

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012年3月1日(01.03.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/026328 A1

- (51) 国際特許分類:
G21D 3/08 (2006.01) F22D 5/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/068182
- (22) 国際出願日: 2011年8月9日(09.08.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-187648 2010年8月24日(24.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 住田 裕之 (SUMITA, Hiroyuki). 岸本 英一 (KISHIMOTO, Ei-ichi). 前田 敏和 (MAEDA, Toshikazu).
- (74) 代理人: 酒井 宏明, 外 (SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号

霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所
Tokyo (JP).

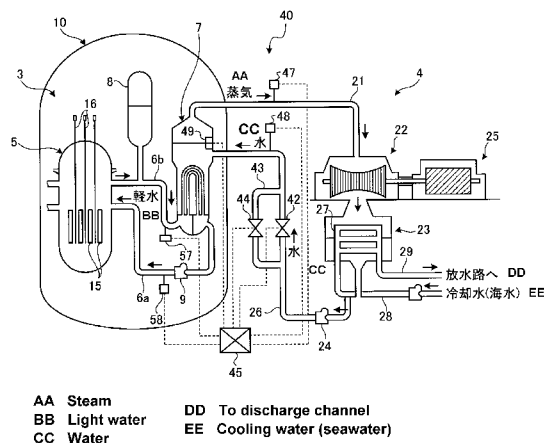
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: WATER SUPPLY DEVICE

(54) 発明の名称: 給水装置

[図1]



(57) Abstract: This water supply device comprises: a water supply pipe (26); a main water supply valve (42) provided in the water supply pipe (26) and having a large rated capacity; a bypass pipe (43); a water supply bypass valve (44) provided in the bypass pipe (43) and having a small rated capacity; a water level gauge (49) capable of detecting the water level of coolant contained in a steam generator (7); and a water supply control unit (45) capable of controlling the flow rate of water to be supplied to the steam generator (7) by controlling the main water supply valve (42) and the water supply bypass valve (44) on the basis of the water level detected by the water level gauge (49). When the water level deviation between a target water level and a detected water level is within a minor change region (D), the water supply control unit (45) sets the minor change region (D) as a dead zone of the main water supply valve (42) and does not control the main water supply valve (42), while controlling the water supply bypass valve (44) to control the flow rate of water to be supplied. When the water level deviation changes beyond the minor change region (D), the water supply control unit (45) controls the main water supply valve (42) and the water supply bypass valve (44) to control the flow rate of water to be supplied.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/026328 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

給水管 2 6 と、給水管 2 6 に設けられた定格容量の大きな主給水弁 4 2 と、バイパス管 4 3 と、バイパス管 4 3 に設けられた定格容量の小さな給水バイパス弁 4 4 と、蒸気発生器 7 内の冷却材の水位を検出可能な水位計 4 9 と、水位計 4 9 によって検出された検出水位に基づいて、主給水弁 4 2 と給水バイパス弁 4 4 とを制御して、蒸気発生器 7 への給水流量を制御可能な給水制御部 4 5 と、を備え、給水制御部 4 5 は、目標水位と検出水位との水位偏差が微小変化領域 D 内である場合、微小変化領域 D を主給水弁 4 2 の不感帯として主給水弁 4 2 を制御しない一方で、給水バイパス弁 4 4 を制御して給水流量を制御し、水位偏差が微小変化領域 D を超えて変化する場合、主給水弁 4 2 および給水バイパス弁 4 4 を制御して給水流量を制御する。

明 細 書

発明の名称：給水装置

技術分野

[0001] 本発明は、原子力施設に設けられた蒸気発生器へ向けて冷却材を供給する給水装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、このような給水装置として、蒸気発生器内の水位を検出する水位検出器と、蒸気発生器へ供給される給水流量を検出する流量計と、蒸気発生器で発生する蒸気流量を検出する流量計と、大流量の給水を制御する主給水制御弁と、小流量の給水を制御する給水バイパス制御弁と、主給水制御弁および給水バイパス弁を制御するコントローラとを備えた給水装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。給水装置は、蒸気発生器内の水位を目標水位に維持すべく、給水流量を制御している。この給水装置は、特許文献1に示すように、給水流量を制御する場合、主給水制御弁と給水バイパス制御弁を用いている。具体的に、給水装置は、水位検出器によって検出した水位と目標水位との偏差をP I制御した制御出力値に基づいて給水バイパス制御弁を開閉制御する。また、給水装置は、水位検出器によって検出した水位と目標水位との偏差をP I制御した制御出力値と、蒸気流量と給水流量との偏差と、を加算して制御入力値とし、制御入力値をP I制御した制御出力値に基づいて主給水制御弁を開閉制御する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭59-211109号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来の給水装置によれば、水位の微小な制御を行う場合であっても、定格容量の大きな主給水制御弁を用いて給水制御を行うため、検

出した水位と目標水位との偏差が小さな安定した状態でも、給水流量が大きく変動してしまう問題がある。

[0005] そこで、本発明は、給水流量の変動を抑制して、蒸気発生器内の水位を好適に目標水位に維持するように、給水制御を行うことが可能な給水装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の給水装置は、原子力施設に設けられた蒸気発生器へ向けて冷却材を供給するために、蒸気発生器に接続された主給水管と、主給水管に設けられ、定格容量の大きな主給水弁と、主給水弁の上流側と下流側との主給水管に接続される給水バイパス管と、給水バイパス管に設けられ、主給水弁に比して、定格容量の小さな給水バイパス弁と、蒸気発生器内の冷却材の水位を検出可能な水位検出手段と、水位検出手段によって検出された検出水位に基づいて、主給水弁と給水バイパス弁とを制御して、蒸気発生器に供給される冷却材の給水流量を制御可能な給水制御部と、を備え、給水制御部は、予め設定された蒸気発生器内の冷却材の目標水位と検出水位との水位偏差が、予め設定された微小変化領域内である場合、微小変化領域を主給水弁の不感帯として主給水弁を制御せず、給水バイパス弁を制御して給水流量を制御する一方で、水位偏差が微小変化領域を超えて変化する場合、主給水弁および給水バイパス弁を制御して給水流量を制御することを特徴とする。

[0007] この構成によれば、例えば、原子力施設の定格運転時において、水位偏差が微小変化領域内である場合、給水制御部は、不感帯となる主給水弁を制御せずに、給水バイパス弁を制御することができる。このため、水位偏差が微小である場合、定格容量の大きな主給水弁を用いず、定格容量の小さい給水バイパス弁を用いて給水制御を行うことにより、給水流量の変動を抑制することができるため、蒸気発生器内の冷却材の水位の変動を抑制することができる。また、水位偏差が微小変化領域を超えた場合、給水制御部は、主給水弁および給水バイパス弁を制御することができる。このため、蒸気発生器内の冷却材の水位が外乱等により大きく変化する場合、定格容量の大きい主給

水弁を用いることができるため、蒸気発生器内の水位を目標水位となるように好適に給水制御することができる。

[0008] この場合、給水制御部は、水位偏差が制御入力信号として入力され、入力された制御入力信号をフィードバック制御し、フィードバック制御後の制御入力信号を制御出力信号として出力するフィードバック制御部を有し、給水バイパス弁は、制御出力信号に基づいて作動することが、好ましい。

[0009] この構成によれば、給水バイパス弁は、蒸気発生器内の水位と目標水位との水位偏差に基づいてフィードバック制御されるため、フィードバック制御に要するパラメータを少なくすることができる。これにより、外乱等の影響を受けにくく、簡易な構成でフィードバック制御することが可能となる。

[0010] この場合、蒸気発生器へ流入する冷却材の給水流量を検出する給水流量検出手段と、蒸気発生器から流出する蒸気の蒸気流量を検出する蒸気流量検出手段と、をさらに備え、給水制御部は、水位偏差が第1制御入力信号として入力され、入力された第1制御入力信号をフィードバック制御し、フィードバック制御後の第1制御入力信号を第1制御出力信号として出力する第1フィードバック制御部と、第1制御出力信号が入力されると共に、給水流量と蒸気流量との流量偏差が第2制御入力信号として入力され、入力された第1制御出力信号と第2制御入力信号とから導出された導出信号をフィードバック制御し、フィードバック制御後の導出信号を第2制御出力信号として出力する第2フィードバック制御部と、を有し、給水バイパス弁は、第2制御出力信号に基づいて作動することが、好ましい。

[0011] この構成によれば、給水バイパス弁は、水位偏差に基づいてフィードバック制御されると共に、流量偏差に基づいてフィードバック制御される。このため、フィードバック制御に要するパラメータを多くすることができるため、原子力施設の運転状況に則して、給水バイパス弁を好適に制御することができる。

[0012] この場合、給水制御部は、水位偏差が第1制御入力信号として入力され、検出水位の水位変化率が第2制御入力信号として入力され、入力された第1

制御入力信号と第2制御入力信号とに基づいてファジィ制御して出力された信号を第1制御出力信号として出力するファジィ制御部と、入力された第1制御出力信号を積分制御して、積分制御後の第1制御出力信号を第2制御出力信号として出力する積分制御手段と、を有し、給水バイパス弁は、第2制御出力信号に基づいて作動することが、好ましい。

[0013] この構成によれば、給水バイパス弁は、水位偏差および水位変化率に基づいてファジィ制御されるため、フィードバック制御に要するパラメータを少なくすることができる。これにより、外乱等を受けにくく、給水バイパス弁を好適にフィードバック制御することができる。

[0014] この場合、蒸気発生器から流出する蒸気の蒸気流量を検出する蒸気流量検出手段と、をさらに備え、給水制御部は、水位偏差が第3制御入力信号として入力され、入力された第3制御入力信号に対し、不感帯となる微小変化領域を有する第1比例ゲインを設定する第1可変ゲイン設定部と、第1比例ゲインが設定された第3制御入力信号をフィードバック制御して、第3制御出力信号として出力する第3フィードバック制御部と、蒸気流量が第4制御入力信号として入力され、入力された第4制御入力信号と予め定められた関数とから導出された信号を、第4制御出力信号として出力する関数設定部と、第3制御出力信号と第4制御出力信号を加算して導出された信号を、加算制御出力信号として出力する加算部と、を有し、主給水弁は、加算制御出力信号に基づいて作動することが、好ましい。

[0015] この構成によれば、主給水弁は、蒸気流量および水位偏差に基づいて、フィードバック制御される。このとき、蒸気流量に変動がなく、水位偏差が微小変化領域内である場合、主給水弁は、制御されない。また、フィードバック制御に要するパラメータを多くすることができるため、原子力施設の運転状況に則して、主給水弁を好適に制御することができる。

[0016] この場合、原子力施設に設けられた原子炉の出力状態を検出する原子炉出力検出手段をさらに備え、給水制御部は、水位偏差が第5制御入力信号として入力され、入力された第5制御入力信号に対し、原子炉の出力状態に応じ

て可変する第2比例ゲインを設定する第2可変ゲイン設定部と、第2比例ゲインが設定された第5制御入力信号をフィードバック制御して、第5制御出力信号として出力する第4フィードバック制御部と、第5制御出力信号が入力されると共に、給水流量と蒸気流量との流量偏差が第6制御入力信号として入力され、入力された第5制御出力信号と第6制御入力信号とから導出された導出信号に対し、導出信号の制御値の大きさに応じて可変する第3比例ゲインを設定する第3可変ゲイン設定部と、第3比例ゲインが設定された導出信号をフィードバック制御して、第6制御出力信号として出力する第5フィードバック制御部と、を有し、主給水弁は、第6制御出力信号に基づいて作動することが、好ましい。

[0017] この構成によれば、第2可変ゲイン設定部は、水位偏差に対し、第2比例ゲインを設定することができる。このとき、第2比例ゲインは、原子炉の出力に応じて可変するものとなっているため、原子炉の出力を考慮して、主給水弁による給水制御を行うことができる。また、第3可変ゲイン設定部は、第5制御出力信号および第6制御入力信号から導出された導出信号に対し、第3比例ゲインを設定することができる。このとき、第3比例ゲインは、導出信号の制御値の大きさに応じて可変するものとなっているため、水位偏差および流量偏差を考慮して、主給水弁による給水制御を行うことができる。

[0018] この場合、第2比例ゲインは、原子炉の出力状態が、低出力状態から高出力状態へ変化するに従って大きくなることが、好ましい。

[0019] この構成によれば、原子炉が低出力状態のときは、第2比例ゲインを小さく、原子炉が高出力状態のときは、第2比例ゲインを大きくすることができる。これにより、原子炉の低出力時における蒸気発生器内の水位の変動は、原子炉の高出力時における蒸気発生器内の変動に比して小さいため、水位の変動に応じたフィードバック制御を行うことが可能となる。また、原子炉が低出力状態のときは、蒸気発生器へ冷却材を供給すると、蒸気発生器内の冷却材が冷やされ、これにより、蒸気発生器内の水位が一時下がる場合がある。つまり、原子炉の低出力時において、主給水弁を制御して冷却材を供給す

ると、一時逆応答する場合がある。この場合、第2比例ゲインを上記の構成とすることで、原子炉の低出力時において、冷却材の水位が逆応答しても、第2比例ゲインは小さいため、逆応答に対する過剰な応答を抑制することができる。

[0020] この場合、第3比例ゲインは、導出信号の制御値の大きさが大きく変化するに従って大きくなっていくことが、好ましい。

[0021] この構成によれば、導出信号の制御値が小さいときは、第3比例ゲインを小さく、導出信号の制御値が大きいときは、第3比例ゲインを大きくすることができる。これにより、導出信号の制御値が小さい場合、すなわち、水位偏差および流量偏差が小さい場合、第3比例ゲインは小さくなるため、フィードバック制御の安定性を向上させることができる。一方で、導出信号の制御値が大きい場合、すなわち、水位偏差および流量偏差が大きい場合、第3比例ゲインは大きくなるため、蒸気発生器内における冷却材の流出入の過渡変化時において、フィードバック制御を迅速に応答させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、実施例1に係る給水装置を備えた原子力施設を模式的に表した概略構成図である。

[図2]図2は、原子炉の非定格運転時における給水制御部の主給水弁に関する制御ブロック図である。

[図3]図3は、原子炉の定格運転時における給水制御部の主給水弁に関する制御ブロック図である。

[図4]図4は、原子炉の定格運転時における給水制御部の給水バイパス弁に関する制御ブロック図である。

[図5]図5は、原子炉の定格運転時における実施例2の給水制御部の給水バイパス弁に関する制御ブロック図である。

[図6]図6は、原子炉の定格運転時における実施例3の給水制御部の給水バイパス弁に関する制御ブロック図である。

[図7]図7は、従来および実施例1ないし3の給水流量の揺らぎ幅の比較に関

する説明図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、添付した図面を参照して、本発明に係る給水装置について説明する。なお、以下の実施例によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施例における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、或いは実質的に同一のものが含まれる。

実施例 1

[0024] 図 1 は、実施例 1 に係る給水装置を備えた原子力施設を模式的に表した概略構成図である。本発明に係る給水装置 40 は、原子炉 5 を有する原子力施設 1 に設けられており、原子炉 5 としては、例えば、加圧水型原子炉（PWR : Pressurized Water Reactor）が用いられている。この加圧水型の原子炉 5 を用いた原子力施設 1 は、原子炉 5 を含む原子炉冷却系 3 と、原子炉冷却系 3 と熱交換するタービン系 4 とで構成されており、原子炉冷却系 3 には、原子炉冷却材が流通し、タービン系 4 には、二次冷却材が流通している。

[0025] 原子炉冷却系 3 は、原子炉 5 と、コールドレグ 6 a およびホットレグ 6 b を介して原子炉 5 に接続された蒸気発生器 7 とを有している。また、ホットレグ 6 b には、加圧器 8 が介設され、コールドレグ 6 a には、原子炉冷却材ポンプ 9 が介設されている。そして、原子炉 5、コールドレグ 6 a、ホットレグ 6 b、蒸気発生器 7、加圧器 8 および原子炉冷却材ポンプ 9 は、原子炉格納容器 10 に収容されている。

[0026] 原子炉 5 は、上記したように加圧水型原子炉であり、その内部は原子炉冷却材で満たされている。そして、原子炉 5 内には、多数の燃料集合体 15 が収容されると共に、燃料集合体 15 の核分裂を制御する多数の制御棒 16 が、各燃料集合体 15 に対し、抜差し可能に設けられている。

[0027] 制御棒 16 により核分裂反応を制御しながら燃料集合体 15 を核分裂させると、この核分裂により熱エネルギーが発生する。発生した熱エネルギーは原子炉冷却材を加熱し、加熱された原子炉冷却材は、ホットレグ 6 b を介して蒸気発生器 7 へ送られる。一方、コールドレグ 6 a を介して蒸気発生器 7

から送られてきた原子炉冷却材は、原子炉 5 内に流入して、原子炉 5 内を冷却する。

[0028] ホットレグ 6 b に介設された加圧器 8 は、高温となった原子炉冷却材を加圧することにより、原子炉冷却材の沸騰を抑制している。また、蒸気発生器 7 は、高温高圧となった原子炉冷却材を、二次冷却材と熱交換させることにより、二次冷却材を蒸発させて蒸気を発生させ、かつ高温高圧となった原子炉冷却材を冷却している。原子炉冷却材ポンプ 9 は、原子炉冷却系 3 において原子炉冷却材を循環させており、原子炉冷却材を蒸気発生器 7 からコールドレグ 6 a を介して原子炉 5 へ送り込むと共に、原子炉冷却材を原子炉 5 からホットレグ 6 b を介して蒸気発生器 7 へ送り込んでいる。

[0029] ここで、原子力施設 1 の原子炉冷却系 3 における一連の動作について説明する。原子炉 5 内の核分裂反応により発生した熱エネルギーにより、原子炉冷却材が加熱されると、加熱された原子炉冷却材は、原子炉冷却材ポンプ 9 によりホットレグ 6 b を介して蒸気発生器 7 に送られる。ホットレグ 6 b を通過する高温の原子炉冷却材は、加圧器 8 により加圧されることで沸騰が抑制され、高温高圧となった状態で、蒸気発生器 7 に流入する。蒸気発生器 7 に流入した高温高圧の原子炉冷却材は、二次冷却材と熱交換を行うことにより冷却され、冷却された原子炉冷却材は、原子炉冷却材ポンプ 9 によりコールドレグ 6 a を介して原子炉 5 に送られる。そして、冷却された原子炉冷却材が原子炉 5 に流入することで、原子炉 5 が冷却される。つまり、原子炉冷却材は、原子炉 5 と蒸気発生器 7 との間を循環している。なお、原子炉冷却材は、冷却材および中性子減速材として用いられるホウ素が溶解した軽水である。

[0030] タービン系 4 は、蒸気管 2 1 を介して蒸気発生器 7 に接続されたタービン 2 2 と、タービン 2 2 に接続された復水器 2 3 と、復水器 2 3 と蒸気発生器 7 とを接続する給水管 2 6 に介設された給水ポンプ 2 4 と、を有している。そして、上記のタービン 2 2 には、発電機 2 5 が接続されている。

[0031] ここで、原子力施設 1 のタービン系 4 における一連の動作について説明す

る。蒸気管 21 を介して蒸気発生器 7 から蒸気がタービン 22 に流入すると、タービン 22 は回転を行う。タービン 22 が回転すると、タービン 22 に接続された発電機 25 は、発電を行う。この後、タービン 22 から流出した蒸気は復水器 23 に流入する。復水器 23 は、その内部に冷却管 27 が配設されており、冷却管 27 の一方には冷却水（例えば、海水）を供給するための取水管 28 が接続され、冷却管 27 の他方には冷却水を排水するための排水管 29 が接続されている。そして、復水器 23 は、タービン 22 から流入した蒸気を冷却管 27 により冷却することで、蒸気を液体に戻している。液体となった二次冷却材は、給水ポンプ 24 により給水管 26 を介して蒸気発生器 7 に送られる。蒸気発生器 7 に送られた二次冷却材は、蒸気発生器 7 において原子炉冷却材と熱交換を行うことにより再び蒸気となる。

[0032] 上記したように原子力施設 1 において、二次冷却材は、上記の給水ポンプ 24 を備えた給水装置 40 により、その流量が制御されながら、蒸気発生器 7 へ向けて供給される。以下、図 1 を参照して、給水装置 40 について説明する。

[0033] 給水装置 40 は、上記の給水ポンプ 24 と、上記の給水管 26 と、給水管 26 に設けられた主給水弁 42 と、主給水弁 42 を迂回して給水管 26 に接続されたバイパス管（給水バイパス管）43 と、バイパス管 43 に設けられた給水バイパス弁 44 とを備えている。また、給水装置 40 は、主給水弁 42 および給水バイパス弁 44 を制御する給水制御部 45 と、給水制御部 45 に接続された蒸気流量計（蒸気流量検出手段）47 と、給水制御部 45 に接続された給水流量計（給水流量検出手段）48 と、給水制御部 45 に接続された水位計 49 とを備えている。

[0034] 主給水弁 42 は、給水ポンプ 24 の下流側における給水管 26 に介設され、給水制御部 45 によって制御されている。主給水弁 42 は、空気式の制御弁であり、給水バイパス弁 44 に比して、定格容量の大きな構成となっている。バイパス管 43 は、その一端が主給水弁 42 の上流側の給水管 26 に接続されると共に、その他端が主給水弁 42 の下流側の給水管 26 に接続され

ている。給水バイパス弁44は、バイパス管43に介設され、給水制御部45によって制御されている。給水バイパス弁44も、空気式の制御弁であり、主給水弁42に比して、定格容量の小さな構成となっている。

[0035] 蒸気流量計47は、蒸気管21内を流れる蒸気（気相の二次冷却材）の流量を計測するものである。給水流量計48は、給水管26内を流れる液相の二次冷却材の流量を計測するものである。給水流量計48は、主給水弁42の下流側の給水管26に設けられている。水位計49は、蒸気発生器7内に設けられており、蒸気発生器7内の二次冷却材の水位を計測している。

[0036] 給水制御部45は、蒸気流量計47、給水流量計48および水位計49の計測結果に基づいて、主給水弁42および給水バイパス弁44を制御することにより、給水制御を行っている。給水制御部45は、原子炉5が定格運転を行う場合と、原子炉5が定格運転以外の非定格運転を行う場合とで、給水制御が異なっている。

[0037] 原子炉5が非定格運転を行う場合、すなわち、原子炉5が低出力状態から高出力状態（定格出力状態）へ移行する場合、または、原子炉5が高出力状態から低出力状態へ移行する場合、給水制御部45は、図2に示すような給水制御を行っている。ここで、図2は、原子炉の非定格運転時における給水制御部の主給水弁に関する制御ブロック図である。給水制御部45は、原子炉5が非定格運転を行う場合、主給水弁42を制御する一方で、給水バイパス弁44を制御せずに、給水制御を行っている。具体的に、給水制御部45は、第2可変ゲイン設定部51と、第4PI制御部（第4フィードバック制御部）52と、第3可変ゲイン設定部53と、第5PI制御部（第5フィードバック制御部）54とを有している。

[0038] 第2可変ゲイン設定部51は、タービン22の流入口周りの蒸気の圧力に応じて設定される目標水位と、蒸気発生器7内の水位との水位偏差に対し、可変する第2比例ゲインを設定している。目標水位は、図2に示すグラフG1に基づいて設定されており、グラフG1は、その横軸が、タービンの流入口周りの蒸気の圧力となっており、その縦軸が、目標水位となっている。こ

のため、タービンの流入口周りの蒸気の圧力の信号が、給水制御部45に入力されると、給水制御部45は、入力されたタービンの流入口周りの蒸気の圧力の信号とグラフG1とに基づいて目標水位を導出する。

[0039] 第2可変ゲイン設定部51により設定される第2比例ゲインは、可変ゲインとなっており、第2比例ゲインの大きさは、コールドレグ6aとホットレグ6bとの温度差 ΔT に基づいて設定される。この温度差 ΔT は、原子炉の出力状態を表す指標となっている。コールドレグ6aには、流通する原子炉冷却材の温度を検出する第1温度センサ57が設けられ、ホットレグ6bには、流通する原子炉冷却材の温度を検出する第2温度センサ58が設けられている。そして、第1温度センサ57および第2温度センサ58は、給水制御部45に接続されており、給水制御部45は、第1温度センサ57から入力されたコールドレグ6aを流通する原子炉冷却材の温度と、第2温度センサ58から入力されたホットレグ6bを流通する原子炉冷却材の温度との温度差 ΔT を導出している。そして、給水制御部45は、導出した温度差 ΔT に基づいて、図2に示すグラフG2から第2比例ゲインを導出する。グラフG2は、その横軸が、温度差 ΔT となっており、その縦軸が、第2比例ゲインとなっている。グラフG2を見るに、第2比例ゲインは、温度差が0から T_1 までは、予め設定された下限比例ゲインとなっており、 T_1 から T_2 までは、下限比例ゲインから、予め設定された上限比例ゲインまで増大し、 T_2 以上は、上限比例ゲインとなっている。

[0040] 第4PI制御部52は、第2可変ゲイン設定部51の出力側に接続されている。そして、第4PI制御部52は、水位偏差である制御入力信号（第5制御入力信号）に対し、第2比例ゲインを用いた比例制御と、積分制御とを行うことで、制御入力信号をフィードバック制御（PI制御）している。そして、第4PI制御部52は、PI制御後の制御入力信号を制御出力信号（第6制御出力信号）として出力する。

[0041] 第3可変ゲイン設定部53は、その入力側に第4PI制御部52と給水流量計48と蒸気流量計47とが接続され、その出力側に第5PI制御部54

が接続されている。そして、第3可変ゲイン設定部53は、給水流量計48により検出した給水流量と、蒸気流量計47により検出した蒸気流量との流量偏差に対し、可変する第3比例ゲインを設定している。

[0042] ここで、第3可変ゲイン設定部53により設定される第3比例ゲインは、可変ゲインとなっており、第3比例ゲインの大きさは、第4PI制御部52から出力された制御出力信号と、流量偏差である制御入力信号（第6制御入力信号）とから導出された導出信号の制御値に基づいて設定される。ここで、導出信号の制御値は、第4PI制御部52から出力された制御出力信号であるPI制御後の水位偏差と、制御入力信号である流量偏差とを考慮した偏差値である。

[0043] そして、給水制御部45は、導出信号の制御値に基づいて、図2に示すグラフG3から第3比例ゲインを導出する。グラフG3は、その横軸が、導出信号の制御値となっており、その縦軸が、第3比例ゲインとなっている。グラフG3を見るに、第3比例ゲインは、制御値が0、すなわち偏差が0のときは、予め設定された下限比例ゲインとなっている。一方、第2比例ゲインは、制御値が0からS1までは、下限比例ゲインから、予め設定された上限比例ゲインまで増大し、S1よりも大きい場合は、上限比例ゲインとなっている。同様に、第2比例ゲインは、制御値が0から-S1までは、下限比例ゲインから、予め設定された上限比例ゲインまで増大し、-S1よりも小さい場合は、上限比例ゲインとなっている。

[0044] 第5PI制御部54は、第3可変ゲイン設定部53の出力側に接続されている。そして、第5PI制御部54は、導出信号に対し、第3比例ゲインを用いた比例制御と、積分制御とを行うことで、導出信号をフィードバック制御（PI制御）している。そして、第5PI制御部54は、PI制御後の導出信号を、主給水弁42を制御する制御出力信号（第6制御出力信号）として出力する。

[0045] ここで、原子炉5が非定格運転を行う場合において、給水制御部45が主給水弁42を制御する一連の給水制御について説明する。まず、原子炉5が

低出力状態から高出力状態（定格出力状態）へ移行すると、または、原子炉 5 が高出力状態から低出力状態へ移行すると、給水制御部 45 は、入力されたタービンの流入口周りの蒸気の圧力の信号とグラフ G 1 とに基づいて目標水位を導出し、導出した目標水位と水位計 49 から入力された蒸気発生器 7 内の水位とから、水位偏差を導出する。水位偏差の導出に相前後して、給水制御部 45 は、第 1 温度センサ 57 により検出した温度と、第 2 温度センサ 58 により検出した温度とから、温度差 ΔT を導出する。そして、給水制御部 45 は、第 2 可変ゲイン設定部 51 により、導出した温度差 ΔT とグラフ G 2 とに基づいて、第 2 比例ゲインを導出し、導出した第 2 比例ゲインを設定する。この後、給水制御部 45 は、第 4 P I 制御部 52 により、水位偏差である制御入力信号に対し、第 2 比例ゲインを用いた比例制御と、積分制御とを行い、制御出力信号として出力する。

[0046] 制御出力信号が第 4 P I 制御部 52 から出力されると、給水制御部 45 は、給水流量計 48 により検出した給水流量と蒸気流量計 47 により検出した蒸気流量との流量偏差を、制御入力信号として導出する。そして、給水制御部 45 は、導出された制御入力信号と第 4 P I 制御部 52 から入力された制御出力信号とから導出信号を導出する。続いて、給水制御部 45 は、第 3 可変ゲイン設定部 53 により、導出信号の制御値とグラフ G 3 とに基づいて、第 3 比例ゲインを導出し、導出した第 3 比例ゲインを設定する。この後、給水制御部 45 は、第 5 P I 制御部 54 により、導出信号に対し、第 3 比例ゲインを用いた比例制御と、積分制御とを行い、主給水弁 42 を制御する制御出力信号として出力する。よって、給水制御部 45 は、原子炉 5 が非定格運転を行う場合、制御出力信号を主給水弁 42 へ向けて出力することで、主給水弁 42 による給水制御を行うことが可能となる。

[0047] 次に、原子炉 5 が定格運転を行う場合の給水制御部 45 による給水制御について説明する。原子炉 5 が定格運転を行う場合、給水制御部 45 は、図 3 および図 4 に示すような給水制御を行っている。ここで、図 3 は、原子炉の定格運転時における給水制御部の主給水弁に関する制御ブロック図であり、

図4は、原子炉の定格運転時における給水制御部の給水バイパス弁に関する制御ブロック図である。給水制御部45は、原子炉5が定格運転を行う場合、主給水弁42および給水バイパス弁44を制御して、給水制御を行っている。具体的に、主給水弁42を制御する場合、図3に示すように、給水制御部45は、第1可変ゲイン設定部61と、第3PI制御部（第3フィードバック制御部）62と、主給水弁開度設定部（関数設定部）63とを有している。

[0048] 第1可変ゲイン設定部61は、タービン22の流入口周りの蒸気の圧力に応じて設定される目標水位と、蒸気発生器7内の水位との水位偏差に対し、不感帯を有する第1比例ゲインを設定している。目標水位は、図2のグラフG1と同様となる図3に示すグラフG1に基づいて設定されている。このため、タービン22の流入口周りの蒸気の圧力の信号が、給水制御部45に入力されると、給水制御部45は、入力されたタービン22の流入口周りの蒸気の圧力の信号とグラフG1とに基づいて、目標水位を導出する。

[0049] 第1可変ゲイン設定部61により設定される第1比例ゲインユニットは、可変ゲインとなっており、第1比例ゲインユニット出力の大きさは、水位偏差に基づいて設定される。具体的に、第1可変ゲイン設定部61は、入力される水位偏差に基づいて、図3に示すグラフG4から第1比例ゲインユニット出力を導出して設定する。グラフG4は、その横軸が、水位偏差となっており、その縦軸が、第1比例ゲインユニット出力となっている。グラフG4を見るに、水位偏差が0を中心にして $-H1$ から $H1$ までの間が微小変化領域Dとなっており、第1比例ゲインユニット出力は、この微小変化領域Dにおいて0となっている。これにより、第1比例ゲインユニットは、微小変化領域Dにおいて不感帯となっている。一方で、水位偏差が $H1$ よりも大きくなると、第1比例ゲインユニット出力はプラス方向に大きくなり、水位偏差が $-H1$ よりも小さくなると、第1比例ゲインユニット出力はマイナス方向に大きくなる。

[0050] 第3PI制御部62は、第1可変ゲイン設定部61の出力側に接続されて

いる。そして、第3PI制御部62は、水位偏差である制御入力信号（第3制御入力信号）に対し、第1比例ゲインユニットを用いた比例制御と、積分制御とを行うことで、制御入力信号をフィードバック制御（PI制御）している。そして、第3PI制御部62は、PI制御後の制御入力信号を制御出力信号（第3制御出力信号）として出力する。

[0051] 主給水弁開度設定部63は、蒸気流量計47から入力された蒸気流量に基づいて、主給水弁42の開度を設定している。具体的に、主給水弁開度設定部63は、入力される蒸気流量に基づいて、図3に示すグラフG5の関数から主給水弁42の開度を導出して設定する。グラフG5は、その横軸が、蒸気流量となっており、その縦軸が、主給水弁42の開度となっている。グラフG5を見るに、主給水弁42は、蒸気流量が0からJまでの間において、その開度が0となる。一方で、主給水弁42は、蒸気流量がJとなると、その開度がKとなる。そして、主給水弁42は、蒸気流量がJよりも大きくなるにつれて、その開度がKよりも大きくなっていく。

[0052] ここで、原子炉5が定格運転を行う場合において、給水制御部45が主給水弁42を制御する一連の給水制御について説明する。まず、原子炉5が定格運転を行うと、給水制御部45は、入力されたタービン22の流入口周りの蒸気の圧力の信号とグラフG1とに基づいて目標水位を導出し、目標水位と水位計49から入力された蒸気発生器7内の水位とから、水位偏差を導出する。そして、給水制御部45は、第1可変ゲイン設定部61により、導出した水位偏差とグラフG4とに基づいて、第1比例ゲインユニット出力を導出する。この後、給水制御部45は、第3PI制御部62により、水位偏差である制御入力信号に対し、第1比例ゲインユニット出力を用いた比例制御と、積分制御とを行い、制御出力信号として出力する。このとき、水位偏差が微小変化領域D内であれば、第1比例ゲインユニット出力は、0となるため、PI制御後の制御入力信号は0となり、主給水弁42は作動しない。一方で、水位偏差が微小変化領域D外であれば、第1比例ゲインユニット出力は、0よりも大きく、または0よりも小さくなるため、主給水弁42は、開

弁側または閉弁側に作動する。

[0053] 制御出力信号が第3PI制御部62から出力されると、給水制御部45は、主給水弁開度設定部63により、蒸気流量計47により検出した蒸気流量とグラフG5とに基づいて、主給水弁42の開度を制御出力信号として導出する。このとき、蒸気流量が0からJまでの間であれば、主給水弁42の開度は0となり、主給水弁42は閉弁する。一方で、蒸気流量がJよりも大きければ、主給水弁42の開度は、蒸気流量に応じた開度となる。そして、給水制御部45は、主給水弁開度設定部63から出力された制御出力信号と、第3PI制御部62から出力された制御出力信号とを加算部64において加算し、加算後の制御出力信号を、主給水弁42を制御する加算制御出力信号として出力する。よって、給水制御部45は、原子炉5が定格運転を行う場合、制御出力信号を主給水弁42へ向けて出力することで、主給水弁42による給水制御を行うことが可能となる。

[0054] 続いて、原子炉5の定格運転時における、給水制御部45による給水バイパス弁44の給水制御について具体的に説明する。給水制御部45は、図4に示すように、PI制御部65を有している。

[0055] PI制御部65は、タービンの流入口周りの蒸気の圧力に応じて設定される目標水位と、蒸気発生器7内の水位との水位偏差である制御入力信号に対し、比例制御と、積分制御とを行うことで、制御入力信号をフィードバック制御（PI制御）している。そして、PI制御部65は、PI制御後の制御入力信号を制御出力信号として出力する。なお、目標水位は、図2のグラフG1と同様となる図4に示すグラフG1に基づいて設定される。

[0056] ここで、原子炉5が定格運転を行う場合において、給水制御部45が給水バイパス弁44を制御する一連の給水制御について説明する。まず、原子炉5が定格運転を行うと、給水制御部45は、入力されたタービン22の流入口周りの蒸気の圧力の信号とグラフG1とに基づいて目標水位を導出し、目標水位と水位計49から入力された蒸気発生器7内の水位とから、水位偏差を導出する。そして、給水制御部45は、PI制御部65により、水位偏差

である制御入力信号に対し、比例制御と、積分制御とを行い、給水バイパス弁44を制御する制御出力信号として出力する。

[0057] 以上の構成によれば、原子炉5の定格運転時において、水位偏差が微小変化領域D内である場合、給水制御部45は、主給水弁42を作動させずに、給水バイパス弁44を作動させて、給水制御を行うことができる。このため、蒸気発生器7内の水位が微小変化する場合、定格容量の小さい給水バイパス弁44を用いることにより、給水流量の変動を抑制することができるため、蒸気発生器7内の冷却材の水位の変動を抑制することができる。また、微小変化領域Dを超えて水位が変化した場合、給水制御部45は、主給水弁42および給水バイパス弁44を作動させて、給水制御を行うことができる。このため、蒸気発生器7内の水位が外乱等により大きく変化する場合、定格容量の大きい主給水弁42を用いることができるため、給水制御部45は、蒸気発生器7内の水位が目標水位となるように好適に給水制御することができる。さらに、微小変化領域Dを主給水弁42の不感帯とすることで、蒸気発生器7内の水位が微小変化する場合において、簡易な構成により、給水制御部45は、主給水弁42を作動させずに、給水バイパス弁44を作動させて、給水制御を行うことができる。

[0058] また、原子炉5の定格運転時において、水位偏差が微小変化領域D内である場合、給水制御部45は、給水バイパス弁44を水位偏差に基づいてPI制御することができる。このとき、給水制御部45は、蒸気発生器7内の水位を水位計49により検出すればよく、PI制御に要するパラメータを少なくすることができる。このため、給水制御部45は、外乱等の影響を受けにくく、また、簡易な構成で給水バイパス弁44をPI制御することができる。

[0059] また、給水制御部45は、原子炉5の定格運転と非定格運転とで給水制御を異ならせることができる。このため、給水制御部45は、原子炉5の出力状態に応じた給水制御を行うことが可能となる。

[0060] 具体的に、第2可変ゲイン設定部51は、原子炉5が低出力状態のときは

、第2比例ゲインを小さく、原子炉5が高出力状態のときは、第2比例ゲインを大きくすることができる。これにより、原子炉5の低出力時における蒸気発生器7内の水位の変動は、原子炉5の高出力時における蒸気発生器7内の変動に比して小さいため、給水制御部45は、水位の変動に応じたPI制御を行うことが可能となる。また、原子炉5が低出力状態のときは、蒸気発生器7へ冷却材を供給すると、蒸気発生器7内の冷却材が冷やされ、これにより、蒸気発生器7内の水位が一時下がることにより、逆応答する場合がある。この場合、第2比例ゲインを上記の構成とすることで、給水制御部45は、原子炉5の低出力時において、冷却材の水位が逆応答しても、第2比例ゲインは小さいため、逆応答に対する過剰な応答を抑制することができる。

[0061] また、第3可変ゲイン設定部53は、導出信号の制御値が小さいときは、第3比例ゲインを小さく、導出信号の制御値が大きいときは、第3比例ゲインを大きくすることができる。これにより、給水制御部45は、導出信号の制御値が小さい場合、すなわち、水位偏差および流量偏差が小さい場合、第3比例ゲインが小さくなるため、PI制御の安定性を向上させることができる。一方で、給水制御部45は、導出信号の制御値が大きい場合、すなわち、水位偏差および流量偏差が大きい場合、第3比例ゲインが大きくなるため、蒸気発生器7内における冷却材の流出入の過渡変化時において、PI制御を迅速に応答させることができる。

実施例 2

[0062] 続いて、図5を参照して、実施例2に係る給水装置70について説明する。ここで、図5は、原子炉の定格運転時における給水制御部の給水バイパス弁に関する制御ブロック図である。なお、実施例2では、重複した記載を避けるべく、実施例1と異なる部分についてのみ説明する。実施例2に係る給水装置70の給水制御部71は、原子炉5の定格運転時における給水バイパス弁44の給水制御が実施例1と異なっており、蒸気発生器7内の水位だけでなく、給水流量および蒸気流量に基づいて、給水バイパス弁44が制御されている。

- [0063] 具体的に、給水制御部 7 1 は、第 1 P I 制御部（第 1 フィードバック制御部） 7 5 と、第 2 P I 制御部（第 2 フィードバック制御部） 7 6 とを有している。
- [0064] 第 1 P I 制御部 7 5 は、タービン 2 2 の流入口周りの蒸気の圧力に応じて設定される目標水位と、蒸気発生器 7 内の水位との水位偏差である制御入力信号（第 1 制御入力信号）に対し、比例制御と、積分制御とを行うことで、制御入力信号をフィードバック制御（P I 制御）している。そして、第 1 P I 制御部 7 5 は、P I 制御後の制御入力信号を制御出力信号（第 1 制御出力信号）として出力する。なお、目標水位は、図 2 のグラフ G 1 と同様となる図 5 に示すグラフ G 1 に基づいて設定される。
- [0065] 第 2 P I 制御部 7 6 は、その入力側に第 1 P I 制御部 7 5 と給水流量計 4 8 と蒸気流量計 4 7 とが接続されている。そして、第 2 P I 制御部 7 6 は、入力された制御出力信号と、給水流量計 4 8 により検出した給水流量と蒸気流量計 4 7 により検出した蒸気流量との流量偏差である制御入力信号（第 2 制御入力信号）と、から導出される導出信号に対し、比例制御と、積分制御とを行うことで、導出信号をフィードバック制御（P I 制御）している。そして、第 2 P I 制御部 7 6 は、P I 制御後の導出信号を、主給水弁 4 2 を制御する制御出力信号（第 2 制御出力信号）として出力する。よって、給水制御部 7 1 は、原子炉 5 が定格運転を行う場合、制御出力信号を主給水弁 4 2 へ向けて出力することで、主給水弁 4 2 による給水制御を行うことが可能となる。
- [0066] 以上の構成によれば、原子炉 5 の定格運転時において、水位偏差が微小変化領域 D 内である場合、給水制御部 7 1 は、給水バイパス弁 4 4 を水位偏差および流量偏差に基づいて P I 制御することができる。これにより、給水制御部 7 1 は、複数のパラメータに基づいて、給水制御することができるため、原子力施設 1 の運転状況に則して、給水バイパス弁 4 4 を制御することができ、目標水位となるように精度良く給水制御を行うことができる。

実施例 3

- [0067] 続いて、図6を参照して、実施例3に係る給水装置80について説明する。ここで、図6は、原子炉の定格運転時における実施例3の給水制御部の給水バイパス弁に関する制御ブロック図である。なお、実施例3では、重複した記載を避けるべく、実施例1と異なる部分についてのみ説明する。実施例3に係る給水装置80は、原子炉5の定格運転時における給水バイパス弁44の給水制御が実施例1と異なっており、蒸気発生器7内の水位に基づいて、給水バイパス弁44をファジィ制御している。
- [0068] 具体的に、給水制御部81は、水位変化率導出部85と、ファジィ制御部86と、積分制御部87とを有している。
- [0069] 水位変化率導出部85は、水位計49の検出結果に基づいて、単位時間当たりの蒸気発生器7内の水位の変化から、水位変化率を導出し、導出した水位変化率をファジィ制御部86へ向けて出力している。
- [0070] ファジィ制御部86は、タービン22の流入口周りの蒸気の圧力に応じて設定される目標水位と蒸気発生器7内の水位との水位偏差と、入力された水位変化率とに基づいて、ファジィ制御を行って、給水バイパス弁44を制御する制御出力信号を出力する。具体的に、ファジィ制御部86は、入力される水位偏差がプラスである場合、水位偏差のプラス方向の大きさに応じて、給水バイパス弁44の開度を開弁側に作動させる制御を行う。一方で、ファジィ制御部86は、入力される水位偏差がマイナスである場合、水位偏差のマイナス方向の大きさに応じて、給水バイパス弁44の開度を閉弁側に作動させる制御を行う。また、ファジィ制御部86は、水位変化率がプラスである場合、水位変化率のプラス方向の大きさに応じて、給水バイパス弁44の開度を開弁側に作動させる制御を行う。一方で、ファジィ制御部86は、水位変化率がマイナスである場合、水位変化率のマイナス方向の大きさに応じて、給水バイパス弁44の開度を閉弁側に作動させる制御を行う。なお、目標水位は、図2のグラフG1と同様となる図6に示すグラフG1に基づいて設定される。
- [0071] 積分制御部87は、制御出力信号に対し、積分制御を行っている。そして

、積分制御部 87 は、積分制御後の制御出力信号を、給水バイパス弁 44 の制御出力信号として出力する。よって、給水制御部 81 は、原子炉 5 が定格運転を行う場合、制御出力信号を給水バイパス弁 44 へ向けて出力することで、給水バイパス弁 44 による給水制御を行うことが可能となる。

[0072] 以上の構成によれば、原子炉 5 の定格運転時において、水位偏差が微小変化領域 D 内である場合、給水制御部 81 は、水位偏差および水位変化率に基づいて、給水バイパス弁 44 をファジィ制御することができる。このとき、給水制御部 81 は、蒸気発生器 7 内の水位を水位計 49 により検出すればよく、ファジィ制御に要するパラメータを少なくすることができる。このため、給水制御部 81 は、外乱等の影響を受けにくく、また、簡易な構成で給水バイパス弁 44 をファジィ制御することができる。

[0073] ここで、図 7 を参照して、実施例 1 ないし 3 の給水装置 40, 70, 80 の給水制御によって変化する給水流量の揺らぎについて比較する。図 7 は、従来および実施例 1 ないし 3 の給水流量の揺らぎ幅の比較に関する説明図である。図 7 を見るに、原子炉 5 の定格運転時において、給水制御部が主給水弁を作動させた従来の構成の場合、給水流量の揺らぎ幅は大きなものとなっている。しかしながら、実施例 1 のように、原子炉 5 の定格運転時において、給水制御部 45 が主給水弁 42 を作動させずに、給水バイパス弁 44 を実施例 1 の構成で作動させた場合は、従来に比して、給水流量の揺らぎ幅を約 80% 減少させることができる。同様に、原子炉 5 の定格運転時において、給水制御部 71, 81 が主給水弁 42 を作動させずに、給水バイパス弁 44 を実施例 2 および 3 の構成で作動させた場合も、従来に比して、給水流量の揺らぎ幅を約 80% 減少させることができる。

[0074] なお、実施例 1 ないし 3 の給水装置 40, 70, 80 の給水制御部 45, 71, 81 は、必要に応じて、不感帯を有しない従来の給水制御に切換可能に構成してもよい。

産業上の利用可能性

[0075] 以上のように、本発明に係る給水装置は、加圧水型原子炉を有する原子力

施設において有用であり、特に、蒸気発生器内の水位を目標水位に維持する場合に適している。

符号の説明

[0076]	1	原子力施設
	3	原子炉冷却系
	4	タービン系
	5	原子炉
	6 a	コールドレグ
	6 b	ホットレグ
	7	蒸気発生器
	8	加圧器
	1 5	燃料集合体
	1 6	制御棒
	2 1	蒸気管
	2 2	タービン
	2 3	復水器
	2 4	給水ポンプ
	2 5	発電機
	2 6	給水管
	2 7	冷却管
	2 8	取水管
	2 9	排水管
	4 0	給水装置
	4 2	主給水弁
	4 3	バイパス管
	4 4	給水バイパス弁
	4 5	給水制御部
	4 7	蒸気流量計

- 4 8 給水流量計
- 4 9 水位計
- 5 1 第 2 可変ゲイン設定部
- 5 2 第 4 P I 制御部
- 5 3 第 3 可変ゲイン設定部
- 5 4 第 5 P I 制御部
- 5 7 第 1 温度センサ
- 5 8 第 2 温度センサ
- 6 1 第 1 可変ゲイン設定部
- 6 2 第 3 P I 制御部
- 6 3 主給水弁開度設定部
- 6 4 加算部
- 6 5 給水バイパス弁の P I 制御部
- 7 0 給水装置（実施例 2）
- 7 1 給水制御部（実施例 2）
- 7 5 第 1 P I 制御部
- 7 6 第 2 P I 制御部
- 8 0 給水装置（実施例 3）
- 8 1 給水制御部（実施例 3）
- 8 5 水位変化率導出部
- 8 6 ファジィ制御部
- 8 7 積分制御部
- D 微小変化領域

請求の範囲

- [請求項1] 原子力施設に設けられた蒸気発生器へ向けて冷却材を供給するために、前記蒸気発生器に接続された主給水管と、
- 前記主給水管に設けられ、定格容量の大きな主給水弁と、
- 前記主給水弁の上流側と下流側との前記主給水管に接続される給水バイパス管と、
- 前記給水バイパス管に設けられ、前記主給水弁に比して、定格容量の小さな給水バイパス弁と、
- 前記蒸気発生器内の冷却材の水位を検出可能な水位検出手段と、
- 前記水位検出手段によって検出された検出水位に基づいて、前記主給水弁と前記給水バイパス弁とを制御して、前記蒸気発生器に供給される冷却材の給水流量を制御可能な給水制御部と、を備え、
- 前記給水制御部は、
- 予め設定された前記蒸気発生器内の冷却材の目標水位と前記検出水位との水位偏差が、予め設定された微小変化領域内である場合、前記微小変化領域を前記主給水弁の不感帯として前記主給水弁を制御せず、前記給水バイパス弁を制御して給水流量を制御する一方で、
- 前記水位偏差が前記微小変化領域を超えて変化する場合、前記主給水弁および前記給水バイパス弁を制御して給水流量を制御することを特徴とする給水装置。
- [請求項2] 前記給水制御部は、
- 前記水位偏差が制御入力信号として入力され、入力された前記制御入力信号をフィードバック制御し、フィードバック制御後の前記制御入力信号を制御出力信号として出力するフィードバック制御部を有し、
- 前記給水バイパス弁は、前記制御出力信号に基づいて作動することを特徴とする請求項1に記載の給水装置。
- [請求項3] 前記蒸気発生器へ流入する冷却材の給水流量を検出する給水流量検

出手段と、

前記蒸気発生器から流出する蒸気の蒸気流量を検出する蒸気流量検出手段と、をさらに備え、

前記給水制御部は、

前記水位偏差が第1制御入力信号として入力され、入力された前記第1制御入力信号をフィードバック制御し、フィードバック制御後の前記第1制御入力信号を第1制御出力信号として出力する第1フィードバック制御部と、

前記第1制御出力信号が入力されると共に、前記給水流量と前記蒸気流量との流量偏差が第2制御入力信号として入力され、入力された前記第1制御出力信号と前記第2制御入力信号とから導出された導出信号をフィードバック制御し、フィードバック制御後の前記導出信号を第2制御出力信号として出力する第2フィードバック制御部と、を有し、

前記給水バイパス弁は、前記第2制御出力信号に基づいて作動することを特徴とする請求項1に記載の給水装置。

[請求項4]

前記給水制御部は、

前記水位偏差が第1制御入力信号として入力され、前記検出水位の水位変化率が第2制御入力信号として入力され、入力された前記第1制御入力信号と前記第2制御入力信号とに基づいてファジィ制御して出力された信号を第1制御出力信号として出力するファジィ制御部と、

入力された前記第1制御出力信号を積分制御して、積分制御後の前記第1制御出力信号を第2制御出力信号として出力する積分制御手段と、を有し、

前記給水バイパス弁は、前記第2制御出力信号に基づいて作動することを特徴とする請求項1に記載の給水装置。

[請求項5]

前記蒸気発生器から流出する蒸気の蒸気流量を検出する蒸気流量検

出手段と、をさらに備え、

前記給水制御部は、

前記水位偏差が第3制御入力信号として入力され、入力された前記第3制御入力信号に対し、前記不感帯となる前記微小変化領域を有する第1比例ゲインを設定する第1可変ゲイン設定部と、

前記第1比例ゲインが設定された前記第3制御入力信号をフィードバック制御して、第3制御出力信号として出力する第3フィードバック制御部と、

前記蒸気流量が第4制御入力信号として入力され、入力された前記第4制御入力信号と予め定められた関数とから導出された信号を、第4制御出力信号として出力する関数設定部と、

前記第3制御出力信号と前記第4制御出力信号を加算して導出された信号を、加算制御出力信号として出力する加算部と、を有し、

前記主給水弁は、前記加算制御出力信号に基づいて作動することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の給水装置。

[請求項6]

前記原子力施設に設けられた原子炉の出力状態を検出する原子炉出力検出手段をさらに備え、

前記給水制御部は、

前記水位偏差が第5制御入力信号として入力され、入力された前記第5制御入力信号に対し、前記原子炉の出力状態に応じて可変する第2比例ゲインを設定する第2可変ゲイン設定部と、

前記第2比例ゲインが設定された前記第5制御入力信号をフィードバック制御して、第5制御出力信号として出力する第4フィードバック制御部と、

前記第5制御出力信号が入力されると共に、前記給水流量と前記蒸気流量との流量偏差が第6制御入力信号として入力され、入力された前記第5制御出力信号と前記第6制御入力信号とから導出された導出信号に対し、前記導出信号の制御値の大きさに応じて可変する第3比

例ゲインを設定する第3可変ゲイン設定部と、

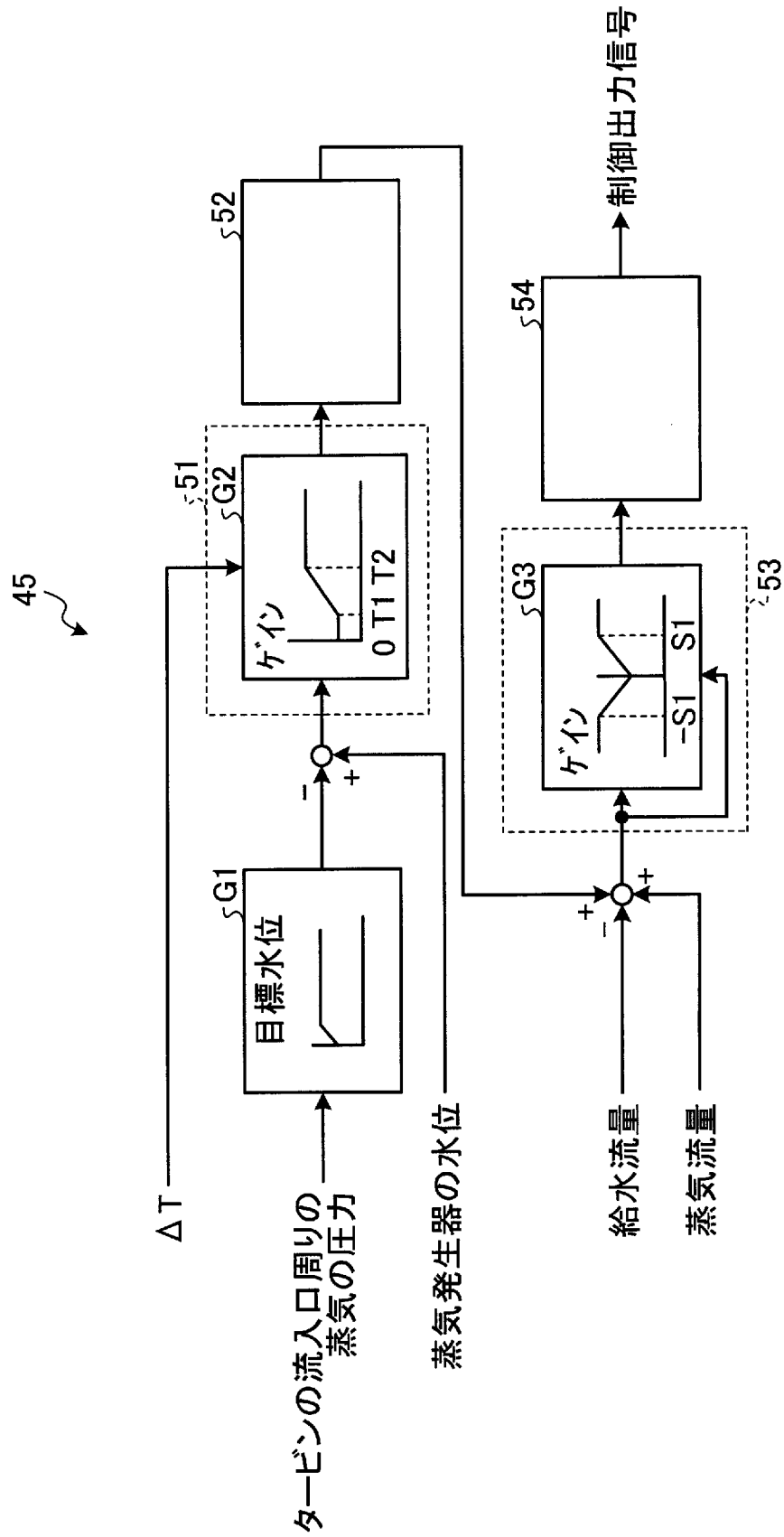
前記第3比例ゲインが設定された前記導出信号をフィードバック制御して、第6制御出力信号として出力する第5フィードバック制御部と、を有し、

前記主給水弁は、前記第6制御出力信号に基づいて作動することを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の給水装置。

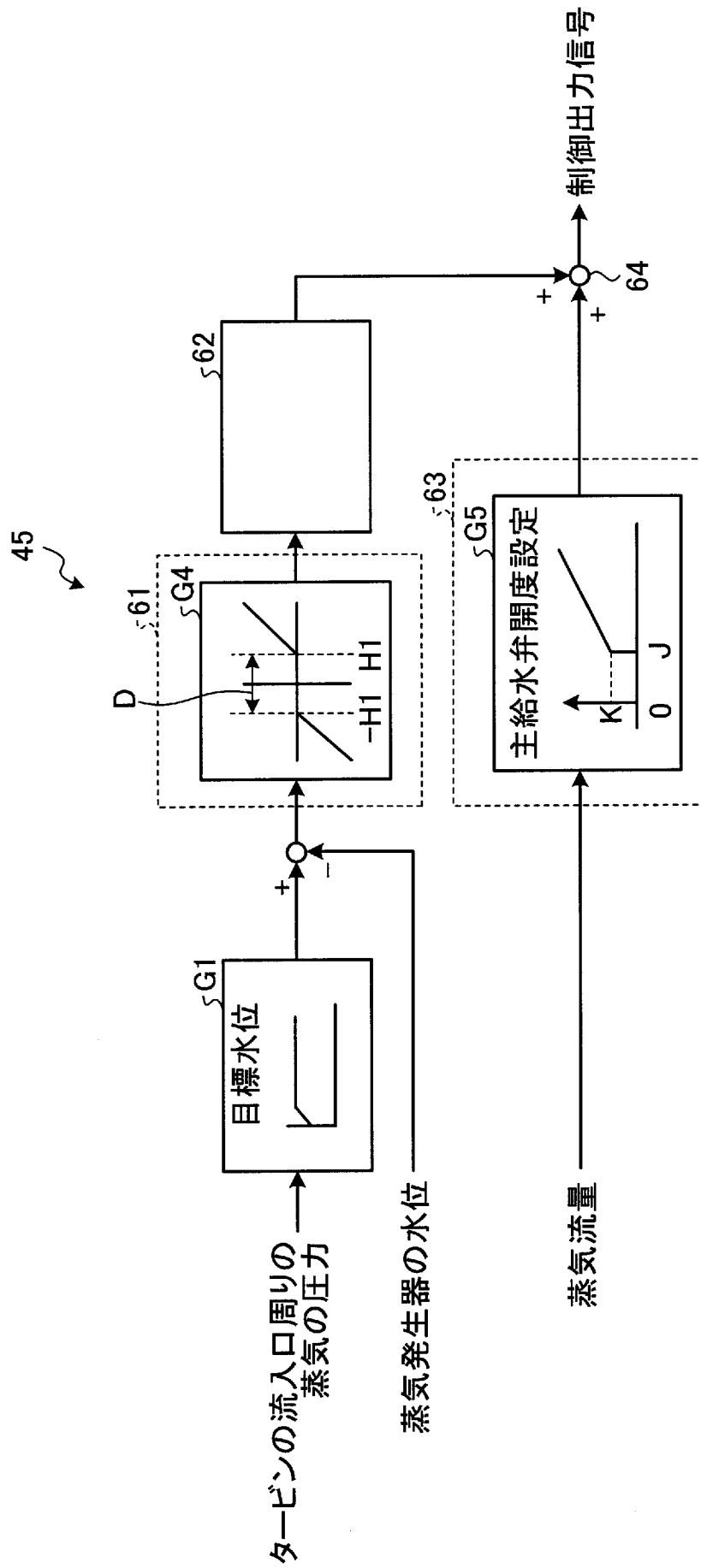
[請求項7] 前記第2比例ゲインは、前記原子炉の出力状態が、低出力状態から高出力状態へ変化するに従って大きくなることを特徴とする請求項6に記載の給水装置。

[請求項8] 前記第3比例ゲインは、前記導出信号の制御値の大きさが大きく変化するに従って大きくなっていくことを特徴とする請求項6または7に記載の給水装置。

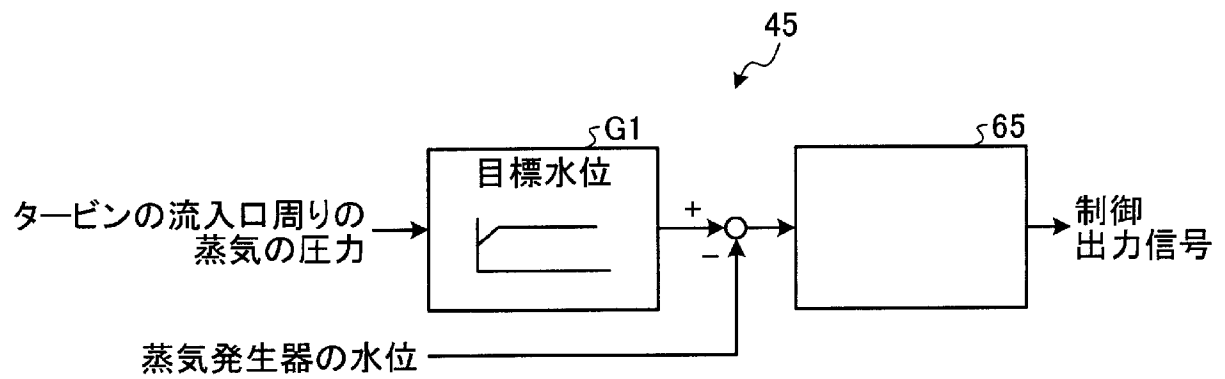
[図2]



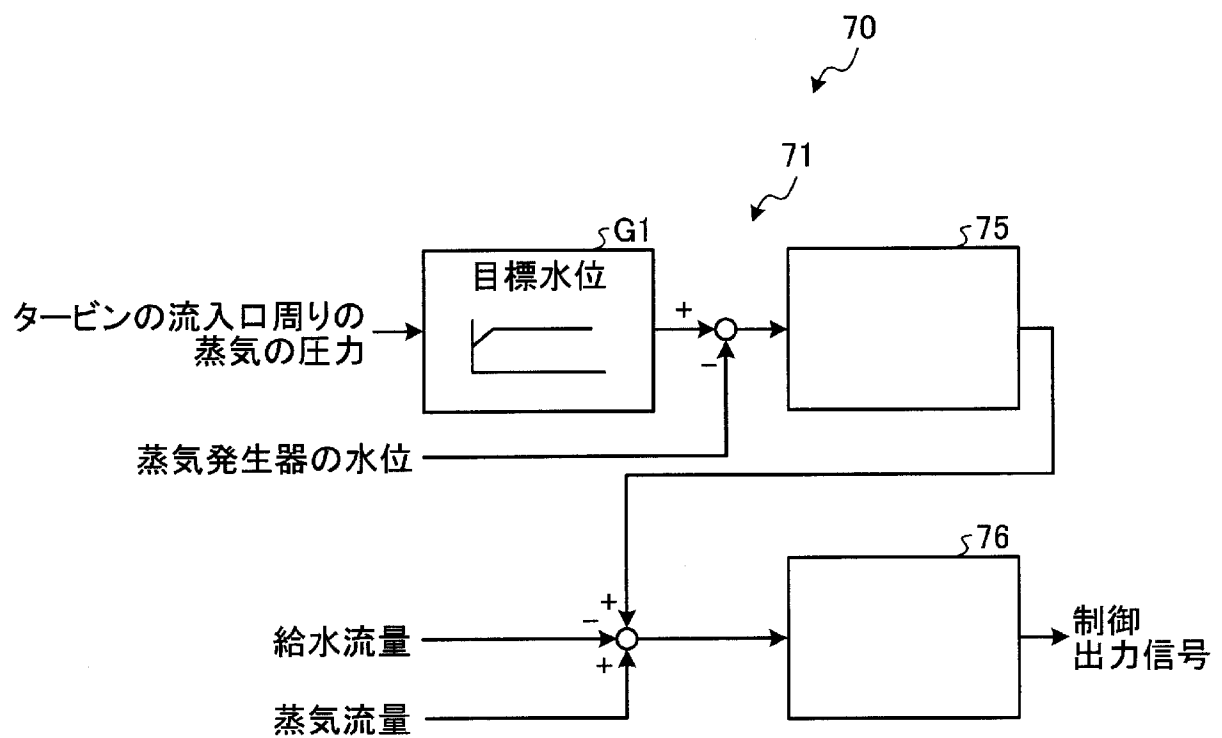
[図3]



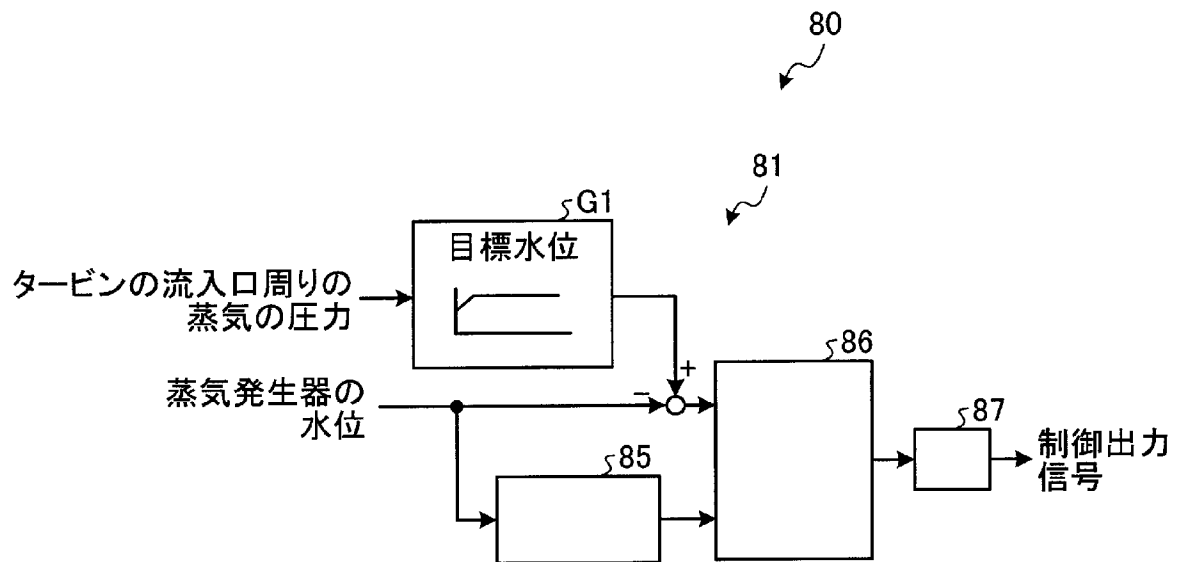
[図4]



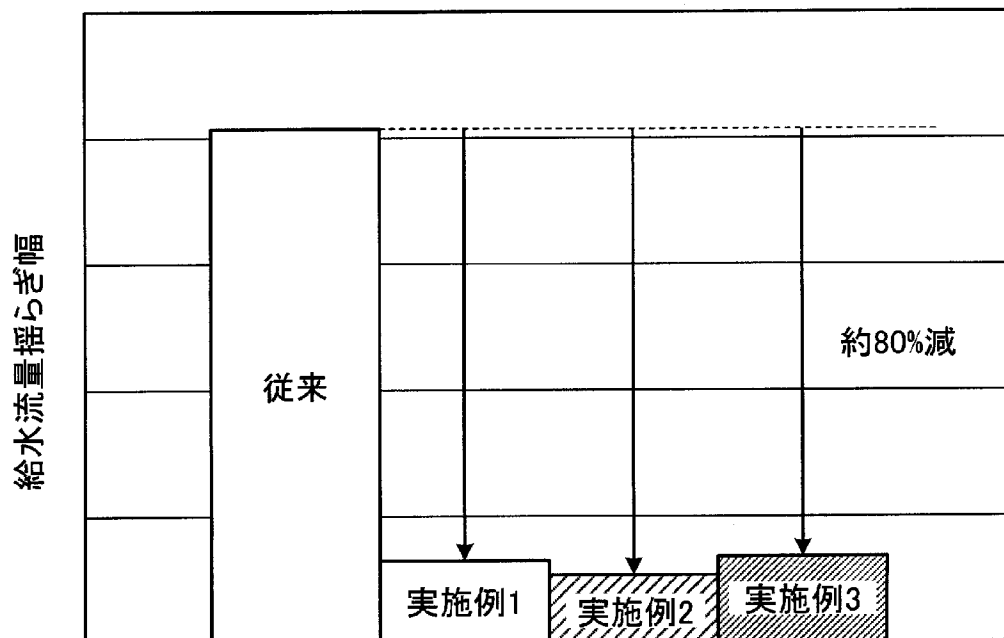
[図5]



[図6]



[図7]



定格運転時の給水流量の揺らぎ幅の比較

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/068182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21D3/08(2006.01) i, F22D5/30(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G21D3/08, F22D5/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 59-211109 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 November 1984 (29.11.1984), page 1, right column, line 2 to page 2, upper right column, line 1; fig. 1, 2 (Family: none)	1-2 3-8
Y A	JP 10-253007 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 September 1998 (25.09.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-2 3-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September, 2011 (08.09.11)

Date of mailing of the international search report
20 September, 2011 (20.09.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/068182

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-504413 A (Combustion Engineering, Inc.), 26 September 1991 (26.09.1991), entire text; all drawings & US 4912732 A & EP 411013 A & WO 1989/009996 A1 & FR 2646547 A & ES 2013439 A & KR 10-1992-0007744 B	1-8
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 44206/1990 (Laid-open No. 3398/1992) (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 13 January 1992 (13.01.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G21D3/08(2006.01)i, F22D5/30(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G21D3/08, F22D5/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 59-211109 A（三菱電機株式会社）1984.11.29, 第1頁右欄第2行目-第2頁右上欄第1行目、第1、2図（ファミリーなし）	1-2 3-8
Y A	JP 10-253007 A（三菱重工業株式会社）1998.09.25, 全文、全図（ファミリーなし）	1-2 3-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.09.2011

国際調査報告の発送日

20.09.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

青木 洋平

2 I

3 1 0 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 3-504413 A (コンバツション エンジニアリング インコーポレ ーテッド) 1991.09.26, 全文、全図 & US 4912732 A & EP 411013 A & WO 1989/009996 A1 & FR 2646547 A & ES 2013439 A & KR 10-1992-0007744 B	1-8
A	日本国実用新案登録出願 2-44206 号(日本国実用新案登録出願公開 4-3398 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイ クロフィルム (三菱重工業株式会社) 1992.01.13, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-8