



4. 分时数据及强有力的通讯可使后备保护成为可能。
5. 自适应能力和参数化使控制系统具备了一定的灵活性。
6. 运行人员可利用人机接口方便地管理二次系统及一次系统。
7. 整个变电站的体积和成本下降。

基于上述优点,从70年代起,世界各先进国家便积极投入到这一领域的研究中。为此,国际大电网委员会(CIGRE)还专门成立了一个工作组负责这方面的研究工作。具有典型意义的综合系统之一应推荐美国的WESPAC系统。我国近年来各高校及研究单位也陆续开展了这方面的研究工作。例如清华大学和威海市电业局在望岛35kV变电站建立的一个综合系统以及其他正在研制中的综合系统。综合系统的研究表明了变电站自动化及计算机应用已从分布式阶段转入综合式阶段。

鉴于上述发展,我们根据现有的资料(截止到1988年7月),试图对变电站综合系统的结构、功能及实现方法进行全面的探索和概括,供国内同行参考。

## 二 综合系统的结构及特点

尽管近年来出现了不同模式的综合系统结构,但随着技术的发展和实践经验的积累,有关综合系统的结构模式已经取得了较一致的意见,即采用分层结构模式构造综合系统。这一观点已被列入IEEE电力系统继电保护委员会以及CIGRE第34研究小组正式文件。图1给出了这种结构模式。

分层式综合系统由4个层次组成。其中,第一层的中央计算机被装设在电力系统控制中心或上一级调度系统中,而变电站主机层,计算机保护层、数据识别层则分别安放在变电站内。各层次内涵可概述为:

1. 数据识别层(又称DAU层):这一层次的任务是获取由电力系统传感器(YH及LH)送来的模拟量信号处理后转换成数字量送到对应计算机保护层中。此外,DAU层还担负着将上一层控制信号送到控制回路中的任务。从硬件结构上看,DAU层包括了模拟量输入通道和数字量输入输出通道两大部分。DAU层可被安放在变电站控制室内,也可被安放在室外的开关柜中。在后一种情况下,要求DAU层应具有较强的抗干扰和抗污秽能力。考虑与保护系统的配合,可将DAU层模拟量输入通道的采样频率设为600~1200Hz内。

2. 计算机保护层(又称PC层):PC层主要担负计算机保护的任

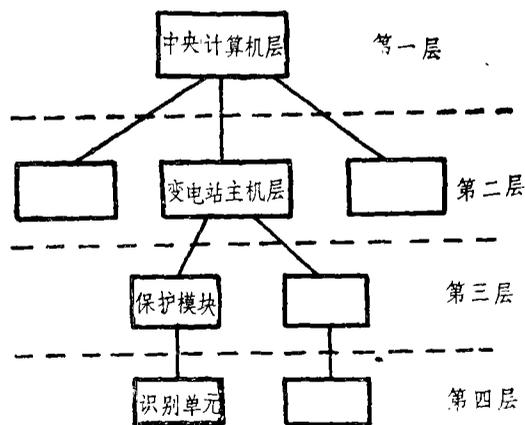


图1 综合系统的分层式结构图

时地读取来自DAU层的信息并在计算机内执行保护算法以完成参数识别及动作判定等保护功能。此外，PC层还负责将有关的故障信息和测量结果送给上一层变电站主机之中。

目前的技术发展趋势已经证明，PC层的计算机在电力系统无故障期间还可执行其它一些任务，例如电压、电流及谐波检测等任务。

根据计算机保护对于保护动作速度的要求，PC层对微处理机的平均指令周期要求较高。若采样频率取为600Hz，保护算法使用2000条指令，则执行每条指令的时间为835纳秒。这一限制则要求PC层的微处理机平均指令周期必须在数百个纳秒左右。

3. 变电站主机层（又称SC层）：SC层的主要任务是收集和处理来自PC层的信息并作为上一层计算机与PC层计算机之间的通讯媒介。在可能的情况下，SC层还可担负自适应保护、后备保护、故障事件记录、变电站开关控制以及其它辅助任务。

4. 中央计算机层（又称CC层）：这一层负责较高层次的监视和控制任务，它的功能相当于电力系统分层控制系统中的地区调度系统的功能。CC层收集各变电站送来的信息，对电力系统的某一较大的范围进行运行控制和监视。

### 三 综合系统的功能及实现方法

#### 1. 保护功能及实现方法

综合系统的保护功能包括了常规保护设备所能完成的各种功能。如距离保护、变压器保护、母线、电容器组、电抗器的主保护和后备保护。另外，保护功能还包括故障点定位，故障跟踪等附加的辅助功能。

实现保护功能的一个关键部分仍是保护系统的模拟量输入通道。其中电气变换器的精度以及模拟滤波器的精度仍是影响保护系统的两大重要元件。按采样定理要求，该滤波器的截止频率必须低于 $1/2$ 的采样频率。保护算法必须和该滤波器配合好。

另一问题则是保护系统的后备问题。传统的观点则是采用两套保护并联运行从而构成互为备用的保护系统。如果这样安排，则无法显示综合系统的优越性并利用综合系统数据共享的特点。基于综合系统的观点，可考虑三种后备保护方法如下：

①设置专用后备保护模块法：如图2所示，可设置一个独立的计算机保护模块来负责综合系统中所有保护系统的后备功能。按此要求，该后备系统必须能够与所有保护系统的输入输出通道接口。一旦某一保护系统提出后备请求，则该后备保护模块的计算机即可处理对应保护系统的输入和输出值。应该说明的是，这种保护方式所能提供的冗余不可能和原保护系统的速度一样快。因为后备保护必须在转入对应通道后才能工作，这需要一定的延时，通常，可将这一延迟时间限制在 $1/4$ 工频周波范围内。

②通道后备方式：如图3所示，当保护系统的输入输出通道由计算机管理时，可将一个通道的信息向多套保护系统发送，这样，每一数字保护系统则可完成多种保护任务。从而构成互为备用的运行方式，即经济又方便。但这种方式要模拟量及数字量的 $1/0$ 通道安装微处理机，负责与PC层保护系统计算机之间的通讯。当然，也可以从

硬件方面复制多个I/O通道,但经济性又会有所影响。

③保护系统模块互相通讯的方式:如图4所示,可利用每套保护系统的计算机进行同一层次的通讯以构成后备保护。

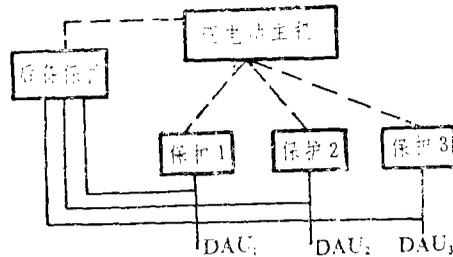


图2 专用后备保护方式原理图

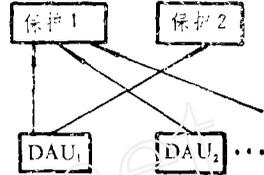


图3 通道后备保护方式原理图

例如保护系统2的模拟量输入通道出现了故障,则系统2的计算机则向保护系统1和3申请对应的模拟量数据,由电压平衡原理和基尔霍夫电流定律即可求出保护系统2所需的模拟量,从而完成保护功能。

以上后备方案虽各有优点,也各有其不足之处,但都显示了一个基本观点,即应充分利用综合系统信息共享和相互通讯的特点来考虑新的后备方式。

## 2. 控制功能及实现方法

综合系统的控制功能可以归结为两类,即近距离控制(当地控制)和远距离控制(遥控)。

当地控制包括断路器、隔离开关、高速自动重合闸、同步检查、母线切换、故障恢复及SVC控制等功能。此外,变压器抽头的调节控制也包括在这部分中。当地控制功能可由变电站主机层负责实现。

远距离控制则是根据电力系统的运行状态及拓扑结构,一方面安排合理的设备维修计划,另一方面则对电力系统的各种调节设备,如静止补偿器、综合调压设备、同步调相机、发电厂出力以及负荷等进行控制,从而保证电力系统的电压和频率运行在规定的范围内。此外在电力系统处于紧急状态时,远距离控制还涉及到系统解裂及对安全稳定装置的控制。而当电网处于恢复状态时,还应进行恢复过程中的开关序列控制。上述功能通常由处于调度中心的中央计算机完成。

当地控制功能的实现较宜于采用高级语言和汇编语言结合的方式完成。对于变电站SVC控制和变压器抽头的控制,可构造一闭环控制系统完成,此时可直接用汇编语言在微处理机上实现之。这类闭环控制可按独立模块系统设置并将其安放在PC层,而变

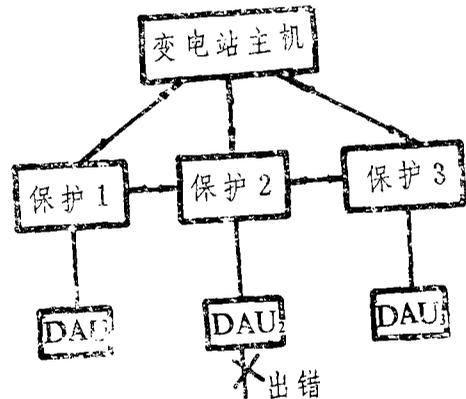


图4 保护系统通讯后备方式原理图

站正常运行情况下的开关控制,则可用高级语言在SC层实现。目前,已有许多国家相继采用人工智能方法来完成变电站主机层的一些主要功能。这包括变电站及报警信号处理的专家系统、故障诊断的专家系统以及涉及开关控制、自动恢复方面的专家系统等诸方面。专家系统在变电站主机层的应用,可使运行人员更易于管理综合系统不断扩充综合系统的功能。随着计算机硬件技术的发展,还可将部分后备保护功能交给主机层的专家系统完成。

影响控制功能的二个主要因素是信息传输通道和执行机构的可靠度,必须足够重视。

遥控功能由中央计算机完成,这部分内容已有许多专著讨论。目前一个趋势也是使用智能化软件方法实现遥控功能。此处不再赘述。

### 3. 诊断及监视功能及实现方法

综合系统的诊断及监视包括了对一次系统及二次系统二个方面。

二次系统的诊断及监视主要由综合系统不同层次的微处理机的自检程序完成。一旦故障,对应的功能模块即可闭锁其输出回路,从而可提高系统的可靠性。此外,综合系统还可对相应计算机的CPU、RAM及电源进行检测。

综合系统还可完成对电力系统一次侧电气量的状态监视及一次侧主设备的监视。例如断路器切除故障的次数、故障电流的大小、断路器的燃弧时间等。在综合系统的SC层设计对应于上述监视功能的软件,即可为运行人员提供满意的设备监视报告。

### 4. 故障录波功能。

为了向电力系统调度中心提供事故分析的依据,综合系统可完成故障录波功能。可根据要求录取故障前线路或元件的负荷电流波形和故障后数十个周波的故障电流波形。

实现该功能的主要限制是DAU层的模拟滤波器上限频率太低。这一限制造成了再电力系统中开关浪涌波形、行波及包含高频成分较多的波形的困难。若提高上限频率,则使得保护系统误差较大。目前一个折衷的办法是暂用保护系统模拟量通道完成上述功能。这样做虽不能完全反映电力系统故障波形的全部,但由于高频分量在故障波形中比重并不大,仍可满足应用的要求。今后,计算机硬件技术的提高,将会使保护系统的采样频率提高,这样,即可改善故障录波效果。

另外,综合系统还可执行频率及相位测量功能。在相应测量过程中,要求PC层各子系统应具有相同的计时标准(即同步时钟信号)。同步时钟的精度最好在微秒级(对应工频50Hz,1微秒对应了0.018度的误差)。

## 四 综合系统的通讯方式

综合系统包括了四个层次间的通讯。其中SC层和CC层的通讯为异步串行通讯方式,其传输速度一般为300~1200比特/秒。PC层和DAU层间的通讯速度要求较高,一般采用并行通讯方式。

