

[控制系统]

变电站故障分析系统的设计与开发

文/广东电网有限责任公司惠州供电局 肖伟强

随着科技的发展，数字式保护装置得到了广泛应用，传统的录波数据人工分析已无法满足变电站运行人员的需求。介绍了一种基于故障录波数据的变电站故障分析系统。系统由管理模块、数据库模块、故障分析模块和故障重现模块组成。能够进行故障初判，确定事故起因及相别，形成故障简报并向主站上传。以变压器差动保护为例说明了故障重现的过程，根据故障重现结果对开关和保护的动作行为做出评价，具有卓越的通用性，可视性，灵活性以及较大的实用价值。

传统的录波分析主要借助录波器后台分析软件生成的图形和分析结果进行分析，它可以提供各种故障信息，但是却存在人工分析费时费力、精度不高、误差较大等弊端。故障录波器生成录波文件以后，一般是运行人员把数据复制到软盘上，再报送到调度等有关部门，花费时间较长。因此需结合现代仿真技术等信息处理手段和分析方法，对继电保护动作行为进行仿真分析，为调度部门和现场工作人员提供有效的技术支持。

本文开发了基于故障录波数据的变电站故障分析系统。它能够根据本地录波信息初步分析故障，及时向调度中心上传故障简报，然后进行事故后的故障重现，对保护和开关动作行为做出评价，形成详细的故障报告。这样就可以大大减轻主站故障诊断的压力，提高事故处理的效率。

系统结构及功能介绍

本系统运行于Windows 平台，数据库技术采用 SQL Server 2000，利用面向对象的 Visual C++6.0 进行系统的设计开发。系统结构如图1所示。各模块功能如下：

故障录波器和保护装置采集现场数据，并上传

至变电站系统服务器。

系统数据库分为历史数据和实时数据两部分，历史数据库保存网络拓扑信息和设备属性参数，实时数据库动态接收录波器记录的模拟量、开关量变化及保护动作情况。

故障分析模块读取故障信息，进行标准 COMTRADE 格式转换，根据模拟量变化初步分析故障情况，形成故障简报。

变电站故障重现模块通过软件方式重现开关、保护动作过程，与实际动作情况对比并做出评价。

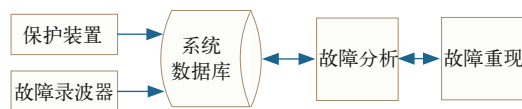


图1 系统结构图

故障分析模块

故障发生时电气量产生突变，一个录波文件中可能有多个被监视单元，具体是哪个被监视单元可能发生了故障需要根据其任意一相电流是否发生突变来进行判断。

突变量电流判据为

$$||i_k - i_{k-n}| - |i_{k-n} - i_{k-2n}|| > \sigma$$

计算突变量需要两个周波。一般录波数据都包

括了录波启动前两个周波的故障前的数据。这就为突变量电流计算提供了足够长的数据窗。通过以上判断确定电流突变点，然后采用突变量选相方法确定故障类型，并根据表1确定故障发展情况，将故障分析情况形成故障简报。若故障属于本地范围内，需要进行事故后分析（即故障重现），以进行精确的故障诊断，并对开关、保护动作行为进行评价。

表1 故障情况分析

突变前状态	突变后状态	结论
正常	为零	保护或开关误动
正常	故障	发生故障
故障	正常	故障不在本地
故障	为零	故障在本地切除
为零	正常	重合闸成功
为零	故障	重合闸失败

故障重现

1. 故障重现模块的特点

故障重现是将故障录波数据作为输入量，按照电力系统中实际运行的具体保护的工作原理，用计算机程序软件来动态模拟和重现电力系统故障状态下实际保护装置的工作过程。它与实际保护有以下几点区别。

- 1) 实际的保护装置需要硬件系统进行支持。保护重现则用纯软件的方法实现。
- 2) 处理的时间要求不同。实际运行的保护装置要求满足快速性的要求，继电保护应以可能的最快速度动作于断路器跳闸，以断开故障或终止异常状态的发展。保护重现主要服务于故障诊断和保护评价，对实时性的要求没有保护装置高。
- 3) 数据的使用处理过程不同。保护装置由于内存较小，对于原始采样数据以及中间计算结果使用以后不予保存。而保护重现可以在数据处理过程中保存大量的中间结果，对于各个内部元件的每个时刻的运算值以及与设计值的比较判别结果，都能清晰地进行记录显示。

4) 抗干扰能力不同。保护装置的动作可靠性要受硬件故障、人为误操作、外界干扰等影响，如高频保护等还受传输通道性能的影响。保护重现则是假定系统状态良好，不受外界因素影响，同样的输入数据，无论何时处理都会得到相同的正确结果，稳定性强。

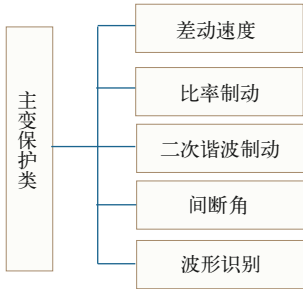
5) 可采集利用的故障信息量时间不同。保护重现可加上开关跳闸时间，使得判断系统故障状态所用时间段的选择余地更大。同时由于时间加长，数据窗加长，可以利用在滤波方法上采用精确但对时间要求不严格的算法。

根据以上5点区别可知，基于丰富录波数据的保护重现可以得到相对精确的故障诊断结果，并对实际中开关、保护的動作做出评价。

2. 故障重现模块的功能结构

根据实际保护中的功能模块，在故障重现中分为以下几种功能类型。

- 1) 滤波模块。包括全周傅里叶算法、最小二乘法、解微分方程法等算法。
- 2) 启动元件类模块。包括相电流突变量启动、零序电流辅助启动、低电压启动等组件。
- 3) 闭锁类模块。包括振荡闭锁、复合电压闭锁、电流不平衡度检测门槛元件、TA断线和TV断线等组件。
- 4) 保护类模块。包括发电机保护类，主变保护类，母线保护类等。以主变保护为例，它包含如图2所示的几个模块。

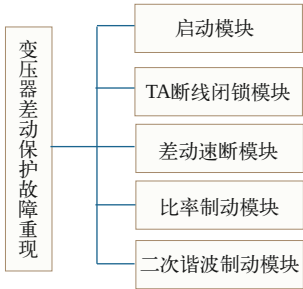


每个模块完成一定的功能，常用保护的重现就是由这些基本模块组合和保护的综合判断逻辑两部分构成。具体重现保护程序流程就是综合逻辑判断的体现。

3. 变压器差动保护重现

每一个具体的保护原理中包含一个或多个基本的功能模块，不同的保护功能所包含的基本功能模块可能不同。功能相同的保护模块，因为需要重现的具体保护装置的原理不同，其内部具体实现方式也不同。

下面以变压器差动保护为例，来说明故障重现的过程。为其配置的组成模块如图3所示。图4所示为系统流程图。



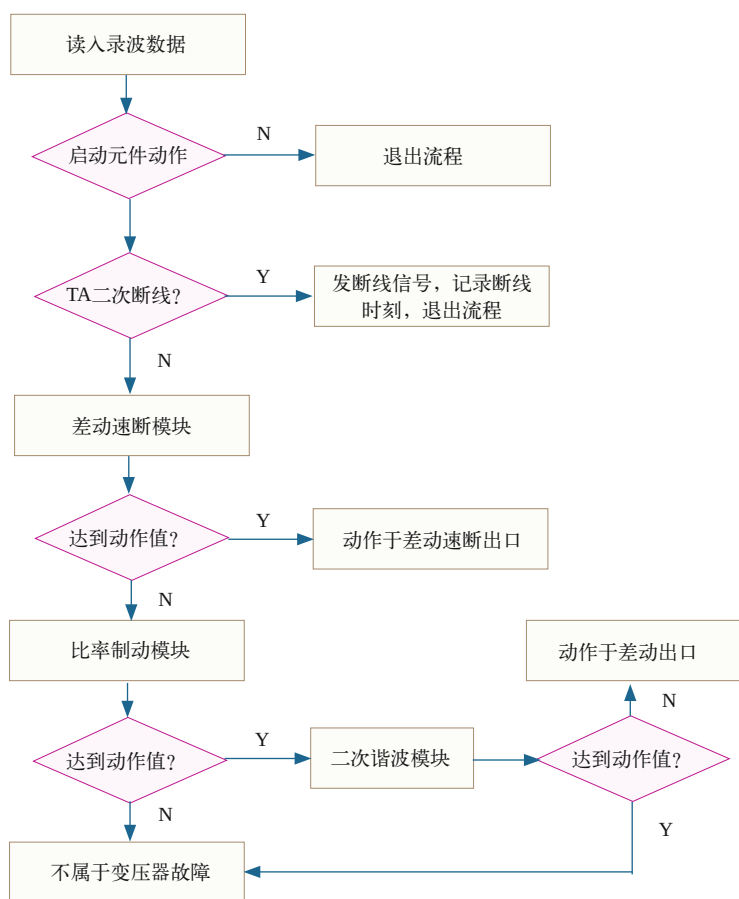


图4 变压器差动保护重现流程图

以上只是变压器差动保护的一种方案，还可以采用判别差电流中的间断角原理构成的涌流闭锁方案，或判别差电流的波形对称性构成的涌流闭锁方案。只要配置相应的功能模块即可。

电力系统中实际配置的保护装置多种多样，保护原理也不尽相同，若要对故障的真正虚拟重现，必须针对每个不同的保护原理，建立不同的计算分析模块。

4. 开关、保护动作行为评价

根据故障重现结果，与实际动作的开关、保护列表相比较，可以得出拒动或误动的开关、保护，生成以下信息报告。

- 1) 故障基本情况，拒动和误动的保护与开关以及信道故障。
- 2) 后备保护动作以及开关动作超时。
- 3) 不确定动作情况的开关和保护。
- 4) 正确动作的开关和保护。根据评价结果，对不正确动作行为分析原因，从而对其进行改善，

提高装置动作的可靠性，避免发生类似故障时的不正确动作行为。

结束语

本文开发了一种基于录波数据的变电站故障分析系统，克服了传统的录波分析软件的缺陷，利用丰富的录波数据及各种算法实现在线故障分析，形成故障简报并上传调度中心，避免了故障发生时大量的录波信息涌入调度端造成信道堵塞及信息丢失。也能提高主站进行综合分析的效率；而故障重现属于事后分析，没有实时性要求，因此在计算时可以取相对较长的数据窗，以提高计算的精确度，对开关、保护的動作行为做出更准确的评价。实际运行的继电保护种类繁多，本文仅仅对变压器保护的一种方案进行了分析，系统实际应用时，应根据实际的保护装置情况进行补充完善。EA

（收稿日期：2016.05.11）

（编辑：杨得润）