



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101699301 B

(45) 授权公告日 2011.08.10

(21) 申请号 200910233401.0

CN 101377529 A, 2009.03.04,

(22) 申请日 2009.10.29

CN 101349714 A, 2009.01.21,

(73) 专利权人 江苏省电力试验研究院有限公司  
地址 210029 江苏省南京市凤凰西街 243 号

卢明, 孙新良, 陈守聚, 闫东, 吕中宾. 架空输电线路及电力电缆工频参数的测量分析. 《高电压技术》. 2007, 第 33 卷 (第 5 期),

(72) 发明人 李长益 付慧 周志成 余青  
熊一霖

王春娜, 梁志瑞, 薛志英, 郑晓明. 互感线路零序参数带电测量方法研究. 《电力自动化设备》. 2008, 第 28 卷 (第 4 期),

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

周学君. 输电线参数测量方法. 《广东电力》. 1999, 第 12 卷 (第 6 期),

代理人 董建林 许婉静

邓辉, 邓克炎. 高感应电压下用 SM501 测试线路正序阻抗的方法. 《电工技术应用》. 2008, (第 2 期),

(51) Int. Cl.

G01R 27/08 (2006.01)

胡志坚, 陈允平, 张承学, 张翊飞. 长距离高压电缆线路互感参数测量. 《高电压技术》. 2002, 第 28 卷 (第 5 期),

(56) 对比文件

- CN 101359007 A, 2009.02.04,
- CN 101419253 A, 2009.04.29,
- CN 101149407 A, 2008.03.26,
- CN 101149408 A, 2008.03.26,
- CN 101135709 A, 2008.03.05,
- CN 101246190 A, 2008.08.20,
- CN 101363880 A, 2009.02.11,

审查员 黄素霞

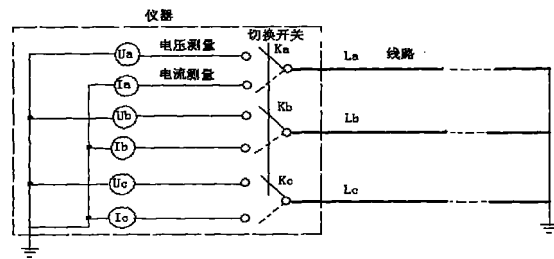
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

感应电测量线路参数的方法

(57) 摘要

本发明提供一种感应电测量线路参数方法, 其特征在于: 包括以下步骤 (1) 将线路一端置为开路状态, 一端保持接地状态, 选定内部电源参考相, 在不外施信号源的前提下, 利用分压器及波形测录装置测量同塔或平行多回线路中停电线路的三相开路感应电压; (2) 将线路两端保持接地状态, 选定内部电源参考相, 利用电流变送器及波形测录装置测量停电线路的三相短路感应电流; (3) 通过滤波、核相、序分量分解等软硬件处理, 分解得到零序和正序电压、电流, 从而得出停电线路的正序、零序阻抗。本发明在不外施电源的前提下, 采用信号测录装置测量停电线路上的感应电压和电流, 利用序分量分解法求解线路参数, 避免了感应电对线路参数测量的影响。



CN 101699301 B

1. 一种感应电测量线路参数的方法,其特征在于:包括以下步骤:

(1) 操作停电线路的接地刀闸,将线路一端置为开路状态,一端保持接地状态,选定内部电源参考相,在不外施信号源的前提下,利用分压器及波形测录装置测量同塔或平行多回线路中停电线路的三相开路感应电压;

(2) 操作停电线路的接地刀闸,将线路两端保持接地状态,选定内部电源参考相,利用电流变送器及波形测录装置测量停电线路的三相短路感应电流;

(3) 通过滤波、核相、序分量分解处理,分解得到零序和正序电压、电流,从而得出停电线路的正序、零序阻抗,

根据公式 1 和公式 2 的对称分量法分解三相电压、电流测量值:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad \text{公式 1}$$

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} \quad \text{公式 2}$$

其中,  $\alpha = e^{j120^\circ}$ ;  $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$  分别为 a、b、c 三相短路时,各自的短路电流; $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  分别为 a、b、c 三相开路时各自的开路电压; $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_0$  分别为线路的正序、负序、零序电流; $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_0$  分别为线路的正序、负序、零序电压;再根据公式 3 计算出停电线路的正序、负序及零序阻抗,

$$\begin{cases} Z_1 = U_1 / I_1 \\ Z_2 = U_2 / I_2 \\ Z_0 = U_0 / I_0 \end{cases} \quad \text{公式 3}$$

其中  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_0$  分别为正序阻抗、负序阻抗和零序阻抗。

2. 根据权利要求 1 所述的感应电测量线路参数的方法,其特征在于:分步测量感应电压与电流时,运行线路负荷保持相对稳定状况,分压器、电流变送器与波形测录装置快速自动切换通道。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的感应电测量线路参数的方法,其特征在于:利用波形测录装置准确测量出电压和电流的幅值和相位,利用序分量分解法计算出正序、零序阻抗。

## 感应电测量线路参数的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用停电线路本身感应电,在不外施电源的前提下,通过测量停电线路的感应电压和电流的幅值、相位,利用序分量分解法求解线路参数的方法,属于高压输变电技术领域。

### 背景技术

[0002] 输电线路的工频参数如正序参数、零序参数等,是电力系统潮流计算、继电保护整定计算及系统运行方式选择的重要参数。由于输电线路在投运后受土壤电阻率变化、线路走向和地理位置变化、气候环境等因素影响,线路参数精确计算非常难,大都通过移频、传统升压等测试法在现场测量确定。

[0003] 随着线路走廊日趋紧张,同杆多回、平行线路非常普遍。由于同塔或并排架设多回线路之间的电磁耦合强,受运行线路感应电作用,停电被测线路存在很强的电磁干扰电压,常规的测量方法如移频测试法,在现场测试线路参数时,测试精度差,且当停电线路的感应电很高时,仪器常无法正常工作。因此,当同塔多回或平行线路之间干扰较强时,移频线路测试法对线路参数的测量精度难以得到保证。

[0004] 本发明根据现场同塔多回线路间感应电压非常高时,移频参数测试仪测试精度差、且有时无法正常工作的实际情况,提出利用感应电测量线路参数的方法,该方法在线路感应电越高,测试精度越好,是移频线路参数测试法的有效互补。模拟和现场的线路参数测试结果表明,该方法不需增加附加信号源,接线简单,安全可靠,对消除线路的强电磁耦合影响效果明显,适用于邻近线路感应电压较高且不能停电的场合。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是,当同塔多回线路或平行架设线路感应电压较高时,有效解决移频线路参数测试法的测试难题,实现强耦合感应电情况下的线路参数测试。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种感应电测量线路参数方法,其特征在于:包括以下步骤

[0007] (1) 操作停电线路的接地刀闸,将线路一端置为开路状态,一端保持接地状态,选定内部电源参考相,在不外施信号源的前提下,利用分压器及波形测录装置测量同塔或平行多回线路中停电线路的三相开路感应电压;

[0008] (2) 操作停电线路的接地刀闸,将线路两端保持接地状态,选定内部电源参考相,利用电流变送器及波形测录装置测量停电线路的三相短路感应电流;

[0009] (3) 通过滤波、核相、序分量分解等软硬件处理,分解得到零序和正序电压、电流,从而得出停电线路的正序、零序阻抗。

[0010] 前述的感应电测量线路参数的方法,其特征在于:分步测量停电线路的感应电压与电流时,运行线路负荷保持相对稳定状况,分压器、电流变送器与波形测录装置快速自动切换通道。

[0011] 前述的感应电测量线路参数的方法,其特征在于:利用波形测录装置准确测量出电压和电流的幅值和相位,利用序分量分解法计算出正序、零序阻抗。

[0012] 本发明的感应电测量线路参数方法,其原理叙述如下:

[0013] (1) 技术方案的第一部分:在同塔多回或平行架设线路的状况下,利用停电线路自身感应电压和电流,不附加额外电源,达到自动测量停电线路的线路参数的目的,简单方便,安全可靠,且避免了因感应电压高影响测试精度差的缺点。随着通道资源的日益紧张,同塔多回或平行架设线路非常普遍,由于线路之间电磁耦合的影响,线路参数测试越来越困难。为增强测量仪器的抗干扰性能,提高测试精度,一方面采用升高电压测量,但设备庞大沉重,且调压器、中间变压器、电压和电流互感器及各种仪表接线复杂,工作量大,也易引起测量误差。另一方面采用移频法避开工频干扰,但仪器内部元器件受高的感应电压影响漂移大,测试精度差,且常出现感应电压高报警,仪器保护动作。因此,在线路之间强电磁耦合情况下,直接利用停电线路自身感应电进行线路参数测试是合适的。

[0014] (2) 技术方案的第二部分:在将停电线路的对侧接地刀闸可靠接地,本侧接地刀闸打开,利用分压器及波形测录装置测量线路三相感应电压,并利用电流变送器及波形测录装置测量线路三相感应电流,可通过序分量分解法计算得出线路的正序、负序及零序阻抗。分压器和电流变送器需根据停电线路感应电大小跟踪调节量程,且线性度好。波形测量装置在滤波后,准确测量三相电压和电流的幅值,并根据参考相计算出相位。停电线路的感应电压和感应电流的幅值和相位的准确测量非常关键的环节。

[0015] (3) 技术方案的第三部分:停电线路的三相感应电压测量是在线路一端三相开路一端三相短路且接地状态下进行,而停电线路的三相感应电流测量是在线路两端三相短路且接地状态下进行,因此,停电线路的感应电压和电流测量需分步实施,为保证同时性,一方面需运行中负荷保证相对稳定,另一方面需测量仪器快速自动切换。

[0016] 本发明所达到的有益效果:

[0017] 本发明的感应电测量线路参数的方法,不增加附加的测试电源,可较精确地测量停电线路的线路参数,测试中无需频繁改变测试接线和更改线路接地状态,通过测量停电线路感应电压和电流计算得出线路参数,有效地克服了强电磁耦合影响,取得良好的测试效果。

#### 附图说明

[0018] 图1 本发明的感应电测量线路参数的方法的接线图;

[0019] 图2 本发明的测试仪器与线路连接示意图;

[0020] 图3 本发明的模拟线路参数测试的接线示意图;

[0021] 图4 本发明的实际线路感应电压测量示意图;

[0022] 图5 本发明的实际线路的感应电流测量示意图。

#### 具体实施方式

[0023] 图1所示的是本发明感应电测量线路参数的方法的测量接线图。根据感应电测量线路参数方法和现场测试要求,研制自动测试仪器,仪器与停电测试线路的连接图,如图2所示。

[0024] 为验证本发明的感应电测量线路参数的方法的可行性,在实验室和现场进行试验。

[0025] 选择集中参数模拟线路作为实施对象,其实施情况如下:

[0026] 如图 3 所示,利用隔离变压器对模拟线路进行感应加压,分别改变线路电感、电容及电阻值,测量模拟线路的正序和零序阻抗,并与移频法进行比对,其结果见表 1。

[0027] 表 1 感应电法和移频法的模拟试验结果

[0028]

模拟条件	测试方法	正序阻抗	零序阻抗
R=7.5Ω C=1μF L=35.2mH	移频法	10.167+j14.50	10.69+j14.765
	感应电法	9.936+j13.919	9.91+ j13.072
R=7.5Ω C=1μF L=17.5mH	移频法	9.641+j7.321	10.047+ j7.575
	感应电法	9.558+j7.02	10.09+ j6.244
R=7.5Ω C=3μF L=35.2mH	移频法	10.205+j14.583	10.752+ j14.87
	感应电法	10.005+j13.962	10.122+ j13.023
R=2.5Ω C=1μF L=35.2mH	移频法	5.098+j14.547	5.579+ j14.912
	感应电法	4.711+j13.911	4.911+ j12.938

[0029] 从测试结果看,在线路感应电较小的情况下,本发明的感应电法测试结果与移频法基本一致。

[0030] 选择 500kV 迴峰山变电站的同塔四回线路的 2Y01、2Y02、2Y05、2Y06 线作为实施对象,对其中 2Y01、2Y02、2Y05 线的正序和零序阻抗进行了现场测量,其实施步骤为:

[0031] (1) 线路的开路感应电压测试。令线路转检修状态,将仪器和分压器可靠接地,并在变电站内将分压器的三相高压端分别连接至首端线路侧接地刀闸(或避雷器)A、B、C 三相的上端,如图 4 所示,分压器的三相低压臂接至测试仪器的三相电压通道。将首端线路侧接地刀闸打开,末端保持接地状态,测量线路的三相开路感应电压。

[0032] (2) 线路短路感应电流测试。令线路转检修状态,将仪器可靠接地,并将仪器的三相电流通路分别接至首端线路侧接地刀闸(或避雷器)A、B、C 三相的上端,如图 5 所示。将首端线路侧接地刀闸打开,末端保持接地状态,测量线路的三相短路感应电流。

[0033] (3) 按照对称分量法分解三相电压、电流测量值,如公式 1 和公式 2 所示。

$$[0034] \quad \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (\text{式 1})$$

$$[0035] \quad \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} \quad (\text{式 2})$$

[0036] 其中,  $\alpha = e^{j120^\circ}$ ;  $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$  分别为 a、b、c 三相短路时,各自的短路电流;  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  分别为 a、b、c 三相开路时各自的开路电压;  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_0$  分别为线路的正序、负序、零序电流;  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_0$  分别为线路的正序、负序、零序电压;

[0037] 再根据公式 3 计算出停电线路的正序、负序及零序阻抗。

$$[0038] \quad \begin{cases} Z_1 = U_1 / I_1 \\ Z_2 = U_2 / I_2 \\ Z_0 = U_0 / I_0 \end{cases} \quad (\text{式 3})$$

[0039] 其中  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_0$  分别为正序阻抗、负序阻抗和零序阻抗。

[0040] 由于停电线路的感应电高,移频法准确测量困难,故与传统升压测试法的结果进行比较。表 2 为 2Y01、2Y02 和 2Y05 线的正序阻抗现场测量结果,表 3 为 2Y01、2Y02 和 2Y05 线的零序阻抗测量结果,由于停电线路的零序阻抗值易受邻近线路运行状态的影响,如邻近线路处于检修或热备用状态时,其零序阻抗不一致,故只测量了停电线路某种状态下的零序阻抗,测量结果见表 3。由此可知,本发明的感应电线路参数法在现场测试是可行的。

[0041] 表 2 2Y01、2Y02 和 2Y05 线的正序阻抗现场测量结果

[0042]

线路名称及测试方法		正序阻抗/ $\Omega$	相位角	正序电阻/ $\Omega$	正序电抗/ $\Omega$
2Y01 线	传统升压法	15.887	84.43	1.542	15.812
	感应电法	16.23	83.05	1.964	16.112
2Y02 线	传统升压法	24.825	82.14	3.396	24.591
	感应电法	24.88	81.67	3.605	24.616
2Y05 线	传统升压法	8.691	78.65	1.71	8.521
	感应电法	9.5	72.08	2.923	9.038

[0043] 表 3 2Y01、2Y02 和 2Y05 线的零序阻抗测量结果

[0044]

测试条件	测试方法	零序阻抗 / $\Omega$	相位角/ 度	零序电阻 / $\Omega$	零序电抗 / $\Omega$
2Y05 和 2Y06 线运行,	传统升压法	46.14	75.73	11.374	44.711
2Y02 线检修状态, 测量 2Y01 线	感应电法	42.77	83.6	4.77	42.5
2Y05 和 2Y06 线运行,	传统升压法	80.238	75.32	20.33	77.619
2Y01 线检修状态, 测量 2Y02 线	感应电法	81.07	80.02	14.05	79.84
2Y01, 2Y02, 2Y06	传统升压法	24.173	76.681	5.569	23.523
运行, 测量 2Y05 线	感应电法	23.311	81.121	3.60	23.032

[0045] 综上所述,本发明的感应电测量线路参数的方法,很好地利用了线路感应电测量线路参数,且线路电磁耦合越强感应电越高,测试效果越好,其克服了原有测试方法的缺点,可作为移频线路参数测试法的有效互补措施。

[0046] 上述实施例不以任何形式限定本发明,凡采取等同替换或等效变换的形式所获得的技术方案,均落在本发明的保护范围之内。

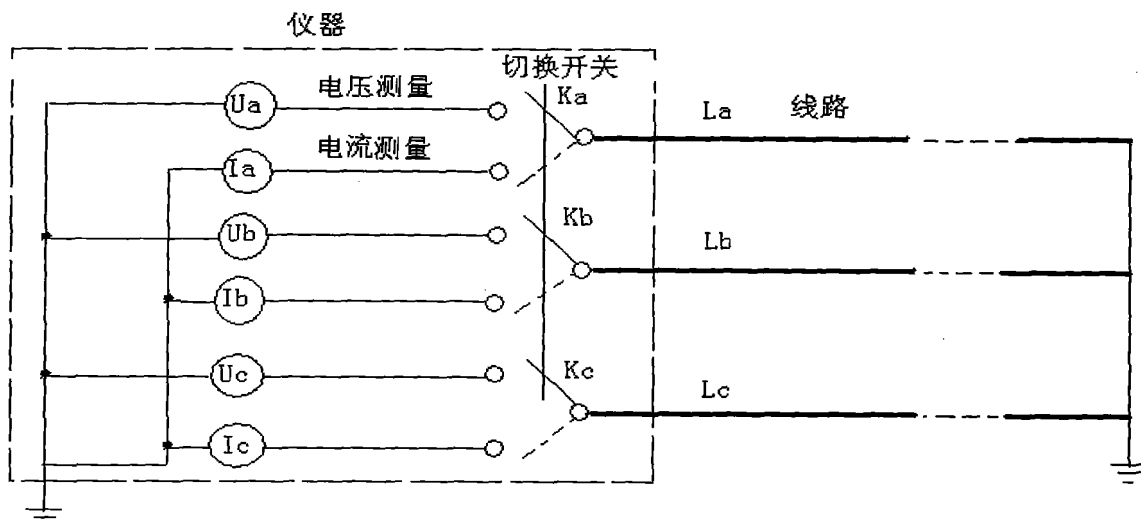


图 1

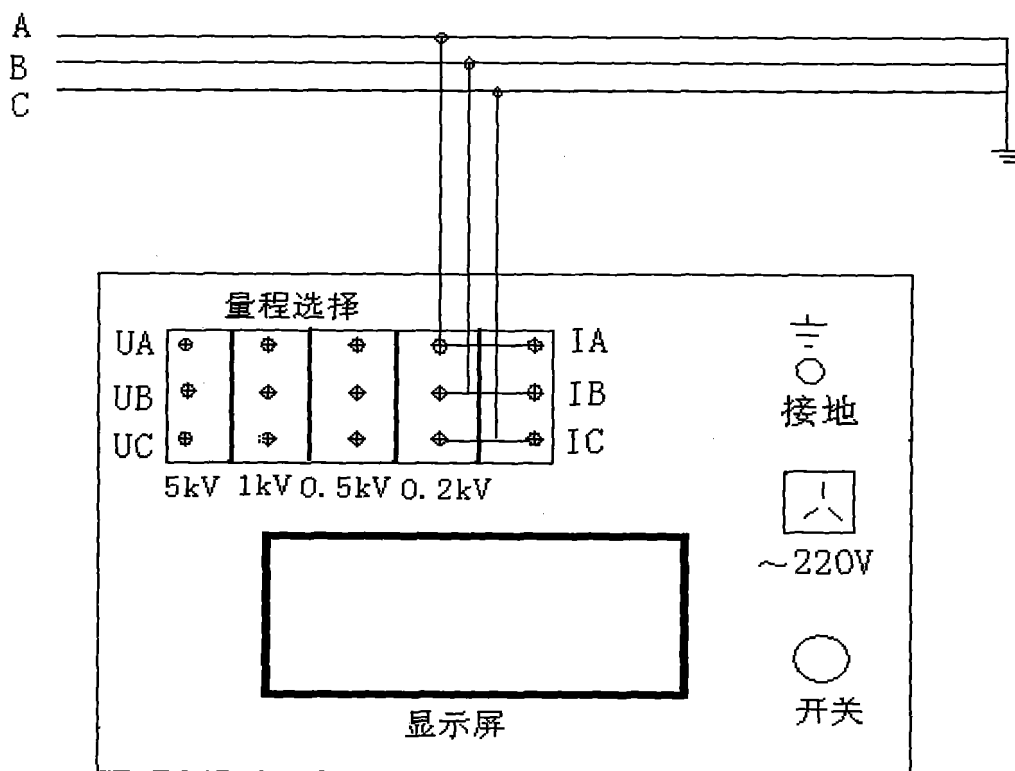


图 2



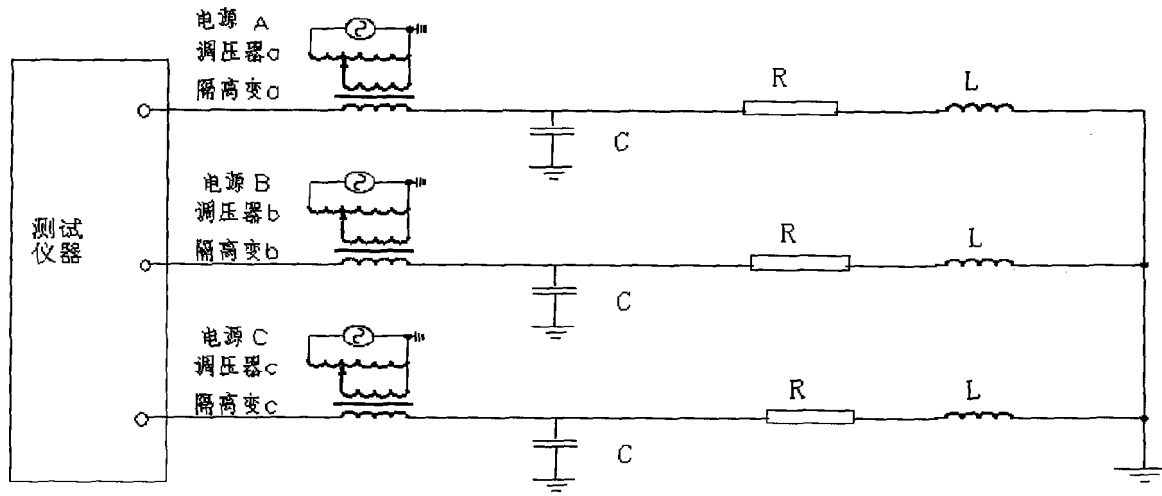


图 3

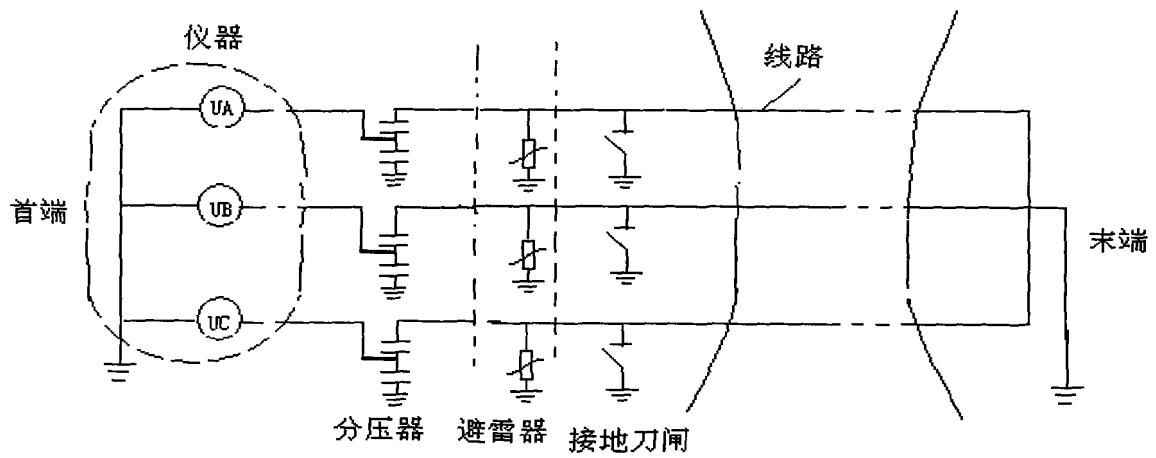


图 4

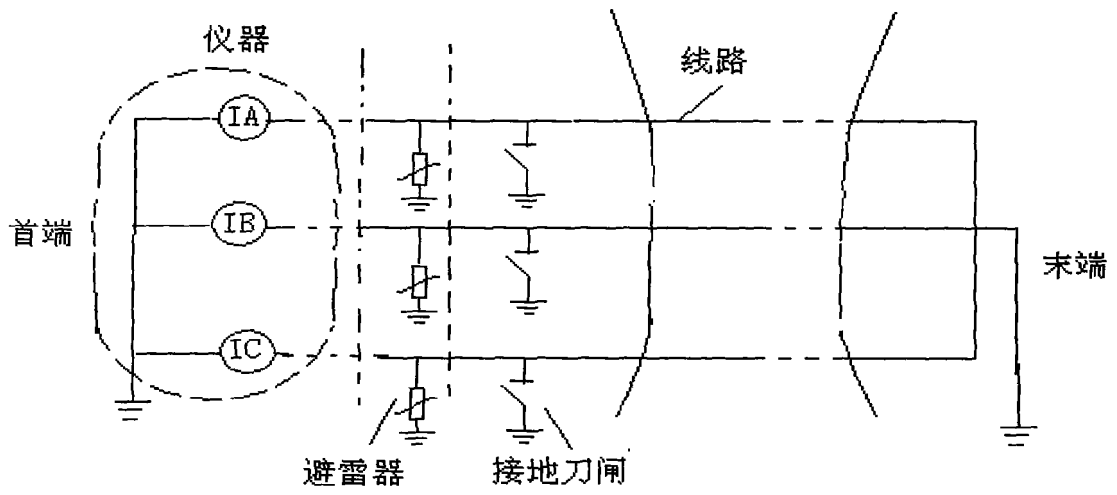


图 5