



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105589012 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201510445591. 8

(22) 申请日 2015. 07. 27

(71) 申请人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区学
源街 258 号

(72) 发明人 王颖 潘明九 孙黎滢 周敬尧
蔡慧 陈卫民

(74) 专利代理机构 杭州杭诚专利事务有限公
司 33109

代理人 尉伟敏

(51) Int. Cl.

G01R 31/08(2006. 01)

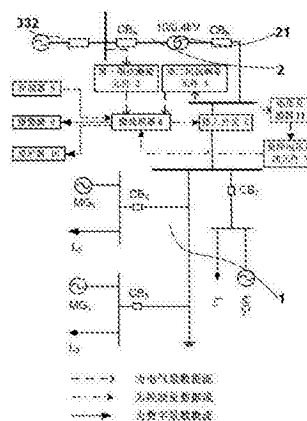
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

联网型微电网不对称故障区域检测装置及诊断方法

(57) 摘要

本发明公开了一种联网型微电网不对称故障区域检测装置及诊断方法,所述微电网通过联络区与主网连接,所述联络区包括依次串联的第一断路器 CB_A 、联络变压器和第二断路器 CB_B ;所述故障检测装置包括与主网侧母线数据连接的第一阻抗测量元件,与微电网侧母线数据连接的第二阻抗测量元件,安装在微电网公共连接点处的接入开关,与微电网侧母线数据连接的负序电压启动元件;还包括微处理器、报警器和显示器,微处理器分别与报警器、显示器、第一阻抗测量元件、第二阻抗测量元件和负序电压启动元件电连接。本发明具有诊断过程简单、快速、可靠性好、抗干扰能力强、可操作性强的特点。



1. 一种联网型微电网不对称故障区域检测装置,所述微电网(1)通过联络区(2)与主网(332)连接,所述联络区包括依次串联的第一断路器 CB_A 、联络变压器(21)和第二断路器 CB_B ;其特征是,所述故障检测装置包括与主网侧母线数据连接的第一阻抗测量元件(3),与微电网侧母线数据连接的第二阻抗测量元件(4),安装在微电网公共连接点处的接入开关(5),与微电网侧母线数据连接的负序电压启动元件(7);还包括微处理器(6)、报警器(9)和显示器(10),微处理器分别与报警器、显示器、第一阻抗测量元件、第二抗阻测量元件和负序电压启动元件电连接。

2. 根据权利要求1所述的联网型微电网不对称故障区域检测装置,其特征是,还包括存储器(8)和电压互感器(11),所述负序电压启动元件通过电压互感器与微电网侧母线电连接,存储器和电压互感器均与微处理器电连接。

3. 根据权利要求1所述的联网型微电网不对称故障区域检测装置,其特征是,所述第一阻抗测量元件和第二阻抗测量元件均为阻抗测量仪或阻抗测试分析仪;所述负序电压启动元件为电压继电器。

4. 根据权利要求1或2或3所述的联网型微电网不对称故障定位方法,其特征是,所述报警器包括蜂鸣器和LED灯,蜂鸣器和LED灯均与微处理器电连接;微处理器的型号为89C52。

5. 一种适用于权利要求1所述的联网型微电网不对称故障区域检测装置的诊断方法,其特征是,包括如下步骤:

(5-1) 所述负序电压启动元件中设有故障阈值 U_{set} ,负序电压启动元件将检测电压的 U_m 与故障阈值 U_{set} 进行比较,当 $U_m > U_{set}$,负序电压启动元件向微处理器输入高电平;微处理器获得负序电压启动元件输入的高电平后,做出出现故障的判断;

(5-2) 微处理器读取第一阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_I 和第二阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_{II} ;设定与 Z_I 对应的阻抗角为 α ,与 Z_I+Z_{II} 对应的阻抗角为 β ;

利用公式 $\alpha = \arg(Z_I)$ 计算阻抗角 α ,利用公式 $\beta = \arg(Z_I+Z_{II})$ 计算阻抗角 β ;

(5-3) 当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$,或者 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $\pi < \beta < \frac{3\pi}{2}$,则微处理器做出出现主网或联络区故障的判断,显示器显示出现主网或联络区故障的信息,报警器发出报警信息;微处理器控制接入开关断开,从而将微电网与联络区断开;

(5-4) 当 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$,则微处理器做出微电网内部出现故障的判断,显示器显示微电网故障的信息,报警器发出报警信息;微处理器控制接入开关断开,从而将微电网与联络区断开。

6. 根据权利要求5所述的联网型微电网不对称故障区域检测装置的诊断方法,其特征是,步骤(5-2)和(5-3)由下述步骤替换:

(6-1) 微处理器读取第一阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_I 和第二阻抗元件检测的阻抗值 Z_{II} ;设定 Z_I 的实部为 $\text{Re}(Z_I)$, Z_{II} 的虚部为 $\text{Im}(Z_I)$;

(6-2) 当 $\text{Re}(Z_I) > 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I) > 0$ 并且 $\text{Re}(Z_I+Z_{II}) > 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I+Z_{II}) > 0$,或者 $\text{Re}(Z_I) < 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I) < 0$ 并且 $\text{Re}(Z_I+Z_{II}) < 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I+Z_{II}) < 0$,则微处理器做出出现主网或联络区故障的判断,显示器显示出现主网或联络区故障的信息,报警器发出报警

信息；微处理器控制接入开关断开，从而将微电网与联络区断开。

7. 根据权利要求 5 所述的联网型微电网不对称故障区域检测装置的诊断方法，其特征是，步骤 (5-3) 和 (5-4) 之间还包括如下步骤：

当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$ ，则微处理器做出主网故障的判断，显示器显示主网故障的信息，报警器发出报警信息；

当 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $\pi < \beta < \frac{3\pi}{2}$ ，则微处理器做出联络区故障的判断，显示器显示联络区故障的信息，报警器发出报警信息。

8. 根据权利要求 5 所述的联网型微电网不对称故障区域检测装置的诊断方法，所述还包括存储器和电压互感器，所述负序电压启动元件通过电压互感器与微电网侧母线电连接，存储器和电压互感器均与微处理器电连接；其特征是，所述步骤 (5-1) 由下述步骤替换：

(8-1) 微处理器读取电压互感器检测的某一相电压信号 $u(t)$ ，设定 j 的初始值为 1，设定 i 的初值为 1；存储器中设有故障阈值 E ；

(8-2) 计算 $u(t)$ 的局部极大值并通过三次样条插值获得上包络线 $u_{up}(t)$ ；

(8-3) 计算信号 $u(t)$ 的局部极小值并通过三次样条插值获得下包络线 $u_{low}(t)$ ；

(8-4) 定义平均包络 $m_1(t) = [u_{up}(t) + u_{low}(t)]/2$ ；

(8-5) 利用公式 $h_j(t) = u(t) - m_j(t)$ 计算差值 $h_j(t)$ ；

(8-6) 若 $h_j(t)$ 不满足 IMF 筛分停止条件，使 $u(t) = h_j(t)$ ， j 值增加 1，返回步骤 (8-2) 对 $h_j(t)$ 继续进行分解；当 $h_j(t)$ 满足 IMF 筛分停止条件，则得到 $u(t)$ 信号的第 1 个 IMF 分量 $c_1(t) = h_j(t)$ ；

(8-7) 利用公式 $r_i(t) = u(t) - c_i(t)$ 计算剩余分量 $r_i(t)$ ；

(8-8) 当 $r_i(t)$ 不满足分解停止条件时，使 $u(t) = r_i(t)$ ，使 i 值增加 1，返回步骤 (8-2) 对 $r_i(t)$ 继续分解；当满足筛分停止条件时，设 $n = i$ ，得到 n 个 IMF 分量 $c_i(t)$ 和 1 个剩余分量 $r_n(t)$ ， $u(t)$ 则可以表示为 $u(t) = \sum_{i=1}^n c_i(t) + r_n(t)$ ；抽取 $c_i(t)$ 的 N 个抽样值 $c_i(k)$ ， $k = 1, 2, \dots, N$ ；

(8-9) 利用公式 $E_i = \sum_{k=1}^N |c_i(k)|^2$ 计算 $u(t)$ 的各个分量能量，比较 $u(t)$ 的各分量能量 E_{max} ，选取 $E_1, E_2, \dots, E_n$ 中最大值 E_{max} ，当 $E_{max} > E$ 时，微处理器做出出现故障的判断；

其中，(8-6)、(8-8) 的筛分停止条件采用仿柯西收敛准则， $S_0 = \sum_{t=0}^T (|h(k-1)(t) - h_k(t)|^2 / |h(k-1)(t)|^2)$ ，当 $S_0 < \varepsilon$ 时筛分停止， ε 通常介于 0.2 与 0.3 之间；分解停止条件为剩余信号 $r_i(t)$ 变为单调函数。

联网型微电网不对称故障区域检测装置及诊断方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电网系统技术领域,尤其是涉及一种可以准确诊断出故障发生位置的联网型微电网不对称故障区域检测装置及诊断方法。

背景技术

[0002] 由于电能快速发展和人们生产生活的需要,一种新型分布式发电的技术也正在迅速的发展,分布式发电能够充分利用身边的能源,而且不需要大型场地,投资小,供电灵活。但是由于分布范围广,需要建立起一种新型的微电网来解决其分布问题。微电网是一种由微电源,负荷,储能系统和控制系统构成,既能够并网运行,也能够孤岛运行的微型电网。微电网不仅能够与大电网形成互补,优化资源的配置,大大提高资源的利用率,减少中远距离的高压送电,还具有削峰填谷的作用,能够有效缓解用电压力,保证电网的可靠性。但是微电网的接入使电网在供能上出现间歇性和无法预知的可能性,增加了其不可控性,影响电能质量。运行模式和电网结构的变化改变了传统检测电网故障的方法,所以需要不断地改进电网故障的检测和处理技术。

[0003] 目前微电网分为联网型微电网和独立型微电网。其中独立型微电网的拓扑类似于主网,因此传统保护可以继续使用;而联网型微电网由于拓扑结构的改变,双向潮流给故障诊断和保护带来新的问题。

[0004] 由于分布式电源多以逆变器或者固态变压器等电力电子元件作为接口并入微电网,逆变器或者固态变压器的限流作用,使传统过电流保护失去作用;同时,微电网的环路供电策略改变传统配电网的辐射型潮流方向,使得传统方向保护也不再适用。联网型微电网故障诊断及其保护技术已经成为限制其发展的瓶颈。

[0005] 中国专利授权公开号:CN102818972A,授权公开日2012年12月12日,公开了一种微电网故障定位方法,包括:(1)利用线路保护装置对电流进行实时数据采集;(2)当第一次检测到某一相出现电流突变且突变量绝对值大于设定阈值时,转入步骤(3),否则,返回步骤(1);(3)继续对电流进行实时数据采集,并检测时间段 t 内是否再一次检测到某一相电流突变量绝对值大于设定阈值,若是,则转入步骤(4),否则,判定未发生故障或故障发生在本线路保护区域以外,将保护闭锁,返回步骤(1);(4)判定故障发生在本线路保护区域内,开放保护。该发明的不足之处是,无法判断微电网不对称故障的发生区域。

发明内容

[0006] 本发明的发明目的是为了克服现有技术中的无法对微电网主网或联络区故障进行诊断的不足,提供了一种可以准确诊断出故障发生位置的联网型微电网不对称故障区域检测装置及诊断方法。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种联网型微电网不对称故障区域检测装置,所述微电网通过联络区与主网连接,所述联络区包括依次串联的第一断路器 CB_A 、联络变压器和第二断路器 CB_B ;其特征是,

所述故障检测装置包括与主网侧母线数据连接的第一阻抗测量元件,与微电网侧母线数据连接的第二阻抗测量元件,安装在微电网公共连接点处的接入开关,与微电网侧母线数据连接的负序电压启动元件;还包括微处理器、报警器和显示器,微处理器分别与报警器、显示器、第一阻抗测量元件、第二阻抗测量元件和负序电压启动元件电连接。

[0009] 不对称故障是指电网中发生的单相接地短路、两相短路和两相接地短路故障。不对称故障发生时,产生区别于正常运行状态时的特有电气特征,比如:故障回路中电压或者电流会产生较为明显的负序分量。

[0010] 本发明针对联网型微电网主网或联络区故障,尤其是以单相接地短路故障(发生几率占全部故障类型的80%以上)为主的不对称短路故障,进行准确快速诊断,进而采用相应的保护策略在最小范围内隔离故障,和微电网孤岛运行等控制策略配合,能够充分发挥微电网内分布式电源的作用,最大限度地保障重要用户的持续供电。

[0011] 本发明首先采用负序电压元件作为故障诊断启动元件,通过检测微电网公共连接点PCC处有无负序电压,判断电网是否发生故障;若启动元件判断出故障已发生,接下来启动故障区域检测元件,完成故障区域定位,即判别故障发生在主网区域、联络区域还是微网区域。其中故障区域检测元件,是通过比较联络区域两侧阻抗角所处象限的特点,来对应相应的故障区域。

[0012] 本发明具有以下优点:

[0013] 由于本发明所涉及的故障诊断启动元件和故障区域检测元件,其输入为电压、电流的负序分量或者相电压分量,检测量在工程中非常容易获得;检测地点主要位于PCC处,最远检测点位于联络变压器两侧,实际距离很近。利用微处理器进行故障诊断和故障定位,能够在1~2个周波内完成诊断和定位,速度快,满足保护速动性要求。不仅可以判别故障是否发生,还可以进一步诊断出故障区域,有利于与下一步的控制措施相配合,实现保护控制一体化,使得停电范围最小,满足保护选择性要求。可以充分发挥微电网内部微电源发电的优势,在一定的控制策略下,能够最大限度地保障对重要负荷的可持续供电,大大提高了供电的可靠性。

[0014] 由于微电网内部电源以太阳能、风能等可再生能源发电为主,本发明所完成的快速故障诊断和定位功能,配合适当的控制策略,能够充分保障可再生能源持续发电,避免因主网或联络区故障导致微电网内部电源退出运行,充分发挥了微电网的优势,对节能环保有重要的意义。

[0015] 因此,本发明方法具有诊断过程简单、快速、可靠性好、抗干扰能力强、可操作性强;为电网的安全可靠运行提供有力支持的特点。

[0016] 作为优选,还包括存储器和电压互感器,所述负序电压启动元件通过电压互感器与微电网侧母线电连接,存储器和电压互感器均与微处理器电连接。

[0017] 作为优选,所述第一阻抗测量元件和第二阻抗测量元件均为阻抗测量仪或阻抗测试分析仪;所述负序电压启动元件为电压继电器。

[0018] 作为优选,所述报警器包括蜂鸣器和LED灯,蜂鸣器和LED灯均与微处理器电连接;微处理器的型号为89C52。

[0019] 一种联网型微电网不对称故障区域检测装置的诊断方法,包括如下步骤:

[0020] (5-1) 所述负序电压启动元件中设有故障阈值 U_{set} ,负序电压启动元件将检测电压

的 U_m 与故障阈值 U_{set} 进行比较, 当 $U_m > U_{set}$, 负序电压启动元件向微处理器输入高电平; 微处理器获得负序电压启动元件输入的高电平后, 做出出现故障的判断;

[0021] (5-2) 微处理器读取第一阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_I 和第二阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_{II} ; 设定与 Z_I 对应的阻抗角为 α , 与 $Z_I + Z_{II}$ 对应的阻抗角为 β ;

[0022] 利用公式 $\alpha = \arg(Z_I)$ 计算阻抗角 α , 利用公式 $\beta = \arg(Z_I + Z_{II})$ 计算阻抗角 β ;

[0023] (5-3) 当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$, 或者 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $\pi < \beta < \frac{3\pi}{2}$, 则微处理器做出出现主网或联络区故障的判断, 显示器显示出现主网或联络区故障的信息, 报警器发出报警信息; 微处理器控制接入开关断开, 从而将微电网与联络区断开;

[0024] (5-4) 当 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$, 则微处理器做出微电网内部出现故障的判断, 显示器显示微电网故障的信息, 报警器发出报警信息; 微处理器控制接入开关断开, 从而将微电网与联络区断开。或者由具体的微电网自身控制策略决定下一步操作。

[0025] 作为优选, 步骤 (5-2) 和 (5-3) 由下述步骤替换:

[0026] (6-1) 微处理器读取第一阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_I 和第二阻抗元件检测的阻抗值 Z_{II} ; 设定 Z_I 的实部为 $\text{Re}(Z_I)$, Z_{II} 的虚部为 $\text{Im}(Z_I)$;

[0027] (6-2) 当 $\text{Re}(Z_I) > 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I) > 0$ 并且 $\text{Re}(Z_I + Z_{II}) > 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I + Z_{II}) > 0$, 或者 $\text{Re}(Z_I) < 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I) < 0$ 并且 $\text{Re}(Z_I + Z_{II}) < 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I + Z_{II}) < 0$, 则微处理器做出出现主网或联络区故障的判断, 显示器显示出现主网或联络区故障的信息, 报警器发出报警信息; 微处理器控制接入开关断开, 从而将微电网与联络区断开。

[0028] 作为优选, 步骤 (5-3) 和 (5-4) 之间还包括如下步骤:

[0029] 当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$, 则微处理器做出主网故障的判断, 显示器显示主网故障的信息, 报警器发出报警信息;

[0030] 当 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $\pi < \beta < \frac{3\pi}{2}$, 则微处理器做出联络区故障的判断, 显示器显示联络区故障的信息, 报警器发出报警信息。

[0031] 作为优选, 所述还包括存储器和电压互感器, 所述负序电压启动元件通过电压互感器与微电网侧母线电连接, 存储器和电压互感器均与微处理器电连接; 所述步骤 (5-1) 由下述步骤替换:

[0032] (8-1) 微处理器读取电压互感器检测的某一相电压信号 $u(t)$, 设定 j 的初始值为 1, 设定 i 的初值为 1; 存储器中设有故障阈值 E ;

[0033] (8-2) 计算 $u(t)$ 的局部极大值并通过三次样条插值获得上包络线 $u_{up}(t)$;

[0034] (8-3) 计算信号 $u(t)$ 的局部极小值并通过三次样条插值获得下包络线 $u_{low}(t)$;

[0035] (8-4) 定义平均包络 $m_1(t) = [u_{up}(t) + u_{low}(t)]/2$;

[0036] (8-5) 利用公式 $h_j(t) = u(t) - m_j(t)$ 计算差值 $h_j(t)$;

[0037] (8-6) 若 $h_j(t)$ 不满足 IMF 筛分停止条件, 使 $u(t) = h_j(t)$, j 值增加 1, 返回步骤 (8-2) 对 $h_j(t)$ 继续进行分解; 当 $h_j(t)$ 满足 IMF 筛分停止条件, 则得到 $u(t)$ 信号的第 1 个

IMF 分量 $c_i(t) = h_j(t)$;

[0038] (8-7) 利用公式 $r_i(t) = u(t) - c_i(t)$ 计算剩余分量 $r_i(t)$;

[0039] (8-8) 当 $r_i(t)$ 不满足分解停止条件时,使 $u(t) = r_i(t)$,使 i 值增加 1,返回步骤 (8-2) 对 $r_i(t)$ 继续分解 ;当满足筛分停止条件时,设 $n = i$,得到 n 个 IMF 分量 $c_i(t)$ 和 1

个剩余分量 $r_n(t)$, $u(t)$ 则可以表示为 $u(t) = \sum_{i=1}^n c_i(t) + r_n(t)$; 抽取 $c_i(t)$ 的 N 个抽样值 $c_i(k)$, $k = 1, 2, \dots, N$;

[0040] (8-9) 利用公式 $E_i = \sum_{k=1}^N |c_i(k)|^2$ 计算 $u(t)$ 的各个分量能量,比较 $u(t)$ 的各分量能量 $E_{\max}$,选取 $E_1, E_2, \dots, E_n$ 中最大值 $E_{\max}$,当 $E_{\max} > E$ 时,微处理器做出出现故障的判断 ;

[0041] 其中, (8-6)、(8-8) 的筛分停止条件采用仿柯西收敛准则, $S_D = \sum_{t=0}^T (|h(k-1)(t) - h_k(t)|^2 / |h(k-1)(t)|^2)$, 当 $S_D < \varepsilon$ 时筛分停止, ε 通常介于 0.2 与 0.3 之间 ;分解停止条件为剩余信号 $r_i(t)$ 变为单调函数。

[0042] 用经验模态分解 EMD 元件代替负序电压元件作为故障诊断启动元件。即将 PPC 处的某一相电压通过 EMD 分解出若干个本征模态分量 IMF,选取其中能量最大者,用于捕捉故障特征,判断故障是否发生。同上,若判别出电网已经发生故障,然后启动下一级故障区域检测元件。

[0043] 因此,本发明具有如下有益效果 :诊断过程简单、快速、可靠性好、抗干扰能力强、可操作性强 ;为电网的安全可靠运行提供有力支持。

附图说明

[0044] 图 1 是本发明的一种电路图 ;

[0045] 图 2 是本发明的单相接地短路时的一种等值接线图 ;

[0046] 图 3 是本发明的单相接地短路时的复合序网 ;

[0047] 图 4 是本发明的两相短路时的一种等值接线图 ;

[0048] 图 5 是本发明的两相短路时的一种复合序网 ;

[0049] 图 6 是本发明的两相接地短路时的一种等值接线图 ;

[0050] 图 7 是本发明的两相接地短路时的一种复合序网图 ;

[0051] 图 8 是本发明的微电网连接配电网的系统仿真模型图 ;

[0052] 图 9 是本发明的实施例 1 的一种流程图 ;

[0053] 图 10 是本发明的实施例 2 的一种能量最大的 IMF 分量图。

[0054] 图中 :微电网 1、联络区 2、第一阻抗测量元件 3、第二阻抗测量元件 4、接入开关 5、微处理器 6、负序电压启动元件 7、存储器 8、报警器 9、显示器 10、电压互感器 11、联络变压器 21、主网 332。

具体实施方式

[0055] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步的描述。

[0056] 当联网型微电网发生故障时,电网中的负序电压分量会与正常运行时有差异。下

面对电网发生单相接地短路、两相短路、两相接地短路三种故障时负序电压分量的表现进行讨论。

[0057] 如图 2 所示的单相接地短路时的等值接线图,假设 a 相发生单相接地短路,由原始边界条件 $\dot{U}_a=0, \dot{I}_b=\dot{I}_c=0$ 通过对称分量法可得新边界条件 $\dot{I}_{a1}=\dot{I}_{a2}=\dot{I}_{a3}=\frac{1}{3}\dot{I}_a$, 然后根据得到的新边界条件可画出如图 3 所示的单相接地短路时的复合序网,并求得负序电压分量 $\dot{U}_{a2}=-\dot{I}_{a2}Z_{2\Sigma}$ 。

[0058] 如图 4 所示的两相短路时的等值接线图,假设 b、c 两相发生故障,显然可以得出原始边界条件 $\dot{I}_a=0, \dot{I}_b=0, \dot{U}_{bc}=0, \dot{U}_{bc}=\dot{U}_c$,用对称分量法分析可以得出新边界条件 $\dot{I}_{a1}=-\dot{I}_{a2}, \dot{I}_{a2}=0, \dot{U}_{a1}=\dot{U}_{a2}$ 然后画出如图如图 5 两相短路时的复合序网,得出此时的负序电压分量为 $\dot{U}_{a2}=\dot{E}_{a1\Sigma}-\dot{I}_{a1}Z_{1\Sigma}=\dot{I}_{a1}Z_{2\Sigma}$ 。

[0059] 如图 6 所示的两相接地短路时的等值接线图,当 b、c 相发生两相接地短路时,此时的原始边界条件为 $\dot{I}_a=0, \dot{U}_b=\dot{U}_c=0$,用对称分量法得到的新边界条件为 $\dot{U}_{a0}=\dot{U}_{a1}=\dot{U}_{a2}=\frac{1}{3}\dot{U}_a, \dot{I}_a=\dot{I}_{a1}=\dot{I}_{a2}=\dot{I}_{a3}=0$,画出如图 7 所示的两相接地短路时的复合序网,从而得出负序电压分量为 $\dot{U}_{a2}=\dot{E}_{a1\Sigma}-\dot{I}_{a1}Z_{1\Sigma}$ 。

[0060] 将以上所述整合可以得到如图表 1 的结果。

[0061] 表 1 微电网故障时各负序电压分量的大小

[0062]

故障	正常	单相接地	两相短路	两相接地短路
各负序电压分量	0	$-\dot{I}_{a2}Z_{2\Sigma} \neq 0$	$\dot{I}_{a1}Z_{2\Sigma} \neq 0$	$\dot{E}_{a1\Sigma}-\dot{I}_{a1}Z_{1\Sigma} \neq 0$

[0063] 由上述可知若某一微电网的负序电压分量的幅值 $U_m \neq 0$ 时,可判断该微电网发生了不对称故障。然而负序电压为 0 只是一种理想的状态,在实际运行的系统中,正常或对称短路的时候,也可能出现负序电压分量的幅值为不为 0 的现象,所以在判定的时候也不能选为 0,故可以取一定的整定值 U_{set} ,只有当 $U_m > U_{set}$ 时才能判定发生了不对称故障。

[0064] 因此,本发明将 $U_m > U_{set}$,作为启动不对称故障定位诊断的判据。

[0065] 实施例 1

[0066] 如图 1 所示的实施例是一种联网型微电网不对称故障区域检测装置,微电网 1 通过联络区 2 与主网 332 连接,联络区包括依次串联的第一断路器 CB_A 、联络变压器 21 和第二断路器 CB_B ;故障检测装置包括与主网侧母线数据连接的第一阻抗测量元件 3,与微电网侧母线数据连接的第二阻抗测量元件 4,安装在微电网公共连接点处的接入开关 5,与微电网侧母线数据连接的负序电压启动元件 7;还包括微处理器 6、报警器 9 和显示器 10,微处理器分别与报警器、显示器、第一阻抗测量元件、第二抗阻测量元件和负序电压启动元件电连接。

[0067] 第一阻抗测量元件和第二阻抗测量元件均为阻抗测量仪或阻抗测试分析仪;负序

电压启动元件为电压继电器。报警器包括蜂鸣器和 LED 灯,蜂鸣器和 LED 灯均与微处理器电连接;微处理器的型号为 89C52。

[0068] 如图 9 所示,一种联网型微电网不对称故障区域检测装置的诊断方法,包括如下步骤:

[0069] 步骤 100,出现故障

[0070] 所述负序电压启动元件中设有故障阈值 U_{set} ,负序电压启动元件将检测电压的 U_m 与故障阈值 U_{set} 进行比较,当 $U_m > U_{set}$,负序电压启动元件向微处理器输入高电平;微处理器获得负序电压启动元件输入的高电平后,做出出现故障的判断;

[0071] 步骤 200,计算阻抗角

[0072] 微处理器读取第一阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_I 和第二阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_{II} ;设定与 Z_I 对应的阻抗角为 α ,与 $Z_I + Z_{II}$ 对应的阻抗角为 β ;

[0073] 利用公式 $\alpha = \arg(Z_I)$ 计算阻抗角 α ,利用公式 $\beta = \arg(Z_I + Z_{II})$ 计算阻抗角 β ;

[0074] 步骤 300,根据阻抗的极坐标判断主网或联络区故障所在区域

[0075] 当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$, 或者 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $\pi < \beta < \frac{3\pi}{2}$, 则微处理器做出出现主网或联络区故障的判断,显示器显示出现主网或联络区故障的信息,报警器发出报警信息;微处理器控制接入开关断开,从而将微电网与联络区断开;

[0076] 当 $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$, 则微处理器做出主网故障的判断,显示器显示主网故障的信息,报警器发出报警信息;

[0077] 当 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $\pi < \beta < \frac{3\pi}{2}$, 则微处理器做出联络区故障的判断,显示器显示联络区故障的信息,报警器发出报警信息;

[0078] 步骤 400,根据阻抗的极坐标判断微电网内部故障

[0079] 当 $\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ 并且 $0 < \beta < \frac{\pi}{2}$, 则微处理器做出微电网内部出现故障的判断,显示器显示微电网故障的信息,报警器发出报警信息;微处理器控制接入开关断开,从而将微电网与联络区断开。或者由具体的微电网自身控制策略决定下一步操作。

[0080] 实施例 2

[0081] 实施例 2 中包括实施例 1 的所有结构和步骤部分,如图 1 所示,实施例 2 中还包括存储器 8 和电压互感器 11,负序电压启动元件通过电压互感器与微电网侧母线电连接,存储器和电压互感器均与微处理器电连接。

[0082] 所述实施例 1 中的步骤 100 由下述步骤替换:

[0083] (8-1) 微处理器读取电压互感器检测的某一相电压信号 $u(t)$,设定 j 的初始值为 1,设定 i 的初值为 1;存储器中设有故障阈值 E ;

[0084] (8-2) 计算 $u(t)$ 的局部极大值并通过三次样条插值获得上包络线 $u_{up}(t)$;

[0085] (8-3) 计算信号 $u(t)$ 的局部极小值并通过三次样条插值获得下包络线 $u_{low}(t)$;

[0086] (8-4) 定义平均包络 $m_1(t) = [u_{up}(t) + u_{low}(t)]/2$;

[0087] (8-5) 利用公式 $h_j(t) = u(t) - m_j(t)$ 计算差值 $h_j(t)$;

[0088] (8-6) 若 $h_j(t)$ 不满足 IMF 筛分停止条件,使 $u(t) = h_j(t)$, j 值增加 1, 返回步骤 (8-2) 对 $h_j(t)$ 继续进行分解 ; 当 $h_j(t)$ 满足 IMF 筛分停止条件, 则得到 $u(t)$ 信号的第 1 个 IMF 分量 $c_1(t) = h_j(t)$;

[0089] (8-7) 利用公式 $r_i(t) = u(t) - c_i(t)$ 计算剩余分量 $r_i(t)$;

[0090] (8-8) 当 $r_i(t)$ 不满足分解停止条件时,使 $u(t) = r_i(t)$, 使 i 值增加 1, 返回步骤 (8-2) 对 $r_i(t)$ 继续分解 ; 当满足筛分停止条件时, 设 $n = i$, 得到 n 个 IMF 分量 $c_i(t)$ 和 1 个剩余分量 $r_n(t)$, $u(t)$ 则可以表示为 $u(t) = \sum_{i=1}^n c_i(t) + r_n(t)$; 抽取 $c_i(t)$ 的 N 个抽样值 $c_i(k)$, $k = 1, 2, \dots, N$;

[0091] (8-9) 利用公式 $E_i = \sum_{k=1}^N |c_i(k)|^2$ 计算 $u(t)$ 的各个分量能量, 比较 $u(t)$ 的各分量能量 $E_{\max}$, 选取 $E_1, E_2, \dots, E_n$ 中最大值 $E_{\max}$, 当 $E_{\max} > E$ 时, 微处理器做出出现故障的判断 ;

[0092] 其中, (8-6)、(8-8) 的筛分停止条件采用仿柯西收敛准则, $S_D = \sum_{t=0}^T (|h_{(i-1)}(t) - h_i(t)|^2 / |h_{(i-1)}(t)|^2)$, 当 $S_D < \varepsilon$ 时筛分停止, ε 通常介于 0.2 与 0.3 之间 ; 分解停止条件为剩余信号 $r_i(t)$ 变为单调函数。

[0093] 由图 10 所示的一组能量最大的 IMF 分量, 用于捕捉故障。经大量仿真实验, 表明该方法能够使得故障和正常的差异最大化, 非常有利于故障检测。

[0094] IMF 从广义上来讲是一种傅里叶变换的演变, 而这种能够描述能量幅值变化和瞬时频率的演变不仅优化了时频描述的有效性, 同时也使得信号变换能够充分适用于非线性及非平稳数据的分析。

[0095] 实施例 3

[0096] 实施例 3 中包括实施例 1 中的所有结构及步骤部分, 实施例 3 采用如下步骤代替实施例 1 的步骤 200 :

[0097] 步骤 210, 计算阻抗的实部和虚部

[0098] 微处理器读取第一阻抗测量元件检测的阻抗值 Z_I 和第二阻抗元件检测的阻抗值 Z_{II} ; 设定 Z_I 的实部为 $\text{Re}(Z_I)$, Z_{II} 的虚部为 $\text{Im}(Z_I)$;

[0099] 步骤 220, 利用阻抗的直角坐标判断主网或联络区故障

[0100] 当 $\text{Re}(Z_I) > 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I) > 0$ 并且 $\text{Re}(Z_I + Z_{II}) > 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I + Z_{II}) > 0$, 或者 $\text{Re}(Z_I) < 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I) < 0$ 并且 $\text{Re}(Z_I + Z_{II}) < 0$ 并且 $\text{Im}(Z_I + Z_{II}) < 0$, 则微处理器做出出现主网或联络区故障的判断, 显示器显示出现主网或联络区故障的信息, 报警器发出报警信息 ; 微处理器控制接入开关断开, 从而将微电网与联络区断开。

[0101] 仿真验证及结果 :

[0102] 我们可以按照图 8 搭建低压配电网与 400V 的微电网相互连接的系统仿真模型, 通过电力系统仿真软件 PSCAD/EMTDC 进行简单的电力系统仿真分析。系统设置运行时间 0.5 秒, 故障发生时间为 0.2 秒, 持续时间为 0.1 秒。

[0103] 表 2 不对称故障下的负序电压幅值和阻抗角

[0104]

故障类型	故障位置	A 侧 U_{2A} (V)	α	β
正常		7.5		
	F1	64	6.794	8.954
单相接地	F2	74	250.4	249.7
	F3	70	250.3	8.958
两相短路	F1	69	6.795	8.954
	F2	78	250	249.3
	F3	71	250.1	8.946
两相接地	F1	97	6.795	8.954
	F2	113	250.1	249.4
	F3	106	250.1	8.954
三相短路	F1	21		
	F2	25		
	F3	23		

[0105]

[0106] 图 8 中,F1 表示主网出现故障,F2 表示联络区出现故障,F3 表示微电网出现故障。

[0107] 由仿真验证及结果可以看出,本发明的诊断过程简单、快速、可靠性好、抗干扰能力强、可操作性强;为电网的安全可靠运行提供了有力支持。

[0108] 应理解,本实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

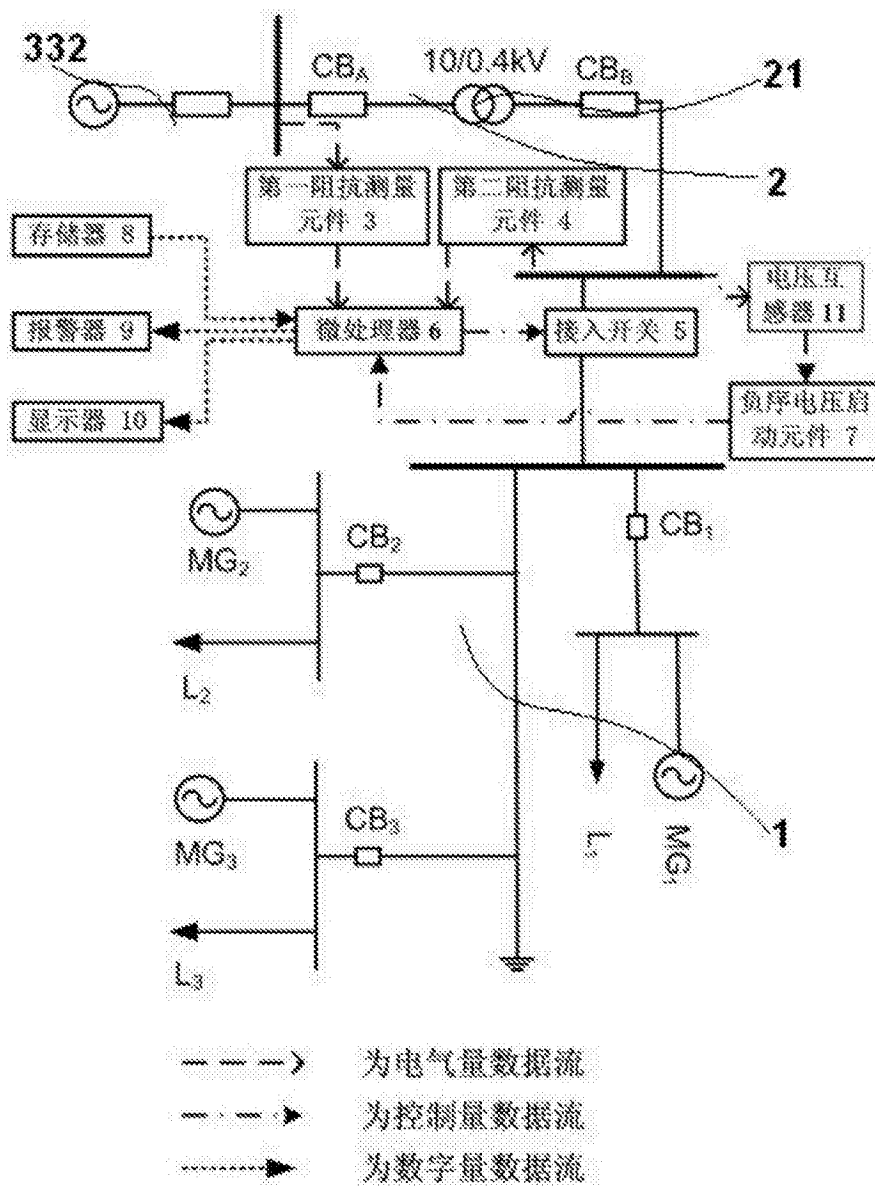


图 1

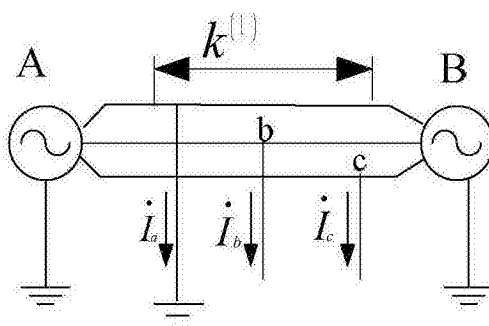


图 2

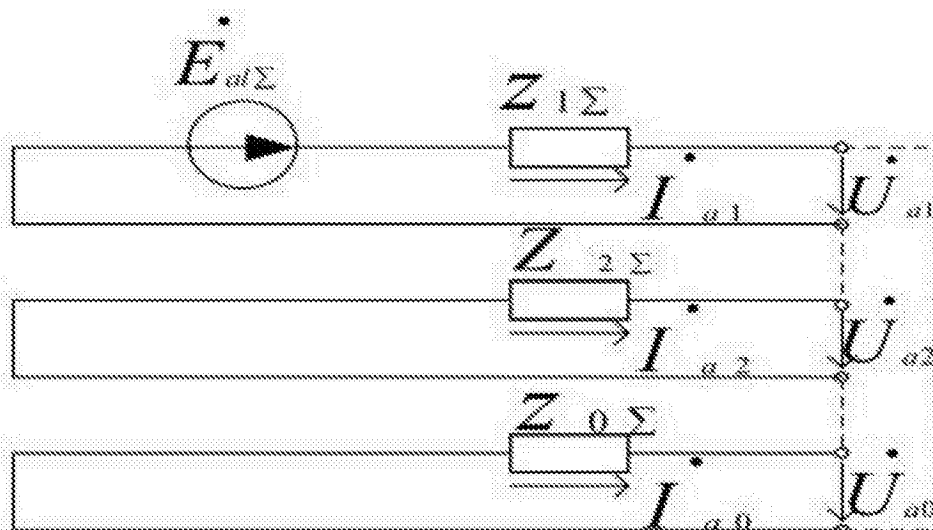


图 3

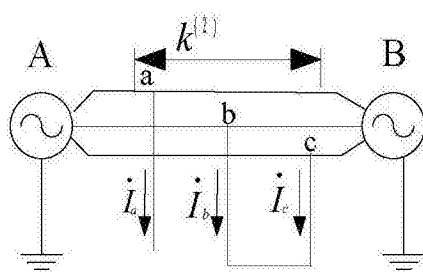


图 4

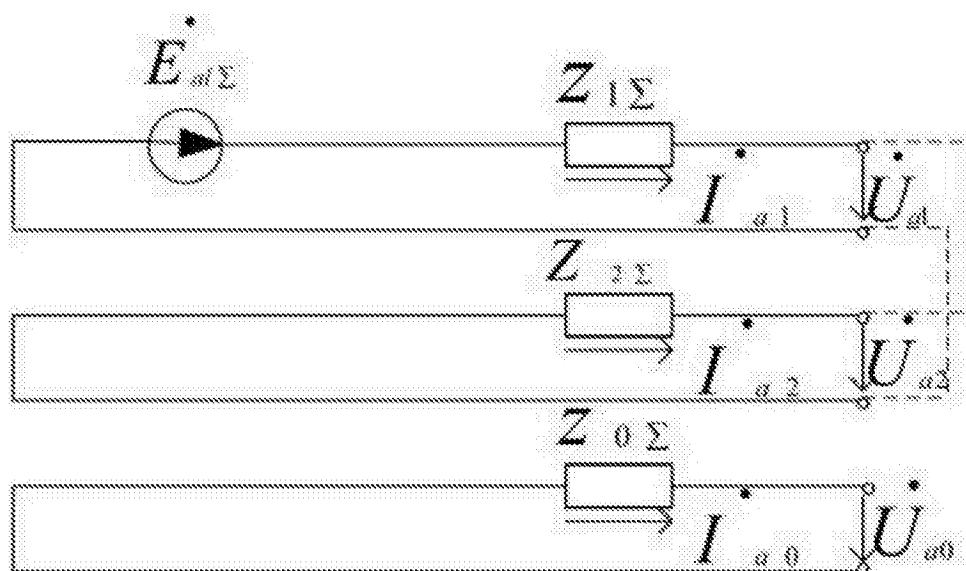


图 5

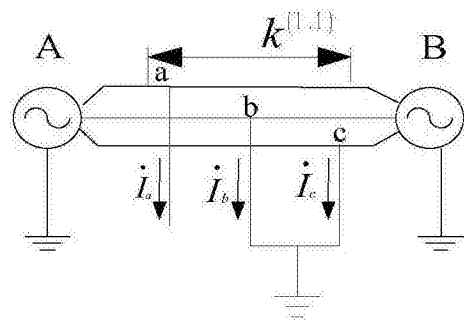


图 6

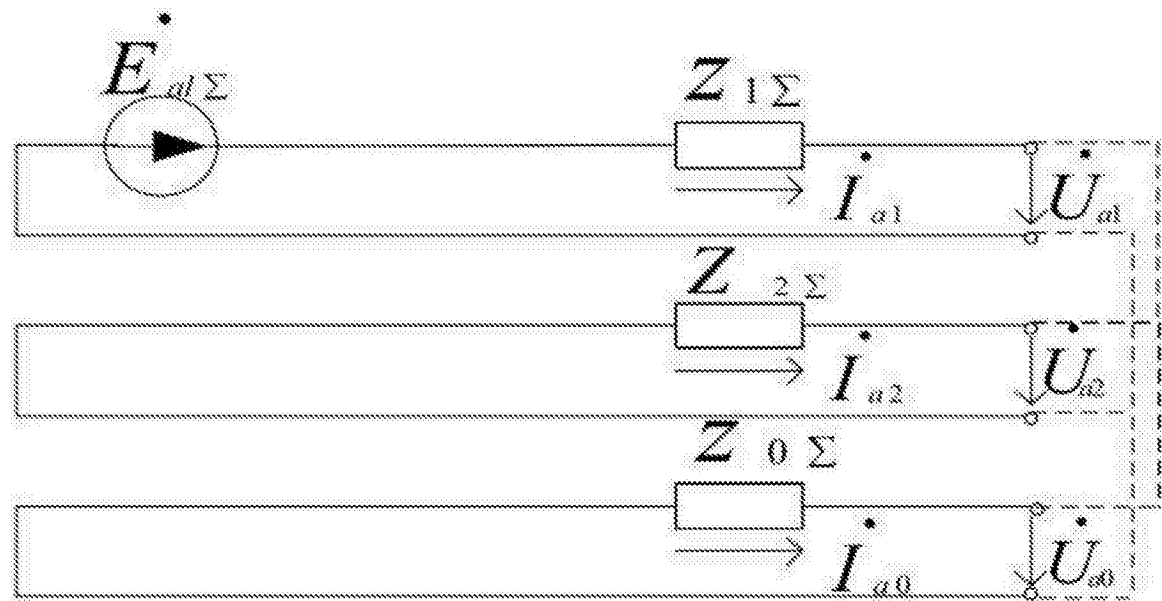


图 7

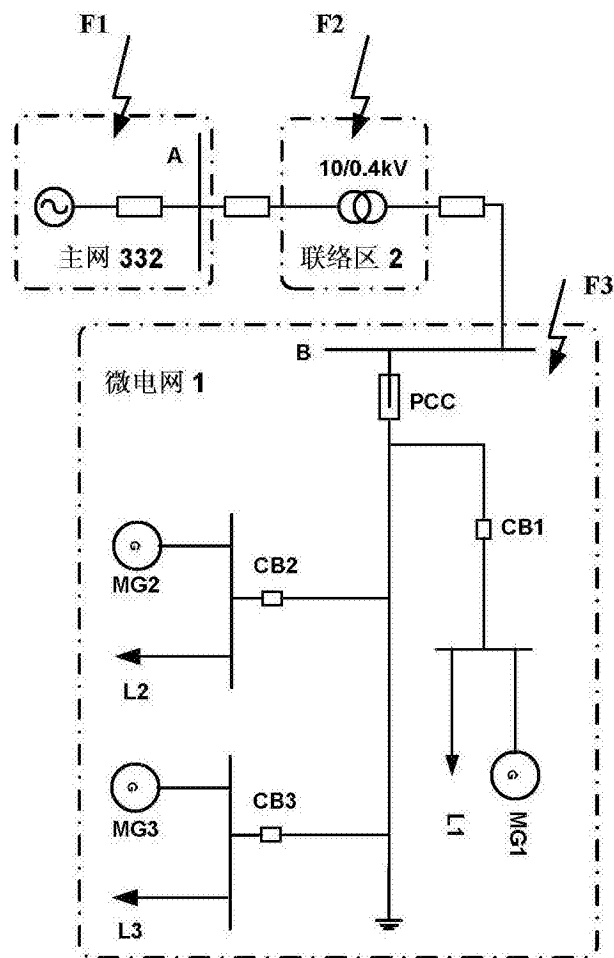


图 8

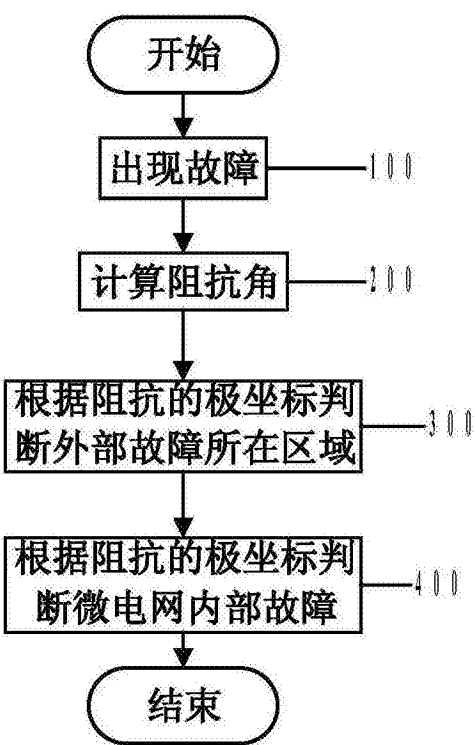


图 9

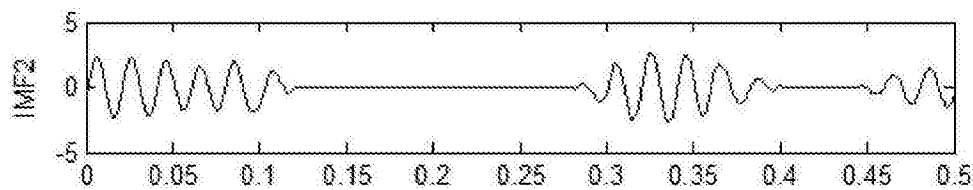


图 10