



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104360262 B

(45)授权公告日 2017. 11. 14

(21)申请号 201410591369.4

(22)申请日 2014.10.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104360262 A

(43)申请公布日 2015.02.18

(73)专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

专利权人 国网黑龙江省电力有限公司检修公司

(72)发明人 景伟 姜海洋 阳薇 郭志刚

赵莉华 荣强 张浩 丰遥

(74)专利代理机构 哈尔滨东方专利事务所

23118

代理人 陈晓光

(51)Int.Cl.

G01R 31/327(2006.01)

(56)对比文件

CN 201681143 U,2010.12.22,

CN 102721919 A,2012.10.10,

CN 203479988 U,2014.03.12,

CN 103487749 A,2014.01.01,

CN 102931023 A,2013.02.13,

CN 103336243 A,2013.10.02,

KR 10-2013-0124826 A,2013.11.15,

黄建 等.高压断路器机械故障诊断专家系统设计.《电机与控制学报》.2011,第15卷(第10期),第43-49页.

张永奎 等.基于分合闸线圈电流信号的高压断路器机械故障诊断.《高压电器》.2013,第49卷(第2期),第37-42页.

金晓明 等.基于脱扣线圈电流的断路器机械状态预测算法研究.《高压电器》.2010,第46卷(第4期),第47-51页.

Chihiro Fukui,et al..An expert system for fault section estimation using information from protective relays and circuit breakers.《IEEE Transactions on Power Delivery》.1986,第PWRD-1卷(第4期),第83-90页.

王小华 等.高压断路器故障诊断专家系统中快速诊断及新知识获取方法.《中国电机工程学报》.2007,第27卷(第3期),第95-99页.

审查员 戴文韞

权利要求书2页 说明书4页 附图1页

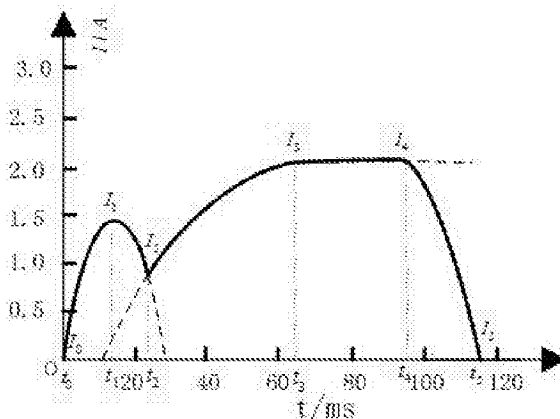
(54)发明名称

基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法

(57)摘要

基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法。以往的故障判断都是基于复杂的算法得到专家系统库,来进行故障的判断,稳定性比较差,在实际运用中不易于实现。本发明方法包括如下步骤:(1)建立专家系统库:实验测试获取断路器操作机构正常运行及各种可能故障情况下分合闸线圈电流原始数据,得到机构正常及各种故障情况下电流样本曲线,并提取其特征点参数,建立专家系统库;(2)检测操作机构动作时的分合闸线圈电流波形,提取特征点参数,并与专家系统库中的数据进行比对,分析得到断路

器操作机构的运行状态或变化趋势。本发明用于断路器操作机构分合闸线圈电流比对。



CN 104360262 B

1.一种基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法,其特征是:该方法包括如下步骤:

(1)建立专家系统库:实验测试采集断路器操作机构正常运行及各种可能故障情况下分合闸线圈电流原始数据,得到机构正常及各种故障情况下电流样本曲线,并提取其特征点参数,建立专家系统库;

所述的电流样本曲线采集包括操作机构正常运行的分合闸线圈标准电流曲线及各种可能故障情况下的电流曲线,曲线采集时每种情况进行5次测量,然后对特征值参数采用平均化公式 $x_i = \frac{1}{5} \sum x_{ij}$,其中, i 表示特征点, $i = 0, \dots, 5$, j 表示测试次数, $j = 1, \dots, 5$ 进行归一化处理,得到样本曲线特征点参数值;

操作机构性能变化或发生故障将使电流曲线特征点值的大小和特征点的出现时间发生变化,则定义比对差值 d_s :

$$d_s = k_i \sqrt{(\sum (x_{1i} - x_{2i})^2)} + m_i \sqrt{(\sum (t_{1i} - t_{2i})^2)}$$

其中, i 表示特征点, $i = 0, \dots, 5$, s 表示故障类型, $s = 1, \dots, G$, G 为总的故障类型, d_s 表示操作机构故障时的分合闸线圈电流和线圈标准电流的对应特征点大小和对应时间的算术平方差值和, x_{1i} 、 t_{1i} 和 x_{2i} 、 t_{2i} 分别为机构故障时分合闸线圈电流样本曲线特征点参数和线圈标准电流特征点参数, k_i 和 m_i 分别表示故障对特征点电流值及时间值的影响因子,操作机构不同故障情况下其影响因子大小不同,根据故障样本曲线确定其值的大小;

通过对样本库曲线的处理,得到操作机构各种情况下的比对差值 d_s ,并根据计算出的 d_s 值大小将其与机构故障类型一一对应,建立专家系统库;

(2)检测操作机构动作时的分合闸线圈电流波形,提取特征点参数,并与专家系统库中的数据进行比对,分析得到断路器操作机构的运行状态或变化趋势;

对检测装置检测到的电流波形曲线提取其特征点参数,采用步骤1中的公式计算出该电流曲线的比对差值 d'_s ,并与专家系统库中的比对差值 d_s 进行比较,通过公式

$$\Delta d_s = |d'_s - d_s| \text{ 计算二者差值 } \Delta d_s;$$

当 d'_s 与专家系统库中的比对差值 d_s 最接近时,即 Δd_s 最小时,判断出该检测电流曲线的断路器操作机构对应于 s 类故障或具有 s 类故障的发展趋势。

2.根据权利要求1所述的基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法,其特征是:所述的操作机构的电磁铁铁芯的运动过程中分合闸线圈电流波形变化情况分为5个阶段,分别为:

阶段1 即 $t_0 \sim t_1$ 时间段,断路器操作机构分合闸线圈在 t_0 时刻通电,线圈中有电流通过,由于此时电流不够大,所产生的磁通不够大,电磁铁产生的电磁力未达到使铁芯动作的动作值,所以此阶段电磁线圈通电,但铁芯不动,线圈电感为常数,分合闸线圈电流按指数规律上升;阶段1的时间与控制电源电压及线圈电阻等参数有关,其微分方程近似为

$i = C_1 e^{-\frac{t}{L_1}} + \frac{U}{R}$, 其中, C_1 表示曲线的指数系数, R 表示线圈电阻大小, L_1 表示分合闸线圈电流阶段1 的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

阶段2 即 $t_1 \sim t_2$ 时间段, t_1 时刻, 分合闸线圈电流增加到所产生的电磁力能克服铁芯自身重力、运动摩擦力和弹簧反力等阻力而带动铁芯动作, 随着铁芯的运动, 磁路气隙不断减小, 磁路磁阻减小, 线圈电抗增大, 使分合闸线圈电流按指数规律下降, 其微分方程近似为

$$U = Ri + L \frac{di}{dt} + iv \frac{dL}{ds}$$

, 近似为电流关于时间的二次函数, 其中, v 表示电磁铁的运动速度, R 表示线圈电阻大小, L 表示分合闸线圈电流阶段2 的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

阶段3 即 $t_2 \sim t_3$ 时间段, t_2 时刻, 铁芯运动速度达到最大, 铁芯运动到位, 端面撞到合或分闸锁扣装置停止运动, 此阶段铁芯磁路磁阻不变, 电抗不再增加, 分合闸线圈电流又呈指数规律上升, 其微分方程近似为

$$i = C_3 e^{-\frac{t}{L_3}} + \frac{U}{R}$$

, 其中, C_3 表示曲线的指数系数, R 表示线圈电阻大小, L_3 表示分合闸线圈电流阶段3 的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

阶段4 即 $t_3 \sim t_4$ 时间段, 此阶段是阶段3 的延续, 分合闸线圈电流达到近似稳态, 其方程

$$\text{近似为 } i = \frac{U}{R}, \text{ 其中, } R \text{ 表示线圈电阻大小, } U \text{ 表示线圈两端的电压大小;}$$

阶段5 即 $t_4 \sim t_5$ 时间段, 电流切断阶段, 此阶段由于断路器辅助触头断开直流电源, 辅助触头间产生电弧被并迅速拉长, 电弧电压升高, 使电流减小, 直到电弧熄灭, 分合闸线圈电流减小为0, 所以阶段5 近似为一条直线,

所以线圈电流曲线的每个阶段都对应着一个函数关系, 根据线圈电流曲线变化可以提取6 个特征点, 6 个特征点的变化也反应了整个曲线的变化。

基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法

[0001] 技术领域:

[0002] 本发明涉及一种基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法。

[0003] 背景技术:

[0004] 断路器是电力系统重要的一次设备,断路器的可靠性直接影响电力系统运行的可靠性,而断路器的可靠性主要取决于其操作机构的可靠性,且断路器操作机构机械故障为主要故障类型,因此对断路器操作机构机械故障进行诊断是非常重要的。断路器操作机构机械故障的诊断可以通过测量断路器的多种机械参数来完成,其中分合闸线圈电流信号是重要的监测参数之一。

[0005] 断路器操作机构分合闸电磁铁线圈的电流波形中含有很多状态信息,如铁芯运动机构有无卡滞、脱扣、释能机构负载变化的情况,断路器是否发生偷跳、拒动、误动等运行状态,所以可将断路器操作机构在线监测设备监测得到的操作机构动作时分合闸线圈电流波形与分合闸线圈电流样本波形进行比对,通过比对分析电流波形变化情况或变化趋势,从而判断操作机构的性能状况。

[0006] 以往的故障判断都是基于复杂的算法得到专家系统库,来进行故障的判断,稳定性比较差,在实际运用中不易于实现;所以本发明通过分析断路器操作机构分合闸线圈电流的形成过程,从原理出发,建立数学函数来分析断路器操作机构的运行状态,简单也易于实现。

[0007] 发明内容:

[0008] 本发明的目的是提供一种基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法。

[0009] 上述的目的通过以下的技术方案实现:

[0010] 一种基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法,该方法包括如下步骤:

[0011] (1)建立专家系统库:实验测试采集断路器操作机构正常运行及各种可能故障情况下分合闸线圈电流原始数据,得到机构正常及各种故障情况下电流样本曲线,并提取其特征点参数,建立专家系统库;

[0012] 所述的电流样本曲线采集包括操作机构正常运行的分合闸线圈标准电流曲线及各种可能故障情况下的电流曲线,曲线采集时每种情况进行5次测量,然后对特征值参数采用平均化公式,其中, i 表示特征点, $i=0\cdots 5$, j 表示测试次数, $j=1\cdots 5$ 进行归一化处理,得到样本曲线特征点参数值;

[0013] 根据前面1的分析可以知道,操作机构性能变化或发生故障将使电流曲线特征点值的大小和特征点的出现时间发生变化,则定义比对差值 d_s :

$$[0014] \quad d_s = k_i \sqrt{\sum (x_{ij} - x_{2i})^2} + m_i \sqrt{\sum (t_{ij} - t_{2i})^2}$$

[0015] 其中, i 表示特征点, $i=0\cdots 5$, s 表示故障类型, $s=1\cdots G$, G 为总的故障类型, d_s 表示操作机构故障时的分合闸线圈电流和线圈标准电流的对应特征点大小和对应时间的算术平

方差值和, x_{1i} 、 t_{1i} 和 x_{2i} 、 t_{2i} 分别为机构故障时分合闸线圈电流样本曲线特征点参数和线圈标准电流特征点参数, k_i 和 m_i 分别表示故障对特征点电流值及时间值的影响因子, 操作机构不同故障情况下其影响因子大小不同, 根据故障样本曲线确定其值的大小;

[0016] 通过对样本库曲线的处理, 得到操作机构各种情况下的比对差值 d_s , 并根据计算出的 d_s 值大小将其与机构故障类型一一对应, 建立专家系统库;

[0017] (2) 检测操作机构动作时的分合闸线圈电流波形, 提取特征点参数, 并与专家系统库中的数据进行比对, 分析得到断路器操作机构的运行状态或变化趋势;

[0018] 对检测装置检测到的电流波形曲线提取其特征点参数, 采用步骤1中的公式计算出该电流曲线的比对差值, 并与专家系统库中的比对差值进行比较, 通过公式计算二者差值;

[0019] 当与专家系统库中的比对差值最接近时, 即最小时, 判断出该检测电流曲线的断路器操作机构对应于 s 类故障或具有 s 类故障的发展趋势。

[0020] 所述的基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法, 所述的操作机构的电磁铁铁芯的运动过程中分合闸线圈电流波形变化情况分为5个阶段, 分别为:

[0021] 阶段1即 $t_0 \sim t_1$ 时间段, 断路器操作机构分合闸线圈在 t_0 时刻通电, 线圈中有电流通过, 由于此时电流不够大, 所产生的磁通不够大, 电磁铁产生的电磁力未达到使铁芯动作的动作值, 所以此阶段电磁线圈通电, 但铁芯不动, 线圈电感为常数, 分合闸线圈电流按指数规律上升; 阶段1的时间与控制电源电压及线圈电阻等参数有关, 其微分方程近似为

$i = C_1 e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{U}{R}$, 其中, C_1 表示曲线的指数系数, R 表示线圈电阻大小, L_1 表示分合闸线圈电流

阶段1的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0022] 阶段2即 $t_1 \sim t_2$ 时间段, t_1 时刻, 分合闸线圈电流增加到所产生的电磁力能克服铁芯自身重力、运动摩擦力和弹簧反力等阻力而带动铁芯动作, 随着铁芯的运动, 磁路气隙不断减小, 磁路磁阻减小, 线圈电抗增大, 使分合闸线圈电流按指数规律下降, 其微分方程近似为, 近似为电流关于时间的二次函数, 其中, v 表示电磁铁的运动速度, R 表示线圈电阻大小, L 表示分合闸线圈电流阶段2的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0023] 阶段3即 $t_2 \sim t_3$ 时间段, t_2 时刻, 铁芯运动速度达到最大, 铁芯运动到位, 端面撞到合或分闸锁扣装置停止运动, 此阶段铁芯磁路磁阻不变, 电抗不再增加, 分合闸线圈电流又呈指数规律上升, 其微分方程近似为, 其中, C_3 表示曲线的指数系数, R 表示线圈电阻大小, L_3 表示分合闸线圈电流阶段3的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0024] 阶段4即 $t_3 \sim t_4$ 时间段, 此阶段是阶段3的延续, 分合闸线圈电流达到近似稳态, 其方程近似为, 其中, R 表示线圈电阻大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0025] 阶段5即 $t_4 \sim t_5$ 时间段, 电流切断阶段, 此阶段由于断路器辅助触头断开直流电源, 辅助触头间产生电弧被并迅速拉长, 电弧电压升高, 使电流减小, 直到电弧熄灭, 分合闸线圈电流减小为0, 所以阶段5近似为一条直线,

[0026] 所以线圈电流曲线的每个阶段都对应着一个函数关系, 根据线圈电流曲线变化可以提取6个特征点, 6个特征点的变化也反应了整个曲线的变化。

[0027] 有益效果:

[0028] 1. 本发明在操作机构动作的 $t_0 \sim t_1$ 阶段, 分合闸线圈电流变化与控制电压及线圈

电阻有关; t_1-t_2 阶段,分合闸线圈电流变化反应电磁铁铁芯运行机构有无卡涩、脱扣及机械负载变动情况; t_2-t_3 阶段,分合闸线圈电流变化反应操作机构系统运动的情况; t_3-t_4 阶段,分合闸线圈电流变化反应了控制电压和电阻的大小关系。所以,操作机构在运行过程中产生故障,尤其是电磁系统故障时,其分合闸线圈电流波形将发生变化,或者是波形形状的变化,或者是各阶段发生的时间、电流值的变化。通过把监测得到的实际分合闸线圈电流波形与该机构样本电流波形(样本电流波形包括机构的标准电流波形及机构各种可能故障情况下的电流波形)比较,可以分析判断出机构可能出现的故障或是机构性能的变化趋势,为断路器操作机构的检修提供依据,从而提高断路器运行的可靠性。

[0029] 本发明在机构动作过程中,分合闸线圈电流曲线有几个关键点即特征点,特征点的电流大小及对应的时间能很好地反映电磁机构的性能,所以可以提取分合闸线圈电流波形的特征点数据与标准曲线特征点数据进行比较,从而快速准确判断机构的运行状态。

[0030] 本发明通过断路器操作机构特性检测装置测量得到机构分合闸分合闸线圈电流波形,提取其特征点参数,包括:分合闸线圈电流参数 $\{I_0, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5\}$,对应的时间参数 $\{t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$,共12个数据。

[0031] 本发明所建立数据库简单,只需要储存比对差值就可以分析断路器操作机构的运行状态,而不需要储存大量的特征点数据,有利于专家数据库的管理与数据空间的有效利用。

[0032] 对特征点参数进行处理,得到操作机构在该运行状态下的比对差值 d_s ,并与样本曲线库中的曲线比对差值进行比较,得到断路器操作机构的运行状态。

[0033] 附图说明:

[0034] 附图1是本发明的断路器操作机构分(合)闸分合闸线圈电流的标准波形图。

[0035] 具体实施方式:

[0036] 实施例1:

[0037] 一种基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法,该方法包括如下步骤:

[0038] (1)建立专家系统库:实验测试采集断路器操作机构正常运行及各种可能故障情况下分合闸线圈电流原始数据,得到机构正常及各种故障情况下电流样本曲线,并提取其特征点参数,建立专家系统库;

[0039] 所述的电流样本曲线采集包括操作机构正常运行的分合闸线圈标准电流曲线及各种可能故障情况下的电流曲线,曲线采集时每种情况进行5次测量,然后对特征值参数采用平均化公式,其中, i 表示特征点, $i=0\cdots 5$, j 表示测试次数, $j=1\cdots 5$ 进行归一化处理,得到样本曲线特征点参数值;

[0040] 根据前面1的分析可以知道,操作机构性能变化或发生故障将使电流曲线特征点值的大小和特征点的出现时间发生变化,则定义比对差值 d_s :

$$[0041] \quad d_s = k_1 \sqrt{\sum (x_{1i} - x_{2i})^2} + m_1 \sqrt{\sum (t_{1i} - t_{2i})^2}$$

[0042] 其中, i 表示特征点, $i=0\cdots 5$, s 表示故障类型, $s=1\cdots G$, G 为总的故障类型, d_s 表示操作机构故障时的分合闸线圈电流和线圈标准电流的对应特征点大小和对应时间的算术平方差值和, x_{1i} 、 t_{1i} 和 x_{2i} 、 t_{2i} 分别为机构故障时分合闸线圈电流样本曲线特征点参数和线圈

标准电流特征点参数, k_i 和 m_i 分别表示故障对特征点电流值及时间值的影响因子, 操作机构不同故障情况下其影响因子大小不同, 根据故障样本曲线确定其值的大小;

[0043] 通过对样本库曲线的处理, 得到操作机构各种情况下的比对差值 d_s , 并根据计算出的 d_s 值大小将其与机构故障类型一一对应, 建立专家系统库;

[0044] (2) 检测操作机构动作时的分合闸线圈电流波形, 提取特征点参数, 并与专家系统库中的数据进行比对, 分析得到断路器操作机构的运行状态或变化趋势;

[0045] 对检测装置检测到的电流波形曲线提取其特征点参数, 采用步骤1中的公式计算出该电流曲线的比对差值, 并与专家系统库中的比对差值进行比较, 通过公式计算二者差值;

[0046] 当与专家系统库中的比对差值最接近时, 即最小时, 判断出该检测电流曲线的断路器操作机构对应于 s 类故障或具有 s 类故障的发展趋势。

[0047] 实施例2:

[0048] 根据实施例1所述的基于特征点的断路器操作机构分合闸线圈电流比对方法, 所述的操作机构的电磁铁铁芯的运动过程中分合闸线圈电流波形变化情况分为5个阶段, 分别为:

[0049] 阶段1即 $t_0 \sim t_1$ 时间段, 断路器操作机构分合闸线圈在 t_0 时刻通电, 线圈中有电流通过, 由于此时电流不够大, 所产生的磁通不够大, 电磁铁产生的电磁力未达到使铁芯动作的动作值, 所以此阶段电磁线圈通电, 但铁芯不动, 线圈电感为常数, 分合闸线圈电流按指数规律上升; 阶段1的时间与控制电源电压及线圈电阻等参数有关, 其微分方程近似为

$$i = C_1 e^{-\frac{R}{L_1} t} + \frac{U}{R}, \text{ 其中, } C_1 \text{ 表示曲线的指数系数, } R \text{ 表示线圈电阻大小, } L_1 \text{ 表示分合闸线圈电流}$$

阶段1的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0050] 阶段2即 $t_1 \sim t_2$ 时间段, t_1 时刻, 分合闸线圈电流增加到所产生的电磁力能克服铁芯自身重力、运动摩擦力和弹簧反力等阻力而带动铁芯动作, 随着铁芯的运动, 磁路气隙不断减小, 磁路磁阻减小, 线圈电抗增大, 使分合闸线圈电流按指数规律下降, 其微分方程近似为, 近似为电流关于时间的二次函数, 其中, v 表示电磁铁的运动速度, R 表示线圈电阻大小, L 表示分合闸线圈电流阶段2的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0051] 阶段3即 $t_2 \sim t_3$ 时间段, t_2 时刻, 铁芯运动速度达到最大, 铁芯运动到位, 端面撞到合或分闸锁扣装置停止运动, 此阶段铁芯磁路磁阻不变, 电抗不再增加, 分合闸线圈电流又呈指数规律上升, 其微分方程近似为, 其中, C_3 表示曲线的指数系数, R 表示线圈电阻大小, L_3 表示分合闸线圈电流阶段3的电感大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0052] 阶段4即 $t_3 \sim t_4$ 时间段, 此阶段是阶段3的延续, 分合闸线圈电流达到近似稳态, 其方程近似为, 其中, R 表示线圈电阻大小, U 表示线圈两端的电压大小;

[0053] 阶段5即 $t_4 \sim t_5$ 时间段, 电流切断阶段, 此阶段由于断路器辅助触头断开直流电源, 辅助触头间产生电弧被并迅速拉长, 电弧电压升高, 使电流减小, 直到电弧熄灭, 分合闸线圈电流减小为0, 所以阶段5近似为一条直线, 所以线圈电流曲线的每个阶段都对应着一个函数关系, 根据线圈电流曲线变化可以提取6个特征点, 6个特征点的变化也反应了整个曲线的变化。

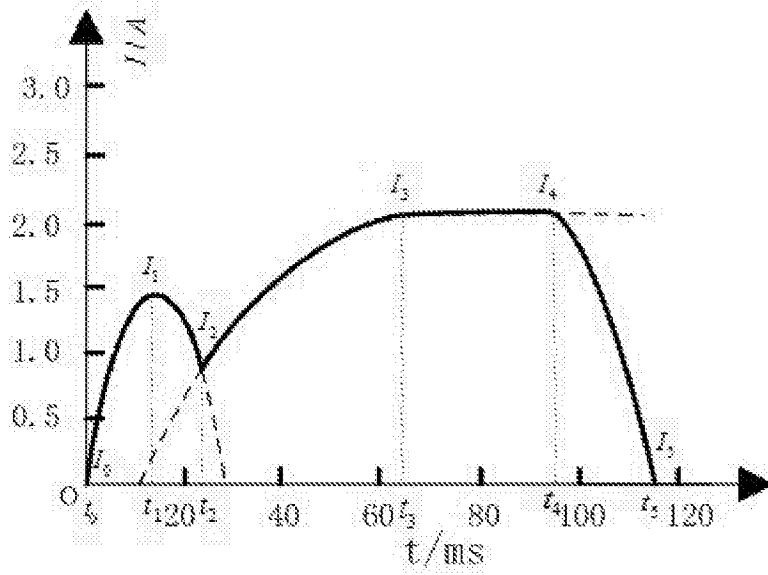


图1