(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104483626 B
(45)授权公告日 2017.08.08

(21)申请号 201410844284.2

(22)申请日 2014.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104483626 A

(43)申请公布日 2015.04.01

(73)专利权人 国网四川省电力公司电力科学研究院
地址 610041 四川省成都市青羊区青华路24号
专利权人 成都恒锐智科数字技术有限公司

(72)发明人 姚晓 苏明虹 何良 毛强 李晏 殷艳华

(74)专利代理机构 四川力久律师事务所 51221
代理人 王芸 韩洋

(51)Int.Cl.
G01R 31/327(2006.01)

(56)对比文件
CN 202189126 U,2012.04.11,
CN 203191520 U,2013.09.11,
CN 203825162 U,2014.09.10,
CN 102981055 A,2013.03.20,

审查员 郭军宏

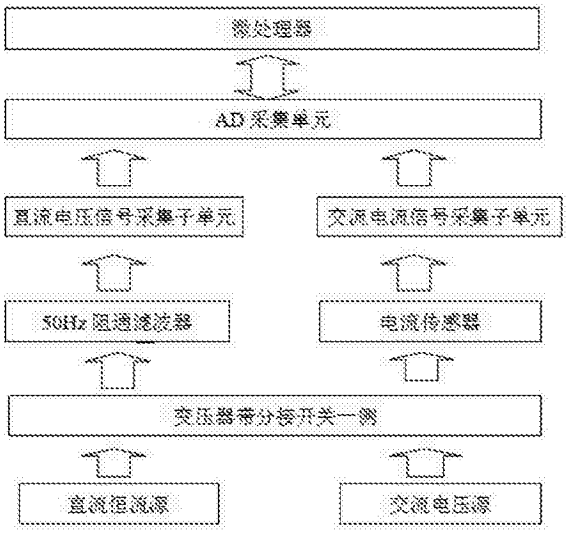
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

变压器有载分接开关特性测试装置及系统

(57)摘要

本发明公开了一种变压器有载分接开关特性测试装置及系统，装置包括交流电压源，用于为变压器有载分接开关提供交流测试信号；直流恒流源，用于为变压器有载分接开关提供直流测试信号；信号采集单元采集所述变压器有载分接开关响应交流测试信号或直流测试信号后输出的响应信号；微处理器接收所述信号采集单元输出的响应信号，对信号响应信号进行分析处理得到变压器有载分接开关的测试数据；或，用于接收外部输入的测试指令开始工作对信号响应信号进行分析处理得到变压器有载分接开关的测试数据并输出上报。本发明使得变压器有载分接开关特性测试简便快捷，测试结果更准确全面。



CN 104483626 B

1.一种变压器有载分接开关特性测试装置，其特征在于，包括：

交流电压源，用于为变压器有载分接开关提供交流测试信号；

直流恒流源，用于为变压器有载分接开关提供直流测试信号；

信号采集单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述交流测试信号和直流测试信号后输出的响应信号并输出；

微处理器，用于接收所述信号采集单元输出的所述响应信号，对所述响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据；或，用于接收外部输入的测试指令开始工作对所述响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据并输出上报；

所述交流电压源和所述直流恒流源是互相完全电气隔离的；所述交流电压源输出为三相三线，其三个输出端分别连接与所述变压器的三相分别连接的高电压电容；所述直流恒流源为三相四线输出，其三个输出端分别连接与所述变压器的三相分别连接的二极管；其中，所述二极管的反向截止电压高于2KV；

所述信号采集单元包括：

直流电压信号采集子单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述直流测试信号后输出的电压信号；

交流电流信号采集子单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述交流测试信号后输出的电流信号；

所述直流电压信号采集子单元包括依次连接的50Hz阻通滤波电路和第一AD采集单元；所述交流电流信号采集子单元包括依次连接的电流传感器和第二AD采集单元；所述第一AD采集单元和第二AD采集单元分别与所述微处理器通信连接；

所述第一AD采集单元和第二AD采集单元均包括依次连接的20dB前置放大器和带通滤波器，所述带通滤波器的输出端分别连接20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器，所述20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器各自连接一个模数转换AD器件，所述20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器各自连接的模数转换AD器件的输出端连接到FPGA模块，所述FPGA模块连接第一CPU。

2.根据权利要求1所述的变压器有载分接开关特性测试装置，其特征在于，还包括显示模块；所述微处理器还用于根据所述变压器有载分接开关的测试数据生成曲线图形；所述显示模块用于将所述曲线图形进行显示。

3.根据权利要求1所述的变压器有载分接开关特性测试装置，其特征在于，所述交流电压源包括第二CPU，所述第二CPU的输出端依次连接SPWM控制器、MOSFET控制器、第一滤波电路、升压变压器、第二滤波电路和AC800V输出端口，所述AC800V输出端口还通过电压传感器电连接所述第二CPU；还包括AC220V输入端口，所述AC220V输入端口依次通过第三滤波电路、整流电路连接到所述MOSFET控制器。

4.根据权利要求2所述的变压器有载分接开关特性测试装置，其特征在于，所述第一CPU的输入端连接RS4422通信接口。

5.一种变压器有载分接开关特性测试系统，其特征在于，包括：

权利要求1-4任一项所述的变压器有载分接开关特性测试装置，用于将所述测试数据输出上报；

上位机，与所述变压器有载分接开关特性测试装置通过通信总线或无线网络连接，用于接收所述变压器有载分接开关特性测试装置输出上报的所述测试数据，将所述测试数据存储和/或显示；或者，用于下发测试指令到所述变压器有载分接开关特性测试装置使其开始工作，所述变压器有载分接开关特性测试装置对所述响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据并输出上报。

变压器有载分接开关特性测试装置及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及变压器有载分接开关测试领域，特别涉及一种变压器有载分接开关特性测试装置及系统。

背景技术

[0002] 目前对变压器有载分接开关特性进行测试的测试方法有：

[0003] 1)直流测试法：直流测试法优点在于能测出变压器有载分接开关过度电阻、过度时间等具体参数且可以根据得到的参数与铭牌数据进行对比，作为测试的重要依据。缺点在于直流源测试过程中易受变压器绕组冲击或直流电压太低无法击穿油膜而导致恒流源短时间内断流等情况出现，从而对变压器有载分接开关切换过程中是否接触不良等现象难以给出准确判断。

[0004] 2)交流测试法：变压器有载分接开关交流测试方法的优点在于交流源和变压器运行条件相近，测试波形数据更能反映变压器有载分接开关在运行中的实际情况，对切换过程中出现接触不良或断线等情况给出准确的判断。缺点在于不能测试出过度电阻、切换时间等铭牌数据。

[0005] 鉴于直流测试法和交流测试法的测试特点，亟需一种能同时进行交流特性和直流特性的变压器有载分接开关特性测试装置，至少部分减少上述两种测试方法的缺点，优化组合，使测试简便快捷，测试结果更准确全面。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术中所存在的上述不足，提供一种测试简便快捷，测试结果更准确全面的变压器有载分接开关特性测试装置及系统。

[0007] 为了实现上述发明目的，本发明采用的技术方案是：一种变压器有载分接开关特性测试装置，包括：

[0008] 交流电压源，用于为变压器有载分接开关提供交流测试信号；

[0009] 直流恒流源，用于为变压器有载分接开关提供直流测试信号；

[0010] 信号采集单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述交流测试信号或直流测试信号后输出的响应信号并输出；

[0011] 微处理器，用于接收所述信号采集单元输出的所述响应信号，对所述信号响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据；或，用于接收外部输入的测试指令开始工作对所述信号响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据并输出上报。

[0012] 优选的，所述交流电压源和所述直流恒流源是互相完全电气隔离的。

[0013] 优选的，所述交流电压源输出为三相三线，其三个输出端分别连接与所述变压器的三相分别连接的高电压电容；所述直流恒流源为三相四线输出，其三个输出端分别连接与所述变压器的三相分别连接的二极管；其中，所述二极管的反向截止电压高于2KV。

[0014] 优选的，所述信号采集单元包括：

[0015] 直流电压信号采集子单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述直流测试信号后输出的电压信号；

[0016] 交流电流信号采集子单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述交流测试信号后输出的电流信号。

[0017] 优选的，所述直流电压信号采集子单元包括依次连接的50Hz阻通滤波电路和第一AD采集单元；所述交流电流信号采集子单元包括依次连接的电流传感器和第二AD采集单元；所述第一AD采集单元和第二AD采集单元分别与所述微处理器通信连接。

[0018] 优选的，所述第一AD采集单元和第二AD采集单元均包括依次连接的20dB前置放大器和带通滤波器，所述带通滤波器的输出端分别连接20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器，所述20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器各自连接一个模数转换AD器件，所述20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器各自连接的模数转换AD器件的输出端连接FPGA模块，所述FPGA模块连接第一CPU。

[0019] 优选的，还包括显示模块；所述微处理器还用于根据所述变压器有载分接开关的测试数据生成曲线图形；所述显示模块用于将所述曲线图形进行显示。

[0020] 优选的，所述交流电压源包括CPU，所述CPU的输出端依次连接SPWM控制器、MOSFET控制器、第一滤波电路、升压变压器、第二滤波电路和AC800V输出端口，所述AC800V输出端口还通过电压传感器电连接所述CPU；还包括AC220V输入端口，所述AC220V输入端口依次通过第三滤波电路、整流电路连接到所述MOSFET控制器。

[0021] 优选的，所述CPU的输入端连接RS4422通信接口。

[0022] 本发明实施例还提供一种变压器有载分接开关特性测试系统，包括权利要求1-9任一项所述的变压器有载分接开关特性测试装置，用于将所述测试数据输出上报；

[0023] 上位机，与所述变压器有载分接开关特性测试装置通过通信总线或无线网络连接，用于接收所述变压器有载分接开关特性测试装置输出上报的所述测试数据，将所述测试数据存储和/或显示；或者，用于下发测试指令到所述变压器有载分接开关特性测试装置使其开始工作，所述变压器有载分接开关特性测试装置对所述信号响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据并输出上报。

[0024] 与现有技术相比，本发明的有益效果：

[0025] 本发明集成优化了变压器有载分接开关特性测试的两种方式，使得测试变得更加简便和快捷，可通过使直流波形和交流波形同步比较，相互参考，给出更为准确的测试结果，优化现有两种测试方法，测试结果更加全面。

附图说明：

[0026] 图1是本发明实施例中的变压器有载分接开关特性测试装置示意图；

[0027] 图2是本发明实施例中交流源和直流源隔离示意图；

[0028] 图3是直流恒流源的原理图；

[0029] 图4是本发明实施例中的直流恒流源的电路图；

[0030] 图5是本发明实施例中的交流电压源的电路图；

[0031] 图6是本发明实施例中的AD采集单元电路图；

[0032] 图7是本发明实施例中的变压器有载分接开关特性测试系统示意图；

[0033] 图8是本发明实施例中的下位机数据采集流程图；

[0034] 图9是本发明实施例中的下位机电压加压控制流程图；

[0035] 图10是本发明实施例中上位机软件结构组件示意图。

具体实施方式

[0036] 下面结合具体实施方式对本发明作进一步的详细描述。但不应将此理解为本发明上述主题的范围仅限于以下的实施例，凡基于本发明内容所实现的技术均属于本发明的范围。

[0037] 如图1所示的变压器有载分接开关特性测试装置，包括：交流电压源，用于为变压器有载分接开关提供交流测试信号；直流恒流源，用于为变压器有载分接开关提供直流测试信号；信号采集单元，用于采集所述变压器有载分接开关响应所述交流测试信号或直流测试信号后输出的响应信号并输出；以及微处理器，用于接收所述信号采集单元输出的所述响应信号，对所述信号响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据；或，用于接收外部输入的测试指令开始工作对所述信号响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据并输出上报。本发明集成优化了变压器有载分接开关特性测试的两种方式，使得测试变得更加简便和快捷，可通过使直流波形和交流波形同步比较，相互参考，给出更为准确的测试结果，优化现有两种测试方法，测试结果更加全面。

[0038] 具体的，所述交流电压源和所述直流恒流源是互相完全电气隔离的。所述交流电压源输出为三相三线，其三个输出端分别连接与所述变压器的三相分别连接的高电压电容；所述直流恒流源为三相四线输出，其三个输出端分别连接与所述变压器的三相分别连接的二极管；其中，所述二极管的反向截止电压高于2KV。

[0039] 在具备测试所需的交流源和直流源后消除相互之间的影响本仪器必须解决的问题，否则影响测试效果。如图2所示，交流源输出方式为三相三线方式，分别通过大容量高电压电容A、B、C然后输出，当A、B、C三相输出到变压器上时也输出到了二极管A、B、C上。这里交流电流回路由AB相举例说明，当A相电压高于B相电压时，电流通过电容A然后到变压器A相同时到二极管A，由于二极管A为单相导通所以不能流向直流源，电流只能通过变压器B相最后通过电容B形成回路。同理当交流源B相电压高于A相电压时，二极管B起到同样的作用，电流只能通过变压器A相和电容A形成回路，交流测试过程中没有因为直流源的引入而增加额外的负载且没有对直流源产生影响。这里首先有两个前提，一是直流源和交流源电气隔离，二是二极管反向截止电压必须高于2KV。直流源为三相四线输出，A、B、C、N，因为电容通交隔直的特性，所以直流恒流源不能对交流源形成回路，从而很好地消除交流源和直流源相互之间的影响。

[0040] 所述直流恒流源的实现原理为：参看图3，由图3可知：

[0041] $$i_O = \frac{u_I}{R_O}$$

[0042] 当取RO为3个1欧的精密电阻并联时，RO＝333欧，UI使用恒压源0.333V可得到1A恒流源。上述公式的推导过程为：

[0043] 此处R1/R2＝R3/R4,实际取一个值1K欧姆。

[0044] $u_{03}＝u_{P2}$

[0045] $$u_{P1}=\frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot u_I+\frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot u_{P2}=0.5u_I+0.5u_{P2}$$

[0046] A1构成同相求和运算电路,因此

[0047] $$u_{O1}=\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)u_{P1}=2u_{P1}$$ 代入上式得

[0048] $u_{01}＝U_{P2}+U_I$,

[0049] RO上的电压

[0050] $u_{R0}＝u_{01}-u_{P2}＝u_I$

[0051] 所以

[0052] $$i_O=\frac{u_I}{R_O}$$

[0053] UI若使用恒压源0.0666V可得到0.2A的恒流源。

[0054] 本发明的恒流源的电流由运放提供,所以要求使用能提供大电流输出的功率运放。而功率运放发热后会影响恒流源的电流值。因此本实施例的恒流源采取用三极管扩流方式使发热器件和运放分离,具体电路图参看图4。

[0055] 所述信号采集单元包括直流电压信号采集子单元,用于采集所述变压器有载分接开关响应所述直流测试信号后输出的电压信号;和交流电流信号采集子单元,用于采集所述变压器有载分接开关响应所述交流测试信号后输出的电流信号。所述直流电压信号采集子单元包括依次连接的50Hz阻通滤波电路和第一AD采集单元;所述交流电流信号采集子单元包括依次连接的电流传感器和第二AD采集单元;所述第一AD采集单元和第二AD采集单元分别与所述微处理器通信连接。

[0056] 具体的,对于变压器有载分接开关来讲,直流测试和交流测试结果得到的参数和意义有所不同,所以对交流和直流信号进行分离。交流信号我们需要得到的是电流变化过程,直接选用穿心式电流传感器对电流信号进行取样就得到了交流信号的数据,直流所需要的是电压数据,所以我们对电压信号分两步处理,把电压数据分成独立的两个部分,一部分进行低通滤波截止频率设置在10Hz左右,得到一路直流信号,另一部分进行高通滤波截止频率设置在500Hz左右从而把50Hz的交流信号滤波(即50Hz阻通滤波),然后通过运放加法电路把两路信号进行相加得到的数据既可以分析变压器有载分接开关的过渡电阻等相关参数,又能体现切换过程时的瞬态变化特征。

[0057] 所述第一AD采集单元和第二AD采集单元均包括依次连接的20dB前置放大器和带通滤波器,所述带通滤波器的输出端分别连接20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器,所述20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器各自连接一个模数转换AD器件,所述20dB放大器、40dB放大器、60dB放大器、80dB放大器和对数放大器各自连接的模数转换AD器件的输出端连接FPGA模块,所述FPGA模块连接第一CPU。

[0058] 具体的,信号采集采用FPGA控制技术,实现两个高速高精度采集通道的数据采集,

每通道最高采样率500Ksps。采用负延时、循环、双buffer采样技术，即采集系统一直处于采集状态中，设计成双循环缓存buffer，保证数据连续。一个电压测量通道，一个电流测量通道，电压测量通道的输入范围为0～1000V，电流通道的输入范围为0～2A。采集通道量化精度为16位。采用独特的自适应量程技术。

[0059] 参看图5，在交流和直流的测试过程中，通常电流信号具有突发性、动态范围大，无法预先设置好恰当的测量量程，本发明对于大动态范围的信号，采用五路并行采集技术，分别对40dB、60dB、80dB，100dB四种线性放大信号及0-100dB对数检波信号进行并行采样。第一CPU通过数据总线控制FPGA模块的方式，让FPGA模块自动采集数据并存入RAM，在第一CPU则对RAM中数据进行定期的读取并可输出到所述微处理器。第一CPU还可以通过LCD显示器显示数据。

[0060] 本发明中信号采集要实现100dB的动态范围，即十万分之一的精度，单纯采用高分辨率的AD器件很难实现，本发明同时对40dB，60dB，80dB，100dB增益通道进行采集，如果被测信号较小(即没有超过高增益通道最大量程)，则将以该通道所采集的信号为有效数据，否则将认为被测信号较大，自动以另一个低增益通道所采集的信号为有效数据。该方式的优点是不需要预先设置量程，适应于在宽动态范围内，对突发性信号的波形进行高精度采集。采用16bit模数转换器AD，采集精度做到13bit，每个量程内的测量精度为1/(2^13)，足以保证每个量程内0.1％以上的测试精度。

[0061] 该装置还包括显示模块；所述微处理器还用于根据所述变压器有载分接开关的测试数据生成曲线图形；所述显示模块用于将所述曲线图形进行显示。可通过使直流波形和交流波形同步比较，相互参考，给出更为准确的测试结果，优化现有两种测试方法，测试结果更加全面。

[0062] 所述交流电压源包括CPU，所述CPU的输出端依次连接SPWM控制器、MOSFET控制器、第一滤波电路、升压变压器、第二滤波电路和AC800V输出端口，所述AC800V输出端口还通过电压传感器电连接所述CPU；还包括AC220V输入端口，所述AC220V输入端口依次通过第三滤波电路、整流电路连接到所述MOSFET控制器。所述CPU的输入端连接RS4422通信接口。

[0063] 具体的，AC220V通过电感电容组成的EMI滤波电路(即第一滤波电路)，消除电网中的高频和尖峰从而对整流电路(如整流桥)达到一定的保护，整流后通过大容量电容产生的直流源为逆变电源提供能量。在一个示例中，该电压源可与外界通信，通过RS422通信接口通信，TTL电平转422电平选用3.3V工作电压的集成电路MAX3488，串口波特率设定为9600bit/S。CPU通过正弦波信号计算公式按照不同角度变化和时间的关系，一个正弦正周期取30K个点来生成PWM脉冲信号，三个相位之间相差120度，全部过程由三个内部定时器中断自行执行。SPWM控制器控制PWM脉冲信号经过隔离芯片之后输入到MOSFET控制器，隔离芯片选用两片数据速率可达10Mbps，隔离边输出可关闭且无效电平为低电平在开机等信号状态不确定的情况下可保证MOSFET处于关闭状态。第二滤波电路：110V输出滤波，采用LC滤波电路，截止频率在1.5KHz左右，电感选用材质为外径40mm的铁硅铝电感量3mH，电容选用1uH/275V交流滤波电容。第三滤波电路：800V输入滤波，采用变压器作为L，外加C的滤波方式对高频信号进行滤波，C选用2uF/1200V CBB电容。所述CPU还连接有过压保护电路、温度保护电路和短路保护电路，分别用于在该交流电压源处于过压、温度过高和短路状态时通知CPU，调整工作状态，保证交流电压源的可靠工作性能。

[0064] 本发明集成优化了变压器有载分接开关特性测试的两种方式，使得测试变得更加简便和快捷，可通过使直流波形和交流波形同步比较，相互参考，给出更为准确的测试结果，优化现有两种测试方法，测试结果更加全面。

[0065] 如图7所示的本发明实施例的变压器有载分接开关特性测试系统，包括上述实施例的变压器有载分接开关特性测试装置，用于将所述测试数据输出上报。还包括上位机(如PC机)，与所述变压器有载分接开关特性测试装置通过通信总线或无线网络连接，用于接收所述变压器有载分接开关特性测试装置输出上报的所述测试数据，将所述测试数据存储和/或显示；或者，用于下发测试指令到所述变压器有载分接开关特性测试装置使其开始工作，所述变压器有载分接开关特性测试装置对所述信号响应信号进行分析处理得到所述变压器有载分接开关的测试数据并输出上报。

[0066] 本实施例中下位机即测试装置(或称测试仪)本身，上位机即PC。整个系统包括测试仪和一台PC(如笔记本电脑)，鉴于仪器本身数据量特别大、便于生成报告、专家系统等的引入PC必不可少。上位机PC和下位机通过网络交付数据。优选方案中，上位机可通过数据库存储历史数据，可让当前测试数据和历史数据进行比较分析，及时发现变压器有载分接开关运行过程中的变化趋势。

[0067] 本实施例中下位机采集功能可以划分为五个模块，这些模块分别定义函数作为接口供其他模块调用，执行相应程序代码功能由所述微处理器运行，整体流程如图8所示。测试参数(如测试电压大小和测试电源频率)可通过用户设定调节，下位机电压加压控制流程如图9所示。上位机结构组件如图10所示。上位机与下位机网络通信，调用直流或交流测试算法控制使下位机进行测试，下位机上报测试数据，上位机处理将所述测试数据处理分析得到变压器有载分接开关特性测试结果信息。

[0068] 本发明测试装置内含高精度交流试验电源：频率范围：45Hz～65Hz，功率：300VA，恒流直流电源：1A独立三通道。为准确测量提供了基础。本发明的测试装置可测量的内容如下：直流测试功能：线圈电阻值、第一过渡电阻值、第一和第二过渡电阻并联电阻值、第二过渡电阻值、三相同期性、第一过渡电阻过渡时间、第一和第二过渡电阻并联过渡时间(桥接时间)、第二过渡电阻过渡时间和整体切换过渡时间。交流测试功能：记录切换过程测试电流波形、判断三相一致性(时间差)、接触是否良好(波形光滑度)、切换时间(波形突变时间)，具体测试这里不再详述，本领域技术人员知晓如何测试。本发明系统可提供专家系统，实现变压器有载分接开关特性的智能诊断，减少变压器事故的发生。

[0069] 上面结合附图对本发明的具体实施方式进行了详细说明，但本发明并不限制于上述实施方式，在不脱离本申请的权利要求的精神和范围情况下，本领域的技术人员可以作出各种修改或改型。

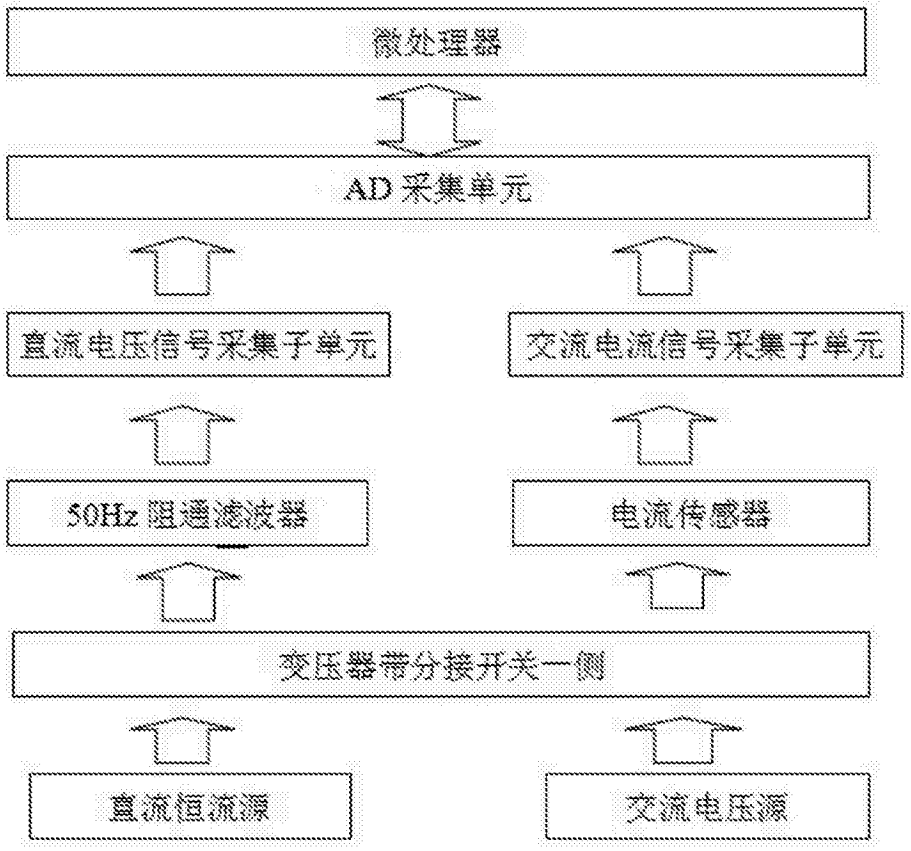

微处理器
AD 采集单元
直流电压信号采集子单元
交流电流信号采集子单元
50Hz 阻通滤波器
电流传感器
变压器带分接开关一侧
直流恒流源
交流电压源

图1

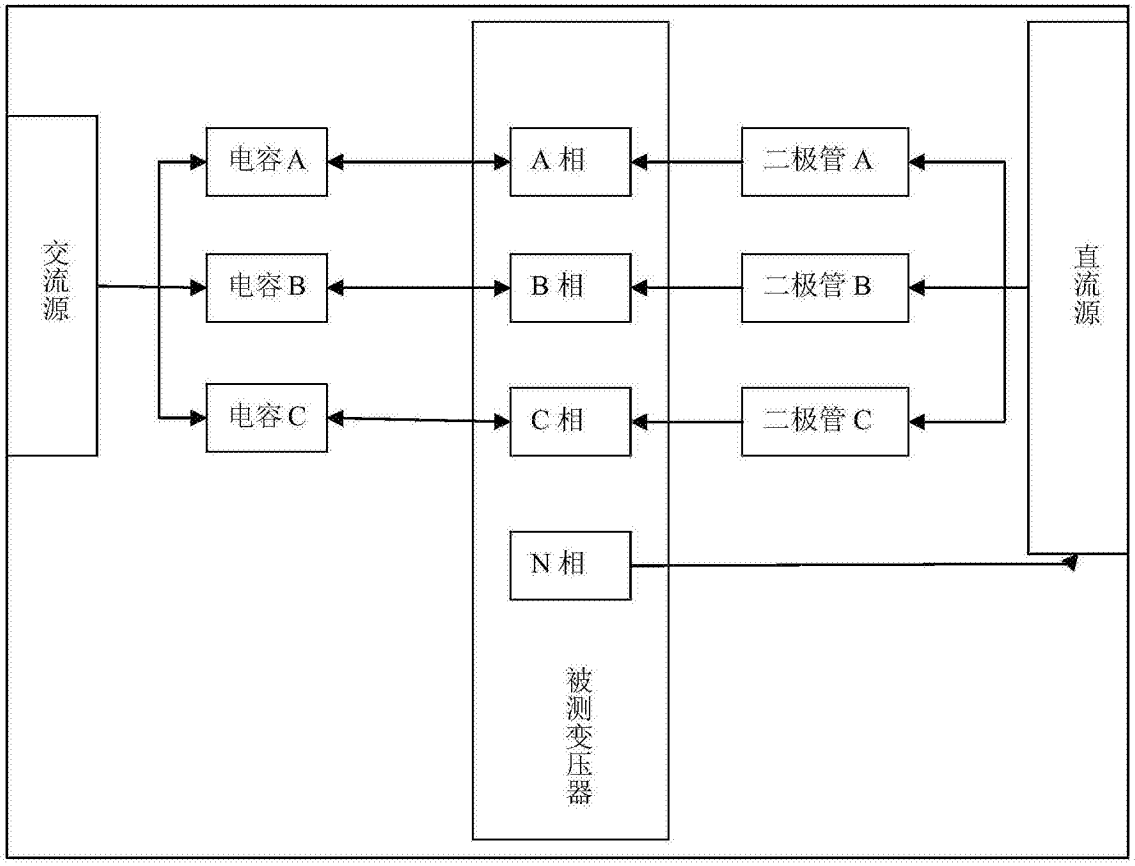


图2

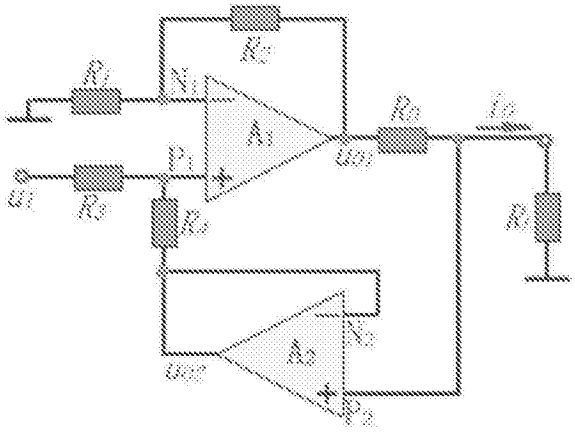


图3

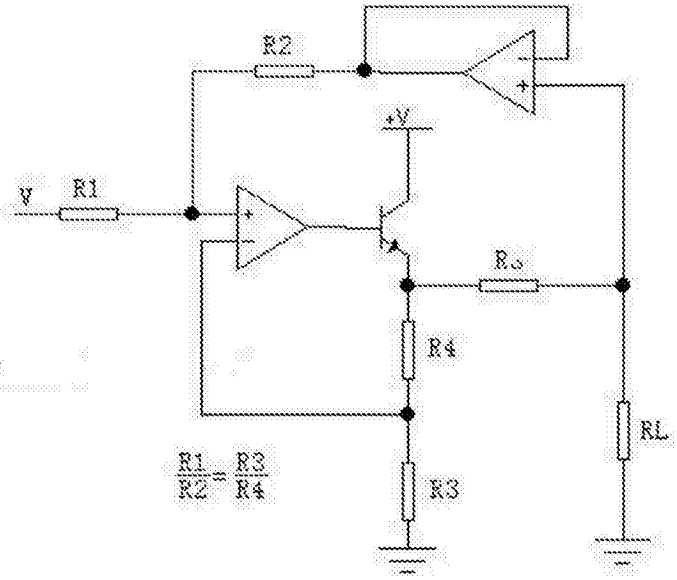

R2
+V
V
R1
R5
R4
RL
R1/R2 = R3/R4
R3

图4

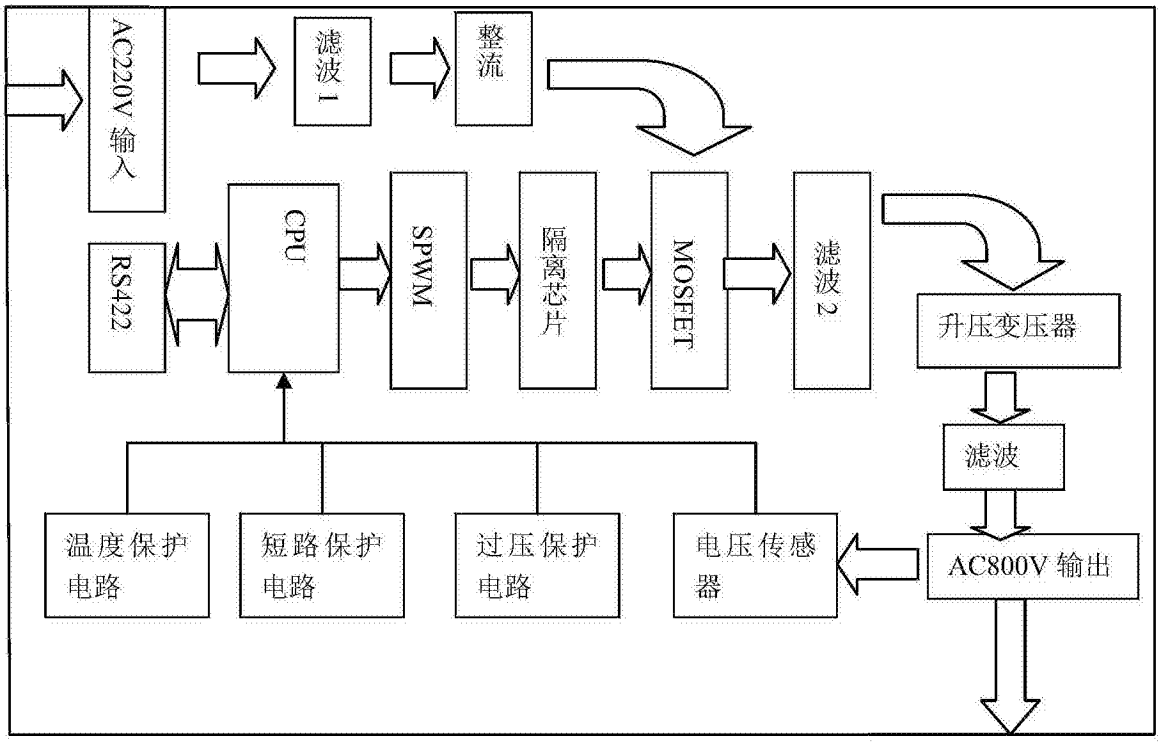

AC220V 输入
滤波 1
整流
CPU
SPWM
隔离芯片
MOSFET
滤波 2
RS422
升压变压器
滤波
温度保护电路
短路保护电路
过压保护电路
电压传感器
AC800V 输出

图5

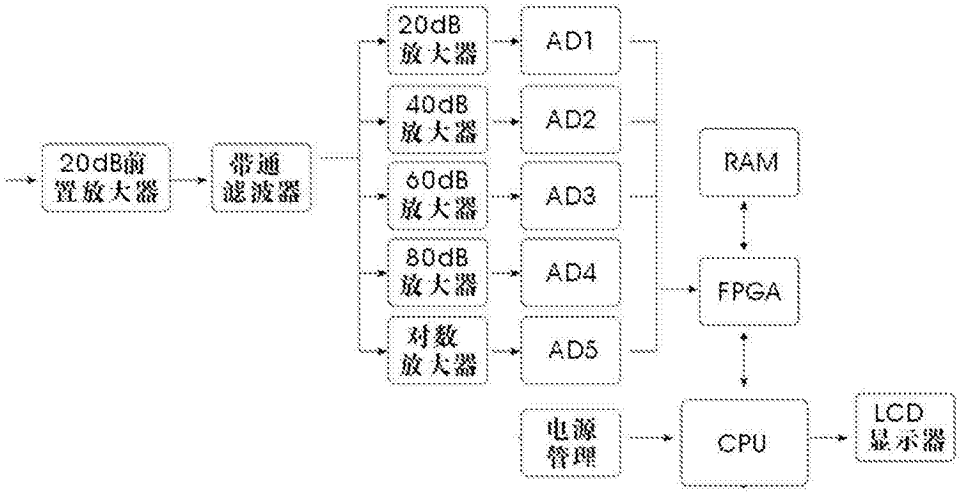

20dB前置放大器
带通滤波器
20dB放大器
40dB放大器
60dB放大器
80dB放大器
对数放大器
AD1
AD2
AD3
AD4
AD5
RAM
FPGA
CPU
LCD显示器
电源管理

图6

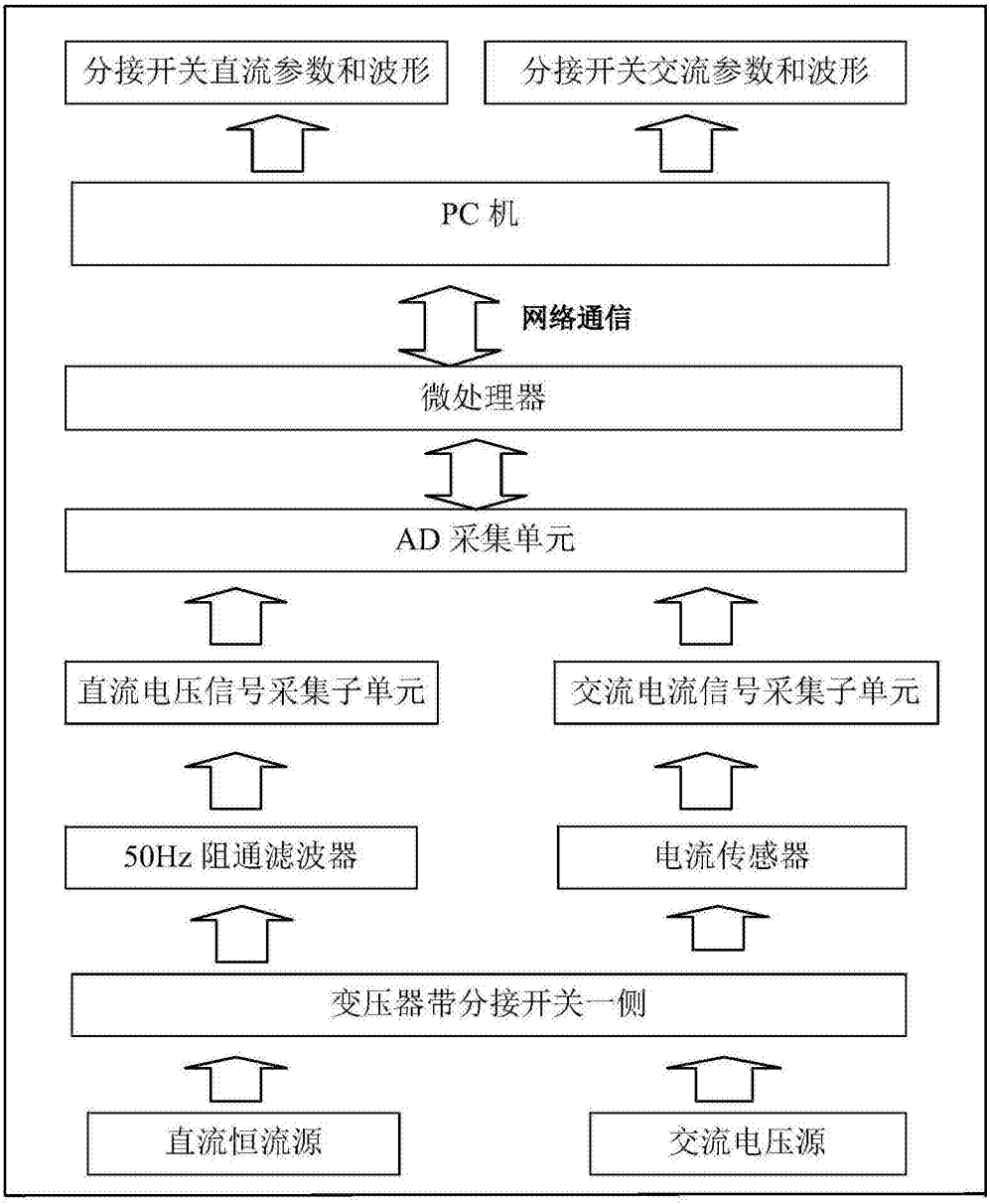

分接开关直流参数和波形
分接开关交流参数和波形
PC 机
网络通信
微处理器
AD 采集单元
直流电压信号采集子单元
交流电流信号采集子单元
50Hz 阻通滤波器
电流传感器
变压器带分接开关一侧
直流恒流源
交流电压源

图7

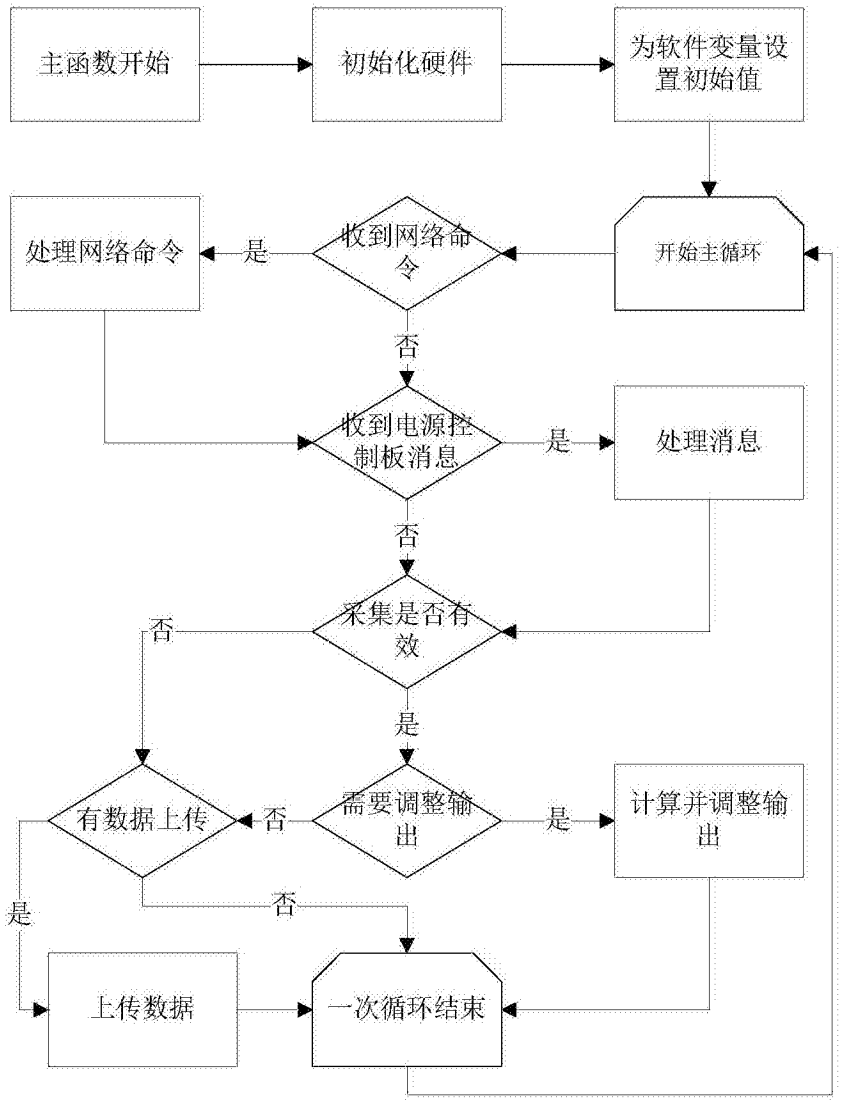

主函数开始
初始化硬件
为软件变量设置初始值
开始主循环
收到网络命令
是
处理网络命令
否
收到电源控制板消息
是
处理消息
否
采集是否有效
否
是
需要调整输出
是
计算并调整输出
否
有数据上传
否
是
上传数据
一次循环结束

图8

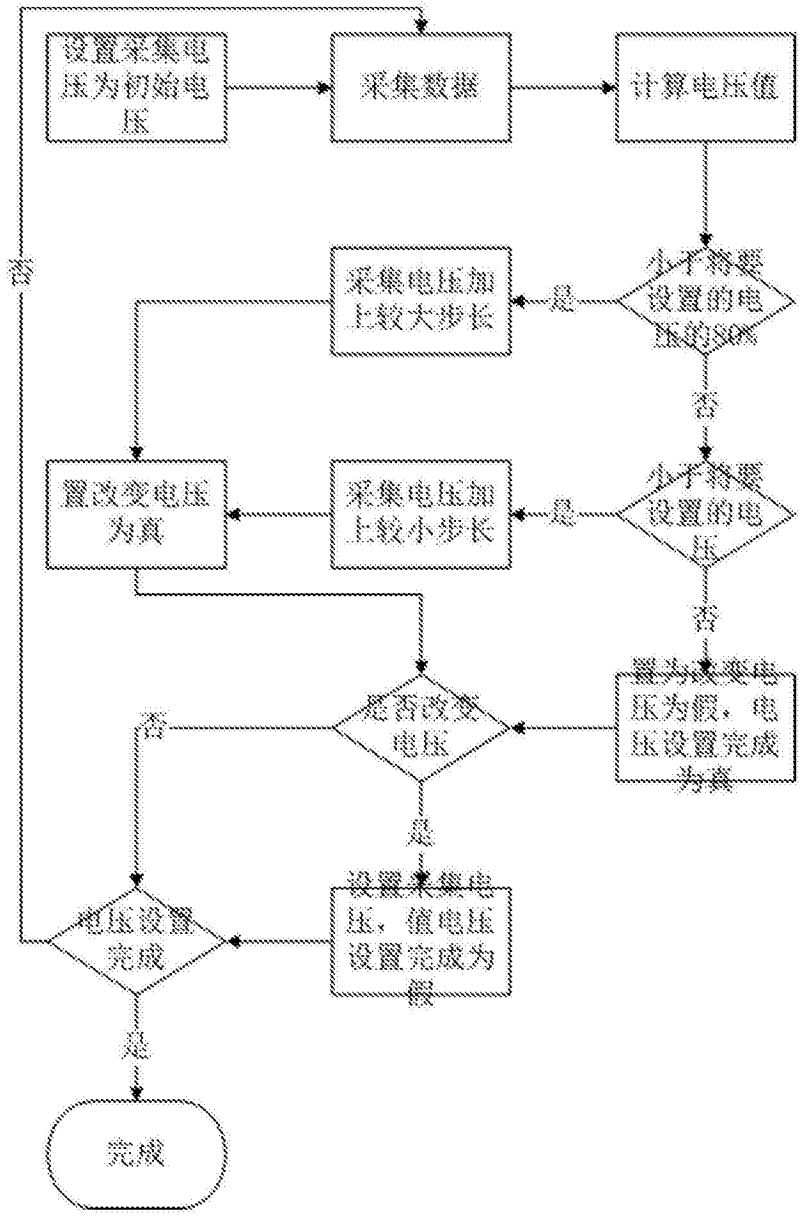

设置采集电压为初始电压
采集数据
计算电压值
小于预设置的电压的50%
是
采集电压加上较大步长
否
小于预设置的电压
是
采集电压加上较小步长
置改变电压为真
否
置为改变电压为假，电压设置完成为真
是否改变电压
否
是
设置采集电压，值电压设置完成为假
电压设置完成
是
否
完成

图9

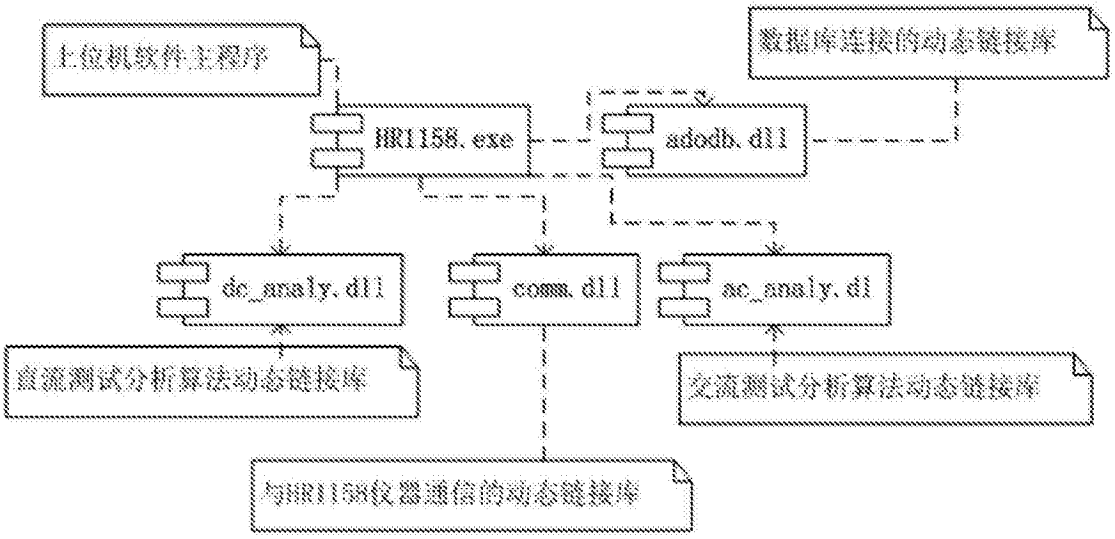

上位机软件主程序
数据库连接的动态链接库
HR1158.exe
adodb.dll
dc_analy.dll
comm.dll
ac_analy.dl
直流测试分析算法动态链接库
交流测试分析算法动态链接库
与HR1158仪器通信的动态链接库

图10