

母线保护中电流互感器的深度饱和辅助判据

项 巍¹, 吕 航², 李 力², 王 安¹

(1. 中国科学院 安徽光学精密机械研究所, 安徽 合肥 230031;
2. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: 通过比较电流互感器未饱和及深度饱和时二次电流波形特点, 分析了通过谐波比确定电流互感器饱和的不足之处, 提出一种新的波形鉴别判据, 作为谐波制动的辅助判据。该方法是将采样波形取绝对值, 定义数据窗长度为半个周期。在每个数据窗内找到一个极大值 $Y_{\max}$, 设假想门槛 Y_{α} , 使 $Y_{\alpha} = kY_{\max}$ 。用数据窗内每个采样点的值与假想门槛作比较, 当采样点大于假想门槛, 则计数器加 1。仿真与动模实验的结果表明了辅助判据的可行性, 从而解决了单纯依靠差流波形的谐波比来确定电流互感器饱和, 在电流互感器发生深度饱和时可能出现的误开放问题。

关键词: 母线保护; 波形鉴别; 电流互感器; 深度饱和; 支路电流

中图分类号: TM 773; TM 452 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)09-0039-04

母线是发电厂和变电所的重要组成部分。母线保护面临的最大问题就是母线区外故障时电流互感器的饱和可能引起保护误动作^[1]。对于这个问题, 一般的解决方法就是在区外故障电流互感器发生饱和时闭锁保护, 并且保证在区外故障转区内故障时保护能够及时开放, 因此如何确定饱和就成为问题的中心环节。计算二次电流和差流的谐波比大小可以确定电流互感器是否发生了饱和。但是, 单纯依靠差流波形的谐波比来确定电流互感器饱和的做法也存在着缺陷^[2,3]。

1 母线区内故障电流互感器饱和

当母线发生区外故障时, 故障线路流过全部短路电流, 它的电流互感器很可能由于短路时强大的短路电流以及较大的非周期分量进入深度饱和状态, 励磁阻抗可能很小^[4,5]; 而当母线发生区内故障时, 故障线路仅流过该支路的电流, 因此短路容量不会很大, 电流互感器不会达到深度饱和, 如图 1 所示

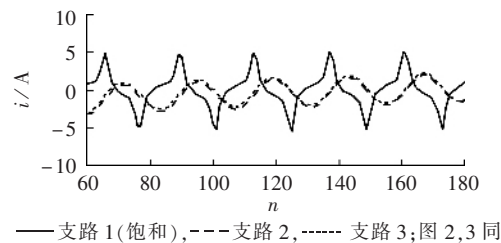


图 1 母线区内故障电流互感器饱和时支路二次电流波形

Fig.1 The branch secondary current waveforms of current transformer in saturation during busbar internal fault

(图中 n 为采样点数, i 为二次电流), 饱和支路电流大小不会远小于其他支路电流。因此本文研究的母线保护中电流互感器深度饱和问题, 即为母线区外故障电流互感器深度饱和时, 保护不误动。

2 由谐波比确定电流互感器饱和不足之处

当母线发生区外故障, 电流互感器发生饱和时, 差动电流 (本文中简称差流) 和电流互感器二次电流的波形各有其特点, 二次电流表现出波形缺损的特点, 见图 2(a), 这时差流从发生区外故障瞬间 3~5 s 后, 由近似于零开始增大, 而且, 其在数值上等于二次电流缺损的部分, 见图 2(b)。随着电流互感器饱和程度的加深, 二次电流波形缺损的程度也随着加剧, 见图 3(a), 但是差流的波形却愈趋向于规则的工频电流, 见图 3(b)。

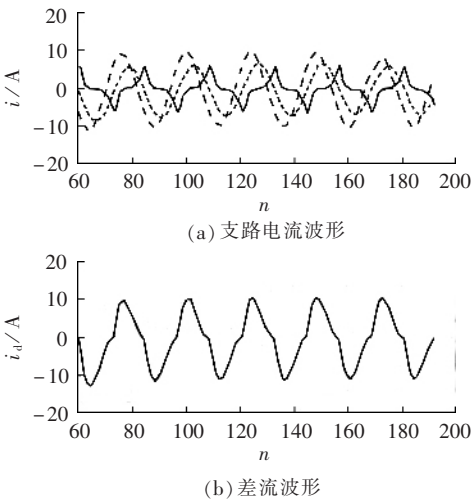


图 2 电流互感器一般饱和时电流波形
Fig.2 The waveforms of current transformer in normal saturation

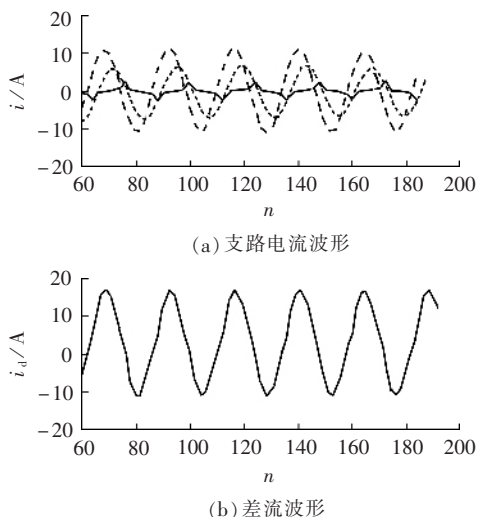


图3 电流互感器深度饱和时电流波形

Fig.3 The waveforms of current transformer in extreme saturation

同时,当电流互感器发生饱和时,二次电流出现波形缺损和畸变,其结果等效于工频电流上叠加了谐波分量。而且,谐波分量在二次电流中所占的比例,能够反映二次电流的缺损和畸变情况即电流互感器饱和程度。因此,可以通过计算二次电流中的谐波分量判断电流互感器的饱和程度^[6]。

当母线发生区外故障,故障支路电流互感器发生饱和时,差流及其谐波含量随饱和程度加深而滞后性逐步上升,但是当电流互感器达到深度饱和时,差流中的谐波含量反而减少,见图4(a)。研究其原因,是因为当电流互感器到深度饱和时,二次电流输出相对于其一次电流很小,和其他支路的电流和相比其在差电流中的比重很小,见图5,它的波形规则与否对差流的波形影响已经很小。然而此时,电流互感器深度饱和支路二次电流波形依然是缺损波形,它的谐波比依然很大,见图4(b)。

虽然计算电流互感器深度饱和支路二次电流波

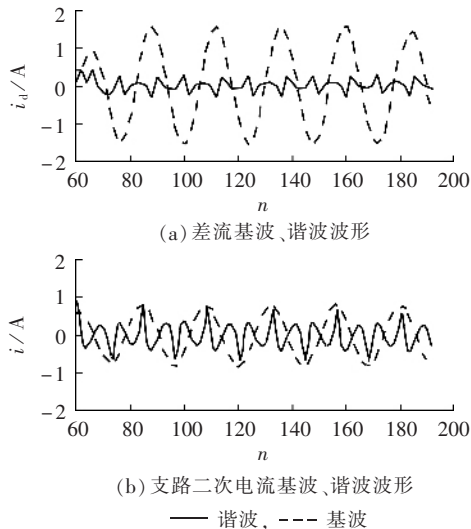


图4 电流互感器深度饱和时基波、谐波波形

Fig.4 The fundamental and harmonics waveforms of current transformer in extreme saturation

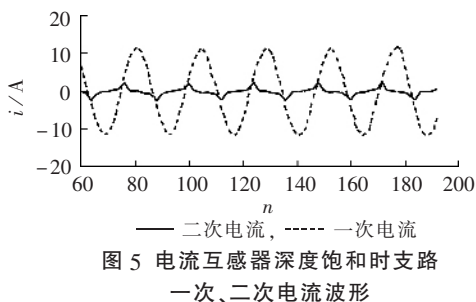


图5 电流互感器深度饱和时支路一次、二次电流波形

Fig.5 The primary and secondary current waveforms of current transformer in extreme saturation

形的谐波比可以解决区外故障时电流互感器深度饱和时可能出现误动作的问题,但是由于母线保护支路很多,每条支路进行谐波比计算,会大大增加计算量。另外,区内故障时,由于潜供电流的影响,某些支路二次电流波形可能含有大量的谐波分量,影响了谐波判别去内外故障的准确性。因此,需要实施新的辅助判据,既可以在区外故障电流互感器深度饱和时保护不误动,同时,在区内故障电流互感器饱和时保护仍能正确动作,而且不增加太大的计算量,还可以避开潜供电流的影响。下面提出一种新的辅助判据——波形鉴别判据,配合谐波制动判据一起使用。

3 波形鉴别法确定电流互感器深度饱和

3.1 波形鉴别判据

当电流互感器深度饱和时,因为深度饱和支路的二次电流输出在差流波形中所占比例很小,造成差流波形趋向于规则的工频电流波形,引起误动作。换言之,母线区外故障电流互感器深度饱和时的差流波形与母线正常区内故障差流波形近似。而此时故障支路二次电流波形,却有着严重缺损和趋于工频电流波形之分。

根据这个特点,采样波形取绝对值后,定义数据窗长度为半个周期。在每个数据窗内找到一个极大值 $Y_{\max}$,设假想门槛 Y_{α} ,使得 $Y_{\alpha} = k Y_{\max}$,其中 k 为比例系数。用数据窗内每个采样点的值与假想门槛作比较,当采样点大于假想门槛,则计数器加1。即波形鉴别法判据为

$$Y > Y_{\alpha}$$

式中 Y 为采样值。

设满足判据的次数为 m ,由图6,7可知,用波形鉴别法对故障支路的二次电流波形为工频电流波形与故障支路的二次电流波形为严重缺损的波形作判断, m 值相差很多。选取适当的 m 值,即可以判断电流互感器是否发生深度饱和。

3.2 衰减性直流分量对波形鉴别法的影响

由图8可以清晰地看出,如果电流信号中存在着衰减性直流分量,做绝对值运算后,一个周期内的两个极大值,会有一个相对较小,使得 $Y_{\max}$ 不能准确地取在极大值点,可能引起保护误闭锁。

为了解决这个问题,可以连续判断24个采样点,即一个周期,如果判据都闭锁,则保护闭锁。

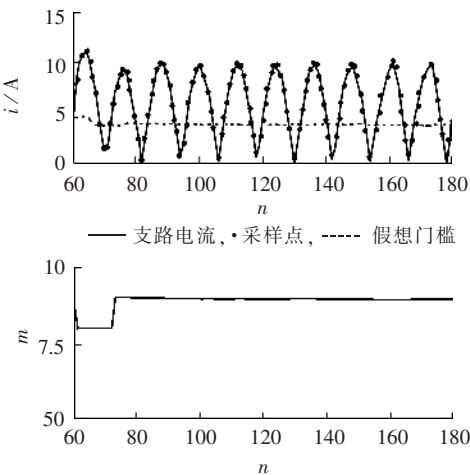


图 6 故障支路电流互感器未饱和时 Y_α 及 m 值
Fig.6 Y_α & m of fault branch current transformer unsaturated

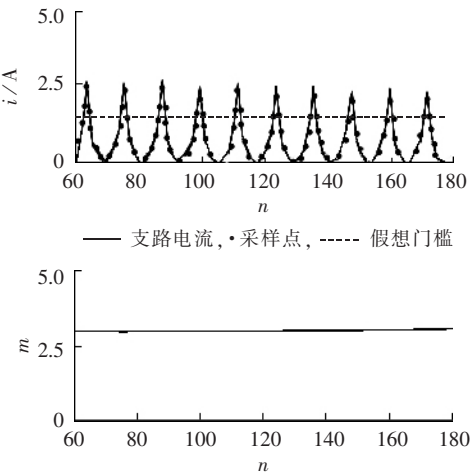


图 7 故障支路电流互感器深度饱和时 Y_α 及 m 值
Fig.7 Y_α & m of fault branch current transformer extremely saturated

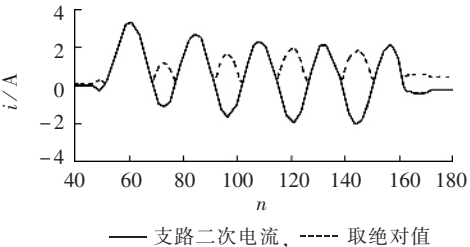


图 8 母线区内故障时含有衰减性直流分量的二次电流波形
Fig.8 The secondary current waveform with attenuating DC component during busbar internal fault

3.3 启动门槛

电流互感器二次电流波形可能出现某点或者某几点与真实值有偏差,对于支路小电流而言,由于其二次电流相对较小,采样值偏差会引起误闭锁,因此需要给波形鉴别元件加上启动门槛,启动门槛一般取 βI_N , β 为常数。

当故障支路一次电流很大时,虽然出现电流互感器深度饱和,但是其二次电流波形,一个数据窗内

的极大值也不会低于 βI_N , 采样值偏差不会带来很大影响。

启动判据启动,同时差流谐波制动开放,此时如果波形鉴别法制动闭锁,则判为该支路电流互感器深度饱和,见图 9。

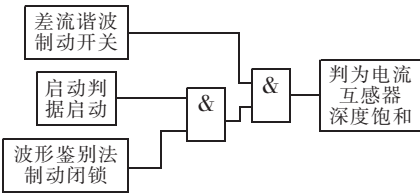


图 9 波形鉴别法工作框图
Fig.9 The block diagram of waveform discrimination

4 结论

a. 波形鉴别法判据作为谐波制动的辅助判据,弥补了其在电流互感器深度饱和时的不足,即深度饱和支路的二次电流输出在差流中所占比例很小,差流的谐波比很小,有可能出现误开放保护。

b. 本方法的假想门槛 Y_α 通过数据窗内极大值 $Y_{\max}$ 确定,为实时变化量, $Y_{\max}$ 变化, Y_α 相应变化,因此受波形幅值变化的影响很小。

c. 本文提出的启动门槛,可以很好解决计算支路电流时,小电流波形对整个判据的干扰。

d. 当电流互感器出现轻微饱和,二次电流波形缺损不大,波形鉴别法可能出现误开放,因此,波形鉴别法定位为谐波制动的辅助判据,当谐波制动开放时,才启动波形鉴别法判据。

参考文献:

[1] 王春生,卓乐友,艾素兰. 母线保护[M]. 北京:水利电力出版社,1985.
[2] 王志鸿,郑玉平,贺家李. 通过计算谐波比确定母线保护中电流互感器的饱和[J]. 电力系统及其自动化学报, 2000, 12(5): 19-24.
WANG Zhi-hong, ZHENG Yu-ping, HE Jia-li. An algorithm to distinguish current transformer's saturation by calculating the harmonics ratio of branch current[J]. **Proceedings of the EPSA**, 2000, 12(5): 19-24.
[3] 李 丽,都洪基,刘林兴,等. 计算谐波比确定母线保护中电流互感器的饱和[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(7): 69-72.
LI Li, DU Hong-ji, LIU Lin-xing, et al. Research on confirming CT's saturation in busbar protection by calculating harmonic ratio [J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2003, 23(7): 69-72.
[4] 李 力,吕 航. 一种母线保护抗 CT 饱和的新方法[J]. 水电厂自动化, 1999, (11): 224-228.
LI Li, LÜ Hang. A new method of anti-CT's saturation in busbar protection[J]. **Hydropower Plants Automation**, 1999, (11): 224-228.
[5] 李瑞生,路光辉,王 强. 用于线路差动保护的电流互感

器饱和判据[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(4): 70-73.

LI Rui-sheng, LU Guang-hui, WANG Qiang. Transformer saturation criterion for line differential protection[J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2004, 24(4): 70-73.

[6] LUCAS J R, MCLAREN P G. Improved simulation models of current and voltage transformers in relay studies[J]. **IEEE Trans. on Power Delivery**, 1997, 7(1): 133-136.

[7] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 第2版. 北京: 中国电力出版社, 1995.

(责任编辑: 李 玲)

作者简介:

项 巍(1981-), 男, 安徽合肥人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统继电保护(E-mail: xiangw@nari-relays.com);

吕 航(1971-), 男, 江苏南京人, 工程师, 主要从事电力系统继电保护研究、开发工作;

李 力(1970-), 男, 福建福州人, 工程师, 主要从事电力系统继电保护研究、开发工作;

王 安(1958-), 男, 安徽霍山人, 研究员, 博士研究生导师, 主要从事光纤传感技术、检测仪器研发。

Distinguish current transformer's extreme saturation by waveform discrimination of branch current

XIANG Wei¹, LÜ Hang², LI Li², WANG An¹

(1. Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Hefei 230031, China;

2. Nari-Relays Electric Co., Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: The secondary current waves of unsaturated and extremely saturated current transformers are compared to show the insufficiency of saturation discrimination by harmonic ratio. A waveform discrimination criterion is brought forward to assist harmonic braking. It changes the sampling waves into absolute values and set half period as data window length. An imaginary threshold (Y_α) is set to k times of the extreme value in each data window ($Y_{\max}$) and compared with each sampling data. When the sampling data is bigger than the imaginary threshold, the counter will plus one. Its feasibility is validated by simulation and physic experiment, which avoids the misoperation during current transformer extreme saturation when only judged by harmonic ratio of differential waveform.

Key words: busbar protection; waveform discrimination; current transformer; extreme saturation; branch current

(上接第14页 continued from page 14)

[6] 李智勇, 王海军, 余 乐. 葛南直流输电系统 1998 年运行情况分析[J]. 电网技术, 1999, 23(7): 66-69.

LI Zhi-yong, WANG Hai-jun, YU Le. Analysis of Ge-Nan HVDC transmission system operation in 1998 [J]. **Power System Technology**, 1999, 23(7): 66-69.

[7] 叶廷路. 葛南直流输电系统的运行与控制[J]. 电网技术, 1994, 18(1): 20-25.

YE Ting-lu. The operation and control of Ge-Nan HVDC

transmission systems[J]. **Power System Technology**, 1994, 18(1): 20-25.

(责任编辑: 李 玲)

作者简介:

田 杰(1969-), 男, 四川秀山人, 高级工程师, 博士, 主要研究方向为高压直流输电控制保护技术、电力电子在电力系统中的应用(E-mail: tianj@nari-relays.com)。

Design and realization of HVDC control and protection system

TIAN Jie

(Nari-relays Electric Co., Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: The overall structure of MACH2 DC control and protection system is introduced, based on which, the design and realization of SCADA, AC station control system, DC pole control system and DC protection system are described. The DC pole control system is emphasized, including basic control strategy, converter firing control and monitoring using EOC (Extinction Of Current), reactive power control, system supervision and switching. The practice in reconstruction of Gezhouba — Shanghai HVDC control and protection system shows its effectiveness.

Key words: HVDC; DC transmission; DC control and protection system