

变压器绕组匝间短路故障判断方法探析

张昕, 陈鹏, 余平, 王贵, 朱猛

(雅砻江流域水电开发有限公司集控中心, 四川 成都 610051)

摘要:针对传统变压器差动保护对匝间短路故障不能很好地快速准确判断的现状,通过利用小波变换对匝间短路故障时的电流信号进行分析,从而归纳总结出一种快速准确判断故障的方法。该方法计算简单,所用数据量较少,能在匝间短路故障发生初期就做出快速准确判断,具有一定的可行性和实用性。

关键词:匝间短路;仿真分析;方法设计;小波变换

中图分类号:TM411+.2;TM713

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)05-0137-04

0 引言

随着电网容量和规模的扩大,大容量变压器在电力系统中的作用日显突出,电力用户对其安全稳定运行和可靠供电提出了越来越高的要求。差动保护作为电力变压器的主保护,随着科技水平的不断提高相关保护理论得到了不断的发展,在工程实践中也得到了较好的验证。而根据相关资料统计^[1],变压器匝间短路占电力系统中大型变压器故障的50%~60%。匝间短路时的一个典型特点是:短路电流可达额定电流的数十倍,但三相线电流并未显著增大^[2]。由于外部短路电流等因数的影响,变压器三相不平衡电流较大,一般情况下,变压器差动保护的整定值都设定较高,不能灵敏反映匝间故障^[3]。而传统的反映变压器内部故障的瓦斯保护,无法在故障发生的初期做出快速准确的判断,往往保护动作时变压器内部故障已经发展到相当严重的程度,对变压器的安全稳定运行造成了不利影响。因此,有必要针对变压器匝间短路故障研究出一种更实用快速准确的保护方法。

本文通过在PSCAD/EMTDC中建立电力变压器典型内部匝间短路故障模型,通过Db小波函数研究电流波形数据从而获取准确鉴别内部匝间短路故障的判据和算法。

2 仿真分析

本文采用PSCAD/EMTDC软件进行仿真研究。该软件具有精确的元件模型、方便的数据输入方式及强大的分析功能,主要用来研究电力系

统的暂态过程,是系统分析和工程研究的有力工具。该软件包由PSCAD(Power System Computer-Added Design)和EMTDC(Electromagnetic Transient Including DC)两部分软件组成,其典型应用是计算电力系统遭受扰动或者参数发生变化时,电信号随时间参数发生变化的规律。特别是软件包内含的基于中心几何学建立的UMEC变压器模型,不仅考虑到同相绕组之间的耦合作用,还考虑到不同相绕组间的耦合作用。UMEC模型通过充分利用插值法,以分段的线性U-I曲线来描述铁芯饱和特性,在实时计算时特别是变压器铁芯饱和的情况下可以获得精确的结果。

由于电力系统故障的发生总是会导致相关信号的奇异性产生,因此,分析信号的奇异性可以确定故障发生的时间和原因。而信号突变点(边缘)检测是小波变换应用的一个重要方面。由小波分析理论可知,信号的突变点在小波变换域常对应于小波变换系数模的极值点或过零点,并且信号奇异性的大小同小波变换系数的极值随尺度的变化规律相互对应。

通过综合考虑,仿真所得数据采用MATLAB小波工具包中的Db小波函数进行处理,选用分解尺度为5,以特征较为明显的第3尺度下模极大值作为判断依据,原始信号 $S = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + a_5$, d_1 至 d_5 分别为第一至第五尺度的高频细节部分, a_5 为第五尺度下的低频粗糙部分。

图1为仿真变压器匝间短路故障的模型,简要说明如下:

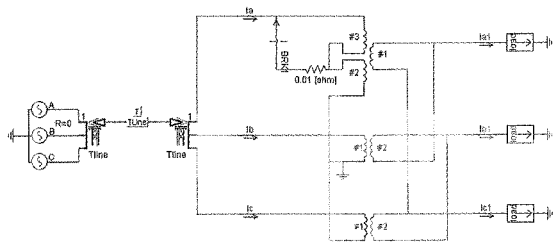


图1 匝间短路故障仿真模型

(1)变压器主要参数为 100.0 MVA, YNd11, 110/35。采用三个单相变压器进行建模。

(2)由于变压器发生内部匝间故障时电流变化值一般很小,以至传统的继电保护装置无法及时监测到故障信号,考虑到发生小匝数的匝间短路时,所引起的变比变化不明显,因此,设置极端

的情况下对保护方案的检验,在匝间短路模型中设定 A 相发生匝间短路,短路匝数为总匝数的 2%。按照参考文献^[4]中的思路,一台双绕组变压器发生匝间短路时,可以把短路部分看作第三绕组,这就相当于一台三绕组变压器在第三绕组发生短路,匝间短路模型设计如图 1 所示。

(3)PSCAD/EMTDC 中对原始电流信号每工频周期采样 200 点,即采样频率为 10 kHz。MATLAB 中设定在 0.2S 时发生故障,对一、二次侧采样电流一工频周期时间内的信号数据进行小波分析。

图 2,3,4 分别为 A 相发生匝间短路故障后 A、B、C 三相一、二次侧电流经小波变换后的波形。

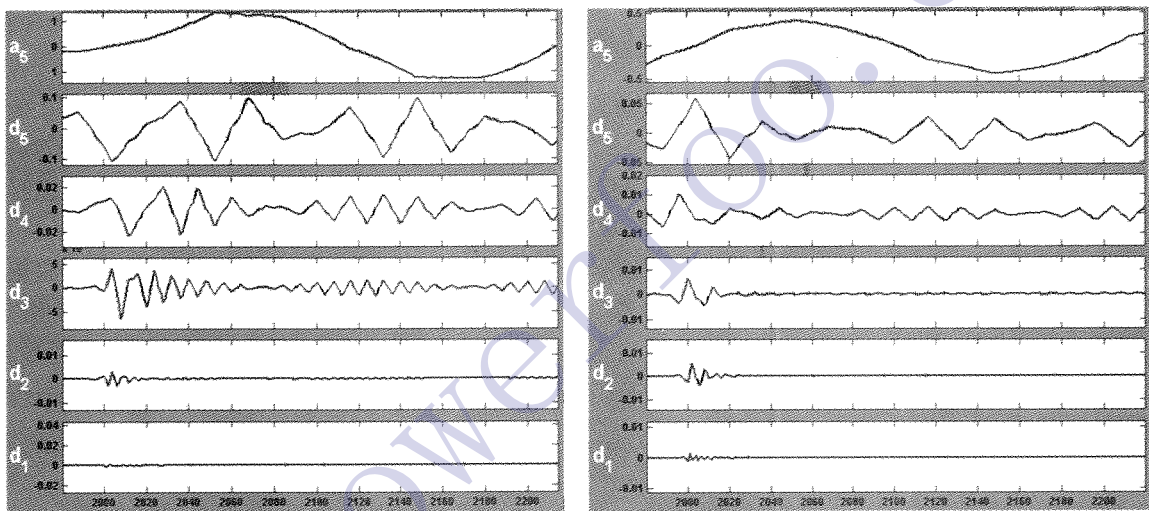


图2 A相匝间短路时,A相一、二次侧电流小波变换

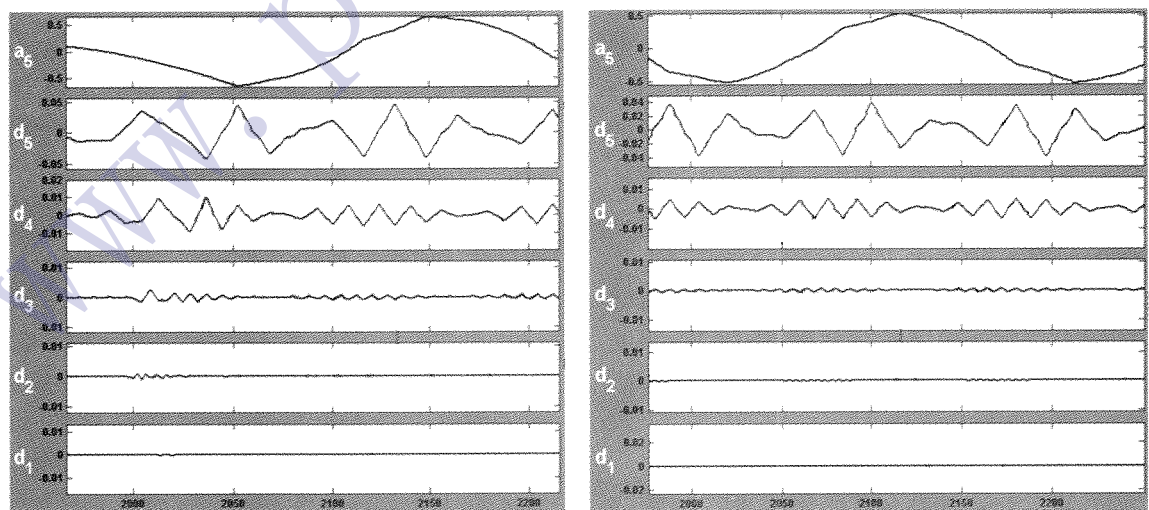


图3 A相匝间短路时,B相一、二次侧电流小波变换

由以上波形可以看出:A相在故障发生后的一工频周期时间范围内的模极大值对应或者接近

于故障发生时刻,并且一、二次侧的模极大值符号相反且绝对值分别为 0.0065 和 0.00679;B相

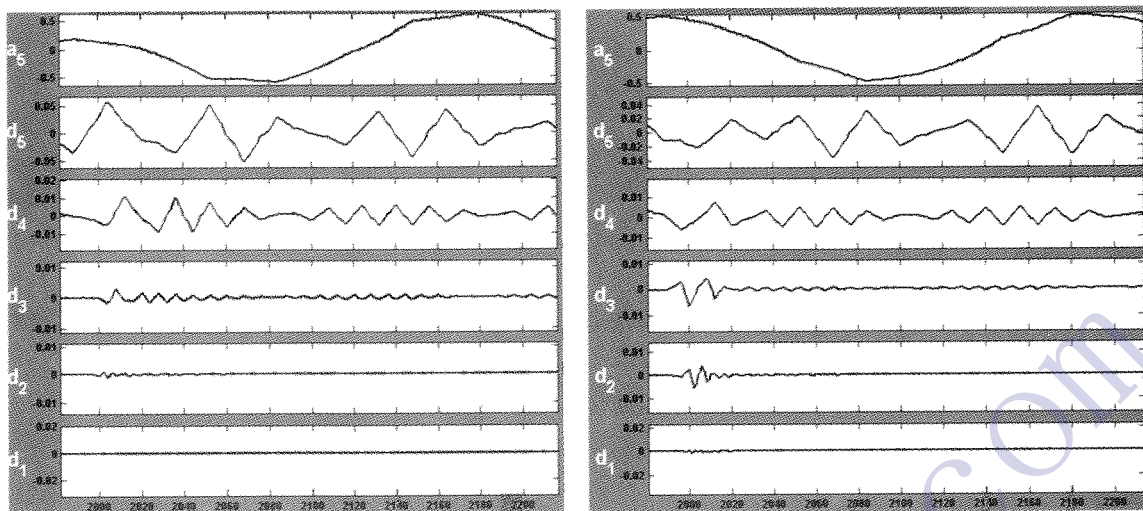


图 4 A 相匝间短路时, C 相一、二次侧电流小波变换

一、二次侧在故障发生后的一工频周期时间范围内的模极大值符号相反且绝对值分别为 0.002736 和 0.0006036; C 相一、二次侧在故障发生后的一工频周期时间范围内的模极大值符号相反且绝对值分别为 0.00287 和 0.00638。

上述仿真研究是直接对一、二次侧电流进行信号采样分析,但实际工程运用中往往是通过电流互感器将信号进行转化并接入保护回路进行数据分析,通常会假定电流互感器是线性传变信号的,但实际运用中电流互感器存在着磁饱和问题。对于电压等级较低的电网,一般只要有所注意,保护装置适应电流互感器的饱和并无太大困难。但在较高等级电压的电网中,考虑到故障电流初始值中含有的直流分量,若要满足快速保护对电流互感器过渡过程饱和时的要求就要复杂困难得多。

实际上,由于电流互感器只能在故障发生一定时间之后才会饱和,这一时间段至少有四分之一个周期^[5]。而仿真数据结果表明,在一个工频周期内,所需要进行分析判断的模极大值部分均在 1/4 周期内,因此可以认为分析数据基本不受电流互感器饱和的影响。

3 保护方法设计

上述仿真研究结果表明:对于匝间短路故障情况,故障发生相一二次侧对应的模极大值点的幅值其正负性是相反的,若采用适当的门槛值,将模极大值过小的点归结为零,则可以认为非故障相两侧的模极大值点总是有存在为零的情况。

对应于本文的研究内容,可设定门槛值 K 为

0.003,绝对值小于该门槛值的模极大值均设定为零。表 1 是将仿真所得到的数据处理后的结果。可以看出当发生故障时,故障相一、二次侧电流信号模极大值电流幅值符号相反,而正常相的乘积则为零。因此,不但可以依据其乘积的符号对故障的发生做出判断并且可以进一步判断出故障所在相。

表 1 匝间短路故障时小波变换模极大值点电流幅值

故障类型	A 相		B 相		C 相	
	一次	二次	一次	二次	一次	二次
A 相匝间短路	<0	>0	0	0	0	<0

综上所述,所设计的判据如下:

假设变压器差动保护回路分别在三相各自独立判断, $I_1(t)$ 、 $I_2(t)$ 分别为采样区间内某相一、二次侧电流小波变换模极大值点的幅值,设 K 为门槛值且 $K=0.003$,若

$$|I_1(t)| < K \text{ 则 } I_1(t) = 0 \quad (1)$$

$$|I_2(t)| < K \text{ 则 } I_2(t) = 0 \quad (2)$$

有:

$$S = I_1(t) \times I_2(t) \quad (3)$$

若数据运算后 $S < 0$,保护回路发出信号“1”;若小波变换后某相一次或二次侧电流幅值的绝对值低于门槛值 K 则 $S = 0$,保护回路发出信号“0”。将三相各自一二次侧电流数据计算后发出的“0”和“1”进行“或”运算,若结果为“1”则保护装置发出变压器跳闸信号,并根据各相反馈回的“0”“1”信号判断故障具体发生在哪一相。若“或”运算结果为“0”,保护装置则继续对采样信号进行

分析判断。

4 结 语

考虑到工程应用环境的复杂,在实际应用中还需不断完善判据。若门槛值 K 选取过高,有可能使得轻微故障情况下仅凭判断 S 的数值并不能做到足够准确的判断,甚至会导致拒动情况发生。同时在对电流信号的分析处理过程中也存在着电流信号波动干扰导致的误判可能,因此,该判据的具体设定还需要在实际工作中不断总结归纳以取得更合理的设置。总体来说,该方法计算简单,所用数据量较少,能在匝间短路故障发生初期就做出快速准确判断,具有一定的可行性和实用性。

参考文献:

- [1] 尹项根. 电力系统继电保护原理与应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2001.
- [2] 李秀国. 变压器匝间短路故障的分析与处理[J]. 山东电力技术,2009(6): 28-29.
- [3] 王维俭. 发电机变压器继电保护应用[M]. 北京:中国电

力出版社,2005.

- [4] 王维俭,侯炳鑫. 大型机组继电保护理论基础[M]. 北京:水利电力出版社,1982.
- [5] KEZUNOVIC, M, KOJOVIC, L. Experimental Evaluation of EMTP-based Current Transformer Models for Protective Relay Transient Study. IEEE Transactions on, 1994, 9(1): 405-413.

作者简介:

- 张 昕(1980-),男,江苏沭阳人,三峡大学电力系统及其自动化专业毕业,工程师,主要从事水电站运行管理工作;
- 陈 鹏(1982-),男,重庆人,西安交通大学电气工程专业毕业,工程师,主要从事水电站运行管理工作;
- 余 平(1981-),男,湖北荆州人,三峡大学电力系统及其自动化专业毕业,工程师,主要从事水电站运行管理工作;
- 王 贵(1986-)男,贵州兴义人,华中科技大学电气工程及其自动化专业毕业,工程师,主要从事水电站运行管理工作;
- 朱 猛(1986-),男,四川绵竹人,长沙理工热能动力工程专业毕业,助理工程师,主要从事水电站运行管理工作;

(责任编辑:卓政昌)

溪洛渡和向家坝电站全部机组均实现“首稳百日”

继溪洛渡水电站全部机组实现“首稳百日”之后,向家坝水电站8台机组近日也实现了“首稳百日”。这为确保“西电东送”稳定开展创造了利好条件。“首稳百日”是指新投产机组在前100天的试运行期内实现安全稳定运行。作为国家“西电东送”骨干电源项目,溪洛渡水电站和向家坝水电站两座电站作为一组电源,源源不断地将清洁能源送入华东、华中和南方电网。今年6月底及7月初,两座电站先后实现全部机组正式投产发电。据悉,10月8日晚,溪洛渡水电站全部机组率先实现“首稳百日”;10月15日16时,向家坝水电站全部8台机组也成功实现“首稳百日”安全运行目标。

观音岩水电站顺利通过蓄水验收

2014年10月19日,金沙江观音岩水电站验收委员会出具了《金沙江观音岩水电站工程蓄水验收鉴定书》,观音岩水电站顺利通过了工程蓄水验收,将于2014年10月21日开始择机下闸蓄水。电站位于云南省华坪县与四川省攀枝花市的交界处,是金沙江中游河段规划的最末一个梯级电站,工程以发电为主,正常蓄水位1134米,水库总库容22.5亿立方米,装机容量3000兆瓦,电站为一等大(1)型工程。枢纽布置主要由挡水、泄洪排沙、电站引水系统及坝后厂房等建筑物组成,最大坝高为159米。2008年12月18日导流明渠工程开工,2011年1月6日二期大江截流,2013年1月20日三期导流明渠截流,计划2014年底首台机组发电。

泸州黄桷坝水库坝后电站即将建成发电

据悉,位于纳溪区上马镇境内的黄桷坝水库坝后电站项目总装机容量为1200千瓦,总投资2152万元,投产后年发电量可达450万千瓦时,是目前市内较先进的少人值守、无人值班数控操作电站。目前,已完成土建、引水渠、压力管道、厂房、电力线路建设,水轮机、发电机、综合控制屏、测温屏、交直流电源屏、电脑测速器等设备已基本完成安装,正在抓紧进行设备调试和10千伏变电站及并网线路建设,预计月底前试运行发电。

川藏联网重点工程水洛变电站首检工作全面告捷

9月17日凌晨0点09分,随着水洛变电站500千伏乡水一线5053开关成功合闸带电,标志着500千伏水洛变电站首检工作全面告捷,以崭新的面貌积极应对各种恶劣天气的考验。500千伏水洛变电站是汇集水洛河大小水电的平台,是川藏联网的重要通道,对合理开发利用水洛河丰富水电资源、促进木里藏区经济发展有着举足轻重的作用。据了解,此次首检工作于8月20日全面拉开序幕,经过国网四川检修公司西昌运维分部一个月的艰苦鏖战,全面完成了水洛变电站主变、220千伏及500千伏所有母线、线路、开关间隔及附属设施,35千伏站用变首检和安装固定式验电器、三遥核对等16个大项的首检工作。首检结束后,全面提高了500千伏水洛变电站所有设备的健康运行水平,为川藏联网、川电外送和促进藏区经济飞速发展提供了强有力的保障。