



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106443343 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201610868124.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.09.30

G01R 31/08(2006.01)

(71)申请人 国网福建省电力有限公司

地址 350003 福建省福州市五四路257号

申请人 国家电网公司

国网福建省电力有限公司电力科学  
研究院

国网福建省电力有限公司厦门供电  
公司

山东科汇电力自动化股份有限公司

(72)发明人 李天友 徐丙垠 张孔林 陈彬  
黄建业 陈敏维 张功林 黄坚明  
陈超锋 王敬华

(74)专利代理机构 福州元创专利商标代理有限  
公司 35100

代理人 蔡学俊

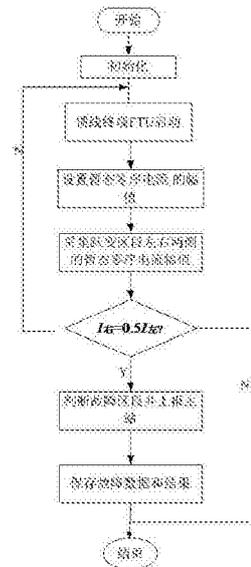
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种利用暂态零序电流的小电流接地故障  
定位方法

(57)摘要

本发明涉及一种利用暂态零序电流的小电  
流接地故障定位方法,特别是对站内无选线装置  
的系统,利用母线出口处各个检测点的暂态零序  
电流幅值,选择至少3条暂态零序电流幅值较大  
的线路,再利用健全线路的暂态零序电流的幅值  
沿线路单调递减,而故障线路的暂态电流幅值  
是先单调递增再单调递减,则发生跃变的点就是故  
障点,故障区段就是跃变点所在的区段。该方法  
克服了站内无选线装置的缺点,且只利用暂态电  
流信号,适用范围广,方法简单且易实现。



1. 一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤S1:采集母线出口处各条线路上各个检测点的暂态零序电流,当线路发生故障时,暂态零序电流发生突变;

步骤S2:计算各条线路上各个检测点的暂态零序电流的幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值最大的线路;

步骤S3:根据所述步骤S2中选择的线路上各个检测点的暂态零序电流幅值的变化情况进行小电流接地故障定位。

2. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,其特征在于:所述步骤S1具体包括以下步骤:

步骤S11:设置馈线终端装置启动的门槛值 $I_{st}$ ;

步骤S12:将采集母线出口处各个检测点的暂态零序电流与馈线终端装置启动的门槛值 $I_{st}$ 进行对比,判断是否满足馈线终端装置的启动条件;

步骤S13:若满足条件则所述馈线终端装置启动,记录故障信息并进入步骤S2进行下一步的处理与计算。

3. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,其特征在于:所述步骤S11具体为:把检测点*i*下游线路与大地之间电容电流的有效值作为门槛值,馈线终端装置启动的门槛值 $I_{st}$ 为:

$$I_{st} = K_{rel} I_{0i}, I_{0i} = 3 \omega U_{0i} C_{0i}; \quad (1)$$

式中: $K_{rel}$ 为可靠性系数; $I_{0i}$ 为检测点*i*下游线路与大地之间电容电流的有效值; $U_{0i}$ 为检测点*i*的零序电压的有效值; $C_{0i}$ 为检测点*i*下游线路与大地之间的电容。

4. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,其特征在于:所述步骤S12中判断是否满足馈线终端装置的启动条件具体为:将采样窗口中采集到的母线出口处各条路线上各个检测点的暂态零序电流与门槛值 $I_{st}$ 相比较,若在3个连续检测点的暂态零序电流中有2个及以上检测点的暂态零序电流幅值大于门槛值 $I_{st}$ ,则馈线终端装置启动并记录故障信息;否则馈线终端装置不启动,继续对暂态零序电流进行采样。

5. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,其特征在于:所述步骤S2具体为:

计算故障开始后 $T_0$ 内暂态零序电流的幅值:

$$I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt} \quad (2)$$

式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

比较各条路线上各个检测点的暂态零序电流幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值较大的线路。

6. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,其特征在于:所述步骤S3具体为:

选择的线路上在暂态零序电流幅值出现突变的检测点发生跃变,采用公式

$I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$  计算发生在该检测点左右两侧跃边区段上检测点的暂态零序电流的幅值；

式中， $I_f$ 为暂态零序电流的幅值； $i_0$ 为检测点 $i$ 在 $T_0$ 内的暂态零序电流值；

当发生跃变区段右侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{右}$ 为左侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{左}$ 的50%时，即 $I_{右}=0.5I_{左}$ ，则该线路为故障线路，跃变点就是故障点。

7. 一种基于权利要求1所述的利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法的系统，其特征在于：包括设置于母线出口处各条线路上各个检测点上用以采集检测点的暂态零序电流的数据采集模块、与所述数据采集模块相连的用以计算各个检测点的暂态零序电流的幅值的数据计算模块、与所述数据计算模块相连的用以选择至少三条暂态零序电流幅值最大的线路的线路选取模块、与所述数据计算模块以及所述线路选取模块相连的用以对小电流接地故障进行定位的故障定位模块。

8. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法的系统，其特征在于：所述故障定位模块进行故障定位的方法具体为：所述数据计算模块计算故障开始后 $T_0$ 内暂态零序电流的幅值：

$$I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt} \quad (2)$$

式中， $I_f$ 为暂态零序电流的幅值； $i_0$ 为检测点 $i$ 在 $T_0$ 内的暂态零序电流值；

所述线路选取模块比较各条路线上各个检测点的暂态零序电流幅值，选择至少三条暂态零序电流幅值较大的线路；

所述故障定位模块根据选择的线路上在暂态零序电流幅值出现突变的检测点发生跃变，采用公式 $I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$  计算发生在该检测点左右两侧跃边区段上检测点的暂态零序电流的幅值；

式中， $I_f$ 为暂态零序电流的幅值； $i_0$ 为检测点 $i$ 在 $T_0$ 内的暂态零序电流值；

当发生跃变区段右侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{右}$ 为左侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{左}$ 的50%时，即 $I_{右}=0.5I_{左}$ ，则该线路为故障线路，跃变点就是故障点。

9. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法的系统，其特征在于：所述系统还包括一与所述数据采集模块相连的数据分析模块，所述数据分析模块与一馈线终端装置相连；当线路发生故障时，所述数据分析模块将采集母线出口处各个检测点的暂态零序电流与馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ 进行对比，判断是否满足馈线终端装置的启动条件；若满足条件，则所述馈线终端装置启动，记录故障信息。

10. 根据权利要求1所述的一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法的系统，其特征在于：所述数据分析模块判断是否满足馈线终端装置的启动条件具体为：将采样窗口中采集到的母线出口处各条路线上各个检测点的暂态零序电流与阈值 $I_{st}$ 相比较，若在3个连续检测点的暂态零序电流中有2个及以上检测点的暂态零序电流幅值大于阈值 $I_{st}$ ，则所述馈线终端装置启动并记录故障信息；否则所述馈线终端装置不启动，继续对暂态零

序电流进行采样。

## 一种利用暂态零序电流的小电流接地故障定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电气自动化领域,特别是涉及一种利用暂态零序电流的小电流接地故障定位方法。

### 背景技术

[0002] 配电网具有结构复杂,负载比较分散的特点,输电线路发生故障的概率很高,尤其是小电流系统的单相接地故障。当系统发生小电流单相接地故障时,故障电流很小,故障信号微弱,造成故障检测、选线、定位都很困难。线路发生小电流接地故障后,三相电压依然对称,所以系统可运行1~2h,甚至更长时间,可以提高供电的可靠性。但是带故障不能长期运行,若运行时间过长容易造成相间短路故障,给电力系统带来的危害更加严重。由此可见,及时找到单相接地故障的位置,并及时处理,对提高供电可靠性、保证配电设备运行安全具有十分重要的意义。

### 发明内容

[0003] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种利用暂态零序电流的小电流接地故障定位方法,利用暂态电流幅值先从多条出口母线处选择至少3条幅值较大的线路,为小电流单相接地故障的定位奠定了基础;再利用故障线路中暂态零序电流的跃变性来确定故障区段。

[0004] 本发明采用以下方案实现:一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,包括以下步骤:

[0005] 步骤S1:采集母线出口处各条线路上各个检测点的暂态零序电流,当线路发生故障时,暂态零序电流发生突变;

[0006] 步骤S2:计算各条线路上各个检测点的暂态零序电流的幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值最大的线路;

[0007] 步骤S3:根据所述步骤S2中选择的线路上各个检测点的暂态零序电流幅值的变化情况进行小电流接地故障定位。

[0008] 进一步地,所述步骤S1具体包括以下步骤:

[0009] 步骤S11:设置馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ ;

[0010] 步骤S12:将采集母线出口处各个检测点的暂态零序电流与馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ 进行对比,判断是否满足馈线终端装置的启动条件;

[0011] 步骤S13:若满足条件则所述馈线终端装置启动,记录故障信息并进入步骤S2进行下一步的处理与计算。

[0012] 进一步地,所述步骤S11具体为:把检测点*i*下游线路与大地之间电容电流的有效值作为阈值,馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ 为:

[0013]  $I_{st} = K_{rel} I_{0i}$ ,  $I_{0i} = 3 \omega U_{0i} C_{0i}$ ;

[0014] (1)

[0015] 式中: $K_{rel}$ 为可靠性系数; $I_{0i}$ 为检测点*i*下游线路与大地之间电容电流的有效值;

$U_{0i}$ 为检测点*i*的零序电压的有效值; $C_{0i}$ 为检测点*i*下游线路与大地之间的电容;

[0016] 进一步地,所述步骤S12中判断是否满足馈线终端装置的启动条件具体为:将采样窗口中采集到的母线出口处各条路线上各个检测点的暂态零序电流与门槛值 $I_{st}$ 相比较,若在3个连续检测点的暂态零序电流中有2个及以上检测点的暂态零序电流幅值大于门槛值 $I_{st}$ ,则馈线终端装置启动并记录故障信息;否则馈线终端装置不启动,继续对暂态零序电流进行采样。

[0017] 进一步地,所述步骤S2具体为:

[0018] 计算故障开始后 $T_0$ 内暂态零序电流的幅值:

$$[0019] \quad I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt} \quad (2)$$

[0020] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0021] 比较各条路线上各个检测点的暂态零序电流幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值较大的线路。

[0022] 进一步地,所述步骤S3具体为:

[0023] 选择的线路上在暂态零序电流幅值出现突变的检测点发生跃变,采用公式

$I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$  计算发生在该检测点左右两侧跃变区段上检测点的暂态零序电流的幅值;

[0024] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0025] 当发生跃变区段右侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{右}$ 为左侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{左}$ 的50%时,即 $I_{右}=0.5I_{左}$ ,则该线路为故障线路,跃变点就是故障点。

[0026] 本发明还提供一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法的系统,包括设置于母线出口处各条路线上各个检测点上用以采集检测点的暂态零序电流的数据采集模块、与所述数据采集模块相连的用以计算各个检测点的暂态零序电流的幅值的数据计算模块、与所述数据计算模块相连的用以选择至少三条暂态零序电流幅值最大的线路的线路选取模块、与所述数据计算模块以及所述线路选取模块相连的用以对小电流接地故障进行定位的故障定位模块。

[0027] 进一步地,所述故障定位模块进行故障定位的方法具体为:所述数据计算模块计算故障开始后 $T_0$ 内暂态零序电流的幅值:

$$[0028] \quad I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt} \quad (2)$$

[0029] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0030] 所述线路选取模块比较各条路线上各个检测点的暂态零序电流幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值较大的线路;

[0031] 所述故障定位模块根据选择的线路上在暂态零序电流幅值出现突变的检测点发

生跃变,采用公式 $I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$  计算发生在该检测点左右两侧跃变区段上检测点的暂态零序电流的幅值;

[0032] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0033] 当发生跃变区段右侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{右}$ 为左侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{左}$ 的50%时,即 $I_{右}=0.5I_{左}$ ,则该线路为故障线路,跃变点就是故障点。

[0034] 进一步地,所述系统还包括一与所述数据采集模块相连的数据分析模块,所述数据分析模块与一馈线终端装置相连;当线路发生故障时,所述数据分析模块将采集母线出口处各个检测点的暂态零序电流与馈线终端装置启动的门槛值 $I_{st}$ 进行对比,判断是否满足馈线终端装置的启动条件;若满足条件,则所述馈线终端装置启动,记录故障信息。

[0035] 进一步地,所述数据分析模块判断是否满足馈线终端装置的启动条件具体为:将采样窗口中采集到的母线出口处各条路线上各个检测点的暂态零序电流与门槛值 $I_{st}$ 相比较,若在3个连续检测点的暂态零序电流中有2个及以上检测点的暂态零序电流幅值大于门槛值 $I_{st}$ ,则所述馈线终端装置启动并记录故障信息;否则所述馈线终端装置不启动,继续对暂态零序电流进行采样。

[0036] 与现有技术相比,本发明提供了一种利用暂态零序电流的小电流接地故障定位方法,特别是对站内无选线装置的系统,利用母线出口处各个检测点的暂态零序电流幅值,选择暂态零序电流幅值较大的线路(至少3条),再利用健全线路的暂态零序电流的幅值沿线路单调递减,而故障线路的暂态电流幅值是先单调递增再单调递减,则发生跃变的点就是故障点,故障区段就是跃变点所在的区段。该方法具有的有益效果是:克服了站内无小电流选线装置的线路,能实现故障的在线监测,及时的找到故障位置,解决了困扰电力部门的一大难题。该方法只利用暂态零序电流信号,适用范围广,方法简单且易实现。

## 附图说明

[0037] 图1是本发明的流程图。

[0038] 图2是本发明的健全线路的暂态零序电流幅值分布规律示意图。

[0039] 图3是本发明的故障线路暂态零序电流的幅值分布规律示意图。

[0040] 图4是本发明的馈线终端FTU漏报信息图。

[0041] 图5是本发明的馈线终端FTU误报的信息示意图。

## 具体实施方式

[0042] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0043] 本实施例提供一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0044] 步骤S1:采集母线出口处各条线路上各个检测点的暂态零序电流,当线路发生故障时,暂态零序电流发生突变;

[0045] 步骤S2:计算各条线路上各个检测点的暂态零序电流的幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值最大的线路;

[0046] 步骤S3:根据所述步骤S2中选择的线路上各个检测点的暂态零序电流幅值的变化

情况进行小电流接地故障定位。

[0047] 在本实施例中,所述步骤S1具体包括以下步骤:

[0048] 步骤S11:设置馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ ;

[0049] 步骤S12:将采集母线出口处各个检测点的暂态零序电流与馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ 进行对比,判断是否满足馈线终端装置的启动条件;

[0050] 步骤S13:若满足条件则所述馈线终端装置启动,记录故障信息并进入步骤S2进行下一步的处理与计算。

[0051] 在本实施例中,所述步骤S11具体为:把检测点*i*下游线路与大地之间电容电流的有效值作为阈值,馈线终端装置启动的阈值 $I_{st}$ 为:

[0052]  $I_{st} = K_{rel} I_{0i}, I_{0i} = 3 \omega U_{0i} C_{0i}$ ;

[0053] (1)

[0054] 式中: $K_{rel}$ 为可靠性系数; $I_{0i}$ 为检测点*i*下游线路与大地之间电容电流的有效值; $U_{0i}$ 为检测点*i*的零序电压的有效值; $C_{0i}$ 为检测点*i*下游线路与大地之间的电容;

[0055] 在本实施例中,所述步骤S12中判断是否满足馈线终端装置的启动条件具体为:将采样窗口中采集到的母线出口处各条路线上各个检测点的暂态零序电流与阈值 $I_{st}$ 相比较,若在3个连续检测点的暂态零序电流中有2个及以上检测点的暂态零序电流幅值大于阈值 $I_{st}$ ,则馈线终端装置启动并记录故障信息;否则馈线终端装置不启动,继续对暂态零序电流进行采样。

[0056] 在本实施例中,所述步骤S2具体为:

[0057] 计算故障开始后 $T_0$ 内暂态零序电流的幅值:

[0058] 
$$I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$$
 (2)

[0059] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0060] 比较各条路线上各个检测点的暂态零序电流幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值较大的线路。

[0061] 在本实施例中,所述步骤S3具体为:

[0062] 选择的线路上在暂态零序电流幅值出现突变的检测点发生跃变,采用公式

$I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$  计算发生在该检测点左右两侧跃变区段上检测点的暂态零序电流的幅值;

[0063] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点*i*在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0064] 当发生跃变区段右侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{右}$ 为左侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{左}$ 的50%时,即 $I_{右} = 0.5 I_{左}$ ,则该线路为故障线路,跃变点就是故障点。

[0065] 在本实施例中,如图2所示,若线路中的暂态零序电流的幅值沿线路单调递减,则该线路为健全线路;如图3所示,若选择的线路中的暂态零序电流的幅值发生跃变,则该线路为故障线路,跃变点就是故障点。

[0066] 在本实施例中,一种利用暂态零序电流小电流接地故障定位方法的系统,包括设置于母线出口处各条线路上各个检测点上用以采集检测点的暂态零序电流的数据采集模

块、与所述数据采集模块相连的用以计算各个检测点的暂态零序电流的幅值的数据计算模块、与所述数据计算模块相连的用以选择至少三条暂态零序电流幅值最大的线路的线路选取模块、与所述数据计算模块以及所述线路选取模块相连的用以对小电流接地故障进行定位的故障定位模块。

[0067] 在本实施例中,所述故障定位模块进行故障定位的方法具体为:所述数据计算模块计算故障开始后 $T_0$ 内暂态零序电流的幅值:

$$[0068] \quad I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt} \quad (2)$$

[0069] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点 $i$ 在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0070] 所述线路选取模块比较各条路线上各个检测点的暂态零序电流幅值,选择至少三条暂态零序电流幅值较大的线路;

[0071] 所述故障定位模块根据选择的线路上在暂态零序电流幅值出现突变的检测点发生跃变,采用公式 $I_f = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_0^2(t) dt}$ 计算发生在该检测点左右两侧跃变区段上检测点的

暂态零序电流的幅值;

[0072] 式中, $I_f$ 为暂态零序电流的幅值; $i_0$ 为检测点 $i$ 在 $T_0$ 内的暂态零序电流值;

[0073] 当发生跃变区段右侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{右}$ 为左侧的检测点的暂态零序电流幅值 $I_{左}$ 的50%时,即 $I_{右}=0.5I_{左}$ ,则该线路为故障线路,跃变点就是故障点。

[0074] 在本实施例中,所述系统还包括一与所述数据采集模块相连的数据分析模块,所述数据分析模块与一馈线终端装置相连;当线路发生故障时,所述数据分析模块将采集母线出口处各个检测点的暂态零序电流与馈线终端装置启动的门槛值 $I_{st}$ 进行对比,判断是否满足馈线终端装置的启动条件;若满足条件,则所述馈线终端装置启动,记录故障信息。

[0075] 在本实施例中,所述数据分析模块判断是否满足馈线终端装置的启动条件具体为:将采样窗口中采集到的母线出口处各条路线上各个检测点的暂态零序电流与门槛值 $I_{st}$ 相比较,若在3个连续检测点的暂态零序电流中有2个及以上检测点的暂态零序电流幅值大于门槛值 $I_{st}$ ,则所述馈线终端装置启动并记录故障信息;否则所述馈线终端装置不启动,继续对暂态零序电流进行采样。

[0076] 在本实施例中,当馈线终端装置FTU出线误报和漏报时的故障定位判据:由于某些原因,会使线路中的电流增大而是馈线终端装置FTU启动,记录信息并上报主站,若上报的信息不满足单调递增或递减的规律,则认为是干扰,如图4所示;线路末端的馈线终端装置FTU因为暂态零序电流太小没有启动,也没有上报信息到主站,则暂态零序电流的幅值就是一个单调递增的曲线,则认为紧靠近它的末端区段为故障区段,如图5所示。

[0077] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

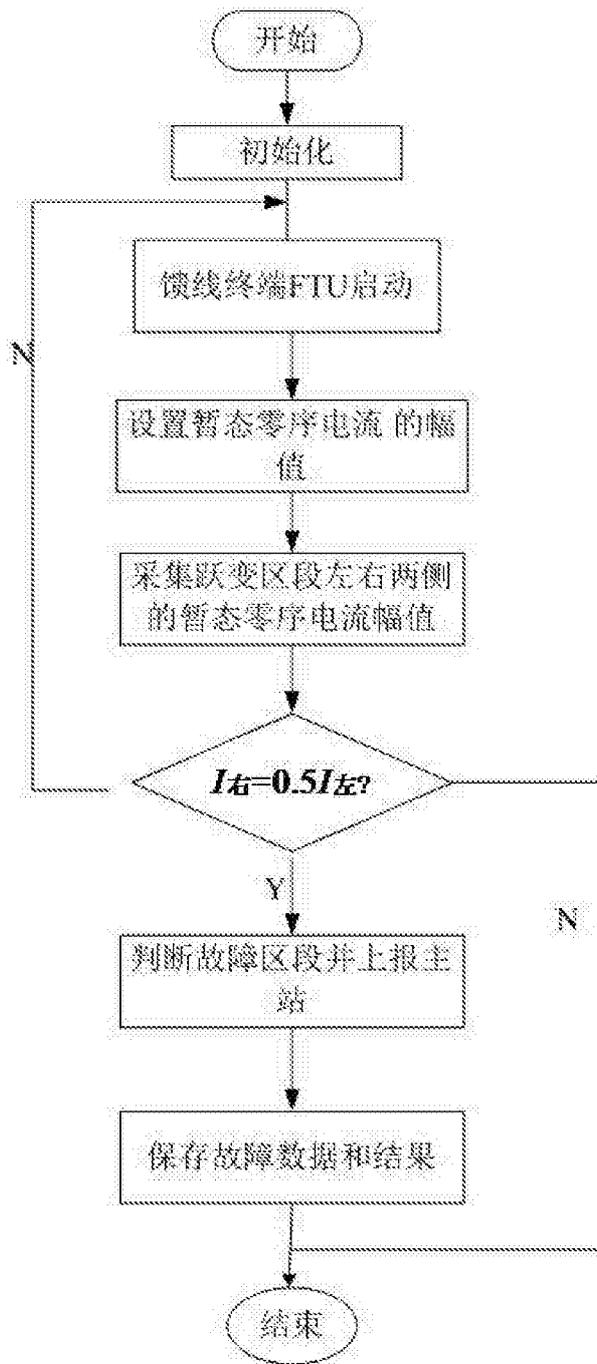


图1

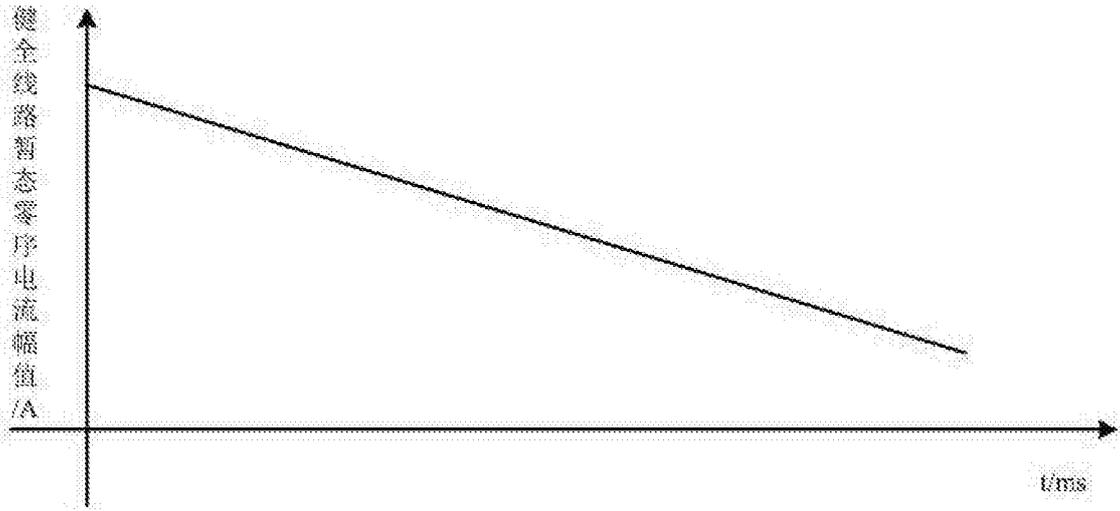


图2

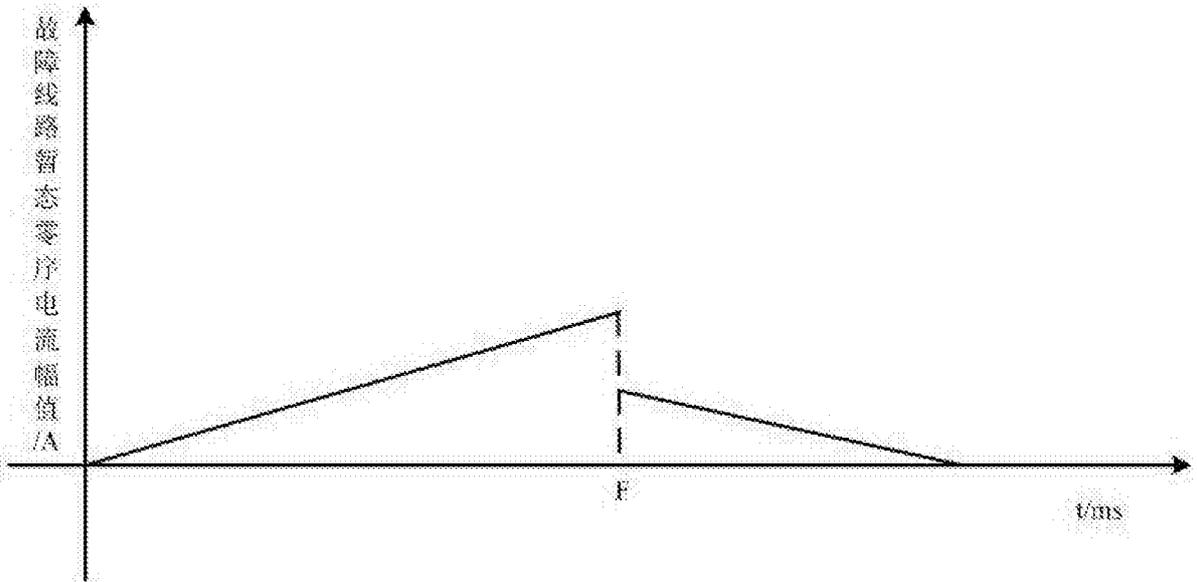


图3

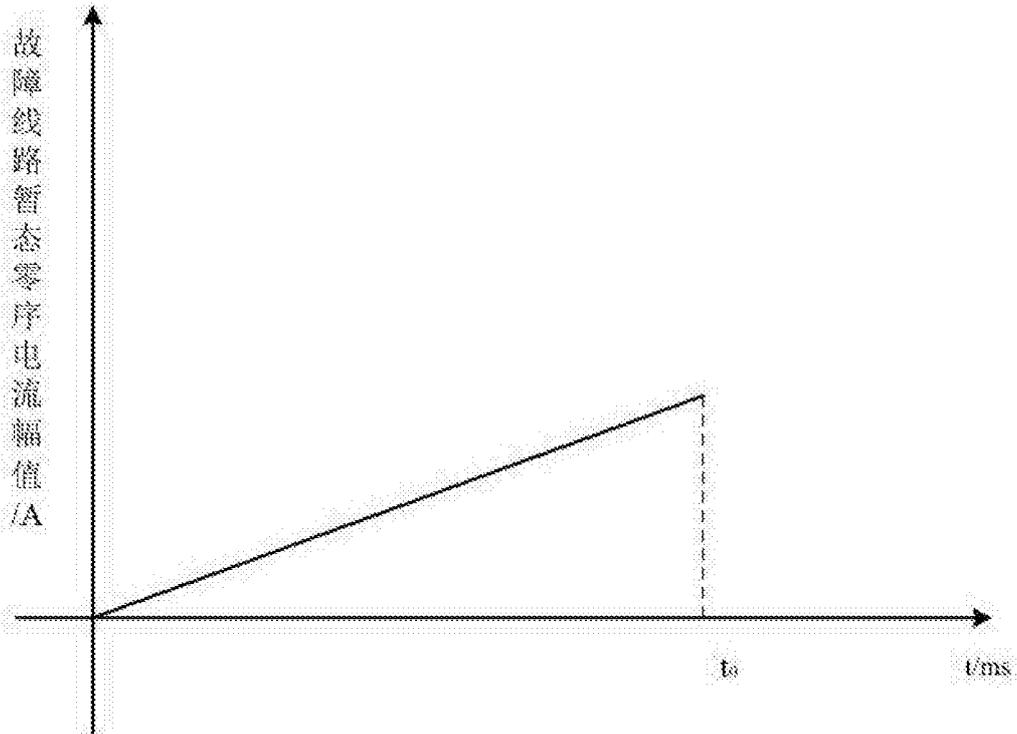


图4

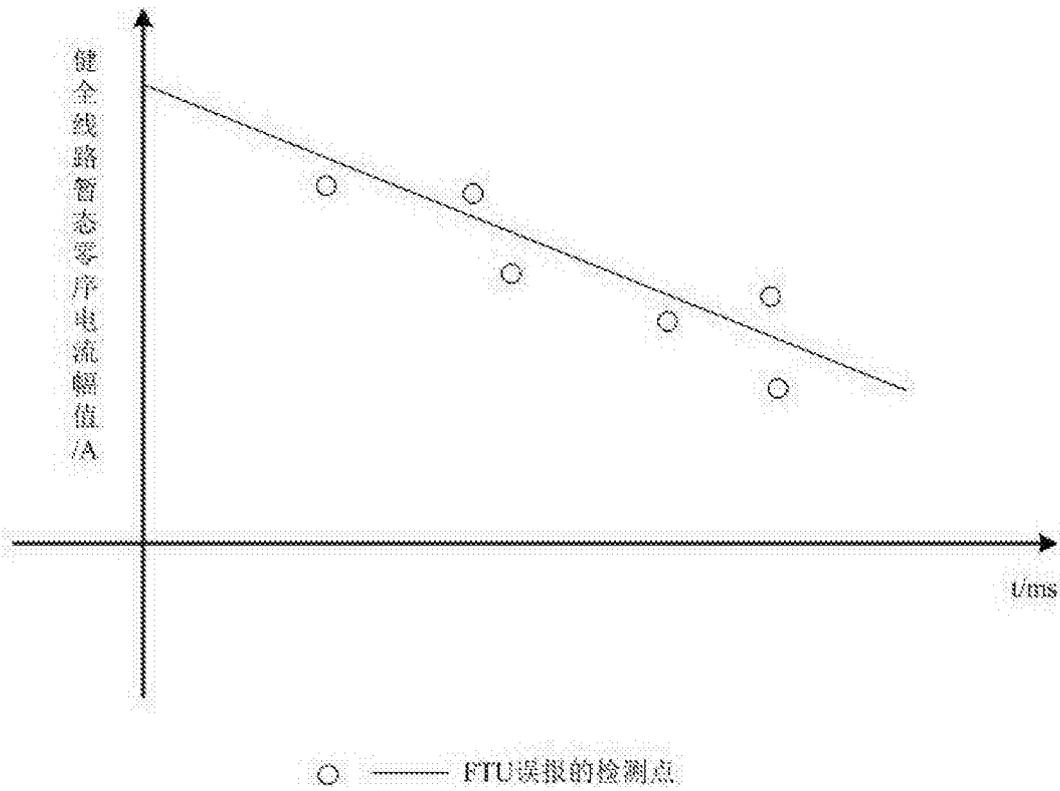


图5