



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118575233 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202380017699.X

伊泽真人 大岛拓实

(22) 申请日 2023.01.26

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

(30) 优先权数据

2022-011409 2022.01.28 JP

专利代理师 李范烈 陆锦华

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.18

(51) Int. Cl.

H01B 7/32 (2006.01)

G01R 31/54 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/002386 2023.01.26

G01R 31/58 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/145803 JA 2023.08.03

(71) 申请人 株式会社自动网络技术研究所

地址 日本

申请人 住友电装株式会社

住友电气工业株式会社

(72) 发明人 小森洋和 村田高弘 园田不二夫

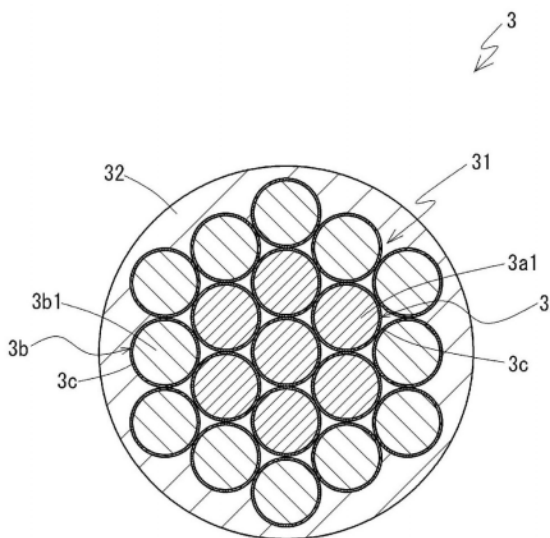
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

带有异常预兆检测功能的电缆和电线异常
预兆检测系统

(57) 摘要

提供能够对电线中发生断线的预兆进行高精度的阶段性检测的带有异常预兆检测功能的电缆及电线异常预兆检测系统。带有异常预兆检测功能的电缆具有：对象电线，具有电线导体和包覆所述电线导体外周的电线包覆部；及检测线(3)，具有检测线导体(31)和包覆所述检测线导体(31)外周的检测线包覆部(32)，所述检测线导体(31)的作为整体的弯曲寿命比所述电线导体短，所述检测线导体(31)作为在导电性材料的单线(3a1、3b1)的外周形成有绝缘包覆层(3c)的线材而具有长寿命线材(3a)和弯曲寿命比所述长寿命线材(3a)短的短寿命线材(3b)，所述检测线导体(31)中在所述长寿命线材(3a)的组的外周以层状配置有所述短寿命线材(3b)。



1. 一种带有异常预兆检测功能的电缆,具有:
对象电线,具有电线导体和电线包覆部,该电线包覆部包覆所述电线导体的外周;及
检测线,具有检测线导体和检测线包覆部,该检测线包覆部包覆所述检测线导体的外周,
所述检测线导体的作为整体的弯曲寿命比所述电线导体的作为整体的弯曲寿命短,并且,
所述检测线导体作为在导电性材料的单线的外周形成有绝缘包覆层的线材而具有长寿命线材和短寿命线材,该短寿命线材的弯曲寿命比所述长寿命线材的弯曲寿命短,
在所述检测线导体中,在所述长寿命线材的组的外周以层状配置有所述短寿命线材。
2. 根据权利要求1所述的带有异常预兆检测功能的电缆,其中,
所述长寿命线材和所述短寿命线材通过使所述导电性材料的单线的构成材料以及该单线的线径中的至少一方相互不同而具有相互不同的弯曲寿命。
3. 根据权利要求1或2所述的带有异常预兆检测功能的电缆,其中,
构成所述长寿命线材的所述导电性材料为铜合金,
构成所述短寿命线材的所述导电性材料为铜或耐弯曲性比构成所述长寿命线材的所述导电性材料低的铜合金。
4. 根据权利要求1或2所述的带有异常预兆检测功能的电缆,其中,
构成所述长寿命线材的所述导电性材料为铝合金,
构成所述短寿命线材的所述导电性材料为铝或耐弯曲性比构成所述长寿命线材的所述导电性材料低的铝合金。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的带有异常预兆检测功能的电缆,其中,
作为所述对象电线,包括电源线和通信线。
6. 一种电线异常预兆检测系统,具有:
权利要求1至5中的任一项所述的带有异常预兆检测功能的电缆;及
测量部,测量所述带有异常预兆检测功能的电缆中包含的所述检测线的所述检测线导体的特性阻抗。

带有异常预兆检测功能的电缆和电线异常预兆检测系统

技术领域

[0001] 本公开涉及带有异常预兆检测功能的电缆和电线异常预兆检测系统。

背景技术

[0002] 在各种电气/电子设备、输送用设备、建筑物、公共设备 etc 中, 搭载或铺设电线, 但随着电线的长期使用, 有时电线发生断线等损伤。例如, 当对电线反复施加弯曲、振动时, 有时由于金属疲劳而在构成电线的导体产生断线。断线等损伤优选在实际发生之前, 在金属疲劳发展的阶段等预兆的阶段进行检测。如果能够在预兆的阶段检测电线的损伤的产生, 则通过实施更换该电线等对策, 能够将配置有电线的设备的功能停止等由电线的损伤引起的不良情况防患于未然。

[0003] 作为意图检测电线的损伤的预兆的电缆, 例如在专利文献1中公开了一种带断线检测功能的电缆, 其具备: 检测线, 具有将多个线材绞合而成的导体; 及被检测线, 具有将多个线材绞合而成的导体, 检测线的导体的绞合间距比被检测线的导体的绞合间距长。通过使检测线的导体的绞合间距比被检测线的导体的绞合间距长, 从而使检测线的弯曲寿命比被检测线的弯曲寿命短, 实现断线的预测。

[0004] 另外, 在专利文献2中公开了一种断线检测装置, 该断线检测装置具备: 电缆, 由多根电线、覆盖这些多根电线的电屏蔽层以及覆盖电屏蔽层的护套构成; 断线检测线, 设置于电屏蔽层, 由导体线及其外周的绝缘包覆层构成; 电压源, 与导体线电连接; 第一检测器, 与导体线电连接; 及第二检测器, 与电屏蔽层电连接。断线检测线的弯曲寿命被设定为比电线的弯曲寿命短。记载了通过电压源对断线检测线的导体线施加电压, 根据第一检测器的检测信号和第二检测器的检测信号预测电屏蔽层的断线。

[0005] 在专利文献3中公开了如下方式: 在具有用绝缘体包覆导体而成的芯线和断线检测线的带断线检测功能的电缆中, 断线检测线由在导体线上包覆绝缘体而成的多根线材构成, 这些多根线材由弯曲寿命不同的两种以上的线材构成。由于将弯曲寿命不同的线材组合而构成检测线, 因此能够使该检测线阶段性地断线。另外, 通过将检测线的线材各自绝缘, 从而明确地表现出由线材断线引起的电阻变化, 能够进行更准确的断线检测。在该专利文献3中, 如该文献的图1等所示, 两种线材在断线检测线的周向上交替地配置。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1: 日本特开2013-182716号公报

[0009] 专利文献2: 日本特开2007-305478号公报

[0010] 专利文献3: 日本特开2007-299608号公报

发明内容

[0011] 发明所要解决的课题

[0012] 如专利文献1~专利文献3所记载的那样, 与作为检测断线的预兆的对象的对象电

线一起,设置比该对象电线更容易因弯曲而断裂的检测线,并监视检测线的断裂,由此能够检测对象电线的断线的预兆。特别是,如专利文献3所记载的那样,通过将弯曲寿命不同的两种以上的线材组合而构成检测线,从而能够通过检测线的阶段性的断线来阶段性地检测对象电线的断线的预兆。但是,在这样使用弯曲寿命不同的线材构成检测线的情况下,通过进一步研究检测线导体的结构,有可能能够更高精度地进行对象电线的断线的预兆的阶段性检测。

[0013] 鉴于以上情况,本申请的课题在于提供一种能够高精度地进行电线发生断线的预兆的阶段性检测的带有异常预兆检测功能的电缆以及电线异常预兆检测系统。

[0014] 用于解决课题的手段

[0015] 本公开所涉及的带有异常预兆检测功能的电缆具有:对象电线,具有电线导体和电线包覆部,该电线包覆部包覆所述电线导体的外周;及检测线,具有检测线导体和检测线包覆部,该检测线包覆部包覆所述检测线导体的外周,所述检测线导体的作为整体的弯曲寿命比所述电线导体的作为整体的弯曲寿命短,并且所述检测线导体作为在导电性材料的单线的外周形成有绝缘包覆层的线材而具有长寿命线材和短寿命线材,该短寿命线材的弯曲寿命比所述长寿命线材的弯曲寿命短,在所述检测线导体中,在所述长寿命线材的组的外周以层状配置有所述短寿命线材。

[0016] 本公开的电线异常预兆检测系统具有:所述带有异常预兆检测功能的电缆;及测量部,测量所述带有异常预兆检测功能的电缆中包含的所述检测线的所述检测线导体的特性阻抗。

[0017] 发明效果

[0018] 根据本公开的带有异常预兆检测功能的电缆和电线异常预兆检测系统,能够高精度地进行电线中发生断线的预兆的阶段性检测。

附图说明

[0019] 图1是示出本公开的一个实施方式的带有异常预兆检测功能的电缆的结构剖视图。

[0020] 图2是示出上述带有异常预兆检测功能的电缆中包含的检测线的结构的剖视图。

[0021] 图3是说明在上述检测线中向检测线导体施加负荷的程度与特性阻抗的变化量之间的关系图。

[0022] 图4是表示作为模拟对象的检测线的状态的剖视图。

[0023] 图5A表示针对各状态的检测线通过模拟得到的特性阻抗。

[0024] 图5B表示线材的断裂根数与50MHz下的特性阻抗值之间的关系。

具体实施方式

[0025] [本公开的实施方式的说明]

[0026] 首先,将描述本公开的实施方式。

[0027] 本公开的实施方式所涉及的带有异常预兆检测功能的电缆具有:对象电线,具有电线导体和电线包覆部,该电线包覆部包覆所述电线导体的外周;及检测线,具有检测线导体和检测线包覆部,该检测线包覆部包覆所述检测线导体的外周,所述检测线导体的作为

整体的弯曲寿命比所述电线导体的作为整体的弯曲寿命短,并且所述检测线导体作为在导电性材料的单线的外周形成有绝缘包覆层的线材而具有长寿命线材和短寿命线材,该短寿命线材的弯曲寿命比所述长寿命线材的弯曲寿命短,在所述检测线导体中,在所述长寿命线材的组的外周以层状配置有所述短寿命线材。

[0028] 上述带有异常预兆检测功能的电缆包括具有弯曲寿命比对象电线的电线导体短的检测线导体的检测线。因此,当由于弯曲、振动而对带有异常预兆检测功能的电缆反复施加负荷时,与对象电线的电线导体相比,检测线导体所包含的线材在短时间内断裂。在检测线所包含的线材发生了断裂时,通过特性阻抗的测定等电测定来检测该断裂,从而能够在对象电线发生断线之前检测到对象电线发生了断线的预兆。

[0029] 在上述带有异常预兆检测功能的电缆中,由于检测线导体包含弯曲寿命相对较长的长寿命线材和弯曲寿命相对较短的短寿命线材这两种线材,因此若对检测线导体反复施加由弯曲、振动引起的负荷,则与长寿命线材相比,短寿命线材先发生断裂。于是,对检测线导体进行电测定而得到的测定值以首先因短寿命线材的断裂而变化,然后因长寿命线材的断裂而变化的方式阶段性地变化。通过检测该阶段性的变化,能够阶段性地检测对象电线的电线导体中的断线的预兆。在此,由弯曲寿命之差引起的线材的断裂容易度的差异通过在长寿命线材的组的外周以层状配置有短寿命线材这样的配置的效果而被放大,在短寿命线材与长寿命线材之间,达到断裂的时期之差变大。因此,短寿命线材断裂的时期和长寿命线材断裂的时期容易根据对检测线导体施加负荷的程度而明确地分离。另外,特别是关于短寿命线材,能够将以每一根线材为单位的断裂作为电测定的结果进行检测,能够将向检测线导体施加负荷的程度细分化而阶段性地区别。进而,在使用交流电流进行电测定的情况下,通过趋肤效应,能够特别敏感地检测配置于检测线导体整体的外周侧的短寿命线材的断裂。这样,在检测线导体中,通过采用弯曲寿命短的短寿命线材以层状包围长寿命线材的组的外侧这样的配置,能够将对象电线中的断裂的预兆明确地划分为多个阶段来进行检测。特别是在短寿命线材的断裂发展的区域中,能够多阶段且敏感地进行对象电线中的预兆的阶段性的检测。

[0030] 在此,上述长寿命线材和上述短寿命线材可以通过使上述导电性材料的单线的构成材料及该单线的线径中的至少一方互不相同而具有互不相同的弯曲寿命。于是,在两种线材之间,能够简便地对弯曲寿命设置差异。

[0031] 另外,可以是,构成上述长寿命线材的上述导电性材料是铜合金,构成上述短寿命线材的上述导电性材料是铜或耐弯曲性比构成上述长寿命线材的上述导电性材料低的铜合金。或者,可以是,构成上述长寿命线材的上述导电性材料是铝合金,构成上述短寿命线材的上述导电性材料是铝或耐弯曲性比构成上述长寿命线材的上述导电性材料低的铝合金。通过在长寿命线材及短寿命线材中采用这些金属材料,能够使用通用的金属材料,在长寿命线材与短寿命线材的弯曲寿命之间简便地设置大的差。

[0032] 上述带有异常预兆检测功能的电缆可以包含电源线和通信线作为上述对象电线。在该情况下,能够使用共同的检测线来检测电源线和通信线双方的断线的预兆。

[0033] 本公开的电线异常预兆检测系统具有:上述带有异常预兆检测功能的电缆;及测量部,测量上述带有异常预兆检测功能的电缆中包含的上述检测线的上述检测线导体的特性阻抗。如上所述,若检测线导体反复受到负荷的施加,则引起短寿命线材的阶段性的断裂和

与之接续的长寿命线材的断裂。并且,检测线导体的特性阻抗敏感地反映各线材的阶段性的断裂而变化。因此,通过测量部测量检测线导体的特性阻抗,检测特性阻抗的变化,由此能够以检测线导体的阶段性的线材的断裂为指标,阶段性且高精度地检测对象电线中的断线的预兆。

[0034] [本公开的実施方式的细节]

[0035] 在下文中,将参考附图详细描述根据本公开的實施方式的带有异常预兆检测功能的电缆和电线异常预兆检测系统。本公开的實施方式的带有异常预兆检测功能的电缆是能够检测在该电缆所包含的对象电线中发生损伤的预兆的电缆。另外,本公开的實施方式所涉及的电线异常预兆检测系统是用于检测在带有异常预兆检测功能的电缆所包含的对象电线中发生损伤的预兆的系统。

[0036] (1) 带有异常预兆检测功能的电缆的结构

[0037] 首先,对本公开的一个實施方式的带有异常预兆检测功能的电缆(以下,有时简称为电缆)的结构概略进行说明。在图1中用与轴线方向垂直地切断的剖视图表示本公开的一个實施方式的带有异常预兆检测功能的电缆1的结构。带有异常预兆检测功能的电缆1包括对象电线2(2A~2D)、检测线3、带层4以及护套5。图2表示检测线3的截面。

[0038] 对象电线2是实现供电、电压施加、通信等在搭载有电缆1的设备等中所要求的功能的电线,是在电缆1中成为应检测损伤的预兆的对象的电线。对象电线2的根数没有特别指定,可以为一根或多根。各对象电线2具有构成为导体线的电线导体21(21A~21D)和由绝缘材料构成并包覆电线导体21的外周的电线包覆部22。在图示的方式中,电缆1具备4根对象电线2A~2D。这4根中的2根是电源线2A、2B。另外2根是导体截面积比电源线2A、2B小的通信线2C、2D,相互绞合而构成双绞线。在图中,用虚线表示双绞线的外缘。具备这种电源线2A、2B和通信线2C、2D的复合电缆用于汽车的电动制动器等。

[0039] 检测线3如后文说明作用那样,是通过自身发生断裂而检测在对象电线2产生断线的预兆的电线。检测线3具有构成为导体线的检测线导体31以及由绝缘材料构成并包覆检测线导体31的外周的检测线包覆部32。电缆1中包含的检测线3的根数没有特别限定,可以为1根或多根。以下,主要说明仅使用一根检测线3的方式,但也可以设置构成检测线导体31的线材的材质、线径、根数等不同的多个检测线3。从可靠地进行检测线导体31的绝缘的观点出发,检测线包覆部32优选作为与检测线导体31不同的部件,包覆检测线导体31整体的外周而设置,但如后面说明的那样,在构成检测线导体31的外周部的线材3b的外周设置的绝缘包覆层3c也可以兼作检测线包覆部32。

[0040] 检测线导体31的弯曲寿命比对象电线2的电线导体21短。在本说明书中,导体、线材的弯曲寿命表示在受到弯曲时直至发生断裂为止的期间,可以评价为在反复进行规定角度下的弯曲时直至发生断裂为止的弯曲次数等。其弯曲次数越多,表示弯曲寿命越长(耐弯曲性越高)。如后所述,检测线导体31包含多种线材,但作为检测线导体31的整体的弯曲寿命、即作为将全部线材3a、3b合在一起的集合体的弯曲寿命比对象电线2的电线导体21短。另外,在电缆1包含多个对象电线2的情况下,与这些多个对象电线2的电线导体21各自相比,检测线导体31的弯曲寿命短。在电源线2A、2B和通信线2C、2D包含于电缆1的情况下,与通信线2C、2D相比,通常导体截面积大的电源线2A、2B的弯曲寿命短,检测线导体31的弯曲寿命比该电源线2A、2B更短。

[0041] 作为在对象电线2与检测线3之间对导体21、导体31的弯曲寿命设置差异的手段,能够例示以下的方式。例如,如果导体截面积相同,则构成绞线导体的线材的根数越多,弯曲寿命越长。另外,构成导体的线材越细,弯曲寿命越长。另外,在构成导体的导电性材料作为材料物性显示高的耐弯曲性的情况下,例如在具有大的杨氏模量、高的刚性模量、高的弯曲强度的情况下,导体的弯曲寿命变长。并且,如专利文献1所记载的那样,导体中的线材的绞合间距越短,导体的弯曲寿命越长。

[0042] 在电缆1中,全部的对象电线2和检测线3汇集成一个,构成电线组G。在电线组G中,各对象电线2及检测线3的相互配置没有特别限定,但优选的方式为将检测线3配置于中央,包围该检测线3的外周而配置多个对象电线2。此时,在设置多个检测线3的情况下,可以将这些多个检测线3集中配置在中央。检测线3和对象电线2可以仅集中为电线束,但优选的方式为以检测线3为中心,在该检测线3的外周配置对象电线2来一并绞合。在该情况下,中心的检测线3也被绞合。

[0043] 在电线组G的外周设置有带层4。带层4起到将构成电线组G的各对象电线2及检测线3与护套5分离的作用。带层4的形态及材料没有特别限定,但优选例示由纸、树脂等绝缘性材料构成的带体呈螺旋状地卷绕于电线组G的外周的方式。带层4与电线组G紧贴。即,与构成电线组G的各电线2A~2D、3中的、面向电线组G的最外周的电线(图中为对象电线2A、2B、2D)的外周面接触。

[0044] 护套5构成为以聚合物材料为主成分的绝缘体的挤出成形体,包围带层4的外周,构成电缆1整体的最外周。护套5与带层4的外周紧贴。即,优选在带层4的外周的整个区域中,在护套5与带层4之间,除了不可避免的物质以外以不形成空隙的方式护套5与带层4接触。护套5可以由一层构成,也可以由多层构成,但在图示的方式中由外层51和内层52这两层构成,外层51由耐磨损性等机械特性比内层52优异的材料构成。在电缆1中,也可以省略带层4,形成护套5作为与电线组G的外周直接紧贴的挤出成形体。护套5形成为挤出成形体,适当地隔着带层4而紧贴于电线组G的外周,从而对象电线2与检测线3的位置关系难以相互偏移,能够以不依赖于位置、时期的灵敏度通过检测线3准确地检测对象电线2的断线的预兆。

[0045] (2) 检测线导体的结构

[0046] 接着,对构成带有异常预兆检测功能的电缆1所包含的检测线3的检测线导体31进行说明。检测线导体31构成为多个线材的集合体,但不是全部由相同的线材构成,而是包含长寿命线材3a和短寿命线材3b这两种线材的多个线材。长寿命线材3a及短寿命线材3b分别独立地构成为在导电性材料的单线3a1、3b1的外周形成有绝缘包覆层3c的线材。短寿命线材3b与长寿命线材3a相比,导电性材料的单线的弯曲寿命短。以下,有时将构成线材的导电性材料的单线的弯曲寿命简称为线材的弯曲寿命。

[0047] 在本实施方式涉及的电缆1中,多根长寿命线材3a在中心部集合为1个,构成组。在该长寿命线材3a的组的外周以层状配置有多个短寿命线材3b。即,长寿命线材3a和短寿命线材3b以层状相互分开配置,在检测线导体31的外周侧存在沿着检测线导体31的周向仅排列有短寿命线材3b的区域,另一方面,在检测线导体31的内侧存在沿着检测线导体31的周向仅排列有长寿命线材3a的区域。在图示的方式中,以包围长寿命线材3a的组的外周的方式仅配置有1层短寿命线材3b,但也可以配置2层以上的短寿命线材3b。在检测线导体31中,

优选对以上述规定的配置排列的多根长寿命线材3a和多根短寿命线材3b的集合体整体进行绞合。

[0048] 如上所述,短寿命线材3b的弯曲寿命比长寿命线材3a短。短寿命线材3b和长寿命线材3a可以通过使单线3a1、3b1的构成材料及线径中的至少一方相互不同而具有相互不同的弯曲寿命。作为构成材料的差异,与短寿命线材3b相比,由显示出大的杨氏模量、高的刚性模量、高的弯曲强度等作为材料物性的高耐弯曲性的材料构成长寿命线材3a即可。作为线径的差,只要将长寿命线材3a构成为线径比短寿命线材3b小的线材即可。优选的是,长寿命线材3a和短寿命线材3b至少在构成材料上相互不同,长寿命线材3a由显示出高耐弯曲性的材料构成。例如,作为构成各线材的导电性材料,能够适当地例示出在长寿命线材3a中使用铜合金、在短寿命线材3b中使用铜(软铜)的方式、在长寿命线材3a中使用铝合金、在短寿命线材3b中使用铝的方式、在长寿命线材3a中使用耐弯曲性比较高的铜合金或铝合金、在短寿命线材3b中使用耐弯曲性比其低的其他铜合金或铝合金的方式。

[0049] 如上所述,长寿命线材3a和短寿命线材3b分别各自具有绝缘包覆层3c。因此,长寿命线材3a与短寿命线材3b之间、长寿命线材3a彼此、短寿命线材3b彼此相互绝缘。绝缘包覆层3c的具体的种类、厚度没有特别限定,但优选由漆包覆层构成。

[0050] (3) 断线检测的方法

[0051] 若上述说明的电缆1搭载于设备等,在使用中反复受到弯曲、振动,则金属疲劳蓄积于构成对象电线2的电线导体21,有可能导致断线。当对象电线2发生断线时,对象电线2无法实现供电、通信等功能,搭载有电缆1的设备有可能无法持续发挥正常的功能。进而,也有可能由于对象电线2的断线而在该设备产生故障等不良情况。

[0052] 但是,本实施方式的电缆1除了在设备等中发挥预定功能的对象电线2以外,还包括具备弯曲寿命比对象电线2的电线导体21短的检测线导体31的检测线3。若电缆1反复受到弯曲、振动,则弯曲寿命短的检测线导体31比电线导体21先发生断裂。在检测线导体31产生断裂意味着,对象电线2也被施加由弯曲、振动引起的负荷,在电线导体21中蓄积有金属疲劳,如果在该状态下继续施加负荷,则对象电线2的电线导体21也有可能发生断线。检测线导体31的断裂能够通过特性阻抗的测定等电测定来检测。在此,检测线导体31的断裂是指,在构成检测线导体31的线材(长寿命线材3a和短寿命线材3b)的至少一部分中,导电性材料的单线3a1、3b1发生断裂。

[0053] 这样,通过检测弯曲寿命短的检测线导体31的断裂,能够在对象电线2实际未发生断线的阶段将对象电线2的电线导体21存在断线的预兆的情况防患于未然。在检测到对象电线2的断线的预兆的阶段,如果采取将对象电线2更换为新的对象电线等措施,则能够预防由对象电线2的断线引起的不良情况。另外,在本说明书中,有时将对象电线2的电线导体21的断线简称为对象电线2的断线。

[0054] 在本实施方式的电缆1中,作为用于使用检测线3检测对象电线2的断线的预兆的检查方法之一,有向检测线导体31输入电信号,进行特性阻抗(或者通过电测定得到的其他电气参数;以下说明中也同样)的测定的方法。在进行特性阻抗的测定时,以外部的接地电位为基准,对包含长寿命线材3a和短寿命线材3b的检测线导体31整体输入包含交流成分的检查信号。然后,通过反射法或透射法,优选通过反射法检测响应信号。

[0055] 在检测线导体31的中途部,若线材3a、3b存在断裂,则在该断裂的部位产生电信号

的反射,因此响应信号产生不连续的变化。因此,在测量的特性阻抗产生了基准值以上的变化的情况下,能够判定为在检测线导体31产生断裂,在对象电线2的电线导体21产生断线的预兆。当构成单纯的直线状的检测线导体31的线材3a、3b中的任一个发生断裂时,通常特性阻抗值向上升的方向变化。此外,特性阻抗的变化也由于未达到线材3a1、3b1的断裂的检测线导体31的损伤而产生。在本说明书中,将由断裂引起的特性阻抗的变化作为代表来处理,但对于断裂以外的检测线导体31的损伤,也同样能够经由特性阻抗的变化而用于对象电线2的断线的预兆的检测。通过将测定阻抗作为测定对象,与将电阻等其他电气参数作为对象的情况相比,即使在少数的线材3a1、3b1仅发生断裂、损伤的状态下,测定值也容易出现较大的变化,能够得到较高的检测灵敏度。

[0056] 进而,如果在特性阻抗的测量中使用时域法或频域法,则也能够沿着电缆1的轴线方向施加负荷,确定在检测线导体31产生断裂的位置。在时域法的情况下,将脉冲电信号输入到检测线导体31,将特性阻抗出现变化的时间变换为沿着电缆1的轴线方向的位置,由此能够获知产生断裂的位置。在频域法的情况下,将包含多个频率成分的电信号输入到检测线导体31,对响应信号进行傅里叶变换,将频率的信息变换为电缆1上的位置的信息即可。对于检测线3的特性阻抗的测定优选在电缆1的使用中连续或断续地进行。于是,如果在对象电线2的电线导体21产生断线的预兆,则能够提前发现该断线的预兆,并通知给搭载有电缆1的设备的用户等。或者,也可以在配置有电缆1的设备的定期检查等规定的时期,对检测线3进行特性阻抗的测定。

[0057] 在本实施方式的电缆1的检测线导体31中,短寿命线材3b的弯曲寿命比长寿命线材3a短。因此,由于电缆1的弯曲或振动,检测线导体31反复受到负荷时,短寿命线材3b比长寿命线材3a先发生断裂。这样,通过短寿命线材3b和长寿命线材3a的断裂时期不同,检测线导体31的特性阻抗阶段性地变化。即,如在图3中示出特性阻抗相对于对检测线导体31施加随时间的负荷的程度(例如弯曲次数)的变化量那样,随着对检测线导体31施加负荷的进行,首先短寿命线材3b断裂,特性阻抗上升(负荷水平L1以后)。在图3中,用 $\Delta Z1$ 表示短寿命线材3b全部断裂而引起的特性阻抗的变化量。之后,若进一步向检测线导体31施加负荷,则长寿命线材3a也发生断裂。于是,特性阻抗进一步上升(负荷水平L3以后)。在检测线导体31中,发生短寿命线材3b的断裂,进而发生长寿命线材3a的断裂,这意味着作为电缆1整体,由于反复的弯曲等而进行累积性的负荷的施加。即,意味着由金属疲劳引起的对象电线2的断线的可能性提高。

[0058] 因此,通过检测由短寿命线材3b与长寿命线材3a的弯曲寿命之差引起的检测线导体31的特性阻抗的阶段性的变化,能够将对象电线2的断线的预兆的紧迫度(进一步施加何种程度的负荷会实际断线)分为两个阶段进行判别。具体而言,在仅产生与短寿命线材3b的断裂对应的特性阻抗的变化($\Delta Z1$ 的变化)的阶段,能够判断为对象电线2的断线的紧迫度还没那么高,但若产生与长寿命线材3a的断裂对应的特性阻抗的变化,则表示对象电线2的断线的紧迫度提高。这样,通过检测线导体31的特性阻抗的阶段性的变化,能够阶段性地检测对象电线2的断线的预兆的紧迫度,由此在搭载有电缆1的设备中,能够采取发出与紧迫度相应的警报等手段。例如,在如电缆1的电源线2A、2B和通信线2C、2D那样包含弯曲寿命不同的多个对象电线2的情况下,能够构成为:通过短寿命线材3b的断裂来检测电源线2A、2B等弯曲寿命短的对象电线2的断线的预兆,并且通过长寿命线材3a的断裂来检测通信线2C、2D

等弯曲寿命长的对象电线2的断线的预兆。

[0059] 更详细而言,若分析因施加弯曲等负荷而导致的短寿命线材3b的断裂的进行状况,则在检测线导体31因反复的弯曲、振动而受到负荷时,只要不施加极大的负荷,则所有的短寿命线材3b一次断裂的情况很少,短寿命线材3b每次断裂1根或每次断裂几根,依次断裂,经过一定程度的期间,断裂的短寿命线材3b的根数逐渐增加的情况较多。在测量作为检测线导体31整体的特性阻抗的情况下,当一部分短寿命线材3b发生断裂时,在断裂的部位,该短寿命线材3b的导通的连续性中断,因此特性阻抗的测定值应该根据断裂的短寿命线材3b的根数而变化。

[0060] 但是,如果各短寿命线材3b和长寿命线材3a不具有绝缘包覆层3c而相互具有导通,则即使某个短寿命线材3b断裂,相邻的未断裂的短寿命线材3b或长寿命线材3a也会与该断裂的短寿命线材3b接触而桥接断裂部位,从而在该断裂的短寿命线材3b中导通的连续性不会中断(振荡(chattering);导通的再形成)。于是,检测线导体31的特性阻抗不发生变化。或者,即使产生变化,也会发生该变化量变小的情况、仅产生缓慢的变化的情况。

[0061] 相对于此,在本实施方式中,各短寿命线材3b及长寿命线材3a通过绝缘包覆层3c而相互绝缘,由此在某短寿命线材3b断裂时,该短寿命线材3b与周围的短寿命线材3b及长寿命线材3a绝缘,由此该短寿命线材3b的导通的连续性稳定地维持在夹着断裂部位而中断的状态。于是,该短寿命线材3b的断裂对检测线导体31的特性阻抗的测定值的影响变大,并且产生明显的影响。

[0062] 即,随着弯曲等对电缆1的负荷的施加累积,在短寿命线材3b阶段性地发生断裂的情况下,如图3所示,在检测线导体31的特性阻抗中产生阶梯状的明确的变化,即值从稳定的状态急剧地变动(通常上升),产生在变化后再次成为值稳定的状态的变化。在图3中,将与每根短寿命线材3b对应的特性阻抗的变化量的代表值表示为 δz_1 。随着对检测线导体31的负荷的施加的进行,当短寿命线材3b一根一根地发生断裂时,台阶的大小未必一定,但采取变化量 δz_1 等小的台阶,特性阻抗的变化累积,特性阻抗的值阶梯状地依次上升。并且,在所有的短寿命线材3b断裂时(负荷水平L2),从短寿命线材3b断裂的初期(负荷水平L1)起累积的特性阻抗的变化量达到 ΔZ_1 。

[0063] 这样,在检测线导体31的特性阻抗中,通过检测与每一根短寿命线材3b的断裂对应的台阶小的阶梯状的变化,能够检测出短寿命线材3b发生阶段性的断裂的情况,进而根据该阶梯状的变化次数、变化量,也能够推定断裂的短寿命线材3b的根数。如上所述,通过根据检测线导体31的特性阻抗的变化来区分检测短寿命线材3b的断裂和长寿命线材3a的断裂,能够将对象电线2中的断线预兆的紧迫程度大致区分为两个阶段来进行检测,但通过进一步阶段性地检测短寿命线材3b一根一根地断裂,能够将对象电线2中的断线预兆区分为更细的阶段来进行检测。由此,容易多样且适当地采取与断线的紧迫度的阶段对应的对策。

[0064] 在此,在检测线导体31的特性阻抗中,为了将与每一根短寿命线材3b对应的小台阶的变化作为明确的阶梯状的变化进行检测,如上所述,通过各短寿命线材3b和长寿命线材3a分别具有绝缘包覆层3c来防止振荡是重要的。此外,在检测线导体31中,短寿命线材3b和长寿命线材3a分开而配置成同心的层状,短寿命线材3b位于检测线导体31整体的外周部,这对于短寿命线材3b比长寿命线材3a更早地、而且一根一根地赋予明确的特性阻抗的

变化而引起断裂的现象具有较大的贡献。

[0065] 如上说明的那样,短寿命线材3b构成为弯曲寿命比长寿命线材3a短的线材,因此在受到弯曲等负荷时,比长寿命线材3a更早地发生断裂。并且,即使是相同的线材,配置于导体的外侧的线材在使导体弯曲时也会被施加较大的负荷,即使较少的弯曲次数也容易导致断裂。这是因为,在将导体弯曲时,在弯曲形状的内侧以最小的曲率半径弯曲的线材是配置于导体的最外周侧的线材。在本实施方式的电缆1的检测线导体31中,由于短寿命线材3b配置在长寿命线材3a的组的外周,因此通过该配置的效果,由线材自身的特性引起的长寿命线材3a与短寿命线材3b之间的弯曲寿命的差被放大,短寿命线材3b以比长寿命线材3a少的弯曲次数容易发生断裂的倾向变得更显著。

[0066] 在此,如专利文献3所示,如果长寿命线材3a和短寿命线材3b在断线检测线的周向上交替地配置,或者随机地配置,或者长寿命线材3a与短寿命线材3b相比配置在外侧,则作为线材自身的特性的弯曲寿命的差通过各线材3a、3b的配置而被缓和。即,即使是长寿命线材3a,配置在检测线导体31的外周侧的线材也比较容易在早期发生断裂,相反,即使是短寿命线材3b,配置在检测线导体31的内侧的线材也比较长期难以发生断裂。于是,2种线材3a、3b的断裂不容易以首先短寿命线材3b逐根阶段性地断裂、然后长寿命线材3a的断裂开始的方式顺序良好地发生。即使顺序良好地发生,两种线材3a、3b的断裂的时间间隔也会变小。于是,难以引起如图3所示的由各短寿命线材3b的断裂引起的阶梯状的明显的特性阻抗的变化。与此相对,如本实施方式的检测线导体31那样,配置有弯曲寿命不同的两种线材3a、3b的区域被划分为同心的层状,配置有长寿命线材3a的区域为内侧,配置有短寿命线材3b的区域为外侧,由此,与弯曲寿命相应的线材3a、3b的断裂依次且分离地发生。即,首先短寿命线材3b一根一根地依次断裂,(大致)在全部的短寿命线材3b断裂后,隔着期间,长寿命线材3a断裂。这样,各线材3a、3b的断裂顺序良好且分离良好地进行,由此即使与每一根短寿命线材3b的断裂对应的特性阻抗的变化为较小的变化量,也能够检测为明确的阶梯状的多级变化。作为其结果,能够高精度地进行对象电线2中产生断线的预兆的阶段性的探测。

[0067] 此外,短寿命线材3b配置在比长寿命线材3a靠外侧的位置,这在如上所述线材3a、3b的断裂本身以明确的阶段进行的基础上,从短寿命线材3b的断裂的检测灵敏度的观点出发,也有助于断线预兆的阶段性的检测的精度提高。在如特性阻抗测定那样通过使用了交流电流、特别是1MHz以上那样的高频的交流电流的电测定来进行检测线导体31中的断裂的检测的情况下,由于趋肤效应,电流集中流过检测线导体31的表面部分。即,在检测线导体31整体中,电流集中流过配置于外周部的短寿命线材3b。于是,在特性阻抗等对检测线导体31整体测量的电气参数中,来自短寿命线材3b的贡献变大,断裂等短寿命线材3b的状态的变化被较大地反映。因此,当短寿命线材3b发生断裂时,检测线导体31的特性阻抗产生大的变化,作为明确的阶梯状的变化被高灵敏度地检测出。

[0068] 如上所述,在检测线导体31中,长寿命线材3a和短寿命线材3b分别被绝缘包覆层3c包覆,且短寿命线材3b以层状配置在长寿命线材3a的组的外周,由此,由弯曲等负荷的施加引起的每一根短寿命线材3b的断线作为检测线导体31的特性阻抗的变化而被明确地检测出。通过该特性阻抗的变化,能够将对象电线2中的断线的预兆的紧迫度细分为多个阶段且高精度地检测出。并且,在短寿命线材3b整体断裂后,引起长寿命线材3a的断裂,由此将与各短寿命线材3b的断裂对应的 δz_1 等小幅的特性阻抗变化用作对象电线2中的断线预兆

的紧迫度的上升逐渐进展的指标,另一方面,将作为该小幅的特性阻抗的蓄积而产生 $\Delta Z1$ 的大的特性阻抗变化,之后产生与长寿命线材3a的断裂对应的特性阻抗的变化的现象用于判别仅通过短寿命线材3b的阶段性的断裂无法覆盖的大范围的对象电线2的断线预兆的紧迫度即可。例如,在如电缆1的电源线2A、2B和通信线2C、2D那样包含弯曲寿命不同的多个对象电线2的情况下,可以考虑构成为:通过短寿命线材3b的阶段性的断裂来区分程度地检测电源线2A、2B等弯曲寿命短的对象电线2中的断线的预兆,并且通过长寿命线材3a的断裂来检测通信线2C、2D等弯曲寿命长的对象电线2的断线的预兆。于是,例如,在各对象电线2中断线的预兆没那么进展的较早的时期,以短寿命线材3b的阶段性的断裂为指标,开始准备预备的电缆1等针对断线的应对,从而能够在各对象电线2的断线逼近之前采取适当的措施。

[0069] 以上,以短寿命线材3b为对象,对以每一根为单位的阶段性的断裂的检测进行了说明。但是,在长寿命线材3a中,也能够与短寿命线材3b同样地进行阶段性的断裂。而且,由于每一根长寿命线材3a也被绝缘包覆层3c包覆,因此与短寿命线材3b的断裂同样地,有可能能够通过特性阻抗的阶梯状的变化来检测其阶段性的断裂。但是,在长寿命线材3a中,与配置于检测线导体31的内侧相对应地,相比于短寿命线材3b,难以产生在每一根充分分离的时期断裂的现象,并且即使产生这样的现象,也难以作为特性阻抗的变化而被明确地检测出。根据具体的检测线导体31的结构、材质等,即使在长寿命线材3a中,在能够检测与每一根或每多根的断裂对应的阶段性的特性阻抗的变化的情况下,该变化也能够用作阶段性地表示对象电线2的断线预兆的紧迫度的指标。另外,在以上说明的实施方式中,检测线导体31由短寿命线材3b和长寿命线材3a这两种线材构成,但也可以将弯曲寿命相互不同的三种以上的线材以弯曲寿命从内层侧朝向外层侧依次变短的方式配置多层。于是,能够在更大的范围内以区分紧迫度的方式检测出对象电线2的断裂的预兆。

[0070] (4) 电线异常预兆检测系统

[0071] 最后,将简要说明根据本公开的実施方式的电线异常预兆检测系统。本实施方式的电线异常预兆检测系统包括上述说明的本公开的實施方式的带有异常预兆检测功能的电缆1和测量部。测量部是测量带有异常预兆检测功能的电缆1所包含的检测线3的检测线导体31的特性阻抗的测量装置。

[0072] 如以上对带有异常预兆检测功能的电缆1进行的说明,检测线导体31的特性阻抗的值敏感地反映检测线导体31中的线材3a、3b的断裂而变化。即,由于弯曲或振动引起的负荷的蓄积,短寿命线材3b以每一根或每较少根数的方式依次断裂,然后发生长寿命线材3a断裂的现象时,如图3所示,作为检测线导体31整体的特性阻抗阶段性地上升。在由测量部测量的特性阻抗像这样示出阶段性的变化时,能够判断为在构成电缆1的对象电线2中产生了断线的预兆。进而,根据特性阻抗的上升的程度,能够阶段性地检测对象电线2的断线预兆的紧迫度。

[0073] 实施例

[0074] 以下示出实施例。在此,使用计算机模拟,确认了在构成检测线导体的线材从外周侧依次断裂时,特性阻抗产生明显的变化。另外,本发明并不限定于以下的实施例。

[0075] <验证方法>

[0076] 作为验证模型,如图4中CUT0所示,设定在作为线材S1捆扎37根线径0.1mm的漆包线而成的检测线导体的外周以外径为1.0mm的方式设置有绝缘包覆部S2的检测线。检测线

的长度为1m。在漆包线中,导体由铜构成,导体直径为 $\varphi 0.08\text{mm}$,漆包覆厚度为 0.01mm 。在该检测线中,模仿线材的断裂,在长度方向中央部形成了在长度 10mm 范围内使一部分线材缺损的区域。使断裂的线材的根数依次增加,制成图4所示的CUT1、CUT3、CUT7、CUT18、CUT36的各状态。“CUT”之后的数字分别表示断裂的线材的根数。模拟从图的下侧的外周部向CUT0至CUT36依次进行线材的断裂的状态。

[0077] 对上述CUT0至CUT36各自的状态的检测线,进行基于电磁场解析的电路解析的模拟,估算特性阻抗。在模拟中使用电磁场解析软件“Ansys HFSS”。在估算特性阻抗时,将与处于没有线材断裂的状态的上述检测线(CUT0的状态)相同的绝缘电线与检测线的下侧相邻地设置,将该绝缘电线的电位设为接地电位。终端电阻设为 50Ω 。

[0078] <验证结果>

[0079] 在图5A中,关于CUT0至CUT36各自的状态,以 $0\sim 100\text{MHz}$ 的频率范围示出通过模拟得到的特性阻抗。另外,在图5B中,关于线材的断裂数量少的区域,示出根据图5A的结果读取的频率 50MHz 下的特性阻抗值的变化。横轴表示断裂的线材的根数,纵轴表示特性阻抗。

[0080] 根据图5A,随着断裂的线材的根数变多,在峰值的顶部及其附近,特性阻抗的值变大。在图5B中,进一步明确地示出了随着断裂的线材的根数增加,特性阻抗阶段性地上升。即,可知在线材每次断裂1根或者每次断裂几根时,该线材的断裂使特性阻抗阶段性地上升。

[0081] 如上所述,如本公开的实施方式涉及的带有异常预兆检测功能的电缆的检测线那样,在检测线导体中,在采用在内侧配置长寿命线材、在该长寿命线材的组的外周配置短寿命线材的结构的情况下,除了线材的寿命本身的差异所带来的效果以外,通过越是位于导体的外周侧的线材越容易发生断裂这样的配置效果,线材的断裂容易从检测线导体的外周侧依次发生。在像这样从外周侧起依次发生了线材的断裂的情况下,如图3中示意性地示出的那样,通过此处的模拟结果来表示出了与每一根短寿命线材或每多根短寿命线材的断裂对应地,产生特性阻抗呈阶梯状上升的行为。

[0082] 以上,对本公开的实施方式进行了详细说明,但本发明不受上述实施方式的任何限定,在不脱离本发明的主旨的范围内能够进行各种改变。

[0083] 附图标记说明

[0084] 1 (带有异常预兆检测功能) 电缆

[0085] 2 对象电线

[0086] 2A, 2B 电源线

[0087] 2C, 2D 通信线

[0088] 21 (21A~21D) 电线导体

[0089] 22 电线包覆部

[0090] 3 检测线

[0091] 31 检测线导体

[0092] 32 检测线包覆部

[0093] 3a 长寿命线材

[0094] 3a1 导电性材料的单线

[0095] 3b 短寿命线材

- [0096] 3b1 导电性材料的单线
- [0097] 3c 绝缘包覆层
- [0098] 4 带层
- [0099] 5 护套
- [0100] 51 外层
- [0101] 52 内层
- [0102] G 电线组
- [0103] S1 线材
- [0104] S2 绝缘包覆部

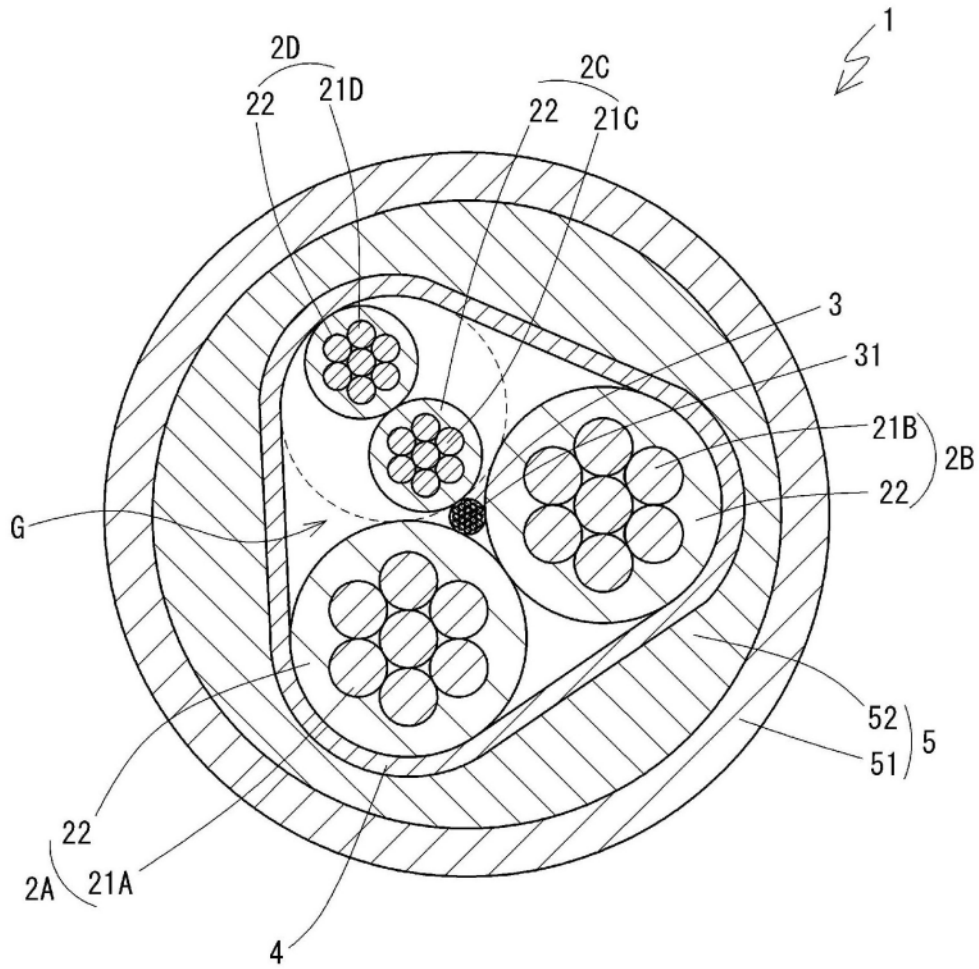


图1

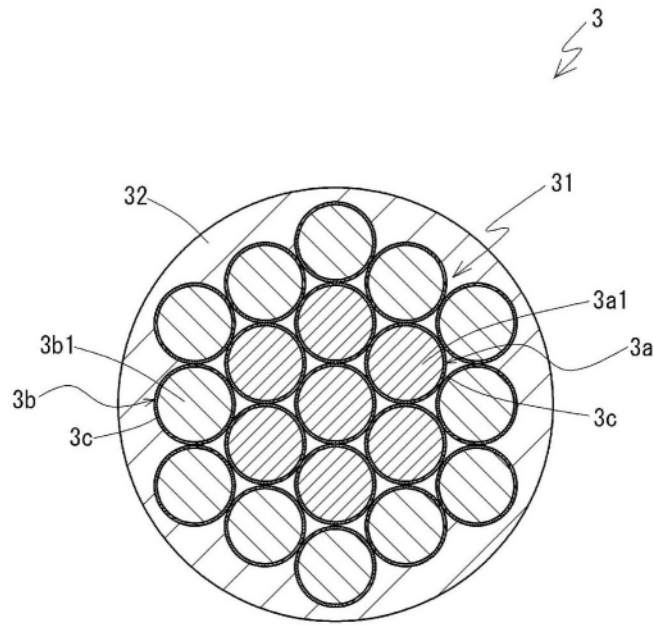


图2

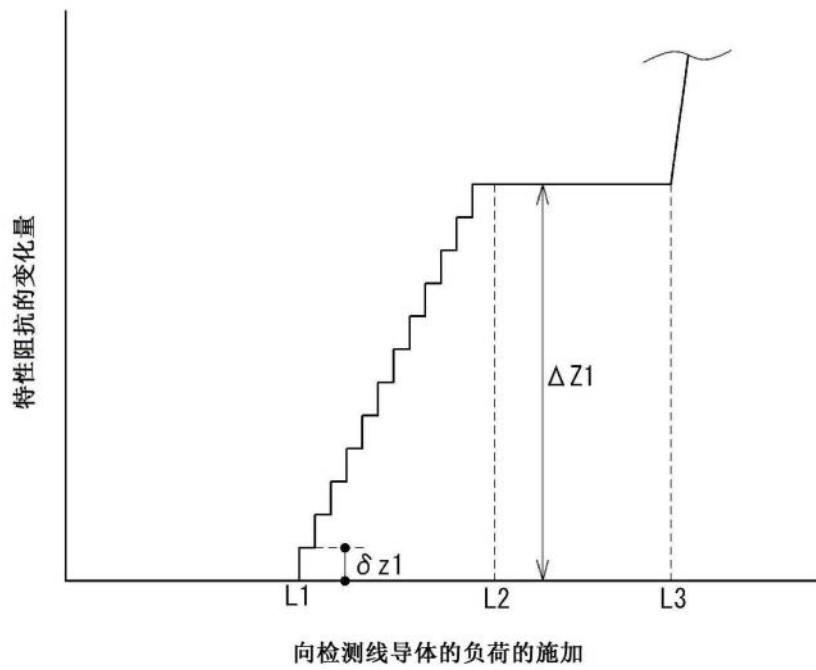


图3

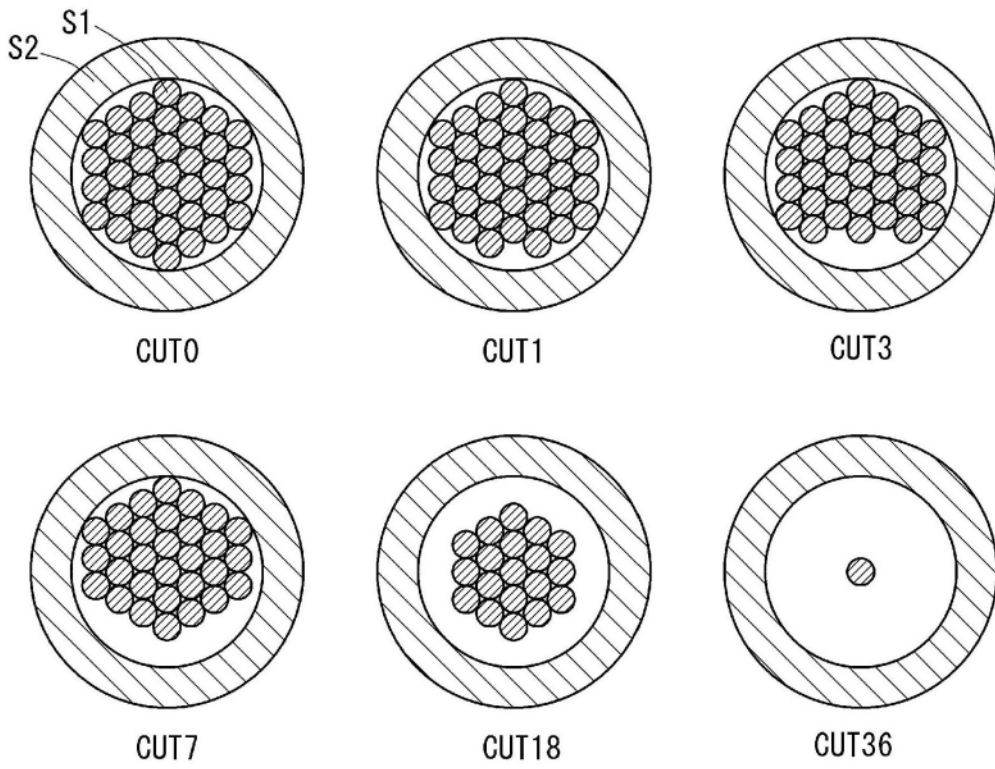


图4

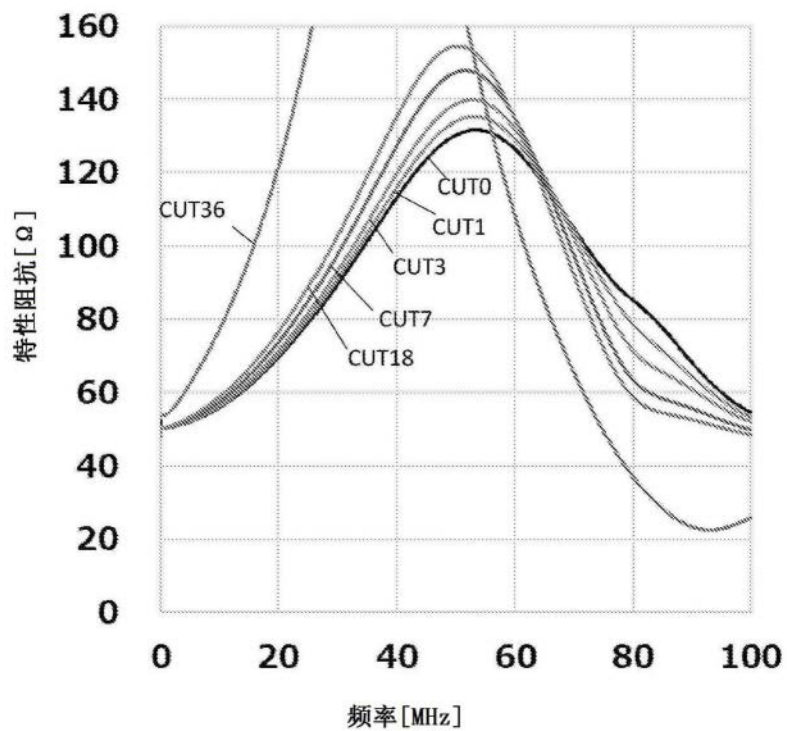


图5A

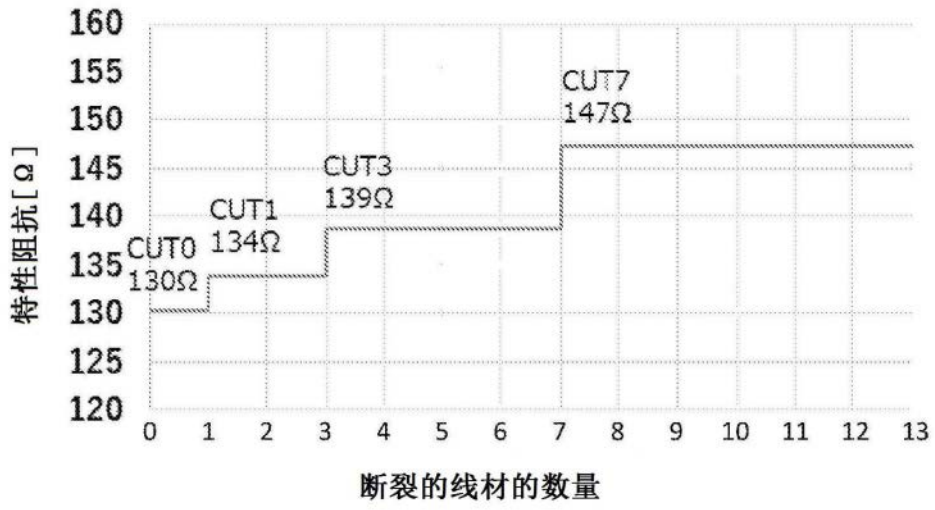


图5B