

# 基于 CAN 总线的电力变压器远程在线监控系统

高霞<sup>1</sup>, 来清民<sup>2</sup>

(1. 河南教育学院化学系, 河南 郑州 450003; 2. 河南教育学院物理系, 河南 郑州 450003)

**摘要:**介绍了一种基于 CAN 总线的电力变压器远程在线监控系统的设计方法,该系统可通过 CAN 通信使一台主机在线监控多台远程变压器,并通过上位机的软件全面分析变压器运行参数,预测变压器故障。该系统具有数据传送可靠性高、抗干扰能力强、容易扩充新节点等特点。

**关键词:** CAN 总线; 变压器; 监控

**中图分类号:** TM407

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1003-4897(2005)16-0062-04

## 0 引言

电力变压器是供配电系统中的核心设备,它的安全运行对保证供电的可靠性有重要作用,因此对电力变压器进行在线监测,及时掌握变压器的运行状态,及早发现事故前的故障苗头,让故障消失在萌芽状态,一直是电力工作中的重点。

在实际的供配电系统中,由于电力变压器的位置呈现离散分布,采用的工作方式又是无人监控方式,因此若要实时掌握电力变压器的运行状态,就必须进行远程在线监控。目前,变压器远程在线监控的方式有多种,如采用调制解调器-电话线连接方式<sup>[1]</sup>、采用串行通讯方式<sup>[2]</sup>等。由于这些监控系统采用都是传统的数据通信网络系统(如 RS-485 总线等),因此不具备开放性、互联性,通信距离受限,多机通信时,实时性差,纠错能力不强等缺陷。为了进一步提高远程在线监控系统的可靠性、抗干扰性和灵活性,提出了基于 CAN 总线的电力变压器远程在线监控系统,以供读者参考。

## 1 监测参数的选择

电力变压器的工作状态和故障苗头都是通过现场检测它的工作参数来描述的,因此监测参数的选择是非常关键的。具体监测参数要根据变压器在运行中出现的常见故障特征来选择。根据文献[3],油浸式电力变压器在运行过程中所发生的故障一般分为过热性故障和放电性故障<sup>[3]</sup>。过热性故障主要指由于温度过高而引起的绝缘性故障,如导体接触不良导致的接触面发热、铁心局部短路引起的环流和铁心多点接地形成的环流等等。放电性故障主要指火花放电、电弧放电和局部放电。无论是过热性故障还是放电性故障,最终都将导致变压器里的

绝缘油和固体绝缘材料发生裂解,产生各种特征气体。根据文献[4],这些特征气体包括 H<sub>2</sub>、烃类(CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>等)、CO 和 CO<sub>2</sub>等,当这些气体达到一定含量时,变压器就可能发生故障。由于碳氢键之间的键能低,生成热小,在变压器绝缘材料的分解过程中,一般总是先生成氢气,故氢气是各种故障特征气体的主要组成成份之一。

为了能科学地、准确地预测变压器的故障,根据上文分析及文献[3]和文献[4]的有关结论,选择如下参数作为下位机的监测对象,即变压器油的气相色谱、铁心接地电流、变压器的套管对地漏电流和变压器上层油温。

## 2 电力变压器远程在线监控系统的总体结构

基于 CAN 总线的电力变压器远程在线监控系统的总体结构如图 1 所示。整个系统由上位管理机、CAN 控制驱动器、微控制器和现场传感器构成。采用 CAN 协议完成上位机和下位机的数据通信。一个上位机理论上可接 110 多个下位机,即一台计算机可以远程监控 110 多台变压器。

上位机由 PC 计算机、变压器故障分析软件和 CAN 总线适配卡等构成。上位机位于中央监控室,它的任务是向下位机发送命令、接收下位机送来的数据,并对其数据进行分析、分类、综合,从而得出各台变压器的运行状态报告,供电力工作人员查询。当发现某台变压器出现意外险情时,上位机能及时报警,并打印有关参数。

下位机由微处理器、CAN 控制驱动器和传感器等构成。下位机位于电力变压器工作现场,它在上位机的控制下,能对变压器里的 4 种监测参数进行实时检测,并能对检测的数据进行初步处理后,传送到上位机。由于篇幅所限,文中仅对下位机软硬件

系统进行讨论。

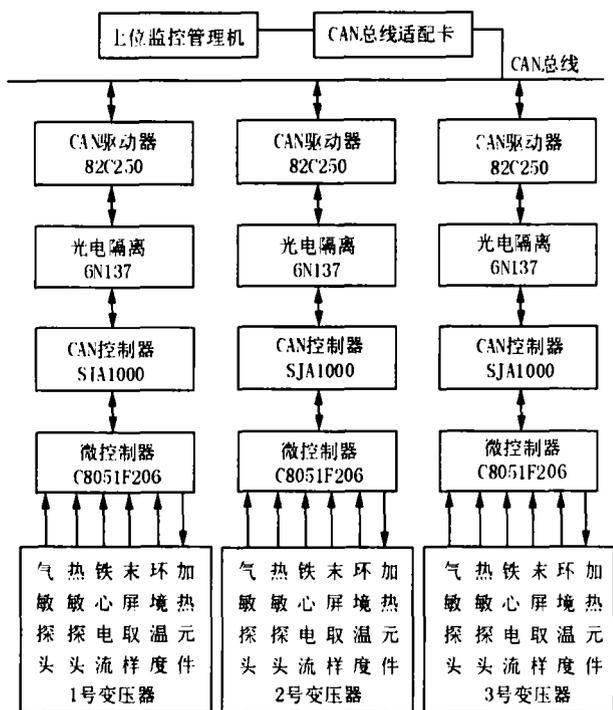


图1 变压器远程在线监控系统总体结构

Fig.1 Whole construction of the remote and on-line monitoring system for power transformer

### 3 基于CAN总线的下位机硬件系统构成

基于CAN总线的下位机硬件系统电路如图2所示。下位机的硬件主要由现场数据采集电路、微控制器核心电路、显示电路和CAN控制驱动电路组

成。每个下位机都作为CAN总线上一个节点,都以微处理器为核心,完成各自的数据采集和控制功能。

#### 3.1 微控制器核心电路

微控制器采用Cygnal公司生产的C8051F206单片机,这款单片机是完全集成的混合信号系统级芯片(SOC),具有与8051指令集完全兼容的CIP-51内核。在一个芯片内集成了构成一个单片机数据采集或控制系统所需的ADC、DAC、SPI、WDT和定时/计数等模块,使系统的硬件设计大大简化。它的所有I/O管脚都可以作为模拟输入脚,即它具有32路模拟输入。

C8051F206单片机通过CAN总线接收上位机发来的命令,并根据命令自动实时采集变压器的有关参数,经过简单处理后,再通过CAN总线传送到上位机。

#### 3.2 数据采集电路和显示电路

数据采集电路主要由传感器、取样电路、整形放大电路和电平调理电路组成。由于变压器上层油温和环境温度有关,为去除环境温度的变化对采集变压器上层油温的影响,系统在测量变压器上层油温的同时,一并测出环境温度,送到微控制器通过软件程序来消除环境温度的影响。各路传感器测出的信号一般比较小,不能直接送A/D转换器,都要经过整形放大和电平调理后才能送到C8051F206内的A/D转换器。

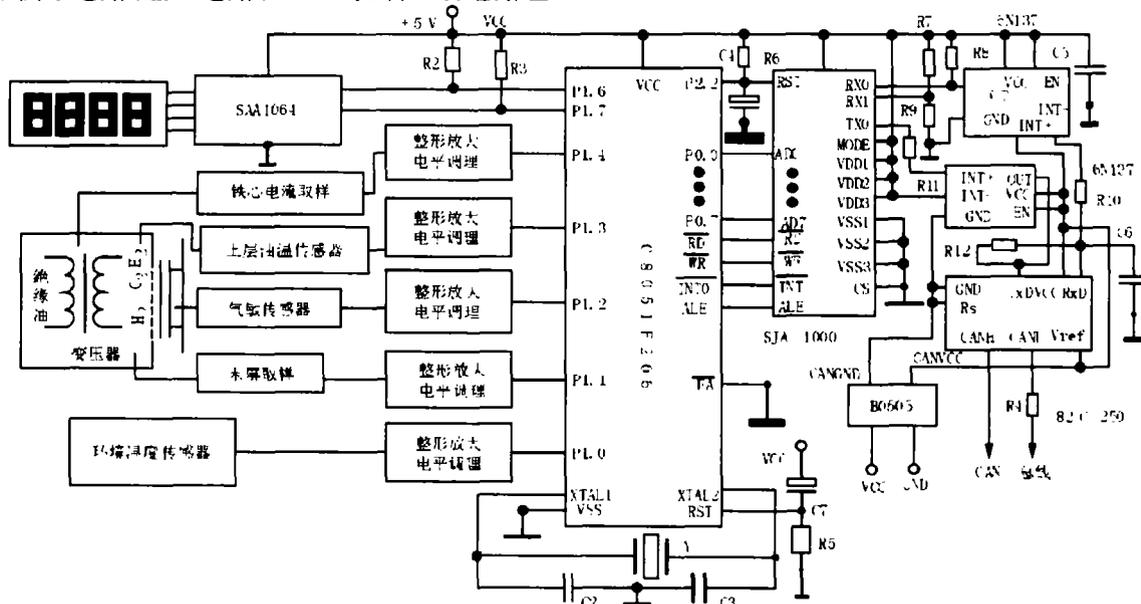


图2 下位机电路结构图

Fig.2 Construction of subordinate unit

显示电路和微控制器的连接采用 I<sup>2</sup>C 总线,由于 C8051F206 单片机内部没有集成 I<sup>2</sup>C 总线模块,故采用软件模拟的方法实现 I<sup>2</sup>C 通讯。显示驱动器采用具有 I<sup>2</sup>C 总线的器件 SAA1064,可动态驱动 4 位 8 段 LED 显示器。它内部具有显存和自动刷新功能,可免去微控制器的频繁刷新任务,腾出大量时间去做其他事情。

### 3.3 CAN 总线接口电路

CAN 是现场总线中唯一被批准为国际标准的现场总线,CAN 总线技术已经成为当今工业自动化发展的方向。CAN 的通信协议采用了 CRC 检验并提供相应的错误处理功能,保证了数据通信的可靠性。当节点严重错误时,具有自动关闭的功能,以切断该节点和总线的联系,使总线上的其它节点及其通信不受影响。CAN 总线的数据传输线为两条,即 CH<sub>+</sub> 和 CH<sub>-</sub>。采用普通的双绞线作为传输介质,安装极为方便。在 CAN 通信网络中,每一台变压器上都安装有数据采集电路、微处理器控制电路和 CAN 通信电路构成的下位机,每台下位机构成 CAN 总线上的一个节点,具体电路如图 2 所示。

在图 2 中,CAN 总线的控制驱动模块由 CAN 控制器 SJA1000、光耦 6N137 模块和 CAN 驱动器 82C250 构成。SJA1000 负责与微控制器进行状态、控制和命令等信息交换,并承担网络通信任务;82C250 为 CAN 控制器和总线接口,提供对总线的差动发送和对 CAN 控制器的差动接收功能。光耦 6N137 起隔离作用。

## 4 系统软件设计

系统软件由上位机主程序和下位监控程序构成。上位机主程序用 VB 语言开发,设计成人机交互界面。上位机软件由主程序、设备数据库、故障参数数据库和故障专家诊断软件构成。它的主要功能是处理下位机传来的变压器工作参数,分析变压器工作状态和作出变压器故障预测。

下位机软件由下位机监控程序、CAN 通信子程序、数据采集子程序和显示子程序等构成。其中下位机监控程序主要进行系统的初始化,调用子程序,实时检测变压器的工作状况,处理和保存采集的数据,供上位机查询,并送显示器显示,下位机监控程序流程图如图 3 所示。

CAN 接收和发送的通信方式采用查询方式。在启动 CAN 前,要对 CAN 初始化,设置 CAN 通信的参数,CAN 初始化的流程图如图 4 所示。CAN 在

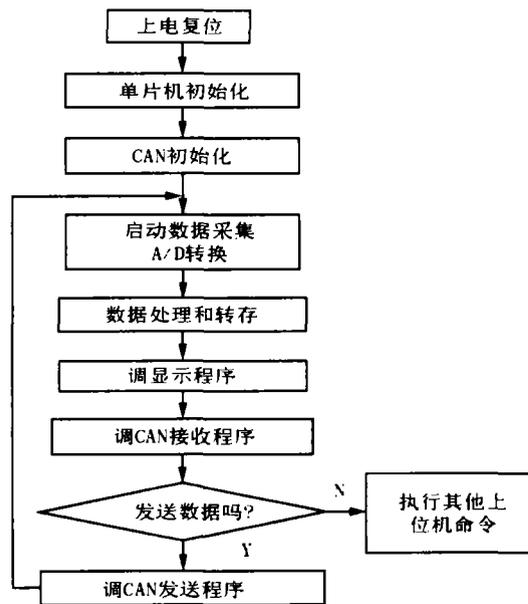


图 3 下位机监控程序流程图

Fig. 3 Flow chart of subordinate unit monitoring process

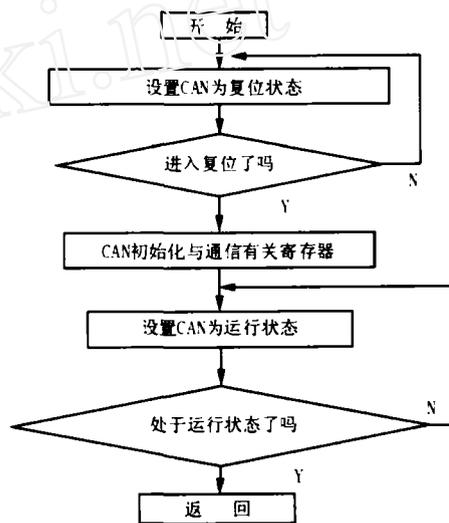


图 4 CAN 初始化程序流程图

Fig. 4 Flow chart of CAN beginning starts process

接收和发送数据前,都要分别检查接收缓冲区或发送缓冲区是否有数据,只有等接收缓冲区里数据满后才能读出数据,只有等发送缓冲区里的数据移出后才能发送。CAN 接收和发送的流程图分别如图 5 和 6 所示。

## 5 结论

由于 CAN 总线是一种有效支持分布式控制和实时控制的串行通讯网络,它采用了全数字化的、开放式的通信协议,嵌入了可靠的错误处理和检错机制;因此基于 CAN 总线的远程监控系统最大的优点

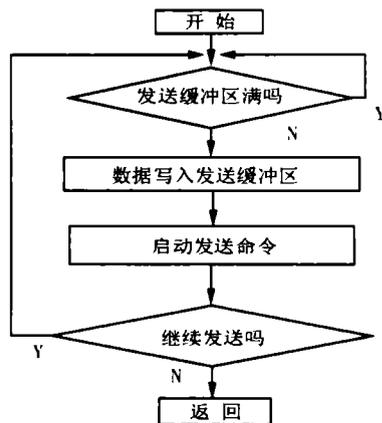


图5 CAN发送数据流程图

Fig. 5 Flow chart of CAN data-sending process

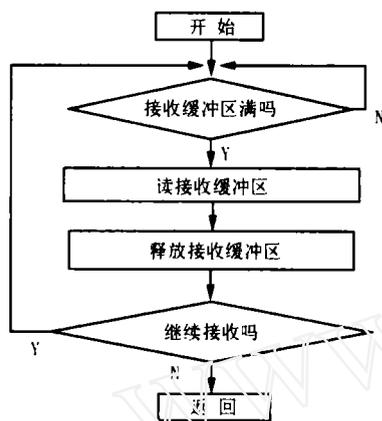


图6 CAN接收数据流程图

Fig. 6 Flow chart of CAN data-receiving process

就是数据传输距离长、可靠性高,完全能够满足变压器远程监控系统的技术要求。

我们对该系统中的CAN通讯模块进行了多次测试,根据测试结果,该系统具有如下特点:

1) 通信距离远,实时性强。CAN总线上的数据直接传输距离最远可达10 km/5 kbps,通信速率最高可达1 Mbps/40 m,完全能够满足远程监控的要求。

2) 可靠性高,抗干扰能力强。根据CAN总线的错误处理和检错机制,当发送的信息遭到破坏后,系统可自动重发,从而提高了数据传输的可靠性和抗干扰能力。

3) 易于增加新的节点。在实际的电力变压器监控系统中,有时需要增加或减少监控变压器的台

数,即增加或减少监控网络上的节点,这对于传统的数据通信网络来说,就必须对系统的硬件和软件作出较大修改。而CAN总线具有很强的开放性,在CAN总线上增加或减少节点,不需要更改系统的硬件和软件,也不影响其他节点的正常工作。

#### 参考文献:

- [1] 杨晓洪,甄为红,郭碧红. 变压器在线监测系统的研制[J]. 变压器,2002,(9):80-82.  
YANG Xiao-hong, ZHEN Wei-hong, GUO Bi-hong. Development of On-line Monitoring System for Transformer[J]. Transformer,2002,(9):80-82.
- [2] 张雪梅,李邦云,丁晓群. 变压器油中溶解气体在线监测系统的应用[J]. 变压器,2004,(4):36-39.  
ZHANG Xue-mei, LI Bang-yun, DING Xiao-qun. Application of On-line Monitoring System of Dissolved Gases in Transformer Oil[J]. Transformer,2004,(4):36-39.
- [3] 魏铁军,欧阳南尼. 变压器在线监测及诊断[J]. 电工技术杂志,2003,(7):76-78.  
WEI Tie-jun, OUYANG Nan-ni. Condition Monitor and Diagnostic for Transformer on Line[J]. Electrotechnical Journal,2003,(7):76-78.
- [4] 顾凤仙,郝新领,赵魏军. 变压器绝缘油在线监测技术[J]. 电工技术,2004,(9):8-9.  
GU Feng-xian, HAO Xin-ling, ZHAO Wei-jun. On-line Monitoring System of Transformer Insulation Oil[J]. Electro Technics,2004,(9):8-9.
- [5] 余永权,等. 单片机在控制系统中的应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.  
YU Yong-quan, et al. The Application of the Microcontroller in the Control System[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry,2003.
- [6] 何立民. MCS-51系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.  
HE Li-min. The Application System Design of Series MCS-51 Microcontroller[M] Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press,1999.

收稿日期: 2004-12-28; 修回日期: 2005-03-14

作者简介:

高霞(1962-),女,副教授,从事教学与研究工作;

来清民(1960-),男,副教授,从事电力自动化教学与研究

研究工作。E-mail:lqml111@tom.com

#### On-line remote monitoring system for power transformer based on CAN bus

GAO Xia<sup>1</sup>, LAI Qing-min<sup>2</sup>

(下转第69页 continued on page 69)

- [5] 吴杰. 大型电弧炼钢炉 SVC 方案设计及其实效效果[J]. 电网技术, 2001, 27(1):76-79.  
WU Jie. Scheme Design and Its Practical Effect of SVC for a Large Scale Arc Furnace[J]. Power System Technology, 2001, 27(1):76-79.
- [6] 黄绍平, 彭晓, 沈喜明. TSC 无功补偿装置的设计[J]. 高压电器, 2003, 39(6):33-35.  
HUANG Shao-ping, PENG Xiao, SHEN Xi-ming. Design of TSC Reactive Power Compensation Device[J]. High Voltage Apparatus, 2003, 39(6):33-35.
- [7] 闫静, 金黎, 闫青春. 10 kV 柱上无功自动补偿装置的研制[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(5):57-60.  
YAN Jing, JIN Li, YAN Qing-chun. Development of 10kV Pole-mounted Automatic Reactive Compensation Equipment[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(5):57-60.
- [8] 李建华, 陈建业, 张海波, 等. 虚拟仪器技术在 SVC 监测系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(5):65-67.  
LI Jian-hua, CHEN Jian-ye, ZHANG Hai-bo, et al. Application of Virtual Instrument Technology to SVC Monitoring System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(5):65-67.
- [9] 赵广, 陈建业, 逯帅. 基于 DSP 的静止无功补偿装置控制器设计[J]. 电力电子技术, 2002, 36(3):1-4.  
ZHAO Guang, CHEN Jian-ye, LU Shuai. Design of DSP Based SVC Controller[J]. Power Electronics, 2002, 36(3):1-4.
- [10] 王兆安, 张明勋. 电力电子设备设计 and 应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.  
WANG Zhao-an, ZHANG Ming-xun. Power Electronics Equipments Design and Application Manual[M]. Beijing: China Machine Press, 2002.

收稿日期: 2004-11-25; 修回日期: 2005-04-01

作者简介:

许珉(1956-), 男, 副教授, 研究方向为电力系统监视与控制; E-mail: xumin@zzu.edu.cn

卢宜(1951-), 男, 高级工程师, 研究方向为电力电子技术应用;

王克文(1964-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为电力系统稳定与控制。

### Development of the current pulse driving 10kV SVC device

XU Min, LU Yi, WANG Ke-wen

(School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** A current pulse driving and DSP processor based 10kV SVC device was presented, including the hardware structure, design characteristic and the control technique. With current transformers used to transfer the trigger pulses and insulate the high voltage, the problem of low cost insulation was solved preferably. Compared with the TCR typed SVC using fiber and pulse voltage transformer, the presented device possesses the obvious characteristics of the lower cost and easier insulation.

**Key words:** static var compensation(SVC); thyristor controlled reactor(TCR); current pulse driving

(上接第 65 页 continued from page 65)

(1. Chemistry Department, Henan Education Institute, Zhengzhou 450003, China;

2. Physics Department, Henan Education Institute, Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** This paper introduced a way to design on-line remote monitoring system for power transformer based on CAN bus. In this system, the host can on-line monitor many remote power transformer by CAN communication, analyse the running parameters and predict the failure of the power transformer. It is reliability, effectiveness and suppressing interference. It is easy to connect a new CAN node.

**Key words:** CAN bus; power transformer; monitor