



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109318757 A

(43)申请公布日 2019.02.12

(21)申请号 201710643306.2

(22)申请日 2017.07.31

(71)申请人 株洲中车时代电气股份有限公司  
地址 412001 湖南省株洲市石峰区时代路169号

(72)发明人 尚敬 何多昌 仇乐兵 胡家喜  
周方圆 曹洋 张志学 罗仁俊  
吕顺凯 邱文俊 肖宇翔 罗文广

(74)专利代理机构 湖南兆弘专利事务所(普通合伙) 43008  
代理人 周长清 蒋维特

(51)Int.Cl.  
B60M 3/04(2006.01)

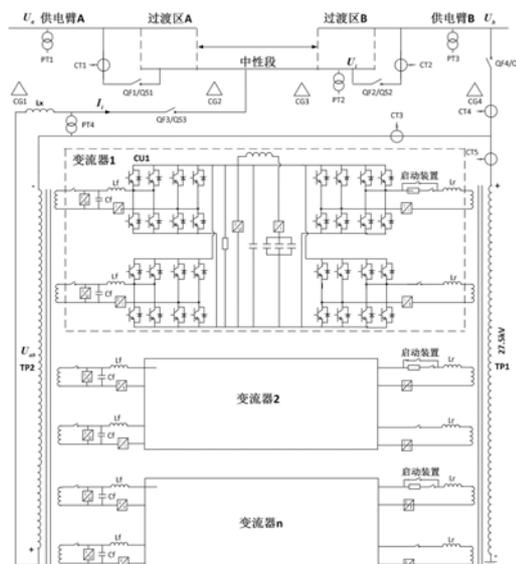
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种交流牵引网电分相区功率控制装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种交流牵引网电分相区功率控制装置及方法,装置包括:第一变压器、第二变压器、变流模块;所述第一变压器高压侧的输入端用于与供电臂连接,另一端接地;所述第二变压器高压侧的输入端与所述第一变压器高压侧的输入端连接,第二变压器高压侧的输出端用于与中性段连接;所述变流模块设置在所述第一变压器的低压侧与所述第二变压器的低压侧之间。本发明可系统解决牵引供电系统供电品质、列车高速平滑过分相、再生制动能量利用等问题,实现牵引网全线虚拟贯通供电,保障供电系统的安全、经济运行,具有显著的技术及成本优势等优点。



1. 一种交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于,包括:第一变压器、第二变压器、变流模块;

所述第一变压器高压侧的输入端用于与供电臂连接,另一端接地;

所述第二变压器高压侧的输入端与所述第一变压器高压侧的输入端连接,第二变压器高压侧的输出端用于与中性段连接;

所述变流模块设置在所述第一变压器的低压侧与所述第二变压器的低压侧之间。

2. 根据权利要求1所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:所述变流模块包括至少一个变流器,所述变流器为交直交变流器。

3. 根据权利要求2所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:所述变流器为储能变流器。

4. 根据权利要求3所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:所述变流器为两两共直流母线变流器。

5. 根据权利要求3所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:所述变流模块中的多个变流器为级联型加多重化结构。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:所述第一变压器高压侧的输入端通过高压开关与供电臂连接;所述第二变压器高压侧的输出端通过断路器与中性段连接。

7. 根据权利要求6所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:还包括供电网连接模块,用于将中性段与相邻的供电臂通过断路器连接。

8. 根据权利要求7所述的交流牵引网电分相区功率控制装置,其特征在于:还包括电流检测模块和电压检测模块;电流检测模块包括多个电流互感器,用于检测供电臂与中性段、供电臂与第一变压器高压侧、第一变压器高压侧、第二变压器高压侧的电流;电压检测模块包括多个电压互感器,用于检测供电臂、中性段、第二变压器高压侧两端的电压。

9. 一种交流牵引网电分相区功率控制方法,其特征在于:包括无断电柔性过分相模式:

当列车由第一供电臂驶入中性段之前,通过功率控制装置调节使得中性段的电压与第一供电臂的电压一致,导通第一供电臂与中性段之间的连接;

当列车驶入中性段后,通过功率控制装置调节中性段线路功率,使得第一供电臂与中性段之间的电流为零,断开第一供电臂与中性段之间的连接;

在列车驶入第二供电臂之前,通过功率控制装置调节中性段的电压与第二供电臂一致。

10. 根据权利要求9所述的交流牵引网电分相区功率控制方法,其特征在于:还包括电能质量治理-再生制动能量利用模式:

在无列车通过分相区时,导通第一供电臂与中性段之间的连接,通过功率控制装置对第一供电臂和第二供电臂之间的功率进行调节及电能质量治理,通过功率控制装置的实现制动再生电能的利用。

11. 根据权利要求9所述的交流牵引网电分相区功率控制方法,其特征在于:还包括越区供电模式:在牵引电网故障时,导通第一供电臂与中性段之间的连接,导通中性段与第二供电臂之间的连接。

## 一种交流牵引网电分相区功率控制装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及列车交流牵引网分相区控制技术领域,尤其涉及一种交流牵引网电分相区功率控制装置及方法。

### 背景技术

[0002] 牵引供电系统是保证列车安全、稳定、高效运行的重要基础。目前世界上电气化铁路绝大部分采用单相交流供电系统。单相交流牵引供电系统采用轮换相序、分相分区供电制式,分相分区处的相邻供电臂之间通过空气或绝缘子分隔,形成电分相。

[0003] 所采用的轮换相序、分相分区交流牵引供电系统原理如图1所示。电力系统提供110kV/220kV/330kV的高压电源,其容量一般较大,可承受较大的短路电流和谐波电流。牵引变压器完成三相-两相电压变换,由于两相功率可能存在非对称性,使得供电系统存在负序电流;同时,相比110kV/220kV/330kV等大电网,牵引供电网的系统容量一般不会太大,由于交直流电传动列车的大量应用,牵引供电系统也存在明显的谐波、无功、电压波动等其他电能质量问题。变压器次边利用馈线将25kV电压联接到牵引网当中,再经接触线、受电弓接入列车,并经钢轨和回流线构成一个完整的回路。通常两相邻供电臂的电压幅值和相位各不相同,两供电臂之间必须设置电分相进行电气隔离。列车过电分相时,必须采取相应的措施完成安全过渡。电分相的存在,不仅影响列车乘坐舒适度和速度,更有可能使得列车掉入无电区,或者导致拉弧,严重情况下甚至烧损牵引网,严重影响系统安全可靠;并且,由电分相带来的电气隔离会导致供电臂之间无法直接实现再生制动能量融通,能量利用率低,系统效率有待提升。

[0004] 轮换相序、分相分区供电模式能在一定程度上实现不同供电臂之间的负荷平衡,从而抑制牵引变压器原边负序电流;但由于牵引网负荷具有随机波动性,牵引供电系统仍然存在负序问题。此外,供电系统还存在谐波、无功等其他供电品质问题,影响牵引供电系统的效率及运行稳定性。电分相不仅使得牵引供电系统无法直接实现再生制动能量利用,也导致牵引网存在供电孤岛,限制了列车的平滑连续受流,影响列车牵引功率的持续发挥。目前普遍采用的自动过电分相装置均存在机电过程复杂、动作频繁、可靠性低、使用寿命短等问题。

[0005] 为解决单相交流牵引供电系统的供电品质、电分相及再生制动能量利用等问题,适应轨道交通“高速重载、高效可靠”的发展需求,广大科研人员提出了同相供电、不断电柔性过分相等极具代表性的解决方案,并进行了工程实践。但其仍然存在系统复杂、开发及运营维护成本高等突出问题。

[0006] 如何在保持现有单相交流牵引供电系统供电模式及其优点的前提下,采取简单、低成本、高可靠的方式解决其存在的问题,是本发明的目的。从本质上说,要解决现有单相交流牵引供电系统存在的供电品质、过分相、再生能量利用等问题,关键是要实现对电分相区功率的有效控制。为此,本发明专利基于柔性供电技术在交流牵引供电系统中的应用,在无需改造传统单相交流牵引供电系统的前提下,提出一种分相区多功能功率控制装置,能

系统解决牵引供电系统供电品质、列车高速平滑过分相、再生制动能量利用等问题,实现牵引网全线虚拟贯通供电,保障供电系统的安全、经济运行,具有显著的技术及成本优势。

## 发明内容

[0007] 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,本发明提供一种系统解决牵引供电系统供电品质、列车高速平滑过分相、再生制动能量利用等问题,实现牵引网全线虚拟贯通供电,保障供电系统的安全、经济运行,具有显著的技术及成本优势的交流牵引网电分相区功率控制装置及方法。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提出的技术方案为:一种交流牵引网电分相区功率控制装置,包括:第一变压器、第二变压器、变流模块;

所述第一变压器高压侧的输入端用于与供电臂连接,另一端接地;

所述第二变压器高压侧的输入端与所述第一变压器高压侧的输入端连接,第二变压器高压侧的输出端用于与中性段连接;

所述变流模块设置在所述第一变压器的低压侧与所述第二变压器的低压侧之间。

[0009] 作为本发明的进一步改进,所述变流模块包括至少一个变流器,所述变流器为交直交变流器。

[0010] 作为本发明的进一步改进,所述变流器为储能变流器。

[0011] 作为本发明的进一步改进,所述变流器为两两共直流母线变流器。

[0012] 作为本发明的进一步改进,所述变流模块中的多个变流器为级联型加多重化结构。

[0013] 作为本发明的进一步改进,所述第一变压器高压侧的输入端通过高压开关与供电臂连接;所述第二变压器高压侧的输出端通过断路器与中性段连接。

[0014] 作为本发明的进一步改进,还包括供电网连接模块,用于将中性段与相邻的供电臂通过断路器连接。

[0015] 作为本发明的进一步改进,还包括电流检测模块和电压检测模块;电流检测模块包括多个电流互感器,用于检测供电臂与中性段、供电臂与第一变压器高压侧、第一变压器高压侧、第二变压器高压侧的电流;电压检测模块包括多个电压互感器,用于检测供电臂、中性段、第二变压器高压侧两端的电压。

[0016] 一种交流牵引网电分相区功率控制方法,包括无断电柔性过分相模式:

当列车由第一供电臂驶入中性段之前,通过功率控制装置调节使得中性段的电压与第一供电臂的电压一致,导通第一供电臂与中性段之间的连接;

当列车驶入中性段后,通过功率控制装置调节中性段线路功率,使得第一供电臂与中性段之间的电流为零,断开第一供电臂与中性段之间的连接;

在列车驶入第二供电臂之前,通过功率控制装置调节中性段的电压与第二供电臂一致。

[0017] 作为本发明的进一步改进,还包括电能质量治理-再生制动能量利用模式:

在无列车通过分相区时,导通第一供电臂与中性段之间的连接,通过功率控制装置对第一供电臂和第二供电臂之间的功率进行调节及电能质量治理,通过功率控制装置的实现制动再生电能的利用。

[0018] 作为本发明的进一步改进,还包括越区供电模式:在牵引电网故障时,导通第一供电臂与中性段之间的连接,导通中性段与第二供电臂之间的连接。

[0019] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

1、本发明兼容传统单相交流牵引供电模式,可保持传统单相交流牵引供电系统的优点。

[0020] 2、在无需改造原有单相交流牵引供电系统的前提下,通过在分相区安装本发明的功率控制装置,即可实现牵引供电系统虚拟同相供电,可系统解决交流牵引供电系统面临的供电品质、过分相及再生制动能量利用等问题。

[0021] 3、本发明在分相区两端供电臂电压相位差很小时(分区所一般均满足此要求),只需很小的变流器容量,即可实现列车无断电柔性过分相,由此可显著降低装置开发成本。

[0022] 4、本发明无需采用特殊方法对列车电流进行检测,通过两个电流互感器可准确检测列车电流,为列车无断电柔性过分相的控制策略提供输入。

## 附图说明

[0023] 图1为交流牵引供电系统示意图。

[0024] 图2为本发明具体实施例的拓扑示意图。

[0025] 图3为本发明具体实施例的拓扑示意图。

## 具体实施方式

[0026] 以下结合说明书附图和具体优选的实施例对本发明作进一步描述,但并不因此而限制本发明的保护范围。

[0027] 实施例一:如图2所示,本实施例的交流牵引网电分相区功率控制装置,包括:第一变压器(TP1)、第二变压器(TP2)、变流模块;所述第一变压器(TP1)高压侧的输入端用于与供电臂(供电臂B)连接,另一端接地;所述第二变压器(TP2)高压侧的输入端与所述第一变压器(TP1)高压侧的输入端连接,第二变压器(TP2)高压侧的输出端用于与中性段连接;所述变流模块设置在所述第一变压器(TP1)的低压侧与所述第二变压器(TP2)的低压侧之间。

[0028] 在本实施例中,所述变流模块包括至少一个变流器,所述变流器为交直交变流器。所述变流器为储能变流器。所述变流器为两两共直流母线变流器,其直流侧并联。如图2中所示的变流器1,变流器的每个交流端均由两个逆变器并联,并且共用一个中间直流电路。

[0029] 在本实施例中,还设置有滤波电路,包括滤波电感 $L_r$ 和滤波电容 $C_f$ ,滤波电感 $L_r$ 串联在变流器与第一变压器(TP1)低压侧的绕组之间,以及串联在变流器与第二变压器(TP2)低压侧的绕组之间。滤波电容 $C_f$ 并联在变压器的输出端。第二变压器(TP2)高压侧的输出端还串联有滤波电感( $L_x$ )。

[0030] 在本实施例中,第一变压器(TP1)和第二变压器(TP2)均为单相多绕组变压器,其低压侧具有多个绕组,多个变流器独立的并列设置在第一变压器(TP1)低压侧和第二变压器(TP2)低压侧之间。

[0031] 在本实施例中,所述第一变压器(TP1)高压侧的输入端通过高压开关(QF4/QS4)与供电臂(供电臂B)连接;所述第二变压器(TP2)高压侧的输出端通过断路器(QF3/QS3)与中性段连接。本实施例中,高压开关采用接触器。

[0032] 在本实施例中,还包括供电网连接模块,用于将中性段与相邻的供电臂通过断路器连接。在本实施例中,供电臂A通过断路器(QF1/QS1)与中性段连接,供电臂B通过断路器(QF2/QS2)与中性段连接。

[0033] 在本实施例中,还包括电流检测模块和电压检测模块;电流检测模块包括多个电流互感器,用于检测供电臂与中性段、供电臂与第一变压器(TP1)高压侧、第一变压器(TP1)高压侧、第二变压器(TP2)高压侧的电流;电压检测模块包括多个电压互感器,用于检测供电臂、中性段、第二变压器(TP2)高压侧两端的电压。本实施例中,电流互感器包括CT1、CT2、CT3、CT4、CT5,分别用于检测供电臂A与中性段之间的电流、供电臂B与中性段之间的电流、第二变压器(TP2)高压侧输入端的电流、供电臂B与功率控制装置之间的电流、第一变压器(TP1)高压侧输入端的电流。电压互感器包括PT1、PT2、PT3、PT4。分别用于检测供电臂A的电压、中性段的电压、供电臂B的电压、第二变压器(TP2)高压侧两端的电压。

[0034] 本实施例的交流牵引网电分相区功率控制方法,包括无断电柔性过分相模式:当列车由第一供电臂驶入中性段之前,通过功率控制装置调节使得中性段的电压与第一供电臂的电压一致,导通第一供电臂与中性段之间的连接;当列车驶入中性段后,通过功率控制装置调节中性段线路功率,使得第一供电臂与中性段之间的电流为零,断开第一供电臂与中性段之间的连接;在列车驶入第二供电臂之前,通过功率控制装置调节中性段的电压与第二供电臂一致。

[0035] 本实施例中,以列车由供电臂A驶向供电臂B为列进行说明。当列车位于供电臂A上到达CG1位置时,功率控制装置开始调节中性段的电压。当中性段的电压与供电臂A的电压一致时( $U_i=U_a$ ),控制断路器QF1/QS1合闸,使得供电臂A与中性段导通,实现功率控制装置的柔性并网。当列车到达CG3位置时,功率控制装置开始调节线路功率,使得CT1=0,再控制断路器QF1/QS1分闸,使得供电臂A与中性段断开。QF1实现无电流分闸,可显著提升断路器的寿命及可靠性。在断路器QF1/QS1分闸后,功率控制装置开始调节中性段的电压,以供电臂B的电压 $U_b$ 为控制目标进行渐进调幅移相,当列车进入右边过渡区B之前,使得中性区电压与供电臂B的电压一致, $U_i=U_b$ 。当列车受电弓进入过渡区B时,功率控制装置继续控制中性区电压 $U_i=U_b$ ,供电臂B与功率控制装置之间的自然分流,可实现受电弓与中性区接触网之间的基本无流分离,列车顺利驶入供电臂B,完成过分相。

[0036] 在本实施例中,还包括电能质量治理-再生制动能量利用模式:在无列车通过分相区时,导通第一供电臂与中性段之间的连接,通过功率控制装置对第一供电臂和第二供电臂之间的功率进行调节及电能质量治理,通过功率控制装置的实现制动再生电能的利用。

[0037] 在本实施例中,还包括越区供电模式:在牵引电网故障时,导通第一供电臂与中性段之间的连接,导通中性段与第二供电臂之间的连接。

[0038] 实施例二:如图3所示,本实施例的本实施例的交流牵引网电分相区功率控制装置,包括:第一变压器(TP1)、第二变压器(TP2)、变流模块;所述第一变压器(TP1)高压侧的输入端用于与供电臂(供电臂B)连接,另一端接地;所述第二变压器(TP2)高压侧的输入端与所述第一变压器(TP1)高压侧的输入端连接,第二变压器(TP2)高压侧的输出端用于与中性段连接;所述变流模块设置在所述第一变压器(TP1)的低压侧与所述第二变压器(TP2)的低压侧之间。

[0039] 在本实施例中,第一变压器(TP1)为单相多绕组变压器,其低压侧具有多个绕组。

所述变流模块包括至少一个变流器,所述变流器为交直交变流器。所述变流器为储能变流器。变流模块中的多个变流器为级联型加多重化结构。如图3中所示,变流模块包括多个变流器,变流器1至变流器n,多个变流器与第一变压器(TP1)低压侧连接的一端为多重化结构,各变流器独立的与第一变压器(TP1)低压侧的多个绕组连接。多个变流器与第二变压器(TP2)低压侧连接的一端为级联型结构,各变流器之间串联,再与第二变压器(TP2)低压侧绕组连接。第二变压器(TP2)低压侧只具有一个绕组。

[0040] 在本实施例中,还设置有滤波电路,包括滤波电感 $L_r$ ,滤波电感 $L_r$ 串联在变流器与第一变压器(TP1)低压侧的绕组之间,滤波电感 $L_f$ 串联在变流器与第二变压器(TP2)低压侧的绕组之间。第二变压器(TP2)高压侧的输出端还串联有滤波电感( $L_x$ )。

[0041] 在本实施例中,所述第一变压器(TP1)高压侧的输入端通过高压开关(QF4/QS4)与供电臂(供电臂B)连接;所述第二变压器(TP2)高压侧的输出端通过断路器(QF3/QS3)与中性段连接。

[0042] 在本实施例中,还包括供电网连接模块,用于将中性段与相邻的供电臂通过断路器连接。在本实施例中,供电臂A通过断路器(QF1/QS1)与中性段连接,供电臂B通过断路器(QF2/QS2)与中性段连接。

[0043] 在本实施例中,还包括电流检测模块和电压检测模块;电流检测模块包括多个电流互感器,用于检测供电臂与中性段、供电臂与第一变压器(TP1)高压侧、第一变压器(TP1)高压侧、第二变压器(TP2)高压侧的电流;电压检测模块包括多个电压互感器,用于检测供电臂、中性段、第二变压器(TP2)高压侧两端的电压。本实施例中,电流互感器包括CT1、CT2、CT3、CT4、CT5,分别用于检测供电臂A与中性段之间的电流、供电臂B与中性段之间的电流、第二变压器(TP2)高压侧输入端的电流、供电臂B与功率控制装置之间的电流、第一变压器(TP1)高压侧输入端的电流。电压互感器包括PT1、PT2、PT3、PT4。分别用于检测供电臂A的电压、中性段的电压、供电臂B的电压、第二变压器(TP2)高压侧两端的电压。

[0044] 本实施例的交流牵引网电分相区功率控制方法与实施例一相同。

[0045] 上述只是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均应落在本发明技术方案保护的范围内。

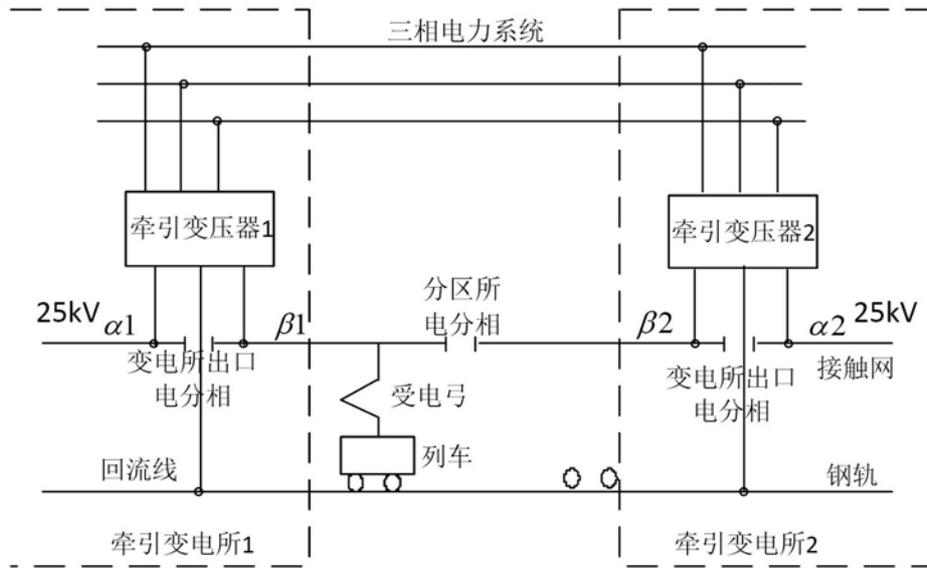


图1

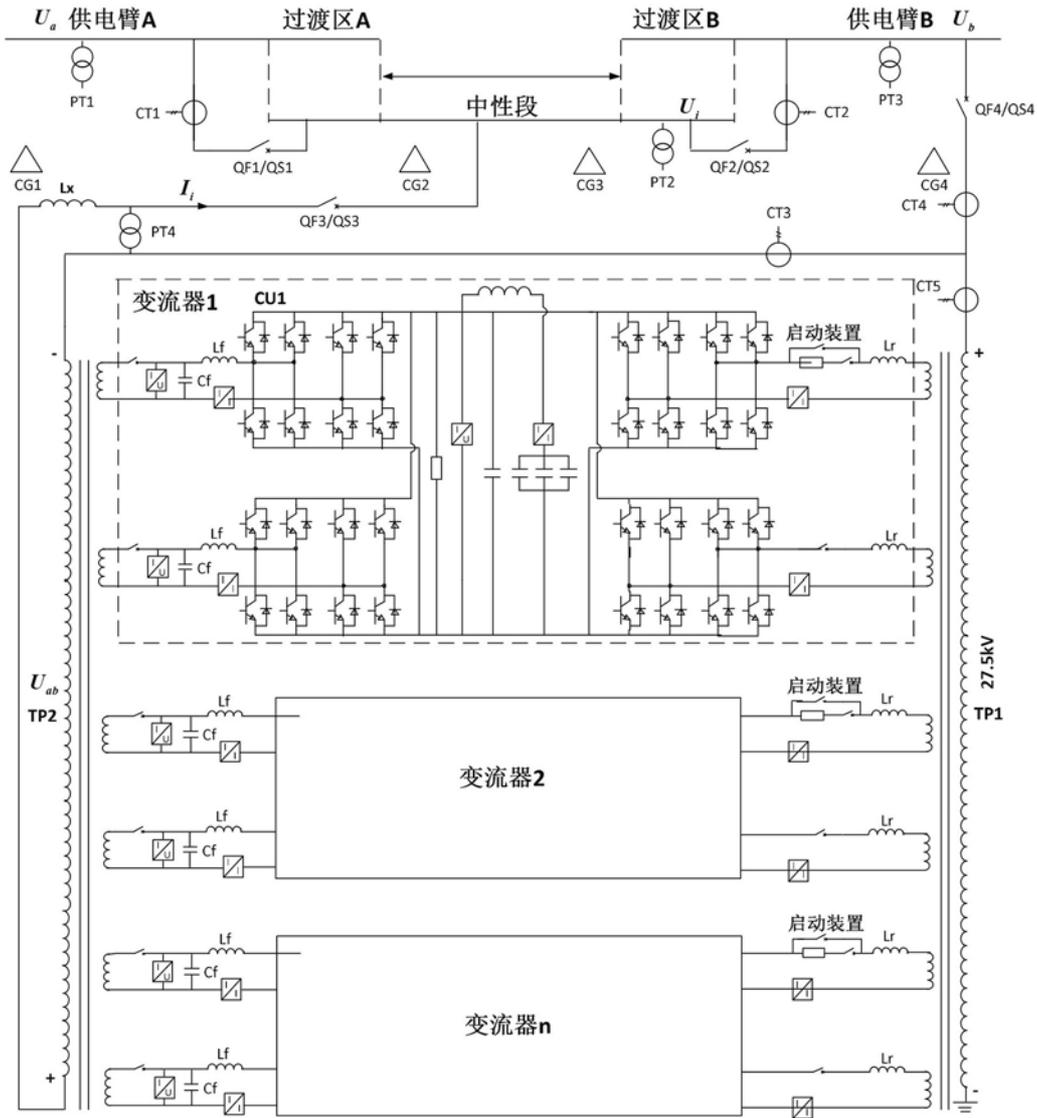


图2

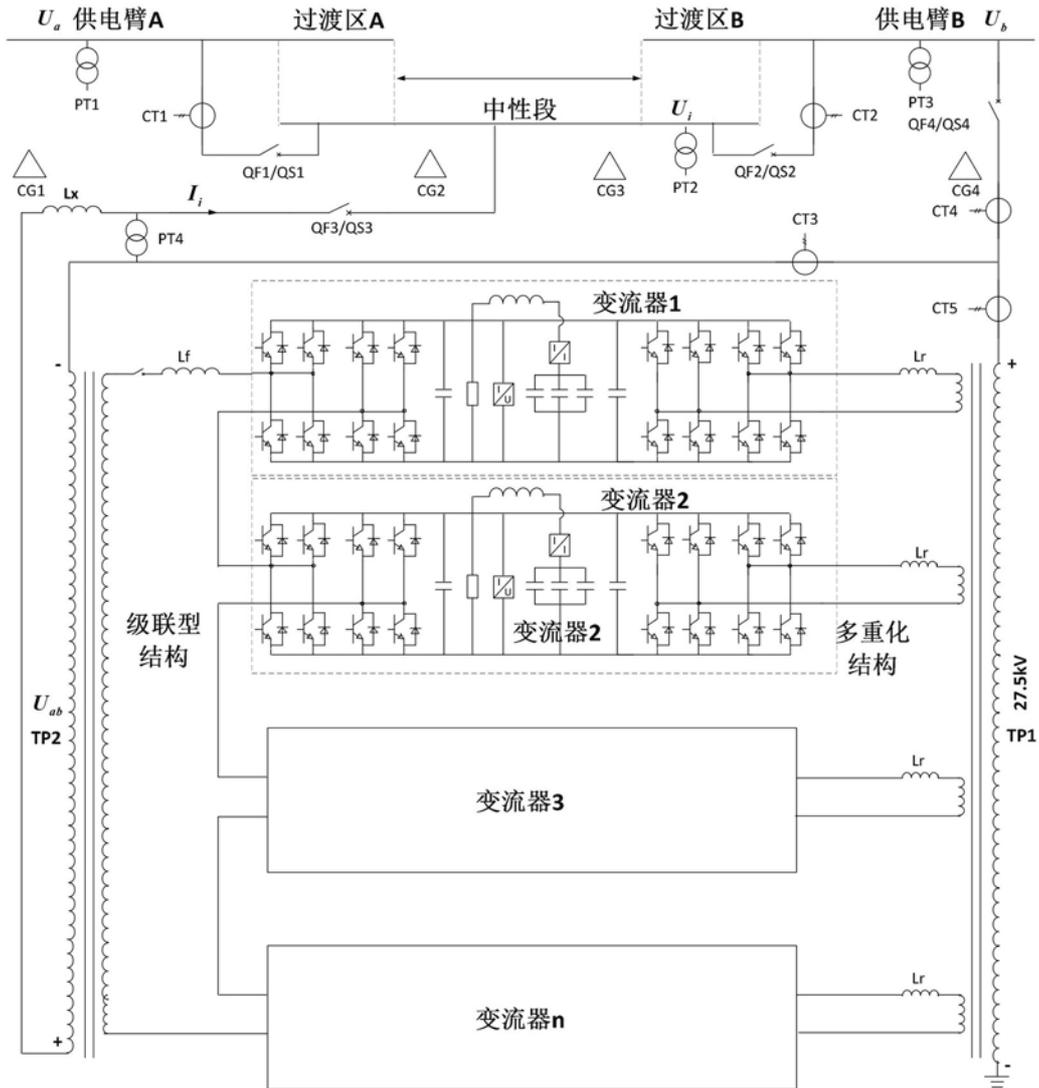


图3