

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05D 11/13 (2006.01)

F02D 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01818836.2

[45] 授权公告日 2006 年 11 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1285982C

[22] 申请日 2001.10.15 [21] 申请号 01818836.2

[30] 优先权

[32] 2000.10.14 [33] GB [31] 0025231.2

[86] 国际申请 PCT/GB2001/004586 2001.10.15

[87] 国际公布 WO2002/033499 英 2002.4.25

[85] 进入国家阶段日期 2003.5.14

[71] 专利权人 考文垂大学

地址 英国考文垂

[72] 发明人 基思·J·布恩汉姆

马库斯·P·格兰特

审查员 刘 珺

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 马 浩

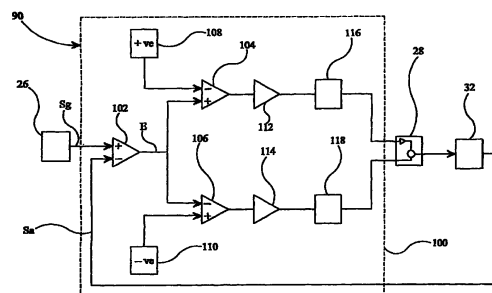
权利要求书 6 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于控制滞后—超前过程中一个可变超前参数与一个可调滞后参数之间比例的方法和系统

[57] 摘要

在滞后—超前燃气发电站里用来控制空气/燃气比例的方法及系统中，超前及滞后参数都受到监视以提供表示了这些参数值的超前与滞后信号。对这些信号进行比较以提供一个误差信号，该误差信号表示了超前与滞后参数的比例相对于一个预定比例的偏差。当偏差超过一个预定偏差时，就调节滞后参数来减小偏差。



1. 控制气体燃烧过程中一个可变超前参数与一个可调滞后参数之间比例的一种方法，其中所述超前参数和所述滞后参数是超前流体和滞后流体各自的流量比例，并且所述超前流体是所述过程的燃气和空气之一，所述滞后流体是所述燃气和空气中的另一个，该方法包括：

 监视所述的超前参数并提供一个表示所述超前参数值的超前信号；

 监视所述的滞后参数并提供一个表示所述滞后参数值的滞后信号；

 比较所述的超前与滞后信号并提供一个误差信号，该误差信号表示所述超前与滞后参数的比例相对于一个预定比例的偏差；

 以及调节所述的滞后参数以便在所述的偏差超过一个预定偏差的情况下减小所述的偏差。

2. 根据权利要求1所述的方法，包括将所述的误差信号与一个预定的阈值进行比较，并在所述的误差信号超过所述预定阈值的情况下调节所述的滞后参数。

3. 根据权利要求1所述的方法，包括将所述的误差信号与一个误差范围进行比较，该误差范围由一个第一上限预定阈值与一个第二下限预定阈值定义，并在所述的误差信号落在所述的误差范围之外的情况下调节所述的滞后参数。

4. 根据权利要求3所述的方法，包括：

 当所述的误差信号在所述误差范围之上时调节所述的滞后参数以减小所述比例；

 以及当所述的误差信号在所述误差范围之下时调节所述的滞后参数以提高所述比例。

5. 根据权利要求4所述的方法，其中：

 所述的第一上限预定阈值是一个正值，而所述的第二下限预定阈值是一个负值；

一个正误差信号表示所述比例相对所述预定比例是增加的，而一个负误差信号表示所述比例相对所述预定比例是减小的；

并且该方法包括：

当所述误差信号为正而且超过了所述的第一上限预定阈值时，调节所述的滞后参数以减小所述比例；

以及当所述误差信号为负而且超过了所述的第二下限预定阈值时，调节所述的滞后参数以提高所述比例。

6. 根据权利要求 2-5 中任意一条所述的方法，其中所述阈值都是一个固定的值。

7. 根据权利要求 2-5 中任意一条所述的方法，其中所述阈值都是可修改的阈值。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，其中比较所述误差信号与所述阈值的步骤包括，根据所述滞后参数的值调节所述阈值并将所述误差信号与经调节的阈值进行比较。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，包括：

提供一张查找表，用来储存多个阈值；

以及调节所述阈值的步骤包括根据所述滞后参数的值选取所述多个阈值中的一个。

10. 根据权利要求 7 所述的方法，其中：

所述阈值包括多个阈电平；

以及比较所述误差信号与所述阈值的步骤包括根据所述滞后参数的值为所述阈值选取一个阈电平，并将所述的误差信号与所述被选取的阈电平进行比较。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，包括：

提供一张查找表，用来储存所述的多个阈电平；

以及调节所述阈值的步骤包括根据所述滞后参数的值选取所述多个阈电平中的一个。

12. 根据权利要求 1-5 中任意一条所述的方法，还包括：

提供滞后阀门用于控制所述滞后流体的流动；

在所述阀门装置打开或关闭期间，监视所述滞后阀门的位置；
在所述阀门装置打开或关闭期间，监视所述滞后流体的流量比例；
比较所述阀门装置位置的变化与所述滞后流体流量比例的变化；
以及当所述的比较步骤指示所述阀门装置的特性发生了变化时，
调节所述的阈值。

13. 根据权利要求 12 所述的方法，当权利要求 12 从属于权利要求 9 或 11 时，其中调节所述阈值的步骤包括调节所述查找表中的阈值或阈电平。

14. 根据权利要求 1 所述的方法，其中：
所述的超前参数是一种燃气的流量比例；
所述的滞后参数是空气的流量比例。

15. 用来提供对一个气体燃烧过程的超前 - 滞后控制的控制系统 (34)，所述气体燃烧过程含有一个可变的超前参数与一个可调的滞后参数，其中所述超前参数和所述滞后参数是超前流体和滞后流体各自的流量比例，并且所述超前流体是所述过程的燃气和空气之一，所述滞后流体是所述燃气和空气中的另一个，该系统包括：

超前监视装置 (26)，用来监视所述的超前参数并提供一个表示所述超前参数值的超前信号；

滞后监视装置 (32)，用来监视所述的滞后参数并提供一个表示所述滞后参数值的滞后信号；

比较器装置 (102, 104, 106)，用来比较所述的超前与滞后信号并提供一个误差信号，该误差信号表示所述超前与滞后参数的比例相对于一个预定比例的偏差；

以及调节装置 (116、118)，用来调节所述的滞后参数以便在所述的偏差超过一个预定偏差的情况下，减小所述的偏差。

16. 根据权利要求 15 所述的控制系统，还包括：

阈值装置 (108、110)，用来提供一个可预先选定的阈值；

第二比较器装置 (104、106)，用来比较所述的误差信号与所述可预先选定的阈值；

以及其中所述的调节装置(116、118)可以在所述的误差信号超过了所述的可预先选定的阈值的情况下调节所述的滞后参数。

17. 根据权利要求16所述的控制系统, 其中:

所述的阈值装置包括一个第一上限阈值装置(108), 用来提供一个第一上限预定阈值, 以及一个第二下限阈值装置(110), 用来提供一个第二下限预定阈值, 从而定义一个误差范围;

所述的第二比较器装置(104、106)能够将所述的误差信号与所述的上限及下限预定阈值进行比较;

并且所述的调节装置(116、118)能够在所述误差信号落在所述误差范围之外时调节所述的滞后参数。

18. 根据权利要求17所述的控制系统, 其中:

所述的调节装置(116, 118)能够在所述误差信号处在误差范围之上时调节所述滞后参数以降低所述比例, 并在所述误差信号处在误差范围之下时调节所述滞后参数以提高所述比例。

19. 根据权利要求18所述的控制系统, 其中:

所述的第一上限预定阈值是一个正值, 而所述的第二下限预定阈值是一个负值;

一个正误差信号表示所述比例相对于所述预定比例偏高, 而一个负误差信号表示所述比例相对于所述预定比例偏低;

并且所述的调节装置(116、118)能够在所述误差信号为正且超过了所述的第一上限预定阈值时减小所述的比例, 并在所述误差信号为负且超过了所述的第二下限预定阈值时提高所述的比例。

20. 根据权利要求16-19中任意一条所述的控制系统, 其中所述阈值都是一个固定的值。

21. 根据权利要求16-19中任意一条所述的控制系统, 其中所述阈值都是所述滞后参数值的函数。

22. 根据权利要求21所述的控制系统, 还包括第二调节装置(222), 用来根据所述滞后参数的值调节所述的阈值, 并且其中所述的第二比较器装置(104、106)能够比较所述的误差信号与所述经调

节的阈值。

23. 根据权利要求 22 所述的控制系统，其中：

所述的阈值装置包括一张查找表（208、210），用来储存多个阈值；

并且所述的第二调节装置（222）能够根据所述滞后参数的值选取所述多个阈值中的一个，以调节所述的阈值。

24. 根据权利要求 21 所述的控制系统，还包括：

第二调节装置（222），用来根据所述滞后参数的值调节所述的阈值；

并且其中：

所述阈值包括多个阈电平；

所述的第二调节装置（222）能够根据所述滞后参数的值选取所述多个阈电平中的一个，以调节所述的阈值；

并且所述的第二比较器装置（104、106）能够比较所述的误差信号与所述选定的阈电平。

25. 根据权利要求 24 所述的控制系统，其中：

所述的阈值装置包括一张查找表（208、210），用来储存多个阈值；

并且所述的第二调节装置（222）能够根据所述滞后参数的值选取所述多个阈值中的一个，以调节所述的阈值。

26. 根据权利要求 15 - 19 中任意一条所述的控制系统，其中：

所述的控制系统包括：

滞后阀门装置（28），用来控制所述滞后流体的流动；

位置监视装置（222），用来在所述滞后阀门装置打开与关闭期间监视所述滞后阀门装置（28）的位置，并提供一个表示该位置的位置信号；

其中：

所述的滞后监视装置（32）能够在所述滞后阀门装置（28）打开或关闭期间监视所述滞后流体的流量比例并提供一个表示了该流量比

例的流量比例信号;

并且所述的控制系统还包括:

存储装置,用来储存所述位置及流量比例信号的采样值,所述采样值表示了所述滞后阀门装置的预选特性;

第三比较器装置,用来把所述滞后阀门装置移动期间的所述滞后阀门装置(28)的阀门位置、滞后流体流量比例与储存的值进行比较;

以及第三调节装置,用来在所述的比较过程指示所述滞后阀门装置(28)的特性发生了变化时调节所述阈值。

27. 根据权利要求 15 所述的控制系统, 其中:

所述的控制系统包括:

滞后阀门装置(28), 用来控制所述滞后流体的流动;

位置监视装置(222), 用来在所述滞后阀门装置打开与关闭期间监视所述滞后阀门装置(28)的位置, 并提供一个表示该位置的位置信号;

其中:

所述的滞后监视装置(32)能够在所述滞后阀门装置(28)打开或关闭期间监视所述滞后流体的流量比例并提供一个表示了该流量比例的流量比例信号;

并且所述的控制系统还包括:

存储装置,用来储存所述位置及流量比例信号的采样值,所述采样值表示了所述滞后阀门装置的预定特性;

第三比较器装置,用来把所述阀门装置移动期间的滞后流体流量比例与储存的值进行比较,该储存值对应于所述滞后阀门装置被监视到的位置;

以及第三调节装置,用来在所述的比较过程指示所述阀门装置(28)的特性发生了变化时调节所述的阈值。

28. 根据权利要求 15 所述的控制系统, 其中:

所述的超前参数是一种燃气的流量比例;

所述的滞后参数是空气的流量比例。

用于控制滞后 - 超前过程中一个可变超前参数 与一个可调滞后参数之间比例的方法和系统

技术领域

本发明涉及一种方法和系统，用来控制滞后 - 超前过程中一个可变超前参数与一个可调滞后参数之间的比例，并尤其涉及用于控制燃气发电站中空气/燃气比例的装置，但并非仅涉及这类装置。

背景技术

众所周知，一个燃气发电站中的空气/燃气比例（AGR）应该保持大致恒定，以达到发电站的最高燃烧效率。发电站中使用空气/燃气比例控制器在燃气流量比例提高或降低时维持空气/燃气比例。为了实现这一点，空气/燃气比例控制器监视燃气流量比例并相应地调整空气流量比例，这一般是通过调节供气管线上的阀门来完成的。

已有的空气/燃气比例控制中的一个问题在于调节空气流量比例以精确地匹配燃气流量比例是有困难的。本发明的目标在于提供一种改进的方法和系统用于空气/燃气控制。

发明内容

因此，本发明提供了一种用来控制滞后 - 超前过程中一个可变超前参数与一个可调滞后参数之间比例的方法，该方法包括：监视所述的超前参数并提供一个表示所述超前参数值的超前信号；监视所述的滞后参数并提供一个表示所述滞后参数值的滞后信号；对比所述的超前及滞后信号并提供一个误差信号，该信号表示所述超前与滞后参数的比例相对于一个预选比例的偏差；以及调整所述的滞后参数以便在所述偏差超过某个预定偏差值时减小这个偏差。

在本发明的一种优选方式中，将所述的误差信号与一个预定的阈

值进行对比，并在所述的误差信号超过所述的预定阈值的情况下调节所述的滞后参数。比较方便的做法是将误差信号与一个误差范围进行比较，该范围由预定的第一上限阈值及第二下限阈值定义，并在所述的误差信号落在所述误差范围之外时调节所述的滞后参数。

本发明还为一个过程提供一个控制系统以进行滞后-超前控制，所述的過程中包含一个可变超前参数和一个可调滞后参数，该系统包括：超前监视装置用于监视所述的超前参数并提供一个表示所述超前参数值的超前信号；滞后监视装置用于监视所述的滞后参数并提供一个表示所述滞后参数值的滞后信号；比较器装置用于比较所述的超前与滞后信号并提供一个误差信号，该信号表示了所述超前与滞后信号的比例相对于一个预定比例的偏差；以及调节装置用于调节所述的滞后参数以便在所述的偏差超过一个预定偏差的情况下减小该偏差。

该系统最好还包括用来提供一个可以预先选定的阈值的阈值装置以及用来比较所述的误差信号与所述的可预先选定的阈值的比较器装置。调节装置能够在所述的误差信号超过所述的可预先选定的阈值的情况下调节所述的滞后参数。

所述的阈值装置最好包括一个第一上限阈值装置，用于提供第一上限预定阈值，还包括一个第二下限阈值装置，用于提供第二下限预定阈值，从而定义一个误差范围；所述的比较器装置可以用来比较所述的误差信号与所述的上限及下限预定阈值；并且所述的调节装置可以在所述的误差信号落在所述的误差范围外的情况下调节所述的滞后参数。

附图说明

现在将参照附图，以实例的方式说明本发明，附图中：

图1示出了一个典型燃气发电站的原理框图；

图2示出了用于图1发电站中的空气/燃气控制器的原理框图；

图3示出了一个控制系统的原理框图，该系统具有符合本发明一个方面特点的优选形式的空气/燃气比例控制器；

图 4 示出了符合本发明另一个方面特点的优选形式的空气/燃气比例控制器的原理框图;

图 5 示出了图 4 中控制器的一种改进形式的原理框图;

图 6 示出了一张图表, 显示出阀门位置随着所施加控制电压而变化;

图 7 示出了一张图表, 显示出图 6 的阀门特性曲线的导数; 以及

图 8 示出了一张图表, 显示出阀门特性导数与整个无控制作用区内的值之间的关系。

具体实施方式

图 1 中示出了一个典型的燃气发电站 10。发电站 10 包括 3 个主要部分: 一个温度控制器 12、一个空气/燃气比例控制系统 20 以及一个处在比如窑或是炉子 41 中的燃烧器 40。

温度控制器 12 能够控制炉子 41 的温度, 或是按照一个预定的温度表、或是通过允许用户定义所需要的温度表来实现这一点。举例来说, 要提高炉子的温度时, 控制器 12 就调节燃气供应管线上的阀门来提高供应给燃烧器的燃气流量比例, 而空气/燃气比例控制系统 20 就调节空气流量比例以努力保持供应给燃烧器的空气及燃气流量比例之间的比例大致恒定。图 2 中示出了一个空气/燃气比例控制系统的典型结构。系统 20 包括一个连接到燃气供应管线 24 上的燃气阀 22, 用来改变沿线的燃气流量比例。超前监视装置, 如一个燃气流测量传感器 26 被安置在燃气阀 22 的后面来监视沿线的燃气流量比例。类似地, 一个空气阀 28 被安置在空气供应管线 30 中的某个点上来改变沿线的空气流量比例, 而落后监视装置, 如一个空气流测量传感器 32 被安置在空气阀 28 的后面来监视空气管线沿线的空气流量比例。

燃气阀 22 被连接来接收一个来自温度控制器 12 的输入信号以调节燃气的流量比例。空气阀 28 被连接来接收一个来自空气/燃气比例控制器 34 的输入信号以便根据燃气流量比例调节空气的流量比例。空气/燃气比例控制器 34 接收来自燃气及空气测量传感器 26、32 的输入

信号，比较燃气与空气的流量比例，并调节空气阀以维持所需要的空气/燃气比例。

可见，如果燃烧过程要以最高效率工作，那么空气/燃气比例控制器 34 必须控制空气阀尽可能紧密地跟随燃气阀的变化。

这样一种系统通常被称为滞后 - 超前系统。在一个滞后 - 超前系统中，当一个超前参数（燃气流量比例）变化时，就调节一个滞后参数（本例中为空气流量比例）来维持参数比例大致恒定。

空气与燃气的流量比例由空气/燃气比例控制系统 20 的测量传感器进行监视。这些传感器最好按预定的采样率对流量比例进行采样。超前参数（这里是燃气流量比例）以及滞后参数（这里是空气流量比例）在固定的时间间隔内被采样。对超前参数的采样率通常要比对滞后参数的采样率高，可以达到每 20ms 采样一次。对滞后参数的采样率会被调节来配合超前参数的采样率，在本例中一般是 120ms 采样一次。对滞后参数的典型采样率范围是 100ms 到 500ms 之间。在一个天然气燃烧系统中，空气/燃气比例通常要求被保持在 10:1 的水平上，该比例被称为理想燃气配比。温度参考信号中的变化会引起温度控制器 12 调节燃气阀。这会改变燃气流量比例，并因此使得空气/燃气比例偏离期望值。控制器 34 监视到燃气流量比例中的这种变化，并调节空气阀 28 来把空气/燃气比例恢复到期望值。

如果空气/燃气比例的变化在对空气及燃气流的某次采样中被空气/燃气比例控制器检测到（也就是说空气/燃气比例偏离了期望值），那么控制器将会向需要的方向（向它完全打开或是完全闭合的位置）移动空气阀，直到进行下一次采样为止。

然而，如果空气/燃气比例的误差小于一个采样间隔上（某个采样时刻与下一个采样时刻之间的时段）空气阀移动所引起的空气/燃气比例变化，阀门就会超过期望位置从而就不能达到期望的空气流量比例。在下一次采样时，控制器 34 将会检测到逆向误差并向相反的方向移动阀门，也就是说，如果先前的误差导致阀门向它打开的位置移动，那么控制器将会把阀门移向它关闭的位置，反之亦然。在采样间隔期间

阀门还是会在相反方向上被移动的过远，并将停在它最初的位置上或是接近的地方，也就是最初响应于所检测到的空气/燃气比例中的误差而被移动离开的位置。这种对阀门的打开与关闭被称为追踪，只要空气/燃气比例中的误差大致等于或小于空气阀在一个采样间隔上的移动所引起的变化，这个过程就会重复进行。因此空气阀门与空气流量比例就会在能够实现期望的空气/燃气比例的水平周围振荡。这种振荡被称为极限环。

可见，如果空气/燃气比例中的误差超过某个特定的阈值（由一个采样间隔上空气阀移动所引起的空气/燃气比例变化定义），那么就不会出现极限环。但是，如果误差低于阈值，那么就会出现极限环。对于具有线性特性的阀门而言，也就是表现出线性响应的阀门，阈值在阀门的整个工作范围内都是恒定的。但是，许多电磁性的阀门会表现出非线性响应，通过阀门的空气流量比例会随所施加的控制信号作非线性变化。因此，一个采样间隔内阀门向它完全打开或是完全关闭的位置移动时，通过阀门的空气流的变化会随阀门在其工作范围内的位置不同而不同（图 6）。因此，所述的阈值在阀门的工作范围内也会变化，该阈值定义了区域值，低于它就会出现极限环。

由于驱动阀门的马达起到了一个积分器的作用，因此一个采样间隔上的流量比例变化可以通过对阀门特性求微分来得到（图 7）。阀门特性的微分曲线表示在一个采样间隔上阀门移动了多少（因此也示出空气流量比例将变化多少），这取决于阀门在其工作范围内的初始位置。由于空气/燃气比例中的误差可以是正值也可以是负值，因此为了确定阈值，有必要建立关于 0 值对称的正负导数曲线。如图 8 中所示，这有效地生成了一种“误差包络”，落入其中就会出现极限环。因此极限环会在下述条件下出现：

$$|\epsilon_{(T_s, u)}| < |\delta(u)| \quad \dots (1)$$

其中

$\delta(u)$ 是任意给定阀门位置 (u) 处阀门特性的导数，而 $2 \times \delta(u)$ 表示无控制作用区的值。

T_s 是采样时间；以及

u 是阀门位置。

反之，极限环在下述条件下不会出现：

$$|\epsilon_{(T_s, u)}| \geq |\delta(u)| \quad \dots (2)$$

为了减少或基本消除空气/燃气比例控制器中的极限环，就要保证当误差落在阀门误差包络之内时不调节空气阀，换句话说就是在满足方程 1 的时候（不调节空气阀）。在本发明的一个优选方式中，通过运用一种所谓的“无控制作用区”来实现这一点，如下所述。

图 3 示出了控制系统 90 的一部分的原理框图，该系统中包括一种优选形式的空气/燃气比例控制器 100。控制器 100 含有一个第一比较器 102，它被连接来接收两个输入信号，第一个来自燃气流传感器 26，该传感器连接到比较器 102 的非倒相输入端，第二个来自空气流传感器 32，该传感器连接到倒相输入端。第一比较器 102 的一个输出被连接到一个第二比较器 104 的非倒相输入端和一个第三比较器 106 的倒相输入端。

正负固定阈值电路 108、110 分别被连接到第二和第三比较器 104、106 的非倒相输入端及倒相输入端上，它们的作用将在下面说明。第二和第三比较器 104、106 的输出端分别连接到相应的运算放大器 112、114。各个运算放大器的输出端分别被连接到相应的调节装置，如继电器 116、118，这些继电器驱动空气阀 28 移动。

在燃气发电站 10 工作期间，供应给燃烧器 40 的燃气与空气的流量比例都由流量比例传感器 26、32 测量，它们各生成一个分别对应于两个流量比例的信号 S_g 和 S_a 并将信号发送给空气/燃气比例控制器 100。

燃气流信号 S_g 和空气流信号 S_a 被送入第一比较器 102，燃气流信号 S_g 送入非倒相输入端而空气流信号 S_a 送入倒相输入端。比较器 102 对比两个信号并生成一个误差信号 ϵ 作为比较结果的函数。

误差信号 ϵ 表示传感器 32 测得的实际空气流与要和当前燃气流量比例共同产生理想燃气配比所需的空气流之间的差。因为在一种理

想燃气配比下传感器 32 所生成的空气信号 S_a 的幅度比燃气传感器 26 所生成的燃气信号 S_g 大 10 倍（也就是说空气流量比例的大小比燃气流量比例大 10 倍），因此对于一种理想燃气配比而言空气信号 S_a 的值应被调节到与燃气信号 S_g 相同的电平上。这可以通过空气流传感器 32 中一个简单的分压器来实现。

误差信号 ε 被送入第二比较器 104 的非倒相输入端及第三比较器 106 的倒相输入端，各个比较器将误差信号 ε 与固定正负阈值分别进行比较，这些固定阈值是正负阈值电路 108、110 生成的。

如果误差信号值大于或等于正阈值，那么比较器 104 通过第一运算放大器 112 向第一继电器 116 施加一个驱动信号，该信号驱动空气阀 28 向第一方向、也就是向完全关闭的位置移动。类似地，如果误差信号值小于或等于负阈值，那么比较器 106 通过第二运算放大器 114 向第二继电器 116 施加一个驱动信号，该信号驱动空气阀 28 向反方向、也就是向它完全打开的位置移动。

但是，如果误差信号小于正阈值且大于负阈值，那么第二及第三比较器就不受影响，空气阀也不会被调节。

阈值电路 108、110 设定一个误差信号范围，在该范围内控制器 100 不会采取校正行动。因此，如果为了提高或降低燃烧器 40 的温度而改变燃气流量比例，就会导致偏离了期望值的空气/燃气比例。这就会使得比较器 102 生成一个误差信号，该误差信号表示实际空气/燃气比例与期望空气/燃气比例之间的偏差。因此可以理解，如果恢复空气/燃气比例到期望水平所需要的空气流量比例变化小于阈值电路 108、110 设定的误差信号范围所代表的变化，那么误差信号 ε 就将落在该范围内，并且空气阀 28 将保持不动。该误差实际上被视作 0，而空气阀也未被调节。阈值电路 108、110 所设定的阈值范围被称为“无控制作用区”。在实际应用中，这样做可以减少空气流中极限环的出现，并使得期望的空气/燃气比例能被保持地更接近。

无控制作用区的值影响空气/燃气比例控制器 100 的性能，该控制器又会影响燃气发电站的效率。所以为无控制作用区选择合适的值很

重要。无控制作用区的值选的高，极限环振荡就会减少，但是控制空气阀以提供期望的空气/燃气比例的控制精度就会降低。反之，较低的阈值提供较高的精度，但却增加了极限环的出现。所以最好是能在不引起极限环的情况下使得无控制作用区尽可能小。

从上述描述明显可见，如果无控制作用区值所表示的空气流量比例变化稍大于空气阀在一个采样间隔上的移动所引起的空气流量比例变化，那么就可以在不引起极限环的情况下调整阀门。因此对于具有线性特性的阀门就可以使用恒定的无控制作用区值。然而，对于具有如图 8 所示误差包络的非线性阀门来说，使用恒定的无控制作用区值就是不合适的，因为即使利用了无控制作用区，在阀门工作范围的某些部分内还是会出现极限环。

一种解决方法是根据阀门在工作范围上的阀门特性改变无控制作用区的值。已经发现对于一个给定的阀门位置来说最优的无控制作用区值等于该位置上阀门特性的导数值的两倍。由于无控制作用区以 0 值为中心对称，所以无控制作用区的上下限阈值（由正负阈值电路 108、110 设定）分别对应于阀门特性的正负导数曲线。因此，无控制作用区被选择来准确地反映阀门的误差包络。控制器将在下述条件下调节空气阀门：

$$|\epsilon_{(Ts,u)}| \geq \frac{|D(u)|}{2}$$

其中 $D(u) = \delta(u)$ 并且表示了由某个给定阀门位置(u)处的误差包络定义的无控制作用区值，在该位置所处的区域内，即使不存在无控制作用区，也不会出现极限环，因为该区域内的误差值大于或等于一个采样间隔上对阀门的调节所引起的流量比例变化。反之，控制器在下述条件下不会调节空气阀门：

$$|\epsilon_{(Ts,u)}| < \frac{|D(u)|}{2}$$

在这种情况下，误差会落在无控制作用区内，在该区域内，如果调节了空气阀门而又没有无控制作用区的话，就会出现极限环。

一种解决方法是根据阀门在工作范围内的阀门特性来改变无控

制作用区的值。

图 4 示出了空气/燃气比例控制器 200 的第二种实施方式，它是控制系统 190 的一部分。在图 3、4、5 中，相似的标号代表类似的部件。可见，控制器 200 在形式上与图 3 的控制器 100 相似，但用可变阈值电路 208、210 代替了固定阈值电路，所述的可变阈值电路中各包含一张查找表。可变阈值电路 208、210 被连接来接收一个来自位置监视装置如空气阀门位置传感器 222 又经过了运算放大器 220 的信号。阀门位置传感器 222 可以是这样一种形式：它只是监视被施加到阀门上以驱动阀门在它打开和关闭位置之间移动的电压。

在控制系统投入工作之前，先要测量空气阀门的特性曲线并确定图 7 中所示的导数曲线以便能够提供图 8 中所示的误差包络。然后从图 8 的误差包络中取出多个不同的阈值或电平，对于每个选定的阀门位置要取出正值负值各一个。正值被储存在阈值电路 208 的查找表中，负值则被储存在阈值电路 210 的查找表中。

在工作过程中，当阀门位置改变时，要根据来自空气阀门位置传感器的位置信号来选取查找表中的阈值，误差信号要与该阈值进行比较。

这样，各个可变阈值电路 208、210 所生成的值就是空气阀门 28 的位置的函数，从而也就是空气流量比例的函数。当空气阀门的位置改变时，在各个采样间隔期间出现的空气流量比例变化也会改变。空气阀门特性被有效地储存在各个阈值电路 208、210 的查找表中。从而查找表就能给出指定阀门位置上的特性，从而确定该位置上的无控制作用区值。这样，无控制作用区就会根据空气阀门 28 的瞬时位置而变化。

就像在前面的实施例那样，如果比较器 202 计算得出的误差信号 ε 落在瞬时正负阈值所定义的范围之内，那么该误差就被视作 0 并且不会对空气阀门 28 做出修正动作，所述的正负阈值是由阈值电路 208、210 生成的。而如果误差值落在误差包络上或是包络之外，那么就如前所述调节空气阀门 28。

由于无控制作用区值总是大于空气阀门在一个采样间隔上的移动所引起的空气流量比例变化, 这样就把极限环的出现降到了最低程度。另外, 空气/燃气比例控制器 200 的精度也得到了提升。由于空气/燃气比例被维持在最佳水平, 这样就使得燃气发电站的燃烧效率得到了显著的改善。

很明显, 可以对本发明进行多种不同的变化与改进。

本发明可以被如此改进, 使得空气阀门 28 的移动被连续监视以确定阀门的特性是否会由于比如磨损而改变。如果阀门特性发生了变化, 该信息会被发送给可变阈值电路以便修正各个阀门位置上的无控制作用区值。图 5 中示出了对本发明做出这样一种改进的例子, 其中相似的标号代表了类似的部件。

在图 5 中, 驱动阀门向其完全关闭位置移动的继电器之一, 本例中为继电器 116, 被连接到多路复用器 300 的一个输入端上。空气流量比例传感器 32 的输出端与阀门位置传感器 222 的输出端也连接到多路复用器 300 上。

多路复用器 300 的输出端连接到参数估计器 302 上, 而参数估计器的输出又连接到可变阈值电路 208、210 上。

参数估计器 302 可以是一个运行比如 MATLAB 的微处理器。

在控制系统投入工作之前, 先要测量空气阀门的特性, 并将图 6 中所示的响应曲线储存到参数估计器 302 的存储器中。这可以通过将阀门从完全打开或完全关闭的位置移动到另一端并监视来自阀门位置传感器 222 及空气流量比例传感器 32 的信号来实现, 所检测到的信号被作为连续变化的值或是离散的值储存在参数估计器 302 中。

当继电器 116 被驱动来向完全关闭的位置移动空气流阀门 28 时, 参数估计器 302 也同时被启动。在阀门 28 关闭期间, 参数估计器 302 处理空气流量比例与位置传感器 32、222 的输出信号, 并将所检测到的流量比例与先前储存的流量比例进行比较。如果检测到的流量比例与先前储存的流量比例之间有偏差, 这就说明比如阀门结构中出现了磨损。接着参数估计器 302 就会调整阈值电路 208、210 的查找表中的

阈值，这些电路涉及所检测到的阀门位置，从而考虑已经出现的阀门特性的变化。可以理解，阀门向它完全打开的位置上的移动也同样可以被利用来更新查找表以便考虑磨损现象，在这种情况下，估计器 302 是由继电器 118 启动的。

尽管上面的说明都是关于一种滞后 - 超前控制系统的，在该系统中超前参数是燃气流量比例而滞后参数是空气流量比例，但可以理解，本发明同样能应用于超前参数是空气流量比例而滞后参数是燃气流量比例的系统，或是任何其他滞后 - 超前系统中。

同样也可以理解，尽管这里说明的是本发明与空气/燃气发电站或燃炉相关的优选实施方式，但本发明也同样能够应用在用于控制两种流体比例的滞后 - 超前控制系统中，其中所述的流体可以是气态或是液态的。

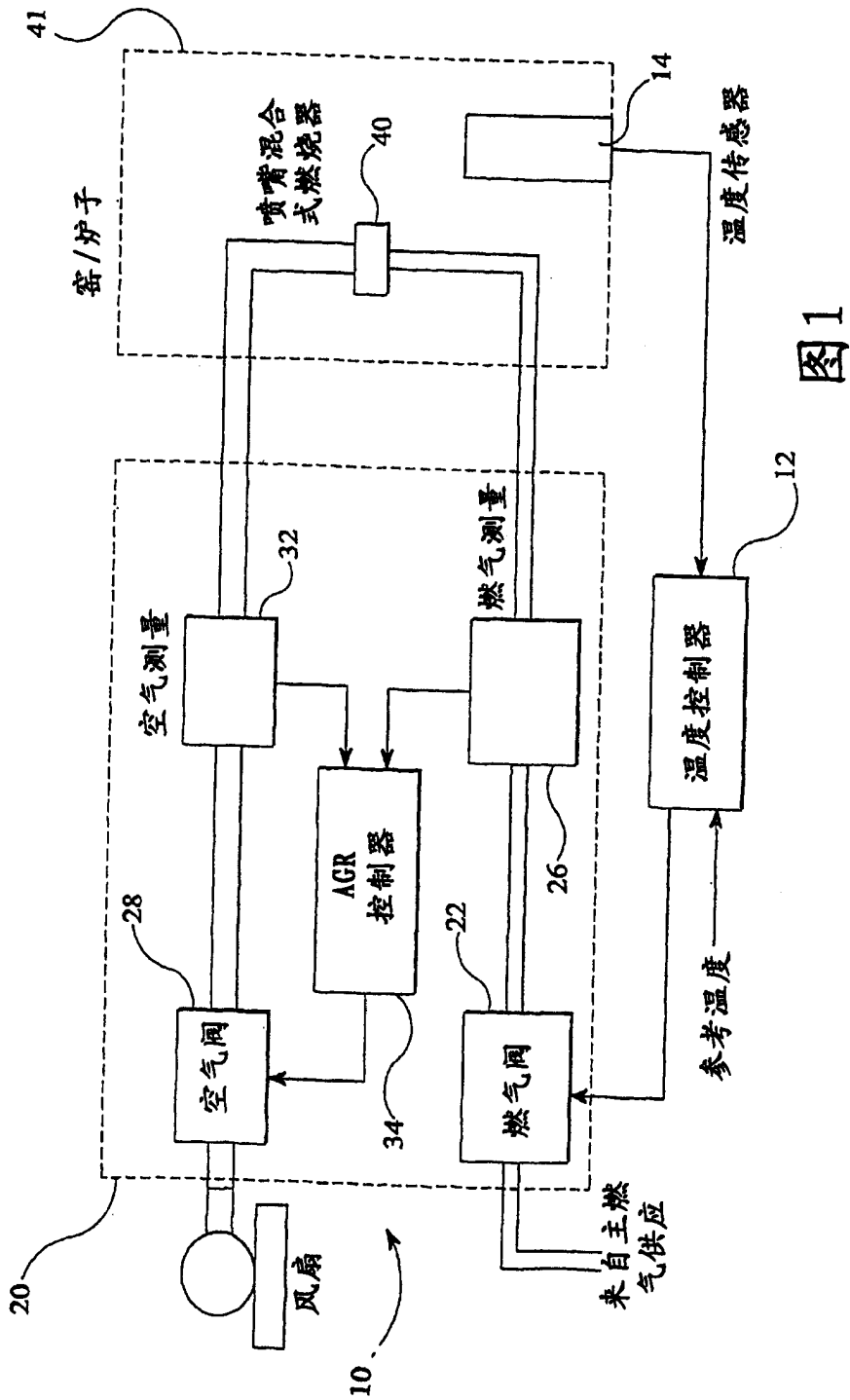


图1

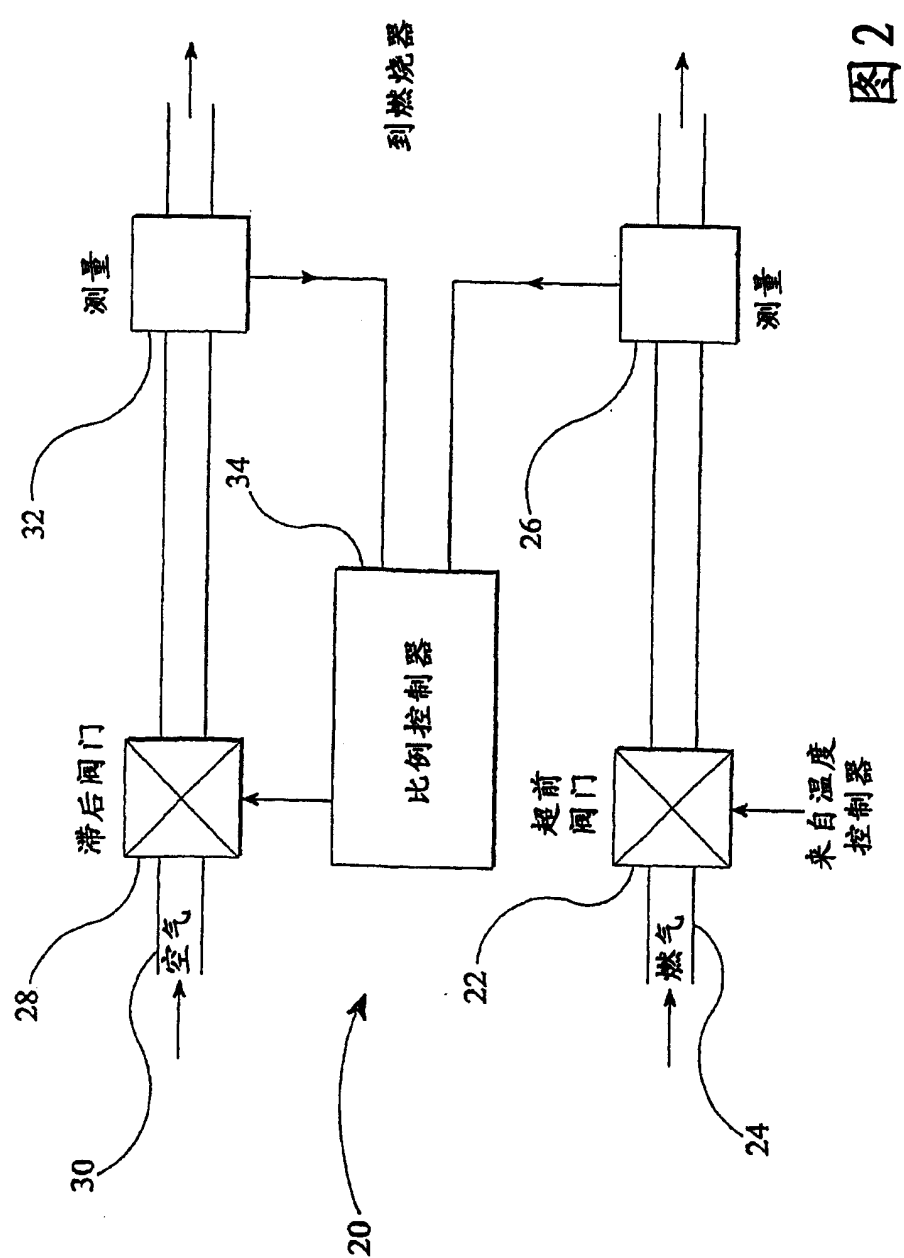
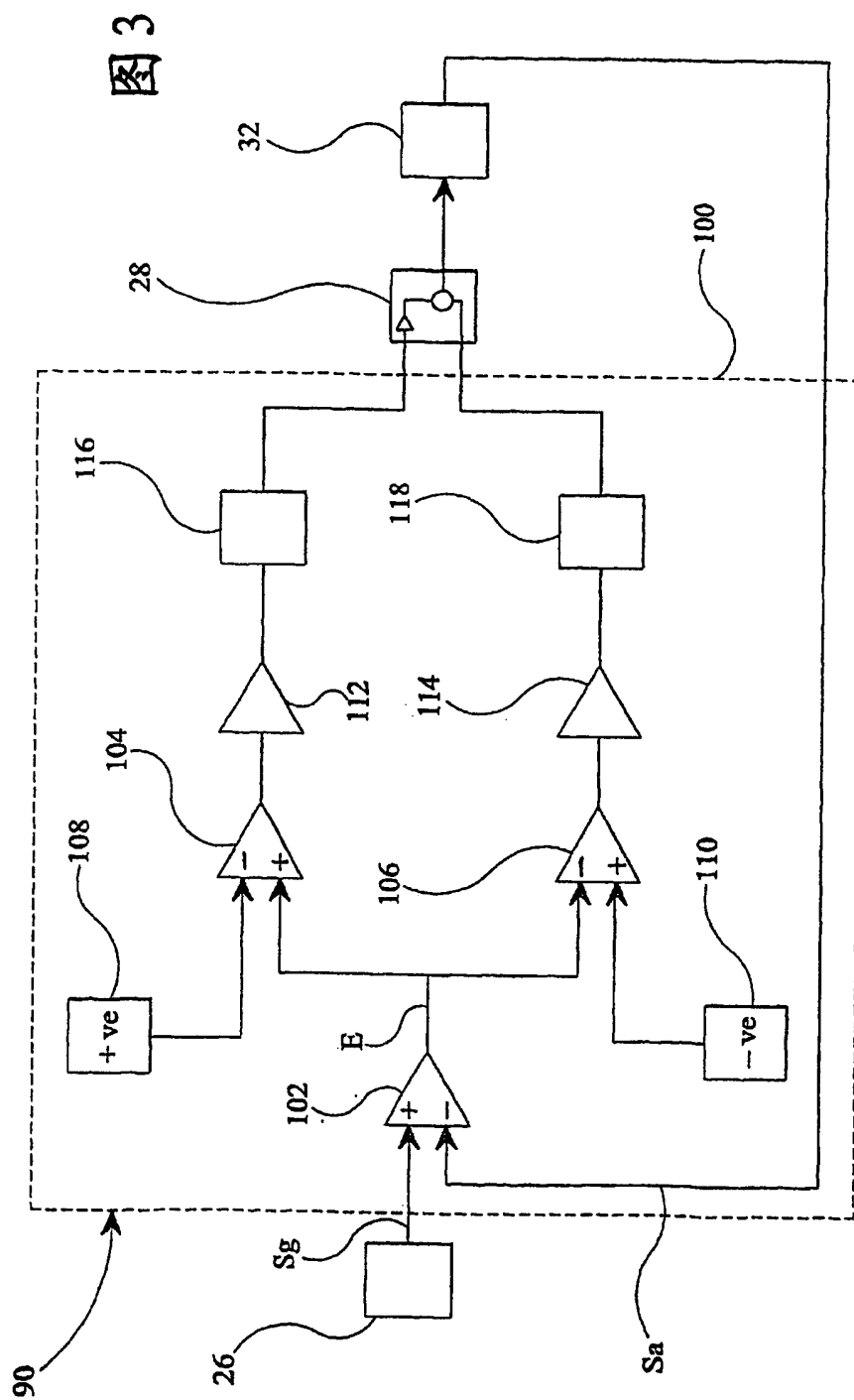
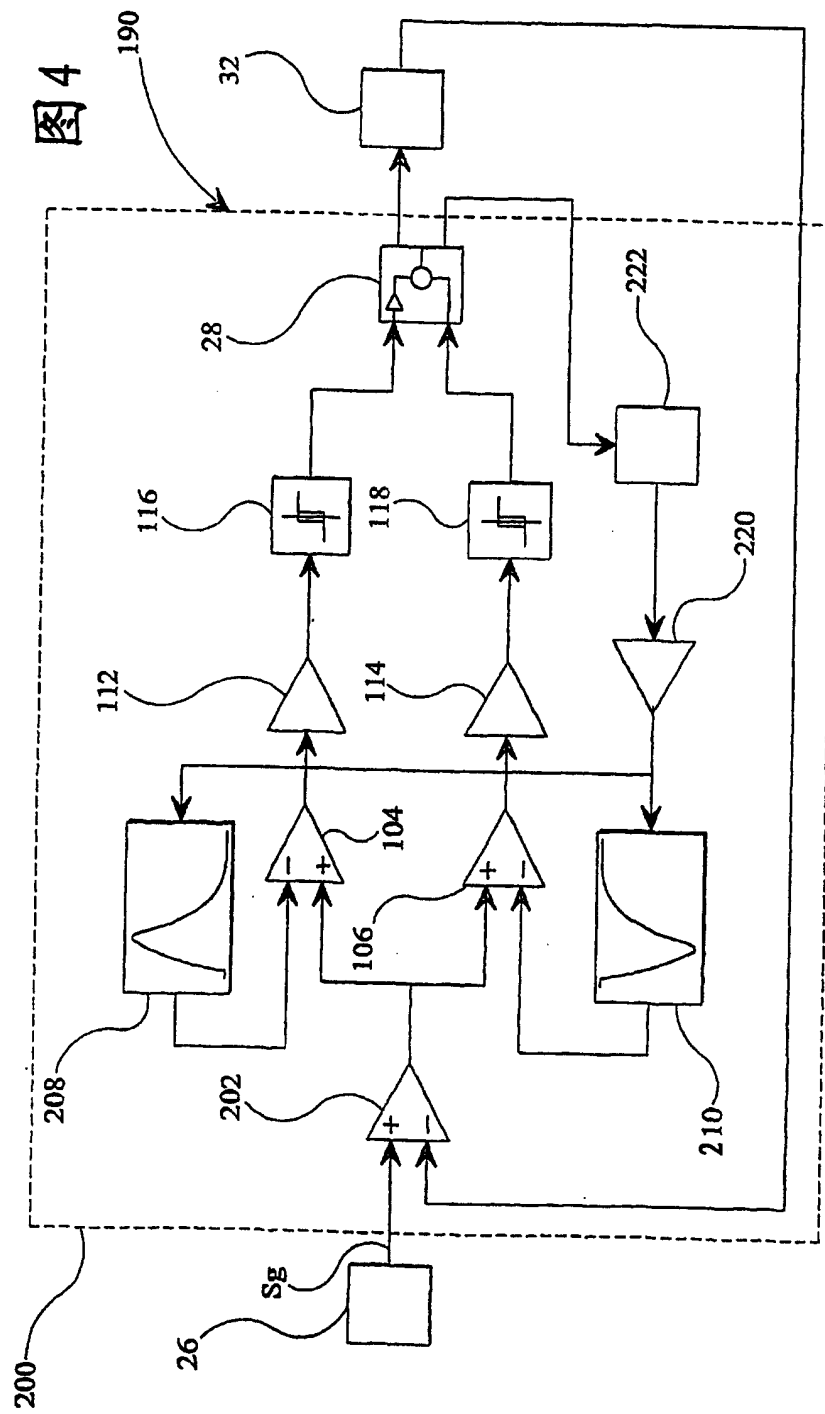
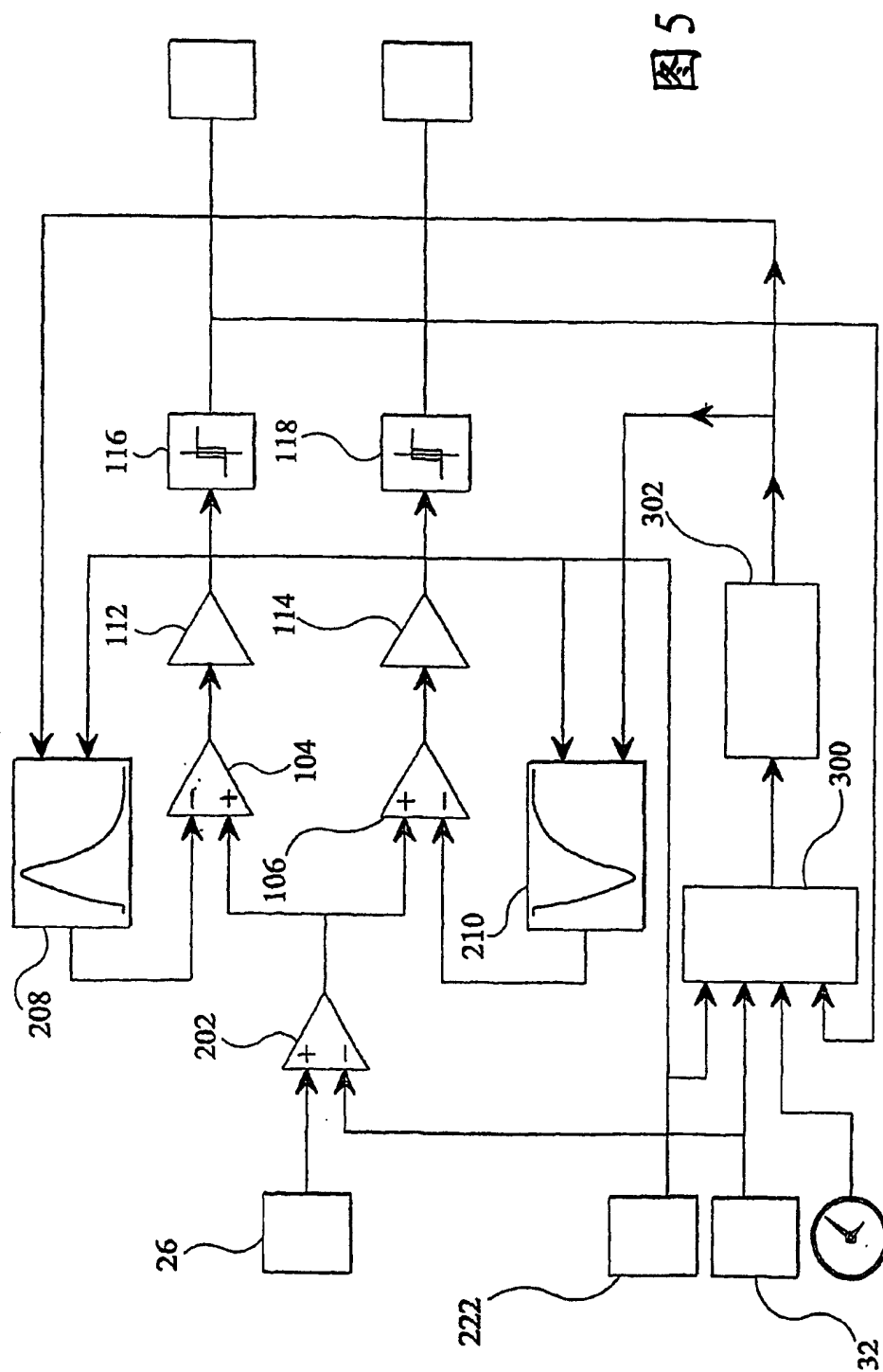


图2







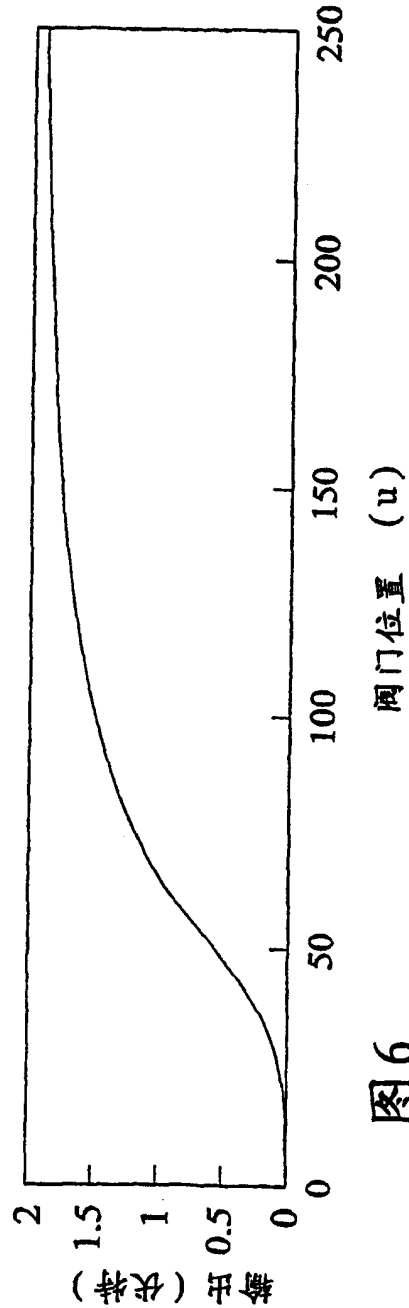


图6

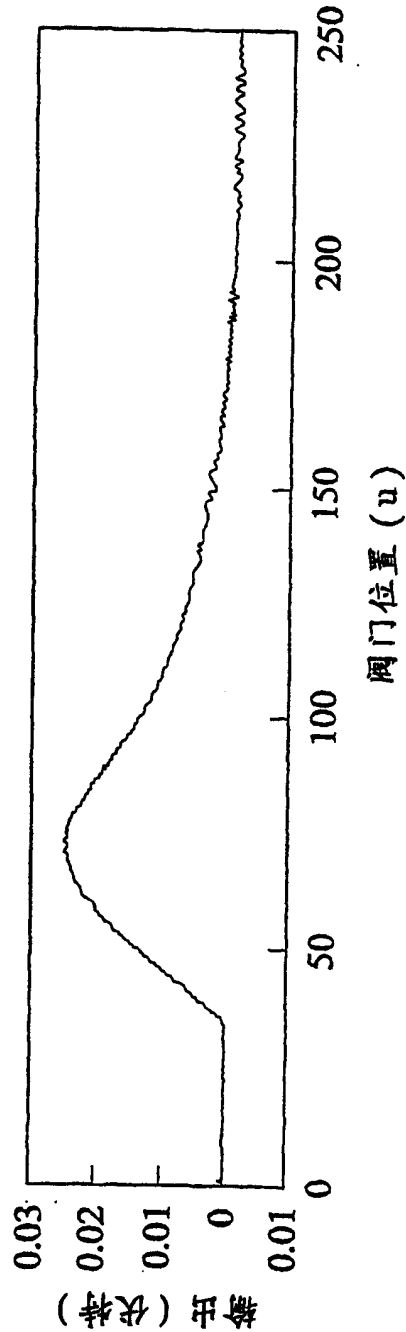


图7

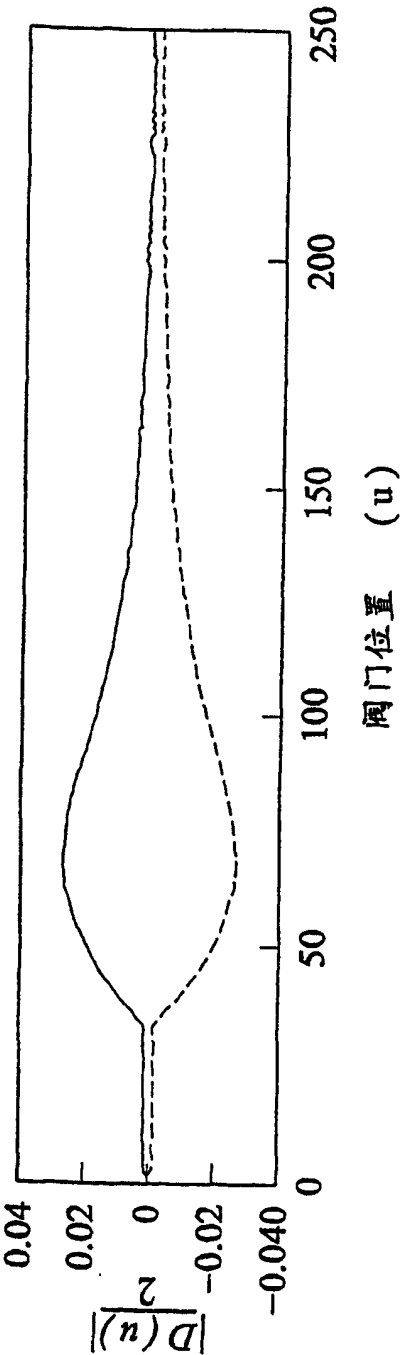


图8