



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116184117 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 30

(21) 申请号 202310158905.0

(22) 申请日 2023.02.23

(71) 申请人 国网陕西省电力有限公司西安供电公司

地址 710032 陕西省西安市新城区环城东路159号

申请人 西安理工大学

(72) 发明人 王翰锋 封刚铎 梁建锋 田宇 王晗萌

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

专利代理师 李鹏威

(51) Int. Cl.

G01R 31/08 (2020.01)

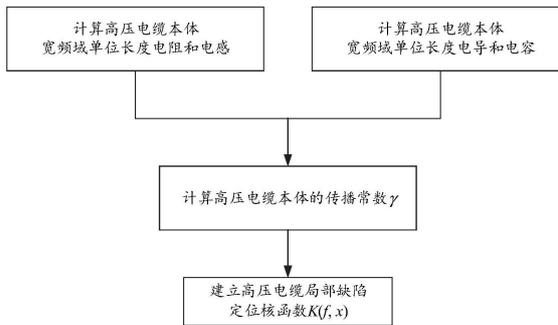
权利要求书4页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

一种电缆局部缺陷定位方法、系统、设备及介质

(57) 摘要

本发明公开了一种电缆局部缺陷定位方法、系统、设备及介质,所述方法包括:运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位,获得定位结果;其中,运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时,基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱函数中的核函数的获取过程中,电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感,通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取;电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容,采用建立考虑半导电层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取。本发明具体公开了新的电缆局部缺陷定位核函数的获取方法,能够获得准确的定位核函数,最终可提高电缆局部缺陷的定位精度。



1. 一种电缆局部缺陷定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位,获得定位结果;其中,

运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时,基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱函数 $F(x)$ 为,

$$F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f,x)df ;$$

式中, $Z(f)$ 为电缆首端频域反射谱; $K(f,x)$ 为定位谱函数的核函数; f_1 为频域反射谱的频率上限; f_2 为频域反射谱的频率下限; x 为电缆空间位置;

核函数的表达式为,

$$K(f,x) = e^{-2\gamma x};$$

式中, γ 为电缆本体的传播常数, $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$;

式中, R 为电缆本体的单位长度电阻; L 为电缆本体的单位长度电感; G 为电缆本体的单位长度电导; C 为电缆本体的单位长度电容;

其中,电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感,通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取;电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容,采用建立考虑半导电层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感,通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取的步骤包括:

基于有限元计算方法,建立获取电缆本体二维几何模型;其中,所述电缆本体二维几何模型包括中心导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、缓冲层、金属屏蔽层和外护套,且根据电缆的各结构材料类型和材料物理参数随温度和频率的变化规律,设置有材料类型和材料参数;

对获取的所述电缆本体二维几何模型进行涡流场分析;其中,给所述电缆本体二维几何模型添加无限元域,获取二维有限元模型;对获取的所述二维有限元模型进行网格剖分,获取网格剖分的二维有限元仿真模型;

利用频域求解方法进行计算,通过二维有限元仿真模型计算得到场解之后,将计算得到的场解转换为电缆本体的单位长度电阻和电感,获得有限元计算结果;

将有限元计算结果与电缆本体单位长度电阻、电感的解析解进行对比,符合预设误差要求时,获得最终的电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述无限元域用于模拟开放的表面,无限元域的边界处的描述表达式为,

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial A_z}{\partial r} + jk_0 A_z \right) = 0 ;$$

$$r = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} ;$$

式中, r 是源点与场点的距离; k_0 是波数; A_z 是磁矢位在 z 轴上的分量; x_1 是场点横坐标; y_1 是场点纵坐标。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,利用频域求解方法进行计算时,设置参数化

扫描的频率为1Hz~100MHz。

5.如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述将计算得到的场解转换为电缆本体的单位长度电阻和电感的步骤中,

电缆本体的单位长度电阻的计算表达式为,

$$R = \frac{1}{I_0^2} \int_s \mathbf{J}^* \cdot \mathbf{E} ds \quad ; \quad I_0 = \int_s \mathbf{J}^* ds \quad ; \quad \varphi_0 = \int_s \mathbf{E} ds \quad ;$$

式中, I_0 和 φ_0 分别为面s所通过的总电流和电势差; \mathbf{J}^* 为电流密度矢量的共轭; \mathbf{E} 为电场强度矢量;

电缆本体的单位长度电感的计算表达式为,

$$L = \frac{1}{I_0^2} \int_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* ds \quad ; \quad W_m = \frac{1}{4} \int_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* ds \quad ; \quad W_m = \frac{LI_0^2}{4} \quad ;$$

式中, \mathbf{B} 为磁感应强度矢量; W_m 为磁场能量; \mathbf{H}^* 为磁场强度矢量的共轭; I_0 为面s所通过的总电流。

6.如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述电缆本体单位长度电阻、电感的解析解的获取步骤中,

电缆本体单位长度电阻和电感的表达式分别为,

$$R = \text{real}(Z_c + Z_s) \quad \text{和} \quad L = \frac{\text{imag}(Z_c + Z_s)}{\omega} + L_e \quad \text{其中,}$$

$$Z_c = \frac{m_c \rho'_c I_0(m_c r_1)}{2\pi r_1 I_1(m_c r_1)} \quad ; \quad Z_s = \frac{m_s \rho_s [I_0(m_s r_2) K_1(m_s r_3) + I_1(m_s r_3) K_0(m_s r_2)]}{2\pi r_2 [I_1(m_s r_3) K_1(m_s r_2) - I_1(m_s r_2) K_1(m_s r_3)]} \quad ; \quad L_e = \frac{\mu_3}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad ;$$

$$\rho'_c = \rho_c \frac{\pi r_1^2}{A_c} \quad ; \quad m_c = \sqrt{\frac{j\omega\mu_1}{\rho'_c}} \quad ; \quad m_s = \sqrt{\frac{j\omega\mu_2}{\rho_s}} \quad ;$$

式中, Z_c 为电缆本体中心导体单位长度的内阻抗; r_1 为中心导体的半径; m_c 为中心导体复合穿透深度的倒数; ρ_c 为中心导体的电阻率; A_c 为中心导体的标称横截面积; j 为虚数单位; μ_3 为中心导体磁导率; ω 为角频率; $I_0(x)$ 为0阶第一类修正贝塞尔函数; $I_1(x)$ 为1阶第一类修正贝塞尔函数; Z_s 为电缆本体金属屏蔽层单位长度的内阻抗; m_s 为金属屏蔽层复合穿透深度的倒数; ρ_s 为金属屏蔽层电阻率; r_2 为金属屏蔽层的内半径; r_3 为金属屏蔽层的外半径; μ_2 为金属屏蔽层的磁导率; $K_0(x)$ 为0阶第二类修正贝塞尔函数; $K_1(x)$ 为1阶第二类修正贝塞尔函数; L_e 为电缆本体中心导体到金属屏蔽层单位长度的外电感; μ_3 为绝缘材料的磁导率。

7.如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容,采用建立考虑半导体层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取的步骤包括:

电缆单位长度导纳为每层绝缘介质自身的电容和电导先并联,再将各层绝缘介质导纳串联;其中,

第k层绝缘介质的单位长度电容 C_k 和电导 G_k 分别为,

$$C_k = \frac{2\pi\epsilon_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

$$G_k = \frac{2\pi\sigma_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

式中： ϵ_k 为第k层绝缘介质的介电常数； σ_k 为第k层绝缘介质的电导率； r_{k+1} 为第k层绝缘介质的外半径； r_k 为第k层绝缘介质的内半径；

第k层绝缘介质的单位长度导纳 Y_k 为，

$$Y_k = G_k + j\omega C_k = \frac{2\pi\sigma_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)} + j\omega \frac{2\pi\epsilon_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

电缆中心导体到金属屏蔽层之间含有N层绝缘介质的单位长度导纳Y为，

$$Y = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \frac{1}{Y_k}};$$

电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容分别为， $G = \text{Re}(Y)$ 和 $C = \text{Im}(Y)$ 。
 ω 。

8. 一种电缆局部缺陷定位系统，其特征在于，包括：

定位模块，用于运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位，获得定位结果；其中，

运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时，基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱函数 $F(x)$ 为，

$$F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f, x)df;$$

式中， $Z(f)$ 为电缆首端频域反射谱； $K(f, x)$ 为定位谱函数的核函数； f_1 为频域反射谱的频率上限； f_2 为频域反射谱的频率下限； x 为电缆空间位置；

核函数的表达式为，

$$K(f, x) = e^{-2\gamma x};$$

式中， γ 为电缆本体的传播常数， $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$ ；

式中， R 为电缆本体的单位长度电阻； L 为电缆本体的单位长度电感； G 为电缆本体的单位长度电导； C 为电缆本体的单位长度电容；

其中，电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感，通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取；电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容，采用建立考虑半导电层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取。

9. 一种电子设备，其特征在于，包括：

至少一个处理器；以及，

与所述至少一个处理器通信连接的存储器；其中，

所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令，所述指令被所述至少一个处理器执行，以使所述至少一个处理器能够执行如权利要求1至7中任一项所述的电缆局部缺陷定位法。

10. 一种计算机可读存储介质, 存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至7中任一项所述的电缆局部缺陷定位方法。

一种电缆局部缺陷定位方法、系统、设备及介质

技术领域

[0001] 本发明属于电缆故障检测技术领域,特别涉及一种电缆局部缺陷定位方法、系统、设备及介质。

背景技术

[0002] 电缆(示例性的,如高压电缆;高压电缆是电力电缆的一种,一般是指用于传输1kV~1000kV之间的电力电缆,多应用于电力传输和分配)是城市输电网的关键电力装备,在智能电网和特高压工程中发挥着极其重要的作用。电缆在生产过程中可能会带有各种潜伏性绝缘缺陷,在投入运行之后也会受到各种因素的影响,上述因素的共同作用导致电缆容易引起各种故障,会影响电力系统的安全稳定运行。综上,如何快速准确地发现故障和确定故障位置是现阶段电缆运维所面临的重点问题。

[0003] 另外,近年来国内外多地的110kV及以上电压等级XLPE绝缘皱纹铝护套电缆出现了一种新型电缆故障,其故障位置不是高压电缆附件或主绝缘处而是在高压电缆金属屏蔽层和绝缘屏蔽层之间,即缓冲层缺陷。使用传统的电缆故障检测方法(如基于电缆的击穿电压、介电损耗、泄漏电流、绝缘电阻等电气参数的状态检测技术、耐压测试、局部放电监测技术、时域反射法等),无法检测出此类潜伏性缺陷。解释性的,高压电缆属于典型的同轴传输线,通常利用传输线理论分析其上的电磁波传输问题。

[0004] 近几年,国内外研究人员将基于传输线理论的频域反射谱检测技术应用到高压电缆线路故障检测中,频域反射谱检测技术可以对高压电缆缓冲层缺陷进行检测和定位;其中,对高压电缆局部缺陷定位必须建立准确的定位谱函数,其中核函数是至关重要的,需要通过高压电缆本体的分布参数构建。目前的核函数获取方法具有较大误差,导致应用频域反射谱检测技术对高压电缆缓冲层缺陷进行检测和定位时不能获得准确的结果。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种电缆局部缺陷定位方法、系统、设备及介质,以解决上述存在的一个或多个技术问题。本发明提供的技术方案中,公开了新的电缆局部缺陷定位核函数的获取方法,能够获得准确的定位核函数,最终可提高电缆局部缺陷的定位精度。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0007] 本发明提供了一种电缆局部缺陷定位方法,包括以下步骤:

[0008] 运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位,获得定位结果;其中,

[0009] 运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时,基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱函数 $F(x)$ 为,

$$[0010] \quad F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f,x)df ;$$

[0011] 式中, $Z(f)$ 为电缆首端频域反射谱; $K(f,x)$ 为定位谱函数的核函数; f_1 为频域反射谱的频率上限; f_2 为频域反射谱的频率下限; x 为电缆空间位置;

[0012] 核函数的表达式为,

$$[0013] \quad K(f, x) = e^{-2\gamma x};$$

[0014] 式中, γ 为电缆本体的传播常数, $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$;

[0015] 式中, R 为电缆本体的单位长度电阻; L 为电缆本体的单位长度电感; G 为电缆本体的单位长度电导; C 为电缆本体的单位长度电容;

[0016] 其中, 电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感, 通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取; 电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容, 采用建立考虑半导体层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取。

[0017] 本发明的进一步改进在于, 所述电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感, 通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取的步骤包括:

[0018] 基于有限元计算方法, 建立获取电缆本体二维几何模型; 其中, 所述电缆本体二维几何模型包括中心导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、缓冲层、金属屏蔽层和外护套, 且根据电缆的各结构材料类型和材料物理参数随温度和频率的变化规律, 设置有材料类型和材料参数;

[0019] 对获取的所述电缆本体二维几何模型进行涡流场分析; 其中, 给所述电缆本体二维几何模型添加无限元域, 获取二维有限元模型; 对获取的所述二维有限元模型进行网格剖分, 获取网格剖分的二维有限元仿真模型;

[0020] 利用频域求解方法进行计算, 通过二维有限元仿真模型计算得到场解之后, 将计算得到的场解转换为电缆本体的单位长度电阻和电感, 获得有限元计算结果;

[0021] 将有限元计算结果与电缆本体单位长度电阻、电感的解析解进行对比, 符合预设误差要求时, 获得最终的电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感。

[0022] 本发明的进一步改进在于, 所述无限元域用于模拟开放的表面, 无限元域的边界处的描述表达式为,

$$[0023] \quad \lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial A_z}{\partial r} + jk_0 A_z \right) = 0;$$

$$[0024] \quad r = \sqrt{x_1^2 + y_1^2};$$

[0025] 式中, r 是源点与场点的距离; k_0 是波数; A_z 是磁矢位在 z 轴上的分量; x_1 是场点横坐标; y_1 是场点纵坐标。

[0026] 本发明的进一步改进在于, 利用频域求解方法进行计算时, 设置参数化扫描的频率为 1Hz~100MHz。

[0027] 本发明的进一步改进在于, 其特征在于, 所述将计算得到的场解转换为电缆本体的单位长度电阻和电感的步骤中,

[0028] 电缆本体的单位长度电阻的计算表达式为,

$$[0029] \quad R = \frac{1}{I_0^2} \int_s \mathbf{J}^* \cdot \mathbf{E} ds \quad ; \quad I_0 = \int_s \mathbf{J}^* ds \quad ; \quad \varphi_0 = \int_s \mathbf{E} ds \quad ;$$

[0030] 式中, I_0 和 φ_0 分别为面 s 所通过的总电流和电势差; \mathbf{J}^* 为电流密度矢量的共轭; \mathbf{E} 为

电场强度矢量；

[0031] 电缆本体的单位长度电感的计算表达式为，

$$[0032] \quad L = \frac{1}{I_0^2} \int_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* ds \quad ; \quad W_m = \frac{1}{4} \int_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* ds \quad ; \quad W_m = \frac{LI_0^2}{4} \quad ;$$

[0033] 式中，B为磁感应强度矢量； W_m 为磁场能量； \mathbf{H}^* 为磁场强度矢量的共轭； I_0 为面s所通过的总电流。

[0034] 本发明的进一步改进在于，所述电缆本体单位长度电阻、电感的解析解的获取步骤中，

[0035] 电缆本体单位长度电阻和电感的表达式分别为，

$$[0036] \quad R = \text{real}(Z_c + Z_s) \quad \text{和} \quad L = \frac{\text{imag}(Z_c + Z_s)}{\omega} + L_e \quad \text{其中，}$$

$$[0037] \quad Z_c = \frac{m_c \rho'_c I_0(m_c r_1)}{2\pi r_1 I_1(m_c r_1)} \quad ; \quad Z_s = \frac{m_s \rho_s [I_0(m_s r_2) K_1(m_s r_3) + I_1(m_s r_3) K_0(m_s r_2)]}{2\pi r_2 [I_1(m_s r_3) K_1(m_s r_2) - I_1(m_s r_2) K_1(m_s r_3)]} \quad ; \quad L_e = \frac{\mu_3}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad ;$$

$$[0038] \quad \rho'_c = \rho_c \frac{\pi r_1^2}{A_c} \quad ; \quad m_c = \sqrt{\frac{j\omega\mu_1}{\rho'_c}} \quad ; \quad m_s = \sqrt{\frac{j\omega\mu_2}{\rho_s}} \quad ;$$

[0039] 式中， Z_c 为电缆本体中心导体单位长度的内阻抗； r_1 为中心导体的半径； m_c 为中心导体复合穿透深度的倒数； ρ_c 为中心导体的电阻率； A_c 为中心导体的标称横截面积；j为虚数单位； μ_3 为中心导体磁导率； ω 为角频率； $I_0(x)$ 为0阶第一类修正贝塞尔函数； $I_1(x)$ 为1阶第一类修正贝塞尔函数； Z_s 为电缆本体金属屏蔽层单位长度的内阻抗； m_s 为金属屏蔽层复合穿透深度的倒数； ρ_s 为金属屏蔽层电阻率； r_2 为金属屏蔽层的内半径； r_3 为金属屏蔽层的外半径； μ_2 为金属屏蔽层的磁导率； $K_0(x)$ 为0阶第二类修正贝塞尔函数； $K_1(x)$ 为1阶第二类修正贝塞尔函数； L_e 为电缆本体中心导体到金属屏蔽层单位长度的外电感； μ_3 为绝缘材料的磁导率。

[0040] 本发明的进一步改进在于，所述电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容，采用建立考虑半导体层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取的步骤包括：

[0041] 电缆单位长度导纳为每层绝缘介质自身的电容和电导先并联，再将各层绝缘介质导纳串联；其中，

[0042] 第k层绝缘介质的单位长度电容 C_k 和电导 G_k 分别为，

$$[0043] \quad C_k = \frac{2\pi\epsilon_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)} \quad ;$$

$$[0044] \quad G_k = \frac{2\pi\sigma_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)} \quad ;$$

[0045] 式中： ϵ_k 为第k层绝缘介质的介电常数； σ_k 为第k层绝缘介质的电导率； r_{k+1} 为第k层绝缘介质的外半径； r_k 为第k层绝缘介质的内半径；

[0046] 第k层绝缘介质的单位长度导纳 Y_k 为，

$$[0047] \quad Y_k = G_k + j\omega C_k = \frac{2\pi\sigma_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)} + j\omega \frac{2\pi\varepsilon_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

[0048] 电缆中心导体到金属屏蔽层之间含有N层绝缘介质的单位长度导纳Y为,

$$[0049] \quad Y = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \frac{1}{Y_k}};$$

[0050] 电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容分别为, $G = \text{Re}(Y)$ 和 $C = \text{Im}(Y) / \omega$ 。

[0051] 本发明提供了一种电缆局部缺陷定位系统,包括:

[0052] 定位模块,用于运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位,获得定位结果;其中,

[0053] 运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时,基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱函数F(x)为,

$$[0054] \quad F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f,x)df;$$

[0055] 式中,Z(f)为电缆首端频域反射谱;K(f,x)为定位谱函数的核函数; f_1 为频域反射谱的频率上限; f_2 为频域反射谱的频率下限;x为电缆空间位置;

[0056] 核函数的表达式为,

$$[0057] \quad K(f,x) = e^{-2\gamma x};$$

[0058] 式中, γ 为电缆本体的传播常数, $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$;

[0059] 式中,R为电缆本体的单位长度电阻;L为电缆本体的单位长度电感;G为电缆本体的单位长度电导;C为电缆本体的单位长度电容;

[0060] 其中,电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感,通过有限元计算方法和解析计算方法相结合的方式获取;电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容,采用建立考虑半导体层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取。

[0061] 本发明提供了一种电子设备,包括:

[0062] 至少一个处理器;以及,

[0063] 与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

[0064] 所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行如本发明任一项上述的电缆局部缺陷定位法。

[0065] 本发明提供了一种计算机可读存储介质,存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现本发明任一项上述的电缆局部缺陷定位方法。

[0066] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0067] 本发明提供的电缆局部缺陷定位方法中,运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位;其中,需要通过基于广义性正交理论的积分变换法进行频域到空间域的转变,并建立定位谱函数;核函数对定位谱函数起着决定性作用。本发明的技术方案中,公开了新的电缆局部缺陷定位核函数的获取方法,能够获得准确的定位核函数,最终可提高电缆局部缺陷的

定位精度;其中,采用有限元计算方法和解析计算方法相结合的方法计算电缆本体宽频域单位长度电阻和电感;电缆的绝缘介质结构比较复杂,建立考虑导电层的电缆绝缘介质的分层模型,计算电缆本体宽频域单位长度电导和电容。综上,本发明方法对提高电缆局部缺陷的定位精度具有重要意义,具有较大的工程价值。

[0068] 本发明中,电缆单位长度电阻和单位长度电感的计算方法适用于任何电压等级的高压电缆,且操作简单、求解方便;其中,电缆单位长度电阻和单位长度电感的计算方法可以同时考虑温度和频率等因素对电缆材料介电参数的影响,能够精确计算高压电缆本体宽频域单位长度电阻和电感,解决了高压电缆本体宽频域单位长度电阻和电感的计算精度问题。

附图说明

[0069] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做简单的介绍;显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来说,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0070] 图1是本发明实施例中,获取核函数的流程示意图;

[0071] 图2是本发明实施例中,高压电缆本体单位长度电阻和单位长度电感的计算流程示意图;

[0072] 图3是本发明实施例中,高压电缆本体的结构示意图;

[0073] 图4是本发明实施例中,高压电缆本体的网格划分示意图;

[0074] 图5是本发明实施例中,无限元域的网格划分示意图;

[0075] 图6是本发明实施例中,高压电缆本体单位长度电阻有限元计算结果和解析解的对比示意图;

[0076] 图7是本发明实施例中,高压电缆本体单位长度电感有限元计算结果和解析解的对比示意图;

[0077] 图8是本发明实施例中,高压电缆中心导体和金属屏蔽层之间等效电路示意图。

具体实施方式

[0078] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0079] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品

或设备固有的其它步骤或单元。

[0080] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述：

[0081] 本发明实施例中，运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时，需要通过基于广义性正交理论的积分变换法进行频域到空间域的转换，并建立定位谱函数；其中，核函数对定位谱函数起着决定性作用。为了提高定位精度就需要准确计算传输线模型中高压电缆的分布电气参数，其中包括电缆本体的单位长度电阻、单位长度电感、单位长度电导和单位长度电容。

[0082] 本发明实施例示例性的，高压电缆本体的单位长度电阻和电感计算中，现阶段使用较多的解析算法，考虑了宽频下整个频段的趋肤效应；然而，极低频段下电流均匀分布，不产生趋肤效应，所以在低频下具有较大误差。此外，高压电缆本体的结构比较复杂，需要考虑高压电缆本体结构及各层介质特性等因素的影响，尤其是高压电缆本体半导体层，在高频下具有频变特性，介电性能发生变化时对高压电缆本体内磁场的分布产生一定的影响，会影响高压电缆本体单位长度电阻和电感的解析计算结果精度，产生一定的误差。本实施例的技术方案中采用有限元计算法，可以同时考虑温度和频率等因素对电缆各层材料介电参数的影响，能够高效地根据设定条件对复杂的物理场进行准确的计算。综上，本发明实施例建立了准确计算高压电缆本体分布参数的方法，进而能够获得准确的定位核函数。

[0083] 本发明实施例提供的一种电缆局部缺陷定位方法，包括以下步骤：

[0084] 运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位，获得定位结果；其中，运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时，基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位

谱函数 $F(x)$ 为，
$$F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f, x)df$$
；

[0085] 式中， $Z(f)$ 为电缆首端频域反射谱； $K(f, x)$ 为定位谱函数的核函数； f_1 为频域反射谱的频率上限； f_2 为频域反射谱的频率下限； x 为电缆空间位置；

[0086] 其中，电缆局部缺陷定位谱函数 $F(x)$ 中的核函数 $K(f, x)$ 是频率 f 与电缆空间位置 x 的函数，其表达式为，

[0087] $K(f, x) = e^{-2\gamma x}$ ；

[0088] 式中， γ 为电缆本体的传播常数。

[0089] 本发明实施例中，电缆本体的传播常数 γ 的计算公式为，

[0090]
$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$
；

[0091] 式中， R 为电缆本体的单位长度电阻； L 为电缆本体的单位长度电感； G 为电缆本体的单位长度电导； C 为电缆本体的单位长度电容。

[0092] 请参阅图1，本发明实施例中，获取电缆局部缺陷定位谱函数 $F(x)$ 中的核函数 $K(f, x)$ 时，以高压电缆局部缺陷定位为例，具体包括以下步骤：

[0093] 获取高压电缆本体宽频域单位长度电阻和电感；获取高压电缆本体宽频域单位长度电导和电容；

[0094] 基于上述获得参数，计算获得高压电缆本体的传播常数；

[0095] 基于获得的高压电缆本体的传播常数，建立高压电缆局部缺陷定位核函数 $K(f, x)$ 。

[0096] 请参阅图2,本发明实施例中,获取高压电缆本体宽频域单位长度电阻和电感的步骤中,充分考虑了高压电缆各结构材料物理参数随温度和频率的变化规律,单位长度电阻和单位长度电感是通过有限元计算方法和解析法相结合的方式计算得出;示例性的具体步骤包括:

[0097] 步骤(1),利用有限元计算方法建立高压电缆本体二维几何模型,模型包括中心导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、缓冲层、金属屏蔽层和外护套;其中进一步具体示例性的,高压电缆本体的几何参数包括中心导体的有效截面积及半径和导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、缓冲层(半导电阻水带和金属屏蔽布带)、金属屏蔽层、外护套的内外半径;

[0098] 步骤(2),根据高压电缆的各结构材料类型和材料物理参数随温度和频率的变化规律,给高压电缆本体二维几何模型各层设置材料类型和材料参数;其中进一步解释性的,高压电缆本体的材料参数包括电导率、相对介电常数、相对磁导率和介质损耗,同时也包括它们随温度和频率的变化规律;

[0099] 步骤(3),对高压电缆本体二维几何模型进行涡流场分析,涡流场中中心导体和金属屏蔽层作为线圈组,给中心导体施加电流1A,金属屏蔽层中流过反向电流;给二维几何模型添加无限元域,半径是电缆本体半径的两倍,建立二维有限元模型;其中,

[0100] 进一步示例性的,本发明实施例的步骤(3)中,无限元域(辐射边界)用于延伸至无限远出的外边界,模拟一种开放的表面,即波能够朝着辐射边界的方向辐射出去;辐射边界可以是任意形状并且靠近模型结构;这样,求解区域就变成一个有限的区域。

[0101] 无限元域的边界处,磁场既不平行也不垂直于边界,可以用式(1)和(2)描述。

$$[0102] \quad \lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial A_z}{\partial r} + jk_0 A_z \right) = 0 ;$$

$$[0103] \quad r = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} ;$$

[0104] 式中, r 是源点与场点的距离; k_0 是波数; A_z 是磁矢位在 z 轴上的分量; x_1 是场点横坐标; y_1 是场点纵坐标。

[0105] 步骤(4),对建立的二维有限元模型进行自由三角形网格剖分,建立网格剖分的二维有限元仿真模型;其中,网格划分时需要添加边界层网格,它是一种在网格划分中很典型的细分方法,特别适用于电磁场中的涡流效应;

[0106] 步骤(5),利用频域求解方法,设置参数化扫描的频率为1Hz~100MHz,进行计算;

[0107] 步骤(6),通过高压电缆有限元模型计算得到场解之后,将计算得到的场解转换为高压电缆本体的单位长度电阻和电感;其中,

[0108] 高压电缆本体单位长度电阻主要由中心导体及金属屏蔽层的电流分布所决定,可以通过电流密度和电场强度乘积的积分来求,由电磁场理论可得,

$$[0109] \quad I_0 = \int_s \mathbf{J}^* ds ;$$

$$[0110] \quad \varphi_0 = \int_s \mathbf{E} ds ;$$

[0111] 式中, I_0 和 φ_0 为面 s 所通过的总电流和电势差; \mathbf{J}^* 为电流密度矢量的共轭; \mathbf{E} 为电场

强度矢量。

[0112] 因此,单位长度电阻R的计算式为,

$$[0113] \quad R = \frac{1}{I_0^2} \int_s \mathbf{J}^* \cdot \mathbf{E} ds ;$$

[0114] 高压电缆本体单位长度电感主要由磁场决定,通电电缆周围会产生环形磁场,环形磁场的磁感应强度矢量为B,磁场能量 W_m 可以通过对磁场能量密度求积分或者电缆中心导线电流的有效值和电感值求得,计算公式分别如下,

$$[0115] \quad W_m = \frac{1}{4} \int_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* ds ;$$

$$[0116] \quad W_m = \frac{LI_0^2}{4} ;$$

[0117] 式中, H^* 为磁场强度矢量的共轭; I_0 为面s所通过的总电流;L是单位长度电感。

[0118] 因此,单位长度电感L的计算式为,

$$[0119] \quad L = \frac{1}{I_0^2} \int_s \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* ds .$$

[0120] 步骤(7),在1Hz~10MHz内,将有限元计算结果和高压电缆本体单位长度电阻和电感的解析解进行对比,若两者的相对误差小于0.05%时有限元计算的高压电缆本体单位长度电阻和电感即为高压电缆本体单位长度电阻和电感;若两者的相对误差大于0.05%时,重新进行有限元计算,重复步骤4~7,直至误差小于0.05%,最终获得准确的宽频域高压电缆本体单位长度电阻和电感;其中,

[0121] 高压电缆本体的单位长度电阻和电感的解析解如下:

[0122] 高压电缆本体中心导体单位长度的内阻抗 Z_c 为:

$$[0123] \quad Z_c = \frac{m_c \rho'_c I_0 (m_c r_1)}{2\pi r_1 I_1(m_c r_1)} ;$$

$$[0124] \quad \rho'_c = \rho_c \frac{\pi r_1^2}{A_c} ;$$

$$[0125] \quad m_c = \sqrt{\frac{j\omega\mu_1}{\rho'_c}} ;$$

[0126] 式中, r_1 为中心导体的半径; m_c 为中心导体复合穿透深度的倒数; ρ_c 为中心导体的电阻率; A_c 为中心导体的标称横截面积;j为虚数单位; μ_1 为中心导体磁导率; ω 为角频率; $I_0(x)$ 为0阶第一类修正贝塞尔函数; $I_1(x)$ 为1阶第一类修正贝塞尔函数;

[0127] 高压电缆本体金属屏蔽层单位长度的内阻抗为:

$$[0128] \quad Z_s = \frac{m_s \rho_s [I_0(m_s r_2) K_1(m_s r_3) + I_1(m_s r_3) K_0(m_s r_2)]}{2\pi r_2 [I_1(m_s r_3) K_1(m_s r_2) - I_1(m_s r_2) K_1(m_s r_3)]} ;$$

$$[0129] \quad m_s = \sqrt{\frac{j\omega\mu_2}{\rho_s}};$$

[0130] 式中, m_s 为金属屏蔽层复合穿透深度的倒数; ρ_s 为金属屏蔽层电阻率; r_2 为金属屏蔽层的内半径; r_3 为金属屏蔽层的外半径; μ_2 为金属屏蔽层的磁导率; $K_0(x)$ 为0阶第二类修正贝塞尔函数; $K_1(x)$ 为1阶第二类修正贝塞尔函数;

[0131] 高压电缆本体中心导体到金属屏蔽层单位长度的外电感 L_e 为:

$$[0132] \quad L_e = \frac{\mu_3}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1};$$

[0133] 式中, μ_3 为绝缘材料的磁导率;

[0134] 由以上式可得, 高压电缆本体的单位长度电阻 R 和电感 L 解析计算式分别为:

$$[0135] \quad R = \text{real}(Z_c + Z_s);$$

$$[0136] \quad L = \frac{\text{imag}(Z_c + Z_s)}{\omega} + L_e。$$

[0137] 本发明实施例中, 高压电缆的绝缘介质结构比较复杂, 建立考虑半导体层的高压电缆绝缘介质的分层模型, 计算高压电缆本体宽频域单位长度电导和电容; 具体过程可包括:

[0138] 高压电缆单位长度导纳为每层绝缘介质自身的电容和电导先并联, 再将各层绝缘介质导纳串联, 计算公式为:

[0139] 第 k 层绝缘介质的单位长度电容 C_k 和电导 G_k 分别为:

$$[0140] \quad C_k = \frac{2\pi\epsilon_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

$$[0141] \quad G_k = \frac{2\pi\sigma_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

[0142] 式中: ϵ_k 为第 k 层绝缘介质的介电常数; σ_k 为第 k 层绝缘介质的电导率; r_{k+1} 为第 k 层绝缘介质的外半径; r_k 为第 k 层绝缘介质的内半径。

[0143] 第 k 层绝缘介质的单位长度导纳 Y_k 为:

$$[0144] \quad Y_k = G_k + j\omega C_k = \frac{2\pi\sigma_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)} + j\omega \frac{2\pi\epsilon_k}{\ln(r_{k+1}/r_k)};$$

[0145] 高压电缆中心导体到金属屏蔽层之间含有 N 层绝缘介质的单位长度导纳 Y 为,

$$[0146] \quad Y = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \frac{1}{Y_k}};$$

[0147] 高压电缆的单位长度电导 G 、单位长度电容 C 分别为,

$$[0148] \quad G = \text{Re}(Y);$$

$$[0149] \quad C = \text{Im}(Y) / \omega。$$

[0150] 本发明实施例中, 高压电缆本体的传播常数 γ 计算公式为,

$$[0151] \quad \gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)};$$

[0152] 式中,R为高压电缆本体的单位长度电阻;L为高压电缆本体的单位长度电感;G为高压电缆本体的单位长度电导;C为高压电缆本体的单位长度电容。

[0153] 本发明实施例中,基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱

$$[0153] \quad \text{函数} F(x) \text{ 为 } F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f,x)df;$$

[0154] 式中:Z(f)为高压电缆首端频域反射谱;K(f,x)为定位谱函数的核函数; f_1 为频域反射谱的频率上限; f_2 为频域反射谱的频率下限;x为高压电缆空间位置;

[0155] 高压电缆局部缺陷定位谱函数F(x)中的核函数K(f,x)是频率f与高压电缆空间位置x的函数,其对定位谱函数起着决定性作用,表达式为,

$$[0156] \quad K(f,x) = e^{-2\gamma x}.$$

[0157] 本发明实施例提供的高压电缆局部缺陷定位核函数的获取方法,能够准确建立高压电缆局部缺陷定位谱函数中的核函数,可以提高高压电缆局部缺陷的定位精度;其中,高压电缆单位长度电阻和单位长度电感的计算方法适用于任何电压等级的高压电缆,且操作简单、求解方便;高压电缆单位长度电阻和单位长度电感的计算方法可以同时考虑温度和频率等因素对电缆材料介电参数的影响,能够精确计算高压电缆本体宽频域单位长度电阻和电感,解决了高压电缆本体宽频域单位长度电阻和电感的计算精度问题。

[0158] 本发明实施例具体示例性的,计算高压电缆本体的宽频域单位长度电阻和单位长度电感的步骤具体包括:

[0159] (1) 建立高压电缆本体二维几何模型,模型包括中心导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、缓冲层、金属屏蔽层、外护套;几何参数包括中心导体的有效截面积及半径和导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、缓冲层(半导电阻水带和金属屏蔽布带)、金属屏蔽层、外护套的内外半径;具体的,高压电缆本体的结构示意图如图3所示。

[0160] (2) 根据高压电缆的各结构材料类型和材料物理参数随温度和频率的变化规律,给高压电缆本体二维几何模型各层设置材料类型和材料参数,高压电缆本体的材料参数包括电导率、相对介电常数、相对磁导率和介质损耗,同时包括它们随温度和频率的变化规律。

[0161] (3) 对高压电缆本体二维几何模型进行涡流场分析,涡流场中中心导体和金属屏蔽层作为线圈组,给中心导体施加电流1A,金属屏蔽层中流过反向电流;给二维几何模型添加无限元域,半径是电缆本体半径的两倍,建立二维有限元模型。无限元域(辐射边界)用于延伸至无限远出的外边界,模拟一种开放的表面,即波能够朝着辐射边界的方向辐射出去。辐射边界可以是任意形状并且靠近模型结构。这样,求解区域就变成一个有限的区域。无限元域的边界处,磁场既不平行也不垂直于边界,如上述实施例中的公式所示。

[0162] (4) 对建立的二维有限元模型进行自由三角形网格剖分,建立网格剖分的二维有限元模型;网格划分时需要添加边界层网格,它是一种在网格划分中很典型的细分方法,特别适用于电磁场中的涡流效应;具体的,网格划分如图4和图5所示。

[0163] (5) 利用频域求解方法,设置参数化扫描的频率为1Hz~100MHz,进行计算。

[0164] (6) 通过高压电缆有限元模型计算得到场解之后,将计算得到的场解转换为高压

电缆本体的单位长度电阻和电感。高压电缆本体单位长度电阻主要由中心导体及金属屏蔽层的电流分布所决定,可以通过电流密度和电场强度乘积的积分来求。

[0165] 高压电缆本体单位长度电感主要由磁场决定,通电电缆周围会产生环形磁场,环形磁场的磁感应强度矢量为 B ,磁场能量 W_m 可以通过对磁场能量密度求积分或者电缆中心导线电流的有效值和电感值求得。

[0166] (7) 在1Hz~10MHz内,将有限元计算结果和高压电缆本体单位长度电阻和电感的解析解进行对比,若两者的相对误差小于0.05%时有限元计算的高压电缆本体单位长度电阻和电感即为高压电缆本体单位长度电阻和电感;若两者的相对误差大于0.05%时,重新进行有限元计算,重复步骤(4)~步骤(7),直至误差小于0.05%,最终获得准确的宽频域高压电缆本体单位长度电阻和电感。图6和图7分别为330kV $1 \times 2000\text{mm}^2$ 高压电缆为示例计算得到的高压电缆本体单位长度电阻和电感。

[0167] 高压电缆的绝缘介质结构比较复杂,建立考虑半导体层的高压电缆绝缘介质的分层模型,计算高压电缆本体宽频域单位长度电导和电容。高压电缆单位长度导纳为每层绝缘介质自身的电容和电导先并联,再将各层绝缘介质导纳串联,如图8所示。

[0168] 综上所述,本发明实施例提供的技术方案,能够精确计算高压电缆本体宽频域单位长度电阻、单位长度电感、单位长度电导和单位长度电容,从而获得了高压电缆的传播常数,能够准确建立高压电缆局部缺陷定位核函数,在很大程度上能够提高高压电缆局部缺陷的定位精度,对工程应用具有较大参考价值 and 重要指导意义。进一步具体解释性的,运用频域反射谱对高压电缆局部缺陷进行定位,需要通过基于广义性正交理论的积分变换法进行频域到空间域的转换,并建立定位谱函数,其中核函数 $K(f, x)$ 对定位谱函数起着决定性作用;本发明实施例提出的高压电缆局部缺陷定位核函数的获取方法,对提高高压电缆局部缺陷的定位精度具有重要意义,具有较大的工程价值。

[0169] 下述为本发明的装置实施例,可以用于执行本发明方法实施例。对于装置实施例中未披露的细节,请参照本发明方法实施例。

[0170] 本发明实施例提供了一种电缆局部缺陷定位系统,包括:

[0171] 定位模块,用于运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位,获得定位结果;其中,

[0172] 运用频域反射谱对电缆局部缺陷进行定位时,基于广义性正交理论的积分变换法的高压电缆局部缺陷定位谱函数 $F(x)$ 为,

$$[0173] \quad F(x) = \int_{f_2}^{f_1} Z(f)K(f, x)df;$$

[0174] 式中, $Z(f)$ 为电缆首端频域反射谱; $K(f, x)$ 为定位谱函数的核函数; f_1 为频域反射谱的频率上限; f_2 为频域反射谱的频率下限; x 为电缆空间位置;

[0175] 核函数的表达式为,

$$[0176] \quad K(f, x) = e^{-2\gamma x};$$

[0177] 式中, γ 为电缆本体的传播常数, $\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$;

[0178] 式中, R 为电缆本体的单位长度电阻; L 为电缆本体的单位长度电感; G 为电缆本体的单位长度电导; C 为电缆本体的单位长度电容;

[0179] 其中,电缆本体的单位长度电阻和电缆本体的单位长度电感,通过有限元计算方

法和解析计算方法相结合的方式获取;电缆本体的单位长度电导和电缆本体的单位长度电容,采用建立考虑半导电层的电缆绝缘介质的分层模型的方式获取。

[0180] 本发明再一个实施例中,提供了一种计算机设备,该计算机设备包括处理器以及存储器,所述存储器用于存储计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,所述处理器用于执行所述计算机存储介质存储的程序指令。处理器可能是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等,其是终端的计算核心以及控制核心,其适于实现一条或一条以上指令,具体适于加载并执行计算机存储介质内一条或一条以上指令从而实现相应方法流程或相应功能;本发明实施例所述的处理器可以用于电缆局部缺陷定位方法的操作。

[0181] 本发明再一个实施例中,本发明还提供了一种存储介质,具体为计算机可读存储介质(Memory),所述计算机可读存储介质是计算机设备中的记忆设备,用于存放程序和数据。可以理解的是,此处的计算机可读存储介质既可以包括计算机设备中的内置存储介质,当然也可以包括计算机设备所支持的扩展存储介质。计算机可读存储介质提供存储空间,该存储空间存储了终端的操作系统。并且,在该存储空间中还存放了适于被处理器加载并执行的一条或一条以上的指令,这些指令可以是一个或一个以上的计算机程序(包括程序代码)。需要说明的是,此处的计算机可读存储介质可以是高速RAM存储器,也可以是非不稳定的存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。可由处理器加载并执行计算机可读存储介质中存放的一条或一条以上指令,以实现上述实施例中有关电缆局部缺陷定位方法的相应步骤。

[0182] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0183] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0184] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0185] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或

其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0186] 最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本发明的权利要求保护范围之内。

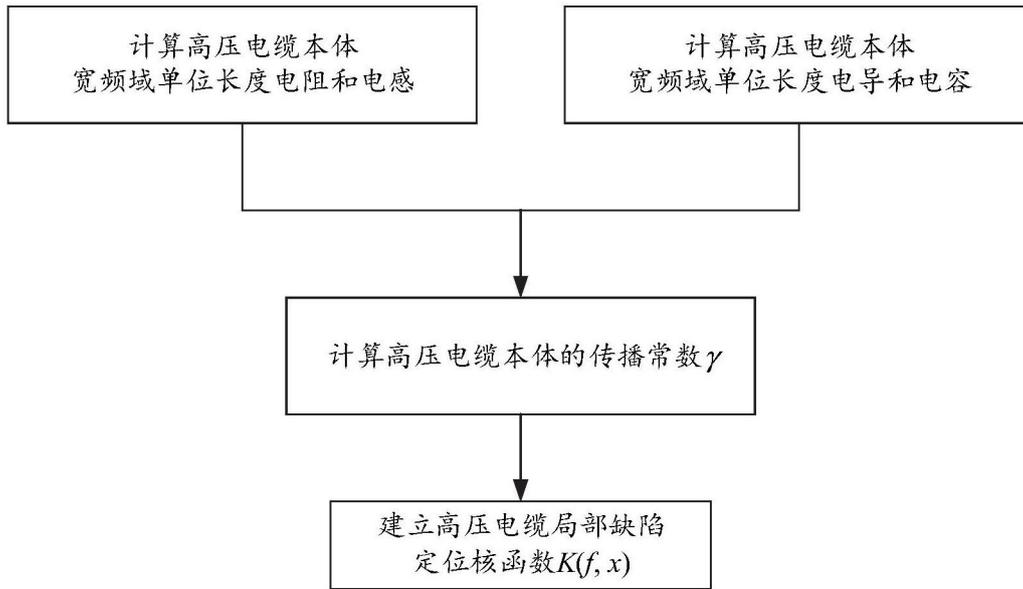


图1

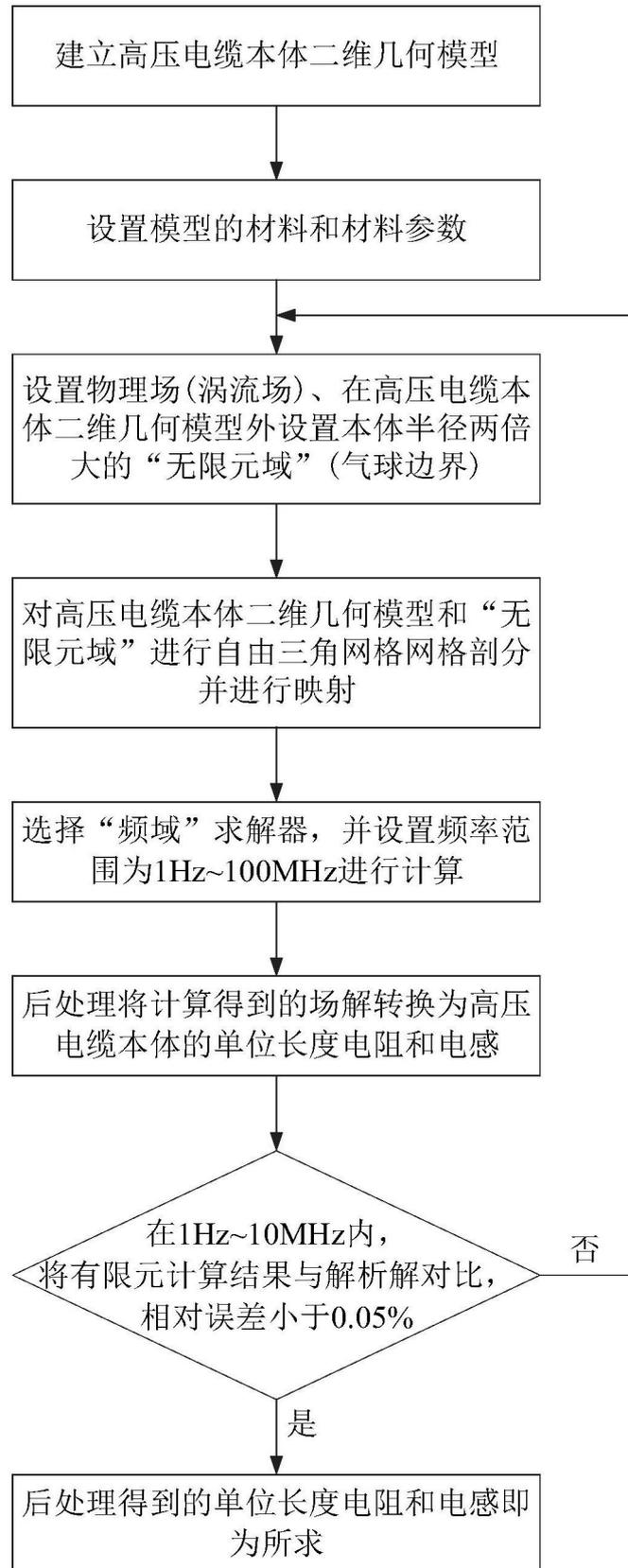


图2

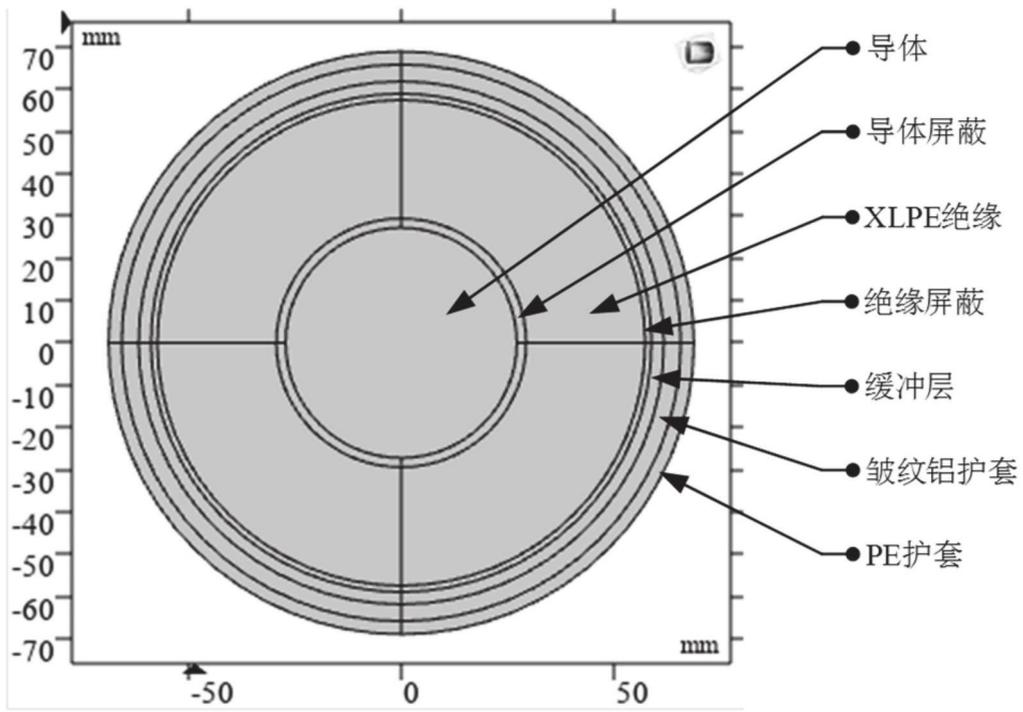


图3

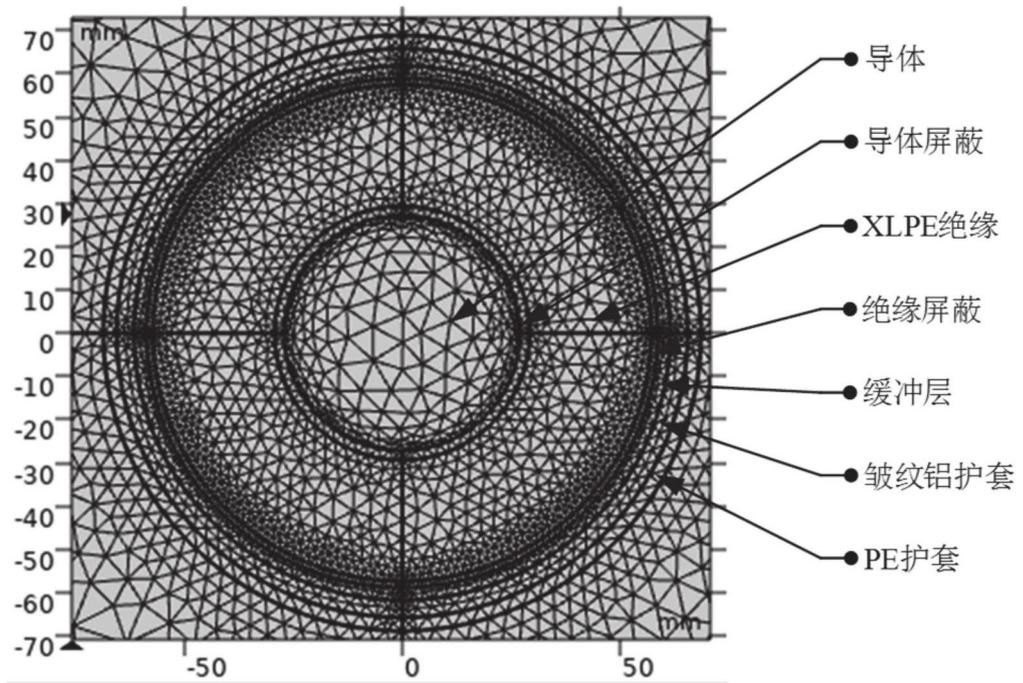


图4

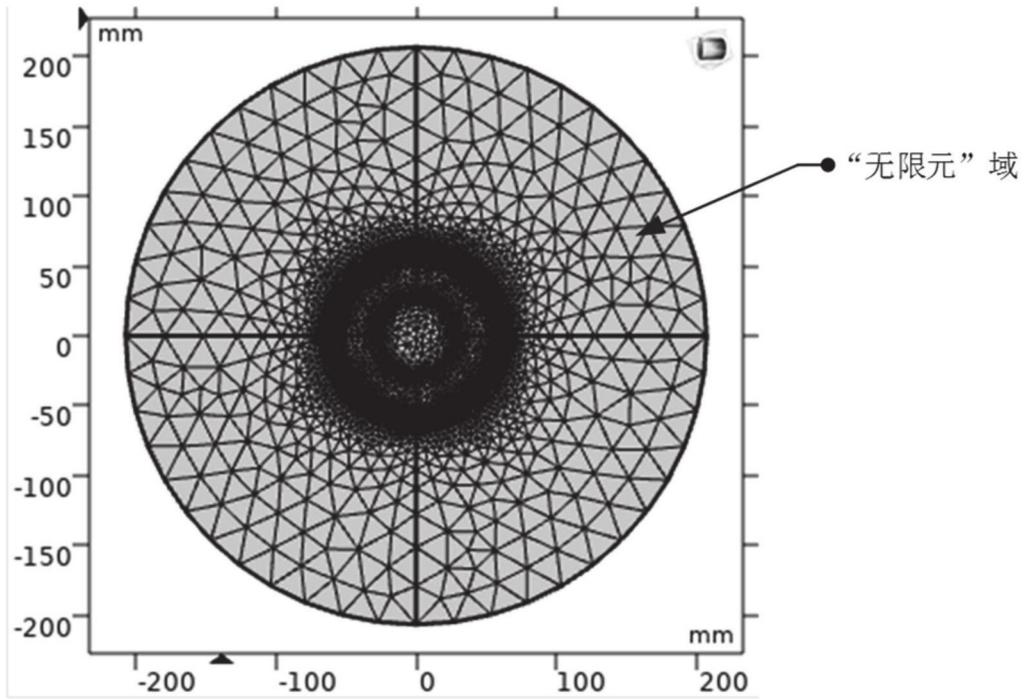


图5

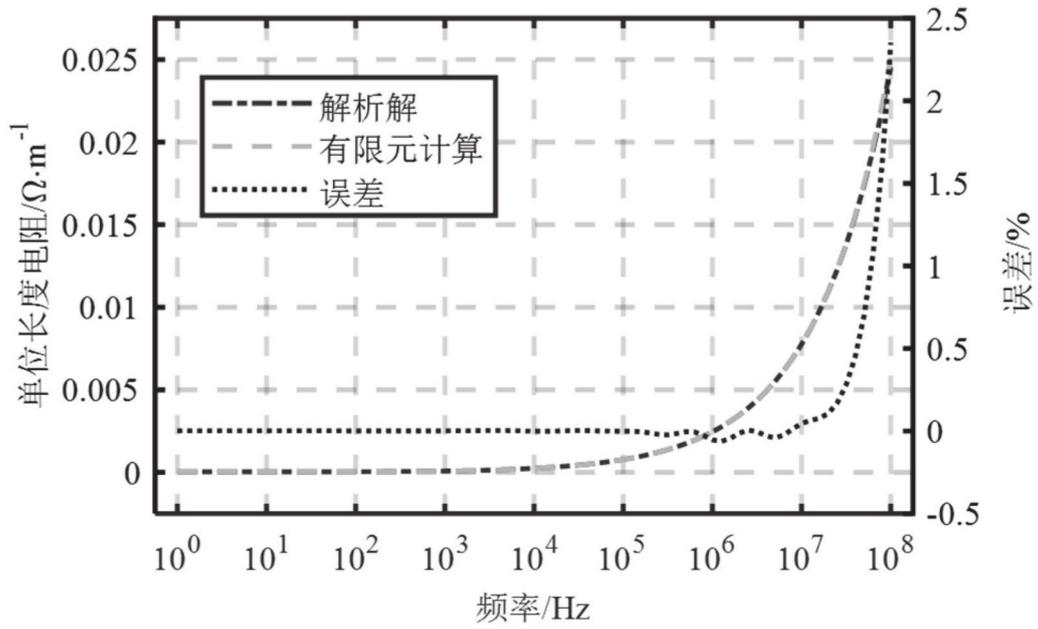


图6

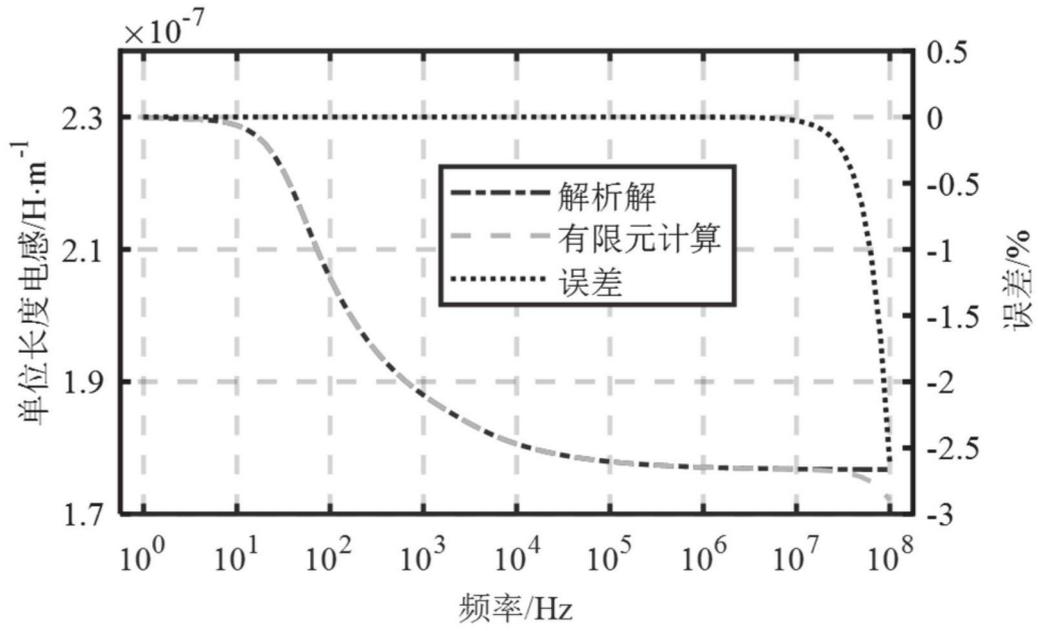


图7

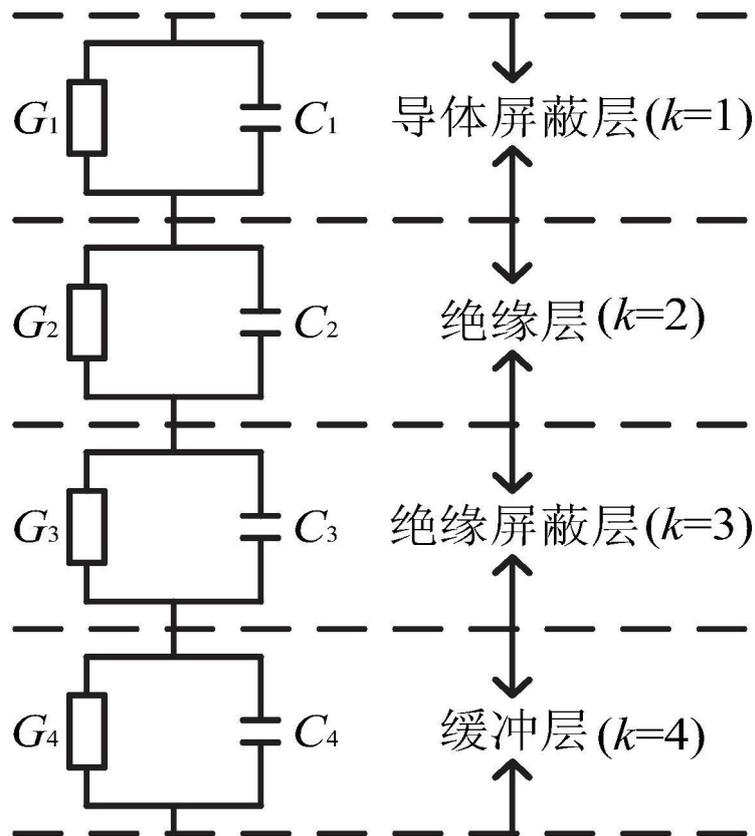


图8