

(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
2024 年 3 月 7 日 (07.03.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/045569 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 27/02 (2006.01) **G01R 27/08** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/082794
- (22) 国际申请日: 2023 年 3 月 21 日 (21.03.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211071345.7 2022年8月31日 (31.08.2022) CN
- (71) 申请人: 国网河北省电力有限公司电力科学研究院 (STATE GRID HEBEI ELECTRIC POWER COMPANY ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街 238 号, Hebei 050022 (CN)。国家电网有限公司 (STATE GRID

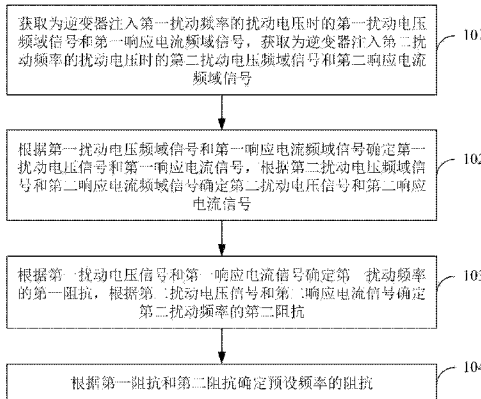
CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。国网河北能源技术服务有限公司 (STATE GRID HEBEI ENERGY TECHNOLOGY SERVICE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国河北省石家庄市新区兴安大街 200 号, Hebei 050035 (CN)。

- (72) 发明人: 孟良 (MENG, Liang); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街 238 号, Hebei 050022 (CN)。范辉 (FAN, Hui); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街 238 号, Hebei 050022 (CN)。胡雪凯 (HU, Xuekai); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街 238 号, Hebei 050022 (CN)。李铁成 (LI, Tiecheng); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街 238 号, Hebei 050022 (CN)。孟政吉 (MENG, Zhengji); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街 238 号, Hebei 050022 (CN)。苏灿 (SU, Can); 中国河北省

(54) Title: INVERTER IMPEDANCE MEASUREMENT METHOD AND APPARATUS, TERMINAL DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 逆变器阻抗测量方法、装置、终端设备及存储介质

[图 1]



- 101 Acquire a disturbance voltage frequency domain signal and a response current frequency domain signal when a disturbance voltage of a first disturbance frequency is injected to an inverter, and acquire a disturbance voltage frequency domain signal and a response current frequency domain signal when a disturbance voltage of a second disturbance frequency is injected to the inverter
- 102 Determine a first disturbance voltage signal and a first response current signal according to the first disturbance voltage frequency domain signal and the response current frequency domain signal, and determine a second disturbance voltage signal and a second response current signal according to the second disturbance voltage frequency domain signal and the response current frequency domain signal
- 103 Determine a first impedance of the first disturbance frequency according to the first disturbance voltage signal and the first response current signal, and determine a second impedance of the second disturbance frequency according to the second disturbance voltage signal and the second response current signal
- 104 Determine the impedance of a preset frequency according to the first impedance and the second impedance

(57) Abstract: An inverter impedance measurement method and apparatus, a terminal device and a storage medium, which relate to the technical field of impedance measurement. The method comprises: acquiring a disturbance voltage frequency domain signal and a response current frequency domain signal when a disturbance voltage of a first disturbance frequency is injected to an inverter, and acquiring a disturbance voltage frequency domain signal and a response current frequency domain signal when a disturbance voltage of a second disturbance frequency is injected to the inverter (101); determining a first disturbance voltage signal, a first response current

石家庄市裕华区体育南大街238号, Hebei 050022 (CN)。周文(ZHOU, Wen); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街238号, Hebei 050022 (CN)。王磊(WANG, Lei); 中国河北省石家庄市裕华区体育南大街238号, Hebei 050022 (CN)。

(74) 代理人: 北京智绘未来专利代理事务所(普通合伙) (BELJING NEWIPS INTELLECTUALPROPERTY LTD); 中国北京市海淀区上地十街1号院6号楼4层427, Beijing 100085 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

signal, a second disturbance voltage signal and a second response current signal according to the disturbance voltage frequency domain signals and the response current frequency domain signals (102); determining a first impedance of the first disturbance frequency and a second impedance of the second disturbance frequency according to the disturbance voltage signals and the response current signals (103); and determining the impedance of a preset frequency according to the first impedance and the second impedance (104). The precision of inverter impedance measurement can be improved, and the accuracy of subsequent dynamic characteristic analysis of the inverter can thus be improved.

(57) 摘要: 一种逆变器阻抗测量方法、装置、终端设备及存储介质, 属于阻抗测量技术领域。该方法包括: 获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的扰动电压频域信号和响应电流频域信号; 获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的扰动电压频域信号和响应电流频域信号 (101); 根据上述扰动电压频域信号和响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号, 以及第二扰动电压信号和第二响应电流信号 (102); 根据上述扰动电压信号和响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗, 以及第二扰动频率的第二阻抗 (103); 根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗 (104)。能够提高对逆变器阻抗测量的精度, 进而提高后续对逆变器的动态特性分析的准确性。

说明书

发明名称：逆变器阻抗测量方法、装置、终端设备及存储介质 技术领域

[0001] 本申请涉及阻抗测量技术领域，具体涉及一种逆变器阻抗测量方法、装置、终端设备及存储介

背景技术

[0002] 电力电子设备例如逆变器等具有灵活可控的优点，可以显著增强电力系统的调控能力，大量新型设备通过电力电子设备接入电网输配电网络，电网电力电子化程度不断提高。

[0003] 然而，电力电子设备动态特性复杂，非线性程度强，给电力电子化电力系统的暂态稳定分析带来了严峻的挑战，因此，对电力电子设备在电网中的动态特性的研究十分重要。端口阻抗能够较全面表征电力电子设备例如逆变器的动态特征，可以利用阻抗结果分析逆变器的动态特性。

[0004] 现有的阻抗测量方法通常在逆变器端口施加扰动，并直接将扫频点对应的测量结果作为阻抗结果，而由于电力系统的不确定性较高，导致上述方法得到的阻抗结果的精度较低，进而降低了后续对逆变器的动态特性分析的准确性。

发明内容

[0005] 有鉴于此，本申请实施例提供了一种逆变器阻抗测量方法、装置、终端设备及存储介质，以解决现有的逆变器阻抗测量方法的测量精度较低，进而降低了后续对逆变器的动态特性分析的准确性的技术问题。

[0006] 第一方面，本申请实施例提供了一种逆变器阻抗测量方法，包括：获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号；根据第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号；第一扰

动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率；根据第一扰动电压信号和第一响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，根据第二扰动电压信号和第二响应电流信号确定第二扰动频率的第二阻抗；根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗。

[0007] 在第一方面的一种可能的实施方式中，获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，包括：获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号；分别对第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；分别对第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0008] 在第一方面的一种可能的实施方式中，扰动电压为三相扰动电压；获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号，包括：根据预设采样频率，获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号；根据预设采样频率，获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号；分别对第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号；分别对第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号；

[0009] 相应的，分别对第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号进行离散傅里

叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；分别对第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，包括：分别对坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；分别对坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0010] 在第一方面的一种可能的实施方式中，根据第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号，包括：分别对第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号进行信号提取，确定第一扰动频率的第一扰动电压信号和第一响应电流信号；分别对第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号进行信号提取，确定第二扰动频率的第二扰动电压信号和第二响应电流信号。

[0011] 在第一方面的一种可能的实施方式中，根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗，包括：对第一阻抗和第二阻抗进行均值计算，确定预设频率的阻抗。

[0012] 在第一方面的一种可能的实施方式中，逆变器阻抗测量方法还包括：将预设扫频区间的多个等间距的目标频率依次作为预设频率，执行上述对预设频率的阻抗的确定步骤，得到预设扫频区间内的各个等间距的目标频率的阻抗；针对预设扫频区间内的每个等间距的目标频率，确定该目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率；根据第一频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第一变化斜率；根据第二频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第二变化斜率；判断第一变化斜率和第二变化斜率之差的绝对值是否大于预设阈值，若是，则对该目标频率的阻抗进行校正。

[0013] 在第一方面的一种可能的实施方式中，在第一变化斜率和第二变化斜率之差的绝对值大于预设阈值时，对该目标频率的阻抗进行校正，包括：根据第一变化斜率对应的直线与第二变化斜率对应的直线的交点的取值，确定该目标频率的校正后的阻抗。

- [0014] 第二方面，本申请实施例提供了一种逆变器阻抗测量装置，包括：
- [0015] 获取模块，用于获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。
- [0016] 第一确定模块，用于根据第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号；第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率。
- [0017] 第二确定模块，用于根据第一扰动电压信号和第一响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，根据第二扰动电压信号和第二响应电流信号确定第二扰动频率的第二阻抗。
- [0018] 第三确定模块，用于根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗。
- [0019] 第三方面，本申请实施例提供了一种终端设备，包括存储器和处理器，存储器中存储有可在处理器上运行的计算机程序，处理器执行计算机程序时实现如第一方面任一项所述的逆变器阻抗测量方法。
- [0020] 第四方面，本申请实施例提供了一种计算机可读存储介质，计算机可读存储介质存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现如第一方面任一项所述的逆变器阻抗测量方法。
- [0021] 第五方面，本申请实施例提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在终端设备上运行时，使得终端设备执行上述第一方面中任一项所述的逆变器阻抗测量方法。
- [0022] 可以理解的是，上述第二方面至第五方面的有益效果可以参见上述第一方面中的相关描述，在此不再赘述。
- [0023] 本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法、装置、终端设备及存储介质，通过获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号，以及为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，根据上述扰动电压频域信号和响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号，以及确定第二扰动电

压信号和第二响应电流信号，其中，第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率，根据上述扰动电压信号和响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，以及确定第二扰动频率的第二阻抗，根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗，对预设频率两侧的扰动频率的阻抗做均值计算并将该均值作为预设频率的阻抗，可以提高预设频率的阻抗的精度，即能够提高对逆变器阻抗测量的精度，进而提高后续对逆变器的动态特性分析的准确性。

[0024] 应当理解的是，以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的，并不能限制本说明书。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1是本申请一实施例提供的逆变器阻抗测量方法的流程示意图；

[0027] 图2是本申请一实施例提供的逆变器与扰动电压源的电路连接示意图；

[0028] 图3是本申请另一实施例提供的逆变器阻抗测量方法的流程示意图；

[0029] 图4是本申请再一实施例提供的逆变器阻抗测量方法的流程示意图；

[0030] 图5是本申请又一实施例提供的逆变器阻抗测量方法的流程示意图；

[0031] 图6是采用现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的对比伯德图；

[0032] 图7是采用现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的增益相对误差的绝对值的示意图；

[0033] 图8是采用现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的相位相对误差的绝对值的示意图；

[0034] 图9是采用本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的对比伯德图；

[0035] 图10是采用本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的增益相对误差的绝对值的示意图；

[0036] 图11是采用本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的相位相对误差的绝对值的示意图；

[0037] 图12是本申请一实施例提供的逆变器阻抗测量装置的结构示意图；

[0038] 图13是本申请一实施例提供的终端设备的结构示意图。

实施方式

[0039] 下面结合具体实施例对本申请进行更清楚的说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本申请的作用，但并不以任何形式限制本申请。应当指出的是，对本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进。这些都属于本申请的保护范围。

[0040] 应当理解，当在本申请说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

[0041] 还应当理解，在本申请说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合，并且包括这些组合。

[0042] 在本申请说明书和所附权利要求书的描述中，术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0043] 在本申请说明书中描述的参考“一个实施例”或“一些实施例”等意味着在本申请的一个或多个实施例中包括结合该实施例描述的特定特征、结构或特点。由此，在本说明书中的不同之处出现的语句“在一个实施例中”、“在一些实施例中”、“在其他一些实施例中”、“在另外一些实施例中”等不是必然都参考相同的实施例，而是意味着“一个或多个但不是所有的实施例”，除非是以其他方式另外特别强调。术语“包括”、“包含”、“具有”及它们的变形都意味着“包括但不限于”，除非是以其他方式另外特别强调。

[0044] 此外，本申请实施例中提到的“多个”应当被解释为两个或两个以上。

[0045] 电力电子设备例如逆变器等具有灵活可控的优点，可以显著增强电力系统的调控能力，大量新型设备通过电力电子设备接入电网输配电网络，电网电力电子化程度不断提高。然而，电力电子设备动态特性复杂，非线性程度强，给电力

电子化电力系统的暂态稳定分析带来了严峻的挑战，并网引起电力系统振荡等问题逐步显现。因此，对电力电子设备在电网中的动态特性的研究十分重要。

[0046] 端口阻抗能够较全面表征电力电子设备例如逆变器的动态特征，可以利用阻抗结果分析逆变器的动态特性。现有的阻抗测量方法通常在逆变器端口施加扰动，并直接将扫频点对应的测量结果作为阻抗结果，而由于电力系统的不确定性较高，导致上述方法得到的阻抗结果的精度较低，进而降低了后续对逆变器的动态特性分析的准确性。

[0047] 基于上述问题，发明人经研究发现，可以通过对逆变器注入扰动电压，并测量预设频率两侧的扰动频率的阻抗，并对上述阻抗做均值计算作为该预设频率的阻抗，能够提高对逆变器阻抗测量的精度，并进一步对得到的预设频率的阻抗进行是否需要校正的判断，在需要校正时对预设频率的阻抗进行校正，进一步保证逆变器阻抗测量的结果的可靠性。

[0048] 也就是说，本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法中，获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号，以及为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，根据上述扰动电压频域信号和响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号，以及确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号，其中，第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率，根据上述扰动电压信号和响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，以及确定第二扰动频率的第二阻抗，根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗，通过对预设频率两侧的扰动频率的阻抗做均值计算并将该均值作为预设频率的阻抗，可以提高预设频率的阻抗的精度，即能够提高对逆变器阻抗测量的精度，进而提高后续对逆变器的动态特性分析的准确性。

[0049] 图1是本申请一实施例提供的逆变器阻抗测量方法的流程示意图。如图1所示，本申请实施例中的方法，可以包括：

[0050] 步骤101、获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号，获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0051] 图2是本申请一实施例提供的逆变器与扰动电压源的电路连接示意图。如图2所示，逆变器为三相逆变器，是待测量逆变器，在对该逆变器进行阻抗测量时，该逆变器处于离线状态，且与离线测试电压源连接，该离线测试电压源为三相电压源，用于为逆变器供电。在逆变器与离线测试电压源之间串入扰动电压源，该扰动电压源为三相扰动电压源，用于为逆变器提供预设扫频区间内不同频率的扰动电压，该扰动电压为三相扰动电压。

[0052] 可选的，第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率。其中，该预设频率为预设扫频区间的多个等间距的频率，本申请实施例中对上述多个预设频率的阻抗进行测量，也就是测量逆变器在该预设频率下的阻抗。第一扰动频率和第二扰动频率分别为该预设频率两侧的频率，例如，预设扫频区间可以设置为中频段[500Hz, 5000Hz]，则该预设扫频区间内的预设频率可以设置为500Hz、600Hz、700Hz、***、4900Hz、5000Hz共46个预设频率，而每个预设频率的第一扰动频率和第二扰动频率可以设置为该预设频率 $\pm 10\text{Hz}$ 的频率，例如，预设频率为600Hz，则该预设频率对应的第一扰动频率为590 Hz，第二扰动频率为610 Hz，也就是说，对应46个预设频率共有92个扰动频率。

[0053] 需要注意的是，上述预设扫频区间、预设频率以及对应的第一扰动频率和第二扰动频率的数值可以根据具体情况设置，在此不做具体限制。

[0054] 在一些实施例中，参见图3，步骤101中，具体可以包括：

[0055] 步骤1011、获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号，获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号。

[0056] 可选的，为保证获取的时域信号的稳定性，在注入扰动电压的最后一个扰动周期获取对应的时域信号。具体来说，为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时，获取该扰动电压下最后一个扰动周期的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号。为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时，获取该扰动电压下最后一个扰动周期的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号。

[0057] 步骤1012、分别对第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号，分别对第二

扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0058] 可选的，获取的时域信号中包括基波频率对应的信号以及扰动频率对应的信号，因此需要对上述时域信号进行离散傅里叶变换得到对应的频域信号，进而从频域信号中提取扰动频率对应的信号。

[0059] 具体来说，对第一扰动电压时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号，对第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一响应电流频域信号。对第二扰动电压时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号，对第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二响应电流频域信号。

[0060] 在一种可能的实施方式中，步骤1011中，具体可以包括：

[0061] 步骤S1、根据预设采样频率，获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号。

[0062] 步骤S2、根据预设采样频率，获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号。

[0063] 步骤S3、分别对第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号。

[0064] 步骤S4、分别对第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号。

[0065] 其中，根据预设采样频率获取相应的时域信号，则得到的时域信号为离散信号，预设采样频率可以根据具体情况设置，例如，可以以采样间隔为5Hz来获取时域信号。

[0066] 可选的，扰动电压为三相扰动电压，获取到的为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号包括第一三相扰动电压时域信号，获取到的第一响应电流时域信号包括第一三相响应电流时域信号。获取到的为逆变器注

入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号包括第二三相扰动电压时域信号，获取到的第二响应电流时域信号包括第二三相响应电流时域信号。

[0067] 示例性的，三相扰动电压时域信号可以表示为：

$$[0068] \quad \begin{cases} u_a = V_{amp} \sin(2\pi ft) \\ u_b = V_{amp} \sin(2\pi ft - 120^\circ) \\ u_c = V_{amp} \sin(2\pi ft + 120^\circ) \end{cases}$$

[0069] 三相响应电流时域信号可以表示为：

$$[0070] \quad \begin{cases} i_a = I_{amp} \sin(2\pi ft) \\ i_b = I_{amp} \sin(2\pi ft - 120^\circ) \\ i_c = I_{amp} \sin(2\pi ft + 120^\circ) \end{cases}$$

[0071] 其中， u_a 、 u_b 和 u_c 为三相扰动电压时域信号， i_a 、 i_b 和 i_c 为三相响应电流时域信号， V_{amp} 为扰动电压的幅值，例如扰动电压的幅值可以为10V， I_{amp} 为响应电流的幅值， f 为扰动频率。

[0072] 对三相扰动电压时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的扰动电压时域信号，具体可以表示为：

$$[0073] \quad \begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix}$$

[0074] 对三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的响应电流时域信号，具体可以表示为：

[0075]

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

[0076] 式中, u_α 和 u_β 为三相扰动电压时域信号在 $\alpha\beta$ 静止坐标系下的值,

$u_\alpha + ju_\beta$ 为坐标变换后的扰动电压时域信号。 i_a 和 i_β 为三相响应电流时域信号在 $\alpha\beta$ 静止坐标系下的值, $i_\alpha + ji_\beta$ 为坐标变换后的响应电流时域信号。

[0077] 具体来说, 根据上述abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换公式, 对第一三相扰动电压时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换, 得到坐标变换后的第一扰动电压时域信号, 对第一三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换, 得到坐标变换后的第一响应电流时域信号。对第二三相扰动电压时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换, 得到坐标变换后的第二扰动电压时域信号, 对第二三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换, 得到坐标变换后的第二响应电流时域信号。

[0078] 相应的, 步骤1012中, 具体可以包括:

[0079] 步骤S11、分别对坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换, 得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号。

[0080] 步骤S12、分别对坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换, 得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0081] 示例性的, 对坐标变换后的时域信号进行离散傅里叶变换, 得到频域信号, 具体可以表示为:

[0082]

$$X(k) = DET[x(n)] = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}, \quad 0 \leq k \leq N-1$$

[0083] 式中, $x(n)$ 为坐标变换后的时域信号, 是离散信号, 其中 n 表示第 n 离散点, N 为坐标变换后的时域信号的长度, $X(k)$ 为频域信号, 也是离散信号, 其中 k 表示第 k 个离散点。

[0084] 具体来说, 根据上述离散傅里叶变换公式, 对坐标变换后的第一扰动电压时域信号进行离散傅里叶变换, 得到第一扰动电压频域信号, 对坐标变换后的第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换, 得到第一响应电流频域信号。对坐标变换后的第二扰动电压时域信号进行离散傅里叶变换, 得到第二扰动电压频域信号, 对坐标变换后的第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换, 得到第二响应电流频域信号。

[0085] 步骤102、根据第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号, 根据第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号。

[0086] 在一种可能的实施方式中, 步骤102中, 参见图4, 具体可以包括:

[0087] 步骤1021、分别对第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号进行信号提取, 确定第一扰动频率的第一扰动电压信号和第一响应电流信号。

[0088] 步骤1022、分别对第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号进行信号提取, 确定第二扰动频率的第二扰动电压信号和第二响应电流信号。

[0089] 可选的, 从频域信号中提取扰动频率对应的信号。具体来说, 对第一扰动电压频域信号进行信号提取, 确定第一扰动频率的第一扰动电压信号, 对第一响应电流频域信号进行信号提取, 确定第一扰动频率的第一响应电流信号。对第二扰动电压频域信号进行信号提取, 确定第二扰动频率的第二扰动电压信号, 对第二响应电流频域信号进行信号提取, 确定第二扰动频率的第二响应电流信号。

[0090] 步骤103、根据第一扰动电压信号和第一响应电流信号确定第一扰动频率的第

一阻抗，根据第二扰动电压信号和第二响应电流信号确定第二扰动频率的第二阻抗。

[0091] 可选的，阻抗计算公式为：

$$[0092] \quad \begin{cases} Z(f_{0,1}) = \frac{PerRI(f_{0,1})}{ResRI(f_{0,1})} \\ Z(f_{0,2}) = \frac{PerRI(f_{0,2})}{ResRI(f_{0,2})} \end{cases}$$

[0093] 式中， $f_{0,1}$ 为第一扰动频率， $f_{0,2}$ 为第二扰动频率， $Z(f_{0,1})$ 为第一阻抗， $Z(f_{0,2})$ 为第二阻抗， $PerRI(f_{0,1})$ 为第一扰动电压信号， $ResRI(f_{0,1})$ 为第一响应电流信号， $PerRI(f_{0,2})$ 为第二扰动电压信号， $ResRI(f_{0,2})$ 为第二响应电流信号。

[0094] 步骤104、根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗。

[0095] 在一种可能的实施方式中，步骤104中，具体可以包括：对第一阻抗和第二阻抗进行均值计算，确定预设频率的阻抗。

[0096] 可选的，预设频率的阻抗可以表示为：

$$[0097] \quad Z(f_0) = \frac{Z(f_{0,1}) + Z(f_{0,2})}{2}$$

[0098] 式中， f_0 为预设频率， $Z(f_0)$ 为预设频率的阻抗。

[0099] 需要说明的是，根据预设扫频区间内的预设频率，确定每个预设频率的第一扰动频率和第二扰动频率，根据上述扰动频率为逆变器注入不同频率的扰动电压，并重复步骤101~104，确定预设扫频区间内每个预设频率的阻抗，以根据上述多个预设频率及预设频率的阻抗对逆变器的动态特性进行分析。

- [0100] 通过对预设频率两侧的第一扰动频率和第二扰动频率的阻抗进行计算，并对第一扰动频率的阻抗和第二扰动频率的阻抗进行均值计算，将该均值作为预设频率的阻抗，可以提高预设频率的阻抗的精度，即能够提高对逆变器阻抗测量的精度，进而提高后续对逆变器的动态特性分析的准确性。
- [0101] 在一种可能的实施方式中，为进一步提高预设频率的阻抗的精度，还可以对计算得到的预设频率的阻抗进行是否需要校正的判断，以及在需要校正时对该预设频率的阻抗进行校正，参见图5，本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法，还可以包括：
- [0102] 步骤105、将预设扫频区间的多个等间距的目标频率依次作为预设频率，执行上述对预设频率的阻抗的确定步骤，得到预设扫频区间内的各个等间距的目标频率的阻抗。
- [0103] 具体来说，将预设扫频区间的多个等间距的目标频率依次作为预设频率，确定预设频率的第一扰动频率和第二扰动频率，根据上述扰动频率为逆变器注入不同频率的扰动电压，并执行步骤101~104，得到预设扫频区间内的各个等间距的目标频率的阻抗。
- [0104] 本实施例中步骤105的具体实现过程和原理可以参见前述实施例，此处不再赘述。
- [0105] 步骤106、针对预设扫频区间内的每个等间距的目标频率，确定该目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率；根据第一频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第一变化斜率；根据第二频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第二变化斜率；判断第一变化斜率和第二变化斜率之差的绝对值是否大于预设阈值，若是，则对该目标频率的阻抗进行校正。
- [0106] 需要说明的是，目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率，分别为预设扫频区间内的与该目标频率相邻的其他两个目标频率，例如，当预设扫频区间设置为中频段[500Hz, 5000Hz]时，取目标频率为700Hz，则该目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率分别为600 Hz和800Hz。
- [0107] 示例性的，具体来说，根据第一频率的第二扰动频率的阻抗和该目标频率的第

一扰动频率的阻抗确定第一变化斜率，根据第二频率的第一扰动频率的阻抗和该目标频率的第二扰动频率的阻抗确定第二变化斜率。

[0108] 变化斜率计算公式可以表示为：

$$[0109] \quad \begin{cases} k_1 = \frac{|Z(f_{3,1})| - |Z(f_{1,2})|}{f_{3,1} - f_{1,2}} \\ k_2 = \frac{|Z(f_{2,1})| - |Z(f_{3,2})|}{f_{2,1} - f_{3,2}} \end{cases}$$

[0110] 式中， k_1 为第一变化斜率， k_2 为第二变化斜率， $Z(f_{3,1})$ 为目标频率 f_3 的第一扰动频率 $f_{3,1}$ 的阻抗， $Z(f_{3,2})$ 为目标频率的第二扰动频率 $f_{3,2}$ 的阻抗， $Z(f_{1,2})$ 为第一频率的第二扰动频率 $f_{1,2}$ 的阻抗， $Z(f_{2,1})$ 为第二频率的第一扰动频率 $f_{2,1}$ 的阻抗。

[0111] 判断 $|k_2 - k_1|$ 是否大于预设阈值，其中，该预设阈值可以取 $2e^{-5}$ 。若 $|k_2 - k_1|$ 大于预设阈值 $2e^{-5}$ ，则此时可能存在极点，需要对该目标频率的阻抗进行校正。

[0112] 一个简单的示例是，当预设扫频区间设置为中频段[500Hz, 5000Hz]时，取目标频率为700Hz，则该目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率分别为600 Hz和800Hz，第一频率的第一扰动频率为590 Hz、第二扰动频率为610 Hz，第二频率的第一扰动频率为790 Hz、第二扰动频率为810 Hz，该目标频率的第一扰动频率为690 Hz、第二扰动频率为710 Hz。

[0113] 需要说明的是，若目标频率是预设扫频区间的端点时，可以不对目标频率的阻抗进行校正。

[0114] 其中可选的，步骤106中在第一变化斜率和第二变化斜率之差的绝对值大于预

设阈值时，对该目标频率的阻抗进行校正的步骤，具体可以包括：根据第一变化斜率对应的直线与第二变化斜率对应的直线的交点的取值，确定该目标频率的校正后的阻抗。

[0115] 示例性的，第一变化斜率对应的直线与第二变化斜率对应的直线可以分别表示为：

$$[0116] \begin{cases} z_1 - |Z(f_{1,2})| = k_1(f - f_{1,2}) \\ z_2 - |Z(f_{3,2})| = k_2(f - f_{3,2}) \end{cases}$$

[0117] 计算第一变化斜率对应的直线与第二变化斜率对应的直线的交点的值作为目标频率的校正后的阻抗，即作为目标频率的最终阻抗：

$$[0118] \begin{cases} f_3 = \frac{|Z(f_{1,2})| - |Z(f_{3,2})| + k_2 f_{3,2} - k_1 f_{1,2}}{k_2 - k_1} \\ |Z(f_3)| = k_1(f_3 - f_{1,2}) + |Z(f_{1,2})| \end{cases}$$

[0119] 式中， $|Z(f_3)|$ 为目标频率 f_3 的最终阻抗，即目标频率 f_3 的校正后的阻抗。

[0120] 通过确定目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率，并根据第一频率的第二扰动频率的阻抗和该目标频率的第一扰动频率的阻抗确定第一变化斜率，以及根据第二频率的第一扰动频率的阻抗和该目标频率的第二扰动频率的阻抗确定第二变化斜率，根据上述变化斜率判断目标频率的阻抗是否需要校正，以及在需要校正时对该目标频率的阻抗进行校正，能够进一步保证逆变器阻抗测量的结果的可靠性。

[0121] 本申请实施例提供了一种逆变器阻抗测量方法，通过获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号，以及为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，根据上述扰动电压频域信号和响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号，以及确定第二扰动电压信号和第二响应电流信

号，其中，第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率，根据上述扰动电压信号和响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，以及确定第二扰动频率的第二阻抗，根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗，对预设频率两侧的扰动频率的阻抗做均值计算并将该均值作为预设频率的阻抗，可以提高预设频率的阻抗的精度，即能够提高对逆变器阻抗测量的精度，进而提高后续对逆变器的动态特性分析的准确性。

[0122] 对得到的预设频率的阻抗进行是否需要校正的判断，并在需要校正时对预设频率的阻抗进行校正，进一步保证逆变器阻抗测量的结果的可靠性。

[0123] 应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

[0124] 以下，为验证本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法的准确性和有效性，在Matlab平台或Simulink平台中搭建逆变器阻抗测试模型以计算预设频率的阻抗的理论值，称为理论阻抗值，而将根据逆变器阻抗测量方法得到的预设频率的阻抗称为计算阻抗值，其中，上述逆变器阻抗测量方法可以包括本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法，并采用Matlab平台对上述理论阻抗值和计算阻抗值进行对比分析。

[0125] 图6是采用现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的对比伯德图，参见图6，曲线表示理论阻抗值，离散的星号点表示计算阻抗值。图7是采用现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的增益相对误差的绝对值的示意图，参见图7，计算得到增益平均绝对百分误差为3.57%。图8是采用现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的相位相对误差的绝对值的示意图，参见图8，计算得到相位平均绝对百分误差为1.65%。由以上结果可以得出，现有的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值的精度不高，且随着预设频率的增大，计算阻抗值的误差逐渐增大。

[0126] 图9是采用本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的对比伯德图，参见图9，曲线表示理论阻抗值，离散的星号点表示计算阻抗值。图10是采用本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗

值与理论阻抗值的增益相对误差的绝对值的示意图，参见图10，计算得到增益平均绝对百分误差为3.19%。图11是采用本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值与理论阻抗值的相位相对误差的绝对值的示意图，参见图11，计算得到相位平均绝对百分误差为0.85%。由以上结果可以得出，本申请实施例提供的逆变器阻抗测量方法得到的计算阻抗值的精度较高，误差有效降低，提高了对逆变器阻抗测量的精度和可靠性。

[0127] 图12是本申请一实施例提供的逆变器阻抗测量装置的结构示意图。如图12所示，本实施例提供的逆变器阻抗测量装置，可以包括：获取模块201、第一确定模块202、第二确定模块203和第三确定模块204。

[0128] 其中，获取模块201，用于获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0129] 第一确定模块202，用于根据第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号；第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率。

[0130] 第二确定模块203，用于根据第一扰动电压信号和第一响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，根据第二扰动电压信号和第二响应电流信号确定第二扰动频率的第二阻抗。

[0131] 第三确定模块204，用于根据第一阻抗和第二阻抗确定预设频率的阻抗。

[0132] 可选的，获取模块201具体用于：获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号；获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号；分别对第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；分别对第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0133] 可选的，扰动电压为三相扰动电压，获取模块201还具体用于：根据预设采样

频率，获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号；根据预设采样频率，获取为逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号；分别对第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号；分别对第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号；

[0134] 分别对坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；分别对坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[0135] 可选的，第一确定模块202具体用于：分别对第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号进行信号提取，确定第一扰动频率的第一扰动电压信号和第一响应电流信号；分别对第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号进行信号提取，确定第二扰动频率的第二扰动电压信号和第二响应电流信号。

[0136] 可选的，第三确定模块204具体用于：对第一阻抗和第二阻抗进行均值计算，确定预设频率的阻抗。

[0137] 可选的，第三确定模块204还具体用于：将预设扫频区间的多个等间距的目标频率依次作为预设频率，执行上述对预设频率的阻抗的确定步骤，得到预设扫频区间内的各个等间距的目标频率的阻抗；针对预设扫频区间内的每个等间距的目标频率，确定该目标频率在预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率；根据第一频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第一变化斜率；根据第二频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第二变化斜率；判断第一变化斜率和第二变化斜率之差的绝对值是否大于预设阈值，若是，则对该目标频率的阻抗进行校正。

[0138] 可选的，第三确定模块204还具体用于：根据第一变化斜率对应的直线与第二变化斜率对应的直线的交点的取值，确定该目标频率的校正后的阻抗。

[0139] 需要说明的是，上述装置/单元之间的信息交互、执行过程等内容，由于与本申请方法实施例基于同一构思，其具体功能及带来的技术效果，具体可参见方法实施例部分，此处不再赘述。

[0140] 图13是本申请一实施例提供的终端设备的结构示意图。如图13所示，该实施例的终端设备300包括：处理器310、存储器320，上述存储器320中存储有可在处理器310上运行的计算机程序321。处理器310执行计算机程序321时实现上述任意各个方法实施例中的步骤，例如图1所示的步骤101至104。或者，处理器310执行计算机程序321时实现上述各装置实施例中各模块的功能，例如图12所示模块201至204的功能。

[0141] 示例性的，计算机程序321可以被分割成一个或多个模块/单元，一个或者多个模块/单元被存储在存储器320中，并由处理器310执行，以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段，该指令段用于描述计算机程序321在终端设备300中的执行过程。

[0142] 本领域技术人员可以理解，图13仅仅是终端设备的示例，并不构成对终端设备的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件，例如输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0143] 处理器310可以是中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)，还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现成可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0144] 存储器320可以是终端设备的内部存储单元，例如终端设备的硬盘或内存，也可以是终端设备的外部存储设备，例如终端设备上配备的插接式硬盘，智能存储卡 (Smart Media Card, SMC)，安全数字 (Secure Digital, SD) 卡，闪存卡 (Flash Card) 等。上述存储器320还可以既包括终端设备的内部存储单元也

包括外部存储设备。上述存储器320用于存储计算机程序以及终端设备所需的其他程序和数据。存储器320还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0145] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

[0146] 在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中未详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

[0147] 本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0148] 在本发明所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置/终端设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/终端设备实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通讯连接，可以是电性，机械或其它的形式。

[0149] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元

显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0150] 另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0151] 所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括：能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。

[0152] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

[权利要求 1]

一种逆变器阻抗测量方法，其特征在于，包括：
获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为所述逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号；根据所述第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据所述第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号；第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率；
根据所述第一扰动电压信号和第一响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，根据所述第二扰动电压信号和第二响应电流信号确定第二扰动频率的第二阻抗；根据所述第一阻抗和所述第二阻抗确定所述预设频率的阻抗。

[权利要求 2]

根据权利要求1所述的逆变器阻抗测量方法，其特征在于，所述获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为所述逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，包括：
获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号；获取为所述逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号；
分别对所述第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；
分别对所述第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[权利要求 3]

根据权利要求2所述的逆变器阻抗测量方法，其特征在于，所述扰动电压为三相扰动电压；
所述获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号；获取为所述逆变器注入第二扰动频

率的扰动电压时的第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号，包括：

根据预设采样频率，获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一三相扰动电压时域信号和第一三相响应电流时域信号；

根据预设采样频率，获取为所述逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二三相扰动电压时域信号和第二三相响应电流时域信号；

分别对所述第一三相扰动电压时域信号和所述第一三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第一扰动电压时域

信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号；

分别对所述第二三相扰动电压时域信号和所述第二三相响应电流时域信号进行abc/ $\alpha\beta$ 坐标变换，得到坐标变换后的第二扰动电压时域

信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号；

相应的，所述分别对所述第一扰动电压时域信号和第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；分别对所述第二扰动电压时域信号和第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号，包括：

分别对所述坐标变换后的第一扰动电压时域信号和坐标变换后的第一响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；

分别对所述坐标变换后的第二扰动电压时域信号和坐标变换后的第二响应电流时域信号进行离散傅里叶变换，得到第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号。

[权利要求 4]

根据权利要求1所述的逆变器阻抗测量方法，其特征在于，所述根据所述第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据所述第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号，包

括：

分别对所述第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号进行信号提取，确定第一扰动频率的第一扰动电压信号和第一响应电流信号；分别对所述第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号进行信号提取，确定第二扰动频率的第二扰动电压信号和第二响应电流信号。

[权利要求 5]

根据权利要求1所述的逆变器阻抗测量方法，其特征在于，所述根据所述第一阻抗和所述第二阻抗确定所述预设频率的阻抗，包括：对所述第一阻抗和所述第二阻抗进行均值计算，确定所述预设频率的阻抗。

[权利要求 6]

根据权利要求1-5任一项所述的逆变器阻抗测量方法，其特征在于，所述方法还包括：

将预设扫频区间的多个等间距的目标频率依次作为所述预设频率，执行上述对所述预设频率的阻抗的确定步骤，得到所述预设扫频区间内的各个等间距的目标频率的阻抗；

针对所述预设扫频区间内的每个等间距的目标频率，确定该目标频率在所述预设扫频区间内的相邻的第一频率和第二频率；根据所述第一频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第一变化斜率；根据所述第二频率的扰动频率的阻抗和该目标频率的扰动频率的阻抗确定第二变化斜率；判断所述第一变化斜率和第二变化斜率之差的绝对值是否大于预设阈值，若是，则对该目标频率的阻抗进行校正。

[权利要求 7]

根据权利要求6所述的逆变器阻抗测量方法，其特征在于，在所述第一变化斜率和所述第二变化斜率之差的绝对值大于预设阈值时，对该目标频率的阻抗进行校正，包括：

根据所述第一变化斜率对应的直线与所述第二变化斜率对应的直线的交点的取值，确定该目标频率的校正后的阻抗。

[权利要求 8]

一种逆变器阻抗测量装置，其特征在于，包括：

获取模块，用于获取为逆变器注入第一扰动频率的扰动电压时的第一

扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号；获取为所述逆变器注入第二扰动频率的扰动电压时的第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号；

第一确定模块，用于根据所述第一扰动电压频域信号和第一响应电流频域信号确定第一扰动电压信号和第一响应电流信号；根据所述第二扰动电压频域信号和第二响应电流频域信号确定第二扰动电压信号和第二响应电流信号；第一扰动频率和第二扰动频率为预设频率两侧的频率；

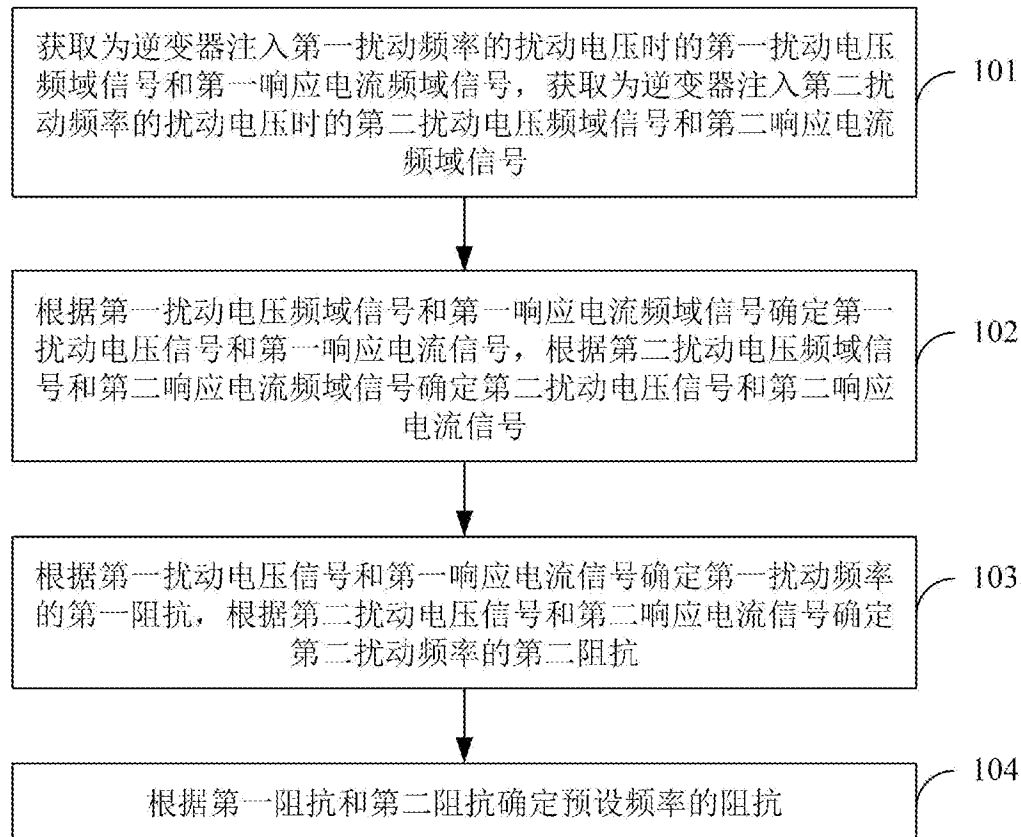
第二确定模块，用于根据所述第一扰动电压信号和第一响应电流信号确定第一扰动频率的第一阻抗，根据所述第二扰动电压信号和第二响应电流信号确定第二扰动频率的第二阻抗；

第三确定模块，用于根据所述第一阻抗和所述第二阻抗确定所述预设频率的阻抗。

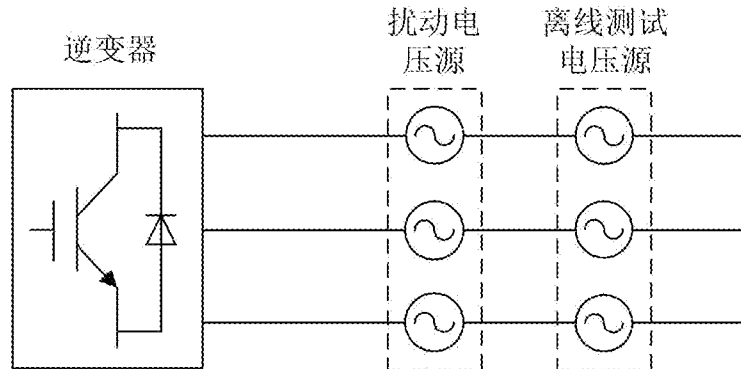
[权利要求 9] 一种终端设备，包括存储器和处理器，所述存储器中存储有可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述的逆变器阻抗测量方法。

[权利要求 10] 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述的逆变器阻抗测量方法。

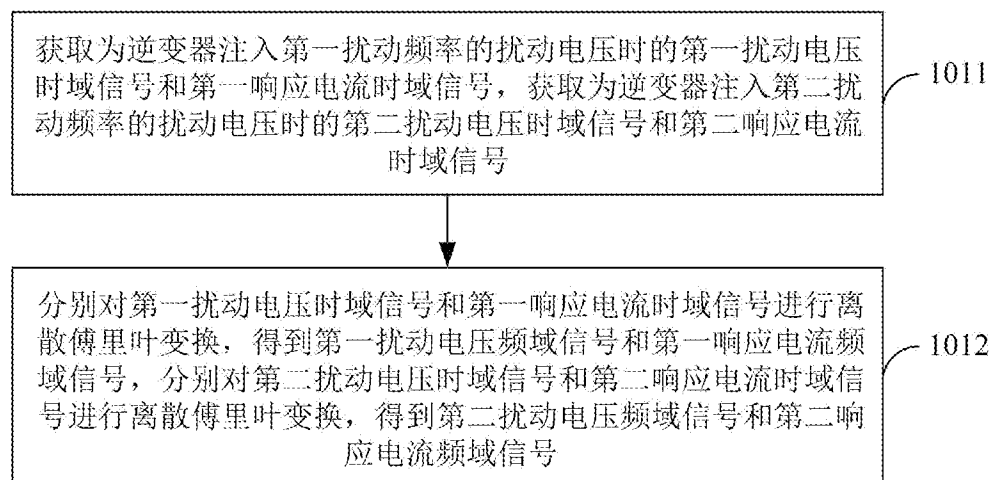
[图1]



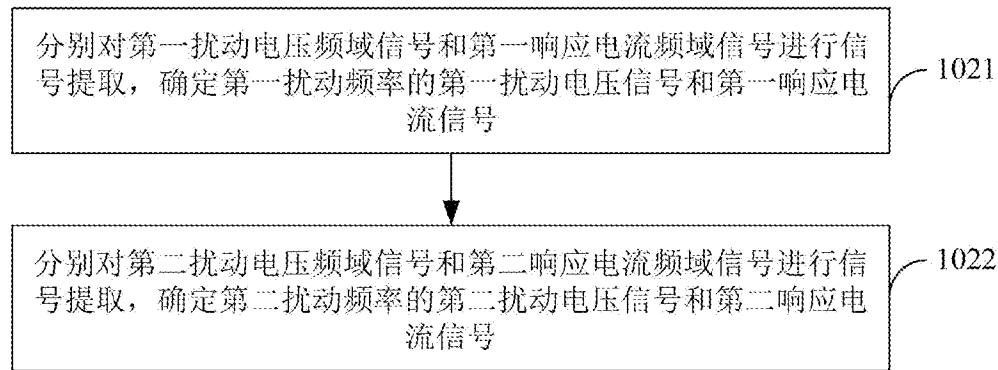
[图2]



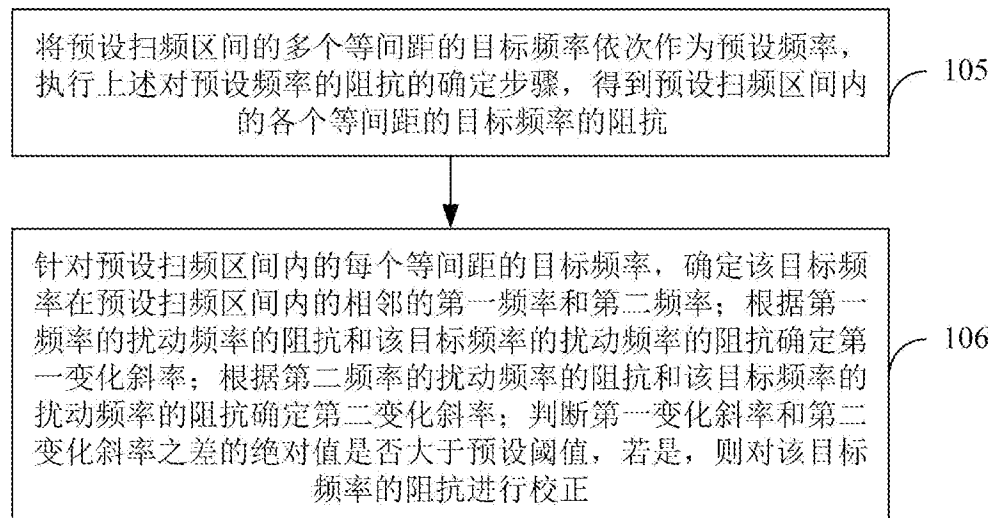
[图3]



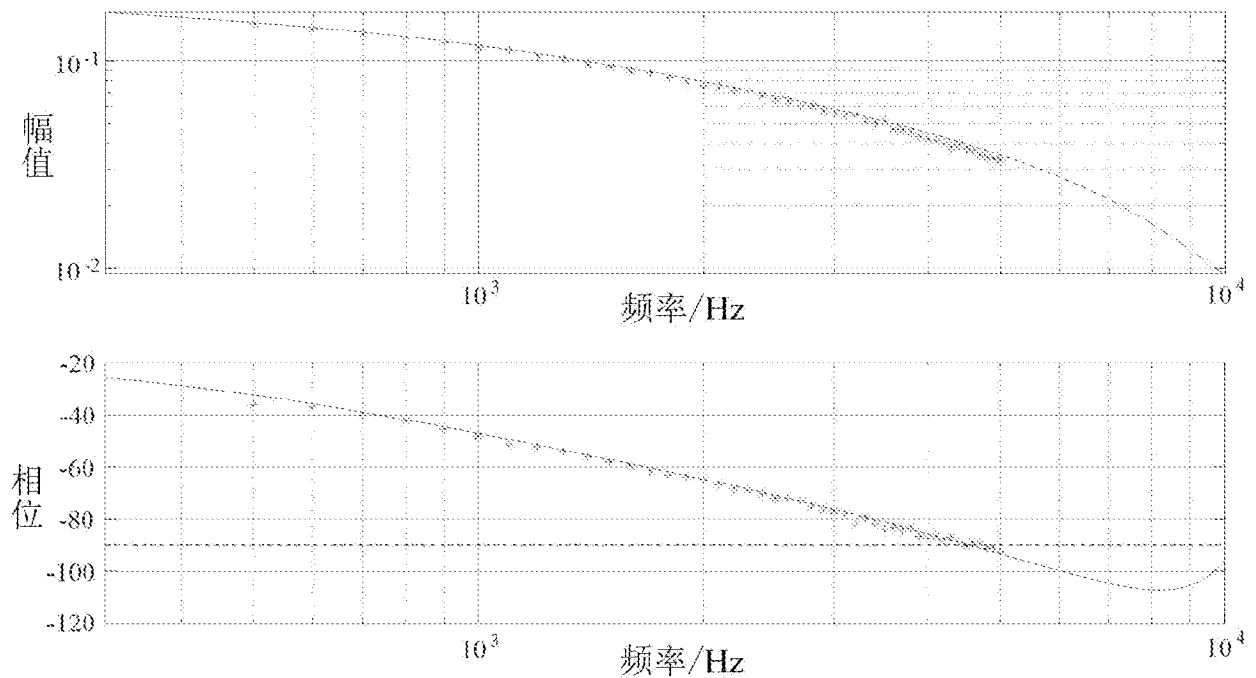
[图4]



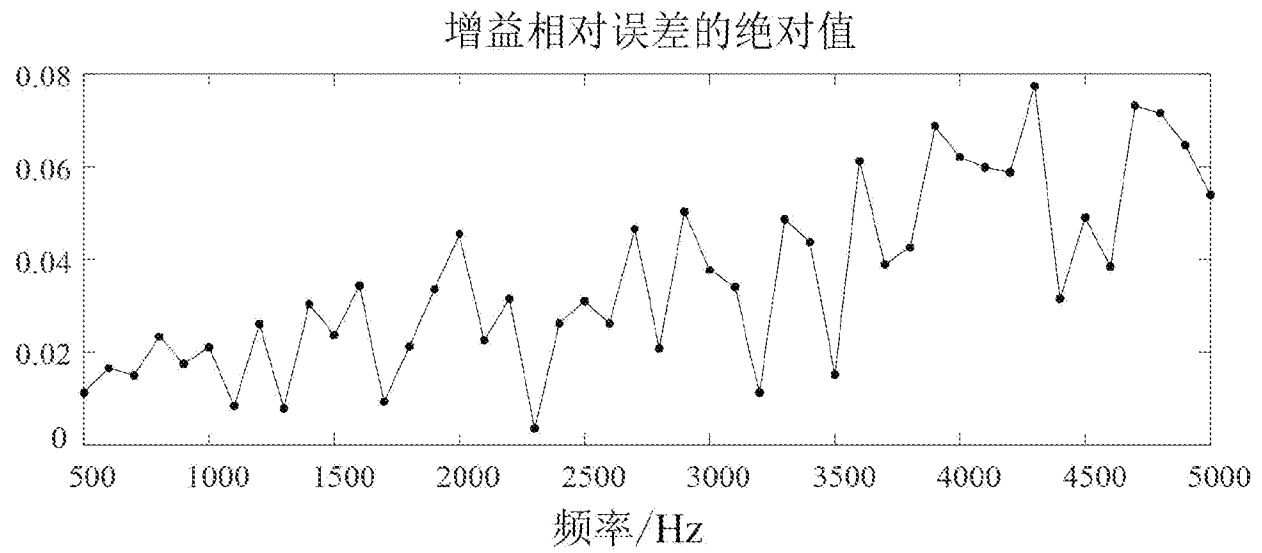
[图5]



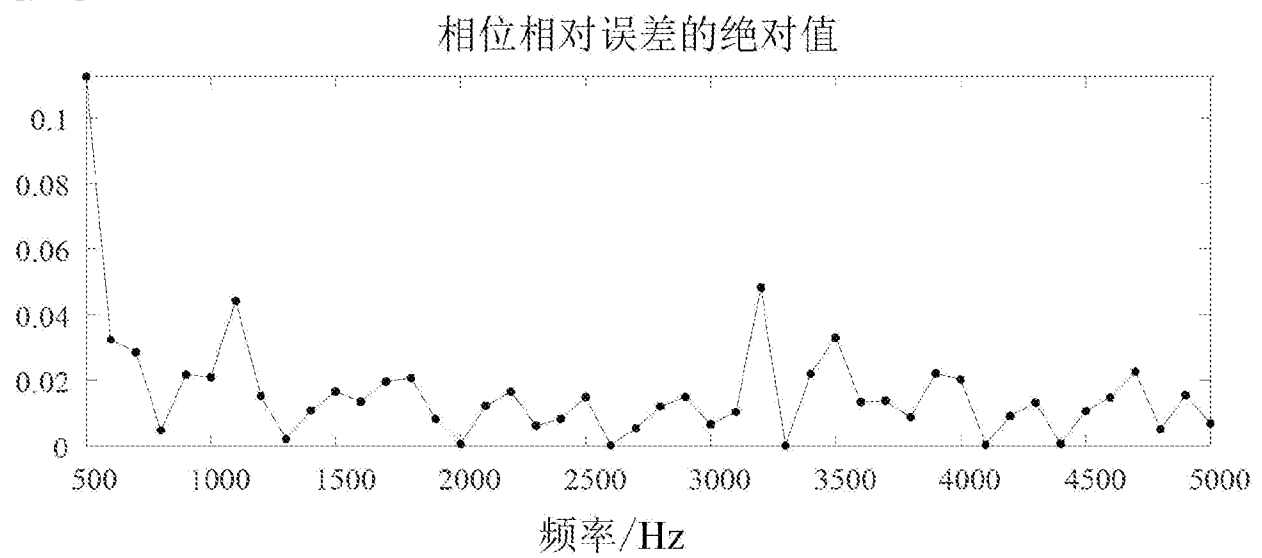
[图6]



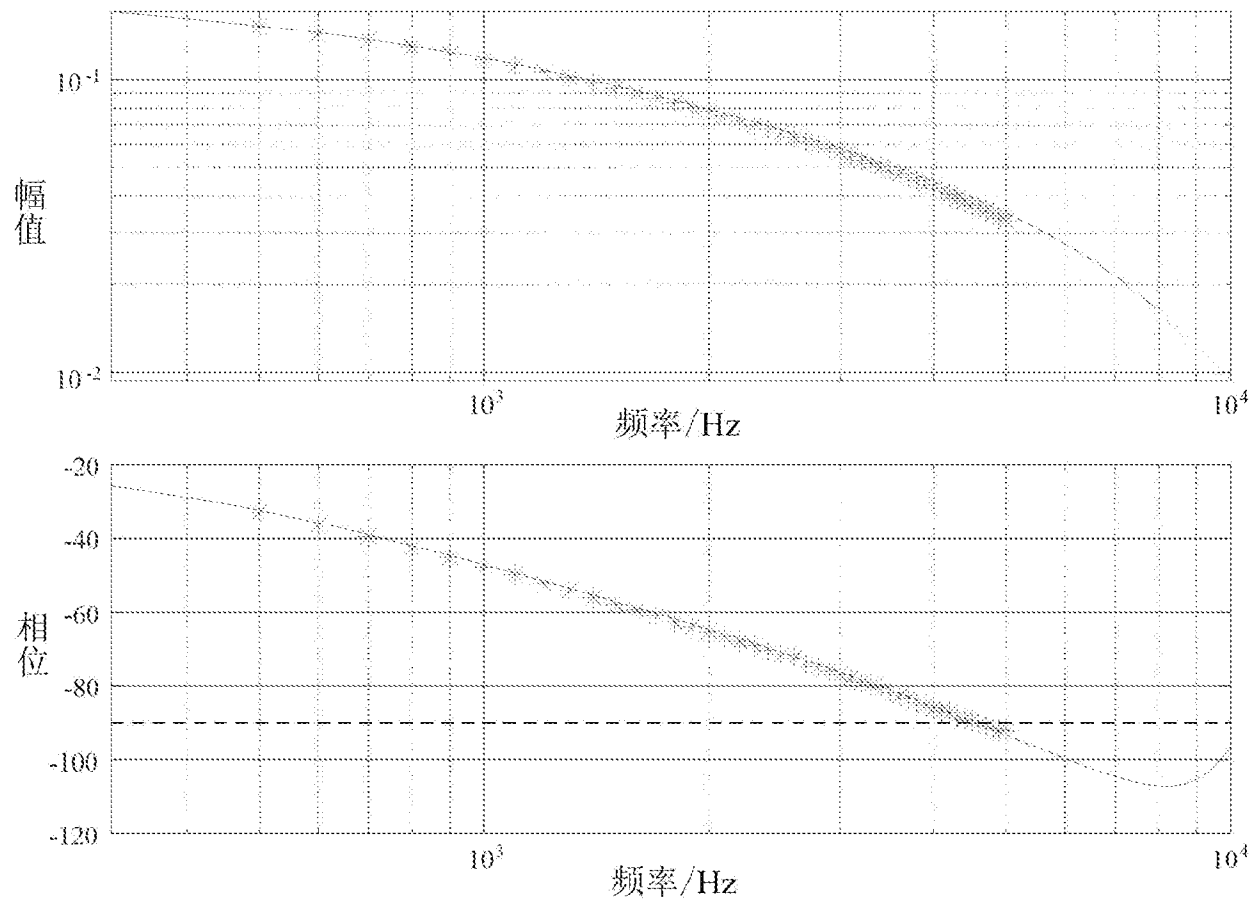
[图7]



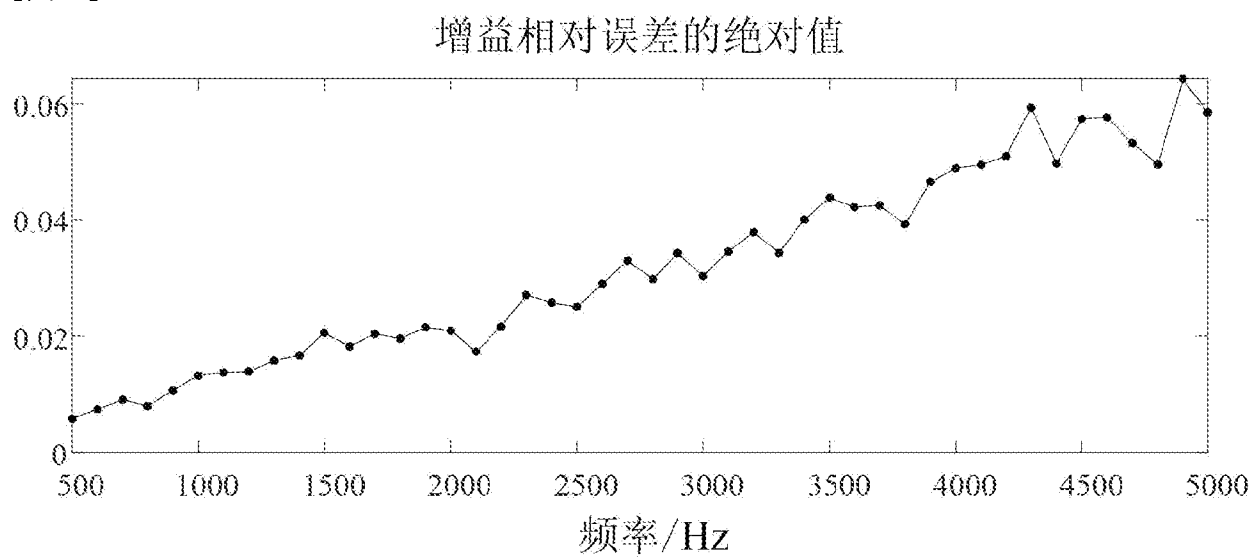
[图8]



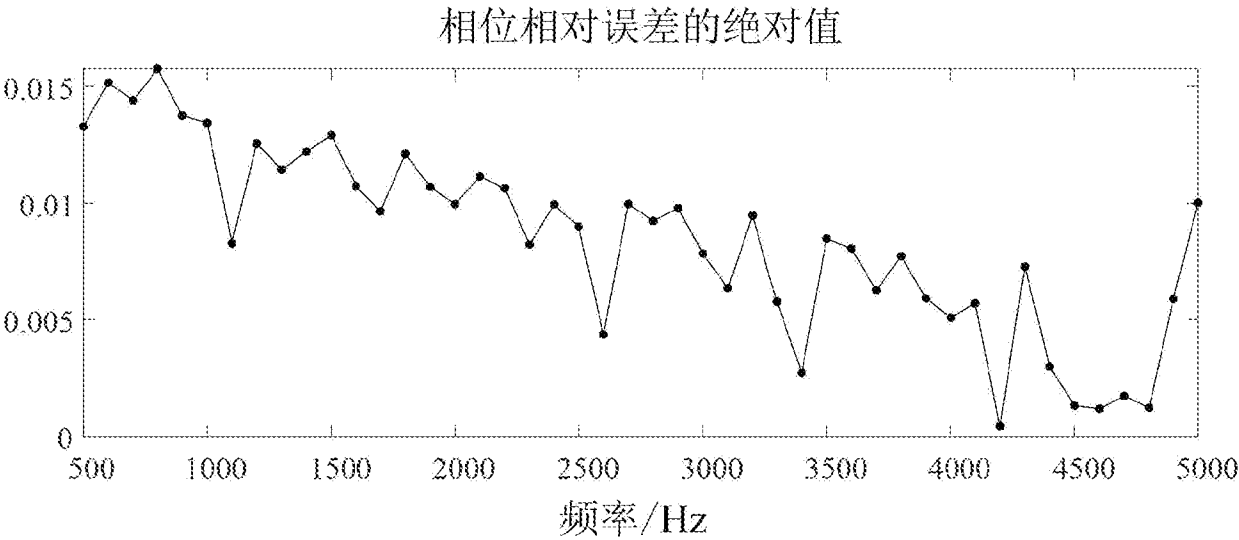
[图9]



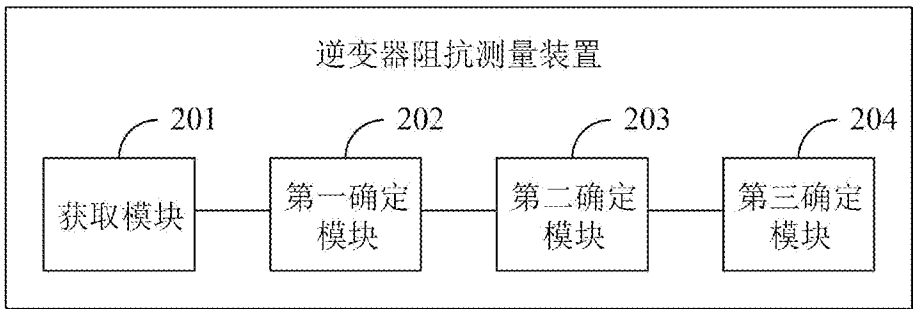
[图10]



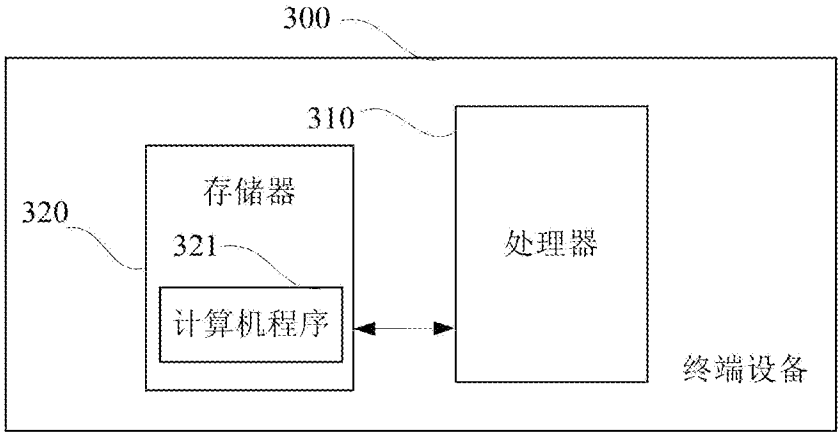
[图11]



[图12]



[图13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/082794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 27/02(2006.01)i; G01R 27/08(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: G01R

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)

CNTXT, CNABS, CNKI, ENTXTC, VEN, IEEE: 逆变器, 变换器, 变流器, 换流器, MMC, 阻抗, 导纳, 扰动, 干扰, 谐波, 噪声, 电压, 电流, 频率, 频域, inverter, converter, impedance, admittance, disturbance, harmonic, voltage, current, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115508619 A (STATE GRID HEBEI ELECTRIC POWER SUPPLY CO., LTD. ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.) 23 December 2022 (2022-12-23) claims 1-10	1-10
Y	CN 114935690 A (NARI TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD. et al.) 23 August 2022 (2022-08-23) description, paragraphs 0080-0081, 0177-0193, and 0204-0208	1-10
Y	CN 114325097 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 12 April 2022 (2022-04-12) description, paragraphs 0003-0014	1-10
Y	CN 111337751 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER CO., LTD.) 26 June 2020 (2020-06-26) description, paragraphs 0004-0097	1-10
A	CN 109932568 A (CHONGQING UNIVERSITY) 25 June 2019 (2019-06-25) entire document	1-10
A	CN 110988485 A (SHANGHAI KELIANG INFORMATION TECHNOLOGY AND ENGINEERING CO., LTD.) 10 April 2020 (2020-04-10) 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

15 June 2023

Date of mailing of the international search report

16 June 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/082794

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 113884770 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.) 04 January 2022 (2022-01-04) entire document	1-10
A	CN 114113792 A (WUHAN UNIVERSITY et al.) 01 March 2022 (2022-03-01) entire document	1-10
A	CN 114935692 A (ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE, STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 23 August 2022 (2022-08-23) entire document	1-10
A	JP 2008064684 A (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) 21 March 2008 (2008-03-21) entire document	1-10
A	US 2009230980 A1 (WILLIAMS MICHAEL LAMAR) 17 September 2009 (2009-09-17) entire document	1-10
A	US 2013099800 A1 (FRANCIS GERALD et al.) 25 April 2013 (2013-04-25) entire document	1-10
A	US 2014032147 A1 (VIRGINIA TECH INTELLECTUAL PROPERTIES, INC. et al.) 30 January 2014 (2014-01-30) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/082794

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115508619	A	23 December 2022	None			
CN	114935690	A	23 August 2022	None			
CN	114325097	A	12 April 2022	None			
CN	111337751	A	26 June 2020	None			
CN	109932568	A	25 June 2019	None			
CN	110988485	A	10 April 2020	None			
CN	113884770	A	04 January 2022	None			
CN	114113792	A	01 March 2022	None			
CN	114935692	A	23 August 2022	None			
JP	2008064684	A	21 March 2008	None			
US	2009230980	A1	17 September 2009	US	8044672	B2	25 October 2011
US	2013099800	A1	25 April 2013	US	9140731	B2	22 September 2015
US	2014032147	A1	30 January 2014	US	2014032148	A1	30 January 2014
				US	9562939	B2	07 February 2017
				US	9618555	B2	11 April 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/082794

A. 主题的分类 G01R 27/02(2006.01)i; G01R 27/08(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: G01R 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)) CNTXT, CNABS, CNKI, ENTXTC, VEN, IEEE: 逆变器, 变换器, 变流器, 换流器, MMC, 阻抗, 导纳, 扰动, 干扰, 谐波, 噪声, 电压, 电流, 频率, 频域, inverter, converter, impedance, admittance, disturbance, harmonic, voltage, current, frequency																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115508619 A (国网河北省电力有限公司电力科学研究院等) 2022年12月23日 (2022 - 12 - 23) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 114935690 A (国电南瑞科技股份有限公司等) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 说明书第0080-0081, 0177-0193, 0204-0208段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 114325097 A (浙江大学) 2022年4月12日 (2022 - 04 - 12) 说明书第0003-0014段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 111337751 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院) 2020年6月26日 (2020 - 06 - 26) 说明书第0004-0097段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109932568 A (重庆大学) 2019年6月25日 (2019 - 06 - 25) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110988485 A (上海科梁信息工程股份有限公司) 2020年4月10日 (2020 - 04 - 10) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115508619 A (国网河北省电力有限公司电力科学研究院等) 2022年12月23日 (2022 - 12 - 23) 权利要求1-10	1-10	Y	CN 114935690 A (国电南瑞科技股份有限公司等) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 说明书第0080-0081, 0177-0193, 0204-0208段	1-10	Y	CN 114325097 A (浙江大学) 2022年4月12日 (2022 - 04 - 12) 说明书第0003-0014段	1-10	Y	CN 111337751 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院) 2020年6月26日 (2020 - 06 - 26) 说明书第0004-0097段	1-10	A	CN 109932568 A (重庆大学) 2019年6月25日 (2019 - 06 - 25) 全文	1-10	A	CN 110988485 A (上海科梁信息工程股份有限公司) 2020年4月10日 (2020 - 04 - 10) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 115508619 A (国网河北省电力有限公司电力科学研究院等) 2022年12月23日 (2022 - 12 - 23) 权利要求1-10	1-10																					
Y	CN 114935690 A (国电南瑞科技股份有限公司等) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 说明书第0080-0081, 0177-0193, 0204-0208段	1-10																					
Y	CN 114325097 A (浙江大学) 2022年4月12日 (2022 - 04 - 12) 说明书第0003-0014段	1-10																					
Y	CN 111337751 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院) 2020年6月26日 (2020 - 06 - 26) 说明书第0004-0097段	1-10																					
A	CN 109932568 A (重庆大学) 2019年6月25日 (2019 - 06 - 25) 全文	1-10																					
A	CN 110988485 A (上海科梁信息工程股份有限公司) 2020年4月10日 (2020 - 04 - 10) 全文	1-10																					
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 </td> <td style="vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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																			
* 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2023年6月15日		国际检索报告邮寄日期 2023年6月16日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 苏爱华 电话号码 (+86) 010-62085740																					

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 113884770 A (中国电力科学研究院有限公司等) 2022年1月4日 (2022 - 01 - 04) 全文	1-10
A	CN 114113792 A (武汉大学等) 2022年3月1日 (2022 - 03 - 01) 全文	1-10
A	CN 114935692 A (国网浙江省电力有限公司经济技术研究院等) 2022年8月23日 (2022 - 08 - 23) 全文	1-10
A	JP 2008064684 A (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) 2008年3月21日 (2008 - 03 - 21) 全文	1-10
A	US 2009230980 A1 (WILLIAMS MICHAEL LAMAR) 2009年9月17日 (2009 - 09 - 17) 全文	1-10
A	US 2013099800 A1 (FRANCIS GERALD等) 2013年4月25日 (2013 - 04 - 25) 全文	1-10
A	US 2014032147 A1 (VIRGINIA TECH INTELL PROP等) 2014年1月30日 (2014 - 01 - 30) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/082794

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	115508619	A	2022年12月23日	无	
CN	114935690	A	2022年8月23日	无	
CN	114325097	A	2022年4月12日	无	
CN	111337751	A	2020年6月26日	无	
CN	109932568	A	2019年6月25日	无	
CN	110988485	A	2020年4月10日	无	
CN	113884770	A	2022年1月4日	无	
CN	114113792	A	2022年3月1日	无	
CN	114935692	A	2022年8月23日	无	
JP	2008064684	A	2008年3月21日	无	
US	2009230980	A1	2009年9月17日	US	8044672 B2 2011年10月25日
US	2013099800	A1	2013年4月25日	US	9140731 B2 2015年9月22日
US	2014032147	A1	2014年1月30日	US	2014032148 A1 2014年1月30日
				US	9562939 B2 2017年2月7日
				US	9618555 B2 2017年4月11日