

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 16 日 (16.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/143231 A1

(51) 国际专利分类号:
H01F 6/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/102301

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 23 日 (23.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910023177.6 2019 年 1 月 10 日 (10.01.2019) CN
201910163732.5 2019 年 3 月 5 日 (05.03.2019) CN

(71) 申请人: 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。

(72) 发明人: 黄振 (HUANG, Zhen); 中国上海市上海市闵行区东川路 800 号, Shanghai 200240 (CN)。

(74) 代理人: 上海智威知识产权代理有限公司 (KNOWLLEY INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 中国上海市静安区成都北路 333 号南楼 1802 室, Shanghai 200041 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: ENERGY FEEDING CONVERSION DEVICE WITH CRYOGENIC COIL

(54) 发明名称: 一种具有低温线圈的能量馈送变换装置

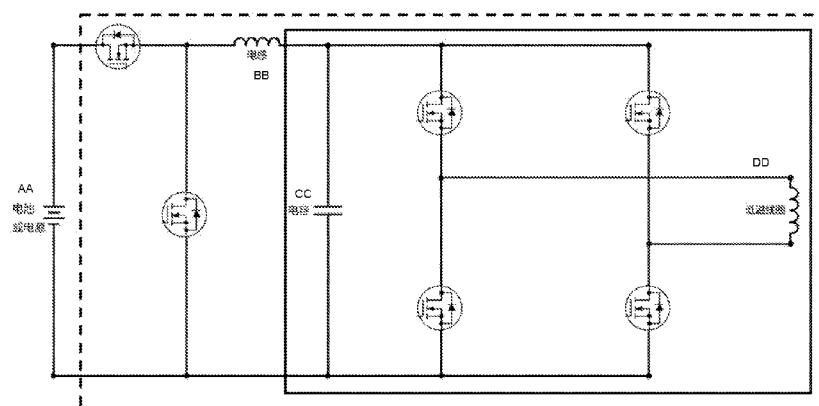


图 6

AA Battery or power source
BB Inductor
CC Capacitor
DD Cryogenic coil

(57) Abstract: Disclosed is an energy feeding conversion device with a cryogenic coil, wherein same relates to the technical field of electromagnet excitation. The device comprises a cold source module, a vacuum module, an external energy module, an internal energy module, and a connection module, wherein the cold source module is configured to provide a cold source for the vacuum module; the external energy module is configured to be located outside the vacuum module; the internal energy module is configured to be located inside the vacuum module; and the internal energy module and the external energy module are configured to be connected via the connection module. The energy feeding conversion device with a cryogenic coil further comprises a refrigerant module, wherein the refrigerant module is configured to be located inside the vacuum module, and the internal energy module is configured to be located inside the refrigerant module. The connection module comprises a power electronic converter, wherein the power electronic converter comprises a large-current unit and a small-current unit; and the small-current unit is configured to be located outside the vacuum module, and the large-current unit is connected to the internal energy module via a large-current current lead.

[见续页]



(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种具有低温线圈的能量馈送变换装置, 涉及电磁铁励磁技术领域, 包括冷源模块、真空模块、外部能量模块、内部能量模块和连接模块; 冷源模块被配置为向真空模块提供冷源, 外部能量模块被配置为位于真空模块外部, 内部能量模块被配置为位于真空模块的内部, 内部能量模块与外部能量模块之间被配置为通过连接模块连接。具有低温线圈的能量馈送变换装置还包括冷媒模块, 冷媒模块被配置为位于真空模块的内部, 内部能量模块被配置为位于冷媒模块的内部。连接模块包括电力电子变换器, 电力电子变换器包括大电流单元和小电流单元, 小电流单元被配置为位于真空模块外部, 大电流单元通过大电流电流引线与内部能量模块连接。

说明书

发明名称：一种具有低温线圈的能量馈送变换装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁铁励磁技术领域，尤其涉及一种具有低温线圈的能量馈送变换装置。

背景技术

[0002] 超导现象于1911年被发现，并且由于其零电阻等优良特性迅速在世界范围内得到研究者们的关注。超导材料的临界温度已经可以达到20K-77K甚至更高，有些已经在液氮环境下即可使材料进入超导态。目前，有些超导材料已经实现工业化量产，由超导材料绕制而成的超导线圈由于其零电阻特性，在直流励磁下可以产生相比于传统铜线绕制而成的线圈无法达到的磁场强度，并且在某些场合下，可以在相同磁场强度的情况下，比传统铜线绕制的线圈轻很多，且损耗更小、效率更高，因此有着广泛的应用前景，如核磁共振、电机、磁悬浮应用等。与此同时，如橡树岭国家实验室带头开发的“超级铜线”技术，在铜材料上附着一种碳纳米管材料，这种材料类似于石墨烯。它的导电率是10倍于铜，电流容量100倍于铜，热传导效率10倍于铜，强度是铜的300倍，重量仅铜的1/4~1/6。这种“超级铜线”也是一种具有绕制成低温线圈产生强磁场潜力的材料。但如何快速、低漏热、非常稳定的给低温线圈励磁以及能量回馈当前没有一个比较好的技术方案。

[0003] 经检索发现以下三个较为接近的现有技术，分别描述如下：

[0004] 【现有技术1】低温线圈开环励磁技术

[0005] 如图1所示，传统的低温线圈励磁采用电流引线对开环的低温线圈进行直接励磁。此时，由于低温线圈工作在极低温（一般为20K-77K），因此电流引线会存在一个从高温到低温的较大温度梯度进而产生较大的传导漏热；与此同时，由于低温线圈运行电流相对较高（一般为百安级甚至千安级）会随之产生较大的焦耳热。这种励磁技术鲁棒性较高，但是对制冷量的要求也较高，在很多需要系统轻量化的应用场合受到了限制。

[0006] 【现有技术2】 超导线圈闭环励磁技术

[0007] 为了克服传统超导线圈开环励磁技术的缺点，利用超导的零电阻特性，将超导线圈励磁完成以后形成闭环并且在真空层中将电流引线断开/拨开（如图2所示）。在这种技术下，超导线圈励磁时电流引线漏热依然比较大；但是励磁完成超导线圈闭合以后，漏热非常少，漏热仅为冷媒容器到杜瓦外腔体的辐射换热。这种励磁技术的缺点是相较于现有技术1，系统较为复杂，超低阻或无阻接头工艺本身较为困难，接头电阻对于闭合线圈来说越小越好，以用来保证闭合线圈电流长时间几乎不衰减运行；其次为了使超导线圈电阻几乎为零，闭合线圈所能通的电流在相同条件下相较开环线圈相对要低（超导线圈中电流越接近临界电流，电阻就会慢慢产生；开环线圈不需要太担心小电阻的出现）；最后闭合线圈需要做到励磁前后开环闭环的控制（励磁时需要让闭环超导线圈局部失超，励磁方式和上面现有技术1提到的开环励磁技术一样，励磁完成后失超部分需要恢复超导态，然后拨开电流引线形成闭环）。这样的开闭环操作会引入额外的控制难度和不确定因素，系统鲁棒性较开环励磁技术差一些。

[0008] 【现有技术3】 超导线圈闭环励磁技术

[0009] 为了克服超导线圈闭环励磁技术（上述现有技术2）中励磁时因为有电流引线，漏热量大的问题，有了超导线圈闭环励磁技术（本现有技术），如图3所示。此技术方案利用了磁通泵技术对闭合线圈直接进行励磁，整体发热量可以很少，但其它闭合线圈带来的缺点仍然存在（参考现有技术2中所述）且会使得线圈内部结构相较于上述现有技术2相对复杂；磁通泵技术是将能量交替地泵入超导闭合线圈，相较于电源直接励磁，电流纹波相对较大，对磁场梯度或磁场均匀度要求高的场合产生不利影响。同时，磁通泵技术由于在线圈两端产生的电压较低，这大大制约了对低温线圈需要快速充放电的应用场合。

[0010] 因此，本领域的技术人员致力于开发一种具有低温线圈的能量馈送变换装置，超低功耗，且解决现有技术的大部分缺陷，如引线漏热大，系统复杂，控制难，纹波较大和不能快速充放电等等。

发明概述

技术问题

[0011] 有鉴于现有技术的上述缺陷，本发明所要解决的技术问题包括：

[0012] (1) 解决了对于已有的低温线圈开环励磁技术（现有技术1）中存在的电流引线发热量大进而导致所需制冷机容量较大，线圈系统过于笨重等问题。开环运行可以解决闭环运行时超低阻或无阻接头制作工艺困难，运行电流相对于开环技术在同等条件下相对较低（超导材料利用率不高）等问题。

[0013] (2) 解决了对于已有的超导线圈闭环励磁技术（现有技术2）中存在的励磁系统相对复杂，励磁时电流引线发热量仍然较大等问题。

[0014] (3) 解决了对于已有的超导线圈闭环励磁技术（现有技术3）中存在的磁通泵电流纹波相对电源较大，不利于对磁场梯度或磁场均匀度要求高的场合；磁通泵技术由于在线圈两端产生的电压较低，充放电慢；超导材料利用率不高；能量回馈相对复杂等问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[0015] 为实现上述目的，本发明提供了一种具有低温线圈的能量馈送变换装置，包括冷源模块、真空模块、外部能量模块、内部能量模块和连接模块；所述冷源模块被配置为向所述真空模块提供冷源，所述外部能量模块被配置为位于所述真空模块外部，所述内部能量模块被配置为位于所述真空模块的内部，所述内部能量模块与所述外部能量模块之间被配置为通过所述连接模块连接。

[0016] 进一步地，所述具有低温线圈的能量馈送变换装置还包括冷媒模块，所述冷媒模块被配置为位于所述真空模块的内部，所述内部能量模块被配置为位于所述冷媒模块的内部。

[0017] 进一步地，所述连接模块包括电力电子变换器，所述电力电子变换器包括大电流单元和小电流单元，所述大电流单元通过大电流电流引线与所述内部能量模块连接。

[0018] 进一步地，所述大电流单元被配置为在所述真空模块内部。

[0019] 进一步地，所述大电流单元被配置为在所述冷媒模块内部。

[0020] 进一步地，所述内部能量模块为低温线圈或超导线圈。

[0021] 进一步地，连接所述大电流单元和所述内部能量模块的电流引线为可插拔式。

- [0022] 进一步地，所述电力电子变换器为直流-直流转换器且所述直流-直流转换器为单个或多个并联的拓扑结构。
- [0023] 进一步地，所述直流-直流转换器的多个并联结构为交错并联结构。
- [0024] 进一步地，所述直流-直流转换器包含半桥式电路或全桥式电路，其半桥臂或全桥臂被配置为单个或并联多个开关器件。
- [0025] 进一步地，所述大电流单元和所述小电流单元之间被配置为通过一对或多对双绞线连接。
- [0026] 进一步地，所述大电流电流引线为单根或多根超导材料。
- [0027] 进一步地，所述超导材料为多层堆叠或多股绞线或超导复合导线。
- [0028] 进一步地，所述多层堆叠结构层间被配置为通过焊锡进行连接加固。
- [0029] 进一步地，所述大电流电流引线为单根或多根良导体材料或超导体和良导体的组合。
- [0030] 进一步地，所述电力电子变换器包括Buck电路、双向Buck-Boost电路、半桥式电路、桥式直流变换电路中的一种或组合。
- [0031] 进一步地，所述Buck电路或所述双向Buck-Boost电路或所述半桥式电路或所述桥式直流变换电路中的开关器件部分被配置为在所述真空模块内部。
- [0032] 进一步地，所述Buck电路或所述双向Buck-Boost电路或所述半桥式电路或所述桥式直流变换电路中的开关器件部分被配置为在所述冷媒模块内部。
- [0033] 进一步地，所述小电流单元包括数字控制器和/或功率开关器件的驱动电路，所述小电流单元被配置为位于所述真空模块外部。
- [0034] 进一步地，所述小电流单元包括数字控制器和/或功率开关器件的驱动电路，所述小电流单元被配置为位于所述真空模块内部，所述小电流单元被配置为处于相对于所述大电流单元所处温度较高的温度，由所述冷源模块或冷媒容器壁或杜瓦壁或冷氮气排管或低温线圈进行传导冷却。
- [0035] 进一步地，所述外部能量模块包括储能元件和/或整流器，所述储能元件包括电源、电池、电容或电感中的一种。
- [0036] 进一步地，所述内部能量模块被配置为开环运行或闭环运行。
- [0037] 进一步地，所述大电流单元的冷却方式为冷源模块、冷媒容器壁、冷媒、冷氮

气排管、低温线圈中的一种。

[0038] 进一步地，所述电力电子变换器包括开关器件，所述开关器件为MOSFET，IGBT，宽禁带半导体中的一种。

[0039] 进一步地，所述电力电子变换器为隔离型直流-直流转换器。

[0040] 进一步地，所述隔离型直流-直流转换器包括正激式转换器或反激式转换器。

[0041] 进一步地，所述隔离型直流-直流转换器包括隔离且耦合的原副边，其中副边的开关器件全部或部分位于所述真空模块内部。

[0042] 进一步地，所述隔离型直流-直流转换器包括隔离且耦合的原副边，其中副边的开关器件全部或部分位于所述冷媒模块内部。

[0043] 进一步地，所述原、副边隔有容器壁时，这部分所述容器壁为不导磁材料。

[0044] 进一步地，所述冷媒模块为液氮、固氮、液氦、固氦、液氢、液氦、冷氢气、液氧、液化天然气之间的一种或多种组合。

发明的有益效果

有益效果

[0045] 和现有技术相比，本结构能带来的优点和有益效果主要包括：

[0046] （1）相较于现有技术1低温线圈开环励磁技术，如果低温线圈开环运行，本发明励磁时电流引线上的发热量大为减少，因此制冷机所需功率变小，低温线圈系统整体重量大为减轻。本发明由于解决了电流引线上较大漏热的问题，使得原本超导线圈只能闭环运行的场合可以使用开环运行，相较于现有技术2和现有技术3超导线圈闭环励磁技术，解决了由于使用闭合线圈带来的困难繁杂的超低阻或无阻接头制作工艺等问题。超导线圈开环运行较闭环运行可以获得更高的运行电流，这就意味着相同情况下超导线圈产生相同磁场强度所需要的导体材料更少，减少了线圈系统的材料成本或在相同导体材料用量的情况下，提高运行温度，使得超导线圈系统获得更多的冷却功率。

[0047] （2）相较于现有技术1低温线圈开环励磁技术和现有技术2超导线圈闭环励磁技术，由于本发明在线圈励磁的时候电流引线上的发热功率低，因此可以在相同励磁条件下获得更低的温度，进而获得更高的电流裕度或更高的励磁电流。

[0048] （3）相较于现有技术2超导线圈闭环励磁技术，如果超导线圈闭环运行，本发

明由于减少了励磁时电流引线上的发热量，可使传统的热控超导持续电流开关励磁时发热功率降低。进一步，超导持续电流开关可以选用由热控开关（一种通过加热丝加热回温来使得超导部分开和关的技术）变为流控开关（一种通大于或小于超导临界电流的电流而使得超导部分开路或通路的技术），大大简化了闭合线圈的内部结构和省去了外部配套设备（如温控仪等）；同时，流控开关开关处的发热量较热控开关一般会相应减少一些。

[0049] （4）相较于现有技术3超导线圈闭环励磁技术，本发明中利用电力电子变换器的输出稳定性高于磁通泵，更适用于对磁场要求苛刻的地方。

[0050] （5）相较于现有技术3超导线圈闭环励磁技术，本发明中的电力电子变换器可以做到对超导线圈更快的励磁速度和/或更方便的能量回馈。

[0051] （6）相较于现有技术2和3，本发明可用于低温线圈开环运行，此时，不仅限于超导线圈，同时适用于其它良导体低温线圈。

[0052] 以下将结合附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果作进一步说明，以充分地了解本发明的目的、特征和效果。

对附图的简要说明

附图说明

[0053] 图1是现有技术1描述的低温线圈开环励磁结构连接示意图；

[0054] 图2是现有技术2描述的超导线圈闭环励磁结构连接示意图；

[0055] 图3是现有技术3描述的超导线圈闭环励磁结构连接示意图；

[0056] 图4a是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的一个较佳实施例示意图；

[0057] 图4b是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的一个较佳实施例示意图；

[0058] 图4c是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的一个较佳实施例示意图；

[0059] 图4d是本发明所述的超导线圈闭环工作的一个较佳实施例示意图；

[0060] 图5a是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；

- [0061] 图5b是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；
- [0062] 图5c是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；
- [0063] 图5d是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；
- [0064] 图6是本发明所述的电力电子变换器双向Buck-Boost和桥式电路拓扑结构示意图；
- [0065] 图7是本发明所述的电力电子变换器桥式直流变换器电路拓扑结构示意图；
- [0066] 图8a 是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；
- [0067] 图8b是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；
- [0068] 图8c是本发明所述的低温线圈励磁或能量回馈变换装置的另一个较佳实施例示意图；
- [0069] 图9是本发明所述的双向反激式转换器(flyback converter)和桥式直流变换器的电路拓扑结构示意图；
- [0070] 图10是本发明所述的双向正激式转换器(forward converter)和桥式直流变换器的电路拓扑结构示意图；
- [0071] 图11a是本发明所述的一种基于全桥电路的能量馈送变换装置；
- [0072] 图11b是本发明所述的另一种基于半桥电路的能量馈送变换装置；
- [0073] 图12是本发明所述的低温线圈单向励磁装置的一个较佳实施例示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0074] 以下参考说明书附图介绍本发明的多个优选实施例，使其技术内容更加清楚和便于理解。本发明可以通过许多不同形式的实施例来得以体现，本发明的保护范围并非仅限于文中提到的实施例。
- [0075] 在附图中，结构相同的部件以相同数字标号表示，各处结构或功能相似的组件

以相似数字标号表示。附图所示的每一组件的尺寸和厚度是任意示出的，本发明并没有限定每个组件的尺寸和厚度。为了使图示更清晰，附图中有些地方适当夸大了部件的厚度。

[0076] 本申请文件中所述的相关概念定义如下：

[0077] 低温线圈：由良导体或者超导体绕制而成的线圈处于低温环境中。

[0078] 零电阻特性：超导材料在处于超导态时，其电阻为零。

[0079] 超导材料：在某些特定条件下，一种具有零点阻特性的材料。

[0080] 临界温度：超导材料的温度降至某个温度以下时，超导材料呈现零电阻特性。该温度称之为超导材料的临界温度。

[0081] 临界磁场：超导材料处于的外部磁场强度在某个值以下时，超导材料呈现零电阻特性。该磁场称之为超导材料的临界磁场。

[0082] 临界电流：超导材料中的直流励磁电流在某个值以下时，超导材料呈现零电阻特性。该电流称之为超导材料的临界电流。

[0083] 失超：超导材料由超导态变为非超导态，原因可能是温度高于临界温度，磁场高于临界磁场，或电流大于临界电流等。

[0084] 超导线圈：一种由超导材料绕制而成的线圈，和铜线圈类似，但线圈内阻非常小或趋近于零。线圈形状多种多样，以圆形和跑道形居多，材料由铜替换成超导材料。

[0085] 固氮：固氮是由空气中的氮气提炼而来，价格低廉，作为冷媒用于让低温线圈运行温度低于临界温度。氮气在约77 K发生气液相变，在约63 K发生液固相变，在约35.6 K发生固固相变。

[0086] 电流引线：用于给低温线圈励磁或能量回馈的引线。电流引线通常一端在低温环境中另外一端在室温中，两端因存在较大的温度梯度而会产生较大的传导漏热，加上低温线圈虽然电阻小，但一般为大励磁电流，励磁时会产生大量焦耳热，一般情况下低温系统会因为使用电流引线而使整体漏热相对严重，使得制冷系统负荷大为增加。

[0087] 磁通泵技术：一种将能量交替地泵入超导闭合线圈的励磁技术。

[0088] 第一组实施例

- [0089] 本发明设计了一种低温线圈用低漏热励磁、能量回馈单向或双向变换装置，通过将电力电子变换器中部分含有大电流的电路冷却至低温（温度可与低温线圈一样，或者稍高，或者稍低），并将部分小电流的电路放置在相对高温中，以此极大的减少了传统电流引线在对低温线圈励磁及能量回馈时的整体总发热量（总发热量主要包括了电流引线上的传导漏热和焦耳热）。
- [0090] 如图4（a）到（c）所示，低温线圈，优选为超导线圈。低温线圈的冷却方式可以通过冷源模块，如图4的制冷机（冷头）或利用冷氦气排管，也可以是冷媒直接制冷等。如低温线圈为超导线圈，则既可以开环运行，也可以闭环运行。闭环运行工作原理如图4（d）所示，超导线圈励磁时虚线部分断开，通过电池或电源开始励磁，励磁完成后虚线部分闭合，最后断开电池或电源，电流在闭合线圈里流动。
- [0091] 闭环运行和现有技术2超导线圈闭环励磁技术相似，只是由传统可插拔的电流引线变为带有电力电子变换器的电流引线（变为带有电力电子变换器的电流引线后也可采用可插拔模式，进一步减少闭环运行时的漏热）。如果为其它有电阻的导体线圈（如铜线圈等），则优选为开环运行。其中，电力电子变换器优选为直流-直流转换器。
- [0092] 直流-直流转换器可选为单个或多个并联的电路拓扑结构，如为多个并联结构优选为采用交错并联（interleave）技术。其中输入输出是小电流且不适合在低温环境中工作的电路器件（下面简称为相对高温电路部分），如控制电力电子变换器的数字控制器（例如DSP、FPGA、MCU、以ARM核为基础的CPU等），电路中功率开关器件的驱动等优选为放置在相对高温中（如室温当中）或独立放置在真空当中由冷头或冷媒容器壁或杜瓦壁或冷氦气排管或低温线圈进行传导冷却。
- [0093] 低温中的主要电路为含有大电流的全桥式电路（对应于图4（a）-（c）中电力电子变换器中部分电路），此电路中的开关器件可为MOSFET，IGBT，宽禁带半导体（SiC/GaN）等功率半导体器件，每个全桥臂优选为并联多个开关器件。其中由MOSFET组成的单个双向直流-直流转换器电路拓扑结构如图6或图7所示（图6或图7实线框中的部分为放置在低温环境中的部分）。

[0094] 图6电路由双向Buck-Boost电路和桥式直流变换器组成，而图7电路由桥式直流变换器组成。低温电路部分和相对高温电路部分中信号传输易受干扰的线路优选为通过多对双绞线（twisted pair）进行连接。

[0095] 本发明中较大电流电流引线可选用单根或多根超导材料，使其在励磁或能量回馈时发热量几乎为零。为防止超导电流引线上可能存在的温度梯度所造成超导材料临界电流的减少（温度越高，超导材料临界电流越低），使用超导材料时优选为多层堆叠或多股绞线或超导复合导线（如CORC等）等的结构以增加超导作为较大电流电流引线时的载流能力，防止失超的发生，优选的层数和股数应多于低温线圈单匝的层数或者股数，多层堆叠结构层间优选通过焊锡进行连接加固。此较大电流电流引线也可良导体，或良导体和超导的混合电流引线（如一段是良导体，一段是超导或者整体为良导体和超导带材堆叠在一起）。良导体如：铜、铝或银引线处于低温（约20 K-77 K）时，其电阻率变小（20 K时，铜（RRR=50）电阻率约为室温的0.02倍，铝电阻率约为室温的0.012倍，银电阻率约为室温的0.004倍），再通过优化良导体引线的长度和截面积，使得良导体的总发热量进一步减少，因此低温中较大电流侧良导体引线的发热量也非常小。外部相对高温（如室温）的较小电流侧由于低温线圈励磁功率比较小（低温线圈一般是较大电流但较小电压），可以通过控制输入低温线圈所需的功率，使得较小电流侧电流可以变得非常小。

[0096] 如图6实线框所示的低温电力电子变换器部分电路可以放置在真空中，处于干燥环境（可通过冷头或冷媒容器壁或冷氦气排管或低温线圈降至所需低温）；也可以如图4(b)放置在冷媒模块中（可通过冷媒或冷媒容器内壁降至所需低温）。冷媒可根据低温线圈的不同工作温度选择液氮、固氮、液氦、固氦、液氢、液氘、冷氦气、液氧、液化天然气等。图4的方案也可变化为图8（a）-(c)的方案，其不同之处是处于低温的电力电子变换器部分电路变为如图6虚线框所示（包含了双向Buck-Boost型电路中的开关器件和高低电压母线间的电感）。

[0097] 第二组实施例

[0098] 如图5所示，电力电子变换器可以选择为带有变压器的隔离型直流-直流转换器，如反激式转换器（flyback converter）或正激式转换器（forward converter），

其它优选方案和图4所示方案基本相同。双向反激式转换器电路和桥式直流变换器的拓扑结构示意图如图9所示，双向正激式转换器电路和桥式直流变换器的拓扑结构示意图如图10所示。隔离型直流-直流转换器可以通过真空将变压器原边电路和副边电路隔开，将有变压器的电力电子变换器中部分电路1（如图5（a）-（d）所示，对应的电路拓扑结构示意图如图9或图10实线框所示）降温至与低温线圈温度相同或相近，通过变压器耦合的方式进行电能传输。有变压器的电力电子变换器和低温容器的相对摆放位置如图5（a）到（d）所示。在真空中且不和较大电流电流引线接触的电路（对应于图5（a）、（b）、（d）中有变压器的电力电子变换器中部分电路2，对应的电路拓扑结构示意图如图9或图10虚线框所示）热量可以通过选用冷头或冷媒容器壁或杜瓦壁或冷氦气排管或低温线圈连接将热量带走。需注意如变压器原副边隔有容器壁时（如图5（a）、（c）），这部分容器壁优选为不导磁材料。

[0099] 另外，本组实施例所述的有变压器的电力电子变换器中部分电路1和2，即隔离型直流-直流转换器的原副边，如图9或图10所示（注：图9或图10中的反激式转换器或正激式转换器为双向的，单向的反激式转换器或正激式转换器也同样适用于本组实施例），此电路中的反激式转换器或正激式转换器与桥式直流变换器的位置摆放关系如图4（a）-（c）所示，即反激式转换器或正激式转换器位于真空模块外部，同时桥式直流变换器位于真空模块内部（如图4a）；或者，反激式转换器或正激式转换器位于真空模块外部，同时桥式直流变换器位于冷媒模块内部（如图4b）；或者，在没有冷媒模块的实施例中，反激式转换器或正激式转换器位于真空模块外部，同时桥式直流变换器位于真空模块内部（如图4c）。

[0100] 在本组的其他实施例中，图6、图7、图9、图10中的桥式直流变换器部分均可由图11（a）简化为图11（b）的双向Buck-Boost（或半桥）电路形式；且如图12（实线框中的部分为放置在低温环境中的部分），图6的双向Buck-Boost电路可由Buck电路代替，优选的桥式直流变换器可由双向Buck-Boost（或半桥）电路代替。图6/7/9/10中电池也可以为如电容、电感等其它储能器件和/或整流器。

[0101] 在本发明的前述两组实施例中，本发明所述的具有低温线圈的能量馈送变换装

置还包括释能模块，释能模块简单地可由一个二极管或电阻构成，释能时连接于内部能量模块（低温线圈或超导线圈）的两端，用于释放能量。

[0102] 和现有技术相比，本发明所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置能带来的优点和有益效果主要包括：

[0103] （1）相较于现有技术1低温线圈开环励磁技术，如果低温线圈开环运行，本发明励磁时电流引线上的发热量大为减少，因此制冷机所需功率变小，低温线圈系统整体重量大为减轻。本发明由于解决了电流引线上较大漏热的问题，使得原本超导线圈只能闭环运行的场合可以使用开环运行，相较于现有技术2和现有技术3超导线圈闭环励磁技术，解决了由于使用闭合线圈带来的困难繁杂的超低阻或无阻接头制作工艺等问题。超导线圈开环运行较闭环运行可以获得更高的运行电流，这就意味着相同情况下超导线圈产生相同磁场强度所需要的导体材料更少，减少了线圈系统的材料成本或在相同导体材料用量的情况下，提高运行温度，使得超导线圈系统获得更多的冷却功率。

[0104] （2）相较于现有技术1低温线圈开环励磁技术和现有技术2超导线圈闭环励磁技术，由于本发明在线圈励磁的时候电流引线上的发热功率低，因此可以在相同励磁条件下获得更低的温度，进而获得更高的电流裕度或更高的励磁电流。

[0105] （3）相较于现有技术2超导线圈闭环励磁技术，如果超导线圈闭环运行，本发明由于减少了励磁时电流引线上的发热量，可使传统的热控超导持续电流开关励磁时发热功率降低。进一步，超导持续电流开关可以选用由热控开关（一种通过加热丝加热回温来使得超导部分开和关的技术）变为流控开关（一种通过通大于或小于超导临界电流的电流而使得超导部分开路或通路的技术），大大简化了闭合线圈的内部结构和省去了外部配套设备（如温控仪等）；同时，流控开关开关处的发热量较热控开关一般会相应减少一些。

[0106] （4）相较于现有技术3超导线圈闭环励磁技术，本发明中利用电力电子变换器的输出稳定性高于磁通泵，更适用于对磁场要求苛刻的地方。

[0107] （5）相较于现有技术3超导线圈闭环励磁技术，本发明中的电力电子变换器可以做到对超导线圈更快的励磁速度和/或更方便的能量回馈。

[0108] （6）相较于现有技术2和3超导线圈闭环励磁技术，本发明可用于低温线圈开

环运行，此时，不仅限于超导线圈，同时适用于其它良导体低温线圈。

[0109] 综上，本发明中低温线圈能量馈送单或双向变换装置鲁棒性强；充放电快速；漏热少；能量回馈方便并且由于制冷系统功率可以变小很多，如冷头和压缩机，低温线圈系统重量大为减轻。

[0110] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解，本领域的普通技术无需创造性劳动就可以根据本发明的构思做出诸多修改和变化。因此，凡本技术领域中技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案，皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，包括冷源模块、真空模块、外部能量模块、内部能量模块和连接模块；所述冷源模块被配置为向所述真空模块提供冷源，所述外部能量模块被配置为位于所述真空模块外部，所述内部能量模块被配置为位于所述真空模块的内部，所述内部能量模块与所述外部能量模块之间被配置为通过所述连接模块连接。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述具有低温线圈的能量馈送变换装置还包括冷媒模块，所述冷媒模块被配置为位于所述真空模块的内部，所述内部能量模块被配置为位于所述冷媒模块的内部。
- [权利要求 3] 如权利要求1或2所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述连接模块包括电力电子变换器，所述电力电子变换器包括大电流单元和小电流单元，所述大电流单元通过大电流电流引线与所述内部能量模块连接。
- [权利要求 4] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述大电流单元被配置为在所述真空模块内部。
- [权利要求 5] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述大电流单元被配置为在所述冷媒模块内部。
- [权利要求 6] 如权利要求1所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述内部能量模块为低温线圈或超导线圈。
- [权利要求 7] 如权利要求4或5或6所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，连接所述大电流单元和所述内部能量模块的电流引线为可插拔式。
- [权利要求 8] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述电力电子变换器为直流-直流转换器且所述直流-直流转换器为单个或多个并联的拓扑结构。
- [权利要求 9] 如权利要求8所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于

，所述直流-直流转换器的多个并联结构为交错并联结构。

- [权利要求 10] 如权利要求8或9所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述直流-直流转换器包含半桥式电路或全桥式电路，其半桥臂或全桥臂被配置为单个或并联多个开关器件。
- [权利要求 11] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述大电流单元和所述小电流单元之间被配置为通过一对或多对双绞线连接。
- [权利要求 12] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述大电流电流引线为单根或多根超导材料。
- [权利要求 13] 如权利要求12所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述超导材料为多层堆叠或多股绞线或超导复合导线。
- [权利要求 14] 如权利要求13所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述多层堆叠结构层间被配置为通过焊锡进行连接加固。
- [权利要求 15] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述大电流电流引线为单根或多根良导体材料或超导体和良导体的组合。
- [权利要求 16] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述电力电子变换器包括Buck电路、双向Buck－Boost电路、半桥式电路、桥式直流变换电路中的一种或组合。
- [权利要求 17] 如权利要求16所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述Buck电路或所述双向Buck－Boost电路或所述半桥式电路或所述桥式直流变换电路中的开关器件部分被配置为在所述真空模块内部。
- [权利要求 18] 如权利要求16所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述Buck电路或所述双向Buck－Boost电路或所述半桥式电路或所述桥式直流变换电路中的开关器件部分被配置为在所述冷媒模块内部。
- [权利要求 19] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于

，所述小电流单元包括数字控制器和/或功率开关器件的驱动电路，所述小电流单元被配置为位于所述真空模块外部。

- [权利要求 20] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述小电流单元包括数字控制器和/或功率开关器件的驱动电路，所述小电流单元被配置为位于所述真空模块内部，所述小电流单元被配置为处于相对于所述大电流单元所处温度较高的温度，由所述冷源模块或冷媒容器壁或杜瓦壁或冷氦气排管或低温线圈进行传导冷却。
- [权利要求 21] 如权利要求1所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述外部能量模块包括储能元件和/或整流器，所述储能元件包括电源、电池、电容或电感中的一种。
- [权利要求 22] 如权利要求1所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述内部能量模块被配置为开环运行或闭环运行。
- [权利要求 23] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述大电流单元的冷却方式为冷源模块、冷媒容器壁、冷媒、冷氦气排管、低温线圈中的一种。
- [权利要求 24] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述电力电子变换器包括开关器件，所述开关器件为MOSFET、IGBT、宽禁带半导体中的一种。
- [权利要求 25] 如权利要求3所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述电力电子变换器为隔离型直流-直流转换器。
- [权利要求 26] 如权利要求25所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述隔离型直流-直流转换器包括正激式转换器或反激式转换器。
- [权利要求 27] 如权利要求25所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述隔离型直流-直流转换器包括隔离且耦合的原副边，其中副边的开关器件全部或部分位于所述真空模块内部。
- [权利要求 28] 如权利要求25所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述隔离型直流-直流转换器包括隔离且耦合的原副边，其中副边的开关器件全部或部分位于所述冷媒模块内部。

- [权利要求 29] 如权利要求27或28所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述原、副边隔有容器壁时，这部分所述容器壁为不导磁材料。
- [权利要求 30] 如权利要求2所述的具有低温线圈的能量馈送变换装置，其特征在于，所述冷媒模块为液氮、固氮、液氦、固氦、液氢、液氦、冷氦气、液氧、液化天然气之间的一种或多种组合。

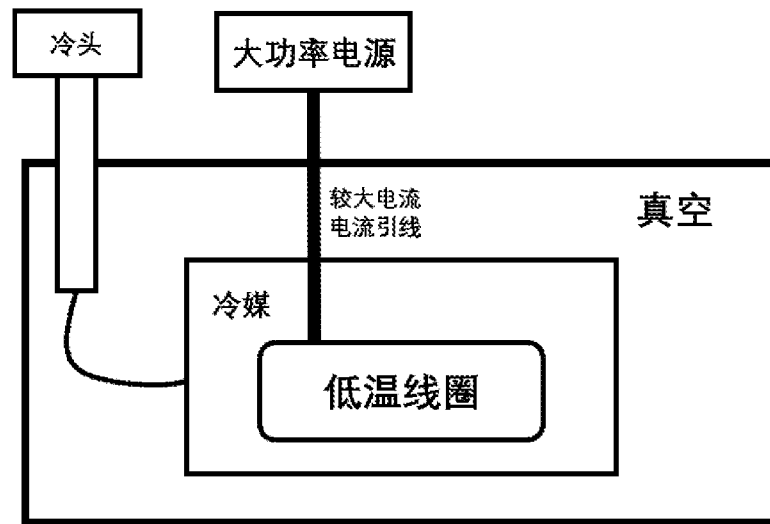


图 1

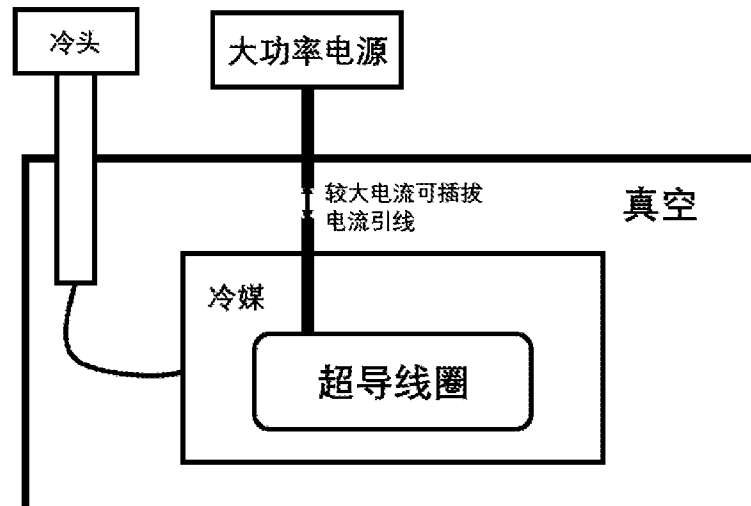


图 2

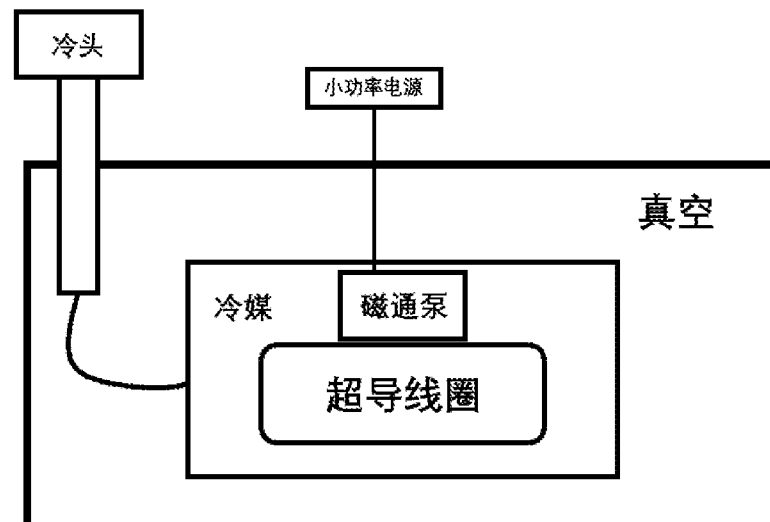


图 3

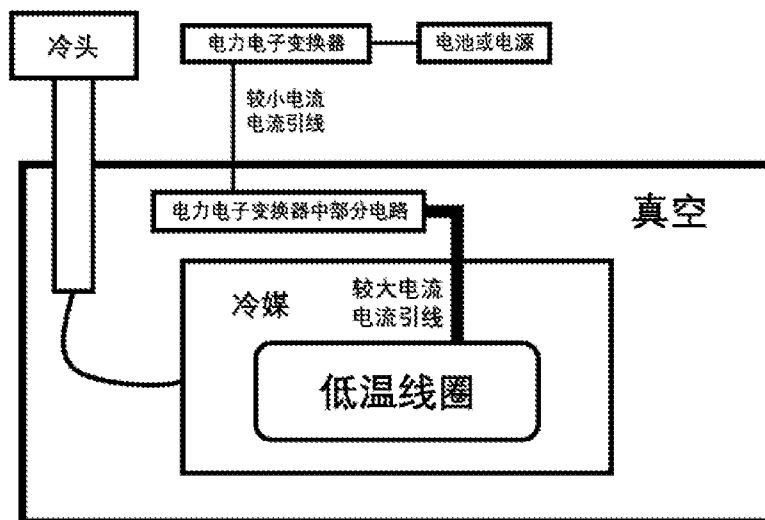


图 4a

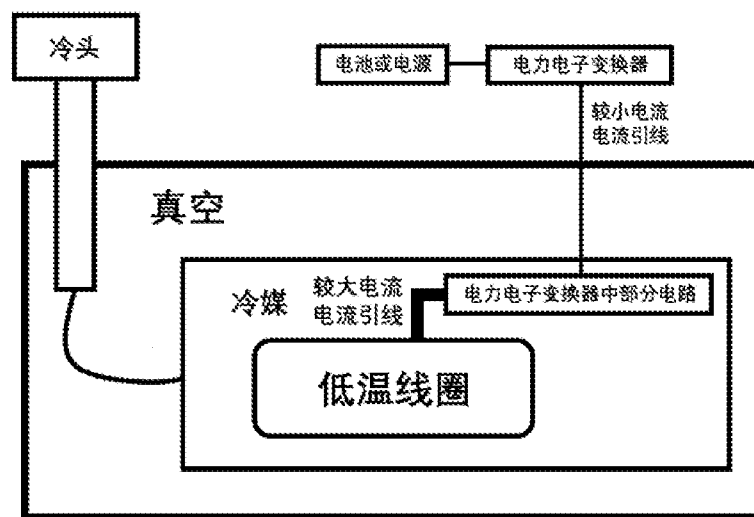


图 4b

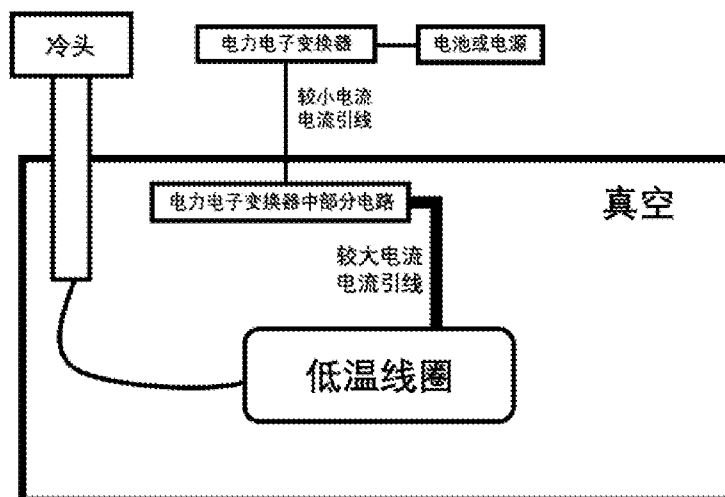


图 4c

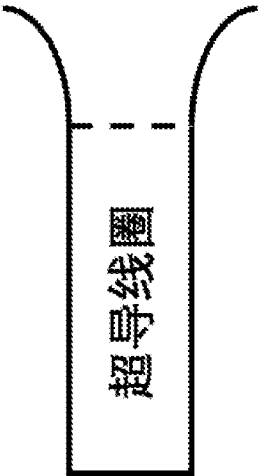


图 4d

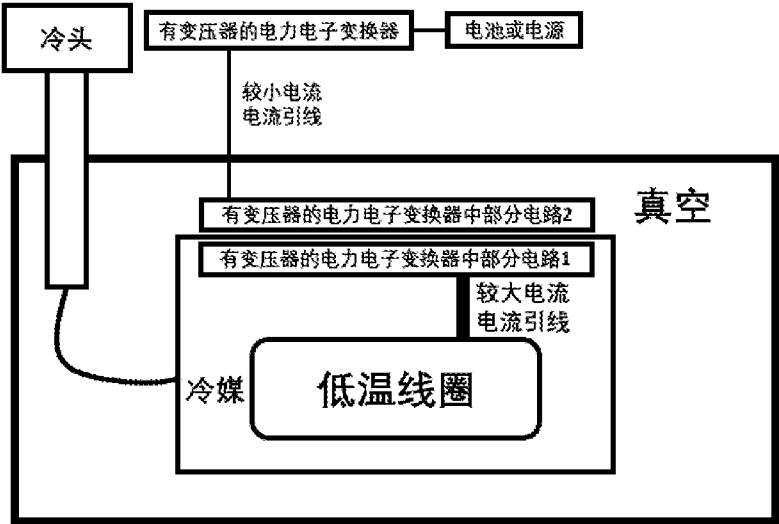


图 5a

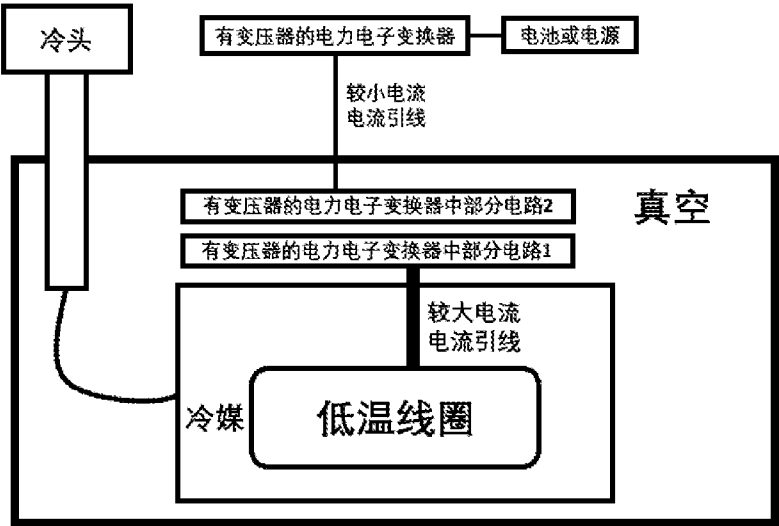


图 5b

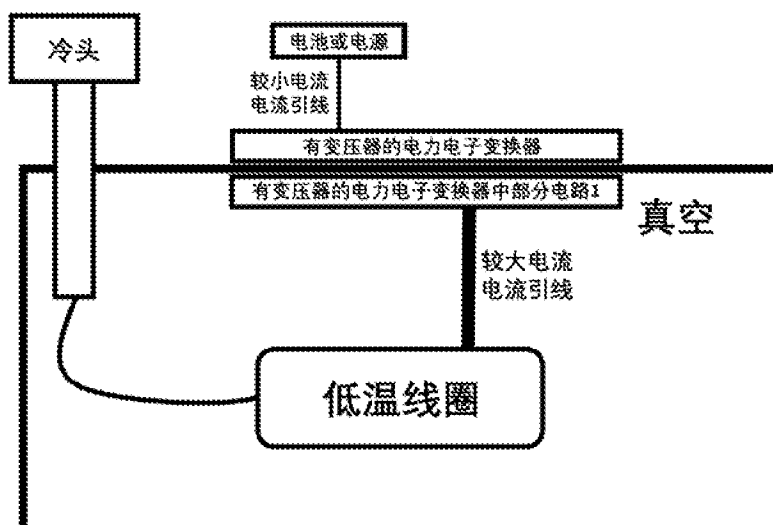


图 5c

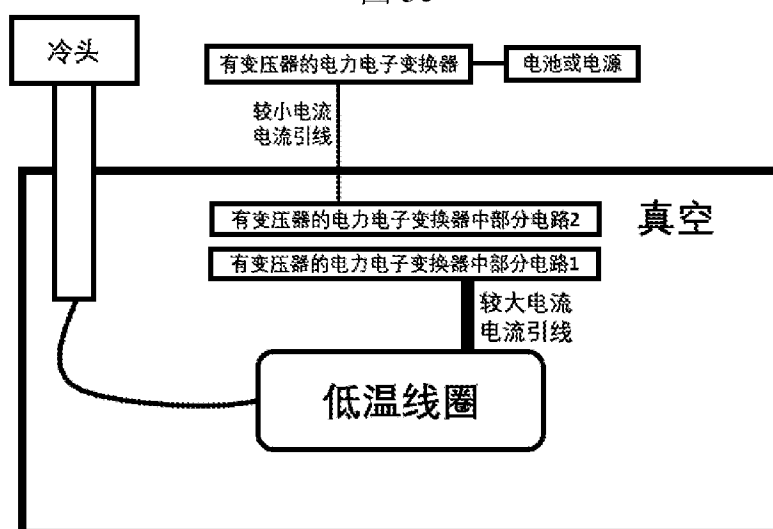


图 5d

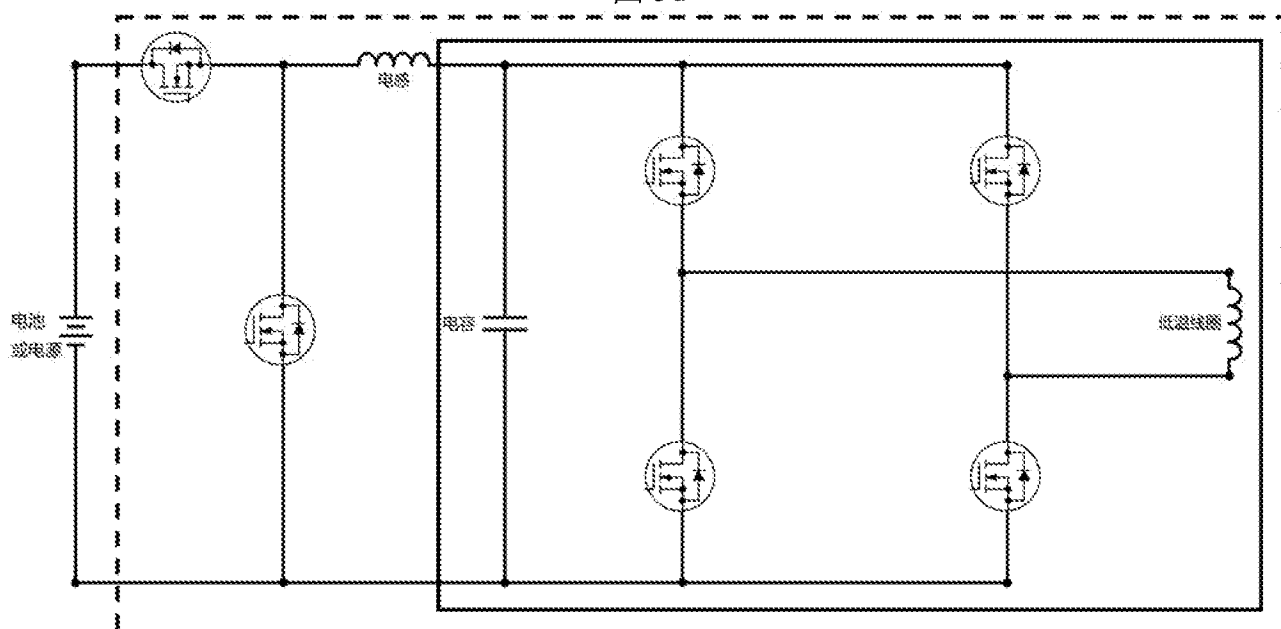


图 6

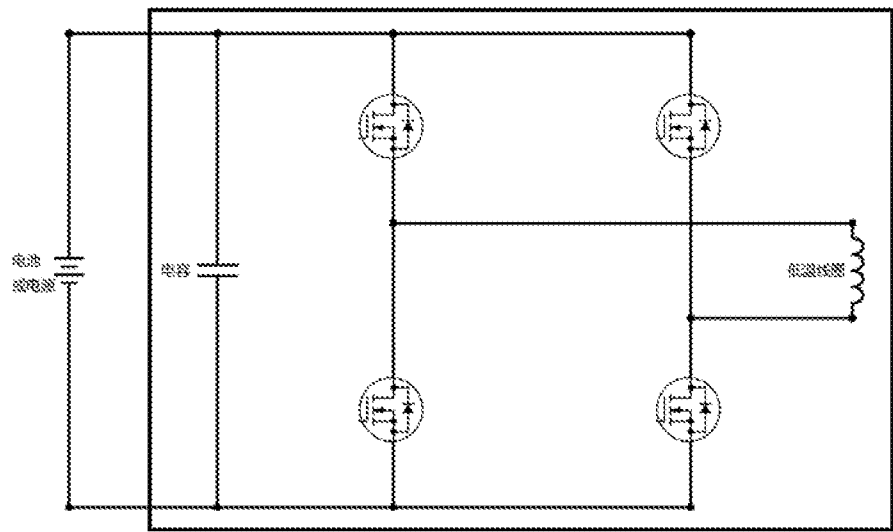


图 7

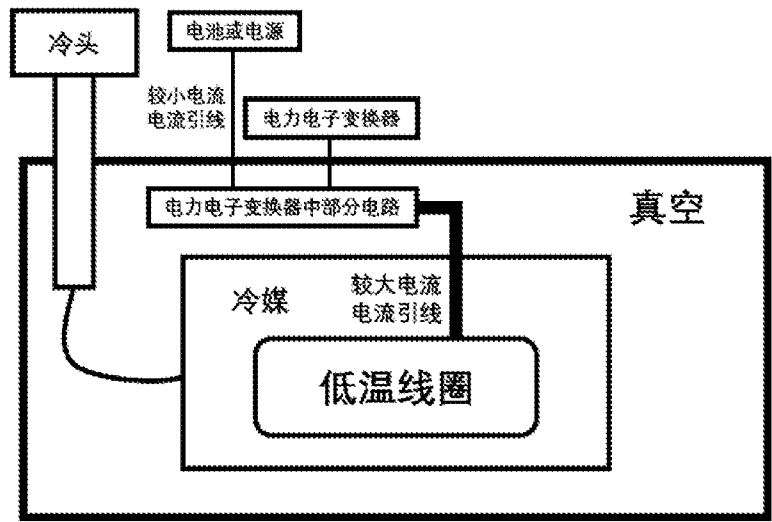


图 8a

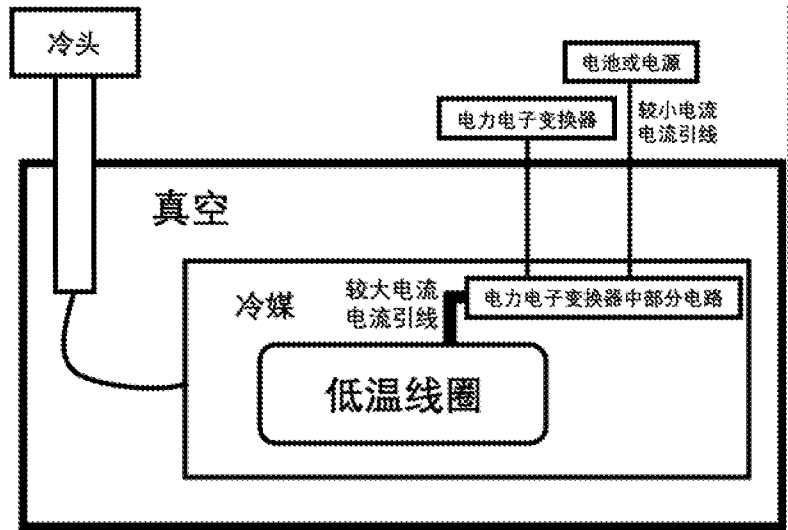


图 8b

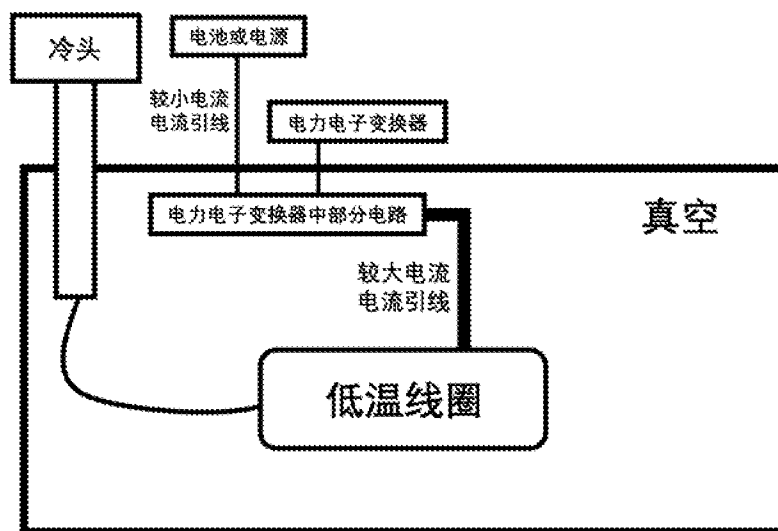


图 8c

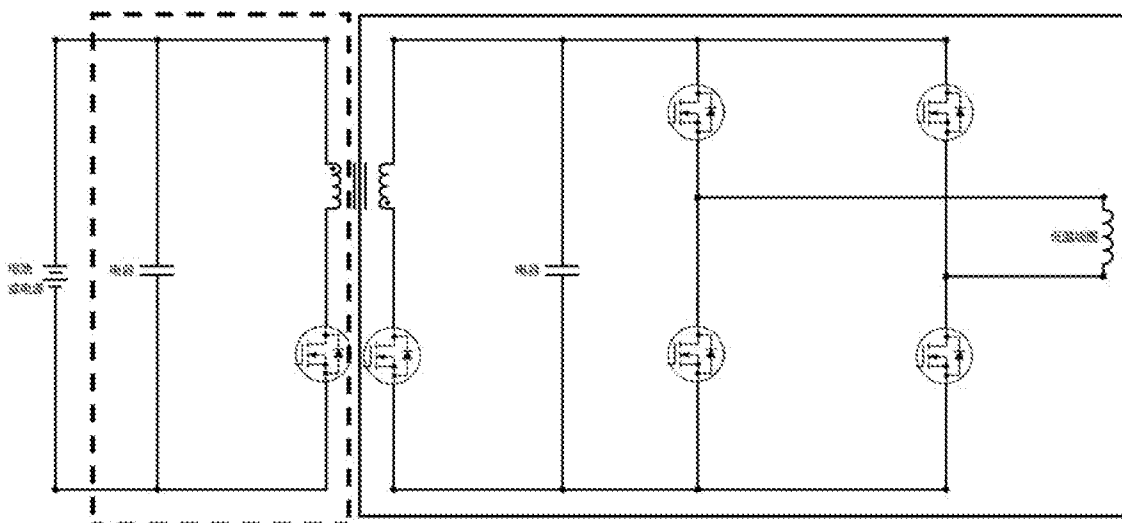


图 9

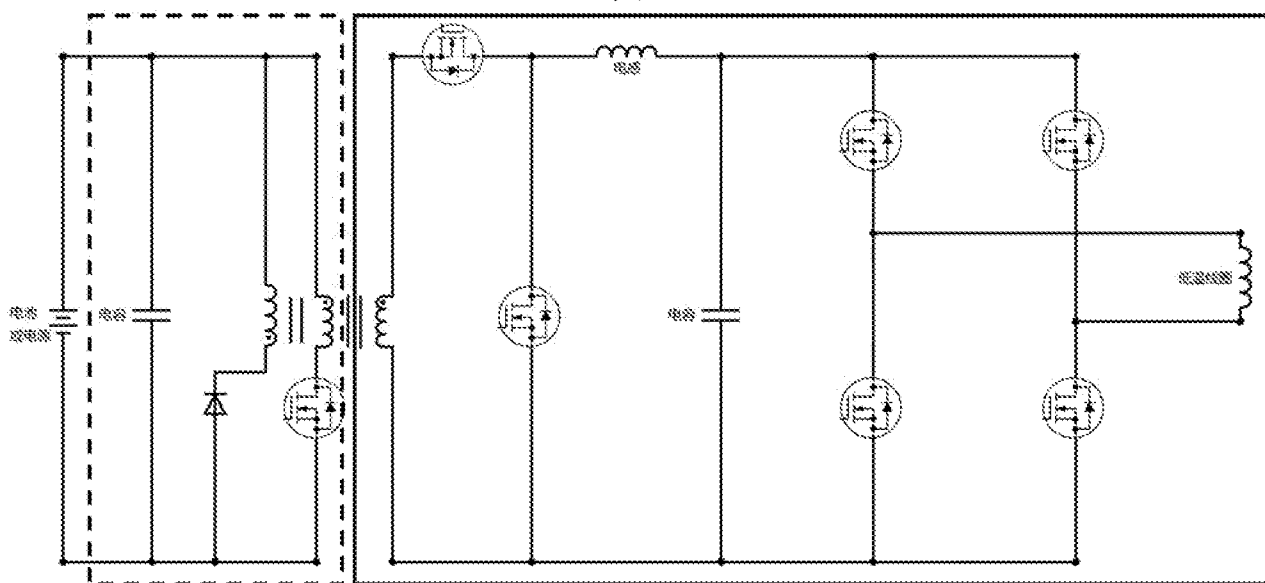


图 10

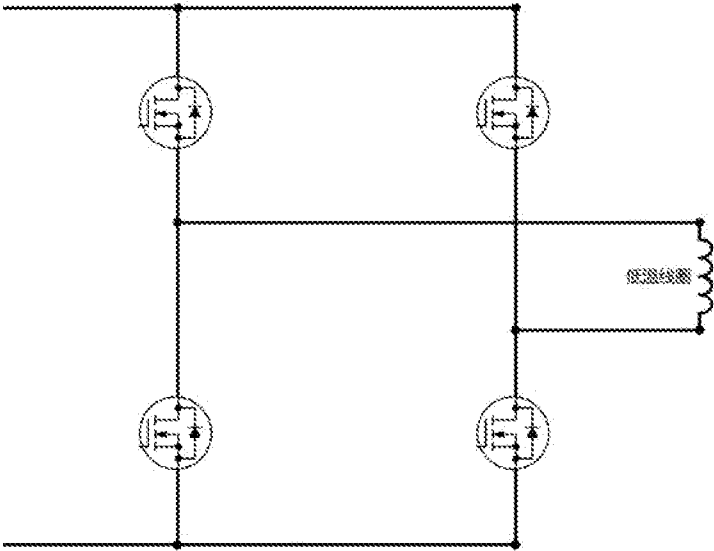


图 11a

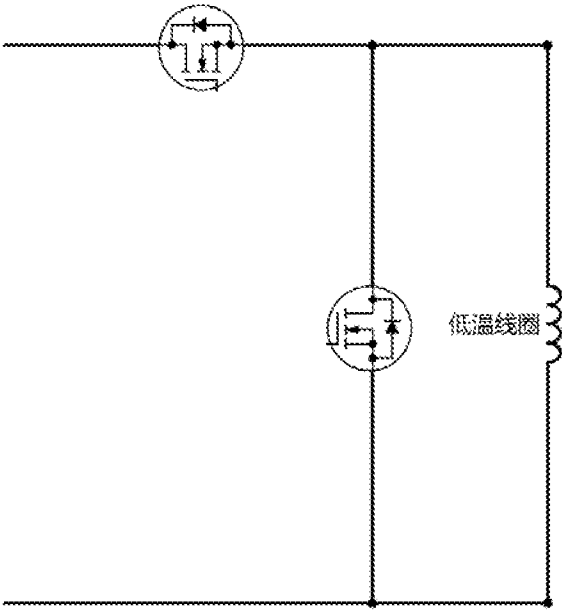


图 11b

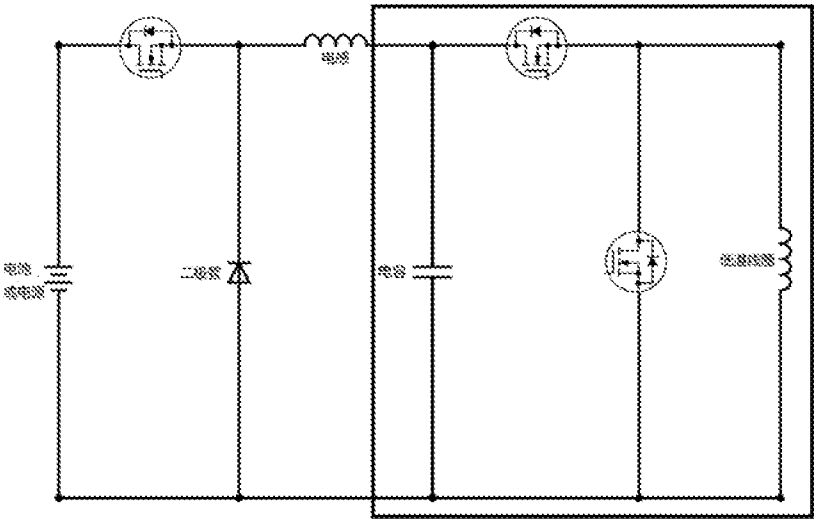


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/102301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01F 6/06(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS; CNTXT; CNKI; DWPI; SIPOABS: 直流转换器, 大电流, 引线, 能量, 真空, 励磁, 低温, 冷源, 线圈, 电磁铁励磁, 闭环, 电力电子, 超导; direct current converter, high current, lead, energy, vacuum, excitation, low temperature, closed loop, power electronics, superconduct																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 105655084 A (NINGBO JANSEN MECHANISM CORP.) 08 June 2016 (2016-06-08) description, paragraphs [0033]-[0066], and figures 1-4</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107645212 A (TXR-S TECHNOLOGY INVESTMENT GROUP CO., LTD.) 30 January 2018 (2018-01-30) entire document</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106663514 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 10 May 2017 (2017-05-10) entire document</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104094367 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 08 October 2014 (2014-10-08) entire document</td> <td>1-30</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	CN 105655084 A (NINGBO JANSEN MECHANISM CORP.) 08 June 2016 (2016-06-08) description, paragraphs [0033]-[0066], and figures 1-4	1-30	A	CN 107645212 A (TXR-S TECHNOLOGY INVESTMENT GROUP CO., LTD.) 30 January 2018 (2018-01-30) entire document	1-30	A	CN 106663514 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 10 May 2017 (2017-05-10) entire document	1-30	A	CN 104094367 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 08 October 2014 (2014-10-08) entire document	1-30
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
A	CN 105655084 A (NINGBO JANSEN MECHANISM CORP.) 08 June 2016 (2016-06-08) description, paragraphs [0033]-[0066], and figures 1-4	1-30															
A	CN 107645212 A (TXR-S TECHNOLOGY INVESTMENT GROUP CO., LTD.) 30 January 2018 (2018-01-30) entire document	1-30															
A	CN 106663514 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 10 May 2017 (2017-05-10) entire document	1-30															
A	CN 104094367 A (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 08 October 2014 (2014-10-08) entire document	1-30															
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																	
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>																	
Date of the actual completion of the international search 18 November 2019		Date of mailing of the international search report 25 November 2019															
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/102301

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105655084	A	08 June 2016	CN	105655084	B	08 June 2018
CN	107645212	A	30 January 2018	WO	2019080643	A1	02 May 2019
				CN	207320954	U	04 May 2018
CN	106663514	A	10 May 2017	CN	106663514	B	17 April 2018
				US	9887028	B2	06 February 2018
				WO	2016035153	A1	10 March 2016
				JP	5769902	B1	26 August 2015
				JP WO	2016035153	A1	27 April 2017
				US	2017200541	A1	13 July 2017
CN	104094367	A	08 October 2014	US	9891298	B2	13 February 2018
				JP	6209542	B2	04 October 2017
				JP	2015508939	A	23 March 2015
				EP	2815410	B1	04 November 2015
				US	2017356970	A1	14 December 2017
				RU	2014135481	A	27 March 2016
				WO	2013114233	A1	08 August 2013
				US	9746533	B2	29 August 2017
				US	2015045226	A1	12 February 2015
				EP	2815410	A1	24 December 2014
				CN	104094367	B	22 February 2017
				BR	112014018600	A2	20 June 2017
				IN	201405981	P4	01 July 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/102301

A. 主题的分类 H01F 6/06 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H01F 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNABS; CNTXT; CNKI; DWPI; SIPOABS: 直流转换器, 大电流, 引线, 能量, 真空, 励磁, 低温, 冷源, 线圈, 电磁铁励磁, 闭环, 电力电子, 超导; direct current converter, high current, lead, energy, vacuum, excitation, low temperature, closed loop, power electronics, superconduct																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 105655084 A (宁波健信机械有限公司) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 说明书第33-66段、附图1-4</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107645212 A (至玥腾风科技投资集团有限公司) 2018年 1月 30日 (2018 - 01 - 30) 全文</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106663514 A (三菱电机株式会社) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文</td> <td>1-30</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104094367 A (皇家飞利浦有限公司) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 全文</td> <td>1-30</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 105655084 A (宁波健信机械有限公司) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 说明书第33-66段、附图1-4	1-30	A	CN 107645212 A (至玥腾风科技投资集团有限公司) 2018年 1月 30日 (2018 - 01 - 30) 全文	1-30	A	CN 106663514 A (三菱电机株式会社) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文	1-30	A	CN 104094367 A (皇家飞利浦有限公司) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 全文	1-30
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 105655084 A (宁波健信机械有限公司) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 说明书第33-66段、附图1-4	1-30															
A	CN 107645212 A (至玥腾风科技投资集团有限公司) 2018年 1月 30日 (2018 - 01 - 30) 全文	1-30															
A	CN 106663514 A (三菱电机株式会社) 2017年 5月 10日 (2017 - 05 - 10) 全文	1-30															
A	CN 104094367 A (皇家飞利浦有限公司) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 全文	1-30															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2019年 11月 18日		国际检索报告邮寄日期 2019年 11月 25日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 李婧 电话号码 (86-10) 62411756															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/102301

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
CN	105655084	A	2016年 6月 8日	CN	105655084	B		2018年 6月 8日	
CN	107645212	A	2018年 1月 30日	WO	2019080643	A1		2019年 5月 2日	
				CN	207320954	U		2018年 5月 4日	
CN	106663514	A	2017年 5月 10日	CN	106663514	B		2018年 4月 17日	
				US	9887028	B2		2018年 2月 6日	
				WO	2016035153	A1		2016年 3月 10日	
				JP	5769902	B1		2015年 8月 26日	
				JP	W02016035153	A1		2017年 4月 27日	
				US	2017200541	A1		2017年 7月 13日	
CN	104094367	A	2014年 10月 8日	US	9891298	B2		2018年 2月 13日	
				JP	6209542	B2		2017年 10月 4日	
				JP	2015508939	A		2015年 3月 23日	
				EP	2815410	B1		2015年 11月 4日	
				US	2017356970	A1		2017年 12月 14日	
				RU	2014135481	A		2016年 3月 27日	
				WO	2013114233	A1		2013年 8月 8日	
				US	9746533	B2		2017年 8月 29日	
				US	2015045226	A1		2015年 2月 12日	
				EP	2815410	A1		2014年 12月 24日	
				CN	104094367	B		2017年 2月 22日	
					BR112014018600	A2		2017年 6月 20日	
					IN201405981	P4		2016年 7月 1日	