

(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
2020 年 1 月 2 日 (02.01.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/000528 A1

(51) 国际专利分类号:
H02H 7/26 (2006.01) **H02J 3/06** (2006.01)
H02J 3/18 (2006.01)

未来科技城滨河大道18号, Beijing 102211 (CN)。
宋洁莹(**SONG, Jieying**); 中国北京市昌平区未来科技城滨河大道18号, Beijing 102211 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/095854

(22) 国际申请日: 2018 年 7 月 16 日 (16.07.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201820982557.3 2018年6月25日 (25.06.2018) CN
201810662905.3 2018年6月25日 (25.06.2018) CN

(71) 申请人: 全球能源互联网研究院有限公司 (**GLOBAL ENERGY INTERCONNECTION RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国北京市昌平区未来科技城滨河大道18号, Beijing 102211 (CN)。 国家电网有限公司 (**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: 邓占锋 (**DENG, Zhanfeng**); 中国北京市昌平区未来科技城滨河大道18号, Beijing 102211 (CN)。 戴朝波 (**DAI, Chaobo**); 中国北京市昌平区未来科技城滨河大道18号, Beijing 102211 (CN)。 张永征 (**ZHANG, Yongzheng**); 中国北京市昌平区

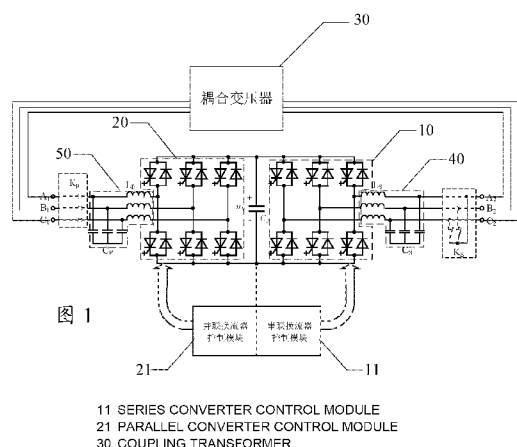
(74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (**CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE**); 中国北京市海淀区海淀南路21号中关村知识产权大厦B座2层, Beijing 100080 (CN)。

(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, JO, 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,

(54) **Title:** RING NETWORK CONTROLLER AND POWER DISTRIBUTION NETWORK

(54) 发明名称: 一种环网控制器及配电网



(57) **Abstract:** Disclosed in the embodiments of the present application are a ring network controller and a power distribution network. The ring network controller comprises: a series converter, a parallel converter, a series converter control module, a parallel converter control module, a first capacitor and a coupling transformer. The parallel converter is connected in parallel with the series converter, the first capacitor is connected in parallel between the parallel converter and the series converter, and a first tap of the primary side of the coupling transformer is connected to a first input end of the parallel converter; a first tap of the secondary side of the coupling transformer is connected to a second input end of the series converter; the serial converter control module acquires first input data of the ring network controller, and generates an adjustment instruction for the first input data according to the first input data; and the parallel converter control module acquires a measured voltage of the coupling transformer, and generates a control instruction for the parallel converter according to the measured voltage, so that the parallel converter provides or absorbs active power and reactive power to/from the series converter.

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))。

(57) 摘要：本申请实施例公开了一种环网控制器及配电网，该环网控制器包括：串联换流器、并联换流器、串联换流器控制模块、并联换流器控制模块、第一电容及耦合变压器，并联换流器与串联换流器并联，所述第一电容并接于所述并联换流器与所述串联换流器之间，耦合变压器原边的第一抽头连接并联换流器的第一输入端；耦合变压器副边的第一抽头连接串联换流器的第二输入端；串联换流器控制模块获取环网控制器的第一输入数据，根据第一输入数据生成对第一输入数据的调节指令；并联换流器控制模块获取耦合变压器的测量电压，根据测量电压生成对并联换流器的控制指令，使并联换流器对串联换流器提供或吸收有功功率和无功功率。

一种环网控制器及配电网

相关申请的交叉引用

本申请基于申请号为 201820982557.3、申请日为 2018 年 06 月 25 日的中国专利申请，以及申请号 201810662905.3、申请日为 2018 年 06 月 25 日的中国专利申请而提出，并要求前述两项中国专利申请的优先权，该两项中国专利申请的内容在此以引入方式并入本申请。

技术领域

本申请涉及电力电子技术领域，具体涉及一种环网控制器及配电网。

背景技术

10 配电网处于整个电力系统的末端，直接面向电力用户，承担着分配电能、服务客户等重任。当前，配电网建设相对滞后，调控手段有限，制约了配电网运行控制的灵活性，造成了馈线负荷不均衡、供电恢复时间长等诸多问题。此外，配电网内非线性、冲击性负荷比重的增加，以及新能源渗透率的不断提高，对配电网电能质量和供电可靠性的保障手段提出了更高要求。常规的交流配电网结构已经无法满足配电网供电形式多样、能量双向流动、潮流主动调控和可靠性的需求。

15 环网指环形配电网，即供电干线形成一个闭合的环形，每一个配电支路既可以由它的左侧干线取电源，又可以由它右侧干线取电源。当左侧干线出了故障，左侧支路上的负荷可从右侧干线继续得到供电；而当右侧干

线出了故障，右侧支路上的负荷可从左侧干线继续得到供电，由此可见，合环运行可有效提高供电的可靠性和灵活性，可有效地满足现有配电网对于电能质量和供电可靠性的保障手段提出的要求。

由于环网存在以上优势，目前配电网大多采用环形配电网。然而如果在配电网中将两馈线进行合环形成环网，还存在以下问题：由于合环点两端在合环前存在电压差，合环时会产生很大的冲击电流，合环后存在电磁环网的环流；该合环冲击也可能引起配电网中继电保护的误动作，造成故障；且现场的合环操作都是在运行人员的经验指导下进行判断，合环操作的结果存在非常高的随机性，可能对相关设备和操作人员的安全造成隐患；并且合环操作通常耗时较长。

发明内容

有鉴于此，本申请实施例提供了一种环网控制器及配电网，以解决现有配电网中两条独立馈线合环运行存在的人工合环操作及产生的合环冲击导致的安全性较差的问题。

根据第一方面，本申请实施例提供了一种环网控制器，包括：串联换流器、并联换流器、串联换流器控制模块、并联换流器控制模块、第一电容及耦合变压器；其中，所述并联换流器与所述串联换流器并联，所述第一电容并接于所述并联换流器与所述串联换流器之间，所述耦合变压器原边的第一抽头连接所述并联换流器的第一输入端；所述耦合变压器副边的第一抽头连接所述串联换流器的第二输入端；所述串联换流器控制模块获取所述环网控制器的第一输入数据，根据所述第一输入数据生成对所述第一输入数据的调节指令；所述并联换流器控制模块获取所述耦合变压器的

测量电压，根据所述测量电压生成对所述并联换流器的控制指令，使所述并联换流器对所述串联换流器提供或吸收有功功率和无功功率。

上述方案中，所述耦合变压器包括：多个绕组；其中，

所述多个绕组中的第一绕组与第二绕组串联并构成三抽头，第四绕组
5 与第五绕组串联并构成三抽头，第七绕组与第八绕组串联并构成三抽头，
使得所述耦合变压器为三相自耦变压器。

上述方案中，所述三相自耦变压器的每相中性点互联，互联后接地或经电阻接地。

上述方案中，所述三相自耦变压器的一次侧绕组有磁耦合，构成以所
10 述三相自耦变压器一次侧为原边、各绕组为副边的三相变压器，所述为副
边的各绕组包括第一相绕组、第二相绕组和第三相绕组，所述三相自耦变
压器的一次侧与配电网的交流线路相连，二次测与所述串联换流器的交流
侧相连。

上述方案中，该环网控制器还包括：旁路开关，并联于所述串联换流
15 器的第一侧；所述串联换流器控制模块获取配电网的负荷电压和所述串联
换流器的输入电压，判断所述配电网的负荷电压是否在预设阈值范围内及
所述串联换流器的输入电压是否低于第五预设值；当所述配电网的负荷电
压在所述预设阈值范围内或所述串联换流器的输入电压低于所述第五预设
值时，所述串联换流器控制模块控制所述旁路开关闭合，所述串联换流器
20 闭锁；当所述配电网的负荷电压超过所述预设阈值范围且所述串联换流器
的输入电压未低于所述第五预设值时，所述串联换流器控制模块控制所述
旁路开关打开。

上述方案中，该环网控制器还包括：断路开关，串联于所述并联换流
器的第一侧与所述第一交流线路之间；所述并联换流器控制模块获取所述

并联换流器的输入电压，判断所述并联换流器的输入电压是否超过第六预设值；当所述并联换流器的输入电压超过所述第六预设值时，所述并联换流器控制模块控制所述断路器断开，所述并联换流器闭锁；当所述并联换流器的输入电压未超过所述第六预设值时，所述并联换流器控制模块控制所述断路器闭合，保持所述并联换流器与所述配电网的第一交流线路的电气连接。

上述方案中，该环网控制器还包括：第一滤波器，并联于所述串联换流器与所述旁路开关之间，用于对输入或输出所述串联换流器的电信号进行滤波；第二滤波器，并联于所述并联换流器与所述断路器之间，用于对输入或输出所述并联换流器的电信号进行滤波。

上述方案中，所述第一滤波器和第二滤波器为无源滤波器。

根据第二方面，本申请实施例提供了一种配电网，包括：如前所述的环网控制器，所述环网控制器串接于配电网的合环点，所述合环点的一侧为所述配电网的第一交流线路，另一侧为所述配电网的第二交流线路。

附图说明

通过参考附图会更加清楚的理解本申请实施例的特征和优点，附图是示意性的而不应理解为对本申请实施例进行任何限制，在附图中：

图 1 示出了本申请实施例的环网控制器的结构示意图；

图 2 示出了本申请实施例的耦合变压器的结构示意图；

图 3A-图 3E 示出了本申请实施例的配电网的结构示意图；

图 4 为本申请实施例的可控开通关断电力电子器件和反向二极管的并联示意图。

具体实施方式

为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。

5 基于本申请中的实施例，本领域技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

本申请实施例提供了一种环网控制器，如图 1 所示，该环网控制器主要包括：串联换流器 10、并联换流器 20、串联换流器控制模块 11、并联换流器控制模块 21、第一电容 C_{dc} 及耦合变压器 30。

10 其中，并联换流器 20 与串联换流器 10 并联，第一电容 C_{dc} 并接于并联换流器 20 与串联换流器 10 之间，耦合变压器 30 原边的第一抽头连接并联换流器 20 的第一输入端；耦合变压器 30 副边的第一抽头连接串联换流器 10 的第二输入端。

15 其中，本领域技术人员应该理解，本申请实施例中的耦合变压器 30 包括原边和副边。原边的第一抽头如图 2 中的绕组 1 中的 a 所示，副边的第一抽头可如图 1、2 中的 A_2 所示。配电网在图 1 中并未示意出，但是可以理解，环网控制器、具体是耦合变压器 30 的原边需与配电网进行连接。

其中，串联换流器控制模块 11 获取环网控制器的第一输入数据，根据第一输入数据生成对第一输入数据的调节指令。第一输入数据为从配电网
20 处采集到的需要输入到环网控制器的电压、电流或电功率等电信号。第一输入数据为采集到的配电网处的数据，串联换流器控制模块 11 根据采集到的数据取值与数据期望值之间的差异，生成将采集到的数据调高至数据期望值的调高指令或将采集到的数据调低至数据期望值的调低指令。当然，

如果采集到的数据取值与数据期望值之间没有差异或差异很小，则可以生成不指示进行调节的指令。可以理解，本实施例中串联换流器控制模块 11 生成的调节指令不仅可以指示将采集到的数据向高的方向调节或向低的方向调节，还指示了调节程度，即需要调高或调低多少（千、兆）伏、（千、
5 兆）安培或（千、兆）瓦特才能使得采集到的数据取值趋向于数据期望值。

可选地，在本申请的一些实施例中，串联换流器控制模块 11 可包括：输入参数获取模块、第一对比结果生成模块以及调节指令生成模块；其中，输入参数获取模块，用于获取环网控制器的输入电信号；第一对比结果生成模块，用于将输入电信号与第一预设值进行对比，生成第一对比结果；
10 调节指令生成模块，用于根据第一对比结果，生成对输入电信号的调节指令。其中，以输入电信号为环网控制器的输入功率值为例，第一预设值为功率数值，即功率的期望值，例如，期望串联侧输出有功功率为 3MW（兆瓦），则该第一预设值即为 3MW，如果从配电网侧采集到的需要输入至环网控制器的输入功率值比第一预设值小，例如小 0.5MW，则生成调高指令，
15 该调高指令还指示了需要将输入功率值调高 0.5MW，如此才能达到功率的期望值。如果输入功率值比第一预设值大，则生成调低指令，该调低指令也至少指示需要调低多少该输入功率值才能与功率期望值保持一致。如果经过对比发现输入功率值与第一预设值大小相等，则生成不调节输入功率值的指令。串联换流器控制模块 11 这种根据输入电信号与相应期望值之间的对比结果生成相应的调节指令的方式，至少可使得环网控制器的输入电信号值尽量与期望值保持一致，进而使得环网控制器维持在一个较佳的运行状态，应用有该环网控制器的配电网也将运行在一个较佳的状态。

该串联换流器控制模块 11 以环网控制器两侧电压、流过环网控制器接

入点的线路有功功率和无功功率为输入电信号量，以期望的有功、无功功率为指导量（期望值），根据输入量与指导量之间的差异产生调节指令，并依据该调节指令控制串联换流器 10 产生期望的幅值和相位的串联电压，该期望的幅值和相位的串联电压用于合环时合环点两端的电压控制和合环后系统潮流的调节。可见，本实施例提供的环网控制器能够实现对合环时合环点两端的电压控制和合环后系统潮流的调节。

在本申请的实施例中，并联换流器控制模块 21 获取耦合变压器 30 的测量电压（副边电压），根据测量电压生成对并联换流器 20 的控制指令，使并联换流器 20 对串联换流器 10 提供或吸收有功功率和无功功率。可以理解，从耦合变压器 30 原边采集到的电信号为配电网中的电信号取值，耦合变压器 30 的副边电压是通过耦合变压器 30 的原边到副边的耦合而得到的电压，取值上有所不同。

具体地，并联换流器控制模块 21 包括：电压获取模块、对比结果生成模块和控制指令生成模块；其中，电压获取模块，用于获取耦合变压器 30 原边电压或副边电压、以及第一电容 C_{dc} 的两端电压；对比结果生成模块，用于分别将耦合变压器 30 原边电压与第二预设值（第二预设值表示该原边电压的期望值，例如原边电压的期望值为 10kV）进行对比，或者将副边电压与第三预设值（第三预设值表示副边电压的期望值，该副边电压的期望值为 8kV）进行对比，生成第二对比结果；此外，将第一电容 C_{dc} 的两端电压与第四预设值（该第四预设值即表示该第一电容两端电压的期望值，且其需要根据变压器变比决定）进行对比，生成第三对比结果；控制指令生成模块，用于根据第二对比结果和第三对比结果，生成对并联换流器 20 的控制指令。其中，由于第二对比结果、第三对比结果不仅携带有比期望值

高或低的信息，还指示有比期望值高多少或低多少的信息，如果将第二对比结果和第三对比结果各自视为一个矢量（例如将矢量的正方向视为比期望值高的方向，将矢量的负方向视为比期望值的方向），控制指令生成模块将对第二对比结果和第三对比结果进行矢量合成，并依据矢量合成结果生成调高指令、调低指令或不调节指令（例如合成矢量为矢量0）。由此可见，并联换流器控制模块21以自耦变压器一次侧电压（原边电源）或二次侧电压（副边电压）、直流电压 U_{dc} （第一电容 C_{dc} 的两端电压）为输入量，以期望的系统电压、直流电压 U_{dc} 为指导量，控制并联换流器20提供或吸收有功功率和无功功率，为串联换流器10提供能量支持，以及对电网进行无功补偿。可以理解，在图1所示的环网控制器的组成结构中，第一电容 C_{dc} 为并联换流器控制模块21的调节提供直流电压。可选地，在本申请的一些实施例中，如图1所示，该串联换流器10和并联换流器20均为由六个可控开通关断电力电子器件组成的三相桥式换流器，且每个可控开通关断电力电子器件均反向并联有二极管。如图4所示，为可控开通关断电力电子器件和反向二极管的并联示意图，在图4中，器件41为可控开通关断电力电子器件，器件42为二极管，器件42反向并联于器件41上。可以理解，本实施例中的可控开通关断电力电子器件可以具体为绝缘栅双极型晶体管IGBT、场效应晶体管MOSFET等。以串联换流器控制模块11为例，根据输入量与指导量之间的差异产生调节指令，并依据该调节指令控制串联换流器10产生期望的幅值和相位的串联电压，期望的幅值和相位的串联电压可进一步通过调节不同的六个可控开通关断电力电子器件的开通或关断来实现。

可选地，在本申请的一些实施例中，如图2所示，耦合变压器30包括：

A、B、C 三相各有三个绕组，A 相的三个绕组分别为第一绕组（绕组 1）、第二绕组（绕组 2）和第三绕组（绕组 3），B 相的分别为第四绕组（绕组 4）、第五绕组（绕组 5）、第六绕组（绕组 6），C 相的为第七绕组（绕组 7）、第八绕组（绕组 8）、第九绕组（绕组 9）。

5 其中，绕组 1 与绕组 2 串联，将绕组 1 与绕组 2 的连接点接出引线，构成第三抽头 A1，绕组 1 的一端 a 作为第一抽头，绕组 2 的一端作为第二抽头，接入到互联点 n；绕组 4 与绕组 5 串联，将绕组 4 与绕组 5 串联的连接点接出引线，构成第三抽头 A2，绕组 4 的一端 c 作为第一抽头，绕组 5 的一端作为第二抽头，接入到互联点 n；绕组 7 与绕组 8 串联，将绕组 7 与
10 绕组 8 的连接点接出引线，构成第三抽头 A3，绕组 7 的一端 b 作为第一抽头，绕组 8 的一端作为第二抽头，接入到互联点 n，从而构成三相自耦变压器，三相自耦变压器一次侧（原边侧）与配电网的交流线路相连，二次侧（副边侧）与所述并联换流器 20 的交流侧相连。并且，该三相自耦变压器的各相中性点互联，互联后接地或经电阻接地。

15 A 相中，绕组 1 的一端与绕组 2 串联，串联后绕组 1 与配电网交流线路相连，绕组 2 与并联换流器 20 交流侧相连。绕组 3 与串联后的绕组 1、绕组 2 有磁耦合，耦合后绕组 3 与串联换流器 10 交流侧相连。B 相中，绕组 4 的一端与绕组 5 串联，串联后绕组 4 与配电网交流线路相连，绕组 5 与并联换流器 20 交流侧相连，绕组 6 与串联后的绕组 4、绕组 5 有磁耦合，
20 耦合后绕组 6 与串联换流器 10 交流侧相连。C 相中，绕组 7 的一端与绕组 8 串联，串联后绕组 7 与配电网交流线路相连，绕组 8 与并联换流器 20 交流侧相连，绕组 9 与串联后的绕组 7、绕组 8 有磁耦合，耦合后绕组 9 与串联换流器 10 交流侧相连。

上述 A、B、C 相的绕组分别与三相自耦变压器的一次侧绕组有磁耦合，构成以三相自耦变压器一次侧为原边、各绕组为副边的三相变压器，三相变压器的一次侧与配电网的交流线路相连，二次侧与串联换流器 10 的交流侧相连。

5 可选地，为了实现对串联换流器 10 的负荷电压对环网控制器进行调节，本申请实施例的环网控制器还可设置有旁路开关 K_S ，如图 1 所示，该旁路开关 K_S 并联于串联换流器 10 的一侧。

串联换流器控制模块 11 获取配电网的负荷电压和串联换流器 10 的输入电压，判断配电网的负荷电压是否在预设阈值范围内及串联换流器 10 的
10 输入电压是否低于第五预设值（该第五预设值即表示该串联换流器 10 的正常输入电压的最小值）；当配电网的负荷电压在预设阈值范围内、或串联换流器 10 的输入电压低于第五预设值时，串联换流器控制模块 11 控制旁路开关 K_S 闭合，串联换流器 10 闭锁；当配电网的负荷电压超过预设阈值范围且串联换流器 10 的输入电压高于或等于（未低于或不低于）第五预设值
15 时，串联换流器控制模块 11 控制旁路开关 K_S 打开。其中，旁路开关 K_S 的闭合能够使得串联换流器 10 闭锁，以达到对串联换流器 10 的保护作用。

具体实施时，该旁路开关 K_S 可以是两开关并联一导线形式，也可采用三开关并联形式，本申请实施例并不以此为限。

可选地，为了根据并联换流器 20 的输入电压对并联换流器 20 进行保
20 护，本申请实施例的环网控制器还可设置有断路器 K_p ，如图 1 所示，该断路器 K_p 串联于并联换流器 20 的第一侧与第一交流线路之间，构造断点。

并联换流器控制模块 21 获取并联换流器 20 的输入电压，判断并联换

流器 20 的输入电压是否超过第六预设值；当并联换流器 20 的输入电压超过第六预设值（该第六预设值即表示该并联换流器 20 的正常输入电压的最大值）时，并联换流器控制模块 21 控制断路器 K_p 断开，并联换流器 20 闭锁；当并联换流器 20 的输入电压未超过第六预设值时，并联换流器控制模块 21 控制断路器 K_p 闭合，保持并联换流器 20 与配电网的第一交流线路的电气连接。

可选地，在本申请的一些实施例中，该环网控制器还可设置有第一滤波器 40 及第二滤波器 50，如图 1 所示，第一滤波器 40 并联于串联换流器 10 与旁路开关 K_s 之间，用于对输入或输出串联换流器 10 的电信号进行滤波；第二滤波器 50 并联于并联换流器 20 与断路器 K_p 之间，用于对输入或输出并联换流器 20 的电信号进行滤波。在实际应用中，可选用 LC 滤波器、LCL 滤波器、LR 滤波器等任一种无源滤波器作为该第一滤波器 40 及第二滤波器 50，本申请实施例并不以此为限。

本申请实施例还提供一种配电网，该配电网包括上述任意实施例所述的环网控制器，该环网控制器串接于配电网的合环点。其中，合环点的一侧为配电网的第一交流线路，另一侧为配电网的第二交流线路。

具体地，该配电网中包括 10kV 变电站（A1、B1），负荷（A2、A3、B2、B3），电缆线，断路器（S1-S5，S1'-S5'），避雷器（Ar1、Ar2）和所述环网控制器。

1) 所述环网控制器未投入配电网时，两个 10kV 变电站（A1、B1）分别为各自线路上所带负荷供电，如图 3A 所示。此时，由于存在较大的电压差，直接合环会产生冲击电流，因此不允许直接合环运行。本实施例中，利用环网控制器将两个变电站进行连接，也即通过环网控制器进行合环，

并在合环前调节环网控制器的串联换流器 10 的输出电压，使合环时的冲击电流足够小，该足够小的电流至少需要满足国家标准规定的合环条件中指示的电流大小，合环后的配电网如图 3B 所示。

利用本申请实施例的环网控制器进行合环，减少了合环冲击，能够解决现有配电网中两条独立馈线合环运行存在的人工合环操作及产生的合环冲击导致的安全性较差的问题。

2) 所述环网控制器投入配电网后，当配电网正常运行时，环网控制器可调节其两端线路的功率。如变电站 A1 所带的负荷 A2、A3 远大于变电站 B1 所带的负荷 B2、B3，此时可通过环网控制器调节功率，使变电站 B1 为 A2、A3 提供相应功率，从而减少变电站 A1 所需提供的功率，缓减合环后 A1 重载、B1 轻载的情况。其中，通过环网控制器调节功率的过程可以是：环网控制器、具体是该串联换流器控制模块 11 根据变电站 A1 所带的负荷 A2、A3 远大于变电站 B1 所带的负荷 B2、B3 的情况，生成调高指令，该调高指令使得串联换流器 10 产生期望的幅值和相位的串联电压，期望的幅值和相位的串联电压与调节前相比较，能够缓减 B1 轻载的情况。在这种应用场景下，可以这样理解：本实施例中的环网控制器起到将原本变电站 A1 所带的较大的负荷匀部分负荷至变电站 B1 侧，以缓减合环后 A1 重载、B1 轻载的情况的发生。

3) 所述环网控制器调节潮流时，串联换流器 10 调节线路的有功、无功功率。并联换流器 20 也可以提供无功功率，实现无功功率的就地、就近补偿，降低线路损耗。

4) 所述环网控制器投入配电网后，当变电站 A1 由于检修等原因退出运行时，配电网转为变电站 B1 为 B2、B3、A3、A2 供电的单端电源供电

模式。如此，则可能存在供电末端负荷 A2 和 A3 处的电压过低或者过高，即有电压偏差超过国家标准的规定范围的问题。由环网控制器向电网注入电压，也即环网控制器、具体是并联换流器控制模块 21 根据配电网的电压与期望电压之间的差异，生成调高指令或调低指令，进而控制并联换流器 20 产生期望的幅值和相位的补偿电压，该期望的幅值和相位的补偿电压可以抬升或降低 A2、A3 处电压，实现环网控制器对电网电压调节的作用。

5 20 产生期望的幅值和相位的补偿电压，该期望的幅值和相位的补偿电压可以抬升或降低 A2、A3 处电压，实现环网控制器对电网电压调节的作用。

5) 所述环网控制器投入配电网后，当配电网转为变电站 B1 为 B2、B3、A3、A2 供电的单端电源供电模式时，若供电末端负荷 A2 和 A3 处的电压偏差未超过国家标准规定的范围，此时环网控制器可不向电网注入电压，

10 可合闸旁路开关 Ks，进而串联换流器 10 闭锁，环网控制器损耗被降低。

6) 变电站 A1 侧 S1 和 S2 之间某线路发生故障，故障持续期间，若线路电流较大，流过串联换流器 10 的电流大于其自身保护装置的整定值（设定值），如图 3C 所示，旁路开关 Ks 合闸，串联换流器 10 闭锁。若并联换流器 20 承受电压大于其保护装置整定值，并联换流器 20 闭锁，断路器 Kp 分闸。

15 Kp 分闸。

7) 线路的继电保护判断出故障及故障点，使断路器 S₁ 和 S₂ 断开，故障被切除，如图 3D 所示。若故障期间串联换流器 10 过流闭锁，故障切除后，串联换流器控制模块 11 检测到线路故障被切除，控制串联换流器 10 解锁、旁路开关 Ks 分闸。

20 8) 若故障期间并联换流器 20 过压闭锁，故障切除后，并联换流器控制模块 21 检测到线路故障被切除，并联换流器 20 解锁、断路器 Kp 合闸。

9) 变电站 A1 侧 S₁ 和 S₂ 之间某线路发生故障，故障持续期间，如流过串联换流器 10 的电流小于其自身保护装置的整定值，则串联换流器 10 按

相应的指令输出单一电压，不闭锁，不合闸旁路开关 K_s ；若并联换流器 20 承受电压小于其保护装置整定值，并联换流器 20 闭锁，但无需分闸断路器 K_p 。

10) 若故障期间串联换流器 10 按相应的指令输出电压，故障切除后，
5 串联换流器控制模块 11 检测到线路故障被切除，串联换流器 10 停止输出指定单一电压，恢复正常工作状态。

11) 若故障期间并联换流器 20 闭锁，但未分闸断路器 K_p ，故障切除后，并联换流器控制模块 21 检测到线路故障被切除，并联换流器 20 解锁。

12) 如环网控制器附近左侧线路遇到雷击，如图 3E 所示，避雷器 $Ar1$
10 检测到雷电后动作，将雷电产生的巨大过电流通过其自身直接接地，此时环网控制器中不通过来自左侧雷击所产生的雷电过电流，与故障线路隔离，系统恢复到合环前变电站 B1 为 B2、B3 单端供电的状态，环网控制器可退出运行，降低损耗。

由此可见，利用本申请实施例提供的环网控制器可实现合环，还可实
15 现合环操作期间带电倒闸及负荷不停电转供，又可实现重要负荷的定制化供电、不间断安全转移，提高重要负荷供电可靠性。

虽然结合附图描述了本申请的实施例，但是本领域技术人员可以在不脱离本申请实施例的精神和范围的情况下作出各种修改和变型，这样的修改和变型均落入由所附权利要求所限定的范围之内。

权利要求书

1. 一种环网控制器，所述环网控制器包括：串联换流器、并联换流器、串联换流器控制模块、并联换流器控制模块、第一电容及耦合变压器；其中，

5 所述并联换流器与所述串联换流器并联，所述第一电容并接于所述并联换流器与所述串联换流器之间，所述耦合变压器原边的第一抽头连接所述并联换流器的第一输入端；所述耦合变压器副边的第一抽头连接所述串联换流器的第二输入端；

 所述串联换流器控制模块获取所述环网控制器的第一输入数据，根据
10 所述第一输入数据生成对所述第一输入数据的调节指令；

 所述并联换流器控制模块获取所述耦合变压器的测量电压，根据所述测量电压生成对所述并联换流器的控制指令，使所述并联换流器对所述串联换流器提供或吸收有功功率和无功功率。

2. 根据权利要求 1 所述的环网控制器，其中，所述串联换流器和并联
15 换流器均为由六个可控开通关断电力电子器件组成的三相桥式换流器，且每个所述可控开通关断电力电子器件均反向并联有二极管。

3. 根据权利要求 1 所述的环网控制器，其中，所述耦合变压器包括：
 多个绕组；其中，

 所述多个绕组中的第一绕组与第二绕组串联并构成三抽头，第四绕组
20 与第五绕组串联并构成三抽头，第七绕组与第八绕组串联并构成三抽头，使得所述耦合变压器为三相自耦变压器。

4. 根据权利要求 3 所述的环网控制器，其中，所述三相自耦变压器的每相中性点互联，互联后接地或经电阻接地。

5. 根据权利要求 3 所述的环网控制器，其中，所述三相自耦变压器的一次侧绕组有磁耦合，构成以所述三相自耦变压器一次侧为原边、各绕组
25

为副边的三相变压器，所述为副边的各绕组包括第一相绕组、第二相绕组和第三相绕组，所述三相自耦变压器的一次侧与配电网的交流线路相连，二次侧与所述串联换流器的交流侧相连。

6. 根据权利要求 1 所述的环网控制器，其中，所述环网控制器还包括：

5 旁路开关，并联于所述串联换流器的第一侧；

所述串联换流器控制模块获取配电网的负荷电压和所述串联换流器的输入电压，判断所述配电网的负荷电压是否在预设阈值范围内及所述串联换流器的输入电压是否低于第五预设值；

10 当所述配电网的负荷电压在所述预设阈值范围内或所述串联换流器的输入电压低于所述第五预设值时，所述串联换流器控制模块控制所述旁路开关闭合，所述串联换流器闭锁；

当所述配电网的负荷电压超过所述预设阈值范围且所述串联换流器的输入电压未低于所述第五预设值时，所述串联换流器控制模块控制所述旁路开关打开。

15 7. 根据权利要求 6 所述的环网控制器，其中，所述环网控制器还包括：断路器，串联于所述并联换流器的第一侧与配电网的第一交流线路之间；

所述并联换流器控制模块获取所述并联换流器的输入电压，判断所述并联换流器的输入电压是否超过第六预设值；

20 当所述并联换流器的输入电压超过所述第六预设值时，所述并联换流器控制模块控制所述断路器断开，所述并联换流器闭锁；

当所述并联换流器的输入电压未超过所述第六预设值时，所述并联换流器控制模块控制所述断路器闭合，保持所述并联换流器与所述配电网的第一交流线路的电气连接。

8. 根据权利要求 7 所述的环网控制器，其中，所述环网控制器还包括：

25 第一滤波器，并联于所述串联换流器与所述旁路开关之间，用于对输入或输出所述串联换流器的电信号进行滤波；

第二滤波器，并联于所述并联换流器与所述断路器之间，用于对输

入或输出所述并联换流器的电信号进行滤波。

9. 根据权利要求 8 所述的环网控制器，其中，所述第一滤波器和第二滤波器均为无源滤波器。

10. 一种配电网，包括：如权利要求 1-9 中任一项所述的环网控制器，
5 所述环网控制器串接于配电网的合环点，所述合环点的一侧为所述配电网的第一交流线路，另一侧为所述配电网的第二交流线路。

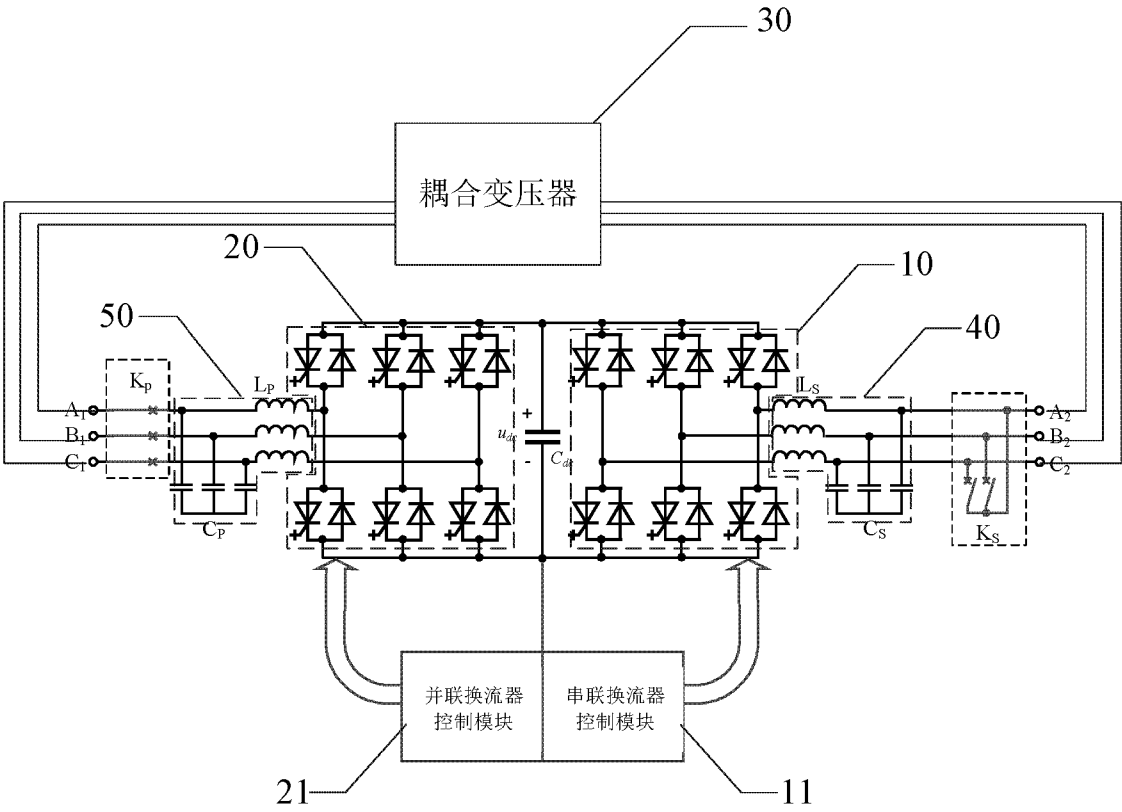


图 1

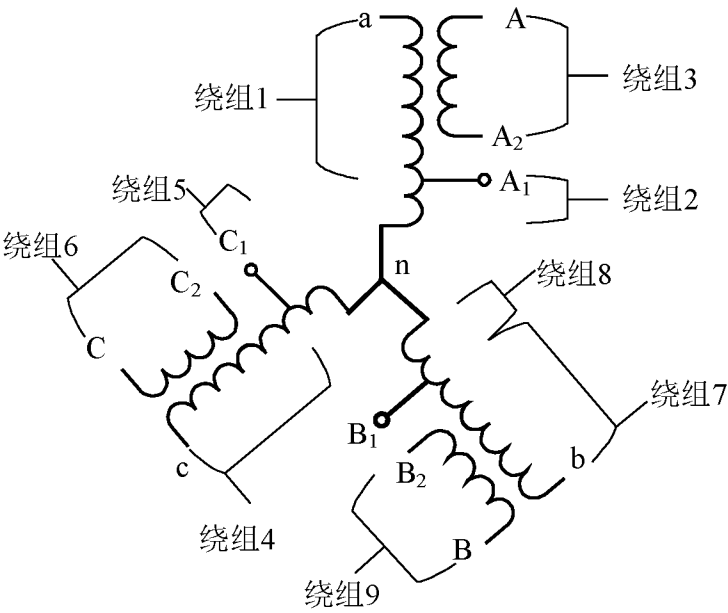


图 2



图 3A

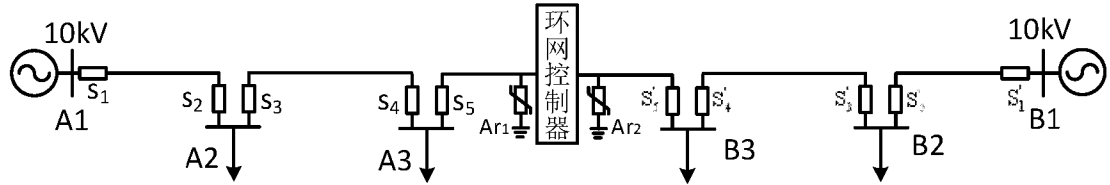


图 3B

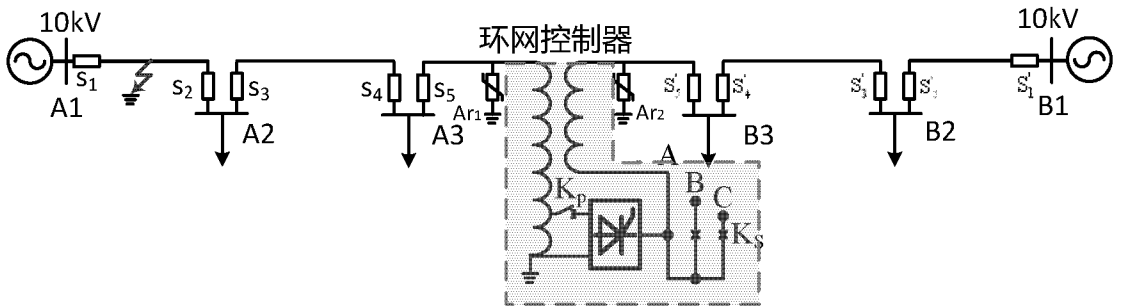


图 3C

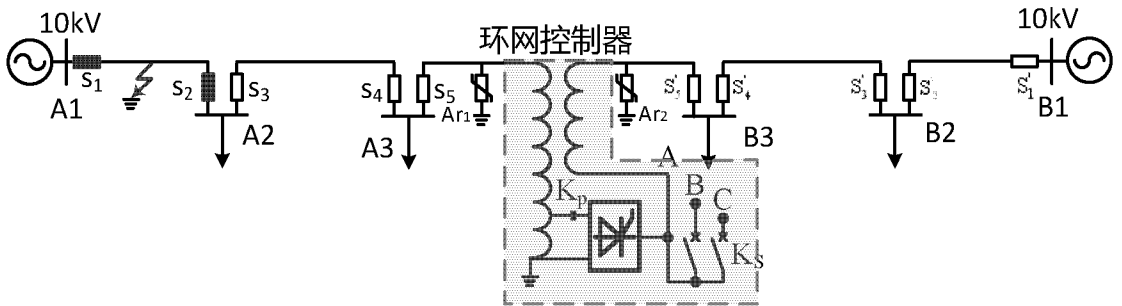


图 3D

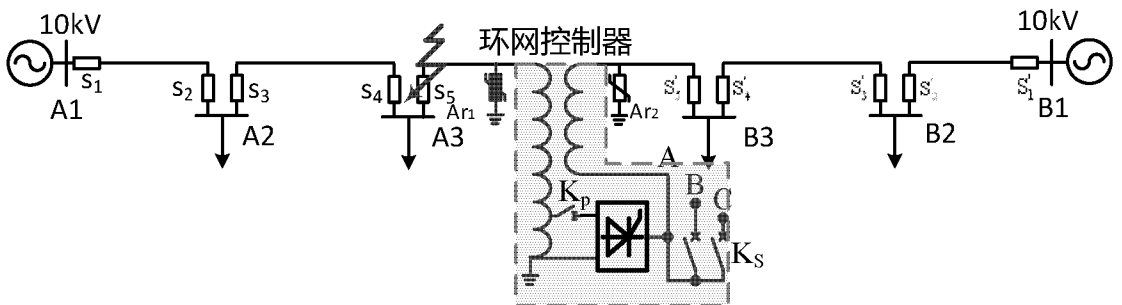


图 3E

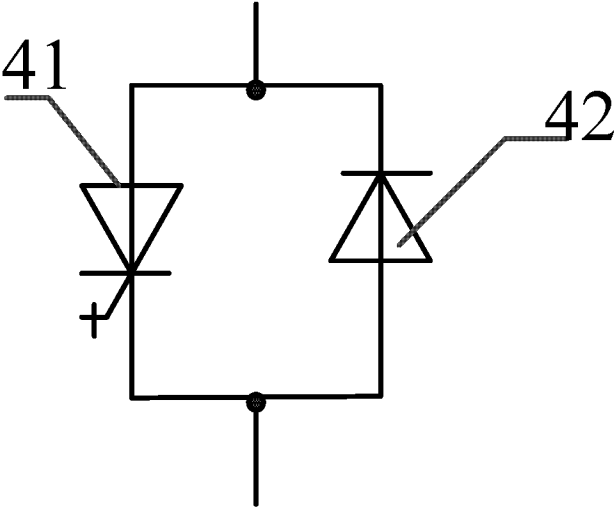


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/095854

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02H 7/26(2006.01)i; H02J 3/18(2006.01)i; H02J 3/06(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)

H02 J3/-; H02H 7/-

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; CNTXT; SIPOABS; DWPI; CNKI: 全球能源互联网研究院, 国家电网, 环网控制器, 环网, 合环, 耦合变压, 自耦变压, 换流器, 变流, 整流, 逆变, 串联换流, 并联换流, 统一潮流, 统一电能质量, 电压源换流器, 有功, 无功, loop+, network, UPQC, UPFC, SVC, MMC, series, parallel+, modular multilevel converter?, unified power quality conditioner, APF, active power filter, convert+, invert+, transformer?, voltage

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106786643 A (HUNAN UNIVERSITY) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs [0004]-[0037], and figures 1 and 2	1-10
A	CN 104135012 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA ET AL.) 05 November 2014 (2014-11-05) entire document	1-10
A	CN 103545787 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF GUANGDONG POWER GRID CORPORATION ET AL.) 29 January 2014 (2014-01-29) entire document	1-10
A	CN 103066599 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 24 April 2013 (2013-04-24) entire document	1-10
A	CN 106921172 A (SMART GRID RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID ET AL.) 04 July 2017 (2017-07-04) entire document	1-10

☐ 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

21 February 2019

Date of mailing of the international search report

15 March 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/095854

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106786643	A	31 May 2017	None			
CN	104135012	A	05 November 2014	None			
CN	103545787	A	29 January 2014	CN	103545787	B	11 January 2017
CN	103066599	A	24 April 2013	CN	103066599	B	29 April 2015
CN	106921172	A	04 July 2017	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/095854

A. 主题的分类

H02H 7/26(2006.01)i; H02J 3/18(2006.01)i; H02J 3/06(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)

H02 J3/-; H02H 7/-

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;CNTXT;SIPOABS;DWPI;CNKI: 全球能源互联网研究院, 国家电网, 环网控制器, 环网, 合环, 耦合变压, 自耦变压, 换流器, 变流, 整流, 逆变, 串联换流, 并联换流, 统一潮流, 统一电能质量, 电压源换流器, 有功, 无功, loop+, network, UPQC, UPFC, SVC, MMC, series, parallel+, modular multilevel converter?, unified power quality conditioner, APF, active power filter, convert+, invert+, transformer?, voltage

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	CN 106786643 A (湖南大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0004]-[0037]段, 附图1、2	1-10
A	CN 104135012 A (国家电网公司 等) 2014年 11月 5日 (2014 - 11 - 05) 全文	1-10
A	CN 103545787 A (广东电网公司电力科学研究院 等) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 全文	1-10
A	CN 103066599 A (清华大学) 2013年 4月 24日 (2013 - 04 - 24) 全文	1-10
A	CN 106921172 A (国网智能电网研究院 等) 2017年 7月 4日 (2017 - 07 - 04) 全文	1-10

☐ 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

2019年 2月 21日

国际检索报告邮寄日期

2019年 3月 15日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(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

受权官员

周凤

电话号码 (86-512) 88995873

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/095854

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	106786643	A	2017年 5月 31日	无	
CN	104135012	A	2014年 11月 5日	无	
CN	103545787	A	2014年 1月 29日	CN 103545787	B 2017年 1月 11日
CN	103066599	A	2013年 4月 24日	CN 103066599	B 2015年 4月 29日
CN	106921172	A	2017年 7月 4日	无	