一种基于故障录波信息的调度端电网故障诊断系统

王颖, 王增平, 潘明九

(华北电力大学电力工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 顺应电力系统自动化的发展潮流,开发了一种基于故障录波信息的调度端电网故障诊断系统软件,总体上分为数据库模块、系统管理模块、故障诊断模块、故障信息分析模块、保护和开关动作行为评价模块等功能模块。分别介绍了各模块的工作原理,并对故障诊断模块进行了详细的分析。

关键词: 故障录波器; 故障诊断; 电网

中图分类号: TM734 **文献标识码**: B **文章编号**: 1003-4897(2003)12-0037-04

1 引言

随着电网规模日益扩大,需要一个能够准确进行故障元件诊断、事故后数据分析、保护动作行为评价等功能完善的电网故障信息综合分析系统。这对于电力系统的安全可靠运行起着十分重要的作用。

电力系统的调度自动化是电网安全稳定运行的重要保证,随着其自动化水平的不断提高以及通信等技术的发展,促进了网络层的 EMS(能量管理系统)、SCADA 系统(数据采集及监视控制),厂站端的 SOE(事件顺序记录)、PDR(事故追忆记录)等配套设施的不断出现和改进。多年来,电力系统自动故障记录已成为分析系统事故,特别是分析继电保护动作行为的重要依据。尤其是以微机为基础的故障录波装置,能够记录电网故障发生前后电气量和状态变化过程的信息,完整地反映故障后的瞬间变化及继电保护的动作行为,并有数据存档和数据再分析的能力。而且,随着通信技术的介入,电网调度端可以随时收集分布于各个厂站的故障录波器的信息,这就是故障录波器联网系统[1,2]。到目前为止,各网(省)调已相继完成以实现全网故障录波数据远传为主要目标的联网工作。其目的非常明确:提高电力系统调度和运行的水平,提高对电力系统事故的快速反应能力,确保电力系统安全可靠供电。从而,所有上述调度自动化配套设施,都为开发电网故障信息综合分析系统提供了广阔的平台。

基于以上分析,本文开发了一种基于故障录波信息的调度端电网故障诊断系统,提出了"软保护"的诊断思想,实现了电网调度端的故障录波信息管理、电网层的故障元件诊断以及双端测距等功能。并用电磁暂态分析程序 ATP(The Alternative Transients Program)和 MATLAB 语言对整套软件的算法进行了仿真验证。下面将重点介绍故障诊断模块的实现。

2 电网故障诊断系统各模块及实现功能

基于调度端的电网故障诊断及信息分析系统分为几个功能模块:数据库模块、系统管理模块、故障诊断模块、故障信息分析模块、保护和开关动作行为评价模块等。各模块之间的关系如图 1 所示:

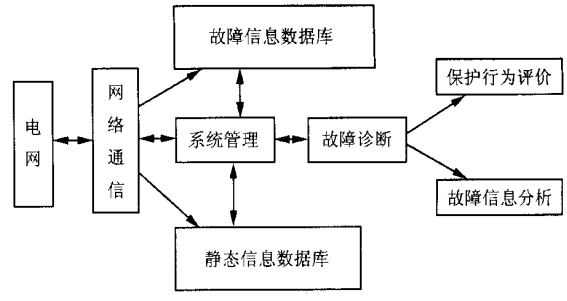

图 1 电网故障诊断及信息分析系统组成模块图

Fig. 1 Modules of the fault diagnosis and analysis system in power systems

1) 数据库模块

本文利用 SQL Sever 技术建立了各种信息的数据库,并通过 Visual C++ 提供的 MFC ODBC 数据库类来实现对数据库的访问。这些数据表包括:

①系统参数类——线路参数表、变压器参数表、发电机参数表等;

②故障录波类——故障录波数据文件表、故障录波组态文件表、录波器配置表、录波文件记录表、硬件保护动作表等;

③关系对应类——元件与软保护对应表、元件与故障录波数据接口对应表等;

④保护配置类 ——软保护配置表、硬件保护配置表等。

该数据模块具有永久保存的功能,方便日后随时查询历史记录,同时设有用户权限。数据库模块可以满足各种查询和浏览及打印的需要,为现场运行和管理人员服务。

表 1 为数据表之一线路参数表。

表 1 线路参数表

Tab. 1 Parameters of lines

线路名称	正序电阻	正序电抗	零序电阻	零序电抗	线路长度/ km
铜许 2 线	0.022	0.126	0	0.315	13.915
铜许 1 线	0.034	0.128	0	0.403	21.505
上铜 2 线	0.022	0.125	0	0.313	13.915
上铜 1 线	0.022	0.124	0	0.31	13.915
上大 2 线	0.03	0.171	0	0.42	18.975
上大 1 线	0.029	0.168	0	0.428	18.3
关铜 2 线	0.064	0.299	0	0.9	40.48
关铜 1 线	0.079	0.29	0	0.87	49.967
等值支路 3	0.0277	0.149	0.006558	0.142214	0
等值支路 2	0.046	0.228	0.008505	0.198019	0
等值支路 1	0.0291	0.1986	0.037555	0.98762	0

2) 系统管理模块

系统管理模块是本系统的重要模块,包括故障信息管理等子模块,并且协调故障诊断等功能模块完成相应的任务,负责系统建立和维护工作。

3) 故障诊断模块

该模块是本系统的重点。当系统发生简单故障时,仅利用开关和保护信息就可以定位故障元件,而且得到的诊断结果可信度高。但是当系统发生复杂故障,或者开关、保护存在较多误动、拒动以及因信道干扰发生信息丢失或错误等诸多不确定因素时,仅依靠开关和保护信息已经不可能定位到故障元件,过去开发的智能诊断系统给出的结果往往可信度不高,可疑元件较多,甚至是错误的解,要达到准确诊断必须加入新的信息源。随着继电保护及故障录波信息网的建立,丰富的录波信息为进一步诊断提供了基础。本文对在复杂故障情况下利用中心站收集的故障录波信息进一步诊断的方法进行研究,提出了软保护的诊断思想,并建立了相应的诊断模型,有效地弥补了利用开关、保护信息诊断的局限性。

4) 故障信息分析模块

该模块首先根据故障诊断模块的诊断结果调用相应元件的录波器数据分析以确定故障类型、故障相别等。如果是线路故障,则利用以上数据结果,采用较为精确的双端故障测距方法[3],定位故障点。再次,运用微机保护中的计算机算法进行谐波含量的分析,以波形显示。最后是阻抗特性,功率方向分析等。本文利用 VC ++ 中封装的 GUI(图形设备界面)类来实现各种图形的绘制。

5) 保护和开关的动作行为评判模块

利用相关的关系数据库以及以上的分析结果,对故障元件相关保护及开关动作行为的正确与否作出判断。本文利用专家系统的知识表示法 ——框架法表示各种关系,用推理的思想,对其进行评价。

3 故障诊断模块

3.1 软保护思想的提出

在实际的硬件保护中,由于实时性要求和通讯条件的限制等原因,势必造成保护可能不正确动作的缺陷,因此减弱了现场提供的保护信息的可靠性,所以,在离线分析的基础上,软模型的保护能充分克服以上缺陷,发挥录波信息(主要是电气量信息)的优势,完成对电网复杂故障的精确定位,并对硬件保护(考虑后备配合关系)有一定的评价能力。这样,利用故障录波器的信息,就可以来弥补故障发生时仅用保护、开关动作信息的不足。由于波形信息诊断的复杂性,诸多因素都将影响到诊断的性能,鉴于实际保护装置的保护功能对各种具体情况考虑得比较全面,本文采用了软保护的方法来诊断系统中母线、变压器以及线路等元件。软保护就是用纯软件的方式实现实际硬件保护功能的模拟,它有着硬件保护无法比拟的优点:不受人为因素的影响、不受硬件故障的影响、不受自然条件的影响等。

3.2 软保护模型的特点

由软件实现的软保护和实际硬件保护相比在功能上保证了完整性,实现方式比实际保护简单,诊断的可靠性更高。这是由软保护独有的特点所决定的。

(1) 软保护结构模块化,一套完整的软保护模型按功能可以分成多个不同的模块,比如数据送入模块、软保护投入逻辑模块、滤波模块、保护启动模块、故障选相模块、PT/ CT 自检模块、振荡闭锁模块、阻抗继电器[4]模块、方向继电器模块、差动继电器模块等功能模块;

(2) 不同软保护模型中相同模块可重复利用,实现模块的共享;

(3) 各模块功能实现方法可以多样化,而且不同软保护采用的方法可以不同,比如选相模块中选相功能实现方法有突变量选相、序分量分区选相及它们的改进算法等;

(4) 软保护的数据是静态的,在诊断中已经完全获得了整个故障过程的电流、电压录波数据,所以软保护中各个功能模块可以相互独立,结构简单;

(5) 软保护搜集的数据是多端的,即信息具有全面性,这一特点是硬件保护所不具备的,利用这一特性可以对很多功能模块中的实现算法进行改进,提高软保护诊断的可靠性。

(6) 软保护输入的数据窗要比实际保护长,因为它还可以加上保护出口到开关跳闸这一段时间,而且软保护在速度上要求并不高,这样可以改进滤波算法,提高结果的精度,这一点对提高软保护诊断的可靠性有直接的效果。

3.3　软保护诊断系统的设计与实现

软保护诊断过程是由故障录波数据记录的 CT 和 PT 的测量值作为保护的采样值输入,通过保护功能函数的计算与整定值比较来判断保护是否动作。诊断系统并不是给诊断元件建立所有的实际保护模型,而是按照以下原则选取:(1) 保护范围不明确的保护不建立;(2) 对定值不易整定的保护不建立,以此来避免整定值错误而造成的实际保护误动。由上述原则,对母线选用母差保护,对变压器选用差动保护,对线路建立方向、纵差以及距离 Ⅰ段保护模型。

3.4　故障元件诊断流程

要实现故障录波数据的精确诊断,要求录波输出的数据在时间上同步,一方面利用 GPS 来实现电网故障测量同步,另一方面通过分析程序把故障录波所测量到的故障电流或电压突变量起始时刻作为故障分析的起始点。诊断流程以时间为坐标,用开关、保护信息诊断出的可疑故障元件集形成诊断元件链表,对每一个元件匹配相应的软保护和数据库中的数据进行诊断。下面以某线路距离 I 段保护为例分别说明保护诊断前的匹配过程和保护的诊断流程。

1) 保护匹配过程

①首先判断开关、保护信息诊断后可疑故障元件链表中是否有数据,如果有,按照链表的顺序逐一取出,假设取出该线路为可疑元件;

②根据该线路名称,查找元件属性参数表,读入其属性参数,并保存在元件属性数据缓冲区;

③根据该线路名称,查找元件与软保护对应表,确定其所配置的软保护;

④根据该线路名称,查找元件与故障录波数据接口对应表,确定其各端录波数据所在的文件,并根据 COMTRADE 格式读入录波数据缓冲区。

⑤根据该线路名称和其配置的一种软保护(距离 I 段),查找软保护配置表,读入保护整定值缓冲区;

⑥最后,根据该线路名称和距离 I 段软保护,查找软保护模块功能选择接口 IID 表,匹配用户所需的功能算法,这样一套完整的距离 I 段软保护模型就形成了,可以对该线路进行诊断。

2) 保护的诊断流程

具体的软保护诊断流程是根据具体的保护模型配置的功能模块顺序进行的。下面给出该线路的距离 I 段软保护的诊断流程,由于数据是静态的,流程按照顺序进行。

①对距离保护进行参数初始化,包括标志位、过程参数等;

②获取录波数据缓冲区的数据结构指针,对 PT 和 CT 进行断线自检;

③调用启动模块,判断距离保护是否启动;

④调用选相模块和发展性故障判断模块,确定线路的故障类型;

⑤调用振荡闭锁模块,判断系统是否发生振荡以及振荡过程中是否又发生短路;

⑥调用距离 I 段阻抗元件动作特性(即阻抗继电器)模块,将计算的阻抗值和整定值按照保护动作判据进行判断,给出保护是否动作。

3.5　综合诊断

由于元件诊断模型是单个元件的独立诊断,存在一定的局限性,可能会出现各个元件诊断信息之间发生矛盾和诊断可信度不高的情况,需要在搜集全部智能信息的基础之上,对信息作综合的诊断。比如诊断某一输电线路 *MN*。由元件诊断获取的信息有:线路软差动保护动作,线路的 *M* 侧软距离 Ⅰ段保护动作,线路的 *M* 侧软方向保护动作,线路的 *N* 侧软方向保护动作。综合诊断时首先处理两侧距离 Ⅰ段信息,由于距离 Ⅰ段保护范围是线路全长的 80 %,所以有一侧软保护动作,那么距离 *MN* 段判线路故障,此时,有 *M* 侧软距离 Ⅰ段保护动作,则距离 Ⅰ段判线路故障;线路软差动保护动作可直接判线路故障,因此由线路软差动保护动作可判线路故障;对软方向保护,只有两侧都动作可判线路故

障,由线路的 M、N 两侧软方向保护都动作判线路故障。最后这三套保护中至少有两套判线路故障可最终判该线路故障,此时线路三套保护都判线路 MN 故障,则该线路为故障元件。另外,对线路的软保护,收集了方向保护、纵差保护、距离 I段保护的保护缺陷知识,即判断该线路是否出现了知识库中列举的所有会引起上述保护不正确动作的情况,当出现上述情况时,将该保护退出,即失去诊断功能。

这样,整个诊断过程分为分布式软保护诊断和综合诊断两部分。综合诊断是利用分布式诊断的信息做全局性的诊断,得出最后诊断结果,这样做可以尽量弥补由于灵敏度不足漏诊和信息之间有矛盾而误诊的情况,相当于对智能信息进行一次过滤处理。综合诊断的示意图如图 3 所示:

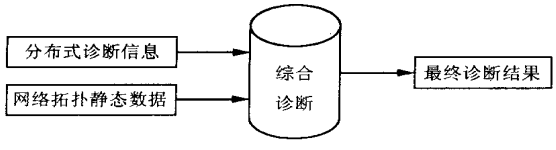

图 2 综合诊断示意图

Fig. 2 Sketch map of synthetic diagnosis

4 结语

本文提出的这种基于故障录波信息的电网故障诊断系统,实际上兼有故障录波信息管理和故障录波信息分析的功能。在电网调度自动化的重要性日益提高的大背景下,比如三峡水电站投入正常运行以后,将改变以往中国电网区域壁垒的格局,规模剧增,赋予电网调度更重要的使命。电网故障诊断系统的开发顺应了电力系统发展的潮流,已是大势所趋。本文的研究经大量仿真测试,具有较高的诊断精度和很强的实用性。

参考文献:

[1] 王立新,郭登峰,张小川. 微机保护和故障录波器联网系统[J]. 继电器, 2000,28(4):46 - 49.

[2] 骆敬年. 华东 500 kV 电网故障录波器联网系统[J]. 华东电力,2000,(1):4 - 6.

[3] 毛鹏,张兆宁,苗友忠,等. 基于双端电气量的输电线路故障测距的新方法[J]. 继电器,2000,28(5):24 - 27.

收稿日期: 2003-08-05; **修回日期**: 2003-10-16

作者简介:

王 颖(1980 -),女,硕士研究生,研究方向为电力系统微机继电保护;

王增平(1964 -),男,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统微机继电保护;

潘明九(1974 -),男,硕士研究生,研究方向为电力系统信息处理。

A fault diagnosis system based on recorded fault data in power systems

WANG Ying, WANG Zeng-ping, PAN Ming-jiu

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: With the development of power systems and its automation, it is of great significance to develop a fault diagnosis system based on recorded fault data. Such kind of a system is developed, which is composed of several modules such as database module, system management module, and fault diagnosis module. The operational principles of these modules are discussed respectively in this paper. And the fault diagnosis module is emphasized.

Key words: fault recorder; fault diagnosis; power network

(上接第 36 页)

Research on fuzzy power system stabilizer for hydro - generator's governor

WANG Ming-dong, LIU Xiam-lin

(School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Fixing power system stabilizer on the governor of synchronous generator is an effective method to restrain low frequency oscillation. This paper introduces a fuzzy governor - based power system stabilizer(FGPSS) of hydro - turbine generator adopting the elastic water hammer model of hydraulic system and Philips - Heffron model of synchronous generator. Simulation studies are performed through Matlab/Simulink. The simulation results indicate that the FGPSS which has strong robustness can improve the dynamic quality of hydro - generator units.

Key words: hydro - generator; fuzzy control; power system stabilizer; MATLAB