

(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 5 月 1 日 (01.05.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/063499 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/36 (2006.01) H02H 9/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/078556
- (22) 国际申请日: 2013 年 7 月 1 日 (01.07.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210407183.X 2012 年 10 月 23 日 (23.10.2012) 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: 田杰 (TIAN, Jie); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。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)。潘磊 (PAN, Lei); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。

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)。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)。胡兆庆 (HU, Zhaoqing); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。丁久东 (DING, Jiudong); 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, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,

[见续页]

(54) Title: CHARGING METHOD FOR CONVERTER OF FLEXIBLE DIRECT-CURRENT POWER TRANSMISSION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种柔性直流输电系统的换流器充电方法

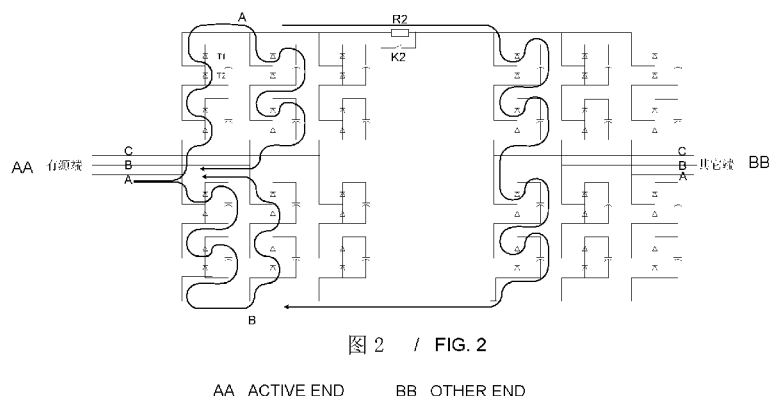


图 2 / FIG. 2

AA ACTIVE END BB OTHER END

(57) Abstract: A charging method for a converter of a flexible direct-current power transmission system. The flexible direct-current power transmission system comprises an active-end converter and an other-end converter which are connected by means of a direct-current circuit; and also comprises at least one group of charging resistors (R2) and bypass switches (K2) which are connected in parallel, wherein the charging resistor (R2) and the bypass switch (K2) which are connected in parallel are connected in series in the direct-current circuit. The charging method comprises the following steps: switching off the bypass switch (K2), and connecting the charging resistor (R2) to the direct-current circuit; accomplishing the charging of the active-end converter via an alternating-current system; unlocking the active-end converter, and establishing a direct-current voltage; unlocking the other-end converter after the direct-current voltage is stable; and switching on the bypass switch (K2) after the voltage of a submodule of the other-end converter is stable, and bypassing the charging resistor (R2) so as to complete the charging process. By means of this charging method, overcurrent of the direct-current circuit caused by a direct-current voltage difference between the two ends of the other-end converter at the moment of unlocking the other-end converter when the active-end converter charges the other-end converter can be effectively inhibited.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2014/063499 A1



SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW。

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, 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, 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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种柔性直流输电系统的换流器充电方法, 所述柔性直流输电系统包括借助直流线路连接的有源端换流器和其它端换流器; 还包括至少一组并联的充电电阻 (R2) 和旁通开关 (K2), 所述并联的充电电阻 (R2) 和旁通开关 (K2) 串联在直流线路中, 所述充电方法包括如下步骤: 断开旁通开关 (K2), 充电电阻 (R2) 接入直流线路; 有源端换流器通过交流系统完成充电; 有源端换流器解锁, 建立直流电压; 直流电压稳定后, 其它端换流器解锁; 其它端换流器子模块电压稳定后合上旁通开关 (K2), 将充电电阻 (R2) 旁路, 完成充电过程。此种充电方法可以有效抑制有源端换流器向其它端换流器充电时, 其它端换流器解锁瞬间由于两端直流电压差而产生的直流线路的过电流。

一种柔性直流输电系统的换流器充电方法

技术领域

本发明涉及一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，具体涉及一种两端及多端的采用模块化多电平换流器的柔性直流输电系统有源端换流器向其它端换流器充电的方法。

背景技术

柔性直流输电采用电压源换流器，可以独立调节有功和无功的传输、提高交流系统的输电能力，易于构成多端直流输电系统，在可再生能源的发电并网、孤岛城市供电以及交流系统互联等应用领域，具有明显的竞争力。

不同的电压源换流器由于其结构不同，有不同的充电方法，模块化多电平换流器的电容分散于各子模块，其电容充电的动态过程比较复杂。

现有的基于模块化多电平柔性直流输电系统有源端向无源端充电的解决方法是在有源端交流线路中接入限流电阻 R1 和与其并联的旁通开关 K1，该限流电阻 R1 和并联的旁通开关 K1 接在换流变压器阀侧，如图 1 所示，2011 年 11 期《电网技术》中的文献《模块化多电平式柔性直流输电换流器的预充电控制策略》第 2.2 节对该方法进行了描述。该方法可以在无源端解锁换流器瞬间抑制有源端交流侧的过流问题，但其不足之处是不能抑制直流线路的过流。

发明内容

本发明的目的在于针对现有技术存在的不能抑制直流线路过流的缺陷，提供一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其可以通过简单地控制，有效抑制有源端换流器向其它端换流器充电时，其它端换流器解锁瞬间由于两端直流电压差而产生的直流线路的过电流。

为了达成上述目的，本发明采用的技术方案是：

一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，所述柔性直流输电系统包括借助直流线路连接的有源端换流器和其它端换流器；还包括至少一组并联的充电电阻和旁通开关，所述并联的充电电阻和旁通开关串联在直流线路中，所述充电方法包括如下步骤：

(1) 断开旁通开关，充电电阻接入直流线路；

- (2) 有源端换流器通过交流系统完成充电；
- (3) 有源端换流器解锁，建立直流电压；
- (4) 直流电压稳定后，其它端换流器解锁；
- (5) 其它端换流器子模块电压稳定后合上旁通开关，将充电电阻旁路，完成充电过程。

上述其它端换流器交流侧为有源系统或弱交流系统。

上述其它端换流器交流侧为无源系统或停电系统。

上述并联的充电电阻和旁通开关采用一组，串联在直流线路的正极或者负极。

上述并联的充电电阻和旁通开关采用两组，分别串联在直流线路的正极和负极。

上述两组充电电阻的阻值为相等或不相等。

上述有源端换流器是两电平或三电平拓扑结构，其它端换流器是模块化多电平拓扑结构。

上述有源端换流器和其它端换流器均是模块化多电平拓扑结构。

采用上述方案后，本发明针对采用模块化多电平拓扑结构的柔性直流输电系统，提供一种柔性直流输电系统有源端换流器向其它端换流器充电的方法，可以有效抑制有源端换流器向其它端换流器充电时因为两端直流电压差而产生的直流线路过电流。该方法同样适用于黑启动情况下，抑制有源端换流器向停电系统侧换流器充电时产生的过电流。

附图说明

图 1 是现有充电方法中有源端换流器向无源端换流器充电示意图；

图 2 是本发明提供的方法中，有源端向其它端换流器充电示意图（并联的充电电阻和旁通开关串联接入直流线路正极）；

图 3 是本发明提供的方法中，有源端向其它端换流器充电示意图（并联的充电电阻和旁通开关串联接入直流线路负极）；

图 4 是本发明提供的方法中，有源端向其它端换流器充电示意图（直流线路正极和负极均串联接入并联的充电电阻和旁通开关）。

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。

本发明提供一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，将并联的充电电阻 R2 和旁通

开关 K2 串联在直流线路中，并包括如下实施步骤：

- (1) 断开旁通开关 K2，充电电阻 R2 接入直流线路；
- (2) 有源端换流器通过交流系统完成不控充电；
- (3) 有源端换流器解锁，建立直流电压；
- (4) 直流电压稳定后，其它端换流器解锁，通过充电电阻 R2 抑制解锁时的过电流；
- (5) 其它端换流器子模块电压稳定后合上旁通开关 K2，将充电电阻 R2 旁路，完成充电过程。

按照本发明中的充电方法，以两端柔性直流输电系统（一端为有源系统，另一端为无源系统）为例，对充电过程实现方式进行说明：

系统接线方式以图 2 为例，充电前先连接直流线路，保证直流充电电阻 R2 的旁通开关 K2 打开，首先对有源端换流器进行不控充电，同时无源端换流器也会充电。直流电压稳定后不控充电过程结束，无源端换流器子模块电容电压为有源端换流器子模块电容的一半，充电电流方向如图 2 所示。

有源端换流器采用定直流电压控制方式解锁，直流线路电压逐渐升至额定电压，有源端换流器子模块电容电压达到额定值，无源端换流器子模块电压为额定值的一半。无源端换流器按无源控制方式解锁，解锁瞬间无源端换流器直流电压突变，减小为额定电压的一半，此时因为直流线路串联有充电电阻 R2，可以有效抑制因为两端直流电压差而产生的直流线路的过电流。

无源端换流器子模块电压稳定后，合上充电电阻 R2 的旁通开关 K2，将充电电阻 R2 旁路，完成整个充电过程。

如图 2 和图 3 所示，本发明实施例中，并联的充电电阻 R2 和旁通开关 K2 可以串联在直流线路的正极或者负极。

如图 4 所示，是本发明的另一种实施电路，其是在直流线路正极和负极分别串联接入并联的充电电阻 R2、R3 和旁通开关 K2、K3，串联在直流线路正极和负极的充电电阻 R2、R3 的阻值可以相等，也可以不相等。

本发明提供的方法同样适用于有源端换流器向弱交流系统端或者其它有源端换流器进行充电，其实施方式和步骤与上述有源端换流器向无源端换流器充电方式相同。

本发明提供的方法对采用模块化多电平拓扑结构的多端柔性直流输电系统同样适用，其实施方式为有源端换流器首先解锁，其它各端换流器可以随后依次或者同时按上述步骤进行充电。

对于向无源系统或者停电系统的黑启动，也可采用上述相同实施方式，有源端换流器解锁后，对无源系统或者停电系统的换流器进行充电，实现黑启动功能，其步骤如下：

- (1) 断开旁通开关，充电电阻接入直流线路；
- (2) 有源端换流器通过交流系统完成充电；
- (3) 有源端换流器解锁，建立直流电压；
- (4) 无源系统或者停电系统的换流器解锁，完成换流器充电，建立交流侧电压；
- (5) 合上旁通开关，将充电电阻旁路，实现黑启动。

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、一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，所述柔性直流输电系统包括借助直流线路连接的有源端换流器和其它端换流器；其特征在于：还包括至少一组并联的充电电阻和旁通开关，所述并联的充电电阻和旁通开关串联在直流线路中，所述充电方法包括如下步骤：

(1) 断开旁通开关，充电电阻接入直流线路；

(2) 有源端换流器通过交流系统完成充电；

(3) 有源端换流器解锁，建立直流电压；

(4) 直流电压稳定后，其它端换流器解锁；

(5) 其它端换流器子模块电压稳定后合上旁通开关，将充电电阻旁路，完成充电过程。

2、如权利要求 1 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述其它端换流器交流侧为有源系统或弱交流系统。

3、如权利要求 1 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述其它端换流器交流侧为无源系统或停电系统。

4、如权利要求 1 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述并联的充电电阻和旁通开关采用一组，串联在直流线路的正极或者负极。

5、如权利要求 1 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述并联的充电电阻和旁通开关采用两组，分别串联在直流线路的正极和负极。

6、如权利要求 5 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述两组充电电阻的阻值为相等或不相等。

7、如权利要求 1 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述有源端换流器是两电平或三电平拓扑结构，其它端换流器是模块化多电平拓扑结构。

8、如权利要求 1 所述的一种柔性直流输电系统的换流器充电方法，其特征在于：所述有源端换流器和其它端换流器均是模块化多电平拓扑结构。

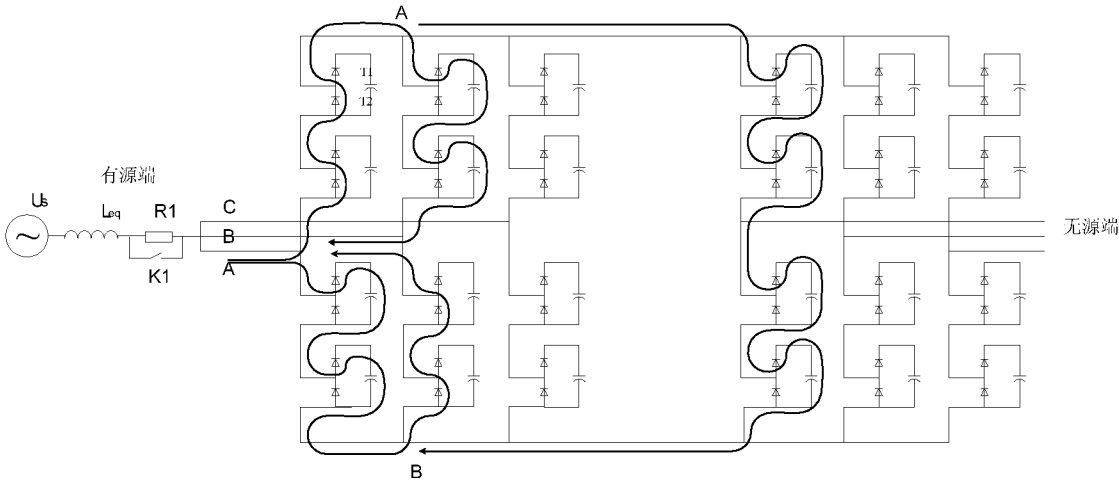


图 1

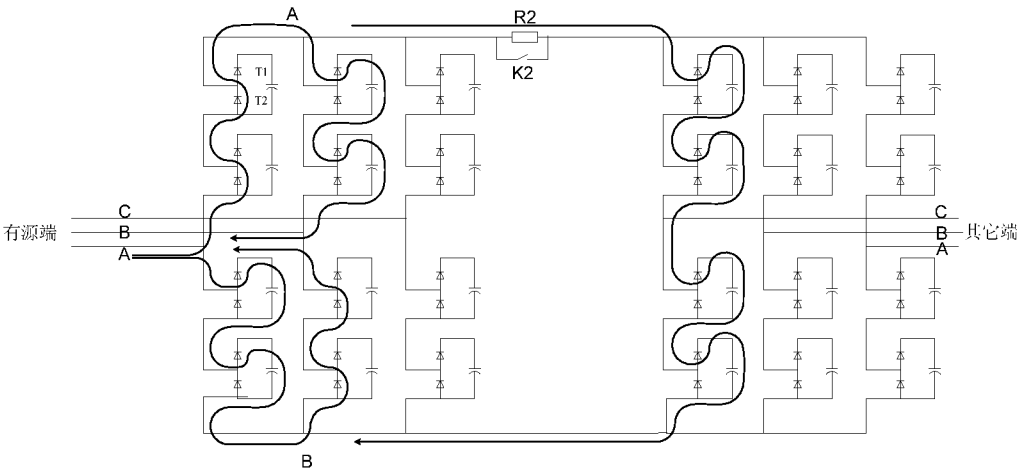


图 2

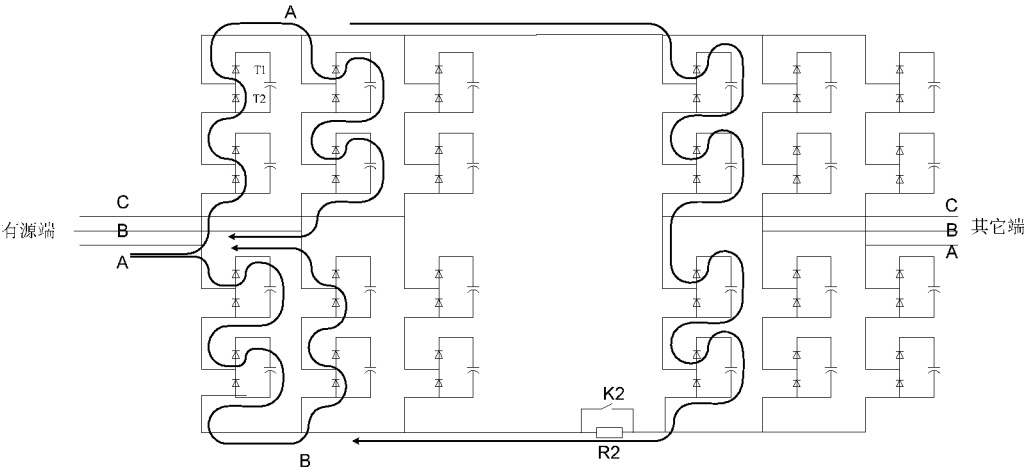


图 3

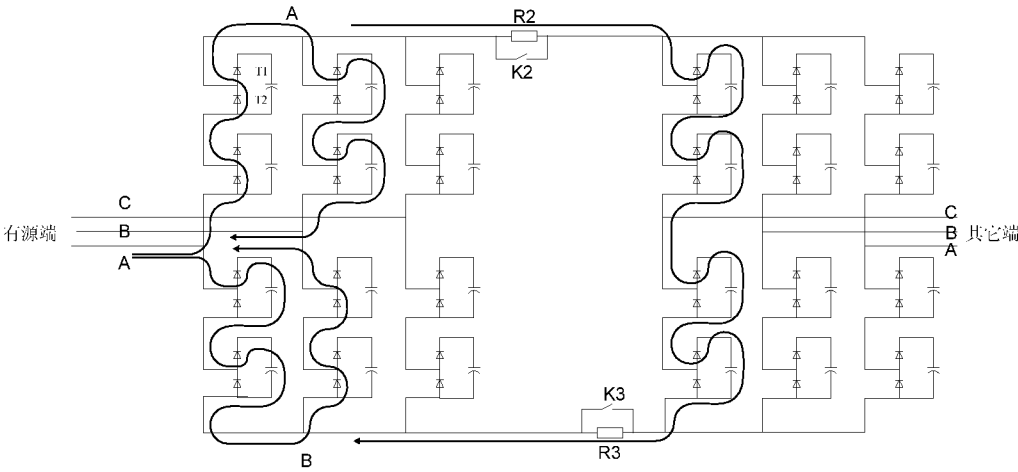


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/078556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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)

IPC: H02J; 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: charge, converter, direct, transmission, start, stop, power

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	CN 102946114 A (NANRUI JIBAO ELECTRIC CO LTD NANJING) 27 Feb. 2013 (27.02.2013) see the whole document	1-8
Y	CN 102170140 A (CHINA ELECTRIC POWER RES INST) 31 August 2011 (31.08.2011) see description, paragraphs [0036]-[0050], and figures 1-4	1-4, 7-8
Y	ZHOU, Yuebin et al. Start/stop control of modular multilevel converter based HVDC transmission system. Power system technology, March 2012, vol. 36 no.3 pages 204 to 206, ISSN 1000-3673	1-4, 7-8
A	CN 102545200 A (UNIV HEHAI) 04 July 2012 (04.07.2012) see the whole document	1-8
A	CN 101795057 A (UNIV ZHEJIANG) 04 August 2010 (04.08.2010) see the whole document	1-8
A	JP 2012157166 A (DENSO CORP.) 16 August 2012 (16.08.2012) see 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	“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 24 September 2013 (24.09.2013)	Date of mailing of the international search report 17 October 2013 (17.10.2013)
Name and mailing address of the ISA 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 FENG, Shangming Telephone No. (86-10) 62089409

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/078556

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102946114 A	27.02.2013	None	
CN 102170140 A	31.08.2011	None	
CN 102545200 A	04.07.2012	None	
CN 101795057 A	04.08.2010	CN 101795057 B	27.06.2012
JP 2012157166 A	16.08.2012	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/078556

Continuation of: A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/36 (2006.01) i

H02H 9/02 (2006.01) n

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/078556

A. 主题的分类

见附加页

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)

IPC:H02J, 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, EPODOC 充电, 换流器, 直流, 输电, 起动, 启停, direct, power, transmiss+, converter, charg+

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
P,X	CN 102946114 A (南京南瑞继保电气有限公司等) 27.2 月 2013 (27.02.2013) 见说明书全文	1-8
Y	CN 102170140 A (中国电力科学研究院) 31.8 月 2011 (31.08.2011) 见说明书 第36-50段, 图1-4	1-4, 7-8
Y	周月宾等 模块化多电平换流器型直流输电系统的启停控制 电网技术 3 月 2012, 第 36 卷第 3 期, 第 204-206 页, ISSN 1000-3673	1-4, 7-8
A	CN 102545200 A (河海大学) 04.7 月 2012 (04.07.2012) 见说明书全文	1-8
A	CN 101795057 A (浙江大学) 04.8 月 2010 (04.08.2010) 见说明书全文	1-8
A	JP 2012157166 A (DENSO CORP) 16.8 月 2012 (16.08.2012) 见说明书全文	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

24.9 月 2013 (24.09.2013)

国际检索报告邮寄日期

17.10 月 2013 (17.10.2013)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

冯尚明

电话号码: (86-10) 62089409

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/078556

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102946114 A	27.02.2013	无	
CN 102170140A	31.08.2011	无	
CN 102545200 A	04.07.2012	无	
CN 101795057A	04.08.2010	CN 101795057 B	27.06.2012
JP 2012157166 A	16.08.2012	无	

续第 2 页 A.主题的分类

H02J 3/36 (2006.01) i

H02H 9/02 (2006.01) n