



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203352187 U

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201320330106. 9

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2013. 06. 08

(73) 专利权人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段
111 号西南交通大学科技处

(72) 发明人 李群湛 郭锴 吴命利 解绍锋
舒泽亮 郭育华 李亚楠 曹广河
张剑 吴河 蒋先国 侯日根
宫衍圣 杨振龙 黄足平 魏宏伟
邓云川 汪吉健 刘炜 楚振宇
夏焰坤 李子晗 赵元哲

(74) 专利代理机构 成都信博专利代理有限责任
公司 51200

代理人 张澎

(51) Int. Cl.

H02J 3/26 (2006. 01)

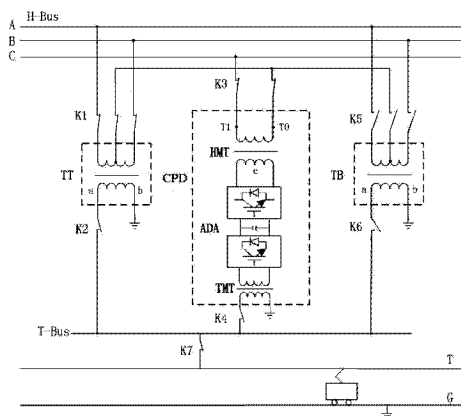
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种单相组合式同相供电变电装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种单相组合式同相供电变电装置,主要包括牵引变压器和同相补偿装置(CPD)。同相补偿装置中:高压匹配变压器原边和牵引变压器原边构成 SCOTT 连接组,其次边绕组连接交直交变流器入端,交直交变流器出端连接牵引匹配变压器原边。牵引变压器次边绕组和牵引匹配变压器次边绕组的电压幅值和相位相同且均与牵引母线相接;牵引负荷计算容量=牵引变压器计算容量+同相补偿装置计算容量,牵引变压器担负主要供电任务,同相补偿装置计算容量由引起三相电压不平衡度超标部分的牵引负荷的容量确定;本实用新型可实现牵引供电资源的最佳配置,取得更好的节能效果。



1. 一种单相组合式同相供电装置,包括牵引变压器 TT、牵引备用变压器 TB 和同相补偿装置 CPD ;同相补偿装置 CPD 由高压匹配变压器 HMT、交直交变流器 ADA 和牵引匹配变压器 TMT 构成 ;牵引变压器 TT、牵引备用变压器 TB 和同相补偿装置 CPD 均为单相结构 ;其特征在于 :高压匹配变压器 HMT 原边绕组的一端 T0 分别与牵引变压器 TT 和牵引备用变压器 TB 原边绕组中点相接 ;牵引变压器 TT 原边绕组和牵引备用变压器 TB 原边绕组连接电力系统同一线电压,即连接在三相中的相同的两相之间,高压匹配变压器 HMT 原边绕组的另一端 T1 连接三相中的另一相 ;高压匹配变压器 HMT 次边绕组连接交直交变流器 ADA 入端 ;交直交变流器 ADA 出端连接牵引匹配变压器 TMT 原边,产生与牵引变压器 TT 相同相位和频率的电压 ;牵引变压器 TT 次边绕组、牵引备用变压器 TB 次边绕组和牵引匹配变压器 TMT 次边绕组的电压幅值和相位相同且均与牵引母线相接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种单相组合式同相供电装置,其特征在于 :所述高压匹配变压器 HMT 配备有相同的高压匹配备用变压器 HMTB ;高压匹配变压器 HMT 与牵引变压器 TT 组装在一个箱体,高压匹配备用变压器 HMTB 与牵引备用变压器 TB 组装在一个箱体。

一种单相组合式同相供电变电装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及交流电气化铁路供电领域,尤其涉及一种单相组合式同相供电变电装置。

背景技术

[0002] 电气化铁道普遍采用由公用电力系统供电的单相工频交流制,为使单相的牵引负荷在三相电力系统中尽可能平衡分配,电气化铁道往往采用轮换相序、分相分区供电的方案。分相分区处的相邻供电区之间用分相绝缘器分割,形成电分相,也称分相。为防止电力机车带电通过电分相发射因燃弧而烧坏接触网悬挂部件,甚至导致相间短路等事故,随着列车速度的不断升高,在司机无法手动进行退级、关辅助机组、断主断路器、靠列车惯性驶过中性段、再合主断路器、合辅助机组、进级恢复牵引功率来完成过分相的情况下,采用了自动过分相技术,主要有地面开关自动切换过分相、车载自动过分相以及柱上自动过分相等几种,但仍存在开关切换中列车通过电分相的暂态电气过程,易产生较大的操作过电压或过电流,造成牵引网与车载设备烧损等事故,甚至导致自动过分相操作失败,影响供电可靠性和列车安全运行。因此,电分相环节是整个牵引供电系统中最薄弱的环节,列车过分相成为了高速铁路乃至整个电气化铁路牵引供电的瓶颈。

[0003] 高速和重载铁路已广泛采用基于 IGBT、IGCT 等全控型器件的大功率交直交型电力机车或动车组,其核心是多组四象限 PWM 控制 and 多重化控制的牵引变流器,谐波含量小,功率因数接近于 1,但交直交型电力机车或动车组牵引功率大,如大编组运行的单车高速动车组其额定功率达 25MW (相当普速铁路 5 列车),这些大量开行的功率单负荷对三相电网造成的日益严重的以三相电压不平衡度(负序)为主的电能质量问题日益严重,不能不受到重视。

[0004] 理论和实践表明采用同相供电技术可以在取消牵引变电所出口处电分相、消除供电瓶颈、增加供电能力、增强节能效果的同时,还能有效治理负序电流、达到以三相电压不平衡度国标限值为主的电能质量要求,有利于促进电力与铁路的共同与和谐发展。

[0005] 现阶段实现同相供电的一个关键是牵引网的电压相位,它由一定接线方式的牵引变压器的牵引端口决定。考虑到牵引变电所中各种牵引变压器最简捷、最经济的接线方式是单相牵引变压器,那么,可将用于同相供电系统的牵引变电所的接线方式分为两类,即一类为能与单相牵引变压器构成同相供电的牵引变压器,属于线电压型,另一类,属于非线电压型,主要是相电压型。

[0006] 相电压型的主要代表是 YNd11 接线的牵引变电所,它在国内既有普速铁路上应用较为普遍,可以自成系统,即把既有铁路的两相供电改造为同相供电。然而,在三相电压不平衡度(负序)不达标的场合需要安装同相(对称)补偿装置,该装置需要在牵引侧的 3 个端口进行补偿,结构较复杂,同时,与最小值相比需要增加 1/3 的同相补偿容量,另外,在三相电压不平衡度(负序)满足要求的场合无需同相(对称)补偿时,用其中的一相来进行同相供电将造成 YNd11 接线牵引变压器容量的较大浪费(达 2/3),很不经济。因此,很难在新建铁

路全线推广 YNd11 接线牵引变压器来实施同相供电。

[0007] 除了单相牵引变压器,线电压型的同相供电可以来自三相-两相平衡接线变压器,其中多数三相-两相平衡接线的一个端口为线电压,另一个端口为相电压,如 Scott, Leblanc、(变型) Wood-Bridge 及 YNvd 等,其中的线电压可以与单相牵引变压器的牵引变电所配合实现全线同相供电,是为优点,但缺点是三相-两相平衡接线牵引变压器需要特殊制造,比标准接线变压器费用增加,并将造成牵引备用变压器的部分容量闲置,影响经济性,也很难在新建铁路上全线推广。

[0008] 显然,以牵引变电所的牵引变压器接线方式中最简捷、最经济的单相牵引变压器为基础,在必要时配以适量的同相(对称)补偿装置,达到取消牵引变电所出口处电分相以消除供电瓶颈,治理负序以满足三相电压不平衡度(负序)限值的电能质量要求为目标,从而实现牵引变电所接线方式和供电装置容量的最佳匹配才是新建铁路实现同相供电的最佳选择。

[0009] 为此,本发明人曾提出了一种单相三相组合式同相供变电装置(发明申请号:201210583674.X),即通过单相牵引变压器的线电压和 YNd11 三相变压器的相电压的组合配以交直交变流器来实现同相供电的一种最佳匹配,适于中性点大电流接地系统和/或需要输出三相自用电的场合,但 YNd11 三相变压器用于单相负荷使得其绕组容量得不到充分利用,对此,提出一种适于不需要中性点大电流接地、不需要输出三相自用电场合的由单相牵引变压器和交直交变流器组合的最佳匹配来实现的同相供变电装置,相比于单相三相组合式同相供变电装置,其主接线更为简单,投资亦可进一步减少。

实用新型内容

[0010] 本实用新型的目的就是提供一种单相组合式同相供变电装置,它能有效地实现电气化铁路同相供电的技术经济最优化,同时,能够消除电气化铁路单相负荷造成的三相系统的负序(电压不平衡)问题。

[0011] 本实用新型的目的是由以下技术方案来实现的:一种同相供变电装置包括牵引变压器(TT)、牵引备用变压器(TB)和同相补偿装置(CPD);同相补偿装置(CPD);由高压匹配变压器(HMT)、交直交变流器(ADA)和牵引匹配变压器(TMT)构成;牵引变压器(TT)、牵引备用变压器(TB)和同相补偿装置(CPD)均为单相结构;高压匹配变压器(HMT)原边绕组的一端 T0 分别与牵引变压器(TT)和牵引备用变压器(TB)原边绕组中点相接;牵引变压器(TT)原边绕组和牵引备用变压器(TB)原边绕组连接电力系统同一线电压,即连接在三相中的相同的两相之间,高压匹配变压器(HMT)原边绕组的另一端 T1 连接三相中的另一相;高压匹配变压器(HMT)次边绕组连接交直交变流器(ADA)入端;交直交变流器(ADA)出端连接牵引匹配变压器(TMT)原边,产生与牵引变压器(TT)相同相位和频率的电压;牵引变压器(TT)次边绕组、牵引备用变压器(TB)次边绕组和牵引匹配变压器(TMT)次边绕组的电压幅值和相位相同且均与牵引母线相接;当牵引变压器(TT)故障或按计划检修时,牵引备用变压器(TB)投入运行。

[0012] 若配备高压匹配备用变压器 HMTB,可仿照牵引变压器(TT)故障或检修时的运行模式;若高压匹配变压器 HMT 与牵引变压器 TT 组装在一个箱体,高压匹配备用变压器 HMTB 与牵引备用变压器 TB 组装在一个箱体,则应整体退出或运行。

[0013] 本实用新型的工作原理是：

[0014] 牵引变压器(TT)和牵引备用变压器(TB)分别与高压匹配变压器(HMT)构成不等边 SCOTT 连接组,即构成一种供电容量不等、电压幅值不等、电压相位垂直的特殊的三相-两相平衡变压器。

[0015] 正常运行中,牵引变压器(TT)和同相补偿装置(CPD)一道给牵引网的 牵引负荷供电,牵引变压器(TT)担负主要供电任务,同相补偿装置(CPD)担负次要供电任务,牵引变压器(TT)计算容量+同相补偿装置(CPD)计算容量=牵引负荷计算容量;同相补偿装置(CPD)计算容量由引起三相电压不平衡度超标(超过国家标准限值规定)部分的牵引负荷的容量确定。

[0016] 即是说,在正常工作过程中,当牵引负荷功率小于或等于同相补偿装置(CPD)额定容量的 2 倍时,牵引变压器(TT)和同相补偿装置(CPD)分别担负牵引负荷功率的 1/2,此时负序电流得以完全补偿,由此引起的三相电压不平衡度为零;当牵引负荷功率大于同相补偿装置(CPD)额定容量的 2 倍时,同相补偿装置(CPD)按其额定容量供给,多余部分由牵引变压器(TT)供给,此时有剩余负序电流流通并造成电压不平衡,但它产生的三相电压不平衡度满足国标要求,即不会超标。

[0017] 必要时同相补偿装置(CPD)还可提供牵引负荷所需的无功功率和谐波补偿电流。

[0018] 不考虑同相补偿装置(CPD)中交直交变流器(ADA)的过载能力,则选择同相补偿装置(CPD)计算容量=交直交变流器(ADA)额定容量,而其中的高压匹配变压器(HMT)和牵引匹配变压器(TMT)额定容量可参考交直交变流器(ADA)额定容量和自身过负荷能力确定。牵引备用变压器(TB)容量主要应根据牵引变压器(TT)和同相补偿装置(CPD)的故障情况和检修要求确定,同时考虑对应的三相电压不平衡度的影响,一般选择与牵引变压器(TT)相同容量或增减一个容量等级的牵引变压器。

[0019] 本实用新型与现有技术相比的有益效果是：

[0020] 一、本实用新型可以最大程度减少价格昂贵的同相补偿装置(CPD)中交直交变流器(ADA)的容量及其所占比重,有效减少同相供变电装置的一次性投资。

[0021] 二、本实用新型提出牵引变压器和同相补偿装置(CPD)的新式组合,在取消牵引变电所出口处的电分相环节之同时,进一步简化了牵引变电所主接线结构。

[0022] 三、本实用新型可提高牵引变电所的供电资源与设备利用率。单相牵引变压器的绕组(铜材)利用率为 1,同相补偿装置(CPD);中的负荷会在牵引变压器原边绕组额外占有一定的分量,但通常这一分量较小,只会对绕组利用率 造成几个百分点的影响,即使如此,其绕组利用率仍然高于既有三相-两相牵引变压器,也高于用于同相供电时的 Vv 接线和 Vx 接线牵引变压器的利用率。

[0023] 四、本实用新型可进一步增强牵引供电系统的节能效果。实施同相供电后,牵引变电所的上下行供电臂合并,更有利于其中运行的多组列车牵引与再生电能的相互利用,减少从电力系统的用电,加之同相补偿装置(CPD)工况的可逆性,当牵引供电系统中的列车处于再生工况时,还可向电力系统送出达标的电能,大大增加节能效果。

[0024] 五、本实用新型除了适于直接供电的牵引变电所和牵引网外,亦用于 AT 供电的牵引变电所及其牵引网。

[0025] 六、本实用新型技术先进、可靠,易于实施。

[0026] 本实用新型可配备高压匹配变压器 HM 相同的高压匹配备用变压器 HMTB, 高压匹配变压器 HMT 与牵引变压器 TT 组装在一个箱体内, 高压匹配备用变压器 HMTB 与牵引备用变压器 TB 组装在一个箱体内, 减少占地面积。

[0027] 下面结合附图和具体实施方式对本实用新型作进一步的描述。

附图说明

[0028] 图 1 是实施例的牵引变电所的同相供电装置示意图。

[0029] 图 2 是本实用新型同相补偿装置 (CPD) 中的交直交变流器连接示意图。

[0030] 图 3 是本实用新型配备高压匹配备用变压器的同相供电装置示意图。

[0031] 图 4 是本实用新型用于 $2 \times 27.5\text{kV}$ 的 AT 牵引供电系统的一种连接示意图。

[0032] 图 5 是本实用新型配备高压匹配备用变压器的用于 $2 \times 27.5\text{kV}$ 的 AT 牵引供电系统的一种同相供电装置示意图。

具体实施方式

[0033] 实施例

[0034] 如图 1 所示, 一种同相供电装置示意图, 包括牵引变压器 (TT)、牵引备用变压器 (TB) 和同相补偿装置 (CPD); 同相补偿装置 (CPD) 由高压匹配变压器 (HMT)、交直交变流器 (ADA) 和牵引匹配变压器 (TMT) 构成; 牵引变压器 (TT)、牵引备用变压器 (TB) 和同相补偿装置 (CPD) 均为单相结构; 高压匹配变压器 (HMT) 原边绕组的一端 T0 分别与牵引变压器 (TT) 和牵引备用变压器 (TB) 原边绕组中点相接; 牵引变压器 (TT) 原边绕组和牵引备用变压器 (TB) 原边绕组连接电力系统高压母线 H-Bus 的同一线电压, 图中为 AB 线电压 (次边为 ab 线电压), 即连接在三相中的 A、B 两相之间, 高压匹配变压器 (HMT) 原边绕组的另一端 T1 连接三相中的另一相, 图中为 C 相 (次边为 c 相); 高压匹配变压器 (HMT) 次边绕组连接交直交变流器 (ADA) 入端; 交直交变流器 (ADA) 出端连接牵引匹配变压器 (TMT) 原边, 产生与牵引变压器 (TT) 相同相位和频率的电压; 牵引变压器 (TT) 次边绕组、牵引备用变压器 (TB) 次边绕组和牵引匹配变压器 (TMT) 次边绕组的电压幅值和相位相同且均与牵引母线 T-Bus 相接; 图中, T 为接触网, G 为钢轨, K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7 为断路器, 其中 K1、K5 为三相断路器。

[0035] 高压匹配变压器 (HMT) 次边绕组与交直交变流器 (ADA) 入端的电压等级应权衡高压匹配变压器原边电压等级、原次边变比和交直交变流器容量及其入端的级联情况, 目前一般选择在 6kV 至 10kV 范围内为宜。

[0036] 当牵引变压器 (TT) 故障或按计划检修时, 牵引备用变压器 (TB) 投入运行。

[0037] 本实用新型的工作原理是:

[0038] 牵引变压器 (TT) 和牵引备用变压器 (TB) 分别与高压匹配变压器 (HMT), 构成不等边 SCOTT 连接组, 即构成一种供电容量不等、电压幅值不等、电压相位垂直的特殊的三相 -- 两相平衡变压器。

[0039] 正常运行中, 牵引变压器 (TT) 和同相补偿装置 (CPD) 一道给牵引网的牵引负荷供电, 牵引变压器 (TT) 担负主要供电任务, 同相补偿装置 (CPD) 担负次要供电任务, 牵引变压器 (TT) 计算容量 + 同相补偿装置 (CPD) 计算容量 = 牵引负荷计算容量; 同相补偿装置

(CPD) 计算容量由引起三相电压不平衡度超标部分的牵引负荷的容量确定;牵引备用变压器(TB)计算容量=牵引变压器(TT)计算容量;不考虑同相补偿装置(CPD)中交直交变流器(ADA)的过载能力,因此,可选择同相补偿装置(CPD)计算容量=交直交变流器(ADA)额定容量,而其中的高压匹配变压器(HMT)和牵引匹配变压器(TMT)额定容量可参考交直交变流器(ADA)额定容量和自身过负荷能力确定。

[0040] 即是说,在正常工作过程中,当牵引负荷功率小于或等于同相补偿装置(CPD)额定容量的 2 倍时,牵引变压器(TT)和同相补偿装置(CPD)分别供给牵引负荷功率的 1/2,此时负序电流得以完全补偿,由此引起的三相电压不平衡度为零;当牵引负荷功率大于同相补偿装置(CPD)容量的 2 倍时,同相补偿装置(CPD)按其额定容量供给,多余部分由牵引变压器(TT)供给,此时有剩余负序电流流通并造成三相电压不平衡,但它产生的三相电压不平衡度满足国标要求。

[0041] 以一实际牵引变电所为例,牵引负荷计算容量=38MVA,满足三相电压不平衡度国标要求的牵引负荷容量为 18MVA,不考虑同相补偿装置(CPD)的过负荷能力,则同相补偿装置(CPD)计算容量=(38MVA-18MVA)/2=10MVA,选择同相补偿装置(CPD)额定容量=10MVA,牵引变压器(TT)计算容量=38-10=28MVA,可选择额定容量为 31.5MVA 标准等级的单相牵引变压器和牵引备用变压器;而当考虑牵引变压器 1.5 倍过负荷能力时,牵引变压器(TT)计算容量=28/1.5=18.7MVA,则可选择额定容量为 20MVA 标准等级的单相牵引变压器。

[0042] 牵引备用变压器(TB)容量主要应根据牵引变压器(TT)和同相补偿装置(CPD)的故障情况和检修要求确定,同时考虑对应的三相电压不平衡度的影响,一般选择与牵引变压器(TT)相同容量或增减一个容量等级的牵引变压器。此例中,选择选择额定容量为 20MVA 标准等级的单相牵引变压器为牵引备用变压器。

[0043] 必要时同相补偿装置(CPD)还可补偿牵引负荷的无功功率和谐波电流。

[0044] 图 1 中以牵引变压器原边 AB(次边 ab)线电压和高压匹配变压器原边 C(次边 c)相电压的一种组合为例,构成电压幅值不等、电压相位垂直的 SCOTT 连接组,即一种特殊的三相-两相平衡变压器,当然,还有牵引变压器原边 BC(次边 bc)线电压和高压匹配变压器原边 A(次边 a)相电压之组合,以及牵引变压器原边 CA(次边 ca)线电压和高压匹配变压器原边 B(次边 b)相电压之组合。

[0045] 正常时,牵引变压器 TT 和高压匹配变压器 HMT 及其同相补偿装置(CPD)工作,牵引备用变压器 TB 不工作;牵引变压器 TT 退出时,牵引备用变压器 TB 投入工作;同相补偿装置(CPD)退出运行时,牵引变压器 TT 可以短时单独工作,牵引备用变压器 TB 亦可替代牵引变压器 TT 工作。

[0046] 图 2 是本实用新型同相补偿装置(CPD)中交直交变流器的连接图,交直交变流器(ADA)为采用大功率电力电子半导体器件(例如集成门极换向晶闸管 IGCT 或绝缘栅双极性晶体管 IGBT)的单相 PWM(脉宽调制)变流器,即通过直流储能电容连接的交流-直流-交流变换装置,其两端串联的电抗器 L_i 和电抗器 L_o 的电抗值可分别连同高压匹配变压器和牵引匹配变压器的漏抗一并考虑。

[0047] 需要说明的是,由于同相补偿装置(CPD)中交直交变流器(ADA)采用集成门极换向晶闸管 IGCT 或绝缘栅双极性晶体管 IGBT 等性能优良的现代电力电子半导体器件,其制造成本较高,同时由于“牵引变压器(TT)担负主要供电任务,同相补偿装置(CPD)担负次要

供电任务”的分工，一般不采用像牵引变压器那样的 100% 备用方式，而是在权衡成本和可靠性后采用模块级备用，以降低成本，并保证可靠性。

[0048] 图 3 是本实用新型配备高压匹配备用变压器的同相供变电装置示意图。图中，高压匹配变压器 HMT 与牵引变压器 TT 组装在一个箱体内，高压匹配备用变压器 HMTB 与牵引备用变压器 TB 组装在一个箱体内，当牵引变压器 TT 或高压匹配变压器 HMT 有一故障或需要检修时，则应使其整体退出，投入牵引备用变压器 TB 和高压匹配备用变压器 HMTB 组装体；为方便高压匹配变压器 HMT、高压匹配备用变压器 HMTB 的次边绕组与交直交变流器 ADA 入端的连接，可设置低压补偿母线 L-Bus 及相应的开关；图中，T 为接触网，G 为钢轨，K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7、K8、K9 为断路器，其中 K1、K6 为三相断路器，其他为单相断路器；其他同图 1。

[0049] 图 4 是本实用新型用于 AT（自耦变压器）牵引供电系统的一种连接示意图，其中，高压母线 H-Bus 的连接方式与图 1 相同，牵引母线 T-Bus 电压为 $2 \times 27.5\text{kV}$ ，F、T 分别是 AT 牵引网 TS 中的负馈线和接触线，显然，在 AT 供电方式的同相供变电装置中，牵引变压器（TT）、牵引备用变压器（TB）和牵引匹配变压器（TMT）的次边绕组中点均抽出接地，电压均为 $2 \times 27.5\text{kV}$ ，而当牵引变压器（TT）、牵引备用变压器（TB）和牵引匹配变压器（TMT）的次边绕组中点均不抽出时，则为一种 55kV 的 AT 供电方式；图中，T 为接触网，G 为钢轨，K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7 为断路器，其中 K1、K5 为三相断路器，其他为两相断路器。

[0050] 图 5 是本实用新型配备高压匹配备用变压器的用于 $2 \times 27.5\text{kV}$ 的 AT 牵引供电系统的一种同相供变电装置示意图。图中，高压匹配变压器 HMT 与牵引变压器 TT 组装在一个箱体内，高压匹配备用变压器 HMTB 与牵引备用变压器 TB 组装在一个箱体内，当牵引变压器 TT 或高压匹配变压器 HMT 有一故障或需要检修时，则应使其整体退出，投入牵引备用变压器 TB 和高压匹配备用变压器 HMTB 组装体；为方便高压匹配变压器 HMT、高压匹配备用变压器 HMTB 的次边绕组与交直交变流器 ADA 入端的连接，可设置低压补偿母线 L-Bus 及相应的开关 K3、K4、K8；图中，T 为接触网，F 为负馈线，G 为钢轨，K1、K2、K3、K4、K5、K6、K7、K8、K9 为断路器，其中 K1、K6 为三相断路器，K2、K5、K7、K9 为两相断路器，K3、K4、K8 为单相断路器；其他同图 4。

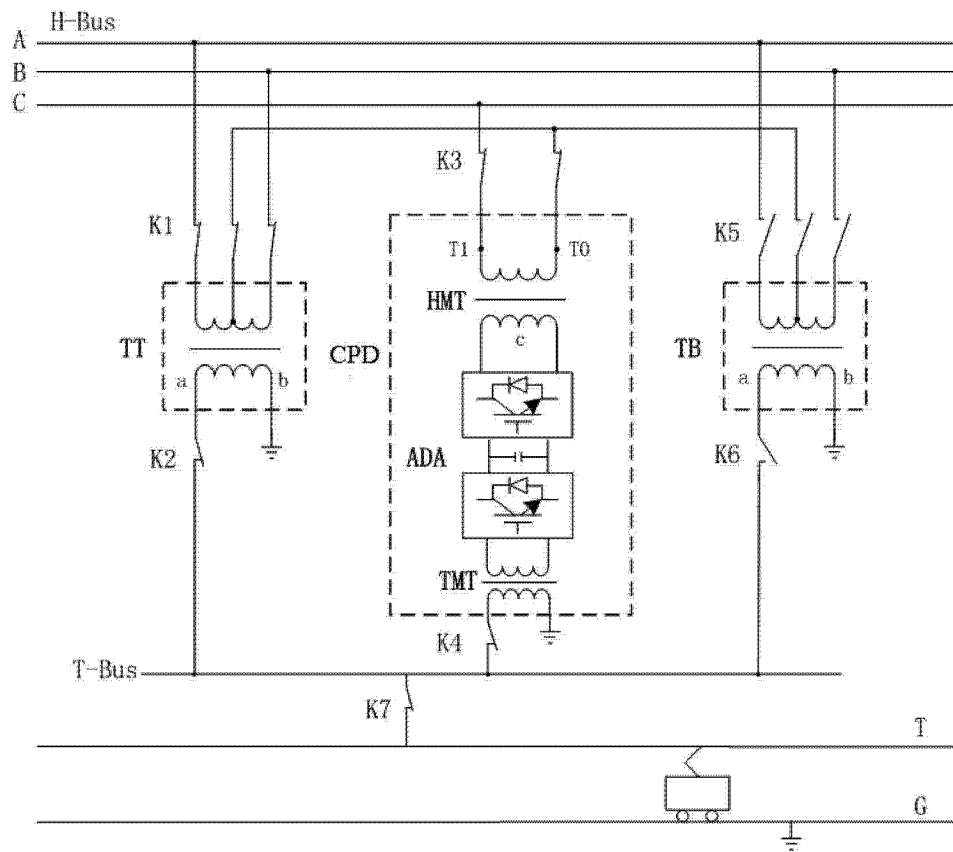


图 1

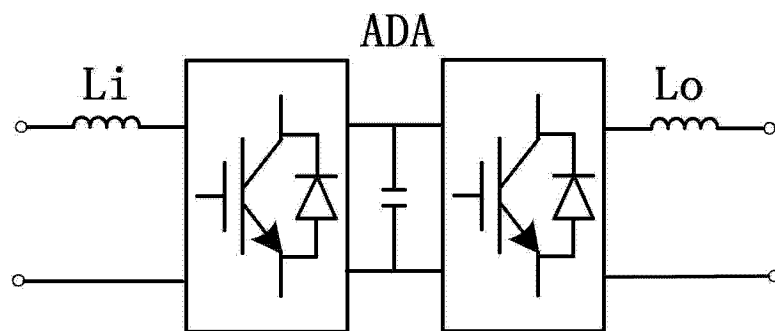


图 2

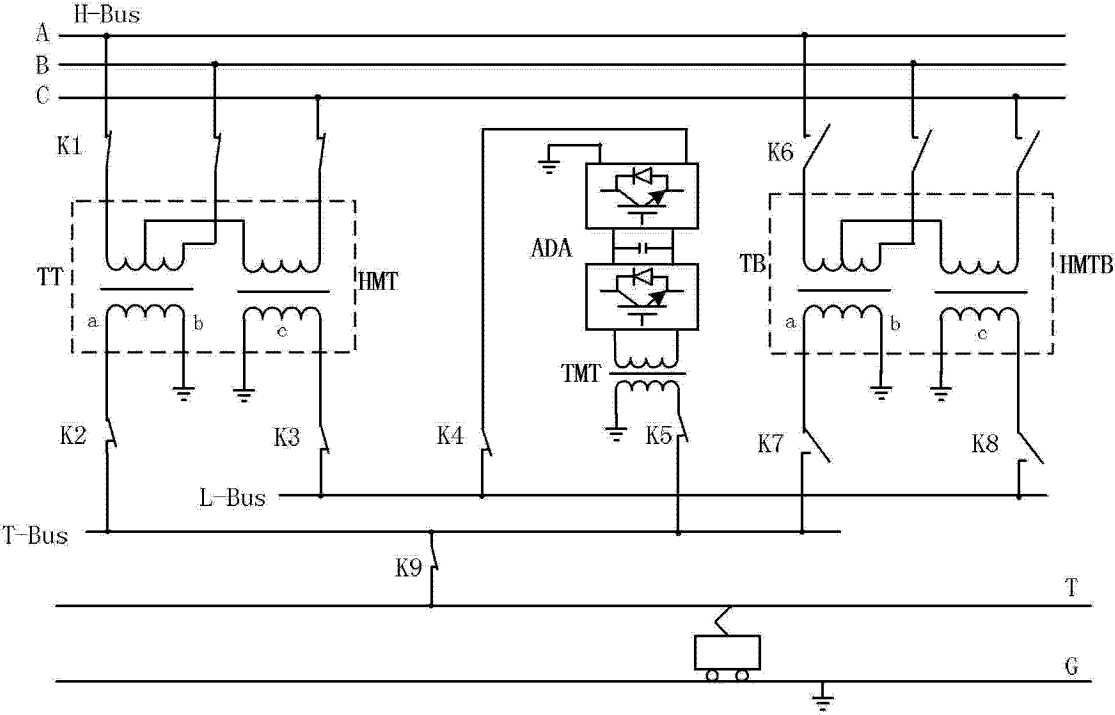


图 3

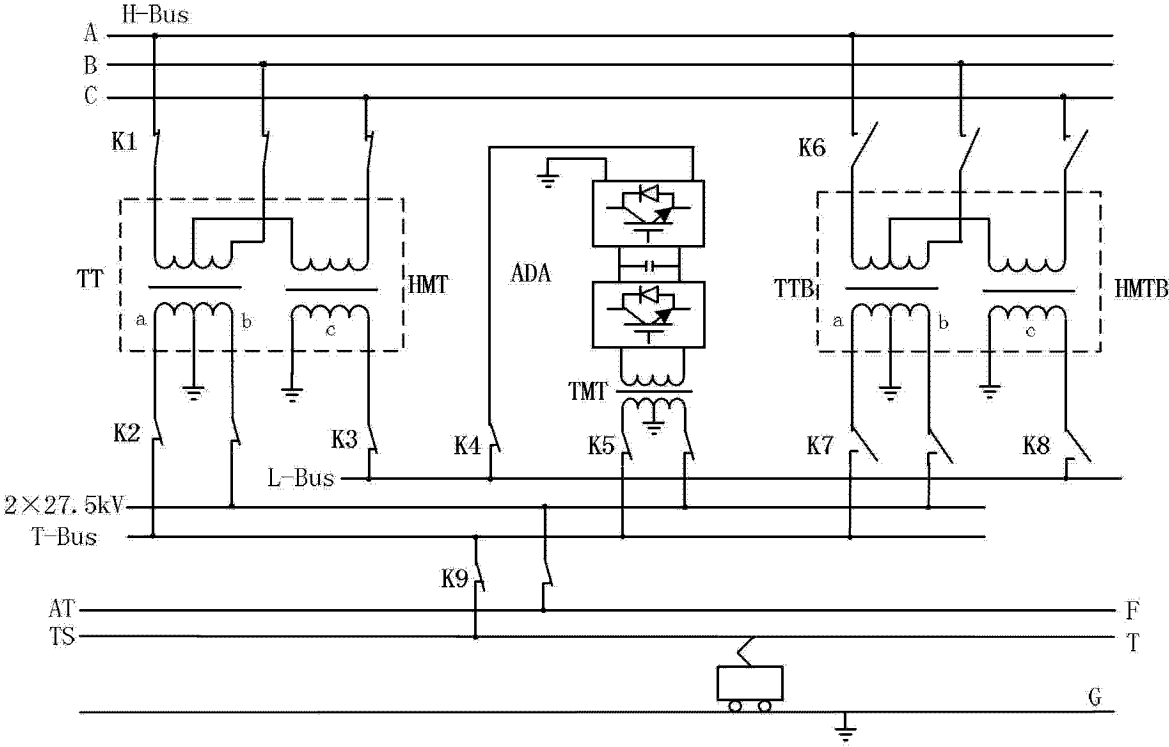


图 5