

微机继电保护装置硬件设计

西安交通大学 陶惠良 葛耀中

一 前言

在国内微机继电保护装置已有数年的生产和运行的历史，微机继电保护装置的优越性也逐渐为生产和运行部门所认识。从实际的情况看，微机继电保护装置不仅在快速，灵敏等方面达到和超过传统的保护装置，而且在安全，可靠方面也能基本满足用户的要求。由于设计部门和制造部门的努力，微机继电保护装置已从线路保护开始推向元件保护和其它保护。在目前的开发工作中，通常采用一种产品一种结构的办法，无疑这种方式在硬件装置的设计和制造中增加了很多的重复劳动，为了发挥微机保护可编程的特点，加速推广微机保护的应用，我们认为有必要开发研制通用硬件，这样对研究部门或生产及用户单位均有益处，并且有助于微机继电保护装置的系列化和标准化。

二 微机继电保护装置硬件的基本要求

对于一个微机继电保护装置的设计要考虑几个方面的要求，第一是实现保护功能方面的要求。第二是安全可靠方面的要求，第三是生产厂家的工艺及用户维护的要求，一般来说，很难设计出同时满足上述四方面要求的装置，设计者通常要在某些方面作出折衷，以获得几方面的协调。

过激磁 (U/f) 保护也采用反时限特性。

低频 ($f <$) 保护具有低频运行时间的积算功能。

失磁保护采用静稳极限判据，计及不同有功负荷下静稳极限对应的转子低电压数值的变化。

在高低压两侧各装电压回路断线闭锁装置一套，由于没有差动保护，不设CT断线保护。

参考文献

1. 《通用单片机大全》 黑龙江科技出版社
2. 《单片机开发与应用》复旦大学 1988年 第3~4号
3. 《大型机组继电保护理论基础》王维俭 侯炳鑫 1982年 水电出版社
4. “同步发电机定子绕组故障瞬变全过程数字仿真及其微机保护新原理的研究” 尹项根 华中理工大学1989年博士学位论文
5. “发电机成套微机保护通用硬件的研制” 李莉 周振安 东南大学 南京电力自动化设备厂

(一) 实现保护功能方面的要求

由于对具体保护对象的不同,采用的保护原理或算法不同,因而对硬件有各种不同的要求。例如电流保护可以采用电流信号整流滤波后,再与参考电压比较的办法,构成数字式保护,当然也可以用对电流信号采样,模—数转换,经过一定的数值运算如付氏算法或其它算法求得电流值的办法来构成数字保护。再如线路保护和母线保护对硬件的方案也不同。另外由于采样速率不同,要求的精度不同,对CPU的运算功能的要求及外设的要求也不同。所以很难提出一个可以普遍接受的技术要求。在我们的硬件设计中,考虑到一般单独的线路保护(包括双回线)和元件保护,同时也考虑到现有的保护程序的算法及对计算的精度要求,确定目前常用的16位微机芯片。过去流行的8位机由于其性能、运算速度,及运算功能等各方面的限制,很难做出性能较高的保护装置。对于32位微机,由于目前A/D转换器还不能与之配套,并且在精度上还没有这样高的要求,以及考虑其价格,总线安排等问题,我们认为目前还没有必要采用。

对于运算速度的要求,通常跟软件安排有关,即合理的安排软件,也能降低对运算速度的高要求。一般来说,较高的运算速度对提高保护装置的性能有好的结果,并且可以安排较多的自检功能,以保证装置的工作可靠性。同时,在软件的编制上,能比较直接了当。除此而外,较高的运算速度还可用来提高采样率,可取得更多的输入信息,以使保护功能提高。

对于精度方面的要求,同样和保护的对象有关。当然其中还有对输入信号的动态范围和对保护的精度要求有关。例如用于测距和用于保护的装置对精度的要求不相同,前者对精度的要求甚高,而对保护的要求则低些。同理用于发电机逆功率保护的装置和发电机过流保护要求的精度也大不相同。但总的来说,高的精度对提高保护性能有显著的好处。但是考虑到高位长的A/D转换片的价格一般均采用12或13位的A/D转换器。当然,合理的硬件和软件安排也能提高整个保护装置的精度。

对于算术运算和逻辑运算的功能,我们认为计算机必须具有加减乘除的算术运算功能和与或等逻辑运算功能,这一方面也来自对运算速度的要求,另一方面也来自精度方面的要求。以往,计算机的乘、除法功能较差,因而往往用加、减法及移位操作等子程序代替,所以在速度上有很大的影响。目前的16位微机芯片,一般都具有加减乘除(包括带符号或不带符号)的指令,这样既减化了程序也能采用更高级的算法。目前在保护程序上,一般均采用定点运算。这主要是定点运算的速度快。浮点运算由于其精度高,广泛应用于各种离线计算中,然而目前绝大多数机器均无直接的浮点运算指令,因而都采用较复杂的子程序来完成。对于有些CPU,可配接相应的数值计算芯片来完成浮点运算。但是由于保护装置的模—数转换器目前的位长较低,采用浮点运算从总体上不可能对保护性能有较大的提高,且数值的规格化也比较费时。考虑到各种辅助装置的误差(PT、CT),从根本上来讲,目前继电保护对精度要求不可能有很高的要求。

(二) 可靠性方面的要求

由于继电保护装置是安装在发电厂或变电站内,并且承担着保护电力系统安全,可靠运行的重要工作,因而,对安全可靠的要求甚高。除目前常见的温度、湿度、灰尘、

腐蚀、振动问题外,还有来自电、磁及静电等方面的干扰。安全可靠的问题不是一个单一部门能解决的问题。需要设计、制造及使用部门的通力合作才有可能完成。

从设计部门来讲,要设计可靠的线路,采用可靠的元件及可靠的抗干扰措施,良好的通风。从制造厂来讲,产品要有良好的结构。从运行部门来讲,除了要搞好维护管理外,还要改善现场的条件。由于微机继电保护装置与传统的电磁型继电器和晶体管型保护有所不同,因而改善现场的通风,提高防尘,控制一定的湿度,采用适当的电磁屏蔽等措施,这并不是过分的要求。

从设计部门来看,主要的问题是抗干扰措施。除做好良好的接地,屏蔽措施外还要在硬件和软件上采取措施提高抗干扰能力。例如硬件方面,可加装硬件监视装置,加强总线的缓冲能力,提高信号电平。在软件方面,采用模块化软件结构,采用比较成熟的软件技术等等。

(三) 生产减化,使用方便

从制造和维护来说,尽量采用统一的机种、机型是非常有利的。从制造厂来说,可以减少工装模具等方面的工作量以及加工工时费用。从用户来说,能减化熟悉装置的劳动。

另外,产品的出厂调试费时甚多,因此在产品设计中,要尽可能考虑到调试工作的需要,例如提供调试信号出口,或进一步利用软件进行硬件调试。

(四) 经济上的要求

经济上的考虑来自两方面,一方面用户希望能得到价廉物美的产品,另一方面生产厂家希望降低成本和提高利润。由于目前电子产品特别是集成器件的成本急剧下降,因而在微机保护硬件中的电子器件的成本下降甚多,例如68000芯片在刚推出时值1000多美元,而现在在国内只需要100多人民币,与此相反,机壳及金属物件等价格上涨,加工费用也上涨,因而传统的继电保护装置的价格呈上涨的趋势。从目前的情况看,已能价格持平。随着芯片价格下降,生产批量的扩大,从价格上,微机继电保护装置必能优于传统继电保护。

三 CPU的选型

目前我们设计的装置是进行实时控制操作的保护装置,对速度、计算量均有较高的要求。因此,在CPU选型上主要着眼于CPU的算术运算功能运算速度,同时也顾及软件、硬件中断能力。除此之外,市场供货情况也是要考虑的因素。

如前所述,我们认为采用16位微机比较合适,因为它已能满足对保护功能的精度要求。

目前市场上有三种CPU可供选择,如MOTOROLA的68000系列,INTEL的8086系列和INTEL的MCS—96系列。MOTOROLA68000芯片是—16位封装的32位微型机芯片,具有8位、16位,及部份32位操作,还有逻辑位操作,其指令丰富,功能较强。但是从目前国内市场看,由于该产品在国内使用并不广范,因而其支持芯片的采

构有很大的问题。INTEL 8086芯片，本身是—16位微机，有8位和16位操作，无32位操作和位操作。该芯片在国内使用广泛，且产品渠道畅通。INTEL MCS—96系列产品是近年推出的单片控制芯片，且具有较强的8位、16位及部分32位的算术运算操作，且本身带有并行、串行及快速输入、输出方式及时间器件，同时还有10位的A/D转换器。是一种比较合适的实时控制器件。

在运算速度上，由于各产品均可能配不同的时钟脉冲且由于操作的寻址方式不同，因而，很难作直接比较。但是从乘法，16位×16位的乘法32位除16位的除法来看，对68000和8096比较，如果采取同样的时钟脉冲，则8096要快一些，执行时间约为68000的5/8。而8086因无32位运算，因而无法直接比较。对于16位的加法和减法，三种芯片中68000比较优越。从介绍，在运算功能及速度中8096芯片具有很有利的方面，另外，从时钟脉冲的设置，68000和8096均可配6~12MHz，而8086只能配0.5~5MHz。

从芯片的其它功能方面，例如中断能力（包括硬件中断和软件中断）68000芯片具有不可相比的优越性，而相比之下8096的中断能力最差但是对于实时操作的保护装置，有限的中断能力也已满足要求。

但是在应用8096芯片时，在设计中也有不少的问题，例如对外部存储器的时间要求很高，因此，必须采用较高速的存储器芯片，其次，由于该机按单片机制造，因而其总线控制信号不完整，所以在接口方面要注意。其三是目前用扩展接口时要采用较复杂的附加电路。在价格上，目前8086，68000均在100元左右，MCS—96系列价格在3~400元左右，考虑到MCS—96是新推出的产品，其价格在数年后必将降低很多，从总的投资来看，CPU的价格占价格较小的份额。

考虑到上述因素，并估计各种可能的困难，我们感到，利用8096芯片作为单台保护装置的芯片是可行的。

四 硬件的模块化

硬件的模块化有助于设计、制造、使用和维修。模块化使每个模块具有独立的功能，其与CPU的关系及片间的联系通过背后接线板联接。模块化对生产厂尤为有利。按照我们目前的设计，考虑到一般的线路保护（包括双回线）和元件保护（如发电机、变压器），能有下面几个模块：

交流量输入模块	8 电流，6 电压（用两块模板分装）
出口逻辑回路	单跳，三跳，综合重合闸（用两块模板分装）
开关量输入回路	16开关量输入
人机 I/O 接口	打印机，串行通讯，定值ROM等
CPU 模块	CPU，ROM及总线等信号
采样保持回路	16路采样，模拟低通
A/D 转换模块	
供电电源模块	

利用上述模块,可满足已有的各种保护(不包括母差保护),利用其中部分模块,可方便地组成事件记录仪,故障录波器,或构成一小型的实时开发系统。联合IBM—PC机,可方便地进行各种实时软件的开发和调试。目前流行的IEEE—100总线,STD总线,IEEE—488总线等为数甚多,并且很难给予优劣评价,从我们的实际经验来看,MOTOROLA的EXORCISER86总线,由于其信号明晰,方便,很适合于保护装置使用。但厂家反映由于插头的工艺要求较高,其尺寸不能保证,且固定比较困难,建议使用2CH64插座,从一般应用来说,64线已经足够,并且由于采用插针术,其固定接触比较可靠,且布线较容易,当然如有类似于80—90针的插针结构最好,但目前3CH96插座因其插座较短,针间距较小,因而在布线及抗干扰方面都造成一定的困难。

对于总线标准,由于选择的机型不同,目前只能就事论事,制定一个总线标准,包括确定总线上各线的信号电平,频率是比较困难的。因此,总线标准化可待经验丰富后再定,目前可行的是确定电源,接地,地址线,数据线的基本位置,以使开发者能在这些位置上固定下来。

五 硬件监视装置

为随时监视装置各部件的工作情况,并在该部件故障时给出信号,用于改变相应的软件以便于运行人员的监视和维修,因此有必要装设相应的监视装置。从理论上讲,设置相应的硬件监视装置并不困难,但往往由于空间位置所限,考虑到电源容量,成本等因素只能设置有限的硬件监视装置,一般设置的原则应在容易出故障的部位,特别是重要的部分装设。建议在采样通道,跳闸出口,A/D转换部分装设硬件监视装置。对于CPU的监视,对于有些具有出错信息的芯片比较容易,如68000,对于一般的CPU,可采用软、硬件配合的办法,即按照预定的方式由CPU定时启动某一装置,如果在一段时间内该装置未被启动,则可断定CPU有故障,当然其中也包括软件及存储器的故障。设计一个理想的CPU监视装置必然导致到使用另一个CPU或采用双CPU方式。考虑到目前CPU的可靠性很高,且保护都采用双重化,因而对CPU可采用一简单的监视装置。

印刷板的制作及工艺

印刷板的设计和制作将在很大程度上影响装置的性能,因此,在印刷板上应有较好的抗干扰措施,包括加强接地,屏蔽,信号交叉等等。另外考虑到目前的印刷板工艺水平,建议布线密度不要太高,这样有利于装置的通风散热,以及机器调试。从已有的经验来看,对双面板的定位,及孔的垂直度应以保证,否则将给安装调试带来许多困难。

六 人机接口

目前常使用的人机接口包括键盘,打印机,通讯口等。对于打印机,目前用一机一台打印机的办法,随着现场使用的微机增多,建议设计打印机的公用接口,使一打印机

能为多台机服务。通讯口在目前单台机中并非必须,但因为利用通讯口能与IBM—PC机相联,因而在调试装置以致软件开发上带来极大的方便。另外,预留通讯口在调试完毕后可作为将来机间通讯口之用,以适合将来多机间工作的场合。这个通讯口,目前可设计成RS—232口或在基本功能上能满足RS—232的要求。当然,如将来有适合于多机保护的专用网络接口,则接口应符合将来的网络要求。

七 数据采集系统

已有各种各样的数据采集系统,其中转换速度,数字字长及CPU对数据的存取方法,是三个重要的方面。按照目前采样一般在每周波20左右,最大通道数为16,则转换速度可取小于 $50\mu\text{s}$,目前采用的 $20\sim 40\mu\text{s}$ 的A/D转换器均可适合。对于A/D转换的字长,应考虑到被保护信号的动态范围及最低工作环境精度,目前常用的12位及13位芯片均可。对于信号动态范围特别大的信号,一是可采用更高位长的A/D转换器,另一种方法是可用可编程放大器,利用硬件或软件进行转换后的存取方法,目前常用的有直接读写法和DMA方法。在继电器的场合下,由于传输数据量较小,只有在芯片与相应的DMA芯片合适时可采用。在使8096的场合下,因为目前尚未见合宜的16位DMA芯片,因而,我们确定采取直接读写的方法。

八 提高可靠性的措施

在第二节已简略的谈到提高可靠性的措施。可靠性是一个众所关心的问题,但目前运行的经验不足,对可靠性的试验还没有明确的标准。

首先是IC芯片及元件的可靠性,从目前的数据来看IC芯片失效率为0015/1000小时,因此单从这个数字来看,对于现场长期运行的装置IC的可靠性是足够的。但是,从实时的计算机故障来看主要问题往往不在于IC芯片,较多的出现在电解电容,可变电阻,虚焊,接插紧固等方面。因此,单纯追求高可靠性的芯片将会在产品的价格上引起问题。

其次是输入的A/D转换问题,A/D转换器的精度直接影响到保护功能的精度,灵敏度等指标。实际的装置往往达不到A/D转换的规定指标。因此,在A/D转换部分的设计、制造和调试中必须充分注意,特别是接地和屏蔽的问题。并且必须按照规定的调试步骤进行调试,直到达到最好的精度。

再就是出口回路的可靠性问题,目前一般采用并行口再接光电耦合器的办法是可靠的办法,适当地提高光电耦合管的工作电流,将会有有效的减少由于干扰引起的误触发。

目前比较困难的问题是提高存储器及ROM器件的可靠性问题,计算机中常用的附加奇偶码的办法能解决一部分问题,但是,对保护装置来说,因为这样增加了不少计算负担,往往不加采用。采用定期检查ROM的内容之和的办法,不失为一简易的办法,面种提高可靠性的措施,配合上硬件及软件监视,以求在可靠性方面,能有一定的对策。

单片机并行处理式继电保护硬件设计

华北电力学院 王绪昭 杨奇逊 郭登峰

一 前言

近几年来,由于微机型继电保护已经从理论研究阶段进入到生产运行阶段,一些运行中的实际问题越来越引起人们的关注。例如如何进一步提高装置的可靠性,如何使调试、运行和维护更方便,等等。许多微机保护研制者们认为,单CPU系统的保护装置在运行效率方面显露出若干不足之处,如容错能力低,故障诊断不易定位等。因此,设计出合理的多CPU结构保护装置成为近一时期来国内外许多研制单位的热门课题。

本文提出了一种利用多个单片机并行处理式模块化的硬件结构方案。比起目前的单CPU系统和某些多CPU系统保护装置来,这种结构具有抗干扰能力强,故障诊断可以定位等优点。由于采用了并行处理式模块化结构,软、硬件的开发扩充非常容易,可以方便地组成线路或元件成套保护装置。同时这种结构又非常有利于尚不十分熟悉计算机系统的运行人员使用和维护。

二 单CPU型继电保护硬件结构

通常的单CPU继电保护硬件基本结构如图1所示。从提高运行效率增强可靠性的角
对RAM区,当然对重要变量或数据可以采用重复存储的办法。无疑,这些措施会增加硬件的费用和软件负担。

为解决CPU及存储器件可靠性的问题,当然可以采用双CPU的办法,用一个CPU进行保护功能计算,另一个专用来监视及分析其运行情况,但是,考虑到两个原因,一是这样会增加硬件结构的复杂性,二是由于目前重要设备均采用双重保护方式,因而完全有可能使用双重保护的两套装置相互来检测另一方的工作状态。这个工作当然需增加机间通讯及各自的软件负担。

关于供电电源的可靠性问题,也是一个值得注意的问题,目前采用从直流蓄电池经DC—DC变换后取得供电电源的办法。从经验上说,直流蓄电池是可靠的,故障率比较低。因而问题是提高DC—DC变换器的性能,其中包括负载能力,防止短路能力,和适应输入电压变化的能力。为提高供电电源的可靠性,当然可以采用双重化电源的办法,但是由于体积,成本,及对电源装置的要求,电源间的切换等问题,因而采用时,要仔细考虑。

鉴于上述,我们目前仍使用单CPU单供电电源这种方式。当然在设计时注意各