

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-112772

(P2010-112772A)

(43) 公開日 平成22年5月20日(2010.5.20)

(51) Int.Cl.

G21C 15/18 (2006.01)

F 1

G21C 15/18
G21C 15/18
G21C 15/18
G21C 15/18

テーマコード (参考)

L
W
B
R

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願2008-283833 (P2008-283833)

(22) 出願日

平成20年11月5日 (2008.11.5)

(71) 出願人 507250427

日立GEニュークリア・エナジー株式会社
茨城県日立市幸町三丁目1番1号

(74) 代理人 100100310

弁理士 井上 学

(74) 代理人 100098660

弁理士 戸田 裕二

(72) 発明者 木藤 和明

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号

株式会社日立製作所

エネルギー・環境システム研究所内

(72) 発明者 池側 智彦

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号

株式会社日立製作所

エネルギー・環境システム研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】原子力プラント及び制御方法

(57) 【要約】

【課題】

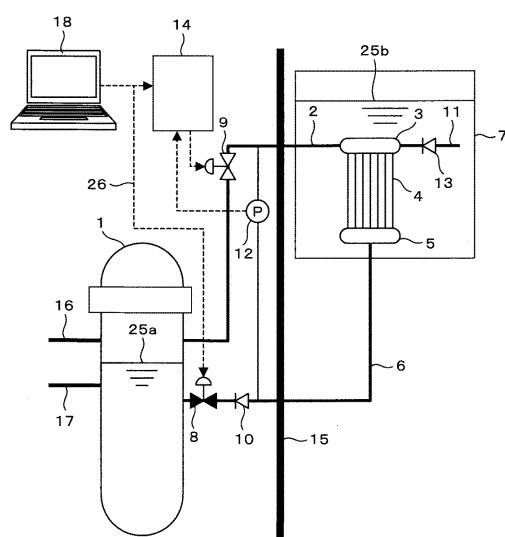
原子炉内部圧力が高い状態でも、高圧の貯水タンクやポンプを用いずに原子炉内部に冷却水を供給できる注水手段を実現することを目的とする。

【解決手段】

原子炉と伝熱管を含む閉ループを構成し、原子炉から伝熱管内に蒸気を引き込む。伝熱管内部に蒸気を貯めた状態で伝熱管部を原子炉と隔離し、伝熱管内部の蒸気を凝縮させる。伝熱管内部では蒸気が凝縮することで圧力が低下するため、伝熱管の外側に設置したプールから低圧の冷却水を引き込むことができる。伝熱管内部に冷却水を貯めた後で、原子炉から再び蒸気を引き込むことで、伝熱管内部に貯めた冷却水を原子炉内に供給できる。

【選択図】図1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原子炉と、

該原子炉から蒸気を抜き取る蒸気引き込み管と、

該蒸気引き込み管に接続され引き込んだ蒸気を凝縮する蒸気凝縮伝熱管と、

該蒸気凝縮伝熱管に接続され前記蒸気凝縮伝熱管内で凝縮した蒸気のドレンを前記原子炉に戻す凝縮水戻し管と、

内部に水を貯蔵し前記蒸気凝縮伝熱管をその水中に設置する伝熱管冷却プールとを有し、

前記蒸気引き込み管上には蒸気引き込み制御弁を備え、

前記凝縮水戻し管上には凝縮水制御弁を備え、

プール水引き込み管は、前記蒸気引き込み管又は前記蒸気凝縮伝熱管又は前記凝縮水戻し管の前記蒸気引き込み制御弁より下流側で前記凝縮水制御弁より上流側に接続され、前記プール水引き込み管の残りの一方は前記伝熱管冷却プール又は給水プールの通常運転時水位よりも下の位置に接続され、

前記プール水引き込み管上にはプール水引き込み制御弁を備えることを特徴とする原子力プラント。

【請求項 2】

原子炉と、

該原子炉に接続され、原子炉で発生した熱を用いて蒸気を発生させる蒸気発生器と、

該蒸気発生器から蒸気を抜き取る蒸気引き込み管と、

該蒸気引き込み管に接続され引き込んだ蒸気を凝縮する蒸気凝縮伝熱管と、

該蒸気凝縮伝熱管に接続され前記蒸気凝縮伝熱管内で凝縮した蒸気のドレンを前記蒸気発生器に戻す凝縮水戻し管と、

内部に水を貯蔵し前記蒸気凝縮伝熱管をその水中に設置するための伝熱管冷却プールとを有し、

前記蒸気引き込み管上には蒸気引き込み制御弁を備え、

前記凝縮水戻し管上には凝縮水制御弁を備え、

プール水引き込み管は、前記蒸気引き込み管又は前記蒸気凝縮伝熱管又は前記凝縮水戻し管の前記蒸気引き込み制御弁より下流側で前記凝縮水制御弁より上流側に接続され、前記プール水引き込み管の残りの一方は前記伝熱管冷却プール又は給水プールの通常運転時水位よりも下の位置に接続され、

前記プール水引き込み管上にはプール水引き込み制御弁を備えることを特徴とする原子力プラント。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、

前記プール水引き込み管の残りの一方を前記伝熱管冷却プールに接続したことを特徴とする原子力プラント。

【請求項 4】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、

前記プール水引き込み管の残りの一方を前記給水プールに接続したことを特徴とする原子力プラント。

【請求項 5】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、

前記蒸気引き込み制御弁は、前記凝縮水戻し管内又は前記蒸気凝縮伝熱管内の水位に基づいて開閉制御される蒸気引き込み制御器を有することを特徴とする原子力プラント。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の原子力プラントにおいて、

前記凝縮水戻し管内又は前記蒸気凝縮伝熱管内の水位は、前記凝縮水戻し管内又は前記蒸気凝縮伝熱管内の圧力、又は前記凝縮水戻し管内の圧力と前記蒸気引き込み管又は前記

10

20

30

40

50

蒸気凝縮伝熱管内の圧力との差圧に基づいて算出することを特徴とする原子力プラント。

【請求項 7】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、
前記凝縮水戻し管上には前記蒸気凝縮伝熱管から前記凝縮水戻し管へと流れる方向の冷却材流れのみを通す逆止弁を設けた原子力プラント。

【請求項 8】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、
前記プール水引き込み管上のプール水引き込み制御弁は、前記給水プールから前記プール水引き込み管へと流れる方向の冷却材流れのみを通す逆止弁であることを特徴とする原子力プラント。

10

【請求項 9】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、
前記プール水引き込み制御弁は、プール水引き込み制御弁の上流側と下流側の圧力差によって開閉制御する制御器を有することを特徴とする原子力プラント。

【請求項 10】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、
前記給水プールの通常運転時水位は、前記原子炉内又は前記蒸気発生器内の通常運転時の水位よりも高いことを特徴とする原子力プラント。

20

【請求項 11】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の原子力プラントにおいて、
前記原子炉内の通常運転時の水位は、前記伝熱管冷却プールの通常運転時水位よりも低いことを特徴とする原子力プラント。

【請求項 12】

原子炉又は蒸気発生器から伝熱管内に蒸気を引き込み、
前記伝熱管内に引き込んだ蒸気を貯めた状態で、前記伝熱管を前記原子炉又は前記蒸気発生器と隔離し、前記伝熱管内に引き込んだ蒸気を凝縮させ、
前記伝熱管外部に設置したプールから前記伝熱管内に冷却水を引き込み、
再度、前記原子炉又は前記蒸気発生器から前記伝熱管内に蒸気を引き込み、前記伝熱管内に引き込んだ冷却水を水頭により前記原子炉又は前記蒸気発生器に供給することを特徴とする原子力プラントの制御方法。

30

【請求項 13】

請求項 12 に記載の原子力プラントの制御方法において、
前記隔離は

前記原子炉又は前記蒸気発生器から蒸気を抜き取る蒸気引き込み管上に設けた蒸気引き込み制御弁と、蒸気凝縮伝熱管内で凝縮した蒸気のドレンを前記原子炉又は前記蒸気発生器に戻す凝縮水戻し管上に設けた凝縮水制御弁を閉状態とすることを特徴とする原子力プラントの制御方法。

【請求項 14】

請求項 12 に記載の原子力プラントの制御方法において、
前記隔離、その後、蒸気を引き込むことを繰り返すことにより、前記原子炉又は前記蒸気発生器に冷却水を供給する原子力プラントの制御方法。

40

【請求項 15】

請求項 14 に記載の原子力プラントの制御方法において、
前記隔離、その後、蒸気を引き込む操作は蒸気引き込み制御弁と、前記凝縮水制御弁を閉又は開動作することで行う原子力プラントの制御方法。

【請求項 16】

請求項 12 乃至請求項 15 に記載の原子力プラントの制御方法において、
前記凝縮は、伝熱管冷却プール内に前記伝熱管を設けることにより行う原子力プラントの制御方法。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は原子力プラントに係り、冷却材を原子炉又は蒸気発生器内に注水する安全系を持つ原子力プラントに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来の原子力プラントにおいては、異常事象発生時に原子炉内で発生した熱を除去したり、原子炉内に冷却材を供給するために、主にポンプを用いた動的な安全系が用いられていた。

【0003】

ポンプを用いて原子炉内部に冷却水を供給できる従来の注水技術が特開2003-344576号公報に示されている。

【0004】

一方で、ポンプを用いず、重力や圧力などの静的な力を動力として作動する静的な安全系も存在する。

【0005】

ポンプを用いず、原子炉内部の圧力が高い状態でも冷却水を原子炉内部に供給できる従来の蓄圧注水技術が特開平4-328494号公報に示されている。

【0006】**【特許文献1】特開2003-344576号公報****【特許文献2】特開平4-328494号公報****【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

従来のポンプを用いた動的な安全系を用いれば、原子炉内部圧力に係わらず、異常事象発生時に冷却水を原子炉内部に供給可能であるが、ポンプは定期的な点検が不可欠である。ポンプの点検作業が不要となれば、定期点検期間の短縮が可能となる。これらの目的のため、近年はポンプを用いない安全設備が注目されている。

【0008】

原子炉内部圧力が大気圧程度の低圧になった後であれば、ポンプを用いなくても水圧を利用して容易に冷却水を原子炉内部に注水が可能であるが、原子炉内部圧力が高圧の状態でポンプを用いず冷却水を注水するには上述の従来の蓄圧注水技術を用いる必要があった。蓄圧注水技術は、冷却水を貯水タンク内にあらかじめ高圧で貯蔵しておき、原子炉内部への注水が必要になった時にはタンク内の圧力をを利用して原子炉内部に冷却水を注水する。蓄圧注水技術を利用するには高圧の貯水タンクが必要であるため、大きな水量を確保することは難しい。

【0009】

本発明では、高圧の貯水タンクやポンプを用いず、原子炉内部圧力が高い状態でも原子炉内部に冷却水を供給できる注水手段を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0010】**

上記目的を達成するため本発明では、原子炉又は蒸気発生器から伝熱管内に蒸気を引き込み、前記伝熱管内に引き込んだ蒸気を貯めた状態で、前記伝熱管を原子炉又は蒸気発生器と隔離し、前記伝熱管内に引き込んだ蒸気を凝縮させ、前記伝熱管外部に設置したブルから前記伝熱管内に冷却水を引き込み、再度、前記原子炉又は前記蒸気発生器から伝熱管内に蒸気を引き込み、前記伝熱管内に引き込んだ冷却水を水頭により原子炉又は蒸気発生器に供給することを特徴とする。

【発明の効果】**【0011】**

本発明によれば、高圧の貯水タンクやポンプを用いず、原子炉内部圧力が高い状態で

10

20

30

40

50

も冷却水を原子炉に供給できる。高圧の貯水タンクが不要となり、ポンプが無いため定期点検期間が短縮できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

原子炉又は蒸気発生器と、蒸気を凝縮させる伝熱管で閉ループを構成する。原子炉又は蒸気発生器から伝熱管内に蒸気を引き込んだ後、伝熱管内部に蒸気を貯めた状態で伝熱管部を原子炉又は蒸気発生器と隔離し、伝熱管内部の蒸気を凝縮させる。伝熱管内部では蒸気が凝縮することで圧力が低下するため、伝熱管の外側に設置したプールから低圧の冷却水を引き込むことができる。伝熱管内部に冷却水を貯めた後で、原子炉又は蒸気発生器から再び蒸気を引き込むことで、伝熱管内部に貯めた冷却水の水頭により、冷却水を原子炉又は蒸気発生器内に供給できる。

10

【0013】

直接サイクル型原子力プラントの一つである沸騰水型軽水炉（BWR）に適用した場合の実施例を示す。なお実施例はこれに限定されるものではない。

【実施例1】

【0014】

図1に第1実施例を示す。

【0015】

図1はBWRに適用した注水装置の構成を模式的に示したものである。原子炉圧力容器1の通常運転時水位よりも上の位置に蒸気引き込み管2を接続し、蒸気引き込み管の他方に上部ヘッダ3を介して多数の蒸気凝縮伝熱管4を接続する。蒸気凝縮伝熱管の下側は下部ヘッダ5でまとめ、凝縮水戻し管6を介して原子炉圧力容器内部の通常時運転時水位2.5aよりも下の位置に接続する。蒸気凝縮伝熱管は、伝熱管冷却プール7の中に設置されており、蒸気凝縮伝熱管の内部を流れる蒸気を伝熱管冷却プール内の水で冷却して凝縮させる。凝縮水戻し管上には、凝縮水制御弁8を設置する。通常運転中は凝縮水制御弁は閉めておき、蒸気凝縮伝熱管に原子炉圧力容器内部の蒸気が連続的に流れ込むのを防止する。蒸気凝縮管内部で凝縮した蒸気は、凝縮水戻し管又は蒸気凝縮伝熱管内部で水位を形成する。この凝縮水の水位が通常運転時の原子炉圧力容器内部の通常運転時水位2.5aよりも高ければ、凝縮水制御弁を開いたときに、水の自重を利用して凝縮水を原子炉圧力容器内部に供給できる。凝縮水の水位を原子炉圧力容器内部の通常運転時水位よりも高くするためには、伝熱管冷却プール内の通常運転時水位2.5bは原子炉圧力容器内部の通常運転時水位よりも高い位置にあることが望ましい。ここまで構成は、一部のBWRで実績のある非常用復水器（IC）と同じである。

20

【0016】

蒸気引き込み管上には蒸気引き込み制御弁9を、凝縮水戻し管上の凝縮水制御弁よりも上流側（蒸気凝縮伝熱管側）には、蒸気凝縮伝熱管から凝縮水戻し管方向への冷却水のみを流す凝縮水逆止弁10を設置する。制御弁に逆止弁を設けることで、手順が簡略化される。（なお、実施例3で説明するように必ずしも凝縮水逆止弁10は必要でない。）蒸気引き込み制御弁は通常運転中は開いていても閉じていても良いが、作動失敗を防止するには開いていた方が望ましい。また、蒸気引き込み制御弁よりも下流側で、凝縮水逆止弁よりも上流側の位置には、プール水引き込み管11と、水位測定用差圧計12を設置する。プール水引き込み管の他方は、伝熱管冷却プール内に開放される。給水プールを設ける場合と比較して、伝熱管内部へ供給する冷却水を伝熱管冷却プールから引き込む場合は、コンパクト化がはかれ、物量を小さくすることができる。プール水引き込み管上には、伝熱管冷却プールから蒸気凝縮伝熱管方向への冷却水のみを通す逆止弁であるプール水引き込み制御弁13を設置する。制御弁を逆止弁とすることで、手順の簡略化が図れる。水位測定差圧計は、蒸気凝縮伝熱管内の水位を計算して貯まった水量を評価する目的で設置するもので、水量を評価できれば光学的な水位計測手段や他の圧力又は差圧計測手段など、どのような方法を用いても良い。水位計測用差圧計の出力は、蒸気引き込み制御器14に取り込み、蒸気引き込み制御器は水位計測用差圧計の出力に基づいて蒸気引き込み制御弁を

30

40

50

開閉制御する。尚、例えば停電時の非常時においては制御器による制御の他、人手により蒸気凝縮伝熱管内の水位を確認して蒸気引き込み制御弁を開閉制御することもできる。

【0017】

本実施例では、蒸気凝縮伝熱管と伝熱管冷却プールは原子炉格納容器壁面15の外側に設置したが、これらの機器を原子炉格納容器の内側に置くか、外側に置くかは任意である。また、蒸気引き込み管は原子炉圧力容器から蒸気を抜き取れる場所であれば必ずしも原子炉圧力容器に直接接続する必要は無く、例えば原子炉圧力容器に接続している主蒸気管16に接続しても良い。同様に、凝縮水戻し管6は例えば主給水管17に接続しても良い。

【0018】

10

次に、本実施例の運転手順について図2を用いて説明する。

【0019】

原子炉で異常事象が発生し原子炉内部に冷却水を供給する必要が生じたときは、まず初めに時刻T1で凝縮水制御弁を開く。凝縮水制御弁を開くことで蒸気凝縮伝熱管内に貯まっていた凝縮水が原子炉圧力容器に流れ、同時に原子炉圧力容器から蒸気引き込み管を通して蒸気凝縮伝熱管に蒸気が流れ込む。この状態で時刻T2に蒸気引き込み制御弁を閉じると、原子炉圧力容器から凝縮水戻し管を通した冷却水流れも凝縮水逆止弁で遮断されるため、蒸気凝縮伝熱管は原子炉圧力容器から隔離される。蒸気凝縮伝熱管内部に貯まっている蒸気は、伝熱管冷却プールに熱を放出して凝縮を始める。蒸気が凝縮して飽和水になると、圧力7MPaで体積は1/20、大気圧では体積は1/1600にまで減少するため、蒸気凝縮伝熱管内部の圧力は急激に低下する。時刻T3で蒸気凝縮伝熱管内部の圧力が、伝熱管冷却プールの水圧よりも低くなると、伝熱管冷却プールに貯蔵されている冷却水がプール水引き込み管を通して蒸気凝縮伝熱管内部に流れ込む。プール水引き込み管をループ側（原子炉又は蒸気発生器と管の閉ループのうち蒸気引き込み管及び蒸気凝縮伝熱管及び凝縮水戻し管で作られるループ側で、蒸気引き込み制御弁から凝縮水戻り制御弁までの間）に接続する位置については、接続位置を高くするとプール水引き込み管から引き込んだ冷却水により伝熱管内部を冷却する効果が得られるが、逆に接続位置を低くした方が伝熱管冷却プールの水圧を大きく取れるので、より早いタイミングでプール水を蒸気凝縮伝熱管内に引き込むことが可能となる。プール水引き込み管のループ側の接続位置は、蒸気凝縮伝熱管の伝熱面積や伝熱管冷却プールの水深などを考慮して決定する必要がある。蒸気凝縮伝熱管内部に貯まつた冷却水量は水位計測用差圧計で感知し、蒸気引き込み制御器に入力する。蒸気引き込み制御器で、貯まつた冷却水量が十分かどうかを判定する。時刻T4で十分な水量が貯まつたと判断すると、蒸気引き込み制御弁9を再度開く。蒸気引き込み制御弁を開くことで、蒸気凝縮伝熱管内部に貯まつた冷却水の水頭圧で冷却水を原子炉圧力容器内部に供給できる。蒸気引き込み制御弁の開閉を繰り返せば、同様の手順で大量の冷却水を原子炉圧力容器内部に供給可能である。一度の操作で多くの冷却水を注水するためには、例えば蒸気凝縮伝熱管が接続する上部ヘッダや下部ヘッダを大きくすると有効である。

20

30

30

【0020】

40

図3に第1実施例を用いる場合の凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックの一例を示す。

【0021】

まず手順1で、実施例1の注水装置に装置作動信号が入力すると信号線26を介して、凝縮水制御弁8を開く。装置作動信号は、原子炉圧力容器内の水位、出力、圧力、温度や、原子炉格納容器内の圧力、温度などの異常を検知した場合や、運転員の手動によって、例えば制御室コンピュータ18から発せられる。次に手順2で、水位計測用差圧計の出力値を、差圧水量換算器19で蒸気凝縮伝熱管内部に貯まつた冷却水量に変換する。圧力から冷却水量への変換は次のように単純な計算で実現できる。水位計測用差圧計で測定した差圧を冷却水の密度と重力加速度で割れば現在の蒸気凝縮伝熱管内の水位が求まる。各高さにおける蒸気凝縮伝熱管内の断面積は設計時に分かっているため、水位で断面積を積分

50

すれば現在貯まっている冷却水量が求まる。冷却水の密度は圧力と温度に依存するため、より正確な制御が必要な場合は、冷却水の圧力と温度も測定して冷却水の密度を算出すれば良い。手順3で、差圧水量換算器で求めた蒸気凝縮伝熱管内の冷却水量が十分に小さければ、蒸気凝縮伝熱管内に貯めた冷却水の注水は終わったと判断し、蒸気引き込み制御弁を閉じることで蒸気凝縮伝熱管内にプール水を引き込む準備をする。逆に、冷却水量が十分に大きければ、蒸気凝縮伝熱管内に十分な冷却水が貯まると判断し、蒸気引き込み制御弁を開くことで原子炉圧力容器内部への注水を開始する。その後は、手順2と手順3を繰り返すことで蒸気引き込み制御弁を開閉制御する。水位に基づいた開閉制御を行うことで、効率的で確実な注入が可能となる。

【0022】

10

本実施例では上述のような注水手段が確保できるが、注水は必要なく、原子炉内部で発生した熱を除去するだけで良い場合は、蒸気引き込み制御弁の制御をせず、蒸気引き込み制御弁を開状態で固定すれば従来から実績のあるICとして利用できる。また、プール水引き込み管から凝縮水戻し管を通して原子炉圧力容器に接続する構成は、プール水の水頭圧を利用して原子炉圧力容器内部に冷却材を注水する重力落下式注水設備(GDCS)と同じである。よって、原子炉内部の圧力が大気圧近くまで減少した後は、伝熱管冷却プールの水圧のみで連続的に原子炉圧力容器内部に注水できる。すなわち、本実施例は高圧時の注水機能、高圧時のICの除熱機能、低圧時のGDCSの連続注水機能を1つの設備で実現可能である。

【実施例2】

20

【0023】

図4に第2実施例を示す。

【0024】

本実施例は第1実施例とは、プール水引き込み管が接続するプールが異なる。凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックは第1実施例と同じである。

【0025】

30

本実施例では、プール水引き込み管は伝熱管冷却プールとは別の冷却水供給プール20に接続する。第1実施例の構成は必要なプールが1つであるため単純であり、設備の物量を小さくできるメリットがあるが、原子炉圧力容器に冷却水を供給して行くに従って伝熱管冷却プールの水量が減少していくため、大量の冷却水を注水すると蒸気凝縮伝熱管の冷却に支障がでる可能性がある。第2実施例では注水する冷却水と蒸気凝縮伝熱管を冷却する水は別であるため、このような心配がない。また第2実施例の構成を取り、冷却水供給プールを伝熱管冷却プールよりも上方に設置すれば、プールの水圧を大きく取れるため、第1実施例よりも迅速にプール水を蒸気凝縮伝熱管内に取り込めるようになる。そのため、冷却水供給プールは伝熱管冷却プールよりも上方に設置した方が、第2実施例のメリットを増大できる。第1実施例の説明で記載したとおり伝熱管冷却プールの通常運転時水位は原子炉圧力容器内部の通常運転時水位よりも高くする方が望ましいため、冷却水供給プールの通常運転時水位25cmも原子炉圧力容器内部の通常運転時水位よりも高い方が良い。本実施例では、冷却水供給プールは原子炉格納容器内部に設置した例を示したが、冷却水供給プールを原子炉圧力容器外部に設置しても良い。

【実施例3】

40

【0026】

図5に第3実施例を示す。

【0027】

本実施例は第1実施例とは、凝縮水戻し管上の弁構成が異なる。凝縮水戻し管上には凝縮水制御弁のみが必須であり、凝縮水逆止弁は無くても良い。第3実施例は第1実施例に比較して凝縮水戻し管上の弁構成を単純化できるメリットがある。

【0028】

図6に第3実施例を用いる場合の凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックの一例を示す。

50

【0029】

まず手順1で、注水装置に装置作動信号が入力すると、凝縮水制御弁を開く。装置作動信号は、原子炉圧力容器内の水位、出力、圧力、温度や、原子炉格納容器内の圧力、温度などの異常を検知した場合や、運転員の手動によって例えば制御室コンピュータ18から発せられる。次に手順2で、水位計測用差圧計の出力値を、差圧水量換算器19で蒸気凝縮伝熱管内部に貯まつた冷却水量に変換する。圧力から冷却水量への変換は次のように単純な計算で実現できる。水位計測用差圧計で測定した差圧を冷却水の密度と重力加速度で割れば現在の蒸気凝縮伝熱管内の水位が求まる。各高さにおける蒸気凝縮伝熱管内の断面積は設計時に分かっているため、水位で断面積を積分すれば現在貯まつて冷却水量が求まる。冷却水の密度は圧力と温度に依存するため、より正確な制御が必要な場合は、冷却水の圧力と温度も測定して冷却水の密度を算出すれば良い。手順3で、差圧水量換算器で求めた蒸気凝縮伝熱管内の冷却水量が十分に小さければ、蒸気凝縮伝熱管内に貯めた冷却水の注水は終わったと判断し、凝縮水制御弁と蒸気引き込み制御弁の両方を閉じることで蒸気凝縮伝熱管内にプール水を引き込む準備をする。逆に、冷却水量が十分に大きければ、蒸気凝縮伝熱管内に十分な冷却水が貯まつたと判断し、凝縮水制御弁と蒸気引き込み制御弁の両方を開くことで原子炉圧力容器内部への注水を開始する。その後は、手順2と手順3を繰り返すことで凝縮水制御弁と蒸気引き込み制御弁を開閉制御する。これにより、原子炉又は蒸気発生器に効率的で確実な注入が可能となる。

10

【0030】

プール水引き込み管を接続する冷却材を貯蔵しているプールは、第1実施例と同じく伝熱管冷却プールとしても良いし、第2実施例と同じく伝熱管冷却プールとは別の冷却水供給プールとしても良い。

20

【実施例4】

【0031】

図7に第4実施例を示す。

【0032】

本実施例は第1実施例とは、プール水引き込み制御弁13の種類と制御が異なる。凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックは第1実施例と同じである。プール水引き込み制御弁は開閉制御のできる弁とする。また、プール水引き込み制御弁の上流側と下流側の圧力差を、プール水引き込み制御弁差圧計21で計測する。プール水引き込み制御弁差圧計で計測した差圧を、プール水引き込み制御器22に入力する。プール水引き込み制御器は入力した差圧に基づいてプール水引き込み制御弁を開閉制御する。第4実施例は第1実施例と比較して、制御によって原子炉圧力容器内部の蒸気が伝熱管冷却プールに流出する可能性を確実に排除できるメリットがある。

30

【0033】

図8に第4実施例を用いる場合のプール水引き込み制御弁の制御ロジックの一例を示す。

40

まず手順1で、注水装置に装置作動信号が入力すると、制御を開始する。装置作動信号は、原子炉圧力容器内の水位、出力、圧力、温度や、原子炉格納容器内の圧力、温度などの異常を検知した場合や、運転員の手動によって例えば制御室コンピュータ18から発せられる。次に手順2で、プール水引き込み制御弁差圧計の計測値をプール水引き込み制御器に入力する。差圧計の測定値は例えば、プール水側の圧力が蒸気凝縮伝熱管側の圧力よりも高ければ正の値、逆にプール水側の圧力が蒸気凝縮伝熱管側の圧力よりも低ければ負の値とする。手順3で、差圧が正であればプール水引き込み制御弁を開き、差圧が負であればプール水引き込み制御弁を閉じる。その後は、手順2と手順3を繰り返すことでプール水引き込み制御弁を開閉制御する。

【0034】

プール水引き込み管を接続する冷却材を貯蔵しているプールは、第1実施例と同じく伝熱管冷却プールとしても良いし、第2実施例と同じく伝熱管冷却プールとは別の冷却水供給プールとしても良い。凝縮水制御弁の構成は第1実施例と同じく、開閉制御できる弁と

50

逆止弁の組み合わせでも良いし、第3実施例と同じく開閉制御できる弁1弁のみでも良い。

【実施例5】

【0035】

次に、間接サイクル型原子力プラントの一つである加圧水型軽水炉（PWR）に適用した場合の例を示す。

【0036】

図9に第5実施例を示す。本実施例は、PWRに適用したものであるため、原子炉圧力容器には蒸気発生器23が接続されているが、蒸気引き込み管および凝縮水戻し管は原子炉圧力容器に接続されており、装置の構成は第1実施例と同じである。第1実施例のBWRでは、蒸気引き込み管は原子炉圧力容器の通常運転時水位より上部に、凝縮水戻し管は原子炉圧力容器内部に液相の水のみが存在し、水位は存在しない。注水装置が働くためには蒸気を引き込む必要があるため、冷却材喪失事故発生時など、PWRの原子炉圧力容器内部にも水位が存在する場合に作動する。この場合、原子炉圧力容器のダウンカマ24の上端より上方は蒸気部分に接している頻度が高いため、蒸気引き込み管は一例としてはダウンカマ上端よりも上方の位置に接続する。逆に凝縮水戻し管は一例としてはダウンカマ上端よりも下方に接続する。

【0037】

凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックは第1実施例と同じである。

【0038】

プール水引き込み管を接続する冷却材を貯蔵しているプールは、第1実施例と同じく伝熱管冷却プールとしても良いし、第2実施例と同じく伝熱管冷却プールとは別の冷却水供給プールとしても良い。凝縮水制御弁の構成は第1実施例と同じく、開閉制御できる弁と逆止弁の組み合わせでも良いし、第3実施例と同じく開閉制御できる弁1弁のみでも良い。プール水引き込み制御弁は第1実施例と同じく逆止弁でも良いし、第4実施例と同じく開閉制御できる弁でも良い。

【実施例6】

【0039】

図10に第6実施例を示す。本実施例は、PWRの蒸気発生器に適用したものである。装置の構成は第1実施例と同じであり、蒸気引き込み管は蒸気発生器の通常運転時水位より上方に接続され、凝縮水戻し管は蒸気発生器の通常運転時水位25dより下方に接続される。

【0040】

凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックは第1実施例と同じである。

【0041】

プール水引き込み管を接続する冷却材を貯蔵しているプールは、第1実施例と同じく伝熱管冷却プールとしても良いし、第2実施例と同じく伝熱管冷却プールとは別の冷却水供給プールとしても良い。凝縮水制御弁の構成は第1実施例と同じく、開閉制御できる弁と逆止弁の組み合わせでも良いし、第3実施例と同じく開閉制御できる弁1弁のみでも良い。プール水引き込み制御弁は第1実施例と同じく逆止弁でも良いし、第4実施例と同じく開閉制御できる弁でも良い。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】原子力プラントの第1実施例。

【図2】蒸気引き込み管と凝縮水戻し管の質量流量の時系列変化の一例。

【図3】第1実施例を用いる場合の凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックの一例。

【図4】原子力プラントの第2実施例。

【図5】原子力プラントの第3実施例。

10

20

30

40

50

【図6】第3実施例を用いる場合の凝縮水制御弁および蒸気引き込み制御弁の制御ロジックの一例。

【図7】原子力プラントの第4実施例。

【図8】第4実施例を用いる場合のプール水引き込み制御弁の制御ロジックの一例。

【図9】原子力プラントの第5実施例。

【図10】原子力プラントの第6実施例。

【符号の説明】

【0 0 4 3】

1 原子炉圧力容器

10

2 蒸気引き込み管

3 上部ヘッダ

4 蒸気凝縮伝熱管

5 下部ヘッダ

6 凝縮水戻し管

7 伝熱管冷却プール

8 凝縮水制御弁

9 蒸気引き込み制御弁

10 凝縮水逆止弁

11 プール水引き込み管

20

12 水位測定用差圧計

13 プール水引き込み制御弁

14 蒸気引き込み制御器

15 原子炉格納容器壁面

16 主蒸気管

17 主給水管

18 制御室コンピュータ

19 差圧水量換算器

20 冷却水供給プール

21 プール水引き込み制御弁差圧計

30

22 プール水引き込み制御器

23 蒸気発生器

24 ダウンカマ

25 a 原子炉圧力容器内部の通常運転時水位

25 b 伝熱管冷却プール内の通常運転時水位

25 c 冷却水供給プールの通常運転時水位

25 d 蒸気発生器の通常運転時水位

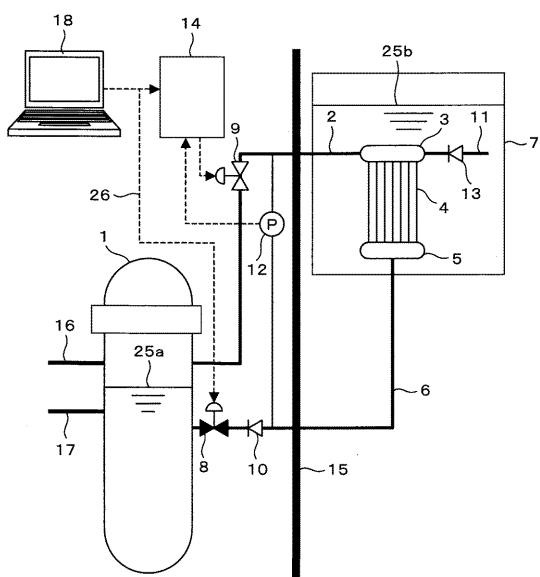
26 信号線

27 一次系出口配管

28 一次系入口配管

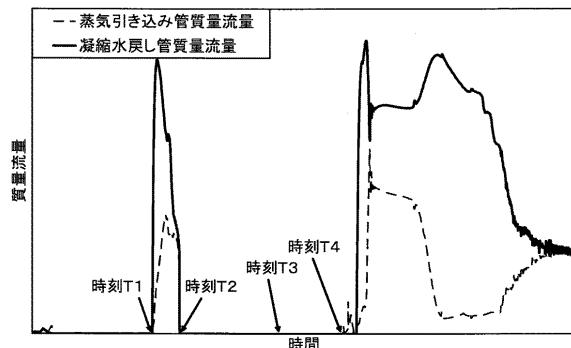
【図1】

図1



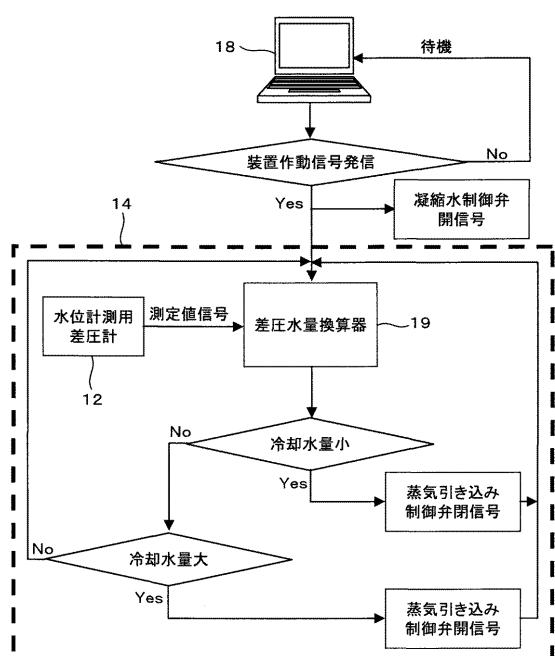
【図2】

図2



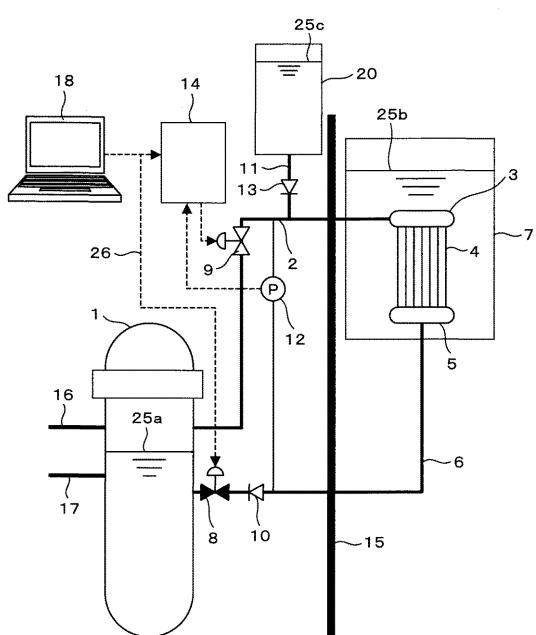
【図3】

図3



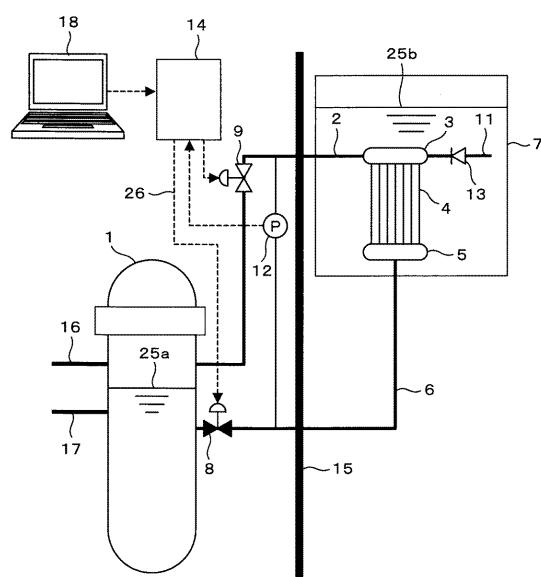
【図4】

図4



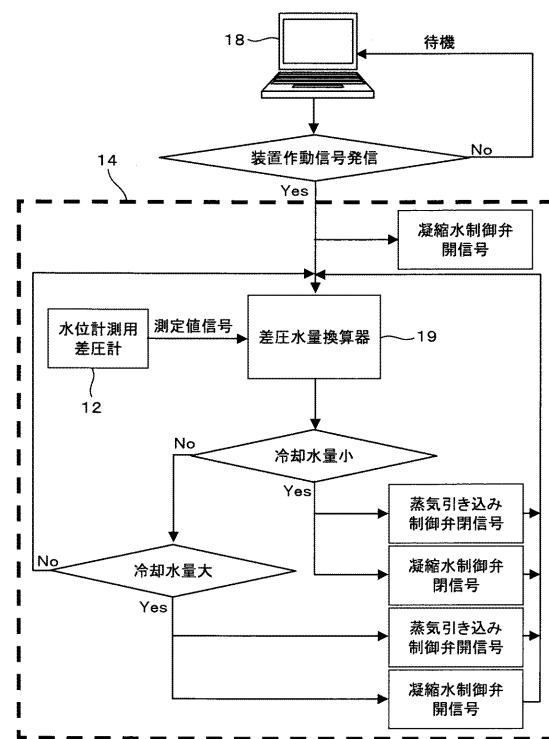
【図 5】

図 5



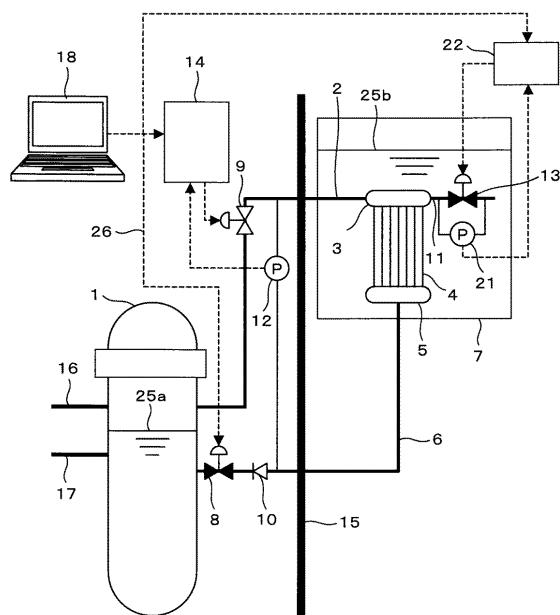
【図 6】

図 6



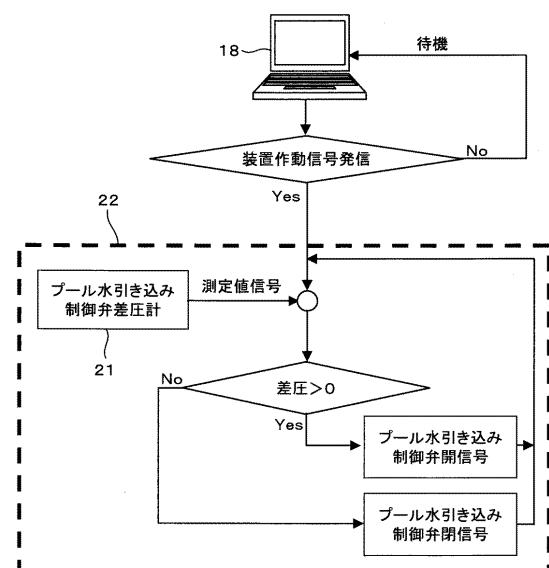
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図9】

【 図 1 0 】

四 9

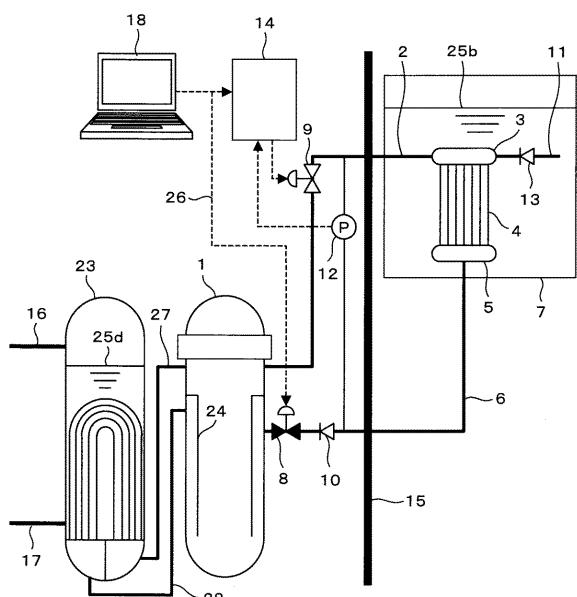


図 10

フロントページの続き

(72)発明者 熊谷 直己

茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号
環境システム研究所内

株式会社日立製作所エネルギー・