

# 配电变压器反时限过流保护系统

李辉<sup>1</sup>, 陈铁军<sup>1</sup>, 王瑗琿<sup>2</sup>

(1. 郑州大学电气工程学院, 河南 郑州 450002; 2 中原工学院电子信息学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 设计了一种以 AVR 单片机为控制器的配电变压器反时限过流保护系统, 该系统能实时监测变压器负载大小, 根据负载情况进行报警、切闸, 能实现自动重合闸功能, 能进行故障记录及查询。文中重点介绍了反时限保护的算法、计算时间差存在的问题及对策、校表遇到的问题及解决办法。

关键词: 配电变压器; 反时限保护; 自动重合闸

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2005)03-0055-03

## 0 引言

目前广泛生产和使用的小容量配电变压器的保护装置非常简单, 通常只具有短路保护的功能。该类变压器超负荷运行非常普遍, 超负荷运行时间过长就会烧毁变压器, 一方面给用户造成损失, 另一方面会引起用户和变压器生产厂家的纠纷。

针对上述小容量配电变压器大量存在的超负荷运行状况, 我们与一个变压器生产厂家合作开发了一套用于 100 kVA 配电变压器的反时限过流保护系统。该系统实现的主要功能有: 实时显示负载电流、过载报警、根据过载电流的大小及环境温度按照反时限过流保护策略决定是否切闸、变压器油温报警、油温过高时切掉负载、自动重合闸、故障记录、故障查询。

## 1 总体设计

系统的总体结构如图 1 所示, 系统采集的信号有电流、环境温度、油温; 手动输入信号有手动合闸、手动切闸、故障查询信号; 控制器对输入信号进行分析处理后可产生的输出信号有实时电流显示、故障显示、报警、自动切闸、故障记录和自动重合闸。

## 2 器件选择

采用 ATT7026 芯片实时检测电流, 该芯片功能强大, 能测量电流、电压、功率等电量, 它既能满足当前需要又能适应将来系统升级的要求; 采用 AVR 单片机 ATMEGA8515 作为控制器, 该芯片的 flash 功能对于系统的开发、调试十分有利, 其中 4 K 字节的程序存储器和 512 字节的 EEPROM 能满足系统要求; 采用 DS18B20 芯片测量温度, 分辨率可调, 最高可达 0.0625 °C; 采用 DS1302 时钟芯片实时提供时

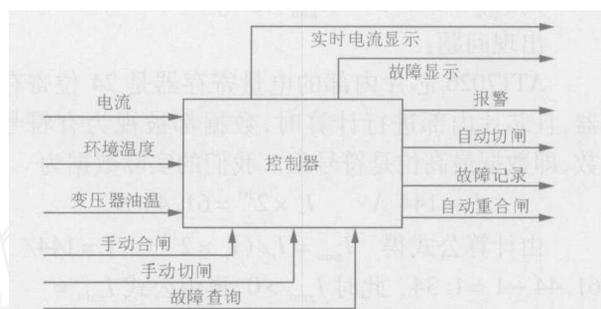


图 1 反时限过流保护系统结构框图

Fig 1 Block diagram of inverse-time overcurrent protection system

间; 为保证整个系统的可靠复位, 采用了 MAX705 看门狗芯片构成复位电路, 增强了系统的可靠性。

## 3 系统功能及实现

主要实现的功能: 实时测量、显示电流; 当电流大于、等于额定值的 1.2 倍时切闸; 当电流超过额定值且小于额定值的 1.2 倍时报警, 根据厂家提供的表格实现反时限过电流保护; 油温超过 90 °C 报警、超过 100 °C 切闸; 每次非手动切闸时, 存储一次故障数据, 包括起始过载时间、故障电流或油温、切闸时间; 实现自动重合闸功能, 即切闸后系统判断如果 1 min 内已经切闸 4 次, 就等待手动合闸, 若不足 4 次则计时 15 s 后自动合闸; 用户可以手动合闸、切闸、查询最近 10 次的故障记录。

下面就把系统开发过程中应用的一些编程思想、策略作一叙述。

### 3.1 校表中的问题及对策

我们要用 ATT7026 准确地测量各电量, 必须先对其进行校表。我们采用了软件校表的方法。根据 ATT7026 的技术资料:

电流增益校正  $I_{gainA}$ 、 $I_{gainB}$ 、 $I_{gainC}$ 。

在  $I_{\text{gain}} = 0$  时,标准表上读出实际输入电流有效值  $I_r$ ,通过 SPI 口读出测量电流有效值寄存器的值为  $Data_6$

已知:

实际输入电流有效值  $I_r$ ,

测量电流有效值  $I_c = Data_6 / 2^{23}$

计算公式:

$$I_{\text{gain}} = I_r / (I_c \times 2^{10}) - 1$$

如果  $I_{\text{gain}} > 0$ ,

则  $I_{\text{gain}} = NT / [I_{\text{gain}} \times 2^{23}]$ ;

否则  $I_{\text{gain}} < 0$ ,

则  $I_{\text{gain}} = NT [2^{24} + I_{\text{gain}} \times 2^{23}]$ 。

出现问题:

ATT7026 芯片内部的电量寄存器是 24 位寄存器,且芯片内部进行计算时,数据都被视为有符号数,即数据最高位是符号位。我们的实际数据为

$$I_r = 144 \text{ A} \quad I_c \times 2^{10} = 61.44 \text{ A}$$

由计算公式得  $I_{\text{gain}} = I_r / (I_c \times 2^{10}) - 1 = 144 / 61.44 - 1 = 1.34$ ,此时  $I_{\text{gain}} > 0$ ,再由公式  $I_{\text{gain}} = NT / [I_{\text{gain}} \times 2^{23}]$  可以判断最后 24 位数据  $I_{\text{gain}}$  的最高位是 1,即表示一个负数。我们可以看出这里出现了一个错误:一个正数  $I_{\text{gain}}$  经过数据处理变成一个负数。

解决办法:

我们分析计算公式后可知,只要  $I_{\text{gain}} = I_r / (I_c \times 2^{10}) - 1$  小于 1 就不会出现上面的错误,这就要求  $I_r / (I_c \times 2^{10})$  小于 2。我们可以在校表程序中对  $I_r$  进行除以 2 的处理,这样就满足了  $I_r / (I_c \times 2^{10})$  小于 2 的要求,同时 ATT7026 提供的电流数据变成实际电流的一半;我们在主程序中从 ATT7026 读出电流后,接着就乘以 2,这样整个问题就解决了。

### 3.2 反时限过流保护

我们这里采用了反时限过流保护策略,即过载电流越大允许过载时间越短。

厂家给我们提供一张以过载电流、环境温度为自变量的允许过载时间的表格。我们用线性插值的方法细化了该表格,使过流保护更准确、及时。

由于电流过载后,其数值一般也是变化的,因此我们必须给出符合实际、可行的反时限算法,具体编程思想是这样的:

1) 采集电流、温度数据,判断是否过载。若过载,记下当前时间作为起始过载时间,下一个采样时刻转向 2);若不过载,下一采样时刻继续执行 1);

2) 采集电流、温度数据,判断是否过载。若不过载,起始过载时刻清零,下一个采样时刻转向 1);若过载,由当前采样电流、温度通过查表得到允许过载的时间,然后用当前时间减去起始过载时间,结果若小于允许过载时间,下一采样时刻继续执行 2);结果若大于、等于允许过载时间,就切闸。

这种保护策略可以保证变压器安全、高效地工作。

### 3.3 计算时间差

设计方案对自动重合闸的要求是若 1 min 内自动切闸有 4 次,就不再自动重合闸,等待人工合闸。我们是这样检测是否符合自动重合闸条件的:每次系统自动切闸,我们都有一条故障记录,记录有起始过载时间、故障电流或油温、切闸时间。我们根据故障记录,用当前切闸时间减去比当前记录早 3 次的那条记录的切闸时间,结果若小于、等于 1 min,就表明 1 min 内系统自动切闸已经够 4 次了;结果若大于 1 min,表明 1 min 内系统自动切闸不足 4 次。

另外自动重合闸中的计时 15 s,还有反时限过流保护中都要用到两个时间相减的程序,因此计算时间差成了一个重要问题。

时钟芯片提供有年、月、日、时、分、秒等时间,计算时我们把这些时间表示成对应的二进制数。我们在计算时间差的过程中注意到了两个问题:一个问题是被减数的日二进制数小于减数的日二进制数时,被减数向其月二进制数借 1,而日二进制数加多少和被减数的年、月二进制数有关。即当被减数的月二进制数表示 1、3、5、7、8、10、12 时,日二进制数加 31;当被减数的月二进制数表示 4、6、9、11 时,日二进制数加 30;当被减数的月二进制数表示 2 时,若年二进制数是 4 的倍数,日二进制数加 29,否则加 28。另一个问题是当被减数向高位借位时,若高位为 0,则会出错。例如:假设被减数的分二进制数表示 0,若向分二进制数借 1,则分二进制数变为 255,而不是 59。另外由于分二进制数为 0,这里还存在进一步向时二进制数借位的问题。我们的解决办法是把向被减数高位的借位改为向减数高位的进位,这样做可以保证正确的计算结果。

## 4 结论

本文所述的配电变压器反时限过流保护模块已经制成样机,实验表明该模块能够很好实现设计的各项功能,且成本低、工作可靠,适用于小容量配电变压器的保护。该系统具有升级潜力,只需配以通

讯模块,并利用 ATT7026 芯片的强大功能,就可以实现远程抄表、监控,完全可以成为配电自动化系统的一部分。

#### 参考文献:

- [1] 耿德根. AVR 高速嵌入式单片机原理与应用修订版 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002  
GENG De-gen The Theory and Application of AVR High Speed Embedded Microcontroller Revised Version [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2002
- [2] 丁化成. AVR 单片机应用设计 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002  
DING Hua-cheng The Applied Design of AVR Microcon-

troller[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2002

- [3] 刘为. 配电网输电线路反时限过流保护探讨 [J]. 继电器, 2003, 31 (3): 23-25.  
LIU Wei Discussion of Inverse Overcurrent Protection for Transmission Line in Distribution System [J]. Relay, 2003, 31 (3): 23-25.

收稿日期: 2004-05-31; 修回日期: 2004-08-04

#### 作者简介:

李 辉 (1974 - ),男,硕士研究生,研究方向为复杂系统控制理论与应用; E-mail: hli@126.com  
陈铁军 (1954 - ),男,教授,硕士生导师,从事复杂系统控制理论与应用的的教学及研究工作。

### Inverse-time overcurrent protection system of distribution transformer

LI Hui<sup>1</sup>, CHEN Tie-jun<sup>1</sup>, WANG Ai-hui<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2. Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** An inverse-time overcurrent protection system of distribution transformer is presented based on AVR microcontroller AT-MEGA 8515. The system can inspect the change of current in real time and perform such functions as alarming, opening, automatic reclosing, recording and faults displaying. The paper mainly discusses the algorithm of inverse-time overcurrent protection, and the problems and countermeasures both in checking instruments and calculating time differences.

**Key words:** distribution transformer; inverse-time protection; automatic reclosing

(上接第 46 页 continued from page 46)

### Study of an intelligent low-voltage integrative motor protector based on PIC16F876 single chip

TONG Weiming<sup>1</sup>, LI Zhong-wei<sup>1</sup>, NI Wen-li<sup>2</sup>

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. The Third Relay Company of Acheng City, Acheng 150302, China)

**Abstract:** To resolve the contradiction between the function and the cost of the motor protectors in the market, a high performance-cost ratio and intelligent low-voltage integrative motor protector based on PIC16F876 single chip of microchip incorporation is designed. The inverse time characteristic of overload protection and the differences of starting protection and running protection are described in detail. A special algorithm is put forward to calculate in program, it solves the problem about low precision of fixed-point operation and high computation cost and long computation time of floating-point operation. To improve the reliability and the anti-interference ability of the equipment, many anti-interference measures are taken in designing the hardware and software. The results of dynamic simulation and test in the field indicate that this motor protector could make precise judgement to every kind of faults of the low-voltage motor protector and have higher reliability and repetition. The precisions of its action value and action time can meet the need of general engineering application.

This project is supported by Heilongjiang Technologies R&D Programme (No. GB02A103).

**Key words:** motor protector; single chip; dynamic display; on-line circuit debugging; on-line programming