

基于 ATT7022C 的电力参数无线监控系统的设计

王凌云¹ 袁春生^{1,2} 于大洋²

(1. 长春理工大学 长春 130022; 2. 济南璞润电力科技有限公司 济南 250101)

摘要: 为了保证电网的安全运行,对外可靠供电,使各类电力工作有序进行,对各输电线路的电力参数实时的监控,有着重要的意义。介绍了一种基于高精度的三相电能计量芯片 ATT7022C 的无线监控系统,系统采用 STC90C58AD 作为微处理器,通过 CC2530 ZigBee 无线网络与组态王监控界面进行通信,可是实时监控传输线路中的电流、电压、功率等电力参数,并根据监控数据做出无功补偿、切断输电线路等相应的处理。该智能监控系统融合了无线网络通信技术、测控技术和现代电子技术,具有实时性好、功耗低、精度高等特点,能够满足电力系统对输电线路电力参数的监控。

关键词: ATT7022C; ZigBee 无线网络; STC90C58AD; 组态王

中图分类号: TP2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Design of wireless monitoring system of electrical parameters based on ATT7022C

Wang Lingyun¹ Yuan Chunsheng^{1,2} Yu Dayang²

(1. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China; 2. Jinan Prand Electric Power Technology Company Limited, Jinan 250101, China)

Abstract: In order to ensure the safe operation of power grid, external power supply reliability and the various types of electrical work in an orderly manner, it is necessary to monitor the various parameters of transmission line real-time. This paper introduces a wireless monitoring system of high accuracy three-phase electric energy measurement based on chip ATT7022C, using STC90C58AD as CPU, communicating with kingview monitoring interface by CC2530 ZigBee wireless network. That can real time monitor the current, voltage power, and other electric parameters in transmission line and make corresponding treatment such as reactive power compensation or disconnect the transmission lines. The intelligent monitoring system is integration of the measurement and control technology, wireless communication technology and modern electronic technology. It has good real-time performance, low power consumption, high accuracy and other characteristics. It can meet the electric power system for monitoring the power parameter.

Keywords: ATT7022C; ZigBee wireless network; STC90C58AD; Kingview

1 引言

随着国民经济的快速发展和工业化技术水平的不断进步,用电量与日俱增,负载的接入与退出也变得更加的灵活,这为电网的监控和电力调度增加了难度^[1]。电网中一个输电线路的故障,都可能影响到整个电网的正常运行,为了保障电网的安全高效的运行,就要实时地监控电能流向^[2],以及各低压配电网络中的配电变压器的电力参数^[3]。智能化、自动化和信息化的电力参数监控系统在智能电网中发挥着不可或缺的作用。

无线智能化监控系统^[4],节约了电网监控现场布线和维护的成本,降低电网的运行费用,提升了电网的调度和运行水平。本系统采用 ATT7022C 高精度三相电能计量芯

片进行电力参数的采集,使用 STC90C58AD 作为主控制器,利用 ZigBee 无线网络进行数据的传输^[5],与组态王监控界面进行数据的传递交换^[6],实时监控输电线路配电参数,并对输电线路进行控制。

2 监控系统的总体结构设计

系统主要有电能计量模块^[7]、微处理器控制模块、无线数据传输模块和组态王监控界面组成,如图 1 所示。输电线路电力参数通过电压互感器和电流互感器采样测量电路,传输到 ATT7022C 电能计量模块,可以实时的测量各相输电线路的电压有效值、电流有效值、频率、相角、功率因数,同时还能够测量有功功率、无功功率、视在功率、有功能量以及无功能量^[8]。测量数据通过 SPI 总线传给微处理器^[9],数据处

理后经由无线传输模块,传输到组态王监控界面,实现各相电力参数的采集,根据监控数据,监控中心通过组态王监控界面按钮执行不同的操作,操作指令通过无线传输模块传回给微处理器,执行如切断输电线路开关停止供电,投切电容器进行无功补偿等操作,进行各相输电线路的控制。

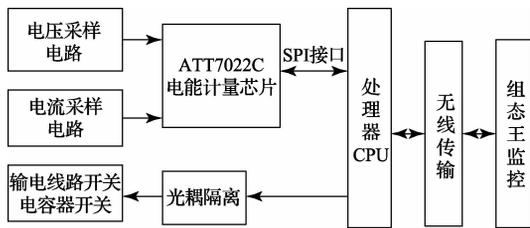


图 1 电力参数监控系统总体结构

3 硬件电路设计

3.1 电源模块

电源电路是监控系统的重要组成部分,由于系统的各个功能模块和芯片所需的电压等级不同,需要 5 V 和 3.3 V 电源供电。电源模块从输电线路现场取电,输电线路电压经过降压、整流、滤波后经由 LM7805 芯片输出 5 V 电压,电路如图 2 所示,5 V 电源为单片机以及 ATT7022C 电能计量芯片供电。3.3 V 电源采用 AMS1117 芯片,电路如图 3 所示,3.3 V 电源为 CC2530 ZigBee 无线测量模块供电。

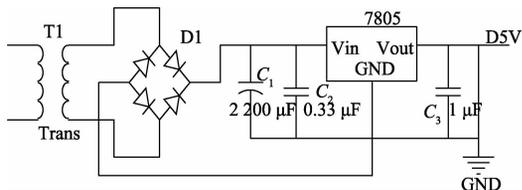


图 2 5 V 电源电路

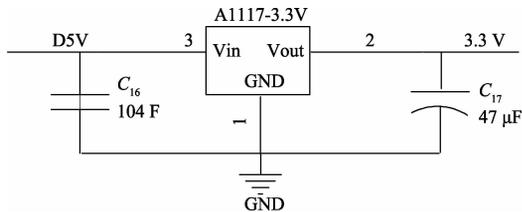


图 3 3.3 V 电源电路

3.2 电能计量模块

电能计量模块是监控系统的核心部分^[10],该模块采用一颗高精度的三相电能计量芯片 ATT7022C。ATT7022C 集成了参考电压电路、所有功率因数、频率、功率、有效值以及能量测量的数字信号处理电路和六路二阶 sigma-delta ADC 等电路,并且支持全数字域的增益、相位校正,即纯软件校表。该芯片适用于三相三线和三相四线应用,当 SEL 引脚接高电平时为三相四线模式,SEL 引脚为低电平时为三相三线模式,电路原理图如图 4 所示。

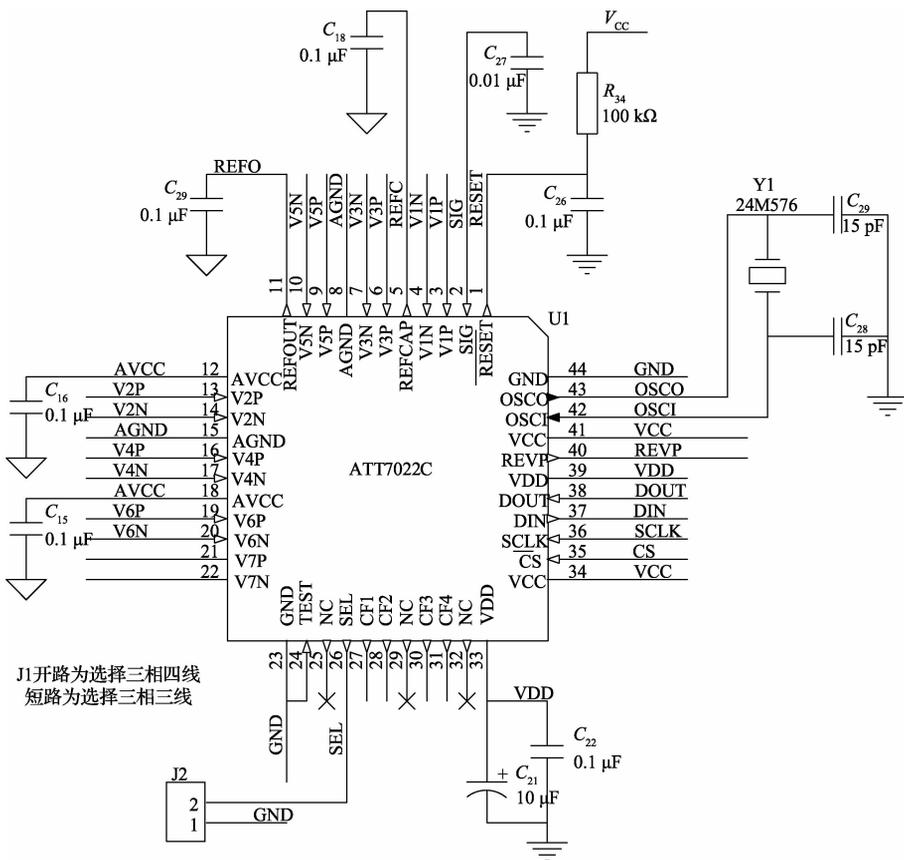


图 4 三相电能计量电路

外部的微处理器通过 SPI 接口读取 ATT7022C 的计量参数,并写入校表数据。ATT7022C 内部的 A/D 转换器为 16 位,提高了测量精度,并采用双端差分信号输入。为了保证线性误差不超过 0.5%,电压通道采样的有效值应控制在 10 mV~1 V,电流通道采样的有效值应控制在 2 mV~1 V。为了保证电能的线性误差不超过 0.1%,电流采样输入应在 2 mV~1 V,电压采样输入应在 0.2 V~0.6 V。ATT7022C 的 V_{xP} 引脚和 V_{xN} 引脚是内部 ADC 的交流输入端口,需要叠加由电能计量芯片 REFOUT 引脚输出的约为 2.4 V 的直流偏置电压,以保证测量的精度。电能计量芯片的电压采样电路和电流采样电路采用互感器方式设计,电压采样电路如图 5 所示。

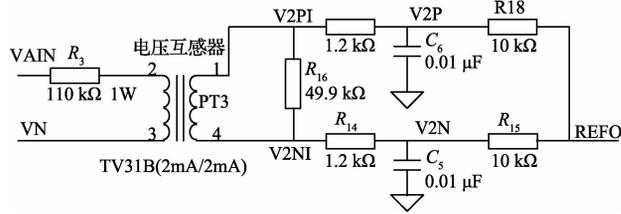


图 5 电压采样电路

V_{xP} 和 V_{xN} 输入电路中加入了温度性能良好并且参数和结构对称的 1.2 kΩ 电阻和 0.01 μF 电容,构成了一个抗混叠滤波电路。该滤波电路使测量电路具有良好的抗干扰能力和温度特性。电流采样电路如图 6 所示。

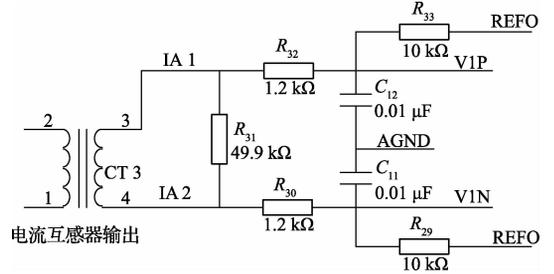


图 6 电流采样电路

3.3 单片机及外围电路

监控系统采用了宏晶科技推出的新一代超强抗干扰、高速、低功耗 STC90C58AD 型单片机,内部有 32 K 的 FLASH 存储器、4352 的 SRAM 和 29 K 的 E²PROM,完全兼容传统 8051 单片机的指令代码,并且内部集成 MAX810 专用复位电路,复位引脚可以直接接地,电路图如图 7 所示。

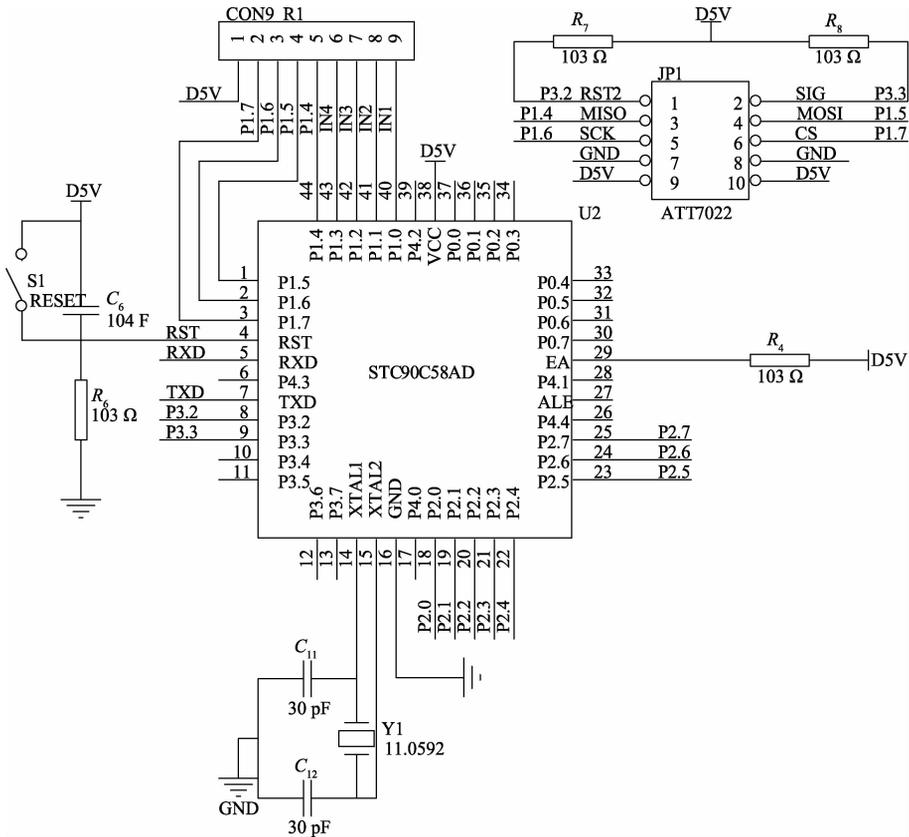


图 7 单片机电路及接口

单片机的 P3.2 端口、P3.3 端口、P1.4 端口、P1.5 端口、P1.6 端口、P1.7 端口分别和 ATT7022C 芯片的 RESET 复位引脚、SIG 输出引脚、SPI 串行数据输出引脚 DOUT、SPI 串行数据输入引脚 DIN、SPI 串行时钟输入引脚 SCLK 以及 SPI 片选信号引脚 CS 相连接。电能计量芯片的 SIG 信号或其状态由 MCU 进行实时监控,当 ATT7022C 受到干扰或者上电而发生复位时,为了保证计量的准确性,由单片机通过 SPI 口重新进行更新校表

数据。

继电器控制电路如图 8 所示,电路中采用光耦隔离电路,使输电线路和单片机控制电路隔离开,起到保护控制电路作用。单片机的 P1.0 端口和 IN1 相连,单片机根据串口接收到的监控平台的指令以及电网输电线路的状态,控制 P1.0 端口的输出,当 P1.0 引脚为低电平的时候,光耦 P1 导通,使三极管 Q1 工作于放大区,基极有电流通过,继电器 K1 闭合,使输电线路导通闭合。

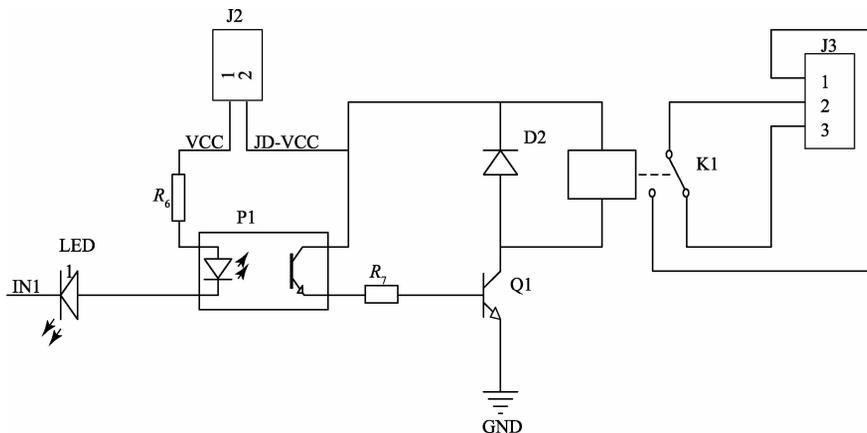


图 8 继电器控制电路

3.4 ZigBee 无线传输模块

ZigBee 是基于 IEEE802.15.4 标准的低功耗局域网协议,主要适用于远程控制和自动控制领域,广泛应用与智能电网、智能家居、楼宇自动化和工业自动化。ZigBee 网络主要是为工业现场自动化控制数据传输而建立,因此它具有功耗低,安全性高,使用方便,经济高效等特点^[1]。本模块采用美国德州仪器公司生产的 CC2530F256 芯片设计而成,该模块具有以下特点:

- 发射功率 20 dBm;
- 网络容量大,一个区域内可以同时存在 100 个 ZigBee 网络,各个网络之间互不影响。一个星型结构的 ZigBee 网络最多可以容纳 1 个主设备和 254 个从设备。
- 高达 250 kbps 的空中传输速率;
- 频段开放,频点无需申请,载频频率 2.4 GHz。
- 误码率低并且抗干扰能力强;
- 为了提高数据抗随机干扰和突发干扰的能力,采用高效前向纠错信道编码技术。内部的 16 位 CRC 校验机制,能有效校验数据;
- 功耗低,可方便控制到低功耗模式;
- 采用 SOC,外围电路少,故障率低,可靠性高;
- 适应 2.4 GHz IEEE 802.15.4 协议和 ZigBee 应用,自动组网;

系统采用了拓扑结构设计,拓扑结构如图 9 所示,ZigBee 网络一般有 3 种节点构成:协调器节点、路由器节点、终端节点。

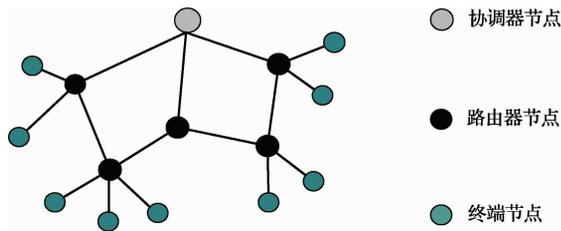


图 9 ZigBee 网络拓扑结构

1)协调器(Coordinator):每个 ZigBee 网络需要且只需要一个协调器,用来创建一个 ZigBee 网络,并为最初加入网络的节点分配地址。协调器还负责对终端节点和路由器节点发送指令并且接受它们返回的数据。

2)路由器(Router):也称为 ZigBee 全功能节点,可以起到路由的作用,进行数据的转发,也可以作为一个数据节点,收发数据,还能保持网络,为后续加入的节点进行地址的分配,主要用来延伸拓展网络。

3)终端节点用来向路由器和协调器周期性的传输采集到的电压、电流、功率等电力参数。

4 软件设计

4.1 下位机软件设计

下位机软件主要用来对输电线路中电力参数的采集、输电线路的控制以及无线通信。它包括 ATT7022C 校表程序、电力参数采集程序、数据处理程序、继电器控制协议

程序、无线通信程序。程序流程图如图 10 所示。

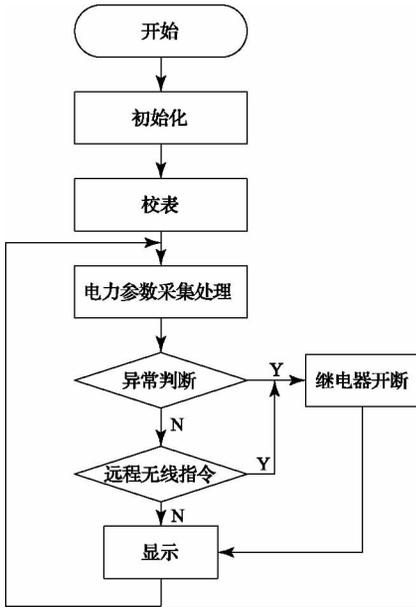


图 10 程序流程

4.2 监控界面软件设计

监控界面采用北京亚控科技的组态王软件进行研制开发。组态王软件是完成过程控制与数据采集的专用软件,它是在自动控制系统监控层一级的软件平台和开发环境,使用灵活的组态方式,为用户提供快速构建工业控制系统。同时组态王软件开发的监控系统软件以标准的工业计算机软、硬件平台构成的开放式系统取代传统的封闭式系统,它能充分利用 Windows 的图形编辑功能,形象的生成动态数据曲线图和监控画面,并以动画方式显示被控制设备的状态。组态王还可以提供监控现场的远程实时画面,方便观察现场设备的运行状态。

组态王和协调器通过串口方式以 ModbusRTU 协议进行数据的传输。在组态王工程浏览器界面中点击设备新建,选择莫迪康—ModbusRTU—COM 进行参数的设置,串口参数设置波特率 9600 bps,8 位数据位,1 位停止位,无奇偶校验位。电力参数采集通讯指令格式为:地址由 03(读功能码)+寄存器起始地址+寄存器数量+CRC 校验码,如 01+03+0001+0003+540B 表示读取地址为 01 的电力参数采集模块的 A 相、B 相和 C 相的三相的电压数据;继电器控制模块指令格式为:地址+05(写单个线圈功能码)+输出地址+输出值+CRC 校验码,如 01+05+0001+0000+9C0A,表示控制地址我 01 的继电器模块中 0001 号的开关断开。组态王监控界面包括:主界面、历史数据,报警界面。主界面可以实时的显示输电线路电压、电流、功率等电力参数,以及设配运行状态和报警指示灯,如图 11 所示。历史曲线画面可以查询各电力参数的历史

记录,用曲线图更加的形象直观。报警界面可以查询报警原因以及报警时间等信息。

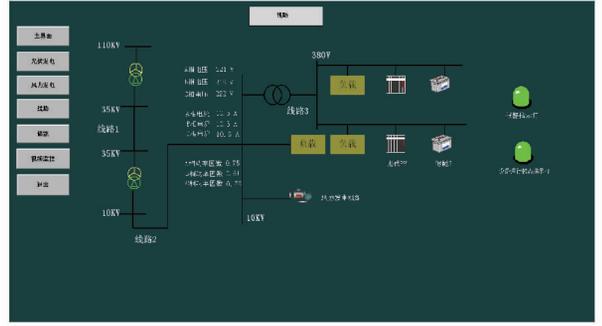


图 11 组态王监控界面

5 监控系统性能测试

利用武汉泰东铭科电气有限公司生产的 TK3030 三相精密程控电源对监控系统的性能进行测试,测试数据结果如表 1 所示。

表 1 性能测试数据

电力参数	真实值	测量值	测量误差(%)
电压	130 V	129.69 V	-0.24
	220 V	220.32 V	0.14
	380 V	379.15 V	-0.22
电流	5 A	4.99 A	-0.2
	10 A	10.03 A	0.3
	15 A	15.03 A	0.2
频率	40 Hz	40.11 Hz	0.27
	50 Hz	49.88 Hz	-0.24
	60 Hz	60.13 Hz	0.22
功率因数	相角 30°	0.867	0.12
	相角 45°	0.709	0.28
	相角 60°	0.501	0.2

根据测试数据分析,监控系统对电力参数的测量误差在 0.3% 以内,可以满足对输电线路电力参数的监控需求,数据的采样周期为 0.85 s,实时性好。

6 结 论

输电线路监控系统,是电网安全高效运行的重要保障。本文设计的基于 ATT7022C 的电力参数无线监控系统,采用数据无线传输,解决了电力系统现场布线困难的问题,利用高精度三相电能芯片进行电压、电流、功率等电力参数的测量,功耗低、精度高。监控界面利用组态王研制开发,界面友好,该系统在实际运行中安全可靠。

(下转第 21 页)