



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113452010 B

(45) 授权公告日 2023. 06. 13

(21) 申请号 202010232209.6

(22) 申请日 2020.03.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113452010 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(73) 专利权人 比亚迪股份有限公司
地址 518118 广东省深圳市坪山新区比亚
迪路3009号
专利权人 比亚迪机电设备有限公司

(72) 发明人 杨柳 王满涛 徐光强 陈奎宇
李道林

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201
专利代理师 李岩

(51) Int.Cl.

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 7/35 (2006.01)

H02J 9/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110768243 A, 2020.02.07

CN 110875595 A, 2020.03.10

EP 3533658 A1, 2019.09.04

WO 2017185715 A1, 2017.11.02

WO 2020020325 A1, 2020.01.30

陈琳,等.城市轨道交通牵引供电系统的主
接线设计.信息技术.2012,(第05期),全文.

审查员 周丹丹

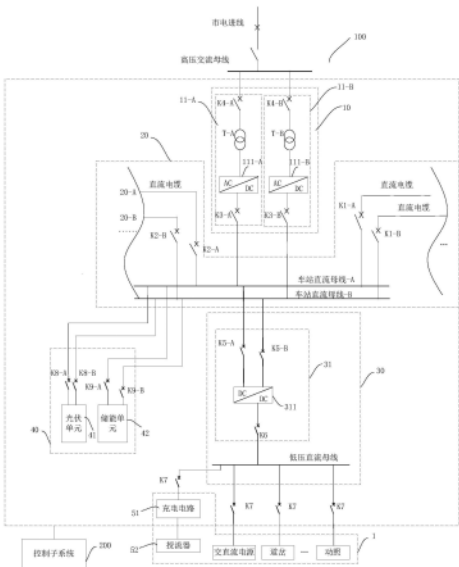
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

轨道交通供电系统及轨道交通供电系统的
控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种轨道交通供电系统及其控制方法,该供电系统包括控制子系统和多个供电区间,相邻两供电区间之间连接有多个第一开关单元,每个供电区间用于给多个车站供电;供电区间包括:变电所,用于引入交流市电,并输出多路直流电;多个直流环网,用于接收多路直流电;供配电站,用于将直流环网的电能提供给直流负载;至少一个直流电源,各直流电源对应一个供电子区间,用于给至少一个车站供电,相邻两供电子区间之间连接有多个第二开关单元;控制子系统用于对第一开关单元、变电所、供配电站、直流电源和第二开关单元中的至少一个进行控制。该供电系统能够降低电压等级,减少设备数量及设备体积,降低设备投资,提高电能利用率和供电可靠性。



1. 一种轨道交通供电系统,其特征在于,所述供电系统包括控制子系统和多个供电区间,每个所述供电区间用于给多个车站供电,相邻两供电区间之间通过多个第一开关单元连接,所述供电区间包括:

变电所,所述变电所包括多个第一电压变换单元,每个所述第一电压变换单元的输入端均与市电进线连接,所述第一电压变换单元用于对交流市电进行降压处理,并将降压处理后的交流电转换成直流电;

多个直流环网,所述多个直流环网与所述多个第一电压变换单元一一对应,并与所述多个第一开关单元一一对应,所述直流环网与对应的第一电压变换单元的输出端连接,所述直流环网包括对应车站设置的车站直流母线和连接在相邻两车站的车站直流母线之间的第一开关单元;

各车站设置的供配电站,所述供配电站包括低压直流母线和第二电压变换单元,所述第二电压变换单元连接在所述低压直流母线和对应车站的多个车站直流母线之间,所述低压直流母线用于连接对应车站的直流负载;以及

至少一个直流电源,每个所述直流电源对应一个供电子区间,用于给至少一个车站供电,相邻两供电子区间之间通过第二开关单元连接,所述直流电源与其所在车站的多个车站直流母线和/或低压直流母线连接;

其中,所述控制子系统,用于获取所述供电系统的工作状态,并根据所述工作状态对所述第一开关单元、所述第一电压变换单元、所述第二电压变换单元、所述直流电源和所述第二开关单元中的至少一个进行控制。

2. 如权利要求1所述的轨道交通供电系统,其特征在于,所述第一电压变换单元包括变压器和AC/DC变换器,所述变压器的高压端通过高压交流母线连接所述市电进线,所述变压器的低压端与所述AC/DC变换器的交流端连接,所述AC/DC变换器的直流端与所述变电所所在车站对应的车站直流母线连接。

3. 如权利要求2所述的轨道交通供电系统,其特征在于,所述第二电压变换单元包括DC/DC变换器,所述DC/DC变换器的第一直流端与对应车站的多个车站直流母线分别连接,所述DC/DC变换器的第二直流端与对应车站的低压直流母线连接。

4. 如权利要求1所述的轨道交通供电系统,其特征在于,所述直流电源包括:

光伏单元,所述光伏单元与其所在车站的多个车站直流母线分别连接,或者与其所在车站的低压直流母线连接;

储能单元,所述储能单元与其所在车站的多个车站直流母线分别连接,或者与其所在车站的低压直流母线连接。

5. 如权利要求1所述的轨道交通供电系统,其特征在于,所述多个车站中至少存在一个充电站,所述充电站的直流负载包括充电电路和授流器,所述充电电路的一端与对应充电站的多个车站直流母线分别连接,或者与对应充电站的低压直流母线连接,所述充电电路的另一端与所述授流器连接;

其中,所述控制子系统还用于,在轨道车辆停靠在充电站,且所述轨道车辆的充电端口与所述授流器连接时,控制所述充电电路给所述轨道车辆充电。

6. 如权利要求3所述的轨道交通供电系统,其特征在于,所述第一开关单元包括第一开关和第二开关,相邻两车站的与所述第一开关单元对应的两车站直流母线之间依次连接所

述第一开关、直流电缆和所述第二开关；

所述第一电压变换单元还包括第三开关，所述第三开关连接在所述AC/DC变换器的直流端与所述第一电压变换单元所在车站对应的车站直流母线之间；

所述第二电压变换单元还包括多个第四开关和第五开关，所述多个第四开关与所述多个直流环网一一对应，所述第四开关连接在所述DC/DC变换器的第一直流端与所述第二电压变换单元所在车站对应的车站直流母线之间，所述第五开关连接在所述DC/DC变换器的第二直流端与对应车站的低压直流母线之间；

所述直流负载和对应的低压直流母线之间连接有第六开关。

7. 一种轨道交通供电系统的控制方法，其特征在于，所述控制方法用于对如权利要求1-6中任一项所述的轨道交通供电系统进行控制，所述控制方法包括以下步骤：

检测供电系统是否异常；

如果供电系统无异常，则控制所有的第一开关单元和所有的第二开关单元处于断开状态，并控制所有的直流电源给各自所在供电子区间的车站供电；

在直流电源供电过程中，如果存在不能满足供电需求或者发生故障的直流电源，则选择一个直流环网，并控制所选择的直流环网上与无源供电子区间或者故障供电子区间连接的至少一个第二开关单元闭合，以使所述无源供电子区间或者所述故障供电子区间的相邻供电子区间的直流电源为所述无源供电子区间或者故障供电子区间的车站供电，其中，所述无源供电子区间为所述不能满足供电需求的直流电源所在的供电子区间，所述故障供电子区间为所述发生故障的直流电源所在的供电子区间；

如果所述无源供电子区间或者所述故障供电子区间的相邻供电子区间的直流电源不能满足供电需求，则控制所选择的直流环网上所述无源供电子区间或者所述故障供电子区间所在的供电区间的所有的第二开关单元闭合，并控制所述供电区间的与所述所选择的直流环网对应的第一电压变换单元工作，以通过市电为所述供电区间的车站供电。

8. 如权利要求7所述的轨道交通供电系统的控制方法，其特征在于，所述直流环网的个数为2个，如果2个直流环网中的一个发生故障，则所述所选择的直流环网为正常工作的直流环网，所述控制方法还包括：

在市电供电过程中，如果市电进线或所述变电所发生故障，则控制所述所选择的直流环网上与所述变电所所在供电区间连接的至少一个第一开关单元闭合，以使所述变电所所在供电区间的相邻供电区间的供电电源通过所述所选择的直流环网为所述变电所所在供电区间供电。

9. 如权利要求7所述的轨道交通供电系统的控制方法，其特征在于，所述直流电源包括光伏单元和储能单元，所述直流负载至少包括第一类负载和第二类负载，所述第一类负载的重要等级高于所述第二类负载的重要等级，所述控制方法还包括：

如果所有直流环网均发生故障，且所述光伏单元不能满足供电需求时，控制与所述直流电源所在供电子区间连接的第二开关单元断开，并切除所述直流电源所在供电子区间至少一个车站的第二类负载，以及控制所述储能单元为所述直流电源所在供电子区间的车站供电。

10. 如权利要求7所述的轨道交通供电系统的控制方法，其特征在于，所述控制方法还包括：

如果供配电站发生故障,则控制发生故障的供配电站所在回路断开;
如果直流负载发生故障,则控制发生故障的直流负载所在回路断开;
如果对上述变电所进行检修,则控制检修电路所对应直流环网断开,并控制另一条直流环网给负载供电。

轨道交通供电系统及轨道交通供电系统的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轨道交通技术领域,尤其涉及一种轨道交通供电系统、一种轨道交通供电系统的控制方法。

背景技术

[0002] 现代轨道交通供配电系统以交流电压为主,采用中压交流环网技术,在每个车站均单独设置变电所,用以将中压交流变为低压交流为车站交流负载供电。由于交流中压环网电压等级高,对供电设备要求高,设备体积大,占用车站空间大,且需要在每个车站均设置变电所,同时若给直流负载供电,则需要用到大量变流装置,投资大。

[0003] 随着新能源技术的发展,越来越多的分布式能源并入电网,使得电网中电源和负载的组成都有了明显变化。分布式能源如光伏发电系统和储能系统等,是以直流的形式供电,如果将该部分直流电源并入交流电网,则需要用到DC/AC逆变器进行电能转换,使得电能损耗大,且直流电源和直流负载接入交流供电系统时需要考虑系统的频率、功率因数、谐波、线路阻抗等诸多问题,供电可靠性低。

发明内容

[0004] 本发明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,本发明的第一个目的在于提出一种轨道交通供电系统,以减少设备数量及设备体积,降低设备投资,提高电能利用率和车站供电系统可靠性,提高控制便捷性。

[0005] 为了实现上述目的,本发明第一方面实施例提出了一种轨道交通供电系统,所述供电系统包括控制子系统和多个供电区间,每个所述供电区间用于给多个车站供电,相邻两供电区间之间通过多个第一开关单元连接,所述供电区间包括:

[0006] 变电所,所述变电所包括多个第一电压变换单元,每个所述第一电压变换单元的输入端均与市电进线连接,所述第一电压变换单元用于对交流市电进行降压处理,并将降压处理后的交流电转换成直流电;多个直流环网,所述多个直流与所述多个第一电压变换单元一一对应,并与所述多个第一开关单元一一对应,所述直流环网与对应的第一电压变换单元的输出端连接,所述直流环网包括各车站设置的车站直流母线和连接在相邻两车站的车站直流母线之间的第一开关单元;各车站设置的供配电站,所述供配电站包括低压直流母线和第二电压变换单元,所述第二电压变换单元连接在所述低压直流母线和对应车站的多个车站直流母线之间,所述低压直流母线用于连接对应车站的直流负载;以及至少一个直流电源,每个所述直流电源对应一个供电子区间,用于给至少一个车站供电,相邻两供电子区间之间通过第二开关单元连接,所述直流电源与其所在车站的多个车站直流母线和/或低压直流母线连接;

[0007] 其中,所述控制子系统,用于获取所述供电系统的工作状态,并根据所述工作状态对所述第一开关单元、所述第一电压变换单元、所述第二电压变换单元、所述直流电源和所述第二开关单元中的至少一个进行控制。

[0008] 根据本发明实施例的轨道交通供电系统,无需在每个车站均设置变电所,也无需中压交流环网,而是采用变电所和直流多环网,为每个车站的供配电站供电,省去中间大量的变流环节,大大减少设备数量及设备体积,降低设备投资,且无需考虑系统的频率、功率因数、谐波、线路阻抗等诸多因素,无需大量的逆变器,进而能够降低电能转换过程中的电能损耗,提高电能利用效率。同时,还在多个车站设置直流电源,通过直流电源和直流多环网,可实现为每个车站的供配电站供电,无需变流环节,并可与市电供电一起实现多种供配电方案,提高了供电的可靠性。并且,仅对直流负载供电,使得供配电控制更加简单方便。

[0009] 为达上述目的,本发明第二方面实施例提出了一种轨道交通供电系统的控制方法,所述控制方法用于对上述实施例所述的轨道交通供电系统进行控制,所述控制方法包括以下步骤:检测供电系统是否异常;如果供电系统无异常,则控制所有的第一开关单元和所有的第二开关单元处于断开状态,并控制所有的直流电源给各自所在供电子区间的车站供电;在直流电源供电过程中,如果存在不能满足供电需求或者发生故障的直流电源,则选择一个直流环网,并控制所选择的直流环网上与无源供电子区间或者故障供电子区间连接的至少一个第二开关单元闭合,以使所述无源供电子区间或者所述故障供电子区间的相邻供电子区间的直流电源为所述无源供电子区间或者故障供电子区间的车站供电,其中,所述无源供电子区间为所述不能满足供电需求的直流电源所在的供电子区间,所述故障供电子区间为所述发生故障的直流电源所在的供电子区间;如果所述无源供电子区间或者所述故障供电子区间的相邻供电子区间的直流电源不能满足供电需求,则控制所选择的直流环网上所述无源供电子区间或者所述故障供电子区间所在的供电区间的所有的第二开关单元闭合,并控制所述供电区间的与所述所选择的直流环网对应的第一电压变换单元工作,以通过市电为所述供电区间的车站供电。

[0010] 根据本发明实施例的轨道交通供电系统的控制方法,基于上述实施例的轨道交通供电系统进行控制,能够实现多种供电方案,进而能够保证供电的可靠性,且电压等级低,所需设备数量少,设备占用空间小,投资少,电能利用率高。

[0011] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0012] 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0013] 图1是本发明第一个实施例的轨道交通供电系统的结构示意图;

[0014] 图2是本发明第二个实施例的轨道交通供电系统的结构示意图;

[0015] 图3是本发明第三个实施例的轨道交通供电系统的结构示意图;

[0016] 图4是本发明一个实施例的轨道交通供电系统的控制方法的流程图。

具体实施方式

[0017] 下面详细描述本发明的实施例,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,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0018] 下面参考附图描述本发明实施例的轨道交通供电系统及其控制方法。

[0019] 图1是本发明一个实施例的轨道交通供电系统的结构示意图。

[0020] 该轨道交通供电系统用于给多个车站供电,如图1所示,供电系统100包括控制子系统200和多个供电区间,每个供电区间用于给多个(至少两个)车站供电,相邻两供电区间之间通过多个第一开关单元连接。在该实施例中,以图1中的一个供电区间100为例进行陈述,其中,供电区间100包括:变电所10、多个直流环网、各车站设置的供配电站30和至少一个直流电源,多个直流环网(图1示出两个,分别记为20-A和20-B)与多个第一开关单元一一对应,进而相邻两供电区间之间通过多个第一开关单元连接,即为相邻两供电区间中的直流环网通过对应的第一开关单元连接。

[0021] 其中,以直流环网20-A为例进行说明,直流环网20-A包括设置在各车站的车站直流母线和连接在相邻两车站的车站直流母线之间的直流电缆。变电所10包括多个第一电压变换单元(图1示出两个,分别记为11-A和11-B),以第一电压变换单元11-A为例,第一电压变换单元11-A的输入端与市电进线连接,第一电压变换单元11-A的输出端与直流环网20-A连接,第一电压变换单元11-A用于对交流市电(如10kV、35kV的中压交流电)进行降压处理,并将降压处理后的交流电转换成直流电(如1500V、7500V的直流电),供给直流环网20-A。在一个示例中,参见图1,第一电压变换单元11-A的输出端与变电所10所在车站的车站直流母线连接。具体而言,供电区间100可包含多个车站、一个变电所10,变电所10可设置在多个车站中的一个。

[0022] 在一个示例中,参见图1,第一电压变换单元11-A包括变压器T和AC/DC变换器111。具体而言,变压器T的高压端通过高压交流母线连接市电进线,变压器T的低压端与AC/DC变换器111的交流端连接,AC/DC变换器111的直流端与变电所10所在车站的车站直流母线连接。当轨道交通供电系统100采用市电供电时,变压器T用于对交流市电进行降压处理,AC/DC变换器111用于将降压处理后的交流电转换成直流电。

[0023] 参见图1,供配电站30包括低压直流母线和第二电压变换单元31,第二电压变换单元31连接在低压直流母线和对应车站的多个车站直流母线之间,低压直流母线用于连接对应车站的直流负载1。在一个示例中,参见图1,第二电压变换单元31包括DC/DC变换器311,DC/DC变换器311的第一直流端与对应车站的多个车站直流母线分别连接,DC/DC变换器311的第二直流端与对应车站的低压直流母线连接。

[0024] 每个直流电源对应一个供电电子区间,用于给至少一个车站供电,相邻两供电电子区间之间通过第二开关单元连接,直流电源与其所在车站的多个车站直流母线分别连接(如图1所示),和/或,直流电源与其所在车站的低压直流母线连接(如图2所示)。具体而言,供电电子区间可包含至少一个车站、一个直流电源,直流电源可设置在至少一个车站中的一个。在一个示例中,以两个车站设置一个直流电源40为例,参见图1,该直流电源40设置在两个车站中的一个,其所对应的供电电子区间即为其所在车站和与该车站相邻的车站,这两个车站构成一个供电电子区间。

[0025] 在本发明的实施例中,控制子系统110用于获取供电系统100的工作状态,并根据工作状态对第一开关单元、第一电压变换单元、第二电压变换单元、直流电源和第二开关单元中的至少一个进行控制。

[0026] 举例而言,直流环网的个数为2,一条轨道车辆运行线路上可设置有24个车站,每6

个车站可作为一个供电区间,每个供电区间均设置有一个变电所10,变电所10能够提供两路直流电输出,以将电能分别提供给相应的直流环网。相邻两供电区间的直流环网通过两个第一开关单元连接。各供电区间均可单独供电,且两个直流环网供电均正常时,控制子系统200可选择一个,另一个备用,控制各供电区间的变电所、各个供配电站工作,并控制各个第一开关单元处于断开状态。当所选择的直流环网不能正常运行时,可选择另一个直流环网实现供电。当某个供电区间无法自行供电时,控制子系统200可控制可自行供电的供电区间的变电所工作,并确定正常工作的供电区间所采用的直流环网,进而控制连接在该供电区间的直流环网20与本供电区间对应直流环网之间的第一开关单元闭合,以通过相邻供电区间供电。

[0027] 进一步地,每个供电区间中,每3个车站可作为一个供电子区间,每个供电子区间均可设置有一个直流电源,相邻两供电子区间中两边车站的车站直流母线通过多个第二开关单元连接,每个第二开关单元对应一个直流环网。各供电子区间均可单独供电时,控制子系统200可控制各供电区间的直流电源、各个供配电站工作,并控制各个第二开关单元断开。当某个供电子区间无法自行供电,且两个直流环网均正常时,控制子系统200可选择一个直流环网,控制所选择的直流环网上,与该供电子区间两边车站的车站直流母线连接的第一开关单元中的至少一个闭合,以通过相邻供电子区间供电。当然,该供电区间的划分方式仅是示例性的,供电区间的划分方式并不限于此,例如,还可以是每个车站均设置有直流电源,即每个供电区间包含6个供电子区间。

[0028] 由此,相较于传统的轨道交通供电系统,本发明实施例的轨道交通供电系统无需在每个车站均设置变电所,也无需中压交流环网,而是采用变电所和直流多环网,为每个车站的供配电站供电,省去中间大量的变流环节,大大减少设备数量及设备体积,降低设备投资,且无需考虑系统的频率、功率因数、谐波、线路阻抗等诸多因素,无需大量的逆变器,进而能够降低电能转换过程中的电能损耗,提高电能利用效率。同时,还在多个车站设置直流电源,通过直流电源和直流多环网,可实现为每个车站的供配电站供电,无需变流环节,并可与市电供电一起实现多种供配电方案,提高了供电的可靠性。并且,仅对直流负载供电,使得供配电控制更加简单方便。

[0029] 根据本发明的一个实施例,如图1、图2所示,第一开关单元、第二开关单元均可包括第一开关K1和第二开关K2,使得相邻两车站的车站直流母线之间依次连接第一开关K1、直流电缆和第二开关K2。其中,第一开关K1可作为与其直接连接的车站直流母线所在供电子区间的馈线开关,第二开关K2可作为与其直接连接的车站直流母线所在供电子区间的进线开关。由此,控制子系统200可通过控制第一开关K1和/或第二开关K2的断开,实现相应开关单元的断开,进而实现相应供电区间回见的或供电子区间之间的断开;并可通过控制第一开关K1和第二开关K2的闭合,实现相应开关单元的闭合,进而实现相应供电区间之间的或供电子区间之间的连通。

[0030] 可选地,当供电子区间包含至少两个车站时,两相邻车站的车站直流母线之间还可连接有第三开关单元,该第三开关单元也可包括第一开关K1、第二开关K2,其中,第一开关K1可作为与其直接连接的车站直流母线所在车站的馈线开关,第二开关K2可作为与其直接连接的车站直流母线所在车站的进线开关,由此,可方便对各个车站的独立控制。例如,依次排列的车站1、车站2为供电子区间1,车站3、车站4为供电子区间2,车站5、车站6为供电

子区间3,其中,车站2、车站4、车站6均设置有直流电源,当车站4的直流电源异常时,车站3、车站4可作为一个整体由供电子区间1或者供电子区间2供电,也可以是控制车站3和车站4之间第三开关单元断开,车站3由供电子区间1供电,车站4由供电子区间3供电。相较于整体供电,分开供电能够减小对单个直流电源的负载量,更有助于保证供电的可靠性。

[0031] 参见图1、图2,第一电压变换单元11-A还可包括第三开关K3-A、第四开关K4-A,第三开关K3-A连接在AC/DC变换器111的直流端与变电所10所在车站的车站直流母线之间,第四开关K4-A连接在变压器T的高压端和高压供电母线之间。由此,控制子系统200可通过控制第三开关K3-A、第四开关K4-A中的至少一个断开,实现第一电压变换单元11-A不引入市电;并可通过控制第三开关K3-A、第四开关K4-A的闭合,实现第一电压变换单元11-A引入市电供电。相应地,第一电压变换单元11-B还可包括第三开关K3-B、第四开关K4-B。

[0032] 参见图1、图2,第二电压变换单元31还可包括多个第五开关(如第五开关K5-A、第五开关K5-B)和第六开关K6,第五开关K5-A、第五开关K5-B分别连接在DC/DC变换器311的第一直流端与对应车站的两车站直流母线之间连接,第六开关K6连接DC/DC变换器311的第二直流端与对应车站的低压直流母线之间连接。由此,控制子系统200可通过对第五开关K5-A、第五开关K5-B、第六开关K6的通断控制,实现供配电站30所在回路的通断。

[0033] 可选地,直流负载1和对应的低压直流母线之间可连接有第七开关K7。由此,控制子系统200可通过对第七开关K7的通断控制,实现负载所在回路的通断。

[0034] 根据本发明的一个实施例,参见图1、图2,直流电源40可以是分布式电源,直流电源40可包括光伏单元41和储能单元42。其中,光伏单元41与其所在车站的多个车站直流母线或者低压直流母线连接;储能单元42与其所在车站的多个车站直流母线或者低压直流母线连接,其中,图1、图2仅示出了光伏单元41与其所在车站的两车站直流母线分别连接,储能单元42与其所在车站的两车站直流母线分别连接。可选地,参见图1、图2,光伏单元41、储能单元42和与其相连的直流母线之间可连接有开关,分别记为第八开关K8-A、第八开关K8-B第九开关K9-A、第九开关K9-B,控制子系统200可通过对第八开关K8-A、第八开关K8-B第九开关K9-A、第九开关K9-B的通断控制,实现相应电源接入相应供电直流母线。

[0035] 具体地,参见图1、图2,供电系统100的供电方案包括:

[0036] 方案一:在供电系统100正常工作的过程中,控制子系统200可以选择一个直流环网如直流环网20-A,优先控制光伏单元41给对应的供电子区间进行供电,此时控制子系统200可控制储能单元42进行充电。当光伏单元41无法满足供电需求时,控制子系统200可控制储能单元42则由充电状态转变为放电状态,由光伏单元41和储能单元42同时进行供电,直至光伏单元41退出运行,由储能单元42单独供电,从而保证了车站能够正常运行。

[0037] 方案二:当供电子区间的光伏单元41、储能单元42均不能满足供电需求时,控制子系统200可控制所选择直流环网20-A上与该供电子区间连接的第二开关单元闭合(如控制左侧的K1-A、K2-A(K1-A未示出)闭合,或者控制右侧的K1-A、K2-A(K2-A未示出)闭合),以通过相邻供电子区间的光伏单元和/或储能单元供电。

[0038] 方案三:当供电子区间的光伏单元41、储能单元42均不能满足供电需求,且与其相邻的两供电子区间也不能满足其供电需求时,控制子系统200可控制所选择直流环网20-A上供电区间中的各个供电子区间之间的第二开关单元闭合,并控制第三开关K3-A、第四开关K4-A闭合,以及控制AC/DC变换器111-A进行变流,以实现将市电引入直流环网20-A,为各

供电子区间供电,此时,各供电区间之间的第一开关单元处于断开状态。该市电供电过程中,可控制该供电区间中的各第八开关K8-A断开,控制各第九开关K9-A闭合,并控制各储能单元42充电。

[0039] 方案四:当某个供电区间中的第一电压变换单元11-A无法引入市电至直流环网20-A,则可控制第一电压变换单元11-B将市电引入直流环网20-B。

[0040] 方案五:当某个供电区间中的变电所10无法引入市电至直流环网,且各供电子区间的直流电源也均不能实现供电,则控制子系统200可控制直流环网20-A上与该供电区间连接的第一开关单元闭合,并控制相邻供电区间的直流电源或变电所为该供电区间供电。其中,在通过相邻供电区间实现供电时,优先控制直流电源供电,直流电源供电无法满足时,控制变电所10引入市电供电。

[0041] 相应地,当供电子区间的光伏单元41故障时,控制子系统200可优先控制储能单元42进行供电,进而可依次采用上述方案二、方案三中的供电方式,直至故障解除,恢复正常运行方式;当光伏单元41、储能单元42均故障时,可依次采用上述方案二、方案三中的供电方式,直至故障解除,恢复正常运行方式。

[0042] 方案六:当直流环网20-A、20-B故障,且光伏单元不能满足供电时,控制子系统200控制K1-A、K2-A、K3-A、K4-A、K8-A、K1-B、K2-B、K3-B、K4-B、K8-B均处于断开状态,切除车站不重要的负载,并控制K9-A闭合,由储能单元42充当备用电源给该车站供电,直至线路故障排除,恢复正常供电。

[0043] 在上述各方案中,当车站内部供配电站30内的线路或负载故障时,断开故障部分(如配电站30内的线路故障时,控制子系统200控制K5、K6断开;动照故障时,控制子系统200控制动照对应的开关K7断开),其余正常线路保持运行,直至故障排除,恢复故障部分通电。

[0044] 作为一个示例,对变电所10线路(如直流环网20-A对应线路)进行检修时,可断开检修电路的电源开关如K3-A、K4-A,并控制直流环网20-B给变电所负载(包含在上述直流负载1中)供电,可实现所内不停电检修。

[0045] 可选地,控制子系统200也可优先控制变电所10引入市电为供电区间供电,如控制第一电压变换单元11-A工作,此时,直流环网20-A上各第二开关单元均闭合,在该过程中,若存在不满电的储能单元,则还可控制不满电的储能单元42充电。当变电所10供电异常时,可控制各供电子区间中的直流电源供电。

[0046] 另外,根据本发明的一个实施例中,多个车站中至少存在一个充电站,参见图1、图2、图3,充电站的直流负载包括充电电路51和授流器52,充电电路51的一端与对应充电站的多个车站直流母线(参见图2)或者低压直流母线连接(参见图1、图3),充电电路51的另一端与授流器52连接;其中,控制子系统200还用于,在轨道车辆停靠在充电站,且轨道车辆的充电端口与授流器52连接时,控制充电电路51给轨道车辆充电,从而保证轨道车辆的正常运行,并延长轨道车辆的运行时间。

[0047] 其中,授流器52的结构、形状等可根据实际充电需要进行设置,例如,授流器52可以是充电弓,也可以是充电槽,还可以是充电轨等,此处可不做限定。

[0048] 需要说明的是,所有轨道车辆都可以进入具有充电站的车站,但并不是所有车辆的都需要进行充电,在本实施例中,可以通过控制子系统200获取轨道车辆的电量状态和耗电状态,从而控制充电电路51是否为轨道车辆进行充电。

[0049] 综上,本发明的轨道交通供电系统,通过变电所、直流多环网、直流电源以及供电分区的设置,能够实现供电的多样性,更好的保证供电的可靠性;同时省去中间大量的变流环节,大大减少设备数量及设备体积,降低设备投资,且无需考虑系统的频率、功率因数、谐波、线路阻抗等诸多因素,无需大量的逆变器,进而能够降低电能转换过程中的电能损耗,提高电能利用效率。另外,仅对直流负载供电,使得供配电控制更加简单方便。

[0050] 进一步地,本发明提出了一种轨道交通供电系统的控制方法,该控制方法用于对上述实施例中的轨道交通供电系统100进行控制。

[0051] 图4是本发明一个实施例的轨道交通供电系统的控制方法的流程图。

[0052] 如图4所示,轨道交通供电系统的控制方法包括以下步骤:

[0053] S1,检测供电系统是否异常。

[0054] 其中,供电系统异常可以包括:直流电源无法为其所在供电子区间供电,如电能不足、发热异常等;传输线路故障,如供配电站的配电线故障等;直流负载故障。当然,供电系统异常并不限于此。

[0055] S2,如果供电系统无异常,则控制所有的第一开关单元和所有的第二开关单元处于断开状态,并控制所有的直流电源给各自所在供电子区间的车站供电。

[0056] 具体地,当供电系统无异常,各供电子区间能够自行供电,即所有直流电源能够对其所在供电子区间中的车站进行供电,此时各供电区间、各供电子区间均没有必要进行联络。

[0057] S3,在直流电源供电过程中,如果存在不能满足供电需求或者发生故障的直流电源,则选择一个直流环网,并控制所选择的直流环网上与无源供电子区间或者故障供电子区间连接的至少一个第二开关单元闭合,以使无源供电子区间或者故障供电子区间的相邻供电子区间的直流电源为无源供电子区间或者故障供电子区间的车站供电,其中,无源供电子区间为不能满足供电需求的直流电源所在的供电子区间,故障供电子区间为发生故障的直流电源所在的供电子区间。

[0058] 具体地,当直流电源中存储的电量不足或直流电源发生故障无法正常工作,导致与其相对应的供电子区间无法自行正常供电时,可以通过相邻供电子区间的直流电源为上述无法正常供电的供电子区间进行供电,从而维持该供电子区间能够正常为车站供电。

[0059] 举例而言,对于依次设置的供电子区间A、B、C,当处于中间的供电子区间B中的直流电源无法正常工作时,可以向相邻的供电子区间A和/或供电子区间C连接,从而利用供电子区间A和/或供电子区间C中直流电源对供电子区间B进行供电,使供电子区间B所对应的车站能够正常运行。其中,供电子区间B可以通过闭合相应的第二开关单元的方式与供电子区间A和/或供电子区间C连接。

[0060] S4,如果无源供电子区间或者故障供电子区间的相邻供电子区间的直流电源不能满足供电需求,则控制所选择的直流环网上无源供电子区间或者故障供电子区间所在的供电区间的所有的第二开关单元闭合,并控制供电区间的与所选择的直流环网对应的第一电压变换单元工作,以通过市电为供电区间的车站供电。

[0061] 具体地,当供电子区间A和供电子区间C都无法为发生故障的供电子区间B提供供电需求时,控制直流环网20-A上所有的第二开关单元闭合,即将供电区间中所有的供电子区间都进行连接,并控制供电区间的第一电压变换单元11-A工作,通过变电所向供电系统

接入市电,以保证供电子区间B能够正常运行,从而供电子区间B可以为与其对应的车站进行供电,保证车辆可以正常运行。

[0062] 由此,本发明实施例的轨道交通供电系统的控制方法,能够实现多种供电方案,进而能够保证供电的可靠性。

[0063] 根据本发明的一个实施例,直流环网的个数为2个,如果2个直流环网中的一个发生故障,则所选择的直流环网为正常工作的直流环网,控制方法还包括:在市电供电过程中,如果市电进线或变电所发生故障,则控制所选择的直流环网上与变电所所在供电区间连接的至少一个第一开关单元闭合,以使变电所所在供电区间的相邻供电区间的供电电源通过所选择的直流环网为变电所所在供电区间供电。

[0064] 具体地,在市电为供电子区间供电的状态下,如果市电进线或变电所发生故障,导致该变电所所对应的供电区间无法工作,此时,可以控制所选择的直流环网上与该变电所所在的供电区间相邻的供电区间通过所选择的直流环网为该变电所所在的供电区间进行供电,从而维持该变电所所在的供电区间能够正常为车站供电。其中,相邻的供电区间可以通过第一开关单元进行连接,在需要相邻供电区间进行连接时,控制第一开关单元闭合即可。

[0065] 可选地,该控制方法可以根据供电区间中的耗电量和剩余电量等参数确定第一开关单元闭合的个数,并进行相应控制。

[0066] 根据本发明的一个实施例,直流电源包括光伏单元和储能单元,直流负载至少包括第一类负载和第二类负载,第一类负载的重要等级高于第二类负载的重要等级,控制方法还包括:如果直流环网发生故障,且光伏单元不能满足供电需求时,控制与直流电源所在供电子区间连接的第二开关单元断开,并切除直流电源所在供电子区间的车站的第二类负载,以及控制储能单元为直流电源所在供电子区间的车站的第一类负载供电。

[0067] 具体地,当供电区间无法同时为两类负载供电时,那么优先对优先级高或重要等级高的第一类负载供电。举例而言,如果直流环网发生故障,并且光伏单元不能满足供电需求时,相邻的供电子区间无法为本供电子区间供电,此时控制与本供电子区间连接的第二开关单元均处于断开状态,同时切除本供电子区间的第二类负载,控制储能单元为第一类负载供电,以维持第一类负载能够正常运行,直至故障排除,则恢复正常供电。

[0068] 根据本发明的一个实施例,轨道交通供电系统的控制方法还包括:如果供配电站发生故障,则控制发生故障的供配电站所在回路断开;如果直流负载发生故障,则控制发生故障的直流负载所在回路断开。

[0069] 具体地,本实施例中可以通过直流电源、相邻供电子区间的直流电源和变电所的结合来保证供电子区间能够正常为车站供电,当然,也可以通过断开回路的方式来保证除故障部分之外的其他部分能够正常运行,如若供配电站发生故障,则控制发生故障的供配电站所在的回路断开;若直流负载发生故障,则控制发生故障的直流负载所在回路断开,直至故障排除,才恢复故障部分的通电。

[0070] 根据本发明的一个实施例,轨道交通供电系统的控制方法还包括:如果对变电所进行检修,则控制检修电路所对应直流环网断开,并控制另一条直流环网给负载供电。由此,可以保证供电的持续性。

[0071] 综上所述,本发明实施例的轨道交通供电系统的控制方法,基于上述实施例的轨

道交通供电系统进行控制,能够实现多种供电方案,进而能够保证供电的可靠性,且电压等级低,所需设备数量少,设备占用空间小,投资少,电能利用率高。

[0072] 需要说明的是,在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为是在于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器),光纤装置,以及便携式光盘只读存储器(CDROM)。另外,计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质,因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描,接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序,然后将其存储在计算机存储器中。

[0073] 应当理解,本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如,如果用硬件来实现,和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0074] 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发明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一定指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何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0075] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0076] 此外,术语“第一”、“第二”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。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0077] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员

而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0078] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0079] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

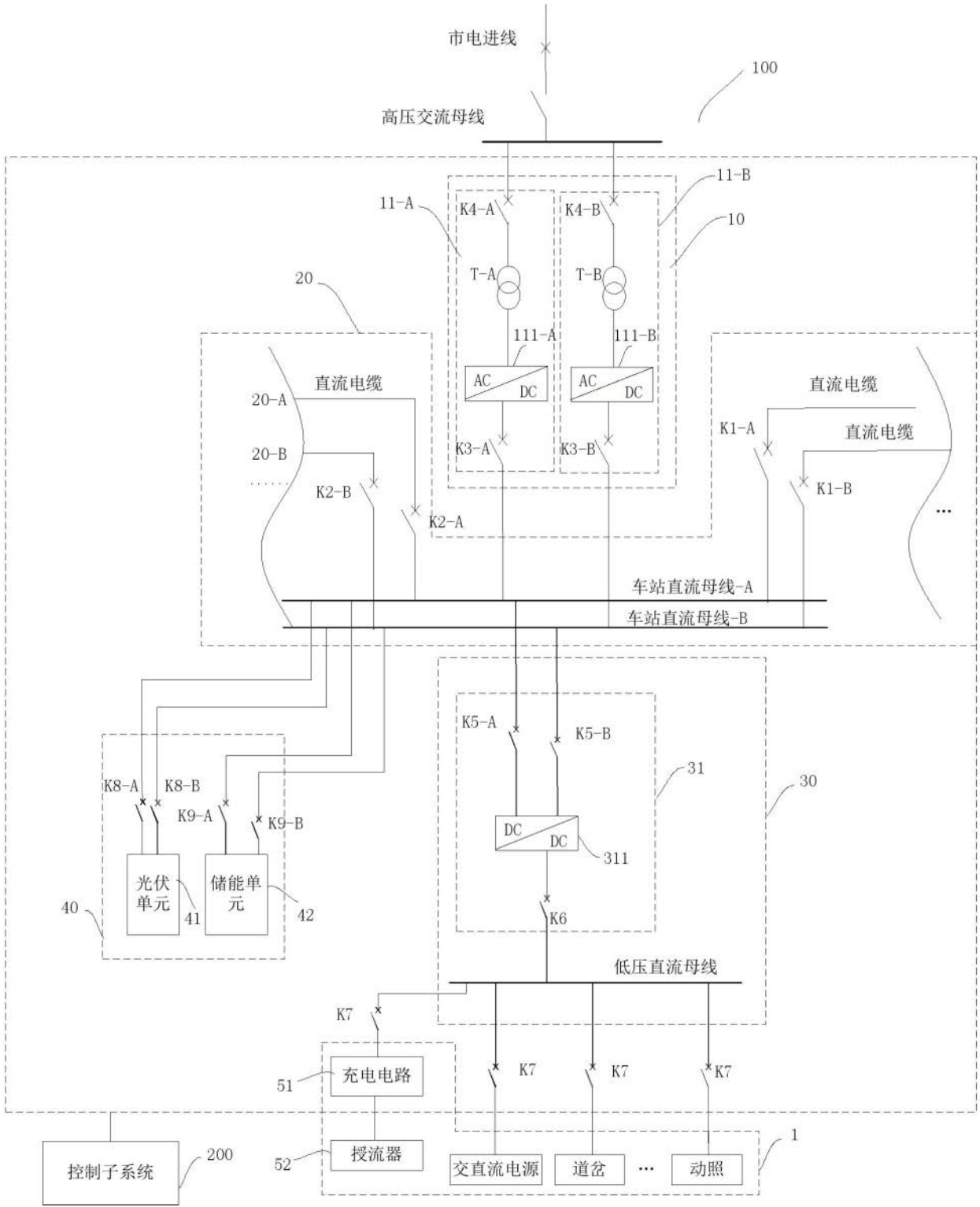


图1

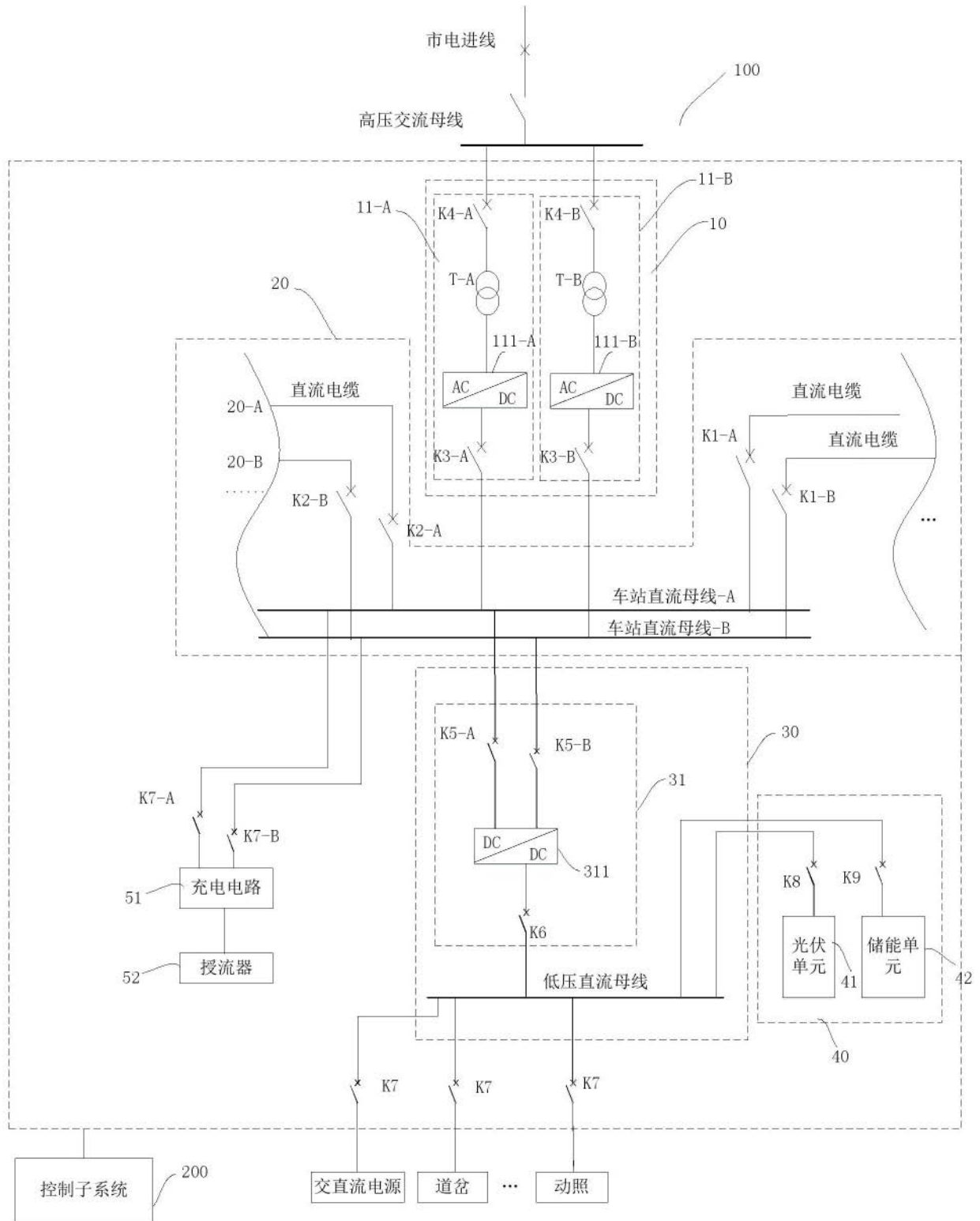


图2

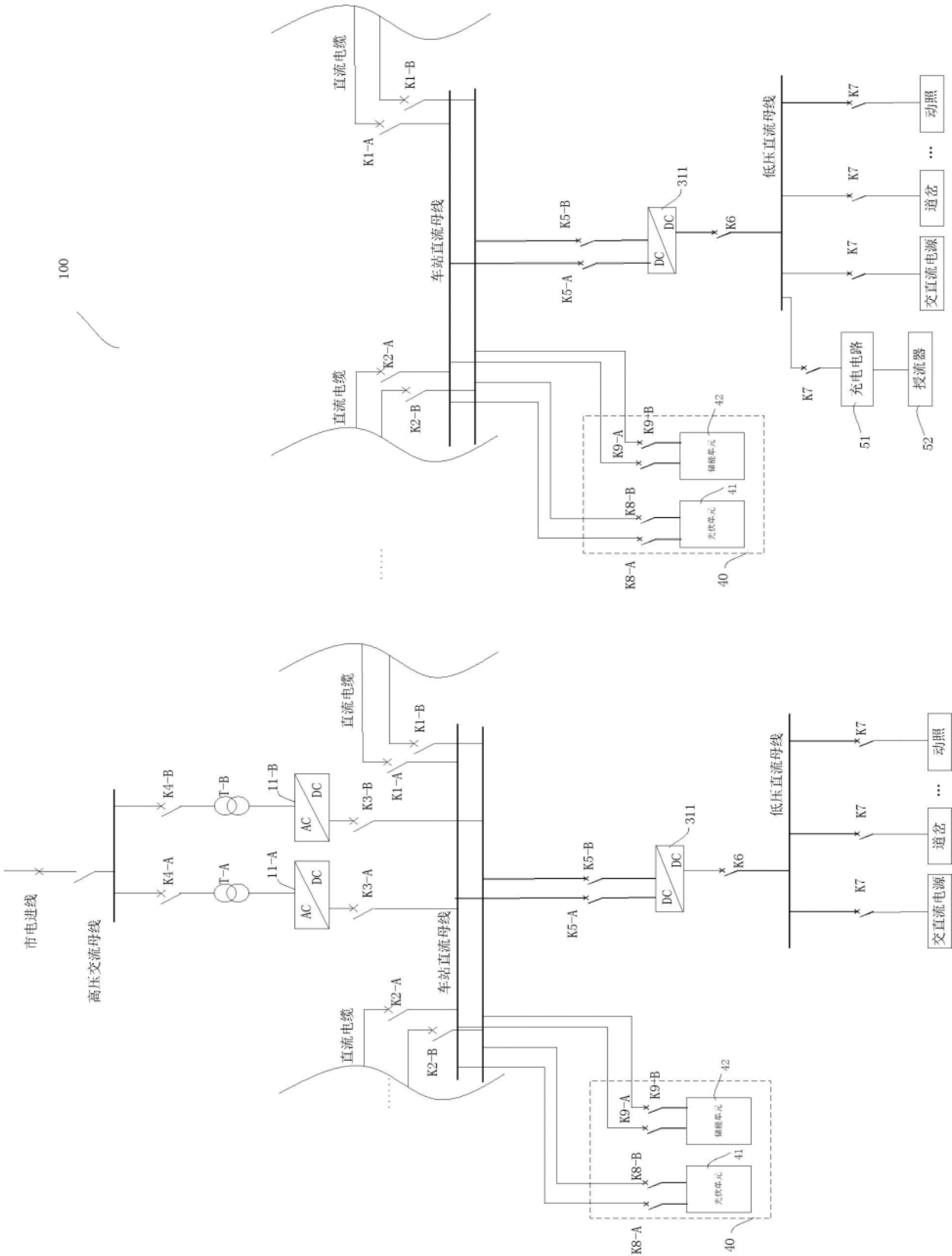


图3

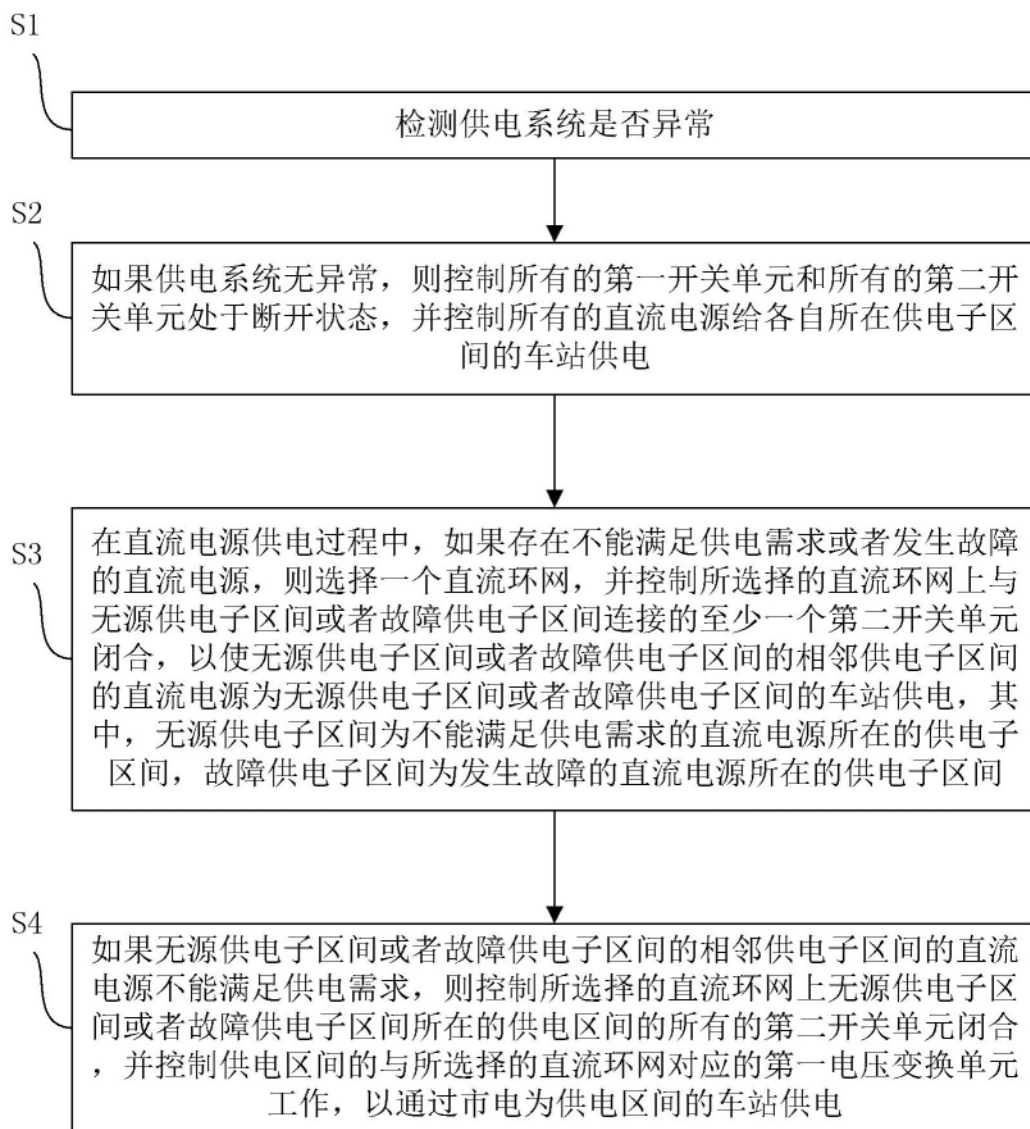


图4