(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107846811 A
(43)申请公布日 2018.03.27

(21)申请号 201610832678.5

(22)申请日 2016.09.19

(71)申请人 全球能源互联网研究院有限公司
地址 102209 北京市昌平区未来科技城滨河大道18号
申请人 全球能源互联网欧洲研究院

(72)发明人 雷宪章 丁玉龙 谯耕 贺之渊 张译文 彭笑东

(74)专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 11250
代理人 李静

(51)Int.Cl.
H05K 7/20(2006.01)
H02M 7/00(2006.01)
C09K 5/06(2006.01)

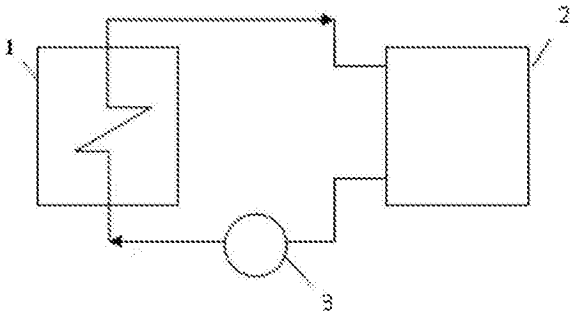
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种换流阀的冷却方法及冷却装置

(57)摘要

本发明公开了一种换流阀的冷却方法，包括对所述换流阀进行冷却的散热器，所述散热器中设有冷却所述换流阀的相变微乳液，其包括相变材料、表面活性剂和水，以所述相变微乳液的总质量计，非离子表面活性剂为0-5%，相变材料为0.05-50%，所述相变材料为一种或多种石蜡形成的混合物。本发明还公开了一种采用上述冷却方法对换流阀进行循环冷却的装置，包括顺次通过管路实现连通的散热器、热交换器和循环泵，其中所述循环泵的出口与所述散热器的入口通过管路相连接，以形成闭合回路其中设置有所述相变微乳液。采用本申请的相变微乳液在对换流阀进行冷却时，将换流阀释放的热量以潜热的方式储存，储热密度很大，能够得到比使用去离子水更佳的冷却效果。



CN 107846811 A

1.一种换流阀的冷却方法，包括对所述换流阀进行冷却的散热器，其特征在于，所述散热器中设有冷却所述换流阀的相变微乳液，其包括相变材料、非离子表面活性剂和水，以所述相变微乳液的总质量计，非离子表面活性剂为0-5％，相变材料为0.05-50％，所述相变材料为一种或多种石蜡形成的混合物。

2.根据权利要求1所述的换流阀的冷却方法，其特征在于，所述相变材料满足如下条件

$$\frac{C_p\Delta T+H}{\Delta T}>42,$$

$\Delta T=T_2-T_1$，

其中，

Cp为所述相变材料的比热，kJ/kg/K，

H为所述相变材料的相变焓kJ/kg，

T2为冷却液为水时，换热工作完成后冷却液在出口处的温度，℃，

T1为冷却液为水时，冷却液在进口处的温度，℃，

X为相变材料占所述相变微乳液的质量分数。

3.根据权利要求1或2所述的换流阀的冷却方法，其特征在于，以所述相变微乳液的总质量计，相变材料为1-10％。

4.根据权利要求1-3任一所述的换流阀的冷却方法，其特征在于，所述相变材料的相变温度为18℃-60℃，其碳原子数16-45个。

5.根据权利要求3所述的换流阀的冷却方法，其特征在于，所述非离子表面活性剂为烷基多苷，西土马哥，十八醇十六醇混合物，鲸蜡醇，Cocamide DEA，Cocamide MEA，烷基聚葡萄糖苷，单硬脂酸甘油酯，IGEPAL CA-630，Isoceteth-20，月桂基葡糖苷，麦芽糖苷，甘油一月桂酸酯，窄分布乙氧基化物，Nonidet P-40，壬苯醇醚-9，壬苯醇醚，NP40，八乙二醇单十二醚，辛基多苷，油醇，PEG-10 Sunflower甘油酯，五甘醇单十二烷基醚，聚乙二醇单十二醚，泊咯沙姆，泊咯沙姆407，聚甘油蓖麻醇酯，聚山梨醇酯，聚山梨醇酯20，聚山梨醇酯80，山梨聚糖，山梨醇酐单硬脂酸酯，去水山梨糖醇三硬脂酸酯，十八烷醇，聚乙二醇辛基苯基醚，Tween 80中的一种或几种。

6.一种采用权利要求1-5任一所述的冷却方法对换流阀进行循环冷却的装置，其特征在于，包括顺次通过管路实现连通的散热器、热交换器和循环泵，其中所述循环泵的出口与所述散热器的入口通过管路相连接，以形成闭合回路，所述闭合回路中设置有所述相变微乳液，流出所述散热器的所述相变微乳液流经所述热交换器后，在所述循环泵的作用下，返回至所述散热器中。

7.根据权利要求6所述的对换流阀进行循环冷却的装置，其特征在于，所述散热器包括散热管道，所述热交换器包括换热管道，所述散热管道与所述换热管道相连通。

8.根据权利要求6或7所述的对换流阀进行循环冷却的装置，其特征在于，所述换流阀中的直流均压电阻与所述散热器相接触，以实现所述散热器对所述换流阀的冷却。

9.根据权利要求8所述的对换流阀进行循环冷却的装置，其特征在于，所述热交换器为蒸发式冷却塔或翅片散热器。

10.根据权利要求9所述的对换流阀进行循环冷却的装置，其特征在于，所述热交换器的进口端和出口端分别设置有温度检测装置。

一种换流阀的冷却方法及冷却装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种冷却方法，具体涉及一种对换流阀进行冷却的方法及冷却装置。

背景技术

[0002] 换流阀是直流输电系统中交-直流电转换的核心设备。在运行中会产生大量的热，所以需要对其进行冷却以保证元件的正常使用并防止其老化。低含氧量的水由于其高比热、高电阻等特性，被广泛用作常规换流阀中的冷却液。水冷系统由于其冷却均匀，效果好，噪音小等优点，在各行业得到了广泛应用和大量关注。但在换热过程中，热量完全以显热的方式进行传输，因此单位质量的水所能吸收的热量完全取决于其比热容和温差。在冷却系统规模不变的情况下，随着电网传输发热元件功率的增加，换流阀的功率密度也在不断增加，使得水的温度随吸收热量的增加不断上升，导致散热器出口侧的温度将大大高于入口侧。很容易造成散热器中冷却效果不平均，导致换流阀的温度分布不平均，另外还容易产生局部温度过高的热点，影响换流阀正常运行，加速其老化，严重时将直接导致设备无法工作甚至损坏。而如果以提高冷却水用量为前提来满足发热元件的降温需求，则需要对目前大多数现有冷却设备的结构进行改进，无形中增加了企业的负担，且造成了不必要的浪费。因此，如何在一定的结构条件下，在不增加冷却系统规模以及相关能耗的基础上，提高冷却系统的冷却能力变的尤为重要。

[0003] 中国专利文献CN103146349A公开了一种正十八烷相变微乳液，其包括水、5％～40％的正十八烷、2％～20％的表面活性剂、0～20％的脂肪醇类和0～3％的无机盐类。上述正十八烷相变微乳液可应用于微电子系统热管理中，并作为热管理体系中微通道的高效散热冷却工质使用。其原理是使用相变材料将热量以潜热的形式储存起来，从而提高其有效热容，在一定的工作温度范围内有效的提升其储热密度，这样可以在不改变冷却液使用量的情况下增加其所能携带的热量，从而提升系统的冷却能力。一方面，由于上述微乳液具有一定的导电性能，在采用上述微乳液对换流阀进行冷却时，换流阀本身所具有的高压直流容易击穿散热器，另一方面，由于换流阀的运行温度不能高于80℃，且处理的功率密度大，上述专利文献中提供的散热冷却工质，仅仅适用于处理体积小，温度相对较低的微电子系统，无法适用于换流阀的冷却。

发明内容

[0004] 因此，本发明要解决的技术问题在于克服现有技术中冷却换流阀的冷却工质在散热器进出口侧温差较大，适成换流阀冷却效果差的问题，从而提供一种换流阀的冷却方法及采用该方法对换流阀进行冷却的装置。

[0005] 为此，本申请采取的技术方案为，

[0006] 一种换流阀的冷却方法，包括对所述换流阀进行冷却的散热器，所述散热器中设有冷却所述换流阀的相变微乳液，其包括相变材料、非离子表面活性剂和水，以所述相变微乳液的总质量计，非离子表面活性剂为0-5％，相变材料为0.05-50％，所述相变材料为一种

或多种石蜡形成的混合物。

[0007] 上述换流阀的冷却方法中，所述相变材料满足如下条件

[0008] $$\frac{C_p\Delta T + H}{\Delta T} > 4.2,$$

[0009] $\Delta T = T_2 - T_1$，

[0010] 其中，

[0011] Cp为所述相变材料的比热，kJ/kg/K，

[0012] H为所述相变材料的相变焓kJ/kg，

[0013] T2为冷却液为水时，换热工作完成后冷却液在出口处的温度，℃，

[0014] T1为冷却液为水时，冷却液在进口处的温度，℃，

[0015] x为相变材料占所述相变微乳液的质量分数。

[0016] 上述换流阀的冷却方法中，所述相变材料的相变温度为18℃-60℃，其碳原子数16-27个。

[0017] 上述换流阀的冷却方法中，所述非离子表面活性剂为烷基多苷，西土马哥，十八醇十六醇混合物，鲸蜡醇，Cocamide DEA，Cocamide MEA，烷基聚葡萄糖苷，单硬脂酸甘油酯，IGEPAL CA-630，Isoceteth-20，月桂基葡糖苷，麦芽糖苷，甘油一月桂酸酯，窄分布乙氧基化物，Nonidet P-40，壬苯醇醚-9，壬苯醇醚，NP40，八乙二醇单十二醚，辛基多苷，油醇，PEG-10Sunflower甘油酯，五甘醇单十二烷基醚，聚乙二醇单十二醚，泊咯沙姆，泊咯沙姆407，聚甘油蓖麻醇酯，聚山梨醇酯，聚山梨醇酯20，聚山梨醇酯80，山梨聚糖，山梨醇酐单硬脂酸酯，去水山梨糖醇三硬脂酸酯，十八烷醇，聚乙二醇辛基苯基醚，Tween 80中的一种或几种。

[0018] 上述换流阀的冷却方法中，以所述相变微乳液的总质量计，相变材料为1-10％。

[0019] 一种采用上述任一所述冷却方法对换流阀进行冷却的装置，包括顺次通过管路实现连通的散热器、热交换器和循环泵，其中所述循环泵的出口与所述散热器的入口通过管路相连接，以形成闭合回路，所述闭合回路中设置有相变微乳液，流出所述散热器的所述相变微乳液流经所述热交换器后，在所述循环泵的作用下，返回至所述散热器中。

[0020] 上述的循环冷却装置中，所述散热器包括散热管道，所述热交换器包括换热管道，所述散热管道与所述换热管道相连通。

[0021] 上述的循环冷却装置中，所述换流阀中的直流均压电阻与所述散热器相接触，以实现所述散热器对所述换流阀的冷却。

[0022] 上述的循环冷却装置中，所述热交换器为蒸发式冷却塔或翅片散热器。

[0023] 上述的循环冷却装置中，所述热交换器的进口端和出口端分别设置有温度检测装置。

[0024] 上述的循环冷却装置中，所述管路为铜、铝、不锈钢、合金钢、PVDF、CPVC、PP或PE管路。

[0025] 上述的循环冷却装置中，所述散热器为铜、铝、不锈钢或合金钢散热器。

[0026] 本发明技术方案，具有如下优点：

[0027] 1、本发明提供的换流阀的冷却方法中，采用的相变微乳液包括相变材料、表面活性剂和水，以所述相变微乳液的总质量计，表面活性剂为0-5％，相变材料为0.05-50％，所

述相变材料为一种或多种石蜡形成的混合物。

[0028] 采用本申请的相变微乳液在对换流阀进行冷却时，将换流阀释放的热量以潜热的方式储存。其储热密度很大，在体积相同的情况下，能够得到比使用去离子水更佳的冷却效果。所述相变微乳液中的石蜡材料无毒，对环境无害。其电阻率为10^{15}-10^{19}Ω cm，大于换流阀散热器中纯水的电阻率要求(5×10^{6}Ω cm)，因此不会导致冷却液电阻率下降。

[0029] 2、本发明提供的换流阀的冷却方法中，采用的相变微乳液，其相变材

[0030] 料需同时满足以下条件，$\frac{C_p\Delta T+H}{\Delta T}>4.2$ ，$\Delta T=T_2-T_1$，

[0031] 其中，Cp为所述相变材料的比热，kJ/kg/K，H为所述相变材料的相变焓kJ/kg，T2为冷却液为水时，换热工作完成后冷却液在出口处的最高温度℃，T1为冷却液为水时，冷却液在进口处的温度℃，x为相变材料占所述相变微乳液的质量分数。满足上述条件的相变材料形成的相变微乳液，满足发热元件高负荷工作时的散热需求，同时选择种类多，可选范围广。

[0032] 依据实际情况选择适宜的相变材料合成相变微乳液。在对换流阀进行冷却的过程中，相变材料的温度几乎不发生变化，从而保证了冷却效果不随管道位置发生变化，使发热元件在冷却液入口端和出口端附近温度保持基本一致。相变材料在散热器内能够依据发热元件表面温度分布，以不同速率进行相变以吸收热量，从而实现稳定均一的温度控制。因此由其形成的散热元件在运行中不容易产生高温热点，从而保证其正常工作。

[0033] 3、本发明提供的换流阀的冷却方法中，所述相变材料为一种或多种石蜡形成的混合物。本申请的石蜡基相变微乳液形成的相变材料在实际运行中，在流速不变的情况下，将依据发热元件的工作温度自发改变换热能力。从而在保障系统稳定运行的基础上实现冷却过程的智能化，自动化，简化了系统的控制。当换流阀高负荷运行时，使用本申请的相变微乳液时，换流阀释放的热量较大，使相变微乳液中的相变材料温度达到相变温度，热量被以潜热的形式吸收至相变微乳液中。散热器管道内温度分布均匀，保持换流阀的温度随管路进行上升较小。因此散热器出口端和入口端的温差较小，不会发生换流阀温度过高的情况。在冷却液的外部冷却过程中由于冷却液以潜热的方式将热量传输到空气中，其温度在散热过程中变化很小，因此可以保持较高的散热效果。

[0034] 4、本发明提供的换流阀的冷却方法中，所述相变微乳液还包括提高相变微乳液悬浮性能的非离子表面活性剂，并且由于其添加量较小，在考虑相变微乳液的换热性能时予以忽略。

[0035] 说明书附图

[0036] 图1为本发明的换流阀冷却方法中采用的一种冷却系统的结构示意图。

[0037] 其中附图标记表示为，

[0038] 1-散热器，2-热交换器，3-循环泵。

具体实施方式

[0039] 实施例1

[0040] 根据换流阀的工作情况，当采用水对其进行冷却时，冷却液在散热器进口端的温度为50℃，出口端的温度为80℃。采用相变微乳液作为冷却液替代冷却水，以所述相变微乳

液的总质量计，该相变微乳液包括相变材料和水。所述相变材料的比热为C_p(kJ/kg/K)，所述相变材料的相变焓为H(kJ/kg)，所述相变材料的相变温度为T(℃)，相变材料占所述相变微乳液的质量分数为x。

[0041] 冷却液温度升高ΔT℃，冷却水水所吸收的热量为：

[0042] $Q_2=4.2\cdot\Delta T$

[0043] 同样温度变化下去相变微乳液吸收的热量为

[0044] $Q_1=4.2\cdot\Delta T\cdot(1-x)+C_p\cdot\Delta T\cdot x+H\cdot x$

[0045] 由于相变材料在发生相变时，部分能量会以潜热的形式吸收，所以同样温度变化下$Q_1>Q_2$

[0046] 得出

[0047] $$\frac{C_p\Delta T+H}{\Delta T}>4.2$$

[0048] 在现有的材料中选择其物理参数C_p、H和T满足上述关系的石蜡，得出相变温度为61.2℃的正二十八烷作为相变微乳液中的相变材料。相变材料在相变微乳液中质量分数为0.05％，表面活性剂质量分数为0％。相变材料的热物理性质如表1所示。

[0049] 表1相变材料参数

[0050]

名称	碳原子数	相变点 (℃)	潜热 (kJ/kg)	比热容 (kJ/kg/C) 固态	液态
正二十八烷	28	61.2	254	1.91	2.38

[0051] 当系统释放热量增加时，相变材料温度升高至超过61.2℃，相变材料以潜热吸收发热元件中的热量。当使用去离子水的散热器的入口端和出口端温度分别为50℃及80℃时。

[0052] 单位质量的去离子水所能吸收的热量为：

[0053] $Q=4.2\times30$

[0054] $Q=126kJ/kg$

[0055] 使用相变微乳液进行冷却，当单位质量的相变微乳液吸收的热量与去离子水相等时，其表达式为：(其中T_{out}为相变微乳液出口温度，T_m为相变材料相变温度)

[0056] $126=4.2\times0.9995\times(T_{out}-50)+1.91\times0.0005\times11.2+2.38\times0.0005\times(T_{out}-61.2)+254\times0.0005$

[0057] 因为$T_m=61.2℃$

[0058] 因此$T_{out}=79.98℃$

[0059] 可见散热器出口温度比使用去离子水有所下降。

[0060] 使用相变微乳液进行冷却，当进出口温度分别为50及80℃时，所吸收的热量为：

[0061] $Q=4.2\times0.9995\times30+1.91\times0.0005\times11.2+2.38\times0.0005\times18.8+254\times0.0005$

[0062] $Q=126.10kJ/kg$

[0063] 由此可知，在保持换热能力不变的情况下，使用相变微乳液时冷却液出口温度比使用去离子水时下降了0.02度；在保持散热器进出口温度与使用纯水情况相同时，使用相变微乳液作为冷却液比纯水吸收的热量提高了0.07％。

[0064] 当相变微乳液中的正二十八烷质量分数为1%，

[0065] 当单位质量的相变微乳液吸收的热量与去离子水相等时，其表达式为：(其中Tout为相变微乳液出口温度，Tm为相变材料相变温度)

[0066] $126=4.2\times0.99\times(T_{out}-50)+1.91\times0.01\times11.2+2.38\times0.01\times(T_{out}-61.2)+254\times0.01$

[0067] 因为Tm＝61.2℃

[0068] 因此Tout＝79.54℃

[0069] 可见散热器出口温度比使用去离子水时下降0.46℃。

[0070] 使用相变微乳液进行冷却，当进出口温度分别为50及80℃时，所吸收的热量为：

[0071] $Q=4.2\times0.99\times30+1.91\times0.01\times11.2+2.38\times0.01\times18.8+254\times0.01$

[0072] Q＝127.94kJ/kg

[0073] 由此可知，在保持换热能力不变的情况下，使用相变微乳液时冷却液出口温度比使用去离子水时下降了0.46度；在保持散热器进出口温度与使用纯水情况相同时，使用相变微乳液作为冷却液比纯水吸收的热量提高了1.54%。

[0074] 当相变微乳液中的正二十八烷质量分数为5%时，

[0075] 当单位质量的相变微乳液吸收的热量与去离子水相等时，其表达式为：(其中Tout为相变微乳液出口温度，Tm为相变材料相变温度)

[0076] $126=4.2\times0.95\times(T_{out}-50)+1.91\times0.05\times11.2+2.38\times0.05\times(T_{out}-61.2)+254\times0.05$

[0077] 因为T_m＝61.2℃

[0078] 因此T_{out}＝77.64℃

[0079] 可见散热器出口温度比使用去离子水时下降2.36℃。

[0080] 使用相变微乳液进行冷却，当进出口温度分别为50及80℃时，所吸收的热量为：

[0081] $Q=4.2\times0.95\times30+1.91\times0.05\times11.2+2.38\times0.05\times18.8+254\times0.05$

[0082] Q＝135.71kJ/kg

[0083] 由此可知，在保持换热能力不变的情况下，使用相变微乳液时冷却液出口温度比使用去离子水时下降了2.36度；在保持散热器进出口温度与使用纯水情况相同时，使用相变微乳液作为冷却液比纯水吸收的热量提高了7.70%。

[0084] 当相变微乳液中的正二十八烷质量分数提高到10%时，

[0085] 当单位质量的相变微乳液吸收的热量与去离子水相等时，其表达式为：(其中Tout为相变微乳液出口温度，Tm为相变材料相变温度)

[0086] $126=4.2\times0.90\times(T_{out}-50)+1.91\times0.10\times11.2+2.38\times0.10\times(T_{out}-61.2)+254\times0.10$

[0087] 因为T_m＝61.2℃

[0088] 因此T_{out}＝75.17℃

[0089] 可见散热器出口温度比使用去离子水时下降4.83℃。

[0090] 使用相变微乳液进行冷却，当进出口温度分别为50及80℃时，所吸收的热量为：

[0091] $Q=4.2\times0.90\times30+1.91\times0.1\times11.2+2.38\times0.1\times18.8+254\times0.1$

[0092] Q＝145.41kJ/kg

[0093] 由此可知，在保持换热能力不变的情况下，使用相变微乳液时冷却液出口温度比使用去离子水时下降了4.83度；在保持散热器进出口温度与使用纯水情况相同时，使用相变微乳液作为冷却液比纯水吸收的热量提高了15.4％。

[0094] 进一步，当满足上述关系的由德国Ter Hell Paraffin Hamburg公司提供的石蜡6035。该相变材料在相变微乳液中质量分数为50％，其相关参数如表2所示。表面活性剂为Tween 80，质量分数为5％。

[0095] 表2相变材料参数

[0096]

名称	碳原子数	相变点 (℃)	潜热 (kJ/kg)	比热容 (kJ/kg/C) 固态	液态
石蜡 6035	混 合 物 22-45	60	189	1.90	2.10

[0097] 当系统释放热量增加时，相变材料温度升高至超过60℃，相变材料以潜热吸收发热元件中的热量。当使用去离子水的散热器的入口端和出口端温度分别为50℃及80℃时。

[0098] 单位质量的去离子水所能吸收的热量为：

[0099] $Q=4.2\times30$

[0100] $Q=126kJ/kg$

[0101] 使用相变微乳液进行冷却，当单位质量的相变微乳液吸收的热量与去离子水相等时，其表达式为：(其中T_{out}为相变微乳液出口温度，T_m为相变材料相变温度，由于表面活性剂所占比例很小，不参与计算)

[0102] $126=4.2\times0.45\times(T_{out}-50)+1.9\times0.5\times10+2.1\times0.5\times(Tout-Tm)+189\times0.5$

[0103] 因为$T_m=60℃$

[0104] 因此$T_{out}=60.32℃$

[0105] 使用相变微乳液进行冷却，当进出口温度为50及80℃时，所吸收的热量为：

[0106] $Q=4.2\times0.45\times30+1.9\times0.5\times10+2.1\times0.5\times20+189\times0.5$

[0107] $Q=188kJ/kg$

[0108] 由此可知，在保持换热能力不变的情况下，使用50％的相变微乳液时冷却液出口温度比使用去离子水时下降了19.68度；在保持散热器进出口温度与使用纯水情况相同时，使用相变微乳液作为冷却液比纯水吸收的热量提高了49.21％。

[0109] 实施例2

[0110] 本实施例与实施例1处理对象相同，其区别在于，以所述相变微乳液的总质量计，该相变微乳液还包括0.5％的非离子表面活性剂麦芽糖苷，由于麦芽糖苷的含量较小，且对相变微乳液的换热性能影响很小，所以在计算中忽略表面活性剂对换热的影响，计算方法同。由于表面活性剂对换热的影响较小，为提高相变微乳液的悬浮性其非离子表面活性剂的用量可以为5％。

[0111] 实施例3

[0112] 采用本申请的相变微乳液对换流阀进行冷却时，采用图1所示的装置，包括顺次通过管路实现连通的散热器1、热交换器2和循环泵3，其中所述循环泵3的出口与所述散热器2

的入口通过管路相连接，以形成闭合回路，所述闭合回路中设置有本申请的相变微乳液，流出所述散热器的所述相变微乳液流经所述热交换器后，在所述循环泵的作用下，返回至所述散热器中。其中，所述散热器包括散热管道，所述热交换器包括换热管道，所述散热管道与所述换热管道相连通。所述换流阀中的直流均压电阻与所述散热器相接触，以实现所述散热器对所述换流阀的冷却。优选地，所述热交换器为蒸发式冷却塔或翅片散热器。优选地，所述热交换器的进口端和出口端分别设置有温度检测装置。本申请冷却装置的工作流程为，被冷却的相变微乳液流入散热器中对与散热器相接触的位于换流阀中的直流均压电阻进行换热，实现对换流阀的冷却，同时携带了热量的高温相变微乳液流入换热器中，并将热量散发至空气中实现微乳液的降温，为提高换热器的换热效果可采用风机或喷流的方式对换热器中的微乳液进行降温，换热器进出口端设置温度检测装置对进出所述换热器的微乳液温度进行检测，以循环泵的流速，调节冷却液的温度和循环速度。经换热器降温后的相变微乳液在循化泵的作用下，泵入散热器中对换流阀进行再次的冷却。

[0113] 显然，上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例，而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之中。

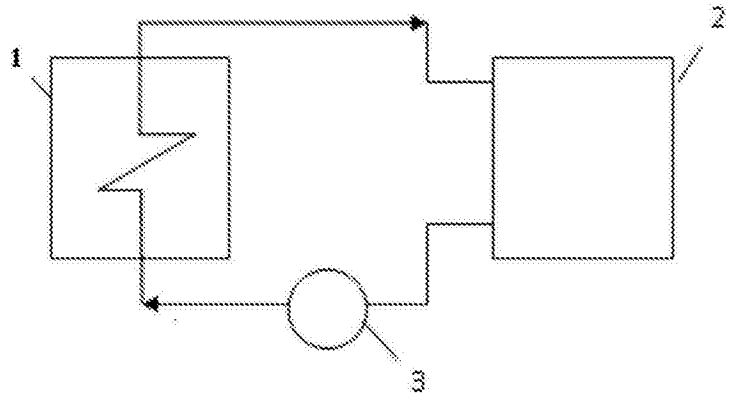


图1