



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115372747 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 22

(21) 申请号 202211117011.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.09.14

G01R 31/00 (2006.01)

G01R 27/26 (2006.01)

(71) 申请人 国网江苏省电力有限公司电力科学研究院

地址 211103 江苏省南京市江宁区帕威尔路1号

申请人 国网江苏省电力有限公司
国家电网有限公司
中国电力科学研究院有限公司武汉分院

(72) 发明人 陈杰 李陈莹 胡丽斌 谭笑
曹京荣 张伟 李鸿泽 刘建
王昱力

(74) 专利代理机构 苏州市中南伟业知识产权代理事务所(普通合伙) 32257
专利代理师 刘卉

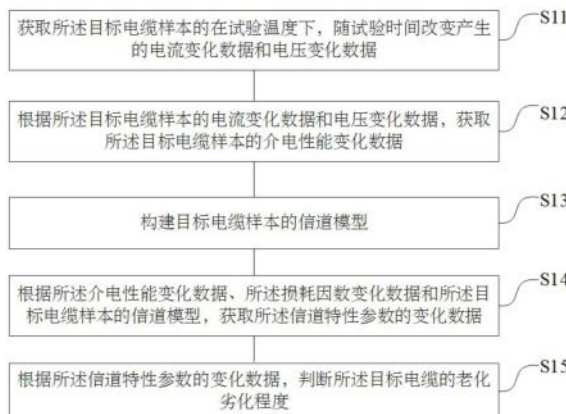
权利要求书2页 说明书7页 附图10页

(54) 发明名称

一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置

(57) 摘要

本申请公开了一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置,所述方法包括获取目标电缆样本的在试验温度下,随试验时间改变产生的电流变化数据和电压变化数据;获取所述目标电缆样本的介电性能变化数据;构建目标电缆样本的信道模型;获取所述信道特性参数的变化数据;判断所述目标电缆的老化劣化程度。本申请在电缆终端注入高频信号,获取电缆样本做老化试验,通过信道模型中信道特性参数的变化来精确判断电缆的老化劣化程度,以及时对老化劣化电缆进线维修与更换,减少因电缆老化劣化而产生的安全事故。



1. 一种电缆老化劣化状态检测方法,其特征在于,所述方法应用于老化监测装置,所述老化监测装置与目标电缆样本电连接,所述方法包括:

获取所述目标电缆样本的在试验温度下,随试验时间改变产生的电流变化数据和电压变化数据;

根据所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据,获取所述目标电缆样本的介电性能变化数据;所述介电性能变化数据包括介电常数变化数据和损耗因数变化数据;

构建目标电缆样本的信道模型;所述信道模型包括信道特性参数;

根据所述介电性能变化数据、所述损耗因数变化数据和所述目标电缆样本的信道模型,获取所述信道特性参数的变化数据;

根据所述信道特性参数的变化数据,判断所述目标电缆样本的老化劣化程度。

2. 根据权利要求1所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,其特征在于,所述信道特性参数包括特征阻抗、衰减系数、相移系数以及波速度。

3. 根据权利要求1所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,其特征在于,所述获取目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据之前,所述方法还包括:

采用西林电桥法,获取目标电缆样本的介质损耗角的正切值变化数据。

4. 根据权利要求1所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,其特征在于,所述在老化试验过程中,根据老化监测装置,获取目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据之后,所述方法还包括:

利用标准残差法,删除所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据中的异常数据。

5. 根据权利要求1所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,其特征在于,所述构建目标电缆的信道模型之后,所述方法还包括:

对所述目标电缆的信道模型进行修正;

分别进行电缆阻抗谱验证与TDR验证波数,确定所述信道模型的有效性。

6. 根据权利要求1所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,其特征在于,所述方法还包括:

通过提高试验温度,获取所述目标电缆样本的最大寿命;

根据阿伦尼乌斯方程,通过平移拟合获取所述目标电缆实际温度下的最大寿命。

7. 一种老化监测装置,其特征在于,所述装置用于实现权利要求1-6任一项所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,所述装置包括高频电压信号发生器和信号接收器,所述高频电压信号发生器连接目标电缆样本一端,所述信号接收器连接所述目标电缆样本的另一端。

8. 根据权利要求7所述的一种老化监测装置,其特征在于,所述高频电压信号发生器的频段在100kHz-100MHz之间,幅值不超过5V。

9. 根据权利要求7所述的一种老化监测装置,其特征在于,所述信号接收器频带带宽与所述高频电压信号发生器带宽保持一致或大于所述高频电压信号发生器带宽,测量幅值大于高频电压信号发生器幅值;所述信号接收器包括频带截取功能。

10. 根据权利要求7所述的一种老化监测装置,其特征在于,所述老化监测装置使用时,剥离所述目标电缆样本的屏蔽层,将铜箔或铝箔用胶黏贴至所述目标电缆样本的绝缘表

面；

所述高频电压信号发生器一端电极连接铜箔或铝箔，另一端电极与所述信号接收器共地；

所述信号接收器一端电极连接铜箔或铝箔，另一端电极与所述高频电压信号发生器共地。

一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置

技术领域

[0001] 本申请涉及电缆老化检测技术领域,尤其是一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置。

背景技术

[0002] 电缆较高的故障率决定了配电电缆设备运维管理与本质安全管控的重要性,特别是新时代、新形势下,全社会对供电质量和优质服务水平的需求进一步提升,配电电缆专业精益化管理面临新的挑战。

[0003] 当前中压配网电缆状态评估手段主要以日常人工巡视与离线检测为主,但由于电缆网架建设、敷设通道和压降计划停电检修时间的诸多限制,难以开展离线试验技术的推广应用。此外,由于配电电缆系统与高压电缆系统一次设备结构的显著差异,直接沿用高压电缆传感器原理和配置思路开展中压电缆状态感知存在技术适应性差、成本高等制约性问题。因此,有必要研究新方法、应用新技术来判断电缆老化劣化的程度。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中无法精确判断电缆的老化劣化程度,导致电力安全事故频发的问题,本申请公开了一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置,包括:

[0005] 本申请第一方面公开了一种电缆老化劣化状态检测方法,所述方法应用于老化监测装置,所述老化监测装置与目标电缆样本电连接,所述方法包括:

[0006] 获取所述目标电缆样本的在试验温度下,随试验时间改变产生的电流变化数据和电压变化数据;

[0007] 根据所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据,获取所述目标电缆样本的介电性能变化数据;所述介电性能变化数据包括介电常数变化数据和损耗因数变化数据;

[0008] 构建目标电缆样本的信道模型;所述信道模型包括信道特性参数;

[0009] 根据所述介电性能变化数据、所述损耗因数变化数据和所述目标电缆样本的信道模型,获取所述信道特性参数的变化数据;

[0010] 根据所述信道特性参数的变化数据,判断所述目标电缆的老化劣化程度。

[0011] 可选的,所述信道特性参数包括特征阻抗、衰减系数、相移系数以及波速度。

[0012] 可选的,所述获取目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据之前,所述方法还包括:

[0013] 采用西林电桥法,获取目标电缆样本的介质损耗角的正切值变化数据。

[0014] 可选的,所述在老化试验过程中,根据老化监测装置,获取目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据之后,所述方法还包括:

[0015] 利用标准残差法,删除所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据中的异常数据。

- [0016] 可选的,所述构建目标电缆的信道模型之后,所述方法还包括:
- [0017] 对所述目标电缆的信道模型进行修正;
- [0018] 分别进行电缆阻抗谱验证与TDR验证波数,确定所述信道模型的有效性。
- [0019] 可选的,所述方法还包括:
- [0020] 通过提高试验温度,获取所述目标电缆样本的最大寿命;
- [0021] 根据阿伦尼乌斯方程,通过平移拟合获取所述目标电缆实际温度下的最大寿命。
- [0022] 本申请第二方面公开了一种老化监测装置,所述装置用于实现所述的一种电缆老化劣化状态检测方法,所述装置包括高频电压信号发生器和信号接收器,所述高频电压信号发生器连接目标电缆样本一端,所述信号接收器连接所述目标电缆样本的另一端。
- [0023] 可选的,所述高频电压信号发生器的频段在100kHz-100MHz之间,幅值不超过5V。
- [0024] 可选的,所述信号接收器频带带宽与所述高频电压信号发生器带宽保持一致或大于所述高频电压信号发生器带宽,测量幅值大于高频电压信号发生器幅值;所述信号接收器包括频带截取功能。
- [0025] 可选的,所述老化试验装置使用时,剥离所述目标电缆样本的屏蔽层,将铜箔或铝箔用胶黏贴至所述目标电缆样本的绝缘表面;
- [0026] 所述高频电压信号发生器一端电极连接铜箔或铝箔,另一端电极与所述信号接收器共地;
- [0027] 所述信号接收器一端电极连接铜箔或铝箔,另一端电极与所述高频电压信号发生器共地。
- [0028] 本申请公开了一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置,所述方法包括获取所述目标电缆样本的在试验温度下,随试验时间改变产生的电流变化数据和电压变化数据;根据所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据,获取所述目标电缆样本的介电性能变化数据;所述介电性能变化数据包括介电常数变化数据和损耗因数变化数据;构建目标电缆样本的信道模型;所述信道模型包括信道特性参数;根据所述介电性能变化数据、所述损耗因数变化数据和所述目标电缆样本的信道模型,获取所述信道特性参数的变化数据;根据所述信道特性参数的变化数据,判断所述目标电缆的老化劣化程度。
- [0029] 本申请在电缆终端注入高频信号,获取电缆样本数据做老化试验,通过信道模型中信道特性参数的变化来精确判断电缆的老化劣化程度,及时对老化劣化电缆进线维修与更换,减少因电缆老化劣化而产生的安全事故;本申请对数据进行筛选,提高了判断的准确性与可靠性;本申请可以获得电缆的实际最大寿命,提醒工作人员及时对即将到达最大寿命的电缆进行更换。

附图说明

- [0030] 为了更清楚地说明本申请的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,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。
- [0031] 图1为本申请实施例公开的一种电缆老化劣化状态检测方法的流程示意图;
- [0032] 图2为本申请实施例公开的一种老化监测装置中电缆信号的传输路径图;
- [0033] 图3为本申请实施例公开的一种老化监测装置的结构示意图;

- [0034] 图4、5为本申请实施例公开的一种电缆老化劣化状态检测方法中信道模型验证图；
- [0035] 图6、7为本申请第一实施例公开的介电常数变化数据图和损耗因数变化数据图；
- [0036] 图8、9、10、11为本申请第一实施例公开的信道特性参数变化数据图；
- [0037] 图12、13为本申请第一实施例公开的首端开路阻抗变化数据图；
- [0038] 图14、15为本申请第二实施例公开的介电常数变化数据图和损耗因数变化数据图；
- [0039] 图16、17、18、19为本申请第二实施例公开的信道特性参数变化数据图；
- [0040] 图20为本申请第二实施例公开的首端阻抗谱变化数据图。

具体实施方式

[0041] 为了解决现有技术中无法精确判断电缆的老化劣化程度,导致电力安全事故频发的问题,本申请公开了一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置,所述老化监测装置与目标电缆样本电连接,所述方法参见图1,包括:

[0042] S11,获取所述目标电缆样本的在试验温度下,随试验时间改变产生的电流变化数据和电压变化数据。

[0043] S12,根据所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据,获取所述目标电缆样本的介电性能变化数据;所述介电性能变化数据包括介电常数变化数据和损耗因数变化数据。

[0044] 采用西林电桥法,获取目标电缆样本的介质损耗角的正切值变化数据。利用标准残差法,删除所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据中的异常数据。

[0045] S13,构建目标电缆的信道模型;所述信道模型包括信道特性参数;特征阻抗 z 、衰减系数 α 、相移系数 β 以及波速度 v 。

[0046] 对所述目标电缆的信道模型进行修正。

[0047] 分别进行电缆阻抗谱验证与TDR验证波数,即时域反射验证波数,确定所述信道模型的有效性。

[0048] 参见图4、图5,其中利用阻抗法测量结果与仿真结果对比,在非峰值频率处,测量结果基本吻合仿真结果,在峰值频率处由于阻抗谱的讯变性,难以与实测阻抗幅值相等,但是通过插值得到峰值频率,与仿真结果相互对比,发现两者峰值频率相差为0.31%,在误差允许范围内;利用TDR时域反射法测量得到的波速,仿真结果与实际测量结果相差不超过0.61%,在误差允许范围内。因此综上所述,上一阶段所建立信道模型,可以作为评估老化劣化的模型。

[0049] S14,根据所述目标电缆样本的介电性能变化数据和所述目标电缆的信道模型,获取所述信道特性参数的变化数据。

[0050] S15,根据所述信道特性参数的变化数据,判断所述目标电缆的老化劣化程度。

[0051] 所述方法还包括:

[0052] 通过提高试验温度,获取所述目标电缆样本的最大寿命。

[0053] 根据阿伦尼乌斯方程,通过平移拟合获取所述目标电缆实际温度下的最大寿命。

[0054] 本申请第二实施例公开了一种老化监测装置,所述装置应用于所述的一种电缆老

化劣化状态检测方法,所述老化监测装置参见图2、3,所述装置包括高频电压信号发生器和信号接收器。所述高频电压信号发生器连接目标电缆样本一端,所述信号接收器连接所述目标电缆样本的另一端。

[0055] 所述高频电压信号发生器的频段在100kHz-100MHz之间,幅值不超过5V。测试信号应避开电缆电压工作频段、谐波频段和电磁波频段,综合考虑信号频段在100kHz-10MHz之间较为合适。

[0056] 所述信号接收器频带带宽与所述高频电压信号发生器带宽保持一致或大于所述高频电压信号发生器带宽,测量幅值大于高频电压信号发生器幅值;所述信号接收器包括频带截取功能。

[0057] 所述老化试验装置使用时,剥离所述目标电缆样本的屏蔽层,将铜箔或铝箔用胶黏贴至绝缘表面。

[0058] 所述高频电压信号发生器一端电极连接铜箔或铝箔,另一端电极与所述信号接收器共地。

[0059] 所述信号接收器一端电极连接铜箔或铝箔,另一端电极与所述高频电压信号发生器共地。

[0060] 以下通过具体实施例验证本申请效果,实施例一,XLPE材料,即交联聚乙烯绝缘材料的电缆老化劣化检测:

[0061] 将交联聚乙烯置于125℃下热老化120天模拟电缆正常工作20年的情况。

[0062] 通过监测装置获取样品电压与电流变化,并计算得到不同老化时间下介电性能的变化。从图6、7可以看出XLPE材料的介电常数和损耗因数都随着老化时间的增加而增大,其中与前面的机械性能相对应,XLPE分别在60d前后出现了比较明显的增大趋势。相对于介电常数来说,损耗因数增加的幅度较大,XLPE在老化120d时,损耗因数增大了两个数量级。

[0063] 仿真获得XLPE老化劣化对信道特性的影响,如图8、9、10、11所示。其中在1MHz的频率下,特征阻抗从0天到120天下降了22.7%;此外根据仿真结果可知在10kHz~10MHz频率下,特征阻抗减小幅度无明显变换,利用测量特征阻抗识别老化劣化在10kHz~10MHz频段均适用;信道特性中的衰减系数随老化天数的增加而增加:在100kHz、1MHz、10MHz的频率下,老化120天衰减系数相较未老化前分别增加了31.87%,41.38%,80%,此外可知,随频率的增加,衰减系数以及老化前后衰减系数也增加。相移系数与波速度关系为:
$$v = \frac{2\pi f}{\beta}$$

式中,v是波速度; β 为相移系数;f是频率。100kHz以后时,其波速度基本不变,其中在1MHz情况下,老化前波速度为1.76*10⁸m/s,老化120天后1.45*10⁸m/s,老化前后变化21.38%。

[0064] 根据上述出现的结果可知:信道特性中的衰减系数是影响变化最大的,在1MHz情况下衰减系数增加了41.38%,几乎是原来一倍,也是最敏感参量,且随着频率的增加,老化后的衰减系数进一步增加。这是因为金属屏蔽与线芯形成类似的电容器结构,老化后会造

成XLPE介电常数的变化,根据同轴电缆的电容C计算公式:
$$C = \frac{7.354 \times \epsilon_r}{\log_{10} \left(\frac{D}{d} \right)}$$
其中 ϵ_r 为同轴电

内部材料电介质的相对介电常数,D、d分别为同轴电缆外径与内径。由老化结果可知,相对介电常数实部变化从0天2.14变化到120天后的3.55,相较未老化前,相对介电常数增大55.3%,因此,电容会进一步增大,此时接地支路的阻抗会变小,因此同样传输距离下,高频

信号损失更多,所以衰减更大。

[0065] 设置电缆长度为100m,图12、13为老化前后首端输入阻抗幅值和相位谱。呈现结果如下:

[0066] 周期性:电缆阻抗幅值和相位频谱周期性的出现极大值与极小值。当 $\cos\theta=1.0$ 时首端阻抗幅值将出现极大值, $\cos\theta$ 是目标电缆样本的介质损耗角的余弦值。相位谱的周期表示为 $T_z = \frac{v}{2l}$,式中, v 是波速度; l 是目标电缆的长度。

[0067] 迅变性:在阻抗幅值频谱的极大值附近,以及阻抗相位频谱的过零点附近,阻抗的变化十分迅速指数算子 $e^{-2\gamma l}$ 变化特性是阻抗谱出现的迅变性的主要原因。

[0068] 衰减性:电缆阻抗幅值和相位频谱的极大值存在随着频率的增高而衰减的特性。

[0069] 根据上述信道模型特性变化可知,电缆波速度随老化时间增加速度不断降低,而阻抗谱极值出现周期为: $T_z = \frac{v}{2l}$,因此老化同样会对阻抗谱周期性产生影响。首端输入阻抗幅值的峰值和峰值频率也出现了较大变化,老化120天后,第一个峰幅值比之前减小60%。

[0070] 综上所述,XLPE介电常数在老化120天增加59.1%,由此对电缆信道模型产生的影响:1MHz情况下,特征阻抗下降了22.7%;衰减系数增加了41.38%;波速度下降了21.38%,阻抗谱第一个峰幅值比之前减小60%。因此利用信道特性变化识别XLPE老化劣化状态,阻抗谱是最为敏感的,衰减系数同样可以作为参量感知电缆老化劣化状态,其余信道特性可作为辅助参数提高老化劣化状态识别。

[0071] 实例二:半导体屏蔽层老化劣化检测。

[0072] 将半导体屏蔽层进行热老化试验,老化时间为60天。

[0073] 通过监测装置获取样品电压与电流变化,并计算得到不同老化时间下介电性能的变化如图14、15示。可以看到随着老化天数的增加,半导体屏蔽层的介电常数也随之增加。在1kHz,12kHz,126Hz,3.64MHz下半导体屏蔽层随老化天数的变化情况,可以看到随着老化天数的增加,半导体屏蔽层相对介电常数变化趋势为增加,从测量结果可以看出,电缆屏蔽层老化后,低频段和中频段变化比较高,前后变化数量级超过3个数量级,相对比,高频段变化较小,变化大小超过1个数量级。接近两个数量级。

[0074] 半导体屏蔽层老化过程中介电常数发生了明显变化,因此对信道特性也会产生一定影响,将0d,22d,44d测得的半导体屏蔽层介电常数带入信道模型得到信道特性变化如图16、17、18、19所示:

[0075] 特征阻抗随老化天数的增加而减小:在1MHz的频率下,半导体屏蔽层老化44天后特征阻抗后下降了3.3%;此外根据仿真结果可知从老化28天后特征阻抗下降趋势很小,几乎无变化,因此难以用特征阻抗这个因素去区分半导体屏蔽层的劣化程度。

[0076] 衰减系数随老化天数的增加而增加:在100kHz、1MHz、10MHz的频率下,半导体屏蔽层老化44天衰减系数相较未老化前分别增加了3.2%,1.8%,2.3%。

[0077] 其中在1MHz情况下,老化前波速度为 $1.76*10^8\text{m/s}$,老化44天后 $1.70*10^8\text{m/s}$,老化前后变化3.5%。

[0078] 如图20所示,首端输入阻抗幅值的峰值和峰值频率也出现了较大变化,峰值频率左移,老化44天后,第一个峰幅值比之前减小7.4%。

[0079] 从上述可以看出,半导电层老化对信道特性的影响要小于XLPE老化,以衰减系数为例分析,由于半导电层厚度较小($d < 2\text{mm}$),且在未老化前介电常数就已经很高了(> 100),

因此根据同轴电缆的电容C计算公式: $C = \frac{7.354 \times \epsilon_r}{\log_{10}(\frac{D}{d})}$,其中 ϵ_r 为同轴电缆内部材料电介质的

相对介电常数,D、d分别为同轴电缆外径与内径因此,对于内外半导电层引起的 C_1 、 C_2 电容和XLPE引起的 C_{XLPE} 来说:

[0080] $C_1, C_2 > 100 * C_{XLPE}$ 。

[0081] 对于整个对地的串联的电容来说(忽略XLPE电导以及半导电层电导对衰减的影响):

[0082] $\frac{1}{C_{总}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C}$ 。

[0083] $C_1, C_2 > 100 * C_{XLPE}$,所以对地支路的阻抗主要由XLPE引起的电容结构决定,所以半导电层的老化引起的变化相比较于XLPE引起的变化来说比较小。

[0084] 此外特征阻抗,衰减系数,波速度等都呈现老化初期变化剧烈之后变化幅值较小。主要原因是,特征阻抗,衰减系数,波速度与参数R,L,G,C的关系可以简化成与电缆电介质磁导率和介电常数的关系,参数R、L、C、G分别代表电缆传输线单位长度的电阻、电感、电容以及电导,如下:

[0085] $Z_0 = \frac{\sqrt{R+j\omega L}}{\sqrt{G+j\omega C}} \approx \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$, $\gamma = \sqrt{(R+j\omega L)(\sqrt{G+j\omega C})} \approx \sqrt{\frac{1}{\mu\epsilon}}$ 。

[0086] 其中相对介电常数量级增加较快,对应特征阻抗以及传播系数的变化,然后随着相对介电常数量级至103,已经无法起到决定性因素的变化,此时 $Z_0 \neq \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$, $\gamma \neq \sqrt{\frac{1}{\mu\epsilon}}$ 。

[0087] 综上所述,半导电屏蔽层老化44天过程中,介电常数变化剧烈在10k~10MHz频率下,变化基本都大于103数量级,由此对电缆信道模型产生的影响:1MHz情况下,特征阻抗下降了3.3%;衰减系数增加了1.8%;波速度下降了3.5%,阻抗谱第一个峰幅值比之前减小7.4%。利用信道特性变化识别半导电屏蔽层老化劣化状态难度比识别XLPE绝缘老化困难,但是依然可以利用阻抗谱法以及信道特性识别,不同于信道特性中衰减系数对XLPE老化最敏感,波速度对半导电层老化劣化最敏感,其余信道特性可作为辅助参数提高老化劣化状态识别。

[0088] 本申请公开了一种电缆老化劣化状态检测方法及老化监测装置,所述方法包括获取所述目标电缆样本的在试验温度下,随试验时间改变产生的电流变化数据和电压变化数据;根据所述目标电缆样本的电流变化数据和电压变化数据,获取所述目标电缆样本的介电性能变化数据;所述介电性能变化数据包括介电常数变化数据和损耗因数变化数据;构建目标电缆样本的信道模型;所述信道模型包括信道特性参数;根据所述介电性能变化数据、所述损耗因数变化数据和所述目标电缆样本的信道模型,获取所述信道特性参数的变化数据;根据所述信道特性参数的变化数据,判断所述目标电缆的老化劣化程度。

[0089] 本申请在电缆终端注入高频信号,获取电缆样本数据做老化试验,通过信道模型中信道特性参数的变化来精确判断电缆的老化劣化程度,及时对老化劣化电缆进线维修与

更换,减少因电缆老化劣化而产生的安全事故;本申请对数据进行筛选,提高了判断的准确性与可靠性;本申请可以获得电缆的实际最大寿命,提醒工作人员及时对即将到达最大寿命的电缆进行更换。

[0090] 以上结合具体实施方式和范例性实例对本申请进行了详细说明,不过这些说明并不能理解为对本申请的限制。本领域技术人员理解,在不偏离本申请精神和范围的情况下,可以对本申请技术方案及其实施方式进行多种等价替换、修饰或改进,这些均落入本申请的范围内。本申请的保护范围以所附权利要求为准。

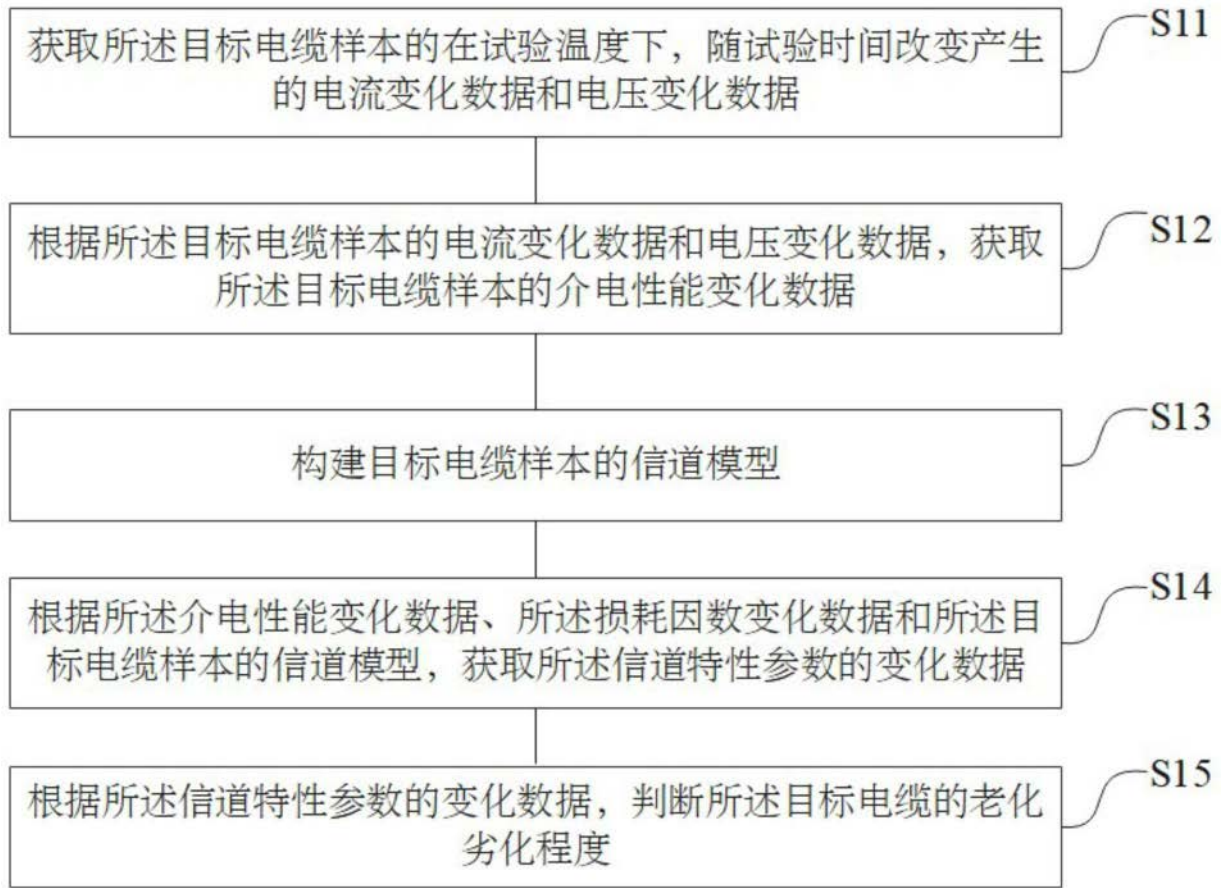


图1



图2

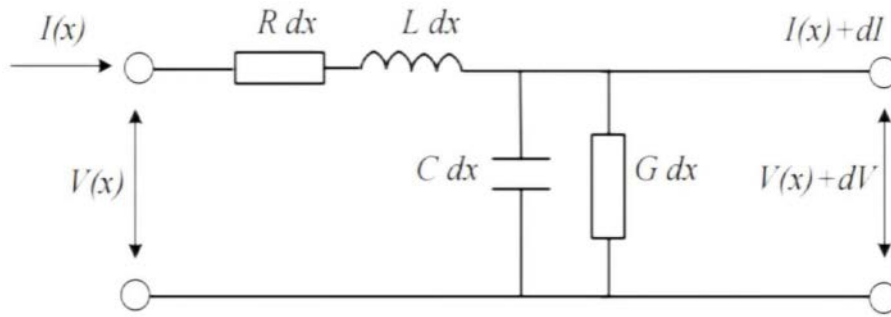


图3

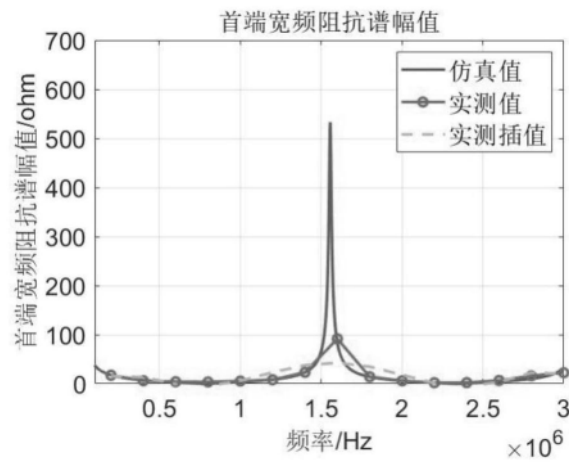


图4

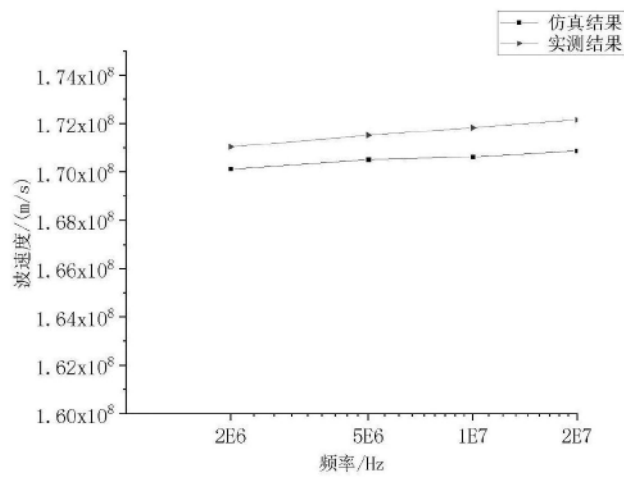


图5

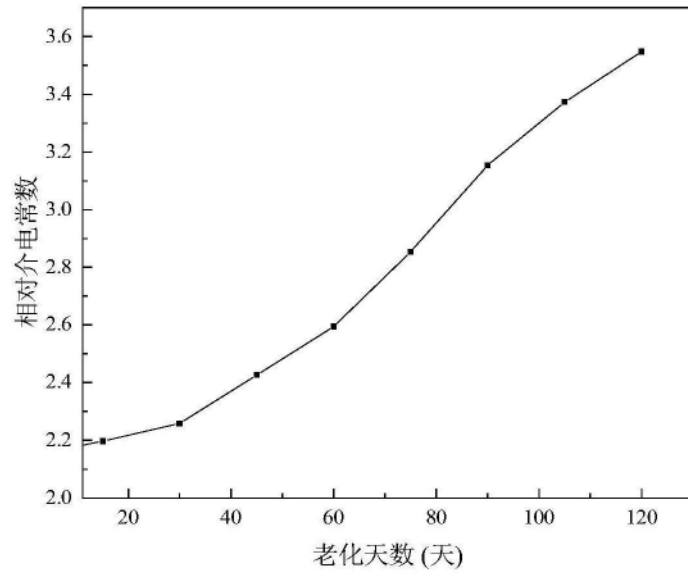


图6

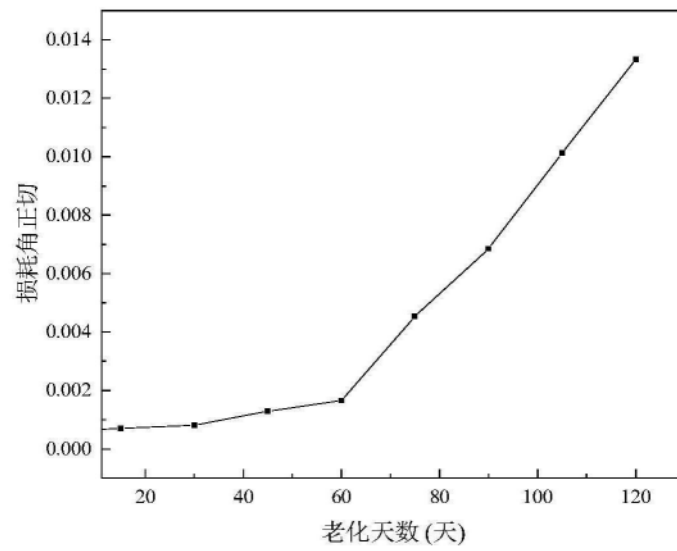


图7

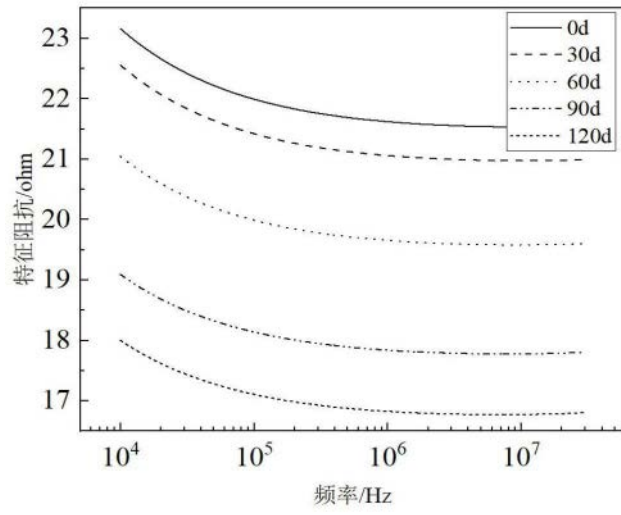


图8

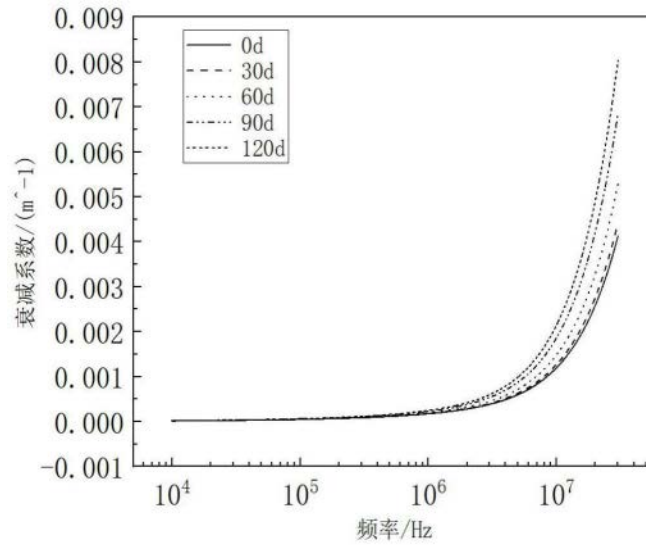


图9

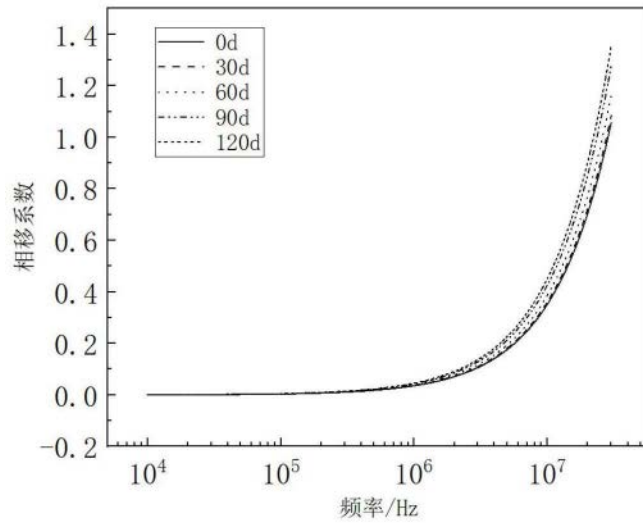


图10

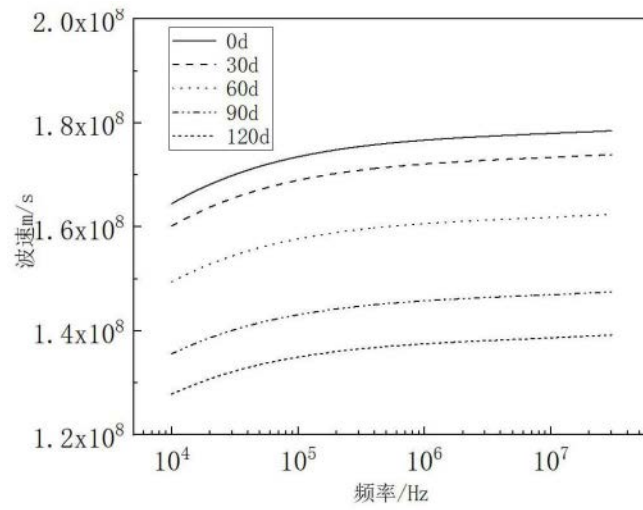


图11

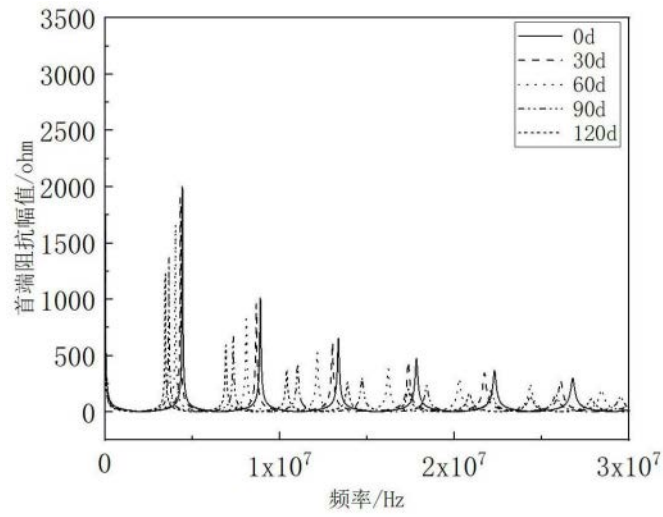


图12

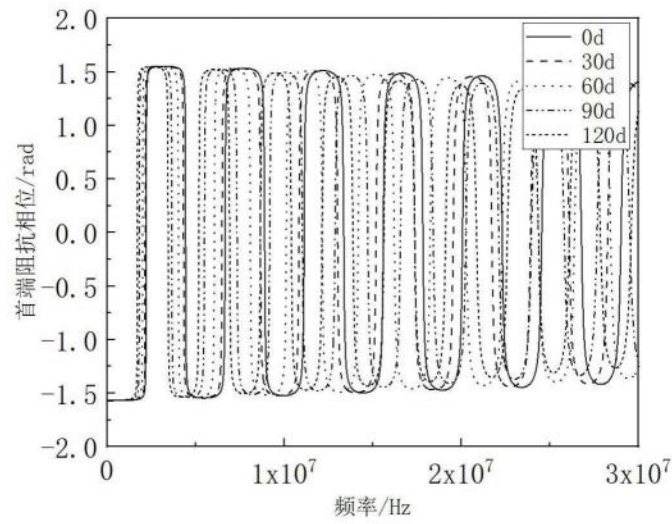


图13

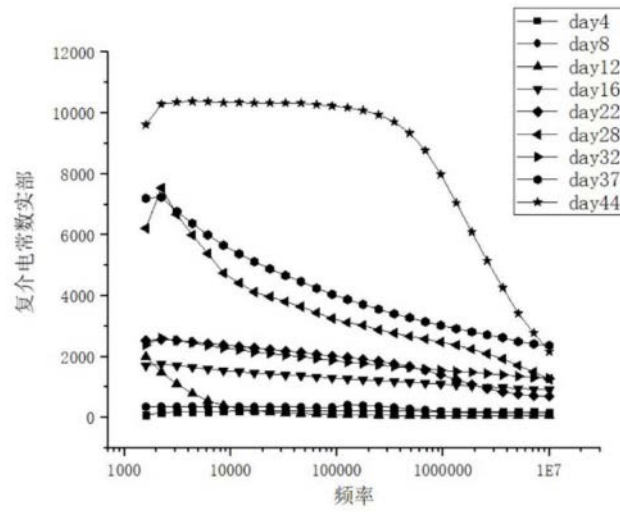


图14

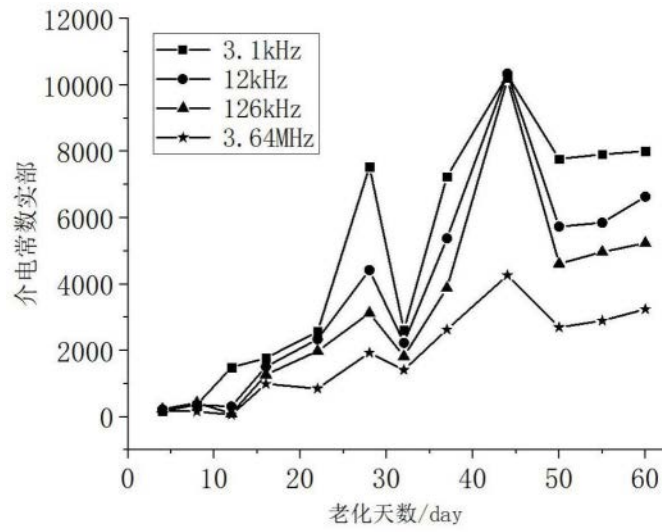


图15

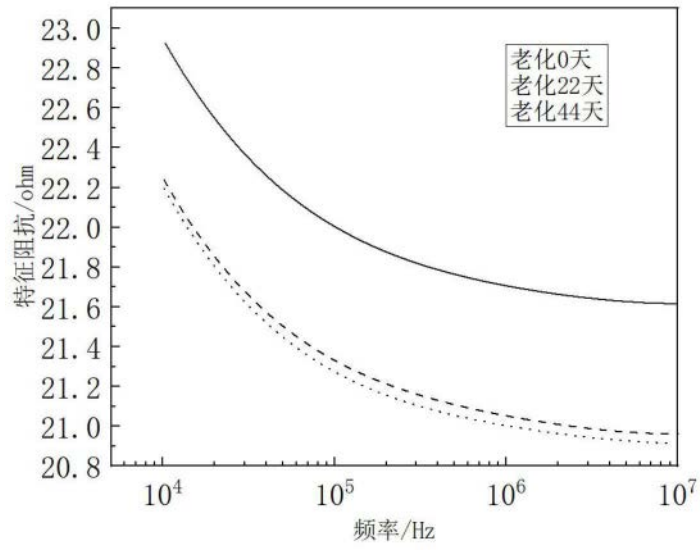


图16

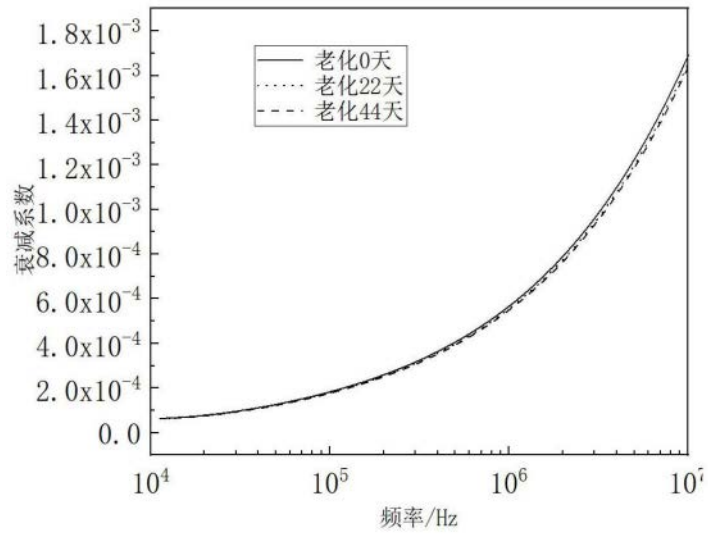


图17

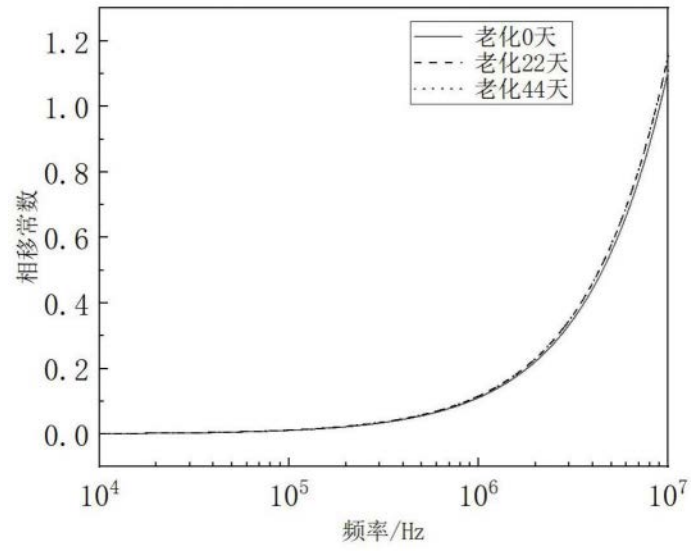


图18

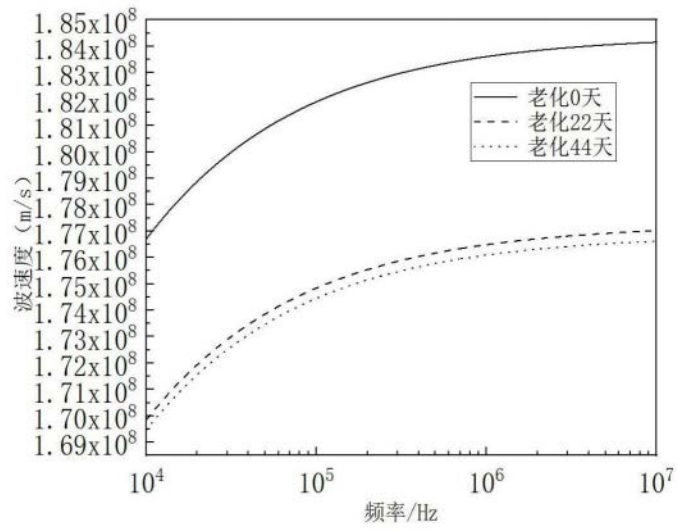


图19

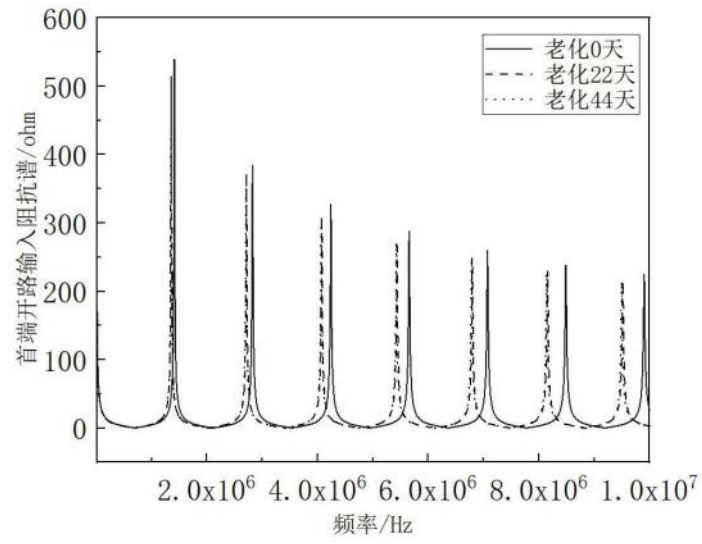


图20