



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112098914 A

(43) 申请公布日 2020.12.18

(21) 申请号 202010923880.5

(22) 申请日 2020.09.04

(71) 申请人 国网上海市电力公司

地址 200131 上海市自由贸易试验区源深路1122号

申请人 西安交通大学

(72) 发明人 杨姝楠 员鹏宇 胡红利 曹祎

陈海宾 俞磊 朱铮 李蕊

(74) 专利代理机构 西安智大知识产权代理事务

所 61215

代理人 王晶

(51) Int. Cl.

G01R 35/02 (2006.01)

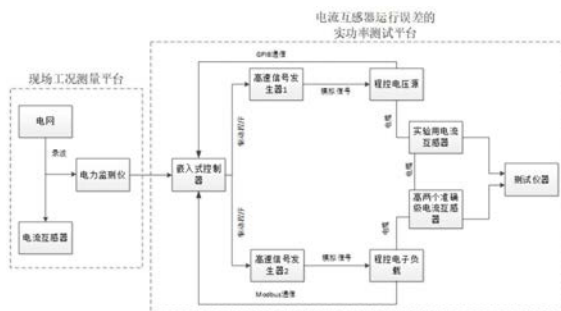
权利要求书3页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统及评价方法

(57) 摘要

本发明提出了一种基于实功率环境的计量用电流互感器运行质量测试系统及评价方法,首先,将计量用电流互感器接入电网,通过高速录波技术获得大量现场工况波形。而后,利用控制器,信号发生器,程控电压源以及程控电子负载,搭建电流互感器运行误差的实功率测试平台,从而复现之前所录的实际工况下波形。将复现波形作为实验用电流互感器和高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并记录二者二次侧输出,测量其运行误差。最后,对所用的测试波形进行分解、整理,得到电流互感器运行误差测试波形库。本发明具有贴近现场实际工况,实用性广,准确度高等优点。



1. 一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,其特征在于,包括现场工况测量平台,现场工况测量平台的输出端连接电流互感器运行误差的实功率测试平台,现场工况测量平台用于实现电流互感器运行误差测试波形库。

2. 根据权利要求1所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,其特征在于,所述现场工况测量平台包括电力监测仪和电流互感器,电流互感器接入电网,利用电力监测仪对现场工况波形进行录波,并得到波形的.csv文件,用于输出给电流互感器运行误差实功率测试平台;

所述电流互感器运行误差实功率测试平台包含嵌入式控制器,嵌入式控制器用于接收电力监测仪所录波形,通过.csv文件导入嵌入式控制器,嵌入式控制器通过编写的驱动程序可以驱动两个高速信号发生器,使得信号发生器产生相应的模拟信号,用产生的模拟信号控制程控电压源和程控电子负载,将程控电压源输出侧和电子负载用电缆连接,作为实验用电流互感器和高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并将程控电压源通过GPIB接口与嵌入式控制器双向通讯,将程控电子负载通过Modbus接口与嵌入式控制器双向通讯,得以观察并记录实时波形。

3. 根据权利要求1所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,其特征在于,所述电流互感器运行误差测试波形库包含若干个运行误差测试子集,测试子集用于反映出常见的各类典型工况。

4. 根据权利要求3所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,其特征在于,所述的运行误差测试子集包含:

- 1) 现场工况测量平台所得到的电压、电流波形文件;
- 2) 现场工况录波文件转换后,可用于驱动信号源的电压、电流波形文件;
- 3) 电流互感器运行误差的实功率测试平台所复现出的现场工况电压、电流波形文件;
- 4) 记录实验用电流互感器,以及高两个准确度等级电流互感器二次侧感应出电流波形文件;
- 5) 此次运行误差测试所使用的实验用电流互感器以及高两个准确度等级电流互感器型号;
- 6) 此次运行误差测试所得到的比差和角差。

5. 根据权利要求3所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,其特征在于,所述的运行误差测试波形库,在搭建的电流互感器运行误差的实功率测试平台上,将波形库中波形文件作为输入,对待检验电流互感器进行误差测试,模拟其在实际运行时误差的大小,通过其运行误差大小,从而评价其实际工况下运行质量。

6. 根据权利要求2所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,其特征在于,所述的电流互感器为计量用低压电流互感器。

7. 基于权利要求1所述一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统的方法,其特征在于,包括以下两部分:

步骤一:预实验,获取电流互感器运行误差测试波形库;

首先,在现场工况测量平台中,通过高速录波技术大量获得现场工况波形,然后,在实验室搭建电流互感器运行误差实功率测试平台,对工况波形进行复现,作为实验用电流互感器的测试输入,从而模拟其在不同工况下产生的运行误差,而后,在实验中对所用波形进

行分解、整理,形成电流互感器运行误差测试波形库;

步骤二:现场应用,利用第一部分获得的波形库为待检验电流互感器提供误差检测;

首先,将第一部分所得到的电流互感器运行误差测试波形库中的.csv波形文件导出,然后将.csv波形文件作为输入,导入电流互感器运行误差实功率测试平台,即可模拟待检验电流互感器在现场工况下的运行误差,此外,还可测量出当电流互感器二次侧因一次侧受到谐波等干扰时而产生的扰动,从而,在实际应用时,可以通过补偿来有效提高用户使用电流互感器时的精度。

8. 根据权利要求7所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统的方法,其特征在于,所述方法具体为:

步骤1:

将电流互感器接入工况电网,在配套使用的录波软件中配置录波环境,并用电力监测仪,给出多种典型工况,利用高速录波技术进行录波,得到电流互感器在实际运行环境下的典型工况波形以及特征信号的数据;

步骤2:

对于步骤1中所得到的数据,利用电力监测仪配套软件来进行分析,以及波形筛选,将所录波形导入,并查看波形图片及数据,通过波形功能可以看到同一次实验中,所录的各相电压、电流波形,可以看到其波动情况,对于其特征信号的分析,主要是对其谐波以及电压跌落等电能暂态变化进行分析,进行谐波分析,通过以上功能分析,挑选出用于测试的工况波形,即工况电压和工况电流波形,并形成多个.csv文件导出;

步骤3:将I/O板卡作为信号发生器嵌入控制器,并在控制器中编写驱动程序,使I/O板卡产生分别两组三路模拟信号,在步骤2中所获得的多个.csv文件中,选取一次录波所对应的一个.csv文件,转换格式并导入程序中,经过编辑、同步、调试后,形成控制器可用的文件,文件中包含此次录波所对应的电压和电流波形,将其作为信号发生器输入,使得信号发生器1、信号发生器2得以输出相对应的模拟电压、电流信号;

步骤4:将电压源输入侧接入市电电网,用以给程控电压源供电,并将电压源输入侧GND端子接地,形成接地保护;

步骤5:信号发生器1通过双头DB25接口的转接线与程控电压源相连,步骤3中产生的模拟电压信号作为电压源的驱动,此电压源输出的电压大小,在直接耦合模式下,按此公式计算: $U_{\text{output}} = U_{\text{program}} + 25 \times U_{\text{analog}}$ ,其中 $U_{\text{program}}$ 为在电压源前面板设定值,在测试方案中设定为零,则输出电压等于25倍的输入模拟电压,从而输出电压波形能够随输入模拟信号而改变;

步骤6:嵌入式控制器通过VGA接口外接显示器,并通过USB转GPIB接口的转接线将其与程控电压源相连,进行数字信号的双向通讯,在嵌入式控制器上安装程控电压源配套的UPC studio操作软件,通过此软件可以实时显示并记录步骤5中电压源输出的电压波形;

步骤7:将电子负载输入侧接入市电电网,用以回馈电子负载运行时多余能量,并将电子负载输入侧GND端子接地,形成接地保护;

步骤8:信号发生器2通过双头DB15接口的转接线与程控电子负载相连,步骤3中产生的模拟电流信号作为电子负载的驱动,使得电子负载工作在功放模式下,此模式下输出侧输出的电流波形能够按输入的模拟信号而变化;

步骤9:嵌入式控制器通过双头Modbus接口的转接线与程控电子负载进行通讯,在嵌入

式控制器上实时显示并记录步骤8中电子负载产生的电流波形；

步骤10:将程控电压源的输出端与电子负载用三相四线测试电缆相连,即为实功率测试平台的电气主电路,此测试电缆上所具有电压即现场实况运行时电压,其电流为现场实况运行时电流；

步骤11:将步骤10中所搭建的测试电缆上的电流作为实验用电流互感器和高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并在其二次侧感应出二次电流；

步骤12:将步骤10中所搭建的测试电缆作为被测计量用低压电流互感器作为高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并在其二次侧感应出二次电流；

步骤13:将步骤11与步骤12所用电流互感器的二次侧接入测试仪器,以步骤11得到的二次电流为测量值,步骤12中得到的二次电流为标准值,进行比较,得到被测电流互感器的比差与角差,即运行误差,将此次实验所用现场波形与得到的运行误差对应关系进行记录,用以作为波形库的一组数据。

步骤14:完成一次实验后,重复步骤3-13,直至将所有所录波形都离线测试完毕,得到初步测试波形库；

步骤15:对波形库中的工况下运行误差测试子集进行筛选,选取具有代表性的工况,并将部分工况进行组合,最后整理成典型波形库。

9.根据权利要求8所述的一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统的方法,其特征在于,所述步骤14中波形库应当包含有若干个工况下运行误差测试子集,一个子集中的数据应当有:

- 1.进行离线工况测试所选择的现场录波的电压、电流波形文件；
- 2.现场录波文件转换后可用于驱动信号源的电压、电流波形文件；
- 3.实功率测试平台所复现出的现场工况电压、电流波形文件,即记录实验用电流互感器一次侧电压、电流波形文件；
- 4.记录实验用电流互感器,以及高两个准确度等级电流互感器二次侧感应出电流波形文件；
- 5.此次运行误差测试的实验用电流互感器以及高两个准确度等级电流互感器型号；
- 6.此次运行误差测试所得到的比差和角差。

## 一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统及评价方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电气测量元件的信号采集和应用技术领域,特别涉及一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统及评价方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,电网结构性变化显著,随着智能电网、分布式电源、新能源、微网等新的电网环节的不断建设和衍化,电力系统的负荷结构呈现出了传统负荷为主,其他高技术性负荷占有份额不断增加的局面。而随着半导体负载应用的不断增加,比如各种开关电源、变频电源、调速器、LED照明、大功率逆变器等等,使得电网的负载特性变得复杂,对电网以及计量回路中相关设备的影响,变得越来越复杂。

[0003] 目前针对计量用低压电流互感器来说,对于其误差测试主要采用两种方法。第一种是对其电磁特性进行物理场仿真,而后利用合成的电压、电流波形进行测试。由于其在有其他电磁环境影响时内部电磁特性十分复杂,很难实现数学建模。另一种测试方法则是在实验室环境内,采用小电压、大电流或者小电流,大电压的测试方法分别输出的虚功率方式进行模拟。囿于技术的局限性,很难完全真实复现现场复杂的工况,通常都是利用稳态的三相正弦信号,或是加入谐波的稳态信号进行模拟测试。这样在实验室中测试电流互感器的运行误差时,无法模拟真实的现场实际工况。从严谨的科学意义上说,实际工况与实验室所用测试波形(模拟工况)的区别越大,其测试所得运行误差与实际运行误差的差异可能越大。

### 发明内容

[0004] 为了克服以上技术问题,本发明提供一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统及评价方法,可以有效解决目前虚功率方式的计量用低压电流互感器误差测试,其所得结果与现场实际工况下运行情况不符的问题,以使用户对其使用的电流互感器可以精确方便的检测。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统,包括现场工况测量平台,现场工况测量平台的输出端连接电流互感器运行误差的实功率测试平台,现场工况测量平台用于实现电流互感器运行误差测试波形库。

[0007] 所述现场工况测量平台包括电力监测仪和电流互感器,电流互感器接入电网,利用电力监测仪对现场工况波形进行录波,并得到波形的.csv文件,用于输出给电流互感器运行误差实功率测试平台;

[0008] 所述电流互感器运行误差实功率测试平台包含嵌入式控制器,嵌入式控制器用于接收电力监测仪所录波形,通过.csv文件导入嵌入式控制器,嵌入式控制器通过编写的驱动程序可以驱动两个高速信号发生器,使得信号发生器产生相应的模拟信号,用产生的模

拟信号控制程控电压源和程控电子负载,将程控电压源输出侧和电子负载用电缆连接,作为实验用电流互感器和高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入。并将程控电压源通过GPIB接口与嵌入式控制器双向通讯,将程控电子负载通过Modbus接口与嵌入式控制器双向通讯,得以观察并记录实时波形。

[0009] 所述电流互感器运行误差测试波形库包含若干个运行误差测试子集,测试子集用于反映出常见的各类典型工况,如电压跌落、闪变、直流谐波等。

[0010] 所述的运行误差测试子集包含:

[0011] 1) 现场工况测量平台所得到的电压、电流波形文件;

[0012] 2) 现场工况录波文件转换后,可用于驱动信号源的电压、电流波形文件;

[0013] 3) 电流互感器运行误差的实功率测试平台所复现出的现场工况电压、电流波形文件;

[0014] 4) 记录实验用电流互感器,以及高两个准确度等级电流互感器二次侧感应出电流波形文件;

[0015] 5) 此次运行误差测试所使用的实验用电流互感器以及高两个准确度等级电流互感器型号;

[0016] 6) 此次运行误差测试所得到的比差和角差。

[0017] 所述的运行误差测试波形库,在搭建的电流互感器运行误差的实功率测试平台上,将波形库中波形文件作为输入,对待检验电流互感器进行误差测试,模拟其在实际运行时误差的大小,通过其运行误差大小,从而评价其实际工况下运行质量。

[0018] 所述的电流互感器为计量用低压电流互感器。

[0019] 一种基于实功率环境的计量用低压电流互感器运行质量测试系统及评价方法,包括以下两部分;

[0020] 步骤一:预实验,获取电流互感器运行误差测试波形库;

[0021] 首先,在现场工况测量平台中,通过高速录波技术大量获得现场工况波形,然后,在实验室搭建电流互感器运行误差实功率测试平台,对工况波形进行复现,作为实验用电流互感器的测试输入,从而模拟其不同工况下产生的运行误差,而后,在实验中对所用波形进行分解、整理,形成电流互感器运行误差测试波形库;

[0022] 步骤二:现场应用,利用第一部分获得的波形库为待检验电流互感器提供误差检测;

[0023] 首先,将第一部分所得到的电流互感器运行误差测试波形库中的.csv波形文件导出,然后,将.csv波形文件作为输入,导入电流互感器运行误差实功率测试平台,即可模拟待检验电流互感器在现场工况下的运行误差,此外,还可测量出当电流互感器二次侧因一次侧受到谐波等干扰时而产生的扰动,从而,在实际应用时,可以通过补偿来有效提高用户使用电流互感器时的精度。

[0024] 所述方法具体为:

[0025] 步骤1:

[0026] 将电流互感器接入工况电网,在配套使用的录波软件中配置录波环境,并用电力监测仪,给出多种典型工况,利用高速录波技术进行录波,得到电流互感器在实际运行环境下的典型工况波形以及特征信号的数据;

[0027] 步骤2:

[0028] 对于步骤1中所得到的数据,利用电力监测仪配套软件来进行分析,以及波形筛选,将所录波形导入,并查看波形图片及数据,通过波形功能可以看到同一次实验中,所录的各相电压、电流波形,可以看到其波动情况,对于其特征信号的分析,主要是对其谐波以及电压跌落等电能暂态变化进行分析,进行谐波分析,通过以上功能分析,挑选出用于测试的工况波形,即工况电压和工况电流波形,并形成多个.csv文件导出;

[0029] 步骤3:将I/O板卡作为信号发生器嵌入控制器,并在控制器中编写驱动程序,使I/O板卡产生分别两组三路模拟信号,在步骤2中所获得的多个.csv文件中,选取一次录波所对应的一个.csv文件,转换格式并导入程序中,经过编辑、同步、调试后,形成控制器可用的文件,文件中包含此次录波所对应的电压和电流波形,将其作为信号发生器输入,使得信号发生器1、信号发生器2得以输出相对应的模拟电压、电流信号;

[0030] 步骤4:将电压源输入侧接入市电电网,用以给程控电压源供电,并将电压源输入侧GND端子接地,形成接地保护;

[0031] 步骤5:信号发生器1通过双头DB25接口的转接线与程控电压源相连,步骤3中产生的模拟电压信号作为电压源的驱动,此电压源输出的电压大小,在直接耦合模式下,按此公式计算:  $U_{\text{output}} = U_{\text{program}} + 25 \times U_{\text{analog}}$ ,其中 $U_{\text{program}}$ 为在电压源前面板设定值,在测试方案中设定为零,则输出电压等于25倍的输入模拟电压,从而输出电压波形能够随输入模拟信号而改变;

[0032] 步骤6:嵌入式控制器通过VGA接口外接显示器,并通过USB 转GPIB接口的转接线将其与程控电压源相连,进行数字信号的双向通讯,在嵌入式控制器上安装程控电压源配套的UPC studio操作软件,通过此软件可以实时显示并记录步骤5中电压源输出的电压波形;

[0033] 步骤7:将电子负载输入侧接入市电电网,用以回馈电子负载运行时多余能量,并将电子负载输入侧GND端子接地,形成接地保护;

[0034] 步骤8:信号发生器2通过双头DB15接口的转接线与程控电子负载相连,步骤3中产生的模拟电流信号作为电子负载的驱动,使得电子负载工作在功放模式下,此模式下输出侧输出的电流波形能够按输入的模拟信号而变化;

[0035] 步骤9:嵌入式控制器通过双头Modbus接口的转接线与程控电子负载进行通讯,在嵌入式控制器上实时显示并记录步骤8中电子负载产生的电流波形;

[0036] 步骤10:将程控电压源的输出端与电子负载用三相四线测试电缆相连,即为实功率测试平台的电气主电路,此测试电缆上所具有的电压即现场实况运行时电压,其电流为现场实况运行时电流;

[0037] 步骤11:将步骤10中所搭建的测试电缆上的电流作为实验用电流互感器和高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并在其二次侧感应出二次电流;

[0038] 步骤12:将步骤10中所搭建的测试电缆作为被测计量用低压电流互感器作为高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并在其二次侧感应出二次电流;

[0039] 步骤13:将步骤11与步骤12所用电流互感器的二次侧接入测试仪器,以步骤11得到的二次电流为测量值,步骤12中得到的二次电流为标准值,进行比较,得到被测电流互感器的比差与角差,即运行误差,将此次实验所用现场波形与得到的运行误差对应关系进行

记录,用以作为波形库的一组数据。

[0040] 步骤14:完成一次实验后,重复步骤3-13,直至将所有所录波形都离线测试完毕,得到初步测试波形库;

[0041] 步骤15:对波形库中的工况下运行误差测试子集进行筛选,选取具有代表性的工况,并将部分工况进行组合,最后整理成典型波形库。

[0042] 所述步骤14中波形库应当包含有若干个工况下运行误差测试子集,一个子集中的数据应当有:

[0043] 1.进行离线工况测试所选择的现场录波的电压、电流波形文件;

[0044] 2.现场录波文件转换后可用于驱动信号源的电压、电流波形文件;

[0045] 3.实功率测试平台所复现出的现场工况电压、电流波形文件,即记录实验用电流互感器一次侧电压、电流波形文件;

[0046] 4.记录实验用电流互感器,以及高两个准确度等级电流互感器二次侧感应出电流波形文件;

[0047] 5.此次运行误差测试的实验用电流互感器以及高两个准确度等级电流互感器型号;

[0048] 6.此次运行误差测试所得到的比差和角差。

[0049] 本发明的有益效果:

[0050] 本发明通过利用信号发生器驱动电压源和电子负载,搭建实功率仿真平台,具有高度还原现场工况的能力,通过其可以完全复现实际运行时的电压和电流。在测试电流互感器运行误差时,不再使用实际电压和小电流,或者实际电流和小电压作为被测互感器一次侧输入的模式,分别进行测试。而是使用实际电压和实际电流同步作为被测电流互感器一次侧输入进行测试,从而能够测试出计量用低压电流互感器在实际工况下的运行误差。

[0051] 通过大量实验,还可以测量出电流互感器二次侧波形在一次侧受到干扰时而产生的波动。从而在实际使用时,通过补偿,降低扰动所带来的计量误差,可以有效提高电能计量精度。

[0052] 此外,电流互感器运行误差测试波形库,可作为测试的波形参考,通过使用波形库中波形在所搭建的实功率测试平台上进行测试,就可以复现实际运行中的典型工况,不需另进行现场录波。

[0053] 本方法测试准确度高、测试环境易于搭建、泛化能力强。由于能够反映实际运行情况,大大提高了计量用低压电流互感器误差测试的现实意义,具有较大的科学研究价值以及工程使用价值。

## 附图说明

[0054] 图1是获取波形库(预实验)架构图。

[0055] 图2是实功率测量电流互感器运行误差(检验)架构图。

## 具体实施方式

[0056] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0057] 本发明分为两部分,第一部分为获取电流互感器运行误差测试波形库,第二部分



为实功率环境下测试电流互感器运行误差方法。

[0058] 图1是本发明为获得电流互感器运行误差测试波形库实验架构图。

[0059] 此部分主要由两个平台组成,分别为现场工况测量平台,和电流互感器运行误差的实功率测试平台。现场工况测量平台主要是通过录波设备得到现场实际工况波形,由工况电网、电力监测仪,以及电流互感器组成。电流互感器运行误差的实功率测试平台通过搭建的实功率平台对实况波形进行复现,并用于电流互感器的运行误差测试。其由一个嵌入式控制器,两个高速信号发生器,一个程控电压源,一个程控电子负载,一个实验用电流互感器,一个高两个准确度等级电流互感器,以及测试仪器组成。

[0060] 图2是本发明实功率环境下测试电流互感器运行误差方法架构图。

[0061] 其包含一个电流互感器运行误差测试波形库,一个电流互感器运行误差实功率测试平台。将第一部分所得到的电流互感器运行误差测试波形库中的波形文件,作为输入导入电流互感器运行误差实功率测试平台,即可模拟待检验电流互感器在现场工况下的运行误差。

[0062] 具体为:

[0063] 步骤1:

[0064] 将电流互感器接入工况电网,在配套使用的录波软件中配置录波环境,并用电力监测仪,给出多种典型工况,如电压跌落、闪变、噪声、直流谐波等,利用高速录波技术进行录波。得到电流互感器在实际运行环境下的典型工况波形以及特征信号的数据。

[0065] 步骤2:

[0066] 对于步骤1中所得到的数据,利用电力监测仪配套软件来进行分析,以及波形筛选。将所录波形导入,并查看波形图片及数据。通过波形功能可以看到同一次实验中,所录的各相电压、电流波形,可以看到其波动情况。对于其特征信号的分析,主要是对其谐波以及电压跌落等电能暂态变化进行分析。进行谐波分析,了解其谐波构成。通过以上功能分析,挑选出用于测试的工况波形,即工况电压和工况电流波形,并形成多个.csv文件导出。

[0067] 步骤3:将I/O板卡作为信号发生器嵌入控制器,并在控制器中编写驱动程序,使I/O板卡产生分别两组三路模拟信号。在步骤2中所获得的多个.csv文件中,选取一次录波所对应的一个.csv文件,转换格式并导入程序中,经过编辑、同步、调试后,形成控制器可用的文件。文件中包含此次录波所对应的电压和电流波形,将其作为信号发生器输入,使得信号发生器1、2得以输出相对应的模拟电压、电流信号。

[0068] 步骤4:将电压源输入侧接入市电电网,用以给程控电压源供电。并将电压源输入侧GND端子接地,形成接地保护。

[0069] 步骤5:信号发生器1通过双头DB25接口的转接线与程控电压源相连,步骤3中产生的模拟电压信号作为电压源的驱动。此电压源输出的电压大小,在直接耦合模式下,按此公式计算:  $U_{\text{output}} = U_{\text{program}} + 25 \times U_{\text{analog}}$ 。其中 $U_{\text{program}}$ 为在电压源前面板设定值,在测试方案中设定为零。则输出电压等于25倍的输入模拟电压,从而输出电压波形能够随输入模拟信号而改变。

[0070] 步骤6:控制器通过VGA接口外接显示器,并通过USB转GPIB 接口的转接线将其与程控电压源相连,进行数字信号的双向通讯。在控制器上安装程控电压源配套的UPC studio操作软件,通过此软件可以实时显示并记录步骤5中电压源输出的电压波形。

[0071] 步骤7:将电子负载输入侧接入市电电网,用以回馈电子负载运行时多余能量。并将电子负载输入侧GND端子接地,形成接地保护。

[0072] 步骤8:信号发生器2通过双头DB15接口的转接线与程控电子负载相连,步骤3中产生的模拟电流信号作为电子负载的驱动,使得电子负载工作在功放(电子负载)模式下,此模式下输出侧输出的电流波形能够按输入的模拟信号而变化。

[0073] 步骤9:控制器通过双头Modbus接口的转接线与程控电子负载进行通讯。在控制器上实时显示并记录步骤8中电子负载产生的电流波形。

[0074] 步骤10:将程控电压源的输出端与电子负载用三相四线测试电缆相连,即为实功率测试平台的电气主电路。此测试电缆上所具有的电压即现场实况运行时电压,其电流为现场实况运行时电流。

[0075] 步骤11:将步骤10中所搭建的测试电缆上的电流作为实验用电流互感器和高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并在其二次侧感应出二次电流。

[0076] 步骤12:将步骤10中所搭建的测试电缆作为被测计量用低压电流互感器作为高两个准确度等级电流互感器的一次侧输入,并在其二次侧感应出二次电流。

[0077] 步骤13:将步骤11与步骤12所用电流互感器的二次侧接入测试仪器,以步骤11得到的二次电流为测量值,步骤12中得到的二次电流为标准值,进行比较,得到被测电流互感器的比差与角差,即运行误差。将此次实验所用现场波形与得到的运行误差对应关系进行记录,用以作为波形库的一组数据。

[0078] 步骤14:完成一次实验后,重复步骤3-13,直至将所有所录波形都离线测试完毕,得到初步测试波形库。

[0079] 波形库应当包含有若干个工况下运行误差测试子集,一个子集中的数据应当有:  
1. 进行离线工况测试所选择的现场录波的电压、电流波形文件。  
2. 现场录波文件转换后可用于驱动信号源的电压、电流波形文件。  
3. 实功率测试平台所复现出的现场工况电压、电流波形文件,即记录实验用电流互感器一次侧电压、电流波形文件。  
4. 记录实验用电流互感器,以及高两个准确度等级电流互感器二次侧感应出电流波形文件。  
5. 此次运行误差测试的实验用电流互感器以及高两个准确度等级电流互感器型号。  
6. 此次运行误差测试所得到的比差和角差。

[0080] 步骤15:对波形库中的工况下运行误差测试子集进行筛选,选取具有代表性的工况,并将部分工况进行组合,最后整理成典型波形库。

[0081] 本发明从研究计量用低压电流互感器现场实际运行工况入手,归结出若干现场典型的工况特性并形成数学模型;研究实验室实功率仿真的方法,包括核心技术方案、实功率仿真平台的硬件结构,以及相应的软件架构;在此基础上开展若干计量用低压电流互感器性能测试评估,最终总结形成一套完整的计量用低压电流互感器的运行质量评价方法,用于测试计量用低压电流互感器在实际工况下的运行误差,从而评价其运行质量。

[0082] 此评价方法最终得到一个现场工况测量平台,一个电流互感器运行误差的实功率测试平台,一个电流互感器运行误差测试波形库,以及一个实功率环境下测试电流互感器运行误差的方法。通过上述步骤进行设备间连接,搭建低压电流互感器的实功率测试平台。利用整理得到的波形库中波形在实功率测试平台上对所需测试的低压电流互感器进行测试,可以得到其在实际工况下的运行误差,从而评价其运行质量。

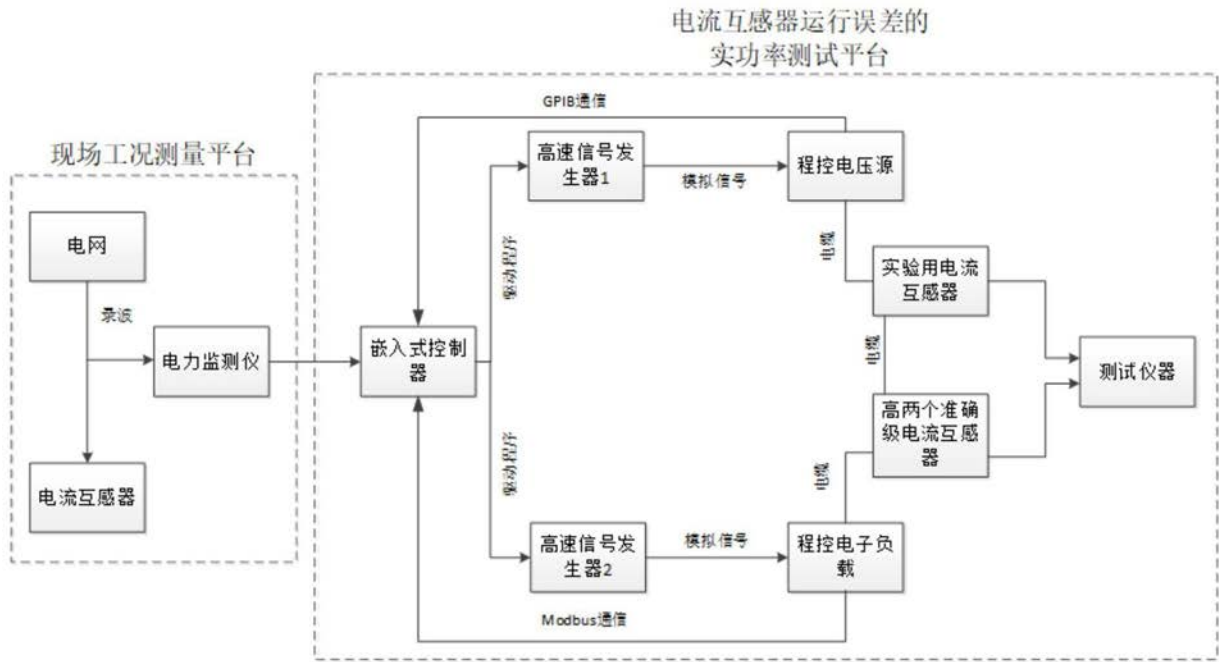


图1

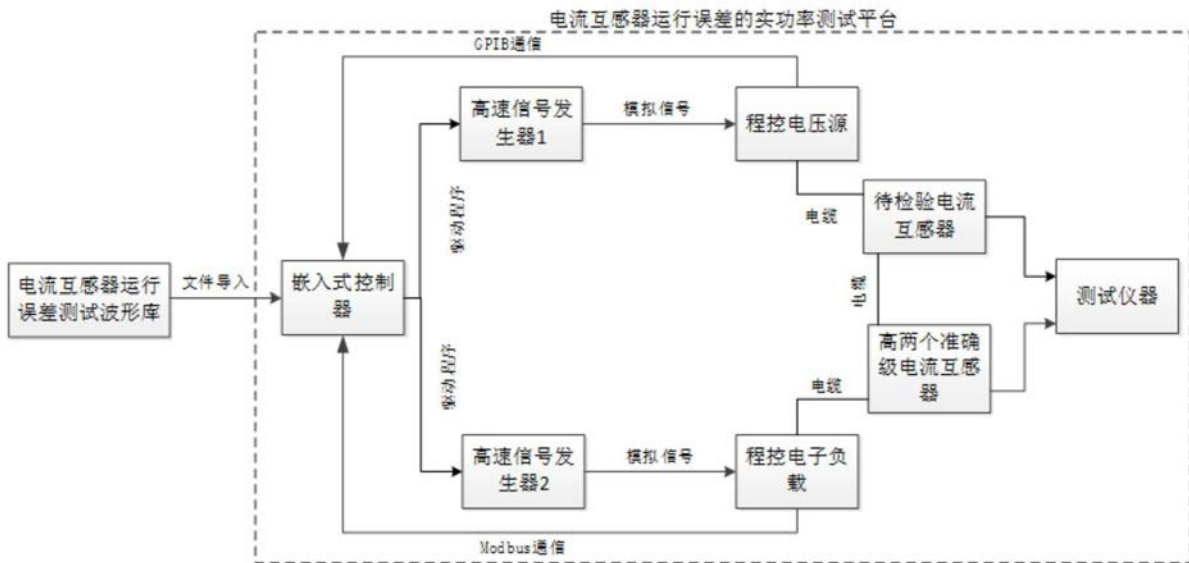


图2