

(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
2016 年 11 月 17 日 (17.11.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/179928 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/088536
- (22) 国际申请日: 2015 年 8 月 31 日 (31.08.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510245792.3 2015 年 5 月 14 日 (14.05.2015) CN
- (71) 申请人: 中国电力科学研究院 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (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: 郑飞 (ZHENG, Fei); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 陈梅 (CHEN, Mei); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 张晓琳 (ZHANG, Xiaol-

in); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 张军军 (ZHANG, Junjun); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 黄晶生 (HUANG, Jingsheng); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 陈志磊 (CHEN, Zhilei); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 董玮 (DONG, Wei); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。

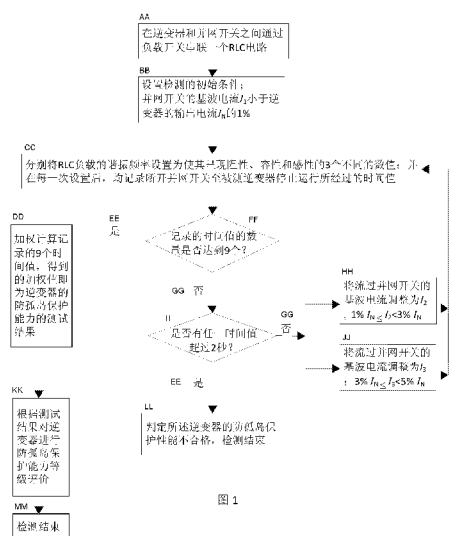
(74) 代理人: 北京安博达知识产权代理有限公司 (AM-BOYNA INTELLECTUAL PROPERTY AGENT CO.,LTD.); 中国北京市海淀区大钟寺 13 号院 1 号楼华杰大厦 B215 号, Beijing 100098 (CN)。

(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, 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,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR DETECTING ISLANDING PROTECTION PERFORMANCE OF INVERTER

(54) 发明名称: 一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法



(57) Abstract: A method for detecting an islanding protection performance of an inverter. An RLC circuit is connected in series between an inverter and a grid-connected switch, the resonant frequency of an RLC load is set to make same present three different values, namely a resistive value, a capacitive value and an inductive value, and every time a fundamental wave current value of the grid-connected switch is set as different values, a time value from turn-off of the grid-connected switch to stop of the detected inverter is recorded; and weighted calculation is performed so as to obtain an islanding protection capability test result and grade evaluation of the inverter. The detection method solves the problem of difficulty in fine evaluation of an islanding protection capability of a photovoltaic inverter, comprehensively and objectively reflects an islanding protection performance of the inverter, effectively avoids a phenomenon of incorrect reflection of islanding protection capabilities of some inverters designed for characteristic loads, provides technical support for an existing method for detecting an islanding protection performance, and further enriches and perfects relevant standard systems in the field of islanding protection performance detection.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/179928 A1



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

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)。

- (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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法, 通过在逆变器和并网开关之间串联一个 RLC 电路, 在将 RLC 负载的谐振频率设置为使其呈现阻性、容性和感性的三个不同的数值且每次将并网开关的基波电流值设置为不同的值后, 记录断开并网开关至被测逆变器停止运行的时间值; 并对其加权计算得到逆变器的防孤岛保护能力的测试结果及等级评价。该检测方法解决了光伏逆变器防孤岛保护能力难以精细化评估的难题; 全面且客观地反映了逆变器防孤岛保护性能; 同时有效避免了部分逆变器针对特性负载设计无法正确反映逆变器防孤岛能力的现象, 为现有防孤岛保护性能检测方法提供技术支撑, 进一步丰富完善了防孤岛保护性能检测领域相关标准体系。

一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法

技术领域

本发明涉及光伏并网逆变器检测领域，具体涉及一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法。

背景技术

当公共电网突然停止供电时，与电网相连的分布式光伏发电系统未能及时检测出电网的停电状态而继续工作，从而形成一个自给供电孤岛。光伏并网发电系统处于孤岛运行状态时会产生严重的后果，如孤岛中的电压和频率无法控制，可能会对用户的设备造成损坏；孤岛中的线路仍然带电，可能会危及检修人员的人身安全；影响电网系统保护开关动作时序；电力公司恢复供电时，由于相位不同步产生大的冲击电流等问题。目前，国内外均制订了相应的防孤岛保护性能检测标准和检测流程。

目前国内外关于防孤岛保护性能检测领域，在初始测试条件中对于流过并网开关的基波电流仅考虑了大小及单一区间，导致部分逆变器针对特性负载设计无法正确反映逆变器防孤岛能力；同时无法全面且精细化地反映逆变器防孤岛保护性能。

发明内容

有鉴于此，本发明提供一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法，解决了光伏逆变器防孤岛保护能力难以精细化评估的难题；全面且客观地反映了逆变器防孤岛保护性能；同时有效避免了部分逆变器针对特性负载设计无法正确反映逆变器防孤岛能力的现象，为现有防孤岛保护性能检测方法提供技术支撑，进一步丰富完善了防孤岛保护性能检测领域相关标准体系。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法，待测的逆变器通过闭合的并网开关连接至配电网，所述方法包括如下步骤：

步骤 1. 在所述逆变器和所述并网开关之间通过负载开关串联一个 RLC 电

路；其中，RLC 负载包括并联的电感、电容和电阻；

步骤 2. 设置检测的初始条件，并将所述并网开关的基波电流 I_1 设置为小于所述被测逆变器的输出电流 I_N 的 1%；

步骤 3. 分别将所述 RLC 负载的谐振频率设置为使其呈现阻性、容性和感性的 3 个不同的数值；并在每一次设置后，均记录断开所述并网开关至所述被测逆变器停止运行所经过的时间值；

步骤 4. 若任何一个所述时间值超过 2 秒，则判定所述逆变器的防孤岛保护性能不合格，检测结束；

若所述时间值均未超过 2 秒，则分别将流过所述并网开关的基波电流调整为 I_2 和 I_3 ；并在每次调整后，均重复步骤 I-3，直到记录的时间值的数量为 9 个；其中， $1\% I_N \leq I_2 < 3\% I_N$ ， $3\% I_N \leq I_3 < 5\% I_N$ ；

步骤 5. 加权计算记录的 9 个时间值，得到的加权值即为所述逆变器的防孤岛保护能力的测试结果，并根据所述测试结果对所述逆变器进行防孤岛保护能力等级评价。

优选的，所述步骤 2 之前，包括：

在所述并网开关与所述配电网之间连接有功率测试装置。

优选的，所述步骤 2 中的检测的初始条件，还包括：

2-1. 用所述功率检测装置测量所述逆变器的有功功率和无功功率的输出值；

2-2. 设置所述 RLC 电路中由 L 支路和 C 支路并联而成的 LC 电路消耗的无功功率值等于所述逆变器发出的无功功率值；并设置所述 RLC 电路消耗的有功功率值等于所述逆变器发出的有功功率值；

2-3. 设置所述 RLC 负载的品质因数为 1 ± 0.2 。

优选的，所述步骤 3 中的 3 个不同的所述 RLC 负载的谐振频率值分别为使

所述 RLC 负载呈现阻性的 f_1 、容性的 f_2 和感性的 f_3 ;

且 $49.9\text{Hz} \leq f_1 < 50.1\text{Hz}$ 、 $50.1\text{Hz} \leq f_2 < 50.2\text{Hz}$ 、 $47.5\text{Hz} \leq f_3 < 49.9\text{Hz}$ 。

优选的,所述在每一次设置后,均记录断开所述并网开关至所述被测逆变器停止运行所经过的时间值,包括:

3-1. 当所述 RLC 负载的谐振频率值为 f_1 时,断开所述并网开关,并记录断开所述并网开关至所述逆变器停止运行所经过的时间值,再闭合所述并网开关;

3-2. 当所述 RLC 负载的谐振频率值为 f_2 时,断开所述并网开关,并记录断开所述并网开关至所述逆变器停止运行所经过的时间值,再闭合所述并网开关;

3-3. 当所述 RLC 负载的谐振频率值为 f_3 时,断开所述并网开关,并记录断开所述并网开关至所述逆变器停止运行所经过的时间值,再闭合所述并网开关。

优选的,所述步骤 5 中的加权值为所述 9 个时间值的平均值或均方根值;所述加权值越小,所述逆变器的防孤岛保护能力等级评价越高。

从上述的技术方案可以看出,本发明提供了一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法,通过在逆变器和并网开关之间串联一个 RLC 电路,在将 RLC 负载的谐振频率设置为使其呈现阻性、容性和感性的三个不同的数值且每次将并网开关的基波电流值设置为不同的值后,记录断开并网开关至被测逆变器停止运行的时间值;并对其加权计算得到逆变器的防孤岛保护能力的测试结果及等级评价。本发明提出的检测方法解决了光伏逆变器防孤岛保护能力难以精细化评估的难题;全面且客观地反映了逆变器防孤岛保护性能;同时有效避免了部分逆变器针对特性负载设计无法正确反映逆变器防孤岛能力的现象,为现有防孤岛保护性能检测方法提供技术支撑,进一步丰富完善了防孤岛保护性能检测领域相关标准体系。

与最接近的现有技术比,本发明提供的技术方案具有以下优异效果:

1、本发明所提供的技术方案中,充分考虑初始条件中流过并网开关的基波电流大小分别为逆变器输出电流 0~1%、1%~3%、3%~5%三个变化区间段对逆变器防孤岛保护性能检测时间的影响,将流过并网开关的基波电流划分为三个不同区间,能够更加客观地反映逆变器防孤岛保护性能。

2、本发明所提供的技术方案，通过将 RLC 负载谐振变化引入逆变器防孤岛保护性能检测方法中，能够全面且有效地检测逆变器防孤岛保护性能，从而提交了检测的可靠性。

3、本发明所提供的技术方案，通过引入代表阻性、容性和感性的三种负载谐振频率区间作为关键测试条件，在 9 种测试区间下对逆变器当孤岛能力开展精细化测试，有效避免了部分逆变器针对某一种或多种特性负载设计时，无法正确反映逆变器防孤岛能力的现象，提供了检测的准确性。

4、本发明所提供的技术方案，通过在精细化检测的基础上对 9 种测试结果进行加权综合评估，首次解决了光伏逆变器防孤岛保护能力难以精细化评估的难题。

5、本发明所提供的技术方案，为现有防孤岛保护性能检测方法提供技术支撑，能够进一步丰富完善国内外防孤岛保护性能检测领域相关标准体系。

6、本发明提供的技术方案，应用广泛，具有显著的社会效益和经济效益。

附图说明

图 1 是本发明的逆变器防孤岛保护性能的检测方法的流程图；

图 2 是本发明的实施例的防孤岛保护性能测试方法的接线示意图；

图 3 是本发明的应用例的防孤岛保护性能仿真测试方案的示意图；

图 4 是本发明的应用例的不同负载阻抗特性下的某光伏逆变器 A 防孤岛保护性能检测时间趋势图；

图 5 是本发明的应用例的不同负载阻抗特性下的某光伏逆变器 B 防孤岛保护性能检测时间趋势图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

如图 1 所示，本发明提供了一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法，待测的

逆变器通过闭合的并网开关 K2 连接至配电网，该方法包括如下步骤：

步骤 1. 在逆变器和并网开关 K2 之间通过负载开关串联一个 RLC 电路；其中，RLC 负载包括并联的电感、电容和电阻；

步骤 2. 设置检测的初始条件，并将并网开关 K2 的基波电流 I_1 设置为小于被测逆变器的输出电流 I_N 的 1%；

步骤 3. 分别将 RLC 负载的谐振频率设置为使其呈现阻性、容性和感性的 3 个不同的数值；并在每一次设置后，均记录断开并网开关 K2 至被测逆变器停止运行所经过的时间值；

步骤 4. 若任何一个时间值超过 2 秒，则判定逆变器的防孤岛保护性能不合格，检测结束；

若时间值均未超过 2 秒，则分别将流过并网开关 K2 的基波电流调整为 I_2 和 I_3 ；并在每次调整后，均重复步骤 1-3，直到记录的时间值的数量为 9 个；其中， $1\% I_N \leq I_2 < 3\% I_N$ ， $3\% I_N \leq I_3 < 5\% I_N$ ；

步骤 5. 加权计算记录的 9 个时间值，得到的加权值即为逆变器的防孤岛保护能力的测试结果，并根据测试结果对逆变器进行防孤岛保护能力等级评价。

其中，步骤 2 之前，包括：

在并网开关 K2 与配电网之间连接有功率测试装置。

其中，步骤 2 中的检测的初始条件，还包括：

2-1. 用功率检测装置测量逆变器的有功功率和无功功率的输出值；

2-2. 设置 RLC 电路中由 L 支路和 C 支路并联而成的 LC 电路消耗的无功功率值等于逆变器发出的无功功率值；并设置 RLC 电路消耗的有功功率值等于逆变器发出的有功功率值；

2-3. 设置 RLC 负载的品质因数为 1 ± 0.2 。

其中，步骤 3 中的 3 个不同的 RLC 负载的谐振频率值分别为使 RLC 负载呈现阻性的 f_1 、容性的 f_2 和感性的 f_3 ；

且 $49.9\text{Hz} \leq f_1 < 50.1\text{Hz}$ 、 $50.1\text{Hz} \leq f_2 < 50.2\text{Hz}$ 、 $47.5\text{Hz} \leq f_3 < 49.9\text{Hz}$ 。

其中，在并网开关 K2 的基波电流 I_1 小于被测逆变器的输出电流 I_N 的 1% 时，记录断开并网开关 K2 至被测逆变器停止运行所经过的时间值 t_1 、 t_2 和 t_3 ，包括：

3-1. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_1 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网

开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_1 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_1 > 2s$ ，则结束测试，该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》；若 $t_1 \leq 2s$ ，则继续 3-2；

3-2. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_2 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_2 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_2 > 2s$ ，则结束测试，该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》；若 $t_2 \leq 2s$ ，则继续 3-3；

3-3. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_3 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_3 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_3 > 2s$ ，则结束测试，该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》；若 $t_3 \leq 2s$ ，则继续 4-1；

其中，在并网开关 K2 的基波电流为 I_2 ，且 $1\% I_N \leq I_2 < 3\%$ 时，记录断开并网开关 K2 至被测逆变器停止运行所经过的时间值 t_4 、 t_5 和 t_6 ，包括：

4-1. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_1 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_4 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_4 > 2s$ ，则结束测试，该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》；若 $t_4 \leq 2s$ ，则继续 4-2；

4-2. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_2 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_5 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_5 > 2s$ ，则结束测试，该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》；若 $t_5 \leq 2s$ ，则继续 4-3；

4-3. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_3 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_6 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_6 > 2s$ ，则结束测试，该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》；若 $t_6 \leq 2s$ ，则继续 5-1；

其中，在并网开关 K2 的基波电流为 I_3 ，且 $3\% I_N \leq I_3 < 5\% I_N$ 时，记录断开并网开关 K2 至被测逆变器停止运行所经过的时间值 t_7 、 t_8 和 t_9 ，包括：

5-1. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_1 时，断开并网开关 K2，并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_7 ，再闭合并网开关 K2；若 $t_7 > 2s$ ，则

结束测试, 该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》;
若 $t_7 \leq 2s$, 则继续 5-2;

5-2. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_2 时, 断开并网开关 K2, 并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_8 , 再闭合并网开关 K2; 若 $t_8 > 2s$, 则结束测试, 该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》;
若 $t_8 \leq 2s$, 则继续 5-3;

5-3. 当 RLC 负载的谐振频率值为 f_3 时, 断开并网开关 K2, 并记录断开并网开关 K2 至逆变器停止运行所经过的时间值 t_9 , 再闭合并网开关 K2; 若 $t_9 > 2s$, 则结束测试, 该逆变器不符合 GB/T29319《光伏发电系统接入配电网技术规定》;
若 $t_9 \leq 2s$, 则将记录的 9 个时间值列入表 1 中:

表 1 逆变器防孤岛保护性能测试结果记录表

流过并网开关的 基波电流与逆变器 输出电流比值	RLC 负载谐振频率 为 49.9~50.1Hz 时防孤岛保护性能 检测时间	RLC 负载谐振频率 为 50.1~50.2Hz 时防孤岛保护性能 检测时间	RLC 负载谐振频率 为 47.5~49.9Hz 时防孤岛保护性能 检测时间
<1%	t_1	t_2	t_3
1%~3%	t_4	t_5	t_6
3%~5%	t_7	t_8	t_9

其中, 步骤 5 中的加权值为 9 个时间值的平均值或均方根值。

步骤 5 的加权值越小, 逆变器的防孤岛保护能力等级评价越高。

本发明的应用例分别以采用现有典型主动移相式防孤岛保护方法和主动移频式防孤岛保护方法的逆变器 A 和逆变器 B 为例, 对该两台 100kW 光伏并网逆变器在 Matlab/Simulink 环境下进行防孤岛仿真检测, 记录基于 RLC 电路阻抗特性模拟负载谐振频率及基波电流变化等不同测试工况时逆变器防孤岛保护性能检测结果, 评价逆变器的防孤岛性能。

如图 2 及图 3 所示, 光伏并网逆变器发电功率为 100%额定功率, 配置 RLC 负载, 闭合负载开关 K1 和并网开关 K2, 使通过并网开关 K2 的基波电流大小分别为光伏逆变器输出电流的 0~1%、1%~3%、3%~5%, 且在流过 K2 的基波电流大小和 RLC 负载品质因数不变的情况下, 调整 RLC 负载分别为容性、阻性和感

性,即负载谐振频率分别为 50.1Hz~50.2Hz 、49.9Hz~50.1Hz、和 47.5Hz~49.9Hz,记录上述测试条件下并网开关 K2 断开时光伏并网逆变器防孤岛保护性能检测时间。

如图 4 所示,逆变器 A 采用主动移相防孤岛保护方法时,流过并网开关 K2 的基波电流大小不同且 RLC 负载特性不同时,逆变器防孤岛保护性能检测结果。可以发现:

(1) RLC 负载呈现阻性时,谐振频率为 50Hz,流过并网开关 K2 的基波电流小于输出电流 5%时,流过并网开关 K2 的基波电流大小对逆变器防孤岛保护性能检测时间基本无影响。

(2) RLC 负载呈现感性时,谐振频率小于 50Hz,流过并网开关 K2 的基波电流小于输出电流 5%时,流过并网开关 K2 的基波电流越大,谐振频率偏离 50Hz 越远,甚至超出标准规定的 47.5Hz,且谐振频率在 47.5Hz~50Hz 之间时,防孤岛保护性能检测时间随谐振频率偏离 50Hz 不断减小,谐振频率小于 47.5Hz 时,防孤岛保护性能检测时间基本不变。

(3) RLC 负载呈现容性时,谐振频率大于 50Hz,流过并网开关 K2 的基波电流小于输出电流 5%时,基波电流越大,谐振频率偏离 50Hz 越远,甚至超出标准规定的 50.2Hz,且谐振频率在 50Hz~50.2Hz 之间时,防孤岛保护性能检测时间随谐振频率偏离 50Hz 不断减小,谐振频率大于 50.2Hz 时,逆变器防孤岛保护性能检测时间基本不变。

(4) 对于相同大小的基波电流,均存在下述现象:负载为阻性,谐振频率为 50Hz 时,防孤岛保护性能检测时间最长,负载为容性或感性,谐振频率偏离 50Hz,且偏离 50Hz 越远,检测时间越短,即出现检测结果合格的几率更大,该检测结果也不具有客观性。

如图 5 所示,逆变器 B 采用主动移频式防孤岛保护方法时,流过并网点基波电流不同和 RLC 负载特性不同时,逆变器防孤岛保护性能检测结果,其实实验现象与逆变器 A 检测结果相似。

对上述两种逆变器开展防孤岛能力评价,表 2 为逆变器 A 防孤岛能力测试结果记录表,表 3 为逆变器 B 防孤岛能力测试结果记录表,对两种逆变器测试结果分别进行加权计算,可以得到对逆变器 A 防孤岛保护能力评价值为 0.0719,

对逆变器 B 防孤岛保护能力评价值为 0.0972。说明逆变器 A 的防孤岛保护能力优于逆变器 B 的防孤岛保护能力。

表 2 逆变器 A 防孤岛能力测试结果记录表

流过并网开关的 基波电流与逆变器 输出电流比值	RLC 负载谐振频 率为 49.9~50.1Hz 时防孤岛保护性 能检测时间	RLC 负载谐振频 率为 50.1~50.2Hz 时防孤岛保护性 能检测时间	RLC 负载谐振频 率为 49.5~49.9Hz 时防孤岛保护性 能检测时间
<1%	0.120	0.033	0.097
1%~3%	0.119	0.029	0.052
3%~5%	0.122	0.025	0.050

表 3 逆变器 B 防孤岛能力测试结果记录表

流过并网开关的 基波电流与逆变器 输出电流比值	RLC 负载谐振频 率为 49.9~50.1Hz 时防孤岛保护性 能检测时间	RLC 负载谐振频 率为 50.1~50.2Hz 时防孤岛保护性 能检测时间	RLC 负载谐振频 率为 49.5~49.9Hz 时防孤岛保护性 能检测时间
<1%	0.165	0.061	0.142
1%~3%	0.163	0.032	0.065
3%~5%	0.165	0.025	0.057

如图 4 和 5 所示,与现有防孤岛保护性能检测标准相比,本发明充分考虑初始条件中流过并网开关的基波电流大小分别为逆变器输出电流 0~1%、1%~3%、3%~5%三个变化区间段对逆变器防孤岛保护性能检测时间的影响,比现有标准单纯考虑 0~1%、0~3%或 0~5%等单一区间更能全面客观地反映逆变器防孤岛保护性能。当流过并网开关的基波电流为确定的阻性、容性或感性时,流过并网开关的基波电流小于逆变器输出电流 1%时,逆变器防孤岛保护性能检测时间随流过并网开关的基波电流的增大迅速减小;流过并网开关的基波电流为逆变器输出电流 1%~3%时,逆变器防孤岛保护性能检测时间随流过并网开关的基波电流增大而缓慢减小;流过并网开关的基波电流为逆变器输出电流 3%~5%时,逆变器防孤岛保护性能检测时间随流过并网开关的基波电流增大而基本不变。因此,对

于同一型号的逆变器，RLC 负载阻抗所消耗的功率不同，流过并网开关的基波电流大小不同，逆变器防孤岛保护性能检测时间也不一致。本发明提出逆变器防孤岛保护性能检测时，将流过并网开关的基波电流划分为三个不同区间，即 0~1%、1%~3%、3%~5%，能够更加客观地反映逆变器防孤岛保护性能。

并且在现有防孤岛保护性能检测中，会出现型号完全相同的两台逆变器仅仅由于流过并网开关的基波电流阻性、容性、感性等特性不一致造成一台检测合格，一台检测不合格的情况。通过本发明人研究发现：流过并网开关的基波电流呈现阻性、容性还是感性由 RLC 负载谐振频率决定，本发明的应用例中列举的逆变器，负载为阻性，谐振频率为 50Hz 时，防孤岛保护性能检测时间最长，负载为容性或感性，谐振频率偏离 50Hz，且偏离 50Hz 越远，检测时间越短，即出现检测结果合格的几率更大。因此，本发明提出将 RLC 负载谐振变化引入逆变器防孤岛保护性能检测方法中，全面检测逆变器防孤岛保护性能。

同时与现有防孤岛保护性能检测方法相比，本发明通过划分流过并网开关的基波电流为逆变器输出电流的 0~1%、1%~3%、3%~5% 共 3 个区间，并引入代表阻性、容性和感性的三种负载谐振频率区间作为关键测试条件，在 9 种测试区间下对逆变器当孤岛能力开展精细化测试，能够有效避免有的逆变器针对某一种特性负载设计、有的逆变器针对各种特性负载设计时，不能正确反映逆变器防孤岛能力的现象。现有防孤岛保护性能检测方法的检测结果均为合格或不合格，不能客观对比两种不同型号逆变器防孤岛保护性能检测能力的优劣。本发明在精细化检测的基础上对 9 种测试结果进行加权综合评估，在世界范围内首次解决了光伏逆变器防孤岛保护能力难以精细化评估的难题。

以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，而这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种逆变器防孤岛保护性能的检测方法，其特征在于，待测的逆变器通过闭合的并网开关连接至配电网，所述方法包括如下步骤：

步骤 1. 在所述逆变器和所述并网开关之间通过负载开关串联一个 RLC 电路；其中，RLC 负载包括并联的电感、电容和电阻；

步骤 2. 设置检测的初始条件，并将所述并网开关的基波电流 I_1 设置为小于所述被测逆变器的输出电流 I_N 的 1%；

步骤 3. 分别将所述 RLC 负载的谐振频率设置为使其呈现阻性、容性和感性的 3 个不同的数值；并在每一次设置后，均记录断开所述并网开关至所述被测逆变器停止运行所经过的时间值；

步骤 4. 若任何一个所述时间值超过 2 秒，则判定所述逆变器的防孤岛保护性能不合格，检测结束；

若所述时间值均未超过 2 秒，则分别将流过所述并网开关的基波电流调整为 I_2 和 I_3 ；并在每次调整后，均重复步骤 1-3，直到记录的时间值的数量为 9 个；其中， $1\% I_N \leq I_2 < 3\% I_N$ ， $3\% I_N \leq I_3 < 5\% I_N$ ；

步骤 5. 加权计算记录的 9 个时间值，得到的加权值即为所述逆变器的防孤岛保护能力的测试结果，并根据所述测试结果对所述逆变器进行防孤岛保护能力等级评价。

2、如权利要求 1 所述的检测方法，其特征在于，所述步骤 2 之前，包括：

在所述并网开关与所述配电网之间连接有功率测试装置。

3、如权利要求 2 所述的检测方法，其特征在于，所述步骤 2 中的检测的初始条件，还包括：

2-1. 用所述功率检测装置测量所述逆变器的有功功率和无功功率的输出值；

2-2. 设置所述 RLC 电路中由 L 支路和 C 支路并联而成的 LC 电路消耗的无

功率值等于所述逆变器发出的无功功率值；并设置所述 RLC 电路消耗的有功功率值等于所述逆变器发出的有功功率值；

2-3. 设置所述 RLC 负载的品质因数为 1 ± 0.2 。

4、如权利要求 1 所述的检测方法，其特征在于，所述步骤 3 中的 3 个不同的所述 RLC 负载的谐振频率值分别为使所述 RLC 负载呈现阻性的 f_1 、容性的 f_2 和感性的 f_3 ；

且 $49.9\text{Hz} \leq f_1 < 50.1\text{Hz}$ 、 $50.1\text{Hz} \leq f_2 < 50.2\text{Hz}$ 、 $47.5\text{Hz} \leq f_3 < 49.9\text{Hz}$ 。

5、如权利要求 4 所述的检测方法，其特征在于，所述在每一次设置后，均记录断开所述并网开关至所述被测逆变器停止运行所经过的时间值，包括：

3-1. 当所述 RLC 负载的谐振频率值为 f_1 时，断开所述并网开关，并记录断开所述并网开关至所述逆变器停止运行所经过的时间值，再闭合所述并网开关；

3-2. 当所述 RLC 负载的谐振频率值为 f_2 时，断开所述并网开关，并记录断开所述并网开关至所述逆变器停止运行所经过的时间值，再闭合所述并网开关；

3-3. 当所述 RLC 负载的谐振频率值为 f_3 时，断开所述并网开关，并记录断开所述并网开关至所述逆变器停止运行所经过的时间值，再闭合所述并网开关。

6、如权利要求 1 所述的检测方法，其特征在于，所述步骤 5 中的加权值为所述 9 个时间值的平均值或均方根值；所述加权值越小，所述逆变器的防孤岛保护能力等级评价越高。

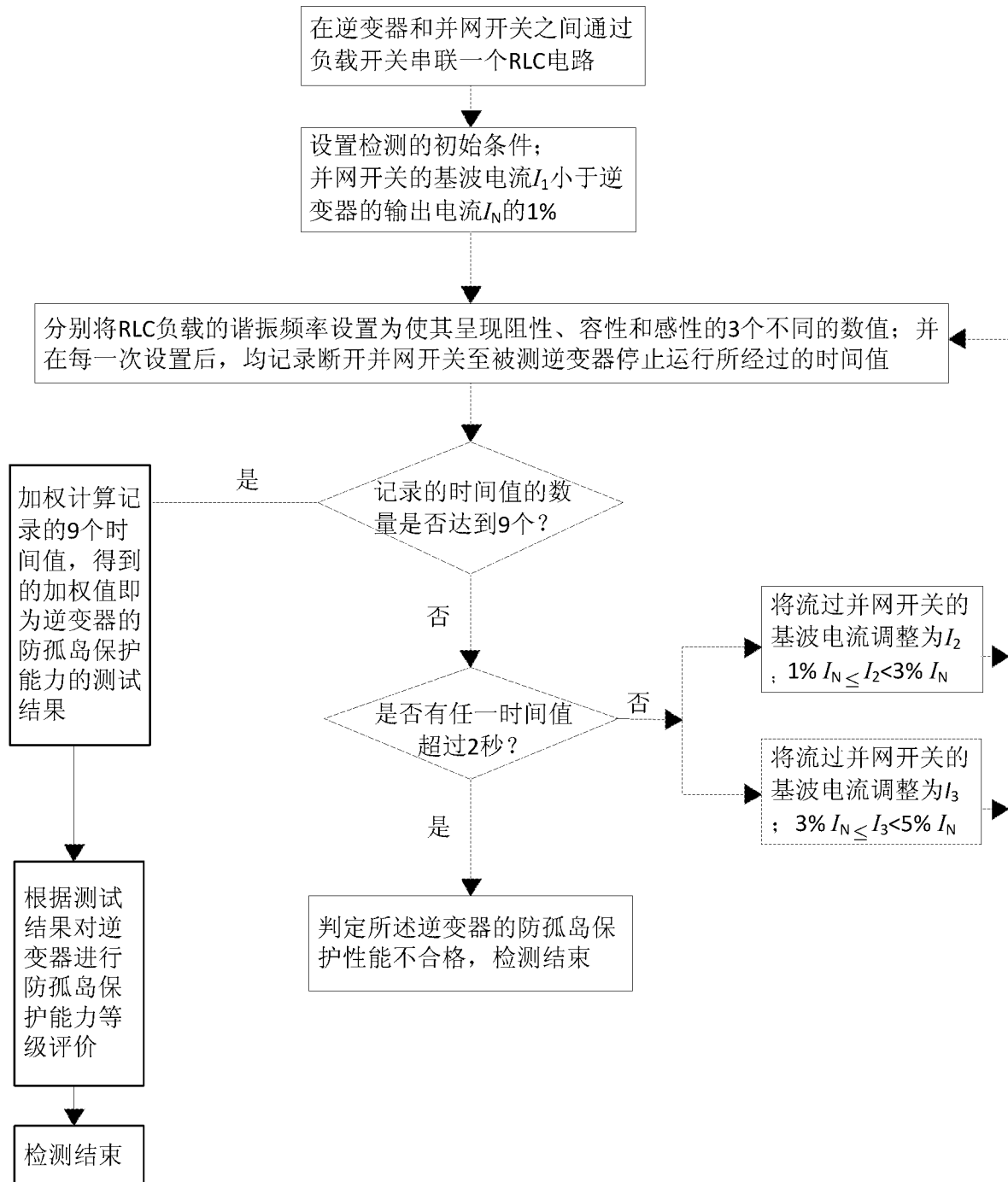


图 1

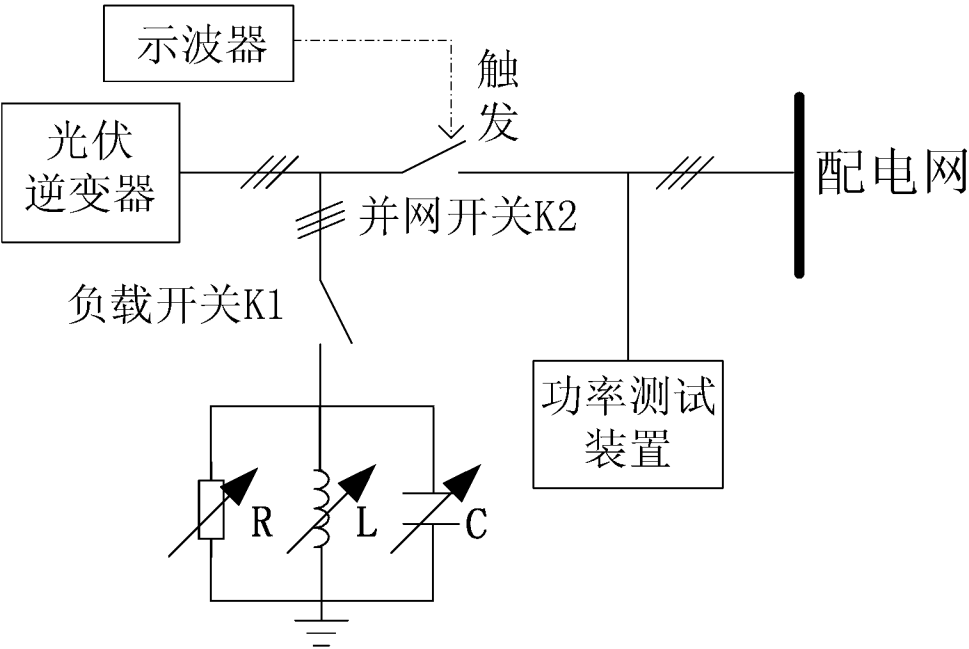


图 2

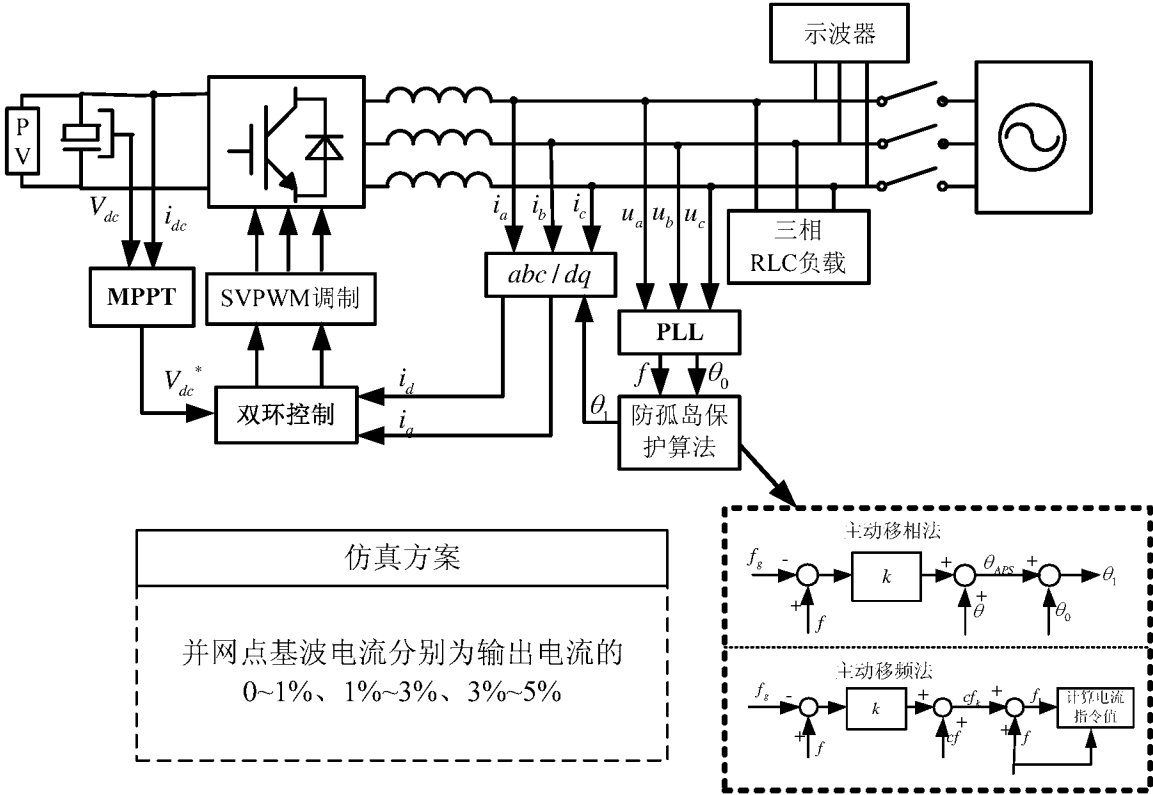


图 3

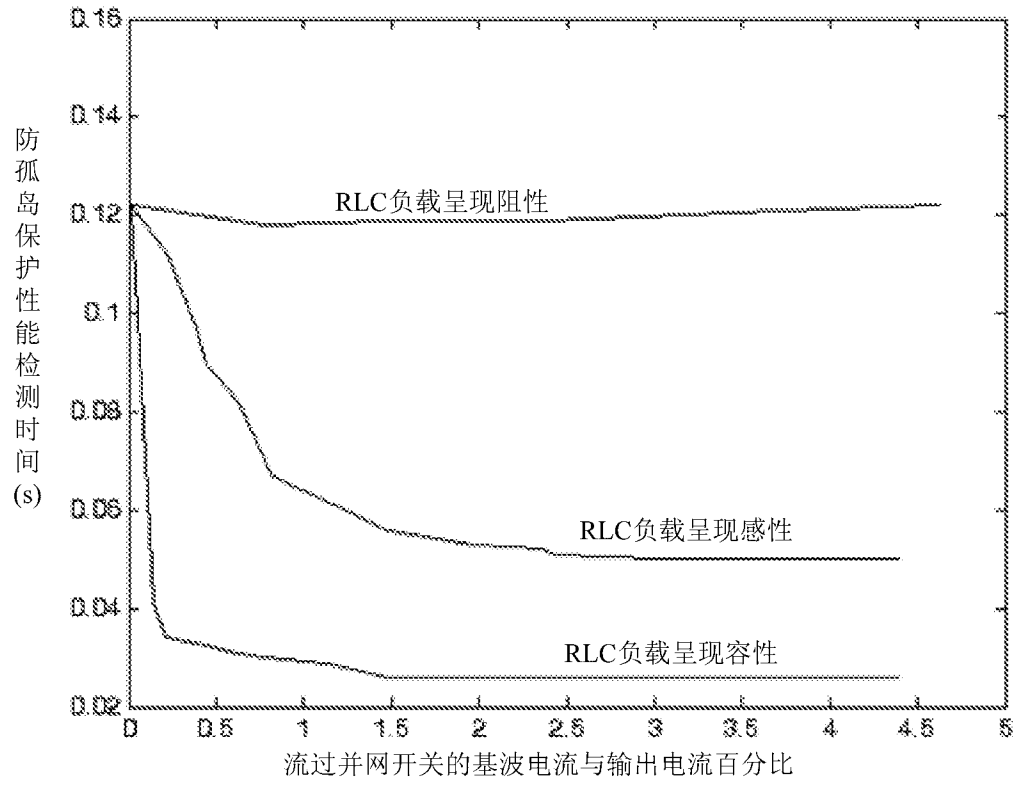


图 4

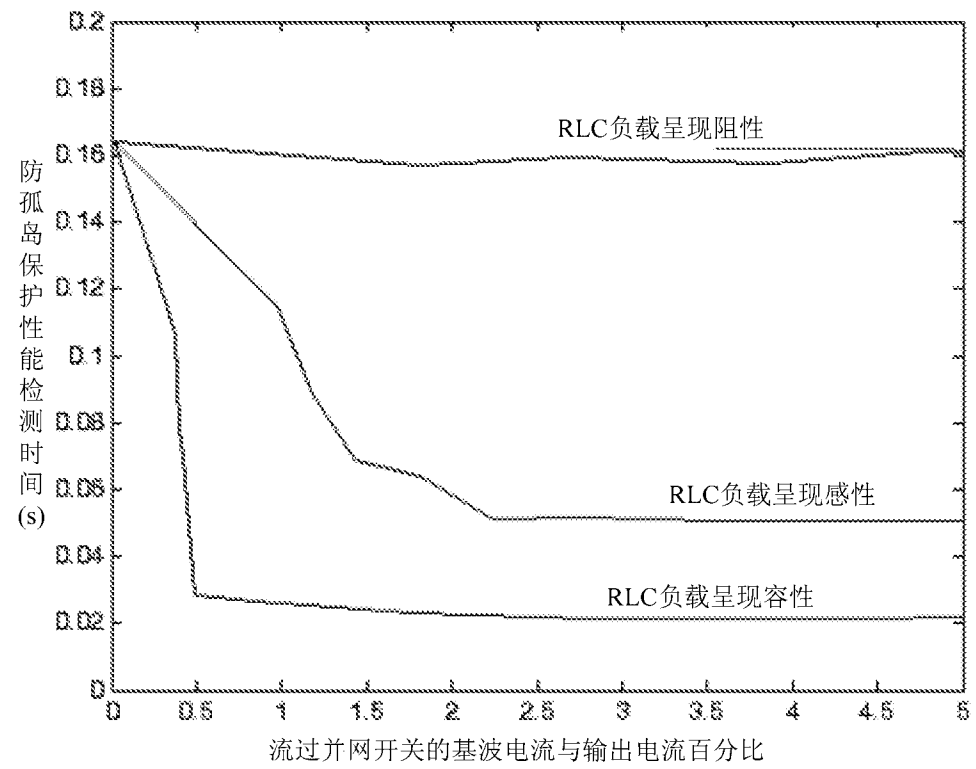


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/088536

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/00 (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)

G01R; 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)

USTXT; EPTXT; CNTXT; CNABS; WOTXT; VEN; CNKI: fundamental current, block, capacitance, sense, inverter, island, islanding, fundamental

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102590713 A (ZHEJIANG TRESS ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.), 18 July 2012 (18.07.2012), description, paragraphs 0014-0016, and figures 1-2	1-6
A	CN 103117554 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.), 22 May 2013 (22.05.2013), the whole document	1-6
A	CN 103323695 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 25 September 2013 (25.09.2013), the whole document	1-6
A	CN 103645404 A (LIAONING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 19 March 2014 (19.03.2014), the whole document	1-6
A	CN 103983880 A (SHANGHAI ELECTRICAL APPARATUS RESEARCH INSTITUTE (GROUP) CO., LTD. et al.), 13 August 2014 (13.08.2014), the whole document	1-6
A	CN 104578861 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 29 April 2015 (29.04.2015), the whole document	1-6
A	US 2013114302 A1 (ABB RESEARCH LTD.), 09 May 2013 (09.05.2013), the whole document	1-6

☒ 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 02 February 2016 (02.02.2016)	Date of mailing of the international search report 15 February 2016 (15.02.2016)
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 SUN, Yi Telephone No.: (86-10) 62085713

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/088536

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014152331 A1 (GEN ELECTRIC CO.), 05 June 2014 (05.06.2014), the whole document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/088536

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102590713 A	18 July 2012	CN 102590713 B	04 June 2014
CN 103117554 A	22 May 2013	None	
CN 103323695 A	25 September 2013	None	
CN 103645404 A	19 March 2014	None	
CN 103983880 A	13 August 2014	None	
CN 104578861 A	29 April 2015	None	
US 2013114302 A1	09 May 2013	EP 2590291 A1	08 May 2013
US 2014152331 A1	05 June 2014	CA 2833953 A1	30 May 2014
		EP 2738905 A2	04 June 2014

A. 主题的分类 G01R 31/00 (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) G01R; 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)) USTXT; EPTXT; CNTXT; CNABS; WOTXT; VEN; CNKI: 逆变器, 孤岛, 基波电流, 阻, 容, 感, inverter, island, islanding, fundamental		
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	CN 102590713 A (浙江特雷斯电子科技有限公司) 2012年 7月 18日 (2012 - 07 - 18) 说明书第0014—0016段, 附图1—2	1—6
A	CN 103117554 A (中国电力科学研究院 等) 2013年 5月 22日 (2013 - 05 - 22) 全文	1—6
A	CN 103323695 A (国家电网公司 等) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 全文	1—6
A	CN 103645404 A (辽宁工业大学) 2014年 3月 19日 (2014 - 03 - 19) 全文	1—6
A	CN 103983880 A (上海电器科学研究所集团有限公司 等) 2014年 8月 13日 (2014 - 08 - 13) 全文	1—6
A	CN 104578861 A (国家电网公司 等) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 全文	1—6
A	US 2013114302 A1 (ABB RESEARCH LTD.) 2013年 5月 9日 (2013 - 05 - 09) 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 2016年 2月 2日		国际检索报告邮寄日期 2016年 2月 15日
ISA/CN的名称和邮寄地址 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 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 孙毅 电话号码 (86-10) 62085713

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	US 2014152331 A1 (GEN ELECTRIC CO.) 2014年 6月 5日 (2014 - 06 - 05) 全文	1—6

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/088536

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	102590713	A	2012年 7月 18日	CN 102590713 B	2014年 6月 4日
CN	103117554	A	2013年 5月 22日	无	
CN	103323695	A	2013年 9月 25日	无	
CN	103645404	A	2014年 3月 19日	无	
CN	103983880	A	2014年 8月 13日	无	
CN	104578861	A	2015年 4月 29日	无	
US	2013114302	A1	2013年 5月 9日	EP 2590291 A1	2013年 5月 8日
US	2014152331	A1	2014年 6月 5日	CA 2833953 A1	2014年 5月 30日
				EP 2738905 A2	2014年 6月 4日