



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410002043. X

[43] 公开日 2004年8月11日

[11] 公开号 CN 1519480A

[22] 申请日 2004. 1. 9  
 [21] 申请号 200410002043. X  
 [30] 优先权  
     [32] 2003. 1. 9 [33] JP [31] 002687/2003  
 [71] 申请人 株式会社东芝  
     地址 日本东京  
 [72] 发明人 药师宏治

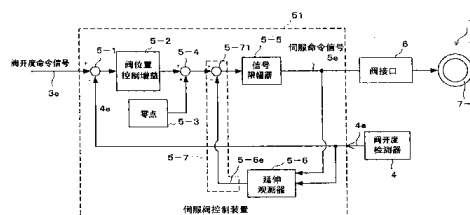
[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
 代理人 刘炳胜

权利要求书 6 页 说明书 19 页 附图 15 页

[54] 发明名称 具有异常检测功能的伺服阀控制装置与伺服阀控制系统

### [57] 摘要

一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置具有一个控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号。该控制装置还具有一个延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号。该控制装置还具有一个修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号。



1、一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置包括：

控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；

延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及

修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号。

2、如权利要求1的伺服阀控制装置，进一步包括一个信号限幅器，其构造成接收该伺服命令信号并将该伺服命令信号限制在一预定的范围内。

3、如权利要求1的伺服阀控制装置，其中该控制器包括一个零点偏流补偿器，其构造成将一个补偿信号加到伺服命令信号，用于补偿包含在伺服阀内的零点偏流。

4、如权利要求1的伺服阀控制装置，其中该延伸观测器构造成利用一个系统矩阵和观测器矩阵来模拟该伺服阀，其中这两个矩阵独立于伺服阀的特性参数。

5、如权利要求 1 的伺服阀控制装置，进一步包括一个异常检测器，用于根据该延伸观测器的输出检测该伺服阀控制装置的异常状态。

6、一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置包括：

控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；

延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及

函数发生器，其构造成根据从该延伸观测器输出的干扰估计信号来调谐该控制器的至少一个控制参数。

7、如权利要求 6 的伺服阀控制装置，其中该控制器包括一个零点偏流补偿器，其构造成将一个补偿信号加到伺服命令信号，用于补偿包含在伺服阀内的零点偏流。

8、如权利要求 6 的伺服阀控制装置，其中该延伸观测器构造成利用一个系统矩阵和观测器矩阵来模拟该伺服阀，其中这两个矩阵独立于伺服阀的特性参数。

9、一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实

际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置包括：

控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；

延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；

零点偏流补偿器，其构造成将一个补偿信号加到该伺服命令信号，以便补偿包含在伺服阀内的零点偏流；以及

调谐器，用于根据延伸观测器输出的干扰估计信号来调谐该零点偏流补偿器的至少一个设定值。

10、如权利要求 9 的伺服阀控制装置，其中该延伸观测器构造成利用一个系统矩阵和观测器矩阵来模拟该伺服阀，其中这两个矩阵独立于伺服阀的特性参数。

11、一种用于控制伺服阀的伺服阀控制系统，该控制系统包括：

(a) 用于获取该伺服阀的实际阀开度信号的阀开度检测器的三重系统；

(b) 伺服阀控制装置的重三重系统，其中每一个包括：

第一中值门，用于选择该伺服阀的多个实际阀开度信号的一个中值；

控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度的中

值之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；

延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及

修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号；

(c) 阀接口的三重系统，其中每一个包括：

第二中值门，用于选择伺服阀控制装置的多个伺服命令信号的一个中值；以及

功率放大器，其构造成放大来自第二中值门的伺服命令信号以驱动多个伺服阀之一；以及

(d) 伺服线圈的三重系统，用于利用来自阀接口的电流来驱动伺服阀。

12、如权利要求 11 的伺服阀控制装置，其中该延伸观测器构造成利用一个系统矩阵和观测器矩阵来模拟该伺服阀，其中这两个矩阵独立于伺服阀的特性参数。

13、一种用于控制伺服阀的伺服阀控制系统，该控制系统包括：

(a) 伺服阀控制装置的重三重系统，其中每一个包括：

控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；

延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，

以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及

修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号；

(b) 阀接口的三重系统，其中每一个包括一个功率放大器，其构造成放大该多个伺服阀控制装置的伺服命令信号之一以驱动多个伺服阀之一；以及

(c) 伺服线圈的三重系统，用于利用来自阀接口的电流来驱动伺服阀；

(d) 异常决策单元，当所有的输入端干扰信号都超出预定的范围时，确定至少两个阀接口是异常的；以及

(e) 检测逻辑单元，用于根据异常决策单元的操作顺序地分离出该功率放大器的输出，以及用于根据从延伸观测器输出的输入端干扰信号的变化率，随后检测出异常的功率放大器系统。

14、如权利要求 13 的伺服阀控制装置，其中该延伸观测器构造成利用一个系统矩阵和观测器矩阵来模拟该伺服阀，其中这两个矩阵独立于伺服阀的特性参数。

15、一种用于控制伺服阀的伺服阀控制系统，该控制系统包括：

(a) 伺服阀控制装置的三重系统，其中每一个包括：

控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；

延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及

函数发生器，其构造成根据该延伸观测器的干扰估计信号来调谐该控制器的至少一个参数；

(b) 阀接口的三重系统，其中每一个包括一个功率放大器，其构造成放大该多个伺服阀控制装置的伺服命令信号之一以驱动该多个伺服阀之一；以及

(c) 伺服线圈的三重系统，用于利用来自阀接口的电流来驱动伺服阀；

(d) 异常决策单元，当所有的输入端干扰信号都超出预定的范围时，确定至少两个阀接口是异常的；以及

(e) 检测逻辑单元，用于根据异常决策单元的操作顺序地分离出该功率放大器的输出，以及用于根据从延伸观测器输出的输入端干扰信号的变化率，随后检测出异常的功率放大器系统。

16、如权利要求 15 的伺服阀控制装置，其中该延伸观测器构造成利用一个系统矩阵和观测器矩阵来模拟该伺服阀，其中这两个矩阵独立于伺服阀的特性参数。

## 具有异常检测功能的伺服阀控制装置与伺服阀控制系统

### 对相关申请的交叉引用

本申请是基于并要求于 2003 年 1 月 9 日递交的日本专利申请 2003-2687 的全部权益，其全部内容结合在此作为参考。

### 技术领域

本申请一般地涉及伺服阀控制装置与伺服阀控制系统，尤其是涉及这样一种装置与系统，它能在即使在伺服阀的输入端出现干扰时也能稳定运行。

### 背景技术

伺服阀已经被广泛地应用于各个领域，包括热电厂内的涡轮速度控制装置。对于涡轮速度控制装置，如图 13 所示的，涡轮转速  $N_R$  与涡轮转速  $N_S$  的命令被输入给涡轮转速控制器 1。发电机负载  $GL$  与负载命令  $GS$  被输入给负载控制器 2，然后计算主蒸汽控制阀的流速的命令信号。该流速命令信号被输入给一个流速-阀开度转换单元 3，以便将流速命令信号转换为阀开度命令信号 3e。在此，术语“阀开度”也可互换地用作“阀位置”。

阀开度命令信号 3e 与由阀开度检测器 4 已经检测出的实际阀开度信号 4e 被输入给一个伺服阀控制装置 5。在伺服阀控制装置 5 中比较这两个信号 3e 和 4e，并将其差值作为伺服命令信号 5e 通过一个阀接口 6 输出给伺服阀 7 的螺线管 (或伺服线圈)。

伺服线圈 7-1 利用一个电-油压转换器（未示出）将伺服命令信号 5e 转换成油压，被转换的油压被传送到一个油缸，然后移动油缸内的活塞来改变主蒸汽控制阀的开度。

图 14 示出了现有技术中的伺服阀控制装置 5 的内部结构。伺服阀开度命令信号 3e 与实际的阀开度信号 4e 被输入给一个求和器 5-1 以输出其差值，在功率放大器 5-2 中将该差值乘以一个阀位置控制增益。然后，在求和器 5-4 中将一个零点偏流补偿器 5-3 的输出加到功率放大器 5-2 的输出上，然后将求和器 5-4 的输出输入给一个限幅器 5-5，限幅器 5-5 的输出又输入到阀接口 6 作为伺服命令信号 5e。阀接口 6 的输出被输入给一个伺服线圈 7-1 以便驱动该伺服阀 7。

在伺服线圈 7-1 的伺服电流失去时，上述的零点偏流补偿器 5-3 提供一个偏流以控制该主蒸汽控制阀到失效-安全侧或至阀关闭方向。可以有选择地设置限幅器 5-5 以限制作为控制器的输出的伺服控制命令。

图 15 是一个 3 线圈伺服系统的方框图，该系统具有用于单一主蒸汽控制阀 8 的 A、B、C 系统的三重（triplex）结构，以便加强伺服阀控制装置 5 的可靠性。上述 A、B、C 系统的三重结构包括伺服阀控制装置、阀接口、伺服线圈与阀开度检测器。

如图 15 所示，在 A、B、C 系统中阀开度检测器 4A、4B、4C 的输出 4Ae、4Be、4Ce 被分别全部输入到伺服阀控制装置 5A、5B、5C 中的中值门 5-M，每一个中值门 5-M 均输出输入的中值。然后，该中值与伺服阀开度命令信号 3e 进行对比，并且在求和器 5-1 中输出其差值，这一点在前面参照图 14 中已经进行描述。这些结构的其余部分与

图 14 中公开的一样，在此不再重复。

伺服阀控制装置 5A、5B、5C 的输出被输入给阀接口 6A、6B、6C 的中值门 6-1。中值门 6-1 与上面描述的中值门 5-M 具有相同的构造，并且在这里选择并输出这些中值。中值门 6-1 的输出由阀接口 6A、6B、6C 中的放大器 6-2 进行放大。

在这里所示的 3 线圈伺服系统中，伺服电流是分别直接由设置在伺服阀 7A、7B、7C 处的伺服电流检测器 7-2A、7-2B 与 7-2C 来检测。因而，从这些伺服电流信号中检测阀接口 6A、6B、6C 内的异常状态，并且一个电路分离命令被输出给电路分离开关 6-3A、6-3B 与 6-3C 之一。因而，可以分离出异常的阀接口，如日本专利申请公开 (Tokkai) Hei4-228839 所公开的。

在如上面所描述的现有技术的伺服控制装置中，使用了比例控制。在这样的装置中，在主蒸汽控制阀开度命令与实际阀开度之间，由于伺服阀的机械零点偏流移动以及在伺服阀机构内的各种输入端干扰的存在，可产生控制偏差。这样一种控制偏差会恶化伺服阀控制装置的控制性能。

因此，必须周期性地调谐零点偏流补偿值。而且，如果在 3 线圈伺服系统中在伺服阀中出现输入端干扰，那么在主蒸汽控制阀开度与实际的阀开度之间可产生控制偏差。这种输入端干扰可包括在阀接口内的单系统异常、伺服线圈的单系统或双系统断开。这种控制偏差可导致伺服阀控制装置的控制性能的恶化。

用于消除这种控制偏差的一种典型方案是增加一个积分控件。但

是，要控制的伺服阀在控制输入（或伺服电流）与观测输出(或主蒸汽控制阀位置)之间的关系上具有积分特性。因此，如果在控制器一侧再增加一个积分器，那么闭环响应将变得很慢并且稳定性变差。

在上面描述的现有技术的 3 线圈伺服系统中，每个系统的伺服电流直接由其伺服电流检测器进行检测，因而，在功率放大器异常、伺服线圈断开等所出现的地方标识出该系统。然后，异常系统的输出被分离而正常的控制则继续。但对于要构建的每个系统均要求有伺服电流控制器 7-2A、7-2B、7-2C 和电路分离开关 6-3A、6-3B、6-3C，这就导致很高的硬件成本。而且，考虑到伺服电流控制器 7-2A、7-2B、7-2C 和电路分离开关 6-3A、6-3B、6-3C 的影响，整个系统的可靠性下降。

### 发明内容

本发明的目标是提供一种伺服阀控制装置与伺服阀控制系统，其可以控制伺服阀，即使是在伺服阀处出现输入端干扰时也不会出现控制偏差。

按照本发明的一个方面，提供一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置包括：控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延

伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号。

按照本发明的另一方面，提供一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置包括：控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及函数发生器，其构造成根据从该延伸观测器输出的干扰估计信号来调谐该控制器的至少一个控制参数。

按照本发明的另一方面，提供一种用于控制伺服阀开度的伺服阀控制装置，以便通过输入实际的伺服阀开度与伺服阀开度目标值的信号而使伺服阀开度符合一个目标，该控制装置包括：控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；一个零点偏流补偿器，其构造成将一个补偿信号加到该伺服命令信号，以便补偿包含在伺服阀内的零点偏流；以及一个调谐器，用于根据延伸观测器输出的干扰估计信号来调谐该零点偏流补偿器的至少一个设定值。

按照本发明的另一方面，提供一种用于控制伺服阀的伺服阀控制系统，该控制系统包括：(a) 用于获取该伺服阀的实际阀开度信号的阀开度检测器的三重系统；(b) 伺服阀控制装置的重三重系统，其每个

伺服阀控制装置包括：第一中值门，用于选择该伺服阀的多个实际阀开度信号的一个中值；控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度的中值之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号；(c) 阀接口的三重系统，其中每个阀接口包括：第二中值门，用于选择伺服阀控制装置的多个伺服命令信号的一个中值；以及一个功率放大器，其构造成放大来自第二中值门的伺服命令信号以驱动多个伺服阀之一；以及(d) 伺服线圈的三重系统，用于利用来自阀接口的电流来驱动伺服阀。

按照本发明的另一方面，提供一种用于控制伺服阀的伺服阀控制系统，该控制系统包括：(a) 伺服阀控制装置的重三重系统，其中每个伺服阀控制装置包括：控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及修改单元，其构造成通过从该伺服命令信号中减去从该延伸观测器输出的估计的输入端干扰信号来修改该伺服命令信号；(b) 阀接口的三重系统，其中每个阀接口包括：功率放大器，其构造成放大该多个伺服阀控制装置的伺服命令信号之一以驱动多个伺服阀之一；以及(c) 伺服线圈的三重系统，用于利用来自阀接口的电流来驱动伺服阀；(d) 决策单元，当所有的

输入端干扰信号都超出预定的范围时，确定至少两个阀接口是异常的；以及（e）检测逻辑单元，用于根据异常决策单元的操作顺序地分离出该功率放大器的输出，以及用于根据从延伸观测器输出的输入端干扰信号的变化率，随后检测出异常的功率放大器系统。

按照本发明的另一方面，提供一种用于控制伺服阀的伺服阀控制系统，该控制系统包括：（a）伺服阀控制装置的重叠系统，其中每个伺服阀控制装置包括：控制器，其构造成接收伺服阀开度目标值与实际伺服阀开度之间的差值信号，并产生用于驱动该伺服阀的伺服命令信号；延伸观测器，其构造成接收实际的阀开度信号与伺服命令信号，以及估计加在伺服阀上的输入端干扰信号；以及函数发生器，其构造成根据该延伸观测器的干扰估计信号来修改该调谐该控制器的至少一个参数；（b）阀接口的重叠系统，其中每个阀接口包括：功率放大器，其构造成放大该多个伺服阀控制装置的伺服命令信号之一以驱动多个伺服阀之一；以及（c）伺服线圈的重叠系统，用于利用来自阀接口的电流来驱动伺服阀；（d）异常决策单元，当所有的输入端干扰信号都超出预定的范围时，确定至少两个阀接口是异常的；以及（e）检测逻辑单元，用于根据异常决策单元的操作顺序地分离出该功率放大器的输出，以及用于根据从延伸观测器输出的输入端干扰信号的变化率，随后检测出异常的功率放大器系统。

### 附图说明

本发明的上述及其它特征与优点将通过讨论下面结合附图的特定的、说明性的实施例而变得更清楚，其中

图 1 是按照本发明第一实施例的伺服阀控制装置的方框图；

图 2 是按照本发明第一实施例的延伸观测器的方框图；

图 3 是说明按照本发明第一实施例的伺服阀控制装置的伺服阀位置控制特性的时间曲线图；

图 4 是说明现有技术的伺服阀控制装置的伺服阀位置控制特性的时间曲线图；

图 5 说明与现有技术相比、按照本发明的涡轮速度控制器的发电机负载控制特性的时间曲线图；

图 6 是按照本发明的第二实施例的伺服阀控制装置的方框图；

图 7 按照本发明的第三实施例的伺服阀控制装置方框图；

图 8 按照本发明的第四实施例的伺服阀控制装置方框图；

图 9 按照本发明的第五实施例的 3 线圈伺服系统的方框图；

图 10 按照本发明的第五实施例的伺服阀控制装置方框图；

图 11 按照本发明的第六实施例的 3 线圈伺服系统方框图；

图 12 是说明在本发明的第六实施例的 3 线圈伺服系统内利用软件检测异常功率放大器系统及分离功率放大器输出的方法的流程图；

图 13 是说明现有技术的典型涡轮速度控制器的一般结构的方框图；

图 14 是现有技术的伺服阀控制装置的方框图；

图 15 是现有技术的 3 线圈伺服系统的方框图。

### **具体实施方式**

下面描述本发明的特定的实施例。在下面的说明中，相同或类似

的单元用相同的标号表示并省略多余的描述。

### [第一实施例]

图 1 是按照本发明的第一实施例的伺服阀控制装置的方框图。该实施例的伺服阀控制装置 51 具有一个求和器 5-1，求和器 5-1 对比伺服阀开度命令信号 3e 与由阀开度检测器 4 已经检测的实际的阀开度信号 4e，并计算其偏差。伺服阀控制装置 51 还具有一个控制器 5-2，其将求和器 5-1 输出的偏差与一个阀位置控制增益相乘。该伺服阀控制装置 51 还具有一个零点偏流补偿器 5-3，用于补偿伺服阀所具有的机械零点偏流。伺服阀控制装置 51 还具有一个求和器 5-4，用于将控制器 5-2 的输出与零点偏流补偿器 5-3 的输出相加。

伺服阀控制装置 51 可有选择地具有一个限幅器 5-5，用于设置伺服命令信号的上限和下限。限幅器 5-5 可以连接在求和器 5-4 的下游。

伺服阀控制装置 51 还具有一个延伸观测器 5-6，该延伸观测器 5-6 接收作为输入的伺服命令信号 5e 和实际的阀开度信号 4e，并且根据要控制的该伺服阀的数学模型估计在伺服阀的输入端处的干扰。伺服阀控制装置 51 还具有一个前馈通路（或修改装置）5-7，前馈通路 5-7 改变从延伸观测器 5-6 输出的干扰估计值 5-6e 的符号，并将其加至从求和器 5-4 输出的伺服命令信号以便重新计算（或修改）该伺服命令信号。图中所示的标号“5-71”表示前馈通路 5-7 中的求和器。

下面参照图 2 描述一个示例的延伸观测器 5-6。在图 2 中所示的延伸观测器 5-6 具有一个控制增益 5-61 (L)，一个零点偏流补偿器 5-62，一个伺服阀系统矩阵 5-63 (A)，一个伺服阀观测矩阵 5-64 (C)，一个

伺服阀输入矩阵 5-65(B), 一个积分器 5-66(1/S), 一个矩阵 5-67(010), 一个放大器 (或增益) 5-68 (1/f0) 以及求和器 5-69、5-610 与 5-611。

伺服阀的非线性状态空间模型由下面的公式 (1) 表示:

$$\dot{z} = 0 \times z + f \times (i - \text{null}) \quad (1)$$

其中“z”为伺服阀位置, “f”是油缸常数, “i”是伺服电流而“null(零)”表示零点偏流。

加到伺服阀的输入端干扰的状态空间模型 (第一次) 可利用自由模型 (free model) 由公式 (2) 表示如下:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ \dot{x} \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

其中 x 是输入干扰。

由输入端干扰模型延伸的伺服阀的状态空间模型可由公式 (3) 和 (4) 表示, 其由公式 (1) 和 (2) 导出, 如下:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} (i - \text{null}) \quad \dots (3)$$

$$y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

通过对控制值的额定值与偏离额定值的偏移值采用表达式 (3) 和 (4), 可获得如下的公式 (5) - (8):

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + (\mathbf{B} + \Delta\mathbf{B})\mathbf{u} \quad (5)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} \quad (6)$$

$$\text{油缸常数变化: } f = f_0 + \Delta f \quad (7)$$

$$\text{零点偏流变化: } \text{null} = \text{null}_0 + \Delta\text{null} \quad (8)$$

其中:

$f_0$  是油缸常数的额定值;  $\Delta f$  是油缸常数的变量;  $\text{null}_0$  是额定的零点偏流;  $\Delta\text{null}$  是零点偏流的变量; 以及

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} f_0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \Delta\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \Delta f \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = (1 \ 0 \ 0),$$

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{pmatrix} z \\ x \\ \dot{x} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u} = i - \text{null}_0, \quad \Delta\mathbf{u} = -\Delta\text{null}$$

在图 2 中所示的延伸观测器 5-6 是基于公式 (3) 和 (4) 构建的, 通过乘以矩阵 5-67 (010) 而获得干扰估计值, 提取干扰估计信号, 如公式 (9) 所示:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}} = (\mathbf{A} - \mathbf{L}\mathbf{C})\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{L}\mathbf{y} \quad (9)$$

其中,  $\mathbf{x}$  是输入端干扰信号,  $\hat{\mathbf{x}}$  是干扰估计值,  $\mathbf{A}$  是系统矩阵,  $\mathbf{B}$  是输入矩阵,  $\mathbf{C}$  是观测矩阵, 而  $\mathbf{L}$  是控制增益。

控制增益 5-61 可由现代控制理论进行设计, 如极配置技术或卡尔

曼滤波技术。在延伸观测器 5-6 的零点偏流补偿器 5-62 内的设置值可以设置成与伺服阀控制装置 5 中零点偏流补偿器 5-3 内的设置值相同。

应当注意的是，系统矩阵 (A) 5-63 与观测矩阵 (C) 5-64 是常数矩阵，并且不包含要控制的伺服阀的模型参数。要控制的参数仅包含在输入矩阵 (B) 5-65 中，这是因为输入端干扰信号  $x$  包括要控制的信号的模拟误差。因此，可以确保所设计的延伸观测器 5-6 的系统稳定性独立于参数波动，只要待控制的伺服阀的次数 (order) 没有改变。

下一步，将由延伸观测器 5-6 估计的干扰估计值乘以放大器 (控制增益) 5-68 内的油缸常数的额定值的反数，如图 2 所示。然后，改变其符号并将其加到如图 1 所示的伺服命令信号。因为前馈通路 5-7，可以非常快速地抑制输入端干扰。

通过延伸观测器 5-6 中的积分器 5-66，在阀开度命令与实际阀开度之间的稳态偏差可以确保为零，独立于油缸常数的额定值。

在本实施例中，限幅器 5-5 的输出 (其限制伺服命令信号的上、下界) 被输入到延伸观测器 5-6 以便防止“卷扬 (wind-up)”。 “卷扬”是这样一种现象，当由于操作端或致动器的限制，控制偏差保持一个有限值时，积分输出会增加到无限。这种可以防止“卷扬”的结构与普通的、对阀开度命令与实际的阀开度之间的偏差的积分控制相比，具有非常重大的优点。

控制输入决策算法可以由公式 (10) 表达如下：

$$i = null0 + K_p(z^* - z) - \frac{1}{f_0} \dot{z} \quad \dots (10)$$

其中： $K_p$  是比例增益；而  $z^*$  是伺服阀位置命令信号。

下面，参照图 3-5 描述与现有技术相比本发明的控制装置的性能。

图 3 是一个时间曲线图，表示本实施例的伺服阀控制装置的伺服阀位置控制特性，该控制装置具有一个延伸观测器 5-6。图 4 是表示图 14 中所示的现有技术的伺服阀控制装置的伺服阀位置控制特性的时间曲线图，其不具有一个延伸观测器 5-6。在图 3、4 中所示的时间曲线均处于稳态下 50% 的实际阀开度与 50% 的阀开度命令的初始状态，并假定施加了诸如零点偏流波动与单系统功率放大器异常这样的干扰。

在图 3、4 中用箭头写的参数表示干扰的类型。“1-SYSTEM AMP. PLUS-SIDE MAX”是指三系统的功率放大器中的一个系统独立于输入异常地输出正向最大值。“1-SYSTEM AMP. MINUS-SIDE MIN”是指三系统的功率放大器中的一个系统独立于输入异常地输出负向最小值。“NULL=-99”是指伺服阀的零点偏流异常地从相应伺服电流的最大值的-5%变化到-99%。“NULL=+99”是指伺服阀的零点偏流异常地从相应伺服电流的最大值的-5%变化到+99%。

“1-SYSTEM AMP. 0.33Hz”是指三系统的功率放大器中的一个系统独立于输入异常地输出频率为 0.3Hz、幅度为 100%的正弦曲线。

“1-SYSTEM AMP. 1Hz”是指三系统的功率放大器中的一个系统独立于输入异常地输出频率为 1Hz、幅度为 100%的正弦曲线。

通过比较图 3 和图 4 可以看到,本发明的延伸观测器 5-6 可以快速地估计加在伺服阀上的输入干扰,通过利用前馈通路 5-7 进行直接的干扰抑制补偿,就可以抑制由干扰造成的阀位置的波动。

图 5 示出了本发明的负载控制特性与现有技术的对比。该图表明了当利用涡轮速度控制装置以 25%的恒定负载控制发电机时,在 3 线圈伺服系统中的一个功率放大器异常地变为一个正向最大值的情况。

图 5 中的“本发明的 (PROPOSED)”表示图 1 中所示的实施例的装置的负载响应;“传统的 (CONVENTIONAL)”表示在图 9 中所示的现有技术的装置的负载响应;“ALR SET”表示发电机负载命令值,而“发电机 MW (GENERATOR MW)”则表示该发电机负载。

如上面所描述的,按照本实施例的控制装置,延伸观测器 5-6 根据伺服阀的数学模型估计施加在要控制的伺服阀上的输入端干扰,然后重新计算伺服电流命令以便可以抵消所估计的干扰。因而,可以直接并显著地抑制输入干扰。

#### [第二实施例]

图 6 示出的根据本发明的第二实施例的伺服阀控制装置 52,该伺服阀控制装置 52 具有一个手动调谐装置 5-8,操作员根据延伸观测器 5-6 输出的信号,借助于该手动调谐装置调谐并评估零点偏流补偿器 5-3a 的设置值,该操作员调谐该零点偏流补偿器 5-3a 的设置值以便延伸观测器 5-6 的输出变为零。

按照本实施例,操作员估计延伸观测器 5-6 的干扰估计信号的幅度,并确定零点偏流补偿器 5-3a 的设置值偏差的幅度。随后,可以手

动调谐零点偏流补偿器 5-3a，因而可以总是确保优化的控制状态。

#### [第三实施例]

图 7 示出的根据本发明的第三实施例的伺服阀控制装置 53，该伺服阀控制装置 53 具有一个异常检测器 5-9，它能根据延伸观测器的输出信号检测伺服阀控制装置 53 自身内的异常。当例如延伸观测器 5-6 的输出信号超出了-100-+100%的范围时，该异常检测器 5-9 会检测阀开度控制异常。

按照本实施例，可以根据延伸观测器 5-6 的干扰估计信号 5-6e，在控制操作期间在线地监视并检测阀位置控制回路的异常，因而异常检测器 5-9 可以用作在异常时输出相应命令的装置。

#### [第四实施例]

图 8 示出的根据本发明的第四实施例的伺服阀控制装置 54，该伺服阀控制装置 54 具有一个增益调谐函数发生器 5-10。该增益调谐函数发生器 5-10 根据延伸观测器 5-6 的输出信号 5-6e 调谐比例控制器 5-2a 的可变阀位置控制增益 P。当延伸观测器 5-6 的输出信号的绝对值较大时，也将可变阀位置控制增益 P 设置为较大；当延伸观测器 5-6 的输出信号的绝对值较小时，也将可变阀位置控制增益 P 设置为较小。

该可变阀位置控制增益 P 不必非得是一个比例增益，可在控制器中可以调谐多个控制参数。

如上面所讨论的，按照本实施例，伺服阀控制装置的控制特性可以通过响应加在伺服阀上的输入干扰的幅度改变控制器 5-2a 的增益而得到改善。

### [第五实施例]

图 9 示出的根据本发明的第五实施例。该实施例作为一个示例示出了将伺服阀控制装置 55A、55B 和 55C 施加给一个 3 线圈伺服系统用于控制一个单一的主蒸汽控制阀 8。图 10 示出了由 55 表示的伺服阀控制装置 55A、55B 和 55C 之一。

除了伺服阀控制装置 55A、55B、55C 之外，阀接口 6A、6B、6C、伺服线圈 7-1A、7-1B、7-1C 以及阀开度检测器 4A、4B、4C 形成系统 A、B、C 的三重结构。伺服阀控制装置 55A、55B、55C 中的每一个装置除了具有图 1 中所示的伺服阀控制装置 51 的结构外，还具有一个中值门 5-M。

来自阀开度检测器 4A、4B、4C 的实际阀开度信号全部输入到中值门 5-M，并且选择要在下游使用的中值。阀接口 6A、6B、6C 每一个具有一个中值门 6-1，伺服阀控制装置 55A、55B、55C 的输出全部输入给阀接口 6A、6B、6C 的中值门 6-1，并且选择要在下游使用的中值。

图 10 所示的伺服阀控制装置 55 类似于图 1 中所示的伺服阀控制装置 51 再加上中值门 5-M。作为替代，在图 6、7、8 中示出的伺服阀控制装置 52、53、54 再加上中值门 5-M 可替换伺服阀控制装置 55。

参照图 10，从中值门 5-M 输出的中值被输入到求和器 5-1 与延伸观测器 5-6，其它特征与图 1 所示的相同。

按照本实施例，在功率放大器中出现单系统异常或在阀开度检测器中出现单系统异常或在伺服线圈出现一个或两个断开的情况下，可

以连续进行正常的控制。

在图 15 所示的现有技术的 3 线圈伺服系统中，利用伺服电流检测器 7-2A、7-2B、7-2C 以及象中继器这样的电路分离开关 6-3 执行功率放大器异常系统或伺服线圈断开系统的输出分离。因而，如果将伺服阀控制装置 5 简单地应用于 3 线圈伺服系统，当发生了功率放大器异常或伺服线圈断开以及当没能进行输出分离时，不能继续执行与正常控制相当的控制，这是因为功率放大器异常或伺服线圈断开等效于加在伺服阀上的输入干扰。

另一方面，按照图 9 和 10 所示的实施例，在伺服阀控制装置 55A、55B、55C 中的延伸观测器 5-6 补偿由于功率放大器异常或伺服线圈断开所造成的在伺服阀上的输入端干扰，并且重新计算伺服命令信号。因而，当功率放大器 6-2 或阀开度检测器 55 的一个系统处于异常状态或当伺服线圈 7-1 的多达两个系统出现断开时，即使没有图 15 中所示的伺服电流检测器 7-2A、7-2B、7-2C 或电路分离开关 6-3A、6-3B、6-3C，仍可以继续执行正常的控制。

如上面所讨论的，按照本实施例，控制装置的延伸观测器补偿加在阀位置控制环路 (loop) 的输入端的干扰，因而可以进行正常的控制，而不需要用于检测功率放大器电流的装置或分离功率放大器输出的装置。

#### [第六实施例]

图 11 示出的根据本发明的第六实施例。该实施例作为第二示例示出了将伺服阀控制装置 55A、55B 和 55C 施加给一个 3 线圈伺服系统

用于控制一个单一主蒸汽控制阀 8。与图 9 所示的示例相比，将电路分离开关 6-3A、6-3B、6-3C 加到阀接口 6A、6B、6C 的输出线。而且，增加了异常系统分离逻辑，用于输出分离命令给电路分离开关 6-3A、6-3B、6-3C。

在本实施例中，由软件根据伺服阀控制装置 55A、55B 和 55C 中延伸观测器 5-6 的输出来确定功率放大器是否处于异常状态。然后，将一个电路分离命令输出给处于异常状态的功率放大器，并且通过电路分离开关 6-3A、6-3B、6-3C 分离输出电路。因而，当功率放大器中有多达二个系统处于异常状态时，仍可以继续进行正常的控制而不必使用现有技术中的伺服电流检测器 7-2A、7-2B、7-2C（见图 15）。

图 12 示出了用于确定功率放大器处于异常状态与分离异常系统的逻辑电路的示例。这种确定功率放大器处于异常状态的逻辑电路使用了图 11 所示的伺服阀控制装置 55A、55B 和 55C 中的延伸观测器 5-6 的输出信号。

参照图 12，延伸观测器 5-6 输出的干扰估计的绝对值以及阀开度控制偏差的绝对值被输入给第一异常决策装置 60。当延伸观测器 5-6 的输出超出-100~+100%的范围并且阀开度控制偏差的绝对值超出了规定值时，“AND（与）”条件得到满足。在这种条件下，确定有两个或更多的放大器系统处于异常状态。然后，通过利用软件执行检测逻辑来标识该异常的功率放大器系统。

标识处于异常状态的功率放大器的检测逻辑顺序地分离系统 A、B、C 的输出。当分离了一个功率放大器时，延伸观测器 5-6 的输出变

化率以及阀开度控制偏差的变化率被输入给第二决策装置 61。当两个变化率均为零或为正时，“AND”条件得到满足，并且可以确定该特定系统的功率放大器处于异常状态。在这种情况下，继续该系统的伺服放大器的分离操作。

在第二决策装置 61 中，如果延伸观测器 5-6 的输出变化率或阀开度控制偏差的变化率至少一个为负，则“AND”条件得到满足，并且确定系统处于正常状态。然后，该系统的伺服放大器返回 (return)。

对于三个系统来说，上述的操作是顺序地执行，因而可以标识具有异常功率放大器的系统，而不必检测伺服电流。即使当两个系统的功率放大器处于异常状态时也可以继续进行正常的控制。

在图 12 所示的示例中，使用了延伸观测器 5-6 的输出与阀开度控制偏差 $\Delta z$ 的“AND”条件。但在另一个示例中，可以只监视该延伸观测器 5-6。

按照本实施例，根据延伸观测器 5-6 的输出，由软件来标识具有异常状态的功率放大器的系统，并且分离出异常状态的功率放大器的输出。因而，在多达两个的功率放大器系统处于异常状态的情况下，仍可以继续进行的正常的控制而不必直接检测伺服电流。

根据上述公开，对本发明可以做出很多的修改与变例，在所附权利要求的保护范围内，本发明可以很多种方式而不单单是这里特别的描述来实现。

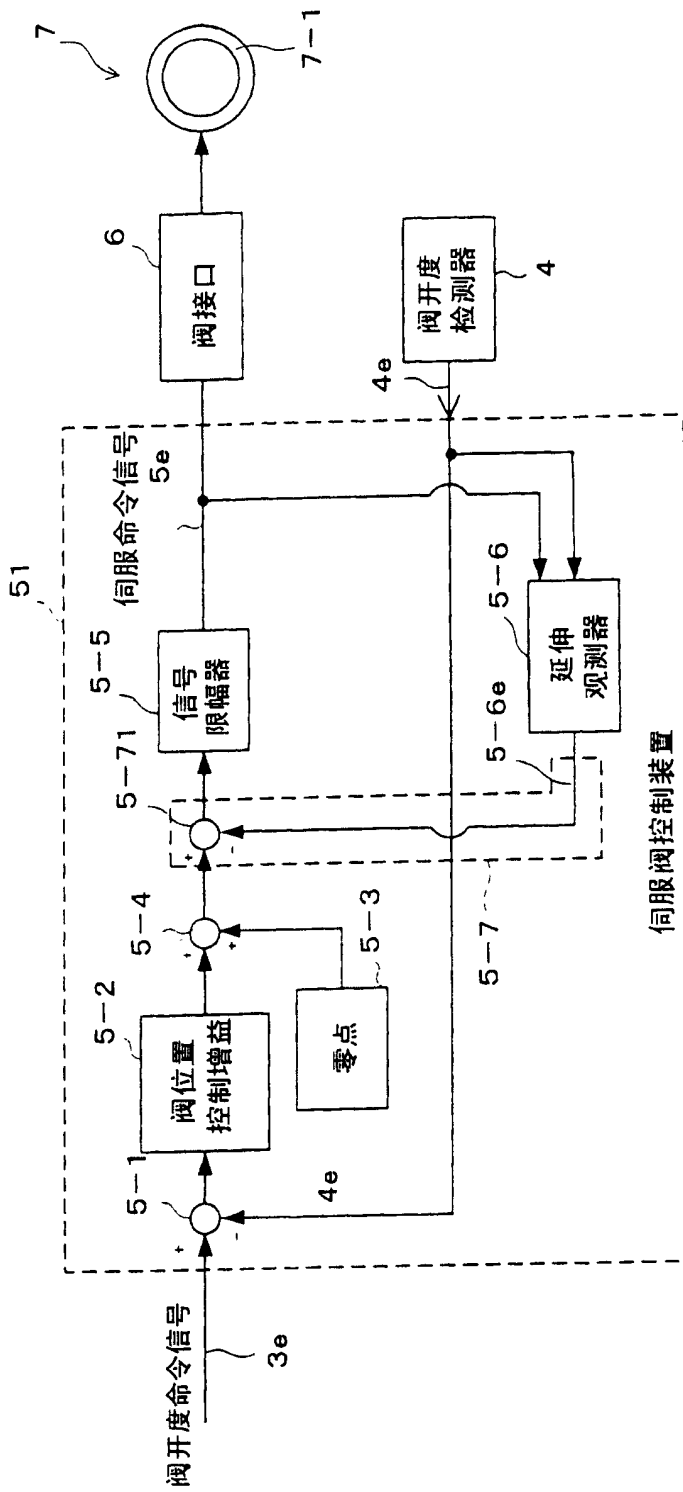


图1

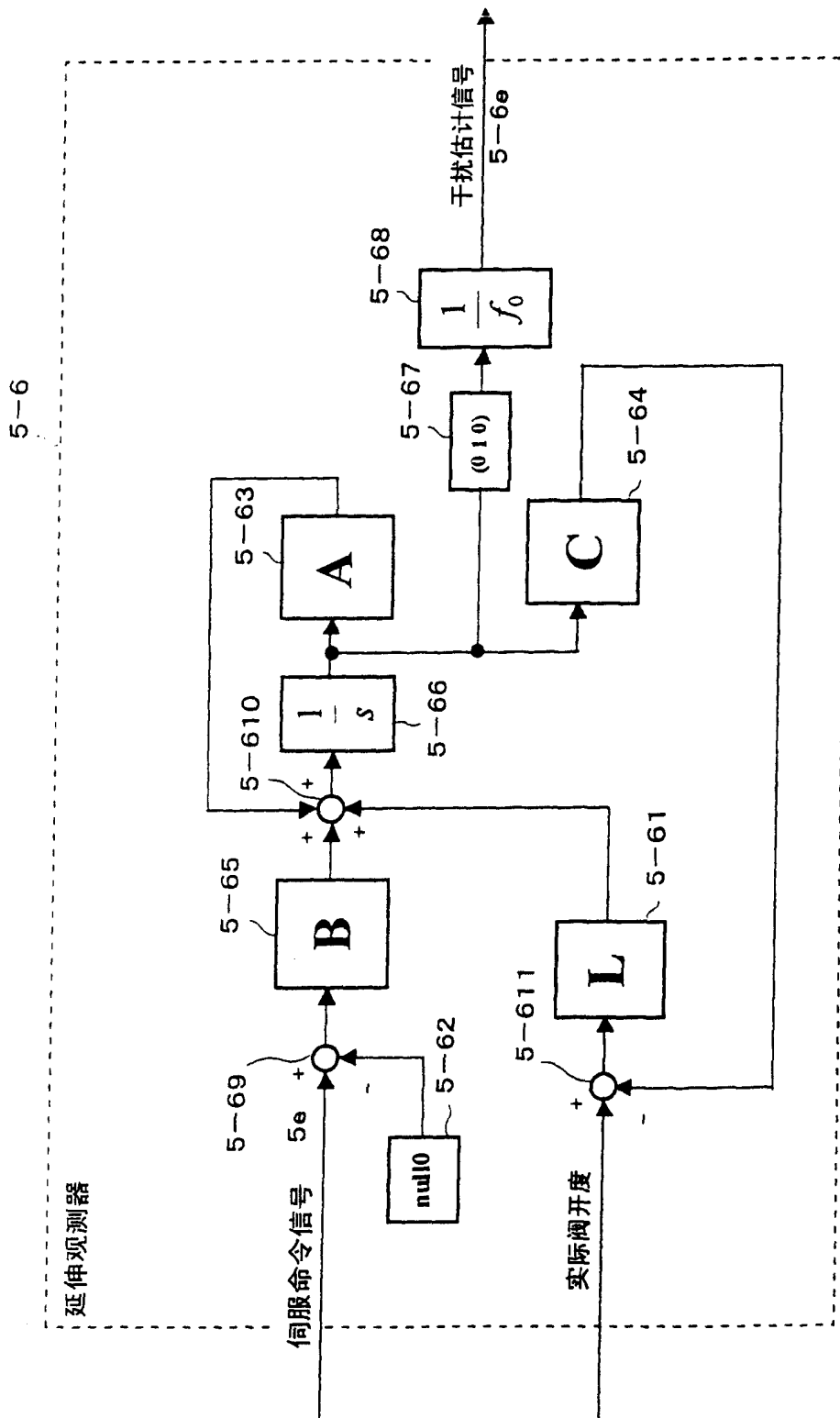


图2

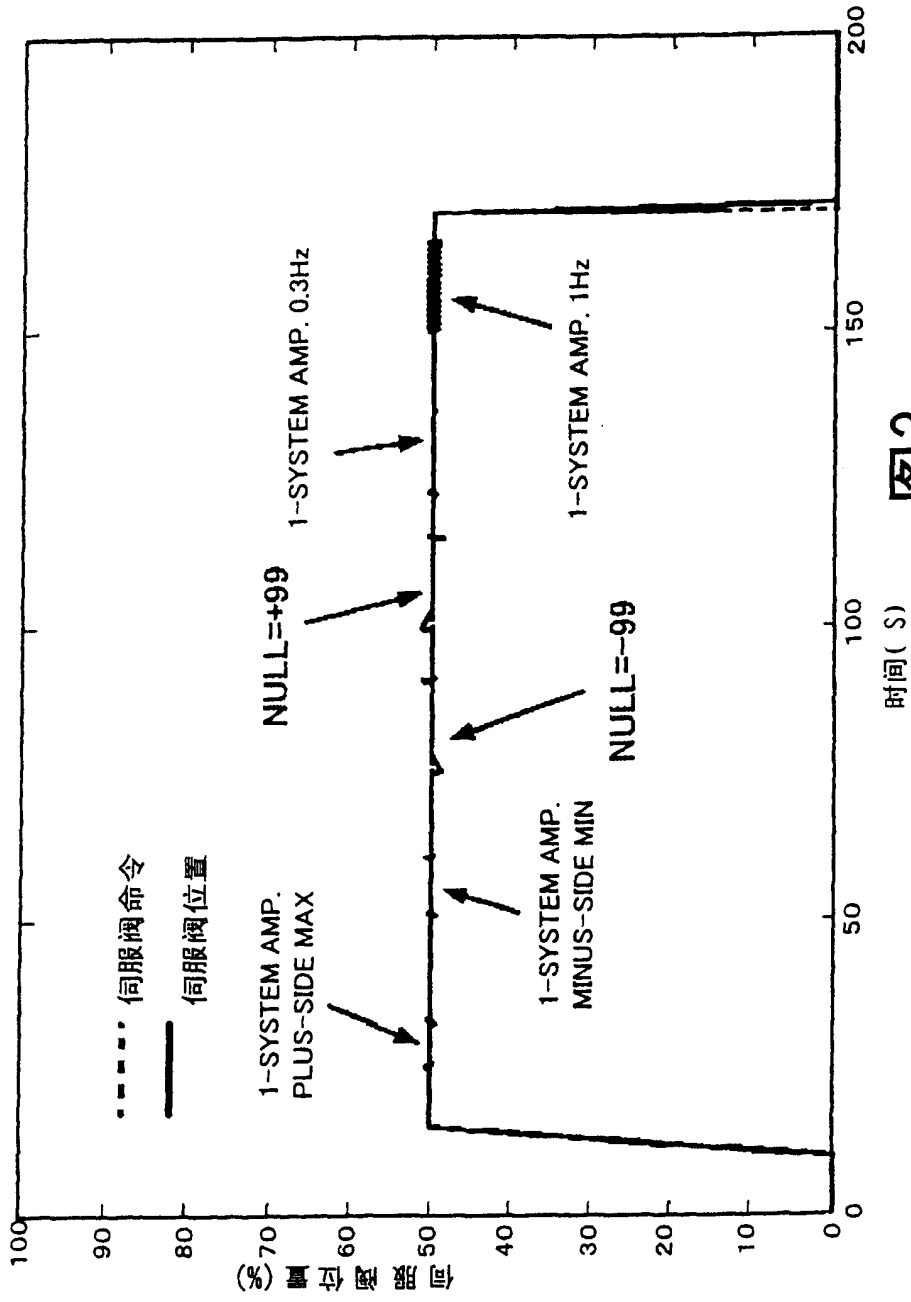


图 3

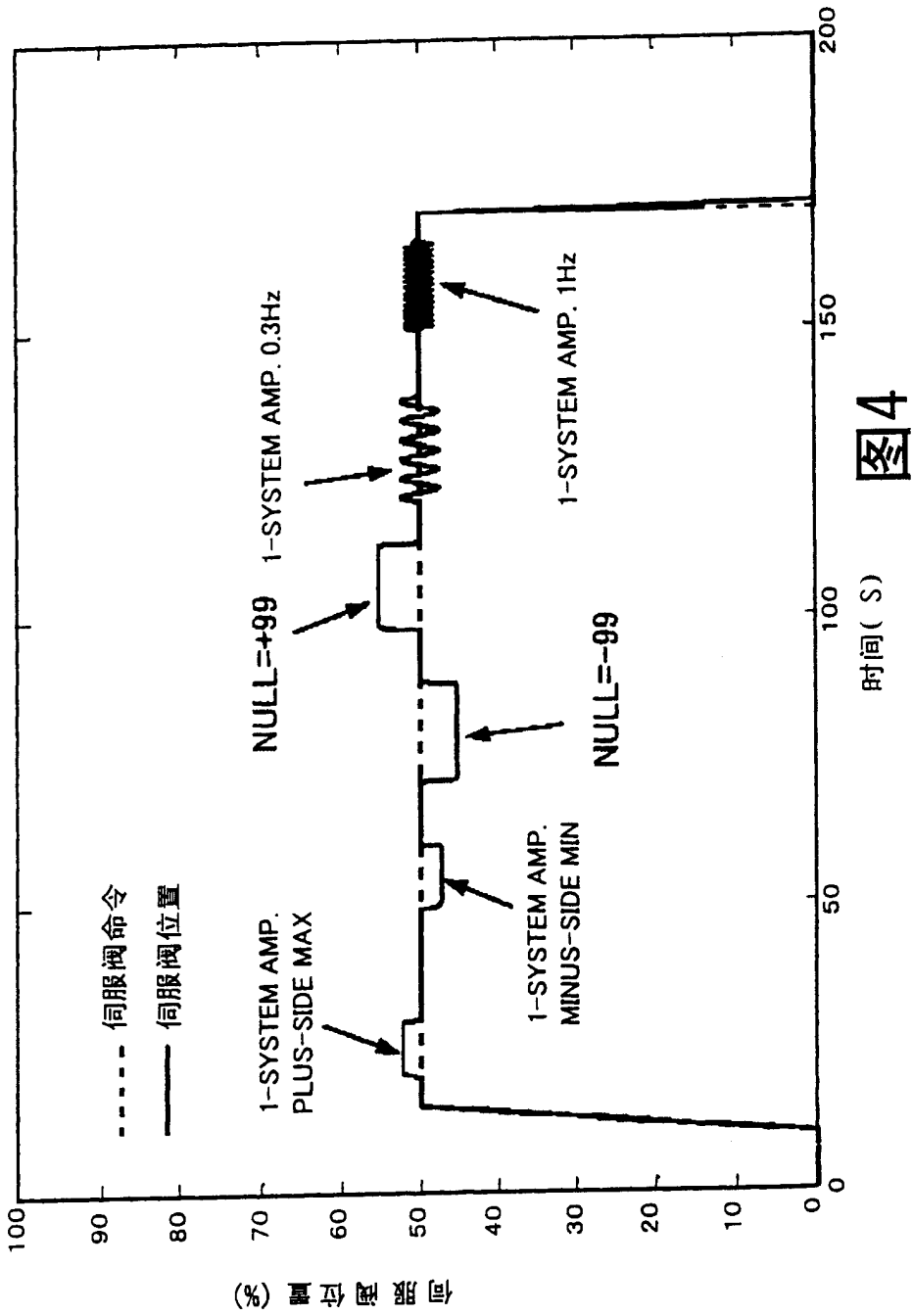


图4

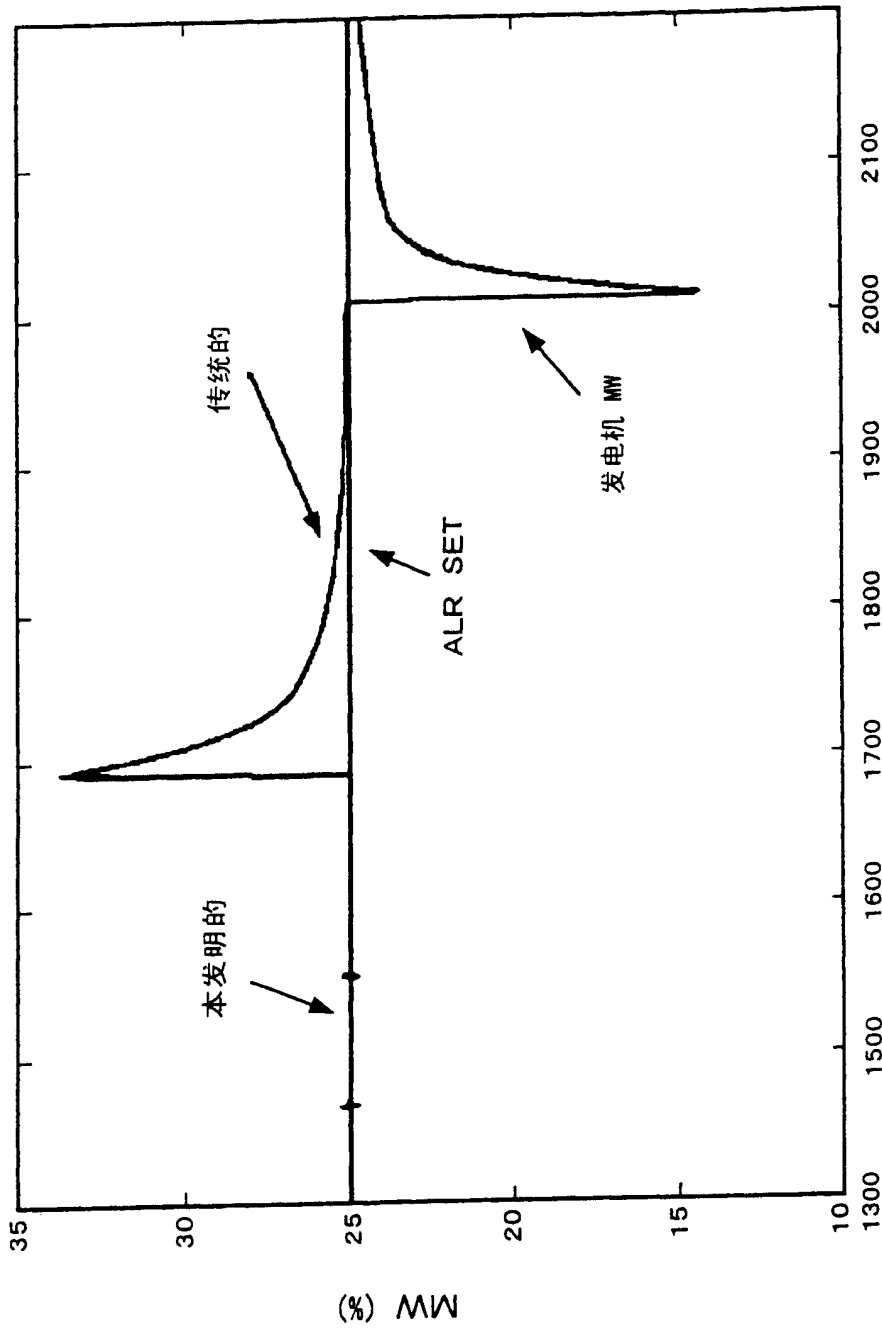


图5

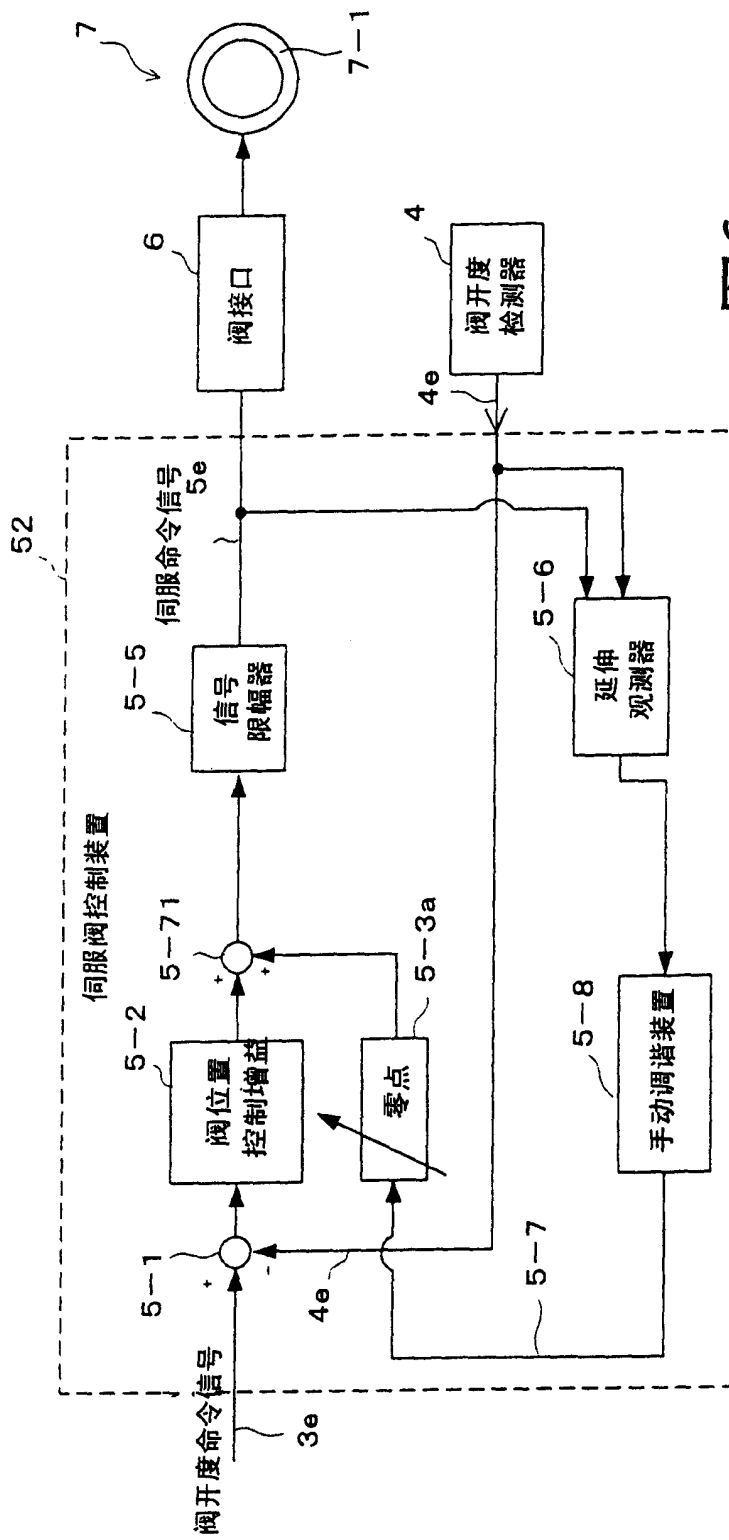


图6





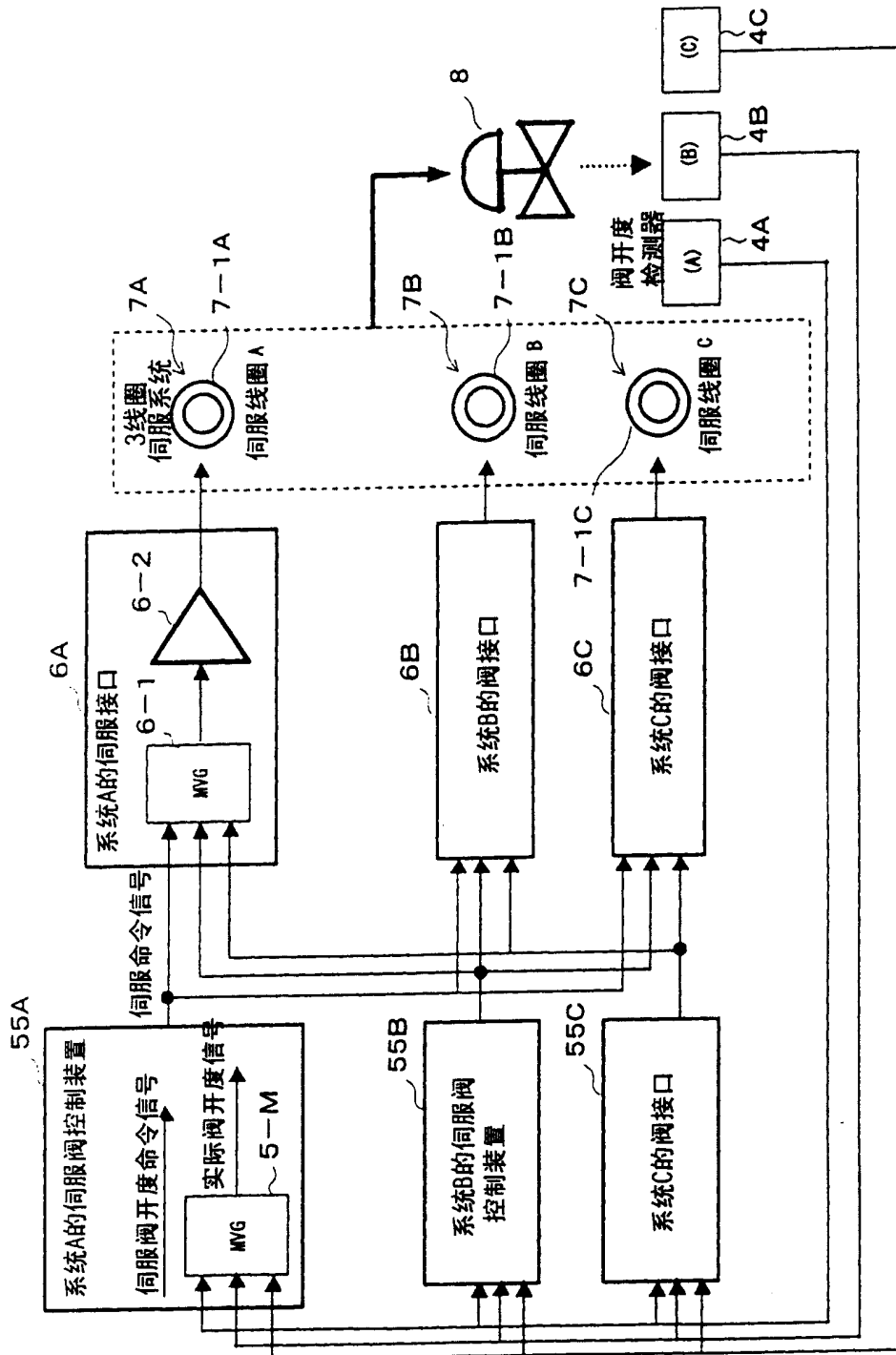


图9

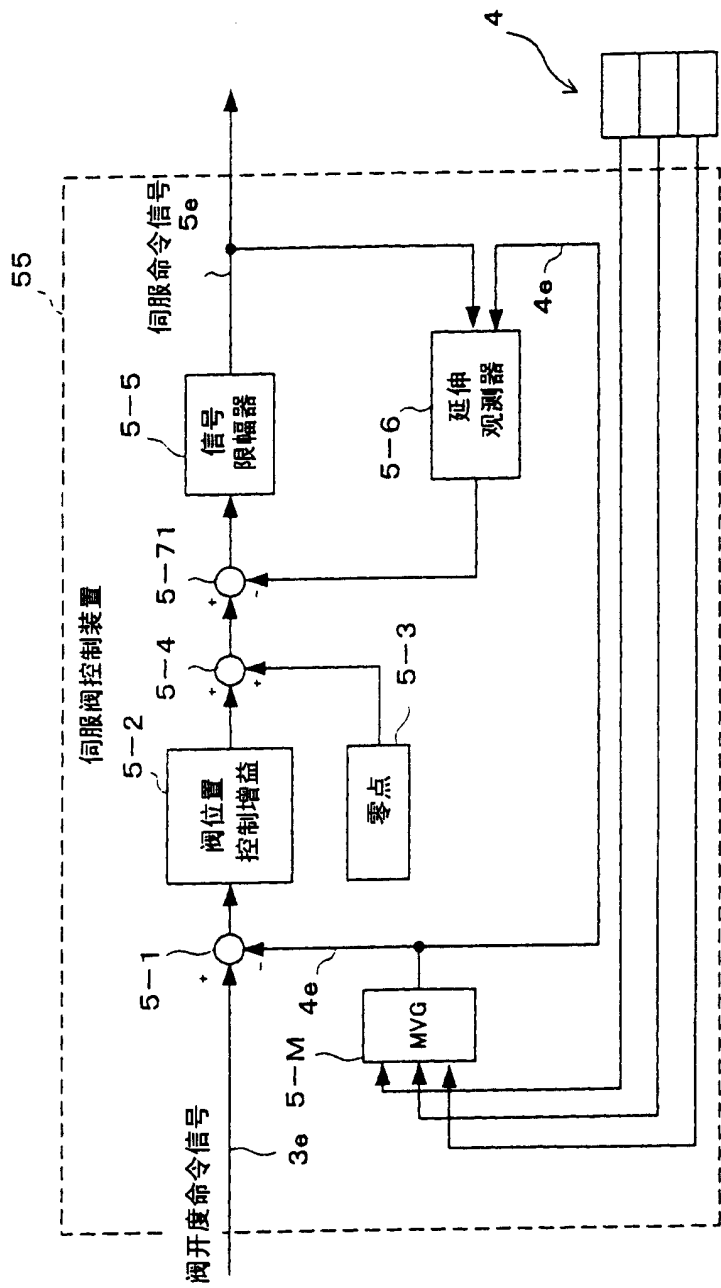


图10

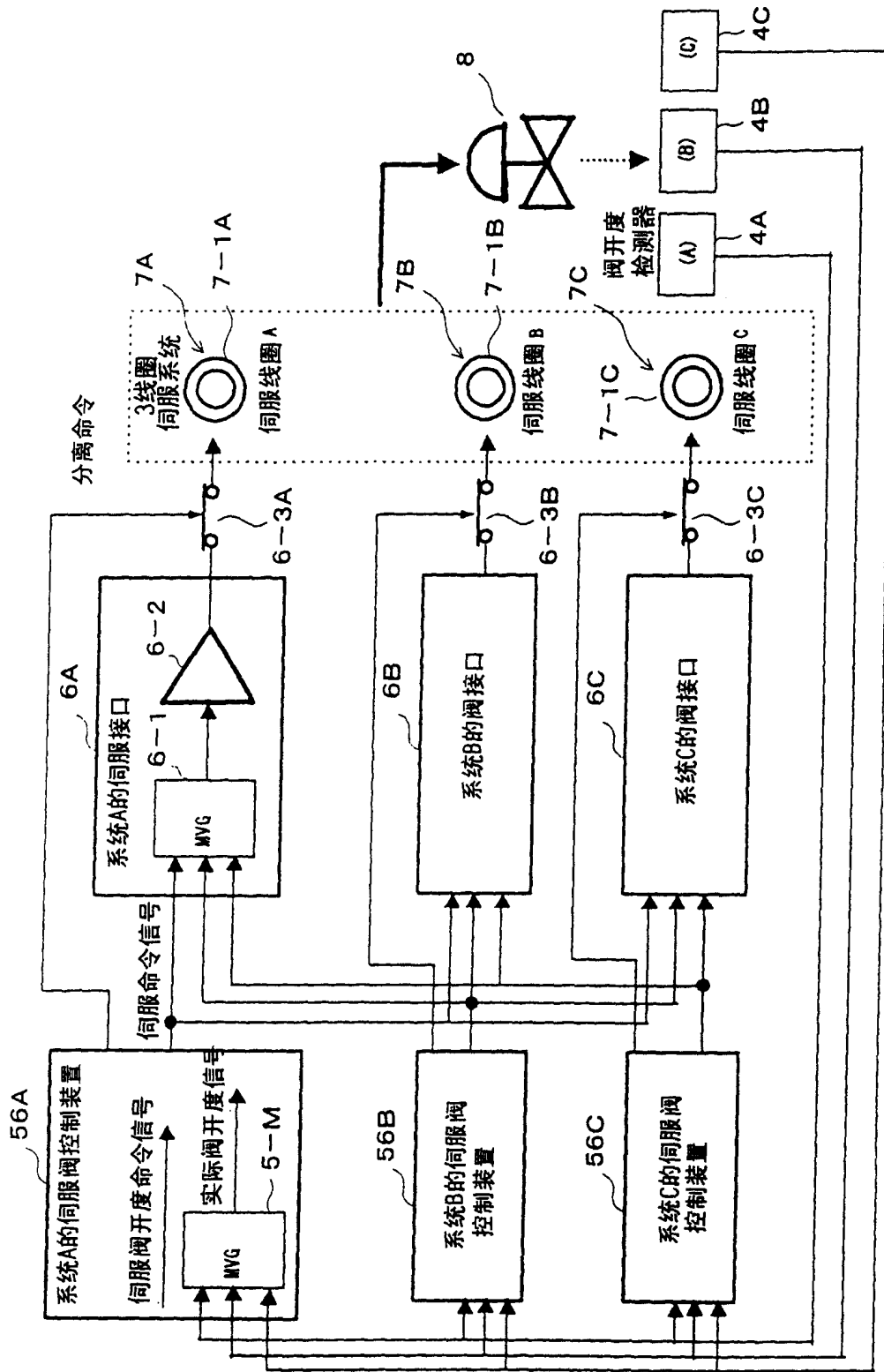


图11

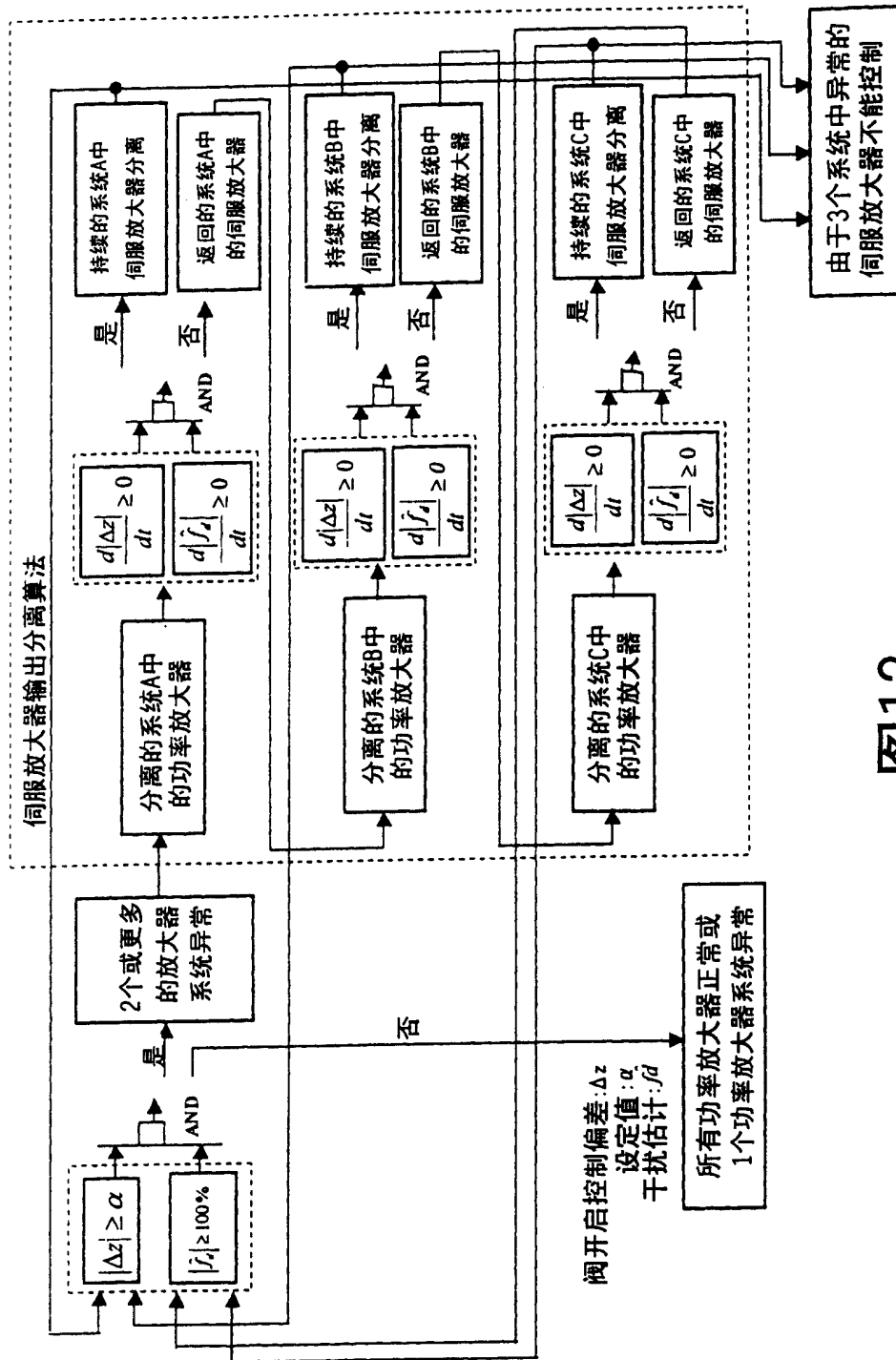


图12

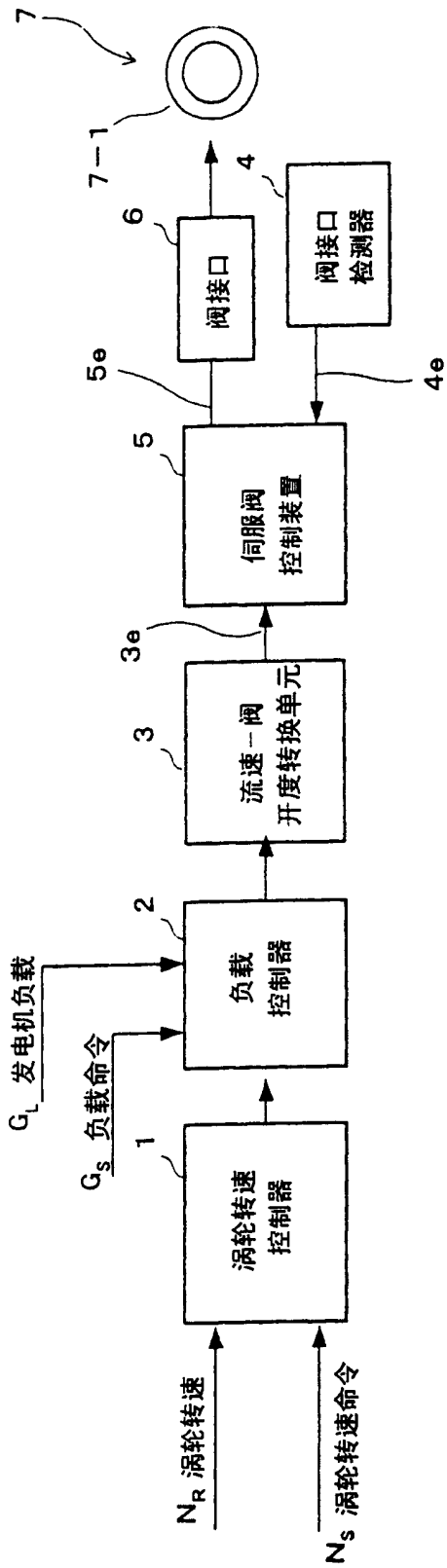


图13

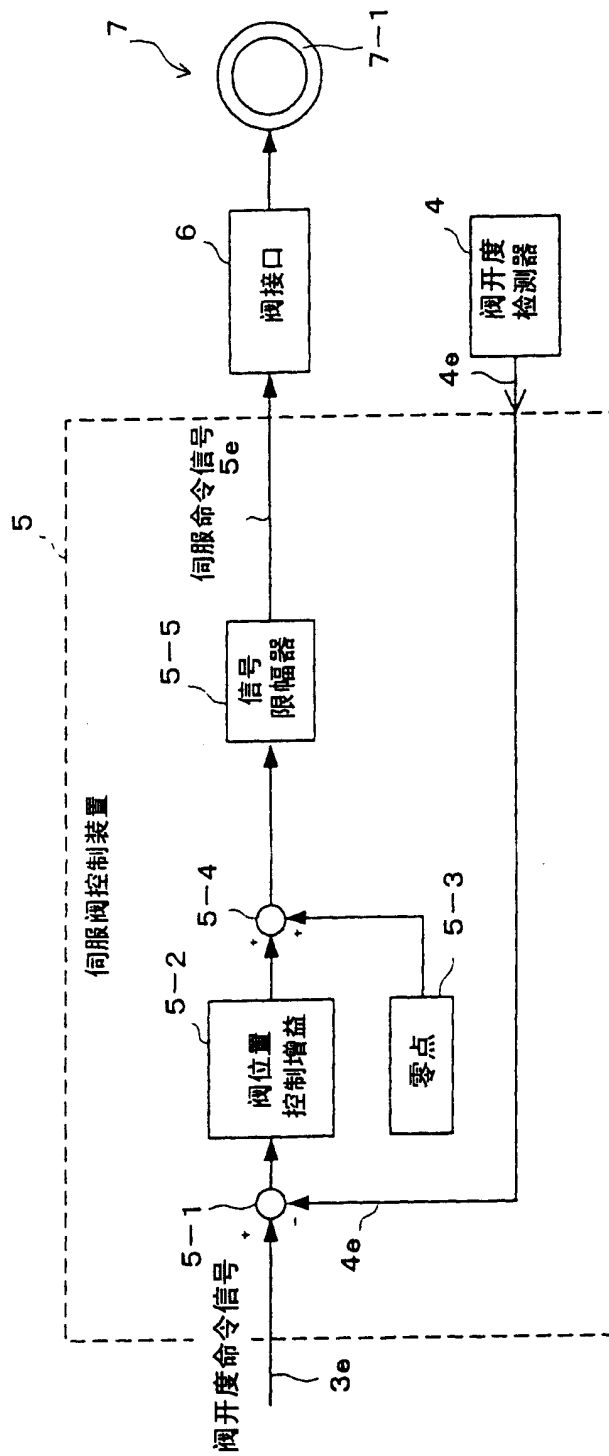


图14

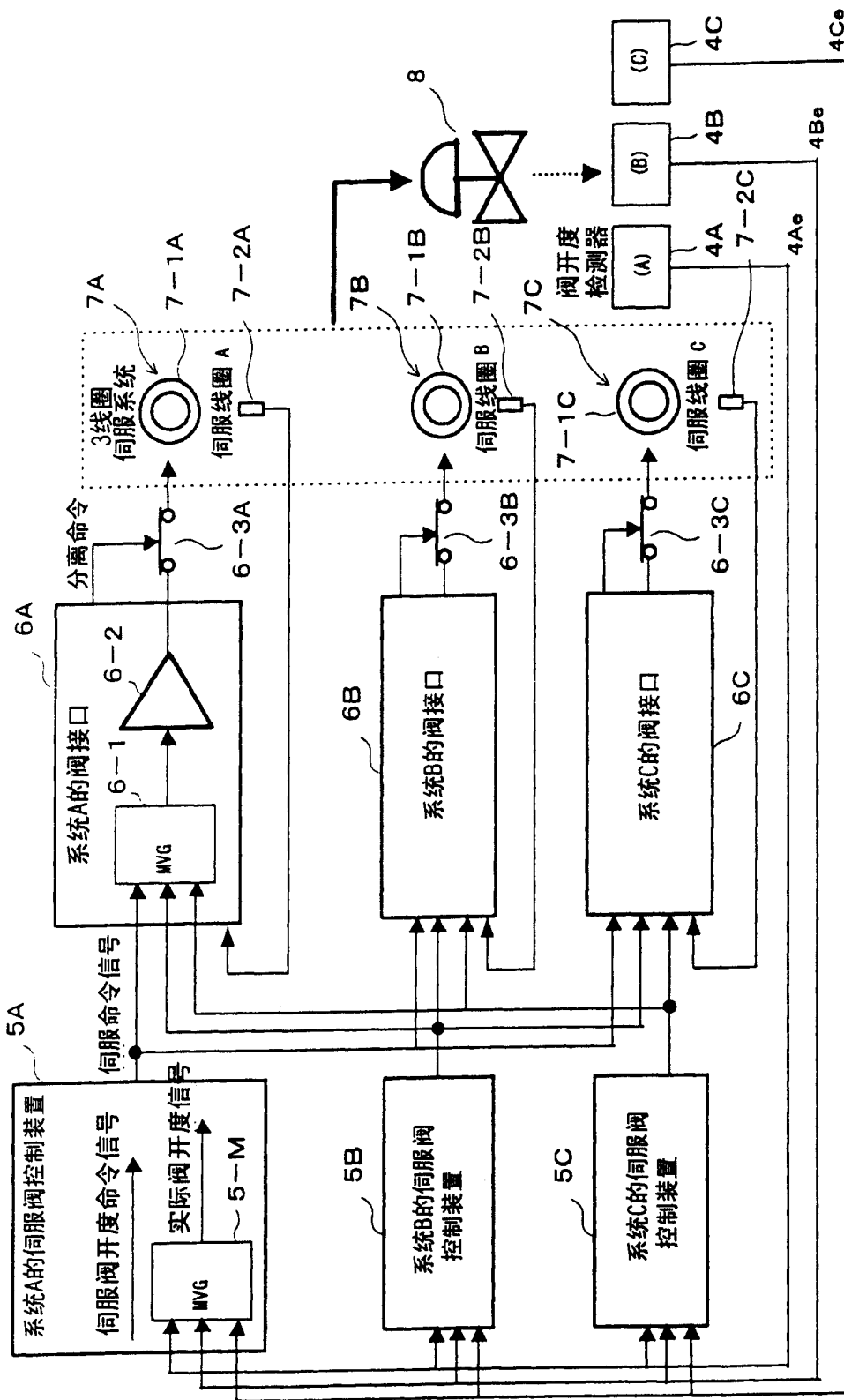


图15