



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106950227 A

(43)申请公布日 2017. 07. 14

(21)申请号 201710163598.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.03.20

G01N 22/02(2006.01)

(71)申请人 国网江苏省电力公司连云港供电公司

地址 222003 江苏省连云港市海州区幸福路1号

申请人 国家电网公司
清华大学深圳研究生院

(72)发明人 伏祥运 梅红伟 黄河 陈洁
李红 高赫 刘明 赵晨龙
朱立位 王黎明

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 朱显国

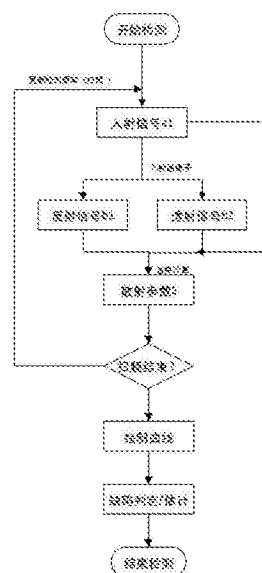
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种复合绝缘子缺陷无损检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种复合绝缘子缺陷无损检测方法。该方法步骤如下:A)控制扫频微波信号源发出入射信号,被物理探头发射至待测复合绝缘子内,并产生反射信号和透射信号;接收探头收集该三个信号并传送至分析仪进行处理;B)分析仪根据该三个信号的幅值和相位,进行联合计算得到散射参数S;C)如果已经完成一次完整的扫频检测则进入D),否则调整扫频微波信号源的入射信号频率,并返回A);D)完成一次完整的扫频检测后,得到一系列散射参数S,绘制频率-散射参数S曲线;E)根据曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行判定和估计。本发明能够根据复合绝缘子散射参数的变化情况,对其状态及缺陷进行精确高效的诊断。



1. 一种复合绝缘子缺陷无损检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,控制扫频微波信号源发出入射信号,该入射信号被物理探头发射至待测复合绝缘子内,并产生反射信号和透射信号;接收探头收集该反射信号、透射信号和入射信号并将三者传送至分析仪进行处理;

步骤2,分析仪根据入射信号、反射信号、透射信号的幅值和相位,进行联合计算得到散射参数S;

步骤3,判断是否已经完成一次完整的扫频检测:如果是,则进入步骤4;如果否,则调整扫频微波信号源的入射信号频率,并返回步骤1;

步骤4,完成一次完整的扫频检测后,得到一系列以扫频微波信号源的入射信号频率为自变量的散射参数S,根据S值的大小绘制频率-散射参数S曲线;

步骤5,根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行判定和估计。

2. 根据权利要求1所述的复合绝缘子缺陷无损检测方法,其特征在于,步骤1所述微波源提供的微波信号为可变频的微波信号。

3. 根据权利要求2所述的复合绝缘子缺陷无损检测方法,其特征在于,所述可变频的微波信号的频率范围为4-30GHz,步进间隔为0.1MHz。

4. 根据权利要求2所述的复合绝缘子缺陷无损检测方法,其特征在于,步骤2所述散射参数S是一个 2×2 的矩阵型参数 $\begin{Bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{Bmatrix}$,计算公式如下:

$$\begin{cases} S_{11} = \frac{b_1}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_1}{a_1} \\ S_{21} = \frac{b_2}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_2}{a_1} \\ S_{22} = \frac{b_2}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \\ S_{21} = \frac{b_1}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \end{cases}$$

其中, a_1 为入射信号, a_2 为背景噪声信号, b_1 为反射信号, b_2 为透射信号。

5. 根据权利要求4所述的复合绝缘子缺陷无损检测方法,其特征在于,步骤5所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行判定,具体为:

采用极值识别算法,如果 S_{11} 或 S_{21} 参数在某一频域的下降/上升速度超过20dB/GHz则判定该频域为异常带;异常带中的S参数极小值点如果比异常带边缘S参数值低40dB以上,则判定在此位置有缺陷。

6. 根据权利要求4所述的复合绝缘子缺陷无损检测方法,其特征在于,步骤5所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行估计,具体为:

根据行波理论,固定波长的波能检测的缺陷尺寸正比于该波长,即反比于频率;因此根据频率-散射参数S曲线,找到待测复合绝缘子被测点的特定波长吸收区间,并由此估计缺陷尺寸。

一种复合绝缘子缺陷无损检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力技术领域,尤其涉及一种复合绝缘子的缺陷检测方法。

背景技术

[0002] 目前,我国挂网使用中的复合绝缘子数量约为700万支,且该数字一直处于增长的状态中。作为高压输电线路绝缘的基石,复合绝缘子在保障国民安全生产生活方面起到了不可替代的作用。由于伞裙老化、机械断裂等原因,复合绝缘子的内部或外部常出现许多肉眼无法识别的缺陷。这些缺陷的存在会极大的降低复合绝缘子的电气性能,并最终导致污闪等重大事故的发生。

[0003] 当前,对复合绝缘子内部缺陷的无损检测主要有超声、红外、微波、紫外等手段。其中超声、红外等传统手段在检测某些特定类型的缺陷时,有非常良好的表现。但是红外、紫外等检测手段,只能在绝缘子挂网带电时进行检测,对客观环境的要求高。

[0004] 微波检测技术是近年来逐渐兴起的一种检测技术,通常的微波检测采用反射式检测方法,采用该检测方法只能读取入射信号和反射信号的幅值信息。该类方法所获得的信息量太小,很容易造成漏检或错检。

[0005] 同时,通常的微波检测采用的是连续波微波检测技术的复合绝缘子故障判断方法,检测时通过微波振荡源向复合绝缘子发射幅值一定的固定频率(24GHz)连续波,并通过测量发射波信号强度并判断其是否处于正常范围对复合绝缘子进行缺陷检测。采用这种固定频率检测法,其特征频率可能对某一种缺陷比较敏感,对其他缺陷并不敏感。同时,特定频率检测意味着特定的波长,即该检测波对缺陷信号的敏感尺寸是固定的。所以,固定频率检测法只适合于用于特定尺寸的特定类型的缺陷的检测。

[0006] 由此可见,现有的复合绝缘子缺陷检测设备存在普适性低、容易漏检、错检等缺陷。

发明内容

[0007] 本发明旨在提供一种基于复合绝缘子的近K波段检测信号特性的检测方法,能够根据复合绝缘子散射参数的变化情况对其状态及缺陷进行诊断。

[0008] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种复合绝缘子缺陷无损检测方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤1,控制扫频微波信号源发出入射信号,该入射信号被物理探头发射至待测复合绝缘子内,并产生反射信号和透射信号;接收探头收集该反射信号、透射信号和入射信号并将三者传送至分析仪进行处理;

[0010] 步骤2,分析仪根据入射信号、反射信号、透射信号的幅值和相位,进行联合计算得到散射参数S;

[0011] 步骤3,判断是否已经完成一次完整的扫频检测:如果是,则进入步骤4;如果否,则调整扫频微波信号源的入射信号频率,并返回步骤1;

[0012] 步骤4,完成一次完整的扫频检测后,得到一系列以扫频微波信号源的入射信号频率为自变量的散射参数S,根据S值的大小绘制频率-散射参数S曲线;

[0013] 步骤5,根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行判定和估计。

[0014] 进一步地,步骤1所述微波源提供的微波信号为可变频的微波信号。

[0015] 进一步地,所述可变频的微波信号的频率范围为4-30GHz,步进间隔为0.1MHz。

[0016] 进一步地,步骤2所述散射参数S是一个 2×2 的矩阵型参数 $\begin{Bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{Bmatrix}$,计算公式如下:

$$[0017] \quad \begin{cases} S_{11} = \frac{b_1}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_1}{a_1} \\ S_{21} = \frac{b_2}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_2}{a_1} \\ S_{22} = \frac{b_2}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \\ S_{21} = \frac{b_1}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \end{cases}$$

[0018] 其中, a_1 为入射信号, a_2 为背景噪声信号, b_1 为反射信号, b_2 为透射信号。

[0019] 进一步地,步骤5所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行判定,具体为:

[0020] 采用极值识别算法,如果 S_{11} 或 S_{21} 参数在某一频域的下降/上升速度超过20dB/GHz则判定该频域为异常带;异常带中的S参数极小值点如果比异常带边缘S参数值低40dB以上,则判定在此位置有缺陷。

[0021] 进一步地,步骤5所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行估计,具体为:

[0022] 根据行波理论,固定波长的波能检测的缺陷尺寸正比于该波长,即反比于频率;因此根据频率-散射参数S曲线,找到待测复合绝缘子被测点的特定波长吸收区间,并由此估计缺陷尺寸。

[0023] 本发明与现有技术相比,其显著优点为:(1)基于入射、反射、透射信号进行复合绝缘子散射参数S的计算,对表征各种二端口网络的微波传递特性有非常好的效果;(2)基于分析仪进行准确的缺陷识别,标准明确、判定平稳,且非常容易编程操作;(3)基于频率吸收峰的缺陷尺寸估计方法,通过寻找散射参数变化的吸收峰,从而能估计目标缺陷的尺寸。

附图说明

[0024] 图1为本发明复合绝缘子缺陷无损检测方法的流程图。

[0025] 图2为本发明实施例中复合绝缘子缺陷无损检测设备的一种实施例的结构示意图。

具体实施方式

[0026] 本发明的原理如下：入射信号由扫频微波信号源发出，每次信号源发射固定频率的微波信号，直至收到修改信号频率指令。经过物理探头的发射，入射信号被发射到被测试件（复合绝缘子）内，并产生了反射信号和透射信号。经过接收探头的收集，该反射信号和透射信号被与入射信号一起，送入分析仪对散射参数S进行计算。散射参数S是被测试件（复合绝缘子）自身的一种特征数据，是样品的关于波源频率的一组变量，可通过将入射信号、反射信号、透射信号的幅值和相位进行联合计算得到。

[0027] 计算出当前频率下的S参数后，分析仪对当前状态进行分析，判定是否已经完成了一次完整的扫频检测。如已经完成一次扫频检测，则进入下一阶段的特征数据分析。如仍未完成该检测，则发出指令调整扫频信号源的信号，进行下一频率的检测，数据库将重复此过程直到完成一次完整的扫频检测。

[0028] 当对被测试件完成了一次完整的扫频操作后，分析仪即收集到了一列以波源频率为自变量的散射参数S。根据S值的大小，可绘制出“频率-散射参数S”的曲线并进行下一步的缺陷判定和估计。缺陷的判定和估计主要根据散射参数S的变化情况进行。如果散射参数曲线中出现了明显的吸收峰，即在某一特定频率附近或某一特定频段处，出现了与无缺陷情况时不同的散射参数S的明显降低，则表明被测试件存在缺陷。同时，根据散射参数异常带的中心频率大小，可直接估算该缺陷的尺寸。如果整个散射参数特征数据中存在多个异常带，则表明该被测试件内部存在多个不同大小的缺陷。

[0029] 结合图1，本发明复合绝缘子缺陷无损检测方法，包括以下步骤：

[0030] 步骤1，控制扫频微波信号源发出入射信号，该入射信号被物理探头发射至待测复合绝缘子内，并产生反射信号和透射信号；接收探头收集该反射信号、透射信号和入射信号并将三者传送至分析仪进行处理；

[0031] 步骤2，分析仪根据入射信号、反射信号、透射信号的幅值和相位，进行联合计算得到散射参数S；

[0032] 步骤3，判断是否已经完成一次完整的扫频检测：如果是，则进入步骤4；如果不是，则调整扫频微波信号源的入射信号频率，并返回步骤1；

[0033] 步骤4，完成一次完整的扫频检测后，得到一系列以扫频微波信号源的入射信号频率为自变量的散射参数S，根据S值的大小绘制频率-散射参数S曲线；

[0034] 步骤5，根据频率-散射参数S曲线的变化情况，对待测复合绝缘子的缺陷进行判定和估计。

[0035] 进一步地，步骤1所述微波源提供的微波信号为可变频的微波信号。

[0036] 进一步地，所述可变频的微波信号的频率范围为4-30GHz，步进间隔为0.1MHz。

[0037] 进一步地，步骤2所述散射参数S是一个 2×2 的矩阵型参数 $\begin{Bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{Bmatrix}$ ，计算公式如下：

$$[0038] \quad \begin{cases} S_{11} = \frac{b_1}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_1}{a_1} \\ S_{21} = \frac{b_2}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_2}{a_1} \\ S_{22} = \frac{b_2}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \\ S_{21} = \frac{b_1}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \end{cases}$$

[0039] 其中, a_1 为入射信号, a_2 为背景噪声信号, b_1 为反射信号, b_2 为透射信号。

[0040] 进一步地,步骤5所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行判定,具体为:

[0041] 采用极值识别算法,如果 S_{11} 或 S_{21} 参数在某一频域的下降/上升速度超过20dB/GHz则判定该频域为异常带;异常带中的S参数极小值点如果比异常带边缘S参数值低40dB以上,则判定在此位置有缺陷;异常带边缘是指异常带两个端点处。

[0042] 进一步地,步骤5所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况,对待测复合绝缘子的缺陷进行估计,具体为:

[0043] 根据行波理论,固定波长的波能检测的缺陷尺寸正比于该波长,即反比于频率;因此根据频率-散射参数S曲线,找到待测复合绝缘子被测点的特定波长吸收区间,并由此估计缺陷尺寸,比如异常带:23.5-24.7GHz,异常带极小值点:24GHz,异常带对应波长区间:1.214-1.276mm,极小值点对应波长:1.25mm,实际缺陷尺寸:1.24mm。

[0044] 实施例1

[0045] 图2为本发明提出的复合绝缘子缺陷无损检测设备的一种实施例的结构示意图,如图所示,该复合绝缘子缺陷无损检测设备包括微波源11、波导管12、耦合探头13、接收器14、接收机15以及分析仪16。

[0046] 其中,所述微波源11提供可变频的微波信号,频率范围为4-30GHz,步进间隔为0.1MHz,微波波段划分如下:C波段4-8GHz,X波段8-12GHz,Ku波段12-18GHz,K波段18-27GHz,Ka波段27-40GHz。本装置用于实现缺陷检测功能的核心波段为20-26GHz左右,故称“近K波段”,实际使用时可在这个区间内选择任意连续扫频波段;

[0047] 所述波导管12为微波扫频信号的传导装置,用于沟通微波源11和耦合探头13。

[0048] 由于不同尺寸的波导管12只能传导特定波形的频率位于某一频段的微波信号,因此根据扫频范围的不同,本实施中的复合绝缘子无损检测设备可定制不同规格的波导管12,以保证扫频信号的正常传导。

[0049] 本实施例中使用特制的耦合探头13作为入射信号 a_1 的发射探头和反射信号 b_1 的收录探头,以便进行测量。耦合探头13为特制的耦合探头,可以同时满足发射入射信号、接受反射信号并使二者分离的功能,其分离入射信号 a_1 和反射信号 b_1 ,并同时将这两个信号分离为信号a和b送到接收机15中。

[0050] 接收器14是用来收集穿透过被测试件21(例如复合绝缘子)的微波扫频信号的探头,其收集到透射信号 b_2 并将其作为信号c送往接收机15并等待进一步的分析。

[0051] 上述a信号即为 a_1 信号,b信号即为 b_1 信号,c信号即为 b_2 信号,耦合探头13与接收器14在此过程中只负责收集并传递信号,不改变信号实质内容。

[0052] 接收机15接收到信号a、信号b、信号c后,将其送入分析仪16进行计算和分析。接收机15不对信号进行处理,仅对3路信号起接收与传递的功能。分析仪16的输入插口无法与耦合探头13、接收器14的输出插头匹配,故加设接收机15进行收集和转换。

[0053] 基于上述设备的复合绝缘子缺陷无损检测方法,包括以下步骤:

[0054] 步骤1,控制扫频微波信号源发出入射信号,该入射信号被物理探头发射至待测复合绝缘子内,并产生反射信号和透射信号;接收探头收集该反射信号、透射信号和入射信号并将三者传送至分析仪进行处理;

[0055] 步骤2, 分析仪根据入射信号、反射信号、透射信号的幅值和相位, 进行联合计算得到散射参数S;

[0056] 所述散射参数S是一个 2×2 的矩阵型参数 $\begin{Bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{Bmatrix}$, 计算公式如下:

$$[0057] \quad \begin{cases} S_{11} = \frac{b_1}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_1}{a_1} \\ S_{21} = \frac{b_2}{a_1} | (a_2 = 0) = \frac{b_2}{a_1} \\ S_{22} = \frac{b_2}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \\ S_{12} = \frac{b_1}{a_2} | (a_1 = 0) = \infty \end{cases}$$

[0058] 其中, a_1 为入射信号, a_2 为背景噪声信号, b_1 为反射信号, b_2 为透射信号。

[0059] 步骤3, 判断是否已经完成一次完整的扫频检测; 如果是, 则进入步骤4; 如果否, 则调整扫频微波信号源的入射信号频率, 并返回步骤1;

[0060] 步骤4, 完成一次完整的扫频检测后, 得到一系列以扫频微波信号源的入射信号频率为自变量的散射参数S, 根据S值的大小绘制频率-散射参数S曲线;

[0061] 步骤5, 根据频率-散射参数S曲线的变化情况, 对待测复合绝缘子的缺陷进行判定和估计;

[0062] 所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况, 对待测复合绝缘子的缺陷进行判定, 具体为: 采用极值识别算法, 如果 S_{11} 或 S_{21} 参数在某一频域的下降/上升速度超过20dB/GHz则判定该频域为异常带; 异常带中的S参数极小值点如果比异常带边缘S参数值低40dB以上, 则判定在此位置有缺陷。

[0063] 所述根据频率-散射参数S曲线的变化情况, 对待测复合绝缘子的缺陷进行估计, 具体为: 根据行波理论, 固定波长的波能检测的缺陷尺寸正比于该波长, 即反比于频率; 因此根据频率-散射参数S曲线, 找到待测复合绝缘子被测点的特定波长吸收区间, 并由此估计缺陷尺寸。

[0064] 以上所述实施例仅表达了本发明的一种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本发明的保护范围。因此, 本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

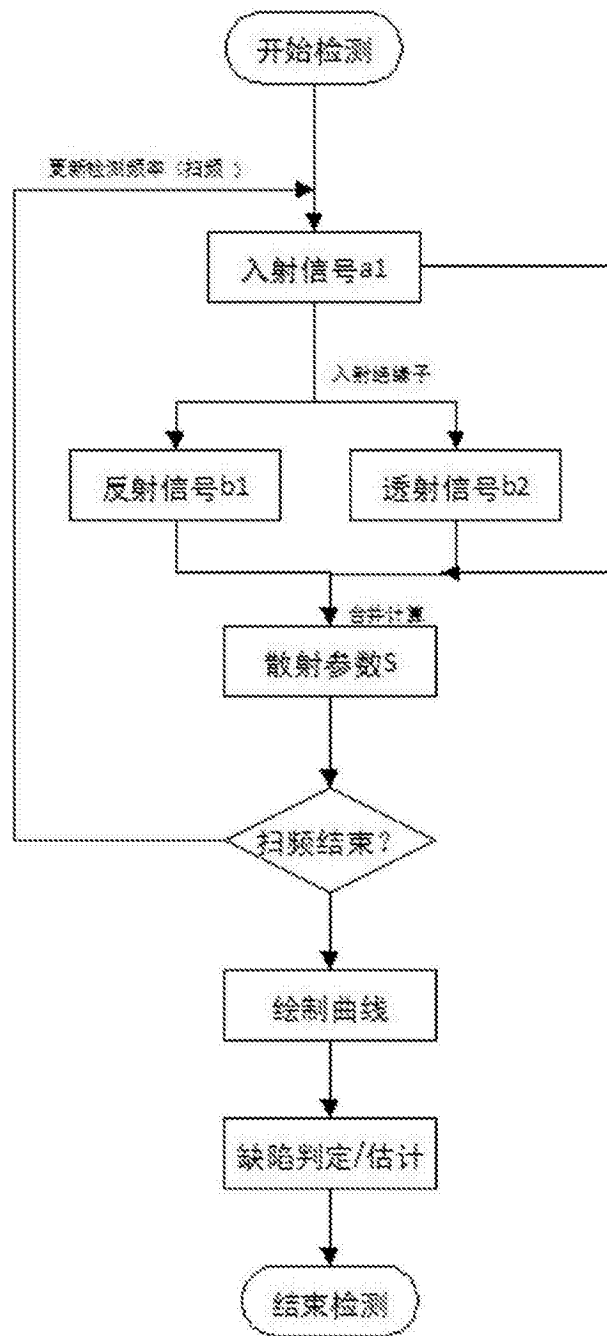


图1

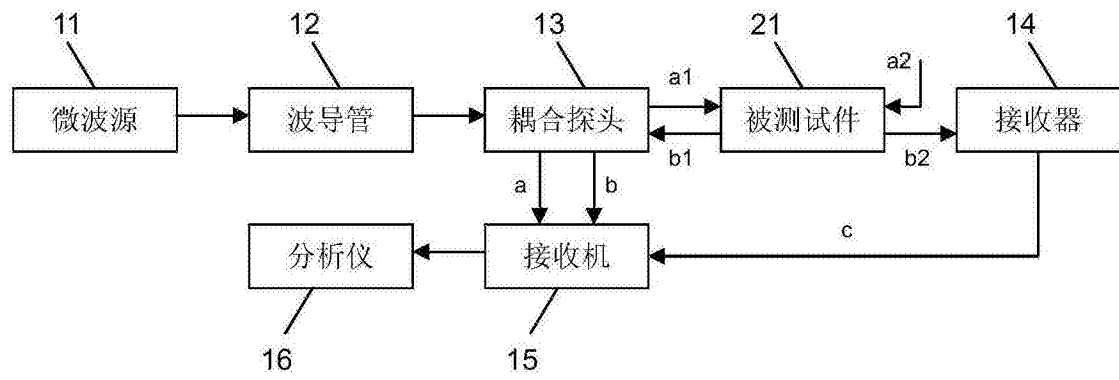


图2