

模糊理论在识别变压器励磁涌流中的探讨

王昕, 朱成柱, 宋永明, 冯玉红

(阿继股份有限公司, 黑龙江 阿城 150302)

摘要: 对模糊理论在变压器差动保护中如何识别励磁涌流进行了探讨。通过仿真及动模试验证明该原理的保护能克服传统变压器保护的不足,使保护的動作速度和选择性更趋于合理。

关键词: 变压器差动保护; 励磁涌流; 隶属函数; 隶属度

中图分类号: TM772;O235

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2000)08-0046-02

1 引言

差动保护作为电力变压器的主保护,在大多数情况下的动作还是令人满意的,但也存在一些问题:

a) 保护采用固定定值作为动作判据不合理。例如,我们定义一台变压器差动的二次谐波制动比为15%,则在实际测量中14.9%和15.1%的二次谐波含量有质的区别,但二者又都有可能为励磁涌流。另外现代变压器由于制造技术的提高和制造材料的改进,二次谐波的含量有可能低于10%,这时二次谐波制动原理的保护在空投时就会误动。

b) 定值整定复杂。由于变压器运行时工况的复杂性,很难给出与系统完全相适应的定值,容易造成保护的误动或拒动。

c) 存在着技术性能与可靠性的矛盾。传统保护采用单一判据,一旦出现错误,就将导致最终结果的错误。而模糊原理由于采用多判据,即便某一环节出错,也不会导致最终结果的错误。

2 模糊理论在识别变压器励磁涌流中的探讨

2.1 如何识别励磁涌流是变压器差动保护中最主要的技术难题,现有的励磁涌流识别方法主要有以下几种:

- 二次谐波含量高;
- 变压器端电压高;
- 二次谐波相对于基波的衰减慢;
- 差电流波形不对称;
- 铁芯饱和。

2.2 隶属函数的选取

2.2.1 二次谐波隶属函数的选取

根据长期的运行经验及理论推算, $I_2/I_1 > 6\%$ 时有可能为励磁涌流,而 $I_2/I_1 > 20\%$ 时则一定为励

磁涌流。若 $I_2/I_1 < 6\%$ 我们认为不会是励磁涌流。故我们选取的函数如图1所示:

$$\mu_1 = \begin{cases} 0 & I_2/I_1 < C_1 \\ (I_2/I_1 - C_1)/(C_2 - C_1) & C_1 < I_2/I_1 < C_2 \\ 1 & I_2/I_1 > C_2 \end{cases}$$

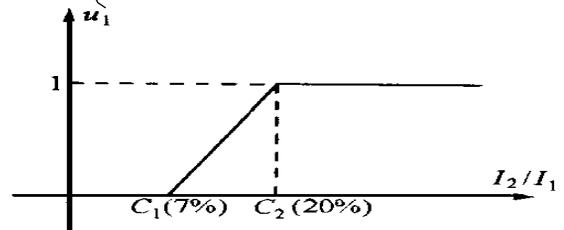


图1

2.2.2 端电压的隶属函数

我们知道,非故障变压器空投时,端电压不会降低太多,因此我们选取如下的函数作为电压的隶属函数如图1所示:

$$\mu_2 = \begin{cases} 0 & U/U_n < C_1 \\ (U/U_n - C_1)/(C_2 - C_1) & C_1 < U/U_n < C_2 \\ 1 & U/U_n > C_2 \end{cases}$$

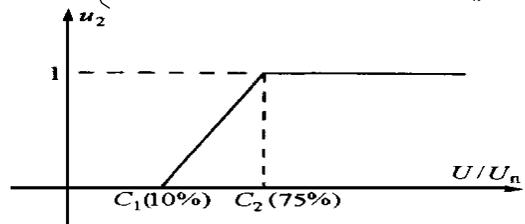


图2

2.2.3 二次谐波含量衰减速度的隶属函数

参考文献^[5]的作者在进行大量试验的基础上发现, I_2/I_1 随时间的变化是有规可循的。

变压器内部故障时, I_2/I_1 衰减很快,带内部故障的变压器空载合闸时, I_2/I_1 衰减也较快,而空投无故障变压器时衰减较慢,这样 I_2/I_1

I_1 也可作为励磁涌流的一个判据,故选取如图 3 所示的隶属函数。图中 (I_2/I_1) 表示二次谐波对基波的衰减速度,以相隔半周的两个幅值差表示。

$$\mu_3 = \begin{cases} 1 & 0 < (I_2/I_1) < C_1 \\ 1 - [(I_2/I_1) - C_1]/(C_2 - C_1) & C_1 < (I_2/I_1) < C_2 \\ 0 & (I_2/I_1) > C_2 \end{cases}$$

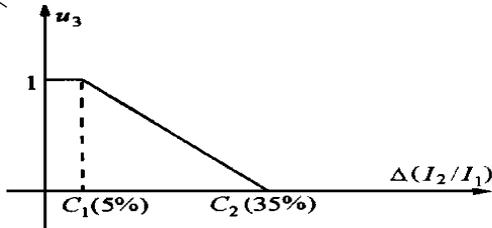


图 3

2.2.4 差电流波形对称性的隶属函数

对于偶次谐波,我们知道具有波形不对称性,我们可以利用式:

$$\left| \frac{I_i + I_{(i-N/2)}}{I_i - I_{(i-N/2)}} \right| > K \text{ 来判断波形是否对称。}$$

如果我们每个工频周期选取 12 个采样点,当发生励磁涌流时,将会有 3~6 采样点具有波形不对称性,我们选取如下的正态分布函数来代表波形对称性的隶属函数。

$$\mu_4 = \begin{cases} e^{-(n-6)/12.94} & 3 \leq n \leq 6 \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

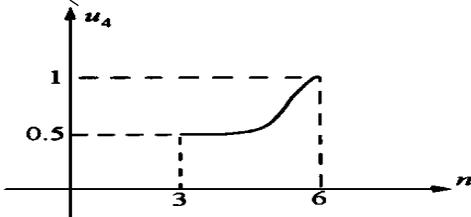


图 4

2.2.5 铁芯饱和的隶属函数

同上,如果我们每个工频周期选取 12 个采样点,发生励磁涌流时,至少有 3 个采样间隔(最多可达 10 个采样间隔,大部分情况为 8 个采样间隔)中可计算出 d/d_{id} 达到饱和。我们认为如果有 3 个采样间隔铁芯饱和励磁涌流的可能性为 $e^{-(n-8)^2/36.067}$, 8 个采样间隔铁芯饱和励磁涌流的可能性为 1,则我们选取如图 5 所示的函数分布图来代表铁芯饱和的隶属函数。

$$\mu_5 = \begin{cases} e^{-(n-8)^2/36.067} & 3 \leq n \leq 8 \\ 1 & 8 \leq n \leq 10 \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

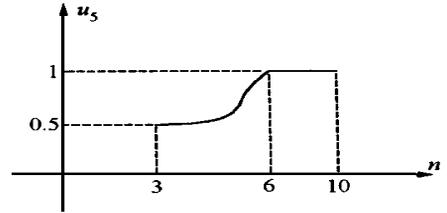


图 5

注:1)在前三个判据中括号内的数据为作者提供的参考数据。

2)在后两个判据中,我们将各横坐标对应的隶属函数预先计算好,以表格的形式存储在程序中,以便减小正态分布曲线对运算速度的影响。

3 励磁涌流的综合识别

在得到上面五个函数的隶属度后,还要根据各判据的先进程度,实际运行经验,专家的建议来选取各判据的权重。各判据的权重暂定为: μ_1 权重为 20%, μ_2 权重为 15%, μ_3 权重为 15%, μ_4 权重为 23%, μ_5 权重为 27%。然后由模糊积分计算出以上五个判据的综合隶属度 μ ,当 $\mu < 0.7$ 则认定为变压器故障,发出跳闸令。

4 实验结论及存在的问题

1) 模糊理论的变压器差动保护尚处于试验摸索阶段,华北电力大学在同我公司共同研制的微机发一变组保护硬件的基础上,完成了前三个判据的动模试验,结果表明该原理的保护在空投故障变压器时,动作速度明显优于传统的微机式二次谐波制动保护,前者的时间大部分为 33ms 左右,而后者大多在 500ms 左右。分析原因为后者必须在二次谐波衰减到很小时方可动作。

2) 当发生 PT 断线等影响保护动作特性的问题时,应将其权重自动加到其余判据上(暂时还没有完成该项工作),否则保护将发生误动。另外两个判据还没有加到保护中,有待于进一步完善。

3) 隶属函数最好选取正态分布函数,但连续量的正态分布函数不易获取。

4) 判据的加多,必然导致计算量的加大,即增加运算时间。这还有待于选取运算速度更快的芯片来提高保护的性。

5 前景展望

模糊理论在变压器差动保护中 (下转第 58 页)

$$t = (k * 80) / [(I / I_B)^2 - 1]$$

其中: t 为跳闸动作时间; k 为系数, 从 0.0 到 1.0 可按步长 0.1 设定; I 为被测信号电流峰值; I_B 为设定阈值;

套用上面的公式可得: $t = (k * 80) / \{1 / \sin^2[9 * (10 - N * t)] - 1\}$

N 与 t 是一一对应关系, 只要测出 N , 查表即可得出 t , 通过定时电路控制跳闸时间。

硬件电路分为两部分: 信号采集和计算控制输出。

信号采集: 由于输入为电流信号, 采用电流互感器将电流信号转换成电压信号, 经图 1 的电路转换成脉冲信号。

计算控制输出: 转换后的脉冲信号送入 8031 的 INT_1 引脚, T_1 为采样脉冲, 其脉宽为 $5.5\mu s$, T_1 采用模式 0 计数器方式, 设定 $TR1 = 1$ 和 $GATE = 1$ ($TR1$

和 $GATE$ 为 8031 内部寄存器位), 当 INT_1 由 0 变 1 时, 开始计数, 当 INT_1 由 1 变 0 时, 停止计数。这样就可以测量在 INT_1 端出现正脉冲宽度, 即 N 的值, 然后查表得出对应的 t 值。根据 t 设定定时器的值, 定时结束输出跳闸动作信号。

硬件电路图从略。

5 总结

本文介绍的方法采用一种全新的概念, 独辟蹊径。我们用该方法设计的四段反时限继电器效果很好, 系统误差小于 5%, 优于 ABB 公司 7% 的指标, 反应速度也较快。

收稿日期: 1999-12-29

作者简介: 孟慧学(1968-), 女, 工程师, 主要从事微机工业控制产品的开发、研制; 张萍(1962-), 女, 工程师, 主要从事微机控制产品的开发及售后服务。

A method for measuring sine wave amplitude

MENG Hui-xue, ZHANG Ping

(ACRC Harbin Electronic Computer Factory, Harbin 150001, China)

Abstract: This article provides a method for simply and accurately measuring sine wave amplitude. It also supplies theory formula and real circuit.

Key word: sine wave; inverse-time overcurrent relay

(上接第 47 页) 的成功应用, 说明使用多判据保护能做到优势互补, 即使某一判据不尽完善, 使某一环节出错, 只会使模糊量的隶属度发生偏移, 而不会导致最终结果的错误, 大大提高保护的性能。

另外, 模糊理论在失磁、定子接地等多判据的保护中也有很好的发展前景, 有待于广大继电保护工作者做更多的探索。

参考文献:

- [1] 王增平. 大型发电机—变压器组保护的研究(博士学位论文). 哈尔滨工业大学, 1997.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用. 北京: 中国电力出版社, 1996.

- [3] 李海英. 电力变压器模糊保护的研究(硕士学位论文). 华北电力大学, 1996.
- [4] 王增平, 等. 模糊理论在变压器保护中的应用. 电力系统自动化, 1998(2).
- [5] Liu Pei, Malik O P, Chen Deshu et al. Improved Operation of Differential Protection of Power Transformers for Internal Faults. IEEE on TPD, 1992, 7(4): 1912 ~ 1919.
- [6] 唐跃中, 等. 几种变压器励磁涌流判别方法的特点及其内在联系的分析. 电力系统自动化, 1995(9).

收稿日期: 1999-12-15

作者简介: 王昕(1966-), 女, 工程师, 从事继电保护工作; 朱成柱(1968-), 男, 工程师, 从事继电保护工作。

Discussion on application of fuzzy theory in discriminating exciting rush current in transformer

WANG Xin, ZHU Cheng-zhu, SONG Yong-ming, FENG Yu-hong

(Acheng Relay Corporation Acheng 150302, China)

Abstract: A discussion on fuzzy theory to discriminate exciting rush current in differential protection of transformer is presented in this paper. The protection in this theory is to be able to overcome the shortcoming in traditional transformer protection by emulation and dynamic simulation test and bring the protection a reasonable operation speed and selectivity.

Keywords: differential protection for transformer; exciting rush current; slave function; slave degree