电机监测保护装置的开发与应用

牛文茂　王晓东
(哈尔滨电机厂有限责任公司,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘　要:由于各种高性能AD芯片的问世和DSP价格的降低,使工业现场有可能用以构造出高性能和性价比合理的电机保护装置。本文介绍一种由AD电能计量芯片ATT7028和DSP为核心的电机保护装置。实验证明,本系统工作速度和可靠性满足工业现场的要求。

关键词:电机保护;ATT7028;DSP

1 引言

电机的损坏会引起大量电能消耗，也会引起所拖动的负载不能正常运转。传统的电机保护装置中,MCU既负责基本参数的运算又要做故障模型的判断,影响了解决实际问题的速度,较复杂的故障模判断比较困难，实现起来也有一定的难度。为此笔者考虑性价比,选用带有数字信号处理功能的国产电能计量芯片以减轻MCU的负担;选用定点DSP可以将一些复杂的故障判断放入其中，研制出以电能计量芯片ATT7028和DSP为核心的智能电机保护装置。

2 器件选择

2.1 AD芯片的选择

系统包括监测和保护两大部分，监测部分的主要功能是检测各相的电压、电流、功率等参数，以便保护部分根据故障模型决定应采取的动作。对检测部分的要求是有一定的精度和速度。为此选用微型精密电压电流互感器和具备六路同步采样的模数转换器(AD)很有必要。在通常的低压电器保护装置中，采样数据处理的过程一般是将AD转换得到的数据传送给处理器MCU,然后由MCU进行具体的数据处理。这样做的结果往往会加重MCU的负担,在此情况下,MCU既要将采样值换算成相应的电压、电流等参数,又要做故障模型的运算处理,必然会降低故障判断和处理的速度。本系统采用了电力系统专用的带有数字信号处理功能的AD芯片——多功能电能计量芯片ATT7028，将大量基本参数的运算放在前端AD中，大大减轻主处理器的负担。ATT7028主要包括三大部分电路:AD转换部分、数字信号处理部分、通信及其它。其内部工作原理图如图1所示。

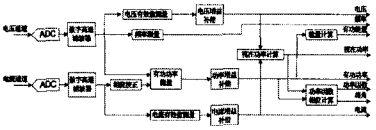

图1　ATT7028内部工作原理图

该芯片的AD部分集成了6路可同步采样的二阶——AD转换器,采用过采样技术,采用双端差分信号输入方式分别针对三相电压、三相电流检测，各路的采样都是16位模数转换,经过片内运算电路的处理,得到24位的参数输出。同步过采样可有效地保证功率、功率因数、电压电流有效值等参数测量的准确性（有效值的测量误差低于0.1%[2]）。数字信号处理部分对AD转换后的数据先经过数字滤波器滤波,然后分别计算各相的有效值、有功功率、相位、功率因数、电能和合相的有功功率、电能、频率、功率因数等电力参数。计算完后分别存到相应的寄存器中。此时MCU读取的是经采样、计算后的参数值,而不仅仅是采样值。这样给MCU进行故障模型判断节省大量时间。

2.2 MCU的选择

本系统对于采用MCU的选取,为了尽快采取动作以便保护电机不受损坏，需对数据快速处理,同时也要将复杂的故障模型装入,笔者在单片机和数字信号处理器(DSP)中考虑决定选择DSP,大部分单片机指令执行时间较慢,在处理数据方面也比较慢,装入复杂故障较困难,不利于产品的升级，而DSP是专门针对数字信号处理的,在速度和数据处理方面有很多优点,而且可将较复杂的故障模型装入其中，各方面性价比较高。

在数字信号处理器中当前主要有定点和浮点两大类,浮点的价格较高、速度较快,对电机保护系统考虑性价比使用定点DSP即可，定点DSP中TMS320F206（以下简称206）和TMS320LF2407用在工控领域较多，二者性能相似,它们都具有集成32K闪烁存储器于片内、有16X16硬乘法器、224K最大寻址空间、具有符合IEEE1149.1标准的JTAG逻辑扫描电路、可用于仿真与测试等特点,LF2407采用3.3V供电、I/O口较多，笔者采用206，它I/O够用,5V供电电路及接口电路设计比较方便。

2.3 系统设计

经过上述两个器件的选择就构成了一个双DSP的系统,系统总体框图如图2所示。

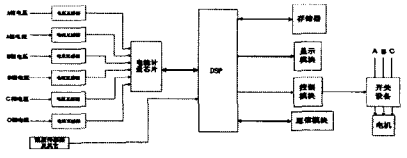

图2　电机保护装置系统原理图

2.4 硬件设计

本设计主要包括参数检测模块、液晶显示模块、通信模块、键盘模块、复位电路、控制动作模块等组成。参数检测模块设计:采用电流型电压、电流互感器,选择合适的取样电阻使得到达电能计量芯片的信号幅度合适。ATT7028提供串行通信接口(SPI)很方便与DSP通信,接口电路如图3所示。

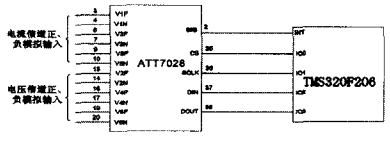

图3　AD与DSP通信接口电路

DSP可很方便地从ATT7028中读取数据,并可将校表数据写入电能计量芯片中。ATT7028有电阻网络校正或软件校正两种校正方式来校正误差,本设计采用软件校正方式,可用ATT7028提供的SIG端子与DSP的INT脚相连，当ATT7028受干扰复位或内部错乱时SIG端子给DSP中断信号以便DSP重新写入修正数据。DSP的I/O口与ATT7028的SPI接口相连,既可对ATT7028输入校正数据,也可读取计算过的AD转换数据。

液晶显示模块：设计硬件时由于液晶是慢速外设,我们采用74HC273作为缓冲,利用边沿触发方便给液晶提供控制信号和显示数据。通信模块:206片内的异步串行口(ASP)可用于与另外器件传送数据，笔者采用MAXIM公司的芯片MAX485来进行电平转换来构成485接口与外部工控机通信实现联网功能。另外还可根据需要稍加修改采用MAXIM公司的芯片MAX232构成232接口来与外部通信。

复位电路设计：本产品要起到保护电机的作用,对其可靠性有相当的要求,而其工作环境比较复杂,DSP系统的时钟频率较高,在运行时极有可能发生被干扰的现象，严重时会出现死机。为了克服这种情况,本设计在硬件上作了相应的处理,采用具有监视功能的自动复位电路。其基本原理就是通过电路提供一个用于监视系统运行的监视线,当系统正常运行时,应在规定的时间内给监视线提供一个高低电平发生变化的信号，如果在规定的时间内这个信号不发生变化，自动复位电路就认为系统运行不正常并重新对系统进行复位[1]。另外该复位电路使用芯片还具有上电复位功能。复位电路如图4所示。

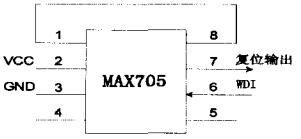

图4 具有监视功能的自动复位电路

控制动作模块：采用具有隔离作用的光耦来隔离信号和动作回路，减少了动作回路对信号产生的干扰,增强了系统工作的稳定性。

2.5 软件设计

本系统采用查询方式。为了保证测量的准确性需校正系统中的误差，本设计采用软件校正方式来校正测量中的误差，首先对系统初始化，初始化完成后将校表数据通过SPI口传送给ATT7028的校表寄存器,执行校表操作后校表数据立即生效,这时就可从ATT7028中读取有效的参数信息，然后利用DSP对数据的快速处理能力，立即进行故障模型的判断决定是否采取动作措施。主程序流程图如图5所示。

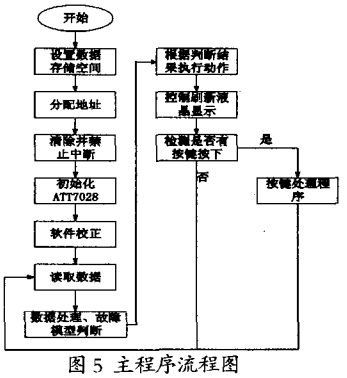

图5 主程序流程图

谐波对电能计量准确度的影响及其解决措施

虞丽华

（云南电力技术有限责任公司，云南 昆明 650217）

摘 要： 随着非线性负荷的日益增加，特别是一些大功率变流设备和电弧炉的大量应用，导致电网中产生大量的谐波。该文对电力系统谐波的产生原因与危害影响做出分析，论述了电力系统谐波的电能计量解决措施。

关键词： 电力系统；电能计量；谐波；原因；准确度

1 电力系统谐波的产生及危害

当电网正弦基波电压施加于非线性设备时，设备吸收的电流与施加的电压波形不同，电流发生了畸变，产生了谐波；谐波电流注入到电网中，使得电网电压发生畸变，这些设备就是电力系统的谐波源。电力系统中的谐波源分为两类：一是含半导体的非线性元件，如各种整流设备、变流器、交直流换流设备、变频器等节能和控制用的电力电子设备；二是含电弧和铁磁非线性设备的谐波源，如交流电弧炉及铁磁谐振设备等，其中尤以电力设备产生的谐波最多。

2 谐波对电能计量准确度的影响

2.1 对电磁感应式电能表的影响

电磁感应式电能表是通过电磁感应组件来驱动机械计数装置记录电能的。它是按基波情况设计的。在电能表工作时，电压线圈的电流所产生的磁通分为两部分，一部分是穿过铝盘并由回磁板构成回路的工作磁通，另一部分是不穿过铝盘而由左右铁轭构成回路的非工作磁通。而电流线圈所产生的磁通，两次穿过铝盘，并通过电流元件铁芯构成回路。由于电压线圈和电流线圈产生的交变磁通，在不同位置穿过铝盘，并在铝盘的不同位置感应出电流(涡流)，此涡流与磁场相互作用产生推动铝盘转动的力矩，铝盘转动力矩与负载有功功率成正比。当电力系统中有谐波分量存在时，谐波与基波相迭加，电压电流波形发生畸变，而由于铁芯导磁率的非线性，磁通并不能相应地线性变化。根据电路原理，只有同频率的电压和电流相互作用才会产生平均功率，电能表也只有同频率的电压和电流产生的磁通之间相互作用才能产生转矩，畸变的波形通过电磁元件以后，由于磁通不与波形对应变化，导致转矩不能与平均功率成正比而产生附加误差。因此电磁感应式电能表在基波情况下能准确地记录负载消耗的有功功率；在谐波情况下，由于不能实现将多个不同频率的正弦电压和电流产生的机械转矩相叠加，因此不能准确记录负载消耗的谐波有功分量。

2.2 对电子式电能表的影响

电子式电能表的结构主要包括：输入部分、乘法器、积分部分、输出部分。其工作原理是通过电压采样和电流采样，将电压信号和电流信号送入乘法器得到功率通过积分电路进行功率频率转换，得到对应的频率，再对此频率信号计数得到被测电路消耗的能量值送至输出。其工作原理示意图如图 1。

图 1 电子式电能表的工作原理

电子式电能表完全排除了感应式电能表的机械转动、元件磨损、倾斜度等的影响，其误差来自运行环境、元器件质量、电能质量、谐波频率等。与感应式电能表相比，电子式电能表，具有较宽的频率响应，频率误差特性曲线较平坦，计量误差受频率变化影响较小，电子式电能表能够将含有多个不同频率、按正弦规律变化的电压和电流分别采样并做运算，记录负载消耗的所有有功能量。从原理上讲，电子式电能表可以记录负载消耗基波和谐波的总能量(代数和)。

3 谐波的电能计量

3.1 谐波要求准确计量

随着电力市场改革的推进，电能作为一种商品已经全面走向市场化，电能表能否在各种工业状况下准确计量，是发电、供电、用电三方关注的问题，而且电能计量的数据也是计算经济指标的重要依据，因此在谐波依然要求电能计量准确。

3.2 谐波电能计量分析

3.2.1 需要计算谐波消耗的电能

电网中，高次谐波产生时要消耗一定电能，而且谐波电流在流经送变电设备和用电设备时也要做功，也会产生相应的有功电能和无功电能。故要想保证电能计量准确度，必须计算谐波产生的有功电能和无功电能。把各次谐波产生的有功电能、无功电能一并计算进去，其结果肯定会更加接近实际，提高电能计量的准确度。

谐波是一个周期性电气量的正弦波分量，其频率为基波频率的整数倍，从理论上讲任何周期性波形都可以将其分解为傅立叶级数来进行分析，所以利用傅立叶变换法，可以有效分析电力系统中的高次谐波。随着计算机技术的发展和交流离散采样技术的成熟，用傅立叶变换技术进行电能计量已变得非常现实。

3.2.2 谐波功率对电能计量合理性的影响

我国采用全能量的计量方式，在基波情况下能够准确反映用户的用电情况，但是在谐波作用下就产生了较大的差异：当谐波从非线性负载流向电网时，实际上是负载将电网中的基波经过滤波和整流后形成的谐波电流反送回电网(如图 2)，这是一种电能污染。此时谐波与基波的潮流方向相反，全电子式电能表记录的是基波电能与谐波电能的代数和，记录的电能比负载消耗的基波有功电能还要小，致使电能计量不合理。另外，线性负载吸收电网基波电能的同时又被迫吸收了电网谐波电能，因此电力用户既是电网谐波的受害者，还得多缴纳电网谐波形成的电费，也是不合理的。

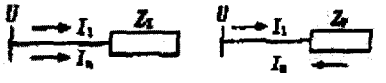

图 2 负载中基波电流、谐波电流流向示意图

U—电网电压；Z_F—非线性负载；zx—线性负载 I_1—基波电流；I_m—非线性负载产生的谐波电流；I_n—电网谐波电流

3.2.3 推荐一种合理的计量方式

发电机提供的是纯正弦波电压源，电网中谐波是电力用户的非线性负荷产生的，因此某个电力用户所引起的配电网谐波电能损耗应由该用户来承担；另外，电力用户希望电网提供纯正弦波电压源，因而，由电网携带的谐波在电力用户中引起的谐波电能损耗应该由电网来承担。为此，对电力用户应采用以下计量方法。

用户负荷消耗的总电能 W= 消耗的基波电能 W_1- 电网谐波形成的电能 w+ 负荷产生的谐波电能 W_3 (对线性负荷为零)，电费：$k_1 W_1 - k_2W_2+k_2W_3$。K_1，k_2 分别为负荷消耗的基波电能电价、谐波电能的电价。此计量方法不但能够通过经济手段迫使用户采取措施减少注入电网的谐波量，同时对受电网谐波危害的用户也给以部分补偿，提高了电能计量的准确性和合理性。

4 结论

电力谐波直接影响电能计量的准确度，为了保证电能计量准确度，必须计算各次谐波消耗的有功电能。将谐波消耗的电能计入用户总电能时，应该区分谐波分量的来源与性质，以提高电能计量的合理性和公平性。

参考文献

[1] 江泽佳.电路原理[M].北京：高等教育出版社，1992.

[2] 同向前，余健明.电网谐波电能损耗的计算方法.西安理工大学学报，2002，18(2).

2.6 调试和应用

本文的设计在调试的过程中发现需要注意的问题：模拟输入部分注意尽量缩短走线，适当走粗，差分信号走线和元件排布尽量一致、平衡和对称，模拟部分和数字部分要分清楚，模拟电源和数字电源要分开，模拟地和数字地只一点相接。本系统检测参数误差很小，保护部分完成了对电动机保护的基本功能，同时还预留了一些功能接口，便于对系统添加新的功能，为以后产品的升级带来了方便，如预留有温度检测接口方便添加温度检测功能等。本系统不仅能够把传统的故障模型如电压保护、电流保护、过载保护、缺相、不平衡等装入其中，而且稍作修改就可将先进的故障模型如利用时频信息[4]、利用小波变换进行故障判断等装入其中，具有很大的实用价值。保护装置在应用中取得了较好的效果，稍加调整可推广到其它有关三相电压、电流的监测中去，并可用于其它相关电器的保护中，具有较好的应用前景。

参考文献

[1]张雄伟，陈亮，徐光辉.DSP 芯片的原理与应用(第 3 版).北京：电子工业出版社.2003.

[2]ATT7028 用户手册.

[3]TMS320C2XX 用户指南.

[4]黄允凯等. 利用时频信息进行电机故障诊断. 大电机技术，2002，No2.