

基于虚拟差流技术的母线异常大数检测方法

唐治国,周小波,陈琦,王永旭,陈宏岩
(南京国电南自电网自动化有限公司,南京 211153)

摘 要:随着智能变电站的建设和就地保护的应用,出现采样异常大数的概率越来越高,这对母线保护的可靠性提出了更高的要求。提出一种应用于母线保护的识别采样异常的新方法,通过线性插值的方法虚拟出一个母线保护差流,比较实际计算的差流与虚拟差流的差异,能够准确区分出故障及异常大数,与已有算法相比具有数据窗小、能解决多点采样异常等优势。通过仿真试验验证,该方法有效可行,能够消除采样异常大数对母线保护的影响,提高了母线保护的可靠性。

关键词:母线差动保护;异常大数;虚拟差流;线性插值;差异系数

中图分类号:TM 772 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2017)04-0001-03

0 引言

随着智能变电站的建设,电子式互感器和合并单元得到了广泛应用,基于 IEC 61850-9-2 的采样值(SV)由于具有较好的一致性和互操作性,在智能化设备中得到了广泛使用。目前在智能变电站中使用的典型方案为直接采样,直接跳闸。常见的采样接入方式有电子式互感器加合并单元以及常规互感器加合并单元两种方式,但对于一些重要的变电站,仍由保护电缆接入常规采样。

对母线保护而言,无论电子式互感器还是常规互感器,以合并单元方式接入的统一视为数字采样。由于存在诸多环节,导致母线保护装置接收到的采样出现诸多异常^[1]。

对于传统互感器直接接入的母线保护,随着设备就地化的发展,不可避免地面临着更为严酷的电磁环境,同样会出现采样异常。

鉴于现场以及相关检测试验中,已经多次出现过异常大数的案例,如果不采取有效措施,母线差动保护的可靠性将降低,严重影响设备的可靠运行,甚至威胁电网安全。本文提出了一种采用虚拟母线差流的新方法,数据窗小,实现简单,能够消除异常大数对母线保护的影响,具有较高的实用性。

1 异常大数检测方法

1.1 异常大数产生原因及研究现状

对于数字采样,由于存在电子式互感器及合并单元等环节,当这些环节受到干扰或者异常后会出现以下特征^[2]。

(1)SV 配置异常。主要体现在媒体访问控制(MAC)地址、应用标识符(APPID)、采样控制块标识符(SVID)和配置版本号,该类异常在集成调试阶段一般能够发现及解决。

(2)链路异常、采样数据异常以及采样延时异常。主要体现在母线保护装置与合并单元光纤中断,或者光纤损耗较大,或者合并单元本身发送数据不稳定,一般情况下由于有采样异常,保护装置能够可靠闭锁。

(3)双模数转换(AD)不一致。主要体现在保护接收的 2 路 AD 数据不一致,目前母线保护装置一般采用告警的方式进行提示,当母线有区内、区外故障时,正常情况下能够准确动作。

(4)采样值丢帧及畸变。当采样值出现丢帧时,母线保护能够可靠闭锁;而当出现采样畸变时(异常大数),如果不采取合适的解决方案,将有可能导致保护误动。

对于传统采样,母线本身受到干扰如浪涌、快速瞬变或者装置本身交流模件硬件故障同样会出现异常数据。

目前采样异常大数的研究较少,可见的文献主要有以下几点:文献[3]给出了采样异常大数产生的原因,并提出一种检测方法;文献[4]给出了 SV 采样报文异常大值的特征及检测方案;文献[5]采用了线性插值的方法识别异常大数;文献[6]给出了合并单元采样异常的识别方法,文献[7]给出了采样值的 3 点连续有效判别法。这些研究及方法为异常大数的检测提供了很好的参考价值,但这些算法实现较为复杂,数据窗较大,同时无法解决异常大数等问题。

1.2 检测方法

电力系统正常运行时,汇集到母线上的电流波形是正弦曲线,该波形曲线连续可导。当母线区内、区外发生故障时,各支路电流幅值及相位发生变化,包含衰减的直流分量及丰富的谐波分量,此时电流曲线仍然连续可导。当受到干扰或者硬件故障导致出现异常大数时,异常大数出现的波段波形不连续且不可导。

母线保护一般采用分相比率制动、差动保护原理,正常运行时根据各支路的运行方式,计算母线保护的差动电流及制动电流。对于单母线及 3/2 接线方式仅有大差(或者小差),对于其他诸如双母线、双母线单分段、双母线双分段等接线方式的母线保护,同时计算大差及小差。当系统正常运行时,差流平衡,母线保护正常运行。当发生区内、区外故障时,母线差流将不平衡,根据差流情况结合抗 CT(电流互感器)饱和判据,母线保护均能正确动作。

基于母线保护差流的上述特点,本文提出虚拟差流的异常大数检测方法,具体包含以下步骤。

(1)通过采集的各母线间隔连接支路电流,计算母线差流,差流计算如式(1)

$$I_d = \sum_{k=1}^{k=N} I_k, \quad (1)$$

式中: I_d 为母线连接各支路的电流采样值 I_k 之和。对于单母线及 3/2 接线固定取差流,对于双母线及双母单分段等接线,取大差差流,即不包含母联及分段的电流。

(2)对式(1)计算所得差流进行线性插值,形成虚拟差流,同时计算差流和虚拟差流的误差项,虚拟差流、误差项、差动保护计算见下式。

$$I_{d1}(n) = K_1 [I_d(n) + I_d(n-2)], \quad (2)$$

$$I_{d2}(n) = I_d(n-1) - I_{d1}(n), \quad (3)$$

$$K(n) = |I_{d2}(n)/I_{d1}(n)|, \quad (4)$$

$$K(n) \geq K_{set}, \quad (5)$$

$$\sum_{k=n-3}^{k=n} I_{d2}(k) > I_{set}, \quad (6)$$

式中: n 为当前采样点, $n-1$ 为前 1 采样点, $n-2$ 为前 2 采样点, $I_{d1}(n)$ 为虚拟差流, $I_{d2}(n)$ 为差流的误差项,称之为差异电流; $I_d(n)$ 为当前差流采样值, $I_d(n-1)$ 为前 1 点差流采样值, $I_d(n-2)$ 为前 2 点差流采样值, K_1 为内部门槛(K_1 典型取值范围为 0.5 ~ 0.6); $K(n)$ 为当前采样点的差异系数, K 为差异系数,考虑到差动保护的快速性,式(5)采用采样值算法,即 N 个采样周期内有 M 个点满足时,即认为式(5)成立;式(6)为差异电流的小区积分值,典型的数据窗长度为 3 ~ 4 个采样周期;当满足式(5)

的 K 大于设定的门槛值 K_{set} (综合考虑异常大数每周波出现的次数以及幅值, K_{set} 取值为 0.6 ~ 0.8)时,同时满足式(6)的 $I_{d2}(n)$ 的小区积分大于内部门槛值 I_{set} (典型取值为差动定值的 0.3 倍)时,则认为异常大数,闭锁差动保护;否则,判断为正常数据,开放差动保护。

2 试验仿真

为验证本文所述防止异常大数的母线保护新方法的应用效果,下文将从正常采样下母线区内故障、区外电流互感器(CT)饱和等电力系统实时数字仿真器(RTDS)试验录波进行仿真,同时选取电磁兼容性(EMC)试验中浪涌、快速瞬变导致的传统互感器采样异常大数进行验证,最后结合数字采样情况下异常大数(分别来自数字化测试仪模拟以及一个现场真实波形)来验证算法的正确性。

2.1 正常情况下,母线区内故障

通过某次 RTDS 试验的母线单相区内金属性接地故障波形进行录波回放,验证本文所述算法能够不误判为异常大数,波形回放情况如图 1 所示。

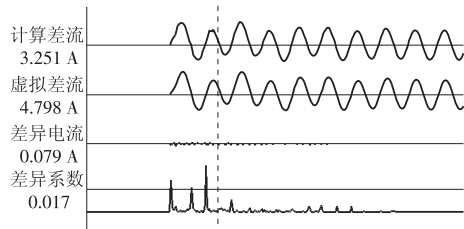


图 1 区内金属性接地故障回放波形(截图)

图 1 中,计算的差异系数在差流形成初期,由于计算误差(主要为过 0 附近插值算法误差较大)导致满足动作式(5)判据,但差异电流不满足式(6)判据,差动保护仍可快速出口。

2.2 母线区外故障 CT 饱和

通过某次 RTDS 试验的母线区外故障 CT 饱和的波形进行录波,验证本文所述算法能够不误判为异常大数,波形回放如图 2 所示。

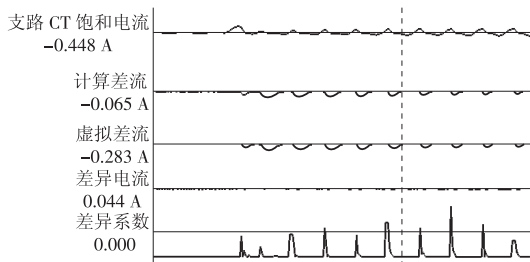


图 2 区外故障 CT 饱和回放波形(截图)

图 2 中,计算的差异系数,由于计算误差导致满足动作式(5)判据,但差异电流不满足式(6)判据,差动保护不动作。

2.3 EMC浪涌试验导致的采样异常大数

如图3所示,在交流回路输入0.9倍差动动作定值的电流,并在其回路进行浪涌试验,当出现异常大数时,本文所述的差异系数满足动作门槛,同时差异电流满足动作门槛,能够检测出异常大数,并进行可靠闭锁。

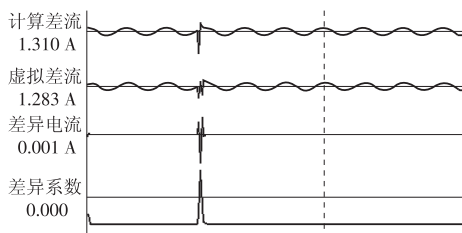


图3 浪涌试验导致出现异常大数
回放波形(截图)

2.4 EMC快速瞬变导致采样异常大数

如图4所示,在交流回路输入0.9倍差动动作定值的电流,并在其回路进行瞬变试验,当出现异常大数时,本文所述的差异系数满足动作门槛,同时差异电流满足动作门槛,能够检测出异常大数,并进行可靠闭锁。

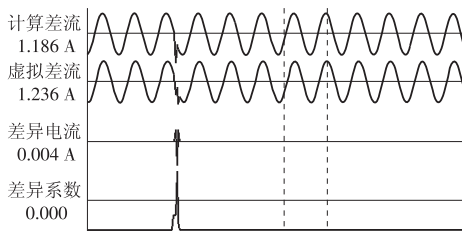


图4 快速瞬变试验导致出现异常大数
回放波形(截图)

2.5 数字采样异常

通过数字化测试仪模拟幅值异常导致的异常大数波形如图5所示。试验方法为:通过数字化测试仪输入0.9倍差动动作定值的电流,并在其回路施加每80点出现1点幅值10.000 A的异常大数采样激励,如果不采用防止异常大数的母线差动保护方法,差动保护将误动,而使用本文所述方法,能够检测出异常大数,并进行可靠闭锁。

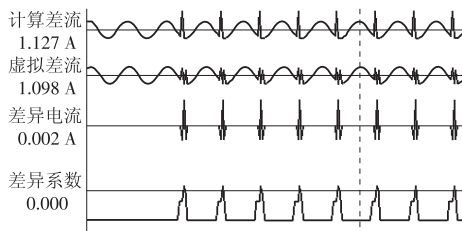


图5 单点幅值异常回放波形(截图)

通过数字化测试仪模拟多点异常导致的异常大数,试验波形如图6所示。试验方法为:通过数字化

测试仪输入0.9倍差动动作定值的电流,并在其回路施加每80点出现5点幅值2.000 A的异常大数采样激励,如果不采用防止异常大数的母线差动保护方法,差动保护将误动,使用本文所述方法,能够检测出异常大数,并进行可靠闭锁。

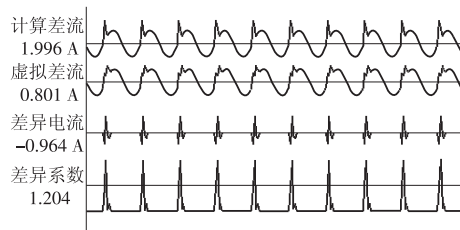


图6 多点幅值异常回放波形(截图)

3 结束语

通过分析正常波形和异常大数出现时母线差流的不同特点,本文提出了基于虚拟差流的检测异常大数的新方法。通过试验仿真和现场运行的数据,结果表明:在区内、区外故障和CT饱和时,该算法能够做到不误判为异常大数,在快速瞬变、浪涌导致出现异常大数时,该算法能准确识别到异常大数,具有良好的可靠性,并且同时适用于常规采样和数字采样的母线保护。与已有算法相比,具有时间窗短、算法简单稳定和可识别多点异常情况的优点,提高了母线保护在恶劣现场情况下的可靠性。

目前工程实施中,不考虑母线故障同时出现异常大数的情况。由于该算法闭锁时间短,基于此前提,异常大数不可能长时间连续出现,母线保护能在几个连续的正常采样点处可靠动作,因此本文所述方法具有良好的工程实用性。

参考文献:

- [1]江伟建,钱啸,郭磊,等.智能变电站交流采样异常状态分析和处理方法研究[J].浙江电力,2012,31(10):16-18.
 - [2]唐翼,张晓莉,艾淑云.智能变电站数字采样异常对继电保护的影响验证[J].智能电网,2016,4(6):623-625.
 - [3]吴文举,占捷文.基于可去间断点的连续采样飞点检测算法[J].电力系统保护与控制,2015,43(4):18-24.
 - [4]王剑宇,张晓莉,艾淑云.SV采样报文异常大值的特征及检测方案研究[J].电力勘测设计,2015(5):47-52.
 - [5]刘萍,张艳霞,郭骏,等.基于线性差值的异常采样值实时识别方法[J].天津理工大学学报,2015,31(4):5-8.
 - [6]周兆庆,曹玉保.基于Labview的合并单元采样异常的识别方法研究[J].电子设计工程,2016,24(8):171-173.
 - [7]吴通华,蒋雷海,李友军,等.电力系统电气量异常采样值实时辨识方法[J].电力系统自动化,2011,35(23):95-97.
- (下转第7页)

变压器空投匝间故障特征产生一定的影响,系统阻抗越大,变压器空投匝间时涌流越小,涌流特征越不明显,变压器铁芯越不易饱和。

由图 7 和图 8 的仿真结果可知:故障匝数也会对变压器空投匝间故障特征产生一定的影响,故障匝数越多,变压器空投匝间时涌流越小,涌流特征越不明显,变压器铁芯越不易饱和,且衰减速度加快,有明显的衰减特征。

仿真结果验证了本文分析的正确性,即系统阻抗及故障匝数会对变压器空投匝间故障特征产生一定的影响。

4 结论

本文对变压器空载合闸于匝间故障进行了详细的理论推导和分析,并利用 PSCAD 进行建模和仿真验证,得出了以下结论。

(1)系统阻抗越大,变压器空投匝间时铁芯磁通越小,铁芯越不易饱和,故障电流中涌流成分越小。

(2)故障匝数越多,变压器空投匝间时铁芯磁通越小,铁芯越不易饱和,故障电流中涌流成分越小。

励磁涌流是导致变压器差动保护误动的主要因素,为了防止误动,保护增加了各种闭锁判据,大大延长了变压器空投匝间故障的切除时间,威胁变压器安全运行。本文结论为分析和解决工程应用中励磁涌流闭锁判据及组合闭锁方案的选择提供了可靠的理论依据。

参考文献:

[1]熊小伏,王婧,陈星田.一种基于电流比变化量的变压器匝间短路保护方法[J].电力系统保护与控制,2013,41(9):112-115.

[2]林湘宁,刘沛,刘世明,等.变压器有载合闸的超饱和现象及对变压器差动保护的影响[J].中国电机工程学报,2002,22(3):6-11.

[3]徐宏雷,郑伟,王维洲,等.750 kV 变压器高压侧空载合闸过电压因素分析[J].电力自动化设备,2011,31(8):

148-152.

[4]毕大强,王祥珩,王剑,等.基于非饱和区等效瞬时电感的变压器励磁涌流鉴别方法[J].电力自动化设备,2005,25(10):1-6.

[5]孙向飞,束洪春,于继来.变压器并联与串联和应涌流对差动保护影响的比较研究[J].电力自动化设备,2009,29(3):36-41.

[6]武万才,边疆,吴志勇.变压器和应涌流产生机理及其特性分析[J].电力自动化设备,2011,31(6):112-115.

[7]王树刚,陆钟华,胡兵,等.变压器经济运行及励磁涌流抑制技术研究[J].华电技术,2015,37(8):10-14.

[8]卜紫薇,林西国.过激磁对 RET316 型变压器差动保护的影响[J].华电技术,2013,35(8):31-35.

[9]傅伟,赵莉华,梁勇,等.多台变压器空载合闸励磁涌流及其抑制方案的研究[J].电力系统保护与控制,2015,43(1):28-33.

[10]郝治国,张保会,褚云龙,等.变压器空载合闸励磁涌流抑制技术研究[J].高压电器,2005,41(2):81-84.

[11]杨理才,孙结中,刘蔚,等.变压器匝间短路建模及其实际应用[J].电力系统保护与控制,2014,42(8):140-145.

[12]王成,黄宏华.电力变压器匝间短路故障分析及处理[J].电力科学与工程,2012,28(1):46-49.

[13]廖洪涛.电流二次回路两点接地引起主变压器差动保护区外故障误动分析[J].华电技术,2015,37(1):55-57.

[14]焦在滨,行武,王钊,等.变压器励磁涌流负序二次谐波特征及机理[J].电力系统自动化,2015,39(11):146-151.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

郭晓(1982—),男,山东淄博人,工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护研究(E-mail:xiao-guo@sac-china.com)。

行武(1988—),男,陕西渭南人,工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护研究(E-mail:wu-xing@sac-china.com)。

胡兵(1984—),男,江西南昌人,工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护研究(E-mail:bing-hu@sac-china.com)。

王哲(1990—),男,江苏南京人,工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护研究(E-mail:zhe-wang@sac-china.com)。

统继电保护控制技术的研发及开发工作(E-mail:xiaobo-zhou@sac-china.com)。

陈琦(1985—),男,江苏盐城人,工程师,从事电力系统继电保护控制技术的研发及开发工作(E-mail:carl-qi.chen@sac-china.com)。

王永旭(1991—),男,山东日照人,工程师,从事电力系统继电保护控制技术的研发及开发工作(E-mail:yongxu-wang@sac-china.com)。

(上接第 3 页)

(编辑:刘炳锋)

作者简介:

唐治国(1977—),男,陕西宝鸡人,高级工程师,从事电力系统继电保护控制技术的研发及开发工作(E-mail:zhiguo-tang@sac-china.com)。

周小波(1986—),男,江苏泰州人,工程师,从事电力系