



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106324328 B

(45)授权公告日 2019.01.29

(21)申请号 201610647505.6

(22)申请日 2016.08.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106324328 A

(43)申请公布日 2017.01.11

(73)专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72)发明人 吴青华 曾杰 张禄亮

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

代理人 李斌

(51)Int.Cl.

G01R 19/165(2006.01)

G01R 31/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法，包括以下步骤：(1)采集变压器差动保护回路两侧电流互感器的差动电流信号；(2)以频率 f_s 采样得到差动电流信号采样值 I_{diff} ；(3)当差动电流大于整定值 I_{zd} 时，进行励磁涌流的判别，具体步骤如下：(3-1)选取适当的数据窗口；(3-2)将采样得到的信号取绝对值，对其进行多次腐蚀运算，得到各次腐蚀运算后的波形图；(3-3)引入判据 σ ，若 $\sigma \geq \sigma_{set}$ 则判定为内部故障，否则为励磁涌流。本发明具有原理简单，计算量小，延时短，灵敏度高等优点，能在各种情况下进行励磁涌流的辨别进行闭锁，特别是在电流互感器饱和的情况下也能准确闭锁。

CN 106324328 B

(56)对比文件

CN 103259251 A, 2013.08.21,

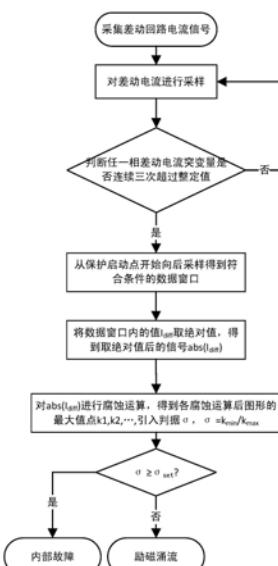
WO 2014/032915 A, 2014.03.06,

CN 103050941 A, 2013.04.17,

郑涛等.采用数学形态学防止变压器差动保护误动的新方法.《中国电机工程学报》.2005,第25卷(第20期),6-11.

Z. Lu等.A Morphological Scheme for Inrush Identification in Transformer Protection.《IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY》.2009,第42卷(第2期),560-568.

审查员 陈维维



1. 一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(1) 采集变压器差动保护回路两侧电流互感器的差动电流信号;

(2) 对采集到的差动电流信号进行采样, 得到差动电流信号采样值 I_{diff} ;

(3) 判断 I_{diff} 是否超过差动保护电流的整定值 I_{zd} , 如果不超过, 则继续采样, 如果超过, 则通过下述步骤判断 I_{diff} 是否为励磁涌流:

(3-1) 选取数据窗口;

(3-2) 对数据窗口内的 I_{diff} 值取绝对值, 得到信号 $abs(I_{diff})$; 对 $abs(I_{diff})$ 进行多次数学形态学腐蚀运算, 得到各次腐蚀运算后的波形图;

(3-3) 计算出每个波形图中的最大值 K_i , 计算出所有 K_i 中的最大值 K_{max} 与最小值 K_{min} , 得到:

$$\sigma = \frac{K_{min}}{K_{max}};$$

若 $\sigma < \sigma_{set}$ 时, 则判定 I_{diff} 为励磁涌流, 若 $\sigma \geq \sigma_{set}$ 时, 则判定 I_{diff} 为变压器内部故障电流, σ_{set} 为预设的阈值。

2. 根据权利要求1所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 所述步骤(3)中, 判断 I_{diff} 是否超过差动保护电流的整定值 I_{zd} 的具体步骤是: 判断 I_{diff} 中任一相差动电流突变量是否连续n次超过 I_{zd} 。

3. 根据权利要求2所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 所述 $n \geq 3$ 。

4. 根据权利要求1所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 所述步骤(3-1)中数据窗口的选取是从 $I_{diff} > I_{zd}$ 开始到下一次电流过零点。

5. 根据权利要求1所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 步骤(3-2)中, 对 $abs(I_{diff})$ 进行多次数学形态学腐蚀运算的公式是:

$$I = abs(I_{diff}) \ominus g;$$

式中, g 采用扁平结构元素, $g = \{0, 0, \dots, 0\}$, 结构元素的长度为1, 即 g 中有1个零元素; \ominus 代表数学形态学腐蚀运算算子, I 表示差动电流信号在结构元素 g 腐蚀下的结果。

6. 根据权利要求5所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 所述步骤(3-2)中选取不同的结构元素长度对差动电流信号 $abs(I_{diff})$ 进行腐蚀运算。

7. 根据权利要求6所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 所述结构元素的长度取为3, 19, 35。

8. 根据权利要求1所述的基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法, 其特征在于, 所述 σ_{set} 的值设定为0.1。

一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及变压器继电保护技术领域,特别涉及一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法。

背景技术

[0002] 变压器是电力系统中最重要的元件之一,承担着变换电压、输送电能的职能,变压器的安全稳定运行直接关乎电网的安全稳定运行。由于变压器造价昂贵,且故障情况下切除过慢时易遭到破坏,一旦变压器遭到破坏,其检修难度大,周期长,会造成严重的经济损失。因此研究新的、可靠性高、延时短的变压器保护方法具有很大的理论与工程应用价值。

[0003] 长期以来,差动保护因为具有良好的选择性、速运性而作为变压器的主保护。但是当变压器在空载合闸或外部故障切除后电压恢复时,由于变压器铁芯的饱和,会在差动回路中产生很大的励磁电流(励磁涌流),此电流可达变压器额定电流的6~8倍,与变压器内部故障电流数值相当。励磁涌流是变压器差动保护误动的主要原因,因此正确区分励磁涌流和内部故障电流是保证变压器保护可靠动作的关键所在。

[0004] 对励磁涌流的波形进行分析,发现励磁涌流存在一个明显的间断角,对其波形进行Fourier变换,发现其中二次谐波的含量很高,因此传统的励磁涌流识别方法主要采用间断角原理和二次谐波制动原理。但是由于变压器一般采用YNd11接线方式,因此变压器从Y侧空载合闸时,差动回路中的电流将是两相绕组励磁电流的差值,可能形成对称性涌流,在对称性涌流波形情况下,二次谐波含量与间断角均减小,励磁涌流的识别与差动保护的闭锁变得困难。另外随着变压器制造水平的提高(铁芯性能的改善),励磁涌流中二次谐波的含量降低。当变压器经串补电容或超高压长线接负荷时,当发生变压器内部故障时也会产生二次谐波,会使保护灵敏性降低。当电流互感器饱和时,间断角、二次谐波含量都有所降低,增加了识别难度。因此间断角原理与二次谐波判别方法均已不满足继电保护可靠性与速运性的要求,需要进一步提出原理简单、可靠性高、计算速度快、延时短的励磁涌流识别方法。

[0005] 在目前已公开的专利、期刊和会议文献中,许多国内外学者针对如何识别变压器励磁涌流和内部故障电流进行了广泛的研究,并提出了许多用于励磁涌流识别的新原理、新方法,也取得了一定成效,主要包括基于波形对称原理、小波理论、有功差动、数学形态学、人工神经网络,多模糊判据等方法。但这些方法中仍存在着许多问题,如易受噪声干扰、数据窗口长、计算量大、延时长,整定复杂等缺点。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法,该方法在CT饱和时刻也能够识别出励磁涌流与内部故障电流,具有延时小、可靠性高、计算量小的优点。

[0007] 本发明的目的通过采取如下技术方案实现:

- [0008] 一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法,包括以下步骤:
- [0009] (1) 采集变压器差动保护回路两侧电流互感器的差动电流信号;
- [0010] (2) 对采集到的差动电流信号进行采样,得到差动电流信号采样值 I_{diff} ;
- [0011] (3) 判断 I_{diff} 是否超过差动保护电流的整定值 I_{zd} ,如果不超过,则继续采样,如果超过,则通过下述步骤判断 I_{diff} 是否为励磁涌流:
- [0012] (3-1) 选取一数据窗口;
- [0013] (3-2) 对数据窗口内的 I_{diff} 值取绝对值,得到信号 $abs(I_{diff})$;对 $abs(I_{diff})$ 进行多次数学形态学腐蚀运算,得到各次腐蚀运算后的波形图;
- [0014] (3-3) 计算出每个波形图中的最大值 K_i ,计算出所有 K_i 中的最大值 K_{max} 与最小值 K_{min} ,得到:
- [0015] $\sigma = \frac{K_{min}}{K_{max}}$;
- [0016] 若 $\sigma < \sigma_{set}$ 时,则判定 I_{diff} 为励磁涌流,若 $\sigma \geq \sigma_{set}$ 时,则判定 I_{diff} 为变压器内部故障电流, σ_{set} 为预设的阈值。
- [0017] 优选的,步骤(3)中,判断 I_{diff} 是否超过差动保护电流的整定值 I_{zd} 的具体步骤是:判断 I_{diff} 中任一相差动电流突变量是否连续n次超过 I_{zd} , $n \geq 3$ 。
- [0018] 优选的,所述步骤(3-1)中数据窗口的选取是从 $I_{diff} > I_{zd}$ 开始到下一次电流过零点。
- [0019] 优选的,所述步骤(3-2)中,对 $abs(I_{diff})$ 进行多次数学形态学腐蚀运算的公式是:
- [0020] $I = abs(I_{diff}) \ominus g$;
- [0021] 式中,g采用扁平结构元素, $g = \{0, 0, \dots, 0\}$,结构元素的长度为1,即g中有1个零元素; \ominus 代表数学形态学腐蚀运算算子,I表示差动电流信号在结构元素g腐蚀下的结果。
- [0022] 优选的,所述步骤(3-2)中选取不同的结构元素长度对差动电流信号 $abs(I_{diff})$ 进行三次腐蚀运算。
- [0023] 更进一步的,所述结构元素的长度取为3,19,35。
- [0024] 优选的,所述 σ_{set} 的值设定为0.1。
- [0025] 本发明相对于现有技术具有如下的优点与效果:
- [0026] 1、本发明方法选取的数据窗口长度根据故障时间的变化而发生变化,在半个基频周期长左右的数据窗口内即可实现励磁涌流的识别,因此本发明方法的延时小。
- [0027] 2、本发明方法在进行励磁涌流的判别时,运用的是数学形态学腐蚀运算,只有加减运算,计算量小。
- [0028] 3、本发明只需要通过比值系数 σ 就能进行各种情况下的励磁涌流的判别,即使CT(Current transformer,电流互感器)饱和时也能可靠识别,因此本发明原理简单、判别式简单、效果好,通过简单的硬件即可实现。

附图说明

- [0029] 图1是本发明方法的流程图。
- [0030] 图2是本发明方法的CT未饱和情况下励磁涌流及其腐蚀运算处理后的结果。
- [0031] 图3是本发明方法的CT未饱和情况下内部故障电流及其腐蚀去处理后的结果。

[0032] 图4是本发明方法在CT饱和时励磁涌流及其腐蚀运算处理后的结果。

[0033] 图5是本发明方法在CT饱和时内部故障电流及其腐蚀运算处理后的结果。

具体实施方式

[0034] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细地描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0035] 一种基于形态学级联腐蚀运算的变压器励磁涌流识别方法的流程图如图1所示。本实施例的系统电压为220kV,选用三相双绕组变压器。系统频率为50Hz,采样频率 $f_s=4\text{kHz}$,每个基频周波采样80个点。为了保证可靠性,当检测到差动回路内电流连续三次大于0.1A时,对数据窗口内的值取绝对值后,进行灰度数学形态学腐蚀运算。

[0036] 灰度数学形态学腐蚀运算:

$$f \ominus g(x) = \min\{f(x+s) - g(s) | (x+s) \in D_f, s \in D_g\}$$

[0038] 式中: f 为输入信号, g 为结构元素, D_f 为输入信号定义域, D_g 为结构元素定义域, \ominus 代表数学形态学腐蚀运算算子。

[0039] 针对本实施例的信号 $\text{abs}(I_{\text{diff}})$ 进行腐蚀运算的公式为:

$$I = \text{abs}(I_{\text{diff}}) \ominus g$$

[0041] 式中: I 表示差动电流信号 $\text{abs}(I_{\text{diff}})$ 在结构元素 g 腐蚀下的结果,本算法中取扁平结构元素,即: $g = \{0_1, 0_2, \dots, 0_{l-1}, 0_l\}$,结构元素的中心在原点。本实施例中,结构元素的长度 l 取为3、19、35,分别进行三次腐蚀运算。当数据窗口的长度发生变化时,需要适当地变化 l 值的大小才能有效地提取数据窗口内信号的特征量,从而进行有效地判别,则各次腐蚀运算结构元素间隔的长度也发生变化。间隔的长度即三次 l 取值之间的差,本实施例中为16。

[0042] 求得三次腐蚀运算后 I 的最大值 K_1, K_2, K_3 后,计算出 K_1, K_2, K_3 中的最大值 K_{\max} 与最小值 K_{\min} ,计算 $\sigma = \frac{K_{\min}}{K_{\max}}$ 。通过 σ 对差动电流进行励磁涌流判别,当 $\sigma < \sigma_{\text{set}}$ 时,则判定差动电流信

号 I_{diff} 为励磁涌流,当 $\sigma \geq \sigma_{\text{set}}$ 则判定为变压器内部故障电流,此实施例中 $\sigma_{\text{set}} = 0.1$ 。

[0043] 图2是利用本实施例中的算法对励磁涌流进行腐蚀运算处理后的结果,图3是利用本实施例中的算法对内部故障电流进行腐蚀运算处理后的结果。图2中 $\sigma = 0.05 < 0.1$,可以可靠地识别为励磁涌流,对保护进行闭锁。图3中 $\sigma = 0.40 > 0.1$,可以准确地识别为内部故障,对保护发出跳闸信号。图4是利用本实施例中的算法对在CT饱和情况下的励磁涌流进行腐蚀运算处理后的结果,图5是利用本实施例中的算法对CT饱和情况下的内部故障电流进行腐蚀运算处理后的结果。图4中 $\sigma = 0.02 < 0.1$,可以可靠地识别为励磁涌流,对保护进行闭锁。图5中 $\sigma = 0.12 > 0.1$,可以准确地识别为内部故障,对保护发出跳闸信号。由以上分析可见,无论在电流互感器是否饱和的情况下该算法均能可靠地识别变压器励磁涌流与内部故障电流。

[0044] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

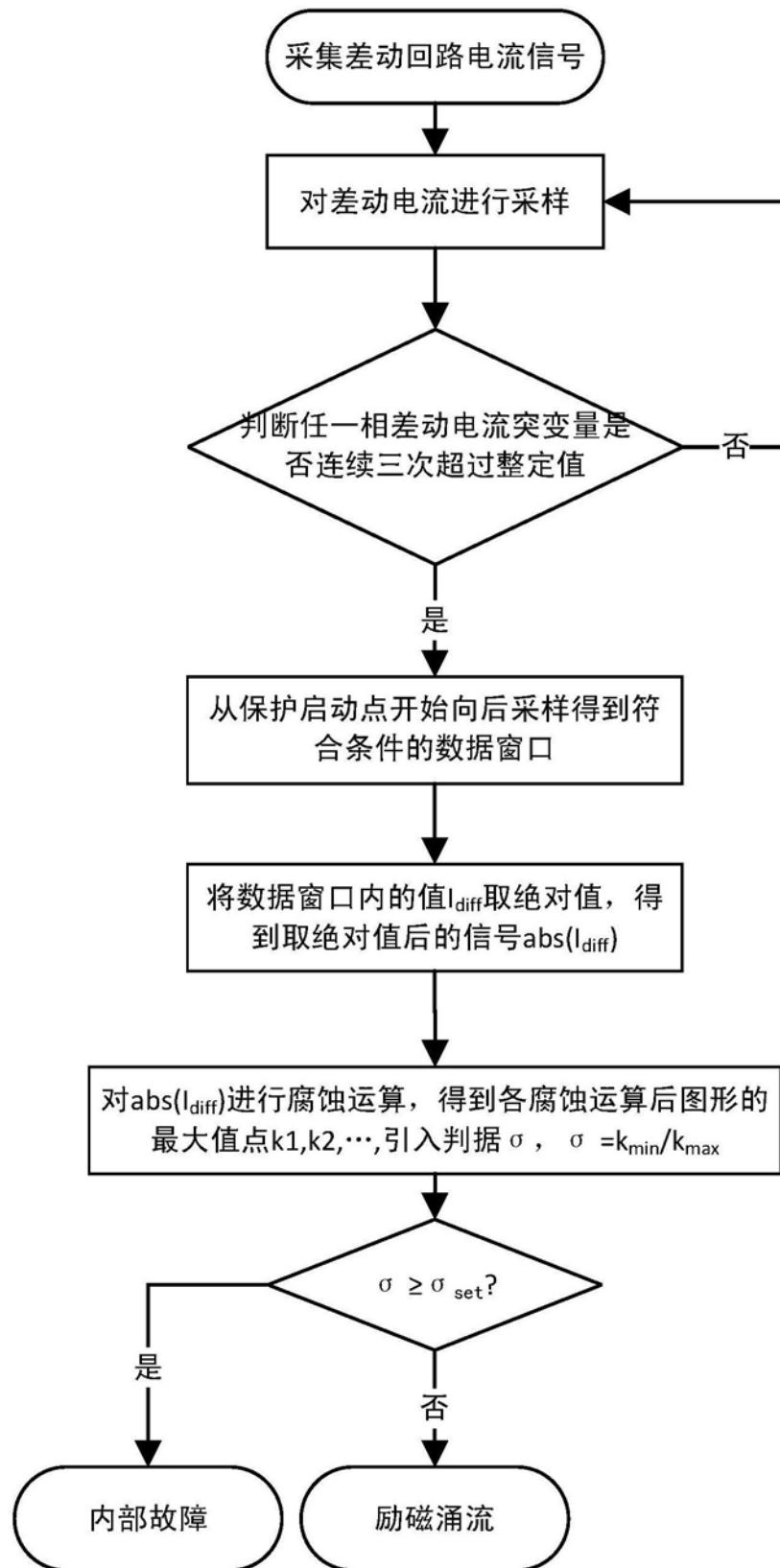


图1

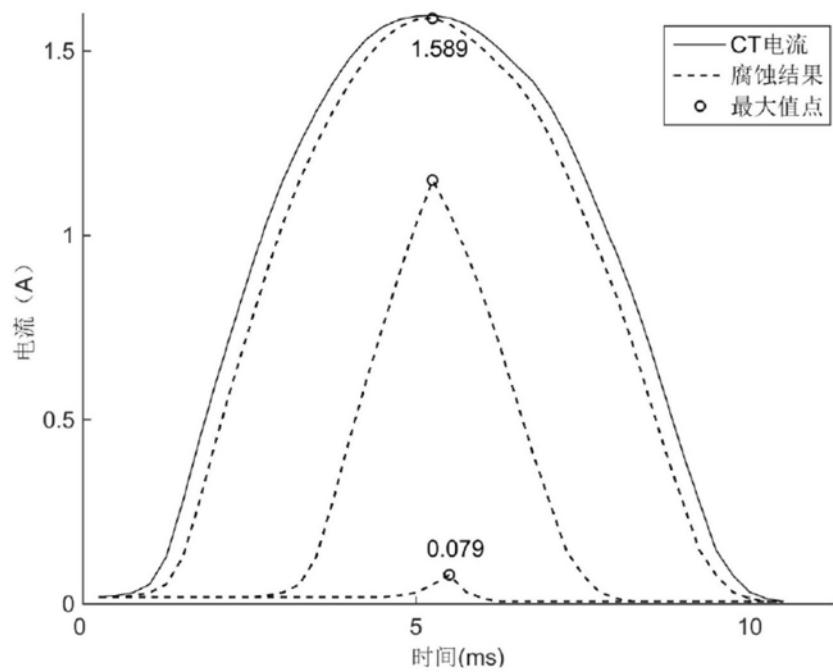


图2

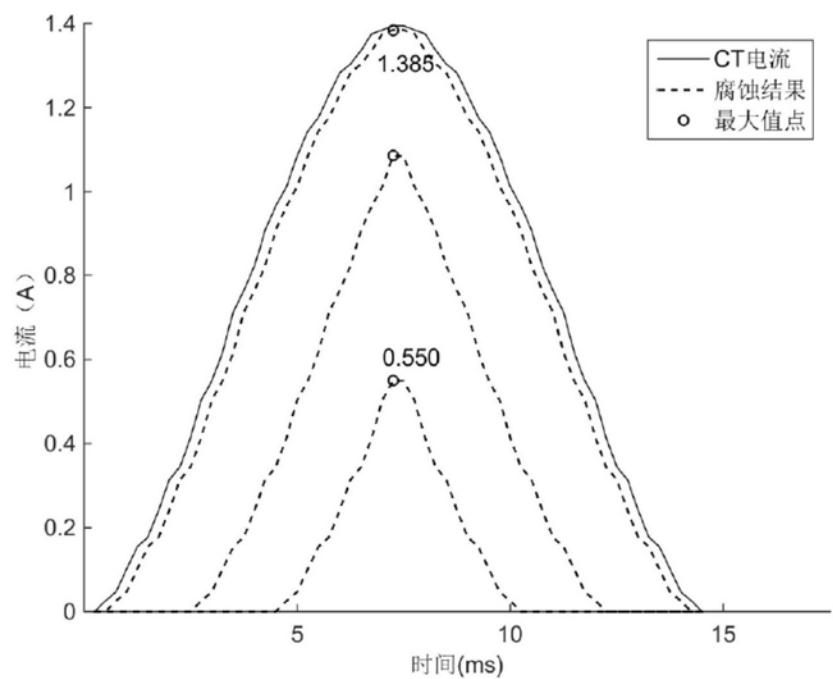


图3

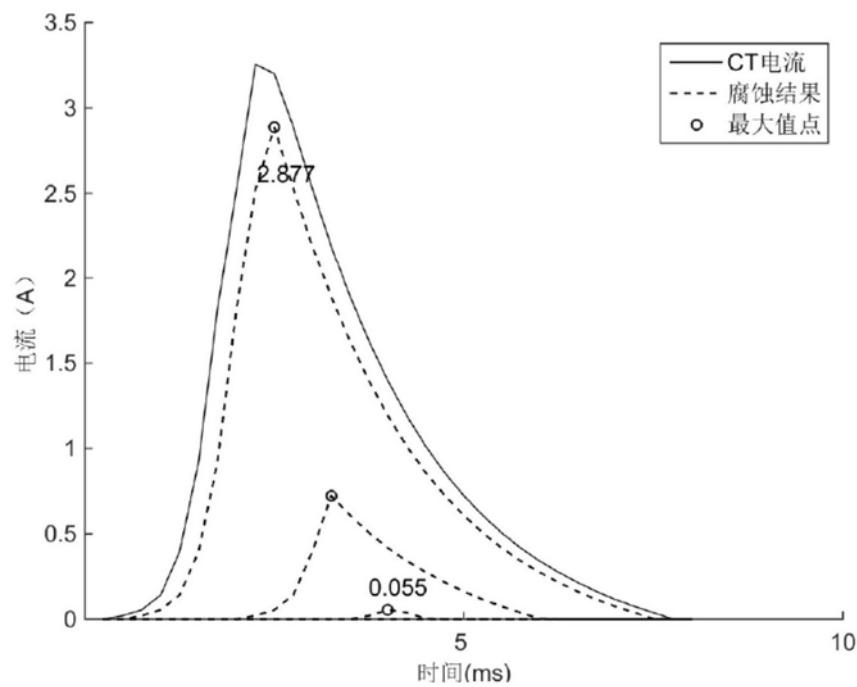


图4

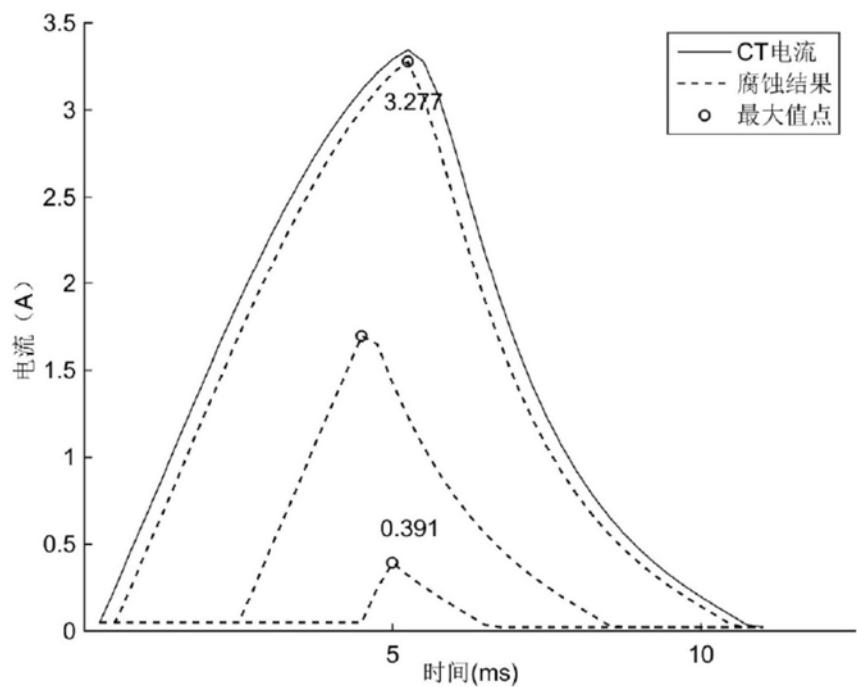


图5