

600 MW发变组微机保护的规划与设计

清华大学 卜秉鑫 王维俭 李英英

我国大型发电机组集成电路保护的研制工作已经完成,达到生产实际应用的阶段,未来的新型机组保护大都采用微机,后者技术发展日新月异,有力地推动着新一代大机组保护向着技术上先进、经济上合理的目标前进。本文就600MW发电机—变压器组微机保护在规划设计方面的几个问题提出一些看法,希望得到同行的指正。

一 CPU的选型和多CPU并行工作方式

大型发—变组微机保护装置的实时运算工作量相当大,一般的微处理机难以单片完成。近年美国TEXAS仪器公司推出的信号处理器TMS320系列单片微机为32位CPU,时钟频率高达20—40MHz,单周期指令的执行时间仅需几百纳秒(ns),其中TMS320C25仅为100ns,而且存储空间大,这种CPU有可能单独担负起发—变组的全部保护任务。但是全套保护完全依赖一个CPU,如千钧系于一发,即便是可靠性很高的IBM—PC机也只能保证连续运行一万小时不出差错,对于刚研制的技术上尚不成熟的以TMS—320系列为CPU的微机保护装置很难预言其保证可靠工作的连续时间。考虑到大型机组保护可靠性的特殊要求,必须保证双重主保护之间、主保护和后备保护之间的独立性,只用一个CPU来完成全部保护是不适宜的。为此我们采用多个CPU并行工作的方式。

采用并行多CPU同时工作的方式,必然要解决两个主要问题,即:

- (1) A/D转换后的数字化信息及一部分计算结果难以完全为各CPU共享。
- (2) 各CPU间人机接口等资源争用问题的协调。

为了实现双重主保护之间和主、后备保护之间的独立性,采样保持、A/D转换及其控制电路在硬件上的独立是完全必要的,包括两个或更多个CPU同时计算同一系统物理量有时也是必要的。为了保证各CPU得到的数字化数据的独立性,采样保持前的模拟预处理电路也应有其独立性。鉴于PT、CT及辅助PT、辅助CT损坏可能性很小,而且对传变主要信号的PT、CT及辅助PT、辅助CT又有断线检测,因而它们是可以共享的。

至于人机接口等外围资源的争用问题,可以通过一台管理机来进行协调,管理机自有CPU。关于管理机的其它功能见下节。

将并行CPU中的某一个及其配套软硬件称为保护功能块,它负责几种不同的保护对象或不同原理保护功能的实现,因此并行CPU方式实际上就是多个保护功能块并行工作的方式。大型机组保护装置中保护种类繁多、原理各异,每个保护功能块负责哪几种原理的保护是应该慎重考虑的问题,我们称之为分块问题。分块应该遵循以下原则:

- (1) 保证双重主保护之间、主、后备保护之间的相对独立。这是首先必须满足的。
- (2) 尽量减少不必要的重复计算和重复硬件，以节省资源。

近年来，8位微处理器家族中出现了不少实用性很强的产品，如8031等。采用8位CPU对于满足第一条分块原则很有好处，但是它实时处理的能力较弱，必将造成保护功能块的数目太多，致使对同一物理量的不必要的重复计算增多，不必要的重复硬件也相应增多，结果浪费了资源，同时也给管理机的协调管理工作增加了困难。无疑，不必要的控制软件在不同保护功能块上的重复，也增加了EPROM、RAM的硬件开销，从第二条分块原则来讲，8位CPU不可取。

至于广泛用于系统机的16位CPU，如INTEL8088、8086、80186、80286、ZILOG 8001、8002等，它们并非为实时控制设计的，如用于实时监控和量测，需要配接很多外围芯片，这就影响了硬件可靠性。32位CPU，如MC68000、INTEL80386同样也存在这样的问题。INTEL公司八十年代初期推出的16位单片机MCS96系列，在芯片上集成了许多实时监控和量测所必需的定时/计数器、程序运行监视定时器(“看门狗”)、高速HSIO中断控制、时钟发生器、采样保持器、多路开关、A/D转换器等电路，集成度高，更适宜于实时工作。因此MCS96系列价廉物美，尤以准16位8098为最，在我们研制大机组微机保护的工作中就采用INTEL8098单片机作为保护功能块的主CPU，时钟频率为12MHz时，其运算速度和运算能力能较好地满足分块的两条原则。

二 主从式硬件结构

硬件结构框图见图1。

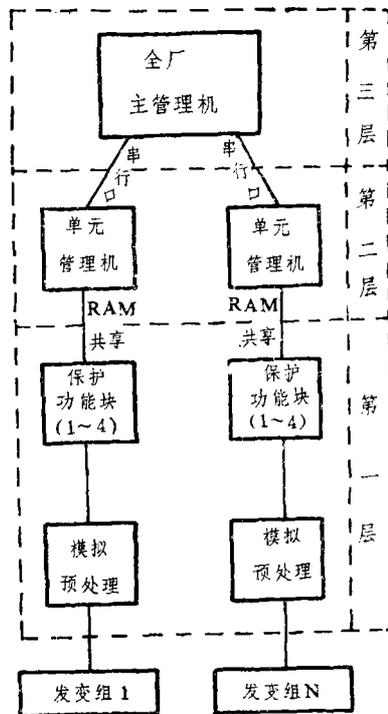


图1 硬件结构框图

主从式结构也就是分层结构或MASTER/SLAVE结构,各保护功能块是每个发变组单元管理机的从机,而单元管理机又是全厂主管理机的从机。

1. 主从式结构的优点

主从式结构使各层的计算机完成的工作单一化,彼此分工明确,从而提高了CPU的利用率。同时也减少了程序分支,提高了可靠性。每一层都采用微机,节省了许多不必要的硬件(相对于不采用CPU而言),也使各种信息有一个智能化的汇总,便于综合控制。这种结构方式使人机对话更集中便利,且易于实现,为共享外围设备(显示器、打印机、时钟、键盘、声光告警等)创造了条件,节省了造价。

这种主从结构实现了上一层计算机对下一层计算机的协调、管理和各种干预,使整个系统更具有整体性和系统性,而且上层机对下层机的检测,弥补了各层自检的不足,有助于提高可靠性。

2. 各层的实现方法和功能

全系统分为三层,分述于下。

(1) 第一层(保护层)

由发变组输出的信号经PT、CT和辅助PT、辅助CT传变,送入模拟预处理环节,进行限幅、滤波等处理后进入保护功能块。开关量信号则经光电隔离也送至保护功能块。发变组保护每套拥有四个功能块,每个功能块各有测频、采样、A/D转换,开关量读入,出口电路和校验电路。测频利用8098单片机的HSI,启动采样则由8098的HSO来完成,A/D转换直接利用8098的A/D转换器,程序运行监视定时器则采用8098芯片上的“看门狗”。由此可见,采用8098芯片可减少许多本来必须的外围硬件。四个保护功能块采用统一的“通用硬件”。

(2) 第二层(单元管理层)

这层负责简单的人机对话,包括数码管显示、打印机备用接口、简单的25键键盘,以及实时时钟、声光告警系统,这些简单的人机接口是为了防止全厂主管理机出错或者全厂主管理机与单元管理机之间的通讯出现暂时无法排除的故障时备用。单元管理机与其下层各保护功能块之间的信息交换由共享RAM来实现。请求信息编码、控制信息编码、保护功能块发出的错误信息或动作信息编码,也由共享RAM来传递。一般的共享RAM会发生两个CPU争用的问题,因此不得不设置握手信号线,但这种做法增加了额外的时间开销,我们在硬件设计时,运用了一些技巧,省去了握手信号,仍能保证保护功能块可以在任何时候无条件地使用共享RAM(图2)。

当被保护设备发生故障时,或者保护功能块发生硬件故障时,保护功能块将故障信息编码或硬件出错信息编码写入编码信息传递RAM中,写完后用中断的方法通知单元管理机来读取。控制命令传递RAM的信息传递方式与编码信息的传递方式相同,仅信息流向相反。

单元管理机的另一重要作用是对保护功能块的运行情况进行检测。检测可以是定时的,也可以是手动检测。因为存在着三个或四个保护功能块计算同一量的情况,单元管理机读取不同模块中同一量的近乎同一时刻的计算结果,按三取二的逻辑判定各保护功

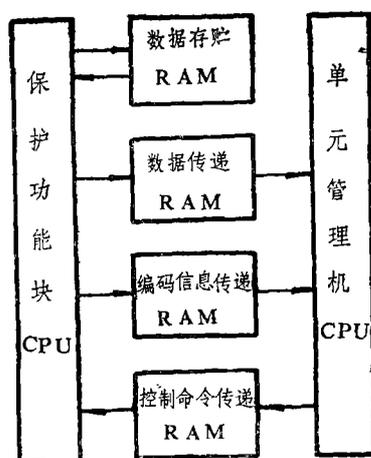


图 2 共享RAM示意图

能块的运行是否正确，若不正确则禁止其任何出口，并令其自检，若自检查不出错误，则令其重启，重启后再检测，如果仍然出错，则停止其运行，同时告警。

有时运行单位出于安全的目的，希望一台大型机组设置同时工作的两套微机保护，此时单元管理机可以用二台，也可只用一台。

单元管理机可随时读取被保护机组的一次运行参数、显示、打印或送至全厂主管理机。

当保护功能块发出动作信号或跳闸信号时，单元管理机读取故障前后各参量的数值，输出显示、打印或到全厂主管理机。

(3) 第三层(全厂主管理机)

本层提供高级人机对话，它包括24针打印机(可以打印汉字)、屏幕显示、较高级键盘及实时时钟、声光告警，必要时可以配备外存(磁盘)。各单元管理机用串行口与全厂主管理机通讯，使各机组的运行参数、高压开关和隔离刀闸的开合状态、故障及出错信息、定值的查看和更改更集中方便。当全厂装设总计算机时，保护的主管理机可以与之相联，达到集总控制的效果。

三 600MW发变组微机保护的配置

如图3所示，图中Z为后备阻抗保护， ΔP_2 为负序功率增量方向保护，FXB为用非线性模型的变压器保护，-P为逆功率保护，U/f为过激磁保护 其它符号不用注释。

为了简化发电机内部短路保护、充分发挥微机保护的记忆功能 作为发变组内部短路的主保护采用 ΔP_2 ；变压器的第二主保护采用FXB，充分利用了微机的计算能力。这两套主保护的详细讨论请参阅“发变组内部短路主保护新判据的探讨”一文。

定子过负荷、转子过负荷和负序转子表层过负荷保护均为反时限特性。

失步保护采用李亚普诺夫直接法的稳定判据，这也只能为具有极强计算能力的微机

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