

基于继电保护信息管理系统的隐藏故障分析

王伟¹, 余锐¹, 熊小伏², 刘晓放²

(1. 四川电力公司调度中心, 四川 成都 610041; 2. 重庆大学电气工程学院, 重庆 400030)

摘要: 继电保护系统的隐藏故障对电网的运行威胁很大, 而隐藏故障的诊断十分困难。论文对继电保护信息管理系统的结构及功能进行了说明, 提出利用继电保护信息系统对继电保护装置进行监测从而发现其隐藏故障的新方法。对继电保护的動作特性进行了划分, 建立了保护装置测量回路存在隐藏故障的判据, 对利用故障录波信息进行动态特性检测进行了探讨。

关键词: 继电保护; 信息系统; 隐藏故障; 状态诊断

Abstract: The operation of power grid is seriously threatened by the hidden failures of relay protection systems however the diagnosis of hidden failures is quite difficult. The structure and function of relay protection information management system are described and a new method of detecting the hidden failures through monitoring protective devices using relay protection information management system is proposed. Operating characteristics of relay protection is analyzed the criterion of the hidden failures in measurement circuit of protective devices is established and the dynamic characteristics of relays are discussed by use of fault record information.

Key words: relay protection; information management system; hidden failures; fault diagnosis

中图分类号: TM769 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)02-0054-08

随着电网的不断发展, 电力系统对安全、稳定、经济运行的要求越来越高。及时、准确分析故障和保护动作信息, 充分利用故障数据信息, 对提高继电保护及安全自动装置的运行水平有极其重要的意义。随着微机型继电保护装置、微机型故障录波器等数字式设备在电网中的普遍使用, 在电力系统发生故障时, 保护和故障录波器均具备了以数据方式上传故障信息的可能。为了提高电网安全运行的调度系统信息化、智能化水平, 在电网发生故障时为调度提供实时故障信息, 有效地快速恢复系统, 继电保护信息管理系统的建设得到了相当的重视。继电保护信息系统将数字式保护和故障录波器的信息来源有效地关联, 使这些信息更加同步、完整, 提高了分析电网故障的效率, 使二次装置的综合管理、分析、应用水平不断提高, 并逐渐产生了良好的经济效益及作用^[1-2]。

由于继电保护信息系统所获取数据的同步性、实时性和可靠性都比较高, 通过对比继电保护装置的测量值与其他参考值之间的差异, 有望实现对继电保护装置运行情况的监控。

为此, 提出将继电保护隐藏故障监视功能融入继电保护信息系统, 以继电保护装置信息为诊断输入进行继电保护系统隐藏故障诊断的新方法。由于扩展了信息来源, 继电保护的工作状况特别是测量回路的隐藏故障诊断将变得可行。

1 继电保护信息系统的结构

1.1 继电保护信息系统的结构

根据电力系统本身的结构特点, 继电保护信息系统具有层次化的体系, 由主站和多个子站构成, 形成一个完整的分层、分布式系统^[3-4]。继电保护信息系统主要用于对电网的事故分析与处理, 以及对保护设备的動作行为详细分析, 具有事故处理决策支持、保护动作系统性分析、设备异常及时报警及其他应用的数据支撑等基本功能^[5], 其结构如图 1 所示。

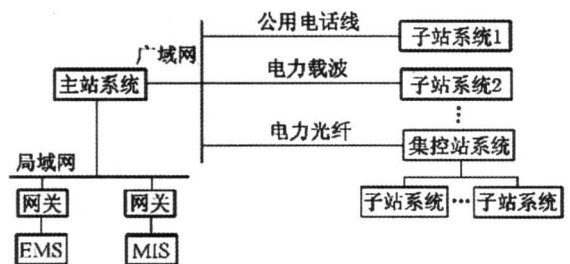


图 1 继电保护信息系统结构图

主站系统不间断地监视各继电保护和故障录波设备的运行, 并通过对保护动作情况历史数据的积累分析, 综合对保护运行状态的监视, 对保护系统的运行状况作出判断; 在电网发生故障时, 主站系统收取

保护动作的报文,综合断路器动作信息和故障录波器的动作信息,对保护装置等的动作行为进行详细的分析,确定保护装置的动作结果是否符合保护的原理、特性,是否与保护装置内的设定值、辅助逻辑一致,为电网调度运行人员事故处理提供必要的决策支持。子站系统负责监视、采集站内各保护装置、自动装置以及故障录波器的运行状态、告警信息、动作信息和相应的故障录波数据,将获得的信息根据优先级和不同的使用对象,经数据通道传送至主站。

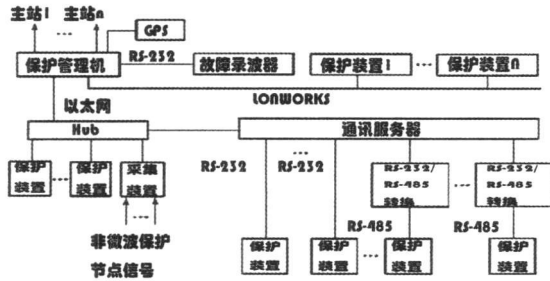


图 2 子站系统结构图

在目前的研究及应用中,继电保护信息管理系统的功能主要集中于保护定值的在线整定与查询、保护动作与故障录波信息的上传分析等方面,至于其他的应用则较少涉及。为充分利用该系统所提供的丰富资源,有必要研究对其功能进行扩展,以实现更高级的应用。在可能的应用中,对继电保护系统隐藏故障的诊断是一个相当有研究价值的问题。

2 继电保护隐藏故障与继电保护动作特性

2.1 继电保护隐藏故障

隐藏故障是指继电保护装置中存在的一种永久缺陷,这种缺陷在系统正常运行时不容易被发现,当系统发生故障等不正常运行状态时则会表现出来,其直接后果是导致被保护元件的错误断开。近年来国内外几次大事故的教训表明^[6],由隐藏故障引发的连锁故障过程和故障模式是离线分析所未能预计到的,而实际故障发生后对系统的状况又缺乏全面掌握和分析的手段,未能做出正确的判断和处理,从而导致事故的扩大。为了提高互联系统的运行可靠性,有必要研究如何实现继电保护系统中隐藏故障的诊断与监视。

早在 1996 年就有专家提出了对继电保护隐藏故障进行监视和控制的设想^[7],但因当时的条件所限而未能作深入研究。近几年来,相关的研究因技术的进

步而有所发展,但现有的在线诊断研究大多着眼于继电保护装置的硬件冗余措施研究以及定值的在线校核;也有学者提出在继电保护系统中增加数字设备、建立监控系统进行监视的方法,无更深入的探讨^[8-9]。

随着继电保护信息系统建设的进行,继电保护及故障录波装置的信息可以并已经实现快速上传和共享。这些信息的集成,为继电保护隐藏故障的诊断提供了可用的信息源。由于扩展了信息来源,继电保护的工作状况特别是测量回路的隐藏故障诊断将变得可行。

2.2 继电保护动作特性分类

从继电保护动作机理的角度出发,可将继电保护的作特性作如下划分:

2.2.1 静态特性

继电保护装置在未满足启动条件时,仅进行测量计算而不进入逻辑比较和跳闸出口环节。此时存在于 TA 测量回路、连接电缆及连接端子、继电保护前置处理电路、采样及采样值计算等环节的隐藏故障可能并不能表现出来,也不一定会造成继电保护装置误动作,但当一次电流增大或保护区外故障时,此类隐藏故障将被激活,导致继电保护误动或拒动。因此,保证继电保护装置静态特性正确、发现此类隐藏故障是避免出现保护误动和拒动的关键。而确保继电保护测量回路和测量计算正确与否则是静态特性好坏的关键。

2.2.2 动态特性

当继电保护装置的测量信号满足启动条件后,继电保护装置将进行保护逻辑比较。此时继电保护正确工作的关键是整定值和动作原理的正确。当一次系统扰动结束后,可根据继电保护装置在扰动过程中的行为记录分析继电保护的动态特性是否正确。相对于静态特性的监视,如何对继电保护装置的动态特性进行分析是另一值得研究的重要内容。

3 继电保护隐藏故障诊断

3.1 继电保护隐藏故障诊断原理

隐藏故障存在于继电保护各环节的特点决定了须针对各阶段的隐藏故障模式研究相应的诊断方法。讨论利用继电保护信息管理系统对继电保护装置静态特性和动态特性的进行监视,以实现测量计算、整定值、动作原理、出口跳闸等环节隐藏故障的诊断。

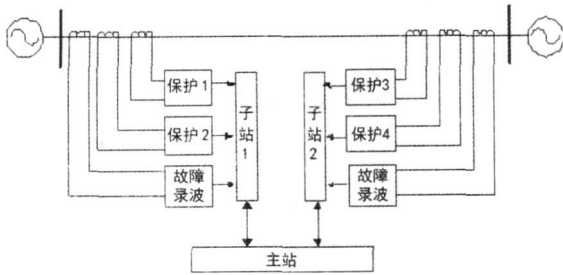


图 3 隐藏故障诊断基本原理

3.1.1 静态特性诊断

通常, 继电保护装置采集模拟量、开关量作为其动作的输入。对开关量采集环节的监视可通过装置自身的硬件来实现, 而对模拟量采集 (测量值) 回路的监视则难以实现。

继电保护装置的测量回路包括 TA、连接电缆、端子、继电保护装置内部的前置变送器、滤波电路、A/D 转换及 CPU、存储器等多个环节。任一环节的失效或误差增大, 均将导致测量值不准。对继电保护静态特性的监视最重要的是监视其测量值的准确性是否发生变化。

若能获得另外一个或多个元件的测量计算值作为参考量, 将继电保护装置的测量计算值与其进行比较, 所得结果应该基本相同。当二者之差超过预先设定的门槛值, 则认为继电保护装置的静态特性出现了隐藏故障。考虑到在目前的高压及超高压电网中, 继电保护装置已经基本实现从互感器到跳闸线圈的双重化配置, 可以利用继电保护信息管理系统获取测量对象有逻辑关系的多套继电保护装置 (如同一线路两端各配置的两套保护) 的测量计算值, 对这些测量计算值进行相互比较, 即可对继电保护装置的静态特性进行诊断。

目前, 要实现上述功能, 尚须解决继电保护装置的信息开放性问题。由于现有继电保护装置在未启动的情况下不会向外送出任何信息, 这就意味着在电网中没有故障或扰动时, 继电保护信息管理系统主站无法对继电保护装置进行监视。为此, 应由生产厂家对继电保护装置的软件进行改进, 使装置能将测量计算值及时上传至继电保护信息管理系统主站。

3.1.2 动态特性诊断

当电网中发生故障或出现较大的扰动时, 继电保护和故障录波装置都会启动并记录下相应的启动信息, 包括各回路的三相电压、三相电流、故障发生时刻、保护动作类型及保护出口时间、开关动作时间等原始信息, 由这些原始信息还可以计算出电压电流的

负序和零序分量、测量阻抗、故障类型、故障距离等。所有的这些信息在现有的装置中都是对外开放的, 可以很容易地从继电保护和故障录波装置获取。

由于继电保护和故障录波装置的启动信息都是对电网故障的反映, 因此二者之间有着必然的关联关系。按照事先确定的关联关系对这些信息进行分析计算, 可以诊断继电保护系统中是否存在保护原理、整定值、故障量计算、逻辑判断以及跳闸出口回路等环节的隐藏故障, 从而实现继电保护动态特性隐藏故障的诊断。

按照上述思路扩充继电保护信息管理系统的功能后, 在变电站内, 继电保护信息子站与各继电保护装置及故障录波器之间通过高速通信网相连, 收集本变电站内继电保护装置和故障录波器的测量计算信息, 可实现站内继电保护设备的隐藏故障诊断, 但不能实现站间保护的诊断; 通过继电保护及故障信息管理系统主站, 可同时收集电网内不同地点继电保护装置的测量信息和当地的测量装置测量信息, 实现对多端信息继电保护系统的隐藏故障诊断。

3.2 基于继电保护信息系统保护装置测量回路诊断

继电保护装置测量回路的准确测量对保证保护系统的正常运行起着决定性的作用。为了对测量回路中的隐藏故障进行诊断, 按照前述的静态特性隐藏故障诊断方法, 在继电保护信息管理系统对测量对象有逻辑关系的多套继电保护装置的测量计算值进行运算, 以运算结果作为保护是否存在隐藏故障的判断。

在系统未发生故障的情况下, 各套保护装置对同一电气量的测量计算结果应该相同。若有某一套保护装置的结果与其他装置相差超过一定程度, 则可以判断为其测量回路存在隐藏故障。

以 X_i 代表各套保护装置测量值, $i=1, \dots, n$ 为测量值数量。在进行数据处理时, 为简化分析, 只考虑 X_i 中有一个发生错误的情况。

按以下步骤进行隐藏故障诊断:

求本组测量值的均值:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

计算各测量值对均值的距离:

$$d_i = X_i - \bar{X} \quad (2)$$

找出 d_i 中绝对值最大者 d_j :

$$d_j = \max \{ |d_j| \}, 1 \leq j \leq n \quad (3)$$

找出 d_j 对应的采样值 X_j , 计算不包括 X_j 的测量值均值:

$$\bar{X}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1, i \neq j}^n X_i \quad (4)$$

设 $\Delta \epsilon_{nd}$ 为隐藏故障报警门槛值, 当连续多组采样值均有下式成立时:

$$\frac{|X_j - \bar{X}'|}{|X_j|} > \Delta \epsilon_{nd} \quad (5)$$

则可确定第 j 个测量值对应的保护装置测量回路异常。

3.3 基于故障录波信息的保护动作行为分析

电力系统故障录波装置是自动记录电力系统事故和振荡的发生、演变以及恢复正常运行全过程的重要设备。它可以记录电力系统发生大扰动时继电保护与安全自动装置的动作行为。将继电保护装置的故障动作数据与故障录波装置所记录下参数波形和数据进行比较, 能及时地发现继电保护装置中的隐藏故障。

在进行数据比较时, 主要可以作如下内容的分析:

- 1) 利用故障录波数据计算保护动作判据与保护装置实际动作行为是否一致;
- 2) 负序、零序等分量的是否与故障录波结果一致;
- 3) 动作值与整定值是否满足逻辑关系;
- 4) 断路器实际动作情况与继电保护装置跳闸出口命令是否吻合;
- 5) 在电网发生复杂故障时, 保护装置的动作为否合理。

其中, 对保护装置实际动作判据及行为的分析过程如图 4 所示, 其他的分析过程与此类似。

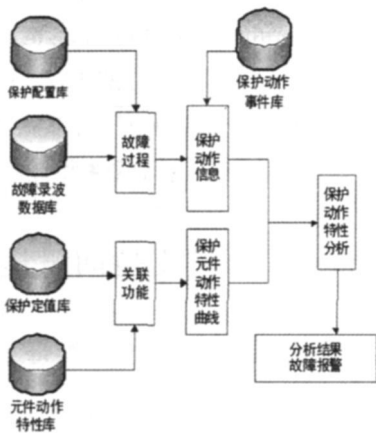


图 4 保护动作特性分析过程

4 结 论

继电保护隐藏故障的诊断是一项十分困难的工作。从继电保护的机理出发, 将继电保护隐藏故障诊断划分为两个环节, 即静态特性监视和动态特性, 并进而提出获取建立继电保护装置外部参考信息, 实现对继电保护装置隐藏故障的诊断。

由于继电保护信息管理系统能够获取广域范围的继电保护及故障录波装置的动作信息, 提出了以利用继电保护信息管理系统实现继电保护隐藏故障诊断的思路, 建立了相应判据, 这对于扩展继电保护信息管理系统功能、提高电力系统运行可靠性将具有积极的作用。

参考文献

- [1] 倪益民, 丁杰, 赵金荣, 等. 电网继电保护及故障信息管理系统的设计与实现 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27(17): 86—88.
- [2] 袁宇波, 丁俊健, 陆于平, 等. 基于 Internet/Intranet 的电网继电保护及故障信息管理系统 [J]. 电力系统自动化, 2001, (17): 39—42.
- [3] 王振树, 张波, 孟昭勇. 电力系统继电保护及故障信息子站系统的方案设计 [J]. 继电器, 2006, 34(7): 65—69.
- [4] 黄树帮, 叶留金, 袁宇波, 等. 电网继电保护及故障信息处理主站系统的设计和实现 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(16): 88—92.
- [5] 任建文, 周明, 李庚银. 电网故障信息综合分析及管理系统的研究 [J]. 电网技术, 2002, 26(4): 38—41.
- [6] 甘德强, 胡江溢, 韩祯祥. 2003 年国际若干停电事故思考 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(3): 1—4.
- [7] Surachet Tamronglak. Analysis of Power System Disturbances due to Relay Hidden Failures[D]. Blacksburg Virginia Polytechnic and State University, 1994.
- [8] 朱永利, 宋少群, 朱国强, 等. 地区电网保护定值在线校验智能系统 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29(6): 87—92.
- [9] J De La Ree, Y. Liu, L. Mili 等. Catastrophic failures in power systems: causes analyses and countermeasures [J]. Proceedings of the IEEE, 2005, 93(5): 956—964.

作者简介:

余 锐 (1976 —), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统继电保护和配电网自动化。

(收稿日期 2008—12—03)