

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3548644号

(P3548644)

(45) 発行日 平成16年7月28日(2004.7.28)

(24) 登録日 平成16年4月23日(2004.4.23)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

HO2P	9/04	HO2P	9/04	H
FO1D	15/08	FO1D	15/08	A
FO4D	13/06	FO4D	13/06	J
F15B	20/00	F15B	20/00	A
HO2K	7/14	HO2K	7/14	B

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-317100  
 (22) 出願日 平成7年11月13日(1995.11.13)  
 (65) 公開番号 特開平9-140194  
 (43) 公開日 平成9年5月27日(1997.5.27)  
 審査請求日 平成13年5月18日(2001.5.18)

(73) 特許権者 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100083231  
 弁理士 紋田 誠  
 (72) 発明者 星 弘幸  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会  
 社東芝 本社事務所内

審査官 植村 貴昭

(56) 参考文献 特開平6-257410(JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン駆動給水ポンプ制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2台運転のタービン駆動給水ポンプの中で、負荷状況に応じて1台を停止させるように配置される給水系統の給水流量を制御するために前記それぞれのタービン駆動給水ポンプの回転数信号が回転指令信号となるようにそれぞれの蒸気加減弁を開閉制御する回転数制御手段と、前記それぞれのタービン駆動給水ポンプの吐出側の給水を復水器へ再循環させる最小流量循環系統の最小流量を制御するために前記それぞれのタービン駆動給水ポンプの吸込流量信号が吸込流量設定信号とするように最小流量制御信号によりそれぞれの最小流量循環系統に配置される最小流量弁を開閉する一方、前記タービン駆動給水ポンプのいずれかを停止するタービン停止時に所定に制限された開スピードで全開方向へ移行する全開信号を前記最小流量制御信号として出力し、また、前記吸込流量信号が急低下したとき急開信号を前記最小制御信号へ出力して最小流量弁を全開とする最小流量制御手段とを備えたタービン駆動給水ポンプ制御装置において、

前記最小流量制御手段のそれぞれに、前記タービン停止時の切替タイミングを検出し、停止タイミング信号を出力する切替タイミング検出手段と、この手段から停止タイミング信号が入力されると予め定められた停止側のタービン駆動給水ポンプに対応する最小流量弁へ前記全開指令信号を出力する手段とを備え、タービン停止時に対応する最小流量弁が全開となるまで停止側タービン駆動給水ポンプの回転数信号が前記回転数指令信号となるように回転数制御をすることにより吸込流量の急低下を回避させて前記急開信号の出力を阻止することとしたことを特徴とするタービン駆動給水ポンプ制御装置。

10

20

## 【請求項 2】

前記切替タイミング検出手段は、タービン駆動給水ポンプの吸込流量あるいは発電機出力量若しくは給水流量のいずれかに基づいて前記切替タイミングを検出することを特徴とする請求項 1 記載のタービン駆動給水ポンプ制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、原子力発電プラントにおいて原子炉へ給水する 2 台運転のタービン駆動給水ポンプの中で 1 台を停止する際に給水システムの制御性を向上させるためのタービン駆動給水ポンプ制御装置に関する。

10

## 【0002】

## 【従来の技術】

図 3 に原子力発電プラントにおける概略系統図を示す。

## 【0003】

図において、原子炉 1 により発生した蒸気がタービン 2 へ送られて膨張し、タービン 2 により膨張された蒸気が復水器 3 に導かれる。復水器 3 は外部から供給される冷却水によって冷却されて復水となる。この復水は復水ポンプ 4 により抽出され、さらに、給水がタービン駆動給水ポンプ 5 A、5 B により昇圧され給水が原子炉 1 へ供給される。

## 【0004】

一般に、タービン駆動給水ポンプ 5 は、図示するように 2 台並列に設置されている。すなわち、A 系統のタービン駆動給水ポンプ（以下「T/D RFP」と記述する）5 A と B 系統のタービン駆動給水ポンプ（以下「T/D RFP」と記述する）5 B とがあり、全負荷を 2 台の運転で賄い全負荷の半分以下となると 1 台を停止 1 台のみで運転するように構成している。そして、T/D RFP 5 A、5 B はそれぞれタービン 2 から抽出される蒸気（抽気）により駆動され、それぞれの蒸気加減弁 6 A、6 B を開/閉することによって回転数を制御し給水を制御する。

20

## 【0005】

また、T/D RFP 5 A、5 B の吐出側にはポンプ保護のために復水器 3 に戻るミニマムフロー系統 7 が配設され、このミニマムフロー系統 7 に T/D RFP 5 A、5 B への最小流量を確保するための最小流量弁 8 が設置されている。

30

## 【0006】

図 4 に T/D RFP 5 A、5 B の回転数制御と最小流量弁制御機能を有するタービン駆動ポンプ制御装置（以下「T/D RFP 制御装置」と記述する）の一例を示す。

## 【0007】

図において、T/D RFP 制御装置 9 は、それぞれ T/D RFP A 系制御部 9 A と T/D RFP B 系制御部 9 B を設けて、原子炉 1 の水位を制御するための給水制御装置 10 からの回転数指令信号 11 を取込み、さらに、T/D RFP 回転数検出器 12 からの T/D RFP 回転数検出信号 13 を取込み、これらの回転数指令信号 11 と T/D RFP 回転数検出信号 13 とを回転数制御手段 14 へ入力する。そして、回転数制御手段 14 によって回転数指令信号 11 と T/D RFP 回転数検出信号 13 との偏差が求められ得られる偏差について制御演算され蒸気加減弁 6 A、6 B へ蒸気加減弁開度指令信号 15 が出力される。

40

## 【0008】

これにより、それぞれの蒸気加減弁 6 A、6 B が蒸気加減弁開度指令信号 15 により開閉され、T/D RFP 5 A、5 B に流入する蒸気量が制御されて T/D RFP 5 A、5 B の回転数が制御される。

## 【0009】

また、T/D RFP A 系制御部 9 A と T/D RFP B 系制御部 9 B では、T/D RFP 吸込流量検出器 16 からの流量検出信号 17 を入力し、この流量検出信号 17 と流量設定手段 18 からの流量設定信号 18 a との偏差信号 19 が偏差算出手段 20 により算出

50

され、後述する切替手段 2 1 の B 接点 2 1 b を介して流量制御手段 2 2 へ入力される。さらに、流量制御手段 2 2 では、偏差信号 1 9 について制御演算を施し得られる最小流量弁開度信号 2 3 が切替手段 2 4 の B 接点 2 4 b を介してそれぞれの最小流量弁 8 へ出力される。

#### 【 0 0 1 0 】

ここで、切替手段 2 1 は、給水制御装置 1 0 に設けるそれぞれの自動・手動切替手段 3 0 , 3 1 の A 接点 3 0 a 1 , 3 1 a 1 からの切替信号 2 5 によって切替えられ、通常モード時には、B 接点 2 1 b が閉となり、切替信号 2 5 が入力すると全開モードとなり、A 接点 2 1 a が閉となり、全開信号出力手段 2 7 からの全開信号が流量制御手段 2 2 へ入力される。また、切替手段 2 4 は、通常モード時に B 接点 2 4 b が閉となり、吸込流量が急低下したとき T / D R F P 5 A , 5 B を保護するために急開切替信号出力手段 2 8 が切替信号 2 8 a を出力し、A 接点 2 4 a が閉となるように構成されている。

10

#### 【 0 0 1 1 】

これによって、最小流量弁 8 A , 8 B が切替手段 2 1 と切替手段 2 4 に応じた最小流量弁開度信号 2 3 によって開閉され最小の流量が確保される。この場合、T / D R F P 5 A , 5 B の最小流量弁 8 は容量が大きいため最小流量弁開度信号 2 3 の増減が大きいと弁開 / 閉時の給水系統への外乱が大きいの。そこで、通常モードや全開信号モードのとき最小流量弁開度信号 2 3 は、流量制御手段 2 2 により開 / 閉スピードが制限されるようになっている。

#### 【 0 0 1 2 】

一方、例えば、何らかの故障により回転数指令信号 1 1 が急減し、T / D R F P 吸込流量信号 2 6 が急減したとき、急開切替信号出力手段 2 8 からの切替信号 2 8 a が切替手段 2 4 へ出力され、急開モードとして急開切替信号出力手段 2 8 からの急開信号が A 接点 2 4 a を介して最小流量弁開度信号 2 3 として最小流量弁 8 A , 8 B へ出力され急スピードで最小流量弁 8 A , 8 B を急全開させる。

20

#### 【 0 0 1 3 】

ここで、2 台運転の T / D R F P 5 A , 5 B から 1 台を停止する場合について説明すると、まず、通常モードのとき給水制御装置 1 0 では、給水流量検出器 3 5 からの給水流量信号 3 6 を取込み回転数指令信号生成手段 3 4 によって生成された回転数指令信号 1 1 が自動・手動切替手段 3 0 , 3 1 の B 接点 3 0 b , 3 1 b を介して出力され、それぞれの回

30

#### 【 0 0 1 4 】

次に、負荷が減少すると運転員が T / D R F P 5 A , 5 B の 2 台運転から 1 台を停止する時点を判断し、予め定めた停止側に対応する自動・手動切替手段 3 0 , 3 1 を手動とする。例えば、A 系統の T / D R F P 5 A を停止する場合、まず、自動・手動切替手段 3 0 を手動とする。これによって、A 接点 3 0 a 1 が閉となり切替信号 2 5 が切替手段 2 1 へ入力される一方、手動信号出力手段 3 2 から運転員による操作がされるが回転数指令信号 1 1 として A 接点 3 0 a 2 を介して回転数制御手段 1 4 へ出力される。

#### 【 0 0 1 5 】

T / D R F P 制御装置 9 の T / D R F P 5 A 制御部 9 A では、手動による回転数指令信号によって回転数が一定に制御される一方、全開信号出力手段 2 7 からの全開信号が流量制御手段 2 2 により、制限されつつ増加して行く。そして、最小流量弁 8 A が全開となると、給水制御装置 1 0 の手動信号出力手段 3 2 からの回転数指令信号 1 1 を徐々に低下させ、T / D R F P 回転数検出信号 1 3 の低下に伴い T / D R F P 5 A を停止する。

40

#### 【 0 0 1 6 】

##### 【 発明が解決しようとする課題 】

ところで、図 4 に示す T / D R F P 制御装置 9 は、プラント停止時等の T / D R F P 5 A , 5 B の運転台数を 1 台へ切替るときに最小流量弁 8 A , 8 B の急開に伴って給水系統へ外乱を発生させるおそれがあるという問題がある。

#### 【 0 0 1 7 】

50

すなわち、この問題を図5および図6に従って説明すると、図5は、T/D RFP5A, 5Bの2台運転から1台運転に移行するときのT/D RFPQ-H特性を示し、図6は対応する作用をタイミングチャートで簡略的に示したもので、ここで、例えば、T/D RFP5Aを停止するとする。まず、T/D RFP5Aの停止直前には、両者は図5のA点に運転点があり、吐出流量はQ0、ポンプ揚程はH0で、ポンプ回転数N0となっている。このとき、図6に示すように両者共に、回転数指令信号11と最小流量弁開度信号23と吐出流量Q0(図6では流量検出信号17としている)となっている。

#### 【0018】

次に、負荷の減少によってT/D RFP5Aを停止しようとする時刻t0に給水制御装置10の自動・手動切替手段30を自動から手動とするとT/D RFP5A系制御部9Aの回転数指令信号11が一定の値N0となって入力する。これと共に、切替信号25の入力によって全開信号出力手段27からの全開信号がA接点21aを介して流量制御手段22へ入力され、徐々に最小流量弁8Aが開方向へ移行する。これにより、最小流量弁8Aから復水器3へ給水が流入し、給水流量信号36が減少する。

#### 【0019】

給水流量信号36が減少すると、給水制御装置10の回転数指令信号生成手段34によって回転数指令信号11が増加し、自動となっている自動・手動切替手段31からの回転数指令信号11がT/D RFP5B系制御部9Bへ入力し最小流量弁8Bの開度を上げ回転数を例えば、N1として給水流量信号36の減少を補って原子炉1へ供給する。

#### 【0020】

このために、図5に示す運転点がT/D RFP5Bでは、B点となり、T/D RFP5AではC点となり、T/D RFP5Bの吐出流量がQ2、吐出圧力H1と増加する一方、T/D RFP5Aの吐出圧力がH1となり吐出流量はQ1に低下するように移行する。この結果、時刻t1になると停止側のT/D RFP5Aの吐出流量がQ1と低下するために、図4に示す急開切替信号出力手段28が急開モードとして切替信号28aを出力し切替手段24のA接点24aを閉として100%の急開信号を最小流量弁8Aへ出力する。最小流量弁8Aが100%へ急開すると、T/D RFP5Aの吐出流量の大部分が復水器3へ流れ、給水流量信号36が急減し、給水系統へ大きな外乱を与えることになる。

#### 【0021】

そこで、本発明は、前述の問題点に鑑みてなされるもので、2台運転のタービン駆動給水ポンプ内で1台停止時に最小流量弁の急開による給水系統への外乱を回避するタービン駆動給水ポンプ制御装置を提供することを目的とする。

#### 【0022】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、2台運転のタービン駆動給水ポンプの内で、負荷状況に応じて1台を停止させるように配置される給水系統の給水流量を制御するためにそれぞれのタービン駆動給水ポンプの回転数信号が回転指令信号となるようにそれぞれの蒸気加減弁を開閉制御する回転数制御手段と、それぞれのタービン駆動給水ポンプの吐出側の給水を復水器へ再循環させる最小流量循環系統の最小流量を制御するためにそれぞれのタービン駆動給水ポンプの吸込流量信号が吸込流量設定信号とするように最小流量制御信号によりそれぞれの最小流量循環系統に配置される最小流量弁を開閉する一方、タービン駆動給水ポンプのいずれかを停止するタービン停止時に所定に制限された開スピードで全開方向へ移行する全開信号を最小流量制御信号として出力し、また、吸込流量信号が急低下したとき急開信号を最小制御信号へ出力して最小流量弁を全開とする最小流量制御手段とを備えたタービン駆動給水ポンプ制御装置において、最小流量制御手段のそれぞれにタービン停止時の切替タイミングを検出し、停止タイミング信号を出力する切替タイミング検出手段と、この手段から停止タイミング信号が入力されると予め定められた停止側のタービン駆動給水ポンプに対応する最小流量弁へ全開指令信号を出力する手段とを備え、タービン停止時に停止側のタービン駆動給水ポンプの回転数が運転側の回転数指令信号と同じになるように回転

10

20

30

40

50

数制御をすることにより吸込流量の急低下を回避させて急開信号の出力を阻止するようにしたものである。以上の構成により、タービン停止時のタイミングが検出されると停止側の最小流量弁へ全開指令信号が制限されて徐々に増加するように出力される。この場合に停止側の最小流量弁の開動作に伴う給水流量の減少するが停止側の回転数指令信号が増加されて補うように作用する。これにより、停止側の吸込流量の急低下が防止され、急開信号が出力されることが回避され、急開信号による給水流量の低下という給水システムへの外乱を与えることがなくなる。

#### 【0023】

請求項2の発明は、請求項1記載のタービン駆動給水ポンプ制御装置において、切替タイミング検出手段は、タービン駆動給水ポンプの吸込流量あるいは発電機出力量若しくは給水流量のいずれかに基づいて切替タイミングを検出するようにしたものである。以上の構成によれば、吸込流量、発電機出力、給水流量の内から最も効果的な信号を選択することができる。

10

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

#### 【0025】

図1は、本発明の実施の形態を示すタービン駆動給水ポンプ制御装置の構成図であり、図1において従来例を示す図4と同一符号は、同一部分または相当部分を示し、図1において、図4と異なる主な点は、切替タイミング検出手段41と切替判定手段42とを追設してT/D RFP A系制御部40AとT/D RFP B系制御部40BとからなるT/D RFP制御装置40とし、切替判定手段42は外部に配置される停止ポンプ選択手段43に接続している。

20

#### 【0026】

以上の構成により、通常モード時、図4の従来例で説明したと同様に、それぞれのT/D RFP A系制御部40AとT/D RFP B系制御部40BによってT/D RFP 5A, 5BのT/D RFP回転数検出信号13が回転数指令信号11となるように制御される。

#### 【0027】

一方、T/D RFP 5A, 5Bの流量検出信号17が流量設定信号18aとなるように最小流量弁8A, 8Bが制御される。この結果、図2に示す時刻t0以前のようにT/D RFP 5A, 5B共に、図6に対応して回転数N0、吐出流量Q0(図2では、流量検出信号17とする)が確保されている。

30

#### 【0028】

この場合、T/D RFP吸込流量検出器16からの流量検出信号17が切替タイミング検出手段41へ入力され、切替タイミング検出手段41によって所定の切替タイミングか否かの検出が行われている。切替タイミング検出手段41が所定の切替タイミングになったことを検出すると切替タイミング信号44が切替判定手段42へ出力される。例えば、全負荷100%として全負荷のとき給水流量が3000t/hと仮定すると、給水流量が1500t/h以下となるとT/D RFP 5A, 5Bの内1台を停止するタイミングが検出され切替タイミング信号44が出力される。

40

#### 【0029】

切替判定手段42では、停止ポンプ選択手段43からの予め定められた停止側T/D RFP 5A, 5Bを特定する停止選択信号45を取込み、自己が停止側のとき、例えば、T/D RFP 5Aが停止側のとき切替手段21へ切替信号を出力する。これによって、切替手段21のA接点21aが閉となり、全開信号出力手段27からの全開指令信号が流量制御手段22へ出力される。

#### 【0030】

流量制御手段22では、全開指令信号の急増を制限しつつ徐々に最小流量弁開度信号23を増加させ最小流量弁8Aを開方向とさせる。この場合に、停止側のT/D RFP A系

50

制御部 40A の回転数制御手段 14 へは、給水制御装置 10 から自動・手動切替手段 30 の B 接点 30b を介して回転数指令信号 11 が入力されて、最小流量弁 8A の開方向に伴う給水流量信号 36 の減少を補うように回転数指令信号 11 が増加し、図 5 に示した運転点 B の方向へ移行する。これにより、吐出流量が Q2、吐出圧力 H1 となり運転側の T/D RFP 5B とほぼ同じように推移する。そして、時刻 t1 となって最小流量弁 8A が全開となると、給水制御装置 10 の自動・手動切替手段 30 が手動とされ、手動信号出力手段 32 により停止側の T/D RFP 5A の回転数指令信号 11 を徐々に減少させて停止する操作がされる。

#### 【0031】

このように本発明の実施の形態によれば、T/D RFP 5A, 5B から 1 台停止するとき、停止側の T/D RFP 5 の回転数制御が自動モード時に実施され、最小流量弁 8 の開動作に伴う T/D RFP 吐出圧力の低下が回転数制御による回転数上昇により補正される方向となる。これにより、停止側の T/D RFP の吸込流量の低下が回避できポンプの保護のために急開モードによる急開指令信号が出力され、給水量の急減によって給水系統へ外乱を与えることが阻止できる。

10

#### 【0032】

なお、本発明の実施の形態では、T/D RFP 運転台数を切替える負荷となったことを T/D RFP の流量検出信号 17 で検出しているが、発電機出力で検出しても同様な効果が得られる。また、給水流量にて検出しても同様な効果が得られる。また、T/D RFP 運転台数切替時の停止選択（どちらを停止させるかを予め定めた信号）を停止ポンプ 20 選択手段 43 から取込んでいるが、他の制御装置にて停止選択された信号を切替判定手段 42 に入力しても同様な効果が得られる。

20

#### 【0033】

##### 【発明の効果】

以上説明したように請求項 1 の発明によれば、タービン停止時に停止側のタービン駆動給水ポンプの回転数が運転側の回転数指令信号と同じになるように回転数制御することにより吸込流量の急低下を回避させて急開信号の出力を阻止するようにしたために急開信号による給水流量の低下という給水系統への外乱を与えることがなくなる。

#### 【0034】

また、請求項 2 の発明によれば、タービン駆動給水ポンプの吸込流量あるいは発電機出力量若しくは給水流量のいずれかに基づいて切替タイミングを検出するようにしたために吸込流量、発電機出力、給水流量の内から最も適切なものを選択することができる。

30

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態を示すタービン駆動給水ポンプ制御装置の構成図である。

【図 2】図 1 のタービン駆動給水ポンプ制御装置の作用を示す説明図である。

【図 3】一般的な原子炉の給水系統を示す系統図である。

【図 4】従来のタービン駆動給水ポンプ制御装置を示す図 1 に対応する構成図である。

【図 5】図 4 のタービン駆動給水ポンプ制御装置の第 1 の作用を示す説明図である。

【図 6】図 4 のタービン駆動給水ポンプ制御装置の第 2 の作用を示す説明図である。

##### 【符号の説明】

40

5A, 5B T/D RFP

6A, 6B 蒸気加減弁

7 ミニマムフロー系統

8A, 8B 最小流量弁

9 T/D RFP 制御装置

9A T/D RFP 5A 制御部

9B T/D RFP 5B 制御部

10 給水制御装置

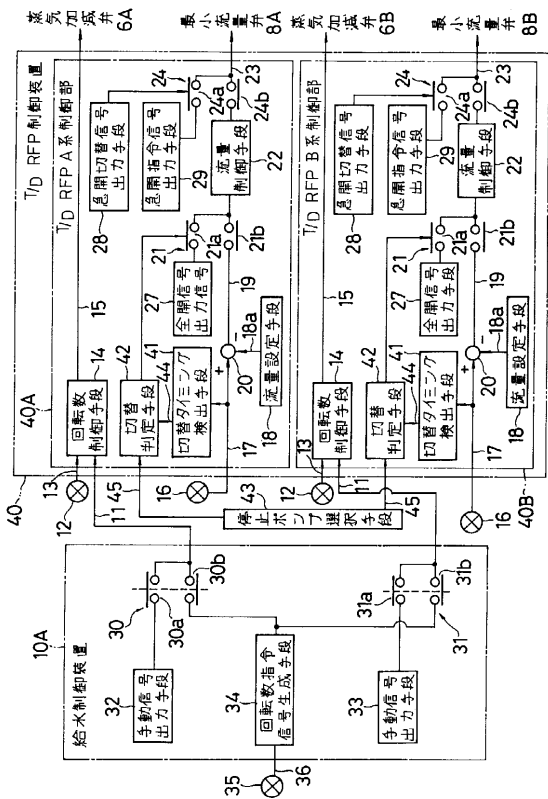
12 T/D RFP 回転数検出器

14 回転数制御手段

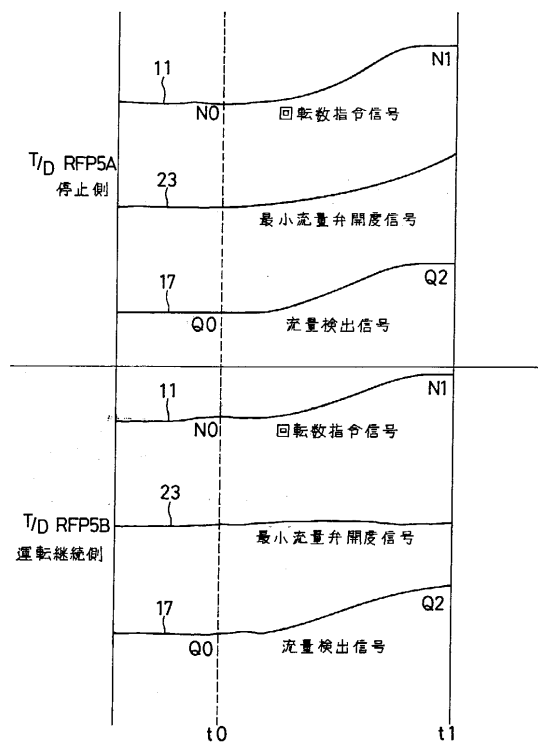
50

- 16 T/D RFP吸込流量検出器
- 21, 24 切替手段
- 23 最小流量弁開度信号
- 27 全開信号出力手段
- 28 急開切替信号出力手段
- 29 急開指令信号出力手段
- 30, 31 自動・手動切替手段
- 34 回転数指令信号生成手段
- 41 切替タイミング検出手段
- 42 切替判定手段
- 43 停止ポンプ選択手段

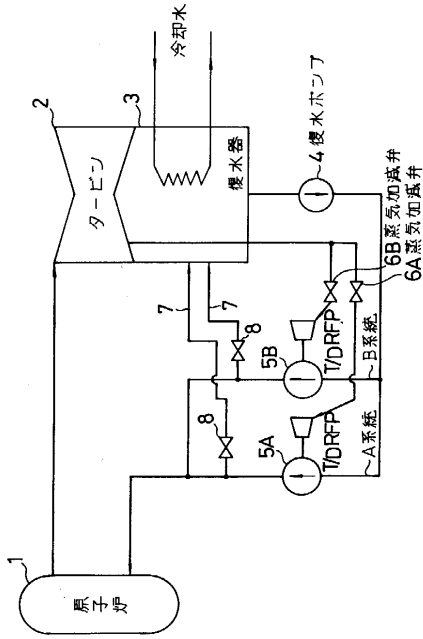
【図1】



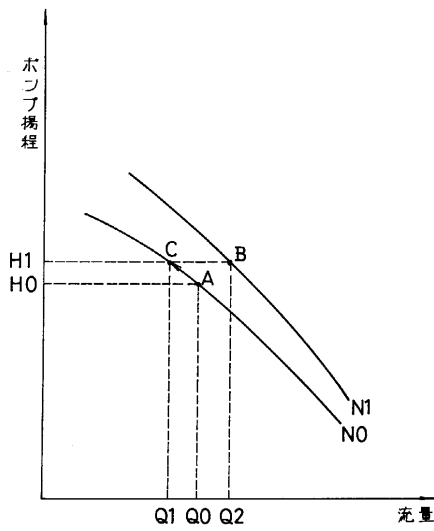
【図2】



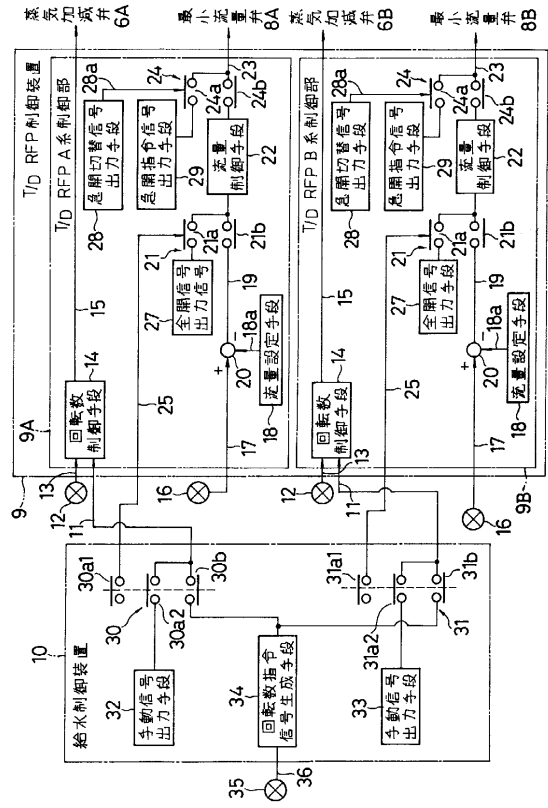
【 図 3 】



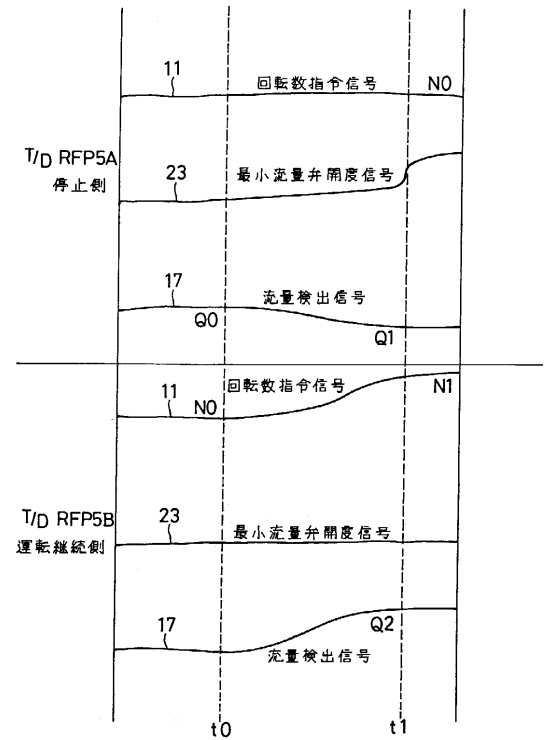
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】





フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

F01D 15/08

H02P 9/04

F04D 13/06

F15B 20/00

H02K 7/14