

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 1 月 5 日 (05.01.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/000925 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 1/32 (2007.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/089946
- (22) 国际申请日: 2016 年 7 月 13 日 (13.07.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510379965.0 2015 年 7 月 1 日 (01.07.2015) CN
- (71) 申请人: 南京南瑞继保电气有限公司 (NR ELECTRIC CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 南京南瑞继保工程技术有限公司 (NR ENGINEERING CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。
- (72) 发明人: 谢晖源 (XIE, Yeyuan); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 朱铭

炼 (ZHU, Minglian); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 姜田贵 (JIANG, Tianguai); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 柏传军 (BAI, Chuanjun); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 李敏 (LI, Min); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。

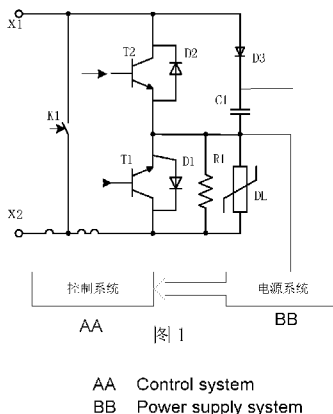
(74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路 179 号 12 楼 B 座, Jiangsu 210005 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,

[见续页]

(54) Title: FAULT CURRENT-SUPPRESSING DAMPER TOPOLOGY CIRCUIT AND CONTROL METHOD THEREOF AND CONVERTER

(54) 发明名称: 故障电流抑制阻尼器拓扑电路及其控制方法及换流器



AA Control system
BB Power supply system

(57) Abstract: A fault current-suppressing damper topology circuit and a control method thereof, and a converter. An anode of a separate diode is connected with a positive electrode of a second switch module, a cathode of the separate diode is connected with one end of an energy storage capacitor, and the other end of the energy storage capacitor is connected with a negative electrode of a first switch module; a damping resistor is connected in parallel with a lightning arrester and then with the first switch module; a bypass switch is connected in parallel between a terminal x1 and a terminal x2 of the damper topology circuit; a power supply system acquires energy from the energy storage capacitor and supplies power to a control system; the control system controls the operating state of the damper topology circuit by controlling the bypass switch, the first switch module and the second switch module. The fault current-suppressing damper topology circuit is applied to voltage-source converters. In case of a direct current fault, stress resulting from fault currents is reduced by use of the damping resistor, thereby avoiding damages to devices and achieving self-power supply, modularization and independent control. The fault current-suppressing damper topology circuit can be flexibly applied to various types of voltage-source converters and also has outstanding economic efficiency and technicality.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2017/000925 A1



RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
- 包括关于请求恢复一项或多项优先权要求的信息(细则 26 之二.3 和 48.2(b)(vii))。

一种故障电流抑制阻尼器拓扑电路及其控制方法及换流器, 其中, 独立二极管的阳极和第二开关模块的正极相连, 阴极和储能电容的一端相连, 储能电容的另一端与第一开关模块的负极相连; 阻尼电阻和避雷器并联后又与第一开关模块并联; 旁路开关并联在阻尼器拓扑电路的 x1 端子和 x2 端子之间; 电源系统从储能电容上获取能量, 并向控制系统提供电源; 控制系统通过控制旁路开关、第一开关模块和第二开关模块控制阻尼器拓扑电路的工作状态。所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路应用于电压源型换流器中, 在直流故障时通过阻尼电阻的投入, 降低故障电流应力, 避免损坏设备实现了自取能、模块化、独立控制, 可灵活应用于各种类型的电压源型换流器中, 具有较好的经济性和技术性。

故障电流抑制阻尼器拓扑电路及其控制方法及换流器

技术领域

本发明属于电力电子领域，特别涉及一种抑制故障电流的阻尼器拓扑电路。

背景技术

电压源型换流器技术是一种以可关断器件 IGBT（绝缘栅双极晶体管）和脉宽调制(PWM) 技术为基础的新型换流技术。在低压应用场合，由 IGBT 构成的两电平换流器得到了广泛的应用，为解决其换流器输出电压高频跃变，由此带来设备 dv/dt 应力大、系统损耗大、噪声高和电磁环境严酷等问题，三电平电压源换流器被提出，在电压等级和容量上扩展了电压源型换流器的应用场合。

随着模块化多电平换流器（Modular Multilevel Converter, MMC）的出现，多电平换流器在柔性直流输电领域也得到了成功的应用，电压等级达到数百千伏，容量达到数千兆。

然而，所有的电压源型换流器都存在无法有效处理直流故障的固有缺陷，当直流侧发生短路故障时，即使换流器已经闭锁，交流电源仍可以通过 IGBT 的反并联二极管向短路点注入电流，构成续流通路，使故障切除困难。因此，如何解决或缓解电压源型换流器直流故障的问题，成为解决直流联网技术发展的关键技术因素。

鉴于以上分析，本发明人从电压源型换流器的直流故障电流机理出发，提出抑制措施，本案由此产生。

发明内容

本发明的目的，在于提供一种故障电流抑制阻尼器拓扑电路及其控制方法及换流器。本发明用于电压源型换流器，可以在换流器直流侧发生故障时，通过阻尼电阻的投入，降低换流器中功率半导体开关的电流应力，保护 IGBT 器件，在经济性和技术性上均有较好表现。

为了达成上述目的，本发明的解决方案是：故障电流抑制阻尼器拓扑电路，其特征在于：包括第一开关模块、第二开关模块、独立二极管 D3、储能电容 C1、阻尼电阻 R1、避雷器 DL、旁路开关 K1、电源系统和控制系统；所述第一开关模

块的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x2 相连, 负极和第二开关模块的负极相连; 第二开关模块 T2 的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x1 相连; 所述第一开关模块包括开关管 T1 及与开关管 T1 反向并联的续流二极管 D1; 第二开关模块包括开关管 T2 及与开关管 T2 反向并联的续流二极管 D2; 所述开关管 T1 的正极为第一开关模块的正极, 开关管 T1 的负极为第一开关模块的负极, 所述开关管 T2 的正极为第二开关模块的正极, 开关管 T2 的负极为第二开关模块的负极;

所述独立二极管的阳极和第二开关模块的正极相连, 阴极和储能电容的一端相连, 储能电容的另一端与第一开关模块的负极相连; 所述阻尼电阻 R1 和避雷器 DL 并联后又并联在第一开关模块的正极和负极之间; 所述旁路开关 K1 并联在阻尼器拓扑电路的 x1 端子和 x2 端子之间; 所述电源系统从储能电容 C1 上获取能量, 并向控制系统提供电源; 所述控制系统通过发出控制信号给旁路开关 K1、第一开关模块和第二开关模块控制阻尼器拓扑电路的工作状态。

进一步的, 所述阻尼器拓扑电路的工作状态为启动正向电流充电状态、双向电流流通状态、正向电流补能状态、故障电流阻尼状态或者故障旁路状态:

(1) 启动正向电流充电状态: 控制系统不发出控制信号, 旁路开关 K1 断开, 开关管 T1 和开关管 T2 也断开; 正向电流流经续流二极管 D2、储能电容 C1 和续流二极管 D1, 使储能电容 C1 通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 充电; (2) 双向电流流通状态: 控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 开通, 使电流可以双向流通; 正向电流流经开关管 T2、续流二极管 D1, 反向电流流经开关管 T1、续流二极管 D2;

(3) 正向电流补能状态: 在正向电流下, 控制系统控制开关管 T1 开通, 开关管 T2 关断, 使正向电流通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 为储能电容 C1 充电;

(4) 故障电流阻尼状态: 在阻尼器拓扑电路外部故障下, 控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 关断, 故障电流流过续流二极管 D2 和阻尼电阻 R1, 以抑制故障电流;

(5) 故障旁路状态: 当阻尼器拓扑电路内部故障时, 控制系统控制旁路开关 K1 开通, 以将故障电流抑制阻尼器拓扑电路切除。

进一步的, 所述开关管 T1 和开关管 T2 均为 IGBT、IGCT、GTO 或 MOSFET。

进一步的, 所述第二开关模块为双向晶闸管。

进一步的,所述旁路开关 K1 具有合闸后机械保持功能,在断电后旁路开关 K1 能够保持合闸状态。

本发明采取第二种技术方案为:如上述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路的控制方法,其特征在于:控制系统发出控制信号,使所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路工作在以下五种工作状态中的一种:

(1) 启动正向电流充电状态:控制系统不发出控制信号,旁路开关 K1 断开,开关管 T1 和开关管 T2 也断开;正向电流流经续流二极管 D2、储能电容 C1 和续流二极管 D1,使储能电容 C1 通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 充电;(2) 双向电流流通状态:控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 开通,使电流可以双向流通;正向电流流经开关管 T2、续流二极管 D1,反向电流流经开关管 T1、续流二极管 D2;

(3) 正向电流补能状态:在正向电流下,控制系统控制开关管 T1 开通,开关管 T2 关断,使正向电流通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 为储能电容 C1 充电;

(4) 故障电流阻尼状态:在阻尼器拓扑电路外部故障下,控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 关断,故障电流流过续流二极管 D2 和阻尼电阻 R1,以抑制故障电流;

(5) 故障旁路状态:当阻尼器拓扑电路内部故障时,控制系统控制旁路开关 K1 开通,以将故障电流抑制阻尼器拓扑电路切除。

本发明采取第三种技术方案为:桥臂阻尼模块化多电平换流器,包括上桥臂和下桥臂;其特征在于:所述上桥臂和下桥臂均包括至少一个如上述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

进一步的,上桥臂和下桥臂均包括相互级联的至少两个半桥连接的换流器模块单元;所述上桥臂中的换流器模块单元同向连接,所述下桥臂中的换流器模块单元也同向连接;上桥臂中第一个换流器模块单元的第一引出端为模块化多电平换流器的正极点 P,下桥臂中最后一个换流器模块单元的第二引出端为模块化多电平换流器的负极点 N;所述正极点 P 和负极点 N 均用于接入直流网络中;所述上桥臂中最后一个换流器模块单元的第二引出端与下桥臂中第一个换流器模块单元的第一引出端相互连接,所述连接点为模块化多电平换流器的交流端点,用以接入交流网络中。

进一步的，所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路为模块单元型式，并和所述换流器模块单元结构兼容。可利用换流器模块单元的位置进行安装。

本发明采取第四种技术方案为：阻尼型两电平换流器，包括相单元，所述相单元包括级联的开关模块；其特征在于：还包括与开关模块串联的至少一个上述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

进一步的，所述直流电容与开关模块之间也串联有如权利要求 1-5 中任一项所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

本发明采取第五种技术方案为：阻尼型多电平换流器，包括相单元，所述相单元包括级串联的至少一个上述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

本发明采取第六种技术方案为：如上述所述的模块化多电平换流器的保护方法，其特征在于，包括步骤：

- (1) 检测并判断是否发生直流侧短路故障；
- (2) 如果判断故障发生，则对串联在所述模块化多电平换流器的所有所述的开关模块施加关断信号；
- (3) 故障电流衰减完毕后恢复系统运行。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

- (1) 本发明提供的阻尼器拓扑电路，在电压源型换流器直流故障时，限制了短路电流峰值，有效的保护开关模块器件和电容安全；
- (2) 所述阻尼器拓扑电路可迅速衰减直流故障电流，有利于快速清除故障，恢复换流器运行；
- (3) 所述阻尼器拓扑电路在模块化多电平换流器构成的多端直流系统中，能快速的、有效的抑制直流短路电流、阻尼电流振荡，既能更好的保护设备安全，又能大大缩短故障电流衰减时间、从而缩短直流停运时间，进一步的，最大程度减小停运带来的经济损失和系统失稳风险；
- (4) 所述阻尼器拓扑电路具有自取能功能，可灵活的串联于换流器的任意位置，且控制灵活，独立性好，不降低原有系统的可靠性，具有工程实用价值。

附图说明

图 1 是本发明一种故障电流抑制阻尼器拓扑电路结构；

图 2 是本发明故障电流抑制阻尼器拓扑电路预充电工况图；

图 3 是本发明故障电流抑制阻尼器拓扑电路正常通流工况图；

图 4 是本发明故障电流抑制阻尼器拓扑电路阻尼电阻投入工况图；

图 5 是本发明故障电流抑制阻尼器拓扑电路补能工况图；

图 6 是本发明故障电流抑制阻尼器拓扑电路旁路工况图；

图 7 是本发明的实施例一；

图 8 是本发明的实施例二；

图 9 是本发明的实施例二。

具体实施方式

以下将结合附图，对本发明的技术方案进行详细说明。

实施例 1

参见图 1，本故障电流抑制阻尼器拓扑电路，包括第一开关模块、第二开关模块、独立二极管 D3、储能电容 C1、阻尼电阻 R1、避雷器 DL、旁路开关 K1、电源系统和控制系统；所述第一开关模块的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x2 相连，负极和第二开关模块的负极相连；第二开关模块 T2 的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x1 相连；所述第一开关模块包括开关管 T1 及与开关管 T1 反向并联的续流二极管 D1；第二开关模块包括开关管 T2 及与开关管 T2 反向并联的续流二极管 D2；所述开关管 T1 的正极为第一开关模块的正极，开关管 T1 的负极为第一开关模块的负极，所述开关管 T2 的正极为第二开关模块的正极，开关管 T2 的负极为第二开关模块的负极；所述独立二极管的阳极和第二开关模块的正极相连，阴极和储能电容的一端相连，储能电容的另一端与第一开关模块的负极相连；所述阻尼电阻 R1 和避雷器 DL 并联后又并联在第一开关模块的正极和负极之间；所述旁路开关 K1 并联在阻尼器拓扑电路的 x1 端子和 x2 端子之间；所述电源系统从储能电容 C1 上获取能量，并向控制系统提供电源；所述控制系统通过发出控制信号给旁路开关 K1、第一开关模块和第二开关模块控制阻尼器拓扑电路的工作状态。

作为优选方案，所述阻尼器拓扑电路的工作状态为启动正向电流充电状态、双向电流流通状态、正向电流补能状态、故障电流阻尼状态或者故障旁路状态；

(1) 启动正向电流充电状态：控制系统不发出控制信号，旁路开关 K1 断开，开关管 T1 和开关管 T2 也断开；正向电流流经续流二极管 D2、储能电容 C1 和续流二极管 D1，使储能电容 C1 通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 充电；**此时**阻尼

器电源系统、控制系统没启动；（2）双向电流流通状态：控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 开通，使电流可以双向流通；正向电流流经开关管 T2、续流二极管 D1，反向电流流经开关管 T1、续流二极管 D2；（3）正向电流补能状态：在正向电流下，控制系统控制开关管 T1 开通，开关管 T2 关断，使正向电流通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 为储能电容 C1 充电；（4）故障电流阻尼状态：在阻尼器拓扑电路外部故障下，控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 关断，故障电流流过续流二极管 D2 和阻尼电阻 R1，以抑制故障电流；（5）故障旁路状态：当阻尼器拓扑电路内部故障时，控制系统控制旁路开关 K1 开通，以将故障电流抑制阻尼器拓扑电路切除。所述开关管 T1 和开关管 T2 均为 IGBT、IGCT、GTO 或 MOSFET。所述第二开关模块为双向晶闸管。所述旁路开关 K1 具有合闸后机械保持功能，在断电后旁路开关 K1 能够保持合闸状态。

如图 1 所示，包括 2 个开关模块，1 个独立二极管 D3，1 个储能电容 C1，1 个阻尼电阻 R1，1 个避雷器 DL，1 个旁路开关 K1，以及电源系统和控制系统，其中开关模块 T1 的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x2 相连，负极和开关模块 T2 的负极相连，T2 的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x1 相连；独立二极管 D3 的阳极和开关模块 T2 的正极相连，阴极和储能电容 C1 的一端相连，储能电容 C1 的另一端与开关模块 T1 的负极相连；阻尼电阻 R1 和避雷器 DL 并联连接，并再与开关模块 T1 并联；旁路开关 K1 并联在阻尼器拓扑电路的 x1 端子和 x2 端子之间；电源系统从储能电容上获取能量，向控制系统提供电源；控制系统控制阻尼器拓扑电路的工作状态。

实施例 2

本故障电流抑制阻尼器拓扑电路的控制方法，所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路同实施例 1，不再详述；控制系统发出控制信号，使所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路工作在以下五种工作状态中的一种：

（1）启动正向电流充电状态：控制系统不发出控制信号，旁路开关 K1 断开，开关管 T1 和开关管 T2 也断开；正向电流流经续流二极管 D2、储能电容 C1 和续流二极管 D1，使储能电容 C1 通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 充电；，参见图 2；

（2）双向电流流通状态：控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 开通，使电流可以双向流通；正向电流流经开关管 T2、续流二极管 D1，反向电流流经开关

管 T1、续流二极管 D2，参见图 3；

(3) 正向电流补能状态：在正向电流下，控制系统控制开关管 T1 开通，开关管 T2 关断，使正向电流通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 为储能电容 C1 充电，参见图 4；

(4) 故障电流阻尼状态：在阻尼器拓扑电路外部故障下，控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 关断，故障电流流过续流二极管 D2 和阻尼电阻 R1，以抑制故障电流，参见图 5；

(5) 故障旁路状态：当阻尼器拓扑电路内部故障时，控制系统控制旁路开关 K1 开通，以将故障电流抑制阻尼器拓扑电路切除，参见图 6。

实施例 3

参见图 7，本桥臂阻尼模块化多电平换流器，包括上桥臂和下桥臂；所述上桥臂和下桥臂均包括至少一个故障电流抑制阻尼器拓扑电路，所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路同实施例 1，不再详述。

作为优选方案，上桥臂和下桥臂均包括相互级联的至少两个半桥连接的换流器模块单元；所述上桥臂中的换流器模块单元同向连接，所述下桥臂中的换流器模块单元也同向连接；上桥臂中第一个换流器模块单元的第一引出端为模块化多电平换流器的正极点 P，下桥臂中最后一个换流器模块单元的第二引出端为模块化多电平换流器的负极点 N；所述正极点 P 和负极点 N 均用于接入直流网络中；所述上桥臂中最后一个换流器模块单元的第二引出端与下桥臂中第一个换流器模块单元的第一引出端相互连接，所述连接点为模块化多电平换流器的交流端点，用以接入交流网络中。所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路为模块单元型式，并和所述换流器模块单元结构兼容。可利用换流器模块单元的位置进行安装。

上、下桥臂中包含的换流器模块单元的数量可以相同，也可以不同，各换流器模块单元的具体电路结构可以相同，也可以不同；其中 $SM_1 \sim SM_n$ 为换流器模块单元，X 为阻尼器拓扑电路。在发生直流侧短路故障时，对串联在所述换流器中的所有阻尼器拓扑电路的开关模块施加关断信号，迅速衰减故障电流；并在故障电流衰减完毕后恢复系统运行。

实施例 4

参见图 8，本阻尼型两电平换流器，包括相单元，所述相单元包括级联的开关模块；还包括与开关模块串联的至少一个故障电流抑制阻尼器拓扑电路，所述

故障电流抑制阻尼器拓扑电路同实施例 1，不再详述。

作为优选方案，所述直流电容与开关模块之间也串联有故障电流抑制阻尼器拓扑电路。阻尼器拓扑电路可以串入桥臂或直流电容回路。其中 X 为阻尼器拓扑电路。在发生直流侧短路故障时，对串联在所述换流器中的所有阻尼器拓扑电路的开关模块施加关断信号，迅速衰减故障电流；并在故障电流衰减完毕后恢复系统运行。

实施例 5

参见图 9，本阻尼型多电平换流器，包括相单元，所述相单元包括级串联的至少一个故障电流抑制阻尼器拓扑电路，所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路同实施例 1，不再详述。阻尼器拓扑电路可以串入相单元中。其中 X 为阻尼器拓扑电路。在发生直流侧短路故障时，对串联在所述换流器中的所有阻尼器拓扑电路的开关模块施加关断信号，迅速衰减故障电流；并在故障电流衰减完毕后恢复系统运行。

实施例 6

本模块化多电平换流器的保护方法，包括步骤：（1）检测并判断是否发生直流侧短路故障；（2）如果判断故障发生，则对串联在所述模块化多电平换流器的所有所述的开关模块施加关断信号；（3）故障电流衰减完毕后恢复系统运行。模块化多电平换流器的保护方法同实施例 5，不再详述。

以上实施例仅为说明本发明的技术思想，不能以此限定本发明的保护范围，凡是按照本发明提出的技术思想，在技术方案基础上所做的任何改动，均落入本发明保护范围之内。

1、一种故障电流抑制阻尼器拓扑电路，其特征在于：包括第一开关模块、第二开关模块、独立二极管 D3、储能电容 C1、阻尼电阻 R1、避雷器 DL、旁路开关 K1、电源系统和控制系统；所述第一开关模块的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x2 相连，负极和第二开关模块的负极相连；第二开关模块 T2 的正极和阻尼器拓扑电路的引出端 x1 相连；所述第一开关模块包括开关管 T1 及与开关管 T1 反向并联的续流二极管 D1；第二开关模块包括开关管 T2 及与开关管 T2 反向并联的续流二极管 D2；所述开关管 T1 的正极为第一开关模块的正极，开关管 T1 的负极为第一开关模块的负极，所述开关管 T2 的正极为第二开关模块的正极，开关管 T2 的负极为第二开关模块的负极；

所述独立二极管的阳极和第二开关模块的正极相连，阴极和储能电容的一端相连，储能电容的另一端与第一开关模块的负极相连；所述阻尼电阻 R1 和避雷器 DL 并联后又并联在第一开关模块的正极和负极之间；所述旁路开关 K1 并联在阻尼器拓扑电路的 x1 端子和 x2 端子之间；所述电源系统从储能电容 C1 上获取能量，并向控制系统提供电源；所述控制系统通过发出控制信号给旁路开关 K1、第一开关模块和第二开关模块控制阻尼器拓扑电路的工作状态。

2、如权利要求 1 所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路，其特征在于：所述阻尼器拓扑电路的工作状态为启动正向电流充电状态、双向电流流通状态、正向电流补能状态、故障电流阻尼状态或者故障旁路状态；

(1) 启动正向电流充电状态：控制系统不发出控制信号，旁路开关 K1 断开，开关管 T1 和开关管 T2 也断开；正向电流流经续流二极管 D2、储能电容 C1 和续流二极管 D1，使储能电容 C1 通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 充电；(2) 双向电流流通状态：控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 开通，使电流可以双向流通；正向电流流经开关管 T2、续流二极管 D1，反向电流流经开关管 T1、续流二极管 D2；

(3) 正向电流补能状态：在正向电流下，控制系统控制开关管 T1 开通，开关管 T2 关断，使正向电流通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 为储能电容 C1 充电；

(4) 故障电流阻尼状态：在阻尼器拓扑电路外部故障下，控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 关断，故障电流流过续流二极管 D2 和阻尼电阻 R1，以抑制故障电流；

(5) 故障旁路状态：当阻尼器拓扑电路内部故障时，控制系统控制旁路开关 K1 开通，以将故障电流抑制阻尼器拓扑电路切除。

3、如权利要求 1 或 2 所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路，其特征在于：所述开关管 T1 和开关管 T2 均为 IGBT、IGCT、GTO 或 MOSFET。

4、如权利要求 1 或 2 所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路，其特征在于：所述第二开关模块为双向晶闸管。

5、如权利要求 1 或 2 所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路，其特征在于：所述旁路开关 K1 具有合闸后机械保持功能，在断电后旁路开关 K1 能够保持合闸状态。

6、一种如权利要求 1-5 中任一项所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路的控制方法，其特征在于：控制系统发出控制信号，使所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路工作在以下五种工作状态中的一种：

(1) 启动正向电流充电状态：控制系统不发出控制信号，旁路开关 K1 断开，开关管 T1 和开关管 T2 也断开；正向电流流经续流二极管 D2、储能电容 C1 和续流二极管 D1，使储能电容 C1 通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 充电；(2) 双向电流流通状态：控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 开通，使电流可以双向流通；正向电流流经开关管 T2、续流二极管 D1，反向电流流经开关管 T1、续流二极管 D2；

(3) 正向电流补能状态：在正向电流下，控制系统控制开关管 T1 开通，开关管 T2 关断，使正向电流通过独立二极管 D3、续流二极管 D1 为储能电容 C1 充电；

(4) 故障电流阻尼状态：在阻尼器拓扑电路外部故障下，控制系统控制开关管 T1 及开关管 T2 关断，故障电流流过续流二极管 D2 和阻尼电阻 R1，以抑制故障电流；

(5) 故障旁路状态：当阻尼器拓扑电路内部故障时，控制系统控制旁路开关 K1 开通，以将故障电流抑制阻尼器拓扑电路切除。

7、一种桥臂阻尼模块化多电平换流器，包括上桥臂和下桥臂；其特征在于：所述上桥臂和下桥臂均包括至少一个如权利要求 1-5 中任一项所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

8、如权利要求 7 所述的模块化多电平换流器，其特征在于：上桥臂和下桥

臂均包括相互级联的至少两个半桥连接的换流器模块单元；所述上桥臂中的换流器模块单元同向连接，所述下桥臂中的换流器模块单元也同向连接；上桥臂中第一个换流器模块单元的第一引出端为模块化多电平换流器的正极点 P，下桥臂中最后一个换流器模块单元的第二引出端为模块化多电平换流器的负极点 N；所述正极点 P 和负极点 N 均用于接入直流网络中；所述上桥臂中最后一个换流器模块单元的第二引出端与下桥臂中第一个换流器模块单元的第一引出端相互连接，所述连接点为模块化多电平换流器的交流端点，用以接入交流网络中。

9、如权利要求 7 或 8 所述的模块化多电平换流器，其特征在于：所述故障电流抑制阻尼器拓扑电路为模块单元型式，并和所述换流器模块单元结构兼容。

10、一种阻尼型两电平换流器，包括相单元，所述相单元包括级联的开关模块；其特征在于：还包括与开关模块串联的至少一个如权利要求 1-5 中任一项所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

11、如权利 10 要求的两电平换流器，其特征在于：所述直流电容与开关模块之间也串联有如权利要求 1-5 中任一项所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

12、一种阻尼型多电平换流器，包括相单元，所述相单元包括级串联的至少一个如权利要求 1-5 中任一项所述的故障电流抑制阻尼器拓扑电路。

13、一种如权利要求 10、或者 11 所述的模块化多电平换流器的保护方法，其特征在于，包括步骤：

(1) 检测并判断是否发生直流侧短路故障；

(2) 如果判断故障发生，则对串联在所述模块化多电平换流器的所有所述的开关模块施加关断信号；

(3) 故障电流衰减完毕后恢复系统运行。

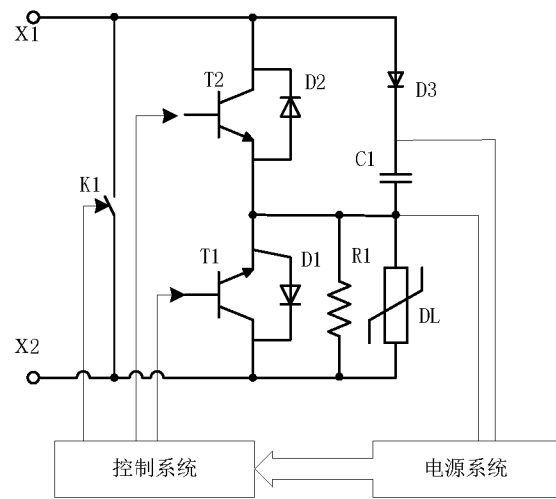


图 1

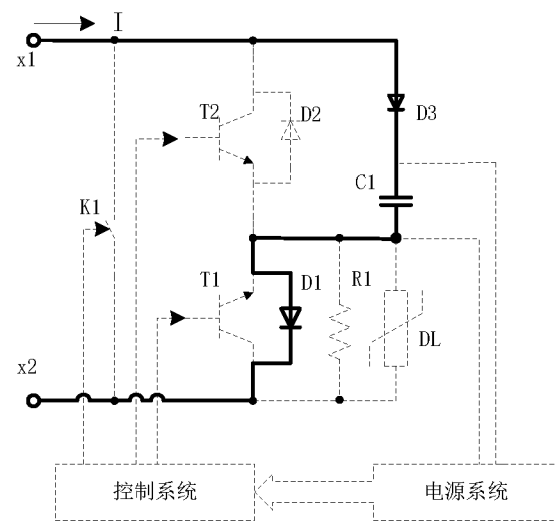


图 2

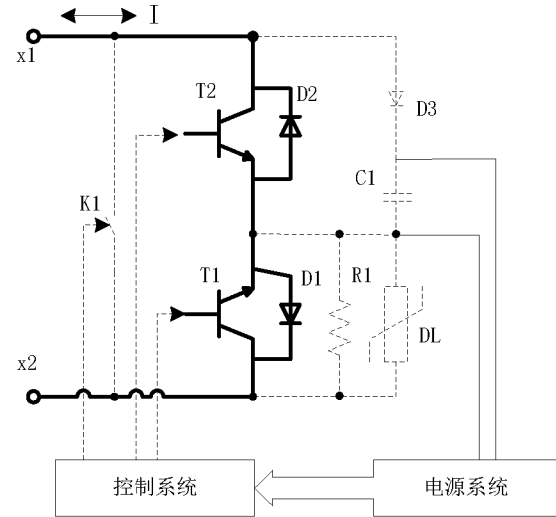


图 3

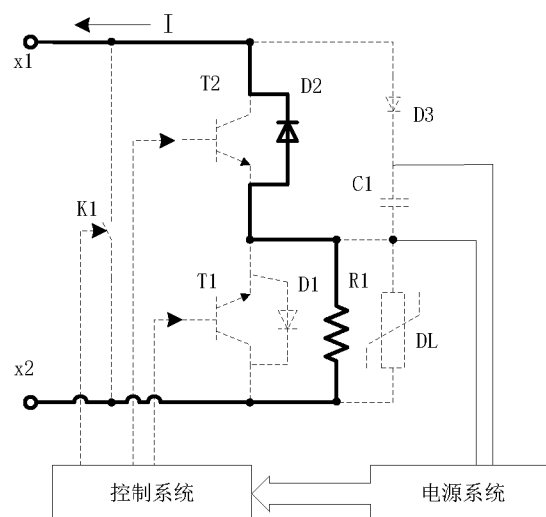


图 4

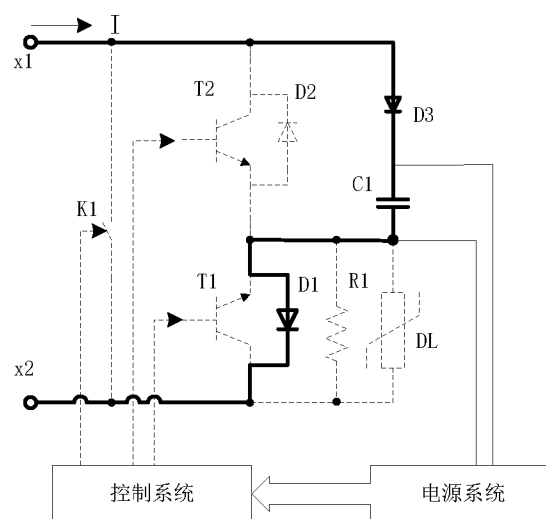


图 5

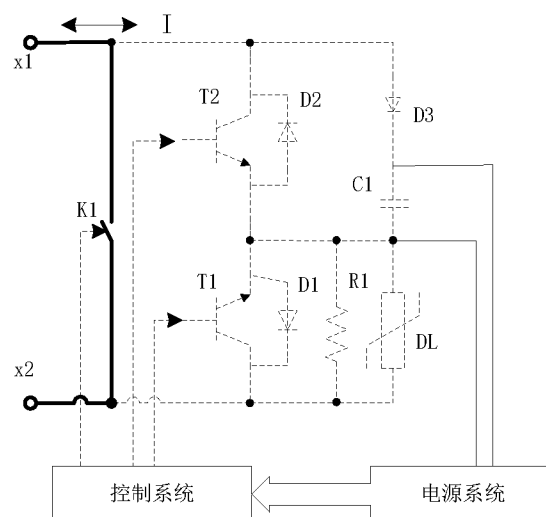


图 6

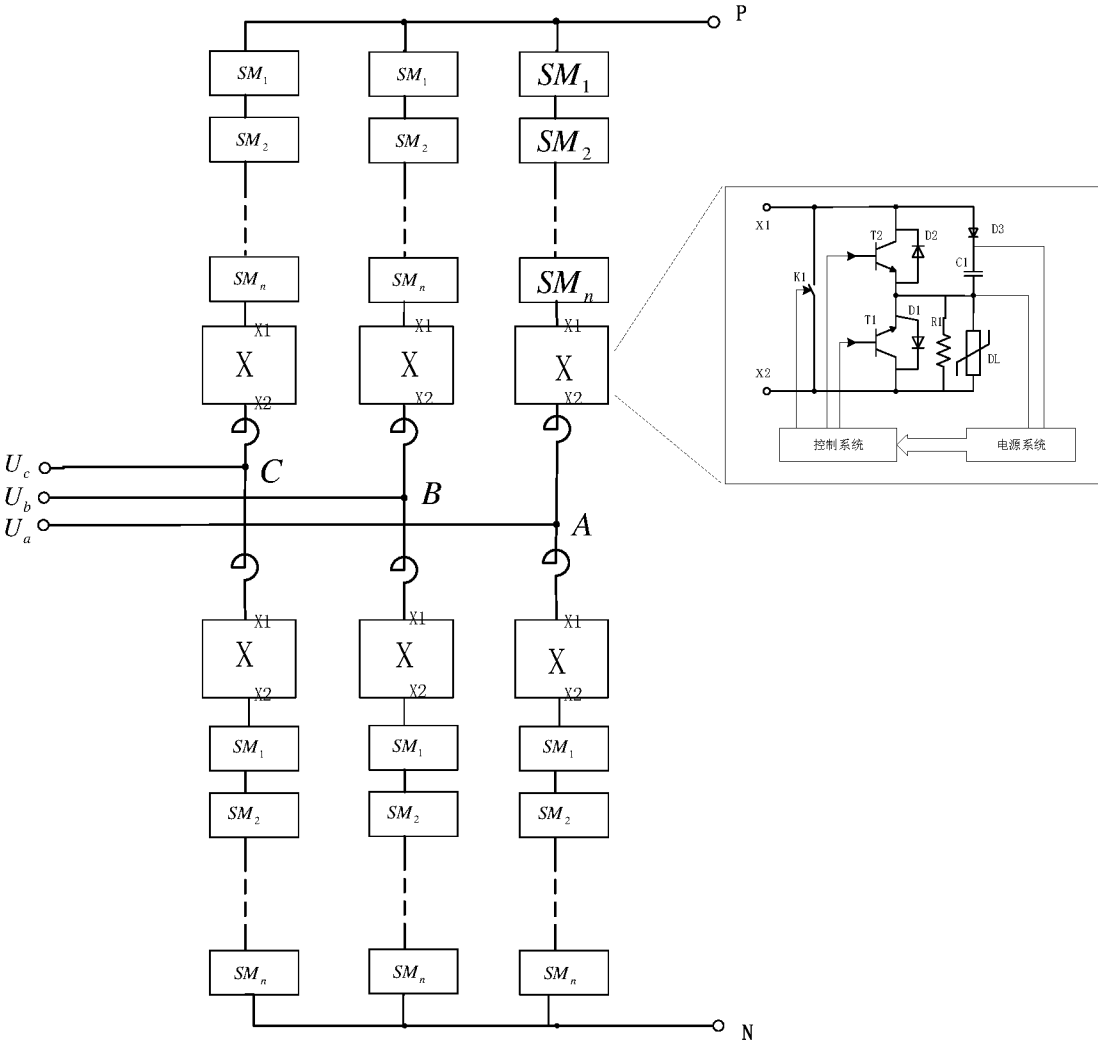


图 7

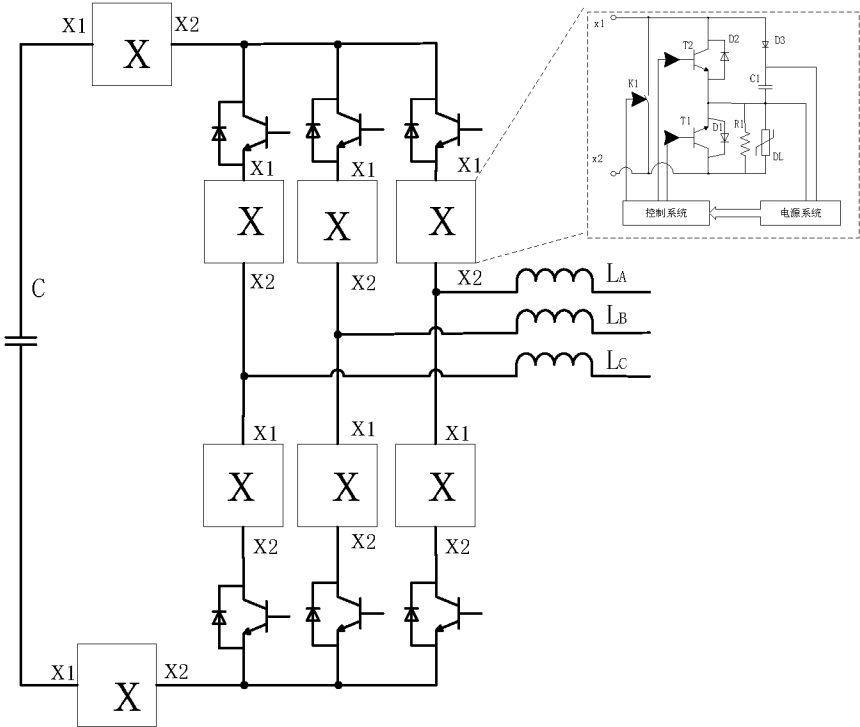


图 8

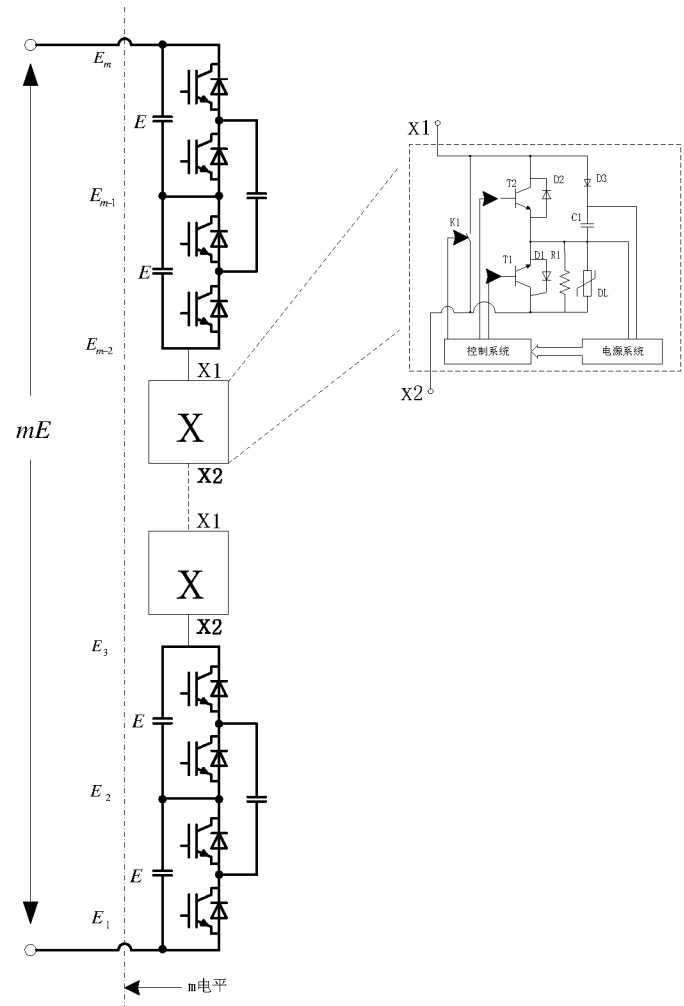


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/089946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 1/32 (2007.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M; H02H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: direct current, inhibit, damping resistance, damper, bypass, fault, circuit, current, resist+, switch, capacitor, converter

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102801295 A (ZHUZHOU NATIONAL ENGINEERING RESEARCH CENTER OF CONVERTERS CO., LTD.), 28 November 2012 (28.11.2012), description, paragraphs [0042]-[0093], and figures 2-10	1-13
A	CN 102118019 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE), 06 July 2011 (06.07.2011), the whole document	1-13
A	CN 102611096 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 25 July 2012 (25.07.2012), the whole document	1-13
A	CN 104052026 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 17 September 2014 (17.09.2014), the whole document	1-13
A	US 6650523 B1 (SIEMENS AG.), 18 November 2003 (18.11.2003), the whole document	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28 September 2016 (28.09.2016)	Date of mailing of the international search report 20 October 2016 (20.10.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LIU, Hao Telephone No.: (86-10) 010-61648115

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/089946

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102801295 A	28 November 2012	CN 102801295 B	28 January 2015
CN 102118019 A	06 July 2011	CN 102118019 B	12 February 2014
CN 102611096 A	25 July 2012	None	
CN 104052026 A	17 September 2014	WO 2015180204 A1	03 December 2015
		CN 104052026 B	25 May 2016
		EP 3041127 A1	06 July 2016
		US 2016268915 A1	15 September 2016
US 6650523 B1	18 November 2003	CN 1371540 A	25 September 2002
		EP 1206823 B1	08 October 2008
		EP 1206823 A1	22 May 2002
		AT 410807 T	15 October 2008
		WO 0115297 A1	01 March 2001
		DE 19940344 A1	01 March 2001
		CN 1295835 C	17 January 2007
		DE 50015392 G	20 November 2008

A. 主题的分类 H02M 1/32 (2007.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02M; H02H 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 故障, 电流, 直流, 抑制, 阻尼电阻, 阻尼器, 旁路, 电容, 开关, 变流器, 换流器, fault, circuit, current, resist+, switch, capacitor, converter																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 102801295 A (株洲变流技术国家工程研究中心有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 说明书第[0042]-[0093]段, 附图2-10</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102118019 A (中国电力科学研究院) 2011年 7月 6日 (2011 - 07 - 06) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102611096 A (浙江大学) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104052026 A (华中科技大学) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6650523 B1 (SIEMENS AG.) 2003年 11月 18日 (2003 - 11 - 18) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 102801295 A (株洲变流技术国家工程研究中心有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 说明书第[0042]-[0093]段, 附图2-10	1-13	A	CN 102118019 A (中国电力科学研究院) 2011年 7月 6日 (2011 - 07 - 06) 全文	1-13	A	CN 102611096 A (浙江大学) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-13	A	CN 104052026 A (华中科技大学) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 全文	1-13	A	US 6650523 B1 (SIEMENS AG.) 2003年 11月 18日 (2003 - 11 - 18) 全文	1-13
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 102801295 A (株洲变流技术国家工程研究中心有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 说明书第[0042]-[0093]段, 附图2-10	1-13																		
A	CN 102118019 A (中国电力科学研究院) 2011年 7月 6日 (2011 - 07 - 06) 全文	1-13																		
A	CN 102611096 A (浙江大学) 2012年 7月 25日 (2012 - 07 - 25) 全文	1-13																		
A	CN 104052026 A (华中科技大学) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 全文	1-13																		
A	US 6650523 B1 (SIEMENS AG.) 2003年 11月 18日 (2003 - 11 - 18) 全文	1-13																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2016年 9月 28日		国际检索报告邮寄日期 2016年 10月 20日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 刘昊 电话号码 (86-10) 010-61648115																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/089946

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
CN	102801295	A	2012年 11月 28日	CN	102801295	B	2015年 1月 28日		
CN	102118019	A	2011年 7月 6日	CN	102118019	B	2014年 2月 12日		
CN	102611096	A	2012年 7月 25日	无					
CN	104052026	A	2014年 9月 17日	WO	2015180204	A1	2015年 12月 3日		
				CN	104052026	B	2016年 5月 25日		
				EP	3041127	A1	2016年 7月 6日		
				US	2016268915	A1	2016年 9月 15日		
US	6650523	B1	2003年 11月 18日	CN	1371540	A	2002年 9月 25日		
				EP	1206823	B1	2008年 10月 8日		
				EP	1206823	A1	2002年 5月 22日		
				AT	410807	T	2008年 10月 15日		
				WO	0115297	A1	2001年 3月 1日		
				DE	19940344	A1	2001年 3月 1日		
				CN	1295835	C	2007年 1月 17日		
				DE	50015392	G	2008年 11月 20日		