



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204578106 U

(45) 授权公告日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201520107377. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 02. 13

H02J 3/36(2006. 01)

(73) 专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

专利权人 国网北京经济技术研究院

许继集团有限公司

上海电力设计院有限公司

(72) 发明人 袁兆祥 胡劲松 齐立忠 张军

胡君慧 吴金龙 谢特列 张哲

郗鑫 王先为 邹辉 叶军

苟晓彤

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

代理人 徐宁 孙楠

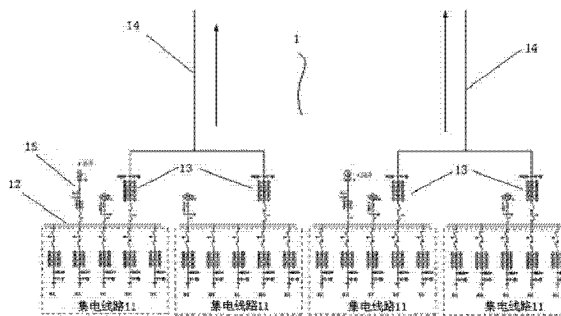
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,它包括送电端和受电端,送电端位于海上,受电端位于陆地上。送电端包括海上风电场交流系统和海上换流站,海上风电场交流系统将 600MW 规模海上风电场的交流电能共汇集到 4 条 35kV 母线上;4 条 35kV 母线上的交流电能进入四组主变进线设备;两组主变进线设备汇集后各自引出一条交流主变进线送出;海上换流站采用分裂变压器,两条交流主变进线分别连接分裂变压器一次侧,分裂变压器二次侧连接换流器;换流器采用对称单极 MMC;海上换流站的启动和充电通过受电端的陆上换流站进行;海上换流站将交流电能转换成直流能后输送到陆上换流站。本实用新型可以广泛应用于海上风电模块化多电平柔性直流输电系统中。



1. 一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其包括送电端和受电端,所述送电端位于海上,所述受电端位于陆地上,其特征在于:所述送电端包括海上风电场交流系统和海上换流站;所述海上风电场交流系统以每 5 条集电线路为一组对 600MW 规模海上风电场的交流电能进行汇集,共汇集到 4 条 35kV 母线上;4 条所述 35kV 母线上的交流电能分别进入四组主变进线设备;每两组所述主变进线设备汇集后各自引出一条交流主变进线,所述 600MW 规模海上风电场的交流电能经两条所述交流主变进线输送到所述海上换流站;

所述海上换流站中连接变压器采用分裂变压器,两条所述交流主变进线分别连接至所述分裂变压器一次侧的两端口,所述分裂变压器二次侧的端口连接换流器;所述换流器采用对称单极 MMC;所述对称单极 MMC 共设置有上、下 6 个桥臂,每个所述桥臂均由若干 MMC 子模块和一个桥臂电抗器串联组成;其中,每个所述桥臂电抗器均位于每个所述桥臂的交流侧,其分别连接所述 MMC 子模块和所述分裂变压器的二次侧;所述对称单极 MMC 的两直流侧直流线路中串联一直流电抗器;所述海上换流站的启动和充电通过所述受电端的陆上换流站进行;所述海上换流站将交流电能转换成直流能后,通过直流输电线路输送到所述受电端的陆上换流站,输送直流电压等级为 $\pm 200\text{kV}$ 。

2. 如权利要求 1 所述的一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其特征在于:与每两组所述主变进线设备连接的两条所述 35kV 母线的其中一条上分别直接连接一 35kV/0.4kV 站用变压器。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其特征在于:所述海上风电场交流系统的所述集电线路均采用 35kV 电压等级,且所述集电线路采用单母线分段接线。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其特征在于:所述分裂变压器采用联接变网侧中性点经接地电阻接地。

5. 如权利要求 3 所述的一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其特征在于:所述分裂变压器采用联接变网侧中性点经接地电阻接地。

6. 一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其包括送电端和受电端,所述送电端位于海上,所述受电端位于陆地上,其特征在于:所述送电端包括海上风电场交流系统和海上换流站,所述海上风电场交流系统分为三组风机,三组所述风机的容量分别为 300MW、300MW 和 400MW,且三组所述风机采用 35kV 电压等级的集电线路对 1000MW 规模海上风电场的 35kV 交流电能汇集后,经各个海上升压站将 35kV 交流电转换为 220kV 的交流电后通过三组汇集线路开关设备,汇集到 220kV 交流母线上;所述 220kV 交流母线上的 220kV 交流电汇集后经过主变进线设备后引出两条网侧交流主变进线,所述 1000MW 规模的海上风电场的交流电能经两条所述网侧交流主变进线输送到所述海上换流站;

所述海上换流站中连接变压器采用换流变压器,所述海上风电场交流系统汇集的交流电能通过两条所述网侧交流主变进线分别连接到两所述换流变压器的一次侧,两所述换流变压器的二次侧连接换流器;所述换流器采用对称双极 MMC,所述对称双极 MMC 由两个对称单极 MMC 串联构成,且两个所述对称单极 MMC 中点位置进行接地设计形成零电位;其中,每一所述对称单极 MMC 共设置有上、下 6 个桥臂,每个所述桥臂均由若干 MMC 子模块和一个桥臂电抗器串联组成;其中,每个所述桥臂电抗器均位于每个所述桥臂的交流侧,其分别连接所述 MMC 子模块和所述换流变压器的二次侧;所述对称单极 MMC 的两直流侧直流线路中串

联一直流电抗器；所述海上换流站的启动和充电通过所述受电端的陆上换流站进行；所述海上换流站将交流电能转换成直流后，通过直流输电线路输送到所述受电端的陆上换流站，输送直流电压等级为 $\pm 320\text{kV}$ 。

7. 如权利要求 6 所述的一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统，其特征在于：两所述换流变压器均采用三绕组结构，其第三绕组侧分别引出电源线路，作为站用电。

一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及新能源与电力系统领域,特别是关于一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统。

背景技术

[0002] 全球可利用的风力资源储量约两百亿千瓦,风机装机容量可达一百亿千瓦。我国的风力资源储量丰富,而且我国拥有储量丰富的近海风力资源。同陆地风电相比,海上风电具有一系列的优点,如海上风速高、涡流强度小、噪音小等,因此大力发展海上风电是风电发展的新趋势。

[0003] 随着风力发电容量的日益扩大,风力发电越来越多的接入电网,风电的并网运行成为了大规模利用风能的最有效方式。风电并网方式主要有以下两种:交流并网方式和直流并网方式。交流并网方式的技术门槛较低,但其只是对于小容量近距离输电具有良好的技术经济性优势。随着传输距离需求越来越远、传输容量需求越来越大,直流输电能够很好的弥补交流输电的不足,更加适应海上风电的发展需求,因而直流并网方式得到了较快的发展。目前,常规高压直流输电需要在海上平台处提供额外的电源为整流提供所需要的换相电流,为逆变站交流电网提供足够的换相电压,而且由于其无功功率补偿不能依靠换流器自身独立调节,因而需要设置额外的无功补偿和滤波设备。两电平和三电平的电压源型换流器(VSC-HVDC)则需要解决和克服 IGBT 器件串联所带来的技术难题。模块化多电平换流器由于其具有诸多优点,被广泛应用在直流输电系统中。然而,目前基于模块化多电平换流器的海上风电柔性直流输电系统却没有工程实例和具体研究。因而,研究基于模块化多电平换流器的海上风电柔性直流输电系统的接线方法具有重大意义。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本实用新型的目的是提出一种设计灵活、可控性高、占据面积小、适用于大规模、长距离的海上风电模块化多电平柔性直流输电系统。

[0005] 为实现上述目的,本实用新型采取以下技术方案:一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统,其包括送电端和受电端,所述送电端位于海上,所述受电端位于陆地上,其特征在于:所述送电端包括海上风电场交流系统和海上换流站;所述海上风电场交流系统以每 5 条所述集电线路为一组对 600MW 规模海上风电场的交流电能进行汇集,共汇集到 4 条 35kV 母线上;4 条所述 35kV 母线上的交流电能分别进入四组主变进线设备;每两组所述主变进线设备汇集后各自引出一条交流主变进线,所述 600MW 规模海上风电场的交流电能经两条所述交流主变进线输送到所述海上换流站;所述海上换流站中连接变压器采用分裂变压器,两条所述交流主变进线分别连接至所述分裂变压器一次侧的两端口,所述分裂变压器二次侧的端口与所述换流器连接;所述换流器采用对称单极 MMC;所述对称单极 MMC 共设置有上、下 6 个桥臂,每个桥臂均由若干 MMC 子模块和一个桥臂电抗器串联组成;其中,每个所述桥臂电抗器均位于每个所述桥臂的交流侧,其分别连接所述 MMC 子模块和所述分

裂变压器的二次侧；所述对称单极 MMC 的两直流侧直流线路中串联一直流电抗器；所述海上换流站的启动和充电通过所述受电端的陆上换流站进行；所述海上换流站将交流电能转换成直流电能后，通过直流输电线路输送到所述受电端的陆上换流站，输送直流电压等级为 $\pm 200\text{kV}$ 。

[0006] 与每两组所述主变进线设备连接的两条所述 35kV 母线的其中一条上分别直接连接一 $35\text{kV}/0.4\text{kV}$ 站用变压器。

[0007] 所述海上风电场交流系统的所述集电线路均采用 35kV 电压等级，且所述集电线路采用单母线分段接线。

[0008] 所述分裂变压器采用联接变网侧中性点经接地电阻接地。

[0009] 一种海上风电模块化多电平柔性直流输电系统，其包括送电端和受电端，所述送电端位于海上，所述受电端位于陆地上，其特征在于：所述送电端包括海上风电场交流系统和海上换流站，所述海上风电场交流系统分为三组风机，三组所述风机的容量分别为 300MW 、 300MW 和 400MW ，三组所述风机采用 35kV 电压等级的集电线路对 1000MW 规模海上风电场的 35kV 交流电能汇集后，经各个海上升压站将 35kV 交流电转换为 220kV 的交流电后通过三组汇集线路开关设备，汇集到 220kV 交流母线上；所述 220kV 交流母线上的 220kV 交流电汇集后经过主变进线设备后引出两条网侧交流主变进线，所述 1000MW 规模的海上风电场的交流电能经两条所述网侧交流主变进线输送到所述海上换流站；所述海上换流站中连接变压器采用换流变压器，所述海上风电场交流系统汇集的交流电能通过两条所述网侧交流主变进线分别连接到两所述换流变压器的一次侧，两所述换流变压器的二次侧连接换流器；所述换流器采用对称双极 MMC，所述对称双极 MMC 由两个对称单极 MMC 串联构成，且两个所述对称单极 MMC 中点位置进行接地设计形成零电位；其中，每一所述对称单极 MMC 共设置有上、下 6 个桥臂，每个所述桥臂均由若干 MMC 子模块和一个桥臂电抗器串联组成；其中，每个所述桥臂电抗器均位于每个所述桥臂的交流侧，其分别连接所述 MMC 子模块和所述换流变压器的二次侧；所述对称单极 MMC 的两直流侧直流线路中串联一直流电抗器；所述海上换流站的启动和充电通过所述受电端的陆上换流站进行；所述海上换流站将交流电能转换成直流后，通过直流输电线路输送到所述受电端的陆上换流站，输送直流电压等级为 $\pm 320\text{kV}$ 。

[0010] 两所述换流变压器均采用三绕组结构，其第三绕组侧分别引出电源线路，作为站用电。

[0011] 本实用新型由于采取以上技术方案，其具有以下优点：1、本实用新型由于 600MW 规模海上风电场汇集的交流电能通过一分裂变压器与海上换流站连接，而无需设置升压变压器，有效的减少了设备的使用，节省了海上风电场平台面积。2、本实用新型由于海上换流站不使用软启电阻，启动、充电均从陆上换流站进行，简化了设备使用，节省了海上风电场平台面积。3、本实用新型由于海上换流站采用了模块化多电平换流器，不但实现了有功和无功的快速调节，而且从根本上解决了两电平或三电平对应器件串联带来的均压问题，提高了系统整体传输效率，节省了投资成本和占地面积，同时模块化的结构使得容量拓展和冗余设计更为容易。本实用新型设计灵活、可控性高、占据面积小，可以广泛应用于海上风电模块化多电平柔性直流输电中。

附图说明

[0012] 图 1 是本实用新型 600MW 规模海上风电场交流部分主接线示意图

[0013] 图 2 是本实用新型 600MW 规模海上风电场柔性直流输电接线示意图

[0014] 图 3 是本实用新型另一实施例 1000MW 规模的海上风电场交流部分主接线示意图

[0015] 图 4 是本实用新型另一实施例 1000MW 规模的海上风电场柔性直流输电接线示意图

[0016] 其中,TV 为电压互感器,QS 为隔离开关,TA 为电流互感器,TM 为联接变压器,R2 为中性点接地电阻,1d 为直流电流测量装置,Vd 为直流电压测量装置,SM 为子模块集群,Lb 为桥臂电抗器,Ls 为平波电抗器,A 为网侧交流母线避雷器,AF 为阀侧交流母线避雷器,AR 为接地中性点避雷器,AL 为阀底避雷器,DL 为阀顶避雷器,D 为直流极线避雷器,Ld 为直流电抗器。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和实施例对本实用新型进行详细的描述。

[0018] 实施例 1 :

[0019] 本实用新型实施例 1 针对于 600MW 规模的海上风电场,且本实用新型海上风电模块化多电平柔性直流输电系统包括送电端和受电端。其中,送电端位于海上,其包括海上风电场交流系统 1 和海上换流站 2。海上风电场交流系统 1 将各个海上风电场的交流电能汇集后,将交流电能传输到海上换流站 2,由海上换流站 2 将交流电转换成直流电,并通过直流输电线路将直流电能输送到受电端。受电端位于陆地上,其包括陆上换流站以及并网系统,海上换流站 2 输送的直流电能经陆上换流站转换成交流电能后,由并网系统并入电网中。本实用新型受电端的陆上换流站电气接线方式与现有技术相同,在此不再赘述。下面详细介绍本实用新型海上送电端的连接方式。

[0020] 如图 1 所示,针对于 600MW 规模的海上风电场,本实施例中海上风电场交流系统 1 均采用 35kV 电压等级的集电线路,且集电线路采用单母线分段接线。本实施例中以每 5 条集电线路 11 为一组对 600MW 规模海上风电场的交流电能进行汇集,共汇集到 4 条 35kV 母线 12 上。4 条 35kV 母线 12 上的交流电能分别进入四组主变进线设备 13,每组主变进线设备 13 的风机容量总和均为 150MW,每两组主变进线设备 13 汇集后各自引出一条交流主变进线 14,600MW 规模海上风电场的交流电能经两条交流主变进线 14 输送到海上换流站 2。其中,与每两组主变进线设备 13 连接的两条 35kV 母线 12 的其中一条上分别直接连接一 35kV/0.4kV 站用变压器 15,用于为海上换流站 2 提供站用电源。

[0021] 如图 2 所示,海上换流站 2 中连接变压器采用分裂变压器 21,海上风电场交流系统 1 汇集的 35kV 交流电能通过两条交流主变进线 14 分别连接至分裂变压器 21 一次侧的两端口,分裂变压器 21 二次侧的端口与换流器 22 连接。分裂变压器 21 采用联接变网侧中性点经接地电阻接地。换流器 22 采用 MMC(模块化多电平换流器)拓扑结构,且本实施例中 MMC 采用对称单极拓扑结构。对称单极 MMC 共设置有上、下 6 个桥臂,每个桥臂均由若干 MMC 子模块和一个桥臂电抗器串联组成。其中,每个桥臂电抗器均位于每个桥臂的交流侧,其分别连接 MMC 子模块和分裂变压器 21 的二次侧,用于交流电流纹波限制、电流跟踪速度限制以及四象限运行。对称单极 MMC 的两直流侧直流线路中串联一直流电抗器,用于限制

直流短路故障电流上升率和抑制直流短路故障时的 $I2t$ 。另外,上、下桥臂上还设置有一系列开关设备和电压源型换流器的辅助设备,其结构与现有技术相同,在此不再赘述。由于海上风电场无法提供稳定的交流电压对直流电容进行充电,因而本实施例海上换流站 2 不设置软启电阻,海上换流站 2 的启动、充电通过陆上换流站进行。海上换流站 2 将交流电能转换成直流电能后,通过直流输电线路输送到陆上换流站,输送直流电压等级为 $\pm 200\text{kV}$ 。

[0022] 实施例 2:

[0023] 本实用新型实施例 2 针对于 1000MW 规模的海上风电场,本实施例送电端的结构与实施例 1 送电端的结构基本相同,其包括海上风电场交流系统 3 和海上换流站 4。

[0024] 如图 3 所示,针对 1000MW 规模的海上风电场,本实施例中海上风电场交流系统 3 分为三组风机,三组风机的容量分别为 300MW、300MW 和 400MW,三组风机采用 35kV 电压等级的集电线路对 1000MW 规模海上风电场的 35kV 交流电汇集后,经各个海上升压站将 35kV 交流电转换为 220kV 的交流电后通过三组汇集线路开关设备 31,汇集到 220kV 交流母线 32 上。220kV 交流电汇集后经过主变进线设备 33 后引出两条网侧交流主变进线 34,1000MW 规模的海上风电场的交流电能经两条网侧交流主变进线 34 输送到海上换流站 4。

[0025] 如图 4 所示,本实施例中海上换流站 4 中连接变压器采用换流变压器 41,海上风电场交流系统 3 汇集的交流电能通过两条网侧交流主变进线 34 分别连接到两台换流变压器 41 的一次侧,两换流变压器 41 的二次侧与换流器 42 连接。两换流变压器 41 均采用三绕组结构,其第三绕组侧分别引出电源线路,作为站用电,用于为海上换流站 4 提供站用电源。换流器 42 也采用 MMC 拓扑结构,且本实施例中 MMC 采用对称双极结构。本实施例中对称双极 MMC 是将两个与上述实施例 1 中相同的对称单极 MMC 串联构成,且两个对称单极 MMC 中点位置进行接地设计形成零电位。同样,本实施例海上换流站 4 也不设置软启电阻,海上换流站 4 的启动、充电通过陆上换流站进行。海上风电场的交流电能经换流器 42 转换成直流后,通过直流输电线路输送到陆上换流站,输送直流电压等级为 $\pm 320\text{kV}$ 。

[0026] 上述各实施例仅用于说明本实用新型,其中各部件的结构、连接方式等都是可以有所变化的,凡是在本实用新型技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本实用新型的保护范围之外。

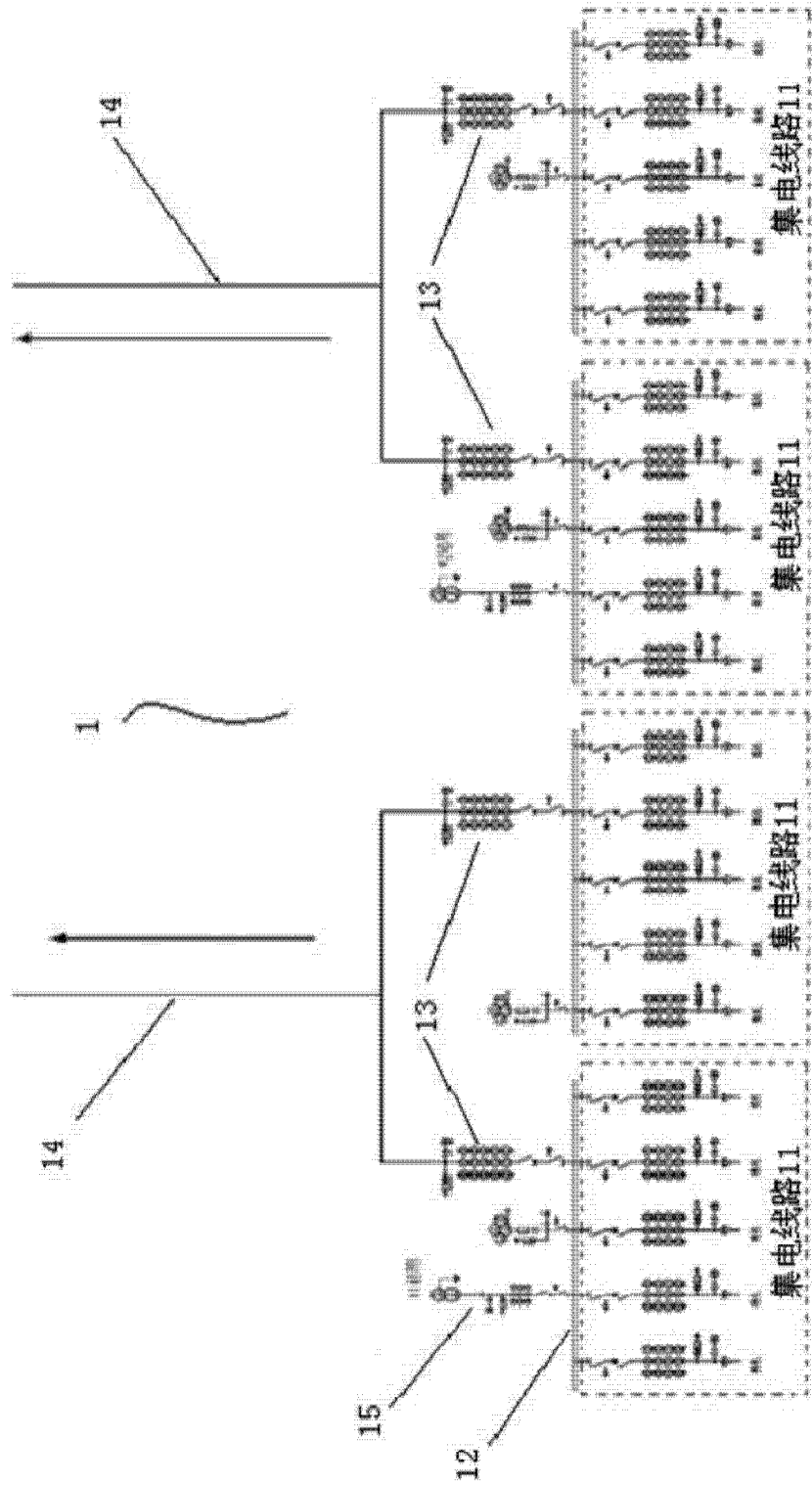


图 1

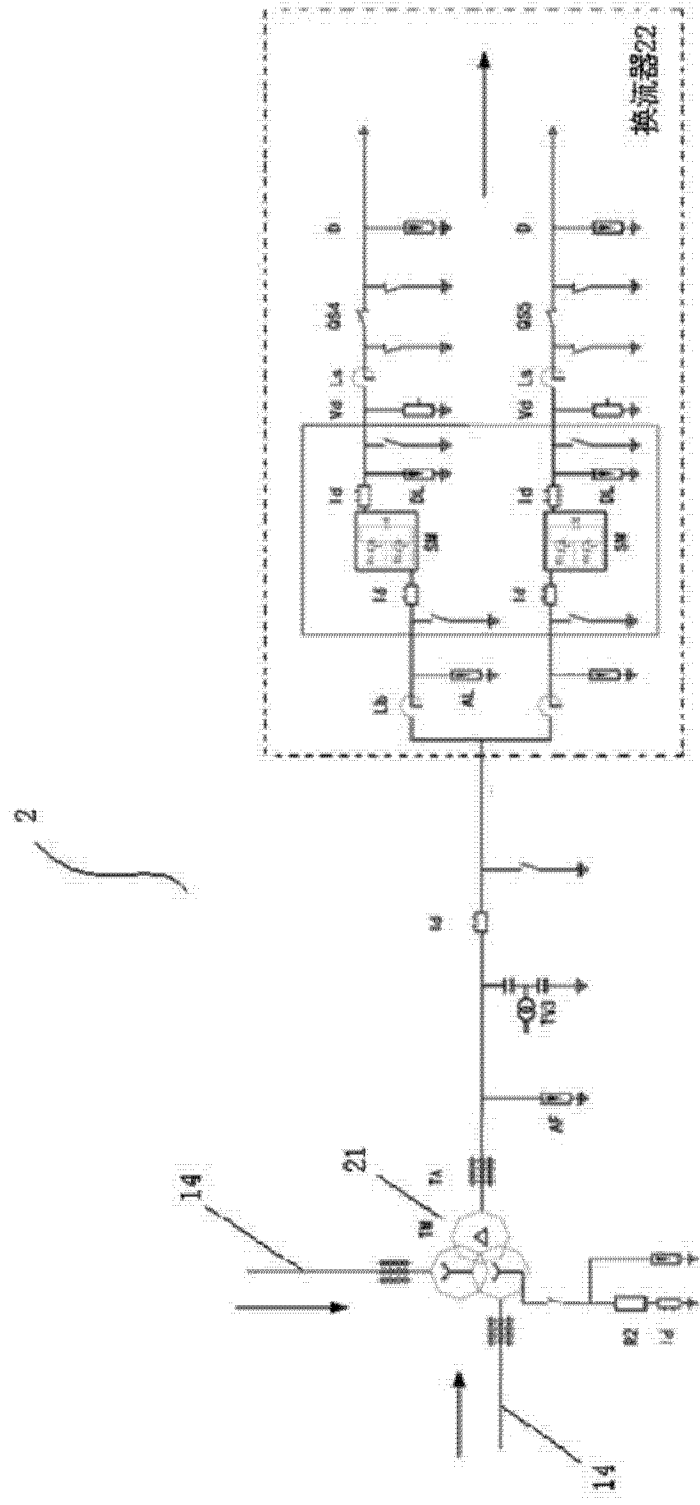


图 2

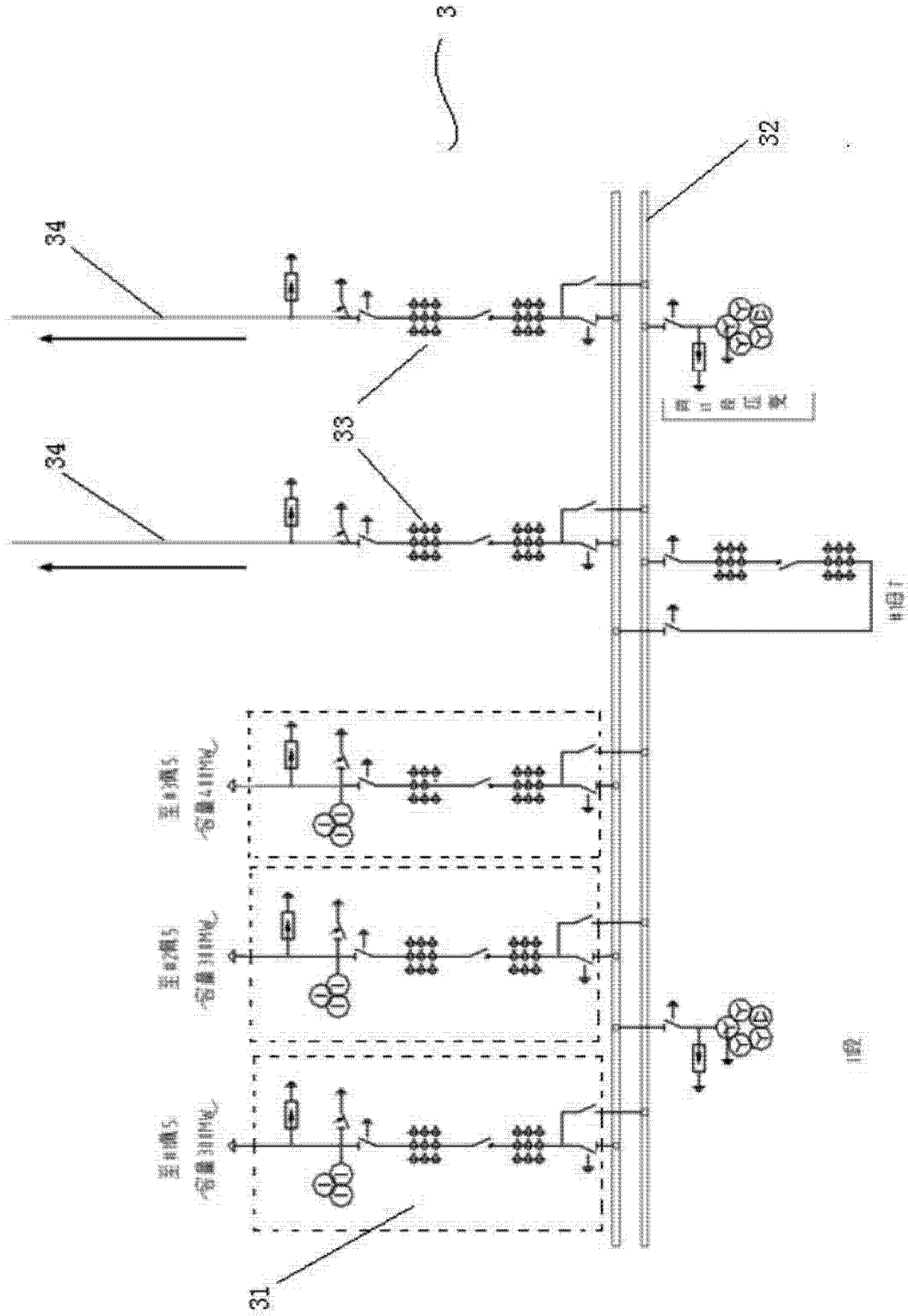


图 3

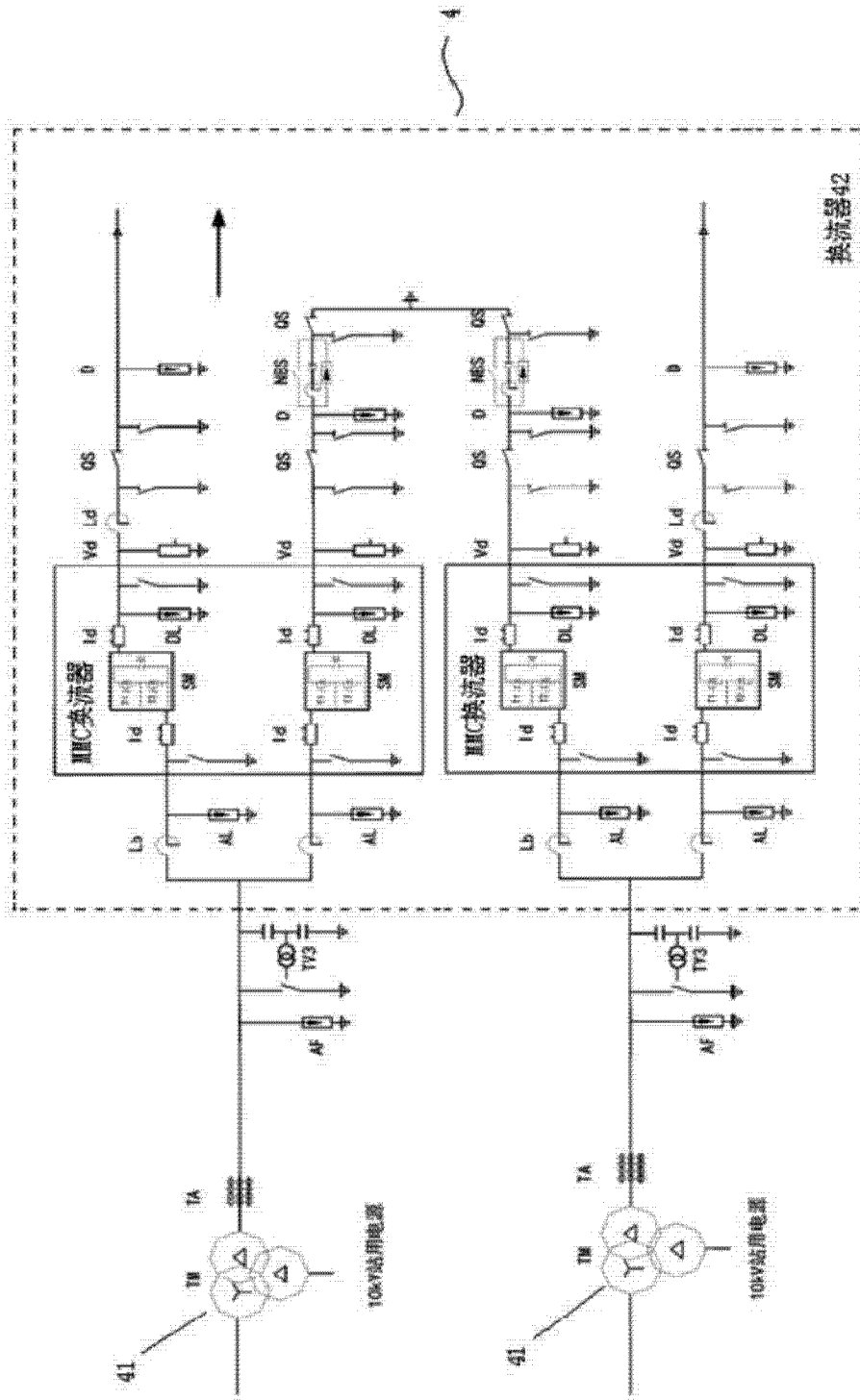


图 4