



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106646139 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(21)申请号 201611251346.4

(22)申请日 2016.12.30

(71)申请人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区北农路2号

(72)发明人 齐郑 庄舒仪 郑宇航

(74)专利代理机构 北京金阙华进专利事务所

(普通合伙) 11224

代理人 吴鸿维

(51)Int.Cl.

G01R 31/08(2006.01)

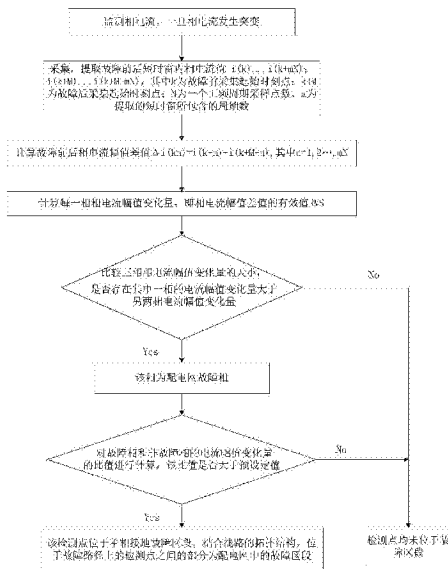
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法

(57)摘要

一种基于三相电流幅值分析的配电网单相接地故障定位方法。实时采集配电网三相电流，一旦发生单相接地故障后对故障前后各相的相电流进行幅值分析，通过采集起始时刻相位相同的相电流进行差值计算，实现电流相量的幅值运算，同时滤出负荷电流和相间电容电流的影响，然后计算各相相电流幅值变化的有效值。安装于线路上某个点的监测装置通过分析三相电流幅值变化量就可以判断该检测点是否位于故障路径上。本发明基于单相接地故障发生后三相电流的幅值特点，不需要合成零序电流，减少了主站的分析计算量，在工程上具有较高的实用价值。



1. 一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,在配电网各检测点上安装电流互感器;其特征在于:

通过电流互感器实时监测配电网各个检测点处三相电流,当配电网发生单相接地故障后,提取故障发生时刻前后设定短时窗内的三相电流,对故障前后各相的相电流进行幅值分析,通过故障前后采集起始时刻相位相同的相电流,实现电流相量幅值的差值运算,然后计算各相相电流的幅值变化量;在某检测点若存在其中一相的电流幅值变化量大于另外两相的电流幅值变化量,则判定该相为配电网中的接地故障相;若存在故障相的电流幅值变化量与非故障相的电流幅值变化量之比大于一个预设值时,则判定该检测点位于故障路径上。

2. 一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,在配电网各检测点上安装电流互感器;其特征在于,所述配电网故障定位方法包括如下步骤:

步骤1:实时监测配电网各检测点处的三相电流;

步骤2:监测各检测点处相电流是否发生突变,当判定某检测点处相电流发生突变时,则提取该检测点处故障发生时刻前后设定短时窗内的每一相的电流,故障前的相电流表示为 $i(k+n)$,故障后的相电流表示为 $i(k+M+n)$,其中 k 表示故障发生前电流采集的起始时刻点, $k+M$ 表示故障发生后电流采集的起始时刻点, $\frac{M}{N}$ 为整数,使采样点对应的电流相位同步,其中 N 表示一个工频周期的采样点数, $n=1,2,\dots,mN$ 表示自起始时刻点 k 之后的各采样时刻点, m 表示为设定短时窗所包含的周期数;当判定相电流没有发生突变时,则返回步骤1;

步骤3:对步骤2中提取到的故障发生前后短时窗内的每一相电流进行幅值差值计算,故障前后相电流幅值差值计算表达式如下所示:

$$\Delta i(k_n) = i(k+n) - i(k+M+n), \text{ 其中 } n=1, 2, \dots, mN;$$

步骤4:根据步骤3所求得的结果,进一步计算故障前后每一相电流幅值变化量即相电流幅值差值 $\Delta i(k_n)$ 的有效值RMS,故障前后相电流幅值变化量计算表达式如下所示:

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{mN} \Delta i(k_n)^2}{mN}} ;$$

步骤5:对步骤4所求得的相电流幅值变化量进行比较,若存在其中一相的电流幅值变化量大于另外两相的电流幅值变化量,则该相为此配电网中的单相接地故障相;否则该配电网中未发生单相接地故障。

步骤6:对步骤5所判定的故障相电流幅值变化量与非故障相电流幅值变化量进行比值计算,若比值大于预设值,则该检测点位于故障路径上;否则该检测点不在故障路径上;根据对配电网各个检测点的判定结果,结合线路的拓扑结构,位于故障路径上的检测点之间的部分为配电网中的故障区段,即实现配电网中单相接地故障的定位。

3. 根据权利要求2所述的基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,其特征在于:

在步骤1中,只需采集各相电流,无需将采集到的数据传送给主站,不需要进行零序的电流的合成。

4. 根据权利要求2所述的基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,其特征在于:

在步骤2中,相电流突变用电流的瞬时变化率 $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ 衡量,其中 $\Delta t=1\text{ms}$,如下式所示:

当 $\frac{\Delta i}{\Delta t} \geq 1$ 时,判定为相电流发生突变;

当 $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 1$ 时,判定为相电流未发生突变,返回步骤1继续监测相电流的状态。

5. 根据权利要求2或4所述的基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,其特征在于:
在步骤2中,设定短时窗为2个工频周期,即40ms。

6. 根据权利要求2所述的基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,其特征在于:
在步骤6中,预设定值为5-10。

一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法

[0001] 专利领域

[0002] 本发明属于电力自动化技术领域,涉及配电网中单相接地故障领域,具体来说是一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法。

背景技术

[0003] 配电网在电力网中起着重要分配电能的作用,随着配电网规模的不断扩大,电力电子装置的大面积使用及分布式电源的接入,使得配电网的结构日益复杂,对经常发生在配电网中的单相接地故障定位准确性产生一定影响。目前,我国6-35kV中压配电网一般采用中性点不接地或中性点经消弧线圈接地的方式,经常发生的单相接地故障定位长期以来均为得到很好地解决。

[0004] 除传统拉线法,应用到工程中的大多数方法为利用故障后零序的稳态电气量法、利用注入信号法或利用暂态分量的首半波、行波法等。他们或因为电气分量过小,时间延时过长,或因为对采样频率要求过高、易受外界波动而影响对故障的定位。

[0005] 近年来,基于线路三相节点的暂态电流方向的分析方法被提出,通过比较三相暂态电流的方向是否相同确定该点是否为故障节点,通过比较线路电流流动方向来判断线路是否为故障线路,但该方法在多种实际工程线路的仿真模拟下存在误判情形,准确性无法保证。

[0006] 综上所述,目前在该技术领域各种故障定位方法,在电气量选择、计算以及逻辑判断上都存在一定的缺点,且针对日益灵活的配电网准确性较差,无法在工程领域广泛推广。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于对发生故障后配电网中三相电流进行研究,提出一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法。只需要通过安装在三相线路上的电流互感器实时采集相电流,一旦发生单相接地故障后,提取故障发生时刻前后短时窗内的三相电流,对故障前后各相的相电流进行相量差计算,滤出负荷电流和相间电容电流的影响,然后计算各相相电流变化量。由于相电流变化量只包含相对地的电容电流在单相接地前后的变化,所以在非故障路径上两个非故障相的相电流变化量近似相等,同时也与故障相的相电流变化量近似相等;而在故障路径上两个非故障相的相电流变化量近似相等,同时小于故障相的相电流变化量。这样安装于线路上某个点的检测装置通过分析各相相电流变化量就可以判断该点是否位于故障路径上。同时,结合多个节点的判断结果及线路的拓扑结构,从而实现配电网单相接地故障的定位。方法简单,不需要掌握计算零序电流等信号的特征;就地定位,不需要将采集到的数据传送到数据主站,减少了主站的分析计算量。故障定位准确,在工程上具有良好的应用前景。

[0008] 用于实现上述内容的技术方案如下:

[0009] 一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,其特征在于:

[0010] 通过电流互感器实时监测配电网各个检测点处三相电流,当配电网发生单相接地

故障后,提取故障发生时刻前后设定短时窗内的三相电流,对故障前后各相的相电流进行幅值分析,通过采集起始时刻相位相同的相电流,实现电流相量幅值的差值运算,然后计算各相相电流的幅值变化量;在某检测点若存在其中一相的电流幅值变化量大于另外两相的电流幅值变化量,则判定该相为配电网中的接地故障相;若存在故障相的电流幅值变化量与非故障相的电流幅值变化量之比大于一个预设值时,则判定该检测点位于故障路径上;

[0011] 一种基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法,在配电网各检测点上安装电流互感器;其特征在于,所述配电网故障定位方法包括如下步骤:

[0012] 步骤1:实时监测配电网各检测点处的三相电流;

[0013] 步骤2:监测各检测点处相电流是否发生突变,当判定某检测点处相电流发生突变时,则提取该检测点处故障发生时刻前后设定短时窗内的每一相的电流,故障前的相电流表示为 $i(k+n)$,故障后的相电流表示为 $i(k+M+n)$,其中 k 表示故障发生前电流采集的起始时刻点, $k+M$ 表示故障发生后电流采集的起始时刻点, $\frac{M}{N}$ 为整数,使采样点对应的电流相位同步,其中 N 表示一个工频周期的采样点数, $n=1,2,\dots,mN$ 表示自起始时刻点 k 之后的各采样时刻点, m 表示为设定短时窗所包含的周期数;当判定相电流没有发生突变时,则返回步骤1;

[0014] 步骤3:对步骤2中提取到的故障发生前后短时窗内的每一相电流进行幅值差值计算,故障前后相电流幅值差值计算表达式如下所示:

[0015] $\Delta i(k_n) = i(k+n) - i(k+M+n)$,其中 $n=1,2,\dots,mN$;

[0016] 步骤4:根据步骤3所求得的结果,进一步计算故障前后每一相电流幅值变化量即相电流幅值差值 $\Delta i(k_n)$ 的有效值RMS,故障前后相电流幅值变化量计算表达式如下所示:

$$[0017] \quad \text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{mN} \Delta i(k_n)^2}{mN}};$$

[0018] 步骤5:对步骤4所求得的相电流幅值变化量进行比较,若存在其中一相的电流幅值变化量大于另外两相的电流幅值变化量,则该相为此配电网中的单相接地故障相;否则该配电网中未发生单相接地故障;

[0019] 步骤6:对步骤5所判定的故障相电流幅值变化量与非故障相电流幅值变化量进行比值计算,若比值大于预设值,则该检测点位于故障路径上;否则该检测点不在故障路径上;根据对配电网各个检测点的判定结果,结合线路的拓扑结构,位于故障路径上的检测点之间的部分为配电网中的故障区段,即实现配电网中单相接地故障的定位。

[0020] 本发明进一步包括以下优选方案:

[0021] 在步骤1中,只需采集各相电流,无需将采集到的数据传送给主站,不需要进行零序的电流的合成。

[0022] 在步骤2中,相电流突变用电流的瞬时变化率 $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ 衡量($\Delta t=1\text{ms}$),如下式所示:

[0023] 当 $\frac{\Delta i}{\Delta t} \geq 1$ 时,判定为相电流发生突变;

[0024] 当 $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 1$ 时,判定为相电流未发生突变,返回步骤1继续监测相电流的状态。

[0025] 在步骤2中,设定短时窗为2个工频周期,即40ms。

[0026] 在步骤6中,预设定值为5-10。

[0027] 本发明的优点是:(1)方法简单,不需要掌握计算零序电流等信号的特征。只需要通过安装在三相线路上的电流互感器(或者故障指示器)实时采集相电流,就地对采集故障发生前后短时窗内的三相电流,避免了传统利用零序信号定位带来的误差;(2)就地定位,不需要将采集到的数据传送到数据主站。只需要对就地采集的电流量进行计算,从而实现配电网单相接地故障的定位;(3)更好的适用于中性点不接地或中性点经消弧线圈接地的小电流接地系统,在工程上具有很高的推广价值。

附图说明

[0028] 图1是经消弧线圈接地小电流单相接地故障传统系统仿真模型;

[0029] 图2是监测故障时刻故障区段节点及非故障区段节点三相电流变化曲线;其中,图2(a)为故障时刻故障区段节点三相电流变化曲线;图2(b)为故障时刻非故障区段节点三相电流变化曲线;

[0030] 图3是监测节点三相电流变化曲线;其中,图3(a)为故障节点三相电流变化曲线,图3(b)为非故障节点三相电流变化曲线;

[0031] 图4是故障发生前后三相电流差值变化曲线;其中,图4(a)为故障区段故障前后三相电流差值变化曲线,图4(b)为非故障区段故障前后三相电流差值变化曲线;

[0032] 图5是本发明公开的基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法流程框图。

具体实施方式

[0033] 以下将结合附图和实例对发明的内容做进一步的说明。

[0034] 如附图1所示,图1为电力暂态仿真软件ATP搭建的经消弧线圈接地小电流单相接地故障系统模型,其中,CT为安装在三相线路上的电流互感器,其中CTI1、CTI2、CTII1、CTIII1、CTIV1、CTIV2为本仿真模型的电流检测互感器。对除母线外的各条分支线路的首端均加装电流互感器,针对线路的不同长度设置一个或多个检测点,在本实例中CTIV1、CTIV2为设置在故障路径上的电流互感器,命名检测点为X0001、X0016,CTI1为设置在非故障路径上的电流互感器,命名检测点为X0036,试验中模拟故障在0.1s时发生的情形,并进行准确性检验。

[0035] 对经消弧线圈接地的小电流接地系统发生单相接地故障可以采用本申请公开的一种基于三相电流幅值分析方法进行故障定位,在配电网各检测点上安装电流互感器。参见附图5,其步骤如下:

[0036] 步骤1:实时监测配电网三相电流;

[0037] 步骤2:监测相电流是否发生突变,当判定相电流发生突变时,则提取故障发生时刻前后设定短时窗内的每一相的电流,在本申请实施例中,设定短时窗为2个工频周期,即40ms。故障前的相电流表示为 $i(k+n)$,故障后的相电流表示为 $i(k+m)$,其中 k 表示故障发生前电流量采集的起始时刻点, $k+m$ 表示故障发生后电流量采集的起始时刻点,为整数使采样点对应

的电流相位同步,实现电流相量到电流幅值的转化,其中N表示一个工频周期的采样点数, $n=1,2,\dots,mN$ 表示自起始时刻点k之后的各采样时刻点,m表示为设定短时窗所包含的周期数;当判定相电流没有发生突变时,则返回步骤1;

[0038] 相电流突变的判断如下式所示:

[0039] 当 $\frac{\Delta i}{\Delta t} \geq 1$ 时 ($\Delta t=1\text{ms}$),判定为相电流发生突变;

[0040] 当 $\frac{\Delta i}{\Delta t} < 1$ 时 ($\Delta t=1\text{ms}$),判定为相电流未发生突变,返回步骤1继续监测相电流的状态。

[0041]

[0042] 在本实例中,故障发生在0.1s时,如附图2所示,图2(a)为故障时刻故障区段节点三相电流变化曲线,图2(b)为故障时刻非故障区段节点三相电流变化曲线,可以明显看出无论是位于故障区段的节点还是非故障区段的节点,其故障相的电流方向瞬时均与非故障相反相,使基于线路三相节点的暂态电流方向的分析方法无法对故障进行正确的定位。如附图3所示,图3为节点三相电流变化曲线,故障前的采集的起始时刻为0,故障后的采集起始时刻为0.2s,每个周期采样点数为2000,共采集2个周波,故 $k=0,k+M=20000,N=2000,m=2$ 。

[0043] 步骤3:对步骤2中提取到的故障发生前后短时窗内的每一相电流进行幅值差值计算,故障前后相电流幅值差值计算表达式如下所示:

[0044] $\Delta i(k_n) = i(k+n) - i(k+M+n)$,其中 $n=1,2,\dots,mN$

[0045] 本申请实施例中以X0001检测点和X0036检测点为例,说明基于三相电流幅值分析的故障定位方法。其中 $\frac{M}{N}=10$,为整数,满足相位条件,同时利用MATLAB绘制出故障前后相

电流幅值差值曲线,如附图4所示,图4(a)为故障区段故障前后三相电流幅值差值变化曲线,图4(b)为非故障区段故障前后三相电流幅值差值变化曲线,可以发现故障相的电流幅值差值明显大于非故障相的电流幅值差值。

[0046] 步骤4:根据步骤3所求得的结果,进一步计算故障前后相电流幅值变化量即相电流幅值差值 $\Delta i(k_n)$ 的有效值RMS,故障前后相电流幅值变化量计算表达式如下所示:

$$[0047] \quad \text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{mN} \Delta i(k_n)^2}{mN}} ;$$

[0048] 在本申请实施例中,将两个节点故障前后的相电流幅值变化量计算结果列在下表中:

相位	相电流的幅值变化量	
	检测点X0001	检测点X0036
A	5.202263	0.651202
B	0.272914	0.427369
C	0.272914	0.427794

[0050] 步骤5:对步骤4所求得的相电流幅值变化量进行比较,若存在其中一相的电流幅值变化量大于另外两相的电流幅值变化量,则该相为此配电网的单相接地故障相;否则该

配电网中未发生单相接地故障。

[0051] 在本申请实施例中,根据步骤4的求得的结果,可知两个检测点的A相电流幅值变化量大于B、C两相电流幅值变化量,故A相为此配电网的单相接地故障相。

[0052] 步骤6:对步骤5所判定的故障相电流幅值变化量与非故障相电流幅值变化量进行比值计算。若存在比值大于预设值,则该检测点位于故障路径上;否则该配电网中未发生单相接地故障。根据对配电网各个检测点的判定结果,结合线路的拓扑结构,位于故障路径上的检测点之间的部分为配电网中的故障区段,即实现配电网中单相接地故障的定位,其中预设值取值在5-10之间,包括边界值5和10。

[0053] 在本申请实例中,根据线路的拓扑结构约定故障相电流幅值变化量与非故障相电流幅值变化量之比的设定值为5。在其它优选实施例中,预设值可以取6、7、8、9或10等上述取值范围内的数值。据步骤5求得的结果,计算结果在下表中:

相位	相电流幅值变化量之比	
	检测点X0001	检测点 X0036
A/B	19.06	1.52
B/C	19.06	1.52

[0055] 观察表中数据,可知检测点X0001的三相电流故障前后的相电流幅值变化量之比大于设定值,该检测点位于故障路径上;检测点X0036的三相电流故障前后的相电流幅值变化量之比小于设定值,该检测点不位于故障路径上。对其他检测点进行同样的计算,可以判断出检测点X0016位于故障路径上,而其他检测点均未位于故障路径上。结合线路的拓扑结构可知,该经消弧线圈接地的小电流接地系统的故障区段位于检测点X0001与检测点X0016之间,证明了基于三相电流幅值分析的配电网故障定位方法的准确性。

[0056] 以上给出的实施例用以说明本发明和它的实际应用,并非对本发明作任何形式上的限制,任何一个本专业的技术人员在不偏离本发明技术方案的范围,依据以上技术和方法作一定的修饰和变更当视为等同变化的等效实施例。

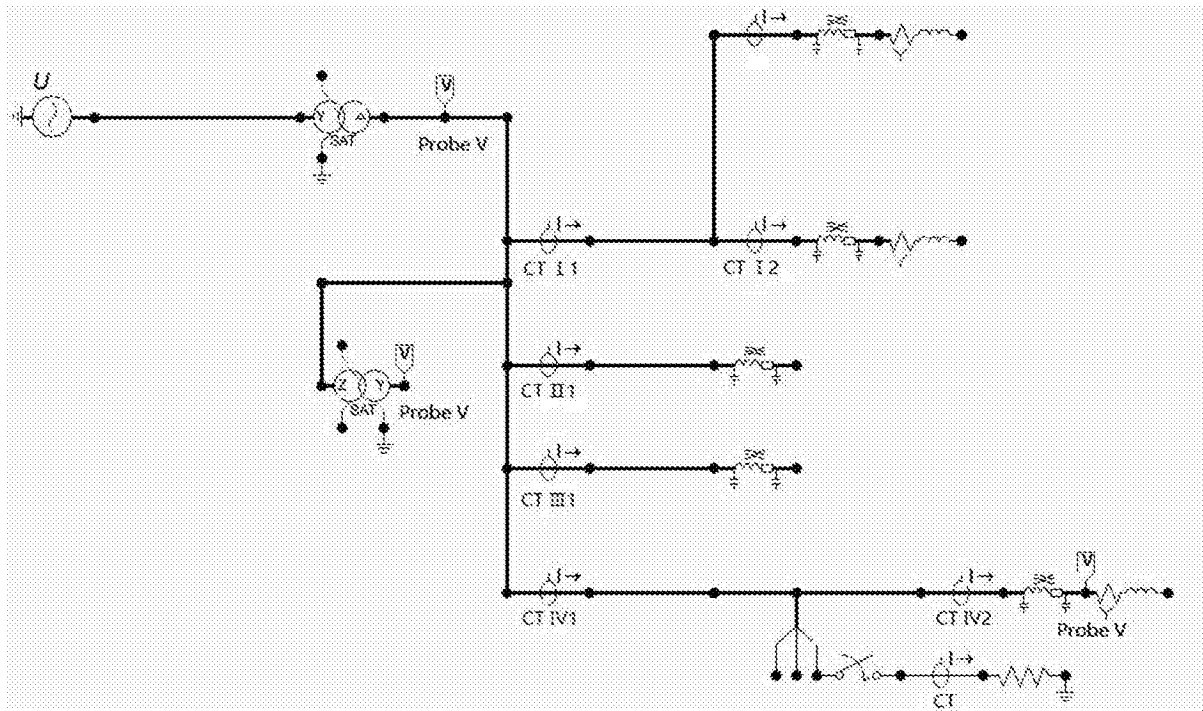
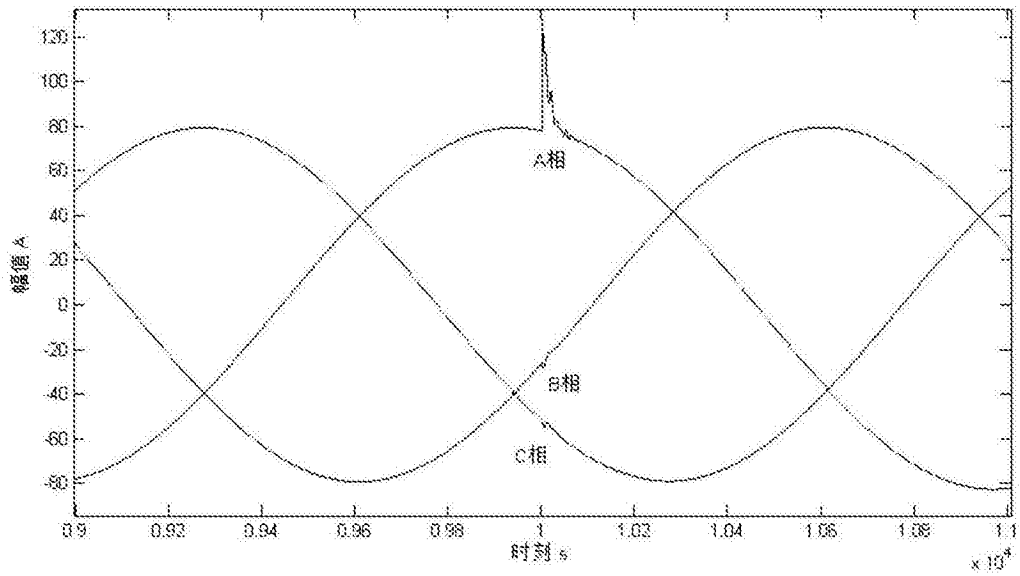
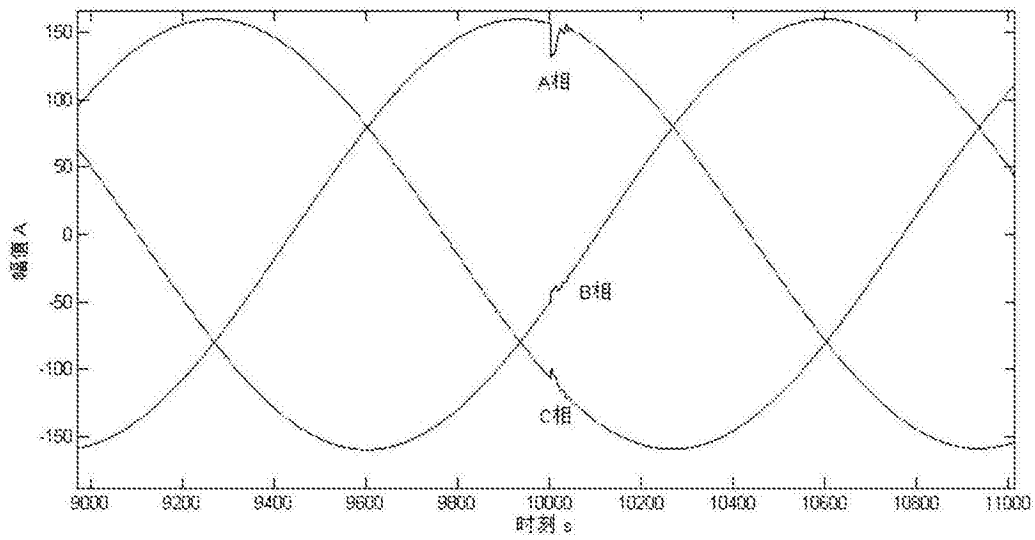


图1



(a)



(b)

图2

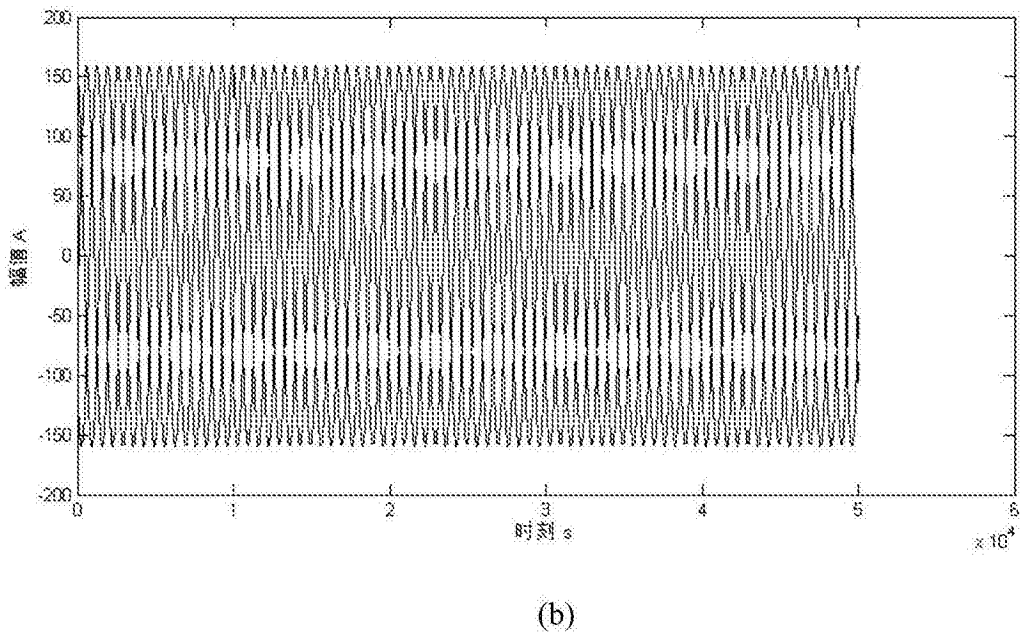
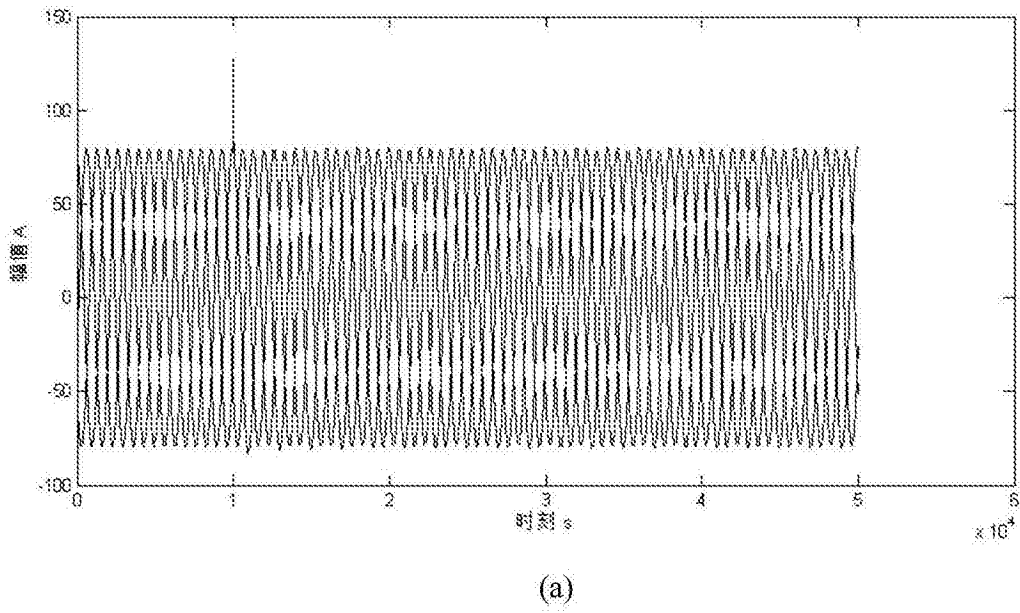
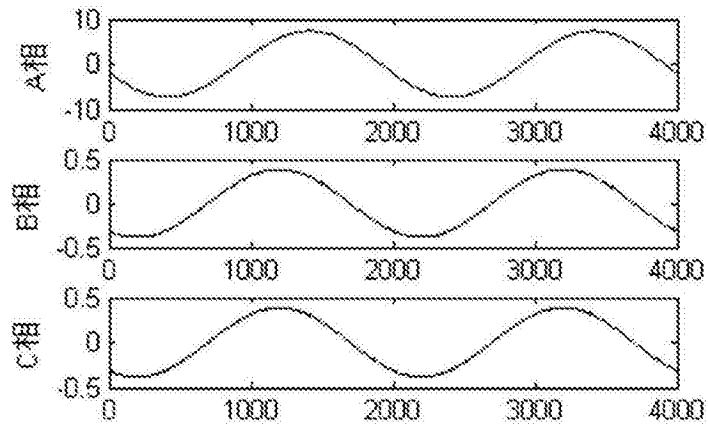
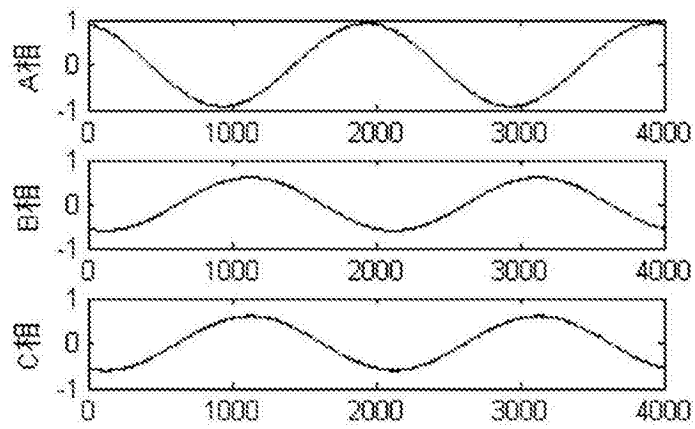


图3



(a)



(b)

图4

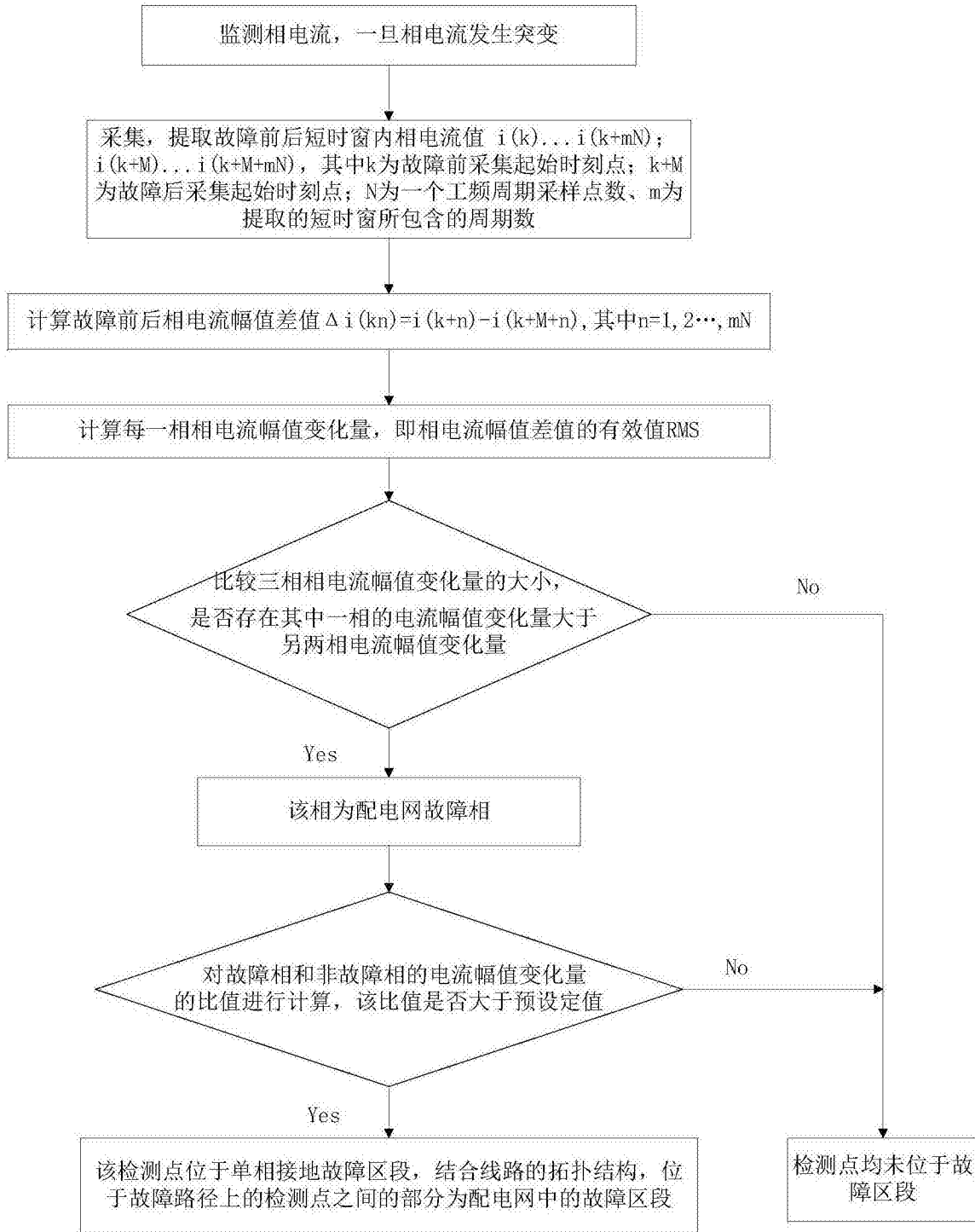


图5