

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.⁷
F25D 29/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97111259.2

[45] 授权公告日 2003 年 7 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1114084C

[22] 申请日 1997.4.29 [21] 申请号 97111259.2

[30] 优先权

[32] 1996.4.29 [33] KR [31] 13554/1996

[71] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 朴海辰 姜闰硕

审查员 王 薇

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

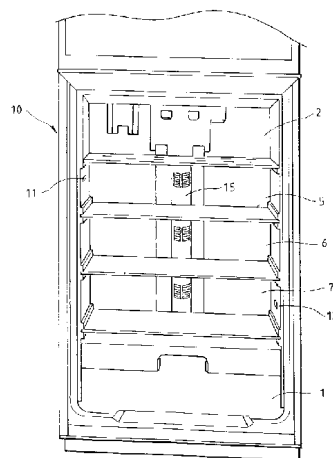
代理人 杨 梧 张玉红

权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 9 页

[54] 发明名称 控制风扇速度和旋流叶片方向的冰箱温度控制方法及装置

[57] 摘要

一种冰箱温度控制方法及装置,其中利用在冷藏室内预定数量部位由少数温度传感器测量的温度变化值,根据一个模糊模型及一个神经网络的学习来计算待排入冷空气的温度均衡位置,然后根据计算的均衡位置控制通风风扇的转速及旋流叶片的限位角,结果,根据旋流叶片与目标位置间的距离适当地把冷空气排入每个部位,以便在冷藏室中获得最佳温度均衡。



ISSN 1008-4274

1. 一种冰箱温度控制方法，包括以下步骤：
 - (a)检测作为冷藏室中最高温度位置的温度均衡位置；
 - 5 (b)将通风风扇的转速控制到把冷空气从旋流叶片排放到温度均衡位置所需的温度均衡速度；
 - (c)控制旋流叶片的限位角，使冷空气调整到朝向温度均衡位置，其中步骤(a)还包括以下步骤：
 - (a-1)根据 Takagi - Sugeno - Kang TSK 模糊推理建立一个推测温度均
 - 10 衡位置的模糊模型；
 - (a-2)经过神经网络学习，对步骤(a-1)推测的温度均衡位置进行修正。
 2. 如权利要求 1 所述的温度控制方法，其中，步骤(a-1)包括以下步骤：
 - (a-1-1)获得代表冷藏室中若干个部位中的温度变化的数据，该数据
 - 15 由温度传感器测得，这些部位则按旋流叶片每个不同限位角、与旋流叶片相隔不同距离；
 - (a-1-2)根据测得的温度数据进行模糊细分；
 - (a-1-3)在通过模糊细分获得的每个结构中选择最佳结构；及
 - (a-1-4)根据最佳结构计算出用于推测温度均衡位置的线性公式。
 - 20 3. 如权利要求 1 所述的温度控制方法，其中，步骤(a-2)包括以下步骤：
 - (a-2-1)构成神经网络，该网络求得其输入节点处的温度测量数据值并在其输出节点输出该温度均衡位置；
 - (a-2-2)采用步骤(a-2-1)输出的温度数据值及温度均衡位置进行神
 - 25 经网络学习；及
 - (a-2-3)通过把温度数据值与由神经网络学习得到的温度均衡位置进行比较，修正所推测的温度均衡位置。
 4. 如权利要求 3 所述的温度控制方法，其中，步骤(a-2-2)包括以下步骤：
 - 30 就相同输入值，把从所推测的温度均衡位置计算的温度均衡速度与实
 - 际温度均衡速度之间的差值反映到神经网络。

5. 如权利要求 1 所述的温度控制方法, 其中, 步骤(b)包括如下步骤:
- (b-1)产生具有对应于通风风扇最大转速的有效电压值的交流电压;
- (b-2)计算一个均衡电压该均衡电压具有能使通风风扇以对应于温度均衡速度的转速运转所需的有效电压值;
- 5 (b-3)在预定时间内截止交流电压的波形, 以产生均衡电压; 及
- (b-4)把该均衡电压加到驱动通风风扇的驱动马达上。
6. 如权利要求 5 所述的温度控制方法, 其中, 步骤(b-1)包括如下步骤:
- (b-1-1)检测通风风扇的实际转速;
- 10 (b-1-2)计算所检测的通风风扇转速与温度均衡速度之间的差值; 及
- (b-1-3)通过在与检测的通风风扇转速相对应的有效电压值上增加或减去一个与速度差对应的有效电压值, 来计算出与温度均衡速度相对应的有效电压值。
7. 如权利要求 5 所述的温度均衡方法, 其中, 步骤(b-3)包括如下步骤:
- 15 (b-3-1)检测交流电压波形的过零点;
- (b-3-2)计算从过零点开始的延迟时间, 使其与一个有效电压值相对应, 该电压值通过从交流电压波形的有效电压值中减去一个对应于温度均衡速度的有效电压值而获得; 及
- 20 (b-3-3)在步骤(b-3-2)计算的从过零点开始的延迟时间内截止波形。
8. 如权利要求 1 所述的温度控制方法, 其中, 步骤(c)包括如下步骤:
- (c-1)检测旋流叶片的限位角;
- (c-2)计算旋流叶片的限位角与推测温度均衡角之间的差值; 及
- 25 (c-3)通过把步骤(c-2)计算的差值反映到所检测的旋流叶片的限位角来调整旋流叶片的限位角。
9. 一种冰箱温度控制装置, 该冰箱具有一个旋流叶片; 至少一个蒸发器; 及安装在冷冻室和冷藏室中的至少两个通风风扇, 该温度控制装置包括:
- 30 检测冷藏室内预定数量部位处的温度变化的检测装置;
- 根据温度检测装置检测的温度变化进行模糊推测的装置, 以推测出对

应最高温度位置的温度均衡位置;

通过在其输入节点取出由温度检测装置检测的温度变化值计算温度均衡位置的神经网络计算装置, 其在输出节点输出计算的温度均衡位置;

5 通过把制冷通风风扇 R-风扇向温度均衡位置排放冷空气所需的温度均衡速度与制冷通风风扇 R-风扇实际转速之间的差值反映到神经网络计算装置, 来进行神经网络的学习的装置;

根据温度均衡速度控制制冷通风风扇 R-风扇转速的转速控制器; 及

把旋流叶片限位角控制为向温度均衡位置排放冷空气的温度均衡角的限位角控制器, 其中转速控制器包括:

10 一个提供交流电压的电源, 该交流电压的有效值能使 R-风扇转速达到最大;

一个通过在预定时间内截止交流电压来产生温度均衡电压的温度均衡电压发生器, 它产生的电压的有效值对应于温度均衡速度;

一个根据温度均衡电压驱动 R-风扇的驱动马达。

15 10. 如权利要求 9 所述的温度控制装置, 其中, 温度均衡电压发生器包括:

一个用于检测交流电压过零点的过零点检测器;

一个用于计算从过零点开始的延迟时间以产生温度均衡电压的延迟时间计算器; 及

20 用于在从过零点开始的延迟时间内截止交流电压波形的波形截止装置。

11. 如权利要求 10 所述的温度控制装置, 其中, 波形截止装置包括:

一个与电源及驱动马达连在一起的三端双向可控硅开关 TRIAC; 及

25 在截止时间过去后, 为三端双向可控硅开关 TRIAC 的控制端提供触发信号的触发器装置。

12. 如权利要求 9 所述的温度控制装置, 其中, 该转速控制器包括:

用于检测 R-风扇转速的装置;

用于计算所检测的制冷通风风扇 R-风扇的转速与推测的温度均衡速度之间的差值的装置;

30 其中温度均衡速度是通过把计算的速度差反映到推测的温度均衡速度而得到的, 同时将制冷通风风扇 R-风扇的转速控制到获得的温度均衡速度。

13. 如权利要求 9 所述的温度控制装置, 其中, 限位角控制器包括:
用于检测旋流叶片限位角的装置; 及
用于计算检测的旋流叶片的限位角与推测的温度均衡角之间差值的装置,
- 5 其中通过把计算的角度差反映到所检测的限位角来获得温度均衡角,
同时将旋流叶片限位角控制到获得的温度均衡角。

控制风扇速度和旋流叶片方向
的冰箱温度控制方法及装置

5

本发明涉及冰箱温度的控制方法及装置，用于均匀分布冷藏室内所需温度，具体地涉及，由根据模糊推测(fuzzy inference)及神经网络的学习(learning)，通过控制通风风扇(R - fan)的速度及旋流叶片的方向，按照冷藏室中距旋流叶片(rotary blade)的距离来分配冷空气的冰箱温度控制方法及控制装置。

10

通常，由于在冰箱中，尤其在大型冰箱中，位于冷藏室不同部位的冷藏物品的负荷不同，很难在冷藏室中保持均匀的温度。因此用冰箱内部储存容量的增加探索均匀分布冷藏室温度的方法已经进行。在这样一种方法中，冷空气的排放受装在冷藏室后壁上的旋流叶片方向的控制。这里，把冷空气排入高温区，使冷藏室内温度均匀。旋流叶片在旋转时通过一个预定限位角(stop angle)决定冷空气排出方向。通风风扇以预定速度转动，以把冷空气排入冷藏室。

15

但是，由于在有旋流叶片和通风风扇的冰箱中，由通风风扇转动产生的风力是常量，不能根据旋流叶片与被冷却目标区域的距离来控制冷空气的排出。换句话说，当打算把冷空气排到冷藏室中远离旋流叶片的前部位置时，就应该增加通风风扇的转速，以便把冷空气排入前部。同时，当打算把冷空气排往靠近旋流叶片的冷藏室后部位置时，应当降低冷空气排放速度可通过低速转动风扇或完全停止通风风扇实现。但是，由于传统通风风扇是定速的，所以不能恰当控制冷空气的排放速度。

20

而且，作为通过控制通风风扇的转速来控制冷空气排放的先决条件是，必须根据从旋流叶片到每个部位的距离来精确地测量每个部位的温度。但是在传统冰箱中仅有两个温度传感器分别安装在冷藏室的上、下部位，所以很难精确地测量各部位的温度。此外，即使通过模糊推算推测出每个部位的温度达到了一定的准确度，传统冰箱也不能修正在批量生产期间可能出现的每个产品的具体错误，因而限制了推测的精确度。

25

30

本发明的一个目的是提供一种冰箱温度控制方法及装置，其中用少数温

度传感器精确地推测冷藏室每个部位的温度，同时根据确定的最高温度部位控制通风风扇的转速及旋流叶片的方向，以便根据距离和方向把冷空气均匀地排入冷藏室。

- 按照本发明的一个方面，提供了一种冰箱温度控制方法，包括如下步骤：
- 5 步骤：(a)检测冷藏室中作为最高温度位置的温度均衡位置；(b)把通风风扇的转速控制为温度均衡速度，该均衡速度是把冷空气从旋流叶片吹到温度均衡位置所需的速度；(c)控制旋流叶片的限位角，把冷空气调向温度均衡(temperature-equilibrating)位置。

- 步骤(a)最好包括如下步骤：(a - 1)根据 Takagi - Sugeno - Kang (TSK)
- 10 模糊推测建立一个用于推测温度均衡位置的模糊模型；(a - 2)经过神经网络学习，修正(a - 1)步骤推测的温度均衡位置。同时，(a - 1)步骤可以包括如下步骤：(a - 1 - 1)获得代表冷藏室若干部位温度变化的数据，这些部位按旋流叶片各限位角，与旋流叶片相隔不同距离，该温度变化数据由温度传感器测量；(a - 1 - 2)根据测得的温度数据进行模糊细分；(a - 1 - 3)在通过
- 15 模糊细分获得的结构中选择最佳结构；和(a - 1 - 4)根据最佳结构计算出用于推测温度均衡位置的线性公式。

- 步骤(a - 2)最好包括如下步骤：构成神经网络的(a - 2 - 1)，该神经网络求得其输入节点处的温度测量数据值，在其输出节点处输出温度均衡位置；(a - 2 - 2)用步骤(a - 2 - 1)输出的温度数据及温度均衡位置进行
- 20 神经网络学习；(a - 2 - 3)把温度数据值与经神经网络学习获得的温度均衡位置相比较，修正推测的温度均衡位置。同时，步骤(a - 2 - 2)还包括步骤：相对于同一输入值，把从推测温度均衡位置计算的温度均衡速度与实际温度均衡速度之差反映到神经网络。

- 步骤(b)最好包括如下步骤：(b - 1)产生具有与通风风扇最大转速相对应的有效电压值的 AC 电压；(b - 2)计算均衡电压，该电压具有需使通风风扇以相应于温度均衡速度的转速运转的有效电压值；(b - 3)在一预定时间内截止 AC 电压的波形，以产生均衡电压；(b - 4)把该均衡电压加到驱动通风风扇的驱动马达上。同时，步骤(b - 1)还可以包括：(b - 1 - 1)检测通风风扇的实际转速；(b - 1 - 2)计算所检测的通风风扇的转速与温度均衡速度之间的
- 25 的差值；(b - 1 - 3)在与所检测的通风风扇转速相对应的有效电压值上增加或减去一个与速度差相对应的有效电压值，从而计算出与温度均衡速度相对
- 30

应的有效电压值。

步骤(b - 3)最好包括如下步骤: (b - 3 - 1)从交流电压波形中检测过零点; (b - 3 - 2)计算相应于一个有效电压值的从过零点开始的延迟时间, 该电压有效值是通过从交流电压波形的有效电压值中减去对应于温度均衡速度的有效电压值而获得的; (b - 3 - 3)从过零点开始, 在步骤(b - 3 - 2)计算的延迟时间期间截止波形。

步骤(c)最好能包括如下步骤: (c - 1)检测旋流叶片的限位角; (c - 2)计算旋流叶片限位角与推测温度均衡角之间差值; (c - 3)通过把(c - 2)步骤计算的差值反映到所检测的旋流叶片限位角来调整旋流叶片的限位角。

10 根据本发明的另一个方面, 提供了一种冰箱温度控制装置, 该冰箱具有一个旋流叶片、至少一个蒸发器、至少两个通风风扇, 各风扇装在冷冻室和冷藏室中, 该温度控制装置包括: 在冷藏室预定数量部位检测温度变化的装置; 根据由温度检测装置检测的温度变化进行模糊推测, 以推测对应最高温度位置的均衡位置的装置, 通过在输入节点取出由温度检测装置检测的
15 温度变化值, 并在其输出节点输出计算的均衡位置, 用来计算均衡位置的神经网络计算装置; 通过把制冷通风风扇(R-风扇)的均衡速度与R-风扇的实际速度之间的差值反映到神经网络计算装置, 以进行神经网络学习(learning)的装置, 该 R-风扇速度是用于把冷空气排向均衡位置的速度; 一个用于根据均衡速度控制 R-风扇转速的转速控制器; 及一个限位
20 角控制器, 用于控制旋流叶片的限位角, 使限位角到达把冷空气排入均衡位置的均衡角。

转速控制器最好包括: 一个用于提供交流电压的电源, 该交流电压的有效值能使 R-风扇转速达到最大转速; 一个均衡电压发生器通过在预定期间切断交流电压, 来产生均衡电压的, 所产生的电压有效值对应于温度
25 均衡速度; 及一个根据均衡电压驱动 R-风扇的驱动马达。

该均衡电压发生器最好包括: 一个用于检测交流电压过零点的过零点检测器; 一个用于从过零点开始计算延迟时间, 以产生均衡电压的延迟时间计算器; 及在延迟时间内, 从过零点开始, 用于截止交流电压波形的波形截止装置。

30 该波形截止装置最好包括: 一个与电源及驱动马达相连接的三端双向可控硅开关(TRIAC); 及在截止时间过去后, 把触发信号提供给三端双向可控

硅开关控制极的触发器装置。

该转速控制器最好包括：用于检测 R-风扇转速的装置；及用于计算所检测的 R-风扇转速与推测的温度均衡转速之间的差值的装置，其中通过把计算的速度差值反映给推测的温度均衡速度而获得温度均衡速度，同时，将 R-
5 风扇的转速控制到求得温度均衡的速度。

限位角控制器最好包括：检测旋流叶片(rotary blade)限位角(stop angle)的装置；及计算检测的旋流叶片限位角与推测的温度均衡角之间差值的装置，其中通过把计算的限位角反映到所检测的限位角来获得温度均衡角，同时将旋流叶片的限位角控制到求得温度均衡的角。

10 通过参照附图结合最佳实施例的详细描述，本发明的上述目的及优点将会变得更明显。

图 1 是具有本发明的温度控制装置的冰箱内部的透视图；

图 2 是图 1 所示冰箱的纵剖面图；

图 3 是图 2 所示旋流叶片的放大透视图；

15 图 4 是表示根据通风风扇转速及旋流叶片限位角，把冷空气排入冷藏室各区域的示意截面图，其中这些区域是根据距旋流叶片的不同距离而划分的；

图 5 是表示冷藏室中通风风扇转速与推算位置的关系图；

图 6A、6B 及 6C 均表示表 1 中的数据被模糊划分为三种情况时的分离
20 结构；

图 7 表示待测温的各平面位置的示意透视图；

图 8 是本发明的神经网络结构示意图；

图 9 更详细地表示了图 8 的神经网络；

图 10 是本发明的温度控制装置的方框图；

25 图 11 是图 10 所示温度控制装置部分电路图；

图 12 是表示了交流电源电压的波形图；

图 13 表示由过零点检测器检测的过零点输出波形图；

图 14 表示触发信号的图形，该信号由微处理器产生，并从图 13 的波形开始延迟了预定时间(α)；

30 图 15 表示将被加到 R-风扇驱动马达上的交流电压波形截止在一段预定时间(α)；

如图 1 所示, 冰箱的冷藏室 10 一般位于冰箱下部。冷藏室 10 是被分隔开的, 分隔开的冷藏室 10 的最下部用作防焉室 1。通常, 除了防焉室 1 外, 冷藏室 10 被分隔成四个隔间, 其中最上面的隔间 2 一般称为保鲜室。其余的隔间从上往下分别称为第一、第二、第三隔间 5、6 和 7。并且, 除了防焉室 1 和最上面的隔间 2 外, 把冷藏室 10 的高度看成是“H”, 则第一隔间 5、第二隔间 6 及第三隔间 7 分别在 $3H/4$ 、 $1H/2$ 和 $1H/3$ 高度上。在冷藏室 10 中设置两个温度传感器, 其中用于检测冷藏室 10 左上部温度的温度传感器 11 装在第一隔间 5 的左壁上, 用于检测冷藏室 10 右下部温度的温度传感器 12 装在第三隔间 7 的右壁上。此外, 冷空气排放件 15 位于冷藏室 10 后壁中央。这里, 由图 3 所示的旋流叶片 20 控制从冷空气排放件 15 排出的冷空气。

图 2 表示安装在冷空气排放件 15 中的旋流叶片 20 及通风风扇(R-风扇)30 的位置。这里标号 27 和 29 分别代表冷冻室内的蒸发器和通风风扇(F-风扇)。其余与图 1 中相同的标记表示相同的部件。并且, 通风风扇 30 与旋流叶片 20 都装在冷藏室 10 的后壁上。根据通风风扇 30 的转速控制冷空气从旋流叶片 20 排往 5、6、7 三个隔间的速度。

图 3 是旋流叶片 20 的放大透视图。参照图 3, 旋流叶片 20 包括一个上叶片 21、一个中叶片 22 及一个下叶片 23, 它们分别对应第一、第二及第三隔间 5、6 和 7。上叶片 21、中叶片 22 及下叶片 23 共同围绕中心转轴 25 转动。上叶片 21、中叶片 22 及下叶片 23 相互间偏置 60° 角, 在不同的方向导引冷空气。

旋流叶片 20 按图 3 中箭头指示的路线前/后转动。这里, 旋流叶片 20 的旋转角度定义为它的“限位角(θ)”。由于每个叶片 21、22 及 23 分别处于不同的角度, 所以在旋流叶片 20 转动期间可将冷空气排往不同方向。

图 4 的横截面图表示根据通风风扇转速及旋流叶片的方向按照离开旋流叶片的距离向冷藏室的各隔间排放冷空气。图 5 表示通风风扇 30 的转速与推测的最高温度位置的关系图。

根据旋流叶片 20(见图 3)的限位角(θ)控制冷空气排向左部、中央和右部。希望根据冷藏室温度分布将限位角控制为连续值。但是实际上旋流叶片的限位角(θ)被控制为若干个(约五个以上)不连续的角度。

当通风风扇 30(见图 2)快速转动时, 将冷空气排往冷藏室 10 中远离旋流叶片的前部。相反, 当通风风扇 30 慢速转动时, 将冷空气排往冷藏室 10 中

靠近旋流叶片 20 的后部。

在图 4 中, P_R 代表冷藏室 10 中靠近旋流叶片 20 的后部位置, P_F 代表冷藏室 10 中远离旋流叶片 20 的前部位置, P_M 代表位于前部和后部位置之间的中间位置。在图 5 中, 当通风风扇 30 以低速 V_L 转动时, 冷空气排向位置 P_R , 当通风风扇 30 以中速 V_M 转动时, 冷空气排向位置 P_M , 当通风风扇 30 以高速 V_H 转动时, 冷空气排向位置 P_F 。将通风风扇 30 的转速控制成具有不连续的值。即, 控制通风风扇 30 的转速, 使冷空气达到推测为最高温度部位的部位, 以便使所控制的转速在最大转速和最小转速之间具有连续性。

根据本发明, 推测冷藏室每个隔间的温度, 然后根据推测温度数据进行学习(learning), 以便把冷空气排入最高温度隔间, 从而在整个冷藏室保持均匀温度。本发明可通过下述三个步骤实现。

首先, 根据 Takagi - Sugeno (TSK) 模糊模型, 采用由两个温度传感器检测的温度, 推测冷藏箱 10 中若干部位的温度, 这些部位与旋流叶片 20 相隔不同的距离。

其次, 由神经网络修正与用模糊模型推断出的温度相对应的位置, 以便更准确地计算待冷却位置。即, 通过把两个温度传感器 11 和 12 检测产生的温度值作为输入节点及把冷藏室 10 中最高温度位置(以后称为“温度均衡位置”)作为输出节点构成神经网络。然后利用神经网络学习(learning)把温度均衡位置与推测位置进行比较, 从而更精确地计算温度均衡位置。

第三, 控制通风风扇 30 的转速及旋流叶片 20 的限位角(θ), 来将冷空气排入计算出的温度均衡位置。在一预定期间内, 部分地截止施加在用于驱动通风风扇 30 的驱动马达(未示出)上的电压的波形, 来降低电压的有效值, 从而降低了通风风扇 30 的转速。

下面将详述以上的三个步骤。

首先, 详细描述模糊推测步骤中的模糊(fuzzy)模型。

关于模糊推测, 需要对应于若干个变量的若干个数据。例如表 1 中所示数据。

表 1

5

10

15

20

No.	X1	X2	X3	Y	No.	X1	X2	X3	Y
1	1	3	1	11.11	21	1	1	5	9.545
2	1	5	2	6.521	22	1	3	4	6.043
3	1	1	3	10.19	23	1	5	3	5.724
4	1	3	4	6.043	24	1	1	2	11.25
5	1	5	5	5.242	25	1	3	1	11.11
6	5	1	4	19.02	26	5	5	2	14.36
7	5	3	3	14.15	27	5	1	3	19.61
8	5	5	2	14.36	28	5	3	4	13.65
9	5	1	1	27.42	29	5	5	5	12.43
10	5	3	2	15.39	30	5	1	4	19.02
11	1	5	3	5.724	31	1	3	3	6.38
12	1	1	4	9.766	32	1	5	2	6.521
13	1	3	5	5.87	33	1	1	1	16
14	1	5	4	5.406	34	1	3	2	7.219
15	5	1	3	10.19	35	1	5	3	5.724
16	5	3	2	15.39	36	5	1	4	19.02
17	5	5	1	19.68	37	5	3	5	13.39
18	5	1	2	21.06	38	5	5	4	12.68
19	5	3	3	14.15	39	5	1	3	19.61
20		5	4	12.68	40	5	3	2	15.39

在表 1 中有三个输入变量 X1、 X2 和 X3 及一个输出变量 Y，其中输入变量和输出变量间的数值关系是通过实际测量获得的。 TSK 模糊推测的最终目的是要表达一个输入变量和输出变量间的线性关系式，它是一个用了若干个测量值的数值公式。由此，一个表示输入变量和输出变量的关系的线性公式表示如下，该公式称为模糊推算的“结论部分”：

Y = a₀ + a₁x₁ + a₂x₂ + a₃x₃ + a₄x₄ ... (1)

如表 1 所示，根据输入变量变化的输出值按每个输入变量对整个输出值的影响程度而不同，输入变量的影响(contribution)程度分别表达为系数 a₁、 a₂、 a₃和 a₄。

下面将分阶段描述模糊推算步骤。

第一阶段

首先，用表 1 所示的数据获得表示输入变量和输出变量间的关系的线性公式。这里，采用基于误差率的变量减少法，应用了数值分析的最小平方法，
5 同时认为影响程度较小的变量是极小值，从而得到了下述公式(2)。

$$Y = 15.3 + 1.97X_1 - 1.35X_2 - 1.57X_3 \quad \dots(2)$$

公式(2)与上述公式(1)相似，但是，公式(2)是构成模糊推算的模糊模型的一个基本公式，而不是最后公式。在公式(2)的基础上，根据影响最大的变量分割数据区，由此产生了一个最佳线性公式，在该公式中适当表示了每个
10 变量的影响程度。如公式(2)中所示，根据变量减少法的算法，在上面的公式(2)中消除了变量 X_4 。

作为一种把非线性系统的输入和输出变量之间的关系模拟成一个有关输入变量的多项式的方法，对公式(2)使用了无偏性判定(UC)。为了获得无偏性判定(unbiasedness criterion)(UC)的值，全部数据分成两组 A 和 B，然后用
15 下述公式(3)的变量取代。

$$UC = \left[\sum_{i=1}^{n_A} (Y_i^{AB} - Y_i^{AA})^2 + \sum_{i=1}^{n_B} (Y_i^{BA} - Y_i^{BB})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots(3)$$

20

其中 n_A 代表 A 组数据的个数， n_B 代表 B 组数据的个数， Y_i^{AA} 代表通过由 A 组获得的模糊模型从 A 组估计的一个输出， Y_i^{AB} 代表通过由 B 组获得的模糊模型从 A 组估计的一个输出， Y_i^{BB} 代表通过由 B 组获得的模糊模型从 B 组估计的一个输出， Y_i^{BA} 代表通过由 A 组获得的模糊模型从 B 组估计的一个输出，
25 第一项代表相对于 A 组的输入数据，A 组与 B 组间的估计输出值之间的差值；第二项代表相对于 B 组的输入数据，A 组与 B 组间的估计输出值之间的差值。从上面得到的无偏性判定(UC)称为 UC(1)。从表 1 所示数据中得到的无偏性判定(UC)如下：

$$UC(1) = 3.8 \quad \dots(4)$$

30 第二阶段

建立伴随两套(plant)规则的模糊模型。这里，应当建立相应于模糊模型

中“如果-那么”规则中的“如果”部分的先决条件部分的结构。在建立结构时,要同时考虑变量选择和模糊细分。

首先,假定的结构中具有变量 X_1 、 X_2 和 X_3 “中”之一作为先决条件部分的一个变量,并且把数据区分成两个。因而在先决条件部分考虑了四种

5 结构。

例如,第一个结构具有伴随下述两套规则的一个模糊模型:

L1: 如果 $X_1 = \text{小}(\text{small})$, 那么 $Y_{11} = -2.91 + 1.21X_1 - 2.65X_2 + 1.89X_3$

10 L2: 如果 $X_1 = \text{大}(\text{BIG})$, 那么 $Y_{12} = 1.11 + 1.29X_1 + 1.81X_2 + 2.23X_3$

而且,第二个结构具有伴随下述两套规则的一个模糊模型:

L1: 如果 $X_2 = \text{小}(\text{small})$, 那么 $Y_{11} = 0.89 + 1.56X_1 + 1.09X_2 + 2.14X_3$

15 L2: 如果 $X_2 = \text{大}(\text{BIG})$, 那么 $Y_{12} = 5.14 + 1.77X_1 + 1.96X_2 + 1.22X_3$

建立具有上面结构的先决条件部分的参数,然后根据建立的先决条件部分建立结论部分的结构和参数。上述四种结构的 UC 值可计算如下:

20
$$\begin{aligned} UC(2-1) &= 5.4 \\ UC(2-2) &= 3.5 \\ UC(2-3) &= 3.3 \\ UC(2-4) &= 4.6 \end{aligned}$$

其中圆括弧中的第一个数字表示模糊划分成二种第二个数字代表变量的下标。例如, $UC(2-4)$ 表示根据变量 X_4 进行模糊划分成二种时的 UC 值。

25 比较上面四个 UC 值, $UC(2-3)$ 是最小的, 因此根据变量 X_3 构成如下模糊模型。

L1: 如果 $X_3 = \text{小}(\text{small})$

那么 $Y_1 = 3.13X_1 - 1.91X_2 + 13.6X_3$

L2: 如果 $X_3 = \text{大}(\text{BIG})$

那么 $Y_2 = 8.92 + 1.84X_1 - 1.32X_2 + 0.14X_3$

30 第三阶段

由于变量 X_3 包括在第二阶段的先决条件部分中, 因而根据变量 X_3 进

行模糊划分成三种的步骤。即，在阶段二中具有最小 UC 值的变量优先加到模糊划分为三种中。因此，根据变量 X3 进行模糊划分为三种的步骤。

图 6A 至 6C 所示的三个结构可认为是先决条件部分分割数据区的结构。例如，第三个结构(见图 6C)如下：

5 L1：如果 X3 = 小(small)，那么 $Y = 5.96 + 4.12X_1 - 2.95X_2 + 1.25X_3$

 L2：如果 X3 = 中(medium)，那么 $Y = 6.77 + 5.12X_1 - 3.96X_2 + 2.25X_3$

 L3：如果 X3 = 大(BIG)，那么 $Y = 2.77 + 3.12X_1 - 2.97X_2 + 3.25X_3$
10

建立相应于上面三个结构的先决条件部分的数据结构和结论部分的参数，然后就可以计算 UC 值。结果，很明显第一个结构具有最小的 UC 值。因而，根据第一个结构构成如下的模糊模型。

 L1：如果 X3 = 小(small)
15 那么 $Y_1 = 20.5 + 3.3X_1 - 1.85X_2 - 4.98X_3$

 L2：如果 X3 = 大(BIG) 且 X2 = 小(small)
 那么 $Y_2 = 12.7 + 2.98X_1 - 0.56X_3$

 L3：如果 X3 = 大(BIG) 且 X2 = 较大(large)
 那么 $Y_3 = 7.1 + 1.82X_1 - 0.34X_2 - 0.42X_3$

20 上面的数据细分结构是第三阶段的模糊模型。

第四阶段

重复上述相应于每个细分结构的模糊细分和 UC 值计算。该重复一直执行到获得最小的 UC 值为止。当获得最小 UC 值后，相应的结构就选为最优结构，于是获得了结论部分的公式。因此，可以认为所获得的结论部分的公式反映了在最佳状态下每个变量的影响程度。
25

此后将描述本发明的从上述“如果 - 那么”规则的结论部分获得线性公式的过程。

为了获得模糊模型，以使用图 1 中的温度传感器 11 和 12 测得的温度建立冷藏室中的温度分布情况，就需要反映不同位置处的垂直和水平温度分布的数据，在冷藏室中这些不同的位置距旋流叶片距离不同。
30

图 8 表示冷藏室 10(图 1)中待测温度的位置，其中共有 27 个位置，表示

分别在距底部 $3H/4$, $1H/2$ 及 $1H/3$ 高度处的每个平面上的 9 个(3×3)位置。在这里, 这 27 个位置记为 $t1$ 到 $t27$ 。首先由两个温度传感器 11 和 12 测量温差, 在表中记录下随时间的流逝这 27 个位置温差的变化值。所得到的表与上述表 1 类似。该表表示了相对于由传感器 11 和 12 测得温差的这 27 个位置的
5 温度变化率; 需要用该表来构造本发明的模糊推算的模糊模型。

这里, 输入变量 $X1$ 、 $X2$ 和 $X3$ 表示如下, 它们是随时间流逝在 27 个位置($t1$ 到 $T27$)上的温差。

$$X1 = S2(k) - S1(k)$$

$$X2 = S2(k - 1) - S1(k - 1)$$

$$10 \quad X3 = S2(k - 2) - S1(k - 2)$$

其中 $S1(k)$ 和 $S2(k)$ 分别为由温度传感器 11 和 12 测量的当前温度值, $S1(k - 1)$ 和 $S2(k - 1)$ 分别是由温度传感器 11 和 12 测量的一分钟前的温度值, $S1(k - 2)$ 和 $S2(k - 2)$ 分别是由温度传感器 11 和 12 测量的两分钟前的温度值。因此, $X1$ 表示温度传感器 11 和 12 测得的当前温差, $X2$ 表示温度
15 传感器 11 和 12 测得的一分钟以前的温差, $X3$ 表示温度传感器 11 和 12 测得的两分钟以前的温差。

而且, 输出变量表示为相对于输入变量 $X1$ 、 $X2$ 和 $X3$ 在 27 个位置($t1$ 到 $t27$)的测量温度中最高的温度。因此, 该数据包括由温度传感器 11 和 12 测量的温差及随时间流逝在该 27 个位置上温差的变化率。

20 采用表格方式使用上述 TSK 模糊理论。即, 相对于各个变量进行了将模糊划分成二种, 并根据具有最小 UC 值的变量进行将模糊划分成三种, 以选择 UC 值最小的模糊结构。那么就获得了相对于已选模糊结构的先决条件部分的参数, 并根据所获得的参数构成预期的最终线性公式。

为说明起见, 所获得的最终模糊结构假定如下。

25 这里, 为了表示最终公式假定了选定结构和数值。因此, 最终模糊结构和根据该结构的公式的数值可根据经验数据而不同。

L1: 如果 $X1 = \text{小}(\text{small})$

$$\text{那么 } Y1 = 9.03 + 0.175X1 - 0.347X2 + 0.174X3$$

L2: 如果 $X1 = \text{中}(\text{medium})$

$$30 \quad \text{那么 } Y2 = 9.43 - 2.6955X1 + 4.042X2 - 1.041X3$$

L3: 如果 $X1 = \text{大}(\text{BIG}) \quad X2 = \text{小}(\text{small})$

$$\text{那么 } Y3 = -15.97 + 8.82X1 - 14.12X2 + 2.528X3$$

L4: 如果 $X1 = \text{大(BIG)}$ $X2 = \text{大(BIG)}$

$$\text{那么 } Y4 = 1.1 - 0.48X1 + 0.616X2 - 0.145X3$$

5 这里, 假定通过模糊划分成四种可获得最优结构, 且 $Y1$ 到 $Y4$ 在分成四个模糊结构的每个区域中是线性公式。输出 Y' 可由上面的模糊模型计算如下。

$$\text{当 } g1 = -(|X1 + 6| - |X1 - 8|)/14,$$

$$g2 = -(|X1 - 6| - |X1 - 8|)/11,$$

$$W1[1] = 0.5(1 + g1),$$

$$10 \quad W1[2] = 0.5(-g1 - g2),$$

$$W1[3] = 0.5(1 + g2),$$

$$W2[1] = 0.5(1 - |X2 - 2| - |X2 - 16|)/14, \text{ 且}$$

$$W2[2] = 1 - W2[1],$$

$$Y' = W1[1]Y1 + W1[2]W2[1]Y2 + W1[2]W2[1]Y3 + W1[3]Y4.$$

15 这里 $g1$ 和 $g2$ 代表上述模糊模型的第一和第二细分模型的从属函数, W 代表该模糊推算的加权函数, 根据 TSK 模糊模型的一般理论, 相对于所得到的公式增加加权函数来均衡每个区域的影响程度。最后的输出 Y' 代表为达到最佳温度均衡而需要排放冷空气的目标位置。

20 此后, 通过神经网络学习完成计算“温度均衡位置”的第二步骤, 该位置代表为了达到最佳温度均衡而需要排放冷空气的目标位置。

在后续取样循环期间, 根据传感器 11 和 12 检测的以前温度和当前温度及通风风扇 30 以前的转速等数值计算通风风扇 30 的转速。该神经网络有四个输入节点 $a1$ 、 $a2$ 、 $a3$ 和 $a4$ 及一个输出节点 Y 。这里, $a1$ 相应于一个取样循环期间通风风扇 30 的转速 $V(k)$, $a2$ 、 $a3$ 、 $a4$ 分别相应于用于模糊推算的变量 $X1$ 、 $X2$ 和 $X3$ 。而且, Y 代表用神经网络通过修正模糊推算的推算位置而得到的温度均衡位置。

30 图 8 和图 9 表示具有上述结构的神经网络。图中, $W1$ 代表用在输入层和隐含层之间的一个加权函数, $W2$ 代表用在隐含层和输出层之间的一个加权函数。 $B1$ 和 $B2$ 分别代表用于该隐含层和输出层的偏置。具体地说, $B1$ 和 $B2$ 是来自外部的常量输入, 用来提高学习(learning)的正确性, 其中这些常量的值一般为“1”。这里隐含层由一层组成, 它具有 20 个输入节点。

- 根据向后扩展(back propagation)法, 用从第一步获得的、用来自管理 TSK 模糊模型的输出值进行神经网络学习, 该网络具有输入节点和输出节点。用于学习的输入节点的参考数据是作为测量值的输入节点 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 的值, 输出节点的参考数据是 Y 值和 Y' 值间的差值, 把该数据与由模糊推算推得的通风风扇转速相比较来说明学习的程度。

图 9 中输入节点和隐含节点的关系表示如下, 该关系是根据神经网络的一般公式得到的。

$$\begin{aligned}
 10 \quad & c_1 = W^1_1 a_1 + W^2_1 a_2 + W^3_1 a_3 + W^4_1 a_4 - b^1_1 \\
 & c_2 = W^1_2 a_1 + W^2_2 a_2 + W^3_2 a_3 + W^4_2 a_4 - b^2_1 \\
 & c_3 = W^1_3 a_1 + W^2_3 a_2 + W^3_3 a_3 + W^4_3 a_4 - b^3_1 \\
 & c_4 = W^1_4 a_1 + W^2_4 a_2 + W^3_4 a_3 + W^4_4 a_4 - b^4_1 \\
 & c_5 = W^1_5 a_1 + W^2_5 a_2 + W^3_5 a_3 + W^4_5 a_4 - b^5_1 \\
 15 \quad & c_6 = W^1_6 a_1 + W^2_6 a_2 + W^3_6 a_3 + W^4_6 a_4 - b^6_1 \\
 & c_7 = W^1_7 a_1 + W^2_7 a_2 + W^3_7 a_3 + W^4_7 a_4 - b^7_1 \\
 & c_8 = W^1_8 a_1 + W^2_8 a_2 + W^3_8 a_3 + W^4_8 a_4 - b^8_1 \\
 & c_9 = W^1_9 a_1 + W^2_9 a_2 + W^3_9 a_3 + W^4_9 a_4 - b^9_1 \\
 20 \quad & c_{10} = W^1_{10} a_1 + W^2_{10} a_2 + W^3_{10} a_3 + W^4_{10} a_4 - b^{10}_1 \\
 & c_{11} = W^1_{11} a_1 + W^2_{11} a_2 + W^3_{11} a_3 + W^4_{11} a_4 - b^{11}_1 \\
 & c_{12} = W^1_{12} a_1 + W^2_{12} a_2 + W^3_{12} a_3 + W^4_{12} a_4 - b^{12}_1 \\
 25 \quad & c_{13} = W^1_{13} a_1 + W^2_{13} a_2 + W^3_{13} a_3 + W^4_{13} a_4 - b^{13}_1 \\
 & c_{14} = W^1_{14} a_1 + W^2_{14} a_2 + W^3_{14} a_3 + W^4_{14} a_4 - b^{14}_1 \\
 & c_{15} = W^1_{15} a_1 + W^2_{15} a_2 + W^3_{15} a_3 + W^4_{15} a_4 - b^{15}_1 \\
 & c_{16} = W^1_{16} a_1 + W^2_{16} a_2 + W^3_{16} a_3 + W^4_{16} a_4 - b^{16}_1 \\
 30 \quad &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c_{17} &= W^1_{17}a_1 + W^2_{17}a_2 + W^3_{17}a_3 + W^4_{17}a_4 - b^{17}_1 \\
c_{18} &= W^1_{18}a_1 + W^2_{18}a_2 + W^3_{18}a_3 + W^4_{18}a_4 - b^{18}_1 \\
c_{19} &= W^1_{19}a_1 + W^2_{19}a_2 + W^3_{19}a_3 + W^4_{19}a_4 - b^{19}_1 \\
c_{20} &= W^1_{20}a_1 + W^2_{20}a_2 + W^3_{20}a_3 + W^4_{20}a_4 - b^{20}_1
\end{aligned}$$

隐含节点和输出节点之间的关系表示如下:

$$\begin{aligned}
Y &= w^1c_1 + w^2c_2 + w^3c_3 + w^4c_4 + w^5c_5 + \\
&w^6c_6 + w^7c_7 + w^8c_8 + w^9c_9 + w^{10}c_{10} + \\
&w^{11}c_{11} + w^{12}c_{12} + w^{13}c_{13} + w^{14}c_{14} + w^{15}c_{15} + \\
&w^{16}c_{16} + w^{17}c_{17} + w^{18}c_{18} + w^{19}c_{19} + w^{20}c_{20} - b_2
\end{aligned}$$

下面将根据温度均衡位置描述控制通风风扇 30(见图 2)转速及旋流叶片 20 的限位角(θ)的第三步骤。

图 10 是根据本发明的温度控制装置的框图。由微处理器 31 完成冰箱的
 15 总体控制。S1 和 S2 温度传感器 11 和 12 检测冷藏室中的温度, 为模糊推算提供所需的变化的温度数据。F 风扇驱动部分 33 和 R 风扇驱动部分 34 分别用于驱动冷冻室和冷藏室中的冷空气通风风扇。微处理器 31 控制 F 和 R 风扇驱动部分 33 和 34 及压缩机 32, 从而控制冰箱的总运行。

20 旋流叶片位置传感器 37 根据旋流叶片 20 的位置变化检测旋流叶片 20 的限位角(θ), 为更精确地控制旋流叶片 20 的限位角提供所需的数据。旋流叶片位置控制部分 36 用来控制旋流叶片 20。

图 11 是用于完成本发明的控制通风风扇转速及旋流叶片限位角的控制方法的温度控制装置的部分电路图。该温度控制装置包括一个驱动马达 41, 一个为驱动马达 41 提供 AC 电压的 AC 电源 47, 一个把来自 AC 电源 47 的
 25 电压转换为能被微处理器 31 检测的小信号的变压器 49, 一个电压波形截止部分 40 及旋流叶片位置控制部分 36。R-风扇速度传感器 39 通过核对通风风扇 30 的位置变化来检测其转速, 为准确控制通风风扇 30 的速度提供所需的数据。

30 微处理器 31 具有一个模糊推理部分和一个神经网络部分, 用来根据温度传感器 11 和 12 测量的温度计算温度均衡位置, 并按照该计算位置控制通风风扇的转速及旋流叶片的限位角。为了向计算位置供应冷空气, 根据旋流

叶片到计算位置的距离设定通风风扇的转速，并根据计算位置设定旋流叶片的限位角。

AC 电源 47 为图 2 所示的通风风扇 30 提供转动所需的动力。AC 电源 47 提供的电压用于使通风风扇 30 以最大速度运转，该电压具有图 12 所示的正弦波形。电压波形截止部分 40 截止一预定期间的电压波形，以控制加到驱动马达 41 上的有效电压值，从而控制通风风扇 30 的转速。控制通风风扇 30 转速的过程如下。

通过变压器 49 把从 AC 电源 47 来的电压降到微处理器 31 能够检测的预定水平上。即，变压器 49 的输出电压是处在几个伏特大小。该电压通过桥式整流电路 46 经过全波整流，然后经晶体管放大器 48 加到微处理器 31 上。微处理器 31 从全波整流电压的波形中检测过零点。因此，微处理器 31 起过零点检测器(zero crossing point)的作用(见图 10)。根据在温度传感器 11 和 12 检测的温度基础上推出的上述最终公式，微处理器 31 的模糊推理部分输出冷藏室中温度最高的温度均衡位置，为使温度得到均衡而向该位置排放冷空气。微处理器 31 计算将要加到驱动马达 41 上的有效电压值，以便驱动通风风扇 30 以温度均衡速度转动，该温度均衡速度指使冷空气到达温度均衡位置所需的通风风扇转速。

旋流叶片位置控制部分 36 根据微处理器 31 推测的温度均衡位置控制旋流叶片的限位角(θ)。

图 12 表示 AC 电源电压波形图。为了产生具有计算有效值的电压，就要通过电压波形截止部分 40 截止图 12 所示的预定期间的波形。该电压波形截止部分 40 包括一个光三端双向可控硅开关(optical TRIAC)43 及一个三端双向可控硅开关(TRIAC 45)45。该三端双向可控硅开关 45 与 AC 电源 47 及驱动马达 41 串连，并接收光三端双向可控硅开关 43 的输出作为控制极(gate)信号。通过来自微处理器 31 的触发信号，光三端双向可控硅开关 43 产生输出给三端双向可控硅开关 45 的控制极(gate)信号。

微处理器 31 决定从检测的过零点开始截止预定期间的波形，并在相应于截止期间的一段时间过去后把触发信号提供给光三端双向可控硅开关 45。图 13 表示由过零点检测器 38(见图 10)检测的零电压(即过零点)输出波形图。图 14 表示自图 13 的波形过零点开始延迟一预定时间(α)后，由微处理器 31 产生的触发信号图。如图 15 所示，自过零点开始的一段时间内截止

加到三端双向可控硅开关 45 上的电压，以降低加到驱动马达 41 上的有效电压值。因此，降低了通风风扇的转速。当微处理器 31 计算的均衡速度降低时，截止期间 α 要进一步延长。相反，均衡速度升高时，要缩短截止时间，以提高驱动马达 41 的转速。通风风扇的转速就是象上面那样控制的。

- 5 旋流叶片位置传感器 37 检测旋流叶片每次转动的角度位置信号，并把检测的角度位置信号传递给微处理器 31。微处理器 31 检测旋流叶片的位置变化来计算旋流叶片的实际限位角，然后把计算的实际限位角与“温度均衡角”进行比较，通过该温度均衡角把冷空气排放到温度均衡位置。如果旋流叶片的实际限位角等于温度均衡角，就将旋流叶片的限位角保持在温度均衡角。
- 10 否则，实际限位角与温度均衡角之间的差值将反映到旋流叶片的方向控制器。

- 如上所述，在本发明的冰箱温度控制装置中，从只用少数温度传感器检测出的温度值的模糊模型中推测出每个部位的温度，根据待排入冷空气的最高温度部位适当控制通风风扇的转速及旋流叶片的限位角。结果，根据旋流
- 15 叶片与目标位置间的距离把冷空气适当地排向每个位置，以便整个冷藏室内达到最佳温度均衡。

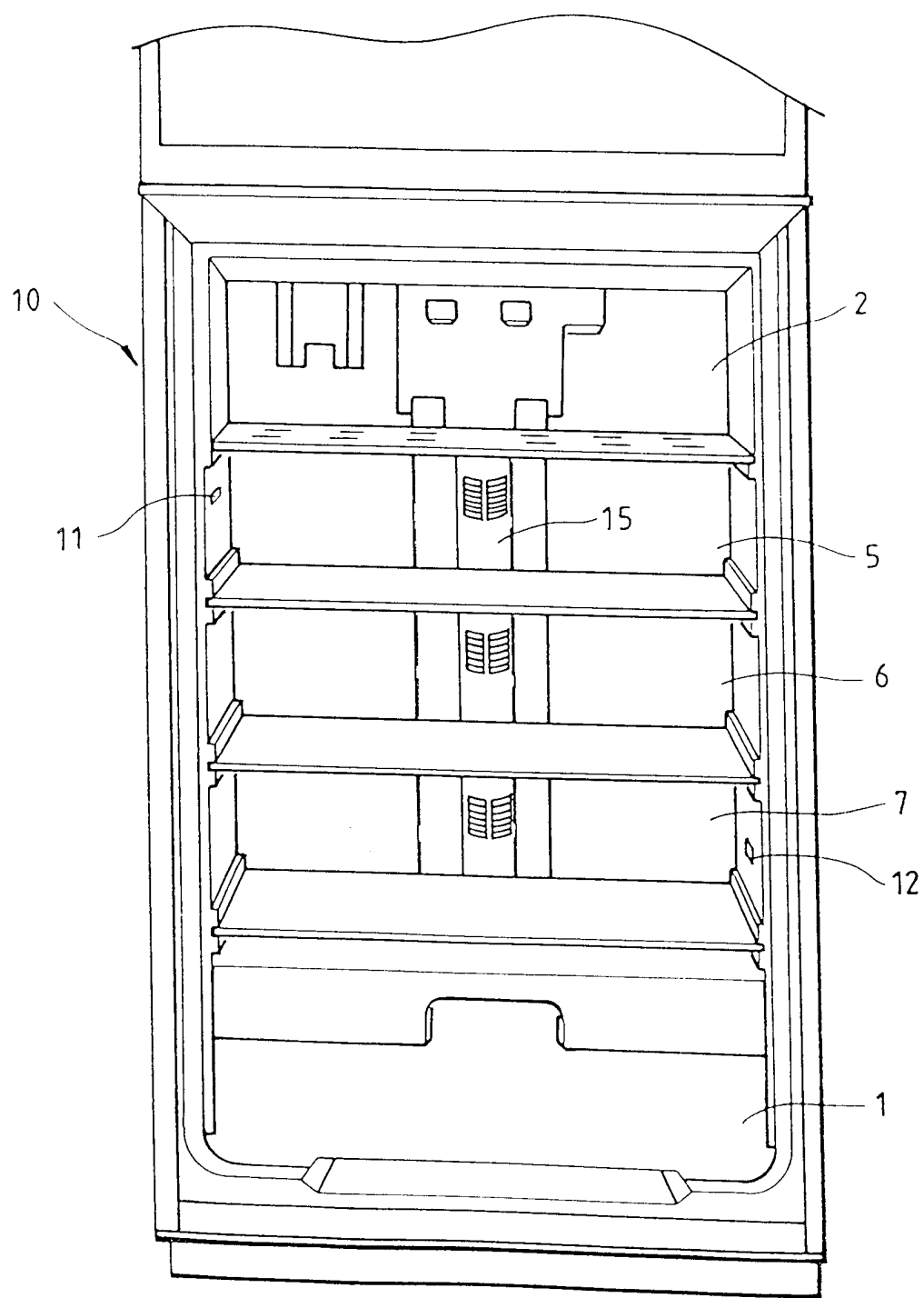


图 1

图 2

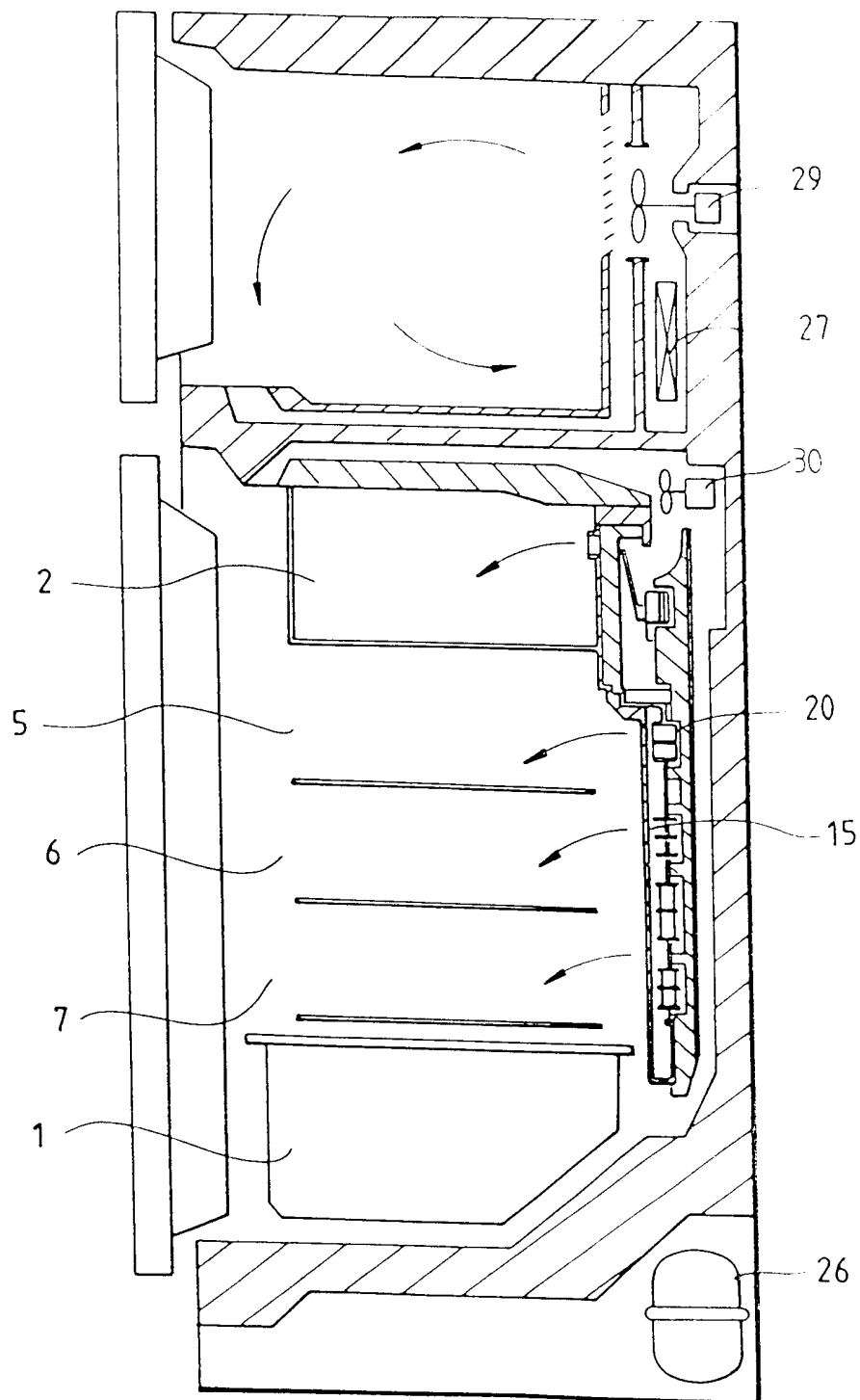


图 3

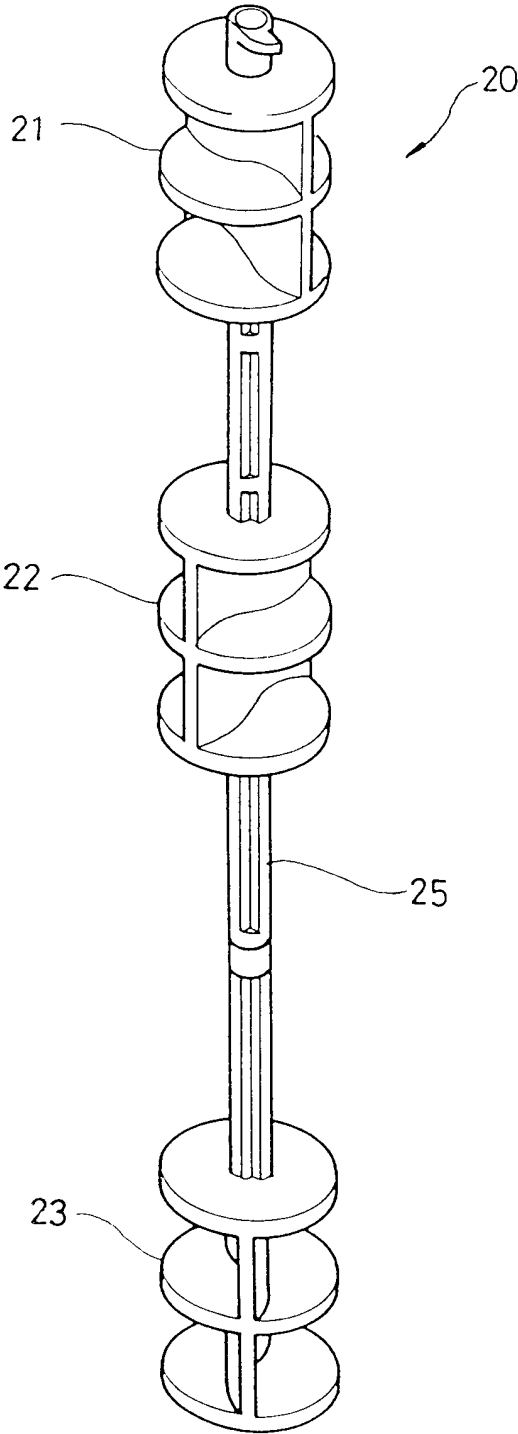


图 4

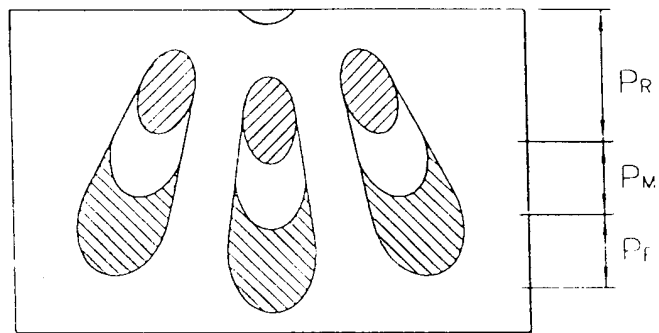


图 5

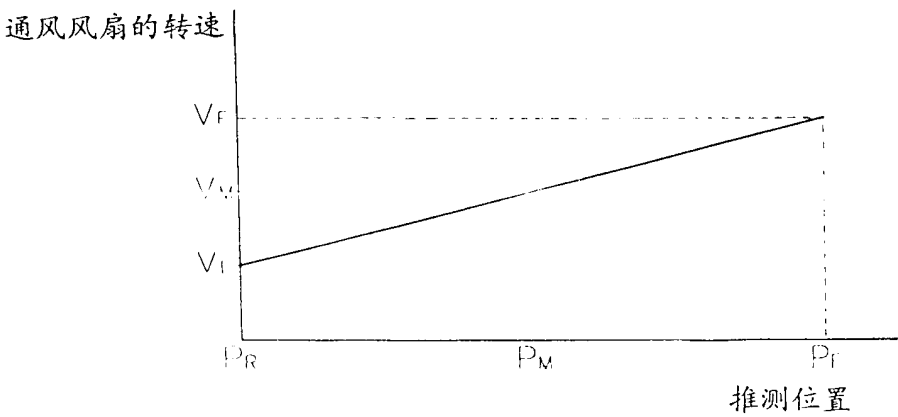


图 6A

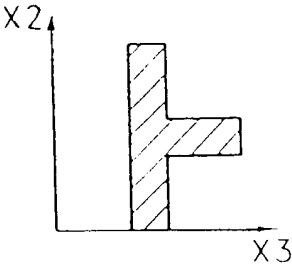


图 6B

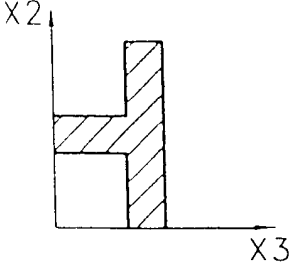


图 6C

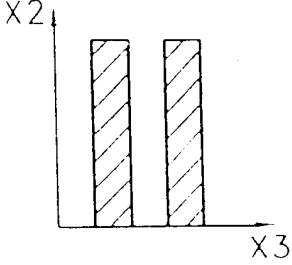


图 7

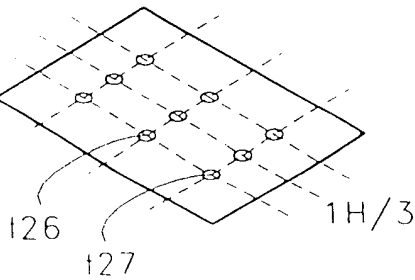
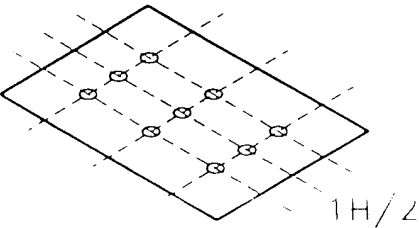
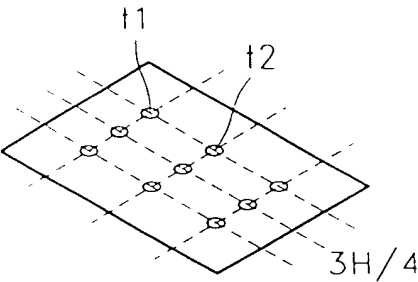


图 8

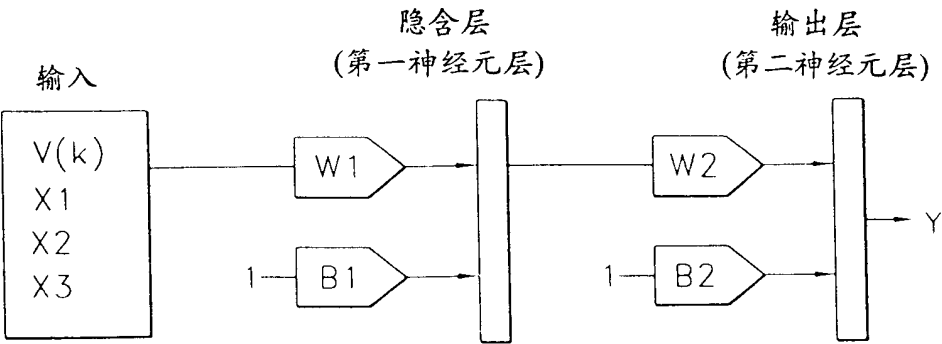
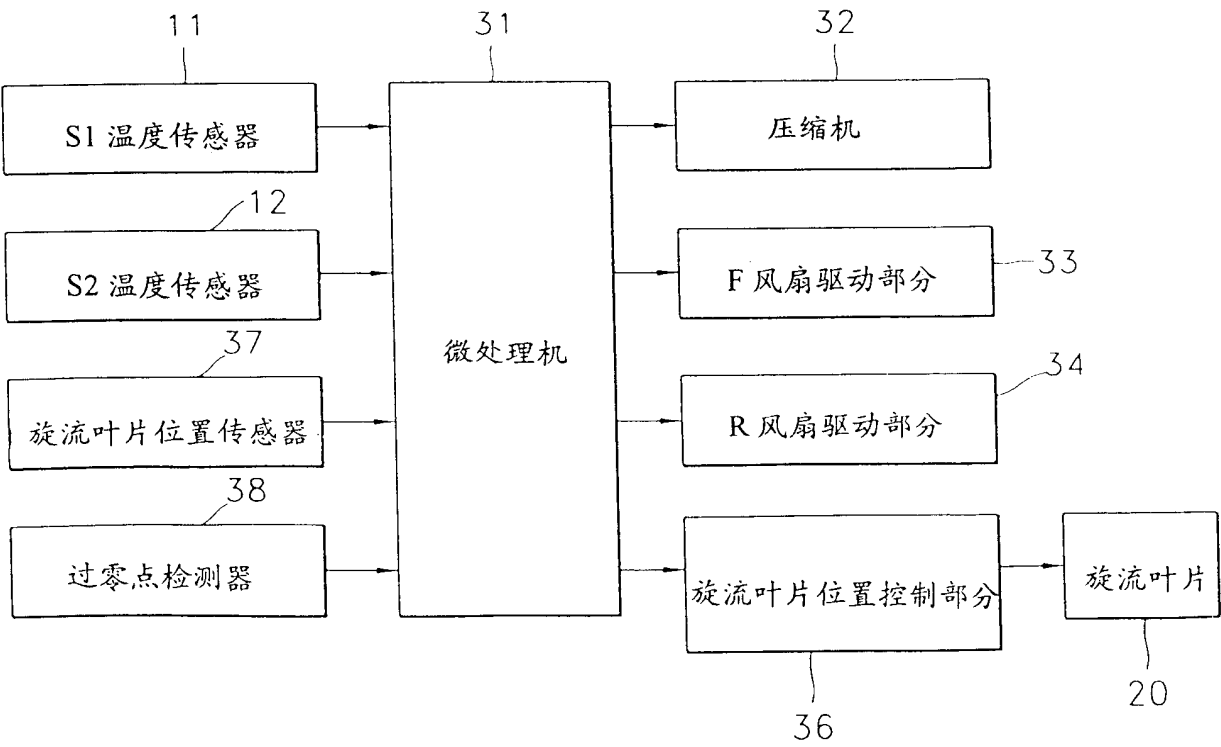


图 10



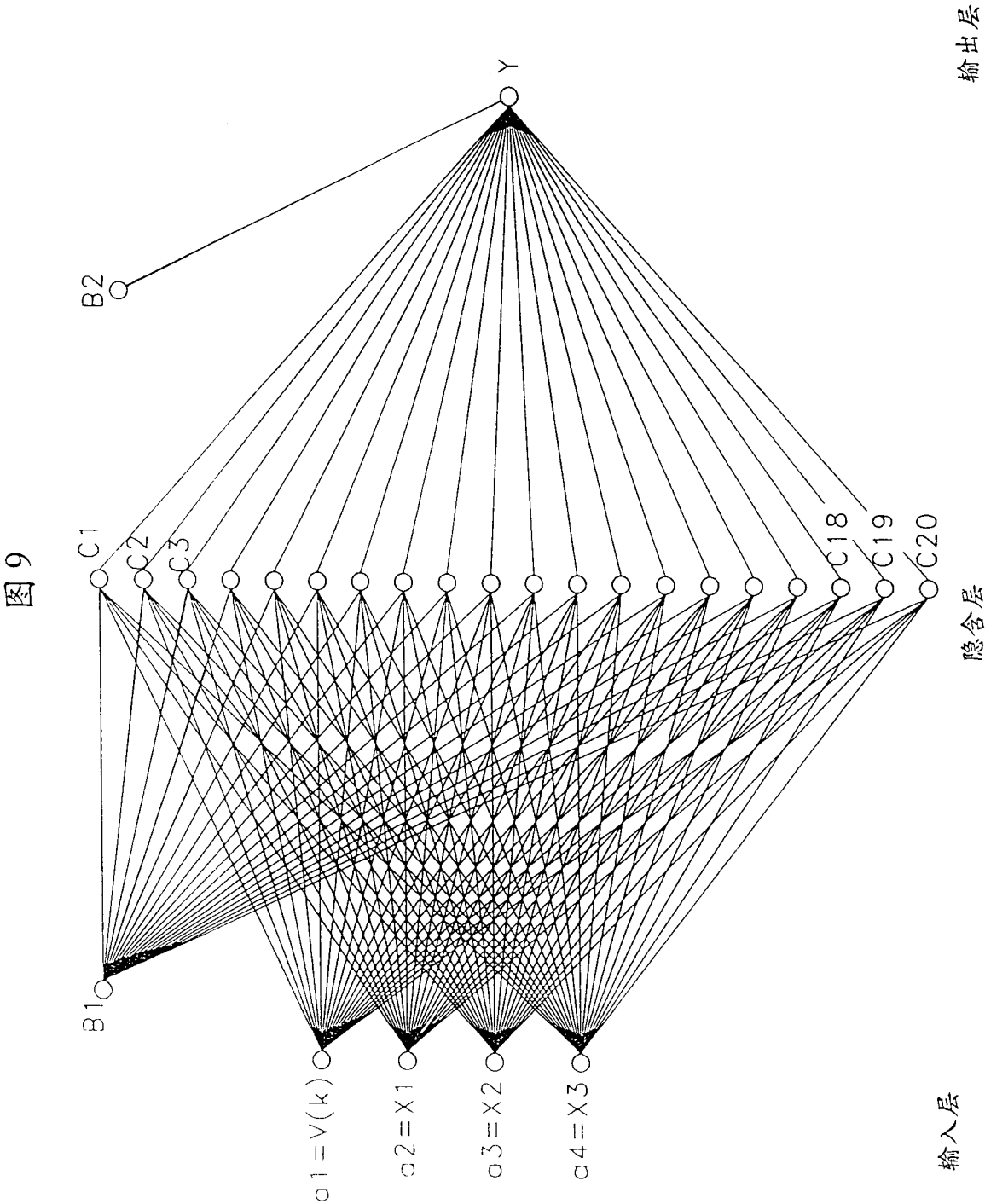


图 11

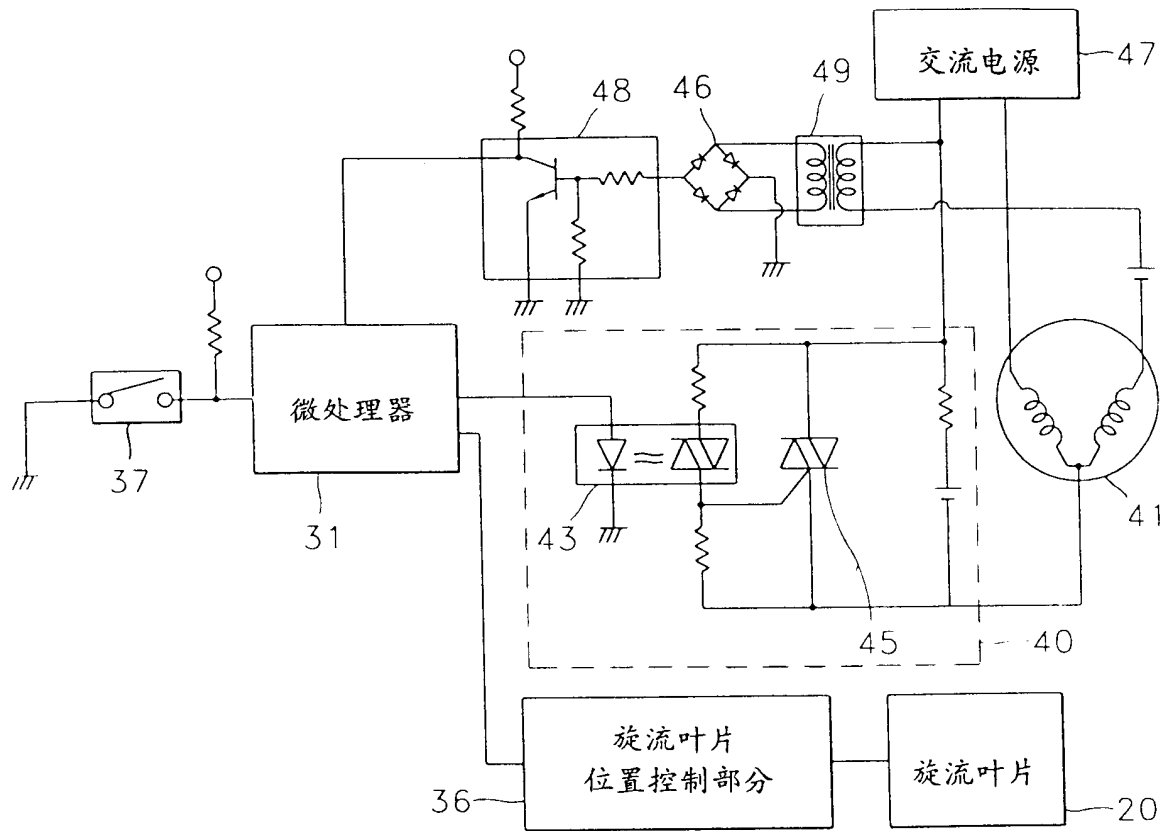


图 12

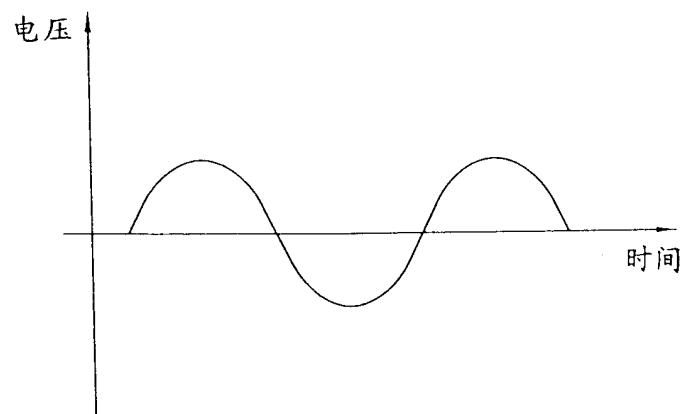


图 13

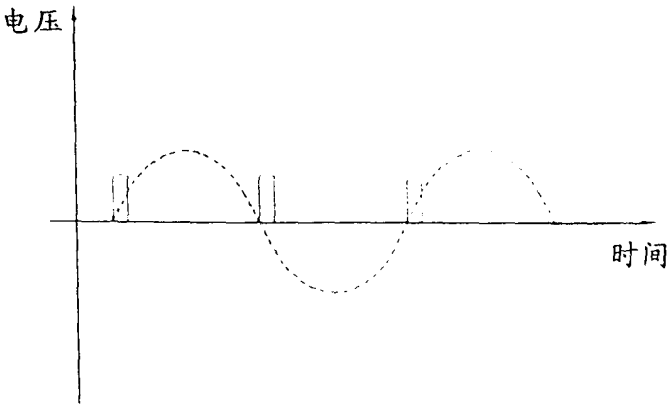


图 14

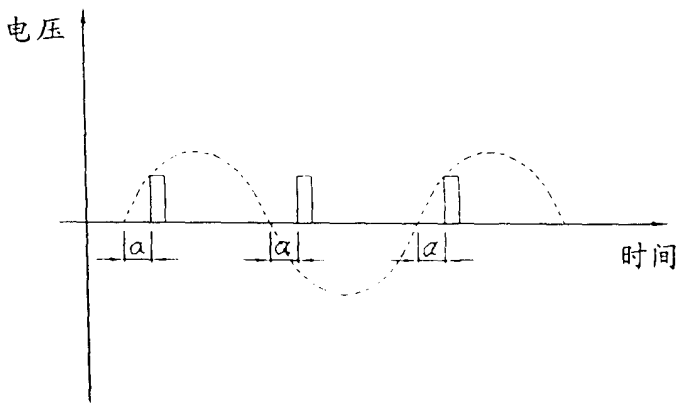


图 15

