(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
2018 年 4 月 19 日 (19.04.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/068435 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 3/36 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/070992

(22) 国际申请日: 2017 年 1 月 12 日 (12.01.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610887139.1 2016年10月11日 (11.10.2016) CN

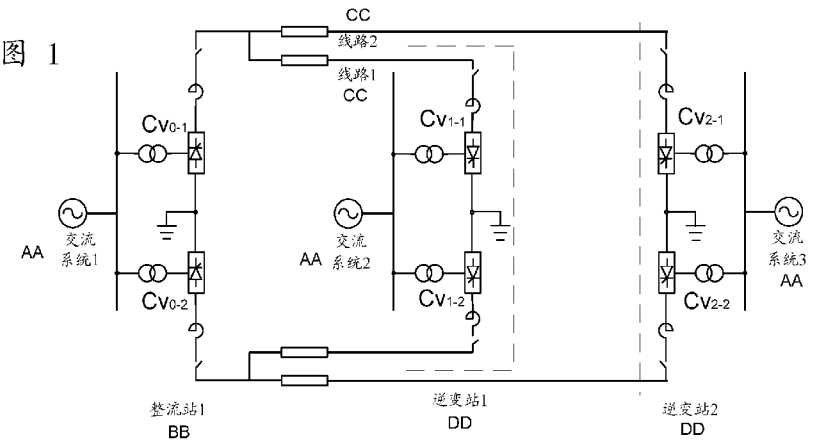
(71) 申请人: 许继集团有限公司 (XJ GROUP CORPORATION) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 许继电气股份有限公司(XJ ELECTRIC CO., LTD) [CN/CN]; 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街86号, Beijing 100031 (CN)。

(72) 发明人: 康建爽(KANG, Jianshuang); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 曹森(CAO, Sen); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 孙巍峰(SUN, Weifeng); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 冯广涛(FENG, Guangtao); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 王亚涛(WANG, Yatao); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 刘威鹏(LIU, Weipeng); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。 李楠(LI, Nan); 中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。

(54) **Title:** METHOD FOR TAKING CONVERTER OF MULTI-TERMINAL HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT ELECTRIC POWER TRANSMISSION SYSTEM INTO ON-LINE OPERATION

(54) **发明名称**: 多端高压直流输电系统换流器在线投入方法

图 1



AA Alternating current system
BB Rectifier station
CC Line
DD Inverter station

(57) **Abstract:** A method for taking a converter of a multi-terminal high voltage direct current electric power transmission system into on-line operation comprises: taking a converter at one terminal of an inverter side into operation in a constant voltage control mode; and taking converters at other terminals of the inverter side into operation in a control mode. The invention realizes stable on-line incorporation of a converter without interfering stable operation of other converters.

(57) **摘要**: 一种多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，包括：通过对逆变侧的一端换流器采用定电压控制模式投入运行、对逆变侧的其它端换流器采用控制模式投入运行，实现换流器的稳定在线并入，并且不会干扰其它换流器的稳定运行。

WO 2018/068435 A1

[见续页]

王柏恒(WANG, Baiheng)；中国河南省许昌市许继大道1298号, Henan 461000 (CN)。

(74) 代理人：北京派特恩知识产权代理有限公司(CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)；中国北京市海淀区海淀南路21号中关村知识产权大厦B座2层, Beijing 100080 (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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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, 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, 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, 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)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

多端高压直流输电系统换流器在线投入方法

技术领域

本发明涉及直流输电技术领域，涉及一种多端高压直流输电系统换流器在线投入方法。

背景技术

特高压直流输电技术领域中，并联拓扑结构的换流器具有增加送电能力、增强直流输电可靠性和直流输电灵活性等特点，且整个系统绝缘配合方便，运行经济性高。具体地，针对我国西部高海拔地区，如西藏、青海等，受海拔因素影响，可以通过并联换流器代替升高直流电压等级的方式提升直流输送容量；或者针对某个换流器的故障，可以方便退出该故障换流器，且不会中断直流功率的传输；或者针对若某个换流器出现电流限制时，可以通过提高并联侧另一换流器通过的电流，保持整个直流传输容量不变。

现有技术中的双端直流输电系统，在正常运行过程中，整流侧通常采用定电流控制模式，确保直流输送功率恒定；逆变侧采用定熄弧角控制模式或定直流电压控制模式，确保整流侧直流母线电压稳定在预设区间或预定值。

对于多端直流输电系统，要求整流侧换流器采用定电流控制模式，逆变侧的换流器至少一个为定电压控制模式投入，在投入时，如果多个换流器都采用定电压控制模式投入，会对其他正在运行中的换流器造成干扰，导致换相失败、触发角大幅波动、直流电压波动等问题。

发明内容

为克服上述缺陷，本发明实施例期望提供一种多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，用于解决现有技术中在逆变侧以定电压控制模式投入多个换流器对正在运行换流器造成干扰的问题。

为实现上述目的，本发明实施例的技术方案是这样实现的：

一方面，本发明实施例提出一种多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，包括以下步骤：

控制整流侧的换流器运行于定电流控制模式，检测直流输电系统的工作状态；当直流输电系统处于送电运行状态时，控制需投入的逆变侧的换流器均以定电流控制模式投入。

作为一种实施方式，当直流输电系统处于热备用状态，且当逆变侧只投入一个换流器时，控制该换流器以定电压控制模式投入；当直流输电系统处于热备用状态，且当逆变侧投入多个换流器时，控制其中一个以定电压控制模式投入，其他换流器以定电流控制模式投入。

作为一种实施方式，所述的多端高压直流输电系统包括两个或两个以上的站级直流输电系统，每个站级直流输电系统可以运行于整流模式，亦可运行于逆变模式。

其中，每个站级直流输电系统由整流站的一个换流器、每个逆变站中的一个逆变器组成。

其中，所述站级直流输电系统是指单端直流输电系统。

作为一种实施方式，对于站级直流输电系统中整流模式运行的换流器运行特性曲线，分为最小触发角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段三段设计；其中，最小触发角控制段用于解决当交流系统电压异常下跌，整流侧失去定电流控制权后，将整流侧维持在最小触发角运行状态；定直流电流控制段为整流侧换流器正常工作段，稳定送端换流器出口直流

母线出口电流；低压限流控制段用于自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

作为一种实施方式，对于站级直流输电系统中逆变模式运行以定电压控制模式投入的换流器运行特性曲线，分为定直流电压控制段、定熄弧角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段四段设计；其中，正常情况下，所述换流器运行在定直流电流控制段；定直流电压控制段为防止所述换流器正常运行情况下进入定直流电压控制段，夺取逆变侧其他换流器直流电压控制权，特将其电压裕度设定值抬高；定熄弧角控制段作为限制段，用于防止逆变侧运行熄弧角过小，发生换向失败；低压限流控制段用来自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

作为一种实施方式，对于站级直流输电系统中逆变模式运行的以定电流控制模式投入的所述换流器 运行特性曲线，分为定直流电压控制段、定熄弧角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段四段设计；其中，正常情况下，所述换流器运行在定直流电压控制段；定熄弧角控制段作为限制段，用于防止逆变侧运行熄弧角过小，发生换相失败；定直流电流控制段为防止所述换流器正常运行情况下进入定直流电流控制段，设定电流裕度，所述换流器的电流参考值为整流侧换流器电流参考值减去逆变侧其他换流器电流参考值，再减去预定电流裕度值；低压限流控制段用于自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

本发明实施例提出的多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，对逆变侧并联两个或两个以上换流器的高压直流输电系统，在直流输电系统送电运行过程中，通过对逆变侧换流器采用定电流控制模式的协调控制，实现换流器的稳定在线并入，并且不会干扰其它换流器的稳定运行，避免换向失败、触发角大幅波动、直流电压波动等情况的发生。同时，本发明实施例提供的技术方案，能够实现对换流器输送功率的精确控制，便于调

度等部门灵活控制换流器的输送功率，并且对并联多端直流输电系统实际控制策略的设计具有实际指导意义。

附图说明

图 1 是本发明实施例提供的典型三端并联直流输电系统;

图 2 是本发明实施例提供的典型多端并联直流输电系统;

图 3 是本发明实施例提供的典型三端并联直流输电系统换流器控制特性曲线;

图 4 是本发明实施例提供的换流器在线投入实现内环控制的逻辑框图;

图 5 是本发明实施例提供的典型三端并联多端系统同时解锁启动录波的波形图;

图 6 是本发明实施例提供的典型三端并联多端系统逆变侧换流器在线投入后的录波的波形图。

具体实施方式

应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。下面结合附图与具体实施方式对本发明做进一步详细描述。

下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

图 1 所示为一典型的三端并联直流输电系统，该直流输电系统为一送二模式设计，即包含一个整流站、逆变站 1 和逆变站 2，且三个换流站采用并联方式连接在同一直流母线上，逆变站 1 设有第一换流器和第二换流器，逆变站 2 设有第三换流器和第四换流器。

上述的三端并联直流输电系统为双极运行方式，如图 1 所示，它相当于两组单极运行方式组成的一个双极运行方式的直流输电系统，其中，第一组为整流站换流器 Cv0-1、逆变站 1 换流器 Cv1-1 和逆变站 2 换流器 Cv2-1 组成的单极直流输电系统，第二组为整流站换流器 Cv0-2、逆变站 1 换流器

Cv1-2 和逆变站 2 换流器 Cv2-2 组成的单极直流输电系统。以第一组单极直流输电系统为例，首先，控制整流站换流器 Cv0-1 运行于定电流控制模式，保证直流输送的功率恒定，然后检测直流输电系统的工作状态。

在换流器投入前，根据直流输电系统的工作状态——热备用状态或送电运行状态，选择相应的控制策略投入逆变侧换流器。当直流输电系统处于送电运行状态时，即逆变站 1 换流器 Cv1-1 已经运行在定直流电压模式，再投入换流器 Cv2-1 时，只需控制换流器 Cv2-1 以定电流控制模式投入运行，即可实现换流器的稳定在线并入，并且不会干扰其它换流器的稳定运行。

当直流输电系统处于热备用状态时，若逆变侧只需投入一个换流器，比如逆变站 1 换流器 Cv1-1，选择正常解锁方式投入该换流器，即控制换流器 Cv1-1 以定电压控制模式投入运行。若需要同时在逆变侧投入多个换流器，控制其中一个逆变侧换流器运行于定电压控制模式，其他逆变侧换流器运行于定电流控制模式。比如，投入逆变站 1 换流器 Cv1-1 和逆变站 2 换流器 Cv2-1，控制其中一个换流器逆变站 1 换流器 Cv1-1 运行在定电流控制模式，控制逆变站 2 换流器 Cv2-1 运行在定电压控制模式。

图 3 所示的是以上述三端双极直流输电系统的第一组单极直流输电系统且直流输电系统处于热备用状态下投入多个换流器的运行特性曲线情况，即逆变侧投入逆变站 1 换流器 Cv1-1 和逆变站 2 换流器 Cv2-1 的情况。整流站 1 特性曲线对应图 1 所示的整流侧换流器运行特性曲线。整流侧换流器运行特性曲线设计，将其特性曲线分为三段设计，分别对应最小触发角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段。最小触发角控制段主要用于解决当交流系统电压异常下跌，整流侧失去定电流控制权后，将整流侧维持在最小触发角运行状态，一般维持在 5°；定直流电流控制段为整流侧换流器正常工作段，稳定送端换流器出口直流母线出口电流；低压限流

控制段主要应用于受交流系统异常等原因的直流电压下跌，自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

逆变站 1 换流器 Cv1-1 的特性曲线如图 3 所示，其运行特性曲线分四段设计，即定直流电压控制段、定熄弧角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段。正常情况下，换流器 Cv1-1 运行在定直流电流控制段；为防止换流器 Cv1-1 正常运行情况下进入定直流电压控制段，夺取逆变侧换流器 Cv2-1 直流电压控制权，特将其电压裕度设定值抬高；定熄弧角控制段主要用于防止逆变侧运行熄弧角过小，发生换向失败，该控制段属于限制段；低压限流控制段用来防止如交流电压下跌等异常工况下引起直流电压下跌，自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

逆变站 2 换流器 Cv2-1 的特性曲线如图所示，其运行特性曲线分四段设计，即定直流电压控制段、定熄弧角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段。正常情况下，换流器 Cv2-1 运行在定直流电压控制段；定熄弧角控制段作为限制段，用于防止逆变侧运行熄弧角过小，发生换相失败；为防止逆变侧换流器 Cv2-1 正常运行情况下进入定直流电流控制段，特设定电流裕度，即图 3 中逆变侧换流器 Cv2-1 的电流参考值为整流侧换流器电流参考值 Idref1 减去逆变侧换流器 Cv1-1 电流参考值 Idref2，再减去预定电流裕度值（通常设定为 10%）；低压限流控制段用来防止如交流电压下跌等异常工况下引起直流电压下跌，自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

图 4 所示为换流器在线投入实现内环控制的逻辑框图，具体内环控制策略可参考所述逻辑框图理解。如图 4 所示，熄弧角偏差、电流偏差、电压偏差通过比较器比较选择，依据运行工况（整流运行或逆变运行）选取对于偏差进入 PI 比例-积分控制器进行偏差计算，将计算后结果通过反余弦变化转换为对应触发角，进行换流器触发控制，实现预定控制目标。

图 5 所示为三端并联直流输电系统同时解锁启动录波的波形图，图中：MUDHA11（Sangtuda）表示整流站直流电压，A11IDact（Sangtuda）表示整流站直流电流，A11firACT（Sangtuda）表示整流站触发角，B11IDact（Peshawa）表示逆变站 1 直流电流，B11firACT（Peshawa）表示逆变站 1 触发角，B12IDact（Kabul）表示逆变站 2 直流电流，B12firACT（Kabul）表示逆变站 2 触发角，B11UctlINV 表示逆变站 1 定电压控制，B12curCtl 表示逆变站 2 定电流控制。

如图 5 所示，逆变站 1 换流器 Cv1-1 运行在定直流电流控制模式，直流电流稳定在 60A，逆变站 2 换流器 Cv2-1 运行在定直流电压控制模式，整流站直流出口母线电压维持在 495.5KV，整流站换流器运行在定直流电流控制模式，其直流母线出口电流维持在 130A。附图 6 所示为逆变侧换流器 Cv1-1 在线投入运行后的录波的波形图，如图 6 所示，逆变侧换流器 Cv1-1 投入运行后，其定直流电流控制器将其电流稳定在 60A，整流侧换流器运行在定直流电流控制模式，维持其直流出口母线电流不变，逆变侧换流器 Cv2-1 运行在定直流电压控制模式，维持直流电流平衡，流入其换流器的电流自动减小。

以上实施例是三端高压直流系统双极的第一组单极直流输电系统投入换流器的控制情况，其第二组单极直流输电系统投入换流器的方法与上述实施例类似，即双极系统的单极系统可以独立实施上述方法，也就是各逆变站的两个换流器实现独立控制。上述高压直流系统的双极运行实际上相当于两个单极运行模式组成的双极运行模式，本实施例中正是将双极运行模式拆分成两个单极运行模式，按照单极运行模式对换流器投入方法进行讨论的，因此，本发明所述的换流器在线投入方法同样适用于单极运行的高压直流输电系统，具体实现方法与上述实施例中拆分的单极运行模式相同。

以上实施例是三端高压直流输电系统换流器在线投入的情况，本发明所述的多端高压直流输电系统换流器的在线投入还包括两端及三端以上的情况，如图 2 所示，具体方法同上述实施例类似。

本发明实施例所述技术方案针对多端柔性直流输电系统中难点之一即逆变侧换流器在线投入展开设计研究。通过不同换流器间控制器的相互配合，实现逆变侧换流器在线投入运行，并且在投入暂态过程以及稳态运行过程中，不对已经运行换流站的稳定运行产生影响。

本发明实施例所述技术方案，对逆变侧并联两个或两个以上换流器的高压直流输电系统，在直流输电系统送电运行过程中，通过对逆变侧换流器采用定电流控制模式的协调控制，实现换流器的稳定在线并入，并且不会干扰其它换流器的稳定运行，避免换向失败、触发角大幅波动、直流电压波动等情况的发生。同时，本发明实施例提供的技术方案，能够实现对换流器输送功率的精确控制，便于调度等部门灵活控制换流器的输送功率，并且对并联多端直流输电系统实际控制策略的设计具有实际指导意义。

需要说明的是，在本文中，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者装置不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者装置所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括该要素的过程、方法、物品或者装置中还存在另外的相同要素。

上述本发明实施例序号仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。

通过以上的实施方式的描述，本领域的技术人员可以清楚地了解到上述实施例方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现，当然也可以通过硬件，但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解，本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品

的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质（如ROM/RAM、磁碟、光盘）中，包括若干指令用以使得一台终端设备（可以是手机，计算机，服务器，空调器，或者网络设备等）执行本发明各个实施例所描述的方法。

以上仅为本发明的优选实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

工业实用性

本发明实施例中，通过对逆变侧的一端换流器采用定电压控制模式投入运行、对逆变侧的其它端换流器采用定电流控制模式投入运行，实现换流器的稳定在线并入，并且不会干扰其它换流器的稳定运行。

权利要求书

1、一种多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，所述方法包括：

控制整流侧的换流器运行于定电流控制模式，检测直流输电系统的工作状态；当直流输电系统处于送电运行状态时，控制需投入的逆变侧的换流器均以定电流控制模式投入。

2、根据权利要求1所述的多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，其中，当直流输电系统处于热备用状态，且当逆变侧只投入一个换流器时，控制该换流器以定电压控制模式投入；当直流输电系统处于热备用状态，且当逆变侧投入多个换流器时，控制其中一个以定电压控制模式投入，其他换流器以定电流控制模式投入。

3、根据权利要求2所述的多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，其中，所述的多端高压直流输电系统包括两个或两个以上的站级直流输电系统，每个站级直流输电系统由整流站的一个换流器、每个逆变站中的一个逆变器组成。

4、根据权利要求3所述的多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，其中，对于站级直流输电系统中整流站的换流器运行特性曲线，分为最小触发角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段三段设计；其中，最小触发角控制段用于解决当交流系统电压异常下跌，整流侧失去定电流控制权后，将整流侧维持在最小触发角运行状态；定直流电流控制段为整流侧换流器正常工作段，稳定送端换流器出口直流母线出口电流；低压限流控制段用于自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

5、根据权利要求3所述的多端高压直流输电系统换流器在线投入方法，其中，对于站级直流输电系统中逆变站以定电压控制模式投入的换流器运行特性曲线，分为定直流电压控制段、定熄弧角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段四段设计；其中，正常情况下，所述换流器运行在定

直流电流控制段；定直流电压控制段为防止所述换流器正常运行情况下进入定直流电压控制段，夺取逆变侧其他换流器直流电压控制权，特将其电压裕度设定值抬高；定熄弧角控制段作为限制段，用于防止逆变侧运行熄弧角过小，发生换向失败；低压限流控制段用来自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

6、根据权利要求 3 所述的多端高压直流输电系统所述换流器在线投入方法，其中，对于站级直流输电系统中逆变站的以定电流控制模式投入的所述换流器 运行特性曲线，分为定直流电压控制段、定熄弧角控制段、定直流电流控制段、低压限流控制段四段设计；其中，正常情况下，所述换流器运行在定直流电压控制段；定熄弧角控制段作为限制段，用于防止逆变侧运行熄弧角过小，发生换相失败；定直流电流控制段为防止所述换流器正常运行情况下进入定直流电流控制段，设定电流裕度，所述换流器的电流参考值为整流侧换流器电流参考值减去逆变侧其他换流器电流参考值，再减去预定电流裕度值；低压限流控制段用于自动限制直流电流参考值，达到快速恢复直流输电系统稳定。

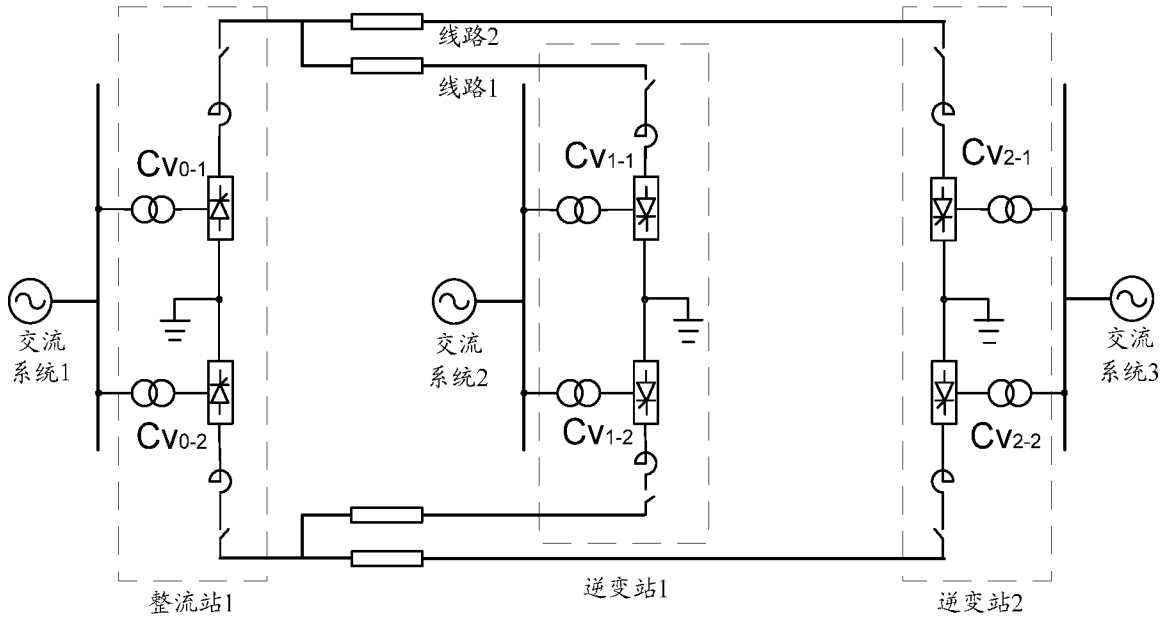

线路2
线路1
Cv0-1
Cv0-2
Cv1-1
Cv1-2
Cv2-1
Cv2-2
交流
系统1
交流
系统2
交流
系统3
整流站1
逆变站1
逆变站2

图 1

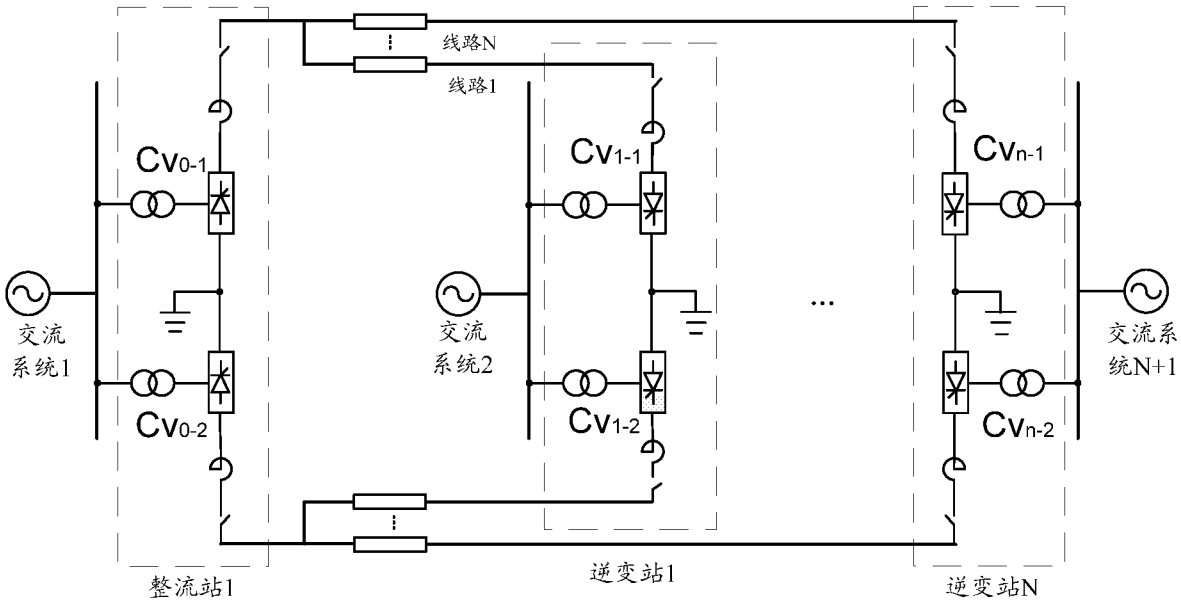

线路N
线路1
Cv0-1
Cv0-2
Cv1-1
Cv1-2
Cvn-1
Cvn-2
...
交流
系统1
交流
系统2
交流系
统N+1
整流站1
逆变站1
逆变站N

图 2

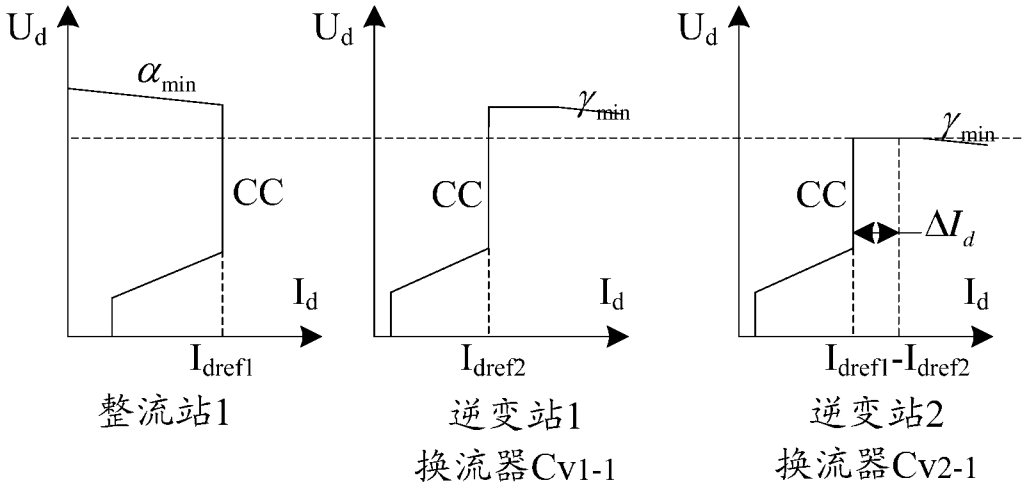

Ud
αmin
CC
Id
Idref1
整流站1
Ud
γmin
CC
Id
Idref2
逆变站1
换流器CV1-1
Ud
γmin
CC
ΔId
Id
Idref1-Idref2
逆变站2
换流器CV2-1

图 3

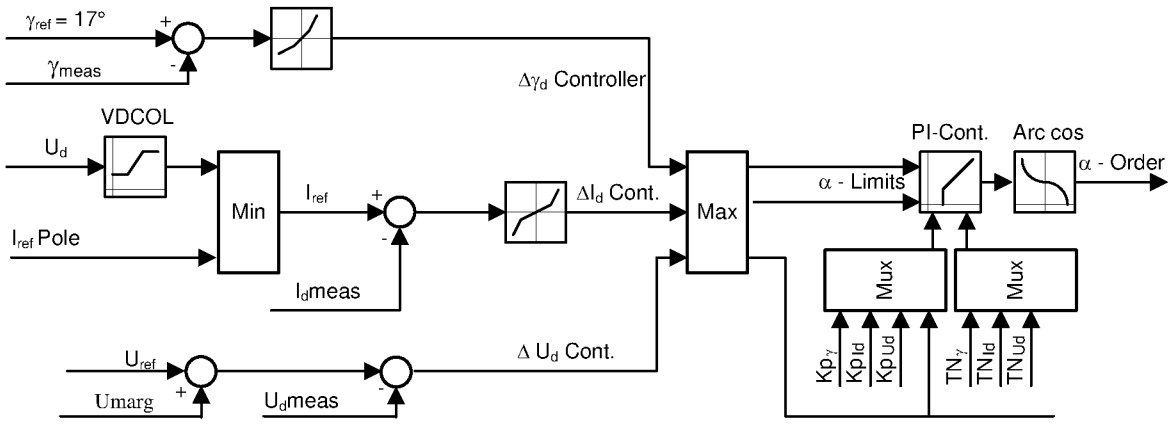

γref = 17°
γmeas
ΔγdController
VDCOL
Ud
Min
Iref
ΔId Cont.
Max
α - Limits
PI-Cont.
Arc cos
α - Order
Iref Pole
Idmeas
Mux
Mux
Kpγ
KpId
KpUd
TNγ
TNId
TNUd
Uref
Umarg
Udmeas
Δ Ud Cont.

图 4

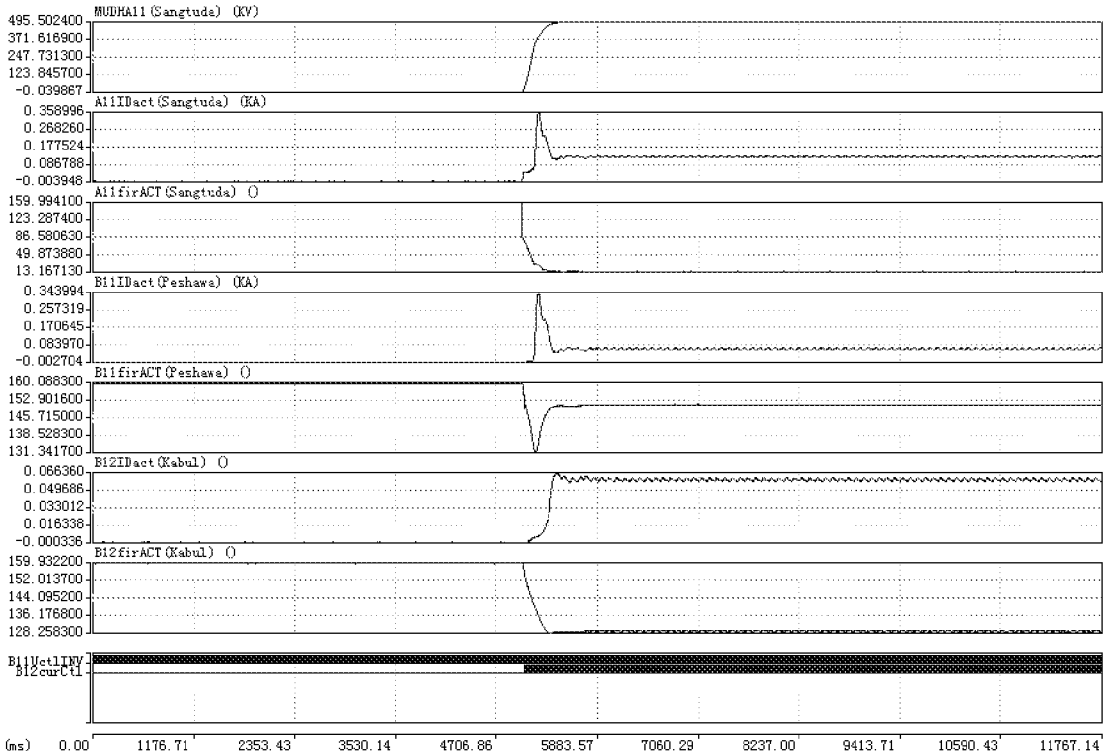

MUDHA11(Sangtuda) (KV)
495.502400
371.616900
247.731300
123.845700
-0.039867
A11IDact(Sangtuda) (KA)
0.358996
0.268260
0.177524
0.086788
-0.003948
A11firACT(Sangtuda) ()
159.994100
123.287400
86.580630
49.873880
13.167130
B11IDact(Peshawa) (KA)
0.343994
0.257319
0.170645
0.083970
-0.002704
B11firACT(Peshawa) ()
160.088300
152.901600
145.715000
138.528300
131.341700
B12IDact(Kabul) ()
0.066360
0.049686
0.033012
0.016338
-0.000336
B12firACT(Kabul) ()
159.932200
152.013700
144.095200
136.176800
128.258300
B11VctlINV
B12curtl1
(ms) 0.00 1176.71 2353.43 3530.14 4706.86 5883.57 7060.29 8237.00 9413.71 10590.43 11767.14

图 5

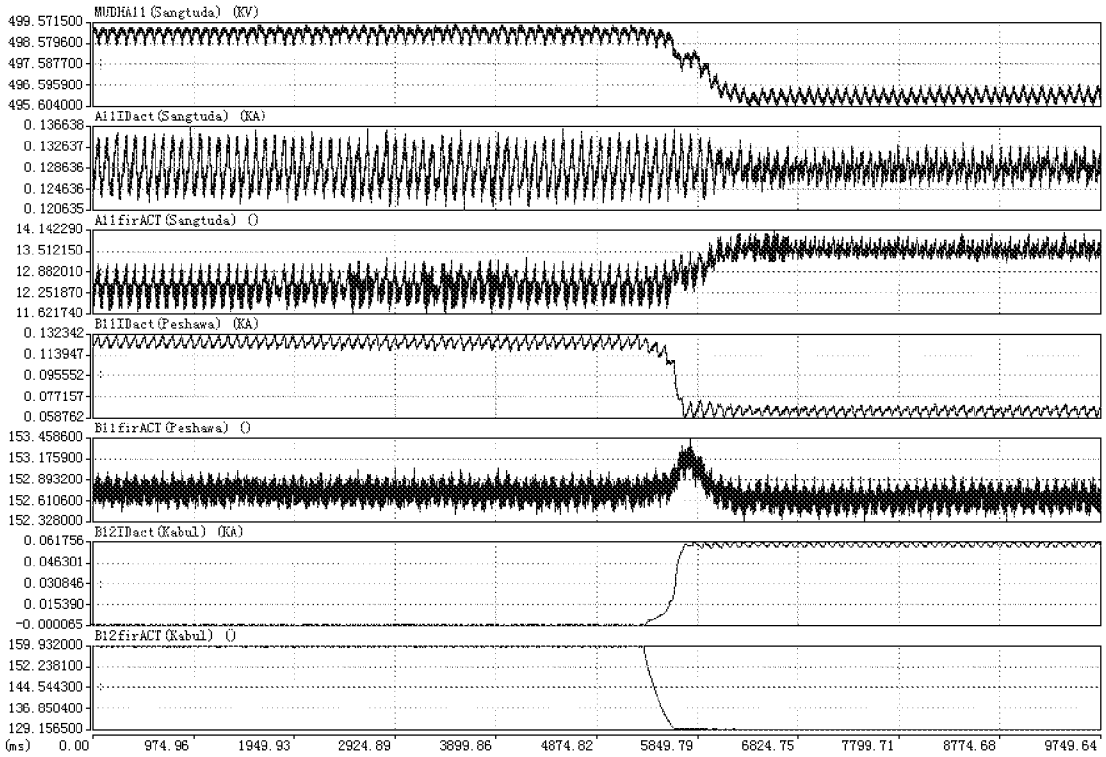

MUDHA11(Sangtuda) (KV)
499.571500
498.579600
497.587700
496.595900
495.604000
A11IDact(Sangtuda) (KA)
0.136638
0.132637
0.128636
0.124636
0.120635
A11firACT(Sangtuda) ()
14.142290
13.512150
12.882010
12.251870
11.621740
B11IDact(Peshawa) (KA)
0.132342
0.113947
0.095552
0.077157
0.058762
B11firACT(Peshawa) ()
153.458600
153.175900
152.893200
152.610600
152.328000
B12IDact(Kabul) (KA)
0.061756
0.046301
0.030846
0.015390
-0.000065
B12firACT(Kabul) ()
159.932000
152.238100
144.544300
136.850400
129.156500
(ms) 0.00 974.96 1949.93 2924.89 3899.86 4874.82 5849.79 6824.75 7799.71 8774.68 9749.64

图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/070992

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, DWPI, SIPOABS, CNKI, IEEE: 直流, 输电, 电力传输, 电压, 电流, 定, 不变, 逆变, HVDC, transmission, voltage, current, constant, fixed, inverter

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	李林等, "多换流器并联特高压直流系统控制策略及仿真", 电力系统自动化, 25 December 2015 (25.12.2015), 39(24), ISSN: 1000-1026, pages 81-83, (LI, Lin et al., Simulation of Control Strategy for Multi-convertor Parallelled HVDC Transmission System, Automation of Electric Power Systems)	1-6
X	CN 105896585 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, CHINA SOUTHERN POWER GRID et al.), 24 August 2016 (24.08.2016), description, paragraphs 0037-0057, and figures 1-10	1-6
A	CN 101647188 A (ABB TECHNOLOGY LTD.), 10 February 2010 (10.02.2010), entire document	1-6
A	CN 103311945 A (NARI-RELAYS ELECTRIC CO., LTD. et al.), 18 September 2013 (18.09.2013), entire document	1-6
A	JP 2000253582 A (HITACHI LTD. et al.), 14 September 2000 (14.09.2000), entire document	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"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

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 April 2017	02 May 2017
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 SONG, Xuemei Telephone No. (86-10) 62411797

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/070992

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105896585 A	24 August 2016	None	
CN 101647188 A	10 February 2010	EP 2122819 A1	25 November 2009
		CN 101647188 B	28 November 2012
		WO 2008110211 A1	18 September 2008
		AT 507606 T	15 May 2011
		US 8203856 B2	19 June 2012
		DE 602007014260 D1	09 June 2011
		US 2010091528 A1	15 April 2010
		EP 2122819 B1	27 April 2011
		IN 200905399 P4	25 December 2009
CN 103311945 A	18 September 2013	CN 103311945 B	11 March 2015
JP 2000253582 A	14 September 2000	JP 3700018 B2	28 September 2005

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/070992

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, DWPI, SIPOABS, CNKI, IEEE:直流，输电，电力传输，电压，电流，定，不变，逆变，HVDC, transmission, voltage, current, constant, fixed, inverter

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
X	李林等. "多换流器并联特高压直流系统控制策略及仿真" 电力系统自动化, 第39卷，第24期，2015年 12月 25日 (2015 - 12 - 25), ISSN：1000-1026, 第81-83页	1-6
X	CN 105896585 A (南方电网科学研究院有限责任公司等) 2016年 8月 24日 (2016 - 08 - 24) 说明书第0037-0057段，图1-10	1-6
A	CN 101647188 A (ABB技术有限公司) 2010年 2月 10日 (2010 - 02 - 10) 全文	1-6
A	CN 103311945 A (南京南瑞继保电气有限公司等) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 全文	1-6
A	JP 2000253582 A (HITACHI LTD等) 2000年 9月 14日 (2000 - 09 - 14) 全文	1-6

☐ 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
2017年 4月 5日	2017年 5月 2日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	宋雪梅
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62411797

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/070992

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	105896585	A	2016年 8月 24日	无			
CN	101647188	A	2010年 2月 10日	EP	2122819	A1	2009年 11月 25日
				CN	101647188	B	2012年 11月 28日
				WO	2008110211	A1	2008年 9月 18日
				AT	507606	T	2011年 5月 15日
				US	8203856	B2	2012年 6月 19日
				DE	602007014260	D1	2011年 6月 9日
				US	2010091528	A1	2010年 4月 15日
				EP	2122819	B1	2011年 4月 27日
				IN	200905399	P4	2009年 12月 25日
CN	103311945	A	2013年 9月 18日	CN	103311945	B	2015年 3月 11日
JP	2000253582	A	2000年 9月 14日	JP	3700018	B2	2005年 9月 28日