

# 日本系统保护装置技术开发现状和今后动向

福建省电力试验研究所系统室 蔡石山

由于日本电力系统的扩大和多样化,系统现象日益复杂。在这种情况下的日本系统保护技术,又得到集成电路和新的通讯技术等飞速发展的硬件和系统分析技术等软件进步的支持,取得了显著的发展。

## I 开发现状

### (一) 数字继电器进入实用阶段

日本的保护继电器,昭和30年代(1955年)以感应圆筒型为核心的电磁继电器达到全盛时期,这时也部分应用了半导体元件。昭和44年(1969年)前后开始采用全静止型保护装置,动作性能和可靠性都得到了提高。70年代末开始大力开发数字式继电器,现在已经进入了实用阶段。

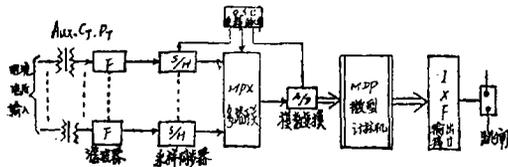
日本认为,从当前电力系统发展情况来看,要求保护具有更高的性能,沿用原来的模拟型继电器能否适应要打一个问号。而且模拟型继电器电气、机械零件特性历年变化,需要定期维护检查,今后随着保护继电器数量增大,完整的维护管理和维修工作量过于庞大。而数字式继电器具有如下特点:

- (1) 有着宽广的运算能力,容易得到原来得不到的新的特性;
- (2) 动作特性数字化,并且可以把动作特性作为程序储存起来,因此特性经年不变;
- (3) 变更程序软件就可以改变保护目的和保护特性,通用性极强;
- (4) 装置能标准化,因此可以使用质量稳定的通用元器件,使保护可靠性提高;
- (5) 检验在保护运算处理的空余时间内进行,因此提高了检验的可靠性;
- (6) 小型化,引进了微型计算机后,许多继电器可以用1~2台微型计算机构成,一台微型机可处理10~20个电气量,因此体积只有原来模拟型继电器的1/2~1/3。例如关西电力公司154<sup>kV</sup>高阻抗接地系统线路保护,主保护和后备保护各用二台微型机双重化构成,可把一条线路的主保护和二条线路的后备保护装入一块标准配电盘内。

1977年6月~1978年3月东京电力公司等单位合作制成应用微型计算机的数字式PCM电流差动继电器,在北东京变电所和新古河变电所之间的275<sup>kV</sup>河北4号输电线路试运行成功。该公司研制的高性能数字型低周继电器,误差、动作时间都只有原来

模拟型继电器的几分之一。接着该公司在66<sup>kV</sup>线路中推广应用数字式回线选择继电器，作为今后数字继电器扩大应用的范例，已在好几个地点安装使用。

采用微型计算机的数字继电器基本结构如图一所示。为了便于微型机运算处理，采样周期一般选取300<sup>Hz</sup>~1200<sup>Hz</sup>，但是采样间隔采用30°角的例子较多。A/D变换速度4~16比特。但是从变换速度，误差等方面考虑，多用12比特。



图一、数字继电器的基本结构

最近，日本开始把微处理机引入数字继电器，使数字继电器功能更高，体积更小，而且由于具有自动检查，自我诊断功能，能及时发现装置问题使保护的可靠性更高。

关西电力公司154<sup>kV</sup>高阻抗接地线路数字载波保护继电器，主保护和后备保护分开，分别使用二台微处理机，分成主继电器（主检出元件）和安全监视继电器（故障检出元件）。由于有自动记录功能，继电器动作响应和异常项目可以自动记录，另外还有数字自动监视功能，日常维护、检查非常省力。数字载波保护中微处理机功能分担如表一所示。

该公司主力变电所77<sup>kV</sup>系统使用的故障检出装置，由使用微处理机的数字继电器构成，有距离和接地方向继电器。它有（1）检出线路持续事故（2）事故记录分析（3）后备保护三个功能。用来在77<sup>kV</sup>系统事故开关或保护拒动时，发出持续事故警报，同时打印事故前电流、电压并迅速进行事故复原操作。装置功能如表二所示。

表一 数字载波继电器微处理机功能分担

主继电器	内部短路检出 (44ST) 外部短路检出 (44SO) 配合短路灵敏度的过电流元件 (51H/L) 内部接地检出 (67GI) 外部接地检出 (67GO) 方向比较顺序，载波控制	后备	主继电器	短路方向距离(44S <sub>1</sub> , 44S <sub>2</sub> , 44S <sub>3</sub> )
				接地方向 (67G) 延时处理(44ST <sub>1</sub> , 44ST <sub>2</sub> , 67GT, 64T) 顺序
保护	保证可靠继电器 短路闭锁 (51S) 失步检出 (44OM) 接地故障检出 (64H/L) 短路故障检出 (27H/L) PT保险熔断措施 (60) 载波检查控制，打印处理	保护	保证可靠继电器	短路闭锁 (51S)
				失步检出 (44OM) 接地故障检出 (64) PT保险熔断措施 (60) 重合条件 (91) 顺序，打印处理

表二

77kV持续故障检出装置功能

功 能	说 明
检出线路持续故障	检出77kV系统开关或保护拒动时的持续事故,进行该线显示并发出警报
事故记录分析	打印系统事故时母线电压、故障电流和动作的继电器,同时计算其数据并标定故障点
后备保护	使用内藏的距离和接地方向继电器的跳闸回路,在线路保护继电器被闭锁时可以作为替代继电器使用

有的保护装置还有多种功能,如东京电力公司数字电流差动保护具有:

- (1) 差动保护功能: 高灵敏、高速度检出输电线保护区间内故障的功能;
- (2) 失步保护功能: 检出失步轨迹进入保护区间内的功能;
- (3) 重合闸: 输电线故障时判断故障相和确认重合条件后进行重合闸的功能;
- (4) 自动监视功能: 判断继电保护装置是否正常运行的监视检查功能。

以上这些功能全都用微型计算机的软件进行处理。

中部电力公司以维护省力化、高性能化和小型化以及将来的低价格为目标也开发了275<sup>kV</sup>~77<sup>kV</sup>系统的数字后备继电器方式,样机正在实际系统中试运行。

## (二) 开发新功能的保护继电器及专用元件

### 1、专用高次谐波滤波器的开发

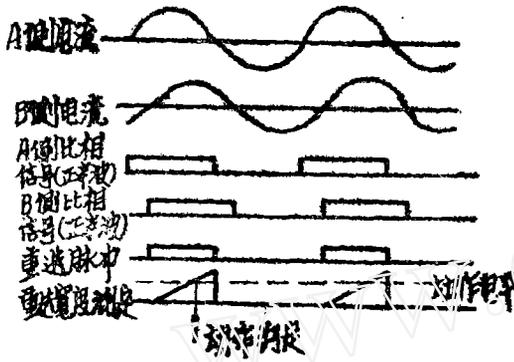
日本电力系统为了改善功率因数而加装了并联补偿电容器。并联补偿电容和线路静电容量的增加,积累的电荷在故障时放电和系统电抗谐振,将使过渡性的高次谐波振荡变得明显起来。保护继电器一般是按系统工业频率波形(大小和相位)动作的,所以事故时故障电流中加入了高次谐波成分,波形畸变,将使继电器发生误动或拒动。如作为超高压输电线主保护的全静止型相位比较继电器,其动作原理如图二所示,检出电流波形的零点并变换为矩形波,测定输电线两侧矩形波重迭的宽度来判别相位关系。因为高次谐波掺入使波形零点移动,或者如图三那样使矩形波间断,所以使继电器不能正确判断,从而发挥不出所需要的功能。距离继电器特性因相位特性由于高次谐波存在也大幅度畸变,如图四所示。

对付这样的高次谐波的基本方法是加装滤波器。提高滤波器周波数鉴别性能将使滤波器时延加大,所以要使加入滤波器引起的时延控制在继电器动作责任允许范围内,而且还要充分考虑滤波器的过渡过程不要使继电器判定失误。

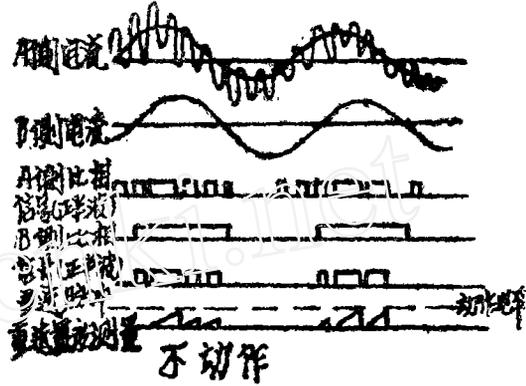
为此而专门研制的滤波器周波特性例子之一如图五所示。使用这种滤波器,即使电流中含有30%的三次谐波,也能使距离继电器的相位特性误差控制在±15%以内,动作时延也可以控制在半个周波之内。

已投入实用的高次谐波滤波器周波特性例子之二如图六所示。它可以隔离高次谐波

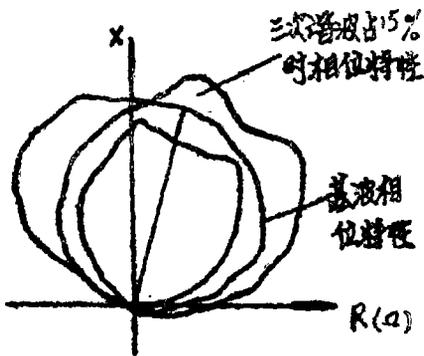
成分，只让基波成分输入继电器。它可以用于变压器比率差动继电器中，但是为了防止变压器投入时的浪涌引起误动作，在二次谐波比例在10~15%以上时要判定为浪涌，使继电器闭锁。



图二 静止型相位比较继电器的动作原理



图三 高次谐波存在时比相继电器的动作

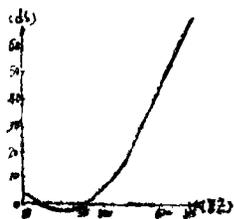


图四 三次谐波占15%时的圆特性

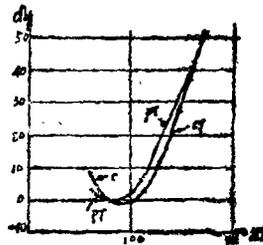
目前日本系统中高次谐波周波数多为  $3 \sim 4f$  ( $f$ : 标准频率) 和  $10 \sim 20f$ , 衰减时间常数约为数10毫秒, 高次谐波滤波器还能对付。但是在将来, 高次谐波成分更加低次化, 比例增加, 这种方式可能需要重新评价。

## 2、用于多端T接线路的电流差动继电器的实用化

日本由于大城市人口稠密, 引入大城市的超高压大容量地下输电线路增加很快, 而且电源处在边远地区, 长距离重负荷



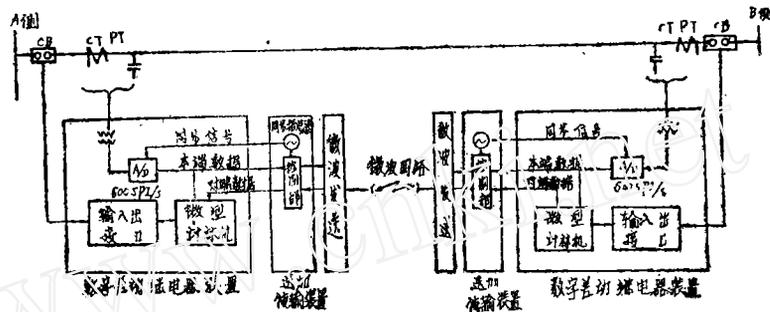
图五 滤波器周波特性之一



图六 滤波器周波特性之二

超高压多端T接线路增加, 带来了内部故障时, 故障电流有时向外流出的问题。用方向

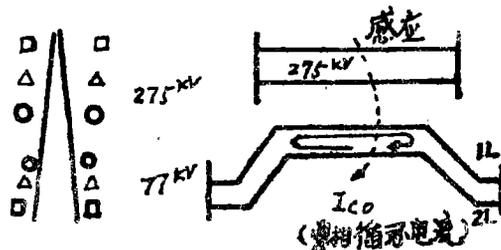
比较继电器和相位比较继电器难以保护，在这样的多端系统中需要采用把各侧电流综合起来判断故障区间的新的电流差动方式。由于数字电流差动继电器收集电流、电压数据信息可靠性高，在日本已经实用化了。



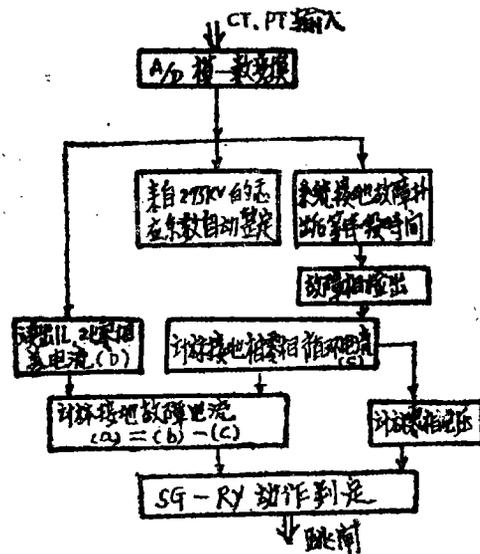
图七 数字电流差动继电器装置基本结构

图七表示这种数字电流差动继电器的结构。引入继电器的两侧电流、电压根据信号终端站（称为送加传输装置）送来的采样同步信号，用600Hz（每30°电角）采样后进行模—数变换。根据送加传输装置功能，采样同步信号在两端要保证几个 $\mu s$ 以内的同步精度，使两端采样实际上完全在同一时刻进行为好。在两端同时采样并数字符号化了的电流、电压数据通过送加传输装置、微波回路传送到对端，同时引入作为继电器判定部分的微处理机中去。在微处理机中进行必要的运算处理，其结果通过输入输出接口装置向开关、控制盘给出指令。不管是三端输电线，就是平时端子间电流相位拉开故障检出灵敏度不得降低的重负荷输电线和充电电流很大的地下输电线，这种差动继电器也能高灵敏保护，而且由于数字式保护最近迅速进入实用化，和光纤通讯结合也容易，通用性也好，所以预测今后这种保护将成为主干系统主保护的主流。

3、用于不同电压等级，又都是双回线同杆架设的线路的数字回线选择继电器的开发。



图八 零相循环电流的概念



图九 数字式接地线路选择继电器流程图

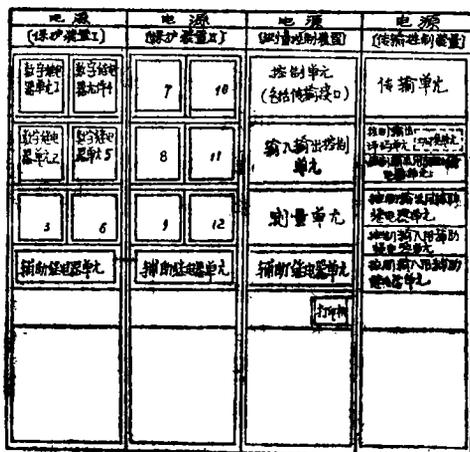
日本由于征地困难，同杆架设线路增加。77<sup>kV</sup>和275<sup>kV</sup>输电线同杆架设时，平时在77<sup>kV</sup>输电线的回线间流过过大的零相循环电流，其值最大曾达到300<sup>A</sup>，超过了现有的回线选择继电器的应用极限，（零相循环电流的概念如图8所示）且原来的对付循环电流的接地线继电器不能用于三端系统，根据这些理由，中部电力公司开发了新型的数字式接地线路选择继电器。

这种新型继电器（流程如图9所示）在77<sup>kV</sup>系统故障一定时间后，根据预先自动整定的来自275<sup>kV</sup>的感应系数和各相循环电流之积，计算接地相的零相循环电流（C）。另一方面读出1、2L的CT零相差电流（b），计算（b）-（c）求出接地故障电流，根据这个电流值和零相电压，判定接地回路选择继电器是否动作。该继电器现在正在现场试运行，以确认保护性能和耐浪涌冲击的能力。

#### （4）变电所数字保护、控制综合装置

变电所配电盘室中，除保护装置外还装有各种控制、测量装置。过去这些装置几乎都是互相独立装设，占地面积、配线、维护工作等随输电变电设备增加成比例增大。要根本解决问题，不能按每个保护、控制、测量等个别功能构成装置，而要把这些整理综合成一个总装置，使信息流程简单、合理化。

日本关西电力公司以此为目的研制的保护、控制综合装置，处理部分用微处理机构成，具有变电所全部功能。装置功能除了具有保护、控制测量监视、信息传输等原有装置的功能外，还具有自动定型操作和自动复归操作等功能。



图十 变电所数字式保护控制综合装置结构

（未完待续）