



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101587159 B

(45) 授权公告日 2011. 01. 26

(21) 申请号 200910094619. 2

(22) 申请日 2009. 06. 22

(73) 专利权人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路
253 号

(72) 发明人 束洪春 彭仕欣 张广斌 朱子钊
朱盛强 孙士云 刘可真 唐岚
杨毅 常勇

(74) 专利代理机构 昆明正原专利代理有限责任
公司 53100

代理人 金耀生

(51) Int. Cl.

G01R 31/08 (2006. 01)

G01R 25/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1901314 A, 2007. 01. 24,

CN 101393248 A, 2009. 03. 25,

CN 101162838 A, 2008. 04. 16,

CN 101154807 A, 2008. 04. 02, 全文.

袁野等. 基于 S 变换的配电网单相接地故障
暂态量选线. 《中国高等学校电力系统及其自动化
专业第二十四届学术年会论文集》. 2008, 1502-
1505.

刘桂英等. 短时电压波动小波变换模极大值
检测. 《中国高等学校电力系统及其自动化专业
第二十四届学术年会论文集》. 2008, 1980-1984.

P.K. Dash et al. Power Quality Analysis
Using S-Transform. 《IEEE Transactions on
Power Delivery》. 2003, 第 18 卷 (第 2 期), 406-
411.

审查员 肖靖

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

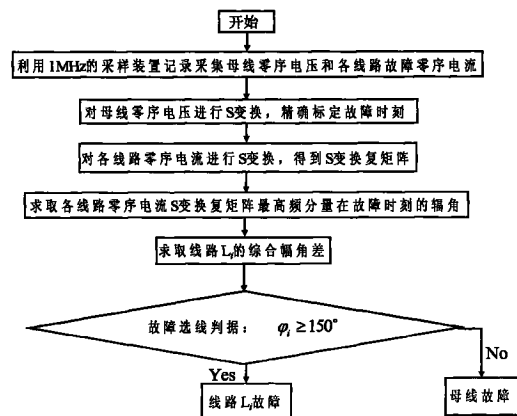
(54) 发明名称

利用 S 变换辐角检测的配电网馈出线故障选
线方法

(57) 摘要

本发明是一种利用 S 变换辐角检测的配电网
馈出线故障选线方法。即：配电网发生单相接地
故障时，对故障前后母线零序电压进行 S 变换，找
出 S 变换最高频率分量处的模极大值对应的时
刻，以精确标定故障时刻；对故障时刻前后各线
路零序电流进行 S 变换，得到各线路零流电流的 S
变换复矩阵；求取各线路零流电流 S 变换复矩阵
中最高频率分量在故障时刻的辐角，并求取辐角
差；求取各线路零流电流的综合辐角差；通过比
较综合辐角差的大小实现故障选线。本发明可以
避免由于 CT 饱和和倒相引起的选线失败。并且采
用高频分量实现选线，不受消弧线圈补偿度的影
响。实现对不同故障情况，包括小故障角时的准确
选线。

CN 101587159 B



1. 一种利用 S 变换辐角检测的配电网馈出线故障选线方法,其特征在于:配电网发生单相接地故障时,对故障前后母线零序电压进行 S 变换,找出 S 变换最高频率分量处的模极大值对应的时刻,该时刻即为故障时刻;对故障时刻前后各线路零序电流进行 S 变换,得到各线路零流电流的 S 变换复矩阵;求取各线路零流电流 S 变换复矩阵中最高频率分量在故障时刻的辐角,并求取辐角差;求取各线路零流电流的综合辐角差;通过比较综合辐角差的大小实现故障选线;具体实现步骤为:

(1) 当母线零序电压瞬时值 $u_n(t)$ 大于 $K_u U_n$, 故障选线装置立即启动,采用 1MHz 的采样频率记录下故障前后 1 个周波的母线零序电压和各馈线零序电流,其中 K_u 取值为 0.15, U_n 表示母线额定电压;

(2) 利用 S 变换的离散形式 $S[m,n]$ 对母线零序电压进行分析,以精确标定故障发生时刻;

$$S[m,n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[n+k] e^{-2\pi^2 k^2 / n^2} e^{j2\pi km / N} \quad n \neq 0$$

$$S[m,n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] \quad n = 0$$

其中

$$X[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{-j2\pi kn / N}$$

上式中, $x(k)$ 表示需要进行 S 变换的信号, m 为 S 变换得到的矩阵的列, n 为 S 变换得到的矩阵的行, k 为控制高斯窗口在时间轴 t 的位置参数, N 为采样点数; S 变换结果中最高频分量的模极大值对应的时刻即为故障时刻;

(3) 采用步骤 (2) 中 S 变换的离散形式对各线路零序电流进行 S 变换,得到各线路零序电流的 S 变换复矩阵;

(4) 取出步骤 (3) 中得到的各线路零序电流的 S 变换复矩阵的最高频率分量进行分析,根据已知一复数按照复数实际所在象限求取其相角的方法,求取线路 i 的零序电流在故障时刻的辐角 θ_i , $i = 1, 2, \dots, h$, h 为配电网线路总数,并根据下式求取线路 i 零序电流与其余线路零序电流的辐角差 θ_{ij} ;

$$\theta_{ij} = \begin{cases} |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| \leq 180^\circ \\ 360^\circ - |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| > 180^\circ \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, h; j = 1, 2, \dots, h$$

式中, θ_j 为线路 j 的零序电流在故障时刻的辐角;

(5) 定义线路 i 零序电流与其余线路零序电流的综合辐角差 ϕ_i 为:

$$\phi_i = \frac{1}{h-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^h \theta_{ij}$$

(6) 根据配电网单相接地故障零序电流在故障时刻的相位关系,可得故障选线判据为:

- 1) 若 $\phi_i \geq 150^\circ$, $i = 1, 2, \dots, h$, 则线路 i 为故障线路;
- 2) 若 $\phi_i < 150^\circ$, 对于 $i = 1, 2, \dots, h$ 均成立, 则为母线故障。

利用 S 变换辐角检测的配电网馈出线故障选线方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统继电保护技术领域，具体地说是利用 S 变换辐角检测的配电网馈出线故障选线方法。

背景技术

[0002] 谐振接地系统单相接地故障选线是配电网单相接地故障选线的难点。谐振接地系统发生单相接地故障时，消弧线圈的电感电流补偿故障产生的电容电流，使得故障线路中的故障稳态电流很小，甚至小于健全线路，因此传统的基于故障稳态信息的检测方法对于谐振接地系统选线效果难以令人满意。利用故障后的暂态分量进行故障选线，与利用稳态信号相比有很大的优越性：一是暂态信号幅值远远大于稳态信号，是稳态信号的数倍到十几倍，故障检测灵敏度高；二是不受到消弧线圈的影响；三是不受故障点电弧不稳定的影响，实际上故障点的间歇性击穿，会不断地产生暂态零序电流信号，有利于检测故障。随着现代微电子技术的发展，可以较容易地记录并用复杂的数学算法处理接地故障产生的暂态信号，因此暂态分量法具有强大的生命力。

[0003] S 变换是以 Morlet 小波为基本小波的连续小波变换的延伸。相当于加归一化高斯窗的短时傅里叶变换或经相位校正的小波变换，它继承和发展了连续小波变换和短时傅里叶变换的局部化思想。S 变换具有和频率相关的分辨率，其变换结果可以通过时频矩阵表达，集中了短时傅里叶变换和小波变换的优点。信号经 S 变换后得到的复矩阵可以表述信号的幅值、频率和相位特性，适合于分析配电网谐振接地系统故障后的信号。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种利用 S 变换辐角检测的配电网馈出线故障选线方法。能够实现针对不同故障情况，包括小故障角时的准确选线。

[0005] 本发明的技术方案如下：

[0006] 1、S 变换基本理论

[0007] S 变换是一种可逆的局部时频分析方法，其思想是对连续小波变换和短时傅里叶变换的发展。信号 $x(t)$ 的 S 变换 $S(\tau, f)$ 定义如下：

$$[0008] \quad S(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)w(\tau-t, f)e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

$$[0009] \quad w(\tau-t, f) = \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{\left| \frac{-f^2(\tau-t)^2}{2} \right|} \quad (2)$$

[0010] 其中， $w(\tau-t, f)$ 为高斯窗口 (Gaussian Window)， τ 为控制高斯窗口在时间轴 t 的位置参数， f 为频率， j 为虚数单位。

[0011] S 变换的离散表示形式 $S[m, n]$ 为：

$$[0012] \quad S[m, n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[n+k] e^{-2\pi^2 k^2 / n^2} e^{j2\pi km / N} \quad n \neq 0 \quad (3)$$

$$[0013] \quad S[m, n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{-j2\pi kn/N} \quad (4)$$

[0014] 其中

$$[0015] \quad X[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{-j2\pi kn/N} \quad (5)$$

[0016] 上式中, m 为 S 变换得到的矩阵的列, n 为 S 变换得到的矩阵的行, k 为控制高斯窗口在时间轴 t 的位置参数, N 为采样点数。于是对采集到的 N 个离散信号点 $x[i]$ ($i = 0, 1, \dots, N-1$) 采用式 (3)、(4) 进行 S 变换, 变换结果为一复时频矩阵, 记作 S 矩阵, 其列对应采样时间点, 行对应频率, 相邻行之间的频率差 Δf 为:

$$[0017] \quad \Delta f = \frac{f_s}{N} \quad (6)$$

[0018] 第 n 行对应的频率 f_n 为:

$$[0019] \quad f_n = \frac{f_s}{N} n \quad (7)$$

[0020] 其中 f_s 为采样频率。

[0021] 将 S 矩阵的各个元素求模后得到矩阵记为 S 模矩阵, 其列向量表示信号在某一时刻的幅频特性, 其行向量表示信号在某一频率下的时域分布。

[0022] 2、利用 S 变换辐角检测的故障选线方法

[0023] 为便于分析, 建立配电网单相接地故障系统如图 2 所示。图 2 所示该系统为一个有 6 条线路的 110kV/35kV 变电所, Z 字型变压器中性点通过消弧线圈串联电阻接地, 采用 LSJC-35 型电流互感器。线路采用架空线路 (L_1 、 L_3 、 L_5)、线-缆混合线路 (L_4) 和电缆线路 (L_2 、 L_6), 其中, 架空线路采用 JS₁ 杆型, LGJ-70 型导线, 档距为 80m, 电缆线路采用 YJV23-35/95 型电缆。

[0024] 图 2 中, T 为降压变压器, T_z 为 Z 字型变压器, K 为开关, L 为消弧线圈电感, R 为消弧线圈串联电阻, R_f 为接地故障过渡电阻, i_{01} 、 i_{04} 、 i_{06} 分别为线路 L_1 、 L_4 、 L_6 的零序电流。

[0025] 利用 S 变换可以独立地分析信号各个频率分量上的幅值变化特征, 观察 S 变换得到的复矩阵中行对应的频率随时间的幅值变化情况可以判断信号突变的时刻。配电网发生单相接地故障时, 母线零序电压突然升高, 因此, 可以利用 S 变换精确标定信号突变时刻, 即故障时刻。图 2 所示配电网, 电缆线路 L_2 在距离母线 2km 处发生单相接地故障时, 故障过渡电阻为 200 Ω , 故障合闸角为 60°。对母线零序电压进行 S 变换, 利用 S 变换精确标定故障时刻的示意图如图 3 所示。

[0026] 图 3 中, u/V 表示电压 / 伏, t/ms 表示时间 / 毫秒。由图 3 可见, 对于母线零序电压进行 S 变换, 由 S 变换模矩阵对应的行得到 250kHz 和 500kHz 的时间-幅值分布可以看出, 不同频率点处时间-幅值曲线的极值点均与信号突变时刻对应, 并且由低频向高频这种对应特征逐渐加强, 因此, 综合观察 S 模矩阵多个频率点下时间-幅值曲线, 能由最高频分量的模极大值确定故障时刻。最高频分量的模极大值对应的时刻即为故障时刻。

[0027] 配电网发生单相接地故障瞬间, 故障线路零序电流与健全线路零序电流方向相反, 对故障时刻前后各线路零序电流进行 S 变换, 得到各线路零序电流的 S 变换复矩阵。各线路零序电流的 S 变换复矩阵中, 最高频分量在故障时刻的辐角大小体现了故障零序电流在故障时刻的相位关系。因此, 可以根据已知一复数按照复数实际所在象限求取其相角的

方法,求取线路 i 的零序电流在故障时刻的辐角 $\theta_i, i = 1, 2, \dots, h, h$ 为配电网线路总数。则线路 i 零序电流与其余线路零序电流的辐角差 θ_{ij} 为:

$$[0028] \quad \theta_{ij} = \begin{cases} |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| \leq 180^\circ \\ 360^\circ - |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| > 180^\circ \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, h; j = 1, 2, \dots, h \quad (8)$$

[0029] 式中, θ_j 为线路 j 的零序电流在故障时刻的辐角。由此可见, θ_{ij} 为一个 $h \times h$ 阶的矩阵。定义线路 i 零序电流与其余线路零序电流的综合辐角差 ϕ_i 为:

[0030]

$$\phi_i = \frac{1}{h-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^h \theta_{ij} \quad (9)$$

[0031] 根据配网故障零序电流在故障时刻的相位关系,可得故障选线判据为:

[0032] 1、若 $\phi_i \geq 150^\circ, i = 1, 2, \dots, h$, 则线路 i 为故障线路;

[0033] 2、若 $\phi_i < 150^\circ$, 对于 $i = 1, 2, \dots, h$ 均成立, 则为母线故障。

[0034] 综上所述,本发明的利用 S 变换辐角检测的配电网馈出线故障选线方法为:当配电网发生单相接地故障时,对故障前后母线零序电压进行 S 变换,找出 S 变换最高频率分量处的模极大值对应的时刻,即为故障时刻,对故障时刻前后各线路零序电流进行 S 变换,得到各线路零流电流的 S 变换复矩阵;求取各线路零流电流 S 变换复矩阵中最高频率分量在故障时刻的辐角,并求取辐角差;求取各线路零流电流的综合辐角差;通过比较综合辐角差的大小实现故障选线。

[0035] 具体实现步骤为:

[0036] (1) 当母线零序电压瞬时值 $u_n(t)$ 大于 $K_u U_n$, 故障选线装置立即启动,采用 1MHz 的采样频率记录下故障前后 1 个周波的母线零序电压和各馈线零序电流,其中 K_u 一般取值为 0.15, U_n 表示母线额定电压;

[0037] (2) 利用 S 变换的离散形式 $S[m, n]$ 对母线零序电压进行分析,以精确标定故障发生时刻;

$$[0038] \quad S[m, n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[n+k] e^{-2\pi^2 k^2 / n^2} e^{j2\pi km / N} \quad n \neq 0$$

$$[0039] \quad S[m, n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] \quad n = 0$$

[0040] 其中

$$[0041] \quad X[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{-j2\pi kn / N}$$

[0042] 上式中, $x(k)$ 表示需要进行 S 变换的信号, m 为 S 变换得到的矩阵的列, n 为 S 变换得到的矩阵的行, k 为控制高斯窗口在时间轴 t 的位置参数, N 为采样点数; S 变换结果中最高频分量的模极大值对应的时刻即为故障时刻;

[0043] (3) 采用步骤 (2) 中 S 变换的离散形式对各线路零序电流进行 S 变换,得到各线路零序电流的 S 变换复矩阵;

[0044] (4) 取出步骤 (3) 中得到的各线路零序电流的 S 变换复矩阵的最高频率分量进行分析,根据已知一复数按照复数实际所在象限求取其相角的方法,求取线路 i 的零序电流

在故障时刻的辐角 θ_i , $i = 1, 2, \dots, h$, h 为配电网线路总数, 并根据下式求取线路 i 零序电流与其余线路零序电流的辐角差 θ_{ij} ;

$$[0045] \quad \theta_{ij} = \begin{cases} |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| \leq 180^\circ \\ 360^\circ - |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| > 180^\circ \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, h; j = 1, 2, \dots, h$$

[0046] 式中, θ_j 为线路 j 的零序电流在故障时刻的辐角;

[0047] (5) 定义线路 i 零序电流与其余线路零序电流的综合辐角差 ϕ_i 为:

[0048]

$$\phi_i = \frac{1}{h-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^h \theta_{ij}$$

[0049] (6) 根据配网故障零序电流在故障时刻的相位关系, 可得故障选线判据为:

[0050] 1) 若 $\phi_i \geq 150^\circ$, $i = 1, 2, \dots, h$, 则线路 i 为故障线路;

[0051] 2) 若 $\phi_i < 150^\circ$, 对于 $i = 1, 2, \dots, h$ 均成立, 则为母线故障。

[0052] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0053] 1、本发明可以避免由于 CT 饱和和倒相引起的选线失败。

[0054] 2、本发明采用高频分量实现选线, 不受消弧线圈补偿度的影响。

[0055] 3、本发明能够实现对不同故障情况, 包括小故障角时的准确选线, 对电弧故障的适应性好。

[0056] 4、本发明不依赖线路结构参数, 在短线路故障时, 不受到长线电容电流的影响, 能准确识别故障线路。

附图说明:

[0057] 图 1 为本发明的故障选线流程图。

[0058] 图 2 为本发明的配电网单相接地故障系统示意图。

[0059] 图 3 为本发明的线路 L_2 故障母线零序电压的 S 变换, (a) 母线零序电压; (b) 250kHz 时间 - 幅值曲线; (c) 500kHz 时间 - 幅值曲线。

[0060] 图 4 为本发明的线路 L_1 故障母线零序电压的 S 变换, (a) 母线零序电压; (b) 500kHz 时间 - 幅值曲线。

具体实施方式:

[0061] 本发明选线算法的具体步骤如下:

[0062] 1、当母线零序电压瞬时值 $u_n(t)$ 大于 $K_u U_n$, 故障选线装置立即启动, 采用 1MHz 的采样频率记录下故障前后 1 个周波的母线零序电压和各馈线零序电流, 其中 K_u 一般取值为 0.15, U_n 表示母线额定电压;

[0063] 2、利用 S 变换的离散形式 $S[m, n]$ 对母线零序电压进行分析, 以精确标定故障发生时刻;

$$[0064] \quad S[m, n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[n+k] e^{-2\pi^2 k^2 / n^2} e^{j2\pi km / N} \quad n \neq 0$$

$$[0065] \quad S[m, n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] n = 0$$

[0066] 其中

$$[0067] \quad X[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{-j2\pi kn/N}$$

[0068] 上式中, $x(k)$ 表示需要进行 S 变换的信号, m 为 S 变换得到的矩阵的列, n 为 S 变换得到的矩阵的行, k 为控制高斯窗口在时间轴 t 的位置参数, N 为采样点数。

[0069] S 变换结果中最高频分量的模极大值对应的时刻即为故障时刻;

[0070] 3、采用步骤 2 中 S 变换的离散形式对各线路零序电流进行 S 变换, 得到各线路零序电流的 S 变换复矩阵;

[0071] 4、取出步骤 3 中得到的各线路零序电流的 S 变换复矩阵的最高频率分量进行分析, 根据已知一复数按照复数实际所在象限求取其相角的方法, 求取线路 i 的零序电流在故障时刻的辐角 θ_i , $i = 1, 2, \dots, h$, h 为配电网线路总数, 并根据下式求取线路 i 零序电流与其余线路零序电流的辐角差 θ_{ij} ;

$$[0072] \quad \theta_{ij} = \begin{cases} |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| \leq 180^\circ \\ 360^\circ - |\theta_i - \theta_j|, & |\theta_i - \theta_j| > 180^\circ \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, h; j = 1, 2, \dots, h$$

[0073] 式中, θ_j 为线路 j 的零序电流在故障时刻的辐角。由此可见, θ_{ij} 为一个 $h \times h$ 阶的矩阵。

[0074] 5、定义线路零序电流 i 与其余线路零序电流的综合辐角差 ϕ_i 为:

[0075]

$$\phi_i = \frac{1}{h-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^h \theta_{ij}$$

[0076] 6、根据配网故障零序电流在故障时刻的相位关系, 可得故障选线判据为:

[0077] 1) 若 $\phi_i \geq 150^\circ$, $i = 1, 2, \dots, h$, 则线路 i 为故障线路;

[0078] 2) 若 $\phi_i < 150^\circ$, 对于 $i = 1, 2, \dots, h$ 均成立, 则为母线故障。

[0079] 例如:

[0080] 当如图 2 所示谐振接地系统发生单相接地故障时, 线路 L_1 距离母线 5km 处, 发生 A 相接地, 过渡电阻为 200 Ω , 故障合闸角为 90 度。用本发明的方法进行选线, 具体过程如下:

[0081] 1) 对母线零序电压进行 S 变换, 数据窗长度为 0.2ms, 其结果如图 4 所示。

[0082] 由图 4 可知, 母线零序电压 S 变换的最高频率分量 500kHz 的模极大值出现在 0.025ms, 即故障时刻为 0.025ms。

[0083] 2) 对各线路零序电流进行 S 变换, 求取各线路零序电流的 S 变换复矩阵的最高频率分量 500kHz 在故障时刻 0.025ms 处的辐角, 得: $\theta_1 = -158.2^\circ$, $\theta_2 = 21.8^\circ$, $\theta_3 = 21.8^\circ$, $\theta_4 = 21.8^\circ$, $\theta_5 = 21.8^\circ$, $\theta_6 = 21.8^\circ$ 。

[0084] 3) 利用公式 (8) 求取线路 i 零序电流与其余线路零序电流的辐角差 θ_{ij} 为:

[0085]

$$\theta_{ij} = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \theta_{13} & \theta_{14} & \theta_{15} & \theta_{16} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \theta_{23} & \theta_{24} & \theta_{25} & \theta_{26} \\ \theta_{31} & \theta_{32} & \theta_{33} & \theta_{34} & \theta_{35} & \theta_{36} \\ \theta_{41} & \theta_{42} & \theta_{43} & \theta_{44} & \theta_{45} & \theta_{46} \\ \theta_{51} & \theta_{52} & \theta_{53} & \theta_{54} & \theta_{55} & \theta_{56} \\ \theta_{61} & \theta_{62} & \theta_{63} & \theta_{64} & \theta_{65} & \theta_{66} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0^\circ & 180^\circ & 180^\circ & 180^\circ & 180^\circ & 180^\circ \\ 180^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ \\ 180^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ \\ 180^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ \\ 180^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ \\ 180^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ & 0^\circ \end{bmatrix}$$

[0086] 4) 利用公式 (9) 求取线路 i 零序电流的综合辐角差为：

[0087] $\phi_1 = 180^\circ$, $\phi_2 = 36^\circ$, $\phi_3 = 36^\circ$, $\phi_4 = 36^\circ$, $\phi_5 = 36^\circ$, $\phi_6 = 36^\circ$

[0088] 且仅有 $\phi_1 = 180^\circ \geq 150^\circ$ 。由此,可判定为线路 L₁ 故障。

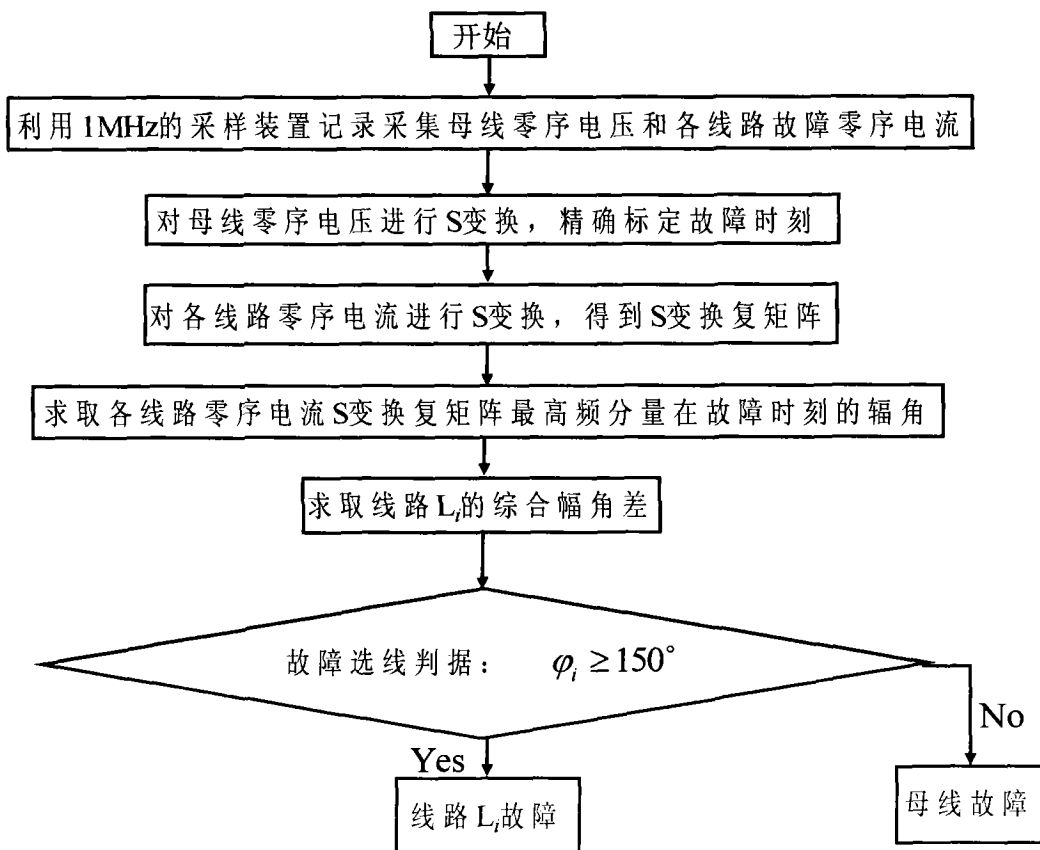


图 1

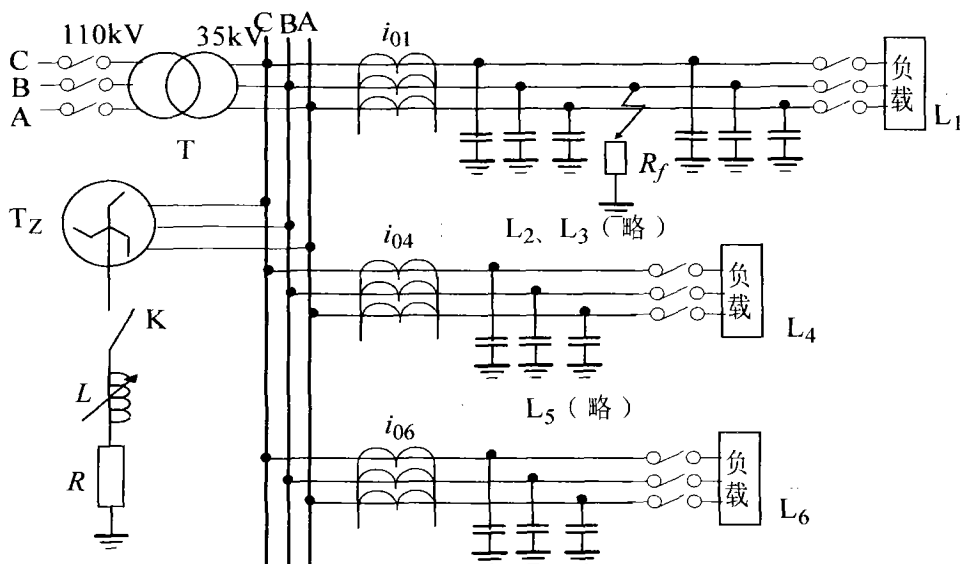


图 2

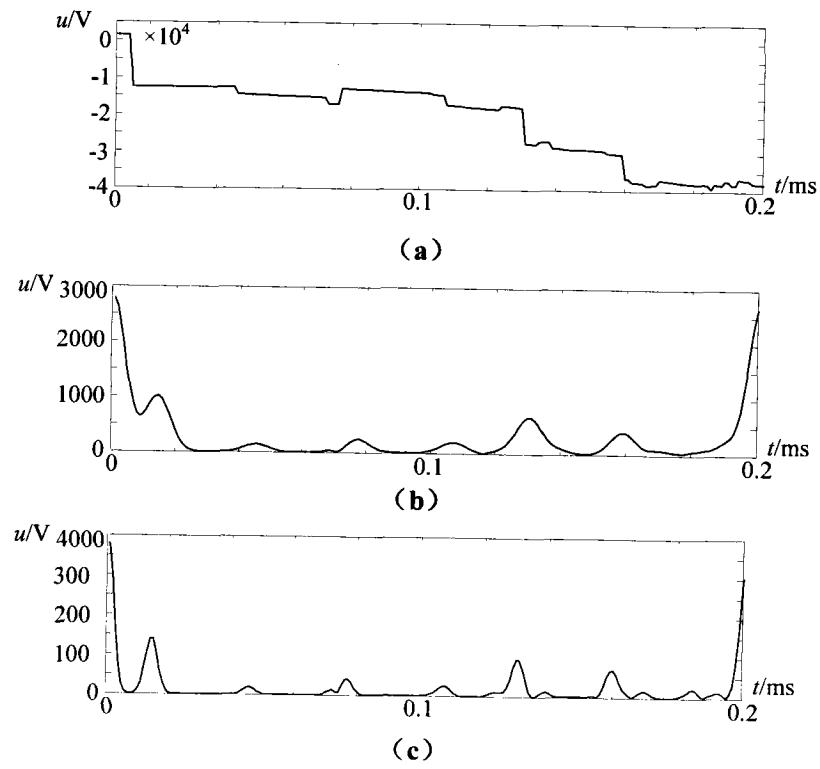


图 3

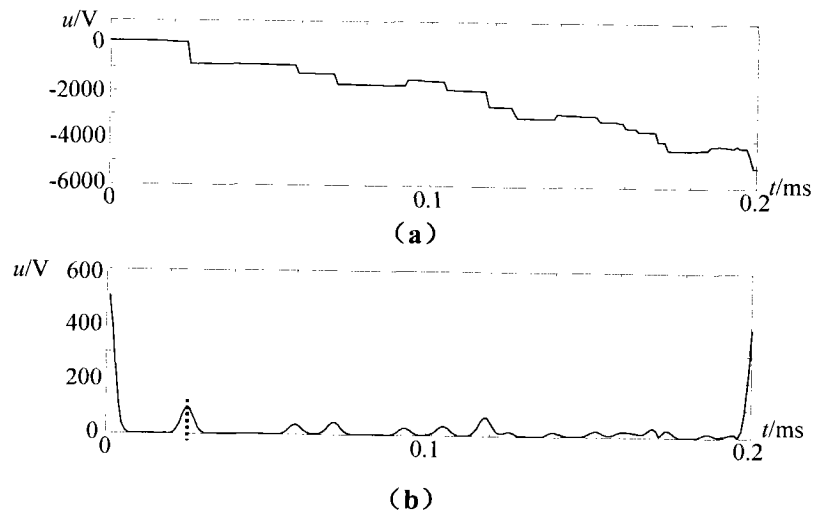


图 4