

(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
2014 年 9 月 4 日 (04.09.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/131373 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/36 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/075653
- (22) 国际申请日: 2014 年 4 月 18 日 (18.04.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310059767.7 2013 年 2 月 26 日 (26.02.2013) 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]; 中国江苏省南京江宁经济技术开发区胜太路 99 号, Jiangsu 211102 (CN)。
- (72) 发明人: 董云龙 (DONG, Yunlong); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 李钢 (LI, Gang); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 田杰 (TIAN, Jie); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 汪楠楠 (WANG, Nannan); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 刘

超 (LIU, Chao); 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, LT, 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, 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。

(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, 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, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR MERGING NON-OPERATING STATION INTO OPERATING SYSTEM IN MULTI-TERMINAL FLEXIBLE DIRECT CURRENT TRANSMISSION SYSTEM

(54) 发明名称: 多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法

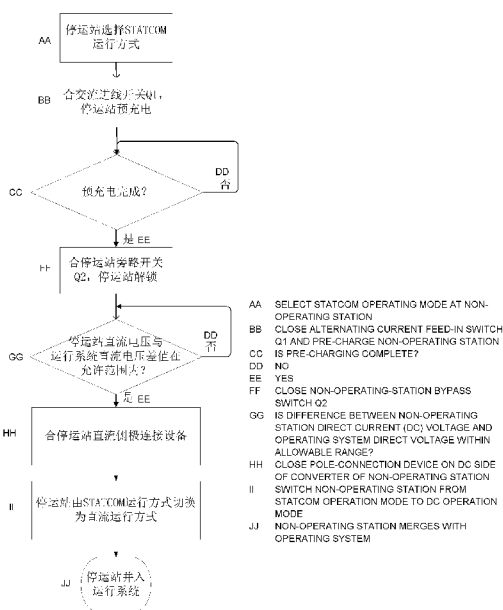


图 2 / FIG.2

(57) Abstract: Disclosed is a method for merging a non-operating station into an operating system in a multi-terminal flexible direct current (DC) transmission system. The method comprises the following: selecting STATCOM operation mode at a non-operating station; cutting off a bypass switch on the alternating current (AC) side and connecting a charging resistor to an AC line; closing an AC feed-in switch and, by means of the charging resistor, pre-charging the non-operating-station converter valve; closing the bypass switch upon completion of pre-charging; selecting a constant DC voltage control mode at the non-operating station so as to carry out unlocking; controlling the difference between the non-operating-station DC voltage value and the operating system direct voltage value such that said difference remains within an allowable range; closing a pole-connection device on the DC side of the converter of the non-operating station; and switching the non-operating station from STATCOM operation mode to a DC operation mode, whereupon the non-operating station is merged with the operating system. The method enables an operating station to continue operating and checks DC overcurrent and AC overcurrent produced as a result of a non-operating station connecting to a network, thereby enabling a non-operating station to safely and reliably connect to a network.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/131373 A1



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

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

- 在修改权利要求的期限届满之前进行，在收到该修改后将重新公布(细则 48.2(h))。
- 包括关于请求恢复一项或多项优先权要求的信息，受理局正就恢复优先权的请求作出决定，一经收到将另行公布(细则 26 之二.3 和 48.2(j))。

本发明公开一种多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，包括如下内容：停运站选择 STATCOM 运行方式；交流侧旁路开关断开，充电电阻接入交流线路；合交流进线开关，通过充电电阻对停运站换流阀进行预充电；预充电完成后，合旁路开关；停运站选择定直流电压控制方式解锁；控制停运站直流电压值与运行系统直接电压值的差值在允许范围内；合停运站换流器直流侧极连接设备；停运站由 STATCOM 运行方式切换到直流运行方式，停运站并入运行系统。此方法能够保持运行站持续运行，有效抑制停运站并网产生的直流过电流和交流过电流，使停运站安全可靠的并网。

多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法

技术领域

本发明属于电力电子技术领域，特别涉及一种多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法。

背景技术

随着电力电子器件和控制技术的进步，柔性直流容量和电压等级越来越高。多端柔性直流输电在运行灵活性、可靠性上比两端柔性直流输电更有优势，同时构建多端柔性直流输电能够满足电网互联、城市电网供电、多个风电场（新能源）互联等，具有重要意义。但多端柔性直流输电系统相对两端柔性直流输电更加复杂，运行要求更高，如何保持多端柔性直流输电系统安全可靠运行是业内关注的焦点，特别是针对多端柔性直流输电停运站接入运行系统目前还未有较好的解决方法。目前停运站接入运行系统先将运行系统停运，然后将整个多端柔性直流输电系统重新起动。此种方法有如下缺点：

- （1）增加了多端柔性直流输电系统的停运概率；
- （2）运行系统如果连接重要负荷停运将造成重大损失；
- （3）运行系统如果连接风电场等新能源导致新能源的退出并重新投入，减少了能源利用率。

为了提高多端柔性直流输电稳定性和可靠性，充分发挥多端柔性直流输电优势，需要一种更加有效的停运站并入运行系统控制方法，本案由此产生。

发明内容

本发明的目的，在于提供一种多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其通过简单的顺序操作和控制，可以避免将多端柔性直流输电系统全部停运，才能将原停运站并入多端系统方法的缺陷，也可以在运行系统不停运，原停运站并入运行系统的情况下，有效抑制停运站并入运行系统时产生的交流和直流过电流，使停运站安全可靠地并网。

为了达成上述目的，本发明的解决方案是：

多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，所述多端柔性直流输电系统包括借助直流线路连接的三端及三端以上换流站，其中每个换流站的直流侧包括极连接设

备，交流侧包括相互串联的交流进线开关、换流变压器和充电电阻，所述充电电阻的两端还并联旁路开关，所述运行系统指多端柔性直流输电系统中除停运站以外的健全运行系统；所述方法包括如下步骤：

(1) 包括以下两部分内容，两部分内容的操作顺序不分先后：

(a) 停运站选择 STATCOM 运行方式；

(b) 停运站交流侧旁路开关断开，充电电阻接入交流线路；合交流进线开关，通过充电电阻对停运站换流阀进行预充电；预充电完成后，合旁路开关；

(2) 停运站选择定直流电压控制方式解锁；

(3) 控制停运站直流电压值与运行系统直接电压值的差值在允许范围内；

(4) 合停运站换流器直流侧极连接设备；

(5) 停运站由 STATCOM 运行方式转换为直流运行方式；

(6) 停运站并入运行系统。

上述步骤 (1) 的内容 (b) 中，预充电完成的标志为停运站直流电压为阀侧交流线电压有效值的 1.15~1.7 倍，且维持稳定。

上述步骤 (3) 中，差值的允许范围为绝对值小于等于 5kV。

上述停运站交流侧为有源系统。

上述运行系统包括两个或两个以上换流站。

上述停运站是多端柔性直流输电系统中的一个换流站或多个换流站。

包含多个停运站时，多个停运站依次并入，不分先后。

采用上述方案后，本发明的有益效果为：

(1) 本发明提供的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，避免了健全的运行站强迫停运；

(2) 本发明提供的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，可以有效抑制停运站并入运行系统产生的交流和直流过电流；

(3) 本发明提供的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，适合多端柔性直流输电系统的工程应用，操作简单，控制有效。

附图说明

图 1 是包括停运和运行系统的多端柔性直流输电系统示意图（以三端柔性直流输电系统为例说明）；

图 2 是本发明的操作流程图。

具体实施方式

以下将结合附图及具体实施例，对本发明的技术方案进行详细说明。

本发明所针对的多端柔性直流输电系统包括借助直流线路连接的三端及三端以上换流站，其中，每个换流站的直流侧包括极连接设备，交流侧包括相互串联的交流进线开关、换流变压器和充电电阻，所述充电电阻的两端还并联有旁路开关，所述的运行系统是指多端柔性直流输电系统中除停运站以外的健全运行系统，包含两个或两个以上换流站。

如图 1 所示为三端柔性直流输电系统，运行站 1 与运行站 2 以两端直流方式运行，停运站处于退出运行状态。为了实现停运站并入运行系统不造成运行系统退出运行，同时减小对运行系统交流电流和直流电流冲击，多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统采用如图 2 所示步骤：

(1) 合停运站换流器直流侧隔离刀闸 QS1，合停运站换流器直流侧隔离刀闸 QS3，合 QS1 与 QS3 不分先后顺序；

(2) 停运站选择 STATCOM 运行方式，所述 STATCOM 运行方式指并联静止无功补偿方式，有功功率控制方式选择为定直流电压控制，无功功率控制方式选择为定无功功率控制/定交流电压控制；

(3) 交流侧旁路开关 Q2 断开，充电电阻接入交流线路；合交流进线开关 Q1，停运站交流侧为有源系统，通过充电电阻对停运站换流阀进行预充电；预充电电压达到交流线电压有效值的 1.15-1.7 倍，且维持稳定，表示预充电完成，合充电电阻的旁路开关 Q2；

此处需要说明的是，前述步骤 (1) - (3) 的操作顺序不分先后。

(4) 停运站选择定直流电压控制方式解锁；

(5) 控制停运站直流电压值与运行系统直接电压值的差值 ΔU 在允许范围内， $\Delta U \leq 5\text{kV}$ 。

(6) 合停运站换流器直流侧断路器 Q3；

(7) 停运站由 STATCOM 运行方式切换到直流运行方式，停运站并入运行系统。

当多个停运站均需并入运行系统时，可将该多个停运站按前述方法依次并入，不分先后。

本发明以三端柔性直流输电系统介绍实施方案，但本发明不限于三端系统，对三端

以上的多端柔性直流输电系统都适用。任何牵涉到通过判断停运站与运行系统电压差在允许范围内，合直流断路器开关后将停运站由直流电压控制方式切换到有功功率控制的方法都属于本发明范围之内。

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。

权利要求书

1、多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，所述多端柔性直流输电系统包括借助直流线路连接的三端及三端以上换流站，其中每个换流站的直流侧包括极连接设备，交流侧包括相互串联的交流进线开关、换流变压器和充电电阻，所述充电电阻的两端还并联旁路开关，所述运行系统指多端柔性直流输电系统中除停运站以外的健全运行系统；其特征在于所述方法包括如下步骤：

(1) 包括以下两部分内容，两部分内容的操作顺序不分先后：

(a) 停运站选择 STATCOM 运行方式；

(b) 停运站交流侧旁路开关断开，充电电阻接入交流线路；合交流进线开关，通过充电电阻对停运站换流阀进行预充电；预充电完成后，合旁路开关；

(2) 停运站选择定直流电压控制方式解锁；

(3) 控制停运站直流电压值与运行系统直接电压值的差值在允许范围内；

(4) 合停运站换流器直流侧极连接设备；

(5) 停运站由 STATCOM 运行方式转换为直流运行方式；

(6) 停运站并入运行系统。

2、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：直流侧极连接设备可以是隔刀和断路器的任意组合。

3、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：所述步骤 (1) 的内容 (b) 中，预充电完成的标志为停运站直流电压为阀侧交流线电压有效值的 1.15~1.7 倍，且维持稳定。

4、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：所述步骤 (3) 中，差值的允许范围为绝对值小于等于 5kV。

5、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：所述停运站交流侧为有源系统。

6、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：所述运行系统包括两个或两个以上换流站。

7、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：所述停运站是多端柔性直流输电系统中的一个换流站或多个换流站。

8、如权利要求 1 所述的多端柔性直流输电系统停运站并入运行系统的方法，其特征在于：包含多个停运站时，多个停运站依次并入，不分先后。

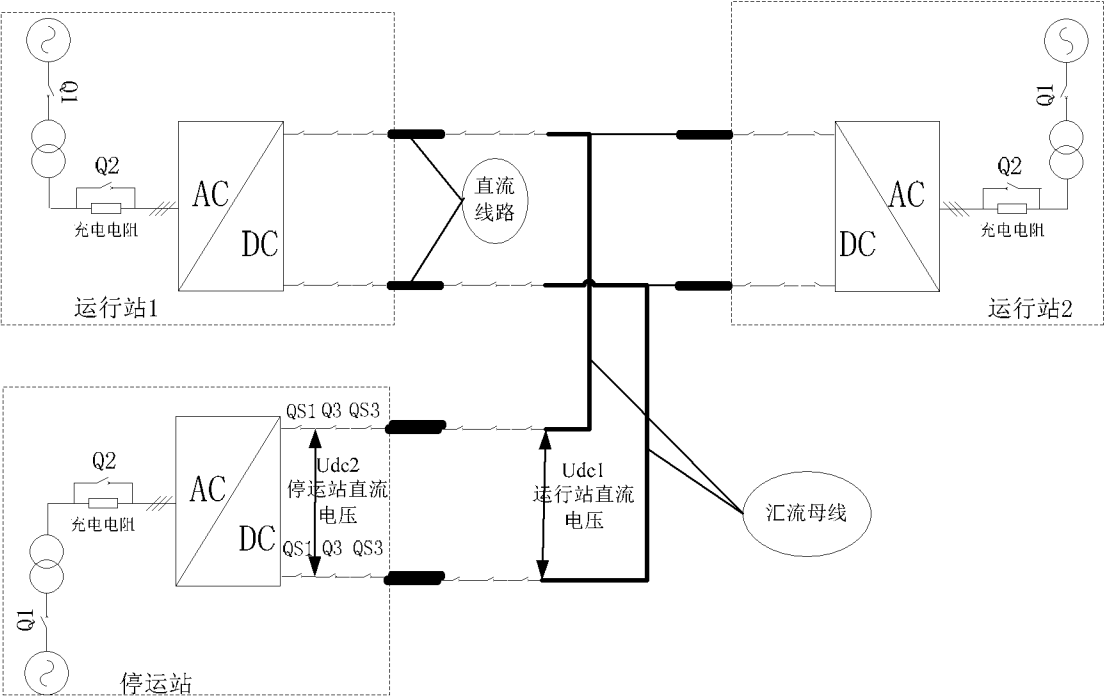


图 1

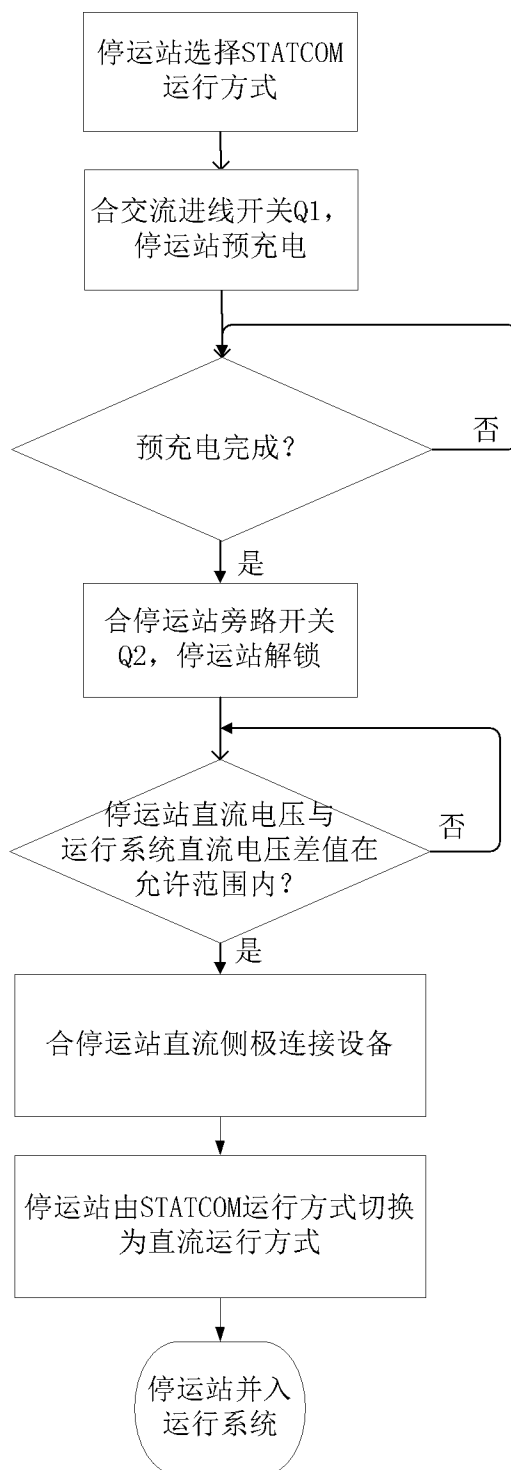


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/075653

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/36 (2006.01) 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)

H02J

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)

CNABS, EPODOC, WPI, CNKI, IEEE: high direct voltage, multi-end direct current, outage station, direct current power transmission, incorporation, NR, charging resistor, grid connected, STATCOM, static var compensation, outage, HVDC, multi terminal, multi terminal, charg+, power integrat+, static synchronous compensat+, start+, stop+, unlock+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103138281 A (NR ELECRIE CO., LTD. et al.), 05 June 2013 (05.06.2013), claims 1-8, description, paragraphs [0007]-[0043], and figures 1-2	1-8
Y	ZHAO, Wanjun et al., "Engineering Technology of High Voltage Direct Current Transmission", CHINA ELECTRIC POWER PRESS, volume ISBN 7-5083-1999-0, 31 August 2004 (31.08.2004), the text, page 1, paragraph 2, page 6, penultimate paragraph, page 27, paragraph 1, and page 473, fifth to last paragraph to fourth to last paragraph, and figure 2-1	1-8
Y	KONG, Ming et al., "Pre-charging Control Strategies of Modular Multilevel Converter for VSC-HVDC", POWER SYSTEM TECHNOLOGY, volume 35, number 11, 30 November 2011 (30.11.2011), pages 67-72	1-8
A	CN 101242087 A (XUE, Hui), 13 August 2008 (13.08.2008), the whole document	1-8
A	CN 201674227 U (GALAXY ELECTRIC CO., LTD.), 15 December 2010 (15.12.2010), the whole document	1-8
A	CN 102510050 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY), 20 June 2012 (20.06.2012), the whole document	1-8

☐ 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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"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 30 June 2014 (30.06.2014)	Date of mailing of the international search report 16 July 2014 (16.07.2014)
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 LU, Ran Telephone No.: (86-10) 62414059

International application No.
PCT/CN2014/075653

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

A. 主题的分类		
H02J 3/36 (2006.01) 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)		
H02J		
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))		
CNABS, EPODOC, WPI, CNKI, IEEE: 直流高压, 多端直流, 停运站, 直流输电, 并入, 充电, 南京南瑞继保, 多端, 充电电阻, 并网, 充电, STATCOM, 静止无功补偿, 启动, 起停, 解锁, 停运, HVDC, multi terminal, multi-terminal, charg+, power integrat+, static synchronous compensat+, start+, stop+, unlock+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103138281 A (南京南瑞继保电器有限公司等) 2013年 6月 05日 (2013 - 06 - 05) 权利要求1-8, 说明书第[0007]-[0043]段, 附图1-2	1-8
Y	赵畹君等. “高压直流输电工程技术” 中国电力出版社, 第ISBN 7-5083-1999-0卷, 2004年 8月 31日 (2004 - 08 - 31), 正文第1页第2段, 第6页倒数第2段, 第27页第1段, 第473页倒数第5段至倒数第4段、图2-1	1-8
Y	孔明等. “模块化多电平式柔性直流输电换流器的预充电控制策略” 电网技术, 第11期卷, 第35卷期, 2011年 11月 30日 (2011 - 11 - 30), 第67页至第72页	1-8
A	CN 101242087 A (薛辉) 2008年 8月 13日 (2008 - 08 - 13) 全文	1-8
A	CN 201674227 U (济南银河电气有限公司) 2010年 12月 15日 (2010 - 12 - 15) 全文	1-8
A	CN 102510050 A (西安交通大学) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20) 全文	1-8
☐ 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		国际检索报告邮寄日期
2014年 6月 30日		2014年 7月 16日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		陆然
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62414059

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/075653

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 103138281 A	2013年 6月 05日	无	
CN 101242087 A	2008年 8月 13日	无	
CN 201674227 U	2010年 12月 15日	无	
CN 102510050 A	2012年 6月 20日	无	