチャンネル 2 系統で構成され、同じチャンネルに属する検出器 2 個及びドライウエル圧力高信号の同時動作で自動減圧系が作動する。

表 3-3 工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表（4/6）

2. A T W S 緩和設備（代替制御棒挿入機能）の作動信号

工学的安全施設等の 起動信号の種類		検出器及び作動条件				工学的安全施設等 の起動信号を発信 させない条件
		検出器 の種類	個数	工学的安全施設 等の起動に要す る信号の個数	設定値	
A T W S 緩和設備 (代替制御棒挿入機能)	原子炉 圧力高	原子炉 圧力 検出器	4	2*1	7.41MPa 以下	—
	原子炉 水位低 (レベル2)	原子炉 水位 検出器	4		気水分離器 下端*2より 112cm 下以上	—
	手 動	—	—	—	—	—

注記*1：A T W S 緩和設備（代替制御棒挿入機能）作動回路は、検出器各 2 個からなる論理和 2 個の直列回路からなるチャンネル 2 系統で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低 2 個の動作でチャンネルが動作、両チャンネル同時動作で A T W S 緩和設備（代替制御棒挿入機能）が作動する。

*2：気水分離器下端は原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

表 3-3 工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表（5/6）

3. A T W S 緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）の作動信号

工学的安全施設等の 起動信号の種類		検出器及び作動条件				工学的安全施設等 の起動信号を発信 させない条件
		検出器 の種類	個数	工学的安全施設 等の起動に要す る信号の個数	設定値	
A T W S 緩 和 設 備 （ 代 替 原 子 炉 再 循 環 ポ ン プ ト リ ッ プ 機 能 ）	原 子 炉 圧 力 高	原 子 炉 圧 力 検 出 器	4	2*1	7.41MPa 以下	—
	原 子 炉 水 位 低 （レベル 2）	原 子 炉 水 位 検 出 器	4		気水分離器 下端*2より 112cm 下以上	—
	手 動	—	—	—	—	—

注記*1：A T W S 緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）作動回路は、検出器各 2 個からなる論理和 2 個の直列回路からなるチャンネル 2 系統で構成され、同じチャンネルに属する検出器最低 2 個の動作でチャンネルが動作、A T W S 緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）が作動する。

*2：気水分離器下端は原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

表 3-3 工学的安全施設等の起動（作動）信号一覧表（6/6）

4. 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）の作動信号

工学的安全施設等の 起動信号の種類		検出器及び作動条件				工学的安全施設等 の起動信号を発信 させない条件
		検出器の 種類	個数	工学的安全施設 等の起動に要す る信号の個数	設定値	
代替自動減圧ロジック (代替自動減圧機能)	*1 原子炉 水位低 (レベル1)	原子炉 水位 検出器	4	2*2	気水分離器 下端*3より 381cm 下以上	—

注記*1：残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中のみ

*2：代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）作動回路は、検出器 2 個の直列回路からなる 2 系統のチャンネルで構成され、同じチャンネルに属する 2 個の検出器の同時動作でチャンネルが動作、代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）が作動する。

*3：気水分離器下端は原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

表 3-4 解析に使用する工学的安全施設の起動（作動）信号の応答時間

主蒸気隔離弁	応答時間（秒）		
	T 1 *1	T 2 *2	合計 (T 1 + T 2)
主蒸気管流量大			0.50
主蒸気管放射能高			0.50

注記*1：プロセス量が設定値に達してから検出器が検知し，アナログ回路の信号がロジック回路に発信されるまでの検出遅れ時間

*2：ロジック回路部での信号処理遅れ時間

表 3-5 タービントリップ信号一覧表

タービントリップ信号	検出器
バックアップ過速度	バックアップ過速度検出装置
復水器真空度低	真空トリップ検出装置
スラスト軸受摩耗	スラスト軸受摩耗検出装置
軸振動大	軸振動検出装置
タービン排気室温度高	タービン排気室温度検出装置
湿分分離器ドレンタンク水位高	湿分分離器ドレンタンク水位検出装置
主油ポンプ出口圧力低	主油ポンプ出口圧力検出装置
制御油圧低	制御油圧検出装置
電気油圧式制御装置故障	—
原子炉水位高	原子炉水位検出器
発電機保護	発電機保護継電器

表 3-6 タービントリップ信号（原子炉起因）一覧表

タービントリップ 信号の種類	検出器及び作動条件				タービントリップ 信号を発信させない条件
	検出器 の種類	個数	タービント リップに要 する信号の 個数	設定値	
原子炉水位高	原子炉 水位 検出器	3	2	気水分離器 下端*より 132cm 上以上	—
主蒸気隔離弁閉	主蒸気 隔離弁 位置検出器	8	4	10%開度以下	—

注記*：気水分離器下端は原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

表 3-7 発電機トリップ信号一覧表

発電機トリップ信号	検出器
発電機比率差動	発電機比率差動継電器
発電機地絡	発電機接地過電圧継電器
発電機界磁喪失	発電機界磁喪失継電器
発電機逆相	発電機逆相過電流継電器
発電機後備保護	距離継電器
発電機逆電力	発電機逆電力継電器
発電機過励磁	低周波過励磁継電器
タービントリップ	主蒸気止め弁位置検出器 中間蒸気止め弁位置検出器 インターセプト弁位置検出器

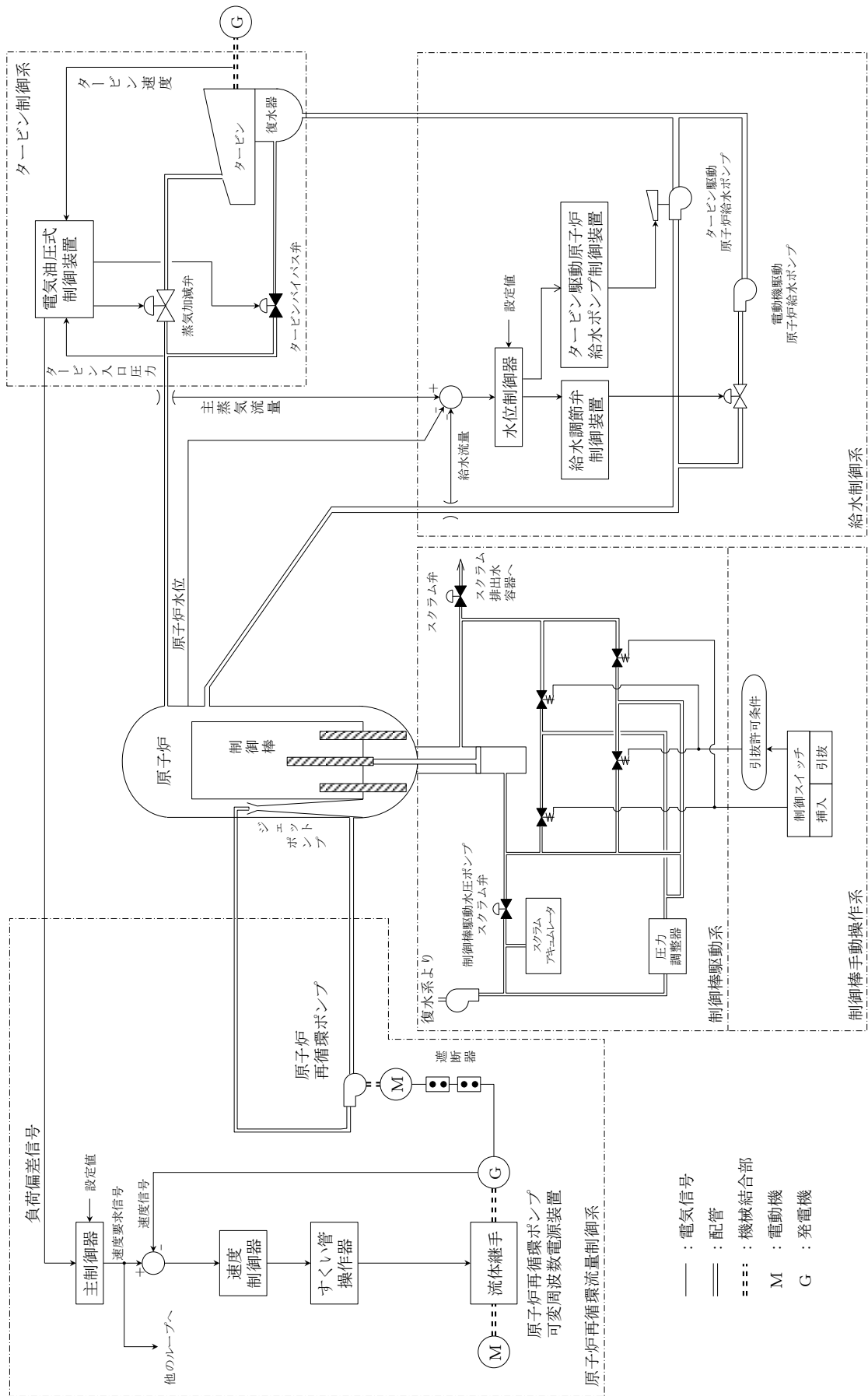


図3-1 発電用原子炉の出力制御設備

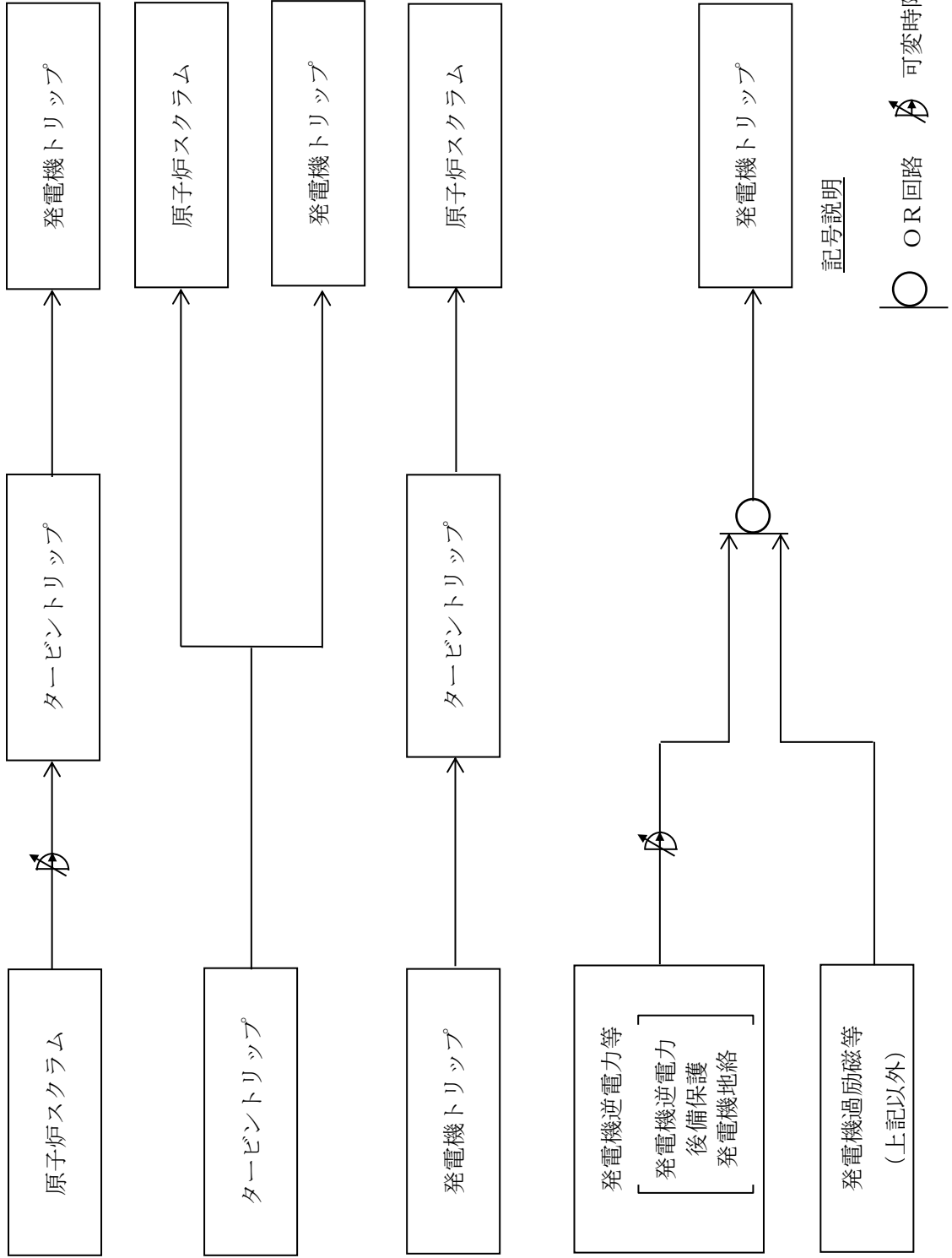


図3-2 プラントインタロック

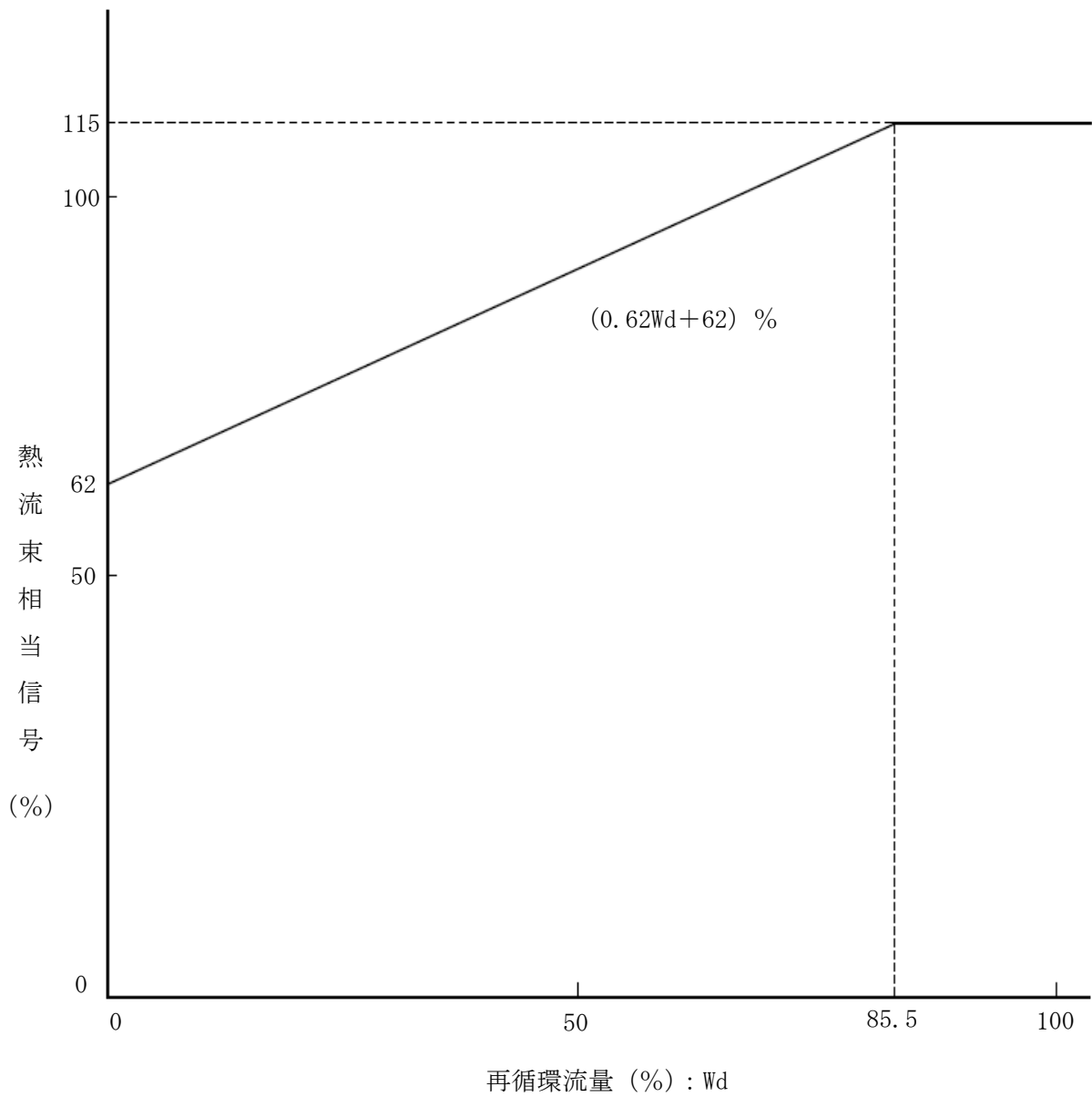


図 3-3 中性子束高一自動可変設定（熱流束相当）の原子炉非常停止信号の設定値

4. 中央制御室外原子炉停止装置

中央制御室外原子炉停止装置は、中央制御室から十分離れた場所に設置し、中央制御室で操作が困難な場合に、発電用原子炉をスクラム後の高温停止状態から低温停止状態に安全かつ容易に導くためのものである。なお、原子炉スクラムは、中央制御室外において、原子炉保護系の電源を遮断することや蒸気タービンの手動トリップ等により行うことができる。

4.1 制御機能

発電用原子炉をスクラム後の高温停止状態から、その後の低温停止状態に導くため、原子炉冷却系統設備による残留熱除去、減圧、水位の保持を行うが、それらに必要な系統及び操作場所を表 4-1「中央制御室外原子炉停止装置系統一覧表」に示す。

4.2 監視機能

発電用原子炉をスクラム後の高温停止状態から、その後の低温停止状態に導くために必要な計装及び指示場所を表 4-2「中央制御室外原子炉停止装置計装一覧表」に示す。

表 4-1 中央制御室外原子炉停止装置系統一覧表

系統	系統数	操作場所	機能
原子炉隔離時冷却系 主蒸気系 逃がし安全弁 残留熱除去系	1 3 弁 1	中央制御室外原子炉停止 盤室	発電用原子炉をスクラム 後の高温停止状態からそ の後の低温停止状態に導 く
原子炉補機冷却系	一部	中央制御室外原子炉停止 盤室	補機冷却
非常用ディーゼル発電機系	1	中央制御室外原子炉停止 盤室	外部電源喪失時の非常用 電源確保

表 4-2 中央制御室外原子炉停止装置計装一覧表

計装	指示場所	機能
原子炉圧力指示計	中央制御室外原子炉 停止盤室	発電用原子炉をスクラム後の 高温停止状態から、その後の 低温停止状態に導く場合の主 要変数の監視
原子炉水位指示計		
サプレッションプール水位指示計		
サプレッションプール水温指示計		
ドライウエル圧力指示計		
ドライウエル温度指示計		
R C I C * ¹ 流量指示調節計		
R C I C 駆動蒸気タービン速度指示計		
R H R * ² 流量指示計		
R H R 熱交換器入口温度指示計		
6.9kV 母線 2 D 電圧計		
非常用ディーゼル発電機電圧計		

注記*1：原子炉隔離時冷却系

*2：残留熱除去系