



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103895534 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410070855. 1

(22) 申请日 2014. 02. 28

(73) 专利权人 株洲变流技术国家工程研究中心有限公司

地址 412001 湖南省株洲市石峰区时代路169号

(72) 发明人 龚芬 黄燕艳 周方圆 吴强 罗仁俊 王卫安 沈辉 龙礼兰 张定华 邱文俊 张敏 吴明水 朱建波 蔡蔚

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所 43008 代理人 赵洪 周长清

(51) Int. Cl. B60M 3/00(2006. 01) H02M 1/10(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 11-286229 A, 1999. 10. 19, 全文. EP 1350666 A1, 2003. 10. 08, 全文. CN 101434206 B, 2010. 11. 10, 全文. CN 201646439 U, 2010. 11. 24, 全文.

审查员 王福臣

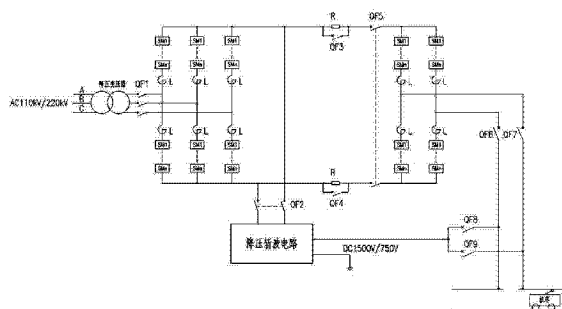
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统

(57) 摘要

一种基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,包括降压变压器、高压 MMC 整流电路、逆变电路和降压斩波电路,降压变压器的输入端与三相交流相连,降压变压器的输出端与高压 MMC 整流电路相连,高压 MMC 整流电路的输出端连接有直流输电电缆;降压斩波电路的输入端通过第二开关组件与直流输电电缆相连,降压斩波回电路的输出端通过第四开关组件与牵引系统相连;逆变电路的输入端通过第三开关组件与直流输电电缆相连,逆变电路的输出端通过第五开关组件与牵引系统相连;第四开关组件与第三开关组件、第五开关组件为互锁关系。本发明具有功能集成度高、适用范围广、安全性好、供电可靠性好等优点。



1. 一种基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,包括降压变压器、高压模块化多电平换流器 MMC 整流电路、逆变电路和降压斩波电路,所述降压变压器的输入端与三相交流相连,所述降压变压器的输出端与高压模块化多电平换流器 MMC 整流电路相连,所述高压模块化多电平换流器 MMC 整流电路的输出端连接有直流输电电缆;所述降压斩波回路的输入端通过第二开关组件与直流输电电缆相连,所述降压斩波电路的输出端通过第四开关组件与牵引系统相连;所述逆变电路的输入端通过第三开关组件与直流输电电缆相连,所述逆变回路的输出端通过第五开关组件与牵引系统相连;所述第四开关组件与第三开关组件、第五开关组件为互锁关系。

2. 根据权利要求 1 所述的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,所述降压变压器用来将三相交流 110kV/220kV/500kV 降压成实际所需的电压等级。

3. 根据权利要求 1 所述的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,当地铁 / 轻轨运行时,第四开关组件闭合,第三开关组件、第五开关组件断开;当电力机车运行时,第三开关组件和第五开关组件闭合,第四开关组件断开。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,所述高压模块化多电平换流器 MMC 整流电路采用模块化多电平换流器技术,由三相构成,每相分为上下桥臂,各桥臂由 N 个相同结构的子模块(SM)和阀电抗器(L)串联而成。

5. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,所述逆变电路基于模块化多电平换流器技术,由两相构成,每相分为上下桥臂,各桥臂由 N 个相同结构的子模块(SM)和阀电抗器(L)串联而成。

6. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,所述逆变电路与高压模块化多电平换流器 MMC 整流电路之间的直流输电电缆上设有限流电阻,并通过开关组件来控制。

7. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,其特征在于,所述逆变电路的输出电压为 0 ~ 55kV 连续可调,用于直接供电和 AT 供电方式的系统中。

基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统

技术领域

[0001] 本发明主要涉及到电力牵引技术的供电领域,特指一种基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统。

背景技术

[0002] 我国电力牵引以其高效、快捷、节能的特点正更加广泛地应用于铁路、城市轨道交通领域。利用新技术改造传统产业,加快铁路电气化改造进程,兼顾地铁建设,要成网、成片考虑,以充分发挥电力牵引拉得多、跑得快的潜力,并较大幅度提高国有资源的利用率已成为当今行业关注的重点。

[0003] 我国电气化铁道、城市轨道交通所使用的电能均由国家电力部门发电厂供给,为了减少输电过程中的电能损失,把电压升至 110 kV 或 220 kV(正在向 500 kV 超高压输电方向发展)以后,再通过输电线路送到牵引变电所,再经过牵引变压器直接给电力机车接触网供电;由于电压等级和电流制的不同,电力机车牵引供电系统和城市轨道交通车辆牵引供电系统大都采用各自独立的单制式供电:铁路电力机车为 27.5kV 工频单相交流电,地铁、轻轨采用 1500V/750V 直流电。

[0004] 传统的交流牵引供电系统通常由三相的高压交流电通过输电线路送到牵引变电所,再经过牵引变压器直接给机车接触网供电,高压交流输电距离长,存在输电损耗大、对系统存在一定的无功、牵引变压器设计复杂、机车过分相以及因电气化铁道产生的负序和高次谐波。等多种不良问题;对于 DC1500V/750V 系统,由于采用大功率整流电路作为列车牵引动力以及大量中高压长距离电缆导致无功较大等因素,因功率因数过低而额外支付大量功率因数调整电费的现象日渐突出。

[0005] 牵引变压器的种类较多,较常用的有:单相 V/V 结线变压器、三相 Y_n/d11 双绕组变压器以及斯科特结线变压器等。其中,单相 V/V 结线变压器的主结线较简单,设备较少,投资较省,但当一台牵引变压器故障时,另一台必须跨相供电,即兼供左右两边供电臂的牵引网,此时需一个倒闸过程,且随之增大对电力系统的负序影响。三相 Y_n/d11 双绕组变压器在我国采用时间长,制造相对简单,价格便宜,但牵引变压器容量不能得到充分利用,主接线也相对度复杂,工程投资也较多。斯科特结线变压器可实现对接触网两边供电,在一定条件下牵引变压器容量可全部利用;但制造难度较大,造价高,主接线复杂,且其原边 T 接地电位随负载变化而产生漂移,严重时可能引起电力系统零序电流继电保护误动作,对邻边平行通信线产生干扰。

[0006] 对于城轨直流牵引供电系统,整流机组的存在加大了牵引变电所的复杂性。直流牵引电动机额定电压受到换向条件限制不能太高,即牵引网电压很难进一步提高,这就要求牵引网输送大量电流来供应城轨车辆。牵引电流的增大也就加大了接触网导线截面,此时应选取适应较大电流的接触线和承力索,牵引网电压损失和电能损失相应增大。

[0007] 有从业者提出一种电力机车与城轨车辆双制式牵引供电系统,在比较分析牵引变压器利用率、造价以及对电力系统负序影响等因素基础上,设计了一种交流牵引采用 YN,

d11 结线的牵引变电所,利用交流备用 10kV 电源建立直流牵引站的双制式牵引供电方案,谐波影响小,投资成本较低。但整流机组的存在加大了牵引变电所的复杂性,装置输出特性影响直流牵引供电系统的可靠性。另外,直流牵引电动机额定电压受到换向条件限制不能太高,即牵引网电压很难进一步提高,这就要求牵引网输送大量电流来供应城轨车辆,这就受限于备用电源容量。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题就在于:针对现有技术存在的技术问题,本发明提供一种功能集成度高、适用范围广、安全性好、供电可靠性好的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0010] 一种基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,包括降压变压器、高压 MMC 整流电路、逆变电路和降压斩波电路,所述降压变压器的输入端与三相交流相连,所述降压变压器的输出端与高压 MMC 整流电路相连,所述高压 MMC 整流电路的输出端连接有直流输电电缆;所述降压斩波电路的输入端通过第二开关组件与直流输电电缆相连,所述降压斩波电路的输出端通过第四开关组件与牵引系统相连;所述逆变电路的输入端通过第三开关组件与直流输电电缆相连,所述逆变回路的输出端通过第五开关组件与牵引系统相连;所述第四开关组件与第三开关组件、第五开关组件为互锁关系。

[0011] 作为本发明的进一步改进:所述降压变压器为用来将三相交流 110kV/220kV/500kV 降压成实际所需电压等级。

[0012] 作为本发明的进一步改进:当地铁/轻轨运行时,第四开关组件闭合,第三开关组件、第五开关组件断开;当电力机车运行时,第三开关组件和第五开关组件闭合,第四开关组件断开。

[0013] 作为本发明的进一步改进:所述高压 MMC 整流电路采用模块化多电平换流器技术,由三相构成,每相分为上下桥臂,各桥臂由 N 个相同结构的子模块 SM 和阀电抗器 L 串联而成。

[0014] 作为本发明的进一步改进:所述逆变电路采用模块化多电平换流器技术,由两相构成,每相分为上下桥臂,各桥臂由 N 个相同结构的子模块 SM 和阀电抗器 L 串联而成。

[0015] 作为本发明的进一步改进:所述逆变回路与高压 MMC 整流电路之间的直流输电电缆上设有限流电阻,并通过开关组件来控制。

[0016] 作为本发明的进一步改进:所述逆变电路的输出电压为 0 ~ 55kV 连续可调,可用于直接供电和 AT 供电方式的系统中。与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0017] 1、本发明的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统通过采用 MMC 整流-逆变,可省掉设计复杂、占地面积大的牵引变压器,也解决了牵引网三相平衡,功率因数及谐波等一系列问题,保证供电可靠性。

[0018] 2、本发明的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统通过采用 MMC 整流-降压斩波,可省掉牵引变压器和整流机组,可减少牵引网电压和电能损失,降低谐波含量,提高系统功率因数。

[0019] 3、本发明的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,既可实现对电气化

铁路车辆供电,也可对城轨交通车辆供电,有助于提高电气化铁道建设的联网效益,充分利用现有资源,可减少因重复建设造成的资源浪费。

[0020] 4、本发明的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,可在同一条接触网上分别处于交流供电、直流供电模式。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明的牵引供电系统的主电路示意图。

[0022] 图 2 是本发明中模块化多电平换流器的子模块结构示意图。

具体实施方式

[0023] 以下将结合说明书附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0024] 如图 1 所示,本发明的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,包括:降压变压器、高压 MMC 整流电路、逆变电路和降压斩波电路,降压变压器的输入端与三相交流相连,降压变压器的输出端与高压 MMC 整流电路相连,高压 MMC 整流电路的输出端连接有直流输电电缆;降压斩波电路的输入端通过第二开关组件与直流输电电缆相连,降压斩波电路的输出端通过第四开关组件与牵引系统相连并提供供电电源;逆变电路的输入端通过第三开关组件与直流输电电缆相连,逆变电路的输出端通过第五开关组件与牵引系统相连并提供供电电源。

[0025] 本实施例中,降压变压器为用来将三相交流 110kV/220kV/500kV 降压成实际所需电压等级。即通过第一开关组件与三相交流相连。

[0026] 本实施例中,高压 MMC 整流电路,采用模块化多电平换流器技术,由三相构成,每相分为上下桥臂,各桥臂通过一定数量具有相同结构的子模块 SM 和阀电抗器 L 串联而成;子模块 SM 的数量 n 由所要求输电容量和电压等级来决定,并考虑一定冗余设计;每相共投入子模块 SM 的数量总和为 n ;通过控制各子模块的投入和退出就可生成稳定的交流与直流输出电压,从而改变换流器的输出电压及功率等级。直流侧输出电压纹波小,基本不受网侧电压波动的影响。本实施例中,直流输电电缆,具有正、负直流母线,适合于高压直流输电场合,电压等级高,输送容量大,对绝缘要求高。

[0027] 本实施例中,逆变电路,采用模块化多电平换流器技术,由两相构成,每相分为上下桥臂,各桥臂通过一定数量具有相同结构的子模块 SM 和阀电抗器 L 串联而成;子模块 SM 的数量 n 由所要求输电容量和电压等级来决定,并考虑一定冗余设计;每相投入子模块 SM 的数量总和为 n 。即,通过变化所投入子模块数量,可灵活改变换流器的输出电压及功率等级,灵活性好,没有换向失败问题,交流侧输出谐波含量少,一般无需设滤波装置。

[0028] 本实施例中,当选择整流-逆变回路时,该系统主要用于对电力机车(AC25kV/50Hz)接触网提供供电电源,用于替代传统的交流输电和牵引变压器方案。通过改变 n 的数量,为电气化铁道的直接供电和 AT 供电提供合适的输出电压,这样既可以满足普速铁路供电容量需要小的场合,也可以将系统供电容量增大一倍,适合供电容量要求高的高速铁路供电系统中。

[0029] 本实施例中,降压斩波电路,输入端接至高压直流输电端。当选择整流-斩波回路时,通过电力电子装置变化后为城轨车辆提供供电电源,这样可省掉牵引变压器和大功率

整流装置,输出谐波含量较少,系统功率因数高参见图 1,第一开关组件为 QF1,第二开关组件为 QF2,第三开关组件为 QF5,第四开关组件为 QF8 和 QF9,第五开关组件为 QF6 和 QF7。

[0030] 本实施例中,在逆变电路与高压 MMC 整流电路之间的直流输电电缆上设有限流电阻,并通过第六开关组件来控制,第六开关组件为图中 QF3 和 QF4。

[0031] 在本发明中,模块化多电平换流器(MMC)为用来实现高压直流输电工程化的电压源型换流器拓扑,可实现有功和无功功率的快速解耦控制,没有换向失败问题,且谐波含量低。MMC 换流阀由三相构成,每相分为上、下桥臂,每个桥臂由 n 个相同的子模块和 1 个限流电抗器串联而成。子模块拓扑结构示意图如图 2 所示,主要包括:两个 IGBT 开关管(T1 和 T2)、与每个 IGBT 反向并联的二极管(D1 和 D2)、与 T2 反向并联的晶闸管 D3、旁路开关 K、均压电阻 R、支撑电容 C 等,上层控制系统通过控制 T1、T2 的导通和关断,子模块输出 U_c 或 0 (U_c 为支撑电容器电压,即直流侧电压)。子模块的工作状态共有三种:1)闭锁状态:第一开关管 T1、第二开关管 T2 均关断,一般在启动前和严重故障时出现,正常运行时不出现;2)投入状态:第一开关管 T1 开通、第二开关管 T2 关断,此时子模块输出电压为支撑电容 C 的电压;3)切出状态:第一开关管 T1 关断、第二开关管 T2 开通。通过控制各子模块的投入和退出就可生成稳定的交流与直流输出电压,从而改变换流器的输出电压及功率等级。由上可知,本发明的基于模块化多电平换流器的双流制牵引供电系统,可在同一条接触网上分别处于交流供电、直流供电模式。交流供电模式:基于 MMC 的输电系统可实现对电气化铁路牵引网供电,此时可视为一个三相有源的交流输电系统向无源网络供电状态,通过改变投入子模块数量,为电气化铁道的直接供电和 AT 供电提供合适的输出电压,这样既可以满足普速铁路供电容量需要小的场合,也可以将系统供电容量增大一倍,适合供电容量要求高的高速铁路供电系统中。该系统主要考虑作为今后新建电气化铁道牵引供电系统,用于替代传统的交流输电和牵引变压器方案,为电气化铁道的直接供电和 AT 供电提供合适的输出电压,灵活性好,可靠性高;也可对现有电力机车(AC25kV/50Hz)接触网提供备用供电。

[0032] 整个系统的启动控制实现过程主要包括:

[0033] (1)高压整流侧 MMC 子模块电容预充电。第一开关组件闭合,利用交流系统电压通过串联电阻器对子模块电容逐个进行预充电,直至换流器六个桥臂所有子模块均预充电完毕。

[0034] (2)定直流电压控制阶段。当所有子模块电容充电完成后,在控制器检测到直流母线电压在规定时间内仍低于额定值时,首先将限流电阻器旁路,然后将换流器解锁,外环控制器转入定直流电压控制模式。

[0035] (3)通过直流线路向无源侧 MMC 子模块电容预充电。考虑到直流线路电阻很小,充电电流很大,为了限制直流线路中过大的充电电流,在充电开始前先闭合第三开关组件、断开第六开关组件。当有源侧 MMC 通过直流线路向对端换流器子模块电容预充电时,则通过直流侧加装限流电阻对无源端 MMC 进行预充电。

[0036] (4)无源侧电压建立,并切断直流侧限流电阻,接入无源负载,提升功率。由于无源网络没有独立的交流电源维持系统的频率,因此采用定交流电压控制模式,用于实现对系统交流电压有效值和频率进行控制;有源侧采用定直流电压和定无功功率控制模式。

[0037] (5)当 MMC 逆变侧输出电压达到稳定值后,闭合第五开关组件,实现对电力机车的牵引供电。这样既可以满足普速铁路供电容量需要小的场合,也可以将系统供电容量增大

一倍,适合供电容量要求高的高速铁路供电系统中。

[0038] 直流供电模式:降压斩波电路并接至高压 MMC 整流电路输出端获得直流电源,再变换成可为城轨(DC1500/750)牵引系统提供供电电源。与传统供电系统相比较,替换了牵引变压器和整流装置,减少了占地面积,有利于提高系统的功率因数和减少谐波含量。

[0039] (1)高压 MMC 整流电路直流侧额定输出;闭合第一开关组件,利用交流系统电压通过串联电阻器对子模块电容逐个进行预充电,直至换流器所有子模块预充电完毕;然后旁路限流电阻器,将换流器解锁,外环控制器转入定直流电压控制模式。

[0040] (2)降压斩波装置直流电源获取;当高压 MMC 整流电路直流输出电压达到额定值后,闭合 QF2,降压斩波装置与系统直流输电电缆连接获得直流电源;

[0041] (3)闭合第二开关组件、第四开关组件,通过降压斩波电路为城轨(DC1500V/750V)牵引系统提供供电电源。与传统供电系统相比较,替换了牵引变压器和整流装置,减少了占地面积,有利于提高系统的功率因数和减少谐波含量。

[0042] 综上所述,本发明通过在同一条接触网上实现交直流供电模式的切换,可实现对电气化铁路车辆、城轨交通车辆进行直接供电,可降低重复建设造成的资源浪费。

[0043] 以上仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,应视为本发明的保护范围。

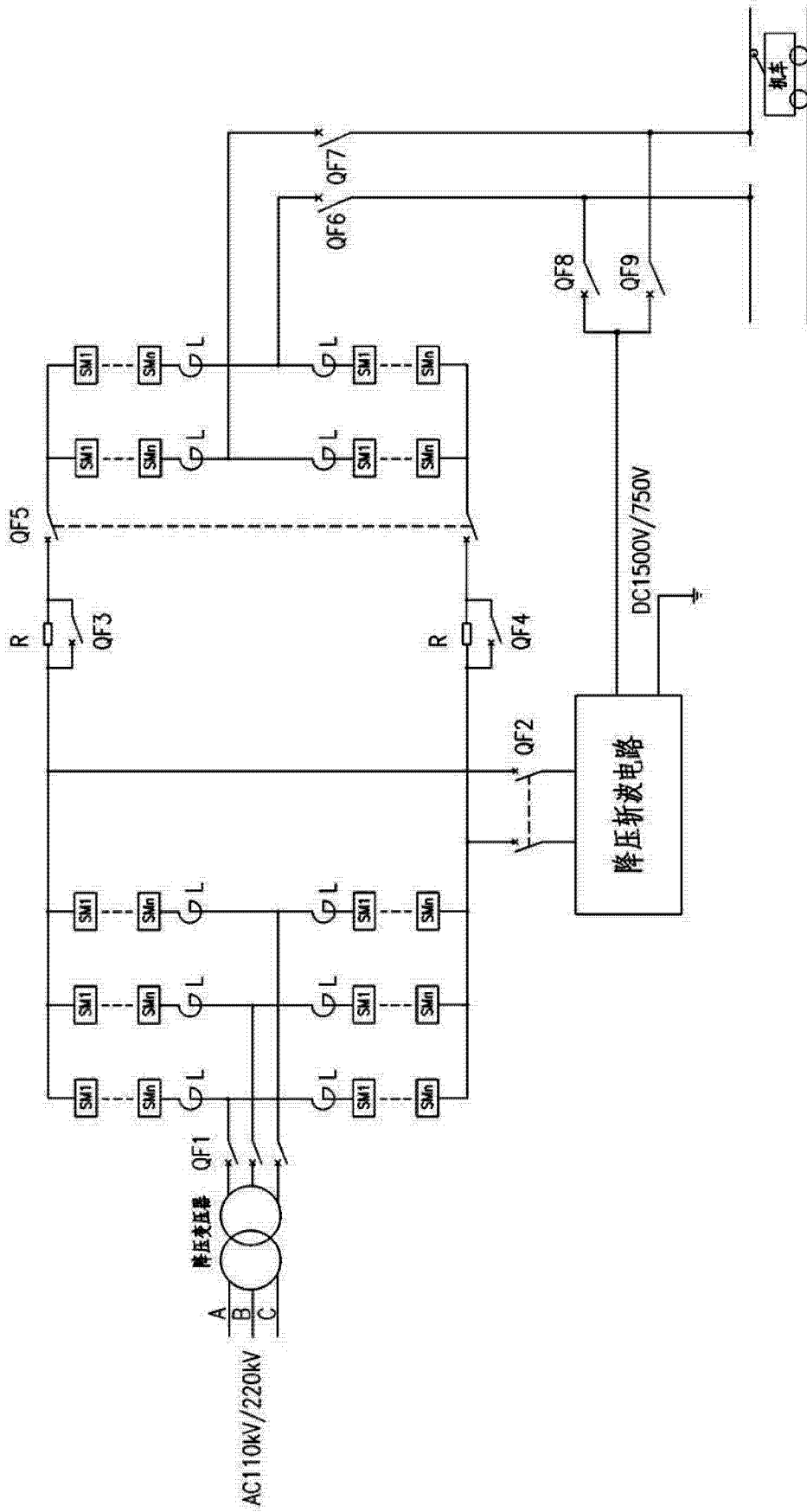


图 1

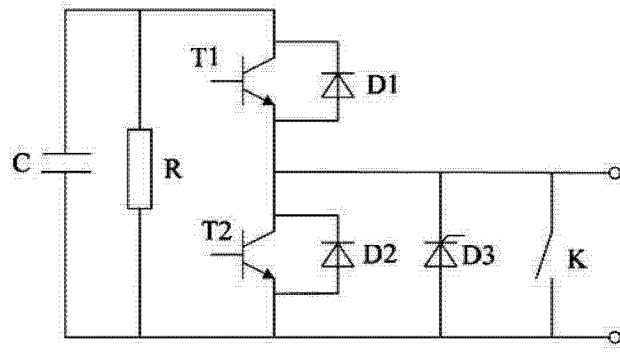


图 2