

文章编号:1000-582X(2006)06-0058-05

模拟串口通信在配网无通道故障检测中的应用*

刘子亚^{1,2}, 刘和平², 周念成², 刘 钊²

(1. 重庆机场集团有限公司 机场管理部, 重庆 401120; 2. 重庆大学 电气工程学院, 重庆 400030)

摘 要:分析总结了目前国内配电自动化技术的2种故障检测实现方式,即有通道和无通道的故障检测技术,讨论了其优缺点,在此基础上根据配电自动化技术的发展和趋势,提出了一种故障检测不需要通信系统参与的,基于配电线路故障电压检测的新型FTU装置实现方案.在此方案中,为实现在无后备蓄电池的情况下完成故障电压检测,采用PIC微功耗单片机和具有强大数据处理功能的DSP芯片构成双CPU系统.为实现双CPU之间的数据交换,首次采用DSP芯片的普通I/O口来模拟串口(UART),从而实现与PIC单片机之间的异步串行通信.此新型FTU装置通过了静态和动态模拟实验及其它相关测试,满足设计要求.

关键词:配电自动化;瞬时电压检测;模拟串口
中图分类号:TM727

文献标识码:A

配电自动化技术是一项集计算机技术、通信技术、控制技术和现代化设备管理于一体的综合信息管理系统,其目的是提高配电网的供电可靠性,改进电能质量,向用户提供优质服务,降低运行费用,减轻运行人员的劳动强度.

对配电自动化技术(DA)而言,其核心技术是故障检测、定位、故障区隔离和恢复非故障区的供电并实现潮流的最优分布.通过近几年的实践;国内配电自动化技术发展较快,实现形式多种多样,但大致可以分为2种模式:故障处理的集中控制方式和分布处理方式,不管哪种方式,其中的故障检测又可分为有通道和无通道的故障检测技术.从目前配电自动化实际改造效果来看,如果单纯采用某种方式的配电自动化技术,或多或少存在着一些不足与缺陷^[1].

为解决目前DA技术在生产实践中的不足和原理上的缺陷,依据国内的实际生产情况,文献[2]提出了智能分布式馈线自动化技术(FA).

作为配电自动化技术核心设备的FTU(Feeder Terminal Unit)应能独立、有效、可靠地捕捉故障信息.通信正常时,在主站系统的参与下,快速实现故障隔离和恢复非故障区的供电及负荷潮流的最优分布,减少

开关重复动作次数,提高负荷转移和网络重构的合理性并有效减少网络损耗;在通信中断的情况下,FTU检测到故障后,能够摆脱对主站系统的依赖,FTU直接处理馈线故障,独立自主实现分闸闭锁功能,完成故障隔离和负荷转移及网络重构功能^[3].

笔者根据这一思想,提出了一种不需要通信系统参与的,基于配电线路故障电压检测的新型智能FTU装置的实现方案,并详细讨论了FTU装置中故障电压检测器双CPU系统的通信解决方案及其软硬件设计方法.

1 新型FTU装置瞬时电压闭锁的基本原理

图1为双电源供电系统图,CB1、CB2为断路器,FD1...FD7为带有电压型故障检测器的负荷开关,FD4为环网点.FD4处负荷开关为常开状态,双电源供电系统开环运行.现以图中FD1和FD2之间d1点发生永久性故障为例说明瞬时电压闭锁的基本原理.

当d1点发生永久性故障时,保护1动作,CB1跳闸,电压故障检测器感知失电,FD1...FD3处负荷开关失压脱扣.随后,保护1重合闸动作,一定时限后电压型故障检测器FD1发出合闸指令,由于d1点发生永

* 收稿日期:2006-02-13

作者简介:刘子亚(1972-),男,四川广安人,重庆机场集团有限公司工程师,重庆大学硕士,主要研究方向为电力系统继电保护.

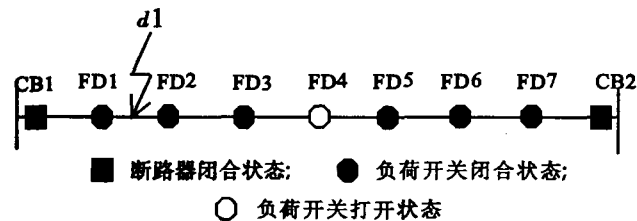


图 1 双电源供电系统图

久性故障,保护 1 后加速动作,这种情况要求故障检测器应闭锁负荷开关 FD1 和 FD2. 电压型故障检测器 FD1 和 FD2 处都将出现瞬时电压:

- 1) 对于故障检测器 FD1,首先出现单侧(左侧)来电,合闸后出现瞬时电压后两侧失电;
- 2) 对于故障检测器 FD2,保护第一次动作后两侧失压,FD1 合闸后,FD2 左侧出现瞬时电压后,再次两侧失电.

FD1 处的 FTU 故障检测器能够根据单侧(左侧)来电合闸后一定时限内跳闸,可靠地判别为 FD1 处负荷开关和 FD2 之间永久性故障,闭锁 FD1 处的负荷开关. FD2 处的 FTU 故障检测器唯一的判别依据是左侧出现瞬时电压,由于出现瞬时电压的大小与短路点的位置和短路点的过渡电阻的大小以及故障检测器的 PT 接线方式有关,现有的重合器多采用通过环网点 FD4 处负荷开关合闸后,按时限 FD3 重合到 d1 点,由于短路故障依旧存在,保护 2 再次动作,断路器 CB2 跳闸后,故障检测器 FD2 才能可靠闭锁. 这种方式使供电系统再一次经受故障冲击,使经 CB2 供电的 FD5...FD7 出现一段停电时间,扩大了事故范围. 因此,如果故障检测器 FD2 能够检测出瞬时电压,可靠闭锁永久故障两侧负荷开关,可以避免使系统再一次经受故障冲击.

从上述分析可以看出,在没有通信通道的情况下,基于电压的故障检测器可以利用可测量的瞬时电压实现闭锁,避免使系统再一次经受故障冲击,缩小停电范围,有较大的实际应用价值. 因此,如何在 FTU 装置中实现瞬时故障电压的检测并可靠闭锁短路故障两侧的负荷开关合闸,是本解决方案中的核心问题.

2 瞬时故障电压检测的新型 FTU 装置实现方案

2.1 电压型故障检测器的系统结构原理

由于电压型的故障检测器一般没有后备蓄电池,瞬时电压只能持续几个周波,且带有明显的故障特性,故障检测器是在完全失电时检测瞬时电压. 随着微电子技术的发展,纳瓦级低功耗单片机得到了广泛应用. 瞬时电压的测量与正常电压测量的精度不同,不需要

高精度,采用一个专用的微功耗单片机作为瞬时电压的检测,故障检测器正常运行时用另一个主 CPU 实现,主 CPU 上电时查询微功耗 CPU,确定是否有瞬时电压存在而发出了闭锁信号. 综合各方面性能的考虑,专用的微功耗单片机选用美国微芯公司的 PIC18F1220 低功耗 CMOS 单片机,它运行在 1 MHz、2 V 时,电流只消耗 150 μ A,在休眠状态所需电流为 0.1 μ A,普通的钮扣电池(150 mA·h),至少可以供 CPU 运行 4 380 h(半年),为失电状态检测瞬时电压提供了条件;而主 CPU 采用美国德州仪器(TI)的 TMS320LF2407 数字信号处理器(DSP)完成相关的保护与实时数据采集和控制(SCADA)功能,新型 FTU 装置系统结构原理如图 2 所示.

图 2 中,PIC18F1220 单片机由一个普通钮扣电池供电, U_{ab} 或 U_{bc} 任一侧有电,电池都不工作,节省电能. 当两侧停电时,PIC18F1220 单片机处于休眠状态, U_{ab} 或 U_{bc} 出现电压,触发休眠的 CPU,CPU 启动采集回路,根据计算和带电的时间确定是否瞬时加压,并将瞬时加压闭锁信息保存,等待主 CPU(TMS320LF2407DSP)查询.

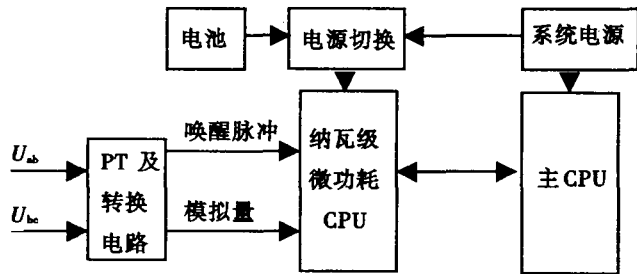


图 2 瞬时电压测量

2.2 TMS320 LF2407 DSP 普通 I/O 口模拟串口通信的必要性

作为主 CPU 的 LF2407 DSP 芯片自带一个串行通信接口 SCI 模块,它不仅支持 DSP 与其他使用标准格式的异步外设之间的数字通信,还支持多处理器异步通信模式(空闲线多处理器模式和地址位多处理器模式). 在一般情况下,DSP 芯片可以利用其 SCI 方式,通过对相关寄存器的设置,实现与多个外围设备的分时异步串行通信;但是,在多处理器异步通信模式下是采用广播通信方式,即 1 条串行线上只能进行一次有效数据传送. 而当馈线发生故障后,作为主 CPU 的 DSP 芯片几乎同时要完成对 PIC 单片机的瞬时故障电压闭锁信号的查询工作,又要完成与 SCADA 系统的大量信息交换任务,如果仅仅利用 SCI 方式,SCI 串行通道在时间分配上就存在冲突,不能满足设计要求. 因此,为了解决这个矛盾,笔者充分利用 DSP 芯片丰富 I/O 口硬件资源,将 SCI 通信方式保留给 SCADA 系统通信

使用,而利用普通 I/O 口模拟异步串行通信,实现与 PIC 单片机的信息交换.

PIC 单片机与主 CPU (DSP) 之间的通信解决方法,是本新型 FTU 装置在工程实践中的一大特点与创新,它实现了 TI 公司 TMS3202407DSP 利用普通 I/O 口模拟与 PIC 单片机的异步串行通信,较好地解决硬件资源冲突的问题,满足设计使用要求.

3 DSP 模拟串口通信的实现原理

3.1 TMS320LF2407 普通 I/O 口模拟串行通信的可行性

从文献[4]可知,TMS320LF2407 系列有多达 40 个通用、双向的数字 I/O(GPIO)引脚,其中大多数都是基本功能和一般 I/O 复用引脚.数字 I/O 端口模块采用了一种灵活的控制方法,用以控制专用 I/O 和复用 I/O 引脚的功能,所有 I/O 和复用引脚的功能可通过 9 个 16 位控制寄存器来设置,这些寄存器可分为两类:

1) I/O 口复用控制寄存器(MCRx).用来控制选择 I/O 口作为基本功能方式或一般 I/O 引脚功能.

2) 数据和方向控制寄存器(PxDATDIR).当 I/O 口用作一般 I/O 引脚功能时,用数据和方向控制寄存器可控制数据和到双向 I/O 引脚的数据方向.这些寄存器直接和双向 I/O 引脚相连.

因此,可以充分利用这些普通 I/O 口来模拟串行通信,实现 MS320LF2407 与 PIC 单片机的信息交换.

3.2 模拟串行通信的数据格式

计算机与外界的信息交换通常采用串行通信方式,串行通信又分为异步和同步 2 种方式.在 DSP 与 PC 机,DSP 与单片机之间使用的串行通信都是异步方式^[5-6].而异步通信采用的是起止式异步传送格式,其字符格式如图 3 所示.

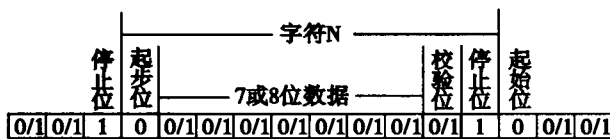


图 3 异步串行通信的字符格式

数据发送和接收均将起始位和停止位作为开始和结束的标志.在异步通信中,起始位占用 1 位(低电平),用来表示字符开始.其后为 7 位或 8 位的数据编码,第 8 位通常作为奇偶校验位,共有 3 种可能,即奇校验、偶校验和无校验.可根据需要选定,最后为停止位(高电平)用来表示字符传送结束.上述字符格式通常作为一个串行帧,若无奇偶校验位,即为常见的 N.8.1 格式.

3.3 模拟串行通信采用的传输速率

在串行通信中,常用波特率来描述串行通信的传输速度.波特率是指在串行通信中,在基本波传输的情况下,每秒钟传送的二进制脉冲的数目.用波特率表示即 1 波特 = bit/s.因此,比较容易推算出模拟串口通信中普通 I/O 口发送每个字符的字符速率.字符速率是指每秒所传输的字符数,字符速率与波特率的关系为:1 个字符(N.8.1 格式)包括 1 个起始位 + 7 个数据位 + 1 个偶数位 + 1 个终止位 = 10 位.如果波特率为 1 200,则字符速率为 12 000/10 = 120 字符/s.而传送字符中每一位传送时间为 $T = 1/1\ 200 = 0.833\ ms$.

根据数据传送的波特率即字符中每一位的传送时间,便可以用 DSP 的普通 I/O 口来模拟实现串行通信的时序.

4 接口电路设计及软件设计

4.1 模拟串行通信的硬件接口电路设计

图 4 是 TMS320LF2407 模拟串行通信接口电路,该电路采用符合 RS-232 标准的美信公司驱动芯片 MAX232 进行通信.MAX232 芯片功耗低、集成度高,采用 +5 V 供电,具有 2 个接收和发送通道.由于 TMS320LF2407 采用 +3.3 V 供电,所以在 TMS320LF2407 与 MAX232 之间加了 TI 公司提供的典型电平匹配电路.整个接口电路简单、可靠性高.其中,RS-232 标准总线为 25 线,但在实际应用中常用简化了的 9 线接口,在本 FTU 装置中采用 3 线传送(地线,发送线,接收线)的方式.

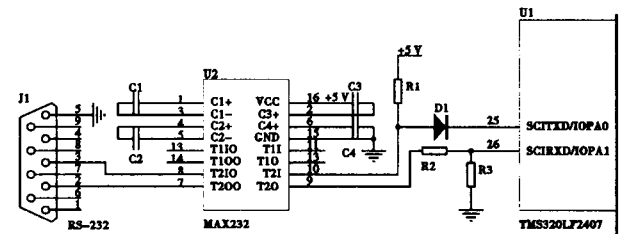


图 4 DSP 模拟串口通信接口电路

4.2 模拟串行通信的软件设计

下面给出模拟串行通信的发送和接收子程序设计流程图(见图 5),并给出发送子程序源代码作为设计具体说明.

DSP 发送程序:

```
#include "register.h"
```

```
extern int delay(); /* 定义一个外部的 ASM 文件 */
```

```
//初始化子程序
```

```
initial()
```

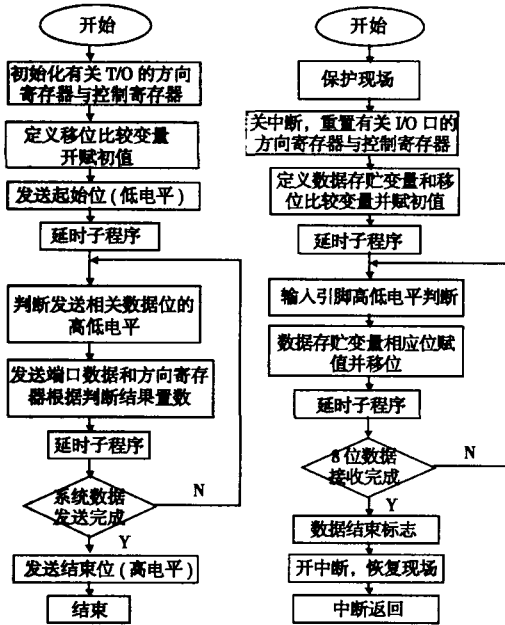


图5 模拟串口通信程序流程图

```

{
asm(" setc SXM ");
asm(" clrc OVM ");
asm(" clrc CNF ");
* SCSR1 = 0x81FE; //分频为 24 MHz
* WDCR = 0x00E8; //看门狗不使能
* IMR = 0x0000; //禁止中断
* IFR = 0xFFFF; //清中断标志
* MCRA = 0x0000 & * MCRA; //PA 与 PB 配置为
一般的 I/O 功能
* PADATDIR = 0x0100; //定义 PA0 为输出,PA1
为输入
}
//DSP 发送子程序
sentbyte ()
{
unsigned int temp , data; //定义临时变量
int i;
temp = 0x001;
data = 0x0EF; //模拟发送数据赋值
* PADATDIR = * PADATDIR & 0x0100; //发送字
符起始位(低电平)
delay(); //高低电平模拟延时子程序
for(i = 1; i < = 8; i++) //开始发送 8 位字符
数据
{
if ((data & temp) == temp)

```

```

* PADATDIR = * PADATDIR | 0x0101;
else
* PADATDIR = * PADATDIR & 0x0100;
delay();
temp = temp < < 1;
}
* PADATDIR = * PADATDIR | 0x0101; //字符结
束位(高电平)
delay();
}

```

在这里需要说明的是:

1) DSP 接收子程序的启动,必须采用中断服务子程序的方式来实现,即利用相关输入引脚上的电平跳变来启动中断服务子程序,实现 DSP 的信息接收.

2) 通信子程序中的延时时间长短是根据被模拟的串口通信信号的波特率来确定的,在波特率为 1 200,则传送字符中每一位传送时间为 $T = 1/120 = 0.833 \text{ ms}$,根据数据传送的波特率即字符中每一位的传送时间,可以通过模拟相关输入输出引脚上高低电平的延时,实现在该波特率下的串行通信的基本时序.为了精确模拟串口通信信号,在程序设计时采用嵌套汇编程序的方式来准确模拟高低电平延时时间.

下面给出波特率为 1 200 的延时子程序的源代码:

```

.def _delay
.text
_delay:
断点保护
POPD * + ;
SAR ARO, * + ;
SAR AR1, * ;
LAR ARO, #03h ;
LAR ARO, * 0 + ;
延时
LACC #18;
LZY: SUB #1 ;
RPT #66 ;
NOP ;
BCND LZY, NEQ ;
断点恢复
MAR *, AR1 ;
SBRK #4H ;
LAR ARO, * - ;
PSHD * ;
RET ;

```

5 结 论

分析总结了目前国内配电自动化故障检测的多种实现形式及其优缺点,在采用有主站系统参与的,分布式智能控制的馈线自动化设计新方法的基础上,进一步讨论了其核心装置 FTU 的硬件实现方案,并在 FTU 故障检测方式中,创新性地使用 DSP 普通 I/O 口模拟串口通信,实现了与微功耗单片机的信息交换,完成在无后备蓄电池情况下配电线路瞬时故障电压的检测。该 FTU 装置通过了静态模拟和动态模拟实验,以及相关性能测试,效果良好,并在实际生产现场投入运行。

参考文献:

- [1] 刘健,倪建立,毕鹏翔,等. 配电自动化的模式及馈线开关的选择[J]. 电网技术,2000,24(11):53-55.
- [2] 刘东,丁振华,滕乐天. 配电自动化实用化关键技术及其进展[J]. 电力系统自动化,2004,28(7):16-19.
- [3] 施慎行,董新洲,刘建政,等. 配电线路无通道保护研究[J]. 电力系统自动化,2001,25(6):31-35.
- [4] 刘和平,王维俊,江渝,等. TMS320LF240X DSP 语言开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [5] 余翔,陆继明,毛承雄,等. DSP 串行通信[J]. 电子工程师,2002,28(11):11-13.
- [6] 韩康裕,陆宏,季晓勇,等. 数字处理器与通用异步串口通信的实现[J]. 通信技术,2002,13(1):55-57.

Application of Serial Ports Simulation in a Non-communication Fault Detection Device of Distribution Networks

LIU Zi-ya^{1,2}, LIU He-ping², ZHOU Nian-cher², LIU Zhao²

(1. Management Department of the Airport, Chongqing Airport Group Ltd, Chongqing 401120, China;

2. College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: This paper summarizes two kinds of fault detection techniques for distribution automation, that is with and without communication in fault detection, and then analyzes their merits and shortcomings. Moreover, according to the development tendency of distribution automation techniques, this paper presents an approach, through which the non-communication FTU devices can detect transient fault voltage of distribution systems effectually. To detect transient fault voltage without standby batteries, the PIC Single Chip microcomputer with low power consumption and DSP chip with powerful data processing capabilities are adopted to form a dual CPU system. To realize the communication between the two CPUs, the general I/O ports of the DSP chip are firstly used to simulate the UART communication of the serial ports and communicate with the PIC Single Chip microcomputer. The novel FTU devices based on this approach are tested in static and dynamic simulation experiments, the results are satisfied.

Key words: distribution automation; transient fault voltage detection; UART Simulation

(编辑 李胜春)