

# 采样值电流差动保护一种新动作判据的研究分析

张方军, 张伟中

(浙江机电职业技术学院电气工程系, 浙江 杭州 310053)

**摘要:** 提出了一种基于积分思想的采样值电流差动保护判据, 并对该判据的设计思想、保护原理、具体判据的表达形式、消除动作模糊区影响的措施等方面进行讨论分析, 该判据可以提高保护动作的速度, 并且保护动作的速度可以随故障严重程度的加重而越来越快, 这对于发生严重故障时要求快速切除故障是极为有利的, 而对于采样值电流差动保护判据带来的保护存在模糊区的问题, 可以采用常规相量电流差动保护作为辅助判据来消除。

**关键词:** 采样值; 积分; 保护; 动作时间

**中图分类号:** TM77      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2006)18-0012-03

## 0 引言

目前对于采样值电流差动保护的研究中, 保护判据大多采用在连续的  $R$  个电流采样点中有  $S$  个采样点满足条件就动作的判据 ( $R$  一般比  $S$  大 2), 它与常规相量电流差动保护相比在动作速度上有很大的优越性, 最快能够在  $1/4$  个工频周期出口动作, 同时由于采样值电流差动保护直接采用电流采样值判断, 因此其保护的电流值存在模糊区<sup>[1-5]</sup>。本文讨论研究的保护动作判据也是直接根据电流采样值进行计算判断的, 但采用的判据是一种“积分”的方法, 其动作时间可以小于  $1/4$  个工频周期, 并且当故障越严重、故障电流越大时, 动作时间就越短。

## 1 判据设计的基本思想

采用“连续的  $R$  个电流采样点中有  $S$  个采样点满足条件就动作”的判据是对单个采样点是否满足保护判据进行判断, 即每个单独的电流采样值是否满足下式:

$$i_i > I_0 \quad (1)$$

$$i_i > K \cdot i_z \quad (2)$$

式中:  $i_i$  为采样值动作电流;  $i_z$  为采样值制动电流;  $K$  为制动系数;  $I_0$  为整定值 (是一常数)。

如果连续的  $R$  个电流采样点中有  $S$  个采样点满足上式条件, 那么就认为是发生了内部故障, 保护动作, 其中如果电流一个周期的采样点数是  $N$  ( $N$  是 4 的倍数), 那么  $S$  等于  $N/4 + 1$ ,  $R$  等于  $S + 2$ , 从式 (1) 和式 (2) 可以看出, 它是以是否“大于”为条件的, 只要大于就可以, 至于是大一倍还是大两倍, 其

效果是一样的, 这样显然和我们所知道的故障越严重保护动作需要越快的要求所不相符的, 我们需要的是“不但能够反映是否大于, 而且能够反映大于多少”的保护判据, 即能够反映故障严重程度的判据, 故障越严重, 则保护动作越快, 为此我们提出了一种“积分”式的采样值电流差动保护判据。

“积分”式采样值电流差动保护判据也是采用比率制动的, 基本原理是这样的: 假设一个周期内电流的采样点数是  $N$ , 首先把每个采样点的采样值动作电流和采样值制动电流相加, 然后把连续若干个 (假设是  $n = N/4 + 1$  个) 采样点的动作电流和制动电流分别相加, 计算其相加之和是否能够满足下式:

$$\sum i_i > I_0 \quad (3)$$

$$\sum i_i > K \cdot \sum i_z \quad (4)$$

式中:  $\sum i_i$  为连续  $n$  个采样值动作电流之和;  $\sum i_z$  为连续  $n$  个采样值制动电流之和;  $K$  为制动系数;  $I_0$  为整定值 (是一常数)。

如果满足, 保护就动作。本文主要对式 (3) 的判据保护原理进行讨论和分析。

## 2 判据 $\sum i_i > I_0$ 的原理分析

为了能够比较清楚地分析保护的原理, 我们结合图 1 来分析说明, 设图中电流保护的整定值是  $I_0$ , 电流的有效值是  $I_1$ , 并且  $I_1 = I_0$ , 电流在一个周期内的采样点数为  $N$  个 ( $N$  为 4 的倍数),  $a$  点是采样点, 那么  $b$  点也是采样点, 并且  $a$  点和  $b$  点间有  $x$  个采样点  $1, 2, \dots, x (x = N/4 - 1)$ , 图中面积  $S_{abdc}$  和面积  $S_{aebdc}$  有一定的比例关系, 由数学知识可知:

$$S_{aebdc} / S_{abdc} = 4 / \quad (5)$$

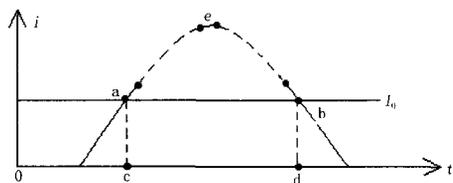


图 1 电流采样值分布图

Fig 1 Distribution of current sampling value

其中面积  $s_{abdc}$  等于:

$$s_{abdc} = (\sqrt{2}) \times I_0 = (\sqrt{2}) \times I_1 \quad (6)$$

而面积  $s_{aebdc}$  可以如下近似表示:把点 a 和点 b 间(包括点 a 和点 b)相邻的采样点用直线相连,并过各采样点作时间轴的垂线,这样由相邻采样点间的连线、采样点垂线和时间轴垂线所组成的各个小梯形的面积之和就近似等于面积  $s_{aebdc}$ ,采样率越高,近似程度就越高,误差就越小。设 a 点、b 点间各采样点(包括点 a, b)的值为  $i_a, i_1, i_2, \dots, i_n, i_b$ , 则有:

$$s_{aebdc} = \left[ \frac{i_a + i_b}{2} + i_1 + i_2 + \dots + i_n \right] \times \frac{2}{N} \quad (7)$$

由式(5)、式(6)和式(7)可以得出:

$$\frac{s_{aebdc}}{s_{abdc}} = \left[ \frac{i_a + i_b}{2} + i_1 + i_2 + \dots + i_n \right] \times \frac{4}{N \times I_0} = 4$$

当电流的有效值  $I_1$  大于整定值  $I_0$  时,保护动作,此时面积  $s_{aebdc}$  变大,而面积  $s_{abdc} = (\sqrt{2}) \times I_0$  不变,有:

$$s_{aebdc} / s_{abdc} > 4 /$$

可得:

$$\left[ \frac{i_a + i_b}{2} + i_1 + i_2 + \dots + i_n \right] \times \frac{4}{N \times I_0} > 4$$

$$\left[ \frac{i_a + i_b}{2} + i_1 + i_2 + \dots + i_n \right] > \frac{N}{4} \times I_0 = K_0 \times I_0 \quad (8)$$

其中:  $K_0 = N / 4$

考虑到采样值电流保护存在模糊区,为防止保护误动作,可以取一个可靠系数  $K_1$  (其值大于 1), 即:

$$\left[ \frac{i_a + i_b}{2} + i_1 + i_2 + \dots + i_n \right] > \frac{N}{4} \times I_0 = K_0 \times K_1 \times I_0 \quad (9)$$

式(9)就是判据(3)的具体计算公式,满足该式,则满足动作要求,保护动作。

由于该判据包含的是“积分”的概念,包含有电流采样点电流幅值大小的信息,因此不但能够反映是否发生故障,而且能够反映故障的严重程度,其动作时间能够随故障严重程度的不同而不同,故障越

严重,动作时间越短,而故障程度较轻,则动作时间稍长。

为什么会这样呢,其根本的原因就是因为该判据中包含有采样点电流幅值大小的信息,式(9)中含有  $N/4 + 1$  个连续采样点电流值的信息,如果故障越严重,那么采样点电流值就越大,有可能只要有少于  $N/4 + 1$  个连续故障电流值的和就能够满足式(9),也就是说故障发生时间小于  $1/4$  个工频周期时,判据(9)就满足,保护就可能动作,故障越严重,满足式(9)所需要的故障电流采样点就越少,保护就动作越快,这是该判据的优点。

### 3 消除保护动作模糊区影响的措施

对于式(9)保护判据而言,其保护动作有一定的模糊区,即在一定的电流大小区间内,保护会产生“该动作而不动作,不该动作却动作”的现象,这在保护中是绝对不允许的,有分析可知,产生保护动作模糊区的原因有以下两点:

a) 由于采样时刻的不确定性,导致保护动作存在模糊区。

b) 我们的保护判据是“积分式”的,但在具体计算面积  $s_{aebdc}$  中,是以各采样点所组成的多个梯形面积等效的,其值偏小,存在误差,其误差大小存在不确定性,和采样时刻及一个工频周期内的采样点数有关,即和采样速率有关,采样速率越大,误差越小。

为消除该保护判据动作模糊区的影响,我们采取的方法是把常规的相量差动电流保护作为辅助判据<sup>[5]</sup>:先投入采样值电流差动保护,如果采样值电流差动保护不动作,则投入常规的相量电流差动保护,因此对于采样值电流差动保护,我们采取的策略是通过设定式(9)中  $K_1$  的值,使得式(9)的判据实现“可以拒动,但一定不误动”,即只有流值大于保护动作模糊区的上限值时,采样值电流差动保护才动作,而故障电流值小于动作模糊区上限时,采样值电流差动保护可靠不动作,故障电流值处于动作模糊区时,由相量电流差动保护决定是否动作。

当故障严重时,需要保护快速动作,而此时故障电流值很大,肯定大于保护动作模糊区的上限值,因此采样值电流差动保护动作,故障快速切除,当故障比较轻时,故障切除时间可以有一定的延时,此时故障电流值不一定很大,可能处于保护动作模糊区内,可以由常规相量电流差动保护来切除故障。

#### 4 “积分式”采样值电流保护判据的几点思考

上面的分析中,式(9)中的  $K_1$  和  $I_0$  是要求保护整定的值,其中的  $I_0$  就是我们通常相量电流差动保护中的电流整定值,如果我们不把  $I_0$  作为电流的有效值来整定,提高  $I_0$  的整定值,例如把  $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} I_0$  的值作为图 1 中  $I_0$  的整定值,那么在图 1 正弦电流中,电流采样值大于整定电流值  $I_0$  的角度就会变小,由原来的  $\pi/2$  变为  $\pi/3$ ,也就是采样值电流差动保护判据动作需要采样的电流角度为一个周期的  $1/6$ ,缩短了数据窗长度,保护可以在  $1/6$  个工频周期内动作,因此提高图示电流  $I_0$  的值可以提高保护的動作速度,此时保护判据的具体式子和式(9)会略有差别;当然,此时保护判据的可靠性有所降低,需要在可靠性和動作速度之间作相应的权衡。

对于式(4)形式的采样值电流差动保护判据,其保护原理和式(4)的采样差动值电流保护判据的推导基本相同。

#### 5 结束语

本文主要讨论了一种基于“积分”思想的采样值电流差动保护判据,由于判据中包含有采样点电流幅值大小的信息,因此与通常的“连续的  $R$  个电流采样点中有  $S$  个采样点满足条件就动作”的采样值电流差动保护判据相比,该判据動作时间更快,動作时间可以小于  $1/4$  个工频周期,并且動作时间可以随故障的严重程度的不同而变化,故障越严重,動作时间越短;还有,如果设计思想不把  $I_0$  作为电流的有效值来整定,提高图 1 中  $I_0$  的值,那么推导出来的判据,可以进一步提高保护动作的速度,但本文仅仅是从理论上说明了该判据的可行性,具体到实际中的应用,还需要做不少的工作。

#### 参考文献:

- [1] 陈德树,马天皓,刘沛,等. 采样值电流差动微机保护的一些问题[J]. 电力自动化设备, 1996, 16(4): 3-8.  
CHEN De-shu, MA Tian-hao, LU Pei, et al Problems in Realization of Microcomputer Based Differential Current Protection by Sampled Values[J]. Electric Power Automation Equipment, 1996, 16(4): 3-8.
- [2] 林湘宁,何战虎,刘世明,等. 电流采样值差动保护若干问题的探讨[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(19): 27-33.  
LIN Xiang-ning, HE Zhan-hu, LIU Shi-ming, et al Discussion on Some Aspects of Sampling Value Differential Current Protection [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(19): 27-33.
- [3] 袁荣湘,陈德树,马天皓,等. 采样值电流差动保护原理的研究[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(1): 1-3.  
YUAN Rong-xiang, CHEN De-shu, MA Tian-hao, et al Study on the Principle of Current Differential Protection Based on Sampled Values [J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(1): 1-3.
- [4] 陈德树,尹项根,张哲. 再谈采样值差动保护的一些问题[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(4): 1-3.  
CHEN De-shu, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe On Problems about Sampling Value Differential Protection [J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(4): 1-3.
- [5] 张方军,乐秀潘. 采样值电流差动保护动作模糊区分析[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(8): 81-83.  
ZHANG Fang-jun, LE Xiu-fan Analysis of Action Fuzzy Area of Sampled Value Current Differential Protection [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(8): 81-83.

收稿日期: 2006-02-24; 修回日期: 2006-04-27

作者简介:

张方军(1975-),男,硕士,主要研究方向为配电网自动化。E-mail: fjzhang2020@sina.com

#### Analysis of a new action criterion for current sample value differential protection

ZHANG Fang-jun, ZHANG Wei-zhong

(Department of Electric Engineering, Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China)

**Abstract:** A new action criterion for current sample value differential protection based on Integral theory are put forward. This paper studies the criterion, including design idea, principle, formula and dissolved fuzzy area. The criterion can accelerate protection to operate. Fast protection operation is very important to cut severe fault. The protection fuzzy area may be eliminated by general vector current differential protection.

**Key words:** sample value; integral; protection; operation time