

(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 8 月 7 日 (07.08.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/117613 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01H 33/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/090613
- (22) 国际申请日: 2013 年 12 月 27 日 (27.12.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310037475.3 2013 年 1 月 31 日 (31.01.2013) 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: 曹冬明 (CAO, Dongming); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 方太勋 (FANG, Taixun); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 王宇 (WANG, Yu); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 杨浩 (YANG, Hao); 中国江苏

省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 杨兵 (YANG, Bing); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 石巍 (SHI, Wei); 中国江苏省南京市江宁区苏源大道 69 号, Jiangsu 211102 (CN)。 吕玮 (LU, Wei); 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, 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。

[见续页]

(54) Title: APPARATUS FOR BREAKING LINE BIDIRECTIONAL CURRENT AND CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种使线路双向电流分断的装置及其控制方法

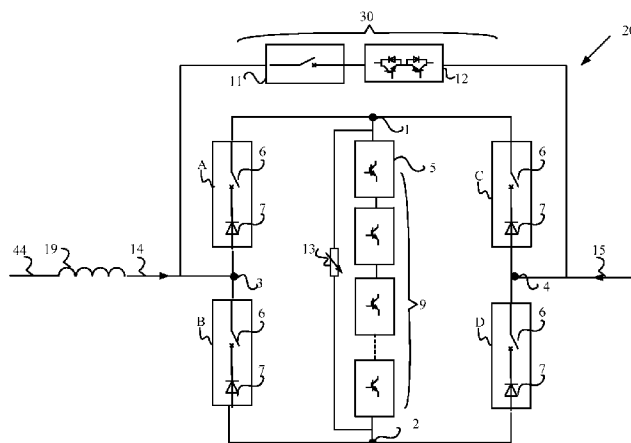


图 1 /Fig.1

(57) Abstract: An apparatus for breaking a line bidirectional current and a control method therefor. The apparatus comprises a breaking current branch circuit (9) and an on-state current branch circuit (30), wherein the breaking current branch circuit (9) comprises one nonlinear resistor (13) being connected in parallel to one first power semiconductor device (5), or one nonlinear resistor (13) being connected in parallel to at least two first power semiconductor devices (5) mutually connected in series; and the on-state current branch circuit (30) comprises at least one bidirectional power semiconductor switch (12) being connected in series to at least one high-speed isolation switch (11). The apparatus also comprises a bridge-type branch circuit, wherein the bridge-type branch circuit comprises two bridge arms constituted by four identical current commutation branch circuits. The apparatus can break a bidirectional current.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2014/117613 A1



(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, 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))。

一种使线路双向电流分断的装置及其控制方法, 所述装置包括分断电流支路(9)和通态电流支路(30), 分断电流支路(9)包括一个非线性电阻(13)与一个第一功率半导体器件(5)的并联连接, 或一个非线性电阻(13)与至少两个相互串联的第一功率半导体器件(5)并联连接, 通态电流支路(30)包括至少一个双向功率半导体开关(12)和至少一个高速隔离开关(11)的串联连接, 所述装置还包括桥式支路, 桥式支路包括由 4 条完全相同的电流换向支路构成的两条桥臂, 该装置能够断开双向电流。

一种使线路双向电流分断的装置及其控制方法

技术领域

本发明涉及使流经线路的双向电流分断的装置，以及该装置的控制方法。

背景技术

在多端直流输电系统中，高压直流断路器是至关重要的设备之一。多端高压直流输电系统由于电压等级高、线路阻抗小，一旦发生线路短路故障，将很快影响到直流输电网络和交流网络，必须迅速切除故障。因此，高压直流断路器需要动作速度快，能够最大限度的减小故障持续时间或抑制故障电流，减小故障对交/直流输电网络的冲击。由于高压直流断路器串联于输电线路，除要求断路器有较高的开断电路的速度，还要求断路器有尽量小的损耗。高压直流输电线路中潮流方向不确定，电流可能存在两个方向，因此一般要求断路器能够分断两个方向的直流电流。

中国专利申请 CN 102780200 A 采用传统高压直流断路器分断直流电流，传统高压直流断路器结构由三部分构成：交流断路器、LC 振荡回路和耗能元件。交流断路器分开后产生电弧，电弧电压与 LC 振荡回路发生谐振，当振荡电流峰值达到直流电流幅值时可完全抵消直流电流，使断路器端口出现过零点，促使电弧熄灭，实现关断直流电流的目的。这种分断方式可以分断两个方向的电流，且正常工作时损耗很小。但是，传统高压直流断路器灭弧时间较长，约几十毫秒，无法满足快速隔离多端直流输电系统故障的需求。

在欧洲专利 EP 0867998 B1 中提出了基于半导体器件的固态断路器结构，由可关断半导体器件组和耗能元件构成。可关断半导体器件组由很多个低压可关断半导体元件串联组成，由于可关断半导体器件的分断速度很快，为微秒级，该方式可以快速的关断直流故障电流。但是，由于半导体器件组的通态压降大，增加了输电损耗、降低了输电效率。

为满足快速隔离直流故障电流并且保持较高的输电效率，中国专利申请 CN 102687221A 公开了一种使输电线路或配电线路的电流断路的装置和方法以及限流布置。包括主断路器、高速开关、辅助断路器和非线性电阻耗能元件。正常工作模式下，线路电流流过辅助回路，通态损耗小；故障模式下，电流换至主断路器，最终由耗能元件吸收分断能力。

该高压直流断路装置关断故障电流后主断路器承受数百 kV 电压，仅在一个电流方向

上功率半导体器件串联数目就已达到数百只。由于功率半导体器件只能单方向导通，为了实现在两个电流方向上都能够关断故障电流，该高压直流断路装置中的主断路器基本串联单元采用了两个功率半导体器件反串联或反并联结构，主断路器的功率半导体器件数量增加了一倍，在第一电流方向分断时，第二电流方向的功率半导体器件对分断电流或承受电压没有有益作用，相当于主断路器功率半导体器件的利用率只有 50%。由于功率半导体器件的成本在该装置总成本中占有很大的比例，因此为了实现双向电流的分断功能，大大增加了装置的成本。

主断路器中第二电流方向的功率半导体器件的增加不但不会产生有益作用，第二电流方向的功率半导体器件反而会受到在第一电流方向关断时产生的过压和过流的不利影响。如果第二电流方向的功率半导体器件与第一电流方向的功率半导体器件采用反向并联的方式连接，在第一电流方向关断时的过电压将施加在第二电流方向的功率半导体器件上，该电压对于第二电流方向的功率半导体器件来说是反向电压，会对器件造成损伤；如果采用第二电流方向的带反并联二极管的功率半导体器件与第一电流方向的带反并联二极管的功率半导体器件采用反向串联的方式连接，在第一电流方向关断过程中产生的很高的突变电流将流过第二电流方向的功率半导体器件中的续流二极管，会对器件的寿命造成不利影响。

增加的第二电流方向的功率半导体器件也会对主断路器的结构设计及电气设计造成不利的影响，第一电流方向的功率半导体器件的布置方向是一致的，使得电气设计及结构设计具有一致性。第二电流方向的功率半导体器件的增加破坏了原有布置方向的一致性，导致对器件布局、安装及布线的难度增加。

发明内容

本发明的目的是提出一种使线路双向电流分断的装置及其控制方法，在保证足够快的分断速度和低损耗的前提下，大大降低装置的成本，减小装置器件布局、安装及布线的难度。

为了达成上述目的，本发明采用的解决方案是：

一种使线路双向电流分断的装置，包括分断电流支路和通态电流支路；其中，分断电流支路包括一个非线性电阻和一个第一功率半导体器件的并联连接，或一个非线性电阻和至少两个相互串联的第一功率半导体器件的并联连接；通态电流支路包括至少一个双向功率半导体开关和至少一个第一高速隔离开关的串联连接；

所述装置还包括桥式支路，所述桥式支路包括由 4 条完全相同的换向支路所构成的两条桥臂，各换向支路均包括至少一个第二功率半导体器件的串联连接；所述 4 条换向支路两两一组同向串联，所形成的两条桥臂再进行并联；

所述装置的连接关系为以下 4 种中的任意一种：

a) 所述装置包括一条分断电流支路、一条通态电流支路和一个桥式支路，所述通态电流支路的两端分别连接桥式支路两桥臂的桥臂中点，所述两桥臂均与分断电流支路并联连接；

b) 所述装置包括至少两组分断电流支路、通态电流支路和桥式支路，每一组中，所述通态电流支路的两端分别连接桥式支路两桥臂的桥臂中点，所述两桥臂均与分断电流支路并联连接；且所有通态电流支路依次顺序串联连接；

c) 所述装置包括一条通态电流支路以及至少两组分断电流支路和桥式支路，每一组中的桥式支路两桥臂均与对应的分断电流支路并联连接，且各组中桥式支路桥臂中点依次顺序串联连接；所述通态电路支路的两端分别连接前述串联电路中首尾桥式支路端部的桥臂中点；

d) 所述装置包括一条通态电流支路、一个桥式支路和至少两条分断电流支路，所述各分断电路支路依次顺序串联连接后，再与桥式支路两桥臂并联连接，所述通态电路支路的两端分别连接桥式支路两桥臂的桥臂中点。

上述第一功率半导体器件具有开通关断电流能力。

上述第二功率半导体器件不具有开通关断电流能力。

上述双向功率半导体开关包括相互并联的第三、四功率半导体器件，且第三、四功率半导体器件的电流开关方向相反。

上述双向功率半导体开关包括两个功率半导体器件和两个二极管，其中，第五功率半导体器件与第一二极管并联，且二者电流开关方向相反；第六功率半导体器件与第二二极管并联，且二者电流开关方向相反；所述两个并联支路串联连接，且第五、六功率半导体器件的电流开关方向相反，第一、二二极管的电流开关方向相反。

上述换向支路还包括至少一个第二高速隔离开关，所述第二高速隔离开关与第二功率半导体器件相互串联。

一种使线路双向电流分断的装置的控制方法，定义所述装置中通态电流支路与桥式支路的两个连接点分别为装置的两端，所述装置以该两端串联连接到线路的电流通路；所述通态电流支路中的第一高速隔离开关与双向功率半导体开关闭合，桥式支路中的第

二功率半导体器件闭合，分断电流支路中的第一功率半导体器件闭合；所述控制方法包括如下步骤：

一如果接收到通态电流支路的断开信号，则断开通态电流支路的双向功率半导体开关，由此将电流变换到桥式支路和分断电流支路；

一此后，断开通态电流支路的第一高速隔离开关；

一此后，如果接收到分断电流支路的断开信号，则断开分断电流支路中的第一功率半导体器件，由此将电流变换到所述非线性电阻。

一种使线路双向电流分断的装置的控制方法，定义所述装置中通态电流支路与桥式支路的两个连接点分别为装置的两端，所述装置以该两端串联连接到线路的电流通路；所述通态电流支路中的第一高速隔离开关与双向功率半导体开关闭合，桥式支路中的第二功率半导体器件与第二高速隔离开关闭合，分断电流支路中的第一功率半导体器件闭合；所述控制方法包括如下步骤：

一如果接收到通态电流支路的断开信号，则断开通态电流支路的双向功率半导体开关，由此将电流变换到桥式支路和分断电流支路；

一此后，断开通态电流支路的第一高速隔离开关；确定与电流输入端所连接的桥臂上与该电流输入端直接或间接连接的阴极的第二功率半导体器件，断开该第二功率半导体器件所在换向支路的第二高速隔离开关；确定与电流输出端所连接的桥臂上与该电流输出端直接或间接连接的阳极的第二功率半导体器件，断开该第二功率半导体器件所在换向支路的第二高速隔离开关；

一此后，如果接收到分断电流支路的断开信号，则断开分断电流支路中的第一功率半导体器件，由此将电流变换到所述非线性电阻；

一将桥式支路中尚处于闭合状态的第二高速隔离开关断开，完成整个分断过程。

采用上述方案后，本发明具有以下特点：

(1) 通态损耗低：在线路正常工作时，线路电流流过由几乎零阻抗的高速隔离开关与导通压降很小的少量功率半导体器件组成的通态电流支路。电流换向支路与分断电流支路由于需要更高的导通压降，几乎没有电流流过，不需要为电流换向支路额外安装冷却系统。装置的总损耗很低；

(2) 与传统高压直流断路器相比分断速度较快，采用功率半导体器件作为分断电流执行单元，速度很快，通常功率半导体器件的分断速度仅需几十微秒，可以忽略不计，装置的总分断时间主要在于高速隔离开关的分断时间，目前，高速隔离开关的分断速度

可达 1—3ms, 可以预测, 装置的总分断时间在 3—5ms 左右, 比传统高压直流断路器的分断速度快的多。

(3) 仅较小的成本实现双向电流的分断: 本发明中的分断电流支路由同一个电流方向的功率开关器件串联组成, 通过电流换向支路使得线路中的双向电流流过分断电流支路为同一方向。当线路电流为第一电流方向时, 电流换向支路 (A, D) 与第一电流方向一致, 电流换向支路 (B, C) 中的功率半导体器件与第一电流方向相反, 处于反向截止状态。当线路电流为第二电流方向时, 电流换向支路 (B, C) 与第二电流方向一致, 电流换向支路 (A, D) 中的功率半导体器件与第二电流方向相反, 处于反向截止状态。由此可见, 当线路电流方向不同时, 流过分断电流支路的电流方向是一致的。电流换向支路可以有两种组成方式: 一种方式是采用少量的功率半导体器件与一个高速隔离开关串联, 高速隔离开关用于隔断较高的关断电压, 另一种方式是采用大量的功率半导体器件串联, 承受高关断电压。本发明优选第一种方案, 尤其对于电压很高的场合。电流换向支路一共包括少量的功率半导体器件和四组高速隔离开关, 功率半导体器件数量很少, 成本很低, 高速隔离开关只是无电流状态下分开, 无需灭弧, 仅起到隔断电压的作用, 成本较低。总体成本与专利 CN 102687221A 相比成本大大减小, 提高了装置中的功率半导体器件的利用效率, 同时避免了专利 CN 102687221A 实现双向功能的缺陷。

(4) 控制方法用于当电流达到极限值, 通过操作使得线路中投入一特定数量的非线性电阻达到改变线路阻抗, 起到限制故障电流上升的作用, 是对装置应用上的扩展, 具有装置的优点。

附图说明

- 图 1 是本发明使线路双向电流分断的装置图;
- 图 2 是第一电流方向与功率半导体器件的方向对应关系图;
- 图 3 是第二电流方向与功率半导体器件的方向对应关系图;
- 图 4 是电流换向支路的第一示例图;
- 图 5 是电流换向支路的第二示例图;
- 图 6 是本发明的另一实施例;
- 图 7 是本发明的再一实施例;
- 图 8 是本发明的又一实施例;
- 图 9 是本发明中双向功率半导体开关的第一实施例;

图 10 是本发明中双向功率半导体开关的第二实施例。

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。

如图 1 所示，本发明提供一种使线路双向电流分断的装置 20，包括分断电流支路 9 和通态电流支路 30，其中，分断电流支路 9 包括一个非线性电阻 13 与一个功率半导体器件 5 的并联连接，或一个非线性电阻 13 与至少两个相互串联的功率半导体器件 5 的并联连接，通态电流支路 30 包括至少一个双向功率半导体开关 12 和至少一个高速隔离开关 11 的串联连接，前述双向功率半导体开关 12、高速隔离开关 11 为至少两个时，其连接关系为相互串联。

所述装置还包括 4 条电流换向支路 A、B、C、D，其中，4 条换向支路的结构及组成器件类型、参数完全相同，各条换向支路均包括至少一个功率半导体器件 7 和至少一个高速隔离开关 6 的串联连接，前述功率半导体器件 7 为至少两个时，其连接关系是同向串联，所述高速隔离开关 6 为至少两个时，其连接关系为相互串联或间接串联。所述 4 条换向支路两个一组同向串联，所述两条串联支路再进行并联，在本实施例中，所述换向支路 A、B 同向串联，组成一条桥臂，换向支路 C、D 同向串联，组成另一条桥臂，前述两条桥臂再进行并联，所说的“同向串联”具体是针对功率半导体器件 7 而言。

所述装置的连接关系是：通态电流支路 30 的一端连接换向支路 A、B 构成的桥臂中点 3，且定义电流由外部进入该连接点的方向为第一电流方向 14，而通态电流支路 30 的另一端连接换向支路 C、D 构成的桥臂中点 4，定义电流由外部进入该连接点的方向为第二电流方向 15，两桥臂均与分断电流支路 9 并联连接；所述装置 20 的输入端还连接限流电抗器 19 的一端，形成串联连接，该限流电抗器 10 用以限制短路电流上升。

在本实施例中，分断电流支路 9 中的功率半导体器件 5 需要具有开通关断电流能力，可采用门极可关断器件 IGBT、IEGT、GTO 等；换向支路中的功率半导体器件 7 不需具有开通关断电流能力，可采用二极管。

所述换向支路 A、D 均包括至少一个高速隔离开关 6 和所述第一电流方向 14 的至少一个功率半导体器件 7 的串联连接，电流方向与功率半导体器件 7 的方向对应关系如图 2 所示；所述电流换向支路 B、C 均包括至少一个高速隔离开关 6 和所述第二电流方向 15 的至少一个功率半导体器件 7 的串联连接，电流方向与功率半导体器件 7 的方向对应关系如图 3 所示。采用这种布置方式是利用功率半导体器件具有单向导通的特性，使得线

路中的双向电流流过分断电流支路 9 为同一方向, 如图 1 中的节点 1 至节点 2。

所述 4 条换向支路均由高速隔离开关 6 和功率半导体器件 7 串联组成, 如图 4 所示。高速隔离开关 6 的主要作用是隔断电压。在分断电流支路 9 分断后, 会在节点 1 和节点 2 之间产生很高的分断电压, 该电压施加到换向支路, 高速隔离开关 6 可承受很高的分断电压, 使所述换向支路中的功率半导体器件 7 承受很小的分断电压即可, 需很少数量器件串联, 这种方式节省装置成本。

所述 4 条换向支路还可以采用如图 5 所示的方式进行替代, 作为一种可选方式, 换向支路也可以为至少一个功率半导体器件 7 组成的串联连接, 这种方式省掉了高速隔离开关, 但功率半导体器件 7 的串联连接需能够承受很高的电压, 需要很多数量器件串联。

其中所述换向支路中的功率半导体器件 7 可同方向并联, 以提高换向支路的承受电流能力。

装置 20 串联于线路 44 中, 通态电流支路 30 仅有少量功率半导体器件, 导通压降更小, 正常状态下, 线路电流流过通态电流支路 30, 产生的损耗很小。

所述的通态电流支路 30 由至少一个双向功率半导体开关 12 和高速隔离开关 11 组成, 其中双向功率半导体开关 12 包括第一电流方向 14 的功率半导体器件 5 和第二电流方向 15 的功率半导体器件 28 的并联连接, 如图 9 所示。

所述的双向功率半导体开关 12 还可以是另一种结构, 包括第一电流方向 14 的功率半导体器件 5 和第二电流方向 15 的二极管 26 的第一并联连接, 及第二电流方向 15 的功率半导体器件 25 和第一电流方向 14 的二极管 27 的第二并联连接, 第一并联连接与第二并联连接串联连接, 如图 10 所示。

所述装置 20 中的分断电流支路 9 中的功率半导体器件 5 布置方向始终与线路电流方向一致, 如图 2 和图 3 所示, 分断电流支路 9 中的电流方向为由节点 1 至节点 2。分断电流支路 9 相比通态电流支路 30 具有更高的电压阻塞能力, 分断电流支路 9 的主要作用是中断线路中的电流, 并能够承受较高的分断电压, 支路包括很多个功率半导体器件 5 的串联连接, 接到分断指令时, 同时分断功率半导体器件 5, 分断后会在节点 1 与节点 2 之间产生分断电压, 高电压使并联在支路两端的非线性电阻 13 阻抗发生变化, 最终电流被换至非线性电阻 13, 能量由非线性电阻 13 吸收。

分断电流支路 9 中的功率半导体器件 5 可同方向并联, 以提高支路的承受电流能力。

本发明还包括前述使线路双向电流分断的装置 20 的控制方法, 其中所述装置 20 串联连接到线路 44 的电流通路, 其中所述装置 20 中的通态电流支路 30 中的高速隔离开关

11 与双向功率半导体开关 12 闭合, 4 条换向支路 A、B、C、D 的高速隔离开关 6 和功率半导体器件 7 闭合, 分断电流支路 9 中的功率半导体器件 5 闭合, 所述方法包括下列步骤:

一如果接收到通态电流支路 30 的断开信号, 则断开通态电流支路 30 的双向功率半导体开关 12, 由此将电流变换到换向支路 A、B、C、D 和分断电流支路 9,

一此后, 判断线路 44 的电流方向, 如果为第一电流方向 14, 同时断开电流换向支路 B、C 的高速隔离开关 6 及通态电流支路 30 的高速隔离开关 11; 当为第一电流方向 14 时, 如图 2 所示, 电流换向支路 B、C 和通态电流支路 30 会承受分断电流支路 9 分断产生的高分断电压, 因此, 在分断电流支路 9 分断之前, 务必将电流换向支路 B、C 和通态电流支路 30 的高速隔离开关 11 分开, 以防止上述支路的功率半导体器件承受高分断电压而损坏; 而电流换向支路 A、D 与分断电流支路 9 是串联连接关系, 有分断电流流过, 但不会承受高分断电压, 应保持闭合状态。

如果为第二电流方向 15, 同时断开电流换向支路 A、D 的高速隔离开关 6 及通态电流支路 30 的高速隔离开关 11, 当为第二电流方向 14 时, 如图 3 所示, 电流换向支路 A、D 和通态电流支路 30 会承受分断电流支路 9 分断产生的高分断电压, 因此, 在分断电流支路 9 分断之前, 务必将电流换向支路 A、D 和通态电流支路 30 的高速隔离开关 11 分开, 以防止上述支路的功率半导体器件承受高分断电压而损坏; 而电流换向支路 B、C 与分断电流支路 9 是串联连接关系, 有分断电流流过, 但不会承受高分断电压, 应保持闭合状态。

一此后, 如果接收到分断电流支路 9 的断开信号, 则断开分断电流支路中的功率半导体器件 5, 由此将电流变换到所述非线性电阻 13。

一确认线路电流降为零时, 将电流换向支路 A、B、C、D 中处于闭合状态的高速隔离开关 6 断开, 完成整个分断过程。

本发明还有其它几种实施结构, 以下将做简要介绍。

如图 6 所示, 装置 40 包括相互串联连接且与线路 44 的电流通路串联连接的至少两个所述的装置 20, 其中所述装置 40 适合在所述电流通路中的电流超过电流极限时, 控制一定数量的所述至少两个装置 20, 使得通过所示至少两个装置 20 的通态电流支路 30 流过电流换向到非线性电阻 13。

如图 7 所示, 与线路 44 串联连接的装置 41 包括至少两个电流换向支路 A、B 和电流换向支路 C、D 与分断电流支路 9 的并联连接, 其中所述并联连接相互串联连接, 该串联

连接与通态电流支路 30 并联连接。所述电流通路中的电流超过电流极限时，操作通态电流支路 30 及一定数量的所述至少两个电流换向支路 A、B，电流换向支路 C、D 与分断电流支路 9 的并联连接，使得通过通态电流支路 30 的电流换向到所述至少两个并联连接中的非线性电阻 13。

如图 8 所示，与线路 44 串联连接的装置 42 包括至少两个分断电流支路 9 的串联连接，其中，分断电流支路 9 包括至少一个功率半导体器件 5 和非线性电阻 13 的并联连接，还包括至少一个双向功率半导体开关 12 和至少一个高速隔离开关 11 串联连接组成的通态电流支路 30；还包括电流换向支路 A、B、C、D，所述电流换向支路 A、B、C、D 均包括至少一个功率半导体器件 7 和至少一个高速隔离开关 6 的串联连接，通态电流支路 30 的一端连接至电流换向支路 A、B 构成的桥臂中点 3，通态电流支路 30 的另一端连接至电流换向支路 C、D 构成的桥臂中点 4，两桥臂均与所述至少两个分断电流支路 9 的串联连接构成并联连接。

其中，所述电流通路中的电流超过电流极限时，操作所述通态电流支路 30 及一定数量的所述至少两个分断电流支路 9 的串联连接，使得通过通态电流支路 30 的电流换向到所述至少两个分断电流支路 9 的串联连接的非线性电阻 13。

以一个实施例说明本发明的具体实施方式：

设计装置 20 能够分断 $\pm 400\text{kV}$ 高压直流输电线路的双向电流，电流分断能力为 2kA 。

如图 1 所示，分断该线路双向电流的装置 20 包括：分断电流支路 9，电流换向支路 A、B、C、D 和通态电流支路 30；其中，分断电流支路 9 应至少能够承受 800kV 的分断电压，考虑一定裕量，按照分断 1200kV 设计，选择两个 $4.5\text{kV}/1.6\text{kA}$ 的 IGBT 并联作为一个单元器件，考虑在关断时刻可能出现的电压不均，对器件的耐压设计要留有一定裕量，共需要 400 个单元器件串联，构成一个 IGBT 阀组，总器件数量为 800。所有 IGBT 布置方向一致。

通态电流支路 30 包括双向功率半导体开关 12 和高速隔离开关 11 串联，高速隔离开关 11 要求具有较快的分断速度，分断后断口能够耐受 1200kV 电压。 $4.5\text{kV}/1.6\text{kA}$ 的带续流二极管的 IGBT 反向串联构成一个单元器件，通态电路支路 30 共需要 3 个单元器件串联后，再并联组成，构成一个阀组，共需要 6 个单元器件，总器件数量为 12，IGBT 和续流二极管的布置方向为两个方向。通态电流支路 30 连接线路两端的桥臂中点 3 与桥臂中点 4。

装置 20 还包括电流换向支路 A、B、C、D，其中，换向支路 A、B 构成中点与线路桥

臂中点 3 连接的第一桥臂，换向支路 C、D 构成中点与线路桥臂中点 4 连接的第二桥臂，两桥臂均与分断电流支路 9 并联连接。

装置 20 共需要 4 个电流换向支路，每个支路的器件相同，每个支路包括功率半导体器件 7 和高速隔离开关 6，高速隔离开关 6 的技术要求与通态电流支路 30 基本一致。功率半导体器件 7 承受很小的分断电压即可，需很少的数量串联。功率半导体器件 7 选择为 4.5kV/1.6kA 的二极管，共需要 3 个二极管串联后再并联，构成一个二极管组，每个支路需要二极管 6 个，4 组电流换向支路共需要 24 个二极管，二极管的布置方向如图 2 和图 3 所示。

控制方法包括下列步骤：

正常情况下，所述装置 20 中的通态电流支路 30 中的高速隔离开关 11 与双向功率半导体开关 12 闭合，电流换向支路 A、B、C、D 中的高速隔离开关 6 和功率半导体器件 7 闭合，分断电流支路 9 中的功率半导体器件 5 闭合，由于通态电流支路 30 仅包括 3 个 IGBT 串联，而分断电流支路 9 包括 400 个 IGBT 串联，分断电流支路 9 的额定电压阻断能力远大于通态电流支路 30，也就是说通态电流支路 30 具有相对极小的等效导通电阻，正常线路电流流过通态电流支路 30。

一如果接收到通态电流支路 30 的断开信号，则断开通态电流支路 30 的双向功率半导体开关 12，由此将电流变换到电流换向支路和分断电流支路 9，如果为第一电流方向 14，电流流经通路如图 2 所示。如果为第二电流方向 15，电流流经通路如图 3 所示。

一此后，判断线路 44 的电流方向，如果为第一电流方向 14，同时断开电流换向支路 B、C 的高速隔离开关 6 及通态电流支路 30 的高速隔离开关 11；如果为第二电流方向 15，同时断开电流换向支路 A、D 的高速隔离开关 6，及通态电流支路 30 的高速隔离开关 11；

一此后，如果接收到分断电流支路 9 的断开信号，则同时断开分断电流支路 9 中的 IGBT 阀组，由此将电流变换到所述非线性电阻 13。

一确认电流降为零时，将电流换向支路 A、B、C、D 中处于闭合状态的高速隔离开关 6 断开，完成整个分断过程。

以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管本领域的技术人员阅读本申请后，参照上述实施例进行种种修改或变更，但这些修改或变更均在申请待批本发明的权利要求要求保护范围之内。

权利要求书

1、一种使线路双向电流分断的装置，包括分断电流支路和通态电流支路；其中，分断电流支路包括一个非线性电阻和一个第一功率半导体器件的并联连接，或一个非线性电阻和至少两个相互串联的第一功率半导体器件的并联连接；通态电流支路包括至少一个双向功率半导体开关和至少一个第一高速隔离开关的串联连接；其特征在于：

所述装置还包括桥式支路，所述桥式支路包括由 4 条完全相同的换向支路所构成的两条桥臂，各换向支路均包括至少一个第二功率半导体器件的串联连接；所述 4 条换向支路两两一组同向串联，所形成的两条桥臂再进行并联；

所述装置的连接关系为以下 4 种中的任意一种：

a) 所述装置包括一条分断电流支路、一条通态电流支路和一个桥式支路，所述通态电流支路的两端分别连接桥式支路两桥臂的桥臂中点，所述两桥臂均与分断电流支路并联连接；

b) 所述装置包括至少两组分断电流支路、通态电流支路和桥式支路，每一组中，所述通态电流支路的两端分别连接桥式支路两桥臂的桥臂中点，所述两桥臂均与分断电流支路并联连接；且所有通态电流支路依次顺序串联连接；

c) 所述装置包括一条通态电流支路以及至少两组分断电流支路和桥式支路，每一组中的桥式支路两桥臂均与对应的分断电流支路并联连接，且各组中桥式支路桥臂中点依次顺序串联连接；所述通态电路支路的两端分别连接前述串联电路中首尾桥式支路端部的桥臂中点；

d) 所述装置包括一条通态电流支路、一个桥式支路和至少两条分断电流支路，所述各分断电路支路依次顺序串联连接后，再与桥式支路两桥臂并联连接，所述通态电路支路的两端分别连接桥式支路两桥臂的桥臂中点。

2、如权利要求 1 所述的一种使线路双向电流分断的装置，其特征在于：所述第一功率半导体器件具有开通关断电流能力。

3、如权利要求 1 所述的一种使线路双向电流分断的装置，其特征在于：所述第二功率半导体器件不具有开通关断电流能力。

4、如权利要求 1 所述的一种使线路双向电流分断的装置，其特征在于：所述双向功率半导体开关包括相互并联的第三、四功率半导体器件，且第三、四功率半导体器件的电流开关方向相反。

5、如权利要求 1 所述的一种使线路双向电流分断的装置，其特征在于：所述双向功

率半导体开关包括两个功率半导体器件和两个二极管，其中，第五功率半导体器件与第一二极管并联，且二者电流开关方向相反；第六功率半导体器件与第二二极管并联，且二者电流开关方向相反；所述两个并联支路串联连接，且第五、六功率半导体器件的电流开关方向相反，第一、二二极管的电流开关方向相反。

6、如权利要求 1 所述的一种使线路双向电流分断的装置，其特征在于：所述换向支路还包括至少一个第二高速隔离开关，所述第二高速隔离开关与第二功率半导体器件相互串联。

7、如权利要求 1 至 5 中任意一项所述的一种使线路双向电流分断的装置的控制方法，定义所述装置中通态电流支路与桥式支路的两个连接点分别为装置的两端，所述装置以该两端串联连接到线路的电流通路；其特征在于：所述通态电流支路中的第一高速隔离开关与双向功率半导体开关闭合，桥式支路中的第二功率半导体器件闭合，分断电流支路中的第一功率半导体器件闭合；所述控制方法包括如下步骤：

一如果接收到通态电流支路的断开信号，则断开通态电流支路的双向功率半导体开关，由此将电流变换到桥式支路和分断电流支路；

一此后，断开通态电流支路的第一高速隔离开关；

一此后，如果接收到分断电流支路的断开信号，则断开分断电流支路中的第一功率半导体器件，由此将电流变换到所述非线性电阻。

8、如权利要求 6 所述的一种使线路双向电流分断的装置的控制方法，定义所述装置中通态电流支路与桥式支路的两个连接点分别为装置的两端，所述装置以该两端串联连接到线路的电流通路；其特征在于：所述通态电流支路中的第一高速隔离开关与双向功率半导体开关闭合，桥式支路中的第二功率半导体器件与第二高速隔离开关闭合，分断电流支路中的第一功率半导体器件闭合；所述控制方法包括如下步骤：

一如果接收到通态电流支路的断开信号，则断开通态电流支路的双向功率半导体开关，由此将电流变换到桥式支路和分断电流支路；

一此后，断开通态电流支路的第一高速隔离开关；确定与电流输入端所连接的桥臂上与该电流输入端直接或间接连接的阴极的第二功率半导体器件，断开该第二功率半导体器件所在换向支路的第一高速隔离开关；确定与电流输出端所连接的桥臂上与该电流输出端直接或间接连接的阳极的第二功率半导体器件，断开该第二功率半导体器件所在换向支路的第一高速隔离开关；

一此后，如果接收到分断电流支路的断开信号，则断开分断电流支路中的第一功率

半导体器件，由此将电流变换到所述非线性电阻；

—将桥式支路中尚处于闭合状态的第二高速隔离开关断开，完成整个分断过程。

附图

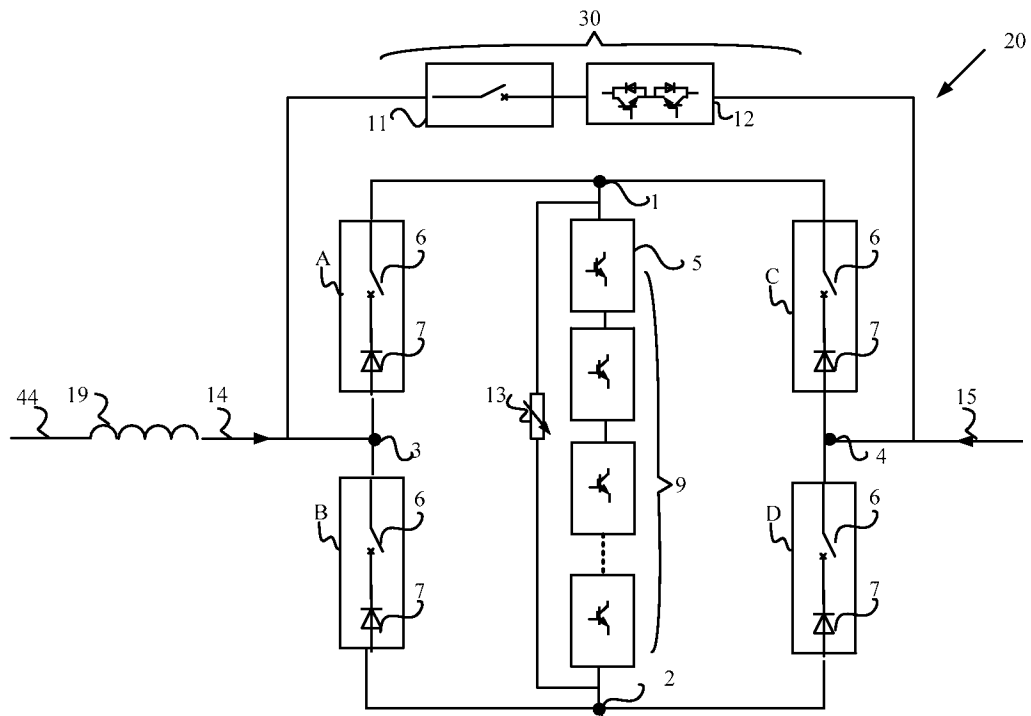


图 1

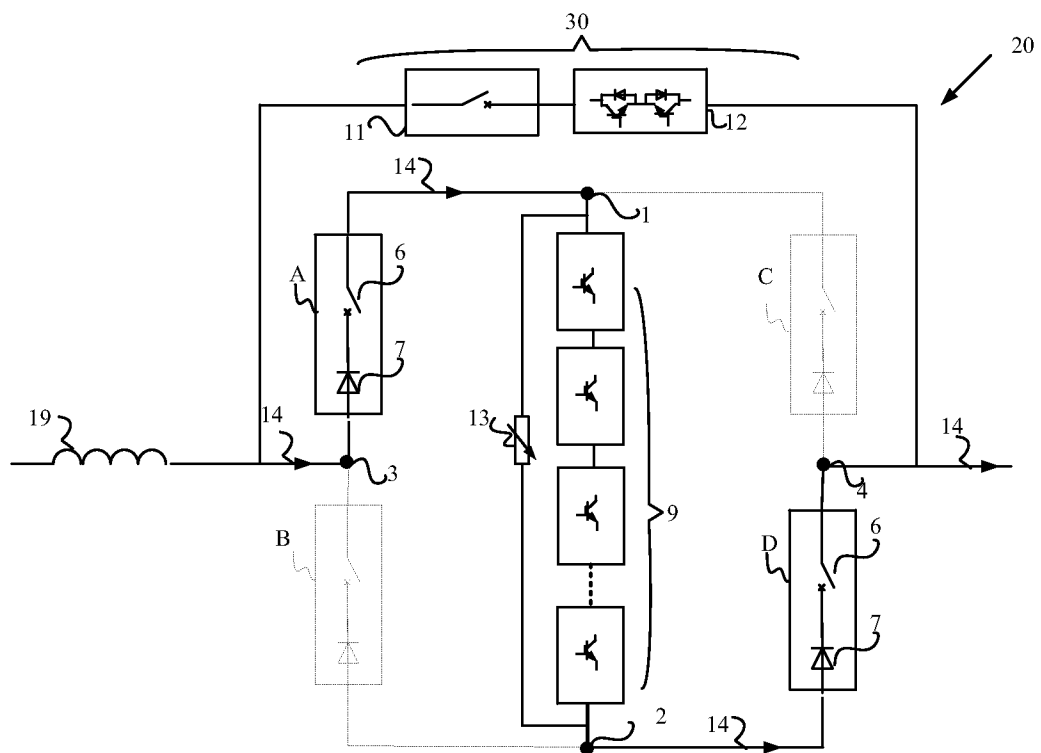


图 2

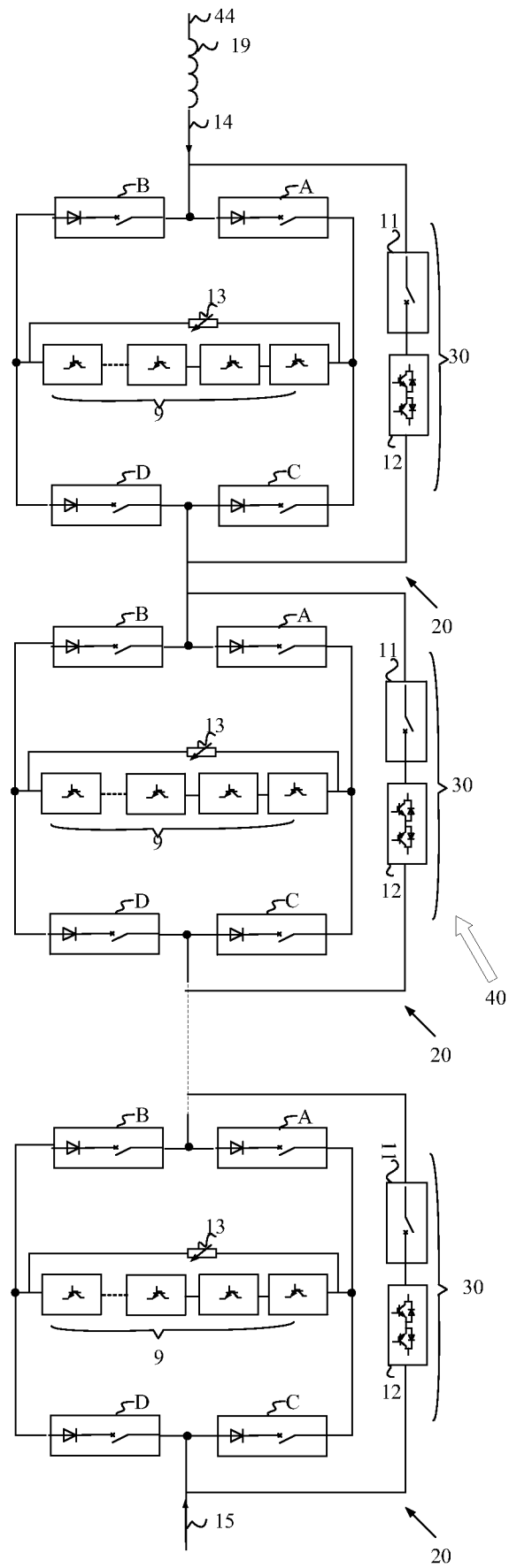


图 6

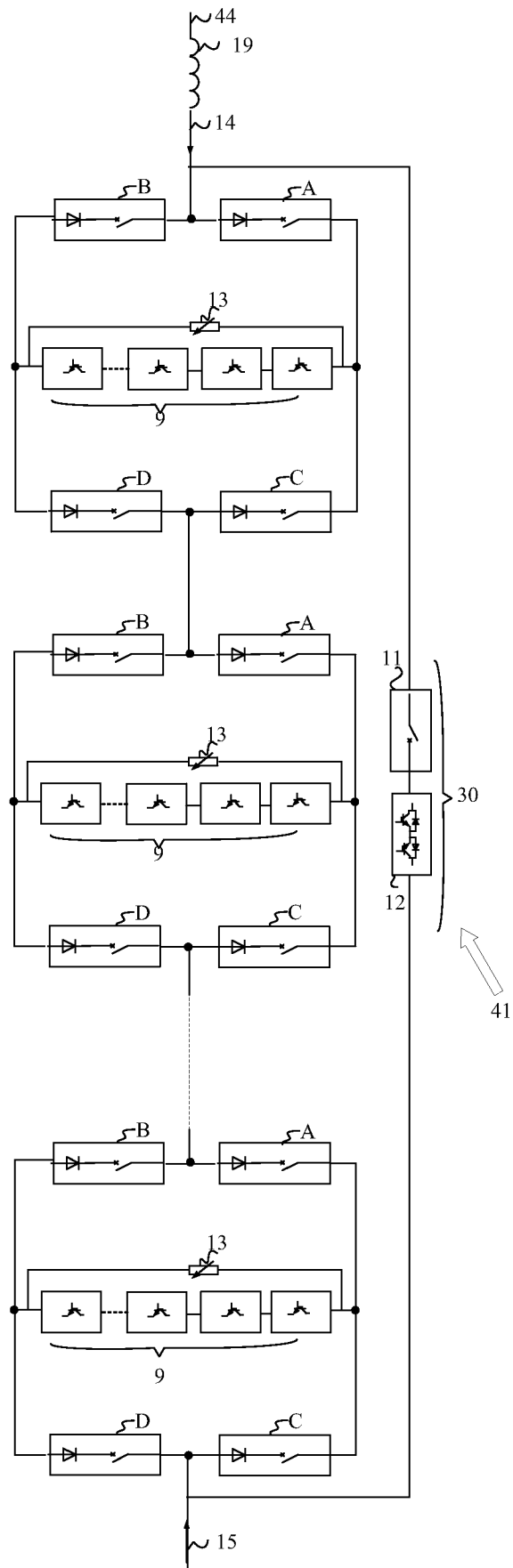


图 7

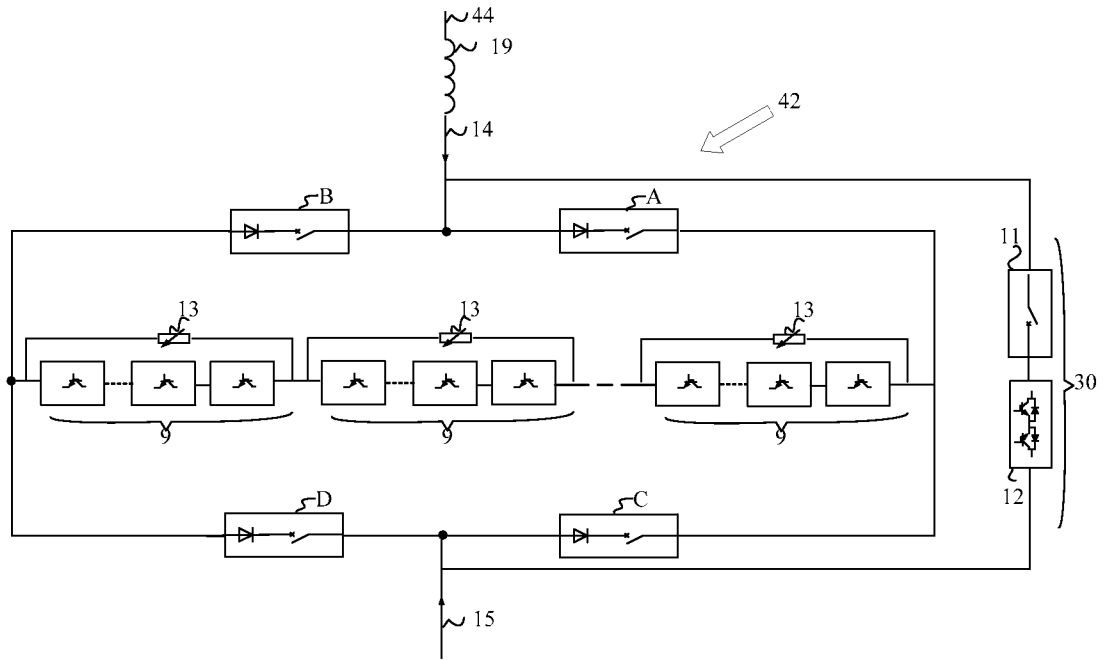


图 8

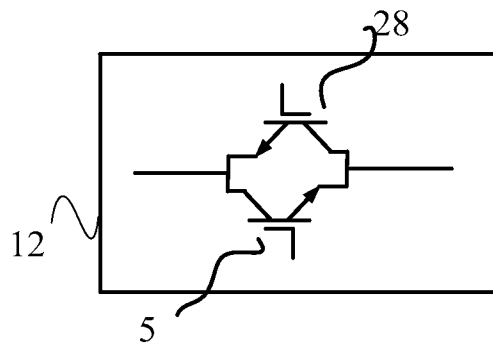


图 9

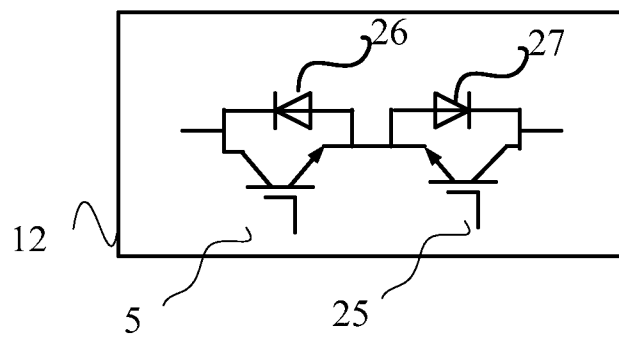


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/090613**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H01H 33/00 (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)

IPC: H01H

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, high voltage, two, double direction, breaker, DC, HVDC, power semiconductor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102687221 A (ABB TECHNOLOGY AG), 19 September 2012 (19.09.2012), description, paragraphs 0073-0076, and figures 1-4	1-8
A	CN 202650895 U (ABB TECHNOLOGY AG), 02 January 2013 (02.01.2013), the whole document	1-8
A	CN 102656656 A (ABB TECHNOLOGY AG), 05 September 2012 (05.09.2012), 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	“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
13 March 2014 (13.03.2014)Date of mailing of the international search report
20 March 2014 (20.03.2014)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) 62019451Authorized officer
XIAO, Jihui
Telephone No.: (86-10) **62411808**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/090613

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102687221 A	19.09.2012	KR 20120089751 A	13.08.2012
		AU 2009355281 A1	05.07.2012
		RU 2012125050 A	27.12.2013
		ZA 201203379 A	27.02.2013
		AU 2009355281 B2	16.01.2014
		CA 2780946 A1	19.05.2011
		WO 2011057675 A1	19.05.2011
		EP 2502248 A1	26.09.2012
		MX 2012005659 A	30.06.2012
		US 2012299393 A1	29.11.2012
		NZ 599794 A	26.07.2013
CN 202650895 U	02.01.2013	None	
CN 102656656 A	05.09.2012	KR 1342333 B1	16.12.2013
		WO 2011050832 A1	05.05.2011
		KR 20120079156 A	11.07.2012
		EP 2494571 B1	11.12.2013
		US 2012234796 A1	20.09.2012
		EP 2494571 A1	05.09.2012

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/090613

A. 主题的分类

H01H 33/00 (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)

IPC: H01H

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: 断路器, 双向, 直流, 功率半导体, 高压, two, double direction, breaker, DC, HVDC, power semiconductor

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
A	CN102687221 A (ABB 技术有限公司) 19.9 月 2012 (19.09.2012) 说明书第 0073 至 0076 段, 附图 1-4	1-8
A	CN202650895 U (ABB 技术有限公司) 02.1 月 2013 (02.01.2013) 全文	1-8
A	CN102656656 A (ABB 技术有限公司) 05.9 月 2012 (05.09.2012) 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

13.3 月 2014(13.03.2014)

国际检索报告邮寄日期

20.3 月 2014 (20.03.2014)

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

肖继军

电话号码: (86-10) **62411808**

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2013/090613

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102687221 A	19.09.2012	KR20120089751 A	13.08.2012
		AU2009355281A1	05.07.2012
		RU2012125050A	27.12.2013
		ZA201203379 A	27.02.2013
		AU2009355281B2	16.01.2014
		CA2780946A1	19.05.2011
		WO2011057675 A1	19.05.2011
		EP2502248A1	26.09.2012
		MX2012005659A	30.06.2012
		US2012299393 A1	29.11.2012
		NZ599794A	26.07.2013
CN202650895 U	02.01.2013	无	
CN102656656 A	05.09.2012	KR1342333B1	16.12.2013
		WO2011050832A1	05.05.2011
		KR20120079156 A	11.07.2012
		EP2494571B1	11.12.2013
		US2012234796A1	20.09.2012
		EP2494571A1	05.09.2012