

双单片机电容电流监测装置设计

李 玲¹, 李国庆¹, 王振浩¹, 王新立²

(1. 东北电力学院 研究生部, 吉林 吉林 132012;

2. 北京浩志信科技有限公司, 北京 100081)

摘要: 论述了采用注入变频信号测量电容电流的原理。电容电流监测装置分为主机和从机 2 部分, 主机由以 CPU AT 89C 52 为核心的信号提取、数字采集和人机接口 3 部分构成, 从机是 CPU AT 89C 51 为核心的信号驱动、光电隔离及变频信号源电路构成的变频信号发生器, 主机和从机以串口实现通信。给出了子机的主程序和中断处理子程序框图。监测装置已通过实验室调试, 证明所提出的检测出电网的谐振频率后就可求得电网的对地电容电流, 从而可得到消弧线圈精确补偿依据的方法是合理和可行的。

关键词: 双单片机; 电容电流; 变频信号法

中图分类号: TM 933.1; TP 368.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)08-0078-03

目前, 国内的中压电网普遍采用中性点不接地或经消弧线圈接地的方式。随着供电网络的发展, 特别是城市电缆线路的日益增加, 使得系统单相接地电容电流不断增加, 导致电网在单相接地故障时产生很高的过电压, 无法自动灭弧。我国电气设计规程规定, 当接地电容电流超过一定数值时, 电网要采用中性点经消弧线圈接地方式。因此, 测量电容电流有助于继电保护定值整定, 也为选择消弧线圈容量提供依据, 同时, 电容电流的准确跟踪和精确测量是消弧线圈精确补偿的前提^[1-2]。

传统的电容电流测量方法较多, 一般分为直接法和间接法 2 类。前者主要是单相金属接地法, 后者有中性点位移电压法、中性点电流最大值法、阻抗三角形法、注入信号法等^[3]。本文采用注入变频信号法测量电容电流。该方法不影响系统正常运行, 且不受系统运行的影响, 具有安全可靠的特点。变频信号法测量电容电流的关键环节就是变频信号发生器的设计。采用 CPU AT 89C 2051 作为信号发生器的核心, 与主 CPU AT 89C 52 通过串行通信构成双机系统进行电容电流监测。

1 变频信号法测量电容电流原理

1.1 原理说明

电网处于谐振状态时有如下关系式:

$$f_x = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

式中 f_x 为电网的谐振频率; L 为消弧线圈的电感量; $C = C_A + C_B + C_C$ 为电网总的对地分布电容。

由式(1)可得出电网的电容电流:

$$I_C = \frac{U_\Psi}{X_C} = U_\Psi \omega C = \frac{U_\Psi f}{2\pi L f_x^2} \quad (2)$$

式中 U_Ψ 为电网相电压。

可见, 只要能够测出电网的谐振频率就能测出电网的对地电容电流^[4-5]。

1.2 谐振频率测量

谐振频率是在电网正常运行时进行测量的, 扫描谐振频率的装置安装在消弧线圈上的电压互感器(TV)二次侧。测量谐振频率的等效电路如图 1 所示。

图 1 中 C' 、 L' 、 G'

分别为 C 、 L 、 G 折算到

TV 二次侧的值, 其中

C' 为电网对地的总分

布电容, 且认为电网各

相对地电容相等, L' 为

消弧线圈电感, G' 为电

网的对地泄漏电导, R_1 、 R_2 分别为限流电阻、取样

电阻, I_{inj} 为注入的变频信号。根据并联谐振的特点,

当变频信号发生器发出 30 ~ 70 Hz (50 Hz 除外) 的

变频信号时, 测量取样电阻的电压值, 当该电压值达

到最小时, 说明 C 和 L 发生并联谐振, 此时记录下

该扫描的频率值即为谐振频率。

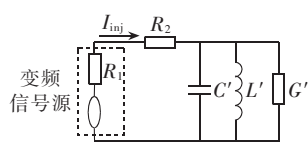


图 1 扫描谐振频率的等效电路
Fig.1 Equivalent circuit of resonance frequency detection

2 监测装置设计

2.1 硬件设计

监测装置是基于双单片机串行通信设计而成, 硬件结构如图 2 所示。装置分为主机和从机 2 大部分, 主机部分由主 CPU AT 89C 52 的信号提取、数字采集、人机接口 3 部分构成监测装置的主体; 从机部分是由从 CPU AT 89C 2051 的信号驱动、光电隔离及变频信号源电路构成的变频信号发生器。

本文采用的变频信号源是由电压型串联谐振逆变电路^[6]构成, 如图 3 所示, 电感 L 和电容 C 在 30 Hz 时发生串联谐振, 降压后的电源电压经桥式整流后

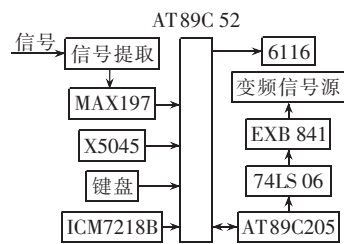


图 2 监测装置结构框图
Fig.2 Structure of monitoring equipment

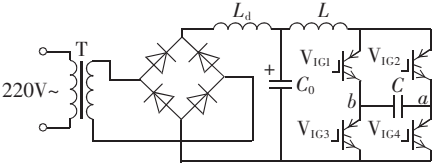
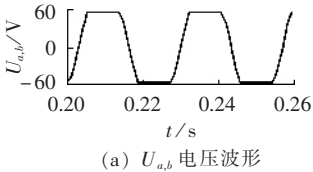


图 3 变频信号源
Fig.3 Variable frequency signal source

再经过小电感 L_d 、大电容 C_0 滤波得到直流电压信号,4 个绝缘栅双极晶体管 V_{IG} 分成 2 组构成全桥逆变电路。 V_{IG} 的栅极驱动电压约为 15 V,而关断负偏置电压为 5~6 V,因此,选用 EXB841^[7-8] 驱动以上 2 组 V_{IG} 。

光电耦合驱动器 EXB841 实现了将控制电路与主电路的隔离。当子机 CPU AT 89C 2051 控制引脚输出高电平时,经门电路 7406 驱动 EXB841 时就会触发 V_{IG} 导通。

因此,只要控制 CPU 引脚输出高低电平的间隔时间,即可控制 2 组 V_{IG} 的触发频率,从而改变输出信号的周期,就可得到 30~70 Hz 的变频交流信号。图 4 为 2 组 V_{IG} 触发频率在 40 Hz 时逆变电路的波形,其中 $U_{a,b}$ 为图 3 中 a,b 2 点电压, U_{T2}, U_{T3} 为同时加在 V_{IG2}, V_{IG3} 的触发脉冲, U_{T1}, U_{T4} 为同时加在 V_{IG1}, V_{IG4} 的触发脉冲。



(a) $U_{a,b}$ 电压波形

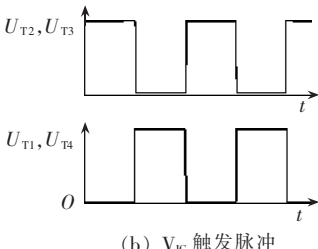


图 4 电压 $U_{a,b}$ 及 V_{IG} 的触发脉冲波形

Fig.4 Waveforms of $U_{a,b}$ and trigger pulse of V_{IG}

从机选用 AT89C 2051 作为变频信号发生器的核心,充分利用了 AT89C 2051 的硬件资源。本文设计中使用它的 2 个 16 位定时器、1 个全双工 I/O 口、P1 口的 4 条口线、串行口中断及 2 KB 的闪存,128 B 的 RAM 资源,由于它与主机 CPU AT 89C 52 相兼容,使硬件电路设计和软件编程更加简单、方便。

2.2 软件设计

系统软件是基于 C 51 语言编写而成的,采用 C 51 语言编写程序比用汇编语言编写程序更方便、快捷,便于移植和维护,提高了系统的开发效率^[10]。

系统软件由主机程序和子机程序 2 部分组成。

主机程序主要完成系统初始化、键盘扫描、数字采集、数据处理、滤波、定值修改等功能,并通过串行通信向从机发送变频命令,控制从机频率输出,根据预定的算法扫描谐振频率及其他参数的计算、显示。从机主要接收主机的命令,通过定时时间的改变确定逆变电路 V_{IG} 的导通时间,从而达到变频控制的目的。

3 双单片机通信

3.1 设计原理

在本文的设计方案中,由于采用注入变频信号法测量电容电流,所以既要测量谐振频率,同时还要控制变频信号的输出,为此本文采用双单片机^[11]串行通信结构。

3.2 串行口双机通信

在串行通信中,接收和发送双方的波特率必须一致,因此,首先要设计通信波特率,根据需要设置合理的发送、接收速率^[12]。装置采用 12 MHz 晶振,波特率 2 400 bit/s,实践证明能够可靠通信。实现双机通信的思路是:主机在进行数字采集、数据处理、分析之后,如果认为电网没有达到谐振点,就通过查表法向子机发送控制下一个频率输出的数据,接着进行串口扫描;若收到子机返回 00,则认为发送成功,重新采集谐振频率;若主机收到子机返回 FF,则认为发送不成功,继续发送数据。主机根据数据分析的结果可能随时发送数据,子机在串口初始化后要开中断,随时响应主机的控制命令,子机接收到数据后,根据通信协议判断数据正确时,就会根据主机的要求改变 2 组 V_{IG} 的导通时间输出变频信号。图 5 为子机的程序框图,图 6 为子机中断处理子程序框图。

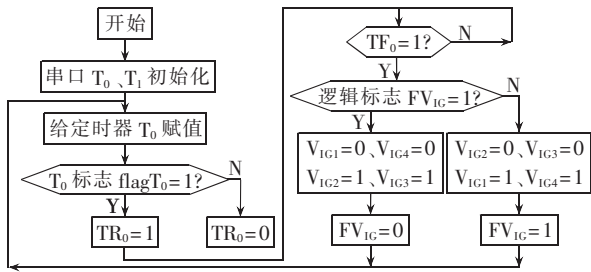


图 5 子机主程序框图

Fig.5 Main routine of subordinate computer

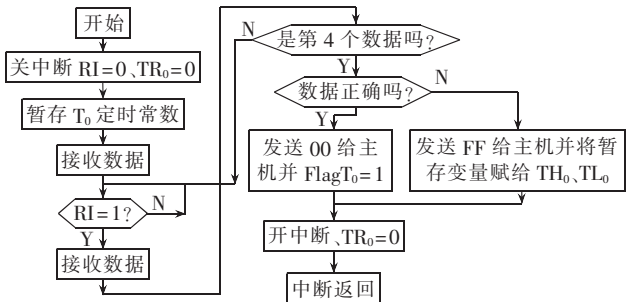


图 6 子机中断处理子程序框图

Fig.6 Interruption subroutine of subordinate computer

4 结语

本文给出了基于双单片机通信的电容电流监测装置的设计与实现方法。该监测装置已经通过实验室调试,证明所采用的监测方法是合理与可行的。基于C 51语言编写的系统软件具有效率高、可移植性强的特点,便于维护。系统的硬件设计充分利用了AT 89C 2051单片机硬件资源,灵活运用AT 89C 2051和AT 89C 52之间的串行通信,可靠地实现了电容电流的监测。

参考文献:

- [1] 董翠玲,余艳,陈忠仁. 自动补偿消弧装置跟踪测量问题探讨[J]. 高电压技术,2005,31(4):29-31.
DONG Cui-ling,SHE Yan,CHEN Zhong-ren. Study on tracing and measuring of automatically tracing and compensating arc-suppression coil[J]. High Voltage Engineering,2005,31(4):29-31.
- [2] 陈忠仁,吴维宁,陈家宏,等. 自动调协式消弧线圈测量跟踪问题的研究[J]. 继电器,2004,32(18):24-28.
CHEN Zhong-ren,WU Wei-ning,CHEN Jia-hong,et al. Study of measuring and tracing of arc-suppression coil with automatic tuning[J]. Relay,2004,32(18):24-28.
- [3] 赵牧函,纪延超. 消弧线圈自动调谐原理的研究[J]. 电力系统及其自动化学报,2002,14(8):50-54.
ZHAO Mu-han,JI Yan-chao. Study of automatically tuning principle of arc suppression coil[J]. Proceedings of the EPSA,2002,14(8):50-54.
- [4] 熊娅俐,陈乔夫,盛建科,等. 基于注入信号的消弧线圈电容电流检测方法[J]. 高电压技术,2005,31(3):36-38.
XIONG Ya-li,CHEN Qiao-fu,SHENG Jian-ke,et al. Measurement system of auto-tuning arc based on injecting current signal[J]. High Voltage Engineering,2005,31(3):36-38.
- [5] 李玲玲,孙鹤旭,王晓宏. 谐振接地电网自动调协的新方法[J]. 中国电机工程学报,2003,23(6):77-80.
LI Ling-ling,SUN He-xu,WANG Xiao-hong. A new automatic tuning method for resonance grounding power network[J]. Proceedings of the CSEE,2003,23(6):77-80.
- [6] 李玲玲. 中性点经消弧线圈接地的电网脱谐度测量方法的研究[D]. 天津:河北工业大学,2000.
LI Ling-ling. Study on measurement method of off tuning degree in the distribution network of neutral resonant grounding[D]. Tianjin:Hebei University of Technology,2000.
- [7] 苏麟,郑建勇,梅军,等. CPLD逻辑控制单元在IGBT驱动电路中的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(11):47-51.
SU Lin,ZHENG Jian-yong,MEI Jun,et al. Application of CPLD logic control unit in IGBT's drive circuit[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(11):47-51.
- [8] 丁祖军,郑建勇,梅军,等. 基于EXB841的IGBT驱动电路设计及优化[J]. 电力自动化设备,2004,24(6):37-40.
DING Zu-jun,ZHENG Jian-yong,MEI Jun,et al. Design and optimization of EXB841 based IGBT driving circuitry[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(6):37-40.
- [9] 苏麟,梅军,郑建勇,等. PSPICE和Matlab在IGBT动态仿真中的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(6):58-61.
SU Lin,MEI Jun,ZHENG Jian - yong,et al. Application of PSPICE and Matlab in IGBT dynamic simulation[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(6):58-61.
- [10] 张培仁,孙占辉,张村锋,等. 基于C语言编程MCS-51单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [11] 李凤阁,韩明武,佟为明,等. 基于双CPU的电力监控器的设计[J]. 继电器,2005,33(4):53-57.
LI Feng-ge,HAN Ming-wu,TONG Wei-ming,et al. Design of double CPU-based electric power monitor[J]. Relay,2005,33(4):53-57.
- [12] 李华. MCS-51系列单片机实用接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993.

(责任编辑:汪仅珍)

作者简介:

李 玲(1978-),女,河北沧州人,硕士研究生,研究方向为电力系统及其自动化(E-mail:liling_324@163.com);
李国庆(1963-),男,吉林长春人,教授,博士,研究方向为电力系统安全性与稳定性分析、配电系统监测与控制等;
王振浩(1964-),男,山东潍坊人,高级工程师,主要从事电力系统自动化的教学与科研工作;
王新立(1979-),女,河北邯郸人,助理工程师,主要从事低压电器的研究工作。

Design of capacitance current monitoring equipment with dual SCMs

LI Ling¹,LI Guo-qing¹,WANG Zhen-hao¹,WANG Xin-li²

(1. Northeast China Institute of Electric Power Engineering,Jilin 132012,China;

2. Beijing HAO Zhixin Science and Technology Co.,Ltd.,Beijing 100081,China)

Abstract: The principle of capacitance current measurement based on the injecting signal is discussed. The capacitance current monitoring equipment with dual SCMs(Single Chip Microprocessors) includes a host computer and a subordinate computer. Taking AT 89C 52 as the core,the host computer is composed of signal extraction,data collection and man-machine interface. Taking AT 89C 51 as the core,the subordinate computer is composed of signal driving,photoelectrical isolation and variable frequency signal generator. The serial communication is realized between them. Main and interruption routines of the subordinate computer are given. The equipment has been tested in the laboratory,and the proposed method,that the accurate compensation with arc-suppression coil can be obtained according to the capacitance current calculated with the detected resonance frequency of the power system,is proved to be rational and feasible.

Key words: dual SCMs; capacitance current; injecting signal method