



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101694518 A

(43) 申请公布日 2010. 04. 14

(21) 申请号 200910235808. 7

(22) 申请日 2009. 10. 09

(71) 申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市西直门外上园村 3 号北京交通大学科技处

(72) 发明人 李景新 姜久春 黄勤河 刘铮

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 童晓琳

(51) Int. Cl.

G01R 35/04 (2006. 01)

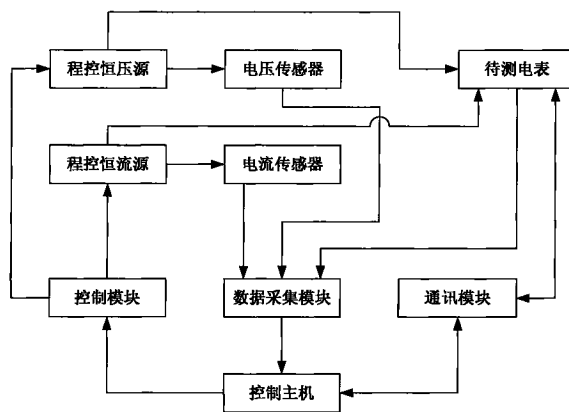
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 5 页

(54) 发明名称

直流电能表检验装置、能量误差检验方法和潜动校验方法

(57) 摘要

本发明公开了直流电测量技术领域中的一种直流电能表的检验装置及方法。包括程控恒压源、程控恒流源、电压传感器、电流传感器、数据采集模块、控制模块、通讯模块和控制主机；设备连接后，设定检验时间，电压参比值、电流参比值和测试点，并选择待测直流电能表数据信息的获取方式；控制主机控制程控恒压源和程控恒流源输出预设的直流电压和直流电流；控制主机根据数据采集模块输出的数字信号，计算基准能量；同时，根据选择的获取方式计算待测直流电能表的电能表；在设定检验时间到达后，计算电能表误差。本发明适用于不同的信号输出形式的直流电能表的检验，检验结果更加准确。



1. 一种直流电能表检验装置,其特征是所述装置包括程控恒压源、程控恒流源、电压传感器、电流传感器、数据采集模块、控制模块、通讯模块和控制主机;

其中,所述控制主机分别与数据采集模块、控制模块和通讯模块相连;

所述控制模块分别与程控恒压源、程控恒流源和控制主机相连;

所述程控恒压源分别与电压传感器、控制模块和待测直流电能表相连;

所述程控恒流源分别与电流传感器、控制模块和待测直流电能表相连;

所述数据采集模块分别与电压传感器、电流传感器、待测直流电能表以及控制主机相连;

所述电压传感器分别与程控恒压源和数据采集模块相连;

所述电流传感器分别与程控恒流源和数据采集模块相连;

所述通讯模块分别与控制主机和待测直流电能表相连;

所述控制模块用于根据控制主机的控制指令,控制程控恒压源输出直流工作电压,并控制程控恒流源输出直流工作电流;

所述程控恒压源用于根据控制模块提供的程控信号,输出直流工作电压;

所述程控恒流源用于根据控制模块提供的程控信号,输出直流工作电流;

所述电压传感器用于测量程控恒压源输出的直流工作电压,并将输出的第一隔离电信号送入数据采集模块;

所述电流传感器用于测量程控恒流源输出的直流工作电流,并将输出的第二隔离电信号送入数据采集模块;

所述数据采集模块用于将电压传感器和电流传感器输出的隔离电信号转换为数字信号,并传送给控制主机;还用于采集待测直流电能表输出的电脉冲个数;

所述通讯模块用于读取待测直流电能表的电能量,并将读取的电能量送入控制主机;

所述控制主机用于向控制模块发送控制指令,分别控制程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流;并用于接收数据采集模块输出的数字信号,并根据所述数字信号计算基准能量;还用于接收数据采集模块输出的电脉冲个数,并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量;还用于接收通讯模块发送的待测直流电能表电能量。

2. 根据权利要求1所述的一种直流电能表检验装置,其特征是所述控制主机采用单片机、笔记本计算机或者台式计算机。

3. 根据权利要求1所述的一种直流电能表检验装置,其特征是所述控制主机包括显示模块和/或打印模块,显示模块用于显示基准能量,待测直流电能表的电能量和待测直流电能表的误差;打印模块用于显示输出的基准能量,待测直流电能表的电能量和待测直流电能表的误差。

4. 根据权利要求1所述的一种直流电能表检验装置,其特征是所述通讯模块包括CAN总线接口或者RS485接口。

5. 一种使用如权利要求1所述的直流电能表检验装置检验能量误差的方法,其特征是所述方法包括下列步骤:

步骤1:设备连接;

步骤2:设定检验时间,电压参比值、电流参比值和测试点,并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,包括脉冲方式和通讯方式;

步骤 3:运行控制主机,开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出预设的直流电压和直流电流;

步骤 4:判断待测直流电能表数据的获取方式,如果是脉冲方式,则执行步骤 5;如果是通讯方式,则执行步骤 7;

步骤 5:控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量;同时,控制主机接收数据采集模块输出的待测直流电能表的电脉冲个数,并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量;

步骤 6:判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤 9;否则,执行步骤 5;

步骤 7:控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量;同时,控制主机接收通讯模块发送的待测直流电能表的电能量,并计算总的电能量;

步骤 8:判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤 9;否则,执行步骤 7;

步骤 9:控制主机控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,比较基准能量和电能量,计算电能量误差,并将结果记录到数据库文件中;整个检验过程结束。

6. 根据权利要求 5 所述的一种检验能量误差的方法,其特征是所述根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量的计算公式为  $W = N/k$ , 式中  $W$  为电能量,  $k$  为脉冲常数,  $N$  为脉冲个数。

7. 根据权利要求 5 所述的一种检验能量误差的方法,其特征是所述计算总的电能量具体是,控制主机在运行时刻  $t_1$ , 获得的待测直流电能表的电能量为  $W_{t_1}$ ; 控制主机在运行时刻  $t_2$ , 获得的待测直流电能表的电能量为  $W_{t_2}$ ; 计算得到的  $t_1-t_2$  时间段内的电能量  $W_{t_2}-W_{t_1}$ , 将各个时间段内的电能量累加得到总的电能量。

8. 根据权利要求 5 所述的一种检验能量误差的方法,其特征是所述计算基准能量采用积分法,计算公式为:

$$W = \frac{1}{3.6 \times 10^6} \int_{t_1}^{t_2} u(t) \cdot i(t) dt$$

式中  $u(t)$ 、 $i(t)$  分别为在  $t_1-t_2$  时间段内  $t$  时刻的程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流,  $W$  为待测直流电能表在  $t_1-t_2$  时间段内的电能量;再将各个时间段内的电能量累加得到基准能量。

9. 一种使用如权利要求 1 所述的直流电能表检验装置潜动校验的方法,其特征是所述方法包括下列步骤:

步骤 1:设备连接,直流电能表检验装置在电流线路开路;

步骤 2:设定检验时间,电压参比值、电流参比值和测试点,并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,包括脉冲方式或通讯方式;

步骤 3:运行控制主机并开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流;

步骤 4:判断待测直流电能表数据信息的获取方式,如果是脉冲方式,则执行步骤 5;如果是通讯方式,则执行步骤 7;

步骤 5:控制主机通过数据采集模块接收待测直流电能表输出的电脉冲并计算电脉冲个数,判断接收到的电脉冲是否超过 1 个,如果没有超过 1 个脉冲,执行步骤 6;如果超过 1

个脉冲,则执行步骤 10 ;

步骤 6 :控制主机判断时间是否到达设定的检验时间,如果到达检验时间则执行步骤 9 ;如果没有到达检验时间,则执行步骤 5 ;

步骤 7 :控制主机根据通讯模块发送的待测直流电能表的数据信息,计算待测直流电能表的电能量  $W_t$  ;并判断  $(W_t - W_1) < \frac{1}{n}(W_{err} - W_1)$  是否成立,如果成立,则执行步骤 10 ;如果不成立,则执行步骤 8 ;其中,  $W_{err}$  为潜动检验中最大允许的能量累积值,  $W_1$  为控制主机开始运行时刻的待测直流电能表的电能量 ;

步骤 8 :控制主机判断时间是否到达设定的时间,如果到达时间则执行步骤 10 ;如果没有到达,则执行步骤 9 ;

步骤 9 :控制主机将控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,待测直流电能表通过潜动测试,将测试数据记录在数据库中 ;

步骤 10 :控制主机将控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,待测直流电能表未能通过潜动测试,将测试数据记录在数据库中。

10. 根据权利要求 9 所述的一种潜动校验的方法,其特征是所述设定时间为常用潜动测试时间  $\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{kmU_n I_{max}}$  的  $1/n$ ,  $n = 2, 3, 4, \dots$  ;  $k$  为仪表常数,  $m$  为测量单元数,  $U_n$  为参比电压,  $I_{max}$  为参比电流。

## 直流电能表检验装置、能量误差检验方法和潜动校验方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于直流电测量技术领域,尤其涉及一种直流电能表检验装置、能量误差检验方法和潜动校验方法。

### 背景技术

[0002] 直流电能表作为直流能量的计量工具,在生产和生活中具有普遍应用。随着科学技术的发展,直流电设备和直流电系统的应用范围不断扩大,这也使得直流电能表的应用需求不断提升,在无轨电车、有轨电车、地铁车辆、电动汽车和光伏发电等领域,直流电能表已经成为普遍使用的直流能量计量工具,而在工矿企业、民用建筑、楼宇自动化等现代供配直流电系统中,直流电能表也已成为电能计量的标准装备。在对直流电能表的需求日益扩大的同时,对直流电能表的准确计量的需求也在日益提高,对直流电能表的检验已经成为保障直流能量的计量工具准确测量的关键。

[0003] 目前,常用的直流电能表的检验装置存在如下问题:

[0004] 1、检验装置接口方式单一,造成检验过程繁琐。

[0005] 目前常用的直流电能表检验装置只能检验有脉冲信号输出的直流电能表,或者只能检验无脉冲信号输出但有通讯接口的直流电能表。这就造成使用无脉冲信号接口但有通讯接口的直流电能表检测装置,在检验只有有脉冲信号输出的直流电能表时,必须使用其他转换装置的问题,从而增加检验复杂性。

[0006] 2、检验装置提供的检验方法没有全面考虑工作环境的特点,造成检验结果不准确。

[0007] 很多常用的直流电能表检验装置,不考虑直流电设备或者系统的工作环境,而工作环境却往往会对检验结果产生影响。比如,能量的直流脉动性,即供电电压上很可能会叠加交流分量,负载电流很可能会经常变化;再比如,网压波动范围,部分直流供电网电压波动幅度达到甚至超过  $\pm 20\%$ ;还有就是网压的大量高次谐波成分,不仅网压本身为脉动性质,同时某些用电设备也会在线网上产生大量的谐波。这些都会对检验结果造成影响。然而,目前绝大多数的直流电能表检验装置都没有考虑上述问题。

[0008] 3、检验装置在进行潜动等测试时,测试时间过长,效率低下。

[0009] 一般情况下,潜动测试条件是,直流检验装置在电流线路开路,电压线路所加电压为参比电压的 115% 时,最短测试时间应该满足:  $\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{kmU_n I_{\max}}$  (分钟)。当仪表常数  $k = 3200$ ; 测量单元数  $m = 1$ ; 参比电压  $U_n = 400V$ ;  $I_{\max} = 20A$  时,则  $\Delta t \geq 23.4375$  分钟。这说明常用的检验方法耗时过长,检验效率过低。

### 发明内容

[0010] 针对上述背景技术中提出的问题,本发明提出一种直流电能表检验装置、能量误差检验方法和潜动校验方法,用以解决上述问题。

[0011] 本发明的技术方案是,一种直流电能表检验装置,其特征是所述装置包括程控恒压源、程控恒流源、电压传感器、电流传感器、数据采集模块、控制模块、通讯模块和控制主机;

[0012] 其中,所述控制主机分别与数据采集模块、控制模块和通讯模块相连;

[0013] 所述控制模块分别与程控恒压源、程控恒流源和控制主机相连;

[0014] 所述程控恒压源分别与电压传感器、控制模块和待测直流电能表相连;

[0015] 所述程控恒流源分别与电流传感器、控制模块和待测直流电能表相连;

[0016] 所述数据采集模块分别与电压传感器、电流传感器、待测直流电能表以及控制主机相连;

[0017] 所述电压传感器分别与程控恒压源和数据采集模块相连;

[0018] 所述电流传感器分别与程控恒流源和数据采集模块相连;

[0019] 所述通讯模块分别与控制主机和待测直流电能表相连;

[0020] 所述控制模块用于根据控制主机的控制指令,控制程控恒压源输出直流工作电压,并控制程控恒流源输出直流工作电流;

[0021] 所述程控恒压源用于根据控制模块提供的程控信号,输出直流工作电压;

[0022] 所述程控恒流源用于根据控制模块提供的程控信号,输出直流工作电流;

[0023] 所述电压传感器用于测量程控恒压源输出的直流工作电压,并将输出的第一隔离电信号送入数据采集模块;

[0024] 所述电流传感器用于测量程控恒流源输出的直流工作电流,并将输出的第二隔离电信号送入数据采集模块;

[0025] 所述数据采集模块用于将电压传感器和电流传感器输出的隔离电信号转换为数字信号,并传送给控制主机;还用于采集待测直流电能表输出的电脉冲个数;

[0026] 所述通讯模块用于读取待测直流电能表的电能量,并将读取的电能量送入控制主机;

[0027] 所述控制主机用于向控制模块发送控制指令,分别控制程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流;并用于接收数据采集模块输出的数字信号,并根据所述数字信号计算基准能量;还用于接收数据采集模块输出的电脉冲个数,并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量;还用于接收通讯模块发送的待测直流电能表的电能量。

[0028] 所述控制主机采用单片机、笔记本计算机或者台式计算机。

[0029] 所述控制主机包括显示模块和/或打印模块,显示模块用于显示基准能量,待测直流电能表的电能量和待测直流电能表的误差;打印模块用于显示输出的基准能量,待测直流电能表的电能量和待测直流电能表的误差。

[0030] 所述通讯模块包括 CAN 总线接口或者 RS485 接口。

[0031] 一种使用直流电能表检验装置检验能量误差的方法,其特征是所述方法包括下列步骤:

[0032] 步骤 1:设备连接;

[0033] 步骤 2:设定检验时间,电压参比值、电流参比值和测试点,并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,包括脉冲方式和通讯方式;

[0034] 步骤 3:运行控制主机,开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出预设的直流

电压和直流电流；

[0035] 步骤4:判断待测直流电能表数据的获取方式,如果是脉冲方式,则执行步骤5;如果是通讯方式,则执行步骤7;

[0036] 步骤5:控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量;同时,控制主机接收数据采集模块输出的待测直流电能表的电脉冲个数,并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量;

[0037] 步骤6:判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤9;否则,执行步骤5;

[0038] 步骤7:控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量;同时,控制主机接收通讯模块发送的待测直流电能表的电能量,并计算总的电能量;

[0039] 步骤8:判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤9;否则,执行步骤7;

[0040] 步骤9:控制主机控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,比较基准能量和电能量,计算电能量误差,并将结果记录到数据库文件中;整个检验过程结束。

[0041] 所述根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量的计算公式为  $W = N/k$ , 式中  $W$  为电能量,  $k$  为脉冲常数,  $N$  为脉冲个数。

[0042] 所述计算总的电能量具体是,控制主机在运行时刻  $t_1$ , 获得的待测直流电能表的电能量为  $W_{t_1}$ ; 控制主机在运行时刻  $t_2$ , 获得的待测直流电能表的电能量为  $W_{t_2}$ ; 计算得到的  $t_1-t_2$  时间段内的电能量是  $W_{t_2}-W_{t_1}$ , 将各个时间段的电能量累加得到总的电能量。

[0043] 所述计算基准能量采用积分法, 计算公式为:

$$[0044] \quad W = \frac{1}{3.6 \times 10^6} \int_{t_1}^{t_2} u(t) \cdot i(t) dt$$

[0045] 式中  $u(t)$ 、 $i(t)$  分别为在  $t_1-t_2$  时间段内  $t$  时刻的程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流,  $W$  为  $t_1-t_2$  时间段内的电能量;再将各个时间段的电能量累加得到基准能量。

[0046] 一种使用直流电能表检验装置潜动校验方法,其特征是所述方法包括下列步骤:

[0047] 步骤1:设备连接,直流电能表检验装置在电流线路开路;

[0048] 步骤2:设定检验时间,电压参比值、电流参比值和测试点,并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,包括脉冲方式或通讯方式;

[0049] 步骤3:运行控制主机并开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流;

[0050] 步骤4:判断待测直流电能表数据信息的获取方式,如果是脉冲方式,则执行步骤5;如果是通讯方式,则执行步骤7;

[0051] 步骤5:控制主机通过数据采集模块接收待测直流电能表输出的电脉冲并计算电脉冲个数,判断接收到的电脉冲是否超过1个,如果没有超过1个脉冲,执行步骤6;如果超过1个脉冲,则执行步骤10;

[0052] 步骤6:控制主机判断时间是否到达设定的检验时间,如果到达检验时间则执行步骤9;如果没有到达检验时间,则执行步骤5;

[0053] 步骤7:控制主机根据通讯模块发送的待测直流电能表的数据信息,计算待测直流电能表的电能量  $W_t$ ; 并判断  $(W_t - W_1) < \frac{1}{n}(W_{err} - W_1)$  是否成立,如果成立,则执行步骤10;

如果不成立,则执行步骤 8 ;其中,  $W_{err}$  为潜动检验中最大允许的能量累积值,  $W_1$  为控制主机开始运行时刻的待测直流电能表的电能量 ;

[0054] 步骤 8 :控制主机判断时间是否到达设定的时间,如果到达时间则执行步骤 10 ;如果没有到达,则执行步骤 9 ;

[0055] 步骤 9 :控制主机将控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,待测直流电能表通过潜动测试,将测试数据记录在数据库中 ;

[0056] 步骤 10 :控制主机将控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,待测直流电能表未能通过潜动测试,将测试数据记录在数据库中。

[0057] 所述设定时间为常用潜动测试时间  $\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{kmU_n I_{max}}$  的  $\frac{1}{n}$ ,  $n = 2, 3, 4, \dots$  ;  $k$  为仪表常数,  $m$  为测量单元数,  $U_n$  为参比电压,  $I_{max}$  为参比电流。

[0058] 本发明在检验装置中同时配备数据采集模块和通讯模块,可以适用于不同的信号输出形式的直流电能表检验 ;采用积分法计算直流电能表的电能量,充分考虑了工作环境对直流电能表的影响,使检验结果更加准确 ;同时,本发明在进行直流电能表的潜动检验时,大大缩短了检验时间。

## 附图说明

[0059] 图 1 是本发明提供的直流电能表的检验装置结构图 ;

[0060] 图 2 是本发明提供的直流电能表的检验方法流程图 ;

[0061] 图 3 是本发明实施例 1 提供的采用脉冲方式的直流电能表的检验方法流程图 ;

[0062] 图 4 是本发明实施例 2 提供的采用通讯方式的直流电能表的检验方法流程图 ;

[0063] 图 5 是本发明实施例 3 提供的直流电能表的潜动校验流程图。

## 具体实施方式

[0064] 下面结合附图,对优选实施例作详细说明。应该强调的是,下述说明仅仅是示例性的,而不是为了限制本发明的范围及其应用。

[0065] 图 1 是本发明提供的直流电能表的检验装置结构图。图 1 中,本发明提供的直流电能表的检验装置包括程控恒压源、程控恒流源、电压传感器、电流传感器、数据采集模块、控制模块、通讯模块和控制主机。

[0066] 各个模块的连接方式是 :

[0067] 控制主机分别与数据采集模块、控制模块和通讯模块相连。

[0068] 控制模块分别与程控恒压源、程控恒流源和控制主机相连。

[0069] 程控恒压源分别与电压传感器、控制模块和待测直流电能表相连。

[0070] 程控恒流源分别与电流传感器、控制模块和待测直流电能表相连。

[0071] 数据采集模块分别与电压传感器、电流传感器、待测直流电能表以及控制主机相连。

[0072] 电压传感器分别与程控恒压源和数据采集模块相连。

[0073] 电流传感器分别与程控恒流源和数据采集模块相连。



[0074] 通讯模块分别与控制主机和待测直流电能表相连。

[0075] 各部分的作用是：

[0076] 控制模块用于根据控制主机的控制指令，控制程控恒压源输出直流工作电压，并控制程控恒流源输出直流工作电流。

[0077] 程控恒压源用于根据控制模块提供的程控信号，输出直流工作电压。

[0078] 程控恒流源用于根据控制模块提供的程控信号，输出直流工作电流。

[0079] 电压传感器用于测量程控恒压源输出的直流工作电压，并将输出的第一隔离电信号送入数据采集模块。

[0080] 电流传感器用于测量程控恒流源输出的直流工作电流，并将输出的第二隔离电信号送入数据采集模块。

[0081] 数据采集模块用于将电压传感器和电流传感器输出的隔离电信号转换为数字信号，并传送给控制主机；还用于采集待测直流电能表输出的电脉冲个数。

[0082] 通讯模块用于读取待测直流电能表的电能量，并将读取的电能量送入控制主机。通讯模块包括 CAN 总线接口或者 RS485 接口。一般通讯模块的接口根据待测直流电能表的接口进行设置。目前常用的以通讯方式传送数据的待测直流电能表，都包括 CAN 总线接口或者 RS485 接口。

[0083] 控制主机用于向控制模块发送控制指令，分别控制程控恒压源和程控恒流源的输出直流工作电压和直流工作电流；并用于接收数据采集模块输出的数字信号，并根据所述数字信号计算基准能量；还用于接收数据采集模块输出的电脉冲个数，并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量；还用于接收通讯模块发送的待测直流电能表的电能量。在本发明中，控制主机可以采用单片机、笔记本计算机或者台式计算机。控制主机包括显示模块，可以采用显示器，用于显示基准能量，待测直流电能表的电能量和待测直流电能表的误差，以及测试点选择、存储、打印等相关菜单。控制主机包括打印模块，可以采用打印机，用于打印输出基准能量，待测直流电能表的电能量和待测直流电能表的误差，以及测试温度、表号、测试点等相关信息。

[0084] 图 2 是本发明提供的直流电能表的检验方法流程图。图 2 中，本发明的实施步骤包括：

[0085] 步骤 101：设备连接。根据图 1 的连接方式，将本发明中的各个设备或者模块连接起来。

[0086] 步骤 102：设定检验时间，电压参比值、电流参比值和测试点，并选择待测直流电能表数据信息的获取方式，包括脉冲方式和通讯方式。

[0087] 电压参比值是待测直流电能表的额定输入电压，电流参比值是待测直流电能表的额定输入电流，测试点是上述两个参比值的百分比。通常，以参比值的 5%、10%、20%、50%、100% 等常规点作为测试点。由此可以看出，由于采用程控的恒压源和恒流源，本发明提供的装置和方法不仅可以检验待测直流电能表参比值 100% 时的电能量误差，还可以检验待测直流电能表参比值在其他常规点的电能量误差。

[0088] 步骤 103：运行控制主机，开始计时，控制程控恒压源和程控恒流源输出预设的直流电压和直流电流。

[0089] 步骤 104：判断待测直流电能表数据的获取方式，如果是脉冲方式，则执行步骤

105 ;如果是通讯方式,则执行步骤 107。

[0090] 步骤 105 :控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量 ;同时,控制主机接收数据采集模块输出的待测直流电能表的电脉冲个数,并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量。

[0091] 计算基准能量采用积分法,计算公式为 :

$$[0092] \quad W = \frac{1}{3.6 \times 10^6} \int_{t_1}^{t_2} u(t) \cdot i(t) dt$$

[0093] 式中  $u(t)$ 、 $i(t)$  分别为在  $t_1-t_2$  时间段内  $t$  时刻的程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流,  $W$  为  $t_1-t_2$  时间段内的基准能量,其单位为 kWh ( 千瓦小时 ) ;再将各个时间段的基准能量累加得到最终的基准能量。

[0094] 根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量的计算公式为  $W = N/k$ , 式中  $W$  为电能量,  $k$  为脉冲常数,  $N$  为脉冲个数。电能量的单位为 kWh, 脉冲常数由待测直流电能表确定, 其单位是 imp/kWh。

[0095] 步骤 106 :判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤 109 ;否则,执行步骤 105。

[0096] 步骤 107 :控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量 ;同时,控制主机接收通讯模块发送的待测直流电能表的电能量,计算总的电能量。

[0097] 计算基准能量的方法同步骤 105 计算基准能量的方法。

[0098] 计算总的电能量具体是,控制主机在运行时刻  $t_1$ , 获得的待测直流电能表的电能量为  $W_{t_1}$ ;控制主机在运行时刻  $t_2$ , 获得的待测直流电能表的电能量为  $W_{t_2}$ ;计算得到的  $t_1-t_2$  时间段内的电能量是  $W_{t_2}-W_{t_1}$ , 将各个时间段的电能量累加得到总的电能量。

[0099] 步骤 108 :判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤 109 ;否则,执行

[0100] 步骤 107 ;

[0101] 步骤 109 :控制主机控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,比较基准能量和电能量,计算电能量误差,并将结果记录到数据库文件中 ;整个检验过程结束。

[0102] 实时例 1

[0103] 图 3 是本发明实施例 1 提供的采用脉冲方式的直流电能表的检验方法流程图。图 3 中,设定电压参比值为 600V、电流参比值 300A 和测试点为 100%。在本发明中,控制主机可以同时将参比值的 5%、10%、20%、50%、100% 等常规点作为测试点,同时检验,也可以用其中的一个参比值作为测试点自动依次检测。在本实施例中,以 100% 作为测试值进行检验。其过程如下 :

[0104] 步骤 201 :根据图 1,进行设备连接方式。

[0105] 步骤 202 :设定检验时间 30 分钟,电压参比值为 600V、电流参比值 300A、测试点 100%  $U_n$  和 100%  $I_b$ 。并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,本实施例中选择脉冲方式。

[0106] 步骤 203 :运行控制主机,开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出直流电压 600V 和直流电流 300A。

[0107] 步骤 204 :控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量。

[0108] 在本实施例中,采用 CV3-1000 型电压传感器,当输入 600V 直流电压的时候,它的输出是 6V 的直流模拟电压,这个 6V 输出信号与输入的 600V 电压之间,在电压传感器中是电气隔离的,在本发明中被称为第一隔离电信号。数据采集模块将电压传感器输出的第一隔离电信号转换为数字信号,送给控制主机。

[0109] 在本实施例中,采用 ITB 300-SCT5-T 型电流传感器,当输入 300A 直流电流的时候,通过采样电阻输出 5V 的直流模拟电压,而这个 5V 电压与输入的 300A 电流之间是电气隔离的,在本发明中被称为第二隔离电信号。数据采集模块将电流传感器输出的第二隔离电信号转换为数字信号,送给控制主机。

[0110] 控制主机接收数据采集模块输出的电压与电流数字信号,并根据隔离电信号模数转换的比例,计算原始电压传感器的电压和电流传感器的电流,并根据电压传感器的电压和电流传感器的电流计算基准能量。基准能量  $W_1 = U \times I \times t = 600V \times 300A \times 0.5h = 90kW \cdot h$ 。

[0111] 步骤 205:控制主机接收数据采集模块输出的待测直流电能表的电脉冲个数,并根据电脉冲个数计算待测直流电能表的电能量。

[0112] 控制主机接收的脉冲个数是 286272,待测直流电能表的脉冲常数为 3200,则根据公式为  $W = N/k$ ,待测直流电能表的电能量为 89.46kW · h。

[0113] 步骤 206:判断是否到达设定时间,如果是,执行步骤 207;否则,返回步骤 204。

[0114] 步骤 207:控制主机控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,比较基准能量和电能量,计算电能量误差。根据步骤 204 和步骤 205 的就算结果,待测直流电能表在测试点

100% 的误差为:  $\gamma = \frac{89.46 - 90}{90} \times 100\% + \gamma_b = -0.6\% - 0.2\% = -0.8\%$ 。将结果记录到数据库文件中,整个检验过程结束。本实施例中,被测电能表是 1 级表,而校验装置是 0.2 级,因此,  $\gamma_b = 0.2\%$ 。

[0115] 实施例 2

[0116] 图 4 是本发明实施例 2 提供的采用通讯方式的直流电能表的检验方法流程图。图 4 中,设定电压参比值  $U_n$  为 600V、电流参比值  $I_b$  为 300A,测试点为 100%  $U_n$  和 100%  $I_b$ ,并采用 CV3-1000 型电压传感器和 ITB 300-SCT5-T 型电流传感器。待测直流电能表数据信息的获取方式为通讯方式,通讯模块发送的待测直流电能表的数据信息只包括工作电压和工作电流。

[0117] 其过程如下:

[0118] 步骤 301:根据图 1,进行设备连接方式。

[0119] 步骤 302:设定检验时间 30 分钟,电压参比值为 600V、电流参比值 300A、测试点 100%  $U_n$  和 100%  $I_b$ 。并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,本实施例中选择通讯方式。

[0120] 步骤 303:运行控制主机,开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出直流电压 600V 和直流电流 300A。

[0121] 步骤 304:控制主机接收数据采集模块输出的数字信号,并根据获取的数字信号,计算基准能量。

[0122] 对于 CV3-1000 型电压传感器,当输入 600V 直流电压的时候,它的输出是 6V 的直

流模拟电压,这个 6V 输出信号与输入的 600V 电压之间,在电压传感器中是电气隔离的,在本发明中被称为第一隔离电信号。数据采集模块将电压传感器输出的第一隔离电信号转换为数字信号,送给控制主机。

[0123] 对于 ITB 300-SCT5-T 型电流传感器,当输入 300A 直流电流的时候,通过采样电阻输出 5V 的直流模拟电压,而这个 5V 电压与输入的 300A 电流之间是电气隔离的,在本发明中被称为第二隔离电信号。数据采集模块将电流传感器输出的第二隔离电信号转换为数字信号,送给控制主机。

[0124] 控制主机接收数据采集模块输出的电压与电流数字信号,并根据隔离电信号模数转换的比例,计算原始电压传感器的电压和电流传感器的电流,并根据电压传感器的电压和电流传感器的电流计算基准能量。基准能量

$$W = \frac{1}{3.6 \times 10^6} \int_{t_1}^{t_2} u(t) \cdot i(t) dt = \frac{30 \times 60}{3.6 \times 10^6} \times 600 \times 300 = 90 \text{ kW} \cdot \text{h}。$$

[0125] 步骤 305:控制主机接收通讯模块发送的待测直流电能表的电能量计算总的电能量。

[0126] 控制主机计算总的电能量具体方法为:控制主机实时记录待测直流电能表的电能量;假设待测直流电能表每 1 秒钟发送一次数据。开始检验最初的  $t_0$  时刻,待测直流电能表发送当前的能量初始值  $W_0 = 60$ ;  $t_1$  时刻待测直流电能表发送当前的能量值  $W_1 = 60, \dots$ , 第 30 分钟时的  $t_n$  时刻 ( $n = 1800$ ) 待测直流电能表发送当前的能量值  $W_n = 150.9$ , 则控制主机即可得到 30 分钟内的能量值  $\Delta W = 90.9 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

[0127] 步骤 306:判断是否到达设定时间 30 分钟,如果是,执行步骤 307;否则,返回步骤 304。

[0128] 步骤 307:控制主机控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,比较基准能量和电能量,计算电能量误差。根据步骤 304 和步骤 305 的就算结果,待测直流电能表在测试点

$100\% I_b$  的误差为:  $\gamma = \frac{90.9 - 90}{90} \times 100\% + \gamma_b = 1\% + 0.2\% = 1.02\%$ 。将结果记录到数据库文件中,整个检验过程结束。本实施例中,被测电能表是 1 级表,而校验装置是 0.2 级,因此,  $\gamma_b = 0.2\%$ 。

[0129] 实施例 3

[0130] 本发明还提供了一种潜动测试方法,比常用的潜动测试方法更节约时间。

[0131] 一般情况下,对于一级电能表,潜动测试条件是,直流检验装置在电流线路开路,电压线路所加电压为参比电压的 115% 时,最短测试时间应该满足:

$$[0132] \quad \Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{km U_n I_{\max}} (\text{min}) ;$$

[0133] 对于二级电能表和其他等级的电能表,有类似的公式可以推算,此处不做赘述。

[0134] 当仪表常数  $k = 3200$ ; 测量单元数  $m = 1$ ; 参比电压  $U_n = 400\text{V}$ ;  $I_{\max} = 20\text{A}$  时,则  $\Delta t \geq 23.4375$  分钟。本实施例中取  $\Delta t = 25$  分钟,而采用本发明将大大缩短潜动测试所需要的时间。具体操作如下所述:

[0135] 图 5 是本发明实施例 3 提供的直流电能表的潜动校验流程图。图 5 中设定电压参比值为 400V、电流参比值 50A 和测试点为  $115\% U_n$  和  $0\% I_b$ , 并采用 CV3-1000 型电压传感

器和 ITB 300-SCT5-T 型电流传感器。待测直流电能表数据信息的获取方式为通讯方式,通讯模块发送的待测直流电能表的数据信息包括电能表测得的能量值以及工作电压和工作电流。

[0136] 其过程如下:

[0137] 步骤 401:设备连接,直流电能表检验装置在电流线路开路。

[0138] 步骤 402:设定检验时间,电压参比值、电流参比值和测试点,并选择待测直流电能表数据信息的获取方式,包括脉冲方式或通讯方式。

[0139] 输入的参数包括仪表常数  $k = 3200$  测量单元数  $m = 1$ , 电压参比值  $U_n = 400V$ , 电流参比值  $I_{max} = 20A$ , 选择参数  $n = 5$ , 因此设定时间为  $\frac{1}{n} \Delta t = 5(\text{min})$ , 测试电压输出为 460V、

电流输出设定值为 0。其中,参数  $n$  是大于 1 的自然数,为常规潜动测试时间的反比值。这个值根据通讯模块获取的待测直流电能表的电能量测试精度确定。选择待测直流电能表数据信息的获取方式,如果选择通讯方式,则控制主机在开始运行时刻,读取待测直流电能表的电能量值,定义为  $W_1$ 。

[0140] 步骤 403:运行控制主机并开始计时,控制程控恒压源和程控恒流源输出直流工作电压和直流工作电流。

[0141] 步骤 404:判断待测直流电能表数据信息的获取方式,如果是脉冲方式,则执行步骤 405;如果是通讯方式,则执行步骤 407。

[0142] 步骤 405:控制主机通过数据采集模块接收待测直流电能表输出的电脉冲并计算电脉冲个数,判断接收到的电脉冲是否超过 1 个,如果没有超过 1 个脉冲,执行步骤 406;如果超过 1 个脉冲,则执行步骤 410。

[0143] 步骤 406:控制主机判断时间是否到达设定的检验时间  $\frac{1}{n} \Delta t$ ,如果到达检验时间则执行步骤 409;如果没有到达检验时间,则执行步骤 405。

[0144] 步骤 407:控制主机根据通讯模块发送的待测直流电能表的数据信息,计算待测直流电能表的电能量  $W_t$ ;并判断  $(W_t - W_1) < \frac{1}{n}(W_{err} - W_1)$  是否成立,如果成立,则执行步骤 410;如果不成立,则执行步骤 408;其中,  $W_{err}$  为潜动校验中最大允许的能量累积值。

[0145] 对于 CV3-1000 型电压传感器,当输入 460V 直流电压的时候,它的输出是 4.6V 的直流模拟电压,这个 4.6V 输出信号与输入的 460V 电压之间,在电压传感器中是电气隔离的。数据采集模块将电压传感器输出的隔离电信号转换为数字信号,送给控制主机。

[0146] 对于 ITB 300-SCT5-T 型电流传感器,当输入 0A 直流电流的时候,通过采样电阻输出 0V 的直流模拟电压,而这个 0V 电压与输入的 0A 电流之间是电气隔离的。数据采集模块将电流传感器输出的隔离电信号转换为数字信号,送给控制主机。控制主机将监控整个潜动校验过程中是否出现异常,如果有异常,将通过显示模块将异常情况的具体内容显示出来。

[0147] 参照国家标准 GB/T 17215-322 第 8.3.2 款的要求,“当施加电压而电流线路无电流时,仪表的测试输出不应产生多于一个的脉冲”,因此,定义  $W_{err}$  为潜动校验中最大允许的能量累积值,对应于待测电能表输出 2 个脉冲时的能量值。本例中仪表常数  $K = 3200$ ,因此

$$[0148] \quad W_{err} = \frac{2}{K} = \frac{2}{3200} = 0.000625kW \cdot h$$

[0149] 步骤 408 :控制主机判断时间是否到达设定的时间 5 分钟,如果到达时间,则执行步骤 410 ;如果没有到达,则执行步骤 409。

[0150] 步骤 409 :控制主机将控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,并通过显示模块显示待测直流电能表通过潜动校验,同时将测试数据记录在数据库中。

[0151] 步骤 410 :控制主机将控制程控恒压源和程控恒流源停止工作,并通过显示模块显示待测直流电能表未能通过潜动校验,同时将测试数据记录在数据库中。

[0152] 因为无论是采用脉冲法时收到 2 个脉冲;还是采用通讯法时  $(W_t - W_1) > \frac{1}{n}(W_{err} - W_1)$ ,都说明待测直流电能表的潜动校验未能通过。

[0153] 本发明提供的直流电能表的检验装置及方法,同时配备数据采集模块和通讯模块,可以适用于不同的信号输出形式的直流电能表;采用积分法计算直流电能表的电能量,检验结果更加准确;同时,本发明使直流电能表的潜动检验的时间大大缩短。

[0154] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

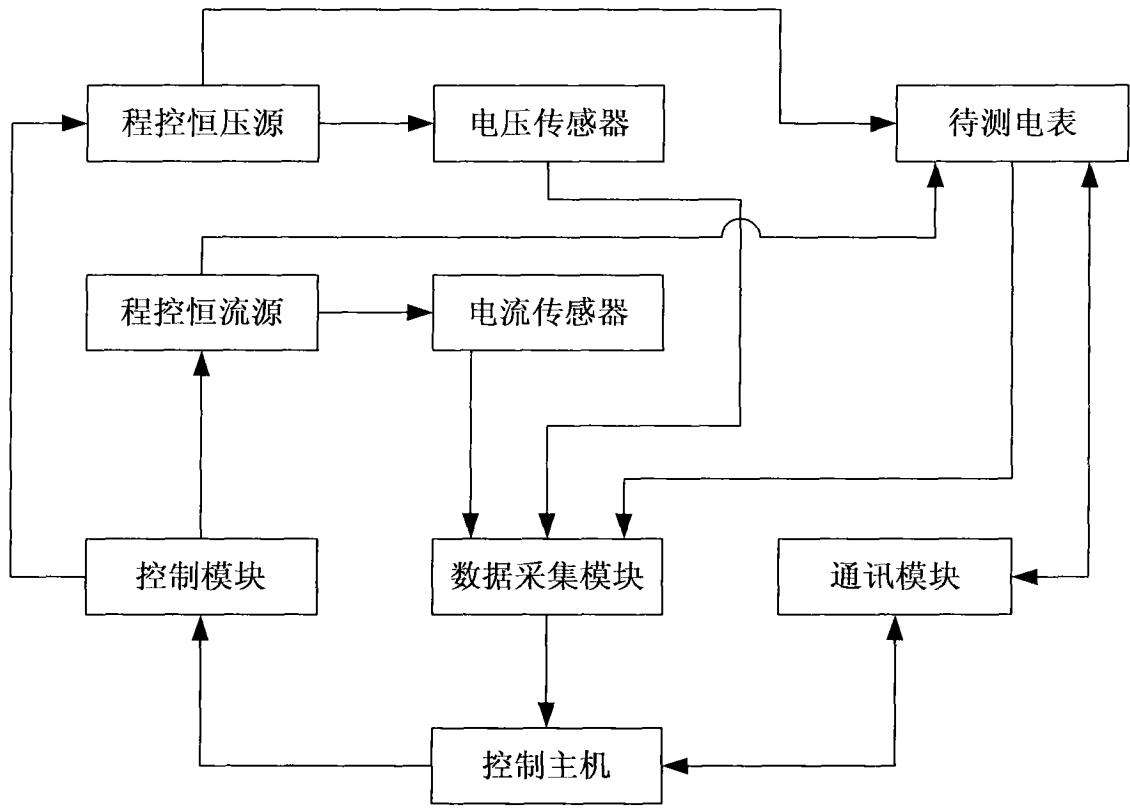


图 1

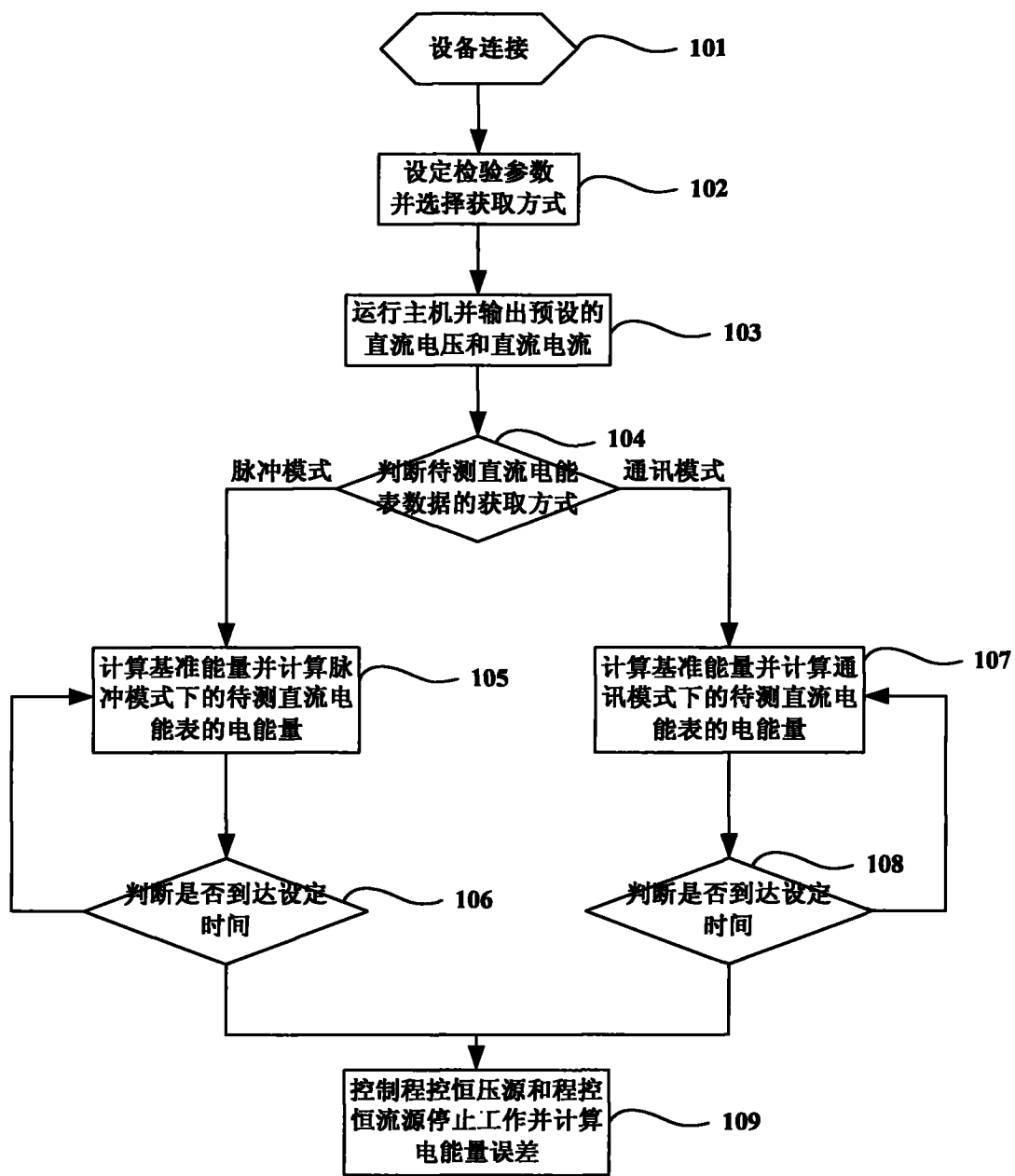


图 2



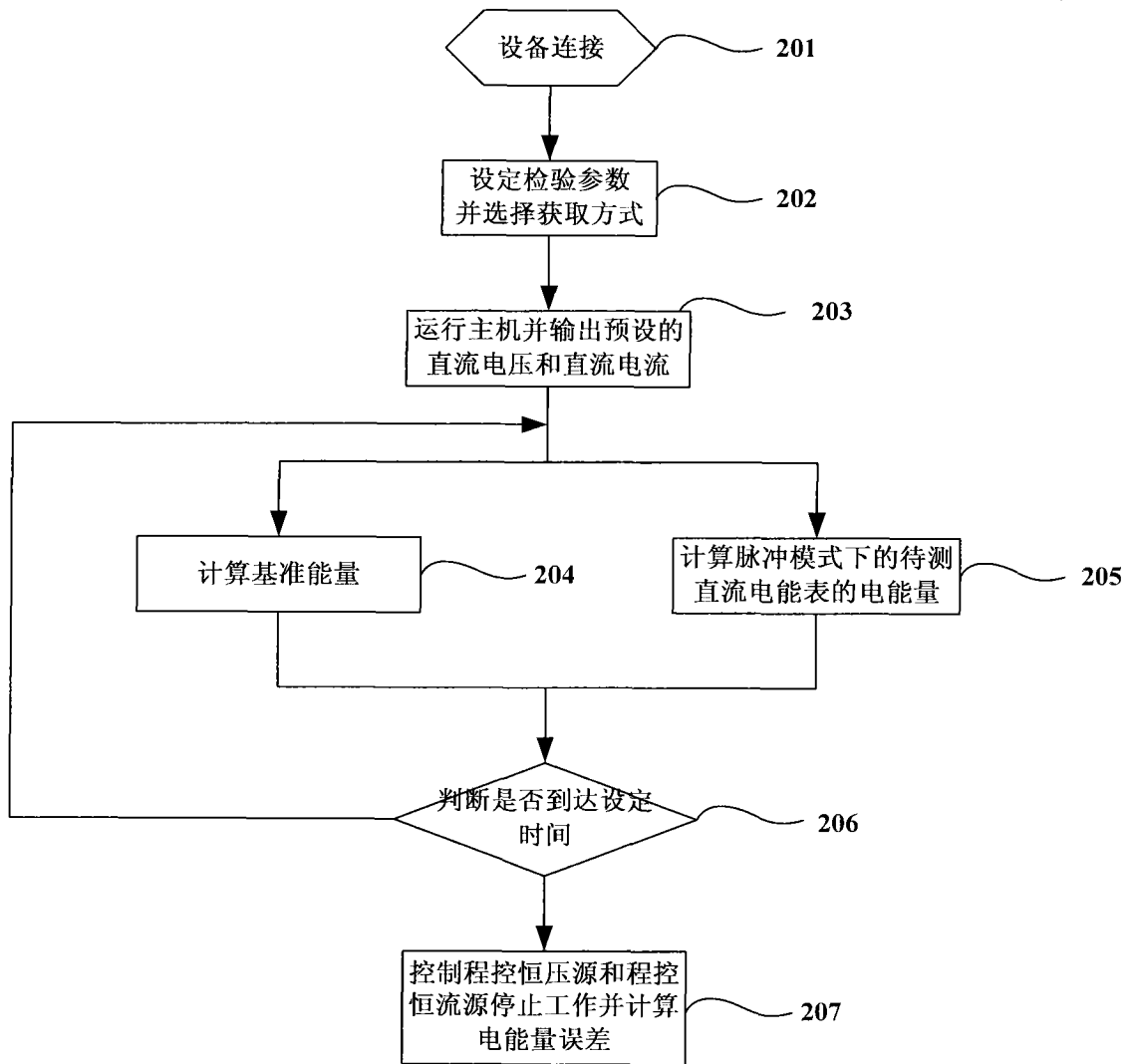


图 3

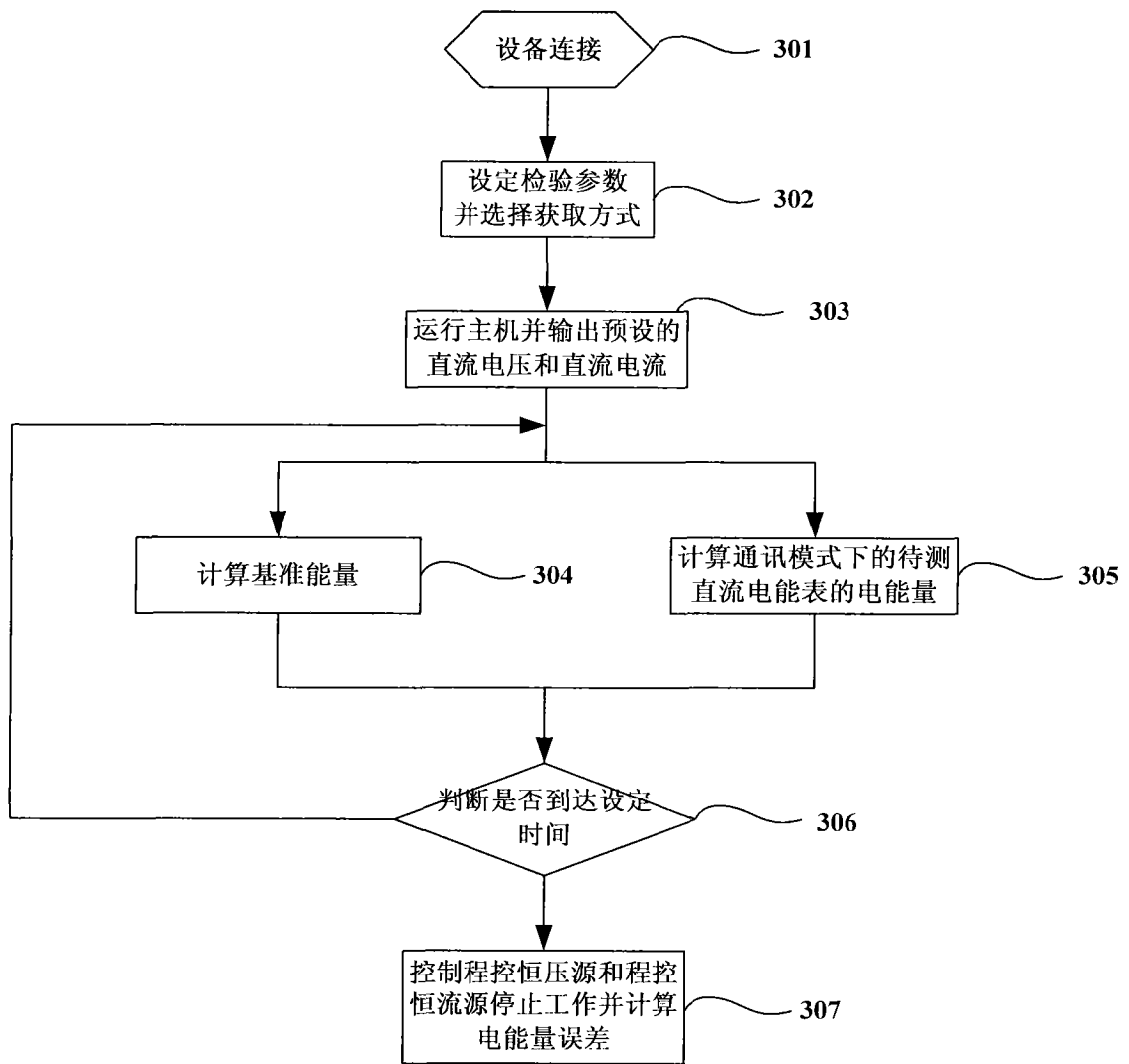


图 4

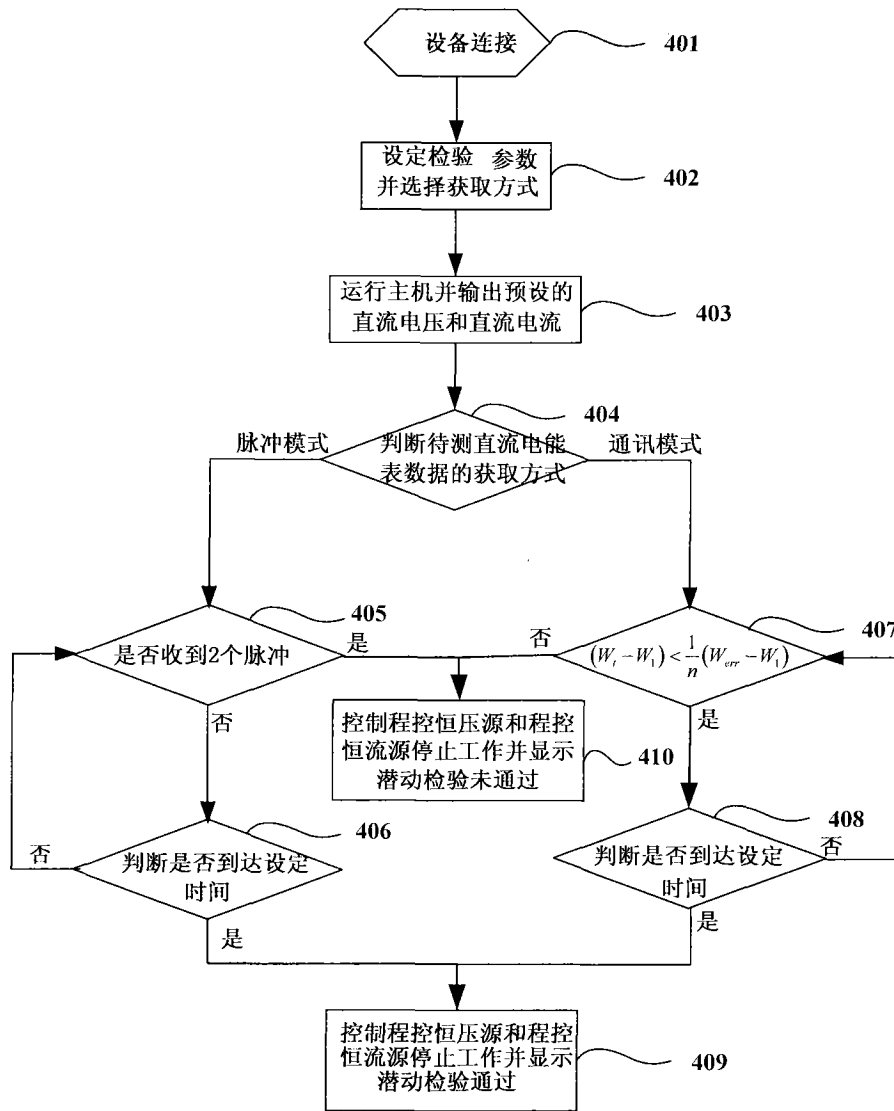


图 5