

单相电压监测仪校验装置的设计

刘德辉,朱杰斌,廖高华

(南昌工程学院,江西 南昌 330099)

摘要: 电压监测仪的校验工作量大、效率和精度低,为保证电压监测仪性能指标,研制了一种对单相电压监测统计仪进行精度、灵敏度、谐波、时间试验的校验装置。装置以高速单片机为核心,利用丰富的 PC机资源、融合 FPGA (Field Programmable Gates Array)技术、点阵图形液晶等技术,实现监测仪误差校验过程的自动控制、微机数据管理、程控操作、故障保护。实验结果表明装置综合误差为 0.1级,输出电压失真度小于 0.5%,系统运行准确、数据传输可靠、操作方便及功能完善。

关键词: 电压监测; 单片机; 校验装置; 谐波; FPGA

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)23-0062-04

0 引言

电网的可靠、经济运行,电压质量是一个重要的方面。在电力系统中,电压参数的测量是非常必要的,在电厂、变电站的输出馈线上都装有电压监测仪,对电压参数及谐波成分进行监视、统计^[1]。因此,电压监测仪的可靠性和准确性对保证供电安全生产、电能计量、电参量值传递的准确,发挥着重要的作用。电压监测仪校验装置是标定和校验电压监测仪表的必不可少的设备,专门用于提供电压、时钟标准,以便对单相电压监测仪进行电压、时钟校验,同时具有模拟现场电压输出信号的一套装置。传统的校验台,需要人工改变负荷、记录调整后的误差值,效率低、自动化程度低而且人为因素占有很大的成份,且电压监测仪的校验一般采用表、源分离的形式,并且不是专门对电压监测仪校验而设计,很多功能实验不能方便地进行,存在校验精度低、效率低等缺点。以单片机为核心,利用丰富的 PC机资源,研制了一种单相多功能电压监测仪校验装置。校验装置根据国家有关标准和规程要求而设计,结构上采用表、源一体化的形式,功能上提供了电压校准、时钟校准、综合试验、精度试验、灵敏度试验、谐波试验等功能,使电压监测仪的校验更加全面,克服了电工式校验时的缺点,实现了电压监测仪高精度的校验。

1 校验装置结构

系统装置以 Winbond公司的单片机 W77E58为控制核心,由信号检测转换电路、谐波的程控信号发生器、OCL互补推挽功率放大器、电压量程控制电路、标准时间测量电路、人机界面接口电路、故障监测保护电路、通信电路以及微机控制系统等组成。系统结构图如图 1所示。

装置可作为电压标准表和表源合一使用,当作为标准表用时,先选好电压表量程,然后将外部被测电压从输入端子接入,进行测量;作为表、源合一使用时,被测表的电压输入端子与装置输出端子连接,进行测量、试验,可实现电压校准、时钟校准、综合试验、精度试验、灵敏度试验、谐波试验等功能。装置通过采集前端外部电压或电压表信号,并将采样的数字信号存入缓存中,其中起始信号控制采样的起始位置,采样结束信号控制采样的长度,当转换结束后,信号经过量化后读取缓存中的数据,进行数字信号处理和 LCD结果显示;通过 RS232接口与上位机通讯,实现曲线显示、数据存储、打印输出等进一步处理。

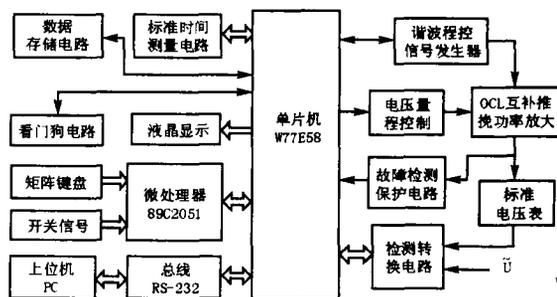


图 1 系统结构图

Fig 1 System's structure

基金项目: 江西省科技厅 2002年工业重点科技计划指导性课题 (200210200221)

2 硬件电路设计

2.1 检测转换电路

电路主要实现电压信号的取样与处理,电压信号的取样有 V/F方式和 A/D 数字采样方式。A/D 数字采样方式速率快、性价比高、稳定性好、适用性强,因此采用这种方式对电压信号的取样。被测电

压由取样变压器降压得到与交流输入电压周期、幅值成一定比例的正弦波 U_2 。通过桥式整流、滤波电路、分压电路得到所需的直流电压,高精度 24 位 A/D 对直流模拟输入信号进行采集,转换成相应的数据,再经 SPI 串行总线送入微处理器 W77E58 进行数据标定及相关处理。电路如图 2 所示。

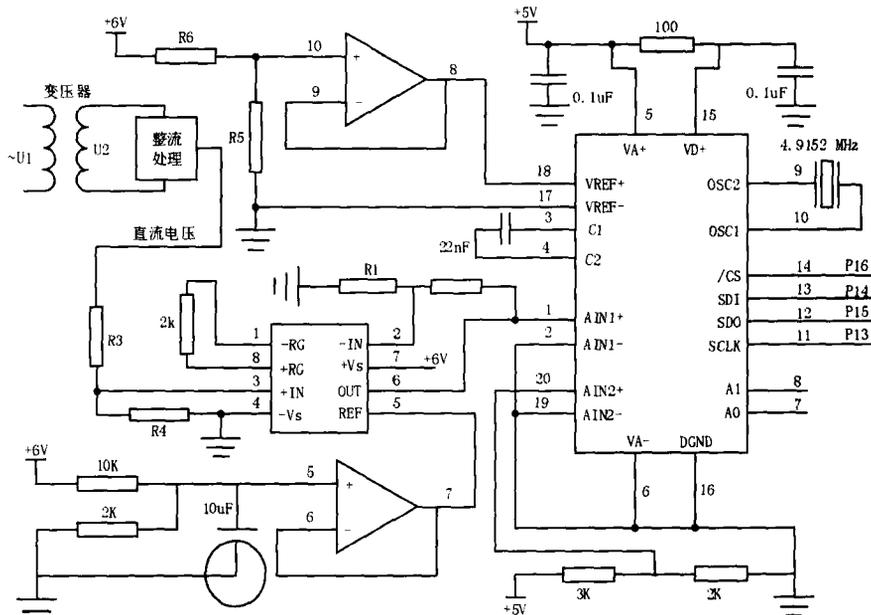


图 2 传感采样电路

Fig 2 Sensor-navigation circuit

2.2 谐波信号发生电路

谐波程控信号发生器采用硬件与软件相结合的方式,其电路如图 3 所示。波形合成由 DA () 实现,DA () 的数据由 RAM 经缓冲器提供,由 DA () 实现控制 DA () 的参考值幅度。谐波程控信号发生器通常是处在波形发生器方式,即数据选择器接通合成计数器,为 RAM 提供地址,在控制信号作用下,RAM 数据经 DA () 转换,合成波形输出。当要改变谐波含量及次数时,控制信号使 DA () 停止输出,数据选择器接通双向数据缓冲器,通过单片机进行计算,将基波和谐波的叠加量送入 RAM,然后,数据选择器又重新接通合成计数器,波形发生器回到正常的输出工作状态^[2],谐波信号发生原理如图 3 所示。

装置在输出基波的基础上叠加 2~11 次谐波,以满足电压监测仪在谐波含量下的精度测量要求。谐波叠加函数表达式如下:

$$f(t) = U_1 \sin t + \sum_{n=2}^{11} U_n \sin (n t + \varphi_n)$$

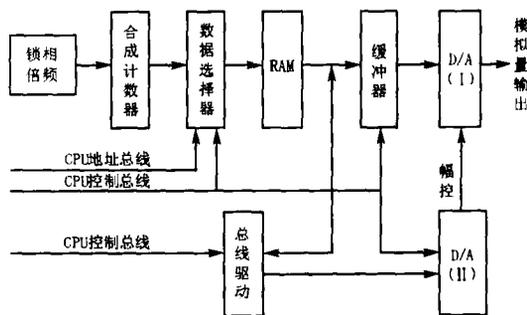


图 3 谐波信号发生原理图

Fig 3 Schematic diagram of harmonic signal generator

其中: $U_1 \sin t$ 为基波表达式; $U_n \sin (n t + \varphi_n)$ 为 n 次谐波表达式。

在固化的 RAM 中存有基波 3 600 点的量化值,各次谐波的量化值采用抽取方法实现,在每一量化点上按各次谐波的幅值、相位叠加,形成 3 600 点含有谐波的量化值。由于设计的功率放大电路是按工频电参数设计的,对谐波特别是高次谐波具有较大阻抗,因此,需要通过软件补偿,解决了因谐波输出受阻而削弱幅度的问题,而根据各次谐波的衰减幅

度,将量化值乘以一个系数,并与基波量化值相加后,再合成输出,从而保证各次谐波经功放输出后,幅值正确。

2.3 人机界面模块

在单相电压监测仪校验中,需要实现现场进行各种功能的显示。装置采用大屏点阵图形液晶显示模块 AG320240来实现。为了方便 MCU 操作,控制器中使用了 512 K字节的存储器 29F040,用来存储系统需要的 16 ×16点阵汉字字库、界面显示背景图

等。由于该液晶显示器内置了 SED1335控制器,所以对液晶显示器的控制实际上变为对 SED1335 控制器进行接口通信的过程,简化了系统对液晶显示的控制。系统中设有 12个功能键,内部预留 4个按键。通过键盘可实现人机对话,向装置系统输入试验相关参数和控制命令。键盘采用 4 ×4矩阵形式排列,按键设置在行列式交点上。因为系统功能键较多,采用矩阵结构可以节省很多个 I/O 口线。显示模块电路如图 4所示。

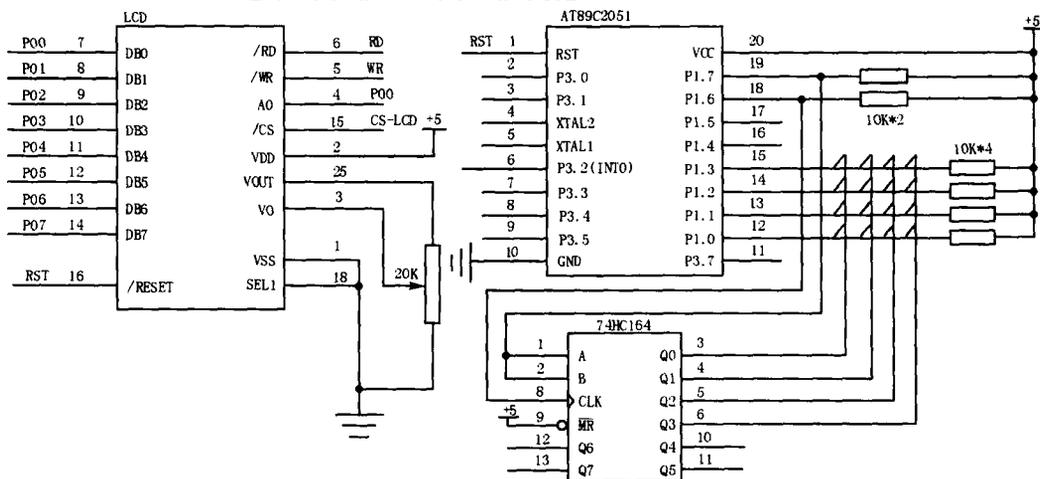


图 4 液晶接口电路图

Fig 4 LCD display interface circuit

2.4 看门狗电路

由于工业现场的外部环境比较恶劣,所以抗干扰问题就成为计算机控制技术中必须要考虑和解决的问题。由于多数情况下干扰会造成程序指针 PC 值发生变化,使程序跑飞,有可能会破坏 RAM 存储器中的数据,或使程序进入死循环,使整个系统失控。在硬件电路设计中选用 X25045 可编程器件为看门狗监控芯片。它把看门狗定时器、电压监视器和 E² PROM 组合在单个 8PN 的封装内,大大减小了系统成本和电路板空间,可编程选择看门狗定时控制器,定时产生复位脉冲。如果在定时周期内没有刷新定时器,或者电源电压小于一定值时, X25045 就会输出复位脉冲。在程序正常运行中,在看门狗定时周期内刷新看门狗定时器,看门狗不会输出复位脉冲,而当程序跑飞时,看门狗定时器在定时周期内得不到刷新信号,就会输出复位脉冲,使系统自动复位。X25045 的片选线 CS、串行输入 SI 串行输出 SO、串行时钟 SCK 分别接在单片机 W77E58P1 口的高四位。其复位引脚直接与单片机 W77E58 的复位线相连。当系统运行不正常时,自

动复位。

2.5 OCL 推挽功率放大器

在低压大电流场合,推挽电路以其结构简单、磁芯利用率高的优点得到广泛利用。系统信号采用 OCL 互补推挽变换器进行信号功率放大,它由差动放大级、电压驱动级、偏压电路、互补功率驱动级、互补功率输出级等构成。对于输出相同的功率时,推挽线路较其它驱动线路有较大的优越性。采用推挽线路抑制了开关漏源极电压尖峰,降低了开关管的电压应力和功率损耗,输入滤波器体积较小,整机效率高;变压器双向磁化,磁芯利用率高;工作频率、可靠性较高,能满足较大的动态输出。

3 软件设计

系统软件设计包括 PC 机应用软件和单片机应用软件。单片机程序主要实现了电压数据采集处理、存储、按键扫描、数据显示、通信处理、故障保护、谐波分析等功能; PC 机软件主要是对数据的进一步处理,实现了各类试验控制、动态显示、历史数据查询、报表显示以及打印输出等功能,采用 VB6.0

编程语言编写。VB是建立在多任务方式的基础上,具有编程简单、图形功能丰富等优点^[3]。用微软的控件 MScComm 实现了上、下位机串行通信,软件采用按钮式界面,用户可以像操作按钮式仪器一样使用它。其软件分层图如图 5 所示。

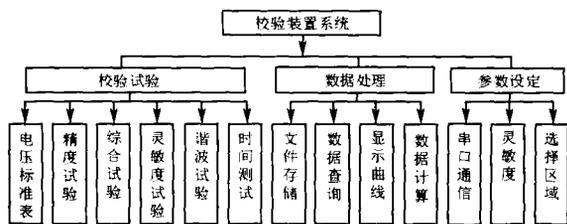


图 5 软件分层图

Fig 5 Layered-graph of system software

4 系统测试

系统分别经过调试阶段的测试、现场阶段的测试,应用于对 0.5 级以下的电压监测统计仪进行精度测试、综合试验、灵敏度试验、谐波试验、时间测试,实验方法完全符合 DL500 - 94 的要求。硬件各部分功能的单独测试,单相电压监测仪校验装置实现了人机对话、微机控制、数据管理等,人机界面丰富,能完全满足现场或实验室的统计式电压监测仪的检定工作。校验装置技术指标:

(1)综合误差为 0.1 级,其内部的电压标准表为 0.1 级;标准时钟日误差小于 0.2 s,时钟具有软件校正功能,不需要打开仪表机壳就可完成工作。

(2)额定输出电压分 100 V、220 V 和 380 V 三档,可以从 0 调到 120% 额定值,并具有自动跟踪功能,跟踪精度 $\pm 0.1\%$ 。

(3)输出信号稳定度优于 0.025% /分,失真度小于 0.5%,频率可调节范围为 45.0 ~ 65.0 Hz。

(4)具有谐波输出功能,可选 2 ~ 11 次谐波输出,电压波形畸变率在 1.0% ~ 30.0% 任意选择。

5 结束语

设计了一种对电压监测统计仪进行精度、灵敏度、谐波、时间试验单相电压监测仪校验装置。以高

速单片机为核心,利用丰富的 PC 机资源、融合 FPGA (Field Programmable Gates Array) 技术、点阵图形液晶等技术研制的电压检测仪校验装置,整个电路简洁、高效,具有可重构性。采用可编程的 FPGA,系统配置及运算灵活,且 PC 操作系统支持的软件丰富、源代码开放、裁剪灵活等特点,实现了监测仪误差校验过程的自动控制、微机数据管理、程控操作、故障保护。系统具有强大的数据分析处理能力,运行准确、精度高、数据传输可靠、操作方便及功能完善。经过对在电力企业进行了试用,使用效果良好,各项指标均符合现场要求,具有一定的推广价值。

参考文献:

- [1] 沈正,李正明,盛占石. 基于 Modem 的电压监测系统软件平台设计与实现 [J]. 江苏理工大学学报, 2001, (5).
SHEN Zheng, LI Zheng-ming, SHEN Zhan-shi The Software Design of Voltage Monitor System Based on Modem [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology, 2001, (5).
- [2] 朱杰斌,章域,刘德辉,等. DJ1 电压监测仪校验装置的谐波功能设计 [J]. 中国测试技术, 2005, (7).
ZHU Jie-bin, ZHANG Yu, LU De-hui, et al Harmonic Function Design of Checking Equipment for DJ1 Volt-monitor [J]. China Measurement Technology, 2005, (7).
- [3] 范逸之. Visual Basic 与 RS232 串行通讯控制 [M]. 北京:中国青年出版社, 2000.
FAN Yi-zhi Serial Communication Between Visual Basic and RS232 [M]. Beijing: The China Youth Publishing House, 2000.

收稿日期: 2006-07-07; 修回日期: 2006-09-03

作者简介:

刘德辉 (1956 -), 男,教授,主要从事电力系统自动化的研究、开发工作; E-mail: seth77@163.com

朱杰斌 (1962 -), 男,高级工程师,主要从事电量监测自动化的研究、开发工作;

廖高华 (1977 -), 男,讲师,硕士,主要从事计算机监测及仪器仪表的研究、开发工作。

Design of checking equipment for single phase voltage monitor

LU De-hui, ZHU Jie-bin, LIAO Gao-hua

(School of Mechanical Engineering, Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330099, China)

Abstract: To improve reliability, effectiveness and precision for the checking of voltage monitor, a checking equipment for single phase voltage monitor system is developed. With the help of the technologies of electron, computer, FPGA (Field Programmable Gates Ar-

(下转第 69 页 continued on page 69)

Analysis of synton ic overvoltage in neutral indirectly grounded system

HE Yao-feng¹, SHANG Jian-hua¹, FENG Xiao-dong¹, WANG Wei²

(1. Xuchang Electricity Supply Bureau, Xuchang 461000, China; 2. XJ-Hitachi Company, Xuchang 461000, China)

Abstract: Synton ic overvoltage in neutral indirectly grounded system can make equipments damaged, and bad influence on the safety of electric power system. Combining operation example, this paper expatiates the cause of synton ic overvoltage and different characteristics of basic-flap, high-flap and centi-flap synton ic overvoltage. It puts forward the valid prevention measures of synton ic overvoltage, such as fixing a fit resistance at the openings triangle, adding capacitor on the bus, putting a electric line in use on the other bus and choosing transformer which have a good line of magnetic force.

Key words: neutral indirectly grounded system; synton ic overvoltage; equipment damage

(上接第 65 页 continued from page 65)

ray), communication and digital signal processing, the system realizes the automatic control of error calculation and printing. It avoids the manual operations of load changing and error value recording after calibration as for the traditional voltage monitor. The running results show that the error of checking equipment is 0.1 and distortion is less than 0.5%. The system is simple, convenient, reliable in data transfer and accuracy control and so on.

Key words: voltage monitor; single-chip microcomputer; checking equipment; hamonic; FPGA

关于召开第四届(2007年)全国高校电气工程及其自动化专业 教学改革研讨会的第一次通知

教育部电气工程及其自动化专业教学指导分委员会决定于 2007 年 4 月 21 日 ~ 23 日在北京召开“全国高校(2007 年)第四届电气工程及其自动化专业教学改革研讨会”,会议由教育部高等学校电气工程及其自动化专业教学指导分委员会、全国高等学校教学研究会电气工程及其自动化专业委员会、中国机械工业教育协会电气工程与自动化学科教学委员会、中国电力教育协会电气工程学科教学委员会联合主办,华北电力大学承办,并邀请教育部有关领导及本专业知名专家和有关单位领导参加会议。

会议征集以下几个方面的教学改革论文:

(1)电气工程及其自动化专业发展战略研究;(2)电气工程及其自动化专业规范研究;(3)电气工程及其自动化专业认证工作;(4)电气工程及其自动化专业评估工作;(5)本科教学工作水平评估研讨;(6)电气工程及其自动化专业人才培养目标、培养模式及本校的培养计划;(7)电气工程及其自动化专业人才培养的质量、规模、结构、效益之间的关系;(8)电气工程及其自动化专业人才培养的需求分析,办学方向与社会需求间的异同;(9)国内外本专业教学改革的比较与研究;(10)电气工程及其自动化专业的课程建设和教材建设;(11)电气工程及其自动化专业实践教学、工程训练的改革;(12)教学方法和教学手段的改革;(13)电气工程及其自动化专业教学质量评估和教学质量监督的研讨;(14)大学本科后的研究生教育和各种形式的继续教育;(15)用人单位对本专业人才素质、知识结构和实践技能的要求;(16)教学改革的其他问题。

会后,将由主办单位组织评选出质量较好可供各校参考的部分论文,交由《电气电子教学学报》出版电气工程专辑发表,发表过程中对论文具体事宜由该刊编辑部与论文作者直接联系,并须注意列入发表的论文不要再投其他刊物。

论文截稿日期:

(1)请在 2007 年 3 月 1 日前将论文打印稿和电子版寄往华北电力大学:论文打印稿请寄:北京市德胜门外朱辛庄北农路 2 号华北电力大学 88 号信箱,艾欣或刘宝柱收,邮政编码:102206。论文电子文档请通过华北电力大学电气与电子工程学院本届年会网页“教改年会论文提交系统”提交。

(2)2007 年 3 月 31 日前发出论文录用通知。

教育部高等学校电气工程及其自动化专业教学指导分委员会
全国高等学校教学研究会电气工程及其自动化专业委员会
中国机械工业教育协会电气工程与自动化学科教学委员会
中国电力教育协会电气工程学科教学委员会
华北电力大学电气与电子工程学院(代章)