



LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,  
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,  
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

**(84)** 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

inputting non-linear waveforms into the first branch and the second branch. The first branch is configured to be connected in series to a tested meter. The non-linear waveforms are respectively input into the first branch and the second branch by means of the standard power source module, the tested meter connected in series onto the first branch is enabled to measure the non-linear waveforms, the non-linear waveforms can be compared with measurement data of the standard meter module on the primary circuit or the first branch, whether a nonlinear electric energy meter is credible can be tested, a conventional standard meter module measures the sine wave with standard traceability, and therefore standard traceability for nonlinear wave measurement can be realized.

**(57) 摘要:** 本发明涉及非线性负荷功率与电能检定装置, 包括标准功率源模块、标准表模块和试验回路; 试验回路包括第一支路、第二支路和干路, 第一支路和第二支路与标准功率源模块的第一端连接, 第一支路和第二支路分别通过干路与标准功率源模块的第二端连接, 标准表模块串接在第一支路或者干路上; 标准功率源模块用于向第一支路和第二支路分别输入非线性波形; 第一支路用于串接被试表。通过标准功率源模块向第一支路和第二支路分别输入非线性波形, 使得串接在第一支路上的被试表能够测量非线性波形, 与干路或者第一支路上的标准表模块的测量数据进行比较, 实现了对非线性电能表是否是"可信的"测试, 而传统标准表模块测量的是正弦波且是经过标准溯源的, 从而实现了非线性波测量的标准溯源。

## 非线性负荷功率与电能检定装置

### 技术领域

本发明涉及非线性波形测量技术领域，特别是涉及非线性负荷功率与电能检定装置。

### 背景技术

目前没有用于非线性负荷工况的电能直接测量的溯源标准，无法对测量非线性的波形的电能表的准确度进行测量。

中国计量院提出了两种间接试验波形用于电能计量仪表或装置的动态准确度的衡量，但是由于试验波形已不再是正弦波，而用于参考的标准表模块的溯源装置的试验波形为正弦波，因此无法直接证明此标准表模块在非线性负荷工况下的准确度是“可信的”。

因此，对于非线性的波形的测量和标准的溯源是目前所亟需的。

### 发明内容

基于此，有必要提供一种非线性负荷功率与电能检定装置。

一种非线性负荷功率与电能检定装置，包括：标准功率源模块、标准表模块和试验回路；

所述试验回路包括第一支路、第二支路和干路，所述第一支路和所述第二支路与所述标准功率源模块的第一端连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述标准功率源模块的第二端连接，所述标准表模块串接在所述第一支路或者所述干路上；

所述标准功率源模块用于直接或间接向所述第一支路和所述第二支路分别输入非线性波形，其中，所述第一支路的非线性波形和所述第二支路的非线性波形叠加等于一个完整的正弦波波形；

所述第一支路用于串接被试表。

在一个实施例中，所述标准功率源模块包括主控单元、波形发生器单元和

功率放大器单元;

所述主控单元与所述波形发生器单元连接,所述波形发生器单元与所述功率放大器单元连接;

所述主控单元用于根据控制指令生成三相电压和三相电流信号,并将每相电流分割为两个离散的数字信号,将离散的所述数字信号发送至所述波形发生器单元,其中,每相电流的两个离散的所述数字信号对应的波形合并后为一个完整的正弦波波形;

所述波形发生器单元用于接收离散的所述数字信号,并将离散的所述数字信号转换成模拟信号,将所述模拟信号输出至所述功率放大器单元,其中,每相电流的两个所述模拟信号对应的波形为非线性波形,且同一相电流的两个所述非线性波形叠加等于一个完整的正弦波波形;

所述功率放大器单元用于将所述模拟信号放大后通过所述的三个电压和六个电流输出端输出;

所述功率放大器的一相电流的两个输出端分别与所述第一支路和所述第二支路连接,所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述主控单元连接。

在一个实施例中,还包括第一电子开关、第二电子开关和控制器,所述第一电子开关串接在所述第一支路上,所述第二电子开关串接在所述第二支路上,所述控制器分别与所述第一电子开关的控制端以及所述第二电子开关的控制端连接。

在一个实施例中,所述标准功率源模块包括功率输出单元、第一电子开关、第二电子开关和控制器,所述功率输出单元的第一端通过所述第一电子开关与所述第一支路连接,所述功率输出单元的第一端通过所述第二电子开关与所述第二支路连接,所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述功率输出单元的第二端连接。

在一个实施例中,所述标准表模块包括模拟采样单元和测量计算单元,所述功率放大器单元与所述模拟采样单元连接,所述模拟采样单元与所述测量计算单元连接,所述测量计算单元与所述主控单元连接。

在一个实施例中，所述标准表模块串接在所述第一支路。

在一个实施例中，所述标准表模块串接在所述干路上。

在一个实施例中，还包括电流检测模块，所述电流检测模块串接在所述干路上，且所述电流检测模块与所述控制器连接。

在一个实施例中，还包括平衡阻抗，所述平衡阻抗串接在所述第二支路上。

在一个实施例中，所述第一电子开关 MOS 管、IGBT 和三极管中的一种，所述第二电子开关 MOS 管、IGBT 和三极管中的一种。

本发明的有益效果是：通过标准功率源模块直接或者间接向第一支路和第二支路分别输入非线性波形，使得串接在第一支路上的被试表能够测量非线性波形，而通过与干路或者第一支路上的标准表模块的测量数据进行比较，从而实现了对非线性电能表是否是“可信的”测试，实现了对非线性波形的测量，并且实现了对线性波形的标准的溯源。从而实现了通过传统标准表模块对正弦波的测量核对被试表对非线性波的测量进行检定其是否可信；同时由于传统标准表模块测量的是正弦波且是经过标准溯源的，从而容易实现非线性波测量的标准溯源。

## 附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，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发明的一些实施例，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它的附图。

图 1 为一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置的电路示意图；

图 2 为一实施例的标准功率源模块的电路示意图；

图 3 为另一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置的电路示意图；

图 4 为一实施例的正弦波波形、第一电流输出端、第二电流输出端输出的电流的波形示意图；

图 5 为又一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置的电路示意图；

图 6 为再一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置的电路示意图；

图 7 为再一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置的电路示意图；

图 8 为再一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置的电路示意图；

图 9 为一实施例的经非线性负荷功率与电能检定装置进行分裂后的第一支路以及第二支路的波形示意图。

## 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。基于本发明中的实施例，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它实施例，都属于本发明保护的范围。

在一个实施例中，如图 1 所示，一种非线性负荷功率与电能检定装置 10，包括：标准功率源模块 100、传统标准表模块 230 和试验回路；所述试验回路包括第一支路、第二支路和干路，所述第一支路和所述第二支路与所述标准功率源模块 100 的第一端连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述标准功率源模块 100 的第二端连接，所述传统模式工作的标准表模块 230 串接在所述干路上；所述标准功率源模块 100 用于直接或间接向所述第一支路和所述第二支路分别输入非线性波形，其中，所述第一支路的非线性波形和所述第二支路的非线性波形叠加等于一个完整的正弦波波形；所述第一支路用于串接被试表 210。

通过标准功率源模块直接或者间接向第一支路和第二支路分别输入非线性波形，使得串接在第一支路上的被试表能够测量非线性波形，而通过与干路或者第一支路上的标准表模块的测量数据进行比较，从而实现了对非线性电能表是否是“可信的”测试。

在一个实施例中，标准功率源模块直接向第一支路和第二支路分别输入非线性波形，也就是说，标准功率源模块输出两个非线性的波形，该标准功率源模块 300 可以通过数模转换实现两个非线性的波形的输出，如图 2 所示，提供一种标准功率源模块 300，包括：主控单元 110、波形发生器单元 120 和功率放大器单元 130；所述主控单元 110 与所述波形发生器单元 120 连接，所述波形发

生器单元 120 与所述功率放大器单元 130 连接；所述主控单元 110 用于根据控制指令生成三个电压和三个电流并将每相电流分割成两个离散的数字信号，将这些离散的所述数字信号发送至所述波形发生器单元 120，其中，每相电流的两个离散的所述数字信号对应的波形的叠加应为一个完整的正弦波波形；所述波形发生器单元 120 用于接收上述离散的所述数字信号，并将离散的所述数字信号转换成模拟信号，将所述模拟信号输出至所述功率放大器单元 130，其中，每相电流的两个所述模拟信号对应的波形为非线性波形，且两个所述非线性波形叠加等于所述正弦波波形；所述功率放大器单元 130 用于将所述模拟信号放大后通过所述输出端输出，请结合图 1 和图 2，所述功率放大器 130 的一相电流的两个输出端分别与所述第一支路和所述第二支路连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述标准功率源模块 100 的公共端 Icom 连接。

具体地，所述主控单元 110 的输出端与所述波形发生器单元 120 的输入端连接，所述波形发生器单元 120 的输出端与所述功率放大器单元 130 的输入端连接。

本实施例中，所述主控单元 110 为 FPGA(Field-Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列)，所述主控单元 110 用于根据接收到的控制指令，编程生成三相电压和三相电流的数字信号，其中每相电流的两个数字信号为离散的信号，或者说为非线性的信号，这两个数字信号叠加后对应的值为连续的数值，在波形上反映为完整的正弦波波形，例如，两个数字信号叠加或者合并的后对应的波形为正弦波。

所述波形发生器单元 120 为 DAC(Digital to analog converter, 数字模拟转换器)，用于将上述数字信号分别转换为对应的模拟信号，其中，每相电流的两个模拟信号相叠加的波形为完整的正弦波波形，即每一个模拟信号对应的波形为非线性波形，具体地，波形发生器单元 120 根据主控单元 110 的控制指令，将数字信号输出至功率放大器单元 130。

具体地，所述主控单元 110 用于根据控制指令，将每相电流生成基于两个持续时间的两个离散数字信号，其中，两个持续时间的长度相等，两个离散的数字信号合并后形成连续的数字信号，也就是完整的每相电流波形对应的

数字信号。具体地，所述主控单元 110 用于生成基于第一持续时间以及第二持续时间的两个离散的数字信号，波形发生器单元 120 将两个离散的数字信号分别转换为两个模拟信号，其中，第一持续时间等于第二持续时间，即第一持续时间的长度等于第二持续时间的长度，且第一持续时间和第二持续时间依次循环，例如，两个模拟信号包括第一模拟信号和第二模拟信号，第一模拟信号与第一持续时间对应，第二模拟信号与第二持续时间对应，即在第一持续时间，第一模拟信号的值有效，第二模拟信号的值为零，此时，第一模拟信号的值与连续的数字信号的值对应；在第二持续时间，第一模拟信号的值为零，第二模拟信号的值有效，此时，第二模拟信号的值与连续的数字信号的值对应；这样，第一模拟信号和第二模拟信号对应的波形面积分别为连续的数字信号的完整的每相电流波形面积的二分之一，且第一模拟信号和第二模拟信号对应的波形叠加则为连续的数字信号对应的完整的每相电流波形。

所述功率放大器单元 130 用于将所述模拟信号放大后通过所述输出端输出，即该功率放大器用于分别通过输出端分别输出所述模拟信号的电压和电流，即功率放大器用于通过输出端输出正弦波电压和非线性波形的电流，其中电流的每一个输出端输出的电流均为非线性波形的电流，而每相电流的两个输出端输出的非线性波形的电流叠加，则为完整的每相电流。

主控单元根据输入的控制指令生成电流信号，并将每相正弦波波形的电流分割为两个离散的数字信号，通过波形发生器单元每相电流的数字信号转换为对应的非线性波形的模拟信号输出，这样，通过被试表对其中一个非线性波形的模拟信号进行测量，即可实现对非线性波形电流的测量；此外，主控单元即能够通过波形发生器单元生成非线性波形的电流，也能够通过干路将第一支路和第二支路的非线性波形合成正弦波波形的电流，从而实现了通过传统模式工作的标准表模块对正弦波的测量核对被试表对非线性波的测量进行检定其是否可信；同时由于传统标准表模块测量的是正弦波且是经过标准溯源的，从而容易实现非线性波测量的标准溯源。

本实施例中，标准功率源模块 100 通过主控单元将每一相的数字信号的正弦波电流波形分割为两个非线性波形的数字信号，并通过波形发生器单元 120



将数字信号转换为模拟电流信号输出，进而使得该标准功率源模块 100 既可以输出非线性波形的电流，也可以通过干路将第一支路和第二支路非线性波形合成正弦波波形的电流，同时由于传统模式工作的标准表模块是经过正弦波标准溯源的，从而实现了通过传统标准表模块对正弦波波形的测量值验证被试表 210 对非线性波形的测量进行比对，检定其非线性测量是否“可信”。

具体地，本实施例中，标准功率源模块 100 的功率放大器单元 130 一相的两路的电流输出端输出电流为  $I_{1a}$  和  $I_{2a}$ ，电压输出端输出电压为  $U_a$ ，该相的电流对应的数字信号的波形为正弦波，将该数字信号的正弦波按相同的时间间隔切分为两个非线性波形，即则  $I_{1a}$  和  $I_{2a}$  对应的波形，如图 4 所示， $I_{1a}$  对应的波形和  $I_{2a}$  对应的波形相叠加，即为数字信号的正弦波的波形  $I_a$ 。

本实施例中，标准功率源模块 100 的功率放大器单元 130 的两路的电流输出端分别为第一电流输出端以及第二电流输出端，第一电流输出端以及第二电流输出端周期性输出，第一输出端连接第一支路，第二输出端连接第二支路，第一支路和第二支路通过干路与主控单元连接。

所述主控单元 110 用于生成基于第一持续时间  $t_1$  以及第二持续时间  $t_2$  的两个离散的数字信号，波形发生器单元 120 将两个离散的数字信号分别转换为两个模拟信号，其中，第一持续时间  $t_1$  等于第二持续时间  $t_2$ ，在第一持续时间  $t_1$  内，第一电流输出端的值有效，第二电流输出端不输出，此时，第一电流输出端输出的值与数字信号的值对应；在第二持续时间  $t_2$ ，第一电流输出端不输出，第二电流输出端的值有效，此时，第二电流输出端输出的值与数字信号的值对应。

本实施例中，标准表模块 230 为传统标准表模块 230，为了实现对非线性波形的电流进行测量，例如，如图 1 所示，第一电流输出端  $I_{1a}$  用于与被试表 210 连接，即该第一电流输出端  $I_{1a}$  与第一支路连接，而被试表 210 串接在第一支路上，第一支路和第二支路通过干路上的传统标准表模块 230 与标准功率源模块的公共端  $I_{com}$  连接，通过该公共端  $I_{com}$ ，试验回路连接至主控单元 110 连接，也就是说，公共端  $I_{com}$  为主控单元 110 的一端。即标准功率源模块 100 与被试表 210、平衡阻抗 220、传统标准表模块 230 形成回路，被试表 210 与平衡阻抗

220 并联, 并且被试表 210 与平衡阻抗 220 并联后与传统标准表模块 230 串联, 被试表 210 测量第一电流输出端的非线性波形的电流, 而传统标准表模块 230 在干路中测量两个支路的非线性波形电流的合成的电流, 合成后的电流为标准的正弦波波形的电流, 也就是说, 传统标准表模块 230 测量的是“标准”电流, 也就是正弦波波形的电流。这样, 通过对比被试表 210 测量的电流是否为传统标准表模块 230 测量的电流的二分之一, 即可测得被试表 210 的准确度是否可行。

为了实现对线性波形的测量, 该标准表模块可以是单独的一个标准表, 而标准表则可以是测量线性波形的传统标准表, 也可以是测量非线性波形的非线性标准表, 该标准表模块也可以是通过模拟采样测量的方式实现, 比如, 在一个实施例中, 请参见图 2, 检定装置的标准表模块 230 还包括模拟采样单元 140 和测量计算单元 150, 所述功率放大器单元 130 与所述模拟采样单元 140 连接, 所述模拟采样单元 140 与所述测量计算单元 150 连接, 所述测量计算单元 150 与所述主控单元 110 连接; 所述模拟采样单元 140 用于对所述功率放大器输出的所述模拟信号进行采样, 并将采样获得的所述模拟信号转换为数字信号, 将转换后的所述数字信号发送至所述测量计算单元 150; 所述测量计算单元 150 用于对转换后的所述数字信号进行测量; 所述主控单元 110 还用于将根据所述控制指令生成的所述数字信号以及所述测量计算单元 150 测量的所述数字信号进行对比。

具体地, 该模拟采样单元 140 为 ADC (Analog-to-Digital Converter, 模/数转换器), 该模拟采样单元 140 将功率放大器单元 130 输出的模拟信号进行采集, 并转换为数字信号输出至测量计算单元 150, 该测量计算单元 150 为 FPGA; 例如, 模拟采样单元 140 用于将两路的模拟信号进行合并, 并转换为数字信号输出至测量计算单元 150, 测量计算单元 150 用于对模拟采用单元合并输出的数字信号进行测量, 这样, 主控单元 110 可对自身输出的数字信号以及测量计算单元 150 反馈的数字信号进行对比。本实施例中, 测量计算单元 150 还具有标准表模块 230 的功能, 经标准溯源后可用于提供标准的传递。

在一个实施例中, 请再次参见图 2, 标准功率源模块 100 还包括输入单元,

所述输入单元用于接收控制指令，将所述控制指令发送至所述主控单元 110。本实施例中，该输入单元为人机交互单元 160，用于供用户输入控制指令，人机交互单元 160 将控制指令发送至主控单元 110，并且人机交互单元 160 还用于接收主控单元 110 的对比结果的反馈，例如，该人机交互单元 160 还包括显示子单元，用于显示对比结果。

在一个实施例中，所述波形发生器单元用于将三相的所述数字信号转换为三相的模拟信号，并且其中每一相电流的信号包括两个所述模拟信号，并将三相的所述模拟信号输出至所述功率放大器单元，且每一相电流的两个所述非线性波形叠加等于一个所述完整的正弦波波形。

在一个实施例中，所述功率放大器单元 130 具有三相的输出，其中每一相电流输出包括两个所述输出端，每一相的两个所述输出端用于分别输出同一相的两个所述模拟信号。例如，所述波形发生器单元 120 的电流具有三相六路的输出端，每一相电流包括两路的输出端，每一相电流的两路输出端用于分别输出两个互补的模拟电流信号，或者说，每一相电流的两路的输出端用于分别输出与一个连续的电流数字信号对应的被分割的两个模拟信号。所述功率放大器单元 130 具有三相六路的电流输入端，所述功率放大器的每一电流输入端与所述波形发生器单元 120 的每一电流输出端对应连接；且该功率放大器单元 130 具有三相六路的电流输出端，每一相包括两路电流的输出端，每一相电流的两个输出端用于分别输出两个放大后的模拟信号，这样功率放大器单元 130 的三相 a、b 和 c 分别输出的模拟信号的电流为  $I_{1a}$ 、 $I_{2a}$ 、 $I_{1b}$ 、 $I_{2b}$ 、 $I_{1c}$  和  $I_{2c}$ ，功率放大器单元 130 的三相 a、b 和 c 输出的电压分别为  $U_a$ 、 $U_b$  和  $U_c$ 。

为了对被试表 210 进行测试，以验证被试表 210 的非线性测量准确度是“可信的”，在一个实施例中，所述功率放大器单元 130 电流的两个所述输出端中的一个用于连接被试表 210，所述功率放大器单元 130 的同一相的两个所述输出端中的一个用于连接被试表 210，这样，模拟采样单元 140 和测量计算单元 150 对一相的正弦波波形的采集和测量，被试表 210 对该相的其中一个输出端输出的模拟型号的非线性波形进行测量，检测被试表 210 测量的非线性波形是否为该相的正弦波波形的二分之一，即可检测出被试表 210 的准确度是“可信的”。

上述各实施例中，主控单元 110 根据输入的控制指令生成数字信号，通过波形发生器单元 120 该数字信号对应的完整电流波形分割为两个非线性波形的模拟信号输出。这样，通过被试表 210 对其中一个非线性波形的模拟信号进行测量，即可实现对非线性波形电流的测量。此外，主控单元 110 即能够通过波形发生器单元 120 生成非线性波形的电流，也能够也可以通过干路将第一支路和第二支路非线性波形合成正弦波波形的电流，从而实现了通过传统标准表模块对正弦波波形的测量检定被试表 210 对非线性波形的测量是否可信。

在一个实施例中，请结合图 1 和图 2，所述主控单元 110 与所述波形发生器单元 120 连接，所述波形发生器单元 120 与所述功率放大器单元 130 连接。所述波形发生器单元 120 具有三相电压和三相六路电流的输出端，每一相电流包括两路的输出端。所述功率放大器单元 130 具有三相电压和三相六路电流的输入端，所述功率放大器的每一输入端与所述波形发生器单元 120 的每一输出端对应连接，且所述功率放大器单元 130 具有三相电压和三相六路电流的输出端，每一相电流的输出端包括第一电流输出端和第二电流输出端。试验电路包括被试表 210、传统标准表模块 230、平衡阻抗 220、第一电阻 R1 和第二电阻 R2，第一电流输出端与被试表 210 连接，第二电流输出端与平衡阻抗 220 连接，第一电阻 R1 与被试表 210 串联，第二电阻 R2 与平衡阻抗 220 串联，第一电阻 R1 和第二电阻 R2 均通过传统标准表模块 230 与标准功率源模块 100 的公共端 Icom 连接。也就是说，第一电流输出端连接被试表 210 和第一电阻 R1 所在支路，第二电流输出端连接平衡阻抗 220 和第二电阻 R2 所在支路，两个支路并联后与传统标准表模块 230 串联，两个支路通过传统标准表模块 230 与标准功率源模块 100 的公共端 Icom 连接，与标准功率源模块 100 的形成电流回路。

具体地，该平衡阻抗 220 也具有与被试表 210 相同的阻抗，这样，能够使得被试表 210 所在支路和平衡阻抗 220 所在支路具有相同的阻抗，使得被试表 210 所在支路和平衡阻抗 220 所在支路的电流处于相同的电路环境，减小了由于阻抗差异导致的测量误差。为了进一步减小被测表以及平衡阻抗 220 对电流的影响，例如，被试表 210 的阻值倍小于第一电阻 R1 的阻值，例如，平衡阻抗 220 的阻值倍小于第一电阻 R1 的阻值。也就是说，被试表 210 的阻值小于第一电阻

R1 的阻值的十分之一，或者说，第一电阻 R1 的阻值大于十倍的被试表 210 的阻值，平衡阻抗 220 的阻值小于第二电阻 R2 的阻值的十分之一；或者说，第二电阻 R2 的阻值大于十倍的平衡阻抗 220 的阻值，由于第一电阻 R1 和第二电阻 R2 的阻值相同，并且分别倍大于被试表 210 的阻值以及平衡阻抗 220 的阻值，因此，减小了被试表 210 的阻值以及平衡阻抗 220 的阻值的差异导致的测量误差，使得测量更为准确。

本实施例中，被试表 210 用于测量第一输出端输出的非线性波形的电流，而标准表模块 230 为工作于传统模式的标准表模块，该传统标准表模块 230 用于测量干路的电流，也就是流回标准功率源模块的合成的电流。传统标准表模块串联在干路中，这样，传统标准表模块即可测量得到正弦波电流，通过将被试表 210 与传统标准表模块的电流进行对比检测，即可检测出被试表 210 检测的准确度，并且传统标准表模块 230 是经过标准溯源的，这样的比对结果是“可信的”。

本实施例中，被试表 210 和传统标准表模块 230 还与标准功率源模块的电压输出端连接，该电压输出端为被试表 210 和传统标准表模块提供标准功率源模块的电压  $U_a$ 。

应该理解的是，本文中传统标准表指的是目前应用的经正弦波溯源的标准表，非线性标准表指的是经上述非线性功率与电能检定装置溯源（图 3 中的被试表为一非线性标准表模块）后的新类型的标准表，该非线性标准表为被验证过其非线性测量是“可信的”新的标准表。

在一个实施例中，如图 3 所示，标准表模块包括一个非线性标准表 230，即该标准表模块包括一个非线性的标准表，标准功率源模块 100 的每一相电流的输出端包括第一电流输出端 I1a 和第二电流输出端 I2a，第一电流输出端 I1a 与第一支路连接，第二电流输出端 I2a 与第二支路连接，第一支路和第二支路均通过干路与标准功率源模块 100 的公共端 Icom 连接。被试表 210、第一电阻 R1 以及非线性标准表 230 串接在第一支路上，第二电阻 R2 与平衡阻抗 220 串接在第二支路上，也就是说，第一电流输出端连接被试表 210、第一电阻 R1 以及非线性标准表模块 230 所在支路，第二电流输出端连接平衡阻抗 220 和第二电阻

R2 所在支路，两个支路并联后与标准功率源模块 100 的公共端 Icom 连接，与标准功率源模块 100 的形成电流回路。

本实施例中的非线性工作模式标准表模块包括非线性标准表，该非线性标准表以非线性工作方式工作。

为经过检定装置 10 测量验证后为“可信的”新类型的标准表，通过将非线性标准表 230 串联至被试表 210 所在的支路，检测被试表 210 与非线性标准表 230 的测量结果是否相等，则测得被试表 210 是否为“可信的”。这样，无需再次使用传统标准表模块，使得测量更为方便和直接。

在一个实施例中，标准功率源模块间接向第一支路和第二支路分别输入非线性波形，也就是说，标准功率源模块输出完整的正弦波，并通过分裂装置将正弦波分裂为两个非线性的波形，本实施例中，标准表模块包括一个传统标准表 530，该传统标准表 530 以传统工作方式工作，非线性负荷功率与电能检定装置还包括第一电子开关、第二电子开关和控制器，所述第一电子开关串接在所述第一支路上，所述第二电子开关串接在所述第二支路上，所述控制器分别与所述第一电子开关的控制端以及所述第二电子开关的控制端连接。如图 5 所示，其为本发明一实施例的非线性负荷功率与电能检定装置 10，包括：标准功率源模块 400、第一电子开关 410、第二电子开关 420、控制器 430、传统标准表 530 和试验回路；所述试验回路包括第一支路、第二支路和干路，所述第一支路和所述第二支路与所述标准功率源模块 400 的第一端连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述标准功率源模块 400 的第二端连接，所述第一电子开关 410 和在所述第一支路上，所述第二电子开关 420 串接在所述第二支路上，所述传统标准表 530 串接在所述干路上；所述控制器 430 分别与所述第一电子开关 410 的控制端以及所述第二电子开关 420 的控制端连接；所述控制器 430 用于在任一持续时间，仅控制所述第一电子开关 410 和所述第二电子开关 420 中的一个开启，第一支路用于串接被试表 510，即被试表 510 串接在所述第一支路上。

本实施例中，标准功率源模块标准功率源模块标准功率源模块 400 用于提供标准功率的电能，例如，标准功率源模块 400 用于输出线性波形的电流，例

如，标准功率源模块 400 用于输出正弦波电流  $I_{source}$ 。

本实施例中，标准功率源模块 400 的电压输出端还与被试表 510 和标准电能表连接，标准功率源模块 400 通过电压输出端为被试表 510 和标准电能表提供标准电压源的电压  $V_{source}$ 。

被试表 510 为被测试的电能表，而传统标准表 530 则为标准电能表，该标准电能表可以是测量线性波形的标准电能表，也可以是测量非线性波形的标准电能表。当传统标准表 530 为测量线性波形的标准电能表，则传统标准表 530 串联在干路；当标准表模块包括测量非线性波形的标准电能表时，标准表模块串联在第一支路，对此，下文中将作进一步阐述。

具体地，第一支路和第二支路并联，第一支路和第二支路均与干路连接，第一电子开关 410 开启，则第一支路导通，标准功率源模块 400 通过第一支路和干路形成回路；第二电子开关 420 开启，则第二支路导通，标准功率源模块 400 通过第二支路和干路形成回路。本实施例中，控制器 430 在任一时刻仅控制第一电子开关 410 和第二电子开关 420 中的一个开启，这样，在任一时刻，第一支路和第二支路有且仅有一个导通，在非线性负荷功率与电能检定装置 10 工作的任一时刻，该回路始终能够导通。

具体地，控制器 430 用于分别控制第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的通断，例如，控制器 430 用于分别控制第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的持续时间性通断，例如，所述控制器 430 用于在任一持续时间，仅控制所述第一电子开关 410 和所述第二电子开关 420 中的一个开启，即在任一持续时间，所述第一电子开关 410 和所述第二电子开关 420 中仅有一个开启，例如，第一电子开关 410 的开启时间和第二电子开关 420 的开启时间相互错开，例如，第一电子开关 410 和第二电子开关 420 不同时开启。

本实施例中，标准功率源模块 400 分别向第一支路和第二支路输入电流，值得一提的是，第一电子开关 410 和第二电子开关 420 不同时开启，例如，非线性负荷功率与电能检定装置 10 包括两个电子开关，两个电子开关为第一电子开关 410 和第二电子开关 420，在任一时刻，仅有一个电子开关导通，也就是说，在任一持续时间或任一时刻，控制器 430 控制第一电子开关 410 和所述第二电

子开关 420 中的一个开启, 并控制第一电子开关 410 和所述第二电子开关 420 中的另一个关闭。控制器 430 在每一个通断持续时间内依次开启第一电子开关 410 和第二电子开关 420, 该通断持续时间  $t$  包括第一持续时间  $t_1$  和第二持续时间  $t_2$ , 控制器 430 用于在第一持续时间  $t_1$  控制第一电子开关 410 开启, 控制第二电子开关 420 关闭, 并在第二持续时间  $t_2$  控制第一电子开关 410 关闭, 控制第二电子开关 420 开启, 其中, 第一持续时间  $t_1$  与第二持续时间  $t_2$  相等, 即第一持续时间  $t_1$  和第二持续时间  $t_2$  的时间长度相等。这样, 第一持续时间  $t_1$  和第二持续时间  $t_2$  不断循环, 使得第一电子开关 410 和第二电子开关 420 持续时间性开启和关闭, 进而使得电流输入端的电流在不同的持续时间内被切分为两份。

具体地, 请参见图 5, 标准功率源模块 400 输出的线性波形的电流为  $I_{\text{source}}$ , 在第一持续时间  $t_1$ , 第一电子开关 410 开启, 第二电子开关 420 关闭, 流经第一支路的电流为  $I_1$ , 流经第二支路的电流为 0; 在第二持续时间  $t_2$ , 第二电子开关 420 开启, 第一电子开关 410 关闭, 流经第二支路的电流为  $I_2$ , 流经第一支路的电流为 0。对于一个完整的通断持续时间  $t$  来说,  $I_{\text{source}} = I_1 + I_2$ , 其中  $I_1$  和  $I_2$  的波形分别为非线性的波形。

请结合图 5 和图 9, 电流输入端输入的电流  $I_{\text{source}}$  即为  $I_{\text{ref}}$ ,  $I_{\text{ref}}$  为流经干路的电流, 其波形为正弦波, 该电流的波形的持续时间为  $T$ , 而第一电子开关 410 以及第二电子开关 420 的通断持续时间  $t$  是  $t$ , 则流经第一电子开关 410 的电流  $I_1$  和第二电子开关 420 的电流  $I_2$  的波形则如图 9 所示,  $I_1$  和  $I_2$  均为非线性的电流, 且  $I_1$  和  $I_2$  分别为  $I_{\text{ref}}$  的二分之一, 且  $I_{\text{ref}} = I_1 + I_2$ 。通过控制器 430 对第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的持续时间性控制, 使得正弦波的电流被切分为非线性的波形, 这样, 串接在第一支路上的被试表 510 可实现对非线性波形的测量。

在一个实施例中, 如图 5 所示, 所述传统标准表 530 串接在所述干路上。本实施例中, 该传统标准表 530 为测量线性波形的传统标准表, 标准功率源模块 400 的第一端为电流输出端, 标准功率源模块 400 的第一端分别与所述第一电子开关 410 的第一端以及所述第二电子开关 420 的第一端连接, 所述第一电



子开关 410 的第二端与被试表 510 连接, 所述被试表 510 以及所述第二电子开关 420 的第二端均通过所述传统标准表 530 与所述标准功率源模块 400 的第二端连接, 该标准功率源模块 400 的第二端为公共端  $I_{com}$ , 串接在第一支路上的被试表 510 对非线性波形的测量, 串接在干路上的传统标准表 530 则能够测量线性波形  $I_{source}$ , 通过第一支路上的被试表 510 与干路上的传统标准表 530 进行对比, 对比被试表 510 的测量电流是否等于传统标准表 530 的二分之一, 即可检测被试表 510 准确度是否是“可信的”。并且, 传统标准表 530 还能够实现标准功率的溯源。

在一个实施例中, 标准表模块包括一个非线性标准表, 如图 6 所示, 所述非线性标准表 530 串接在所述第一支路, 该非线性标准表 530 以非线性工作方式工作。本实施例中, 该非线性标准表 530 为测量非线性波形的标准表, 标准功率源模块 400 的第一端为电流输出端, 标准功率源模块 400 的第一端分别与所述第一电子开关 410 的第一端以及所述第二电子开关 420 的第一端连接, 所述第一电子开关 410 的第二端与被试表 510 连接, 所述被试表 510 通过所述非线性标准表 530 与所述标准功率源模块 400 的第二端连接, 所述第二电子开关 420 的第二端与所述标准功率源模块 400 的第二端连接。串接在第一支路上的被试表 510 对非线性波形的测量, 而非线性标准表 530 则提供非线性波形的测量标准, 通过对被试表 510 与非线性标准表 530 的测量结果对比, 即可检测出被试表 510 的准确度是否是“可信的”。

在一个实施例中, 如图 5 和图 6 所示, 非线性负荷功率与电能检定装置 10 还包括电流检测模块 460, 所述电流检测模块 460 串接在所述干路上, 且所述电流检测模块 460 与所述控制器 430 连接。该电流检测模块 460 的一端与标准功率源模块 400 的第一端连接, 且电流检测模块 460 的另一端分别与第一电子开关 410 以及第二电子开关 420 连接, 也就是说, 标准功率源模块 400 通过电流检测模块 460 与第一支路以及第二支路连接, 该电流检测模块 460 串联在干路中, 电流检测模块 460 与控制器 430 连接, 该电流检测模块 460 用于检测标准功率源模块 400 输入的电流, 也就是说, 该电流检测模块 460 用于检测电流输入端的电流, 该电流检测模块 460 用于给控制器 430 提供过零检测信号, 所述

控制器 430 还用于在接收到过零检测信号后，同步控制第一电子开关 410 或第二电子开关 420 的持续时间性通断，也就是说，当电流检测模块 460 检测到电流输入端的过零点后，控制器 430 则开始对第一电子开关 410 和第二电子开关 420 进行持续时间性通断的控制，从而使得对波形的分裂操作与标准功率源模块 400 的电流输入同步，进而使得每一个持续时间上分裂后的非线性波形能够与标准功率源模块 400 的波形匹配。

为了实现对第一电子开关 410 以及第二电子开关 420 的通断控制，例如，该控制器 430 为控制芯片，例如，该控制器 430 为单片机。例如，该第一电子开关 410 和第二电子开关 420 分别为半导体器件开关。

在一个实施例中，所述第一电子开关 410 为 MOS 管、IGBT 和三极管中的一种，所述第二电子开关 420 为 MOS 管、IGBT 和三极管中的一种。

在一个实施例中，所述第一电子开关 410 为 MOS (metal oxide semiconductor) 场效应晶体管，金属氧化物半导体场效应晶体管) 管，且第一电子开关 410 包括两个 MOS 管，所述第二电子开关 420 为 MOS 管，所述第二电子开关 420 包括两个 MOS 管，这样对于交流的正弦波电流，第一电子开关 410 的两个 MOS 管可以在两个方向上进行导通和关闭，第二电子开关 420 的两个 MOS 管可以在两个方向上进行导通和关闭，使得能够实现在正负两个半波内导通的关闭，例如，该 MOS 管为 PMOS 管，例如，该 MOS 管为 NMOS 管。本实施例中，第一电子开关 410 的控制端为第一电子开关 410 的栅极，第二电子开关 420 的控制端为第二电子开关 420 的栅极，该第一电子开关 410 的第一端可以是源极，也可以是漏极，该第二电子开关 420 的第一端可以是源极，也可以是漏极，控制器 430 向第一电子开关 410 的栅极输入信号，使得第一电子开关 410 开启，向第二电子开关 420 的栅极输入信号，使得第二电子开关 420 开启。MOS 管具有非常快的开关速度，能够使得控制器 430 能够快速地对第一支路和第二支路的通断进行控制，能够进一步提高电流的切换效率，并且能够使得通断维持时间更短，以使得切换频率更高，进而使得非线性波形电流的精度更高。应该理解的是，第一电子开关 410 的两个 MOS 管以及第二电子开关的两个 MOS 管的连接可根据实际需求设置，本领域技术人员根据现有技术即可实现两个 MOS 管的连接，并实现在两

个方向上的导通和关闭，本实施例中不累赘描述。

在一个实施例中，所述第一电子开关为 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 绝缘栅双极型晶体管)，第一电子开关包括两个 IGBT，在一个实施例中，所述第二电子开关为 IGBT，第二电子开关包括两个 IGBT，第一电子开关的两个 IGBT 以及第二电子开关的两个 IGBT 同样可以实现分别在正弦波的正负半波上实现导通和关闭。具体地，本实施例中，第一电子开关 410 的控制端为第一电子开关 410 的栅极，该第一电子开关 410 的第一端可以是漏极，也可以是源极，第二电子开关 420 控制端为第二电子开关 420 的栅极，该第二电子开关 420 的第一端可以是漏极，也可以是源极，这样，控制器 430 向第一电子开关 410 的栅极以及第二电子开关 420 的栅极输入信号，即可实现对第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的通断的控制。

在一个实施例中，所述第一电子开关 410 为三极管，第一电子开关 410 包括两个三极管，所述第二电子开关 420 为三极管，第二电子开关 420 包括两个三极管。本实施例中，第一电子开关 410 的控制端为第一电子开关 410 的基极，该第一电子开关 410 的第一端可以是集电极，也可以是发射极，第二电子开关 420 控制端为第二电子开关 420 的基极，该第二电子开关 420 的第一端可以是集电极，也可以是发射极，这样，控制器 430 向第一电子开关 410 的基极以及第二电子开关 420 的基极输入信号，即可实现对第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的通断的控制。

在一个实施例中，非线性负荷功率与电能检定装置 10 还包括第一电阻和第二电阻，所述第一电阻串接在所述第一支路上，所述第二电阻串接在所述第二支路上。

本实施例中，如图 5 和图 6 所示，第一电子开关 410 与第一电阻 R1 串联，第二电子开关 420 与第二电阻 R2 串联，第一电子开关 410 和第一电阻 R1 所在线路为第一支路，第二电子开关 420 和第二电阻 R2 所在线路为第二支路，这样，当控制器 430 控制第一电子开关 410 开启，控制第二电子开关 420 关闭时，则第一支路导通，电流输入端的电流从第一支路输送至电流输出端，当控制器 430 控制第二电子开关 420 开启，控制第一电子开关 410 关闭时，则第二支路导通，

电流输入端的电流从第二支路输送至电流输出端。

为了使得电源输入端的电流能够得到均匀切分，在一个实施例中，所述第一电阻 R1 的阻值和所述第二电阻 R2 的阻值相同，这样，第一支路和第二支路具有相同的阻值，这样，能够实现电流输入端的电流在第一支路和第二支路中的快速切换，并且使得第一支路和第二支路电流更为精确，也即第一支路和第二支路的电流分别为电流输入端的电流的二分之一。

为了使得电源输入端的电流能够得到均匀切分，在一个实施例中，如图 5 和图 6 所示，非线性负荷功率与电能检定装置 10 还包括平衡阻抗 520，所述平衡阻抗 520 串接在所述第二支路上，平衡阻抗 520 与第二电子开关 420 串联，即所述平衡阻抗 520 串联在所述第二电子开关 420 以及所述第二电阻 R2 所在的第二支路。该平衡阻抗 520 的具有与被试表 510 相同的阻抗，这样，能够使得第一支路和第二支路具有相同的阻抗，能够实现电流输入端的电流在第一支路和第二支路中的快速切换，并且使得第一支路和第二支路电流更为精确，也即第一支路和第二支路的电流分别为电流输入端的电流的二分之一。

为了进一步减小被测表以及平衡阻抗 520 对电流的影响，例如，被试表 510 的阻值倍小于第一电阻 R1 的阻值，例如，平衡阻抗 520 的阻值倍小于第一电阻 R2 的阻值，也就是说，被试表 510 的阻值小于第一电阻 R1 的阻值的十分之一，或者说，第一电阻 R1 的阻值大于十倍的被试表 510 的阻值，平衡阻抗 520 的阻值小于第二电阻 R2 的阻值的十分之一，或者说，第二电阻 R2 的阻值大于十倍的平衡阻抗 520 的阻值。

在一个实施例中，标准功率源模块直接向第一支路和第二支路分别输入非线性波形，也就是说，标准功率源模块输出两个非线性的波形，在一个实施例中，如图 7 所示，提供一种非线性负荷功率与电能检定装置 10，包括：标准功率源模块 400、传统标准表 530 和试验回路；所述试验回路包括第一支路、第二支路和干路，所述标准功率源模块 400 包括功率输出单元 440、第一电子开关 410、第二电子开关 420 和控制器 430，所述功率输出单元 440 的第一端通过所述第一电子开关 410 与所述第一支路连接，所述功率输出单元 440 的第一端通过所述第二电子开关 420 与所述第二支路连接，所述第一支路和所述第二支路

分别通过所述干路与所述功率输出单元 440 的第二端连接,所述传统标准表 530 串接在所述干路上;所述控制器 430 分别与所述第一电子开关 410 的控制端以及所述第二电子开关 420 的控制端连接;所述控制器 430 用于在任一持续时间,仅控制所述第一电子开关 410 和所述第二电子开关 420 中的一个开启。第一支路用于串接被试表 510,即被试表 510 串接在所述第一支路上。

本实施例中,标准功率源模块 400 提供两路的非线性电流的输出,即该标准功率源模块 400 通过第一电子开关 410、第二电子开关 420 和控制器 430 实现两路的非线性电流的输出,由第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的持续时间性通断,实现两路的非线性的波形的电流输出。例如,功率输出单元 440 的第一端分别与所述第一电子开关 410 的第一端以及所述第二电子开关 420 的第一端连接,第一电子开关 410 的第二端为第一电流输出端,所述第二电子开关 420 的第二端为第二电流输出端,第一电流输出端与第一支路连接,第二电流输出端与第二支路连接,第一支路上串接第一电阻 R1,第二支路上串接第二电阻 R2,且第二支路上还串接平衡阻抗 520,功率输出单元 440 的第二端即为公共端 Icom。

具体地,请结合图 7 和图 9,功率输出单元 440 输出的线性波形的电流为  $I_{ref}$ ,在第一持续时间,第一电子开关 410 开启,第二电子开关 420 关闭,第一电流输出端输出电流为  $I_{source1}$ ,第二电流输出端输出的电流为 0;在第二持续时间,第二电子开关 420 开启,第一电子开关 410 关闭,第二电流输出端输出的电流为  $I_{source2}$ ,第一电流输出端输出电流为 0。对于一个完整的通断持续时间来说,  $I_{ref} = I_{source1} + I_{source2}$ ,其中  $I_{source1}$  和  $I_{source2}$  的波形分别为非线性的波形。

如图 7 所示,功率输出单元 440 的电流等于干路电流  $I_{ref}$ ,  $I_{ref}$  的波形为正弦波,该电流的波形的持续时间为 T,而第一电子开关 410 以及第二电子开关 420 的通断持续时间是 t,则第一电流输出端输出的电流  $I_{source1}$  和第一电流输出端输出的电流  $I_{source2}$  的波形则如图 9 所示,  $I_1$  和  $I_2$  均为非线性的电流,且  $I_{source1}$  和  $I_{source2}$  分别为  $I_{ref}$  的二分之一,且  $I_{ref} = I_{source1} + I_{source2}$ 。通过控制器 430 对第一电子开关 410 和第二电子开关 420 的持续时间性控制,使得正弦波的

电流被切分为非线性的波形，使得该标准功率源模块 400 能够提供两个非线性波形的电流输出，这样，串接在第一支路上的被试表 510 可实现对非线性波形的测量。

本实施例中，功率输出单元 440 为非线性负荷标准功率输出单元 440，功率输出单元 440 用于提供标准功率的电功率，例如，功率输出单元 440 用于输出线性波形的电流，例如，功率输出单元 440 用于输出正弦波电流  $I_{source}$ 。

本实施例中，功率输出单元 440 的电压输出端还与被试表 510 和标准电能表连接，功率输出单元 440 通过电压输出端为被试表 510 和标准电能表提供标准电压源的电压  $V_{source}$ 。

一个实施例中，如图 7 所示，标准表模块包括一个传统标准表 530，所述传统标准表 530 串接在所述干路上，该传统标准表 530 以传统工作方式工作，功率输出单元 440 的第一端分别与所述第一电子开关 410 的第一端以及所述第二电子开关 420 的第一端连接，所述第一电子开关 410 的第二端与被试表 510 连接，所述被试表 510 以及所述第二电子开关 420 的第二端均通过所述传统标准表 530 与所述功率输出单元 440 的第二端连接。本实施例中，传统标准表 530 为线性传统标准表 530，用于检测线性的正弦波电流，这样，传统标准表 530 即可测量得到标准功率源模块 400 输出的正弦波电流，通过将被试表 510 与传统标准表 530 的电流进行对比检测，检测被试表 510 的电流是否为标准电能表的二分之一，即可检测出被试表 510 检测的准确度，并实现了标准功率的溯源。

一个实施例中，如图 8 所示，标准表模块包括一个非线性标准表 530，非线性标准表 530 串接在所述第一支路，该非线性标准表 530 以非线性方式工作，标准功率源模块 400 的第一端为电流输出端，标准功率源模块 400 的第一端分别与所述第一电子开关 410 的第一端以及所述第二电子开关 420 的第一端连接，所述第一电子开关 410 的第二端与被试表 510 连接，所述被试表 510 通过所述非线性标准表 530 与所述标准功率源模块 400 的第二端连接，所述第二电子开关 420 的第二端与所述标准功率源模块 400 的第二端连接。本实施例中，标准表模块为非线性标准表 530，该非线性标准表 530 用于提供非线性波形检测的标准，这样，检测被试表 510 与标准电能表检测的电流是否相等，即可检测出

被试表 510 检测的准确度, 本实施例中, 由于标准电能表可提供非线性波形检测的标准, 进而使得在干路中无需串联标准电能表, 在第一支路中即可实现被试表 510 的检测。

下面是一个具体的实施例:

将试验电路的电流回路按照如图 5 所示的方法连接, 本装置通过控制器对电子开关 A 和 B 的控制, 将测量电流分割成两份, 分别送至被试仪表和平衡回路。试验波形如图 5 所示, 被试仪表流过的电流为电子开关 A 波形, 平衡阻抗上流过的电流为电子开关 B 波形, 标准表模块上流过的为两者的合成。当控制器对电子开关的切换控制的误差为可忽略的数量级时, 可以认为流经标准表模块的电流为一个完整的正弦波。

图 9 描述了实验时施加的电流波形。其中的时间  $T$  为正弦波的持续时间,  $t$  为电子开关的通断持续时间, 控制  $t$  的大小即可控制试验要求的非线性波形的频率特性。调整时间  $t$  的大小, 可以改变试验对象的非线性响应特性的测试条件, 时间  $t$  的较小值对应测试切换频率的较高。

电子开关的控制原则是: 在任何时刻有且仅有一个电子开关处于导通状态, 而流经标准表模块的电流为两个电子开关所流经电流的总和。典型的控制两路电流的有效值各为流经标准表模块的  $1/2$ , 计算被试仪表电流与标准表模块的电流的  $1/2$  的差可得出被试仪表的测量误差。

(1) 如图 5 和图 7 所示的非线性负荷功率与电能检定装置, 其特征是利用电子开关将正弦波电流分割成互补的两部份, 仅有其中一份电流是流经被试仪表或装置的, 用于测量非线性负荷工况下被试仪表的电能计量特性; 而另一份电流是流经平衡阻抗的, 合成后的电流流经标准表模块。

(2) 如图 5 和图 7 所示的非线性负荷功率与电能检定装置, 其特征是流经标准表模块的那个电流仍然是完整的正弦波, 这样, 就解决了标准表模块的溯源问题, 同时又解决了被试仪表的准确度溯源的“可信性”问题。

(3) 如图 5 至图 8 所示的非线性负荷功率与电能检定装置, 其特征是正弦波电流被分割成较高频率的两部分, 改变分割的频率即可改变非线性工况功率/电能测量试验波形的非线性度。

(4) 本发明提出了在图 5 的基础上构建一种非线性负荷功率与电能检定装置。在传统检定设备的基础上, 附加上此装置即可用于对电能计量仪表或装置的非线性负荷工况的电能计量特性的检定, 而不用对原有的试验标准功率源模块和标准表模块进行改造。

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本发明的保护范围。因此, 本发明专利的保护范围应以所附权利要求要求为准。



## 权 利 要 求 书

1、一种非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，包括：标准功率源模块、标准表模块和试验回路；

所述试验回路包括第一支路、第二支路和干路，所述第一支路和所述第二支路与所述标准功率源模块的第一端连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述标准功率源模块的第二端连接，所述标准表模块串接在所述第一支路或者所述干路上；

所述标准功率源模块用于直接或间接向所述第一支路和所述第二支路分别输入非线性波形，其中，所述第一支路的非线性波形和所述第二支路的非线性波形叠加等于一个完整的正弦波波形；

所述第一支路用于串接被试表。

2、根据权利要求1所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，所述标准功率源模块包括主控单元、波形发生器单元和功率放大器单元；

所述主控单元与所述波形发生器单元连接，所述波形发生器单元与所述功率放大器单元连接；

所述主控单元用于根据控制指令生成三相电压和三相电流信号，并将每相电流分割为两个离散的数字信号，将离散的所述数字信号发送至所述波形发生器单元，其中，每相电流的两个离散的所述数字信号对应的波形合并后为一个完整的正弦波波形；

所述波形发生器单元用于接收离散的所述数字信号，并将离散的所述数字信号转换成模拟信号，将所述模拟信号输出至所述功率放大器单元，其中，每相电流的两个所述模拟信号对应的波形为非线性波形，且同一相电流的两个所述非线性波形叠加等于一个完整的正弦波波形；

所述功率放大器单元用于将所述模拟信号放大后通过所述的三个电压和六个电流输出端输出；

所述功率放大器的一相电流的两个输出端分别与所述第一支路和所述第二支路连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述主控单元连接。

3、根据权利要求1所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，

还包括第一电子开关、第二电子开关和控制器，所述第一电子开关串接在所述第一支路上，所述第二电子开关串接在所述第二支路上，所述控制器分别与所述第一电子开关的控制端以及所述第二电子开关的控制端连接。

4、根据权利要求1所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，所述标准功率源模块包括功率输出单元、第一电子开关、第二电子开关和控制器，所述功率输出单元的第一端通过所述第一电子开关与所述第一支路连接，所述功率输出单元的第一端通过所述第二电子开关与所述第二支路连接，所述第一支路和所述第二支路分别通过所述干路与所述功率输出单元的第二端连接。

5、根据权利要求2所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，所述标准表模块包括模拟采样单元和测量计算单元，所述功率放大器单元与所述模拟采样单元连接，所述模拟采样单元与所述测量计算单元连接，所述测量计算单元与所述主控单元连接。

6、根据权利要求1至4任一项所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，所述标准表模块串接在所述第一支路。

7、根据权利要求1至4任一项所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，所述标准表模块串接在所述干路上。

8、根据权利要求3或4所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，还包括电流检测模块，所述电流检测模块串接在所述干路上，且所述电流检测模块与所述控制器连接。

9、根据权利要求3或4所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，还包括平衡阻抗，所述平衡阻抗串接在所述第二支路上。

10、根据权利要求3或4所述的非线性负荷功率与电能检定装置，其特征在于，所述第一电子开关MOS管、IGBT和三极管中的一种，所述第二电子开关MOS管、IGBT和三极管中的一种。

10

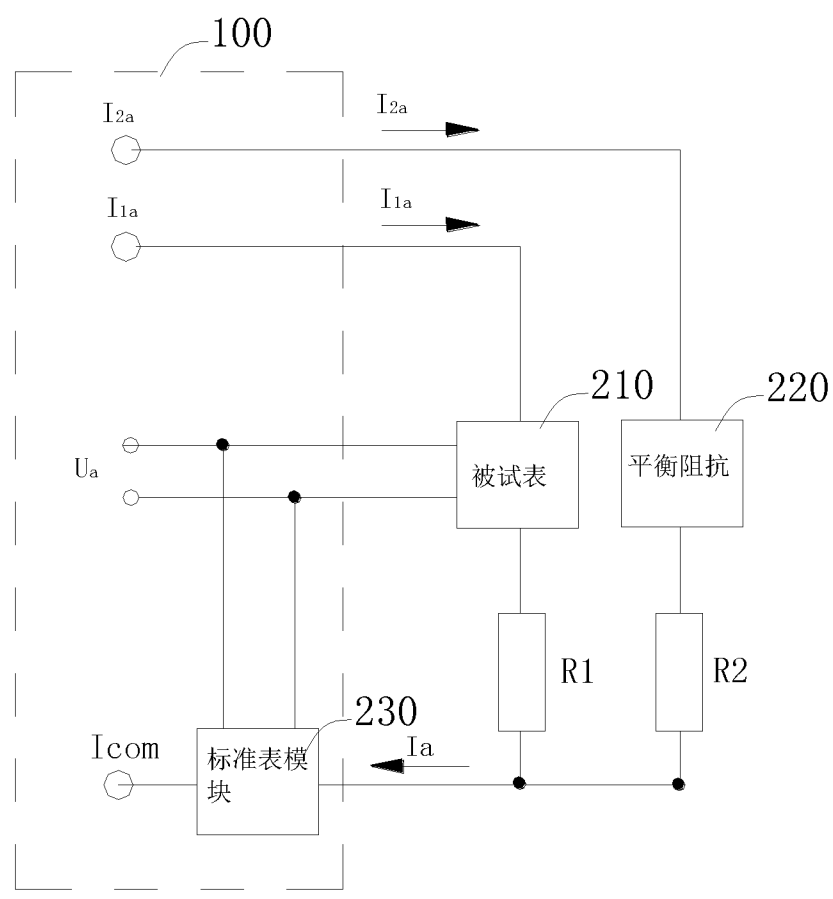


图 1

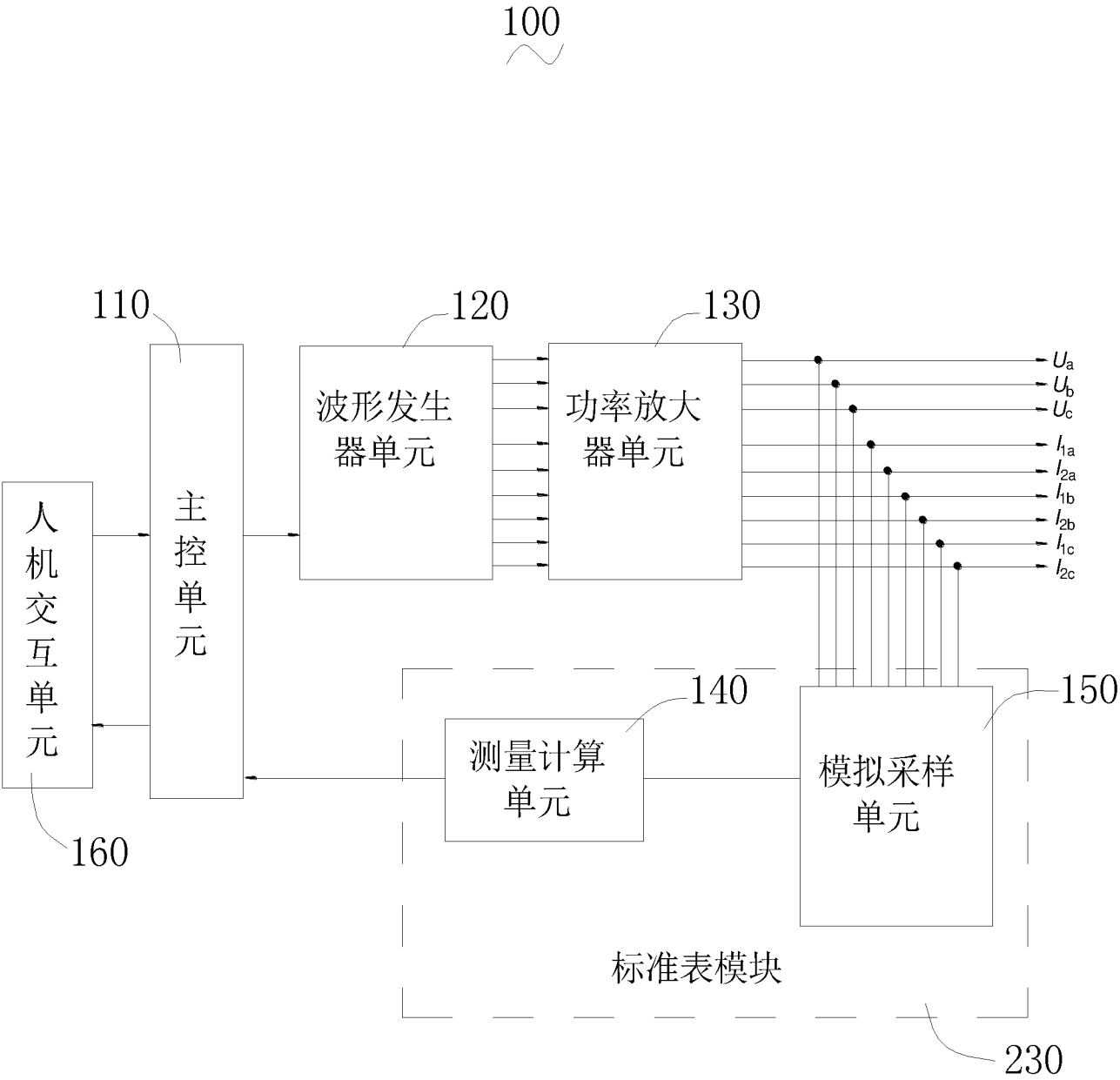


图 2

10  
~

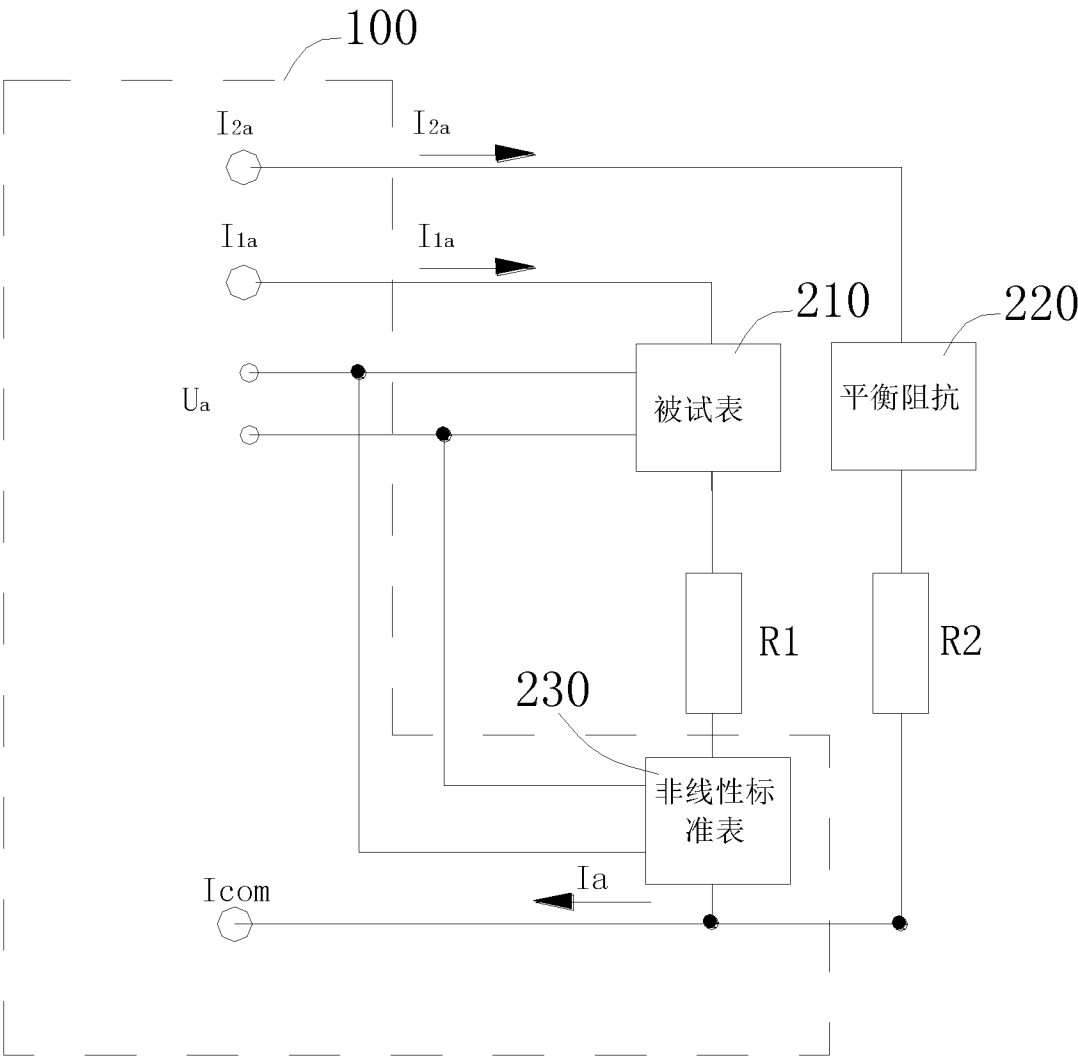


图 3

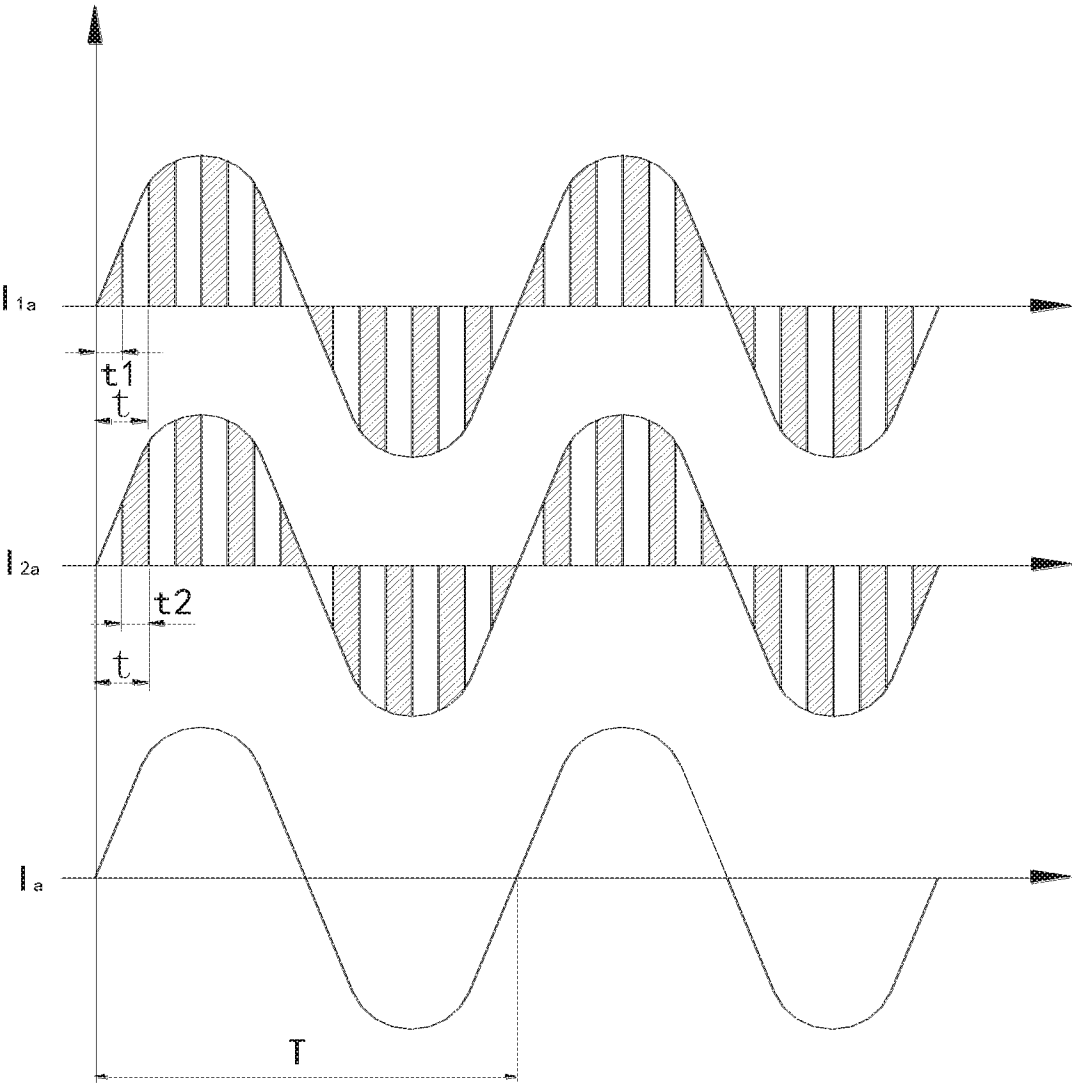


图 4

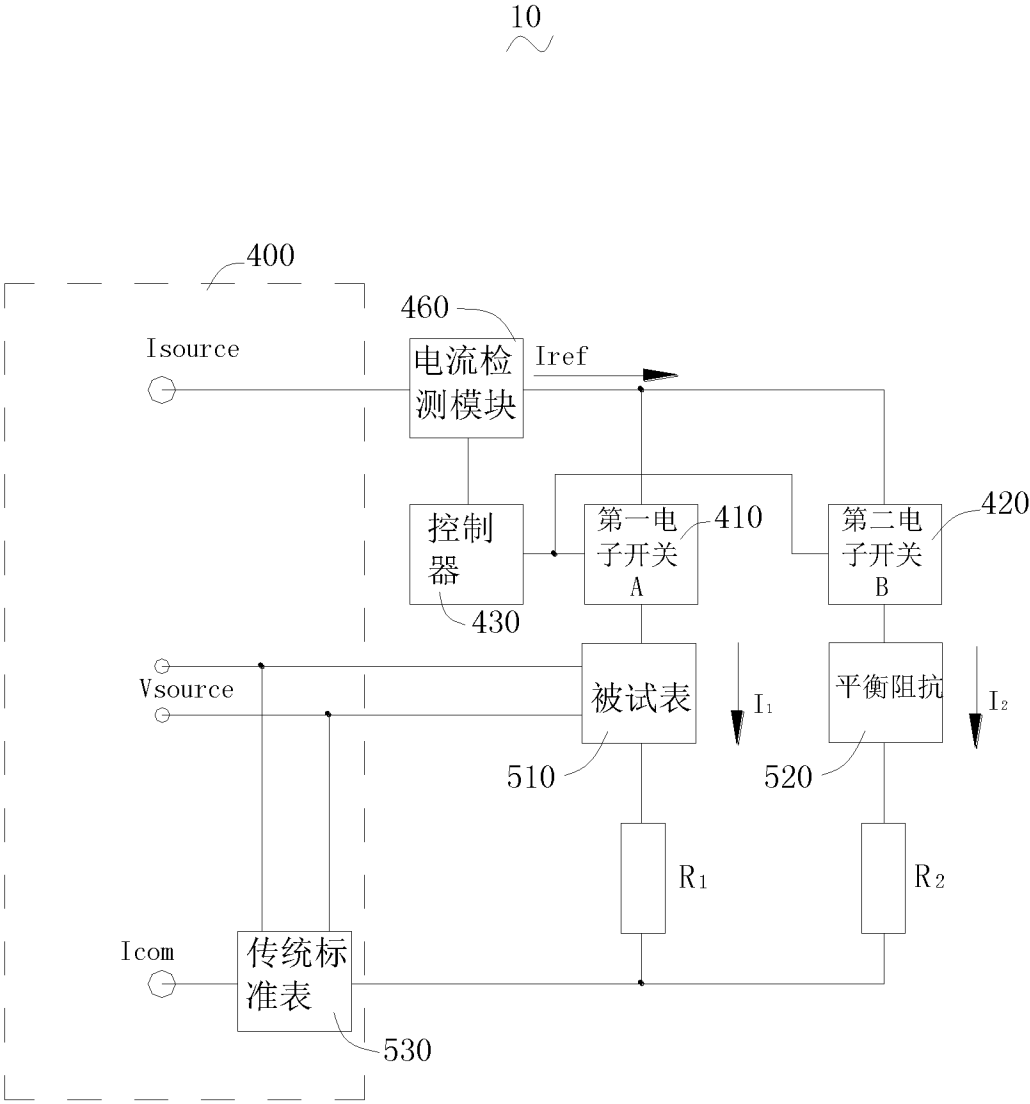


图 5

10

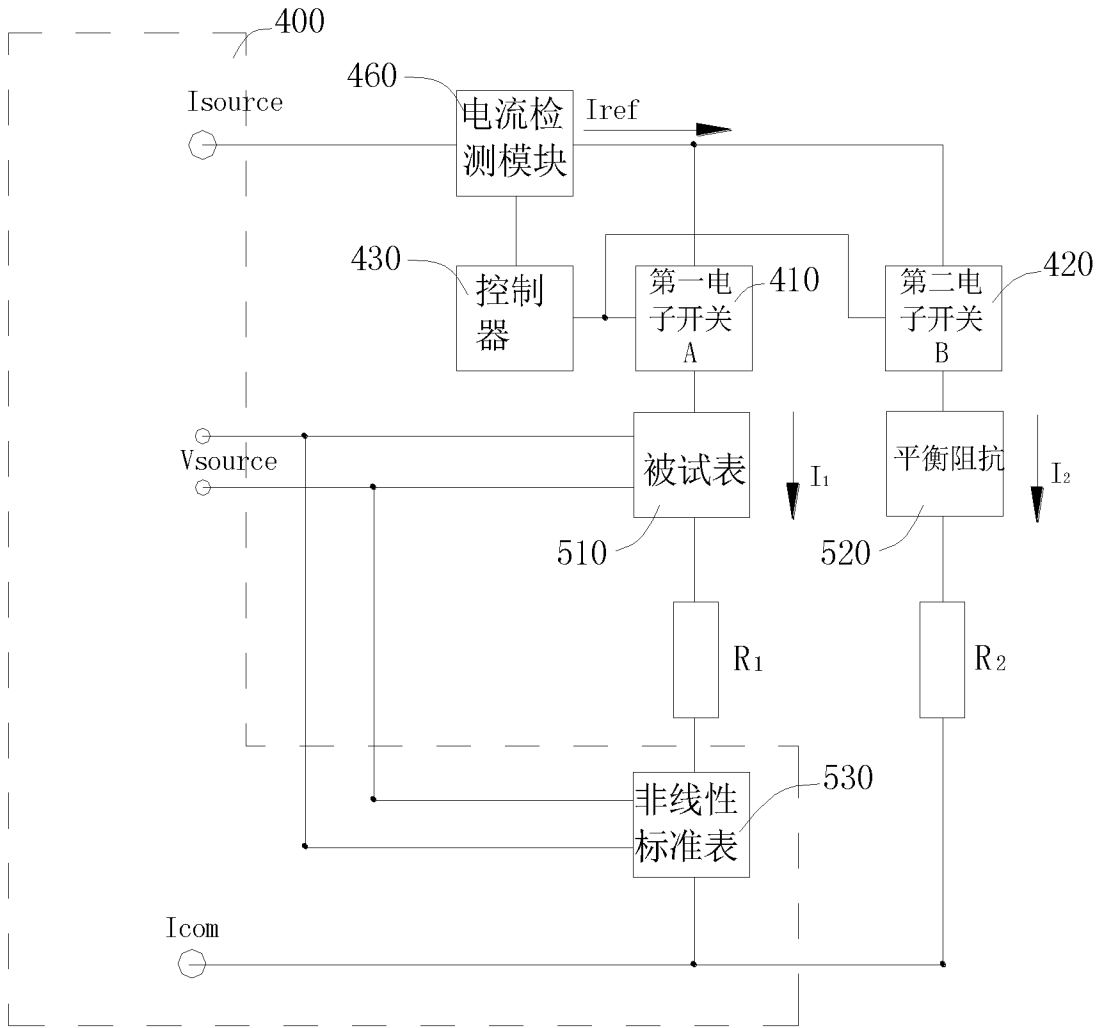


图 6



10  
~

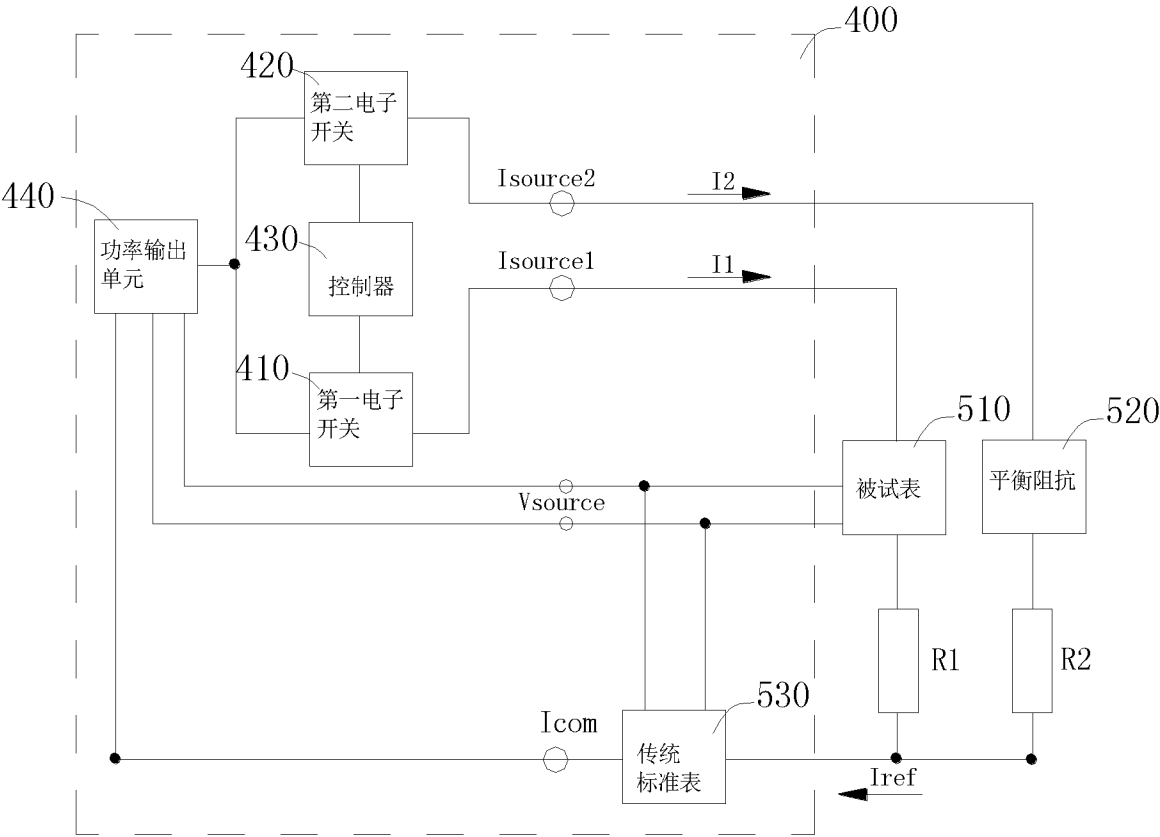


图 7

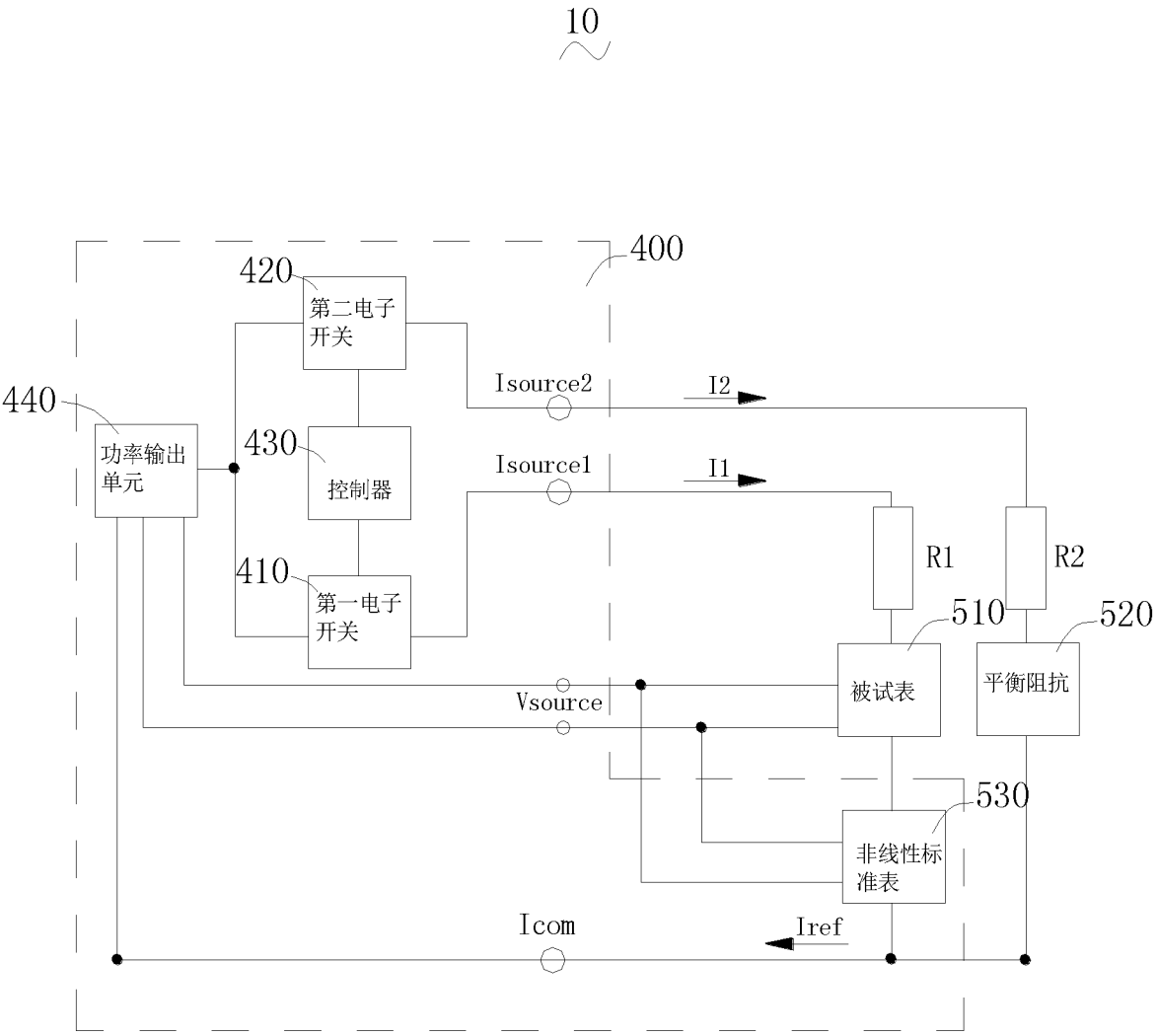


图 8

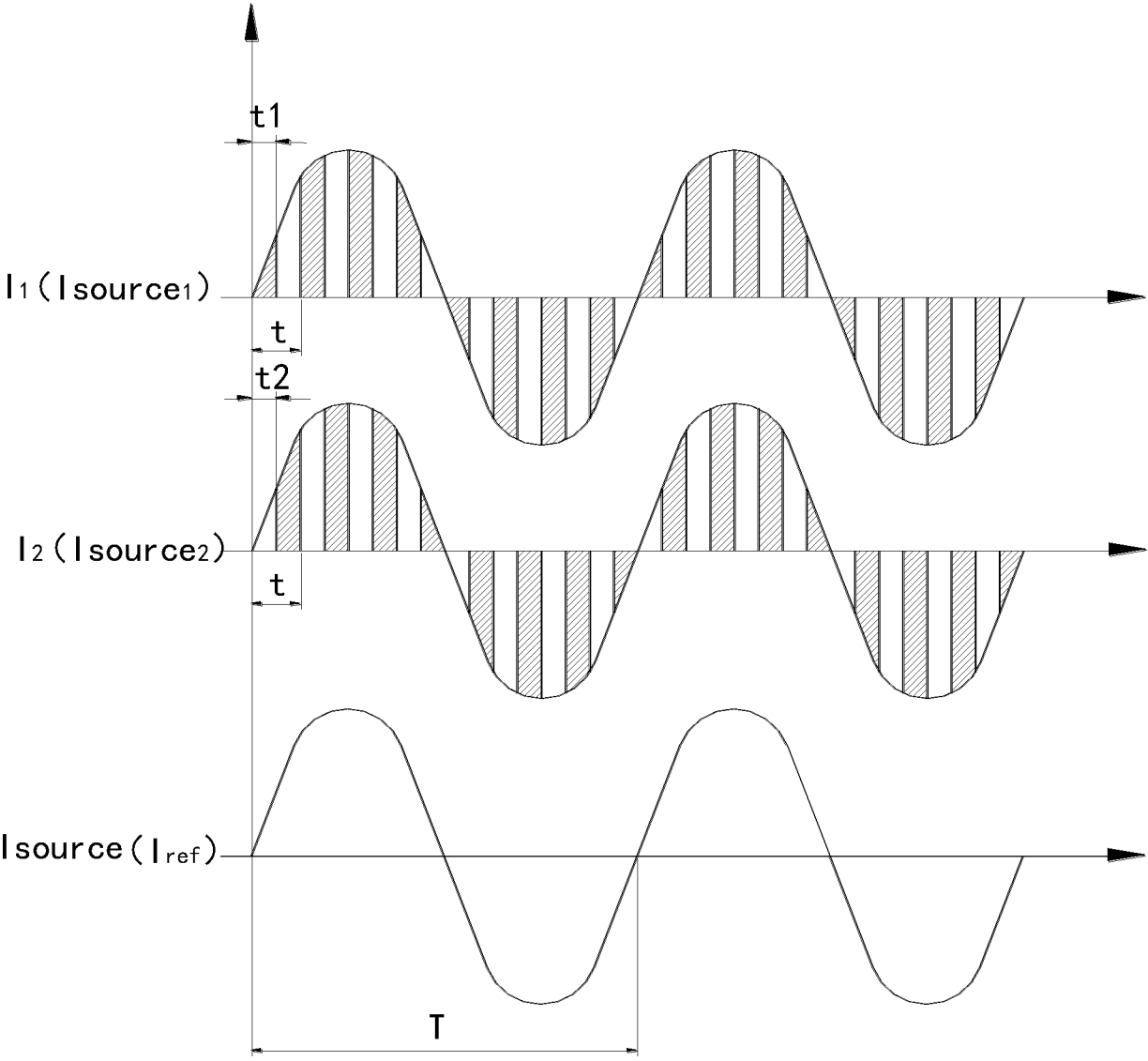


图 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/104725

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01R 35/04(2006.01)i; G01R 35/00(2006.01)i; G01R 29/00(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

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; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT; CNKI: 广东东方电讯, 肖伟峰, 中国计量科学研究院, 检定, 检查, 检测, 表, 仪, 计量, 非线性, 电能, 负荷, 正弦, 波, 叠加, 支路, 电路, 第二, 第2, 二个, 两个, 溯源, measur+, survey+, examine, check, electric, energy, meter, instrument, sine, nonlinear, circuit, branch, second, trace+

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                               | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 107589395 A (GUANGDONG ORIENT TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 16 January 2018 (2018-01-16)<br>description, paragraphs [0001]-[0104], and figures 1-9  | 1-10                  |
| PX        | CN 207502707 U (GUANGDONG ORIENT TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 June 2018 (2018-06-15)<br>description, paragraphs [0001]-[0104], and figures 1-9     | 1-10                  |
| PX        | CN 107677894 A (GUANGDONG ORIENT TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 February 2018 (2018-02-09)<br>description, paragraphs [0001]-[0064], and figures 1-4 | 1-10                  |
| PX        | CN 207502618 U (GUANGDONG ORIENT TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 June 2018 (2018-06-15)<br>description, paragraphs [0001]-[0064], and figures 1-4     | 1-10                  |
| PX        | CN 108051622 A (GUANGDONG ORIENT TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 18 May 2018 (2018-05-18)<br>description, paragraphs [0001]-[0059], and figures 1-4      | 1, 3, 4, 6-10         |



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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 November 2018

Date of mailing of the international search report

29 November 2018

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

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/104725

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                             | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 207502572 U (GUANGDONG ORIENT TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 June 2018 (2018-06-15)<br>description, paragraphs [0001]-[0058], and figures 1-4   | 1, 3, 4, 6-10         |
| X         | CN 104316896 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA ET AL.) 28 January 2015 (2015-01-28)<br>description, paragraphs [0001]-[0020], and figures 1-5                 | 1, 3, 4, 6-10         |
| A         | CN 106405482 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID JINBEI ELECTRIC POWER COMPANY LIMITED ET AL.) 15 February 2017 (2017-02-15)<br>entire document | 1-10                  |
| A         | CN 104007410 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA ET AL.) 27 August 2014 (2014-08-27)<br>entire document                                                         | 1-10                  |
| A         | US 9146264 B2 (VERIS INDUSTRIES LLC.) 29 September 2015 (2015-09-29)<br>entire document                                                                        | 1-10                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2018/104725**

| Patent document<br>cited in search report |           |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-----------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 107589395 | A  | 16 January 2018                      | CN                      | 207502707  | U  | 15 June 2018                         |
| CN                                        | 207502707 | U  | 15 June 2018                         | CN                      | 107589395  | A  | 16 January 2018                      |
| CN                                        | 107677894 | A  | 09 February 2018                     | CN                      | 207502618  | U  | 15 June 2018                         |
| CN                                        | 207502618 | U  | 15 June 2018                         | CN                      | 107677894  | A  | 09 February 2018                     |
| CN                                        | 108051622 | A  | 18 May 2018                          | CN                      | 207502572  | U  | 15 June 2018                         |
| CN                                        | 207502572 | U  | 15 June 2018                         | CN                      | 108051622  | A  | 18 May 2018                          |
| CN                                        | 104316896 | A  | 28 January 2015                      | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 106405482 | A  | 15 February 2017                     | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 104007410 | A  | 27 August 2014                       | None                    |            |    |                                      |
| US                                        | 9146264   | B2 | 29 September 2015                    | US                      | 2012221278 | A1 | 30 August 2012                       |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/104725

## A. 主题的分类

G01R 35/04(2006.01)i; G01R 35/00(2006.01)i; G01R 29/00(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

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;VEN;WOI;USTXT;EPTXT;CNKI: 广东东方电讯, 肖伟峰, 中国计量科学研究院, 检定, 检查, 检测, 表, 仪, 计量, 非线性, 电能, 负荷, 正弦, 波, 叠加, 支路, 电路, 第二, 第2, 二个, 两个, 溯源, measur+, survey+, examine, check, electric, energy, meter, instrument, sine, nonlinear, circuit, branch, second, trace+

## 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       |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| PX   | CN 107589395 A (广东东方电讯科技有限公司) 2018年 1月 16日 (2018 - 01 - 16)<br>说明书第[0001]-[0104]段, 附图1-9 | 1-10          |
| PX   | CN 207502707 U (广东东方电讯科技有限公司) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15)<br>说明书第[0001]-[0104]段, 附图1-9 | 1-10          |
| PX   | CN 107677894 A (广东东方电讯科技有限公司) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09)<br>说明书第[0001]-[0064]段, 附图1-4  | 1-10          |
| PX   | CN 207502618 U (广东东方电讯科技有限公司) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15)<br>说明书第[0001]-[0064]段, 附图1-4 | 1-10          |
| PX   | CN 108051622 A (广东东方电讯科技有限公司) 2018年 5月 18日 (2018 - 05 - 18)<br>说明书第[0001]-[0059]段, 附图1-4 | 1, 3, 4, 6-10 |
| PX   | CN 207502572 U (广东东方电讯科技有限公司) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15)<br>说明书第[0001]-[0058]段, 附图1-4 | 1, 3, 4, 6-10 |
| X    | CN 104316896 A (国家电网公司 等) 2015年 1月 28日 (2015 - 01 - 28)<br>说明书第[0001]-[0020]段, 附图1-5     | 1, 3, 4, 6-10 |

☒ 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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 11月 2日

国际检索报告邮寄日期

2018年 11月 29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

受权官员

王硕

电话号码 86-(0512)-88997233

## 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 106405482 A (国网冀北电力有限公司电力科学研究院 等) 2017年 2月 15日<br>(2017 - 02 - 15)<br>全文 | 1-10    |
| A    | CN 104007410 A (国家电网公司 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27)<br>全文               | 1-10    |
| A    | US 9146264 B2 (VERIS INDUSTRIES LLC) 2015年 9月 29日 (2015 - 09 - 29)<br>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/CN2018/104725

| 检索报告引用的专利文件 |           |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|-----------|----|----------------|------|------------|----|----------------|
| CN          | 107589395 | A  | 2018年 1月 16日   | CN   | 207502707  | U  | 2018年 6月 15日   |
| CN          | 207502707 | U  | 2018年 6月 15日   | CN   | 107589395  | A  | 2018年 1月 16日   |
| CN          | 107677894 | A  | 2018年 2月 9日    | CN   | 207502618  | U  | 2018年 6月 15日   |
| CN          | 207502618 | U  | 2018年 6月 15日   | CN   | 107677894  | A  | 2018年 2月 9日    |
| CN          | 108051622 | A  | 2018年 5月 18日   | CN   | 207502572  | U  | 2018年 6月 15日   |
| CN          | 207502572 | U  | 2018年 6月 15日   | CN   | 108051622  | A  | 2018年 5月 18日   |
| CN          | 104316896 | A  | 2015年 1月 28日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 106405482 | A  | 2017年 2月 15日   | 无    |            |    |                |
| CN          | 104007410 | A  | 2014年 8月 27日   | 无    |            |    |                |
| US          | 9146264   | B2 | 2015年 9月 29日   | US   | 2012221278 | A1 | 2012年 8月 30日   |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)