

(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
2019年10月31日 (31.10.2019)

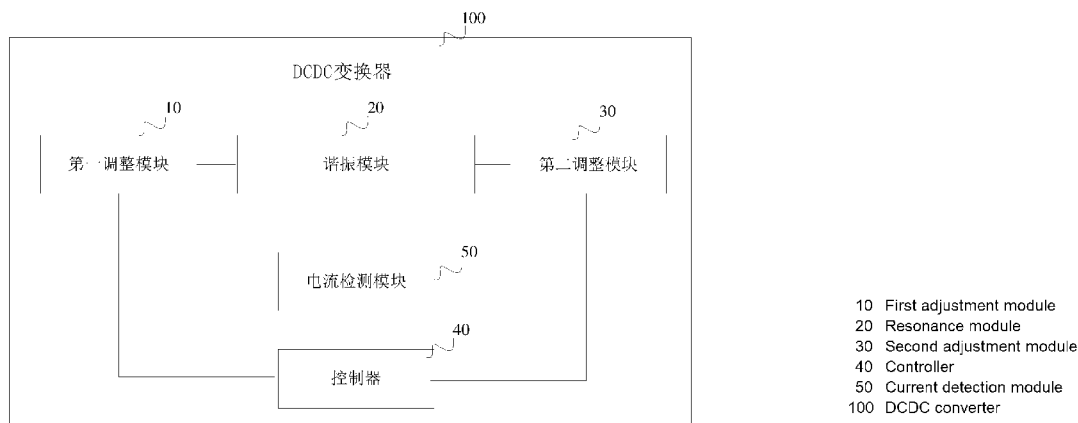


(10) 国际公布号
WO 2019/206230 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 3/335 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/084328
- (22) 国际申请日: 2019年4月25日 (25.04.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810385200.1 2018年4月26日 (26.04.2018) CN
- (71) 申请人: 比亚迪股份有限公司 (BYD COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国广东省深圳市坪山新区比亚迪路3009号, Guangdong 518118 (CN)。
- (72) 发明人: 张晓彬 (ZHANG, Xiaobin); 中国广东省深圳市坪山新区比亚迪路3009号, Guangdong 518118 (CN)。
- (74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼301室, Beijing 100084 (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。
- (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,

(54) Title: DCDC CONVERTER, VEHICLE-MOUNTED CHARGER AND ELECTRIC VEHICLE

(54) 发明名称: DCDC变换器、车载充电机和电动车辆



(57) Abstract: Disclosed are a DCDC converter, a vehicle-mounted charger and an electric vehicle. The DCDC converter comprises a first adjustment module, a resonance module, a second adjustment module, and a controller. The first adjustment module is used to adjust a frequency of an input signal of the DCDC converter when a charge operation is performed, or to rectify an output signal of the resonance module when a discharge operation is performed. The resonance module is used to perform resonance processing on an output signal of the first adjustment module when the charge operation is performed, or to perform resonance processing on an output signal of the second adjustment module when the discharge operation is performed. The second adjustment module is used to adjust a frequency of an output signal of a battery module when the discharge operation is performed, and to rectify an output signal of the resonance module when the charge operation is performed. A current detection module is used to detect a current signal of the resonance module. When the current signal is greater than a current threshold, the controller is used to control the first adjustment module and the second adjustment module to lower output power. The invention directly detects a current signal of a resonance module, and thus provides more precise results and responds faster.

WO 2019/206230 A1

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: 本公开公开了DCDC变换器、车载充电机和电动车辆, DCDC变换器包括第一调整模块、谐振模块、第二调整模块和控制器, 第一调整模块用于在充电时对DCDC变换器的输入信号的频率进行调节, 或者在放电时对谐振模块的输出信号进行整流; 谐振模块用于在充电时对第一调整模块的输出信号进行谐振, 或者在放电时对第二调整模块的输出信号进行谐振; 第二调整模块用于在放电时对电池模块的输出信号的频率进行调节, 在充电时对谐振模块的输出信号进行整流; 电流检测模块用于检测谐振模块的电流信号; 控制器用于在电流信号大于电流阈值时对第一调整模块和第二调整模块进行控制以降低输出功率。通过直接检测谐振模块的电流信号, 更加精准, 响应更快。

DCDC 变换器、车载充电机和电动车辆

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 201810385200.1, 申请日为 2018 年 04 月 26 日的中国专利申请提出, 并要求该中国专利申请的优先权, 该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

本公开涉及车辆技术领域, 尤其涉及一种 DCDC 变换器, 以及包括该 DCDC 变换器的车载充电机和安装该车载充电机的电动车辆。

背景技术

随着电动车辆的不断发展, 电动车辆的电池模块的容量越来越大。为了节省充放电时间, 大容量的电池模块需要更大功率的双向车载充电机(以下简称车载充电机)。目前行业上主流车载充电机功率等级为单相 3.3KW/6.6KW, 随着大功率车载充电机的进一步需求, 三相 10/20/40KW 车载充电机有着越来越大的市场。

车载充电机主功率拓扑一般包括 PFC (Power Factor Correction, 功率因数校正) + 双向 DCDC 两部分, PFC 起到功率因素校正作用; 双向 DCDC 实现能量可控隔离传输, 是车载充电机的核心功率转换单元, 为了满足大功率充放电的需求, 大功率双向 DCDC 变换器通常采用多模块并联, 但是, 多模块并联存在一些问题, 使得对系统硬件电路设计及软件算法均提出很高要求。

发明内容

本公开旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

为此, 本公开的一个实施例在于提出一种 DCDC 变换器, 该 DCDC 变换器更加适用于大功率车载充电机, 成本低, 结构简单。

本公开的再一个实施例在于提出一种包括该 DCDC 变换器的车载充电机。

本公开的又一个实施例在于提出一种安装该车载充电机的电动车辆。

为了达到上述目的, 本公开第一方面实施例的 DCDC 变换器, 包括: 第一调整模块、谐振模块、第二调整模块、电流检测模块和控制器, 其中, 所述第一调整模块, 用于在外界对车辆的电池模块充电时对 DCDC 变换器的输入信号的频率进行调节, 或者, 用于在所述电池模块对外界放电时对所述谐振模块的输出信号进行整流; 所述谐振模块, 用于在外界对

车辆的电池模块进行充电时对所述第一调整模块的输出信号进行谐振，或者，用于在所述电池模块对外界放电时对所述第二调整模块的输出信号进行谐振；所述第二调整模块，用于在车辆的电池模块对外界放电时对所述电池模块的输出信号的频率进行调节，或者，用于在外界对所述电池模块充电时对所述谐振模块的输出信号进行整流；；电流检测模块，所述电流检测模块用于检测所述谐振模块的电流信号；控制器，所述控制器分别与所述第一调整模块的控制端和所述第二调整模块的控制端相连，用于在所述电流信号大于电流阈值时对所述第一调整模块和所述第二调整模块进行控制以降低输出功率。

根据本公开实施例的 DCDC 变换器，相较于普通的三相交错 LLC 谐振变换器，谐振模块可以双向谐振，实现能量双向传输，输出纹波电流更小，相较于多模块并联方式，使用器件少，成本低，通过电流检测模块直接采集谐振模块的电流信号，相较于输出电流反馈，采集精度更高，响应更加快速，可以更加有效地监测谐振模块的电流，在电流信号超限时降低输出功率，可以避免负载过大而造成损坏。

为了达到上述目的，本公开第二方面实施例的车载充电机，包括三相 PFC 电路和所述的 DCDC 变换器。

根据本公开实施例的车载充电机，通过采用上述方面实施例的 DCDC 变换器，可以实现大功率充放电，输出纹波电流小，过流保护功能响应快速且可靠。

为了达到上述目的，本公开第三方面实施例的电动车辆，包括所述的车载充电机。

根据本公开实施例的电动车辆，通过安装上述方面实施例的车载充电机 1000，可以实现大功率充放电，输出纹波电流小，过流保护功能响应快速且可靠。

附图说明

图 1 是相关技术中的三模块并联双向 DCDC 电路拓扑示意图；

图 2 是本公开的一个实施例的 DCDC 变换模块的框图；

图 3 是根据本公开的一个实施例的 DCDC 变换器的电路拓扑示意图；

图 4 是根据本公开的一个实施例的 DCDC 变换器的输出纹波电流波形示意图；

图 5 是根据本公开的一个实施例的 DCDC 变换器的电路拓扑示意图；

图 6 是根据本公开的一个实施例的 DCDC 变换器的框图；

图 7 是根据本公开的一个实施例的 DCDC 变换器的电路拓扑示意图；

图 8 是根据本公开另一个实施例的 DCDC 变换器的电路拓扑示意图；

图 9 是根据本公开的一个实施例的车载充电机的框图；

图 10 是根据本公开的一个实施例的电动车辆的框图。

具体实施方式

下面详细描述本公开的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本公开，而不能理解为对本公开的限制。

本公开的实施例是基于发明人对以下问题的认识和研究做出的：

如图 1 所示，为典型的多模块并联双向 DCDC 变换器的电路示意图，更多模块并联以此类推。对于如图 1 所示的方案存在一些问题例如，器件多成本高，每个模块需要独立的电压、电流采样以及驱动控制电路，冗余性较大，成本、体积难以最优化；再例如，输出波纹电流大仍难以解决，为了降低波纹电流，每个模块仍需要较大的滤波电容，当然也有多个独立模块之间进行相位交错降低波纹电流，但也需要不同模块时间协同工作，需要有主从机设置且协同要求高，这对系统硬件电路设计及软件算法均提出很高要求。

下面参照附图描述根据本公开实施例的 DCDC 变换器。

针对相关技术中为了满足大功率充放电的需求采用如图 1 所示的多模块并联方式存在的缺陷，本公开实施例提出一种新颖的三相交错谐振双向 DCDC 变换器。

图 2 是根据本公开实施例的 DCDC 变换器的框图，如图 3 所示，本公开实施例的 DCDC 变换器 100 包括第一调整模块 10、谐振模块 20、第二调整模块 30、控制器 40 和电流检测模块 50。

其中，第一调整模块 10 用于在外界对车辆的电池模块充电时对 DCDC 变换器 100 的输入信号的频率进行调节以调整谐振模块 20 的阻抗，在这里，外界可以是电网或其他供电设备，例如电网对电池模块充电；或者，用于在电池模块对外界放电时，在这里，外界可以是用电负载，例如电池模块对用电负载放电，对谐振模块 20 的输出信号进行整流滤波以供后端负载用。其中，电池模块可以为动力电池，外界为能够与电池模块之间实现充放电的设备、装置或其他，在本公开的实施例中不作具体限定。

谐振模块 20 用于在外界对车辆的电池模块进行充电时对第一调整模块 10 的输出信号进行谐振以产生高频谐振电流，或者，用于在电池模块对外界放电时对第二调整模块 30 的输出信号进行谐振以产生高频谐振电流。

第二调整模块 30 用于在车辆的电池模块对外界放电时对电池模块的输出信号的频率进行调节以调节谐振模块 20 的阻抗，或者，用于在外界对电池模块充电时对谐振模块 20 的输出信号进行整流，高频谐振电流变为直流电，以提供给电池模块，实现对电池模块的充电。

电流检测模块 50 用于检测谐振模块 20 的电流信号，即直接对谐振模块 20 的电流进行检测，并将电流信号反馈至控制器 40。

在本公开的实施例中，谐振模块 20 可包括 N 路初级 LC 单元、N 相变压单元和 N 路次级 LC 单元。其中，N 为大于 1 的正整数，例如，N 可以为 2、3、4 等。为了便于对本公开进行描述，在下面的实施例中，均以 N 等于 3 为例进行说明。

如图 3 所示，谐振模块 20 包括三路初级 LC 单元 21、三相变压单元 22 和三路次级 LC 单元 23。

在本公开的实施例中，在外界对电池模块充电时，三路初级 LC 单元 21 和三相变压单元 22 用于对第一调整模块 10 的输出信号进行谐振以产生高频电流，进而高频电流通过第二调整模块 30 整流滤波后变成直流电，可以提供给车辆的电池模块，实现对电池模块的充电；在电池模块对外界放电时，三路次级 LC 单元 23 和三相变压单元 22 用于对第二调整模块 30 的输出信号进行谐振以产生高频电流，高频电流通过第一调整模块 10 进行整流滤波后变为直流电，直流电可提供给后续元器件处理，进而为负载供电，实现车辆的电池模块的放电。

在本公开的一些实施例中，如图 3 所示，第一调整模块 10 包括第一三相桥电路，第二调整模块 30 包括第二三相桥电路，其中，每一路初级 LC 单元 21 的一端与第一三相桥电路 10 中对应相桥臂的相线连接点相连，三相变压单元 22 的初级线圈的同名端分别与对应初级 LC 单元 21 的另一端相连，三相变压单元 22 的初级线圈的异名端连接在一起，以形成 Y 型连接。三相变压单元 22 的次级线圈的同名端分别与对应次级 LC 单元 23 的一端相连，三相变压单元 22 的次级线圈的异名端连接在一起，以形成 Y 型连接，采用 Y 型接法，有利于三相桥电路实现自动均流，避免由于三相桥电路的器件参数偏差带来的功率分布不均。

第二三相桥电路 30 的每一相桥臂的相线连接点与对应次级 LC 单元 23 的另一端相连。

控制器 40 分别与第一三相桥电路 10 的开关管的控制端和第二三相桥电路 30 的开关管的控制端相连，用于根据充放电信号对第一三相桥电路 10 和第二三相桥电路 30 的开关管进行控制。

在本公开的实施例中，三相变压单元 22 可以采用三个独立磁芯也可以采用同一个磁芯绕制。

在实施例中，在外界对电池模块充电时，每一路初级 LC 单元 21 与对应的变压单元 22 的初级线圈可以构成对应输入的谐振腔，控制器 40 对第一三相桥电路 10 进行高频谐振控制以及对第二三相桥电路 30 进行整流控制，第一三相桥电路 10 与三路初级 LC 单元 21 以及三相变压单元 22 的初级线圈组成三相交错 LLC 工作于高频谐振状态，并输出高频电流，高频电流通过第二三相桥电路 30 进行整流之后变成直流电输出，可以为电动车辆的整车电池模块充电。

在电池模块对外界放电时，每一路次级 LC 单元 23 与对应的变压单元 22 的次级线圈可

以构成对应输入的谐振腔，控制器 40 对第二三相桥电路 30 进行高频谐振控制以及对第一三相桥电路 10 进行整流控制，第二三相桥电路 10 与三路次级 LC 单元 23 以及三相变压单元 22 的次级线圈组成三相交错 LLC 工作于高频谐振状态，并输出高频电流，高频电流通过第一三相桥电路 10 进行整流之后变成直流电输出，可以实现电池模块的放电。

基于本公开实施例的 DCDC 变换器 100，输出纹波电流小，如图 4 所示，P1 为普通全桥电路输出纹波电流曲线，P2 为本申请结构的输出纹波电流曲线，与普通全桥电路相比，在相同输出电流 I_0 的条件下，普通全桥电路输出纹波电流 $I_{ripple} = \pi I_0 / 2 = 1.57 I_0$ ，而基于本申请的电路，输出纹波电流为 $I_{ripple} = (2 - \sqrt{3}) I_0 / 2 = 0.14 I_0$ ，显然输出纹波电流更小，更小的纹波电流更加有利于节省输出滤波电容。

根据本公开实施例的 DCDC 变换器 100，相较于普通的三相交错 LLC 谐振变换器，变压单元的次级侧增加谐振单元，可以双向谐振，实现能量双向传输，且功率分布均匀，输出纹波电流更小，器件少成本低。

但是，以上描述的 DCDC 变换器仍然存在一些缺点，例如，虽然三相变压器以 Y 型接法可以自然均流，但是如果三相桥谐振参数偏差较大，三个谐振腔谐振参数会有偏差，最终导致三相桥功率不平衡。因为 LLC 电路的特性，系统启动时谐振腔会有较大谐振电流，常规的输出电流反馈启动控制策略难以有效监测谐振腔电流，如果反馈参数匹配不好，启动过程谐振腔会有较大冲击电流，将影响产品寿命甚至提前损坏。

针对上面提出的问题，本公开实施例进一步改进，如图 2 所示，本公开实施例的 DCDC 变换器 100 通过电流检测模块 50 直接检测谐振模块 20 的电流信号，即对流经每一相的电流分别进行检测，并将电流信号反馈至控制器 40，相对于常规的输出电流反馈，直接采集谐振模块 20 的电流信号，精度高，反馈响应更加快速。控制器 40 与第一调整模块 10 的控制端连接，控制器 40 也与第二调整模块 30 的控制端连接，用于在电流信号大于电流阈值时对第一调整模块 10 和第二调整模块 30 进行控制以降低输出功率，以降低系统的输出功率，减小系统工作电流以避免负载过大，造成对三相桥电路的损坏。

根据本公开实施例的 DCDC 变换器 100，通过电流检测模块 50 直接采集谐振模块 20 的电流信号，相较于输出电流反馈，采集精度更高，响应更加快速，可以更加有效地监测谐振模块 20 的电流，在电流信号超限时降低输出功率，可以避免负载过大而造成损坏。

下面参照附图对本公开的各个单元及其连接关系进一步说明。其中，第一三相桥电路 10 和第二三相桥电路 30 可以由开关管例如 MOS 管或 IGBT 或其他元件构成三相桥结构，LC

单元可以包括电容和电感，变压单元可以由变压器结构实现。

在本公开的一些实施例中，如图 5 所示，第一三相桥电路 10 包括第一一相桥臂、第一二相桥臂和第一三相桥臂。第一一相桥臂包括第一开关管 Q1 和第二开关管 Q2，第一开关管 Q1 的一端与第二开关管 Q2 的一端相连，第一开关管 Q1 的另一端与第二开关管 Q2 的另一端之间具有第一相线连接点 Z1；第一二相桥臂包括第三开关管 Q3 和第四开关管 Q4，第三开关管 Q3 的一端与第四开关管 Q4 的一端相连，第三开关管 Q3 的另一端与第四开关管 Q4 的另一端之间具有第二相线连接点 Z2；第一三桥臂包括第五开关管 Q5 和第六开关管 Q6，第五开关管 Q5 的一端与第六开关管 Q6 的一端相连，第五开关管 Q5 的另一端与第六开关管 Q6 的另一端之间具有第三相线连接点 Z3；第一开关管 Q1 的另一端、第三开关管 Q3 的另一端和第五开关管 Q5 的另一端连接在一起以形成第一三相桥电路的第一端点 S11，第二开关管 Q2 的另一端、第四开关管 Q4 的另一端和第六开关管 Q6 的另一端连接在一起以形成第一三相桥电路 10 的第二端点 S12，第一端点 S11 和第二端点 S12 可以连接其他模块以输入或输出。

如图 5 所示，第一三相桥电路 10 还包括第一电容 C1，第一电容 C1 的一端与第一三相桥电路 10 的第一端点 S11 相连，第一电容 C1 的另一端与第一三相桥电路 10 的第二端点 S12 相连，可以对第一三相桥电路 10 的输出或输入进行滤波。

如图 5 所示，三路初级 LC 单元 21 包括第一初级 LC 单元、第二初级 LC 单元和第三初级 LC 单元。第一初级 LC 单元包括第二电容 C2 和第一电感 L1，第二电容 C2 的一端与第一相线连接点 Z1 相连，第二电容 C2 的另一端与第一电感 L1 的一端相连，第一电感 L1 的另一端与对应相变压单元 22 的初级线圈的同名端相连；第二初级 LC 单元包括第三电容 C3 和第二电感 L2，第三电容 C3 的一端与第二相线连接点 Z2 相连，第三电容 C3 的另一端与第二电感 L2 的一端相连，第二电感 L2 的另一端与对应相变压单元 22 的初级线圈的同名端相连；第三初级 LC 单元包括第四电容 C4 和第三电感 L3 相连，第四电容 C4 的一端与第三相线连接点 Z3 相连，第四电容 C4 的另一端与第三电感 L3 的一端相连，第三电感 L3 的另一端与对应相变压单元 22 的初级线圈的同名端相连。

在本公开的实施例中，如图 5 所示，三相变压单元 22 包括第一相变压单元 T1、第二相变压单元 T2 和第三相变压单元 T3。

其中，第一相变压单元 T1 包括第一初级线圈和第一次级线圈，第一初级线圈的同名端与第一电感 L1 的另一端相连，第一次级线圈的同名端与对应次级 LC 单元 23 的一端相连；第二相变压单元 T2 包括第二初级线圈和第二次级线圈，第二初级线圈的同名端与第二电感 L2 的另一端相连，第二次级线圈的同名端与对应次级 LC 单元 23 的一端相连；第三相变压单元 T3 包括第三初级线圈和第三次级线圈，第三初级线圈的同名端与第三电感 L3 的另一端相连，第三次级线圈的同名端与对应次级 LC 单元 23 的一端相连；第一初级线圈的异名

端、第二初级线圈的异名端和第三初级线圈的异名端连接在一起例如连接于 NP，以形成 Y 型接法，第一次级线圈的异名端、第二次级线圈的异名端和第三次级线圈的异名端连接在一起例如连接于 NS，以形成 Y 型接法。采用 Y 型接法，可以使得三相桥实现自动均流，避免由于三相桥器件参数偏差带来的功率分布不均。

如图 5 所示，第二三相桥电路 30 包括第二一相桥臂、第二二相桥臂和第二三相桥臂。

其中，第二一相桥臂包括第七开关管 Q7 和第八开关管 Q8，第七开关管 Q7 的一端与第八开关管 Q8 的一端相连，第七开关管 Q7 的一端与第八开关管 Q8 的一端之间具有第四相线连接点 Z4；第二二相桥臂包括第九开关管 Q9 和第十开关管 Q10，第九开关管 Q9 的一端与第十开关管 Q10 的一端相连，第九开关管 Q9 的一端与第十开关管 Q10 的一端之间具有第五相线连接点 Z5；第二三相桥臂包括第十一开关管 Q11 和第十二开关管 Q12，第十一开关管 Q11 的一端与第十二开关管 Q12 的一端相连，第十一开关管 Q11 的一端与第十二开关管 Q12 的一端之间具有第六相线连接点 Z6；第七开关管 Q7 的另一端，第九开关管 Q9 的另一端和第十一开关管 Q11 的另一端连接在一起以形成第二三相桥电路 30 的第一端点 S21，第八开关管 Q8 的另一端、第十开关管 Q10 的另一端和第十二开关管 Q12 的另一端连接在一起以形成第二三相桥电路 30 的第二端点 S22。第一端点 S21 和第二端点 S22 可以连接其他模块以输入或输出。

如图 5 所示，第二三相桥电路 30 还包括第五电容 C5，第五电容 C5 的一端与第二三相桥电路 30 的第一端点 S21 相连，第五电容 C5 的另一端与第二三相桥电路 30 的第二端点 S22 相连。第五电容 C5 可以对第二三相桥电路 30 的输出或输入进行滤波。

在本公开的一些实施例中，如图 5 所示，三路次级 LC 单元 23 包括第一次级 LC 单元、第二次级 LC 单元和第三次级 LC 单元。

其中，第一次级 LC 单元包括第四电感 L4 和第六电容 C6，第四电感 L4 的一端与第一次级线圈的同名端相连，第四电感 L4 的另一端与第六电容 C6 的一端相连，第六电容 C6 的另一端与第四相线连接点 Z4 相连；第二次级 LC 单元包括第五电感 L5 和第七电容 C7，第五电感 L5 的一端与第二次级线圈的同名端相连，第五电感 L5 的另一端与第七电容 C7 的一端相连，第七电容 C7 的另一端与第五相线连接点 Z5 相连；第三次级 LC 单元包括第六电感 L6 和第八电容 C8，第六电感 L6 的一端与第三次级线圈的同名端相连，第六电感 L6 的另一端与第八电容 C8 的一端相连，第八电容 C8 的另一端与第六相线连接点 Z6 相连。

在一些实施例中，第一三相桥电路 10 连接充电输入，第二三相桥电路 30 连接电动车辆的电池模块，对于正向充电来说，第二电容 C2、第一电感 L1 和第一初级线圈构成第一一相桥臂的谐振腔，第三电容 C3、第二电感 L2 和第二初级线圈构成第一二相桥臂的谐振腔，第四电容 C4、第三电感 L3 和第三初级线圈构成第一三相桥臂的谐振腔。其中，在一

些实施例中，第二电容 C2、第三电容 C3 和第四电容 C4 被称为初级谐振电容，第一电感 L1、第二电感 L2 和第三电感 L3 被称为初级谐振电感。

在外界对电池模块充电时，第一三相桥臂电路 10 的每一相桥臂及其对应的谐振模块组成三相交错 LLC 并工作于高频谐振状态，控制器 40 控制第一开关管 Q1 与第二开关管 Q2、第三开关管 Q3 与第四开关管 Q4、第五开关管 Q5 与第六开关管 Q6 分别以 50% 占空比交替开关，控制第一开关管 Q1、第三开关管 Q3 和第五开关管 Q5 之间相位分别相差 120° 开关，控制第二开关管 Q2、第四开关管 Q4 和第六开关管 Q6 之间相位分别相差 120° 开关，以及对第二三相桥电路 30 进行整流控制，第二三相桥电路 30 作为次级三相整流桥，高频电流通过第二三相桥电路 30 的开关管体中二极管整流之后转换为直流电并提供给整车的高压电池模块，其中，通常地如图 5 中所示，每个开关管中包括二极管元件，可以称之为开关管体二极管。如果将驱动信号给到第二三相桥电路 30 的开关管，第二三相桥电路 30 将形成同步整流电路，进一步提高产品效率。

在一些实施例中，第一三相桥电路 10 连接用电侧，第二三相桥电路 30 连接电动车辆的电池模块，对于反向放电来说，第六电容 C6、第四电感 L4 和第一次级线圈构成第二一相桥臂的谐振腔，第七电容 C7、第五电感 L5 和第二次级线圈构成第二二相桥臂的谐振腔，第八电容 C8、第六电感 L6 和第三次级线圈构成第二三相桥臂的谐振腔。其中，在一些实施例中，第六电容 C6、第七电容 C7 和第八电容 C8 被称为次级谐振电容，第四电感 L4、第五电感 L5 和第六电感 L6 被称为次级谐振电感。

在电池模块对外界放电时，第二三相桥臂电路 30 的每一相桥臂及其对应的谐振模块组成三相交错 LLC 并工作于高频谐振状态，控制器 40 控制第七开关管 Q7 与第八开关管 Q8、第九开关管 Q9 与第十开关管 Q10、第十一开关管 Q11 与第十二开关管 Q12 分别以 50% 占空比交替开关，控制第七开关管 Q7、第九开关管 Q9 和第十一开关管 Q11 之间相位分别相差 120° 开关，控制第八开关管 Q8、第十开关管 Q10 和第十二开关管 Q12 之间相位分别相差 120° 开关，以及对第一三相桥电路 10 进行整流控制，第一三相桥电路 30 作为放电输出三相整流桥，高频电流通过第一三相桥电路 30 的开关管体中二极管整流之后转换为直流电并提供给用电输出侧的模块，如果将驱动信号给到第一三相桥电路 10 的开关管，第一三相桥电路 10 将形成同步整流电路，进一步提高产品效率。

如图 6 所示为根据本公开的一个实施例的 DCDC 变换器的框图，本公开实施例的电流检测电路 50 包括第一采集单元 51、第二采集单元 52、第三采集单元 53、第四采集单元 54、第五采集单元 55 和第六采集单元 56。其中，第一采集单元 51 用于采集第一电感 L1 的电流信号；第二采集单元 52 用于采集 L2 第二电感的电流信号；第三采集单元 53 用于采集第三电感 L3 的电流信号；第四采集单元 54 用于采集第四电感 L4 的电流信号；第五采集单元

55 用于采集第五电感 L5 的电流信号；第六采集单元 56 用于采集第六电感 L6 的电流信号。通过分别对谐振模块 20 的电感进行电流检测，可以更加有效地监测谐振腔电流，进而可以调节三相桥电路的功率，以使得三相桥的功率更加平衡。

本公开实施例的电流检测电路 50 还包括 N 个转换单元，第 N 转换单元与第 N 采集单元相连，第 N 转换单元用于对第 N 采集单元采集的电流信号进行转换，其中， $N=1, 2, 3, \dots, 6$ 。例如，如图 6 所示，包括第一转换单元 57、第二转换单元 58、第三转换单元 59、第四转换单元 510、第五转换单元 511 和第六转换单元 512。其中，第一转换单元 57 用于对第一电感 L1 的电流信号进行转换；第二转换单元 58 用于对第二电感 L2 的电流信号进行转换；第三转换单元 59 用于对第三电感 L3 的电流信号进行转换；第四转换单元 510 用于对第四电感 L4 的电流信号进行转换；第五转换单元 511 用于对第五电感 L5 的电流信号进行转换；第六转换单元 512 用于对第六电感 L6 的电流信号进行转换。以便于将每一路的电流信号转换为控制器 40 可以识别和处理的信号。

在一些实施例中，第一采集单元 51、第二采集单元 52、第三采集单元 53、第四采集单元 54、第五采集单元 55 和第六采集单元 56 分别为自耦电感或电流互感器。其中，自耦电感与各路谐振电感进行感应，产生出高频交流电流信号，实现对各路谐振电感的电流信号的检测。自耦电感为谐振电感的辅助自耦线圈，采用自耦电感无需额外增加电流检测器件，并且相关的其他电阻、电容和运放均为普通元器件，对系统成本几乎没有影响。电流互感器可以为独立外置的器件，根据电流互感器的检测原理，其主侧线圈与谐振电感串联连接在电路中，通过其次侧线圈与主侧线圈的互感实现对谐振电感的电流信号的检测。

在本公开的一些实施例中，参照图 5 所示，图中只示出了一路转换单元，其他转换单元相同。在实施例中，第 N 转换单元包括第 N 整流电路 501、第 N 电压转换电路 502 和第 N 电压跟随器电路 503。其中，第 N 整流电路 501 用于将第 N 采集单元采集的电流信号进行整流，得到整流信号；第 N 电压转换电路 502 用于将整流信号转换为电压信号；第 N 电压跟随器电路 503 用于将电压信号转换为 AD 信号，控制器 40 用于在 AD 信号大于预设 AD 值时对第一三相桥电路 10 和第二三相桥电路 30 的开关管进行控制，在 AD 值超标时，控制输出功率降低，减小系统工作电流以避免该相负载过大。

在外界对电池模块充电时，如果发生过流，则控制器 40 控制第一一相桥臂的开关管、第一二相桥臂的开关管和第一三相桥臂的开关管的占空比减小以降低输出功率；或者，在电池模块对外界放电时，如果发生过流，则控制第二相桥臂的开关管、第二二相桥臂的开关管和第二三相桥臂的开关管的占空比减小以降低输出功率。通过降低输出功率，减小系统工作电流以避免负载过大，避免因谐振腔有较大冲击电流而影响产品寿命甚至提前损坏。

参照图 5 所示，第 N 整流电路 501 包括第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管

D3 和第四二极管 D4，第一二极管 D1 的一端与第二二极管 D2 的一端相连，第一二极管 D1 的一端与第二二极管 D2 的一端之间具有第一输入节点，第一输入节点与对应采集单元的第一输出端相连，例如图中采集单元输出信号 sense1，第三二极管 D2 的一端与第四二极管 D4 的一端相连，第三二极管 D3 的一端与第四二极管 D4 的一端之间具有第二输入节点，第二输入节点与对应采集单元的第二输出端相连，例如图中采集单元输出信号 sense2，第一二极管 D1 的另一端与第三二极管 D3 的另一端连接在一起以形成第一整流输出端，第二二极管 D2 的另一端与第四二极管 D4 的另一端连接在一起并与接地端相连；第 N 电压转换电路 502 包括第一电阻 R1，第一电阻 R1 的一端与第一整流输出端相连，例如输出信号 Vsense，第一电阻 R1 的另一端与接地端相连；第 N 电压跟随器电路 503 包括第二电阻 R2、电压跟随器 U1B、第三电阻 R3 和第九电容 C9，第二电阻 R2 的一端与第一电阻 R1 的一端相连，电压跟随器 U1B 的正向输入端与第二电阻 R2 的另一端相连，电压跟随器 U1B 的输出端与第三电阻 R3 的一端相连，电压跟随器 U1B 的输出端与电压跟随器 U1B 的负向输入端相连，第三电阻 R3 的另一端与控制器 40 相连，例如输出 AD 信号 Isense 至控制器 40，第九电容 C9 的一端连接于第三电阻 R3 与控制器 40 之间，第九电容 C9 的另一端连接接地端，控制器 40 根据该 AD 信号来对系统功率进行调配。当然电路也可以根据需要适应性地变形，例如增加电容以进行滤波处理，或者采用并联或串联电阻来进行电压转换或采集等，图 5 给出的仅仅是示例电路。

以第一初级 LC 单元为例，第一电感 L1 的自耦电感 51 感应出的高频交流信号传送该整流电路以及第一电阻 R1 之后，转换为高频半波电压信号 Vsense，该电压信号 Vsense 经过电压跟随器 U1B 后成为 AD 信号 Isense，并传输中控制器 40，如果控制器 40 发现 AD 信号超标，则控制输出功率降低，减小系统工作电流避免该相负载过大，造成损坏。

在本公开的一些实施例中，如图 5 所示，其中只示出了一路转换单元，在实施例中，第 N 转换单元还包括第 N 比较电路 504，即言每个转换单元分别包括各自的比较电路，第 N 比较电路 504 用于在电流信号超过跳变阈值时输出停止信号至控制器 40，控制器 40 在检测到停止信号时关断对第一三相桥电路 10 和第二三相桥电路 30 的开关管的驱动，以避免变换器出现损坏，保证寿命。

参照图 5 所示，第 N 比较电路 504 包括第四电阻 R4、第五电阻 R5 和第十电容 C10，比较器 U1A、第十一电容 C11 和第十二电容 C12。其中，第四电阻 R4 的一端与第一电阻 R1 的一端相连，例如电压转换电路 502 输出的电压信号 Vsense 输入至比较电路 504，第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端相连，第十电容 C10 的一端连接在第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端之间；比较器 U1A 的第一输入端与第五电阻 R5 的另一端相连，比较器 U1A 的第二输入端通过第六电阻 R6 与基准电压输入端相连，比较器 U1A 的第三端与接地

端相连，比较器 U1A 的第四端与预设电源相连，比较器 U1A 的输出端通过第七电阻 R7 与控制器 40 相连，例如输出保护信号 I_{protect} 至控制器 40；第十一电容 C11 的一端分别与比较器 U1A 的第四端和预设电源相连，第十一电容 C11 的另一端与接地端相连，第十二电容 C12 的一端连接于第七电阻 R7 和控制器 40 之间，第十二电容 C12 的另一端与接地端相连。

以第一初级 LC 单元为例，电压信号 V_{sense} 传输至比较电路 504，经过比较器 U1A 之后输出一个硬件高低电平信号，当 U1A 输出高电平时，表示该相谐振腔电流已经严重超标，控制器 40 检测到高电平信号之后立即关断开关管驱动，系统停止工作，避免变换器出现损坏。

概括来说，相较于通过输出电流采样推算谐振腔电流，本公开实施例的 DCDC 变换器通过谐振电感的辅助自耦电感形成电流互感器或者设置独立外置的电流互感器，直接采集谐振腔的电流信号，根据电流信号进行控制以及保护。

下面以 20KW 三相交错 LLC 双向 DCDC 变换器为例进行说明。如图 7 所示，其中，各路采集单元为谐振电感的自耦电感，设计需求为：DCDC 变换器的输入电压和输出电压额定值均为 750V，充电方向和放电方向满载功率均为 20KW。对于谐振腔参数设定：因为正向充电电压、功率相等，因此，对应第一三相桥电路 10 的谐振腔例如称为初级谐振腔与对应第二三相桥电路 30 的谐振腔例如称为次级谐振腔的参数一致，假设电路谐振频率为 150KHZ，根据三相交错 LLC 电路的相关计算公式可以得到：初级谐振电容 C₂=C₃=C₄=次级谐振电容 C₅=C₆=C₇=80nF，初级谐振电感 L₁=L₂=L₃=次级谐振电感 L₄=L₅=L₆=14 μH，自耦电感与谐振电感匝比为 100:1，三相变压单元 22 匝比 T₁=T₂=T₃=1:1，三相变压单元 22 的初级线圈的感量 T₁₋₁=T₂₋₁=T₃₋₁=次级线圈的感量=T₁₋₂=T₂₋₂=T₃₋₂=70 μH，根据对电流、电压需求以及散热要求等的考虑，开关管 Q₁-Q₁₂ 选用 1200V/40mΩ 碳化硅 MOS (metal oxide semiconductor, 金属-氧化物-半导体) 管，具体地如图 7 所示。

以第一初级 LC 单元为例，其他谐振电感采用相同原理电路类推。设流经第一电感 L₁ 的电流为 I_r，则谐振电感的自耦电感的感应限流为 I_r/100，经过电阻 R₁ 之后峰值电平 V_{sense}(peak)=1.414*I_r/10。V_{sense} 经过电压跟随器 U1B 以及 RC 滤波后输出 AD 信号 I_{sense} 至控制器 40；V_{ref} 为硬件保护基准电压，假设 I_r 峰值电流大于 30A 时触发保护，则 V_{ref}=3V。

图 8 是根据本公开的另一个实施例的 20KW 三相交错 LLC 双向 DCDC 变换器的电路图，如图 8 所示，其中，各路采集单元为独立外设的电流互感器，设计需求为：DCDC 变换器的输入电压和输出电压额定值均为 750V，充电方向和放电方向满载功率均为 20KW。对于谐振腔参数设定：因为正向充电电压、功率相等，因此，对应第一三相桥电路 10 的谐振腔例如称为初级谐振腔与对应第二三相桥电路 30 的谐振腔例如称为次级谐振腔的参数一致，假设电路谐振频率为 150KHZ，根据三相交错 LLC 电路的相关计算公式可以得到：初级谐振电容

$C2=C3=C4=$ 次级谐振电容 $C5=C6=C7=80\text{nF}$ ，初级谐振电感 $L1=L2=L3=$ 次级谐振电感 $L4=L5=L6=14\ \mu\text{H}$ ，自耦电感与谐振电感匝比为 100:1，三相变压单元 22 匝比 $T1=T2=T3=1:1$ ，三相变压单元 22 的初级线圈的感量 $T_{1-1}=T_{2-1}=T_{3-1}$ 次级线圈的感量 $=T_{1-2}=T_{2-2}=T_{3-2}=70\ \mu\text{H}$ ，根据对电流、电压需求以及散热要求等的考虑，开关管 Q1-Q12 选用 1200V/40m Ω 碳化硅 MOS 管，具体地如图 8 所示。

仍然以第一初级 LC 单元为例，其他谐振电感采用相同原理电路类推。设流经第一电感 L1 的电流为 I_r ，则谐振电感的自耦电感的感应限流为 $I_r/100$ ，经过电阻 R1 之后峰值电平 $V_{\text{sense}}(\text{peak})=1.414*I_r/10$ 。 V_{sense} 经过电压跟随器 U1B 以及 RC 滤波后输出 AD 信号 I_{sense} 至控制器 40； V_{ref} 为硬件保护基准电压，假设 I_r 峰值电流大于 30A 时触发保护，则 $V_{\text{ref}}=3\text{V}$ 。

本公开实施例的 DCDC 变换器 100，与普通三相全桥 DCDC 变换器相比，在变压次级侧增加三路谐振单元，第二三相桥电路 30 采用可控开关管。其中，双向谐振，可以实现能量双向传输，且双向传输均工作于软开关模式；构成三相交错 LLC，可以实现更大功率转换，相较于普通三相交错 LLC，可以节省功率开关管，并且，三相变压单元 22 采用 Y 型接法，可以实现三相桥电路的自动均流，避免功率分布不均，以及基于本公开实施例的 DCDC 变换器 100 的电路结构，输出纹波电流更小，更小的纹波电流可以节省输出滤波电容，更加有利于降低成本和减小产品体积。

以及，本公开实施例的 DCDC 变换器 100，每一路的谐振电感增加一路自耦电感，此时，谐振电感既起到了交错谐振的作用，同时也与自耦电感构成电流互感器，以实现谐振电感的电流信号的检测，无需额外增加电流检测器件，成本低；或者，通过在每一路的谐振电感增加独立的电流互感器，来实现对谐振电感的电流信号的检测。直接采集谐振电感的电流信号，精度高，响应更加快速，并且采用软硬件两重保护，可靠性高，谐振腔的电流信号经过处理后传输给控制器 40 的 AD 采样口，控制器 40 根据 AD 值对系统功率进行调配，同时，当谐振腔电流严重过流时，谐振腔电流限号触发硬件快速比较器后直接输出过流锁保护信号，控制器 40 检测到该信号后直接关断对三相桥开关管的驱动，避免系统损坏，通过软硬件两重保护，使得过流保护功能既快又稳。

基于上述方面实施例的 DCDC 变换器，下面参照附图描述根据本公开实施例的车载充电机。

图 9 是根据本公开实施例的车载充电机的框图，如图 9 所示，本公开实施例的车载充电机 1000 包括三相 PFC 电路 200 和上面实施例的 DCDC 变换器 100，三相 PFC 电路 200 起到功率因数校正的作用，DCDC 变换器 100 实现能量的可控隔离传输，DCDC 变换器 100 的具体结构和工作过程参照上面实施例说明。

根据本公开实施例的车载充电机 1000，通过采用上述方面实施例的 DCDC 变换器 100，

可以实现大功率充放电，输出纹波电流小，过流保护功能响应快速且可靠。

图 10 是根据本公开实施例的电动车辆的框图，如图 10 所示，本公开实施例的电动车辆 10000 包括上述方面实施例的车载充电机 1000。

根据本公开实施例的电动车辆 10000，通过安装上述方面实施例的车载充电机 1000，可以实现大功率充放电，输出纹波电流小，过流保护功能响应快速且可靠。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本公开的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管上面已经示出和描述了本公开的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本公开的限制，本领域的普通技术人员在本公开的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种 DCDC 变换器，其特征在于，包括第一调整模块、谐振模块、第二调整模块、电流检测模块和控制器，其中，

所述第一调整模块，用于在外界对车辆的电池模块充电时对 DCDC 变换器的输入信号的频率进行调节，或者，用于在所述电池模块对外界放电时对所述谐振模块的输出信号进行整流；

所述谐振模块，用于在外界对车辆的电池模块进行充电时对所述第一调整模块的输出信号进行谐振，或者，用于在所述电池模块对外界放电时对所述第二调整模块的输出信号进行谐振；

所述第二调整模块，用于在车辆的电池模块对外界放电时对所述电池模块的输出信号的频率进行调节，或者，用于在外界对所述电池模块充电时对所述谐振模块的输出信号进行整流；

电流检测模块，所述电流检测模块用于检测所述谐振模块的电流信号；

控制器，所述控制器分别与所述第一调整模块的控制端和所述第二调整模块的控制端相连，用于在所述电流信号大于电流阈值时对所述第一调整模块和所述第二调整模块进行控制以降低输出功率。

2、如权利要求 1 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述谐振模块包括 N 路初级 LC 单元、N 相变压单元和 N 路次级 LC 单元，其中，N 为大于 1 的正整数。

3、如权利要求 1 或 2 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述谐振模块包括三路初级 LC 单元、三相变压单元和三路次级 LC 单元，其中，

在所述 DCDC 变换器对所述电池模块充电时，所述三路初级 LC 单元和所述三相变压单元用于对所述第一调整模块的输出信号进行谐振以产生高频电流；

在所述 DCDC 变换器对所述电池模块放电时，所述三路次级 LC 单元和所述三相变压单元用于对所述第二调整模块的输出信号进行谐振以产生高频电流。

4、如权利要求 3 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第一调整模块包括第一三相桥电路，所述第二调整模块包括第二三相桥电路，其中，

每一路初级 LC 单元的一端与所述第一三相桥电路中对应相桥臂的相线连接点相连，所述三相变压单元的初级线圈的同名端分别与对应初级 LC 单元的另一端相连，所述三相变压单元的初级线圈的异名端连接在一起，所述三相变压单元的次级线圈的同名端分别与对应次级 LC 单元的一端相连，所述三相变压单元的次级线圈的异名端连接在一起；

所述第二三相桥电路的每一相桥臂的相线连接点与对应次级 LC 单元的另一端相连；

所述控制器分别与所述第一三相桥电路的开关管的控制端和所述第二三相桥电路的开关管的控制端相连。

5、如权利要求4所述的DCDC变换器，其特征在于，所述第一三相桥电路包括：

第一一相桥臂，所述第一一相桥臂电路包括第一开关管和第二开关管，所述第一开关管的一端与所述第二开关管的一端相连，所述第一开关管的一端与所述第二开关管的一端之间具有第一相线连接点；

第一二相桥臂，所述第一二相桥臂包括第三开关管和第四开关管，所述第三开关管的一端与所述第四开关管的一端相连，所述第三开关管的一端与所述第四开关管的一端之间具有第二相线连接点；

第一三相桥臂，所述第一三桥臂包括第五开关管和第六开关管，所述第五开关管的一端与所述第六开关管的一端相连，所述第五开关管的一端与所述第六开关管的一端之间具有第三相线连接点；

所述第一开关管的另一端、所述第三开关管的另一端和所述第五开关管的另一端连接在一起以形成所述第一三相桥电路的第一端点，所述第二开关管的另一端、所述第四开关管的另一端和所述第六开关管的另一端连接在一起以形成所述第一三相桥电路的第二端点。

6、如权利要求5所述的DCDC变换器，其特征在于，所述第一三相桥电路还包括：

第一电容，所述第一电容的一端与所述第一三相桥电路的第一端点相连，所述第一电容的另一端与所述第一三相桥电路的第二端点相连。

7、如权利要求5或6所述的DCDC变换器，其特征在于，所述三路初级LC单元包括：

第一初级LC单元，所述第一初级LC单元包括第二电容和第一电感，所述第二电容的一端与所述第一相线连接点相连，所述第二电容的另一端与所述第一电感的一端相连，所述第一电感的另一端与对应相变压单元的初级线圈的同名端相连；

第二初级LC单元，所述第二初级LC单元包括第三电容和第二电感，所述第三电容的一端与所述第二相线连接点相连，所述第三电容的另一端与所述第二电感的一端相连，所述第二电感的另一端与对应相变压单元的初级线圈的同名端相连；

第三初级LC单元，所述第三初级LC单元包括第四电容和第三电感相连，所述第四电容的一端与所述第三相线连接点相连，所述第四电容的另一端与所述第三电感的一端相连，所述第三电感的另一端与对应相变压单元的初级线圈的同名端相连。

8、如权利要求7所述的DCDC变换器，其特征在于，所述三相变压单元包括：

第一相变压单元，所述第一相变压单元包括第一初级线圈和第一次级线圈，所述第一初级线圈的同名端与所述第一电感的另一端相连，所述第一次级线圈的同名端与对应次级

LC 单元的一端相连；

第二相变压单元，所述第二相变压单元包括第二初级线圈和第二次级线圈，所述第二初级线圈的同名端与所述第二电感的另一端相连，所述第二次级线圈的同名端与对应次级 LC 单元的一端相连；

第三相变压单元，所述第三相变压单元包括第三初级线圈和第三次级线圈，所述第三初级线圈的同名端与所述第三电感的另一端相连，所述第三次级线圈的同名端与对应次级 LC 单元的一端相连；

所述第一初级线圈的异名端、所述第二初级线圈的异名端和所述第三初级线圈的异名端连接在一起，所述第一次级线圈的异名端、所述第二次级线圈的异名端和所述第三次级线圈的异名端连接在一起。

9、如权利要求 8 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第二三相桥电路包括：

第二一相桥臂，所述第二一相桥臂包括第七开关管和第八开关管，所述第七开关管的一端与所述第八开关管的一端相连，所述第七开关管的一端与所述第八开关管的一端之间具有第四相线连接点；

第二二相桥臂，所述第二二相桥臂包括第九开关管和第十开关管，所述第九开关管的一端与所述第十开关管的一端相连，所述第九开关管的一端与所述第十开关管的一端之间具有第五相线连接点；

第二三相桥臂，所述第二三相桥臂包括第十一开关管和第十二开关管，所述第十一开关管的一端与所述第十二开关管的一端相连，所述第十一开关管的一端与所述第十二开关管的一端之间具有第六相线连接点；

所述第七开关管的另一端，所述第九开关管的另一端和所述第十一开关管的另一端连接在一起以形成所述第二三相桥电路的第一端点，所述第八开关管的另一端、所述第十开关管的另一端和所述第十二开关管的另一端连接在一起以形成所述第二三相桥电路的第二端点。

10、如权利要求 9 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第二三相桥电路还包括：

第五电容，所述第五电容的一端与所述第二三相桥电路的第一端点相连，所述第五电容的另一端与所述第二三相桥电路的第二端点相连。

11、如权利要求 9 或 10 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述三路次级 LC 单元包括：

第一次级 LC 单元，所述第一次级 LC 单元包括第四电感和第六电容，所述第四电感的一端与所述第一次级线圈的同名端相连，所述第四电感的另一端与所述第六电容的一端相连，所述第六电容的另一端与所述第四相线连接点相连；

第二次级 LC 单元，所述第二次级 LC 单元包括第五电感和第七电容，所述第五电感的

一端与所述第二次级线圈的同名端相连，所述第五电感的另一端与所述第七电容的一端相连，所述第七电容的另一端与所述第五相线连接点相连；

第三次级 LC 单元，所述第三次级 LC 单元包括第六电感和第八电容，所述第六电感的一端与所述第三次线圈的同名端相连，所述第六电感的另一端与所述第八电容的一端相连，所述第八电容的另一端与所述第六相线连接点相连。

12、如权利要求 11 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述电流检测模块包括：

第一采集单元，所述第一采集单元用于采集所述第一电感的电流信号；

第二采集单元，所述第二采集单元用于采集所述第二电感的电流信号；

第三采集单元，所述第三采集单元用于采集所述第三电感的电流信号；

第四采集单元，所述第四采集单元用于采集所述第四电感的电流信号；

第五采集单元，所述第五采集单元用于采集所述第五电感的电流信号；

第六采集单元，所述第六采集单元用于采集所述第六电感的电流信号。

13、如权利要求 11 或 12 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第一采集单元、所述第二采集单元、所述第三采集单元、所述第四采集单元、所述第五采集单元和所述第六采集单元分别为自耦电感或电流互感器。

14、如权利要求 12 或 13 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述电流检测模块还包括：

N 个转换单元，在所述 N 个转换单元中，第 N 转换单元与第 N 采集单元相连，所述第 N 转换单元用于对所述第 N 采集单元采集的电流信号进行转换，其中， $N=1, 2, 3, \dots, 6$ 。

15、如权利要求 14 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第 N 转换单元包括：

第 N 整流电路，所述第 N 整流电路用于将第 N 采集单元采集的电流信号进行整流，得到整流信号；

第 N 电压转换电路，所述第 N 电压转换电路用于将所述整流信号转换为电压信号；

第 N 电压跟随器电路，所述第 N 电压跟随器电路用于将所述电压信号转换为 AD 信号；

所述控制器用于在所述 AD 信号大于预设 AD 值时对所述第一三相桥电路和所述第二三相桥电路的开关管进行控制以降低输出功率。

16、如权利要求 15 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，

所述第 N 整流电路包括第一二极管、第二二极管、第三二极管和第四二极管，所述第一二极管的一端与所述第二二极管的一端相连，所述第一二极管的一端与所述第二二极管的一端之间具有第一输入节点，所述第一输入节点与对应采集单元的第一输出端相连，所述第三二极管的一端与所述第四二极管的一端相连，所述第三二极管的一端与所述第四二极管的一端之间具有第二输入节点，所述第二输入节点与对应采集单元的第二输出端相连，所述第一二极管的另一端与所述第三二极管的另一端连接在一起以形成第一整流输出端，

所述第二二极管的另一端与所述第四二极管的另一端连接在一起并与接地端相连；

所述第 N 电压转换电路包括第一电阻，所述第一电阻的一端与所述第一整流输出端相连，所述第一电阻的另一端与所述接地端相连；

所述第 N 电压跟随器电路包括第二电阻、电压跟随器、第三电阻和第九电容，所述第二电阻的一端与所述第一电阻的一端相连，所述电压跟随器的正向输入端与所述第二电阻的另一端相连，所述电压跟随器的输出端与所述第三电阻的一端相连，所述电压跟随器的输出端与所述电压跟随器的负向输入端相连，所述第三电阻的另一端与所述控制器相连，所述第九电容的一端连接于所述第三电阻与所述控制器之间，所述第九电容的另一端连接接地端。

17、如权利要求 16 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第 N 转换单元还包括：

第 N 比较电路，所述第 N 比较电路用于在所述电流信号超过跳变阈值时输出停止信号至所述控制器，所述控制器在检测到所述停止信号时关断对所述第一三相桥电路和所述第二三相桥电路的开关管的驱动。

18、如权利要求 17 所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述第 N 比较电路包括：

第四电阻、第五电阻和第十电容，所述第四电阻的一端与所述第一电阻的一端相连，所述第四电阻的另一端与所述第五电阻的一端相连，所述第十电容的一端连接在所述第四电阻的另一端与所述第五电阻的一端之间，所述第十电容的另一端连接接地端；

比较器，所述比较器的第一输入端与所述第五电阻的另一端相连，所述比较器的第二输入端通过第六电阻与基准电压输入端相连，所述比较器的第三端与所述接地端相连，所述比较器的第四端与预设电源相连，所述比较器的输出端通过第七电阻与所述控制器相连；

第十一电容和第十二电容，所述第十一电容的一端分别与所述比较器的第四端和所述预设电源相连，所述第十一电容的另一端与所述接地端相连，所述第十二电容的一端连接于所述第七电阻和所述控制器之间，所述第十二电容的另一端与所述接地端相连。

19、如权利要求 15-18 中任一项所述的 DCDC 变换器，其特征在于，所述控制器在 AD 信号大于预设 AD 值时对所述第一三相桥电路和所述第二三相桥电路的开关管进行控制用于，

在外界对所述电池模块充电时，控制所述第一一相桥臂的开关管、所述第一二相桥臂的开关管和所述第一三相桥臂的开关管的占空比减小以降低输出功率；

或者，在所述电池模块对外界放电时，控制所述第二相桥臂的开关管、所述第二二相桥臂的开关管和所述第二三相桥臂的开关管的占空比减小以降低输出功率。

20、一种车载充电机，其特征在于，包括三相 PFC 电路和如权利要求 1-19 任一项所述的 DCDC 变换器。

21、一种电动车辆，其特征在于，包括如权利要求 20 所述的车载充电机。

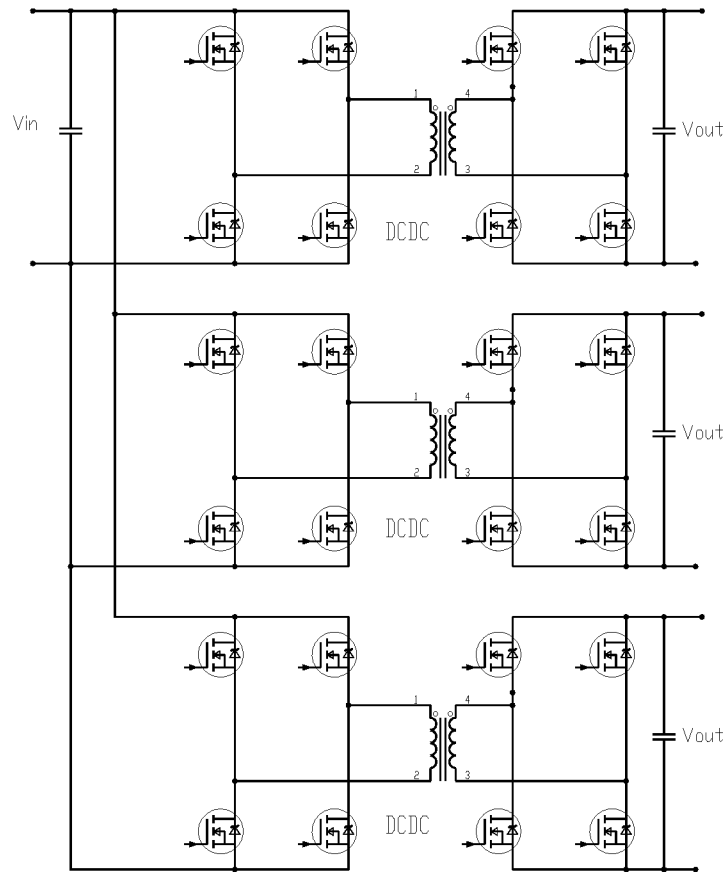


图 1

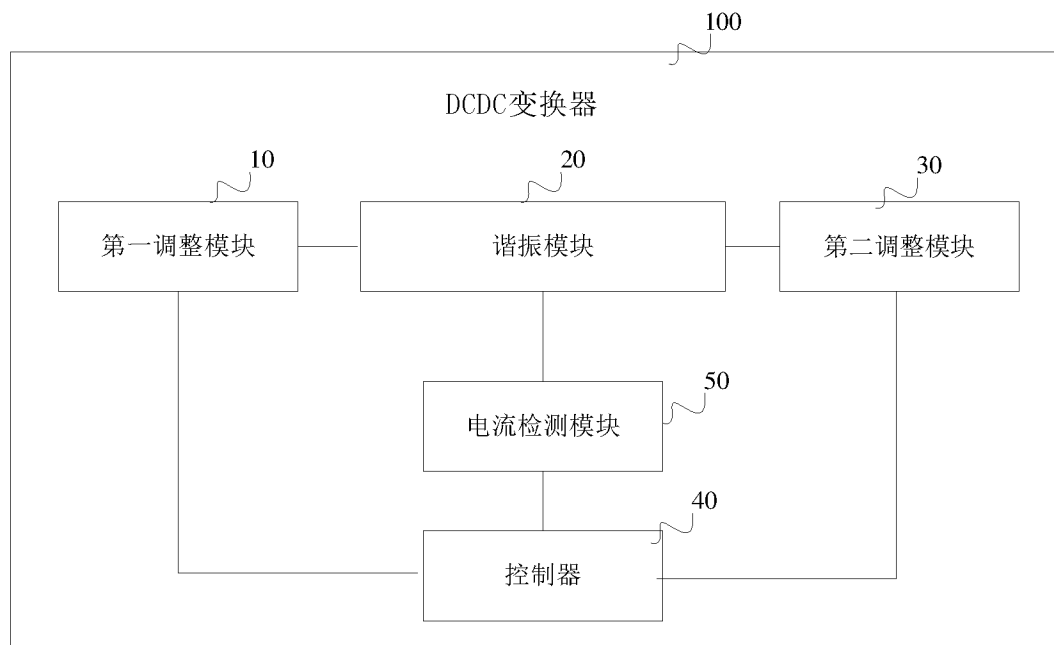


图 2

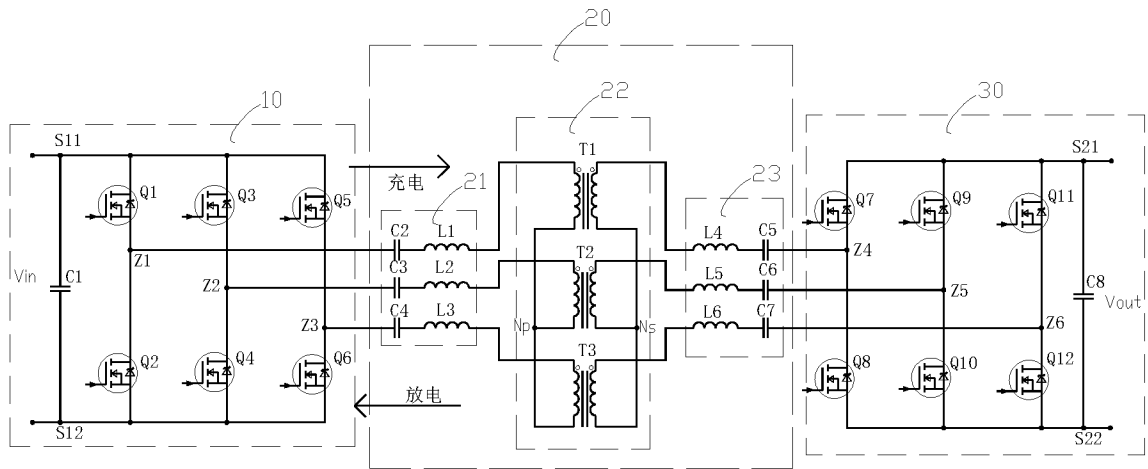


图 3

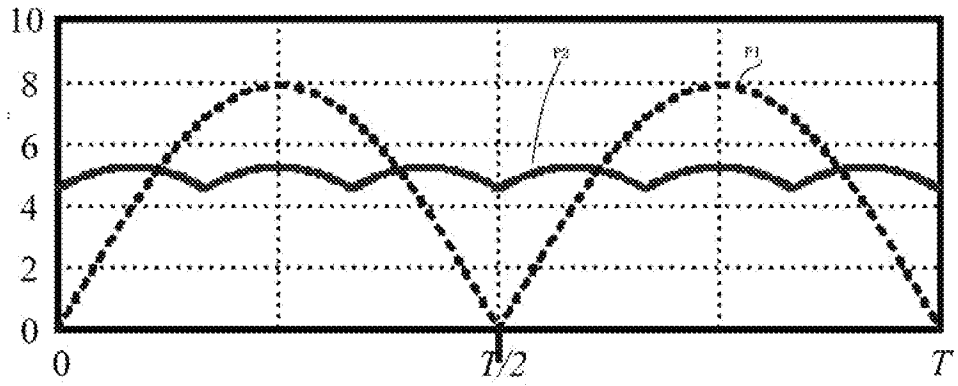


图 4

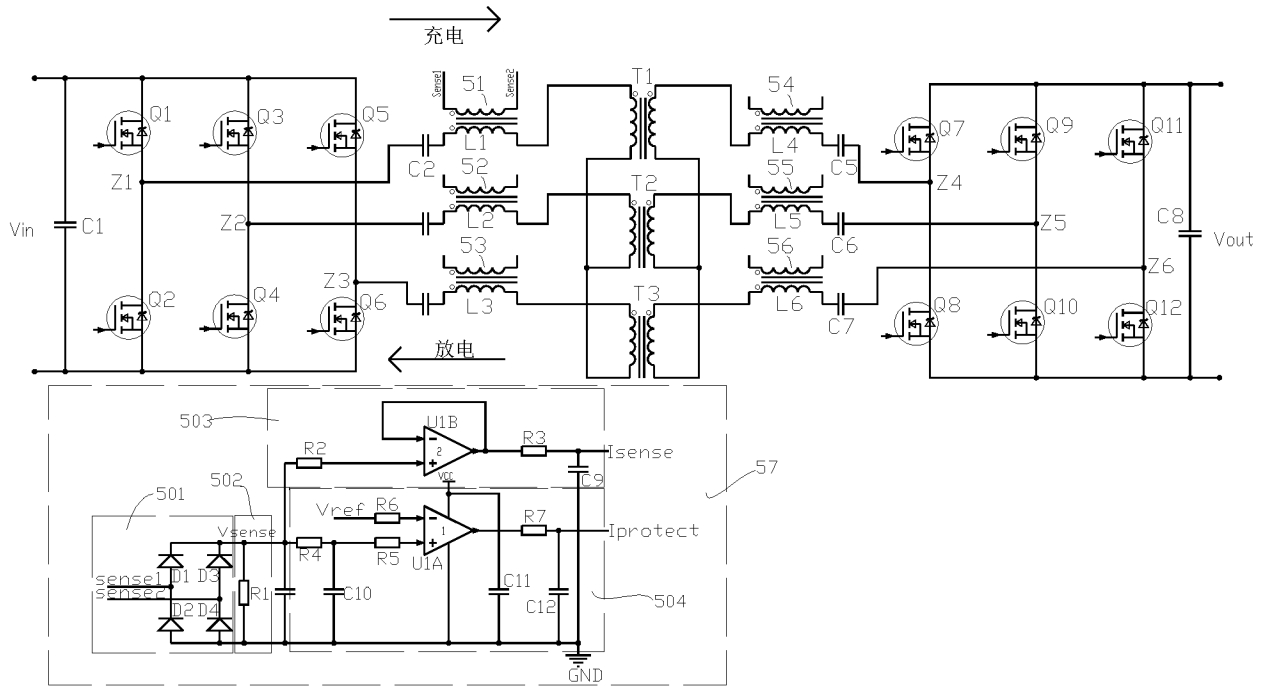


图 5

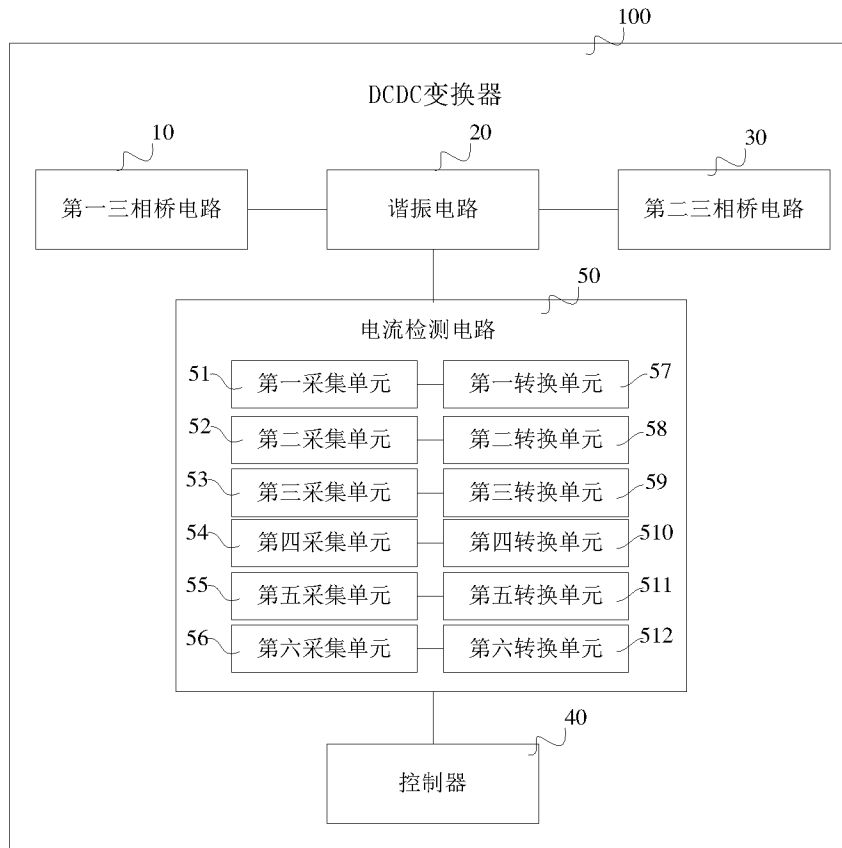


图 6

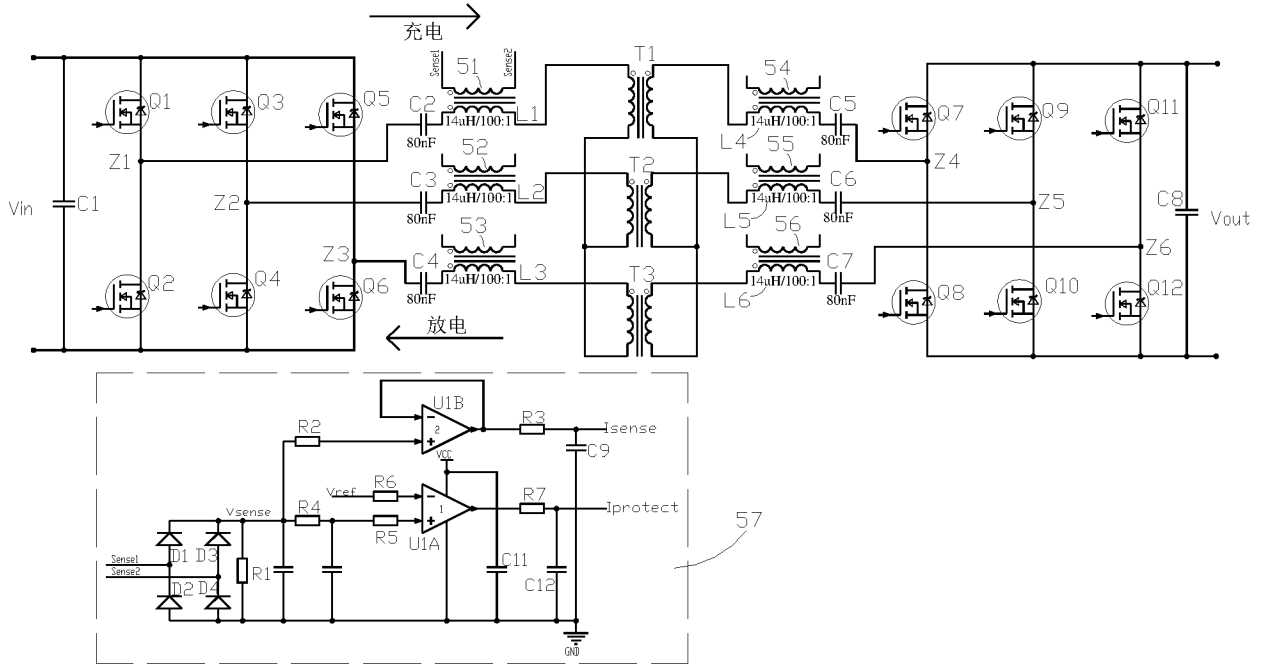


图 7

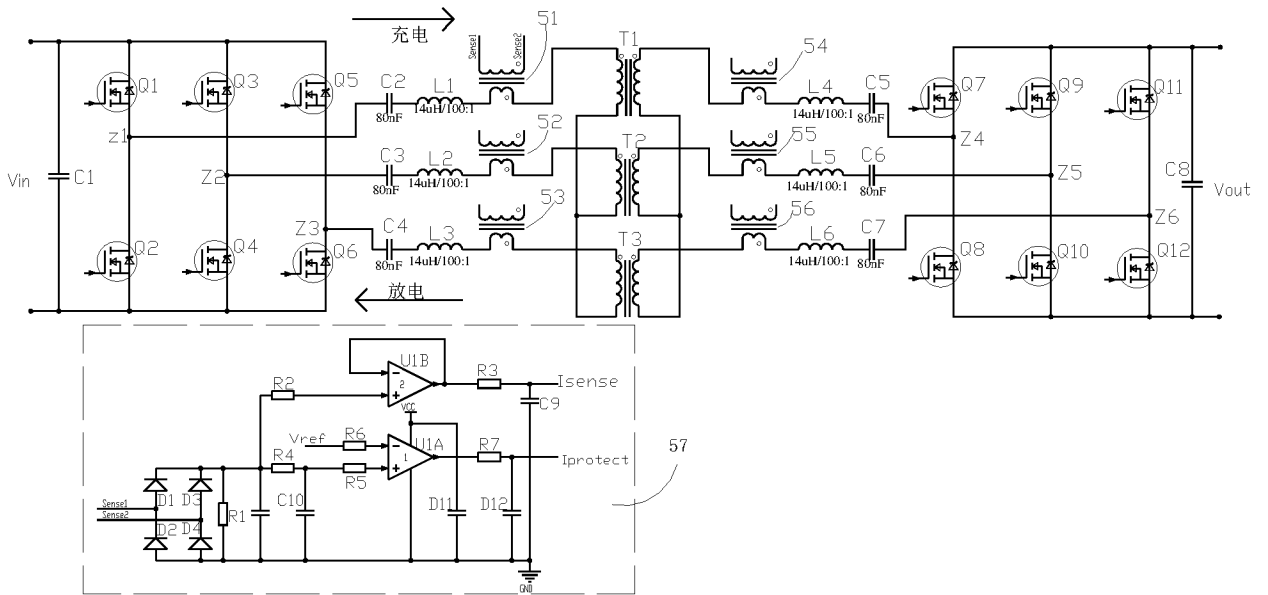


图 8

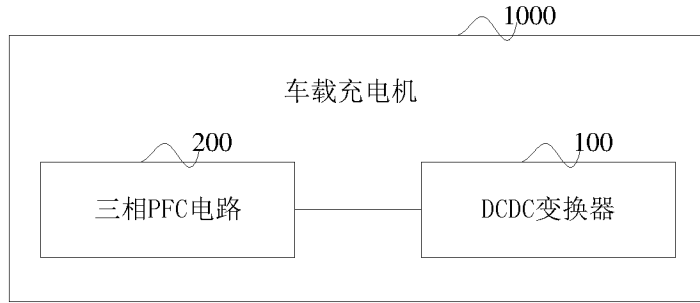


图 9

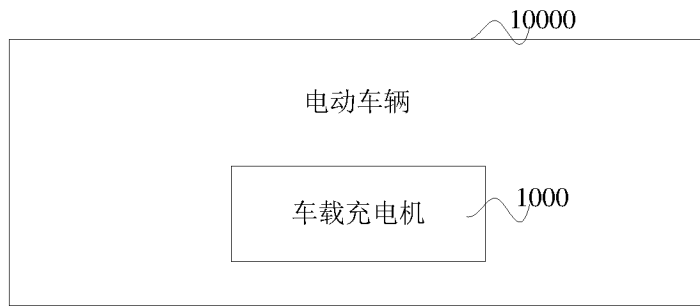


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/084328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 3/335(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)

H02M

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; IEEE: 谐振, 电感, 电流, 采样, 采集, 检测, 过流, 过电流, 整流, 双向, 直流, DC, resonan+, inductor, bidirection+, over, current, sample, collect, detect, rectific+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105871215 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 17 August 2016 (2016-08-17) description, paragraphs 0017-0020, and figures 1-2	1-21
A	CN 104506039 A (SHIJIAZHUANG TONHE ELECTRONICS TECHNOLOGIES CO., LTD.) 08 April 2015 (2015-04-08) entire document	1-21
A	CN 202218161 U (LIU, CHUANG) 09 May 2012 (2012-05-09) entire document	1-21
A	DE 102016006549 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG) 30 November 2017 (2017-11-30) entire document	1-21

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 June 2019

Date of mailing of the international search report

04 July 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
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/CN2019/084328

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105871215	A	17 August 2016	None			
CN	104506039	A	08 April 2015	None			
CN	202218161	U	09 May 2012	None			
DE	102016006549	A1	30 November 2017	EP	3465896	A1	10 April 2019
				WO	2017202900	A1	30 November 2017
				US	2019097543	A1	28 March 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/084328

<p>A. 主题的分类 H02M 3/335 (2006.01) i</p> <p>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</p>																	
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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; IEEE: 谐振, 电感, 电流, 采样, 采集, 检测, 过流, 过电流, 整流, 双向, 直流, DC, resonan+, inductor, bidirection+, over, current, sample, collect, detect, rectif+</p>																	
<p>C. 相关文件</p> <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>X</td> <td>CN 105871215 A (华南理工大学) 2016年 8月 17日 (2016 - 08 - 17) 说明书第0017-0020段, 附图1-2</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104506039 A (石家庄通合电子科技股份有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 202218161 U (刘闯) 2012年 5月 9日 (2012 - 05 - 09) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>DE 102016006549 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG) 2017年 11月 30日 (2017 - 11 - 30) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 105871215 A (华南理工大学) 2016年 8月 17日 (2016 - 08 - 17) 说明书第0017-0020段, 附图1-2	1-21	A	CN 104506039 A (石家庄通合电子科技股份有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文	1-21	A	CN 202218161 U (刘闯) 2012年 5月 9日 (2012 - 05 - 09) 全文	1-21	A	DE 102016006549 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG) 2017年 11月 30日 (2017 - 11 - 30) 全文	1-21
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 105871215 A (华南理工大学) 2016年 8月 17日 (2016 - 08 - 17) 说明书第0017-0020段, 附图1-2	1-21															
A	CN 104506039 A (石家庄通合电子科技股份有限公司) 2015年 4月 8日 (2015 - 04 - 08) 全文	1-21															
A	CN 202218161 U (刘闯) 2012年 5月 9日 (2012 - 05 - 09) 全文	1-21															
A	DE 102016006549 A1 (KOSTAL LEOPOLD GMBH & CO KG) 2017年 11月 30日 (2017 - 11 - 30) 全文	1-21															
国际检索实际完成的日期	2019年 6月 19日	国际检索报告邮寄日期 2019年 7月 4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	受权官员 王璐 电话号码 (86-10)-62019451															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/084328

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	105871215	A	2016年 8月 17日	无			
CN	104506039	A	2015年 4月 8日	无			
CN	202218161	U	2012年 5月 9日	无			
DE	102016006549	A1	2017年 11月 30日	EP	3465896	A1	2019年 4月 10日
				WO	2017202900	A1	2017年 11月 30日
				US	2019097543	A1	2019年 3月 28日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)