(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102608483 A
(43)申请公布日 2012.07.25

(21)申请号 201210043035.4

(22)申请日 2012.02.22

(71)申请人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号
申请人 珠海市可利电气有限公司

(72)发明人 武建文 李平 张路明 廉世军

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所 11121
代理人 李有浩

(51)Int.Cl.
G01R 31/02(2006.01)
G01R 25/00(2006.01)

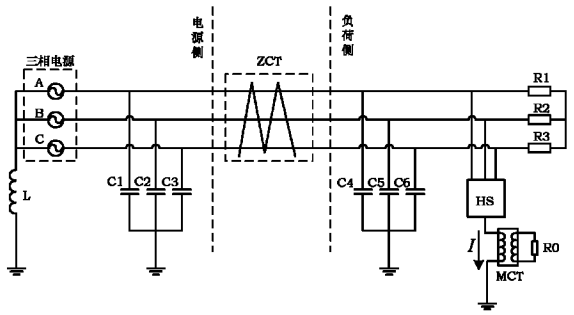
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54)发明名称

小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统

(57)摘要

本发明公开了一种小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统，该系统采用连接在开关上的高压带电显示器 HS 替代零序电压互感器 PT，实现对容性电压 U 的检测。对于小电流接地配电系统，以容性电压 U 为基准，负荷侧发生单相接地故障时，零序电流 I_0超前于容性电压 U，且超前角 $\theta_2 = 0° \sim 180°$；电源侧发生单相接地故障时，零序电流 I_0滞后于容性电压 U，且滞后角 $\theta_1 = 0° \sim 90°$。因此，通过对馈线接地故障稳态分量的提取、处理，进一步检测系统故障时的容性电压 U 和零序电流 I_0，就能够判断出单相接地故障的方向。本发明的接地故障方向诊断系统拾取出的接地故障方向信号能够通知配电站的控制器，并由控制器作出相应的动作，有利于保护配电系统。



CN 102608483 A

1. 一种小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统，采用了高压带电显示器 HS 替代零序电压互感器 PT ；其特征在于 ：所述高压带电显示器 HS 包括有第一电容传感器 C7、第二电容传感器 C8、第三电容传感器 C9、第一等效电阻 R4、第二等效电阻 R5、第三等效电阻 R6 ；第一电容传感器 C1 的电容量记为 DC_1、第二电容传感器 C2 的电容量记为 DC_2、第三电容传感器 C3 的电容量记为 DC_3，且 $DC_1 = DC_2 = DC_3$ ；第一等效电阻 R4 的阻值记为 DR_4、第二等效电阻 R5 的阻值记为 DR_5、第三等效电阻 R6 的阻值记为 DR_6，$DR_4 = DR_5 = DR_6$ ；所述高压带电显示器 HS 连接在三相电源的电源侧，或者连接在三相电源的负荷侧。

2. 根据权利要求 1 所述的小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统，其特征在于 ：第一电容传感器 C7 的一端与三相电源的 A 路连接，第一电容传感器 C7 的另一端与第一等效电阻 R4 的一端连接，第一等效电阻 R4 的另一端接地 ；所述第一电容传感器 C7 与所述第一等效电阻 R4 构成第一等效支路 ；从三相电源的 A 路流入第一等效支路的电流为第一电流 Ia ；

第二电容传感器 C8 的一端与三相电源的 B 路连接，第二电容传感器 C8 的另一端与第二等效电阻 R5 的一端连接，第二等效电阻 R5 的另一端接地 ；所述第二电容传感器 C8 与所述第二等效电阻 R5 构成第二等效支路 ；从三相电源的 B 路流入第二等效支路的电流为第二电流 Ib ；

第三电容传感器 C9 的一端与三相电源的 C 路连接，第三电容传感器 C9 的另一端与第三等效电阻 R6 的一端连接，第三等效电阻 R6 的另一端接地 ；所述第三电容传感器 C9 与所述第三等效电阻 R6 构成第三等效支路 ；从三相电源的 C 路流入第三等效支路的电流为第三电流 Ic ；

三相电源的零序电压记为 U_0，第一电流 Ia、第二电流 Ib 和第三电流 Ic 的相量和称为容性电流 I，即 I = Ia+Ib+Ic ；所述容性电流 I 与零序电压 U_0 的关系为 $I = j\omega DC_nU_0$，j 表示虚数单位，ω 表示角频率（取值 100πrad/s），DC_n 表示高压带电显示器中每一等效支路上的电容传感器的电容量，n 为选取的等效支路的标识。

3. 依据权利要求 1 所述的小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统的诊断方法，其特征在于包括有下列诊断步骤 ：

诊断步骤一 ：采集电阻 R0 上的容性电压 U ；

诊断步骤二 ：采集零序电流互感器 ZCT 上检测到的零序电流 I_0 ；

诊断步骤三 ：容性电压 U 经第一低通滤波器 11 进行滤波处理，滤除高频分量，得到 50Hz 的正弦信号 DU ；

零序电流 I_0 经第二低通滤波器 21 进行滤波处理，滤除高频分量，得到 50Hz 的正弦信号 DI_0 ；

诊断步骤四 ：正弦信号 DU 经第一过零比较器 12 进行过零比较处理，得到 50Hz 的方波信号 SU ；

正弦信号 DI_0 经第二过零比较器 22 进行过零比较处理，得到 50Hz 的方波信号 SI_0 ；

诊断步骤五 ：方波信号 SU 与方波信号 SI_0 经单片机 13 进行超前 / 滞后相位检测处理，得到接地故障方向 ；

所述超前 / 滞后相位检测是指方波信号 SU 的上升沿触发单片机 13 内的中断服务，在所述中断服务中检测方波信号 SI_0 的电平 ；若方波信号 SI_0 的电平为低电平时，则单片机 13

输出电源侧单相接地故障信号；若方波信号 SI_0 的电平为高电平时，则单片机 13 输出负荷侧单相接地故障信号；

电源侧发生单相接地故障时，零序电流 I_0 滞后于容性电压 U 的滞后角 $\theta_1 = 0° \sim 90°$；

负荷侧发生单相接地故障时，零序电流 I_0 超前于容性电压 U 的超前角 $\theta_2 = 0° \sim 180°$。

小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种小电流接地配电系统，更特别地说，是指一种适用于中性点不接地、经电阻接地、经消弧线圈接地的配电系统的接地故障方向诊断系统。

背景技术

[0002] 电力系统中性点接地方式分为两大类：大电流接地和小电流接地。

[0003] 大电流接地方式即中性点直接接地或经小电阻接地的方式。其特点是系统发生接地故障，特别是单相接地故障时，非故障相对地电压不升高，但接地相故障电流较大，对电力系统本身及对邻近的通信线和信号线都会造成较大的危险和干扰，所以必须迅速切除故障部分。大电流接地方式主要用于 110KV 及以上的输配电系统。

[0004] 我国 3 ～ 66KV 中压电网的中性点一般采用不接地或经消弧线圈接地的方式，当发生单相接地故障时，流过故障点的电流很小，所以称为小电流接地电网。小电流接地系统发生单相接地故障的几率最高，这时供电仍能保证线电压的对称性，且故障电流较小，不影响对负荷连续供电，故不必立即跳闸，规程规定可以继续运行 1 ～ 2h。但随着馈线的增多，电容电流也在增大，长时间运行就易使故障扩大成两点或多点接地短路，弧光接地还会引起全系统过电压，进而损坏设备，破坏系统安全运行，所以必须及时找到故障线路予以切除。

[0005] 单相接地故障占小电流接地系统故障的 80％以上，且此时稳态接地电流的幅值较小，谐振接地系统更是如此，给故障判断增加了不小的难度。单相接地故障的检测和可靠识别一直没有得到彻底解决。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提出一种小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统，该系统根据馈线接地故障稳态分量，提取容性电压和零序电流，对容性电压、零序电流的进行分析及比较，提取出容性电压与零序电流的相位关系；在小电流接地配电系统中采用高压带电显示器替代零序电压互感器，只需要提取高压带电显示器的容性电压和系统零序电流，即可判断接地故障方向所在。本发明的接地故障方向诊断系统拾取出的接地故障方向信号能够通知配电站的控制器，并由控制器作出相应的动作，有利于保护配电系统。

[0007] 本发明的一种小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统，采用了高压带电显示器 HS 替代零序电压互感器 PT，所述高压带电显示器 HS 连接在三相电源的电源侧，或者连接在三相电源的负荷侧；所述高压带电显示器 HS 包括有第一电容传感器 C7、第二电容传感器 C8、第三电容传感器 C9、第一等效电阻 R4、第二等效电阻 R5、第三等效电阻 R6；第一电容传感器 C1 的电容量记为 DC_1、第二电容传感器 C2 的电容量记为 DC_2、第三电容传感器 C3 的电容量记为 DC_3，且 $DC_1 = DC_2 = DC_3$；第一等效电阻 R4 的阻值记为 DR_4、第二等效电阻 R5 的阻值记为 DR_5、第三等效电阻 R6 的阻值记为 DR_6，且 $DR_4 = DR_5 = DR_6$。

[0008] 所述的小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统的诊断方法包括有下列诊断步骤：

[0009] 诊断步骤一：采集电阻 R0 上的容性电压 U；

[0010] 诊断步骤二：采集零序电流互感器 ZCT 上检测到的零序电流 I_0；

[0011] 诊断步骤三：容性电压 U 经第一低通滤波器 11 进行滤波处理，滤除高频分量，得到 50Hz 的正弦信号 DU；

[0012] 零序电流 I_0 经第二低通滤波器 21 进行滤波处理，滤除高频分量，得到 50Hz 的正弦信号 DI_0；

[0013] 诊断步骤四：正弦信号 DU 经第一过零比较器 12 进行过零比较处理，得到 50Hz 的方波信号 SU；

[0014] 正弦信号 DI_0 经第二过零比较器 22 进行过零比较处理，得到 50Hz 的方波信号 SI_0；

[0015] 诊断步骤五：方波信号 SU 与方波信号 SI_0 经单片机 13 进行超前 / 滞后相位检测处理，得到接地故障方向。

[0016] 本发明小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统的优点在于：

[0017] ①采用高压带电显示器替代零序电压互感器，只需要提取高压带电显示器的容性电压和系统零序电流，即可判断接地故障方向所在。

[0018] ②本发明设计的高压带电最示器 HS 具有多个等效支路，以等效支路上的相电流相量之和即容性电流 I，所述容性电流 I 经微电流互感器 MCT 和电阻 R0 转换成容性电压 U。这种的转换方式，能够方便单相接地故障方向诊断。

[0019] ③本发明能够将高压带电显示器 HS 连接在三相电源的电源侧，也可以连接在三相电源的负荷侧，这有利于小电流接地配电系统的安装，且体积小，成本低。

[0020] ④利用单片机进行相位检测，就能够得出接地故障方向，此种检测手段新颖、可靠、精确。

附图说明

[0021] 图 1 是传统小电流接地配电系统的检测原理图。

[0022] 图 2 是本发明高压带电显示器 HS 连接在三相电源负荷侧的小电流接地配电系统结构图。

[0023] 图 2A 是本发明高压带电显示器 HS 连接在三相电源电源侧的小电流接地配电系统结构图。

[0024] 图 2B 是本发明中高压带电显示器 HS 的结构图。

[0025] 图 3 是本发明小电流接地配电系统的接地故障方向诊断的信号检测原理图。

[0026] 图 4 是本发明小电流接地配电系统的接地故障方向诊断的流程图。

[0027] 图 4A 是电源侧发生单相接地故障时采用本发明诊断方法检测到的相量图。

[0028] 图 4B 是负荷侧发生单相接地故障时采用本发明诊断方法检测到的相量图。

具体实施方式

[0029] 参见图 1 所示，图中三相电源的 A 路输出电压记为 V_a，三相电源的 B 路输出电压记为 V_b，三相电源的 C 路输出电压记为 V_c；ZCT 为零序电流互感器（选用保定众邦电气有限公司生产的型号为 ZB-LJ-120 电流互感器），ZCT 检测到的零序电流记为 I_0；三相电源的 A 路负载记为 R_1，三相电源的 B 路负载记为 R_2，三相电源的 C 路负载记为 R_3；三相电源的中性点

经消弧线圈 L 接地；电源侧的 A 路对地分布电容记为 C_1，电容 C_1 的电容量记为 AC_1，电源侧的 B 路对地分布电容记为 C_2，电容 C_2 的电容量记为 AC_2，电源侧的 C 路对地分布电容记为 C_3，电容 C_3 的电容量记为 AC_3，且 $AC_1 = AC_2 = AC_3$；负荷侧的 A 路对地分布电容记为 C_4，电容 C_4 的电容量记为 AC_4，负荷侧的 B 路对地分布电容记为 C_5，电容 C_5 的电容量记为 AC_5，负荷侧的 C 路对地分布电容记为 C_6，电容 C_6 的电容量记为 AC_6，且 $AC_4 = AC_5 = AC_6$；PT 为零序电压互感器（选用中国永上集团生产的型号为 JDZ-10 电压互感器），PT 检测到的电压记 V_0。如图 1 所示的传统小电流接地配电系统中零序电压互感器 PT 具有重量大、体积大、成本高的缺点，为了实现接地故障方向的诊断本发明采用了高压带电显示器替代零序电压互感器 PT。

[0030] 参见图 2、图 2A 所示，在本发明中，采用了高压带电显示器 HS 替代零序电压互感器 PT，所述高压带电显示器 HS 可以连接在三相电源的电源侧，也可以连接在三相电源的负荷侧，实现了安装方式的灵活性。由于在实际系统中，高压带电显示器 HS 在开关上用于显示高压带电状态，本身就接在电网上，如果从高压带电显示器 HS 取出信号，实现零序电压互感器 PT 的功能，这样就不会有额外的支出，总成本大大降低，体积也会大为减小，在实际系统中具有很强的推广使用价值。

[0031] 在本发明中，高压带电显示器 HS 的具体结构如图 2B 所示，高压带电显示器 HS 包括有第一电容传感器 C7、第二电容传感器 C8、第三电容传感器 C9、第一等效电阻 R4、第二等效电阻 R5、第三等效电阻 R6；第一电容传感器 C1 的电容量记为 DC_1、第二电容传感器 C2 的电容量记为 DC_2、第三电容传感器 C3 的电容量记为 DC_3，且 $DC_1 = DC_2 = DC_3$。第一等效电阻 R4 的阻值记为 DR_4、第二等效电阻 R5 的阻值记为 DR_5、第三等效电阻 R6 的阻值记为 DR_6，$DR_4 = DR_5 = DR_6$。

[0032] 第一电容传感器 C7 的一端与三相电源的 A 路连接，第一电容传感器 C7 的另一端与第一等效电阻 R4 的一端连接，第一等效电阻 R4 的另一端接地；所述第一电容传感器 C7 与所述第一等效电阻 R4 构成第一等效支路；从三相电源的 A 路流入第一等效支路的电流记为 Ia，简称为第一电流 Ia。

[0033] 第二电容传感器 C8 的一端与三相电源的 B 路连接，第二电容传感器 C8 的另一端与第二等效电阻 R5 的一端连接，第二等效电阻 R5 的另一端接地；所述第二电容传感器 C8 与所述第二等效电阻 R5 构成第二等效支路；从三相电源的 B 路流入第二等效支路的电流记为 Ib，简称为第二电流 Ib。

[0034] 第三电容传感器 C9 的一端与三相电源的 C 路连接，第三电容传感器 C9 的另一端与第三等效电阻 R6 的一端连接，第三等效电阻 R6 的另一端接地。所述第三电容传感器 C9 与所述第三等效电阻 R6 构成第三等效支路；从三相电源的 C 路流入第三等效支路的电流记为 Ic，简称为第三电流 Ic。

[0035] 在本发明中，三相电源的零序电压记为 U_0，第一电流 Ia、第二电流 Ib 和第三电流 Ic 的相量和记为零序电压产生的电流 I，也称为容性电流 I，即 $I = Ia+Ib+Ic$。所述容性电流 I 与零序电压 U_0 的关系为 $I = j\omega DC_nU_0$，j 表示虚数单位，ω 表示角频率（取值 100π rad/s），DC_n 表示高压带电显示器中每一等效支路上的电容传感器的电容量，n 为选取的等效支路的标识，若为第一等效支路，则所述容性电流 I 与零序电压 U_0 的关系为 $I = j\omega DC_1U_0$；同理，若为第二等效支路，则所述容性电流 I 与零序电压 U_0 的关系为 $I = j\omega DC_2U_0$；若为第三等效支路，则所述容性电流 I 与零序电压 U_0 的关系为 $I = j\omega DC_3U_0$。在本发明中是通过检

测所述容性电流 I 来获得小电流接地配电系统的零序电压 U_0 的。

[0036] 参见图 3 所示，为了实现对容性电流 I 的检测，本发明采用微电流互感器 MCT（选用无锡德盛互感器有限公司生产的型号为 SPT204 微电流互感器）与电阻 R0 连接方式，即微电流互感器 MCT 的副边连接有电阻 R0，微电流互感器 MCT 的原边串接在高压带电显示器 HS 的接地端上。微电流互感器 MCT 用于检测容性电流 I，电阻 R0 能够将容性电流 I 转换成容性电压 U。

[0037] 参见图 4 所示，当小电流接地配电系统出现单相接地故障时，采用本发明设计的小电流接地配电系统的接地故障方向诊断系统来进行诊断，具体的诊断步骤如下：

[0038] 诊断步骤一：采集电阻 R0 上的容性电压 U；

[0039] 诊断步骤二：采集零序电流互感器 ZCT 上检测到的零序电流 I_0；

[0040] 诊断步骤三：容性电压 U 经第一低通滤波器 11 进行滤波处理，滤除高频分量，得到 50Hz 的正弦信号 DU；

[0041] 零序电流 I_0 经第二低通滤波器 21 进行滤波处理，滤除高频分量，得到 50Hz 的正弦信号 DI_0；

[0042] 诊断步骤四：正弦信号 DU 经第一过零比较器 12 进行过零比较处理，得到 50Hz 的方波信号 SU；

[0043] 正弦信号 DI_0 经第二过零比较器 22 进行过零比较处理，得到 50Hz 的方波信号 SI_0；

[0044] 诊断步骤五：方波信号 SU 与方波信号 SI_0 经单片机 13 进行超前 / 滞后相位检测处理，得到接地故障方向；

[0045] 所述超前 / 滞后相位检测是指方波信号 SU 的上升沿触发单片机 13 内的中断服务，在所述中断服务中检测方波信号 SI_0 的电平；若方波信号 SI_0 的电平为低电平时，则单片机 13 输出电源侧单相接地故障信号；若方波信号 SI_0 的电平为高电平时，则单片机 13 输出负荷侧单相接地故障信号。

[0046] 当有电源侧单相接地故障时他的相量图如图 4A 所示，图中零序电流 I_0 滞后于容性电压 U 的滞后角 $\theta_1 = 0° \sim 90°$。此时对于单片机 13 而言，方波信号 SU 的上升沿时刻的方波信号 SI_0 的电平为低电平。同理，当有负荷侧单相接地故障时他的相量图如图 4B 所示，图中零序电流 I_0 超前于容性电压 U 的超前角 $\theta_2 = 0° \sim 180°$。此时对于单片机 13 而言，方波信号 SU 的上升沿时刻的方波信号 SI_0 的电平为高电平。

[0047] 在本发明中，对于小电流接地配电系统，以容性电压 U 为基准，负荷侧发生单相接地故障时，零序电流 I_0 超前于容性电压 U，且超前角 $\theta_2 = 0° \sim 180°$；电源侧发生单相接地故障时，零序电流 I_0 滞后于容性电压 U，且滞后角 $\theta_1 = 0° \sim 90°$。因此，通过对馈线接地故障稳态分量的提取、处理，进一步检测系统故障时的容性电压 U 和零序电流 I_0，就能够判断出单相接地故障的方向。

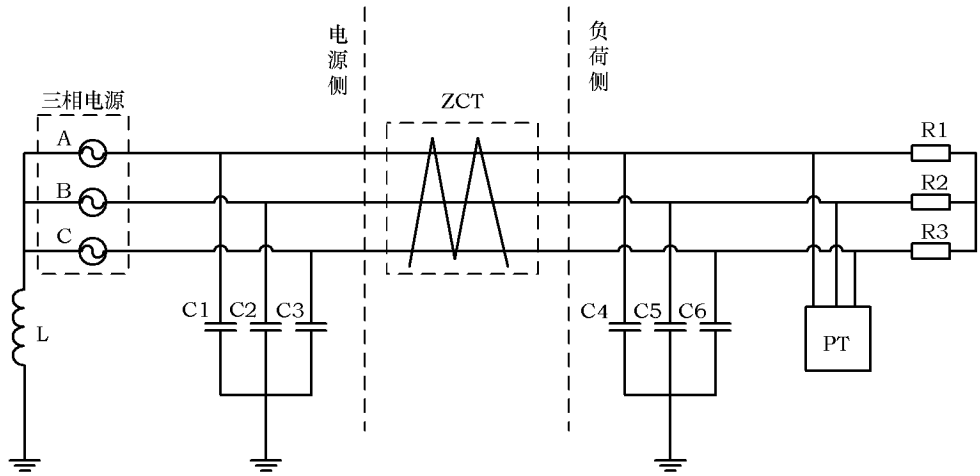

电源侧
负荷侧
三相电源
A
B
C
ZCT
R1
R2
R3
L
C1
C2
C3
C4
C5
C6
PT

图 1

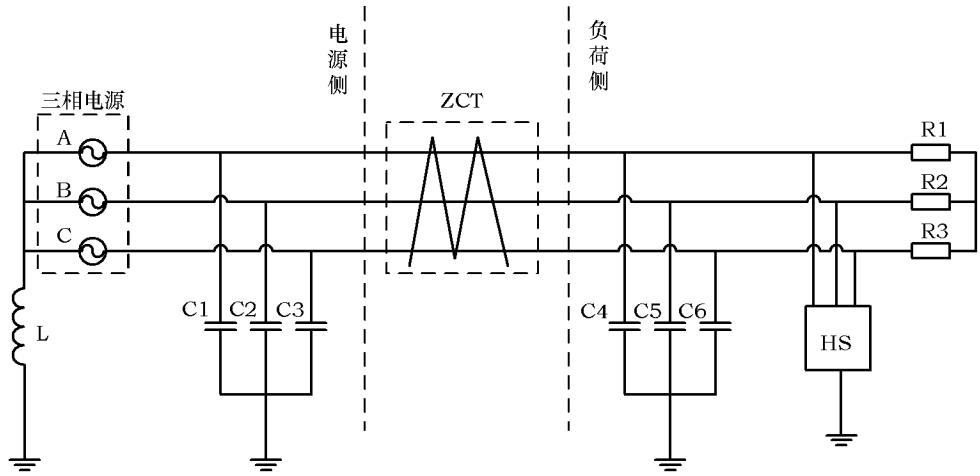

电源侧
负荷侧
三相电源
A
B
C
ZCT
R1
R2
R3
L
C1
C2
C3
C4
C5
C6
HS

图 2

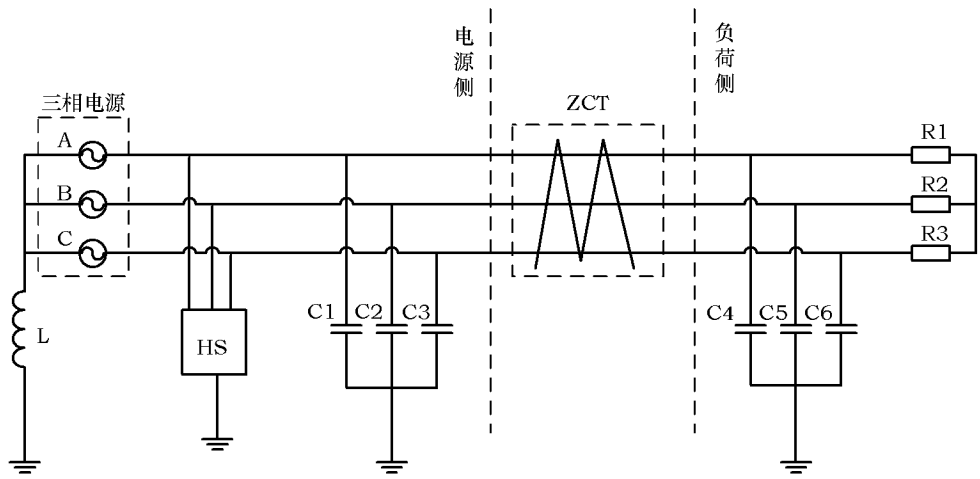

电源侧
负荷侧
三相电源
A
B
C
ZCT
R1
R2
R3
L
HS
C1
C2
C3
C4
C5
C6

图 2A

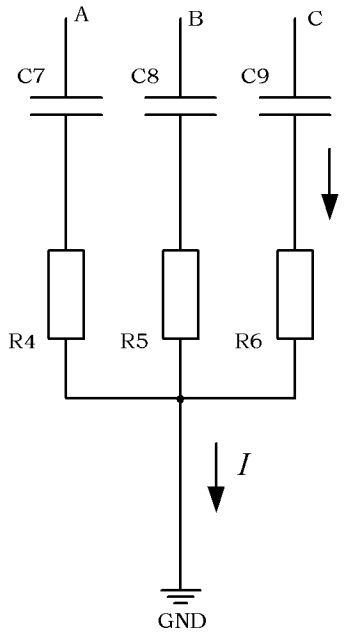

A
B
C
C7
C8
C9
R4
R5
R6
I
GND

图 2B

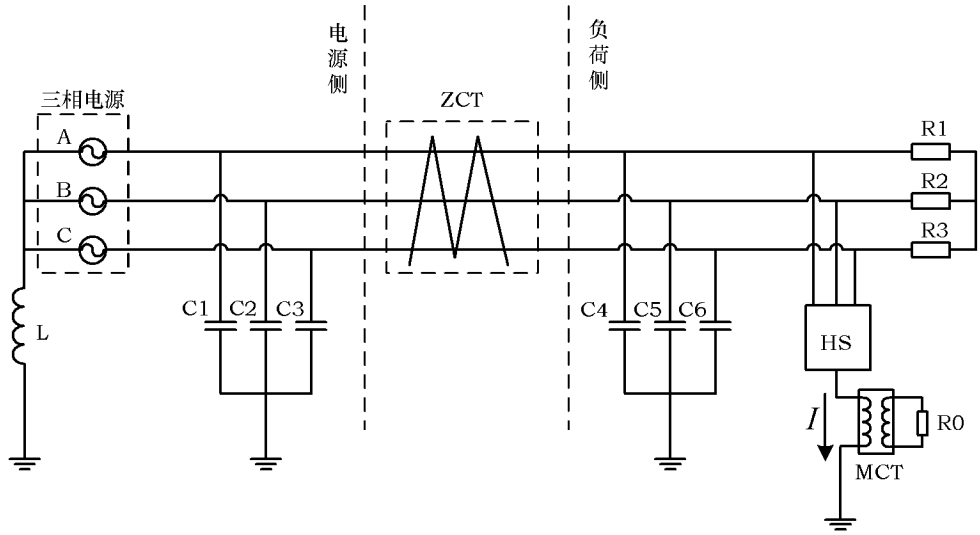

电源侧
负荷侧
三相电源
A
B
C
ZCT
R1
R2
R3
L
C1
C2
C3
C4
C5
C6
HS
I
R0
MCT

图 3

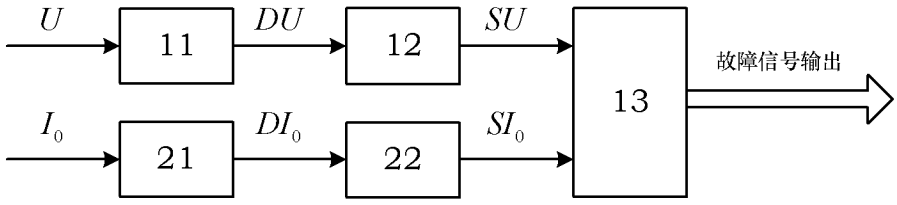

U
11
DU
12
SU
13
故障信号输出
I0
21
DI0
22
SI0

图 4

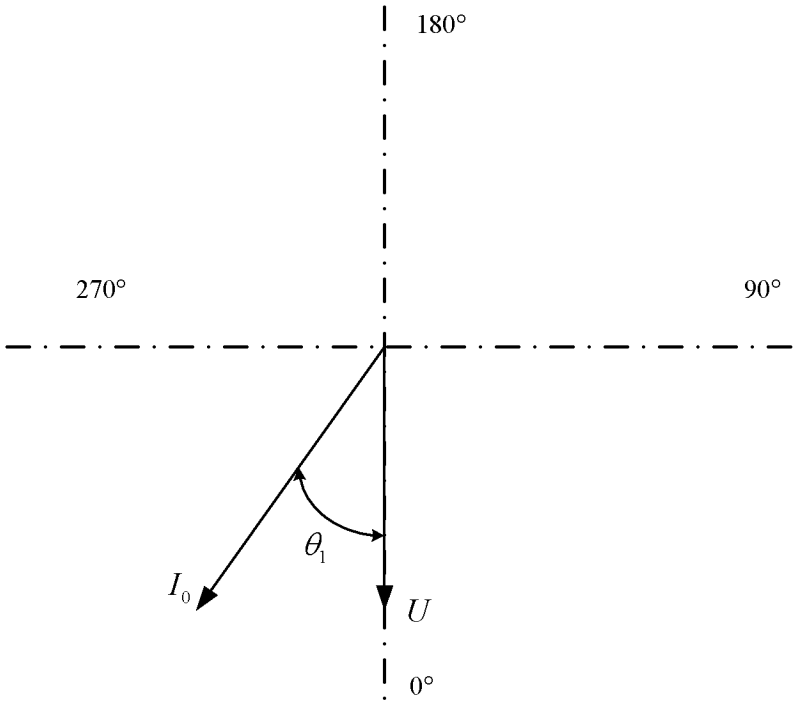


图 4A

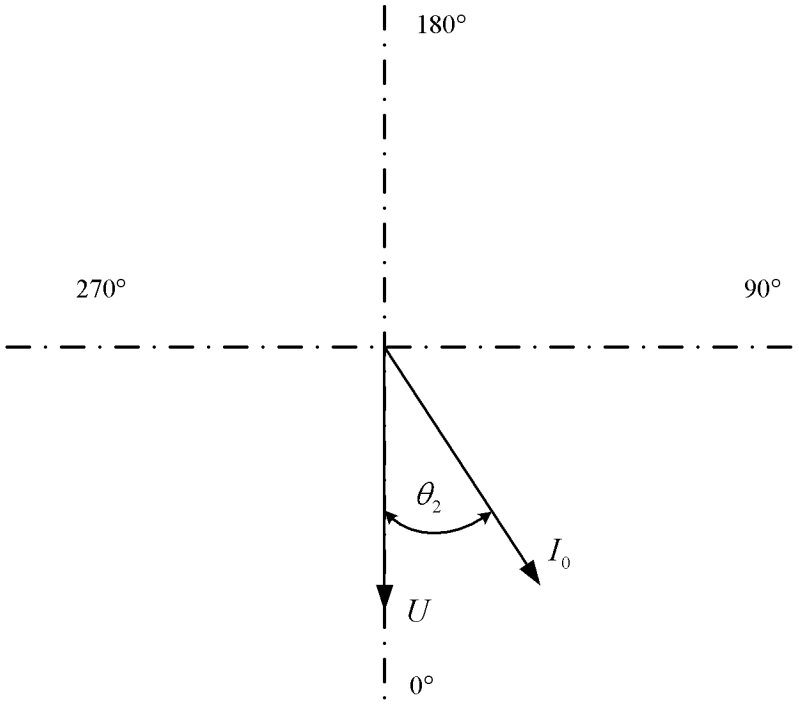


图 4B