



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101762760 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201010033302. 0

CN 101097653 A, 2008. 01. 02, 全文.

(22) 申请日 2010. 01. 05

CN 101551440 A, 2009. 10. 07, 全文.

US 7545131 B1, 2009. 06. 09, 全文.

(73) 专利权人 河北旭辉电气股份有限公司

地址 050035 河北省石家庄市开发区湘江大道 226 号

审查员 汤莎亮

(72) 发明人 董锁英 张旭辉 李瑞桂 王晓璞
张绍娟

(51) Int. Cl.

G01R 31/00 (2006. 01)

G01R 13/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201269901 Y, 2009. 07. 08, 说明书第 2 页第 2 段 - 第 10 页第 4 段、图 1-9.

CN 1367392 A, 2002. 09. 04, 全文.

JP 特开 2001-183435 A, 2001. 07. 06, 全文.

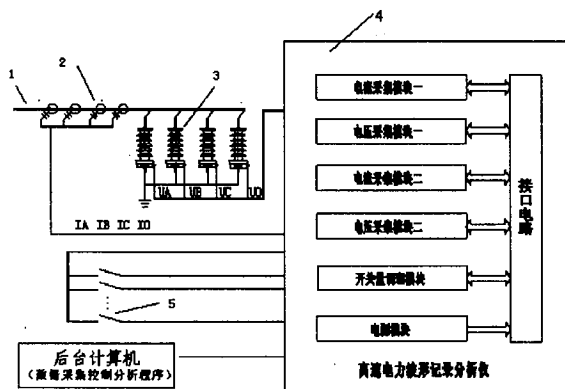
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种高速电力波形记录分析仪

(57) 摘要

本发明公开了一种高速电力波形记录分析仪, 主要由主控制模块、电压采集模块、电流采集模块、开关量监测及采集电路构成, 提供 8 路电流、8 路电压标准输入通道和 16 路开关量信号通道, 对应 16 路模拟通道配 4 组扩展通道以适应不同输入方式的组合, 采用 USB 接口与后台计算机相连。高速电力波形记录分析仪在数据采集控制分析程序的控制下工作, 可采集相同或不同电压等级电网电压、电流波形及开关量状态, 并将过限电压、电流波形及开关量状态自动上传至后台计算机。可广泛应用于电力系统过电压、过电流波形的记录与分析, 同时适用于组合电器、大型变压器等设备的快速瞬态过电压检测, 以及投切开关、电容器等电力设备对电力系统的影响实验。



1. 一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:包括主控制模块、电压采集模块、电流采集模块、开关量调理模块、电源模块以及接口电路,各模块通过接口电路连接;电压采集模块、电流采集模块和开关量调理模块分别实现电压、电流以及开关量信号的采集和存储;主控制模块实现电压采集模块、电流采集模块和开关量调理模块之间的同步管理、触发控制管理、GPS 秒脉冲管理、与后台计算机接口控制;电源模块通过接口电路给其它模块供电;高速电力波形记录分析仪通过 USB 接口与装有数据采集控制分析程序以控制高速电力波形记录分析仪自动或手动采集数据的后台计算机相连;所述主控制模块以单片机和 FPGA 为控制核心,还包括 SDRAM、与 GPS 天线连接的 GPS 模块以及与单片机连接的 USB 接口;单片机和 FPGA 双向互连,单片机和 GPS 模块双向互连,GPS 模块还与 FPGA 连接,FPGA 与 SDRAM 双向互连, FPGA 还连接外触发接口信号。

2. 根据权利要求 1 所述的一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:所述电压采集模块包括输入信号源选择电路、接收分压器信号的标准输入信号调理电路、接收来自扩展接口信号的扩展输入信号调理电路、自动校准电路和数据采集控制电路;数据采集控制电路主要包括模数转换器和连接接口电路的 FPGA1;标准输入信号调理电路、扩展输入信号调理电路分别和输入信号源选择电路连接,输入信号源选择电路、标准输入信号调理电路、扩展输入信号调理电路还分别和 FPGA1 连接,由 FPGA1 控制输入信号源选择电路完成标准输入信号或扩展输入信号的选择和切换;输入信号源选择电路与自动校准电路连接;自动校准电路通过模数转换器与 FPGA1 连接,FPGA1 和自动校准电路之间还连接有数模转换器和基准电压芯片;从 FPGA1 输送到数模转换器的数字信号转换成模拟信号经自动校准电路将输入信号进行幅值调整和直流偏移调整,然后再经模数转换器进行模数转换后送入 FPGA1,最后经接口电路送入主控制模块。

3. 根据权利要求 2 所述的一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:所述扩展输入信号调理电路包括运算放大器 (U3A)、混装矩形连接器 (9W4) 和电阻 R7、R8、R9,运算放大器 (U3A) 的同相输入端与输入扩展接口信号的混装矩形连接器 (9W4) 的同轴连接器接口连接,运算放大器 (U3A) 的同相输入端还连接有接地的电阻 R9;运算放大器 (U3A) 的反相输入端直接与输出端相连组成电压跟随器;运算放大器 (U3A) 输出端连接电阻 R8,电阻 R8 经电阻 R7 接地;混装矩形连接器 (9W4) 的五个普通接口分别输出 +12V、-12V 电源、地和两个控制信号,用于对外部扩展模块提供电源和控制信号。

4. 根据权利要求 1 所述的一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:所述电流采集模块包括输入信号源选择电路、接收电流互感器输出信号的电流电压转换调理电路、接收来自扩展接口信号的扩展输入信号调理电路、自动校准电路和数据采集控制电路;电流电压转换调理电路连接感应电流的设备,将电流信号转换为电压信号;数据采集控制电路主要包括 FPGA2 和模数转换器;电流电压转换调理电路、扩展输入信号调理电路分别和输入信号源选择电路连接,电流电压转换调理电路、扩展输入信号调理电路和输入信号源选择电路还分别和 FPGA2 连接,由 FPGA2 控制输入信号源选择电路完成电流电压转换信号或扩展输入信号的选择和切换;输入信号源选择电路与自动校准电路连接;自动校准电路通过模数转换器与 FPGA2 连接,FPGA2 和自动校准电路之间还连接有数模转换器和基准电压芯片;数模转换器将从 FPGA2 输出的数字信号转换成模拟信号,模拟信号经自动校准电路进行幅值调整和直流偏移调整后,再经模数转换器进行模数转换成数字信号送入 FPGA2,最后

经接口电路送入主控制模块。

5. 根据权利要求 4 所述的一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:所述电流电压转换调理电路主要包括磁传感器芯片 (CT1)、运算放大器 (U6);磁传感器芯片 (CT1) 一输出信号经电阻 R21 送入运算放大器 (U6) 反相输入端,磁传感器芯片 (CT1) 另一输出信号经电阻 R23 送入运算放大器同相输入端,电阻 R23 和运算放大器 (U6) 的同相输入端之间经电阻 R24 接地;在运算放大器 (U6) 的反相输入端和输出端之间连接电阻 R22;运算放大器 (U6) 输出端电阻接有电阻 R25,并经电阻 R26 接地。

6. 根据权利要求 5 所述的一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:所述磁传感器芯片中采用巨磁电阻式电流传感器。

7. 根据权利要求 1 所述的一种高速电力波形记录分析仪,其特征在于:电压采集模块和电流采集模块的信号输入接口采用标准输入和扩展输入相结合的方式。

一种高速电力波形记录分析仪

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力测量高速电力波形记录分析仪,特别涉及一种高速采集电力波形并予以记录和分析的高速电力波形记录分析仪,同时适用于组合电器(GIS)、大型变压器等设备的快速瞬态过电压、过电流检测,以及投切开关、电容器等电力设备对电力系统的影响实验。

背景技术

[0002] 在电力系统中,存在大量的感性和容性设备,当电网的运行状态改变时能量在系统中进行重新分配和交换,从而形成各种内部过电压;同时,由于雷电直接击中或感应到输电线路或设备上,而侵入电力系统中产生大气过电压。过电压的存在给配电网供电可靠性和安全运行造成了巨大的威胁。运行资料显示,电力系统中的过电压、过电流是引发各种事故的首要原因,因而要保证电力系统安全可靠的运行,对系统中出现的过电压、过电流的捕捉和分析显得尤为重要。

[0003] 现有的电力系统过电压监测装置,如专利文献 CN200510057043.4 公开的一种配电网过电压在线监测装置及方法中,包括高压分压器、信号预处理电路、触发电路、数据采集卡、工作电源、工业控制计算机以及连接高压分压器与信号预处理电路、触发电路的同轴电缆、连接信号预处理电路、触发电路与数据采集卡的信号电缆。中国专利文献 CN200610095190.X 公开的一种高压电网内外过电压综合在线监测装置及方法中,包括电压传感器、匹配及保护电路、信号预处理电路、触发电路、数据采集卡、工作电源、工业控制计算机等。这两种装置虽然实现了电力系统内部过电压和外部过电压的监测,但仍存在以下局限:一、功能单一,只能进行过电压信号监测,不能进行过电流波形和开关量状态的监测,从而无法实现对电力系统的综合分析和评价;二、触发方式单一,只有当信号超过设定值才开始触发采集数据,无法应用于信号突变但不超过设定值的情况;三、受采集卡采样率和采样深度的限制,不能采集时间短、变化快、频率高的信号和时间长、变化慢的信号。

发明内容

[0004] 本发明需要解决的技术问题是提供一种高速电力波形记录分析仪。它能够实现多通道、超高速、多种触发方式启动采集数据并予以记录和分析,对内外部过电压、过电流以及其他瞬变电压电流信号和开关量状态变化均能记录。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0006] 一种高速电力波形记录分析仪,包括主控制模块、电压采集模块、电流采集模块、开关量调理模块、电源模块以及接口电路,各模块通过接口电路连接起来。电压采集模块、电流采集模块和开关量调理模块实现电压、电流以及开关量信号的采集和存储,电压采集模块、电流采集模块和开关量调理模块通过接口电路与主控模块相连;主控模块控制电压采集模块、电流采集模块、开关量调理模块,使各采集模块之间实现同步控制、读写控制、开关量输入信号的存储和触发控制、GPS 秒脉冲管理、触发时间管理控制、与后台计算机接口

的控制；开关量调理模块对输入的开关量状态信号进行滤波、分压、隔离等处理后通过接口电路将信号送到主控制模块，完成对开关量输入状态的记录存储；电源模块通过接口电路给其他模块供电；高速电力波形记录分析仪通过 USB 接口与装有数据采集控制分析软件、用于控制高速电力波形记录分析仪自动或手动采集数据的后台计算机相连。电压采集模块、电流采集模块各为两块，主控制模块、开关量调理模块、电源模块各为一块。高速电力波形记录分析仪在数据采集控制分析软件的控制下完成自动或手动采集数据。

[0007] 本发明的主控制模块的结构为：

[0008] 所述主控制模块以单片机和 FPGA（现场可编程门阵列）为控制核心，还包括 SDRAM、与 GPS 天线连接的 GPS 模块、与单片机连接的 USB 接口；单片机和 FPGA 双向互连，单片机和 GPS 模块双向互连，GPS 模块还与 FPGA 连接，FPGA 与 SDRAM 双向互连，FPGA 还连接外触发接口信号。主控制模块实现 GPS 控制管理，开关量的采集、触发控制、存储以及电压电流采集模块的控制总线接口功能。

[0009] 本发明的电压采集模块的结构为：

[0010] 所述电压采集模块包括输入信号源选择电路、接收分压器信号的标准输入信号调理电路、接收来自扩展接口信号的扩展输入信号调理电路、自动校准电路和数据采集控制电路；数据采集控制电路主要包括连接接口电路的 FPGA 和模数转换器 AD；标准输入信号调理电路、扩展输入信号调理电路分别和输入信号源选择电路连接，标准输入信号调理电路对来自标准输入口的电压信号进行阻抗匹配、分压、滤波等处理；扩展输入信号调理电路对来自扩展输入口的电压信号进行阻抗匹配、分压等处理；输入信号源选择电路、标准输入信号调理电路、扩展输入信号调理电路还分别和 FPGA 连接，在 FPGA 的控制下完成标准输入信号或扩展输入信号的选择和切换；输入信号源选择电路与自动校准电路连接；自动校准电路通过模数转换器 AD 与 FPGA 连接，FPGA 和自动校准电路之间还连接有数模转换器 TLV5628 和基准电压芯片，FPFA 与接口电路连接。从 FPGA 输送到数模转换器的数字信号转换成模拟信号经自动校准电路将输入信号进行幅值调整和直流偏移调整，然后再经模数转换器进行 AD 转换后送入 FPGA，最后经接口电路送入主控模块。数据采集控制电路以高性能 FPGA 和 AD 转换器为控制核心，完成与主控制模块的总线接口控制、采集模块之间的同步控制、存储器的读写控制、AD 转换器的控制、校准参数的控制以及校准、DA 转换器控制。

[0011] 本发明的标准输入信号调理电路的进一步具体结构为：

[0012] 所述标准输入信号调理电路包括电阻 R1、R2、R3、R4、R5、R6，电容 C1、C2、C3、C4，瞬态电压抑制器 T1，运算放大器 U1 和 高频信号继电器 U2。连接分压器信号的 BNC 连接器 Q1 分别与电阻 R1、R2 和瞬态电压抑制器 T1 连接，电阻 R1 另一端连接到高频信号继电器 U2 的触点，电阻 R2 另一端与运算放大器 U1 的反相输入端连接，瞬态电压抑制器 T1 另一端接地；高频信号继电器 U2 的触点和地之间接有电容 C1、C2、C3、C4；电容 C1、C2 并联后接在高频信号继电器 U2 的触点和地之间，电容 C3、C4 串联接于高频信号继电器 U2 的触点和地之间，高频继电器在这两种方式下切换；在运算放大器 U1 的反相输入端与输出端之间连接电阻 R3，运算放大器 U1 的同相输入端经电阻 R4 接地；运算放大器 U1 的输出端接电阻 R5，电阻 R5 另一端与电阻 R6 串联后接地，对信号进行分压。

[0013] 本发明的扩展输入信号调理电路的进一步具体结构为：

[0014] 所述扩展输入信号调理电路包括运算放大器 U3A、混装矩形连接器 9W4 和电阻 R7、

R8、R9,运算放大器 U3A 的同相输入端与输入扩展信号的混装矩形连接器 9W4 的同轴连接器接口连接,运算放大器 U3A 的同相输入端还连接有接地的电阻 R9;运算放大器 U3A 的反相输入端直接与输出端相连组成电压跟随器;运算放大器 U3A 输出端连接电阻 R8,电阻 R8 经电阻 R7 接地;混装矩形连接器 9W4 的 5 个普通接口分别输出 +12V、-12V 电源、地和两个控制信号,用于对外部扩展模块提供电源和控制信号。

[0015] 本发明的电流采集模块的结构为:

[0016] 所述电流采集模块包括输入信号源选择电路、接收电流互感器输出信号的电流电压转换调理电路、接收来自扩展接口的扩展输入信号调理电路、自动校准电路和数据采集控制电路;电流电压转换电路连接电流互感器等感应电流的设备,将电流信号转换为电压信号;数据采集控制电路主要包括 FPGA 和模数转换器 AD;电流电压转换调理电路、扩展输入信号调理电路分别和输入信号源选择电路连接,电流电压转换调理电路、扩展输入信号调理电路和输入信号源选择电路还分别和 FPGA 连接,由 FPGA 控制输入信号源选择电路完成标准输入信号或扩展输入信号的选择和切换;输入信号源选择电路与自动校准电路连接;自动校准电路通过模数转换器与 FPGA 连接,FPGA 和自动校准电路之间还连接有数模转换器和基准电压芯片;数模转换器将从 FPGA 输出的数字信号转换成模拟信号,模拟信号经自动校准电路进行幅值调整和直流偏移调整后,再经模数转换器进行模数转换送入 FPGA,最后经接口电路送入主控制模块。

[0017] 本发明的电流电压转换调理电路的进一步具体结构为:

[0018] 所述电流电压转换调理电路主要包括磁传感器芯片 CT1、运算放大器 U6;磁传感器芯片 CT1 的 1 脚接 3V 电源,3、5、6、7、8 脚接地;磁传感器芯片 CT1 一路输出信号(2 脚)经电阻 R21 送入运算放大器 U6 反相输入端,在运算放大器 U6 的反相输入端和输出端之间连接电阻 R22;磁传感器芯片 CT1 另一路输出信号(4 脚)经电阻 R23 送入运算放大器同相输入端,电阻 R23 和运算放大器 U6 的同相输入端之间经电阻 R24 接地;运算放大器 U6 输出端接有电阻 R25,并经电阻 R26 接地。

[0019] 上述电流电压转换调理电路的进一步限定在于:

[0020] 所述磁传感器芯片采用巨磁电阻式电流传感器。通过感知被测电流流过时产生的磁场变化而改变巨磁电阻的阻值,得到与被测电流成一定线性关系的输出电压信号。

[0021] 本发明的自动校准电路的进一步具体结构为:

[0022] 所述自动校准电路主要包括可变增益放大器 AD8337、运算放大器 ADA4851-4,可变增益放大器 AD8337 的同相输入端接输入信号源选择电路的输出端,可变增益放大器 AD8337 的输出端接第三个运算放大器 ADA4851-4 同相输入端,第一个、第二个、第四个运算放大器 ADA4851-4 的输入端分别和基准电压芯片 REF3120 输出端连接,第二个、第四个运算放大器 ADA4851-4 的输入端还分别和电压采集模块的数模转换器的两路输出信号 REF0、REF1 相连;第四个运算放大器 ADA4851-4(U4D)通过对 REF1 和基准电压 VREF 进行变换,作为可变增益放大器 AD8337 的增益控制信号输入可变增益放大器 U5;第二个运算放大器 ADA4851-4(U4B)对数模转换器的一路输出信号 REF0 和基准电压芯片 REF3120 输出的基准电压 VREF 进行变换,作为直流偏移电压信号输入第三个运算放大器 ADA4851-4(U4C)的反相输入端;第三个运算放大器 ADA4851-4(U4C)将直流偏移电压信号与可变增益放大器 AD8337 的输出信号合成,作为同相模拟输入信号 INP1P 输入数模转换器 AD9229;第一个运

算放大器 ADA4851-4 (U4A) 对基准电压芯片 REF3120 输出的基准电压进行变换, 作为反相模拟输入信号 INP1N 输入数模转换器 AD9229。

[0023] 上述电压采集模块和电流采集模块的进一步限定在于:

[0024] 电压采集模块和电流采集模块的信号输入接口采用标准输入 + 扩展输入的方式。电压采集模块和电流采集模块的数模转换器采用 4 通道并行采样数模转换器, 同步采样率达 50Msps, 采集数据的输出采用 LVDS (低压差分信号传输) 技术。

[0025] 由于采用了上述技术方案, 本发明取得的技术进步是:

[0026] 本发明对电力系统异常工况的早期预警和后期分析具有重要的指导意义, 同时适用于组合电器 (GIS)、大型变压器等设备的快速瞬态过电压检测, 以及投切开关、电容器等电力设备对电力系统的影响实验。本高速电力波形记录分析仪可记录相同和不同电压等级母线电压、电流以及开关状态, 判断电网中有无过电压、过电流发生及开关变位, 并可根据用户设定参数记录过电压、过电流发生前后的实际变化过程及开关动作对母线电压的影响。数据采集控制电路以高性能 FPGA 和 AD 转换器为控制核心, 完成与主控制模块的总线接口控制、采集模块之间的同步控制、存储器的读写控制、AD 转换器的控制、存储校准参数的控制以及校准 DA 转换器控制。

[0027] 本高速电力波形记录分析仪提供 8 路电流标准输入通道、8 路电压标准输入通道和 16 路开关量信号通道, 对应 16 路模拟通道配 4 组扩展通道以适应不同输入方式组合。高速电力波形记录分析仪具有自动校准功能, 由自动校准电路的可变增益放大器 and 高速 4 运放结合 DA 转换器, 实现幅值精密调整和直流偏移自动调整, 在后台计算机软件控制下可方便实现。高速电力波形记录分析仪数据采样率 0.5Msps ~ 50Msps 可调, 既适用于记录短时、高频、变化快的雷击等外部过电压又适于记录时间长、频率低、变化慢的内部过电压、过电流以及其他电流电压或开关量的瞬变过程。

[0028] 电流采集采用巨磁电阻传感器, 频带宽且取样电路与后端电路完全隔离, 安全可靠。通过被测电流产生的磁场改变巨磁电阻的阻值, 得到与被测电流成一定线性关系的输出电压信号。

[0029] 信号输入接口采用标准输入 + 扩展输入的方式。扩展输入配不同的外部转换模块不但可以实现不同的电压电流通道数量组合, 还可以适应不同的电压电流信号幅度。输入信号源选择电路用于选择切换输入信号来自标准输入还是扩展输入; 标准输入信号调理电路对来自标准输入口的电压信号进行阻抗匹配、分压、滤波等处理; 扩展输入信号调理电路对来自扩展输入口的电压信号进行阻抗匹配、分压等处理。

附图说明

[0030] 图 1 是本发明的高速电力波形记录分析仪的组成部分及与电网和计算机连接的框图;

[0031] 其中, 1、高压母线, 2、电流互感器, 3、高压分压器, 4、高速电力波形记录分析仪, 5、开关。

[0032] 图 2 是本发明的主控制模块框图;

[0033] 图 3 是本发明的电压采集模块框图;

[0034] 图 4 是本发明的标准输入信号调理电路;

- [0035] 图 5 是本发明的扩展输入信号调理电路；
[0036] 图 6 是本发明的自动校准电路；
[0037] 图 7 是本发明的电流采集模块框图；
[0038] 图 8 是本发明的电流电压转换调理电路；
[0039] 图 9 是本发明的软件组织结构图。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图对本发明作进一步详细的描述。

[0041] 参照图 1 和图 9, 图 9 是本发明的控制软件流程结构图, 图中表明了本发明各部分控制软件之间的流程关系。高压分压器 3 接在高压母线 1 上, 高压母线的高压信号经高压分压器或电压互感器等设备分压后输入高速电力波形记录分析仪 4; 电流互感器 2 接在高压母线 1 上, 其输出端接高速电力波形记录分析仪 4; 高速电力波形记录分析仪 4 通过 USB 接口和后台计算机相连, 计算机内安装了数据采集控制分析程序。高速电力波形记录分析仪 4 包括电源模块、主控制模块、开关量调理模块、以及两个电压采集模块和两个电流采集模块, 上述各模块通过接口电路连接。数据采集控制分析程序主要实现高速电力波形记录分析仪数据采集控制、人机交互、参数管理及采集波形显示等功能, 可对高速电力波形记录分析仪采集的电压、电流数据和开关量数据进行单独分析以及综合分析。USB 固件程序主要实现高速电力波形记录分析仪通过 USB 接口与后台计算机通信、高速电力波形记录分析仪各部分间的协调控制、以及 GPS 接口控制管理等功能。

[0042] 主控制模块的原理及连接方式如图 2 所示。主控制模块以单片机 CY7C68013A 和 FPGA (现场可编程门阵列模块, 型号为 EP2C5Q208) 为控制核心, 辅助 USB 接口、指示灯、外触发接口、SDRAM 等其它外围电路及 GPS 模块, 完成与后台计算机的 USB 接口功能、GPS 控制管理、开关量的采集、触发控制、存储以及电压电流采集模块的控制总线接口功能。USB 接口、指示灯、GPS 模块与单片机相连, 由单片机实现高速电力波形记录分析仪的 USB 接口与后台计算机的 USB 接口控制管理、处理 GPS 模块的串口信号, 以及对高速电力波形记录分析仪指示灯的控制。GPS 模块、单片机、外触发接口、SDRAM 均与 FPGA 连接, 由主控制 FPGA 程序实现时钟分频、看门狗、与单片机的总线接口控制、与电压电流采集模块之间的同步控制、SDRAM 读写控制、开关量触发控制和数据存储、GPS 模块秒脉冲管理等。单片机和 FPGA 还分别与接口电路相连。电流、电压采集模块中的 FPGA 程序主要完成触发控制、AD 转换器 LVDS 接口控制、校准 DA 转换器的控制、SDRAM 的读写控制等任务。

[0043] 上述的电压采集模块框图如图 3 所示。分压器信号和来自扩展接口的信号分别通过标准输入信号调理电路和扩展输入信号调理电路后进入输入信号源选择电路, FPGA 控制输入信号源选择电路进行输入源选择; 被选择的模拟输入信号经自动校准电路, 通过模数转换器 AD9229 转换为数字信号后送入 FPGA, 然后经接口电路送入主控模块。数模转换器 TLV5628 配合自动校准电路并在软件控制下实现自动校准功能。TLV5628 将 FPGA 送出的数字信号转换成模拟信号, 传递给自动校准电路, 通过与基准电压芯片 REF3120 输出的基准电压进行比较, 实现对被选择的输入信号的幅值调整和直流偏移调整, 然后再经模数转换器 AD9299 进行转换后送入 FPGA, 最后经接口电路总线送入主控模块。

[0044] 上述的标准输入信号调理电路如图 4 所示。标准输入信号调理电路包括电阻 R1、

R2、R3、R4、R5、R6, 电容 C1、C2、C3、C4, 瞬态电压抑制器 T1, 运算放大器 U1 和 高频信号继电器 U2。连接分压器信号的 BNC 连接器 Q1 分别与电阻 R1、R2 和瞬态电压抑制器 T1 连接, 电阻 R1 另一端连接高频信号继电器 U2 的触点, 电阻 R2 另一端与运算放大器 U1 的反相输入端连接, 瞬态电压抑制器 T1 另一端接地; 电容 C1、C2 并联后接在高频信号继电器 U2 的触点和地之间, 电容 C3、C4 串联接于高频信号继电器 U2 的触点和地之间, 高频继电器在这两种方式下切换, 完成 10kV/35kV 系统信号匹配。在运算放大器 U1 的反相输入端与输出端之间连接电阻 R3, 运算放大器 U1 的同相输入端经电阻 R4 接地; 运算放大器 U1 的输出端连接有电阻 R5, 电阻 R5 与电阻 R6 串联后接地, 对信号进行分压。经标准输入电压信号调理电路调整后的信号送入输入信号源选择电路。

[0045] 上述的扩展输入信号调理电路如图 5 所示。扩展信号通过 9W4 混装矩形连接器的同轴连接器接口输入到运算放大器 U3A 的同相输入端, 在运算放大器 U3A 的同相输入端与 9W4 混装矩形连接器之间连接有接地电阻 R9; 运算放大器的反相输入端直接与输出端相连组成电压跟随器; 运算放大器输出端连接电阻 R8, 并经电阻 R7 接地, 以对运算放大器的输出信号进行分压。运算放大器的输出信号送入输入信号源选择电路。9W4 混装矩形连接器的 5 个普通接口分别输出 +12V、-12V 电源、地和两个控制信号, 用于对外部扩展模块提供电源和控制信号。

[0046] 上述的自动校准电路如图 6 所示。自动校准电路包括可变增益放大器 U5 (其型号为 AD8337), 四个运算放大器 U4A ~ U4D, 排阻 RN1、RN2、RN3、RN4, 电阻 R12、R13、R14、R15、R16、R17、R18、R19、R20, 电容 C5、C6、C7、C8、C9、C10、C11。运算放大器的型号为 ADA4851-4。VINA 是经输入信号源选择电路选择后的信号, VREF 是由基准电压芯片 REF3120 输出的 2.048V 高精度基准电压, REF0、REF1 为数模转换器 TLV5628 (8 通道 DA 转换器) 的两路输出信号; 运算放大器 U4D 通过对 REF1 和基准电压 VREF 进行变换, 作为可变增益放大器 AD8337 的增益控制信号输入可变增益放大器的增益控制引脚, 运算放大器 U4D 与可变增益放大器 AD8337 的增益控制引脚之间还连接有电阻 R15 和接地的电容 C11, 在运算放大器 U4D 的输出端与反相输入端之间通过排阻 RN2 连接基准电压芯片并通过并联的电容 C5、C6 接地, 运算放大器 U4D 同相输入端通过排阻 RN1 接 REF1 并接地。运算放大器 U4B 的同相输入端接地, 反相输入端接电阻 R12 及 VREF, 并通过电阻 R13 与 REF0 连接, 同时在运算放大器 U4B 反相输入端与输出端之间连接有电容 C7 和电阻 R14; 运算放大器 U4B 输出端和可变增益放大器 AD8337 的输出端通过排阻 RN4 接运算放大器 U4C; 运算放大器 U4C 输出端与反相输入端连接后通过电阻 RN20 和电容 C8 形成模数转换器 AD9229 的同相输入信号 INP1P; 运算放大器 U4A 的输出端与反相输入端连接后通过电阻 RN19 和电容 C8 形成模数转换器 AD9229 的反相输入信号 INP1N; 电容 C9、C10 接地, 对信号 INP1N 和 INP1P 进行滤波。

[0047] 上述的电流采集模块框图如图 7 所示。电流采集模块包括输入信号源选择电路、接收电流互感器输出信号的电流电压转换调理电路、接收来自扩展接口的扩展输入信号调理电路、自动校准电路和数据采集控制电路; 电流电压转换电路连接电流互感器等设备, 将电流信号转换为电压信号; 数据采集控制电路主要包括 FPGA 和模数转换器 AD; 电流电压转换调理电路、扩展输入信号调理电路分别和输入信号源选择电路连接, 电流电压转换调理电路、扩展输入信号调理电路和输入信号源选择电路还分别和 FPGA 连接, FPGA 控制输入信号源选择电路进行输入源选择与切换。输入信号源选择电路与自动校准电路连接; 自动校

准电路通过模数转换器与 FPGA 连接, FPGA 和自动校准电路之间还连接有数模转换器和基准电压芯片。数模转换器 TLV5628 配合自动校准电路并在软件控制下实现自动校准功能。TLV5628 将 FPGA 送出的数字信号转换成模拟信号, 传递给自动校准电路, 通过与基准电压芯片 REF3120 输出的基准电压进行比较, 实现对被选择的输入信号的幅值调整和直流偏移调整, 然后再经模数转换器 AD9299 转换为数字信号后送入 FPGA, 最后经接口电路总线送入主控模块。

[0048] 上述的电流电压转换调理电路如图 8 所示。主要包括磁传感器芯片 CT1 和运算放大器 U6。磁传感器芯片 CT1 的 1 脚接 3V 电源, 3、5、6、7、8 脚接地; 磁传感器芯片 CT1 的 2 脚输出信号经电阻 R21 送入运算放大器 U6 反相输入端, 运算放大器的反相输入端和输出端之间连接电阻 R22; 磁传感器芯片 CT1 的 4 脚输出信号经电阻 R23 送入运算放大器 U6 的同相输入端, 运算放大器 U6 的同相输入端还接有接地的电阻 R24; 运算放大器 U6 的输出端连接电阻 R25, 并经 R26 接地, 对电压信号进行分压。电流互感器信号从连接器 Q1A 流入, Q1B 流出时产生磁场, 磁场的大小和方向随电流大小和方向的改变而改变, 从而改变磁传感器芯片 CT1 中巨磁电阻的阻值, 进一步改变磁传感器芯片 CT1 的输出, 得到与被测电流成一定线性关系的输出电压信号, 经运算放大器 U6 调整为单端输出信号。

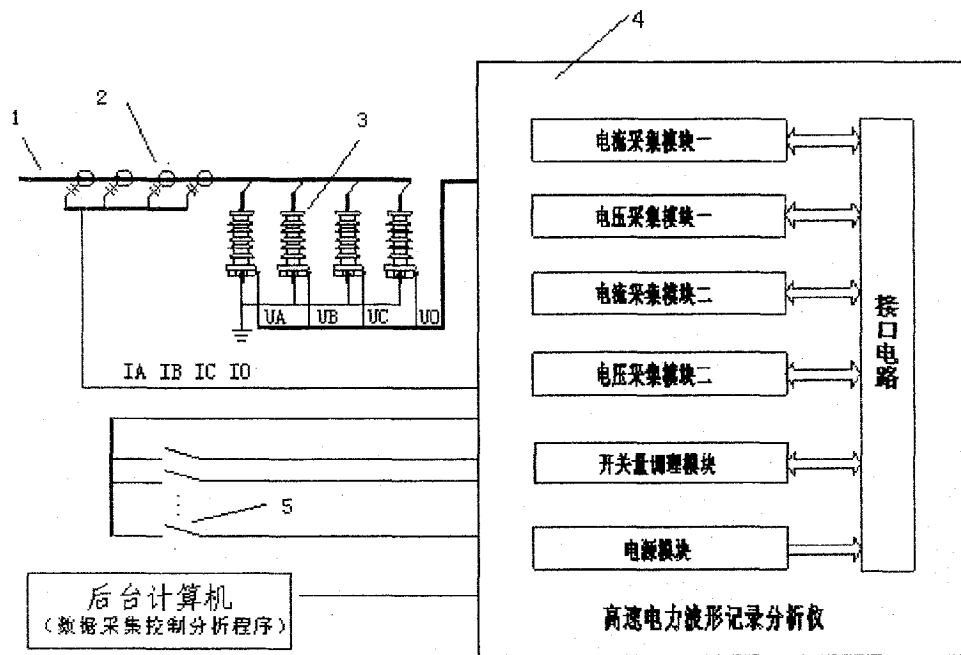


图 1

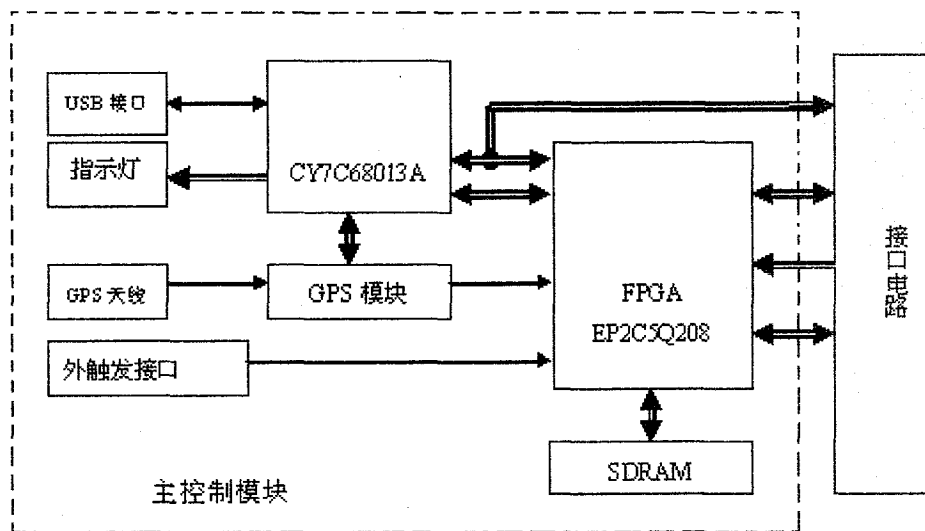


图 2

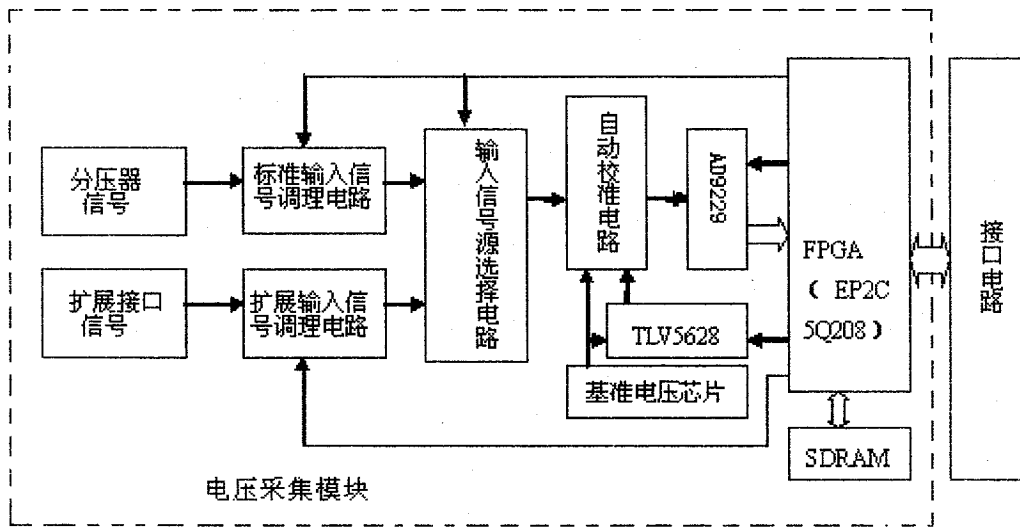


图 3

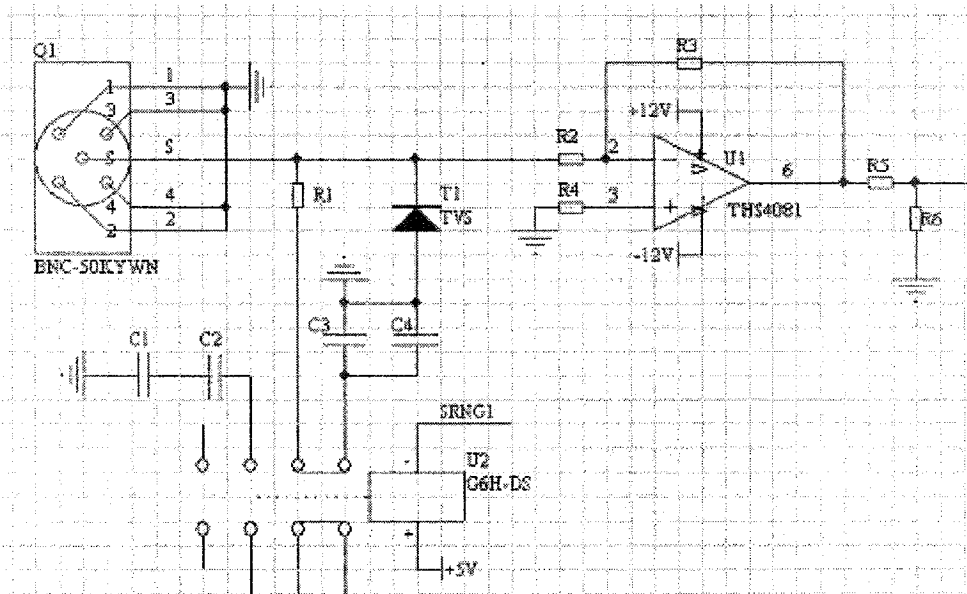


图 4

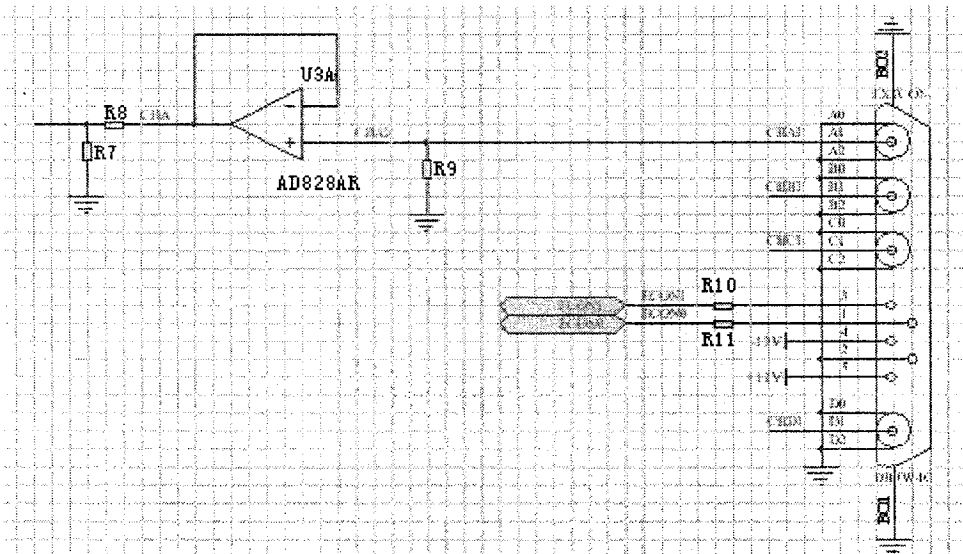


图 5

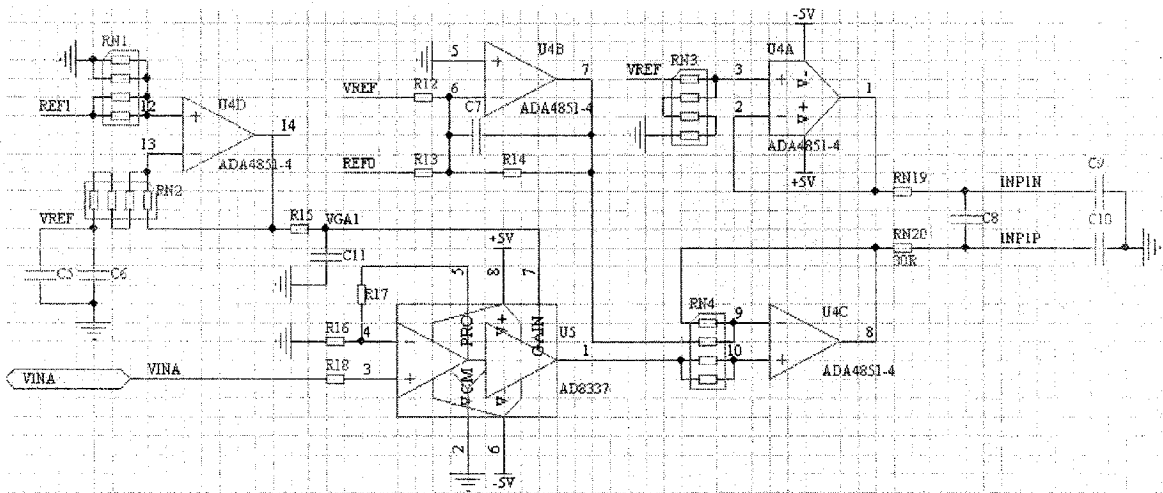


图 6

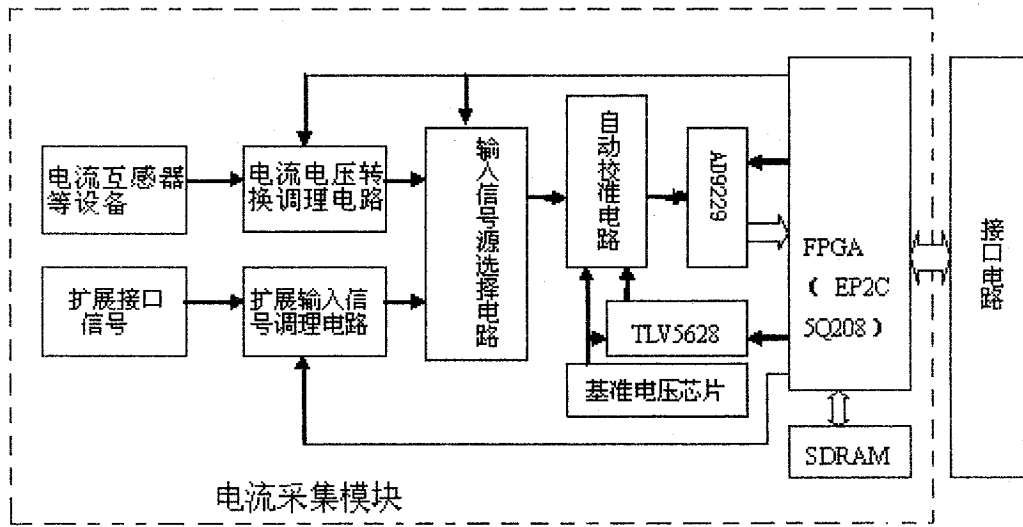


图 7

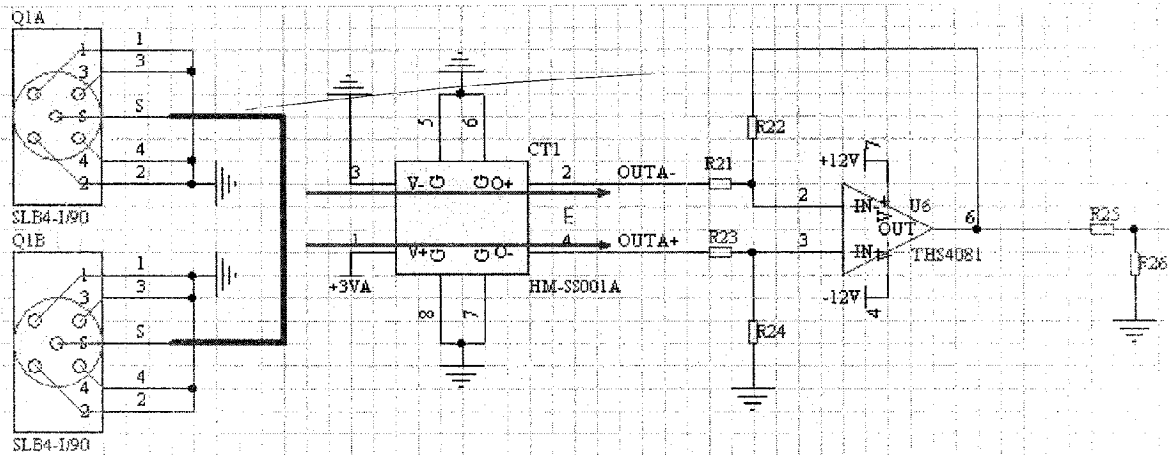


图 8

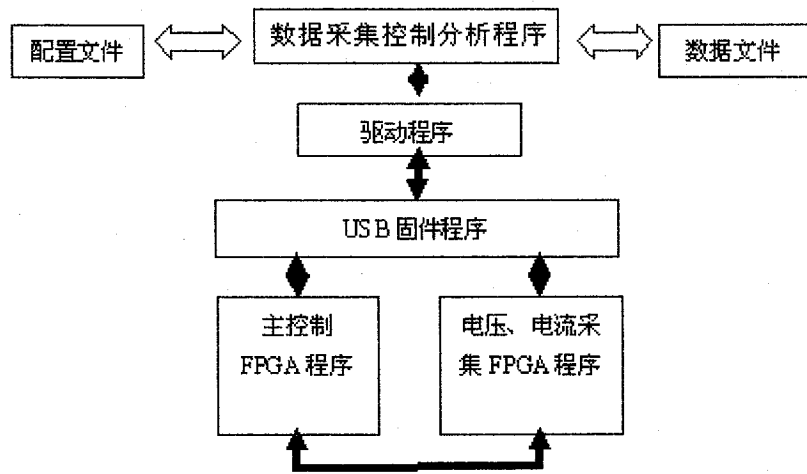


图 9