

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 39/00 (2006.01)

F25B 9/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02107362.7

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100347871C

[22] 申请日 2002.3.15 [21] 申请号 02107362.7

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 16 [33] US [31] 09/681310

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·A·阿克曼

E·T·拉斯卡里斯 Y·王

B·E·B·戈特

审查员 王小东

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 章社杲

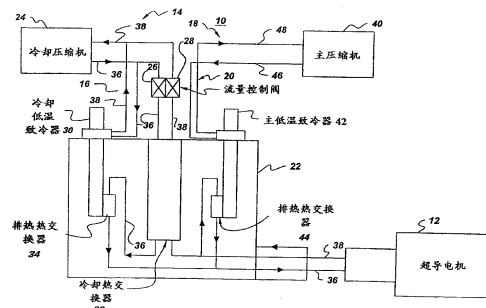
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

具有冷却和正常操作模式的低温冷却系统的操作方法

[57] 摘要

一种应用于超导电机(12)的低温冷却系统(10)的操作方法, 包括: 组成第一回路(16)的第一组元件(14), 其可使致冷剂流沿第一回路(16)流入和流出超导电机(12), 并可在冷却模式下进行操作, 以将致冷剂及超导电机(12)冷却到正常操作温度; 组成第二回路(20)的第二组元件(18), 其可使致冷剂流沿第二回路(20)流入和流出所述超导电机(12), 并可在正常模式下进行操作, 以将致冷剂及超导电机(12)保持在正常操作温度。



1. 一种应用于超导电机(12)的低温冷却系统(10)的操作方法, 低温冷却系统包括:

排列在第一回路(16)中的第一组元件(14), 其可使致冷剂流入和流出所述超导电机(12), 并可在冷却模式下进行操作, 以将所述致冷剂及超导电机(12)从高于正常操作温度的温度冷却到正常操作温度; 和

排列在第二回路(20)中的第二组元件(18), 其可使致冷剂流入和流出所述超导电机(12), 并可在稳态模式下进行操作, 以将所述致冷剂及超导电机(12)保持在正常操作温度,

其中所述方法包括:

a) 通过操作排列在第一回路(16)中的第一组元件(14)来冷却超导电机, 直至达到所述超导电机(12)的操作温度;

b) 通过操作排列在第二回路(20)中的第二组元件(18)来保持所述致冷剂及超导电机(12)的温度在正常操作温度。

2. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述第一回路(16)包括冷却压缩机(24), 以及位于所述冷却压缩机(24)和所述超导电机(12)之间的致冷剂流的输送和回流管(36,38)。

3. 如权利要求1或2所述的方法, 其特征在于, 所述第一回路(16)还包括分别与出、进所述冷却压缩机(24)的所述输送和回流管(36,38)相连的流量控制阀(26,28)。

4. 如权利要求3所述的方法, 其特征在于, 所述第一回路(16)还包括与出、进所述冷却压缩机(24)的所述输送和回流管(36,38)相连且与所述流量控制阀(26,28)并联的冷却低温致冷器(30)。

5. 如权利要求4所述的方法, 其特征在于, 所述第一回路(16)还包括位于所述流量控制阀(26,28)和所述超导电机(12)之间与所述输送和回流管(36,38)相连的冷却热交换器(32)。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 所述第一回路 (16) 还包括以热交换的关系与所述冷却低温致冷器 (30) 相连, 并与所述冷却热交换器 (32) 和所述超导电机 (12) 之间的所述输送管 (36) 相连的排热热交换器 (34)。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 所述系统 (10) 还包括:

低温箱 (22), 所述冷却低温致冷器 (30)、排热热交换器 (34) 和冷却热交换器 (32) 设于所述低温箱 (22) 内, 所述冷却压缩机 (24) 和所述流量控制阀 (26,28) 设于所述低温箱 (22) 外。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的方法, 其特征在于, 所述第二回路 (20) 包括主压缩机 (40) 以及位于所述主压缩机 (40) 与超导电机 (12) 之间的一对致冷剂流输送和回流管 (46,48)。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述第二回路 (20) 还包括与出、进所述主压缩机 (40) 的所述输送和回流管 (46,48) 相连的主低温致冷器 (42)。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 所述第二回路 (20) 还包括与进、出所述超导电机 (12) 的第二对所述致冷剂流输送和回流管 (36,38) 相连的排热热交换器 (44)。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 所述系统 (10) 还包括:

低温箱 (22), 所述主低温致冷器 (42) 和排热热交换器 (44) 设于所述低温箱 (22) 内, 所述主压缩机 (40) 设于所述低温箱 (22) 外。

具有冷却和正常操作模式的低温冷却系统的操作方法

技术领域

本发明涉及制冷领域，具体地涉及一种用于冷却超导电机的具有冷却和稳态或正常操作模式的低温冷却系统的操作方法。在这里，用语“低温”定义为说明温度通常低于 150 开尔文。

背景技术

超导装置包括用于医疗诊断的磁共振成像（MRI）系统，发电机和电动机的超导转子，以及用于列车运输的磁悬浮装置。超导装置中超导磁铁的超导线圈组件包括一个或多个由超导体线绕成的超导线圈，其通常被热屏蔽装置所包围。组件放置于真空罩中。

某些超导磁铁通过安装在磁铁上的低温冷却机的冷却头（coldhead）（例如传统的 Gifford-McMahon 低温冷却机的冷却头）进行传导冷却。然而，将低温冷却机的冷却头安装到磁铁上产生了许多困难，包括杂散磁场对冷却头电机的不利影响，从冷却头传给磁铁的振动，以及沿冷却头和磁铁间热传递处的温度梯度。这种传导冷却通常不适合冷却旋转磁铁，例如可组成超导转子的旋转磁铁。

其它的超导磁铁通过直接与磁铁接触的液态氮来冷却，在磁铁冷却过程中液态氮气化成为气态氮，气态氮通常从磁铁逸出到大气中。在磁铁的真空罩中设置液态氮的容器会增加超导磁铁系统的尺寸，这在许多应用中是不希望发生的。

所需要的是改进用于冷却超导装置的低温冷却系统。这种冷却系统的位置必须远离磁铁。另外，冷却系统应能冷却旋转超导磁铁，例如发电机转子的旋转超导磁铁。

在 Ackermann 等的美国专利 No.5513498 中公开了一种为此需要

而进行的创新，此专利已转让给本受让人。此创新采用了一单独的压缩机和旋转阀，用于使液态致冷剂如氨在致冷剂回路中以相反的方向交替地循环，从而冷却超导装置。虽然 Ackermann 等的专利中所公开的创新基本上克服了上述问题，但仍然需要一种能实现下述目的的创新，即提供一种低温冷却系统，可将超导发电机的转子冷却到工作温度并将转子保持在此工作温度以进行正常操作。

发明内容

本发明设计了一种具有冷却和正常操作模式的低温冷却系统，通过强迫流动的氨冷却系统来实现这两种操作模式。这种冷却系统具有冷却和正常操作模式，可以冷却旋转电机的超导线圈，并且可提供冗余度以提高系统可靠性。

在本发明的一个实施例中，用于超导电机的低温冷却系统的操作方法，低温冷却系统包括：排列在第一回路的第一组元件，可使致冷剂流流入和流出超导电机，并可在冷却模式下操作以将致冷剂及超导电机从高于正常操作温度的温度冷冷却到正常操作温度；排列在第二回路的第二组元件，可使致冷剂流流入和流出超导电机，并可在稳态模式下操作，将致冷剂及超导电机保持在正常操作温度其中所述方法包括：a) 通过操作排列在第一回路中的第一组元件来冷却超导电机，直至达到所述超导电机的操作温度；b) 通过操作排列在第二回路中的第二组元件来保持所述致冷剂及超导电机的温度在正常操作温度。

附图说明

图 1 是根据本发明优选实施例的与超导电机相连的低温冷却系统的示意图。

具体实施方式

如图 1 所示，低温冷却系统 10 与超导电机 12 相连，如超导发电机。冷却系统 10 包括：以第一排列设置的第一组元件 14，其可使致冷剂如氨沿第一回路 16 流入和流出超导电机 12；以第二排列设置的第二组元件 18，其可使致冷剂如氨沿第二回路 20 流入和流出超导电机。第一组元件 14 可在冷却模式下操作，以将超导电机 12 冷却

到正常操作温度。第二组元件 18 可在正常模式下操作，以将超导电机保持在正常操作温度。

低温冷却系统 10 包括用于容纳元件组 14 和 18 中的某些元件的低温箱 22。第一组元件 14 包括冷却压缩机 24，一对位于低温箱 22 外的流量控制阀 26,28，封闭循环的冷却低温致冷器 30，冷却热交换器 32，以及位于低温箱 22 内部的排热热交换器 34。第一组元件 14 还包括分别在冷却压缩机 24 和超导电机 12 之间延伸的第一对致冷剂输送管 36 和回流管 38。流量控制阀 26,28 分别与进、出冷却压缩机 24 的输送管 36 和回流管 38 相连。冷却低温致冷器 30 分别与出、进冷却压缩机 24 的输送管 36 和回流管 38 相连，并且与流量控制阀 26,28 并联。冷却热交换器 32 在流量控制阀 26,28 和超导电机 12 之间与输送管 36 和回流管 38 相连。排热热交换器 34 以热交换的关系与冷却低温致冷器 30 相连，并与冷却热交换器 32 和超导电机 12 之间的输送管 36 相连。

第二组元件 18 包括位于低温箱 22 之外的主压缩机 40，封闭循环的主低温致冷器 42，以及位于低温箱 22 内的排热热交换器 44。第二组元件 18 还包括分别从主压缩机 40 处延伸出的第二对致冷剂输送管 46 和回流管 48。主低温致冷器 42 分别与出、进主压缩机 40 的输送管 46 和回流管 48 相连。排热热交换器 44 以热交换的关系与主低温致冷器 42 相连，并分别与进、出超导电机 12 输送管 36 和回流管 38 相连，并且与第一组元件 14 并联。

在操作中，冷却压缩机 24 提供高压低温气体如氦，从而操作冷却低温致冷器 30，使气体流通过冷却热交换器 32 和排热热交换器 34 流进和流出超导电机 12，以冷却超导电机。冷却系统 10 的两种操作模式为冷却模式和稳态或正常操作模式。

在冷却模式中，从冷却压缩机 24 中排出的氦气被冷却热交换器 32 和冷却低温致冷器 30 冷却，并用来将电机 12 从室温冷却到其操作低温。

在正常操作模式中，通过选择性地操作流量控制阀 26,28，可以关闭冷却致冷器 30 和从冷却压缩机 24 中排出的气体，然后只由主低温致冷器 42 和主压缩机 40 进行冷却。在此操作模式中，由于电机 12 的转子（未示出）的旋转，氨气在排热热交换器 44 和电机 12 之间的冷却回路中循环。

虽然在上文中只说明和介绍了本发明的一些优选特征，但对于本领域的技术人员来说，可以对其进行许多修改和变化。因此，可以理解，所附权利要求覆盖了包含在本发明的实质精神内的所有这些修改和变化。

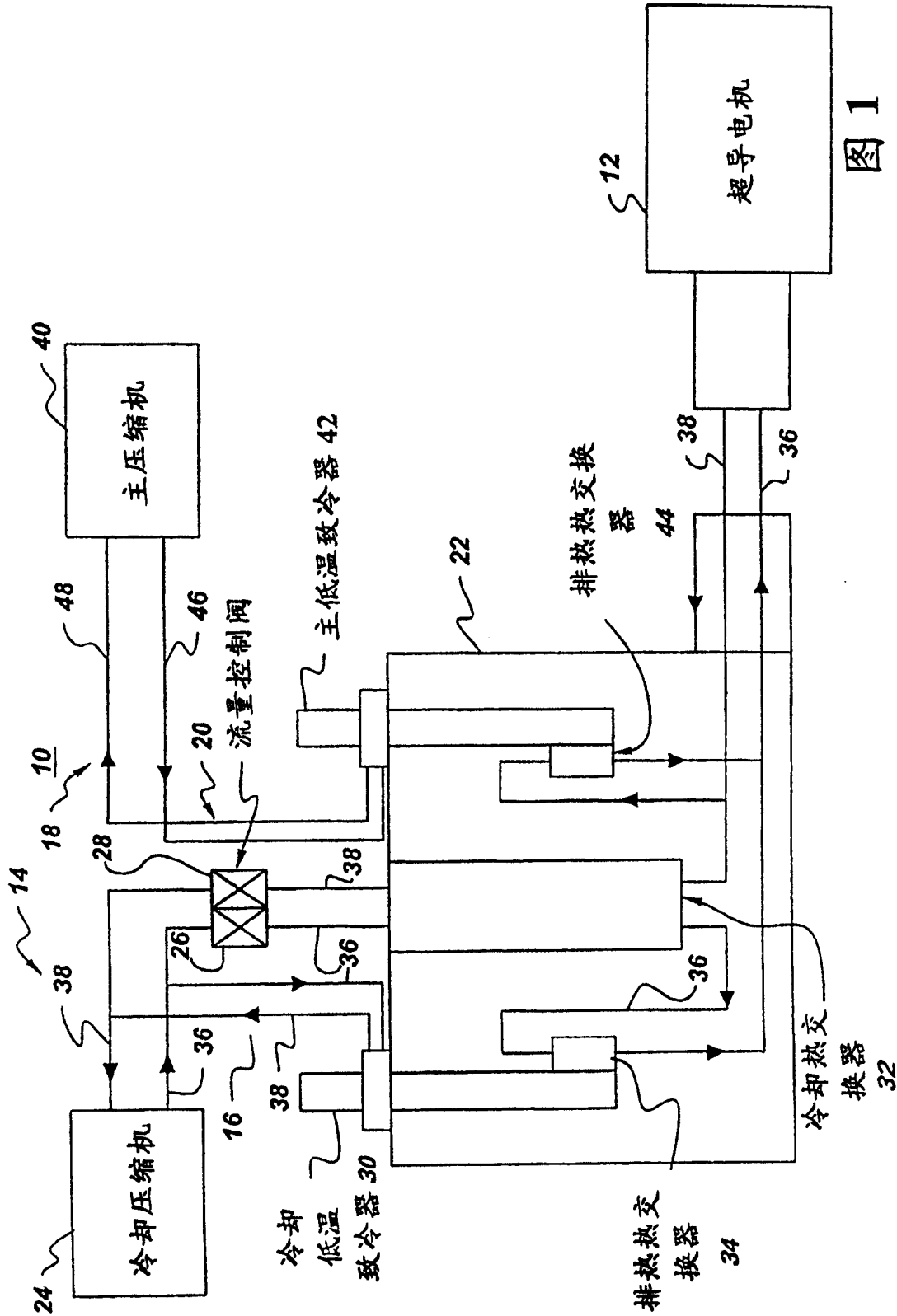


图 1