维普资讯 http://www.cqvip.com

研究与设计

基于TMS320F2812DSP智能脱扣器的设计

陈燕坤 王 毅
(北京交通大学电气工程学院 北京 100044)

摘 要：本文介绍了基于TMS320F2812DSP的智能脱扣器的设计，包括硬件实现电路和软件控制策略。硬件电路描述了各个模块的结构及功能。系统软件设计上，判断出现短路故障时主要采用了一种改进的全波傅式算法，对短路电流的直流分量和基波分量进行分析，以减少计算电流有效值的误差；而在正常情况下采用全波傅式算法计算电流有效值，然后根据电流值大小采取不同的控制策略，达到智能脱扣器的保护功能。

关键词：智能脱扣器 DSP 数字滤波器 改进傅氏算法

Design of intelligent trip based on TMS320F2812

Chen Yankun Wang Yi
(*School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing* 100044)

Abstract: An intelligent trip based on TMS320F2812DSP is presented, including the circuits of hardware of the trip and the software of controlling strategies. The structures and functions of hardware is described. In design of system software, while occurring short-circuit fault is judged, an advanced full-scale-fast-Fourier transform (FFT) is mainly adopted to compute DC component and fundamental component, in order to reduce the errors of calculating the root-mean-square (RMS) of current; Normally, full-scale-FFT is taken to count the value. According to the value of current, various controlling methods are assumed to achieve protection functions of intelligent trip. The flow charts of the main and sampling procedures are also provided.

Keywords: intelligent trip, DSP, digital filter, Fourier algorithm

0 引 言

低压断路器作为配电系统中的重要电器元件之一，其作用是保护电气配电网络和工业设备免受短路、过载和接地等故障的损坏。断路器的各种保护功能最终是由脱扣器来实现的。脱扣器的性能指标和可靠性，直接影响到断路器能否对保护对象实施可靠保护，因此脱扣器的设计，成为断路器设计的关键技术之一。本文介绍关于低压大功率交流断路器的智能电子脱扣器设计。

1 系统结构

为了实现智能脱扣器的功能，总体结构设计如图1所示，它由如下6部分组成：

(1) 电源供给模块，采用的TI公司的TPS73HD301 DSP电源专用芯片。输入+5V，输出+3.3V和+1.8V，满足发F2812DSP外核、内核不同电压的需要。

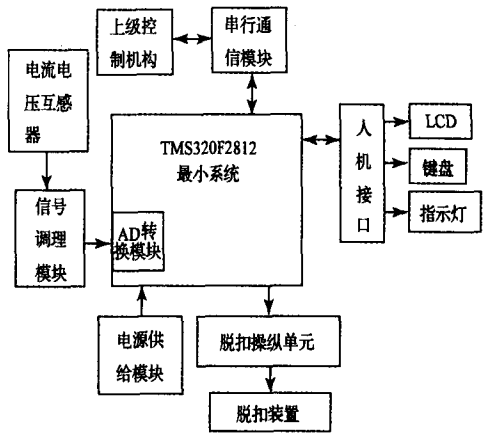

图1 智能测控单元结构图

(2) DSP最小系统：含CPU(TMS320F2812)。片上12位模数转换器(ADC)有两个8通道的输入多路选择器，两个采样保持器，其采样频率最高可达12.5MS/s。系统采用了片内A/D转换模块，这

维普资讯 http://www.cqvip.com

样既简化系统又节省成本。

(3) 信号调理模块的功能是将外部的电流信号经过互感器、滤波、幅值调整环节后送到微处理器A/D采样通道口。

(4) 人机交换模块:包括键盘操作面板和液晶128×64显示面板、指示灯。键盘操作面板提供人机交互界面,通过按键可实现整定、试验、检测等功能。液晶面板显示大量的信息,如数据显示、参数整定、故障信息等。指示灯用于指示脱扣器是否正常工作。

(5) 通信接口模块:采用串行通信,如RS232/485,USB与上级计算机通信,传输电压电流参数,发生故障等。

(6) 脱扣模块包括脱扣操纵单元和脱扣装置。前者由电流放大电路及抗干扰电路构成;后者是一种磁通传输分离脱扣器,用较小的能量就能驱动使其脱扣,脱扣信号来自DSP系统。

由于TMS320F2812DSP具有高达150MIPS的数字信号处理能力,能够实时地处理许多复杂的控制算法。为下文采用的算法,如改进的全波傅式算法,提供了硬件支持,有利于实时控制。

2 采用的算法

为了快速而准确的使脱扣器动作,精确计算短路电流值是十分必要的。由于故障暂态信号中含有不确定的衰减直流分量、基波分量和倍频分量,全波的傅式算法提取基波幅值时误差小。在充分利用全波傅氏算法原有滤波功能的基础上采用改进傅氏算法,该算法适用于输入信号中除直流分量和整数次谐波分量外,还包括衰减直流分量的情况,其能弥补衰减直流分量对全波傅氏算法的影响,而求得精确的基波分量和谐波分量。因此,首先对采样数据进行判断,若短路发生,则采用改进傅氏算法提取短路电流基波分量,而线路正常运行时采用全波傅氏算法提取电流基波分量。

(1)发生短路的情况下,设输入信号为:

$$i(t) = Ae^{-\alpha t} + \sum_{N=1}^{M} I_M \sin(n\omega t + \phi_n) \tag{1}$$

则n次倍频分量实部的模值$I_{Re}(n)$和虚部的模值$I_{Im}(n)$分别为:

$$I_{Re}(n) = I_m(n)\sin\phi_n + \frac{2}{T}\int_0^T Ae^{-\alpha t} i(t)\cos n\omega t\,dt \tag{2}$$

$$I_{Im}(n) = I_m(n)\cos\phi_n + \frac{2}{T}\int_0^T Ae^{-\alpha t} i(t)\sin n\omega t\,dt \tag{3}$$

式中:T为基波分量的周期;ω为基波分量的角频率($\omega=2\pi/T$)

令:

$$\Delta k_1 = \int_0^T Ae^{-\alpha t}\cos n\omega t\,dt, \Delta k_2 = \int_0^T Ae^{-\alpha t}\sin \omega t\,dt$$

输入信号包含衰减直流分量,$A\neq0$,$\alpha\neq0$,$\Delta k_1\neq0$,$\Delta k_2\neq0$,因此应用全波傅氏算法将引起误差。为了能求得精确的计算结果,必须弥补衰减直流分量对傅氏算法带来的误差,即必须求出Δk_1,Δk_2。通过下面的数学推理可以得到Δk_1,Δk_2,之间的数学关系,由于:

$$\int_0^T Ae^{-\alpha t}\cos n\omega t\,dt = \frac{1}{n\omega}e^{-\alpha t}\sin n\omega t\,\Big|_0^T + \frac{\alpha}{n\omega}\int_0^T e^{-\alpha t} i(t)\sin n\omega t\,dt = \frac{\alpha}{n\omega}\int_0^T e^{-\alpha t} i(t)\sin n\omega t\,dt$$

所以:$\Delta k_1 = \frac{\alpha}{n\omega}\Delta k_2$ (4)

有了式(4)关系,就能得到滤除衰减直流分量的新算法。新算法的计算步骤如下:

1)延时ΔT($\Delta T=T/2n$)取数据窗,$t\in[\Delta T,\Delta T+T]$,由式(2)、(3)得:

$$I'_{Re}(n) = I_m(n)\sin(\phi_n + n\omega\Delta T) + \frac{2}{T}\int_0^T Ae^{-\alpha\Delta T}e^{-\alpha t} i(t)\cos n\omega t\,dt = -I_m(n)\sin\phi_n + e^{-\alpha\Delta T} * \Delta k_1 \tag{5}$$

$$I'_{Im}(n) = -I_m(n)\cos\phi_n + e^{-\alpha\Delta T} * \Delta k_2 \tag{6}$$

2)式(2)加(5)、式(3)加(6)得:

$$\Delta k_1 = \frac{1}{1+e^{-\alpha\Delta T}}[I_{Re}(n) + I'_{Re}(n)] \tag{7}$$

$$\Delta k_2 = \frac{1}{1+e^{-\alpha\Delta T}}[I_{Im}(n) + I'_{Im}(n)] \tag{8}$$

3)式(7)除以(8)得:

$$\frac{\Delta k_1}{\Delta k_2} = \frac{I_{Re}(n) + I'_{Re}(n)}{I_{Im}(n) + I'_{Im}(n)}$$

由$\Delta k_1 = \frac{\alpha}{n\omega}\Delta k_2$得:

$$\alpha = n\omega\frac{I_{Re}(n) + I'_{Re}(n)}{I_{Im}(n) + I'_{Im}(n)}$$

求得α后,由式(7)、(8)可求得Δk_1、Δk_2。根据式(2)、(3)得到正确分量:实部$=I_m(n)\sin\phi_n = I_{Re}(n)-\Delta k_1$;虚部$=I_m(n)\cos\phi_n = I_{Im}(n)-\Delta k_2$然后计算电流有效值,判断短延时还是速断。

式(2)在没有发生短路的情况下,$A\neq0$,$\alpha=0$,

维普资讯 http://www.cqvip.com

故式(1)变为：

$$i(t) = A + \sum_{N=1}^{M} I_M \sin(n\omega t + \phi_n) \tag{9}$$

则 n 次倍频分量实部的模值 $I_{Re}(n)$ 和虚部的模值 $I_{Im}(n)$ 离散化后为：

$$I_{Re}(n) = \frac{2}{N}\sum_{k=1}^{N} i(k)\cos nk\frac{2\pi}{N} \tag{10}$$

$$I_{Im}(n) = \frac{2}{N}\sum_{k=1}^{N} i(k)\sin nk\frac{2\pi}{N} \tag{11}$$

式中：N 为一个周期中的采用点数。得到 $I_{Re}(n)$ 和 $I_{Im}(n)$ 后可以计算交流量有效值 $I(n)$ 和初相角 ϕ_n，而且也可以进一步求得有功、无功等。

$$I(n) = \sqrt{\frac{I_{Re}^2(n) + I_{Im}^2(n)}{2}} \tag{12}$$

算出有效值 $I(n)$，利用长延时反时限特性：$T=(1.5I(n))^2 * t_I/I^2$，以及短延时特性：$T=(8.0I(n))^2 * t_S/I^2$，经历一段延时后使脱扣器断开。

3 软件设计

智能脱扣器的软件设计采用了 F2812 中使用的汇编语言和 C 语言混合编程的方法进行程序结构优化，以确保实时性。程序结构具有模块化和子程序化的特点，同时在程序设计中加入了抗干扰处理。软件程序分为主程序和中断程序两大部分：

(1) 主程序流程如图 2 所示。

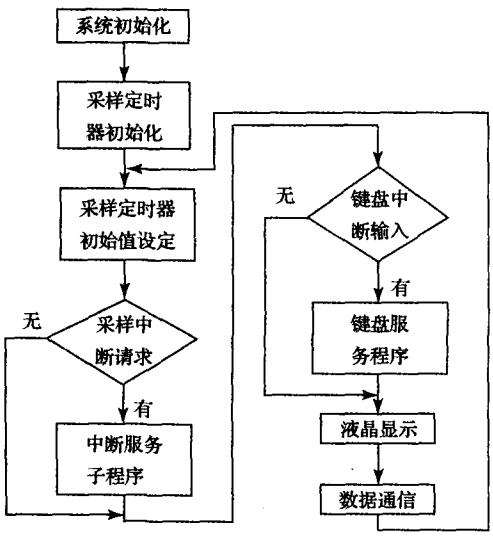

图 2 主程序流程图

(2) 中断子服务程序流程图 3 所示。

中断服务程序 1 处理数据时间大约在 1.2ms 左右，小于采样周期 1.67ms，确保了实时性。

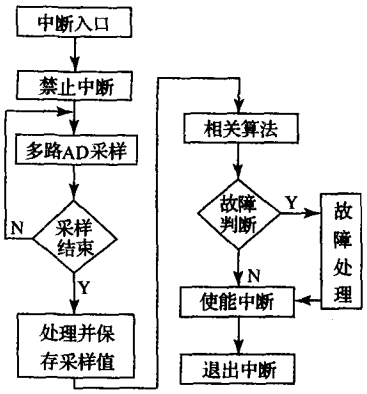

图 3 中断服务子程序流程图

4 结束语

以 TMS320F2812DSP 为核心的智能脱口器可将采集的数据进行实时分析、运算和处理，并可获得各种不同的保护特性。同时液晶面板可显示数据显示、参数整定、故障信息等。该系统相对于由一般单片机所构成的系统有易于修改、选择性和配合性好等优点。它集测量、监控和保护于一身，可通过通信接口与计算机联网，构成智能化电器的监控保护与信息网络系统，具有很高的使用价值。但国内在微机保护和监控系统的研制起步较晚，产品主要性能与国外相比还存在较大的差距，许多技术问题还有待进一步的探讨和解决。

参考文献

[1] 苏奎峰，吕强，耿庆锋，等. TMS320F2812 原理与开发[M]. 北京：电子工业出版社 2005.

[2] Texas Instruments. TMS320F2810, TMS320F2812 Digital Signal Processors[Z], 2003.

[3] Texas Instruments. TMS320F28x DSP Analog-to-Digital Converter (ADC) Reference Guide[Z]. 2003.

[4] 杨震宇，连理枝. 断路器的选择及其过电流保护范围分析[J]. 机电工程，2001, 18(2)：35-40.

[5] 姚建军，王舜尧，王汝文，等. 微处理器实现脱扣器二段保护的算法[J]. 低压电器，2002. (2)：8-10.

[6] 王铭. 智能脱扣器的设计及其保护特性的研究[J]. 上海电器技术，2005. (2)：45-46.