



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113949088 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 18

(21) 申请号 202111200065.7

(22) 申请日 2021.10.14

(71) 申请人 西安热工研究院有限公司  
地址 710048 陕西省西安市碑林区兴庆路  
136号

(72) 发明人 冯仰敏 雒贵 常洋涛 李佳东  
李铭志 李阳 尚凌伟 李鹏

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200

代理人 崔方方

(51) Int. Cl.

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/02 (2006.01)

H02J 1/14 (2006.01)

H02J 5/00 (2016.01)

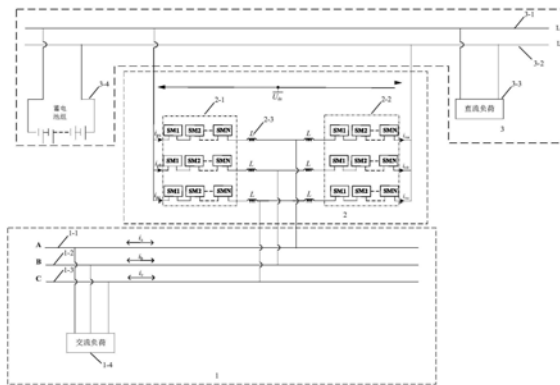
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统

(57) 摘要

本发明公开了一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,包括低压厂用交流单元、MMC多电路拓扑变流单元和厂用直流单元;其中,所述低压厂用交流单元、MMC多电路拓扑变流单元和厂用直流单元共同组成厂用换流系统,所述MMC多电路拓扑变流单元采用新型非线性下垂控制增加控制系统的灵活性。本发明采用MMC多电路拓扑作为厂用交流单元和厂用直流单元连接变流装置,可以实现厂用直流功率双向传输,当低压厂用交流电源失电后,可以通过直流蓄电池向低压交流负荷供电,增加了供电灵活性。



1. 一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,包括低压厂用交流单元、MMC多电路拓扑变流单元和厂用直流单元;

其中,所述低压厂用交流单元、MMC多电路拓扑变流单元和厂用直流单元共同组成厂用换流系统,所述MMC多电路拓扑变流单元采用新型非线性下垂控制增加控制系统的灵活性。

2. 根据权利要求1所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,所述低压厂用交流单元包括:低压厂用A相交流输电线路、低压厂用B相交流输电线路、低压厂用C相交流输电线路和低压厂用交流负荷;

所述低压厂用A相交流输电线路、所述低压厂用B相交流输电线路和所述低压厂用C相交流输电线路共同组成低压厂用交流输电网,向所述交流负荷供电。

3. 根据权利要求2所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,所述MMC多电路拓扑变流单元包括:所述MMC多电路上桥臂及所述MMC多电路下桥臂共同组成MMC多电路拓扑变流装置,所述MMC多电路上桥臂及所述MMC多电路下桥臂包括MMC子模块及所述滤波电感;所述MMC多电路拓扑变流单元工作于整流模式,或者工作于逆变模式。

4. 根据权利要求3所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,所述厂用直流单元包括:220V厂用直流正极母线、220V厂用直流负极母线、直流负荷和直流蓄电池组;所述直流负荷负极连接于所述220V厂用直流负极母线,所述直流负荷正极连接于所述220V厂用直流正极母线,所述直流负荷负极连接于所述220V厂用直流负极母线,所述直流蓄电池组正极连接于所述220V厂用直流正极母线,所述直流蓄电池组负极连接于所述220V厂用直流正极母线。

5. 根据权利要求4所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,所述MMC多电路拓扑变流单元交流侧A相连接于低压厂用A相交流输电线路,所述MMC多电路拓扑变流单元交流侧B相连接于低压厂用B相交流输电线路,所述MMC多电路拓扑变流单元交流侧C相连接于低压厂用C相交流输电线路;所述MMC多电路拓扑变流单元直流侧正极连接于所述220V厂用直流正极母线,所述MMC多电路拓扑变流单元直流侧负极连接于所述220V厂用直流负极母线;所述MMC多电路拓扑变流单元能够实现整流即功率由所述低压厂用交流单元向所述220V厂用直流单元传输,且能够实现逆变即功率由所述220V厂用直流单元向所述低压厂用交流单元传输。

6. 根据权利要求5所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,在所述MMC多电路拓扑变流单元中MMC多电路拓扑变流装置控制系统中采用非线性下垂控制,稳态

情况下,直流-有功功率控制下垂控制方程为:
$$U_{dc} = U_{dc}^* + \frac{P^* - P}{D};$$

其中: $U_{dc}$ 和 $U_{dc}^*$ 分别是所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间电压的实际值和参考值; $P$ 和 $P^*$ 是所述MMC多电路拓扑变流单元整流、逆变传输的有功功率实际值和参考值; $D$ 为下垂系数,采用非线性下垂系数, $D$ 表示为:

$$D = |P^* - P| \times \frac{1}{\sqrt{(U_{dc}^* - U_{dc})(U_{dc\max/\min} - U_{dc})}};$$

其中: $U_{dc\max}$ 和 $U_{dc\min}$ 分别是是所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间直流母线电压上限和下限。

7. 根据权利要求6所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,当 $U_{dc}^* - U_{dc} > 0$ 即所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间电压偏差为正时,分子系数选择 $U_{max} - U_{dc}$ ;当 $U_{dc}^* - U_{dc} < 0$ ,即所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间电压偏差为负时,选择 $U_{min} - U_{dc}$ 。

8. 根据权利要求7所述的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,其特征在于,当所述低压厂用交流单元失电,此时所述蓄电池组切换为放电模式,通过220V厂用直流正极母线和所述220V厂用直流负极母线向所述直流负荷供电,并且通过所述MMC多电路拓扑变流单元向所述低压厂用交流单元供电,保证所述交流负荷不失电,此时所述MMC多电路拓扑变流单元工作于逆变模式。

## 一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,具体涉及一种采用MMC多电路拓扑作为厂用交流单元和厂用直流单元连接变流装置,可以实现厂用直流功率双向传输,在MMC多电路拓扑换流装置控制系统中采用非线性直流-有功功率控制方案,增加直流电压调节精度、使功率分配更加精确。

### 背景技术

[0002] 在发电厂厂用电系统中,低压厂用交流单元电压等级为400V,厂用直流单元电压等级为220V,通常厂用交流单元和厂用直流单元通过高频整流模块相连,功率单相传输,即由厂用交流单元向厂用直流单元供电,供电方式不灵活,当低压厂用交流电源失电后,无法通过直流蓄电池向低压交流负荷供电。

[0003] 在常规MMC多电路拓扑换流装置控制系统中大多采用线性直流-有功功率控制方案,当控制方式不灵活,存在直流电压偏差大、功率分配特性差等缺点。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,采用MMC多电路拓扑作为厂用交流单元和厂用直流单元连接变流装置,可以实现厂用直流功率双向传输,当低压厂用交流电源失电后,可以通过直流蓄电池向低压交流负荷供电,增加了供电灵活性。

[0005] 在MMC多电路拓扑换流装置控制系统中采用非线性直流-有功功率控制方案,增加直流电压调节精度、使功率分配更加精确。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用如下的技术方案来实现:

[0007] 一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统,包括低压厂用交流单元、MMC多电路拓扑变流单元和厂用直流单元;

[0008] 其中,所述低压厂用交流单元、MMC多电路拓扑变流单元和厂用直流单元共同组成厂用换流系统,所述MMC多电路拓扑变流单元采用新型非线性下垂控制增加控制系统的灵活性。

[0009] 本发明进一步的改进在于,所述低压厂用交流单元包括:低压厂用A相交流输电线路、低压厂用B相交流输电线路、低压厂用C相交流输电线路和低压厂用交流负荷;

[0010] 所述低压厂用A相交流输电线路、所述低压厂用B相交流输电线路和所述低压厂用C相交流输电线路共同组成低压厂用交流输电网,向所述交流负荷供电。

[0011] 本发明进一步的改进在于,所述MMC多电路拓扑变流单元包括:所述MMC多电路上桥臂及所述MMC多电路下桥臂共同组成MMC多电路拓扑变流装置,所述MMC多电路上桥臂及所述MMC多电路下桥臂包括MMC子模块及所述滤波电感;所述MMC多电路拓扑变流单元工作于整流模式,或者工作于逆变模式。

[0012] 本发明进一步的改进在于,所述厂用直流单元包括:220V厂用直流正极母线、220V

厂用直流负极母线、直流负荷和直流蓄电池组；所述直流负荷负极连接于所述220V厂用直流负极母线，所述直流负荷正极连接于所述220V厂用直流正极母线，所述直流负荷负极连接于所述220V厂用直流负极母线，所述直流蓄电池组正极连接于所述220V厂用直流正极母线，所述直流蓄电池组负极连接于所述220V厂用直流正极母线。

[0013] 本发明进一步的改进在于，所述MMC多电路拓扑变流单元交流侧A相连接于低压厂用A相交流输电线路，所述MMC多电路拓扑变流单元交流侧B相连接于低压厂用B相交流输电线路，所述MMC多电路拓扑变流单元交流侧C相连接于低压厂用C相交流输电线路；所述MMC多电路拓扑变流单元直流侧正极连接于所述220V厂用直流正极母线，所述MMC多电路拓扑变流单元直流侧负极连接于所述220V厂用直流负极母线；所述MMC多电路拓扑变流单元能够实现整流即功率由所述低压厂用交流单元向所述220V厂用直流单元传输，且能够实现逆变即功率由所述220V厂用直流单元向所述低压厂用交流单元传输。

[0014] 本发明进一步的改进在于，在所述MMC多电路拓扑变流单元中MMC多电路拓扑变流装置控制系统中采用非线性下垂控制，稳态情况下，直流-有功功率控制下垂控制方程为：

$$U_{dc} = U_{dc}^* + \frac{P^* - P}{D};$$

[0015] 其中： $U_{dc}$ 和 $U_{dc}^*$ 分别是所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间电压的实际值和参考值； $P$ 和 $P^*$ 是所述MMC多电路拓扑变流单元整流、逆变传输的有功功率实际值和参考值； $D$ 为下垂系数，采用非线性下垂系数， $D$ 表示为：

$$D = |P^* - P| \times \frac{1}{\sqrt{(U_{dc}^* - U_{dc})(U_{dc\max/\min} - U_{dc})}};$$

[0016] 其中： $U_{dc\max}$ 和 $U_{dc\min}$ 分别是是所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间直流母线电压上限和下限。

[0017] 本发明进一步的改进在于，当 $U_{dc}^* - U_{dc} > 0$ 即所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间电压偏差为正时，分子系数选择 $U_{dc\max} - U_{dc}$ ；当 $U_{dc}^* - U_{dc} < 0$ ，即所述厂用直流正极母线和所述厂用直流负极母线之间电压偏差为负时，选择 $U_{dc\min} - U_{dc}$ 。

[0018] 本发明进一步的改进在于，当所述低压厂用交流单元失电，此时所述蓄电池组切换为放电模式，通过220V厂用直流正极母线和所述220V厂用直流负极母线向所述直流负荷供电，并且通过所述MMC多电路拓扑变流单元向所述低压厂用交流单元供电，保证所述交流负荷不失电，此时所述MMC多电路拓扑变流单元工作于逆变模式。

[0019] 与现有技术相比，本发明至少具有如下有益的技术效果：

[0020] 1. 本发明可以实现电厂低压厂用交流及厂用直流功率双向传输，提高了厂用系统供电灵活性。

[0021] 2. 本发明采用MMC多电路拓扑变流装置，当低压厂用交流单元失电后，厂用直流单元中的蓄电池可以通过MMC多电路拓扑变流单元向低压厂用交流单元供电。

[0022] 3. 本发明在MMC多电路拓扑变流装置控制系统中，将传统固定下垂系数修改为根据有功功率变化量、厂用直流母线电压变化量得到的非线性下垂系数，增加了电压调节精度，使功率分配更加精确。

## 附图说明

[0023] 图1为厂用直流功率双向传输系统示意图。

[0024] 附图标记说明：

[0025] 1—低压厂用交流单元；2—MMC多电路拓扑变流单元；3—厂用直流单元；1-1—低压厂用A相交流输电线路；1-2—低压厂用B相交流输电线路；1-3—低压厂用C相交流输电线路；1-4—低压厂用交流负荷；2-1—MMC多电路上桥臂；2-2—MMC多电路下桥臂；2-3—滤波电感；3-1—厂用直流正极母线；3-2—厂用直流负极母线；3-3—直流负荷；3-4—直流蓄电池组。

## 具体实施方式

[0026] 下面通过附图，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0027] 如图1所示，本发明提供的一种电厂厂用交流及厂用直流换流系统，包括：低压厂用交流单元1、MMC多电路拓扑变流单元2和厂用直流单元3。其中，所述低压厂用交流单元1、MMC多电路拓扑变流单元2、厂用直流单元3共同组成厂用换流系统，所述MMC多电路拓扑变流单元2采用新型非线性下垂控制增加控制系统的灵活性。

[0028] 所述低压厂用A相交流输电线路1-1、所述低压厂用B相交流输电线路1-2、所述低压厂用C相交流输电线路1-3共同组成低压厂用交流输电线路，向所述交流负荷1-4供电。所述MMC多电路上桥臂2-1及所述MMC多电路下桥臂2-2共同组成MMC多电路拓扑变流装置，所述MMC多电路上桥臂2-1及所述MMC多电路下桥臂2-2包括MMC子模块及所述滤波电感2-3。所述直流负荷3-3正极连接于所述220V厂用直流正极母线3-1，所述直流负荷3-3负极连接于所述220V厂用直流负极母线3-2，所述直流蓄电池组3-3正极连接于所述220V厂用直流正极母线3-1，所述直流蓄电池组3-3负极连接于所述220V厂用直流负极母线3-2。

[0029] 所述MMC多电路拓扑变流单元2交流侧A相连接于低压厂用A相交流输电线路1-1，所述MMC多电路拓扑变流单元2交流侧B相连接于低压厂用B相交流输电线路1-2，所述MMC多电路拓扑变流单元2交流侧C相连接于低压厂用C相交流输电线路1-3。所述MMC多电路拓扑变流单元2直流侧正极连接于所述220V厂用直流正极母线3-1，所述MMC多电路拓扑变流单元2直流侧负极连接于所述220V厂用直流负极母线3-2。所述MMC多电路拓扑变流单元2可以实现整流即功率由所述低压厂用交流单元1向所述220V厂用直流单元2传输，也可以实现逆变即功率由所述220V厂用直流单元2向所述低压厂用交流单元1传输。在所述MMC多电路拓扑变流单元2中MMC多电路拓扑变流装置控制系统中采用非线性下垂控制，稳态情况下，直流-有功功率控制下垂控制方程为：

$$[0030] \quad U_{dc} = U_{dc}^* + \frac{P^* - P}{D} \quad (1)$$

[0031] 式(1)中： $U_{dc}$ 和 $U_{dc}^*$ 分别是所述厂用直流正极母线3-1和所述厂用直流负极母线3-2之间电压的实际值和参考值； $P$ 和 $P^*$ 是所述MMC多电路拓扑变流单元2整流、逆变传输的有功功率实际值和参考值； $D$ 为下垂系数，本发明采用非线性下垂系数， $D$ 可表示为：

$$[0032] \quad D = |P^* - P| \times \frac{1}{\sqrt{(U_{dc}^* - U_{dc})(U_{dc \max/\min} - U_{dc})}} \quad (2)$$

[0033] 式(2)中: $U_{dcmax}$ 和 $U_{dcmin}$ 分别是是所述厂用直流正极母线3-1和所述厂用直流负极母线3-2之间直流母线电压上限和下限;当 $U_{dc}^* - U_{dc} > 0$ 即所述厂用直流正极母线3-1和所述厂用直流负极母线3-2之间电压偏差为正时,分子系数选择 $U_{max} - U_{dc}$ ;当 $U_{dc}^* - U_{dc} < 0$ ,即所述厂用直流正极母线3-1和所述厂用直流负极母线3-2之间电压偏差为负时,选择 $U_{min} - U_{dc}$ 。不管是所述MMC多电路拓扑变流单元2工作于整流还是逆变状态,采用本发明所提的非线性下垂控制电压调节范围更小,系统影响更少。同理面对同样直流母线电压偏差时候,采用本发明所提的自适应下垂控制功率调节范围更小。

[0034] 当所述低压厂用交流单元1失电,此时所述蓄电池组3-4切换为放电模式,通过220V厂用直流正极母线3-1和所述220V厂用直流负极母线3-2向所述直流负荷3-3供电,并且通过所述MMC多电路拓扑变流单元2向所述低压厂用交流单元1供电,保证所述交流负荷1-4不失电,此时所述MMC多电路拓扑变流单元2工作于逆变模式,通过采用非线性下垂控制电压调节,可以有效减少所述厂用直流正极母线3-1和所述厂用直流负极母线3-2之间电压波动范围,控制系统鲁棒性能更好。

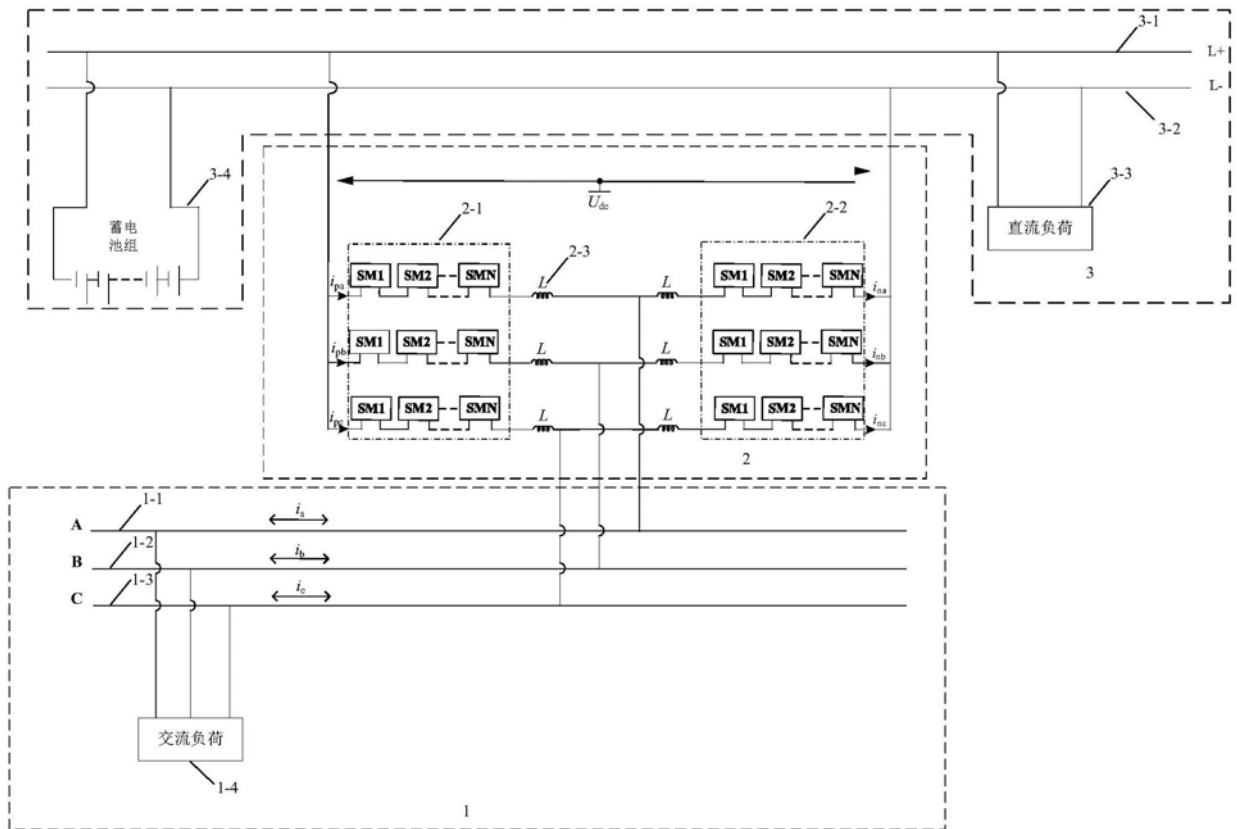


图1