

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-138 改2
提出年月日	平成30年5月8日

V-1-5-4 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

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	原子炉出力制御系	4
3.4.2	原子炉給水制御系	6
3.4.3	タービン制御系	6
3.4.4	安全保護系（原子炉緊急停止系作動回路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

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～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（原子炉出力制御系）、プロセス制御（原子炉給水制御系等）、安全保護系（原子炉緊急停止系作動回路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

発電用原子炉の運転を管理するための制御装置による発電用原子炉の出力変更は、中央給電指令所の指令に基づく当直発電長の指示により、運転員が原子炉再循環流量制御又は制御棒位置制御の操作により原子炉出力を変更できる運用とするとともに、原子炉出力の変更に伴うタービン出力の変更についても自動あるいは運転員の手動操作によりできる運用とする。また、蒸気タービンの出力制御は、速度制御装置、負荷制御装置、圧力制御装置、バイパス制御装置及び流量制御装置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の位置調整によって行う。

中央制御室（発電用原子炉の運転を管理するための制御装置）は、運転員が発電用原子炉の制御、発電用原子炉の起動及び停止に必要な操作ができる機能を有し、通常運転時、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に、中央制御室内に集中して中央制御方式による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を設置した中央制御盤等を構成することで集中的に発電用原子炉を管理する。

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

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蒸気タービン並びに発電機のトリップによる制御を「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(制御棒位置制御等)、プロセス制御(原子炉給水制御系等)の制御設備、安全保護系(原子炉緊急停止系作動回路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作動設備を「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第3-1図「発電用原子炉の出力の制御設備」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14年7月1日付け平成14・05・16原第3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制御によって行う。その他の制御系は、発電用原子炉の運転中における原子炉圧力容器の圧力及び水位の変化を制御し、所定の値に保つ。

また、発電用原子炉の主要な起動手順及び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以下によらない場合がある。

3.1.1 起動手順

冷温停止状態から電気出力300 MWまでの起動手順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各々、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、原子炉冷却材再循環系及び原子炉冷却材浄化系が運転中であること。
 - b. 低圧復水ポンプが運転中であり、原子炉圧力容器への給水が可能な状態にあること。
 - c. 主復水器の真空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、起動領域計装の指示を監視しながら制御棒引抜きのシーケンスにしたがって、制御棒の引抜きを開始する。
- (3) 発電用原子炉が臨界に達したら、昇温及び昇圧を開始する。
- (4) 発電用原子炉の昇圧に伴い、以下の操作を実施する。
 - a. タービングランド蒸気を、補助ボイラーからグランド蒸気蒸発器の発生蒸気に切替え

- る。
- b. 蒸気タービンの暖機を行う。
 - c. 電気油圧式制御装置の主蒸気圧力設定値を原子炉の昇圧にあわせて上昇させ、最終的に定格圧力に調整する。
 - d. 電動駆動原子炉給水ポンプを起動する。
 - e. 復水器空気抽出器系をオフガス蒸気式空気抽出器から主蒸気式空気抽出器に切替える。
- (5) 引き続き制御棒引抜きのシーケンスにしたがって制御棒を引抜き、原子炉出力を増加させ、主蒸気をタービン・バイパス弁を通して主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り、指示に異常がないことを確認し、原子炉モード・スイッチを「運転」位置に切替える。
 - (7) 原子炉給水制御系を単要素で自動運転にする。
 - (8) 蒸気タービンを起動し、蒸気タービン回転数を 1500 rpm とする。
 - (9) 発電機を所外電源系統に同期並列し、タービン・バイパス弁が閉じるまで、発電機の出力を増加させる。
 - (10) 電気出力が 300 MW に到達すれば以下の操作を行う。
 - a. タービン出力制御を圧力制御から負荷制限運転に切替える。
 - b. 原子炉給水制御系を三要素で自動運転に切替える。
 - c. 再循環系ポンプを低速から高速に切替える。
 - d. タービン出力制御を負荷制限運転から圧力制御に切替える。

3.1.2 停止手順

電気出力 300 MW から冷温停止状態までの停止手順は以下のとおりである。

- (1) 再循環系ポンプを高速から低速に切替える。
- (2) 原子炉給水制御系を単要素で自動運転に切替える。
- (3) タービン出力制御を圧力制御から負荷制限運転に切替え、タービン・バイパス弁が開くことを確認する。
- (4) 制御棒挿入のシーケンスにしたがって制御棒を挿入し、発電機出力が約 50 MW になった時点で、発電機を所外電源系統より解列する。
- (5) 発電機を停止する。
- (6) 原子炉出力減少の過程で起動領域計装の監視範囲に入り、指示を確認した後、原子炉モード・スイッチを「起動」位置に切替える。
- (7) 引き続き制御棒挿入のシーケンスにしたが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「燃料取替」位置に切替える。
- (8) タービン・バイパス弁を使用し、発電用原子炉の降温及び降圧を開始する
- (9) 発電用原子炉の降圧に伴い以下の操作を実施する。
 - a. 電動駆動原子炉給水ポンプを停止する。

- b. 復水器空気抽出器系を主蒸気式空気抽出器からオフガス蒸気式空気抽出器に切替える。
 - c. タービングランド蒸気を、グランド蒸気蒸発器の発生蒸気から補助ボイラーに切替える。
- (10) 引き続き発電用原子炉の降圧及び降温を行い、原子炉圧力が低下したらタービン・バイパス弁を閉じ、残留熱除去系を原子炉停止時冷却モードで運転し、原子炉を冷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

蒸気タービンの運転中、急激な負荷遮断又は負荷変動が発生した場合には、非常用調速機に先立って、速度制御装置によりタービン蒸気加減弁及びインターセプト弁が絞られ、原子炉発生蒸気量とタービン蒸気量との間に差が生じ、原子炉圧力が上昇する。この結果、圧力制御装置の出力信号とタービン蒸気加減弁開度との間に誤差が生じ、タービン・バイパス系不感帯を超えタービン・バイパス弁が開き、タービン・バイパス系が原子炉発生蒸気量とタービン蒸気量との差を吸収し、原子炉圧力を制御する。

また、発電機が定格出力の40%以上で運転中、発電機負荷遮断が生じ、出力ー負荷アンバランス検出回路からの信号が出力された場合、この信号によってタービン蒸気加減弁及びインターセプト弁が急速に閉止し、原子炉はスクラムする。

3.3 発電用原子炉の緊急停止

発電用原子炉に異常状態が生じた場合、発電用原子炉、蒸気タービン及び発電機を自動的に緊急停止させる。また、運転員の判断によって中央制御室からの手動操作により緊急停止させることができる。

なお、原子炉緊急停止系作動回路、タービン保護装置又は発電機保護装置が作動した場合、第3-3-1図「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、制御棒位置及び原子炉冷却材の再循環流量を制御する原子炉出力制御系、原子炉水位を一定に保持するよう制御する原子炉給水制御系、蒸気タービンの速度を制御するタービン制御系、発電用原子炉の停止等を制御する安全保護系（原子炉緊急停止系作動回路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 原子炉出力制御系

発電用原子炉の出力は、再循環流量制御と制御棒及び制御棒駆動水圧系によって制御される。

再循環流量による出力制御は、再循環流量制御系の主制御器を手動又は自動で調整して

再循環流量を変化させることにより炉心流量が変化し、炉心ボイドの生成量と流出量との収支バランスが崩れて炉心ボイド量が増加し、その結果反応度が変化して出力が変化する特性を利用するものである。再循環流量は主制御器を自動で制御する場合、負荷設定信号と速度制御装置の出力により演算した速度負荷要求信号と圧力調整器出力信号との比較による負荷偏差信号で制御される。

制御棒位置は、中央制御室から手動で遠隔調整されるが、操作すべき制御棒は選択スイッチで選択される。この場合、制御棒は同時に1本しか動かさないようなインターロックを設けている。制御棒位置の手動調整は、操作スイッチで水圧駆動系統の弁を操作することによって行われる。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なっている。またもう一つの操作スイッチを「オーバライド」の位置に保ち、操作スイッチを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。

原子炉出力の変更割合は、再循環流量により制御する場合1%出力/秒程度となり、制御棒により行う場合は2%出力/分程度となるため、負荷変動に対する応答速度が速いこと、また出力変化の操作にともなう安全性が制御棒引抜き時の誤操作の観点からさらに改善されることの2点から、出力制御は、原則として再循環流量制御方式によることになっており、制御棒は燃料燃焼にともなう長期の反応度変化に対するシム制御及び出力分布の調整に使用される。

なお、制御棒は次のような場合には制御棒引抜きが阻止される。

- a. 原子炉モード・スイッチ「停止」の位置にあるとき。
- b. 原子炉モード・スイッチ「燃料取替」の位置にある場合で、燃料取替用クレーン位置が原子炉上部にあり、荷重状態のとき。
- c. 原子炉モード・スイッチ「燃料取替」の位置にある場合で、引き抜かれている制御棒本数が1本のとき。
- d. 原子炉モード・スイッチ「燃料取替」の位置にある場合で、スクラム・ディスチャージ・ボリューム水位高によるスクラム信号がバイパスされているとき。
- e. 原子炉モード・スイッチ「起動」の位置にある場合で、起動領域計装の指示低、指示高、原子炉出力ペリオド短又は動作不能のとき。
- f. 原子炉モード・スイッチ「運転」の位置にある場合で、出力領域計装の中性子束指示低又は動作不能のとき。
- g. 出力領域計装の指示高のとき。(ただし、ブロックは、任意の出力運転状態からの制御棒の引抜きによって、MCPR(最少限界出力比)が過渡時の限界値以下に低下することを防止するために設けられており、設定点は再循環流量の変化に対して自動的に変わるようになっている。)
- h. 制御棒価値ミニマイザによるブロック信号のあるとき。

3.4.2 原子炉給水制御系

原子炉給水制御系は、運転状態に応じて原子炉圧力容器内の水位を通常の運転水位に制御する。

この制御系は、原子炉水位信号、主蒸気流量信号、原子炉給水流量信号の3つの信号を取り入れた三要素制御もしくは、原子炉水位信号だけによる単要素制御のいずれかを選択できる。

仮に50%容量の原子炉給水ポンプ1台がトリップした場合は、予備の原子炉給水ポンプが自動起動し、原子炉水位の低下を防ぐ。

また、50%容量の原子炉給水ポンプが2台ともトリップした場合には、原子炉水位低信号により原子炉はスクラムし、原子炉水位異常低下（レベル2）信号により、主蒸気隔離弁が閉鎖し、炉心は露出しないで安全に保たれる。また、制御系の信号の喪失又は弁動作の空気系が喪失した場合、弁はその状態を維持するよう設計がなされており、急激な変化が起こらないよう考慮されている。

さらに、万一原子炉水位が上昇することについては、蒸気タービン保護のために、原子炉水位高信号（レベル8）により原子炉給水ポンプをトリップする設計となっている。

3.4.3 タービン制御系

蒸気タービンの制御は、タービン回転数（周波数）及び原子炉出力（原子炉圧力）を検出し、その負荷に見合うようタービン蒸気加減弁、インターセプト弁及びタービン・バイパス弁を制御するようになっている。制御機能は速度制御装置、負荷制御装置、圧力制御装置、バイパス制御装置及び流量制御装置のように分けられる。

(1) 速度制御装置

蒸気タービンの速度信号は、タービン軸に取付けた歯車とこれに対向して設置した電磁ピックアップにより回転数に比例した周波数信号を発信し、これを変換器によりアナログ信号に変換したものである。この速度信号とこれを微分した加速度信号とが各々設定信号と比較され、誤差の一番小さいものが負荷制御装置へ送られる。従って、タービン起動時のように速度誤差が大きい場合には蒸気タービンは設定加速度で制御され、定常状態では速度誤差で制御される。

(2) 負荷制御装置

速度制御装置からの速度/加速度誤差信号はある設定調定率で弁の流量信号に変換され、設定負荷信号と加算されて流量信号となる。

また負荷制御回路には制御回路があり、負荷制限及び最大流量制限により制御弁流量信号を制限している。

最大流量制限は制御弁流量とタービン・バイパス弁流量との合計をある範囲内に制御している。

制御弁流量信号は上記の制限回路を通り流量制御装置へ送られる。

発電機の負荷喪失場合には設定負荷信号を零に戻し、タービン蒸気加減弁、インターセプト弁を全閉するようになっている。さらに、発電機が定格出力の40%以上で運転中に負荷遮断が発生した場合には、出力-負荷アンバランスリレーにより、タービン蒸気加減弁、インターセプト弁を急速に閉鎖させる。

(3) 圧力制御装置

タービンの入口圧力は圧力制御装置で制御される。実際の圧力と設定圧力との平均誤差はある調定率で蒸気流量信号に変換され、低値優先回路に入る。低値優先回路では、負荷制御装置からの制御弁流量信号と比較される。負荷制御装置からの流量信号はある一定のバイアスがかけられ、圧力制御装置からの流量信号よりも高くなっている。従って、定常運転時にはいつも圧力制御装置からの流量信号がタービン蒸気加減弁の流量制御装置へ送られる。

また高値優先回路を出た流量信号はバイパス制御装置へも送られる。

(4) バイパス制御装置

バイパス制御装置は、圧力制御装置からの流量信号が実際のタービン蒸気加減弁の流量信号よりも大きくなった場合に、タービン・バイパス弁を開けるものである。この回路にはバイアスがかけてあり、多少の圧力変動ではタービン・バイパス弁は開かないようになっている。

また、最大流量制限がありタービン蒸気加減弁とタービン・バイパス弁流量との合計をある範囲内に制限している。

蒸気タービン起動時及び停止時には、原子炉で発生した蒸気を流すためにタービン・バイパス弁ジャッキがある。このタービン・バイパス弁ジャッキからの信号は高値優先回路を通りタービン・バイパス弁流量信号となり流量制御装置に送られる。

(5) 流量制御装置

タービン蒸気加減弁、インターセプト弁、タービン・バイパス弁に独立して流量制御装置があり、各弁の開閉をサーボ弁制御により行う。

3.4.4 安全保護系（原子炉緊急停止系作動回路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

発電用原子炉の異常状態を検知した場合に発電用原子炉を停止させ、必要に応じて非常用炉心冷却設備を作動させることにより燃料要素の許容損傷限界を超える等のことがない設計とする原子炉緊急停止系作動回路及び工学的安全施設等の作動設備、運転時の異常な過渡変化時において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、原子炉冷却圧力バウンダリ及び格納容器の健全性を維持するとともに、原子炉を未臨界に移行させるATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）及びATWS緩和設備（代替再循環系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原子炉の自動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格納容器の破損を防止する過渡時自動減圧機能について以下に示す。

(1) 原子炉緊急停止系作動回路

原子炉緊急停止系作動回路は、発電用原子炉の安全性を損なうおそれのある運転時の異常な過渡変化あるいは設計基準事故が発生した場合又は発生が予想される場合に、それを抑制あるいは防止するため、異常を検知し原子炉をスクラムさせる。

原子炉緊急停止系作動回路は、2チャンネルで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のトリップに対して、原子炉がスクラムされるようになっている。

原子炉スクラム信号一覧表を第3-4-4-1表「原子炉スクラム信号一覧表」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第3-4-4-2表「解析に使用する原子炉スクラム信号の応答時間」に示す。

(2) 工学的安全施設作動回路

工学的安全施設作動回路は、原子炉冷却材喪失あるいは主蒸気管破断等に際して、事故の拡大の防止及び環境への放射性物質の放出を抑制するため、異常を検知し工学的安全施設を作動させる。

工学的安全施設作動回路は、発電用原子炉の諸変数を監視する多重計測回路と、そこから信号を受けて工学的安全施設を作動させる論理回路とで構成する。

工学的安全施設作動信号一覧表を第3-4-4-3表「工学的安全施設等の作動信号一覧表」の「1. 工学的安全施設作動信号」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第3-4-4-4表「工学的安全施設の作動信号の応答時間」に示す。

(3) ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）

運転時の異常な過渡変化に対して、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、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ため、原子炉スクラム系統とは独立した原子炉圧力高（ATWS）又は原子炉水位異常低下（レベル2）の信号により、全制御棒を全挿入させる。あるいは、操作スイッチを手動で操作することで作動させる。

ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）の作動信号を第3-4-4-3表「工学的安全施設等の作動信号一覧表」の「2. ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）の作動信号」に示す。

(4) ATWS緩和設備（代替再循環系ポンプトリップ機能）

運転時の異常な過渡変化に対して、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、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ため、原子炉スクラム系統とは独立した原子炉圧力高（ATWS）又

は原子炉水位異常低下（レベル2）の信号により、再循環系ポンプをトリップさせる。あるいは、操作スイッチを手動で操作することで作動させる。

A T W S緩和設備（代替再循環系ポンプトリップ機能）の作動信号を第3-4-4-3表「工学的安全施設等の作動信号一覧表」の「3. A T W S緩和設備（代替再循環系ポンプトリップ機能）の作動信号」に示す。

(5) 過渡時自動減圧機能

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原子炉の自動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格納容器の破損を防止するため、原子炉水位異常低下（レベル1）及び残留熱除去系ポンプ（低圧注水系）又は低圧炉心スプレイ系ポンプが運転している場合に、逃がし安全弁（自動減圧機能）7個のうち、2個を作動させることを目的として論理回路を設けるものである。過渡時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。

また、A T W S時に自動減圧系又は過渡時自動減圧系が動作すると、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を設ける。

過渡時自動減圧機能の作動信号を第3-4-4-3表「工学的安全施設等の作動信号一覧表」の「4. 過渡時自動減圧機能の作動信号」に示す。

(6) 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電磁弁によりタービン制御油をドレンし、主塞止弁、タービン蒸気加減弁、中間蒸気止め弁、インターセプト弁及び抽気逆止弁を急閉することにより、蒸気タービンに蒸気が流入するのを遮断して蒸気タービンをトリップさせる。

タービントリップ信号一覧表を第3-4-4-5表「タービントリップ信号一覧表」に示す。

(7) 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のを検知して、発電機ロックアウトリレー86G1及び86G2により主変圧器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一覧表を第3-4-4-6表「発電機トリップ信号一覧表」に示す。

第 3-4-4-1 表 原子炉スクラム信号一覧表 (1/2)

原子炉非常停止信号の種類	検出器及び作動信号				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	7.25 MPa 以下	—
原子炉水位低	原子炉水位 検出器	4	2* ¹	1372 cm 以上 (原子炉圧力容 器零レベル より)	—
ドライウェル 圧力高	格納容器 圧力検出器	4	2* ¹	13.7 kPa 以下	—
中性子束高	平均出力 領域計装	6	2* ²	原子炉モード・ スイッチ「運 転」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 (第 3-4-4-1 図 参照)	
	起動領域 計装	8	2* ³	最終レンジ目盛 の 120/125 以下 (中間領域)	原子炉モード・スイッ チ「運転」位置
スクラム水排 出容器水位高	スクラム水 排出容器 水位検出器	8	2* ³	94.5 L/個に相当 する水位以下 (合計 189 L)	原子炉モード・スイッ チ「燃料取替」又は 「停止」位置、かつス クラム水排出容器水位 高バイパススイッチ 「バイパス」位置

NT2 補① V-1-5-4 R1

第 3-4-4-1 表 原子炉スクラム信号一覧表 (2/2)

原子炉非常停止信号の種類	検出器及び作動信号				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	
原子炉出力 ペリオド短	起動領域 計装	8	2*3	10 秒以上 (中間領域)	原子炉モード・スイッ チ「運転」位置
中性子束計測 動作不能	平均出力 領域計装	6	2*2	—	—
	起動領域 計装	8	2*3	—	原子炉モード・スイッ チ「運転」位置
中性子束低	平均出力 領域計装	6	2*2	2 %以上	—
主蒸気管 放射能高	主蒸気管 放射能 検出器	4	2*1	通常運転時の放 射能の 10 倍以下	—
主蒸気隔離弁 閉	主蒸気隔離弁 位置検出器	8	3*4	開度 90 %以上	原子炉圧力 4.13 MPa 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	4	3	開度 90 %以上	原子炉出力 30 %以下
蒸気加減弁急 速閉	電気油圧式 調速装置 圧力検出器	4	2*1	4.12 MPa 以上	原子炉出力 30 %以下
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	手動スイッチ	2	2	—	—
地震加速度大	地震加速度 検出器	4	2*5	水平方向 300 Gal 以下	—
		4		水平方向 250 Gal 以下	—
		4		鉛直方向 120 Gal 以下	—

NT2 補① V-1-5-4 R0

- *1：スクラム回路は、2個の検出器からなるA、B2系統のチャンネルで構成され、A、B各々に属する最低1個の検出器が同時に動作すれば、原子炉はスクラムされる。
- *2：スクラム回路は、3個の検出器からなるA、B2系統のチャンネルで構成され、A、B各々に属する最低1個の検出器が同時に動作すれば、原子炉はスクラムされる。
- *3：スクラム回路は、4個の検出器からなるA、B2系統のチャンネルで構成され、A、B各々に属する最低1個の検出器が同時に動作すれば、原子炉はスクラムされる。
- *4：主蒸気管A、B、C、Dのうち、3ラインの隔離を同時に検出すれば、原子炉はスクラムされる。
- *5：スクラム回路は、水平方向4個、鉛直方向2個の検出器からなるA、B2系統のチャンネルで構成され、A、B各々に属する最低1個の検出器が同時に動作すれば、原子炉はスクラムされる。

第 3-4-4-2 表 解析に使用する原子炉スクラム信号の応答時間

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			出力領域計装	0.09
			起動領域計装	0.09
原子炉出力ペリオド短			0.20	
主蒸気隔離弁閉			0.06	
主蒸気止め弁閉			0.06	
蒸気加減弁急速閉			0.08	

注記 *1 : T 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 : T 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

第 3-4-4-3 表 工学的安全施設等の作動信号一覧表 (1/6)

1. 工学的安全施設作動信号

工学的安全施設等の作動信号の種類		検出器及び作動信号				工学的安全施設等の作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作動に要する信号の個数	設定値	
主蒸気隔離弁	原子炉水位異常低下 (レベル 2)	原子炉水位検出器	4	2* ¹	1243 cm 以上 (原子炉圧力容器零レベルより)	—
	主蒸気管圧力低	主蒸気管圧力検出器	4	2* ¹	5.89 MPa 以上	原子炉モード・スイッチ「運転」位置以外
	主蒸気管放射能高	主蒸気管放射能検出器	4	2* ¹	通常運転時の放射能の 10 倍以下	—
	主蒸気管トンネル温度高	主蒸気管トンネル温度検出器	40	2* ²	93 °C 以下	—
	主蒸気管流量大	主蒸気管流量検出器	16	2* ³	定格流量の 140 % 以下	—
	復水器真空度低	復水器真空度検出器	4	2* ¹	真空度 24.0 kPa 以上	主蒸気止め弁開度 90 % 以下, かつ原子炉圧力 4.13 MPa 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

NT2 補① V-1-5-4 R0

第 3-4-4-3 表 工学的安全施設等の作動信号一覧表 (2/6)

工学的安全施設等の作動信号の種類			検出器及び作動信号				工学的安全施設等の作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作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)	ドライウエル 圧力高	格納容器 圧力検出器	4	2*4	13.7 kPa 以下	—
		原子炉 水位低	原子炉水位 検出器	4		1372 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
	(2)	原子炉 水位低	原子炉水位 検出器	4	2*5	1372 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
	(3)	原子炉水位 異常低下 (レベル 2)	原子炉水位 検出器	4	2*5	1243 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
原子炉建屋ガス処理系		原子炉建屋 放射能高	原子炉建屋 放射能 検出器	8	2*6	通常運転時の 放射能の 10 倍以下	—
		ドライウエル 圧力高	格納容器圧 力検出器	4	2*7	13.7 kPa 以下	—
		原子炉 水位低	原子炉水位 検出器	4		1372 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
高圧炉心スプレイ系		ドライウエル 圧力高	格納容器 圧力検出器	4	2*8	13.7 kPa 以下	—
		原子炉水位 異常低下 (レベル 2)	原子炉水位 検出器	4	2*8	1243 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—

NT2 補① V-1-5-4 R0

第 3-4-4-3 表 工学的安全施設等の作動信号一覧表 (3/6)

工学的安全施設等の作動信号の種類		検出器及び作動信号				工学的安全施設等の作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作動に要する信号の個数	設定値	
低圧炉心スプレイ系	ドライウエル 圧力高	格納容器 圧力検出器	2	2*9	13.7 kPa 以下	—
	原子炉水位 異常低下 (レベル1)	原子炉水位 検出器	2		961 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
残留熱除去系	低圧注水系	ドライウエル 圧力高	4	2*10	13.7 kPa 以下	—
		原子炉水位 異常低下 (レベル1)	4		961 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
	格納容器スプレイ冷却系	手動	—	—	—	—
自動減圧系	原子炉水位異常低下(レベル1)とドライウエル圧力高の同時信号	格納容器圧力検出器	4	2*11	13.7 kPa 以下	自動減圧系の起動阻止スイッチにより自動減圧系の作動信号を阻止できる
		原子炉水位検出器	4	2*12	961 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	

第 3-4-4-3 表 工学的安全施設等の作動信号一覧表 (4/6)

2. ATWS 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 作動信号の種類	検出器及び作動信号				工学的安全施設等 の作動信号を発信 させない条件	
	検出器の 種類	個数	工学的安全施設等 の作動に要する信 号の個数	設定値		
ATWS 緩和設備 (代替制御棒挿入機能)	原子炉圧力高 (ATWS)	原子炉圧力 検出器	4	2*13	7.39 MPa 以下	—
	原子炉水位 異常低下 (レベル 2)	原子炉水位 検出器	4		1243 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
	手動スイッチ	—	2	2	—	—

第 3-4-4-3 表 工学的安全施設等の作動信号一覧表 (5/6)

3. ATWS 緩和設備 (代替再循環系ポンプトリップ機能) の作動信号

工学的安全施設等の 作動信号の種類	検出器及び作動信号				工学的安全施設等 の作動信号を発信 させない条件	
	検出器の 種類	個数	工学的安全施設等 の作動に要する信 号の個数	設定値		
ATWS 緩和設備 (代替再循環系ポンプトリップ機能)	原子炉圧力高 (ATWS)	原子炉圧力 検出器	4	2*14	7.39 MPa 以下	—
	原子炉水位 異常低下 (レベル 2)	原子炉水位 検出器	4		1243 cm 以上 (原子炉圧力 容器零レベル より)	—
	原子炉再循環 ポンプ遮断器 手動スイッチ	—	4	2	—	—
	低速度用電源 装置遮断器手 動スイッチ	—	2	2	—	—

NT2 補① V-1-5-4 R1

第 3-4-4-3 表 工学的安全施設等の作動信号一覧表 (6/6)

4. 過渡時自動減圧機能の作動信号

工学的安全施設等の作動信号の種類	検出器及び作動信号				工学的安全施設等の作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作動に要する信号の個数	設定値	
過渡時自動減圧機能 原子炉水位異常低下 (レベル1)	原子炉水位検出器	4	2*15	961 cm 以上 (原子炉圧力容器零レベルより)	自動減圧系の起動阻止スイッチにより自動減圧系の作動信号を阻止できる

- *1: 主蒸気隔離弁の作動回路は 2 個の検出器からなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば, 主蒸気隔離弁は閉となる。
- *2: 主蒸気隔離弁の作動回路は 20 個の検出器からなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば, 主蒸気隔離弁は閉となる。
- *3: 主蒸気隔離弁の作動回路は 8 個の検出器からなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば, 主蒸気隔離弁は閉となる。
- *4: 内側及び外側隔離弁の各作動回路は各検出器 1 個ずつからなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば, 隔離弁は閉となる。
- *5: 内側及び外側隔離弁の各作動回路は検出器 1 個ずつからなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する検出器が同時に動作すれば, 隔離弁は閉となる。
- *6: 原子炉建屋ガス処理系 A, B の各作動回路は 2 個の検出器からなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば, 原子炉建屋ガス処理系起動となる。
- *7: 原子炉建屋ガス処理系 A, B の各作動回路は各検出器 1 個ずつからなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, A, B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば, 原子炉建屋ガス処理系起動となる。
- *8: 高圧炉心スプレイ系の作動回路は 4 個の検出器からなる並列の論理和回路で構成され, 最低 2 個の検出器が同時に動作すれば, 高圧炉心スプレイ系起動となる。
- *9: 低圧炉心スプレイ系の作動回路は各検出器 2 個ずつの計 4 個の検出器からなる並列の論理和回路で構成され, 最低 2 個の検出器が同時に動作すれば, 低圧炉心スプレイ系起動となる。
- *10: 残留熱除去系の作動回路は各検出器 2 個ずつからなる A, B2 系統のチャンネルで構成され, 同じチャンネルに属する最低 2 個の検出器が同時に動作すれば, 1 系統以上の論理回路の成立で低圧注水系 1 系統以上起動となる。
- *11: 自動減圧系の作動回路は 2 個の検出器からなる A, B2 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 個の検出器及び「原子炉水位異常低下（レベル 1）」が同時に動作すれば、1 系統以上の論理回路の成立で自動減圧系作動となる。

- *12：自動減圧系の作動回路は 2 個の検出器からなる A，B2 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 個の検出器及び「ドライウエル圧力高」が同時に動作すれば、1 系統以上の論理回路の成立で自動減圧系作動となる。
- *13：ATWS 緩和設備（代替制御棒挿入機能）の作動回路は各検出器 2 個ずつからなる A，B2 系統のチャンネルで構成され、A，B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば、ATWS 緩和設備（代替制御棒挿入機能）作動となる。
- *14：ATWS 緩和設備（代替再循環系ポンプトリップ機能）の作動回路は各検出器 2 個ずつからなる A，B2 系統のチャンネルで構成され、A，B 各々に属する最低 1 個の検出器が同時に動作すれば、ATWS 緩和設備（代替再循環系ポンプトリップ機能）作動となる。
- *15：過渡時自動減圧機能の作動回路は 2 個の検出器からなる A，B2 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 個の検出器が同時に動作すれば、1 系統以上の論理回路の成立で過渡時自動減圧機能作動となる。

第3-4-4-4表 解析に使用する工学的安全施設の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

注記 *1 : T 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

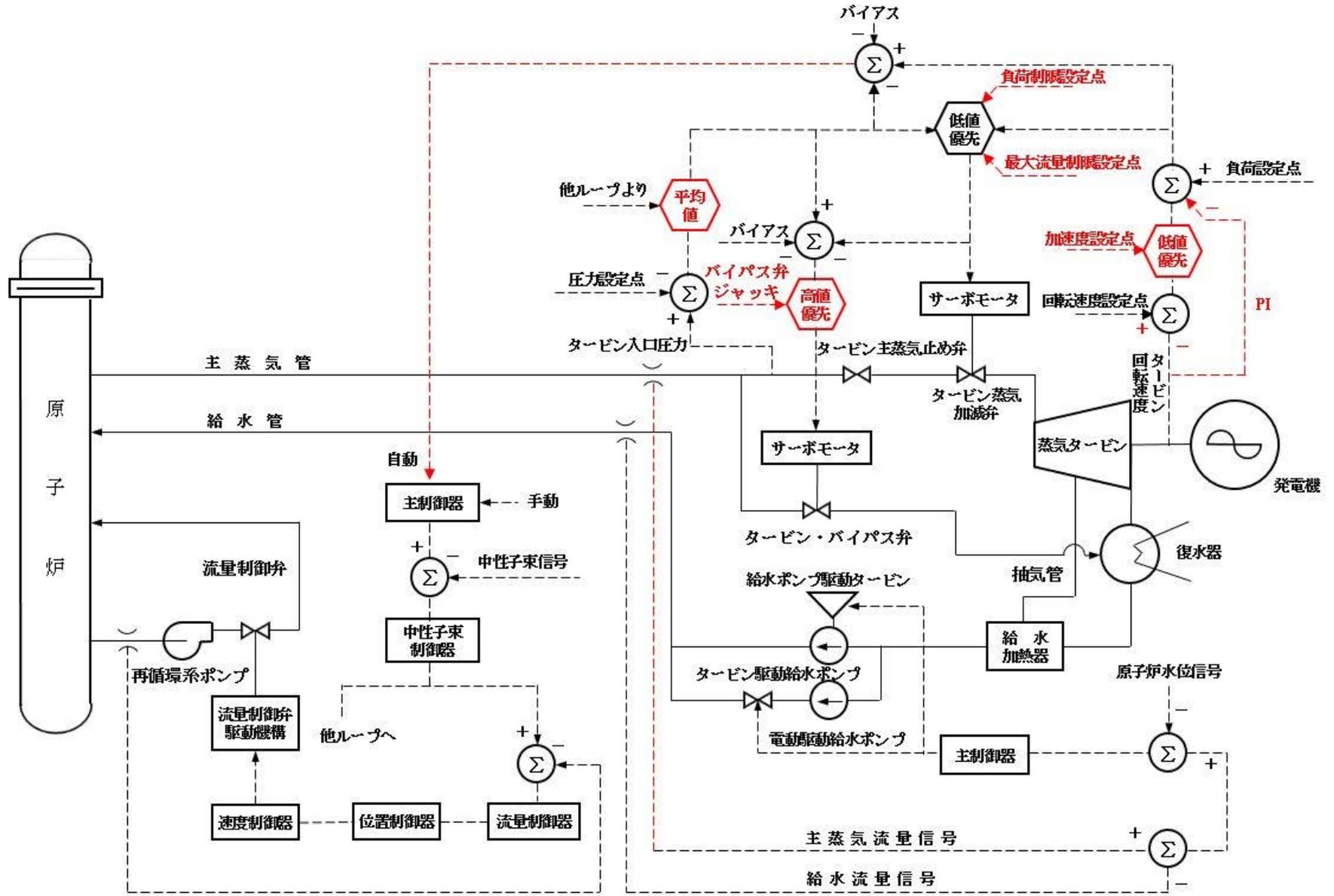
*2 : T 2 ' : ロジック回路部での信号処理遅れ時間

第3-4-4-5表 タービントリップ信号一覧表

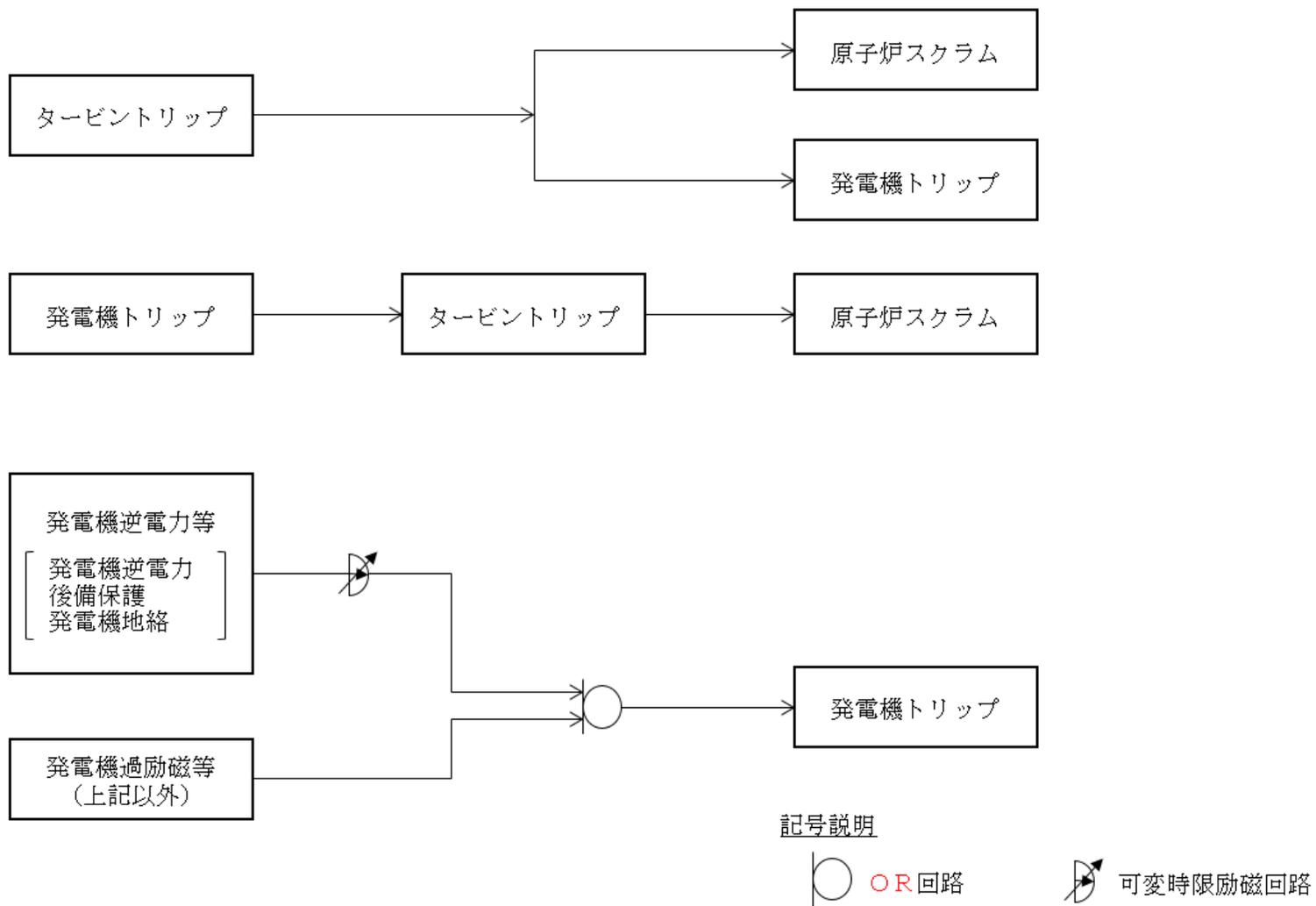
タービントリップ信号	検出器
主復水器真空低	真空低下しゃ断装置
タービンバックアップ過速度	バックアップ過速度トリップ装置
スラスト軸受摩耗	スラスト軸受摩耗検出装置
発電機ロックアウトリレー動作	発電機保護装置
原子炉水位高 (レベル8)	原子炉水位検出器

第 3-4-4-6 表 発電機トリップ信号一覧表

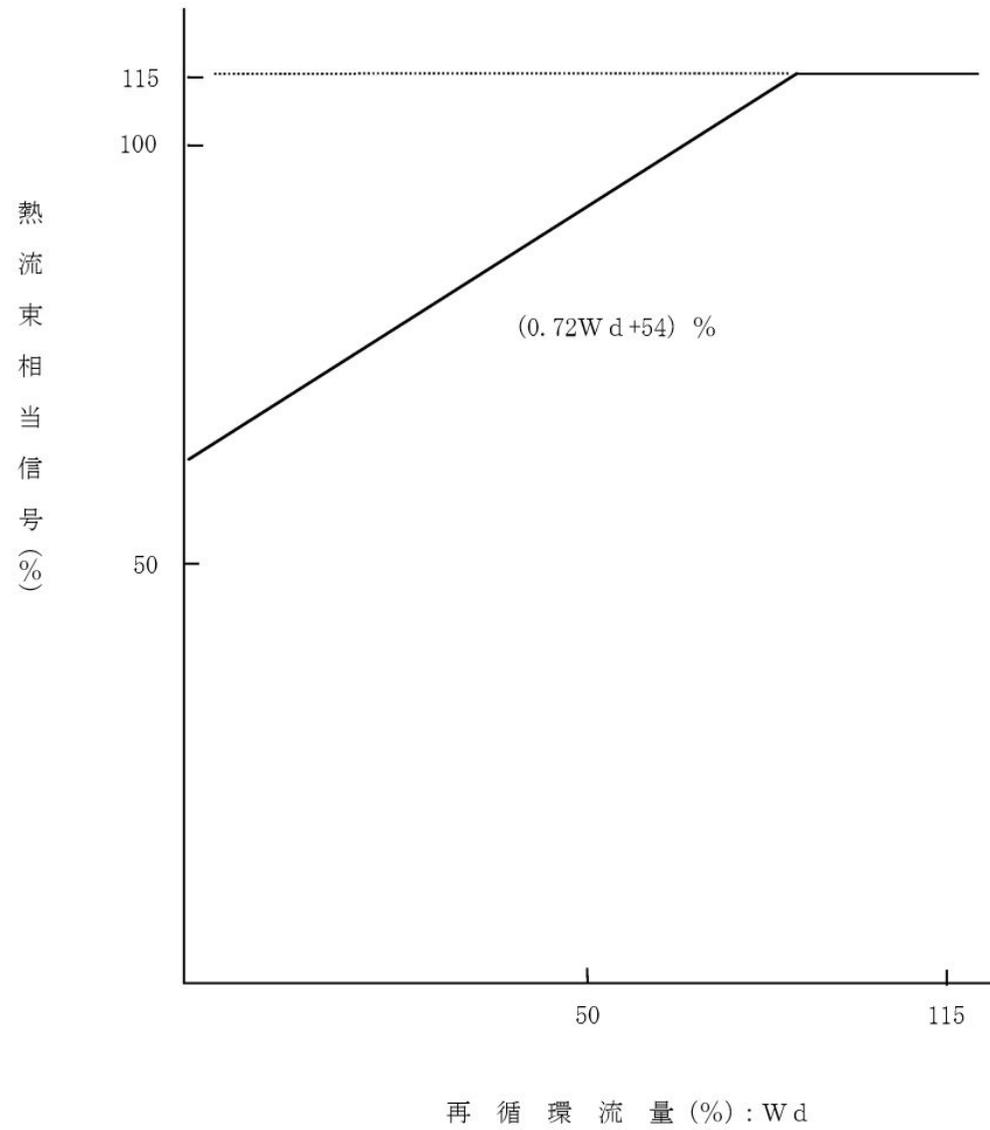
発電機トリップ信号	検出器
発電機比率差動	発電機比率差動継電器
発電機地絡	発電機地絡過電圧継電器
発電機界磁喪失	発電機界磁喪失継電器
発電機逆相	発電機逆相過電流継電器
発電機後備保護	発電機後備保護継電器
発電機逆電力	発電機逆電力継電器
発電機過励磁	発電機過励磁継電器
発電機固定子冷却水喪失	発電機固定子冷却水喪失
タービントリップ	主蒸気止め弁位置検出器 中間蒸気止め弁位置検出器 インターセプト弁位置検出器



第 3-1 図 発電用原子炉の出力制御設備



第3-3-1 図 プラントインターロック



第 3-4-4-1 図 中性子束高—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