



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117458049 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 26

(21) 申请号 202311286130.1

H01M 10/6568 (2014.01)

(22) 申请日 2023.10.07

(71) 申请人 东莞市深合电气有限公司

地址 523000 广东省东莞市常平镇大埔工业街29号

(72) 发明人 刘重强 李金强 刘汉铭 李杰 吕鑫

(74) 专利代理机构 深圳市成为知识产权代理事务所(普通合伙) 44704

专利代理师 刘嘉伟

(51) Int. Cl.

H01M 10/633 (2014.01)

H01M 10/627 (2014.01)

H01M 10/613 (2014.01)

H01M 10/6567 (2014.01)

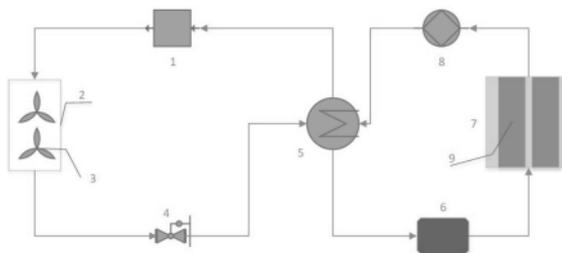
权利要求书4页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统

(57) 摘要

本发明公开了一种液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统,涉及制冷设备控制方法技术领域,其包括以液冷机组的温度控制误差 $e$ 为输入量,并以液冷机组的至少一个可控参数为控制量,建立模糊控制系统;模糊控制系统根据温度控制误差 $e$ ,控制液冷机组中的至少一个可控参数,以降低温度控制误差 $e$ 。本发明主要解决传统的自动控制理论难以为液冷机组带来良好的控制效果的问题;本发明与传统温度控制系统相比,具有响应时间短、超调量小、稳态精度高、遇干扰时能快速恢复稳态以及动静态性能佳的特性,同时,对于惯性滞后温度环节的适应能力也较强,从而为储能系统带来更加良好的温度控制效果。



1. 一种液冷机组的制冷量模糊控制方法,应用在液冷机组中;其特征在于,包括:

以所述液冷机组的温度控制误差 $e$ 为输入量,并以所述液冷机组的至少一个可控参数为控制量,建立模糊控制系统;

所述模糊控制系统根据所述温度控制误差 $e$ ,控制所述液冷机组中的至少一个可控参数,以降低所述温度控制误差 $e$ 。

2. 根据权利要求1所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法,其特征在于,所述液冷机组的温度控制误差 $e$ ,具体为: $e = \Delta T = T_0 - T$ ;

其中, $T_0$ 为所述液冷机组中的液冷介质的目标温度, $T$ 为所述液冷机组中的液冷介质的实际温度。

3. 根据权利要求2所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法,其特征在于,所述液冷机组的可控参数为电子膨胀阀的开度 $u$ 。

4. 根据权利要求3所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法,其特征在于,建立所述模糊控制系统的具体方法,包括:

确定所述模糊控制系统的输入量为:所述液冷机组的温度控制误差 $e$ ,并确定所述模糊控制系统的控制量为:所述电子膨胀阀的开度 $u$ ;

将所述温度控制误差 $e$ 转换为第一模糊论域,为所述温度控制误差 $e$ 划分第一模糊子集,定义所述第一模糊论域和所述第一模糊子集的隶属度函数;

将所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 转换为第二模糊论域,为所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 划分第二模糊子集,定义所述第二模糊论域和所述第二模糊子集的隶属度函数;

将所述电子膨胀阀的开度 $u$ 转换为第三模糊论域 $U$ ,为所述电子膨胀阀的开度 $u$ 划分第三模糊子集,定义所述第三模糊论域和所述第三模糊子集的隶属度函数;

建立所述温度控制误差 $e$ 、所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 以及所述电子膨胀阀的开度 $u$ 的模糊控制规则;

求得所述温度控制误差 $e$ 与所述电子膨胀阀的开度 $u$ 在模糊论域中的模糊关系 $R$ ;

求得所述模糊控制系统的控制量在模糊论域的输出;

将所述模糊控制系统的输出反模糊化,即获得所述模糊控制系统的物理量输出。

5. 根据权利要求4所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法,其特征在于,所述温度控制误差 $e$ ,有:

所述第一模糊论域为 $(-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3)$ ,所述第一模糊子集为NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、0(零)、PS(正小)、PM(正中)以及PB(正大);

所述第一模糊论域和所述第一模糊子集的隶属度函数为:

所述温度控制误差 $e = -3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为1、0.5、0.3、0、0、0、0;

所述温度控制误差 $e = -2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.5、1、0.5、0.2、0、0、0;

所述温度控制误差 $e = -1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.3、0.5、1、0.5、0.2、0、0;

所述温度控制误差 $e = 0$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.1、0.2、0.5、1、0.5、0.2、0.1;

所述温度控制误差 $e=1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、2、0.5、1、0.5、0.3;

所述温度控制误差 $e=2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0.2、0.5、1、0.5;

所述温度控制误差 $e=3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0、0.3、0.5、1;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ ,有:

所述第二模糊论域为 $(-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3)$ ,所述第二模糊子集为NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、0(零)、PS(正小)、PM(正中)以及PB(正大);

所述第二模糊论域和所述第二模糊子集的隶属度函数为:

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=-3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为1、0.5、0.3、0、0、0、0;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=-2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.5、1、0.5、0.2、0、0、0;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=-1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.3、0.5、1、0.5、0.2、0、0;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=0$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.1、0.2、0.5、1、0.5、0.2、0.1;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0.2、0.5、1、0.5、0.3;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0.2、0.5、1、0.5;

所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c=3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0.3、0.5、1;

所述电子膨胀阀的开度 $u$ ,有:

所述第三模糊论域 $U$ 为 $(-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3)$ ,所述第三模糊子集为NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、0(零)、PS(正小)、PM(正中)以及PB(正大);

所述第三模糊论域 $U$ 和所述第三模糊子集的隶属度函数为:

电子膨胀阀的开度 $U=-3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为1、0.5、0.3、0、0、0、0;

电子膨胀阀的开度 $U=-2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.5、1、0.5、0.2、0、0、0;

电子膨胀阀的开度 $U=-1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.3、0.5、1、0.5、0.2、0、0;

电子膨胀阀的开度 $U=0$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.1、0.2、0.5、1、0.5、0.2、0.1;

电子膨胀阀的开度 $U=1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0.2、0.5、1、0.5、0.3;

电子膨胀阀的开度 $U=2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0.2、

0.5、1、0.5;

电子膨胀阀的开度 $U=3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0、0.3、0.5、1。

6.根据权利要求5所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法,其特征在于,所述温度控制误差 $e$ 、所述温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 以及所述电子膨胀阀的开度 $u$ 的模糊控制规则为:

if  $e$  is NB and  $E_c$  is PB, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is NB and  $E_c$  is PM, then  $U$  is PS;  
if  $e$  is NB and  $E_c$  is PS, then  $U$  is PM;  
if  $e$  is NB and  $E_c$  is 0, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is NB and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is NB and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is NB and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is PB, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is PM, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is PS, then  $U$  is PS;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is 0, then  $U$  is PM;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PM;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is NM and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is PB, then  $U$  is NS;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is PM, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is PS, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is 0, then  $U$  is PS;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PM;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PM;  
if  $e$  is NS and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PB;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is PB, then  $U$  is NM;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is PM, then  $U$  is NS;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is PS, then  $U$  is NS;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is 0, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PS;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PS;  
if  $e$  is 0 and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PM;  
if  $e$  is PS and  $E_c$  is PB, then  $U$  is NB;  
if  $e$  is PS and  $E_c$  is PM, then  $U$  is NM;  
if  $e$  is PS and  $E_c$  is PS, then  $U$  is NM;  
if  $e$  is PS and  $E_c$  is 0, then  $U$  is NS;  
if  $e$  is PS and  $E_c$  is NS, then  $U$  is 0;  
if  $e$  is PS and  $E_c$  is NM, then  $U$  is 0;

if e is PS and Ec is NB, then U is PS;  
 if e is PM and Ec is PB, then U is NB;  
 if e is PM and Ec is PM, then U is NB;  
 if e is PM and Ec is PS, then U is NM;  
 if e is PM and Ec is 0, then U is NM;  
 if e is PM and Ec is NS, then U is NS;  
 if e is PM and Ec is NM, then U is 0;  
 if e is PM and Ec is NB, then U is 0;  
 if e is PB and Ec is PB, then U is NB;  
 if e is PB and Ec is PM, then U is NB;  
 if e is PB and Ec is PS, then U is NB;  
 if e is PB and Ec is 0, then U is NB;  
 if e is PB and Ec is NS, then U is NM;  
 if e is PB and Ec is NM, then U is NS;  
 if e is PB and Ec is NB, then U is 0.

7. 根据权利要求5或6所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法, 其特征在于, 所述温度控制误差e与所述电子膨胀阀的开度u在模糊论域中的模糊关系R, 具体为:

$$R = (NBe \times NBu) \cup (NMe \times NMu) \cup (NSe \times NSu) \cup (Z0e \times Z0u) \cup (PBe \times PBu) \cup (PMe \times PMu) \cup (PSe \times PSu)。$$

8. 根据权利要求7所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法, 其特征在于, 所述模糊控制系统的控制量在模糊论域的输出为:  $U = e \cdot R$ 。

9. 一种液冷机组, 其特征在于, 其应用了权利要求1-6任一所述的液冷机组的制冷量模糊控制方法;

其包括制冷模组、液冷模组以及换热器;

所述制冷模组包括压缩机、带有风机的冷凝器以及电子膨胀阀;

所述液冷模组包括水泵、能够与发热体发生热交换的液冷板以及用于加热液冷介质的加热器;

所述压缩机、所述冷凝器、所述电子膨胀阀以及所述换热器的冷媒通道依次连通, 使冷媒能够在所述压缩机、所述冷凝器、所述电子膨胀阀以及所述换热器的冷媒通道之间循环流通;

所述水泵、所述液冷板以及所述换热器的液冷介质通道依次连通, 使所述液冷介质能够在所述水泵、所述液冷板以及所述换热器的液冷介质通道之间循环流通, 所述加热器连接在所述液冷模组的其中一个节点处。

10. 一种储能系统, 其特征在于, 包括权利要求9所述的液冷机组。

## 液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及制冷设备控制方法技术领域,具体为一种液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统。

### 背景技术

[0002] 储能系统是一种用于存储电能和释放电能的系统,其核心组成部分包括电池包/电池组(统称电池),储能系统的电池在充放电过程中会产生大量的热,如果无法及时排出热量,将会导致储能系统的温度升高,带来安全隐患,进而影响电池的性能和储能系统的正常运行。

[0003] 为了降低电池的温度,通常需要在储能系统中配置散热系统,以便为电池散热,其中,液冷散热是应用最为广泛的散热方案。

[0004] 液冷机组是液冷散热方案的执行器,以液冷机组为核心的温度控制系统属于自动控制系统,现有技术中,一般采用双向可控硅功率单元来控制液冷机组的制冷功率,结合自动控制算法,即可使液冷机组的温度控制系统实现自动调节。

[0005] 然而,液冷机组的温度控制系统具有惯性大和滞后性大的特点,且储能系统升温时具有单向性,在上述因素的影响下,难以在液冷机组的温度控制系统中建立精确的数学模型,即,传统的自动控制理论难以为液冷机组带来良好的控制效果。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统,能够带来更加良好的温度控制效果。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种液冷机组的制冷量模糊控制方法,应用在液冷机组中;其包括:

[0008] 以所述液冷机组的温度控制误差 $e$ 为输入量,并以所述液冷机组的至少一个可控参数为控制量,建立模糊控制系统;

[0009] 所述模糊控制系统根据所述温度控制误差 $e$ ,控制所述液冷机组中的至少一个可控参数,以降低所述温度控制误差 $e$ 。

[0010] 一种液冷机组,其应用了上述的液冷机组的制冷量模糊控制方法;

[0011] 其包括制冷模组、液冷模组以及换热器;

[0012] 所述制冷模组包括压缩机、带有风机的冷凝器以及电子膨胀阀;

[0013] 所述液冷模组包括水泵、能够与发热体发生热交换的液冷板以及用于加热液冷介质的加热器;

[0014] 所述压缩机、所述冷凝器、所述电子膨胀阀以及所述换热器的冷媒通道依次连通,使冷媒能够在所述压缩机、所述冷凝器、所述电子膨胀阀以及所述换热器的冷媒通道之间循环流通;

[0015] 所述水泵、所述液冷板以及所述换热器的液冷介质通道依次连通,使所述液冷介

质能够在所述水泵、所述液冷板以及所述换热器的液冷介质通道之间循环流通,所述加热器连接在所述液冷模组的其中一个节点处。

[0016] 一种储能系统,其包括上述的液冷机组。

[0017] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明的液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统,其模糊控制系统根据温度控制误差 $e$ ,控制液冷机组中的至少一个可控参数,以降低温度控制误差 $e$ ;该模糊控制系统与传统温度控制系统相比,具有响应时间短、超调量小、稳态精度高、遇干扰时能快速恢复稳态以及动静态性能佳的特性,同时,对于惯性滞后温度环节的适应能力也较强,从而为储能系统带来更加良好的温度控制效果。

## 附图说明

[0018] 图1为本发明的液冷机组的系统结构示意图。

[0019] 图2为本发明的液冷机组的制冷量模糊控制方法的流程示意图。

[0020] 附图标记为:1、压缩机;2、冷凝器;3、风机;4、电子膨胀阀;5、换热器;6、加热器;7、电池组;8、水泵;9、液冷板。

## 具体实施方式

[0021] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0022] 本实施例提供一种液冷机组,能够应用在例如储能系统、发电系统、通讯或服务器机房中,为电池、发电机以及电子设备等热源进行散热。

[0023] 请参阅图1,本实施例的液冷机组包括制冷模组、液冷模组以及换热器5。

[0024] 其中,制冷模组基于冷媒循环,用于制冷;液冷模组基于液冷介质(例如纯净水或者配方冷却液),用于传导发热体的热量;换热器5用于制冷模组与液冷模组之间的换热,在多数场合下,换热器5为板式换热器5。

[0025] 制冷模组包括压缩机1、带有风机3的冷凝器2以及电子膨胀阀4,压缩机1、冷凝器2、电子膨胀阀4以及换热器5的冷媒通道(用于充当制冷系统的蒸发器)依次连通,使冷媒能够在压缩机1、冷凝器2、电子膨胀阀4以及换热器5的冷媒通道之间循环流通。

[0026] 液冷模组至少包括水泵8以及能够与发热体发生热交换的液冷板9,水泵8、液冷板9以及换热器5的液冷介质通道依次连通,使液冷介质能够在水泵8、液冷板9以及换热器5的液冷介质通道之间循环流通。

[0027] 进一步地,液冷模组还包括用于加热液冷介质的加热器6,本实施例中,加热器6连接在换热器5的液冷介质通道与液冷板9之间。

[0028] 水泵8运行时,驱动液冷介质在水泵8、液冷板9以及换热器5的液冷介质通道之间循环流通,液冷介质流经液冷板9时,能够吸收发热体(本实施例为储能系统的电池组7)的热量,并将热量传导至换热器5处;压缩机1运行时,驱动冷媒在压缩机1、冷凝器2、电子膨胀阀4以及换热器5的冷媒通道之间循环流通,冷凝经过换热器5时,换热器5充当制冷系统的

蒸发器,能够快速冷却换热器5中的液冷介质,冷却后的液冷介质再次循环连通至液冷板9处,再次吸收发热体的热量,从而达到快速冷却发热体的效果;上述过程中,加热器6用于在极端低温下加热液冷介质,避免液冷介质固化而损坏液冷模组和换热器5。

[0029] 本实施例还提供一种液冷机组的制冷量模糊控制方法,应用在上述的液冷机组中,用于控制液冷机组的制冷量。

[0030] 请参阅图2,本实施例的液冷机组的制冷量模糊控制方法,包括:

[0031] 以液冷机组的温度控制误差 $e$ 为输入量,并以液冷机组的至少一个可控参数为控制量,建立模糊控制系统;

[0032] 模糊控制系统根据温度控制误差 $e$ ,控制液冷机组中的至少一个可控参数,以降低温度控制误差 $e$ 。

[0033] 本实施例涉及的液冷机组,在其自动控制系统中,将以液冷介质温度作为控制对象,其制冷模组中的压缩机1功率、电子膨胀阀4的开度以及其液冷模组中的水泵8转速,均可以作为自动控制系统的可控参数而进行调节,控制目标是使液冷机组中的液冷介质的实际温度 $T$ 尽量靠近目标温度 $T_0$ ,从而尽量降低温度控制误差 $e$ ,此时,液冷介质接近恒温,对电池、发电机以及电子设备等热源具有较好的散热效果。

[0034] 具体地,液冷机组的温度控制误差 $e$ ,具体为: $e = \Delta T = T_0 - T$ ;

[0035] 其中, $T_0$ 为液冷机组中的液冷介质的目标温度, $T$ 为液冷机组中的液冷介质的实际温度。

[0036] 需要说明的是,在物理量论域中,目标温度 $T_0$ 、实际温度 $T$ 以及温度控制误差 $e$ ,其单位可以是摄氏度或者华氏度等温度单位,在模糊论域中,目标温度 $T_0$ 、实际温度 $T$ 以及温度控制误差 $e$ 则均表现为模糊论域的集合。

[0037] 具体地,液冷机组的可控参数为电子膨胀阀4的开度 $u$ 。

[0038] 增大电子膨胀阀4的开度 $u$ ,可以提高冷媒在制冷模组中的流通量,从而提高换热器5的制冷效果,以吸收液冷介质中更多的热量,使液冷介质的实际温度 $T$ 降低;减小电子膨胀阀4的开度 $u$ ,可以降低冷媒在制冷模组中的流通量,从而降低换热器5的制冷效果,以吸收液冷介质中更少的热量,使液冷介质的实际温度 $T$ 上升。

[0039] 本实施例探究的即是如何通过液冷机组的温度控制误差 $e$ 作为模糊控制系统的输入量,控制电子膨胀阀4的开度 $u$ ,从而使液冷机组中的液冷介质的实际温度 $T$ 尽量靠近目标温度 $T_0$ ,从而尽量降低温度控制误差 $e$ 。

[0040] 具体地,建立模糊控制系统的具体方法,包括:

[0041] 确定模糊控制系统的输入量为:液冷机组的温度控制误差 $e$ ,并确定模糊控制系统的控制量为:电子膨胀阀4的开度 $u$ ;

[0042] 将温度控制误差 $e$ 转换为第一模糊论域,为温度控制误差 $e$ 划分第一模糊子集,定义第一模糊论域和第一模糊子集的隶属度函数;

[0043] 将温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 转换为第二模糊论域,为温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 划分第二模糊子集,定义第二模糊论域和第二模糊子集的隶属度函数;

[0044] 将电子膨胀阀4的开度 $u$ 转换为第三模糊论域 $U$ ,为电子膨胀阀4的开度 $u$ 划分第三模糊子集,定义第三模糊论域和第三模糊子集的隶属度函数;

[0045] 建立温度控制误差 $e$ 、温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 以及电子膨胀阀4的开度 $u$ 的模糊

控制规则；

[0046] 求得温度控制误差 $e$ 与电子膨胀阀4的开度 $u$ 在模糊论域中的模糊关系 $R$ ；

[0047] 求得模糊控制系统的控制量在模糊论域的输出；

[0048] 将模糊控制系统的输出反模糊化,即获得模糊控制系统的物理量输出。

[0049] 具体地,温度控制误差 $e$ ,有:

[0050] 第一模糊论域为 $(-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3)$ ,第一模糊子集为NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、0(零)、PS(正小)、PM(正中)以及PB(正大)；

[0051] 第一模糊论域和第一模糊子集的隶属度函数为:

[0052] 温度控制误差 $e = -3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为1、0.5、0.3、0、0、0、0；

[0053] 温度控制误差 $e = -2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.5、1、0.5、0.2、0、0、0；

[0054] 温度控制误差 $e = -1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.3、0.5、1、0.5、0.2、0、0；

[0055] 温度控制误差 $e = 0$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.1、0.2、0.5、1、0.5、0.2、0.1；

[0056] 温度控制误差 $e = 1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0.2、0.5、1、0.5、0.3；

[0057] 温度控制误差 $e = 2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0.2、0.5、1、0.5；

[0058] 温度控制误差 $e = 3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0.3、0.5、1；

[0059] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ ,有:

[0060] 第二模糊论域为 $(-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3)$ ,第二模糊子集为NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、0(零)、PS(正小)、PM(正中)以及PB(正大)；

[0061] 第二模糊论域和第二模糊子集的隶属度函数为:

[0062] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = -3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为1、0.5、0.3、0、0、0、0；

[0063] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = -2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.5、1、0.5、0.2、0、0、0；

[0064] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = -1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.3、0.5、1、0.5、0.2、0、0；

[0065] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = 0$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.1、0.2、0.5、1、0.5、0.2、0.1；

[0066] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = 1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0.2、0.5、1、0.5、0.3；

[0067] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = 2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0.2、0.5、1、0.5；

[0068] 温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c = 3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、

0、0、0、0.3、0.5、1；

[0069] 电子膨胀阀4的开度 $u$ ,有:

[0070] 第三模糊论域 $U$ 为(-3,-2,-1,0,+1,+2,+3),第三模糊子集为NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、0(零)、PS(正小)、PM(正中)以及PB(正大);

[0071] 第三模糊论域 $U$ 和第三模糊子集的隶属度函数为:

[0072] 电子膨胀阀4的开度 $U = -3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为1、0.5、0.3、0、0、0、0;

[0073] 电子膨胀阀4的开度 $U = -2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.5、1、0.5、0.2、0、0、0;

[0074] 电子膨胀阀4的开度 $U = -1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.3、0.5、1、0.5、0.2、0、0;

[0075] 电子膨胀阀4的开度 $U = 0$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0.1、0.2、0.5、1、0.5、0.2、0.1;

[0076] 电子膨胀阀4的开度 $U = 1$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、2、0.5、1、0.5、0.3;

[0077] 电子膨胀阀4的开度 $U = 2$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0.2、0.5、1、0.5;

[0078] 电子膨胀阀4的开度 $U = 3$ 时,对NB、NM、NS、0、PS、PM以及PB的隶属度分别为0、0、0、0、0.3、0.5、1。

[0079] 第一模糊论域和第一模糊子集的隶属度函数、第二模糊论域和第二模糊子集的隶属度函数、第三模糊论域和第三模糊子集的隶属度函数也可以表达为下表:

隶属度		$e/E_c/U$						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
[0080] 模糊集	PB	0	0	0	0.1	0.3	0.5	1
	PM	0	0	0	0.2	0.5	1	0.5
	PS	0	0	0.2	0.5	1	0.5	0.3
	Z0	0	0.2	0.5	1	0.5	0.2	0
	NS	0.3	0.5	1	0.5	2	0	0
	NM	0.5	1	0.5	0.2	0	0	0
	NB	1	0.5	0.3	0.1	0	0	0

[0081] 表1第一模糊论域和第一模糊子集的隶属度函数、第二模糊论域和第二模糊子集的隶属度函数、第三模糊论域和第三模糊子集的隶属度函数

[0082] 对于温度控制误差 $e$ 来说,实际的物理量与第一模糊论域(-3,-2,-1,0,+1,+2,+3)

具有映射关系,该映射关系是工程标定关系;同样,对于电子膨胀阀4的开度 $u$ ,实际的物理量(%)与第三模糊论域 $U(-3,-2,-1,0,+1,+2,+3)$ 也具有映射关系,该映射关系也是工程标定关系。

[0083] 具体地,温度控制误差 $e$ 、温度控制误差 $e$ 的变化率 $E_c$ 以及电子膨胀阀4的开度 $u$ 的模糊控制规则为:

- [0084] if  $e$  is NB and  $E_c$  is PB, then  $U$  is 0;
- [0085] if  $e$  is NB and  $E_c$  is PM, then  $U$  is PS;
- [0086] if  $e$  is NB and  $E_c$  is PS, then  $U$  is PM;
- [0087] if  $e$  is NB and  $E_c$  is 0, then  $U$  is PB;
- [0088] if  $e$  is NB and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PB;
- [0089] if  $e$  is NB and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PB;
- [0090] if  $e$  is NB and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PB;
- [0091] if  $e$  is NM and  $E_c$  is PB, then  $U$  is 0;
- [0092] if  $e$  is NM and  $E_c$  is PM, then  $U$  is 0;
- [0093] if  $e$  is NM and  $E_c$  is PS, then  $U$  is PS;
- [0094] if  $e$  is NM and  $E_c$  is 0, then  $U$  is PM;
- [0095] if  $e$  is NM and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PM;
- [0096] if  $e$  is NM and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PB;
- [0097] if  $e$  is NM and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PB;
- [0098] if  $e$  is NS and  $E_c$  is PB, then  $U$  is NS;
- [0099] if  $e$  is NS and  $E_c$  is PM, then  $U$  is 0;
- [0100] if  $e$  is NS and  $E_c$  is PS, then  $U$  is 0;
- [0101] if  $e$  is NS and  $E_c$  is 0, then  $U$  is PS;
- [0102] if  $e$  is NS and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PM;
- [0103] if  $e$  is NS and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PM;
- [0104] if  $e$  is NS and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PB;
- [0105] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is PB, then  $U$  is NM;
- [0106] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is PM, then  $U$  is NS;
- [0107] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is PS, then  $U$  is NS;
- [0108] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is 0, then  $U$  is 0;
- [0109] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is NS, then  $U$  is PS;
- [0110] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is NM, then  $U$  is PS;
- [0111] if  $e$  is 0 and  $E_c$  is NB, then  $U$  is PM;
- [0112] if  $e$  is PS and  $E_c$  is PB, then  $U$  is NB;
- [0113] if  $e$  is PS and  $E_c$  is PM, then  $U$  is NM;
- [0114] if  $e$  is PS and  $E_c$  is PS, then  $U$  is NM;
- [0115] if  $e$  is PS and  $E_c$  is 0, then  $U$  is NS;
- [0116] if  $e$  is PS and  $E_c$  is NS, then  $U$  is 0;
- [0117] if  $e$  is PS and  $E_c$  is NM, then  $U$  is 0;

- [0118] if e is PS and Ec is NB, then U is PS;  
 [0119] if e is PM and Ec is PB, then U is NB;  
 [0120] if e is PM and Ec is PM, then U is NB;  
 [0121] if e is PM and Ec is PS, then U is NM;  
 [0122] if e is PM and Ec is 0, then U is NM;  
 [0123] if e is PM and Ec is NS, then U is NS;  
 [0124] if e is PM and Ec is NM, then U is 0;  
 [0125] if e is PM and Ec is NB, then U is 0;  
 [0126] if e is PB and Ec is PB, then U is NB;  
 [0127] if e is PB and Ec is PM, then U is NB;  
 [0128] if e is PB and Ec is PS, then U is NB;  
 [0129] if e is PB and Ec is 0, then U is NB;  
 [0130] if e is PB and Ec is NS, then U is NM;  
 [0131] if e is PB and Ec is NM, then U is NS;  
 [0132] if e is PB and Ec is NB, then U is 0。

[0133] 模糊控制规则实际是工程标定经验或者生活经验在模糊论域的数学表达, 上述的模糊控制规则表达了“若e负大, 则U负大”、“若e负中, 则U负中”、“若e负小, 则U负小”、“若e为0, 则U为0”、“若e正小, 则U正小”、“若e正中, 则U正中”、“若e正大, 则U正大”。

[0134] 上述的模糊控制规则也可以表达为下表:

U		e						
		NB	NM	NS	Z0	PS	PM	PB
[0135] Ec	PB	Z0	Z0	NS	NM	NB	NB	NB
	PM	PS	Z0	Z0	NS	NM	NB	NB
	PS	PM	PS	Z0	NS	NM	NM	NB
	Z0	PB	PM	PS	Z0	NS	NM	NB
	NS	PB	PM	PM	PS	Z0	NS	NM
	NM	PB	PB	PM	PS	Z0	Z0	NS
	NB	PB	PB	PB	PM	PS	Z0	Z0

[0136] 表2温度控制误差e、温度控制误差e的变化率 $E_c$ 以及电子膨胀阀4的开度u的模糊控制规则

[0137] 模糊控制规则是多条语句的集合, 其可以表示为 $U \times e$ 上的模糊子集, 即模糊关系R, 结合上述的模糊控制规则, 温度控制误差e与电子膨胀阀4的开度u在模糊论域中的模糊关系R, 具体为:

[0138]  $R = (NB_e \times NB_u) \cup (NM_e \times NM_u) \cup (NS_e \times NS_u) \cup (Z0_e \times Z0_u) \cup (PB_e \times PB_u) \cup (PM_e \times$

PMu)  $\cup$  (PSe  $\times$  PSu)。

[0139] 具体地,模糊控制系统的控制量在模糊论域的输出为: $U=e \cdot R$ 。

[0140] 最后,将模糊控制系统的控制量在模糊论域的输出 $U=e \cdot R$ ,经过反模糊化(逆模糊化),即获得模糊控制系统的物理量输出,即电子膨胀阀4的开度 $u$ 之实际的物理量(%)。

[0141] 在某个实际的案例中,当温度控制误差 $e$ 为负大时,液冷机组中的液冷介质的实际温度 $T$ 远大于目标温度 $T_0$ ,在模糊论域中,温度控制误差 $e=NB$ ,模糊控制系统的输出为一模糊向量,可表示为:

$$[0142] \quad u = \frac{1}{-3} + \frac{0.5}{-2} + \frac{0.3}{-1} + \frac{0.1}{0} + \frac{0}{1} + \frac{0}{2} + \frac{0}{3}。$$

[0143] 按照“隶属度最大原则”对该模糊向量进行反模糊化,则选择电子膨胀阀4的开度 $u=3$ ,即应当增大电子膨胀阀4的开度,提高冷媒在制冷模组中的流通量,从而提高换热器5的制冷效果,以吸收液冷介质中更多的热量,使液冷介质的实际温度 $T$ 降低。

[0144] 本实施例还提供一种储能系统,其包括上述的液冷机组。

[0145] 本实施例的液冷机组的制冷量模糊控制方法、液冷机组及储能系统,其模糊控制系统根据温度控制误差 $e$ ,控制液冷机组中的至少一个可控参数,以降低温度控制误差 $e$ ;该模糊控制系统与传统温度控制系统相比,具有响应时间短、超调量小、稳态精度高、遇干扰时能快速恢复稳态以及动静态性能佳的特性,同时,对于惯性滞后温度环节的适应能力也较强,从而为储能系统带来更加良好的温度控制效果。

[0146] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

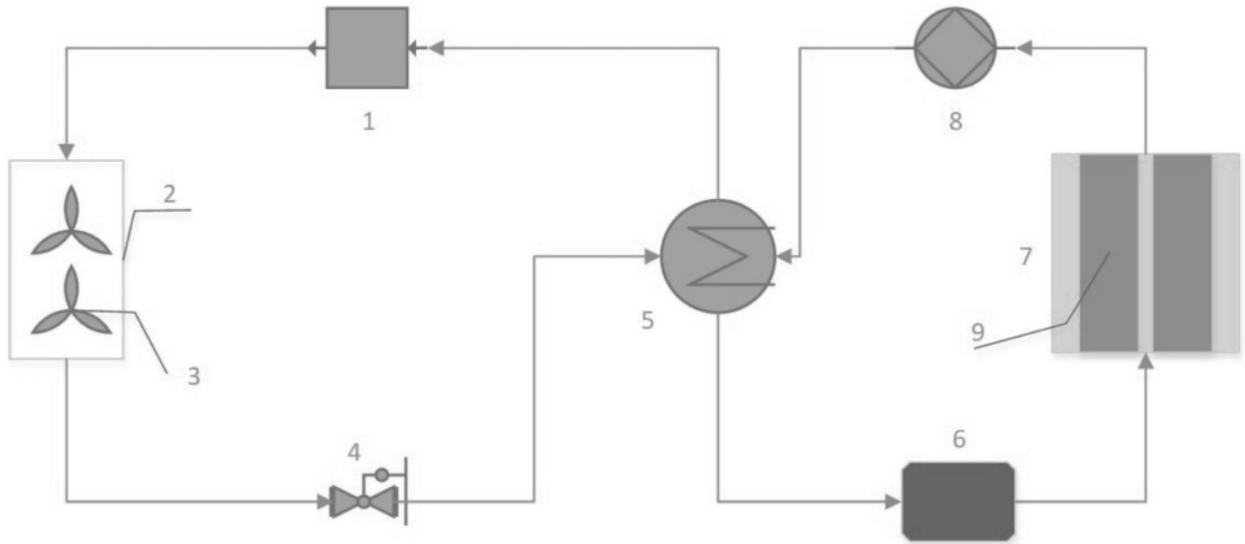


图1

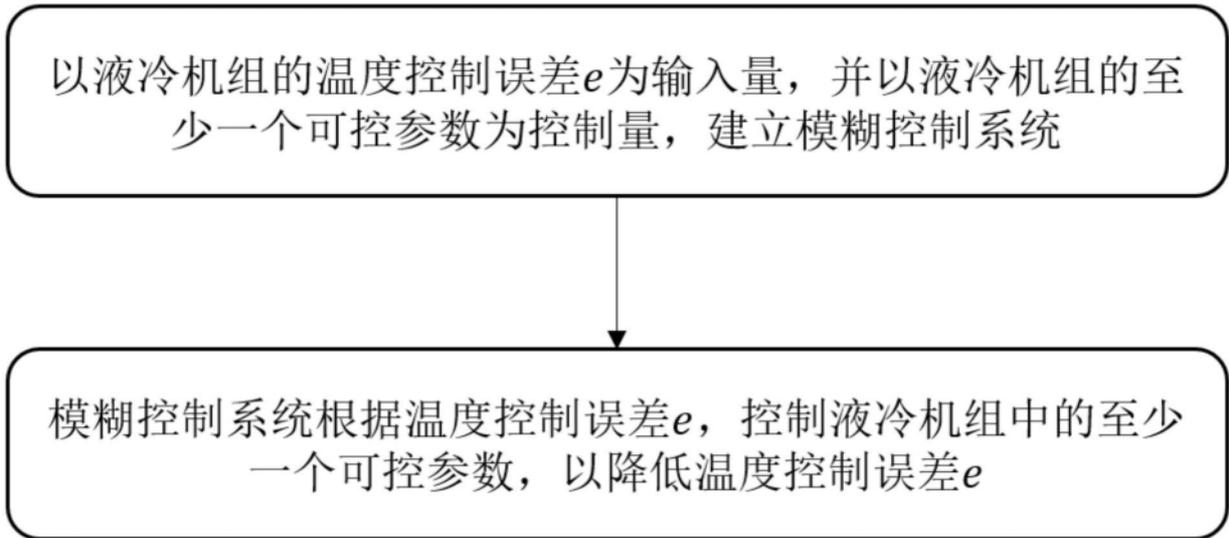


图2