



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112436780 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 15

(21) 申请号 202011133767.3

(22) 申请日 2020.10.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112436780 A

(43) 申请公布日 2021.03.02

(73) 专利权人 华为数字能源技术有限公司
地址 518043 广东省深圳市福田区香蜜湖
街道香安社区安托山六路33号安托山
总部大厦A座研发39层01号

(72) 发明人 陈跃 章雪亮 封宁波

(51) Int. Cl.

H02P 27/08 (2006.01)

H02M 7/487 (2007.01)

H02M 3/335 (2006.01)

B60L 15/32 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101588126 A, 2009.11.25

CN 102255548 A, 2011.11.23

CN 102412734 A, 2012.04.11

CN 104167971 A, 2014.11.26

CN 106451544 A, 2017.02.22

CN 110611448 A, 2019.12.24

CN 202405797 U, 2012.08.29

JP 2009268189 A, 2009.11.12

审查员 余雯雯

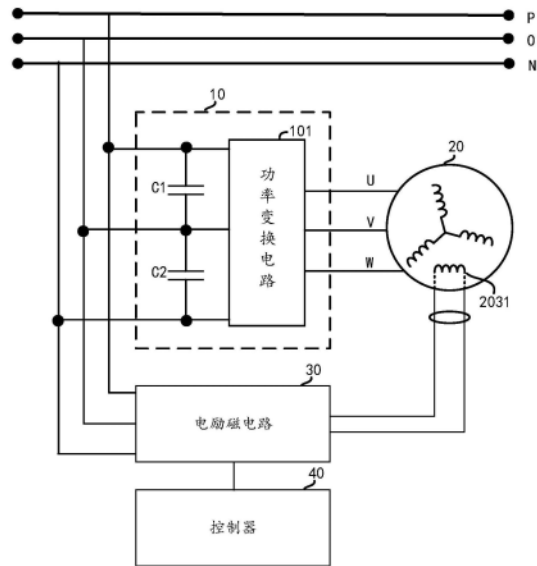
权利要求书3页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

一种电驱动系统、动力总成以及电动汽车

(57) 摘要

本申请提供了一种电驱动系统、动力总成及电动汽车,涉及电力电子技术领域。该电驱动系统用于驱动电机,电机包括了励磁绕组,该电驱动系统包括:母线、三电平逆变电路、电励磁电路和控制器。其中,母线包括正母线和负母线;三电平逆变电路包括第一母线电容和第二母线电容;第一母线电容连接在正母线和母线中点间,第二母线电容连接在负母线和所述母线中点间;电励磁电路的第一输入端与第一母线电容并联,电励磁电路的第二输入端与第二母线电容并联,电励磁电路的输出端连接电机的励磁绕组;控制器用于控制电励磁电路的工作状态,以使母线中点的电位平衡。利用该电驱动系统,提升了对母线中点电位的调节能力。



1. 一种电驱动系统,用于连接动力电池组以驱动电机,所述电机包括励磁绕组,其特征在于,所述电驱动系统包括:母线、三电平逆变电路、电励磁电路和控制器;其中,

所述母线包括正母线和负母线;

所述三电平逆变电路包括第一母线电容和第二母线电容;

所述第一母线电容连接在所述正母线和母线中点间,所述第二母线电容连接在所述负母线和所述母线中点间;

所述电励磁电路的第一输入端与所述第一母线电容并联,所述电励磁电路的第二输入端与所述第二母线电容并联,所述电励磁电路的输出端连接所述励磁绕组;

所述控制器用于控制所述电励磁电路的工作状态,以使所述母线中点的电位平衡。

2. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其特征在于,所述电励磁电路包括第一励磁电路和第二励磁电路;

所述第一励磁电路的输入端为所述电励磁电路的第一输入端;

所述第二励磁电路的输入端为所述电励磁电路的第二输入端。

3. 根据权利要求2所述的电驱动系统,其特征在于,第一励磁电路的输出端与所述第二励磁电路的输出端并联,然后连接所述电励磁电路的输出端;

所述控制器根据所述母线的电压采样值以及所述三电平逆变电路的输出电流采样值中的至少一项,以及所述励磁绕组所需的励磁电流,控制所述第一励磁电路和第二励磁电路的工作状态。

4. 根据权利要求3所述的电驱动系统,其特征在于,所述控制器通过调节所述第一励磁电路和所述第二励磁电路的控制信号的开关频率,以调节所述第一励磁电路和所述第二励磁电路的输出电流;所述第一励磁电路的输出电流大小与所述正母线和母线中点的电位的偏移幅值正相关,所述第二励磁电路的输出电流大小与所述负母线和母线中点的电位的偏移幅值正相关。

5. 根据权利要求3或4所述的电驱动系统,其特征在于,所述第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路和第一整流电路,所述第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路和第二整流电路;

所述第一LLC谐振变换电路的输入端为所述第一励磁电路的输入端,所述第一LLC谐振变换电路的输出端连接所述第一整流电路输入端,所述第一整流电路输出端为所述第一励磁电路的输出端;

所述第二LLC谐振变换电路的输入端为所述第二励磁电路的输入端,所述第二LLC谐振变换电路的输出端连接所述第二整流电路输入端,所述第二整流电路输出端为所述第二励磁电路的输出端;

所述控制器用于控制所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的工作状态。

6. 根据权利要求5所述的电驱动系统,其特征在于,所述第一整流电路和所述第二整流电路包括可控开关管,所述控制器通过控制所述可控开关管的工作状态,以调节所述第一整流电路和所述第二整流电路的输出电流。

7. 根据权利要求2所述的电驱动系统,其特征在于,所述电励磁电路还包括第三整流电路,所述第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路,所述第二励磁电路包括第二LLC谐振变

换电路；

所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的原边绕组的同名端相同、线圈匝数相同且共用一个变压器的磁芯,所述变压器的副边绕组连接所述第三整流电路；

所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的谐振频率相同；

所述第三整流电路的输出端为所述电励磁电路的输出端。

8. 根据权利要求7所述的电驱动系统,其特征在于,所述控制器根据相同的控制信号控制所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的工作状态。

9. 根据权利要求8所述的电驱动系统,其特征在于,所述控制器根据所述励磁绕组所需的励磁电流,调节所述控制信号的开关频率。

10. 根据权利要求7-9中任一项所述的电驱动系统,其特征在于,所述第三整流电路包括可控开关管,所述控制器通过控制所述可控开关管的工作状态,以调节所述第三整流电路的输出电流。

11. 根据权利要求1所述的电驱动系统,其特征在于,所述控制器还用于控制所述三电平逆变电路的工作状态。

12. 一种电励磁电路,其特征在于,所述电励磁电路包括:第一输入端、第二输入端、第三输入端、输出端和控制端；

所述第一输入端连接电驱动系统的正母线,所述第二输入端连接母线中点,所述第三输入端连接电驱动系统的负母线；

所述输出端用于连接电机的励磁绕组,用于向所述励磁绕组输出励磁电流；

所述控制端用于接收控制信号；

所述电励磁电路用于在所述控制信号的控制下,使所述母线中点的电位平衡。

13. 根据权利要求12所述的电励磁电路,其特征在于,所述电励磁电路包括第一励磁电路和第二励磁电路；

所述第一励磁电路的输入端的第一端口为所述第一输入端,所述第一励磁电路的输入端的第二端口为所述第二输入端；

所述第二励磁电路的输入端的第一端口为所述第三输入端,所述第二励磁电路的输入端的第二端口为所述第二输入端。

14. 根据权利要求13所述的电励磁电路,其特征在于,所述第一励磁电路的输出端与所述第二励磁电路的输出端并联,然后连接所述电励磁电路的输出端。

15. 根据权利要求14所述的电励磁电路,其特征在于,所述第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路和第一整流电路,所述第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路和第二整流电路；

所述第一LLC谐振变换电路的输入端为所述第一励磁电路的输入端,所述第一LLC谐振变换电路的输出端连接所述第一整流电路输入端,所述第一整流电路输出端为所述第一励磁电路的输出端；

所述第二LLC谐振变换电路的输入端为所述第二励磁电路的输入端,所述第二LLC谐振变换电路的输出端连接所述第二整流电路输入端,所述第二整流电路输出端为所述第二励磁电路的输出端。

16. 根据权利要求13所述的电励磁电路,其特征在于,所述电励磁电路还包括第三整流

电路,所述第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路,所述第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路;

所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的原边绕组的同名端相同、线圈匝数相同且共用一个变压器的磁芯,所述变压器的副边绕组连接所述第三整流电路;

所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的谐振频率相同;

所述第三整流电路的输出端为所述电励磁电路的输出端。

17.一种动力总成,其特征在于,所述动力总成包括权利要求1-11中任意一项所述的电驱动系统,还包括电机;

所述电机为混合励磁电机或电励磁电机;

所述电机连接所述三电平逆变电路的输出端;

所述电机用于将电能转换为机械能以驱动电动汽车。

18.一种电动汽车,其特征在于,包括权利要求17所述的动力总成,还包括动力电池组;所述动力电池组用于为所述动力总成提供所需的直流电源。

一种电驱动系统、动力总成以及电动汽车

技术领域

[0001] 本申请涉及电力电子技术领域,尤其涉及一种电驱动系统、控制方法、电励磁电路、动力总成及电动汽车。

背景技术

[0002] 随着现代社会能源短缺和环境污染问题的加剧,电动汽车作为新能源汽车受到了各界的广泛关注。由于电动汽车的电驱动系统直接影响电动汽车的安全性与效率,因此电驱动系统一直是研究热点。

[0003] 三电平电驱动系统与传统的两电平电驱动系统相比,可以有效提升电驱动系统的NEDC(New European Driving Cycle,新欧洲驾驶周期)效率、降低输出电压谐波含量并优化电磁干扰性能,因此三电平电驱动系统逐渐成为研究的对象。

[0004] 参见图1,该图为现有的一种三电平逆变电路的示意图。

[0005] 三电平逆变电路10用于将动力电池组提供的直流电转换为交流电后提供给电机20。三电平逆变电路10母线中点(图中0电)电位的平衡程度直接影响到了三电平电驱动系统的性能,因此如何使母线中点的电位平衡至关重要。

[0006] 现有技术可以通过基于SVPWM(Space Vector Pulse Width Modulation,空间矢量脉宽调制)的软件控制方式调节三电平逆变电路10的母线中点电位,但该方式调节能力有限,当母线中点电位偏移量较大时,难以实现母线中点电位的平衡。

发明内容

[0007] 为了解决现有技术存在的上述问题,本申请提供了一种电驱动系统、控制方法、电励磁电路、动力总成及电动汽车,提升了对母线中点电位的调节能力。

[0008] 第一方面,本申请提供了一种电驱动系统,该电驱动系统的输入端连接电动汽车的动力电池组,用于驱动电机,该电机为电励磁电机或混合励磁电机,电机中包括励磁绕组。该电驱动系统包括:母线、三电平逆变电路、电励磁电路和控制器。其中,母线包括正母线和负母线。三电平逆变电路包括第一母线电容和第二母线电容。第一母线电容连接在正母线和母线中点间,第二母线电容连接在负母线和母线中点间。电励磁电路的第一输入端与第一母线电容并联,电励磁电路的第二输入端与第二母线电容并联,电励磁电路的输出端连接励磁绕组;控制器用于控制电励磁电路的工作状态,以使母线中点的电位平衡。

[0009] 该电驱动系统的电励磁电路的输入端分别从两个母线电容取电,控制器通过控制电励磁电路的工作状态,以对电机中的励磁绕组进行励磁,同时控制电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。该方案通过复用励磁电路,不需增加额外的均衡电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。

[0010] 此外,现有的电励磁电路从动力电池组直接取电时,对其功率器件的耐压值要求较高,导致选型困难,成本较高。而本申请方案分别从两个母线电容取电,电励磁电路中的

功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率器件,便于选型设计。另一方面,在动力电池组体积不变的情况下,目前为了最大程度增加电动汽车的续航里程,往往会选择高压动力电池组供电,本申请提供的电驱动系统也更加便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0011] 结合第一方面,在第一种可能的实现方式中,电励磁电路包括第一励磁电路和第二励磁电路。第一励磁电路的输入端为电励磁电路的第一输入端,第二励磁电路的输入端为电励磁电路的第二输入端。两路励磁电路分别从两个母线电容取电。

[0012] 结合第一方面,在第二种可能的实现方式中,第一励磁电路的输出端与第二励磁电路的输出端并联,然后连接电励磁电路的输出端,以为励磁绕组输出励磁电流。控制器根据母线的电压采样值以及三电平逆变电路的输出电流采样值中的至少一项,以及励磁绕组所需的励磁电流,控制第一励磁电路和第二励磁电路的工作状态。

[0013] 其中,母线电压的采样值直接表征了当前正、负母线的电压,当正母线的电压采样值和负母线的电压采样值的绝对值大小不同时,表征此时母线中点的电位不均衡。

[0014] 三电平逆变电路的输出电流可以表征当前正、负母线的电压情况,当母线中点的电位均衡时,输出电流的直流分量为零;当正母线的电压高于负母线的电压时,输出电流的直流分量大于零;当正母线的电压低于负母线的电压时,输出电流的直流分量小于零。

[0015] 结合第一方面,在第三种可能的实现方式中,控制器通过调节第一励磁电路和第二励磁电路的控制信号的开关频率,以调节第一励磁电路和第二励磁电路的输出电流。第一励磁电路的输出电流大小与正母线和母线中点的电位的偏移幅值正相关,第二励磁电路的输出电流大小与负母线和母线中点的电位的偏移幅值正相关。

[0016] 对于混合励磁电机,励磁绕组所需的励磁电流与电机的输出扭矩呈正相关关系,而三电平逆变电路的母线电位偏移幅值与电机的输出扭矩同样呈正相关关系。因此在确保励磁绕组的励磁电流大小满足当前需求的前提下,当励磁电路输入端电位偏移幅值越高,则该路励磁电路的输出电流越大,以消耗更多的电量,实现母线中点电位的平衡。

[0017] 结合第一方面,在第四种可能的实现方式中,第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路和第一整流电路,第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路和第二整流电路。第一LLC谐振变换电路的输入端为第一励磁电路的输入端,第一LLC谐振变换电路的输出端连接第一整流电路输入端,第一整流电路输出端为第一励磁电路的输出端。第二LLC谐振变换电路的输入端为第二励磁电路的输入端,第二LLC谐振变换电路的输出端连接第二整流电路输入端,第二整流电路输出端为第二励磁电路的输出端。控制器控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的工作状态。

[0018] 结合第一方面,在第五种可能的实现方式中,第一整流电路和第二整流电路包括可控开关管,控制器通过控制可控开关管的工作状态,以调节第一整流电路和第二整流电路的输出电流。

[0019] 结合第一方面,在第六种可能的实现方式中,电励磁电路还包括第三整流电路,第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路,第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路;第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的原边绕组的同名端相同、线圈匝数相同且共用一个变压器的磁芯,变压器的副边绕组连接所述第三整流电路。第一LLC谐振变换电路和第二

LLC谐振变换电路的谐振频率相同;第三整流电路的输出端为电励磁电路的输出端。

[0020] 结合第一方面,在第七种可能的实现方式中,控制器根据相同的控制信号控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的工作状态。此时由于变压器原边的两个绕组同名端相同且共用磁芯,即为正激的变压器关系,因此两个LLC谐振变换电路之间存在能量的交换。能量会从输入电压高的LLC谐振变换电路向输入电压低的LLC谐振变换电路转移,进而实现母线中点电位的均衡。

[0021] 结合第一方面,在第八种可能的实现方式中,控制器根据励磁绕组所需的励磁电流,调节控制信号的开关频率。

[0022] 结合第一方面,在第九种可能的实现方式中,第三整流电路包括可控开关管,控制器通过控制可控开关管的工作状态,以调节第三整流电路的输出电流。

[0023] 结合第一方面,在第十种可能的实现方式中,控制器还用于控制所述三电平逆变电路的工作状态,即控制器和三电平逆变电路的控制器可以集成在一起。

[0024] 第二方面,本申请还提供了一种电驱动系统的控制方法,该方法包括:根据母线的电压采样值以及三电平逆变电路的输出电流采样值中的至少一项,确定母线电压的状态;通过控制电励磁电路的工作状态,以使母线中点的电位均衡。

[0025] 第三方面,本申请还提供了一种电励磁电路,该电励磁电路包括:第一输入端、第二输入端、第三输入端、输出端和控制端。第一输入端连接电驱动系统的正母线,第二输入端连接母线中点,第三输入端连接电驱动系统的负母线;输出端连接电机的励磁绕组,用于向励磁绕组输出励磁电流,控制端用于接收控制信号。电励磁电路用于在控制信号的控制下,使母线中点的电位平衡。

[0026] 结合第三方面,在第一种可能的实现方式中,电励磁电路包括第一励磁电路和第二励磁电路。第一励磁电路的输入端的第一端口为第一输入端,第一励磁电路的输入端的第二端口为第二输入端。第二励磁电路的输入端的第一端口为第三输入端,第一励磁电路的输入端的第二端口为第二输入端。

[0027] 结合第三方面,在第二种可能的实现方式中,第一励磁电路的输出端与第二励磁电路的输出端并联,然后连接电励磁电路的输出端。

[0028] 结合第三方面,在第三种可能的实现方式中,第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路和第一整流电路,第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路和第二整流电路。第一LLC谐振变换电路的输入端为第一励磁电路的输入端,第一LLC谐振变换电路的输出端连接第一整流电路输入端,第一整流电路输出端为第一励磁电路的输出端。第二LLC谐振变换电路的输入端为第二励磁电路的输入端,第二LLC谐振变换电路的输出端连接第二整流电路输入端,第二整流电路输出端为第二励磁电路的输出端。

[0029] 结合第三方面,在第四种可能的实现方式中,电励磁电路还包括第三整流电路,第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路,第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路。第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的原边绕组的同名端相同、线圈匝数相同且共用一个变压器的磁芯,变压器的副边绕组连接第三整流电路;第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的谐振频率相同;第三整流电路的输出端为电励磁电路的输出端。

[0030] 第四方面,本申请还提供了一种动力总成,该动力总成包括以上提供的电驱动系统,还包括电机。其中,电机为电励磁电机或混合励磁电机,电机连接三电平逆变电路的输

出端;电机用于将电能转换为机械能以驱动电动汽车。

[0031] 第五方面,本申请还提供了一种电动汽车,该电动汽车包括以上提供的动力总成和动力电池组。其中,该动力电池组用于为动力总成提供所需的直流电源。

附图说明

- [0032] 图1为现有的一种三电平逆变电路的示意图;
- [0033] 图2为图1对应的三电平电驱动系统的示意图;
- [0034] 图3为现有的一种混合励磁电机的示意图;
- [0035] 图4为本申请实施例提供的一种电驱动系统的示意图;
- [0036] 图5为一种中点箝位型三电平逆变电路的示意图;
- [0037] 图6为另一种中点箝位型三电平逆变电路的示意图;
- [0038] 图7为一种有源中点箝位型三电平逆变电路的示意图;
- [0039] 图8为本申请实施例提供的另一种电驱动系统的示意图;
- [0040] 图9为本申请实施例提供的又一种电驱动系统的示意图;
- [0041] 图10为本申请实施例提供的一种电驱动系统的控制方法的流程图;
- [0042] 图11为本申请实施例提供的一种电励磁电路的示意图;
- [0043] 图12为本申请实施例提供的另一种电励磁电路的示意图;
- [0044] 图13为本申请实施例提供的一种电动汽车的动力总成的示意图;
- [0045] 图14为本申请实施例提供的一种电动汽车的示意图。

具体实施方式

[0046] 为了使本领域技术人员更好地理解本申请实施例提供的技术方案,下面首先介绍本申请提供的电驱动系统的应用场景。

[0047] 参见图2,该图为图1对应的三电平电驱动系统的示意图。

[0048] 三电平电驱动系统采用三电平变换器10将动力电池组提供的直流电转换为交流电后提供给电机20。

[0049] 该电机20为混合励磁电机或电励磁电机,电机20中包括了励磁绕组2031。电机20在工作时,电励磁电路30向励磁绕组2031输出励磁电流。

[0050] 下面以电机20为混合励磁电机为例具体说明。

[0051] 混合励磁电机将永磁励磁和电励磁两种励磁方式进行合理的结合,适当改变电机的拓扑结构,最大限度综合两者优势又克服各自的缺陷,不仅保持了电驱动系统的较高效率和功率密度,同时让电驱动系统具有励磁可调、调速范围宽等特性。

[0052] 从混合励磁电机内的永磁体磁势与电励磁磁势的相互作用关系来看,混合励磁电机一般可归结为三种类型,即:串联磁路型、并联磁路型和串并联混合磁路型。对于串联磁路型,永磁体的磁势与电励磁产生的磁势相串联,共同形成气隙磁场。对于并联磁路型,通常存在径向磁路和轴向磁路,永磁磁场磁路与电励磁磁场回路相互独立,但在气隙中相互作用,共同形成电机主磁场。对于串并联混合磁路型,永磁体磁路与电励磁磁路既有串联部分,又有并联部分,共同形成电机主磁场。

[0053] 下面以并联磁路类型的混合励磁电机为例进行说明。

[0054] 参见图3,该图为现有的一种混合励磁电机的示意图。

[0055] 并联磁路型的混合励磁电机的永磁部分202和电励磁部分203位于转轴204上,且共用一套电枢绕组201。

[0056] 在并联结构混合励磁电机中,永磁部分202和电励磁部分203共同产生电机主磁场,实现电机气隙磁场调节和控制,改善电机调速、驱动性能或调压保护特性。为最大程度继承永磁电机高效率的优点,励磁源主要由永磁部分20提供,电励磁部分203中包括励磁绕组2031。

[0057] 电励磁电路30从电动汽车的动力电池组获取直流电,并向励磁绕组2031输出励磁电流,通过改变向励磁绕组2031输出的励磁电流的大小,实现增强或削弱主磁路磁通,进而起调节作用。

[0058] 对于三电平逆变电路10,其母线中点电位的平衡程度直接影响到了三电平逆变电路10中的功率器件的耐压、输出电流的谐波等诸多指标。现有技术可以通过基于SVPWM的软件控制方式调节三电平逆变电路10的母线中点电位,但该方式调节能力有限。

[0059] 例如在一些场景中,三电平逆变电路10的调制比较高、功率因素较低,此时母线中点电位可能出现几十伏的电压波动,超出了软件控制方式调节范围,此时不能实现母线电位的均衡。

[0060] 当电驱动系统驱动的电机为电励磁电机时,同样存在以上问题,本申请实施例在此不再赘述。

[0061] 为了解决现有技术存在的以上问题,本申请提供了一种电驱动系统、电励磁电路、控制方法、动力总成及电动汽车,该电励磁电路的第一输入端与第一母线电容并联,电励磁电路的第二输入端与第二母线电容并联,即电励磁电路分别从两个母线电容取电。控制器用于控制电励磁电路的工作状态,以对电机中的励磁绕组进行励磁,同时控制电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。通过复用电励磁电路,该方案不需增加额外的均衡电路,并且当母线中点电位偏移量较大时,仍能实现母线中点电位的平衡。

[0062] 本申请说明中的“第一”、“第二”等用词仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量

[0063] 在本申请中,除非另有明确的规定和限定,术语“连接”应做广义理解,例如,“连接”可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是直接连接,也可以通过中间媒介间接连接。

[0064] 实施例一:

[0065] 本申请实施例提供了一种电机的电驱动系统,用于驱动电励磁电机以及混合励磁电机等存在励磁绕组和电励磁电路的电机,下面结合附图具体说明。

[0066] 参见图4,该图为本申请实施例提供的一种电驱动系统的示意图。

[0067] 该电驱动系统包括:母线、三电平逆变电路10、电励磁电路30和控制器40。

[0068] 母线包括正母线P和负母线N。

[0069] 三电平逆变电路10的输入端连接动力电池组60,输出端连接电机20,用于将动力电池组60提供的直流电转换为交流电后提供给电机20。

[0070] 三电平逆变电路10包括第一母线电容C1、第二母线电容C2和功率变换电路101。

[0071] 其中,第一母线电容C1连接在正母线P和母线中点O之间,第二母线电容C2连接在负母线N和母线中点O之间。

[0072] 在一些实施例中,三电平逆变电路10为中点箝位(Neutral Point Clamped,NPC)型三电平逆变电路。一并参见图4和图5所示的中点箝位型三电平逆变电路的示意图。其中,图4示出了功率变换电路101采用“T”型连接时的示意图。图5示出了功率变换电路101采用“T”型连接时的示意图。

[0073] 在另一些实施例中,三电平逆变电路10还可以为有源中点箝位(Active Neutral Point Clamped,ANPC)型三电平逆变电路,其电路的示意图可以参见图5所示。

[0074] 关于三电平逆变电路10的具体实现方式与工作原理为较为成熟的技术,本申请实施例在此不再赘述。

[0075] 电励磁电路30用于向励磁绕组2031输出励磁电流,通过改变向励磁绕组2031输出的励磁电流的频率和大小,实现增强或削弱主磁路磁通,进而改善电机调速、驱动性能或调压保护特性。

[0076] 其中,电励磁电路30的第一输入端与第一母线电容C1并联,电励磁电路的第二输入端与第二母线电容C2并联,即电励磁电路分别从两个母线电容取电。

[0077] 励磁绕组2031的励磁电流与电机的输出扭矩呈正相关关系,而三电平逆变电路10的母线电位偏移幅值与电机的输出扭矩同样呈正相关关系。因此在确保励磁绕组2031的励磁电流大小满足当前需求的前提下,控制器40通过控制电励磁电路30的工作状态,使得电励磁电路301从第一母线电容C1和第二母线电容C2不同的电量,进而使母线中点的电位实现均衡。

[0078] 本实施例中的控制器40可以为专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、可编程逻辑器件(Programmable Logic Device,PLD)、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)或其组合。上述PLD可以是复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device,CPLD)、现场可编程逻辑门阵列(Field-programmable Gate Array,FPGA)、通用阵列逻辑(Generic Array Logic,GAL)或其任意组合,本申请实施例对此不作具体限定。

[0079] 电励磁电路301中包括可控开关管,本申请实施例不具体限定可控开关管的类型,例如可以为绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor,IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor,MOSFET,以下简称MOS管)、SiC MOSFET(Silicon Carbide Metal Oxide Semiconductor,碳化硅场效应管)等。

[0080] 控制器40可以向可控开关管发送控制信号以控制可控开关管的工作状态。

[0081] 与现有技术相比,该电驱动系统的电励磁电路的输入端不从动力电池组取电,而是分别从两个母线电容取电,控制器通过控制电励磁电路的工作状态,使得电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。该方案通过复用电励磁电路,不需增加额外的均衡电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。

[0082] 此外,现有的电励磁电路从动力电池组直接取电时,对其功率器件的耐压值要求较高,导致选型困难,成本较高。而本申请方案分别从两个母线电容取电,电励磁电路中的

功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率器件,便于选型设计。

[0083] 另一方面,在动力电池组体积不变的情况下,目前为了最大程度增加电动汽车的续航里程,往往会选择高压动力电池组供电,例如采用输出电压为550V~850V的动力电池组供电,而现有技术中电励磁电路的输入端直接并联连接动力电池组,对其功率器件的耐压值要求较高,选型时需要选择耐高压(900V规格)、耐大电流的功率器件,导致功率器件选型和设计困难,成本高。而本申请中每路变换电路中的功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,不仅降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路电路可以选择耐压值更低(例如650V规格)的功率器件,便于选型与设计,本申请提供的电驱动系统也便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0084] 下面结合电励磁电路的具体实现方式进行说明。

[0085] 实施例二:

[0086] 参见图8,该图为本申请实施例提供的另一种电驱动系统的示意图。

[0087] 该电驱动系统的电励磁电路30包括第一励磁电路和第二励磁电路。

[0088] 其中,第一励磁电路的输入端为电励磁电路30的第一输入端。

[0089] 第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路301a和第一整流电路301b,第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路302a和第二整流电路302b。

[0090] 第一LLC谐振变换电路301a的输入端为第一励磁电路的输入端,第一LLC谐振变换电路301a的输出端连接第一整流电路301b的输入端。

[0091] 图示第一LLC谐振变换电路301a包括:开关管S1-S4形成的全桥逆变电路、电容Cr1、电感Lr1和第一变压器T1。

[0092] 第一整流电路301b输出端为第一励磁电路的输出端。

[0093] 第二励磁电路的输入端为电励磁电路30的第二输入端。

[0094] 第二LLC谐振变换电路302a的输入端为第二励磁电路的输入端,第二LLC谐振变换电路302a的输出端连接第二整流电路输入端。

[0095] 图示第二LLC谐振变换电路302a包括:开关管S5-S8形成的全桥逆变电路、电容Cr2、电感Lr2和第二变压器T2。

[0096] 第二整流电路302b的输出端为第二励磁电路的输出端。

[0097] 第一励磁电路的输出端与第二励磁电路的输出端并联,然后连接电励磁电路30的输出端。

[0098] 控制器用于控制第一LLC谐振变换电路301a和第二LLC谐振变换电路302a的工作状态,下面具体说明。

[0099] 控制器根据母线的电压采样值以及三电平逆变电路的输出电流采样值中的至少一项,以及励磁绕组所需的励磁电流,控制第一励磁电路和第二励磁电路的工作状态。

[0100] 下面首先说明利用母线的电压采样值实现母线中点电位均衡的原理。

[0101] 母线电压的采样值直接表征了当前正、负母线的电压,当正母线的电压采样值和负母线的电压采样值的绝对值大小不同时,表征此时母线中点的电位不均衡。

[0102] 当正母线的电压采样值等于负母线的电压采样值的绝对值时,表征此时正母线的电压等于负母线的电压的绝对值,此时母线中点电位均衡。此时控制器控制第一LLC谐振变

换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流,两路电流之和为当前所需的励磁电流。

[0103] 当正母线的电压采样值大于负母线的电压采样值的绝对值时,表征此时正母线的电压大于负母线的电压的绝对值,控制器获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流大于第二LLC谐振变换电路输出电流,此时第一LLC谐振变换电路从第一母线电容C1获取的电量更多,进而使得正母线的电压下降,待正母线的电压下降至等于负母线的电压的绝对值时,控制器再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流,实现了母线中点的电位均衡。

[0104] 当正母线的电压采样值小于负母线的电压采样值的绝对值时,表征此时正母线的电压小于负母线的电压的绝对值,控制器获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流小于第二LLC谐振变换电路输出电流,此时第二LLC谐振变换电路从第二母线电容C2获取的电量更多,进而使得负母线的电压的绝对值下降,待负母线的电压的绝对值下降至等于正母线的电压时,控制器再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流,实现了母线中点的电位均衡。

[0105] 为了方便理解,下面以动力电池组的输出电压为750V为例,则当正母线电压为+375V,负母线电压为-375V时,此时正、负母线对应的电压采样值相同,直流母线的中点电位均衡。当正母线电压为+380V,负母线电压为-370V时,此时正母线的电压采样值大于负母线的电压采样值的绝对值,表征此时正母线电压偏高,控制器控制第一LLC谐振变换电路的输出电流大于第二LLC谐振变换电路输出电流,以降低正母线的电压。当正母线电压为+370V,负母线的电压为-380V时,此时正母线的电压采样值小于负母线的电压采样值的绝对值,表征此时负母线电压偏高(负母线电压的绝对值较大),控制器控制第一LLC谐振变换电路的输出电流小于第二LLC谐振变换电路输出电流,以降低负母线的电压(即降低负母线电压的绝对值)。

[0106] 实际应用中,考虑到测量误差的影响,本申请实施例可以预先设定偏差阈值,当正母线的采样电压与负母线的采样电压的绝对值的差值小于该偏差阈值时,确定直流母线的中点电位均衡。当以上差值大于或等于偏差阈值时,确定母线的中点电位不均衡。

[0107] 其中,该偏差阈值为较小的值,可以根据实际情况确定,本申请实施例不做具体限定。例如偏差阈值表征正母线电压和负母线电压的绝对值的差值小于3V时,确定直流母线的中点电位均衡。

[0108] 下面说明利用三电平逆变电路的输出电流采样值实现母线中点电位均衡的原理。

[0109] 三电平逆变电路的输出电流可以表征当前正、负母线的电压情况,具体为:当母线中点的电位均衡时,输出电流的直流分量为零;当正母线的电压高于负母线的电压时,输出电流的直流分量大于零;当正母线的电压低于负母线的电压时,输出电流的直流分量小于零。

[0110] 因此控制器可以根据三电平逆变电路的输出电流采样值的直流分量,控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的工作状态。

[0111] 具体为,当输出电流采样值的直流分量为零时,此时母线中点电位均衡。控制器控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的输出电流相同,两路电流之和为当前所

需的励磁电流。

[0112] 当输出电流采样值的直流分量大于零时,控制器获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流大于第二LLC谐振变换电路输出电流,进而使得正母线的电压下降,待正母线的电压下降至等于负母线的电压的绝对值时,控制器再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流。

[0113] 当输出电流采样值的直流分量小于零时,控制器获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流小于第二LLC谐振变换电路输出电流,进而使得负母线的电压的绝对值下降,待负母线的电压的绝对值下降至等于正母线的电压时,控制器再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流。

[0114] 实际应用中,考虑到测量误差的影响,本申请实施例可以预先设定偏差区间,当输出电流采样值的直流分量位于该偏差区间内时,确定直流母线的中点电位均衡;当超出该偏差区间时,确定母线的中点电位不均衡。

[0115] 该偏差阈值为较小的区间,可以根据实际情况确定,本申请实施例不做具体限定。

[0116] 控制器可以采取上两种方式中的任意一种作为判据,还可以同时采取以上两种方式作为判据,当根据其中一种的结果确定母线中点电位不均衡时,开始调节两路变换电路的输出功率;或者当以上两种结果均确定出母线中点电位不均衡时,开始调节两路变换电路的输出功率。

[0117] 对于以上两种方式,控制器通过调节第一励磁电路和所述第二励磁电路的控制信号的开关频率,以调节第一励磁电路和第二励磁电路的输出电流。具体的,第一励磁电路的输出电流大小与正母线和母线中点的电位的偏移幅值正相关,第二励磁电路的输出电流大小与负母线和母线中点的电位的偏移幅值正相关,进而能够在母线中点电位偏移时快速实现母线中点电位的平衡。

[0118] 第一整流电路301b和第二整流电路302b为全桥整流电路。在一些实施例中,第一整流电路301b和第二整流电路302b包括的功率器件为二极管。

[0119] 在另一些实施例中,第一整流电路301b和第二整流电路302b包括的功率器件为可控开关管。控制器通过控制可控开关管的工作状态,以调节第一整流电路301b和第二整流电路302b的输出电流。

[0120] 该控制器还可以控制三电平逆变电路10的工作状态,即控制器与三电平逆变电路10的控制器可以集成在一起。

[0121] 综上所述,该电励磁电路的第一励磁电路和第二励磁电路分别从两个母线电容取电,控制器通过控制第一励磁电路和第二励磁电路的工作状态,使得电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。该方案通过复用电励磁电路,不需增加额外的均衡电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。

[0122] 此外,本申请方案分别从两个母线电容取电,第一励磁电路和第二励磁电路中的功率器件(可控开关管S1-S8)的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率

器件,便于选型设计。另一方面,在动力电池组体积不变的情况下,目前为了最大程度增加电动汽车的续航里程,往往会选择高压动力电池组供电,本申请提供的电驱动系统也更加便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0123] 实施例三:

[0124] 下面说明电励磁电路的另一种实现方式。

[0125] 参见图9,该图为本申请实施例提供的又一种电驱动系统的示意图。

[0126] 电励磁电路包括第一励磁电路、第二励磁电路和第三整流电路303。

[0127] 其中,第一励磁电路的输入端为电励磁电路30的第一输入端。

[0128] 第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路301a,具体包括开关管S1-S4形成的全桥逆变电路、电容Cr1、电感Lr1和第三变压器T3的一个原边绕组。

[0129] 第二励磁电路的输入端为电励磁电路30的第二输入端。

[0130] 第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路302a,具体包括开关管S5-S8形成的全桥逆变电路、电容Cr2、电感Lr2和第三变压器T3的另一个原边绕组。

[0131] 第一LLC谐振变换电路301a和第二LLC谐振变换电路302a的原边绕组的同名端相同、线圈匝数相同且共用第三变压器T3的磁芯,第三变压器T3的副边绕组连接第三整流电路303。

[0132] 第一LLC谐振变换电路301a和所述第二LLC谐振变换电路302a的谐振频率相同。

[0133] 第三整流电路303的输出端为电励磁电路的输出端。

[0134] 下面说明控制器的控制原理。

[0135] 控制器根据相同的控制信号控制所述第一LLC谐振变换电路301a和所述第二LLC谐振变换电路302a的工作状态,此时该电励磁电路30能够实现自主均压。

[0136] 当母线中点电位均衡时,两个LLC谐振变换电路工作状态一致,没有能量的交换。

[0137] 当正、负母线电压不一致时,由于第三变压器T3原边的两个绕组同名端相同且共用磁芯,即为正激的变压器关系,因此两个LLC谐振变换电路之间存在能量的交换。能量会从输入电压高的LLC谐振变换电路向输入电压低的LLC谐振变换电路转移。

[0138] 即当正母线电压高于负母线电压的绝对值时,能量从第一LLC谐振变换电路向第二LLC谐振变换电路转移。当负母线电压的绝对值高于正母线电压时,能量从第二LLC谐振变换电路向第一LLC谐振变换电路转移,从而实现自主均压调节。

[0139] 控制器根据励磁绕组所需的励磁电流,调节控制信号的开关频率。

[0140] 第三整流电路303为全桥整流电路。在一些实施例中,第三整流电路303包括的功率器件为二极管。

[0141] 在另一些实施例中,第三整流电路303包括的功率器件为可控开关管。控制器通过控制可控开关管的工作状态,以调节第三整流电路303的输出电流。

[0142] 该控制器还可以控制三电平逆变电路10的工作状态,即控制器与三电平逆变电路10的控制器可以集成在一起。

[0143] 综上所述,该电励磁电路的第一励磁电路和第二励磁电路分别从两个母线电容取电,控制器通过以相同的控制信号控制第一励磁电路和第二励磁电路,使得两个LLC谐振变换电路之间存在能量的交换,进而实现自主均压调节。该方案通过复用电励磁电路,不需增加额外的均衡电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。

[0144] 此外,本申请方案分别从两个母线电容取电,第一励磁电路和第二励磁电路中的功率器件(可控开关管S1-S8)的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率器件,便于选型设计。另一方面,在动力电池组体积不变的情况下,目前为了最大程度增加电动汽车的续航里程,往往会选择高压动力电池组供电,本申请提供的电驱动系统也更加便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0145] 实施例四:

[0146] 基于以上实施例提供的电驱动系统,本申请实施例还提供了应用于该电驱动系统的控制方法。关于该电驱动电路的具体实现方式以及工作原理可以参见以上实施例中的说明,本申请实施例在此不再赘述。

[0147] 参见图10,该图为本申请实施例提供的一种电驱动系统的控制方法的流程图。

[0148] 图示方法包括以下步骤:

[0149] S1001:根据母线的电压采样值以及三电平逆变电路的输出电流采样值中的至少一项,确定母线电压的状态。

[0150] 其中,母线电压的采样值直接表征了当前正、负母线的电压,当正母线的电压采样值和负母线的电压采样值的绝对值大小不同时,表征此时母线中点的电位不均衡。

[0151] 三电平逆变电路的输出电流可以表征当前正、负母线的电压情况,具体为:当母线中点的电位均衡时,输出电流的直流分量为零;当正母线的电压高于负母线的电压时,输出电流的直流分量大于零;当正母线的电压低于负母线的电压时,输出电流的直流分量小于零。

[0152] S1002:通过控制电励磁电路的工作状态,以使母线中点的电位均衡。

[0153] 电励磁电路包括第一励磁电路和第二励磁电路。其中,第一励磁电路从第一母线电容取电,第二励磁电路从第二母线电容取电。第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路,第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路。

[0154] 在一种可能的实现方式中,第一励磁电路和第二励磁电路的输出端并联连接。

[0155] 下面说明利用母线的电压采样值实现母线中点电位均衡的方法。

[0156] 当正母线的电压采样值等于负母线的电压采样值的绝对值时,表征母线中点电位均衡。此时控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流,两路电流之和为当前所需的励磁电流。

[0157] 当正母线的电压采样值大于负母线的电压采样值的绝对值时,表征此时正母线的电压大于负母线的电压的绝对值,获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流大于第二LLC谐振变换电路输出电流,此时第一LLC谐振变换电路从第一母线电容C1获取的电量更多,进而使得正母线的电压下降,待正母线的电压下降至等于负母线的电压的绝对值时,再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流。

[0158] 当正母线的电压采样值小于负母线的电压采样值的绝对值时,表征此时正母线的电压小于负母线的电压的绝对值,获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流小于第二LLC谐振变换电路输出电流,此时第二LLC谐振变换电路从第二母线电容

C2获取的电量更多,进而使得负母线的电压的绝对值下降,待负母线的电压的绝对值下降至等于正母线的电压时,再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流。

[0159] 下面说明利用三电平逆变电路的输出电流采样值实现母线中点电位均衡的方法。

[0160] 当输出电流采样值的直流分量为零时,控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路的输出电流相同,两路电流之和为当前所需的励磁电流。

[0161] 当输出电流采样值的直流分量大于零时,获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流大于第二LLC谐振变换电路输出电流,进而使得正母线的电压下降,待正母线的电压下降至等于负母线的电压的绝对值时,再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流。

[0162] 当输出电流采样值的直流分量小于零时,获取当前所需的励磁电流,并控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出电流之和为当前所需的励磁电流,且第一LLC谐振变换电路的输出电流小于第二LLC谐振变换电路输出电流,进而使得负母线的电压的绝对值下降,待负母线的电压的绝对值下降至等于正母线的电压时,再控制第一LLC谐振变换电路和第二LLC谐振变换电路输出相同大小电流。

[0163] 在另一种可能的实现方式中,电励磁电路采用图9所示实现方式。

[0164] 根据相同的控制信号控制所述第一LLC谐振变换电路和所述第二LLC谐振变换电路的工作状态,此时该电励磁电路能够实现自主均压。

[0165] 当母线中点电位均衡时,两个LLC谐振变换电路工作状态一致,没有能量的交换。

[0166] 当正、负母线电压不一致时,由于第三变压器T3原边的两个绕组同名端相同且共用磁芯,即为正激的变压器关系,因此两个LLC谐振变换电路之间存在能量的交换。能量会从输入电压高的LLC谐振变换电路向输入电压低的LLC谐振变换电路转移。

[0167] 即当正母线电压高于负母线电压的绝对值时,能量从第一LLC谐振变换电路向第二LLC谐振变换电路转移。当负母线电压的绝对值高于正母线电压时,能量从第二LLC谐振变换电路向第一LLC谐振变换电路转移,从而实现自主均压调节。

[0168] 综上所述,利用本申请实施例提供的控制方法,实现了对母线中点电压的均衡。此外,每路变换电路中的功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择耐压值要求较低的功率器件,便于选型设计。

[0169] 实施例五:

[0170] 本申请实施例还提供了应用于以上实施例的电驱动系统的电励磁电路,用于向励磁绕组输出励磁电流。

[0171] 该电励磁电路包括第一输入端、第二输入端、第三输入端、输出端和控制端。其中,第一输入端连接电驱动系统的正母线,第二输入端连接母线中点,第三输入端连接电驱动系统的负母线。输出端连接电机的励磁绕组,用于向励磁绕组输出励磁电流。控制端用于接收控制信号。电励磁电路用于在控制信号的控制下,使母线中点的电位平衡。

[0172] 下面结合具体的实现方式进行说明。

[0173] 参见图11,该图为本申请实施例提供的一种电励磁电路的示意图。

- [0174] 图示电励磁电路30包括第一励磁电路和第二励磁电路。
- [0175] 第一励磁电路的输入端的第一端口P为第一输入端,第一励磁电路的输入端的第二端口O为第二输入端。
- [0176] 第二励磁电路的输入端的第一端口N为第三输入端,第一励磁电路的输入端的第二端口O为第二输入端。
- [0177] 第一励磁电路的输出端与第二励磁电路的输出端并联,然后连接电励磁电路的输出端。
- [0178] 第一LLC谐振变换电路301a的输入端为第一励磁电路的输入端,第一LLC谐振变换电路301a的输出端连接第一整流电路301b输入端。
- [0179] 图示第一LLC谐振变换电路301a包括:开关管S1-S4形成的全桥逆变电路、电容Cr1、电感Lr1和第一变压器T1。
- [0180] 第一整流电路301b输出端为第一励磁电路的输出端。
- [0181] 第二励磁电路的输入端为电励磁电路30的第二输入端。
- [0182] 第二LLC谐振变换电路302a的输入端为第二励磁电路的输入端,第二LLC谐振变换电路302b的输出端连接第二整流电路302b输入端。
- [0183] 图示第二LLC谐振变换电路302a包括:开关管S5-S8形成的全桥逆变电路、电容Cr2、电感Lr2和第二变压器T2。
- [0184] 第二整流电路302b的输出端为第二励磁电路的输出端。
- [0185] 参见图12,该图为本申请实施例提供的另一种电励磁电路的示意图。
- [0186] 电励磁电路包括第一励磁电路、第二励磁电路和第三整流电路303。
- [0187] 第一励磁电路的输入端的第一端口P为第一输入端,第一励磁电路的输入端的第二端口O为第二输入端。第一励磁电路包括第一LLC谐振变换电路301a,具体包括开关管S1-S4形成的全桥逆变电路、电容Cr1、电感Lr1和第三变压器T3的一个原边绕组。
- [0188] 第二励磁电路的输入端的第一端口N为第三输入端,第一励磁电路的输入端的第二端口O为第二输入端。第二励磁电路包括第二LLC谐振变换电路302a,具体包括开关管S5-S8形成的全桥逆变电路、电容Cr2、电感Lr2和第三变压器T3的另一个原边绕组。
- [0189] 第一LLC谐振变换电路301a和第二LLC谐振变换电路302a的原边绕组的同名端相同、线圈匝数相同且共用第三变压器T3的磁芯,第三变压器T3的副边绕组连接第三整流电路303。
- [0190] 第一LLC谐振变换电路301a和第二LLC谐振变换电路302a的谐振频率相同;
- [0191] 第三整流电路303的输出端为电励磁电路30的输出端。
- [0192] 综上所述,该电励磁电路的输入端不从动力电池组取电,而是分别从两个母线电容取电,因此通过控制电励磁电路的工作状态,可以使得电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。该电励磁电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。
- [0193] 本申请方案分别从两个母线电容取电,电励磁电路中的功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率器件,便于选型设计。另也更加便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0194] 实施例六

[0195] 基于以上实施例提供的电驱动系统,本申请实施例还提供了一种电动汽车的动力总成,下面结合附图进行说明。

[0196] 参见图13,该图为本申请实施例提供的一种电动汽车的动力总成的示意图。

[0197] 该动力总成1300包括电驱动系统1301和电机20。

[0198] 电驱动系统1301包括母线、三电平逆变电路、电励磁电路和控制器。

[0199] 关于电驱动电路1301的具体实现方式以及工作原理可以参见以上实施例中的说明,本申请实施例在此不再赘述。

[0200] 电机20可以为励磁电机或混合励磁电机,电机20包括励磁绕组。

[0201] 电机20连接三电平逆变电路的输出端,用于将电能转换为机械能以驱动电动汽车。

[0202] 综上所述,本申请实施例提供的动力总成包括电驱动系统,该电驱动系统的电励磁电路的输入端分别从两个母线电容取电,控制器通过控制电励磁电路的工作状态,使得电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。该方案通过复用电励磁电路,不需增加额外的均衡电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。因此该动力总成可以充分发挥三电平电驱动系统的优势,有效提升电驱动系统的效率、降低输出电压谐波含量并优化电磁干扰性能。

[0203] 此外,现有的电励磁电路从动力电池组直接取电时,对其功率器件的耐压值要求较高,导致选型困难,成本较高。而本申请方案分别从两个母线电容取电,电励磁电路中的功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率器件,便于选型设计。另一方面,在动力电池组体积不变的情况下,目前为了最大程度增加电动汽车的续航里程,往往会选择高压动力电池组供电,本申请提供的动力总成也便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0204] 实施例七:

[0205] 基于以上实施例提供的电动汽车的动力总成,本申请实施例还提供了一种电动汽车,下面结合附图具体说明。

[0206] 参见图14,该图为本申请实施例提供的一种电动汽车的示意图。

[0207] 该电动汽车1400包括动力电池组1401和动力总成1300。

[0208] 动力电池组1401用于为动力总成1300提供所需的直流电。

[0209] 动力总成1300包括电驱动系统和混合励磁电机。

[0210] 电驱动系统包括母线、三电平逆变电路、电励磁系统和控制器。

[0211] 关于电驱动电路的具体实现方式以及工作原理可以参见以上实施例中的说明,本申请实施例在此不再赘述。

[0212] 综上所述,该电动汽车包括了以上实施例提供的电驱动系统,该电驱动系统电励磁电路的输入端分别从两个母线电容取电,控制器通过控制电励磁电路的工作状态,使得电励磁电路从两个母线电容取电时消耗的电量不同,进而起到平衡母线中点电位的作用。该方案通过复用电励磁电路,不需增加额外的均衡电路,即使母线中点电位偏移量较大,仍能实现母线中点电位的平衡。

[0213] 此外,现有的电励磁电路从动力电池组直接取电时,对其功率器件的耐压值要求较高,导致选型困难,成本较高。而本申请方案分别从两个母线电容取电,电励磁电路中的功率器件的耐压值要求为现有技术方案的一半左右,降低了功率器件的开关损耗,在相同的输出功率下,本申请的电励磁电路可以选择使用耐压值更低的功率器件,便于选型设计。另一方面,在动力电池组体积不变的情况下,目前为了最大程度增加电动汽车的续航里程,往往会选择高压动力电池组供电,本申请提供的动力总成也便于高压动力电池组供电方案的实现。

[0214] 应当理解,在本申请中,“至少一个(项)”是指一个或者多个,“多个”是指两个或两个以上。“和/或”,用于描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,“A和/或B”可以表示:只存在A,只存在B以及同时存在A和B三种情况,其中A,B可以是单数或者复数。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。“以下至少一项(个)”或其类似表达,是指这些项中的任意组合,包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如,a,b或c中的至少一项(个),可以表示:a,b,c,“a和b”,“a和c”,“b和c”,或“a和b和c”,其中a,b,c可以是单个,也可以是多个。

[0215] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。另外,还可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元和模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0216] 以上所述仅是本申请的具体实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

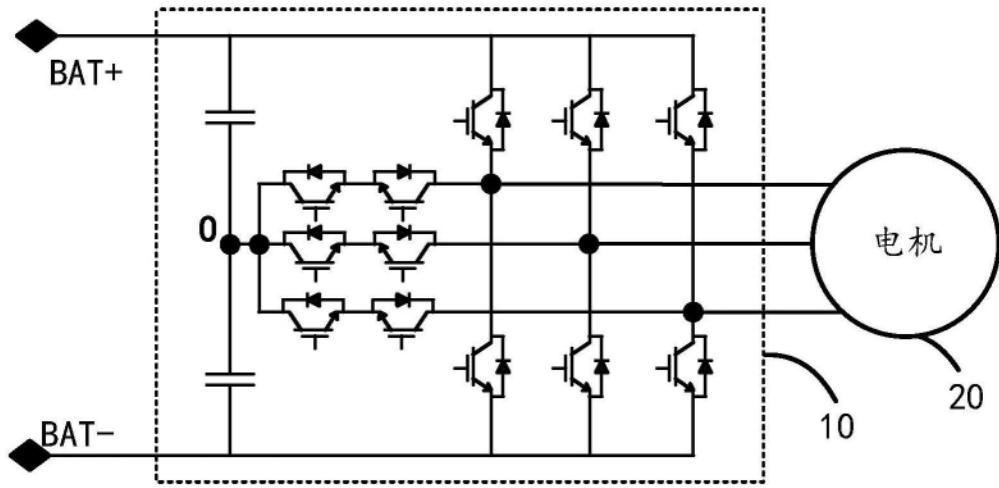


图1

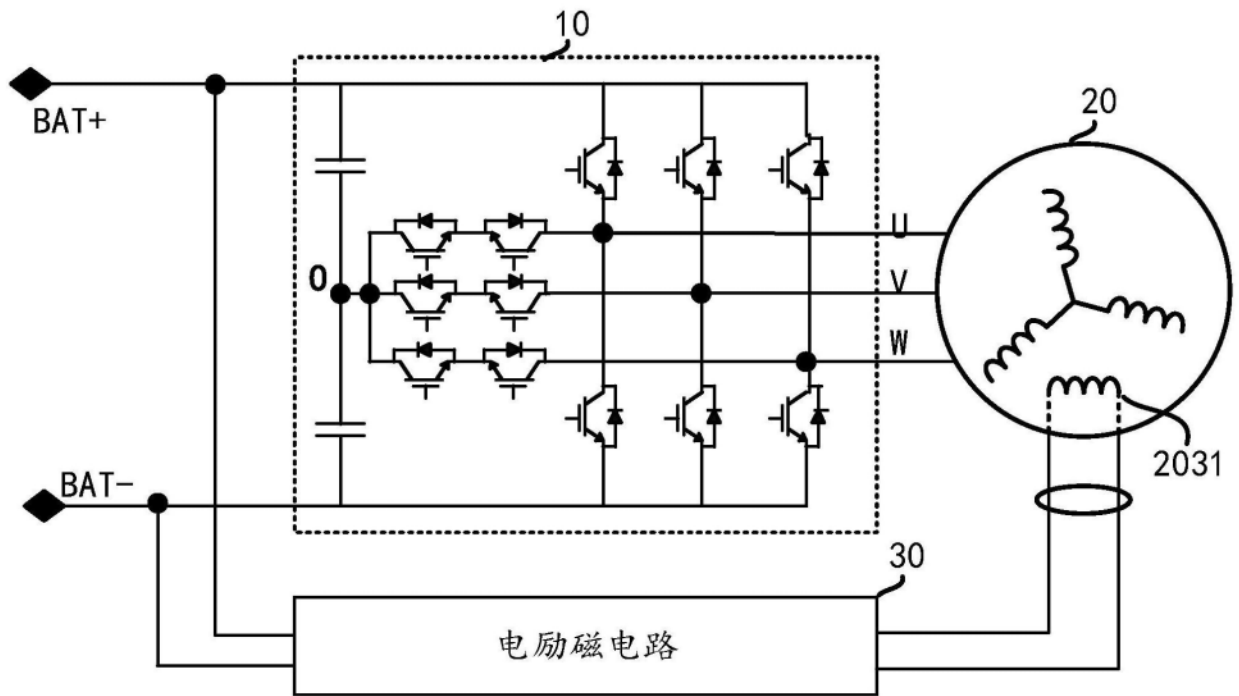


图2

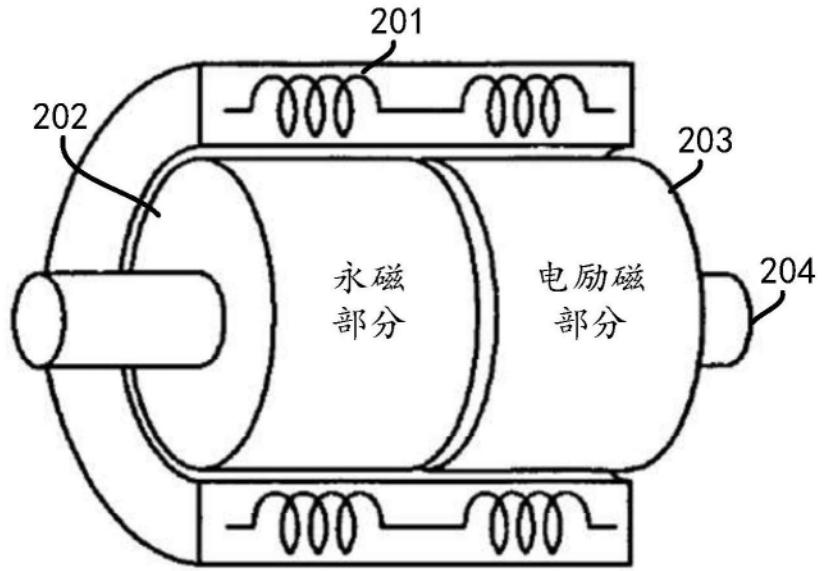


图3

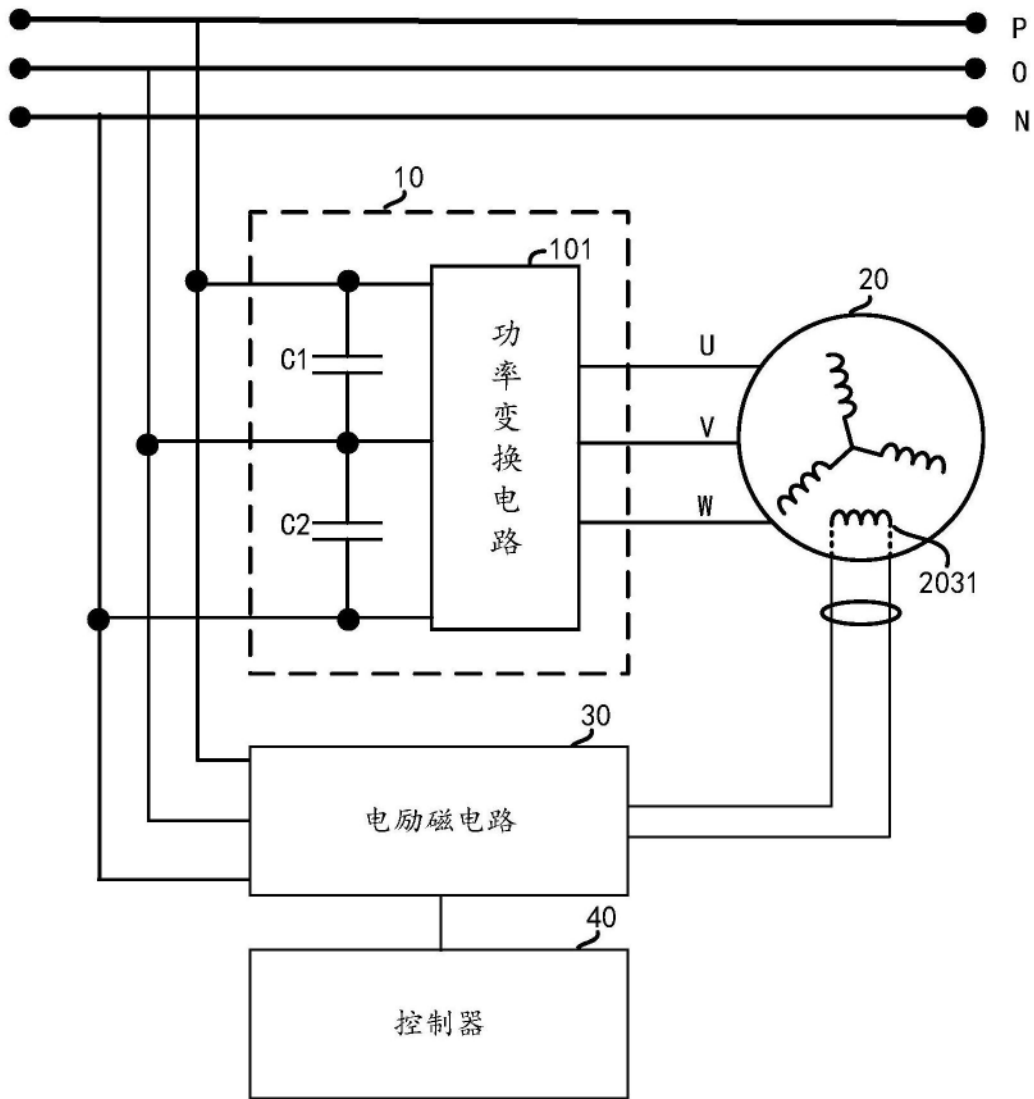


图4

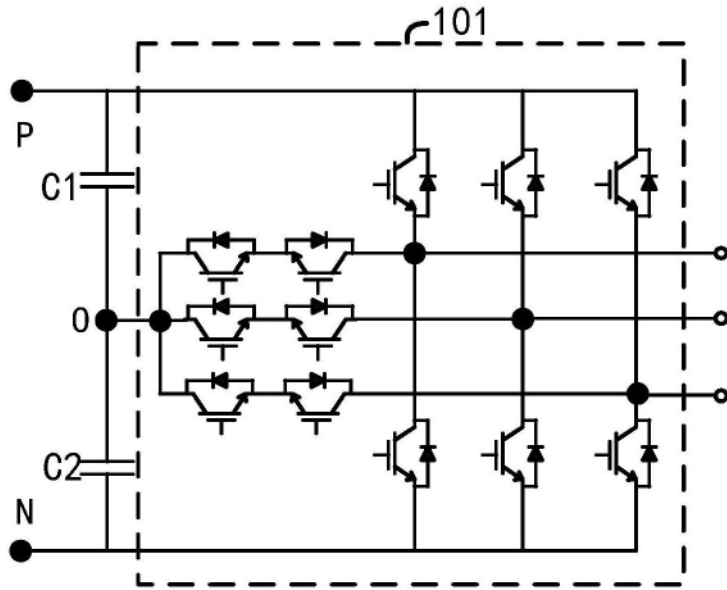


图5

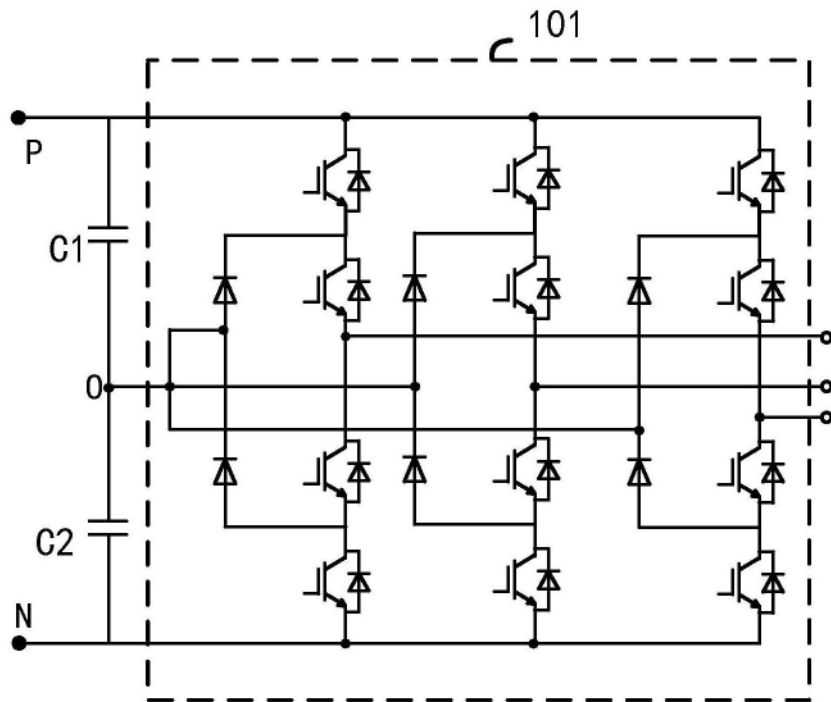


图6

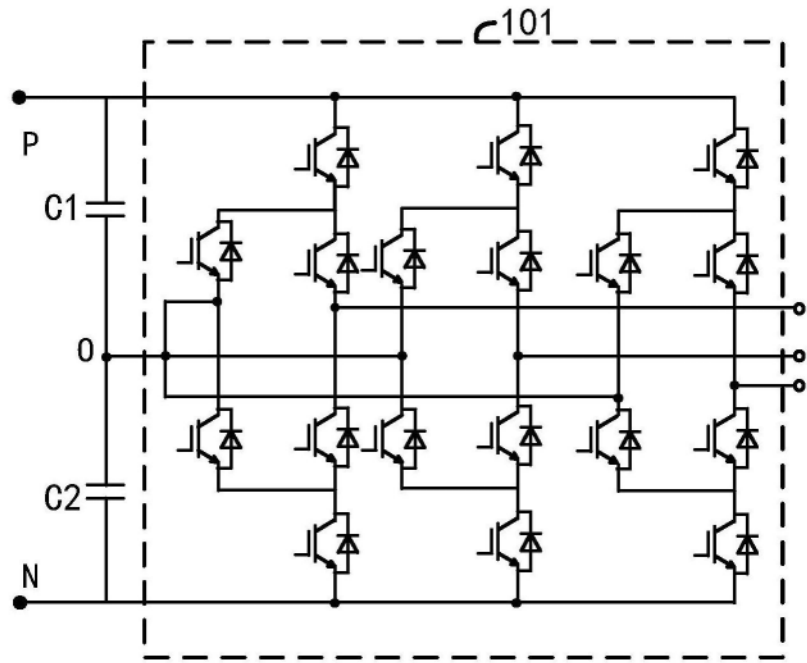


图7

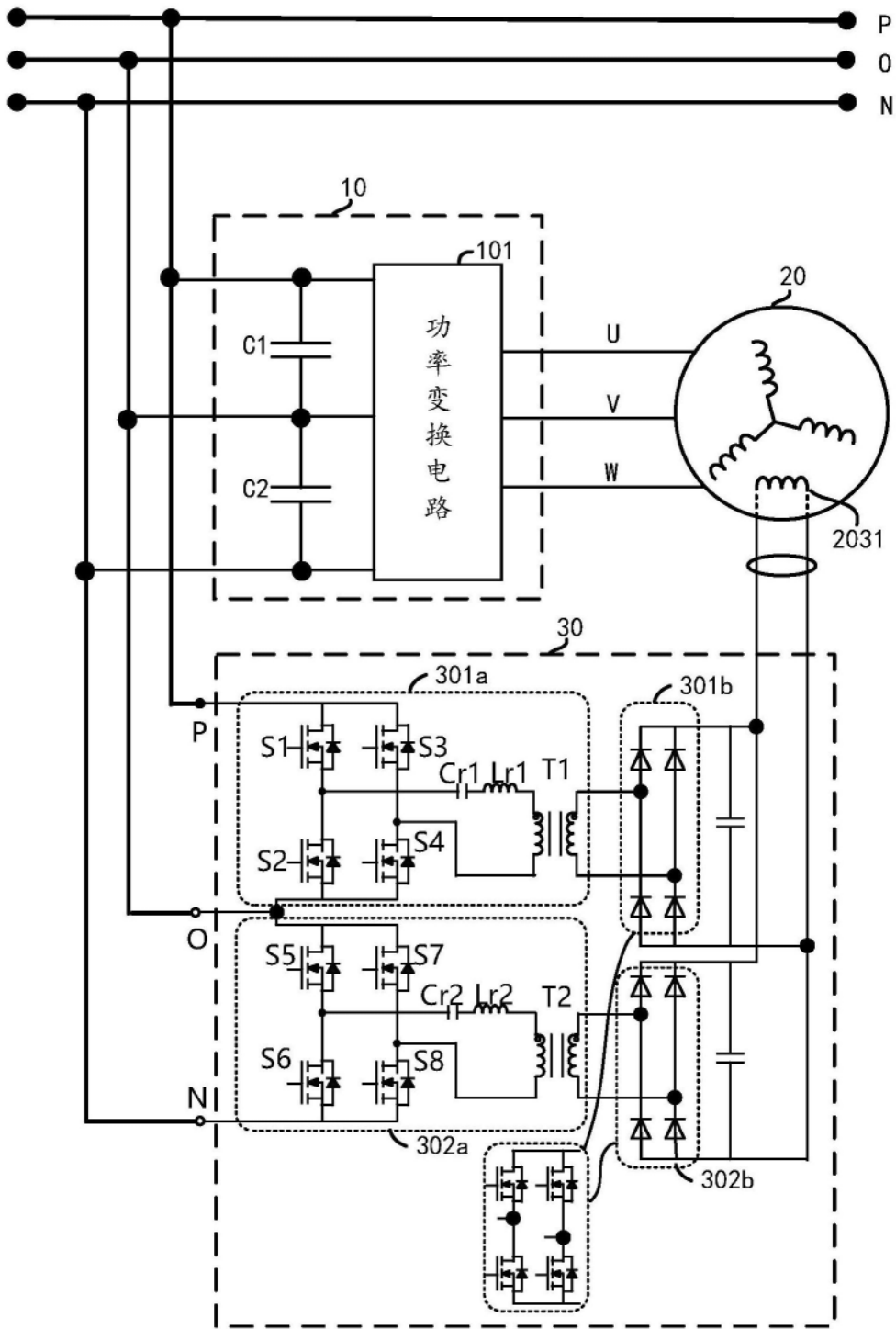


图8

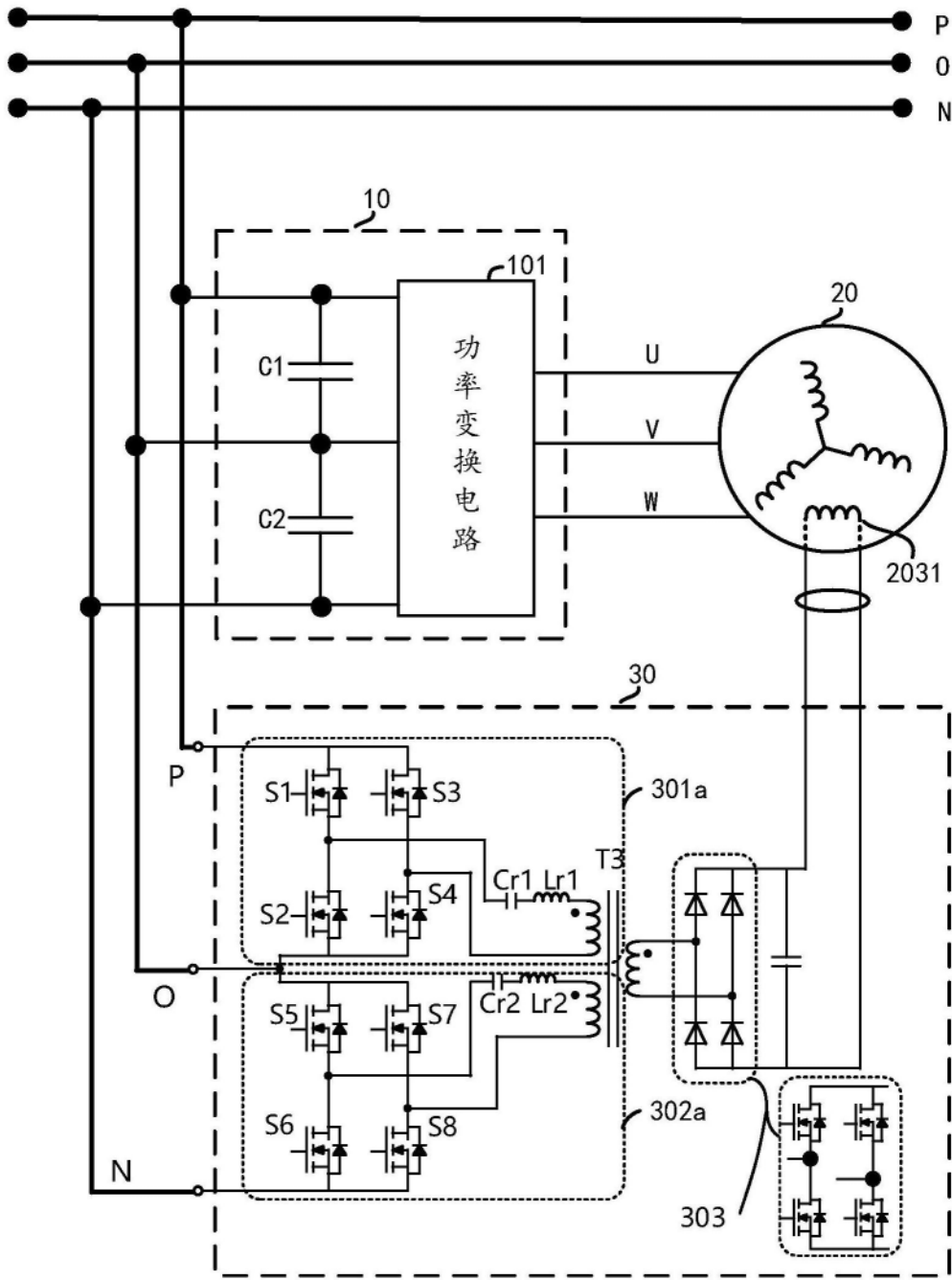


图9

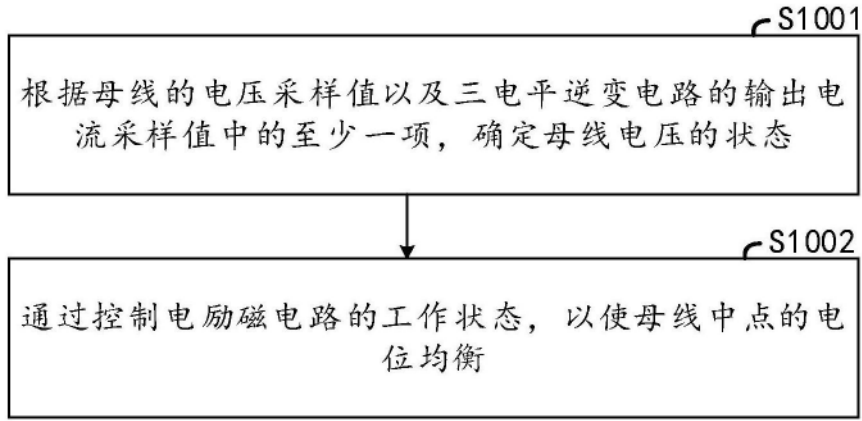


图10

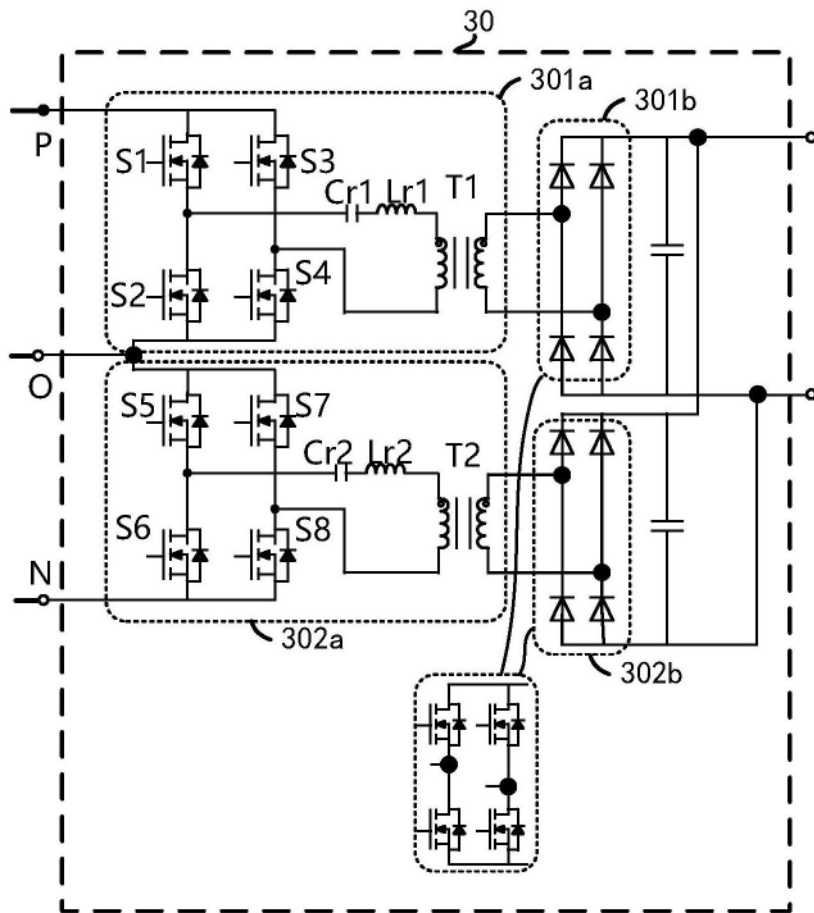


图11

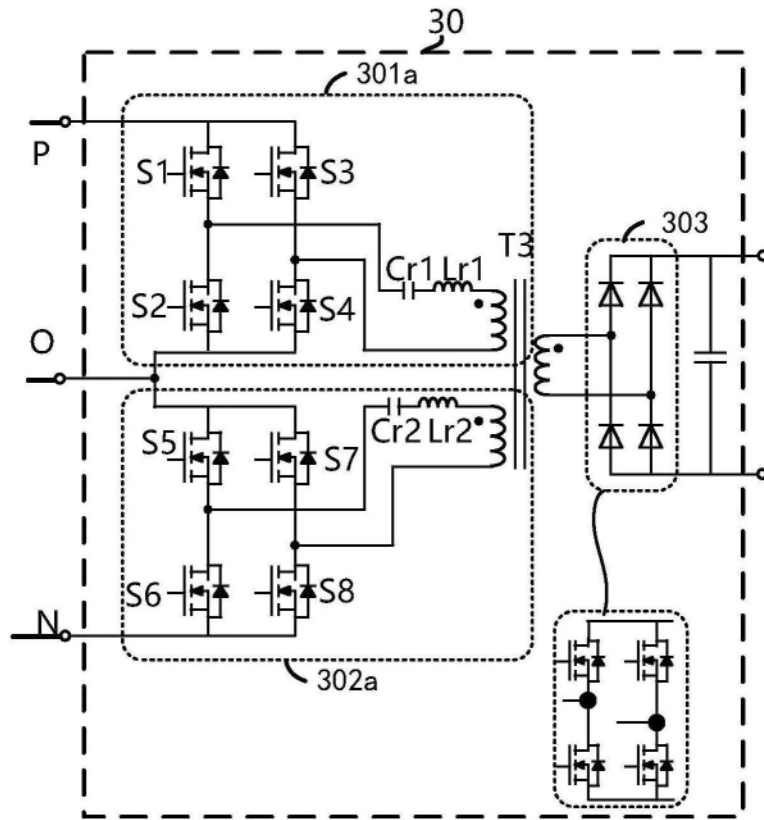


图12

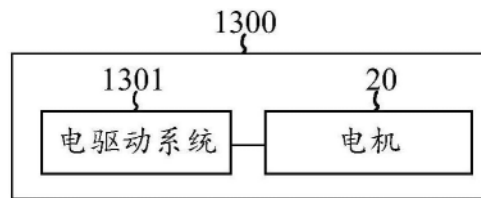


图13

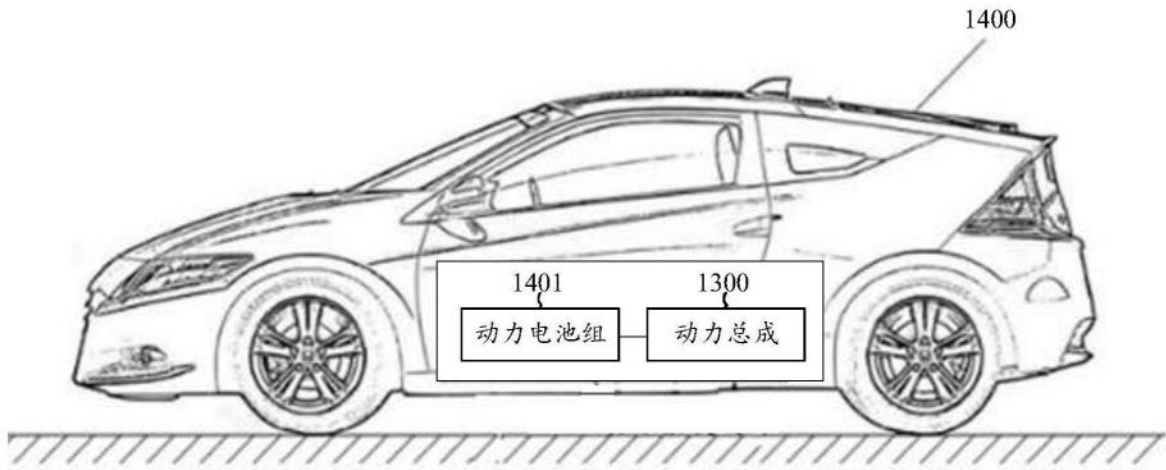


图14