



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103326552 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201310264330. 7

CN 203326872 U, 2013. 12. 04,

(22) 申请日 2013. 06. 28

JP 特开 2009-277577 A, 2009. 11. 26,

(73) 专利权人 成都多林电器有限责任公司

审查员 盛敏

地址 610000 四川省成都市新都工业区南二
路西段汉城路

(72) 发明人 曾晓林

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理事务所
(普通合伙) 51220

代理人 梁田

(51) Int. Cl.

H02M 1/32(2007. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2004-201360 A, 2004. 07. 15,

CN 101093963 A, 2007. 12. 26,

JP 特开 2004-201360 A, 2004. 07. 15,

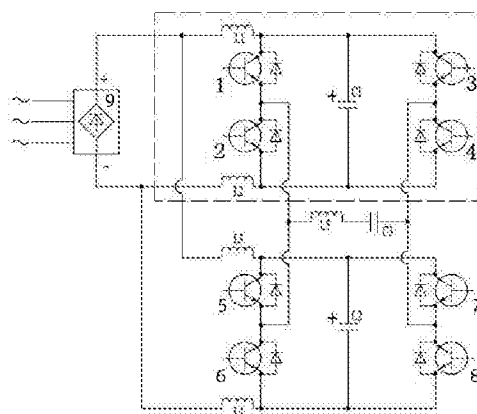
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系
统及全桥逆变单元

(57) 摘要

超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系
统,包括整流器和并联在整流器正负输出端之
间的至少两个全桥逆变单元,还包括谐振支路,所述
谐振支路由串联的谐振电感和谐振电容组成;所述
全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连
接有在全桥逆变单元感应加热时能隔离交流信号
的隔离电感。还公开了一种全桥逆变单元。采用
本发明所述的超大功率 IGBT 感应加热设备的电
流均衡系统,克服了多个功率器件并联工作由于
电流分配不均造成的功率开关器件容易损坏的技
术缺陷,使功率开关器件不用降额使用,提高了系
统可靠性和降低了生产成本。



1. 超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,包括整流器和并联在整流器正负输出端之间的至少两个全桥逆变单元,所述全桥逆变单元包括由四个桥臂组成的两个半桥作为逆变电路,所述全桥逆变单元的两个半桥的两个公共端之间跨接有滤波电容;所述桥臂由开关器件和开关器件上并联的续流二极管组成;

其特征在于,还包括谐振支路,所述谐振支路由串联的谐振电感和谐振电容组成;所述全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有在全桥逆变单元感应加热工作时能隔离交流信号的隔离电感,全桥逆变单元每个半桥的两个桥臂的公共节点分别连接谐振支路的两端;其中,隔离电感在感应加热的工作频率下的电抗远大于全桥逆变电路的内部电抗。

2. 如权利要求 1 所述超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,其特征在于,所述开关器件为 IGBT、GTR、MOSFET、SCR 中的任意一种。

3. 如权利要求 1 所述超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,其特征在于,所述桥臂为型号是 FF300R12KS4 的 IGBT 器件。

4. 如权利要求 2 或 3 所述超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,其特征在于,所述全桥逆变单元中隔离电感在感应加热工作频率下的电抗 X 符合下式 $X=KR$,其中 R 为谐振电流回路的整体电抗; K 为预设的分流系数;

所述 $R=R_1+R_2+R_3$,其中 R_1 和 R_2 分别为两个开关器件的饱和导通电阻, R_3 为谐振支路在感应加热工作频率下的阻抗。

5. 如权利要求 4 所述超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,其特征在于,所述 $R_3=0$ 。

6. 如权利要求 4 所述超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,其特征在于,所述 $K \geq 10$ 。

7. 一种全桥逆变单元,包括由四个桥臂组成的两个半桥作为逆变电路,所述全桥逆变单元两个半桥的两个公共端之间跨接有滤波电容;所述桥臂由开关器件和与开关器件并联的续流二极管组成,其特征在于,所述全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有在全桥逆变单元感应加热工作时能隔离交流信号的隔离电感;其中,隔离电感在感应加热的工作频率下的电抗远大于全桥逆变电路的内部电抗。

8. 如权利要求 7 所述全桥逆变单元,其特征在于,所述开关器件为 IGBT、GTR、MOSFET、SCR 中的任意一种。

超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统及全桥逆变单元

技术领域

[0001] 本发明属于电力电子领域,具体涉及 IGBT 中频、超音频感应加热设备逆变系统,特别是涉及一种超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统及全桥逆变单元。

背景技术

[0002] 感应加热技术目前对金属材料加热效率最高、速度最快,且低耗环保。它已经广泛应用于各行各业对金属材料的热加工、热处理、热装配及焊接、熔炼等工艺中。它不但可以对工件整体加热,还能对工件局部的针对性加热;可实现工件的深层透热,也可只对其表面、表层集中加热;不但可对金属材料直接加热,也可对非金属材料进行间接式加热,等等。因此,感应加热技术必将在各行各业中应用越来越广泛。

[0003] 全桥逆变电路通过 4 个开关器件的交替开关,实现交直流间的转换,如图 1 所示虚线框内,不包括电感 L1 和 L2 的为一种传统的全桥逆变电路,包括第一至第四 IGBT,其中第一 IGBT1 和第二 IGBT2,第三 IGBT3 和第四 IGBT4 分别构成左右两个半桥,两个半桥的两个公共端之间连接有滤波电容 C1。

[0004] 随着感应加热设备功率的不断增加,由单只 IGBT 组成的全桥、半桥逆变回路,已不能满足大功率 IGBT 中频、超音频感应加热设备的需要。这时只有使用多只 IGBT 并联工作的方式来组成全桥、半桥回路,来满足大功率 IGBT 中频、超音频感应加热设备的需要。多只 IGBT 并联使用时因器件参数不能完全一致,导致每只 IGBT 通过的电流不一致,从而只有降额使用 IGBT,即原本单机工作在 50KW 的设备,两路并联后通常只有 80KW 而并非 100KW,并且工作可靠性会下降。

[0005] 同时由于电压的频繁波动、浪涌电流、或者是输出负载短路都会使 IGBT 在短时间内承载很大的电流,很容易造成多只 IGBT 的击穿。

发明内容

[0006] 为克服传统简单并联全桥逆变单元造成器件降额使用,降低系统工作可靠性的技术缺陷。本发明公开了一种超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统及全桥逆变单元。

[0007] 本发明所述超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统,包括整流器和并联在整流器正负输出端之间的至少两个全桥逆变单元,所述全桥逆变单元包括由四个桥臂组成的两个半桥作为逆变电路,所述全桥逆变单元的两个半桥的两个公共端之间跨接有滤波电容;所述桥臂由开关器件和开关器件上并联的续流二极管组成;还包括谐振支路,所述谐振支路由串联的谐振电感和谐振电容组成;所述全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有在全桥逆变单元感应加热工作时能隔离交流信号的隔离电感,全桥逆变单元每个半桥的两个桥臂的公共节点分别连接谐振支路的两端。

[0008] 基于上述基本实现方式,本发明第一种优选方案为,所述开关器件为 IGBT、GTR、MOSFET、SCR 中的任意一种。

[0009] 基于上述基本实现方式,本发明第二种优选方案为,所述桥臂为型号是FF300R12KS4的IGBT器件。

[0010] 基于上述基本实现方式,本发明第三种优选方案为,如第一或第二种优选方案所述超大功率IGBT感应加热设备的电流均衡系统所述全桥逆变单元中隔离电感在感应加热工作频率下的电抗 X 符合下式 $X=KR$,其中 R 为谐振电流回路的整体电抗; K 为预设的分流系数;

[0011] 所述 $R=R_1+R_2+R_3$,其中 R_1 和 R_2 分别为两个开关器件的饱和导通电阻, R_3 为谐振支路在感应加热工作频率下的阻抗。

[0012] 基于上述第三种优选方案,所述 $R_3=0$ 。

[0013] 基于上述第三种优选方案,所述 $K \geq 10$ 。

[0014] 一种全桥逆变单元,包括由四个桥臂组成的两个半桥作为逆变电路,所述全桥逆变单元两个半桥的两个公共端之间跨接有滤波电容;所述桥臂由开关器件和与开关器件并联的续流二极管组成,所述全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有在全桥逆变单元感应加热工作时能隔离交流信号的隔离电感。

[0015] 优选的,所述开关器件为IGBT、GTR、MOSFET、SCR中的任意一种。

[0016] 采用本发明所述的超大功率IGBT感应加热设备的电流均衡系统,使用电感对各个全桥逆变单元之间实现交流隔离,避免逆变过程中由于开关器件整体参数存在差异造成的电流紊乱,使电流仅从预设全桥逆变单元内部流入流出,克服了电流分流造成的功率开关器件容易损坏的技术缺陷,使功率开关器件不用降额使用,提高了系统可靠性和降低了生产成本。

[0017] 隔离电感与滤波电容构成LCL三阶滤波电路,可有效削弱整流器正端或负端传输过来的浪涌电流,同时在某个全桥逆变单元内部器件发生短路时对电源产生的高压的情况下,可有效的降低其余全桥逆变单元电源端的尖峰电压,从而达到保护开关器件不被击穿的目的。

[0018] 采用本发明所述全桥逆变单元,可按功率要求并联数量不同的全桥逆变单元实现功率倍增,同时降低了由于各单元器件参数不均造成的器件损坏。

附图说明

[0019] 图1示出本发明一种具体实施方式的电路连接方式;

[0020] 图2示出本发明又一具体实施方式的模块化连接图;

[0021] 各图中附图标记名称为:1-第一IGBT 2-第二IGBT 3-第三IGBT 4-第四IGBT 5-第五IGBT 6-第六IGBT 7-第七IGBT 8-第八IGBT 9-整流器 10-全桥逆变单元。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0023] 本发明所述超大功率IGBT感应加热设备的电流均衡系统,包括整流器和并联在整流器正负输出端之间的至少两个全桥逆变单元,所述全桥逆变单元包括由四个桥臂组成的两个半桥作为逆变电路,所述全桥逆变单元的两个半桥的两个公共端之间跨接有滤波电容;所述桥臂由开关器件和开关器件上并联的续流二极管组成;还包括谐振支路,所述谐

振支路由串联的谐振电感和谐振电容组成；所述全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有在全桥逆变单元感应加热工作时能隔离交流信号的隔离电感，全桥逆变单元每个半桥的两个桥臂的公共节点分别连接谐振支路的两端。

[0024] 全桥逆变电路广泛运用于交直流转换的应用场合，通过开关器件的互补开关方式将直流电转化为一定频率的交流电输出，如图 1 所示本发明的一个具体实施例，开关器件为 IGBT 管，虚线框内的桥臂包括 IGBT 和与 IGBT 并联的续流二极管，位于同一半桥的两管互补开关，而两个半桥对角线上的开关器件是同时开关的，例如第一 IGBT1、第四 IGBT4 同时开关，第二 IGBT2、第三 IGBT3 同时开关。电压型全桥逆变器由大容量滤波电容稳定输出电压，谐振支路连接在全桥逆变单元两个半桥的开关器件公共节点之间，在图 1 中，虚线框内全桥逆变单元的两个半桥的开关器件公共节点即第一 IGBT1、第二 IGBT2 管的公共端和第三 IGBT3、第四 IGBT4 管的公共端。谐振支路的谐振频率一般设置在工作频率附近，减小谐振支路的阻抗，以增大输出功率。

[0025] 为提高输出功率，可以并联多个上述全桥逆变单元实现功率倍增。为实现更好的并联效果，本发明在传统的全桥逆变单元基础上做了改进，具体实现方式如图 1，在全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有隔离电感，隔离电感的作用是将全桥逆变单元工作时的交流电流隔离在全桥逆变单元内部，避免交流电流通过隔离电感这条支路流至其他并联的全桥逆变单元。

[0026] 为达到隔离效果，隔离电感在感应加热的工作频率下的电抗应该远大于全桥逆变电路的内部电抗，以图 1 为例，对虚线框内的全桥逆变单元，假定此时第一 IGBT1、第四 IGBT4 打开，第二 IGBT2、第三 IGBT3 关闭，为保证电流全部从第一 IGBT1 到谐振支路再到第四 IGBT4 这一电流回路，而不会到第八 IGBT8，为达到这一具有实际意义的隔离效果，隔离电感 $L1$ 在感应加热工作频率下的电抗 X 应该远大于谐振电流回路的整体电抗 R 即 $X \gg R$ ，我们令 $X = KR$ ，其中 K 为预设的分流系数，所述 $R = R1 + R2 + R3$ ，其中 $R1$ 和 $R2$ 分别为振荡回路导通时的两个 IGBT 的饱和导通电阻； $R3$ 为谐振支路在感应加热工作频率下的阻抗。理想状态下，感应加热工作频率应该与谐振频率相等，此时 $R3 = 0$ 。但实际情况中通常存在一定偏差，所述谐振频率为谐振支路上的谐振电感和谐振电容发生谐振时的频率。由于偏差的存在，使得 $R3$ 不为零，但为了计算简化，可以忽略 $R3$ ，计算整体电抗 R 时不考虑 $R3$ 。

[0027] 一般来说， K 应该大于或等于 10，根据电路分析原理，此时电源端的电抗为谐振电流回路电抗的 10 倍，根据电抗越大对电流阻碍就越大的原则，此时认为达到了较好的隔离效果，当然电感值越大，隔离效果越好，但电感的增大带来设备体积和成本的增加，并且还会增加电路整体的损耗。因此需要设计者根据实际情况折衷考虑。

[0028] 为了将每路全桥逆变单元的正极和负极都能达到好的隔离效果，我们将隔离电感 $L1$ 和 $L2$ 的取值一样。

[0029] 本发明中采用隔离电感的作用还体现在：电感 $L1$ 、 $L2$ 和电容 $C1$ ，或电感 $L3$ 、 $L4$ 和电容 $C2$ ，可以分别构成 LCL 三阶滤波电路，可有效削弱整流器 9 正端或负端传输过来的浪涌电流，同时在并联的某个全桥逆变单元中的开关器件发生短路时对电源产生的高压的情况下，可有效的降低图 2 其余全桥逆变单元开关器件电源端的尖峰电压，从而达到保护其不被击穿的目的。

[0030] 图 1 示出的本发明一种具体实施方式中，包括两个全桥逆变单元，开关器件优选

采用绝缘栅双极型晶体管 (IGBT), IGBT 是由 BJT (双极型三极管) 和 MOS (绝缘栅型场效应管) 组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件, 利用 MOS 管电流提供 BJT 的基极驱动电流, 兼有 MOSFET 的高输入阻抗和 BJT 的低导通压降两方面的优点。BJT 饱和压降低, 载流密度大, 但驱动电流较大; MOSFET 驱动功率很小, 开关速度快, 但导通压降大, 载流密度小。IGBT 综合了以上两种器件的优点, 驱动功率小而饱和压降低。非常适合应用于直流电压为 600V 及以上的变流系统如交流电机、变频器、开关电源、照明电路、牵引传动等领域。

[0031] 而且 IGBT 的饱和导通电阻很小, 在本发明中, 隔离电感取值时一般情况下不用考虑 IGBT 饱和导通电阻, 简化了隔离电感的取值计算工程, 增大了本发明的使用范围。

[0032] 本发明中, 优选采用 IGBT 作为开关器件, 也可以采用 GTR (功率晶体管)、MOSFET (金属半导体场效应管)、SCR (可控硅整流器) 等电压或电流信号控制开关的功率器件。

[0033] 图 2 给出本发明的扩展实施方式, 图中包括多个如前所述的全桥逆变单元 10, 所述的全桥逆变单元, 包括由四个桥臂组成的两个半桥作为逆变电路, 两个半桥的两个公共端之间跨接有滤波电容; 所述桥臂由开关器件和开关器件并联的续流二极管组成, 所述全桥逆变单元与整流器正负输出端之间分别连接有在全桥逆变单元感应加热工作时能隔离交流信号的隔离电感。

[0034] 如图 2 所示, 各个全桥逆变单元的输入端以本领域公知的方式分别连接整流器和谐振支路, 其中各个全桥逆变单元的每个半桥中的两个桥臂公共节点分别都连接在谐振支路的两端, 通过并联方式实现输出功率的倍增。

[0035] 采用本发明所述的超大功率 IGBT 感应加热设备的电流均衡系统, 使用电感对各个全桥逆变单元之间实现交流隔离, 避免逆变过程中由于开关器件整体参数存在差异造成的电流紊乱, 使电流仅从预设全桥逆变单元内部流入流出, 克服了电流分流造成的功率开关器件容易损坏的技术缺陷, 使功率开关器件不用降额使用, 提高了系统可靠性和降低了生产成本。

[0036] 隔离电感与滤波电容构成 LCL 三阶滤波电路, 可有效削弱整流器正端或负端传输过来的浪涌电流, 同时在某个全桥逆变单元内部器件发生短路时对电源产生的高压的情况下, 可有效的降低其余全桥逆变单元电源端的尖峰电压, 从而达到保护开关器件不被击穿的目的。

[0037] 采用本发明所述全桥逆变单元, 虽然每个单元都增加了隔离电感, 但可按功率要求并联数量不同的全桥逆变单元实现功率倍增, 同时降低了由于各单元器件参数不均造成的器件损坏。使得对器件均一性的要求大大降低, 大量使用的开关器件成本整体降低, 综合考虑实际减少了电路构建成本。

[0038] 前文所述的为本发明的各个优选实施例, 各个优选实施例中的优选实施方式如果不是明显自相矛盾或以某一优选实施方式为前提, 各个优选实施方式都可以任意叠加组合使用, 所述实施例以及实施例中的具体参数仅是为了清楚表述发明人的发明验证过程, 并非用以限制本发明的专利保护范围, 本发明的专利保护范围仍然以其权利要求书为准, 凡是运用本发明的说明书及附图内容所作的等同结构变化, 同理均应包含在本发明的保护范围内。

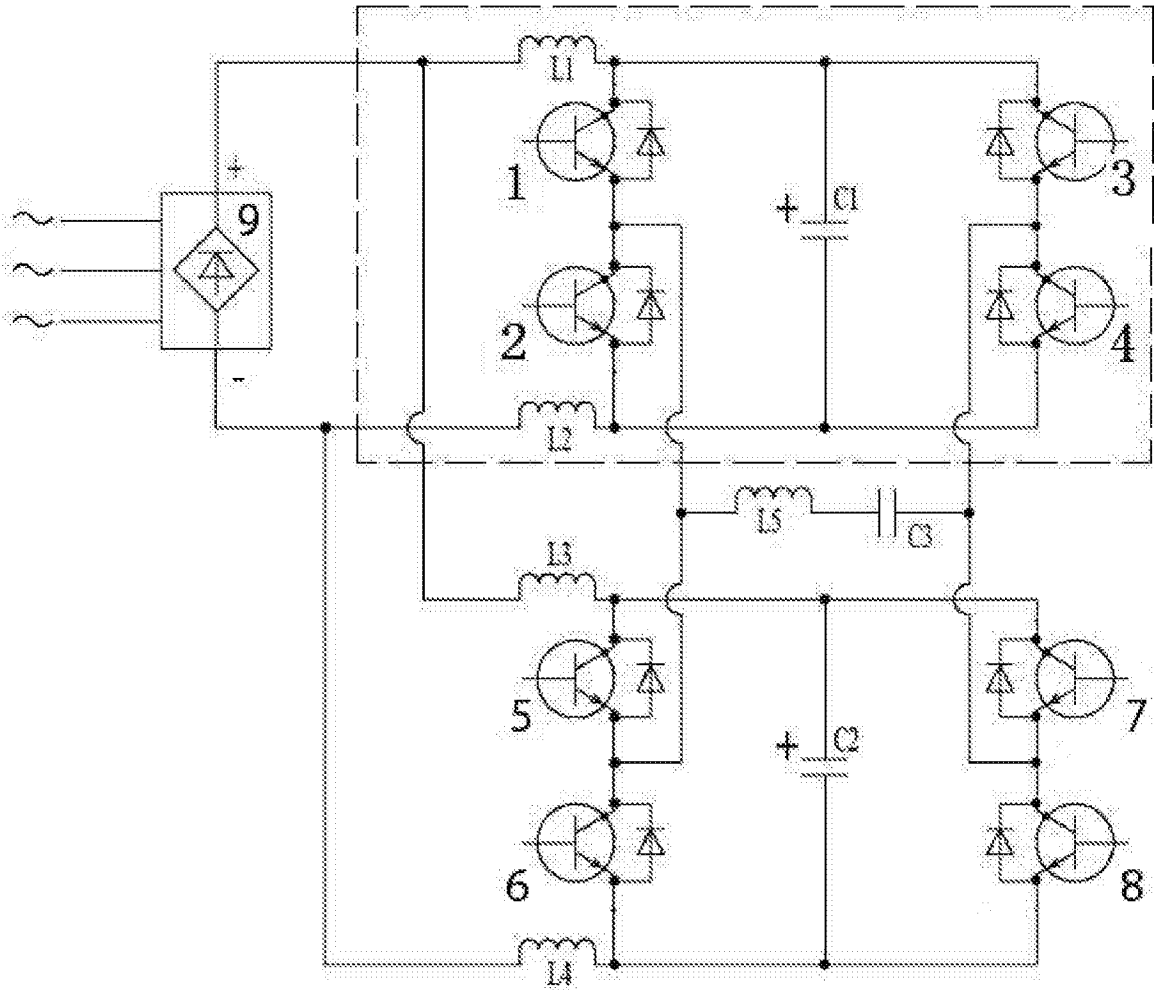


图 1

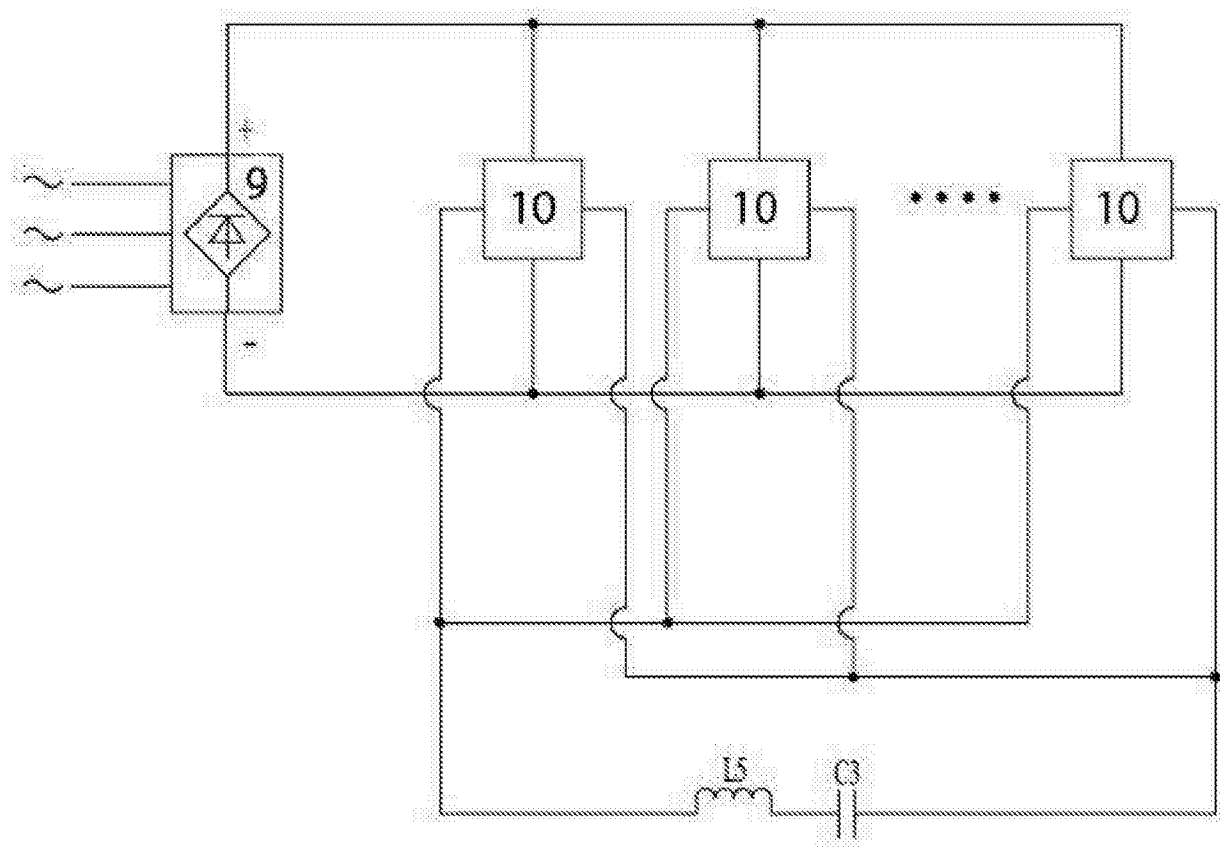


图 2