



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112334998 B

(45) 授权公告日 2023.04.28

(21) 申请号 201980040962.0

(22) 申请日 2019.06.07

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112334998 A

(43) 申请公布日 2021.02.05

(30) 优先权数据  
1809392.2 2018.06.07 GB  
1810702.9 2018.06.29 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.12.18

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/GB2019/051593 2019.06.07

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/234449 EN 2019.12.12

(73) 专利权人 安能科技有限公司

地址 英国萨里

(72) 发明人 M·萨利希-穆哈丹 G·奥布莱  
C·卢卡斯-克莱门茨 D·昆内尔

(74) 专利代理机构 深圳市沈合专利代理事务所  
(特殊普通合伙) 44373

专利代理师 沈祖锋

(51) Int.Cl.  
H01B 7/30 (2006.01)  
H01B 9/00 (2006.01)  
H02J 3/22 (2006.01)

审查员 刘欢

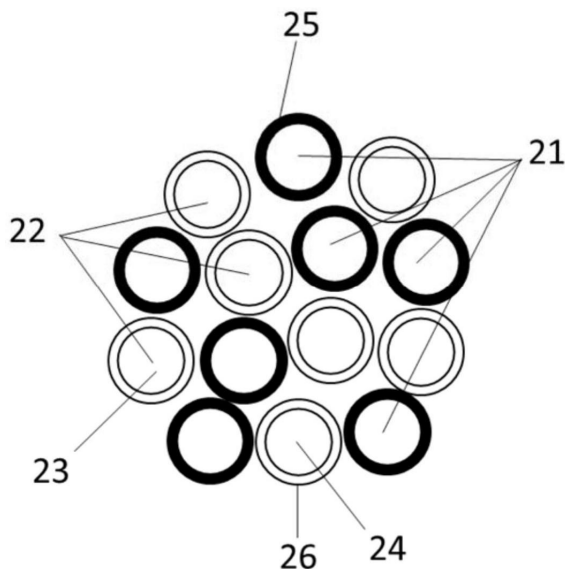
权利要求书3页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称

电容型电力传输电缆

(57) 摘要

一种电容型电力传输电缆(1),包括至少两组导电股线(2)。这些组的股线分布在电缆的横截面中,从而使两组彼此之间具有电容关系。



1. 一种电容型电力传输电缆,其特征在於,包括至少两组导电股线,这些组彼此绝缘且彼此具有电容关系;

其中,两个或多个股线组之间的电容至少为5纳法/米。

2. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,两个或多个组的股线在股线的层中交替。

3. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,股线铺设在全部一组和全部另一组相交替的交替层中。

4. 根据权利要求1或2或3所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,这些组的股线分布在所述电缆的横截面中,从而使两组彼此具有所述电容关系,并且所述组中的至少一组的所有股线具有:

各自的介电强度的绝缘层,使得所述组保持隔离状态。

5. 根据权利要求4所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述绝缘层的厚度至少为10微米。

6. 根据权利要求4所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述绝缘层为在一所谓的“电磁线”中所用类型的瓷漆绝缘涂层。

7. 根据权利要求6所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述绝缘涂层可被拉伸、缠绕或编织。

8. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,导电股线的至少一组是非绝缘的,由另一组的股线的绝缘层来提供隔离。

9. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所有的股线组具有各自的绝缘层。

10. 根据权利要求9所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述组各自的绝缘层具有不同颜色,用于区分,以便在所述电缆的相对端进行连接。

11. 根据权利要求2所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,包括:设置在不同组的层之间的绝缘层,从而使至少两组彼此之间具有电容关系。

12. 根据权利要求11所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,对其中一组股线进行镀锡着色,另一组不进行镀锡。

13. 根据权利要求11所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述层之间的绝缘层是聚合物胶带。

14. 根据权利要求13所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述胶带的厚度在30微米至1.35毫米之间。

15. 根据权利要求2所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述股线的各层之间设置有软聚合物绝缘层,以填充各股线之间的间隙。

16. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,每组的股线数量多于四股。

17. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,所述股线铺设在绞向相反的层中。

18. 根据权利要求2所述的电容型电力传输电缆,其特征在於,在添加每一层之后,将所述股线穿过模具来压缩所述股线。

19. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,所述股线组的股线是铜线或铝线,所述股线之间通过瓷漆相绝缘。

20. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,对于3.6千伏的电缆,股线组之间的电容在10纳法/米至170纳法/米的范围内;对于72.5千伏的电缆,股线组之间的电容在5.5纳法/米至92.5纳法/米的范围内。

21. 根据权利要求20所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,对于240伏电缆,股线组之间的电容在14纳法/米至235纳法/米的范围内;对于145千伏电缆,股线组之间的电容在5纳法/米至84纳法/米的范围内。

22. 根据权利要求2所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,当所述股线的层彼此绝缘时,所述股线的层具有单导体直径厚度。

23. 根据权利要求2所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,所述股线的层包括导体的两个子层,两个子层以一种方式和另一种方式铺设。

24. 根据权利要求23所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,每一层内的所述子层可通过编织进行组合。

25. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,包括:

围绕电容性连接的股线组的绝缘层;以及

围绕所述绝缘层的接地护套,其中所述接地护套与所述电容性连接的股线组电容性连接,所述绝缘层足够厚从而可用作电介质,使得导电股线对所述护套的电容基本上比两组股线之间的电容小两个数量级或小更多数量级。

26. 根据权利要求25所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,所述护套为螺旋状设置的钢丝护套,用于铠装,以及用作接地导体。

27. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,提供一连接器块,该连接器块设置有用于第一组导体的端子和第二组导体的端子,以将所述电容型电力传输电缆连接至电源导体或负载导体。

28. 根据权利要求27所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,每个块中的一个端子是隔离的,没有电源或负载连接端子,而另一个端子设置有电源或负载端子。

29. 根据权利要求28所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,所述电源端子或负载端子为永久地与连接器块连接的母线。

30. 根据权利要求27所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,包括并联连接器;其中,所述并联连接器包括用于两侧的各导体并内部互连的相应端子,从而使得一个长度的一个导体连接至另一个长度的一个导体,一个长度的其他导体连接至另一个长度的其他导体。

31. 根据权利要求27所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,包括串联连接器;其中,所述串联连接器包括位于一侧的端子和位于另一侧的端子,所述一侧的端子用于将一组内部地连接至所述另一侧的端子,所述另一侧的端子用于另一个长度的一组或另一组,所述串联连接器还包括位于所述连接器相对侧的隔离端子,其余组在所述隔离端子中终止。

32. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,该电容型电力传输电缆与至少两条或多条所述电缆、至少一个如权利要求30所述的并联连接器以及至少一个如权利要求31所述的串联连接器相结合;所述电缆和所述连接器连接形成所需电容的长电缆。

33. 根据权利要求1所述的电容型电力传输电缆,其特征在于,所述电缆包括至少另外一组股线,用于选择电缆的电容或用于直通连接。

34. 一种电容型电力传输电缆,其特征在于,包括:

至少两组导电股线,至少一组中的所有股线具有:

各自的绝缘层,从而使两组之间彼此具有电容关系,所述导电股线铺设在绞向相反的层中,且在每一层中具有至少两组的股线。

35. 一种电容型电力传输电缆,其特征在于,包括:

至少两组导电股线,所述导电股线铺设在绞向相反的层中,一个或多个相邻层的所有股线为一组的,沿径向向外的一个或多个相邻层的所有股线为另一组的;以及  
设置在不同组的层之间的绝缘层,从而使至少两组彼此之间具有电容关系。

## 电容型电力传输电缆

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电容型电力传输电缆。

### 背景技术

[0002] 美国专利第1,825,624号描述并要求保护：

[0003] 1、在电力传输系统中，交流电源、接收电路、用于将所述电源和所述接收电路互连的传输电路、以及与所述传输电路串联插入的分布电容，所述分布电容的值实质上足以抵消所述传输电路的感抗，从而提高所述系统的功率极限。

[0004] 美国专利第4,204,129号的摘要如下：

[0005] 本发明涉及电力传输，尤其是提供了一种电力传输系统，其通过利用电导体在发电机和负载之间的串联电缆中包括电容，从而减小了矢量调节，电压降和电力损耗。即，连接电容，其电容沿电缆的长度分布。通过将一个导体分成两部分，这两个部分由电介质材料隔开，从而使两个导体部分沿电缆的长度具有电容关系，并将一个导体部分连接到发电机，将另一个导体部分连接到负载，可以实现这种电容。这种分布的电容与发电机和负载串联。

[0006] 在WO 2010/026380中，根据其摘要并参考图0（现有技术）的描述：

[0007] 一种零功耗电荷转移和信号传输电缆，包括长度为八的导电材料（18），它们层状排列，一个在另一个上面，每个分别可电连接以提供任意所需长度。每个导电材料层分别被交替的绝缘材料（19）的层相互间隔。导电层（10-17）形成充电折叠闭合环（20）和放电折叠闭合环（21），其中每个折叠闭合环的折叠的顶部（22）彼此相对设置，为电缆的端部，并由绝缘材料（19）相互隔离，从而形成电容性接触，使得电荷从所述充电折叠闭合环（20）转移到放电折叠闭合环（21），以从电源向传输点发送交流电流，电阻大致为零，从而经给定距离从电源向传输点以零功率损耗发送功率。

[0008] 出人意料的是，这种电容电缆能够长距离传输数据和/或电力，并且损耗即使不完全为零也非常小。此点已通过测试证实。

[0009] 对于这种电缆，环路的形成是必不可少的。但是，发明人认为环路的形成并不是必需的。

[0010] 现有的利兹线和米利肯导体分别由彼此绝缘的细股线和较粗的股线组成，通常利用所谓的“瓷漆”将这些股线彼此绝缘，该瓷漆基于聚合物，用于电磁线。这些股线通常通过绞合捆扎在一起。这些股线减少了集肤效应，其中集肤效应会降低单位长度具有相同数量导电材料的单个圆形导体的导电能力。在米利肯导体中，导线并不总是彼此绝缘的，特别是在导线以六段相互绝缘的方式铺设的情况下。米利肯导体中导线之间的正常绝缘程度是“轻”（<http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=461-01-15>）。

[0011] 利兹线和米利肯导体不适合使用，因为利兹线适用于小功率，而米利肯导体仅具有轻绝缘性。

[0012] 申请内容

- [0013] 本发明的目的是提供一种改进的电容型电力传输电缆。
- [0014] 根据本发明的第一方面,提出了一种电容型电力传输电缆,包括至少两组导电股线,这些组彼此绝缘且彼此具有电容关系。
- [0015] 优选地,电容为至少10纳法/米(nF/m)。
- [0016] 根据本发明的第二方面,提出了一种电容型电力传输电缆,包括:
- [0017] 至少两组导电股线,这些组的股线分布在电缆的横截面中,从而使两组彼此具有电容关系,以及,
- [0018] 这些组中的至少一组的所有股线具有:
- [0019] 各自的介电强度的绝缘涂层,使这些组保持隔离状态。
- [0020] 通常,每组的股线数量多于4股,优选地在19股到547股之间,通常在37股到397股之间。
- [0021] 通常,这些股线铺设在绞向相反的层中。另外,两组或更多组的股线优选地在股线的层中交替。
- [0022] 电缆可设置有外部护套,该外部护套可包括螺旋状设置的钢丝铠装。铠装可为接地导体。
- [0023] 或者,这些股线可铺设在全部一组和全部另一组相交替的交替层中。
- [0024] 通常,绝缘层是指在所谓的“电磁线”中所用类型的绝缘层,绝缘层的厚度至少为18微米( $\mu\text{m}$ );优选地,绝缘层的厚度在24 $\mu\text{m}$ 至262 $\mu\text{m}$ 的范围内;通常地,绝缘层的厚度在26 $\mu\text{m}$ 至190 $\mu\text{m}$ 的范围内。
- [0025] 根据本发明的第三方面,提出了一种电容型电力传输电缆,包括:
- [0026] 至少两组导电股线;以及
- [0027] 这些组中的至少一组的所有股线具有:
- [0028] 各自的绝缘涂层,从而使两组彼此具有电容关系,
- [0029] 这些导电股线铺设在绞向相反的层中,且在每一层中包括至少两组的股线。
- [0030] 绝缘层可被拉伸、缠绕或编织,优选地为瓷漆,通常在所谓的“电磁线”中使用的类型。
- [0031] 另外,两组或更多组的股线优选地在股线的层中交替。
- [0032] 在上述三个方面中,尽管这些组中的一组可以是非绝缘的,由另一组的股线的绝缘材料提供隔离;但优选地,两组或所有的股线都具有各自的绝缘层。
- [0033] 优选地,各导电股线组的绝缘层具有用于区分这些组的不同颜色,便于在电缆的两端进行连接。如果设置的导电股线组多于两组,则各导电股线组具有各自的颜色。
- [0034] 除了股线自身的绝缘层之外,通常在各层之间设置软聚合物绝缘层,以填充各股线之间的间隙。
- [0035] 根据本发明的第四方面,提出了一种电容型电力传输电缆,包括:
- [0036] 至少两组导电股线,这些组中的导电股线
- [0037] 铺设在绞向相反的层中,
- [0038] 一个或多个相邻层的所有股线是一组的,沿径向向外的一个或多个相邻层的所有股线是另一组的;以及
- [0039] 设置在不同组的层之间的绝缘层,从而使至少两组彼此之间具有电容关系。

[0040] 尽管各股线可为绝缘的,并利用不同颜色来辅助对其的识别,但在此方面中并不需要。若需要,则优选地通过对一组镀锡而不对另一组镀锡,来使这些组具有不同颜色。

[0041] 层之间的绝缘层优选地为聚合物胶带,并且优选地,其厚度在 $25\mu\text{m}$ 至 $2.7\text{毫米}(\text{mm})$ 之间,通常在 $30\mu\text{m}$ 至 $1.35\text{mm}$ 之间。

[0042] 在上述各方面中,通常在添加各个层之后,将股线穿过模具来压缩股线。需控制模具的压缩程度以避免损坏与股线的外周相接触的绝缘层。

[0043] 所述股线组的股线通常是铜线或铝线。通常,所述股线之间通过瓷漆相绝缘。

[0044] 与常规电力传输电缆一样,电缆的功率容量由本发明的电缆的导体总横截面积所决定。在电缆的端部,大部分电流由两组股线中的一组或另一组传输。如果每组股线都具有常规的导体截面积,则电缆将使用两倍的导体金属。但是,可通过在一端增加一组的比例以及在另一端增加另一组的比例,来改变任一端的导体数量。还可通过减少一组的股数以及增加另一组的股数来实现。或者,在层为各组交替的情况下,可包括额外的一组外层。前者使用相同数量的导体,而后者使用更多数量的导体。可以预期,这只能在电缆的一个或两个部分的端部,对于长度通常为 $250\text{m}$ 至 $400\text{m}$ 的埋入式电缆,该电缆的其余部分为普通电缆部分。这些部分可根据下述方式结合起来。例如,在电缆为海底电缆的情况下,电缆的大部分可作为一个没有连接器的长部进行铺设。这对于分层电缆特别方便,在分层电缆中,一层的所有股线为一组,而另一层的所有股线为另一组。尽管层与层彼此之间是绝缘的,但组中的股线在其层中是非绝缘的,因为新长度的股线可以逐渐地并入铺设层中。此外,预计最小导体截面积为 $50\text{平方米}$ 。

[0045] 根据本发明的第五方面,提出了一种电容型电力传输电缆,包括至少两组导电股线,这些组彼此绝缘且彼此具有电容关系,电容至少为 $10\text{nF/m}$ 。

[0046] 优选地,对于 $240\text{伏}$ 电缆,各组之间的电容在 $25\text{nF/m}$ 至 $360\text{nF/m}$ 的范围内;对于 $145\text{千伏}(\text{kV})$ 电缆,各组之间的电容在 $13\text{nF/m}$ 至 $187\text{nF/m}$ 的范围内;对于 $3.6\text{kV}$ 电缆,各组之间的电容特别地在 $22\text{nF/m}$ 至 $317\text{nF/m}$ 的范围内;对于 $72.5\text{kV}$ 电缆,各组之间的电容在 $14.5\text{nF/m}$ 至 $209\text{nF/m}$ 的范围内。需要注意的是,受股线铺设的几何形状和股线直径的影响,随额定电压的增加,各组之间可达到的电容反而下降。需要注意的是,本发明不限于 $145\text{kV}$ 的电缆。可使用更高电压的电缆。

[0047] 在可能的情况下,导体的两个电极组具有相同的瓷漆绝缘层,但这样在视觉上无法区分它们。可以设想在一端施加电信号,以在另一端分别识别它们。通常,将导体的一端组合为一个电极组,优选地连接在一起,并施加信号,然后,在一端进行区分,以根据单个导体上是否存在信号来识别另一个电极。

[0048] 通常并且特别是在各层彼此绝缘的情况下,这些层将具有单导体直径厚度。然而,可设想的是,这些层可包括导体的两个子层,这两个子层通常以一种方式和另一种方式铺设。实际上,各层内的子层可通过编织进行结合。

[0049] 根据本发明的第六方面,提出了一种电容型电力传输电缆,包括:

[0050] 至少两组导电股线,这些组彼此绝缘且彼此具有电容关系;

[0051] 电容性连接的这些组围绕有绝缘层;以及

[0052] 围绕该绝缘层的接地护套,其中接地护套与电容性连接的这些组电容性连接,绝缘层足够厚从而可用作电介质,使得导电股线对护套的电容基本上比两组股线之间的电容

小两个数量级或小更多数量级。

[0053] 事实上,常规的绝缘层和护套对芯的电容,典型的8mm的聚乙烯,在实际中确实提供了小两个数量级的电容。

[0054] 为将电容型电力传输电缆连接至电源导体和负载导体,通常在连接器块上设置用于第一组导体的端子和用于第二组导体的端子。通常,每个块中的一个端子是隔离的,没有电源或负载连接端子,而另一个端子则设置有电源或负载端子。这些块有利于将电缆作为电容型电缆进行连接,其中一组导体在使用中连接到电源,而另一组导体在电缆的另一端连接到负载。

[0055] 电源连接器和负载连接器中的一个或两个可具有永久地连接到电源端子和负载端子的母线。实际上,这种母线可包括这些连接器。

[0056] 为连接本发明的两种长度的电缆,设置有两种可选的连接器。并联连接器设置有用于两侧的各组导体并内部互连的相应端子,使得一个长度的一个导体连接至少另一个长度的一个导体,以及一个长度的其他导体连接至另一个长度的其他导体。串联连接器包括设置在一侧的端子和设置在另一侧的端子,其中一侧的端子用于将一个组内部连接至另一侧的端子,而另一侧的端子用于另一长度的一个组或另一个组。其余组终止于连接器相对侧的隔离端子中。

[0057] 通过在一定长度之间使用并联连接器以及在其他长度之间使用串联连接器,可确定长距离电缆的电容。

[0058] 具有三组或更多组的电缆可用来进一步选择电缆的电容,例如通过增加与第一组导体平行的第三组导体和与第一组导体平行的第四组导体,以及将第三组导体和第四组导体电容性连接。

[0059] 或者,或进一步地,可在两端分别连接单独的一组导体以提供直通连接。

## 附图说明

[0060] 为了帮助理解本发明,现将通过示例结合附图来描述各特定实施例,其中:

[0061] 图1是本发明的一小段部分剥离的电缆的侧视图;

[0062] 图2是本发明的简单导体的导体组的横截面示意图,其未示出护套;

[0063] 图3是本发明的七层电缆的类似图2视角的示意图,该电缆具有在层中交替的两组导体股线;

[0064] 图4是五层电缆的另一相似视角的示意图,其中各组股线在层中交替;

[0065] 图5是图4所示电缆的变体,其具有六层;

[0066] 图6是图2所示电缆的两端设置有类似连接器的示意图,用于将此电缆与其他同类电缆并联连接;

[0067] 图7是图2所示电缆的端部设置有母线连接器的示意图;

[0068] 图8是本发明的用于一对电缆的平行连接器;

[0069] 图9为本发明的用于一对电缆的串联连接器;

[0070] 图10是本发明的用于电缆的电缆端部连接器;

[0071] 图11是一组常用瓷漆涂层的典型介电强度的图表;

[0072] 图12是一组常用薄膜/胶带的典型强度的图表;

- [0073] 图13是以mm为单位的最小瓷漆厚度与以kV为单位的电压的图表；
- [0074] 图14是以mm为单位的优选较小瓷漆厚度与以kV为单位的电压的图表；
- [0075] 图15是以mm为单位的优选较大瓷漆厚度与以kV为单位的电压的图表；
- [0076] 图16是以mm为单位的最大瓷漆厚度与以kV为单位的电压的图表；
- [0077] 图17是图13至图16的组合图表；
- [0078] 图18是以nF/m为单位的最小电容与以kV为单位的电压的图表；
- [0079] 图19是以nF/m为单位的优选较小电容与以kV为单位的电压的图表；
- [0080] 图20是以nF/m为单位的优选较大电容与以kV为单位的电压的图表；
- [0081] 图21是以nF/m为单位的最大电容与以kV为单位的电压的图表；以及
- [0082] 图22是图18至图21的组合图表。

### 具体实施方式

[0083] 参照附图,电力传输电缆1的护套3内具有铜股线2。护套为常规护套,具有外保护聚合物层4、钢/铜线保护接地层5、半导体层6、绝缘层7和半导体层8。铜导电股线符合本发明。

[0084] 通常,在工作电压为33千伏以及横截面为300平方米的电缆中,铜股线2的铺设直径12通常为16毫米。绝缘层的厚度通常为8毫米,从而直径14为32毫米以及比率为2:1。导电股线具有的典型电容在其设定值120nF/m与通常0.3nF/m的对地电容之间,因此,对地电容比两组股线之间的电容小两个数量级。

[0085] 另外,股线间或股线的层间的绝缘层厚度通常为0.1至0.2毫米,从而绝缘子对地厚度与股线间绝缘子厚度的典型比率为40:1至80:1。

[0086] 有两组铜股线21、22。在每一组中,股线23、24分别具有不同颜色的绝缘瓷漆25、26,通常为红色和绿色,这些绝缘瓷漆应用于生产所谓的“电磁线”,即涂有绝缘聚合物材料的铜线,以在电磁电机的相邻绕组之间提供绝缘。

[0087] 这些股线通常按以下方式铺设:

[0088] 第1层:顺时针绞合的两股红线23和两股绿线24;

[0089] 第2层:逆时针绞合的五股红线23和五股绿线24;

[0090] 第3层:顺时针绞合的八股红线23和八股绿线24;

[0091] 第4层:逆时针绞合的十一股红线23和十一股绿线24;

[0092] 第5层:顺时针绞合的十四股红线23和十四股绿线24;

[0093] 第6层:逆时针绞合的十七股红线23和十七股绿线24;

[0094] 第7层:顺时针绞合的二十股红线23和二十股绿线24。

[0095] 使用常规的电缆绕线机铺设各层,红色股线和绿色股线的线轴在各层中交替。层与层之间缠绕着软聚合物27。在铺设每一层后,将铺设完成的上一层股线紧压在该聚合物材料上,从而将聚合物充分地填充到股线间的空隙中。这基本上为一个常规步骤,只是用于将股线穿过以进行压缩的模具要比其他情况下的模具更大,以避免损坏瓷漆。

[0096] 股线彼此之间紧密接触,仅由瓷漆涂层的厚度隔开,而软聚合物则填充在股线间的空隙中,类似于三股线以等边三角形排列。需要注意的是,尽管图3示出的几股线与同一组中的其他股线是对齐的,但该图仅代表电缆特定点处的横截面。由于相邻层的绞向相反,

因此,在电缆的不同点处,股线的横截面不同。这种设置使得两组股线彼此之间具有电容性关系。

[0097] 现参考图4,所示的电力传输电缆101具有铜股线123、124的两个组121、122,铜股线123、124分别具有不同颜色的绝缘瓷漆和层间绝缘127。将这些股线铺设在与所有一组或另一组绞向相反的层中。还设置了中央聚合物模型131,其为中空的,用于容纳如温度感测光纤(未示出)之类的数据纤维。这些股线按以下方式铺设:

[0098] 第1层:十六股红线123;

[0099] 第2层:二十二股红线123;

[0100] 第3层:二十八股绿线124;

[0101] 第4层:三十四股红线123;

[0102] 第5层:四十股绿线124。

[0103] 在此电缆中,电容关系由径向交替的两组股线产生。额外设置与第2层具有相同颜色/组的第1层股线的原因是,如果没有第1层股线,红色股线123的总数将远少于绿色股线124的总数,这样,红色股线在具有这些连接股线的电缆的端部将承载较大的电流。

[0104] 第二电力传输电缆的变体如图5所示。在图中,不是内部的两层为同一组,而是第二层和第三层为同一组。不同股数的每层包括的股数为:

[0105] 第1层:十六股红线123;

[0106] 第2层:二十二股绿线124;

[0107] 第3层:二十八股绿线124;

[0108] 第4层:三十四股红线123;

[0109] 第5层:四十股绿线124;

[0110] 第6层:四十六股红线123。

[0111] 此电缆还具有第6层,从而提高了电力传输能力。

[0112] 为选择电缆的单位长度电容,需考虑电缆和电缆所属供电系统的其他组件的电感,以平衡此电感与电缆电容。更具体地,执行以下步骤:

[0113] 1、根据电缆要传输的电压和电流选择初始电缆尺寸,特别是包含在芯中的金属的横截面积;在第一次迭代中,瓷漆线的数量和/或层数;以及长度(1):

[0114] 2、利用计算机仿真和建模来计算电缆的设计电感(LD)和电缆的电阻(R),尤其包括其固有的电感以及由包含在三相系统中而可能导致的所有互感,如果需要的话将其视为常规电缆:

[0115] 3、注意,对于由LD产生的电缆电感电抗,由电感电抗公式给出:

$$[0116] \quad X_L = 2\pi fLD$$

[0117] 其中,f等于以Hz为单位的工作频率,通常为50Hz或60Hz;

[0118] 4、注意,对于电容C的电缆电容电抗,由电容电抗公式给出:

$$[0119] \quad X_C = 1/2\pi fC$$

[0120] 其中,f等于以Hz为单位的工作频率,通常为50Hz或60Hz;

[0121] 5、注意, $X_L$ 约等于但略大于 $X_C$ ,建议以下范围:

$$[0122] \quad 0.4R > X_L - X_C > 0;$$

$$[0123] \quad 2\pi fL_D - 1/2\pi fC < 0.4R$$

[0124]  $2\pi fL_p - 1/2\pi fC > 0$ ;

[0125] 6、计算此范围内的所需电缆电容 (C) :

[0126]  $1/2\pi f)^2 LD - 2\pi f (0.4R)) > C > 1/2\pi f)^2 LD$ ;

[0127] 7、可利用下表选择合适的电缆参数,虽然可能会导致电线数量或层数的修正,但可优化电缆的选择;

[0128] 8、如果不能平衡所有电感,则选择能尽可能平衡 $L_p$ 并承受其负载的电缆;

[0129] 9、如果还需平衡其他电感元件,可通过修改 $L_p$ 的值从而修改 $X_L$ 的值;

[0130] 10、然后在仿真中对所得设计进行建模,以验证原始电感计算值LD以及所得的XL和XC,此过程可能会给出设计修订的建议。可能需要一次或多次迭代。

[0131] 就数量级而言,对于15公里的电缆,120nF/m可平衡375nH/m的电缆电感,这对于三叶形铺设的三相33kV电缆来说是典型的。即需要注意的是,如果考虑不同长度的电缆,则必须考虑电缆长度的影响。

[0132] 上述步骤需考虑到即使对于电磁线瓷漆,电介质的耐压强度也不会随电压线性增加,如表1至表6(附图11至附图16)所示。

[0133] 参考的表为:

[0134] 表1——以kV为单位的不同最大电压对应的以mm为单位的瓷漆厚度

最大电压- kV	最小厚度- mm	优选较小厚度 - mm	优选较大厚度 - mm	最大厚度 -mm
3.6	0.024	0.026	0.105	0.202
7.2	0.034	0.037	0.148	0.242
12	0.040	0.043	0.172	0.247
17.5	0.040	0.043	0.172	0.247
24	0.040	0.043	0.172	0.247
36	0.040	0.043	0.172	0.247
52	0.041	0.045	0.179	0.251
72.5	0.044	0.047	0.190	0.262

[0135] 需要注意的是,上述图表中的Y轴比例不同,并且最小和优选较小的图相似。为便于理解它们的相对大小,可将它们组合起来,如图表7至图表12(附图17至附图22),以及如下表2至表6所示。

[0137] 表2——以kV为单位的不同最大电压对应的以mm为单位的介质带厚度

[0138]

最大电压- kV	最小厚度- mm	优选较小厚度 - mm	优选较大厚度 - mm	最大厚度 -mm
3.6	0.027	0.040	0.211	0.404
7.2	0.038	0.055	0.295	0.485
12	0.059	0.065	0.344	0.495
17.5	0.059	0.065	0.344	0.495
24	0.059	0.065	0.344	0.495
36	0.059	0.065	0.344	0.495
52	0.062	0.067	0.358	0.503
72.5	0.065	0.071	0.379	0.523

[0139] 表3——以kV为单位的不同最大电压对应的以nF/m为单位的电容

[0140]

最大电压- kV	最小电容 nF/m	优选较小电容 nF/m	优选较大电容 nF/m	最大电容 nF/m
3.6	22.0	44.0	264.0	316.8
7.2	21.0	42.0	252.0	302.4
12	20.0	40.0	240.0	288.0
17.5	18.5	37.0	222.0	266.4
24	17.5	35.0	210.0	252.0
36	16.0	32.0	192.0	230.4
52	15.0	30.0	180.0	216.0
72.5	14.5	29.0	174.0	208.8

[0141] 表4——以kV为单位的不同最大电压对应的以mm为单位的单股直径

[0142]

最大电压- kV	最小股线直径 -mm	优选较小股线 直径-mm	优选较大股线 直径-mm	最大股线直径 -mm
3.6	0.50	0.60	2.50	3.00
7.2	0.50	0.60	2.50	3.00
12	0.50	0.60	3.00	4.00
17.5	0.50	0.60	3.00	4.00

[0143]	24	0.50	0.60	3.00	4.00
	36	0.50	0.60	3.50	4.50
	52	0.50	0.70	3.50	4.50
	72.5	0.70	0.80	4.00	5.00

[0144] 表5——以kV为单位的不同最大电压对应的股线数

[0145]	最大电压-kV	最小股线数	优选较小股线数	优选较大股线数	最大股线数
	3.6	19	37	271	397
	7.2	19	37	271	397
	12	19	37	397	547
	17.5	19	37	397	547
	24	19	37	397	547
	36	19	37	397	547
	52	19	37	397	547
	72.5	19	37	397	547

[0146] 表6——以kV为单位的不同最大电压对应的层数

[0147]	最大电压-kV	最小层数	优选较小层数	优选较大层数	最大层数
	3.6	3	4	10	12
	7.2	3	4	10	12
	12	3	4	12	14
	17.5	3	4	12	14
	24	3	4	12	14
	36	3	4	12	14
	52	3	4	12	14
	72.5	3	4	12	14

[0148] 上述表格和图表显示了最常见的电力传输电压的变量值。本发明不限于这些电压。实际上,基于图表中心部分的以下图表显示了更宽范围的电压。

[0149] 上述两种电缆及其变体都以基本相同的方式连接,将通常为红色的一组股线的两端捆扎起来,另一组股线以类似的方式捆扎起来。

[0150] 在分成各束之后,将各束端部的瓷漆剥除。将已剥除瓷漆的股线插入相应的接线盒中并紧固在一起,以实现机械连接以及更为重要的电气连接。

[0151] 现结合图6至图10,对用于本发明的电缆1001的连接器的描述。将所有红线1003

捆扎在一起。将所有绿线1004类似地捆扎在一起。将电缆另一端的导线类似地捆扎在一起。通过将捆扎导线的端部浸入溶剂,以去除端部的瓷漆。将捆扎的端部在对应的连接器1007、1008中归拢在一起。连接器具有用于束的双端插座1009。插座的每一端都包括孔1010,该孔具有用于电缆束的紧固螺钉1012。将捆扎的导线插入孔1010中后并被紧固。这种设置使得电缆1001能与其他同种电缆并联连接,其他电缆的红线通过连接器与电缆1001的红线连接,绿线以类似方式进行连接。在这种情况下,插座还包括其他端孔1011和其他端部紧固螺钉1014。孔1011与孔1010可为通孔。它们的中间无孔设置确保了任何一组线不占用另一组线的空间。

[0152] 在电缆用作电源和负载之间的单个长度时,电缆的电连接在红线和绿线之间作为一个加长电容器,延长了电缆1001的长度。电源电缆/母线和负载电缆/母线1015、1016分别紧固在电缆一端的红线插座1017的其他孔1011中,以及电缆另一端的绿线插座1018的其他孔1011中。因此,红线1003在端部1005处与电源电缆/母线1015连接,绿线1004在端部1006处与负载电缆/母线1016连接。电源电缆/母线1015和负载电缆/母线1016之间没有金属接触。

[0153] 连接器还包括其他绝缘的单端插座1019,该单端插座具有单孔1020和单个紧固螺钉1021。其他导线,即电源端的绿线和负载端的红线,被容纳并紧固在这些插座中。这些导线不是通过插座连接,只是出于机械原因被紧固,以确保它们保持绝缘。不需要剥除这些导线的绝缘瓷漆;实际上,保留瓷漆还有利于对这些导线进行识别。这些绝缘端在电力传输中不起作用。

[0154] 图4和5示意性地示出了连接器。图8、9和10显示了更多细节。连接器包括实质常规的连接罩1050,该连接罩在使用时填充有绝缘材料1051。实际的连接装置包括由绝缘材料制成的中心块1052,该中心块包括四个插座1053,这些插座具有从各端延伸的孔和用于夹持电缆的螺栓。在图10所示情况下,包括三个插座。

[0155] 一侧的插座通过内部电连接到另一侧的插座。这是由位于内部孔和螺栓之间的一小段常规电缆1054实现的。首先建立连接,然后围绕连接形成块。

[0156] 在图8所示情况下,四个插座通过两段短电缆15481、15482成对地连接,插座15381与插座15383连接,插座15382与插座15384连接。这样,使得本发明的两条电缆能并联连接,例如,两条电缆的红线1003通过插座15381、15383和电缆15481连接,两条电缆的绿线1004通过插座15382、15384和电缆15482连接。

[0157] 在图9所示情况下,四个插座成对地连接,插座15391通过一小段电缆15491连接到插座15394;而插座15392、15393未连接。该连接器使得本发明的两条电缆可串联连接,例如,连接在插座15391、15392处的电缆红线经由电缆15491与连接在插座15393、15394处的电缆绿线相连。第一电缆的绿线和第二电缆的红线仅由连接器15392、15393锚定。电缆15491从上横跨到下,使得相对侧的红线和绿线能在同一相对位置处连接。

[0158] 在图10所示情况下,一条内部电缆154101设置有三个插座。一侧的插座153101、153102,用于进线电缆;另一侧的插座153103,用于连接至电源或负载的出线电缆1055。这样,使得进线电缆的绿线都能通过内部电缆154101连接到单插座153103,而进线电缆的红线被锚定。

[0159] 还可提供用于架空电缆的类似连接器,其具有与张力核心机械连接的额外功能。

[0160] 如果需要的组合长度的电容较小,则连接器可为图9所示的串联连接器。当两条电缆之间存在红色(电缆A)到绿色(电缆B)连接时,自由端电容在电缆A的绿线和电缆B的红线之间。电容实际上为具有双倍介电质间隙的单个长度,其由串联电容的公式给出:

[0161] 串联电容

$$C_{\text{total}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

[0163] 如果两个长度相同,则电容减半。

[0164] 串联电容的一个特征为各个电容上的电压根据电容数量分压。这样,高压线由三个部分组成,其中每个部分承载高压的三分之一;进一步地,还减小了导体之间的电介质涂层或胶带/纸的厚度。因此,串联产生的电容损耗首先可通过较高的单位长度电容来补偿。

[0165] 可对连接器的细节进行更改。例如,可在将导体的捆扎端插入插座前,将导体的捆扎端进行初步压接。此外,插座本身可通过连接器主体中相对设置的开口压接而不是拧紧,随后可密封关闭该开口。

[0166] 本发明不限于上述实施例的细节。例如,可设置更多或更少的导电层。可设置为如上所述的偶数个或奇数个导电圆柱体,且内部和外部具有最多的相互联系。在电缆的中心,可设置钢芯以增强电缆的强度。可替代地或可选地,在中心设置中空导管,以容纳其他细长元件,例如用于数据传输和/或温度监控的光纤。

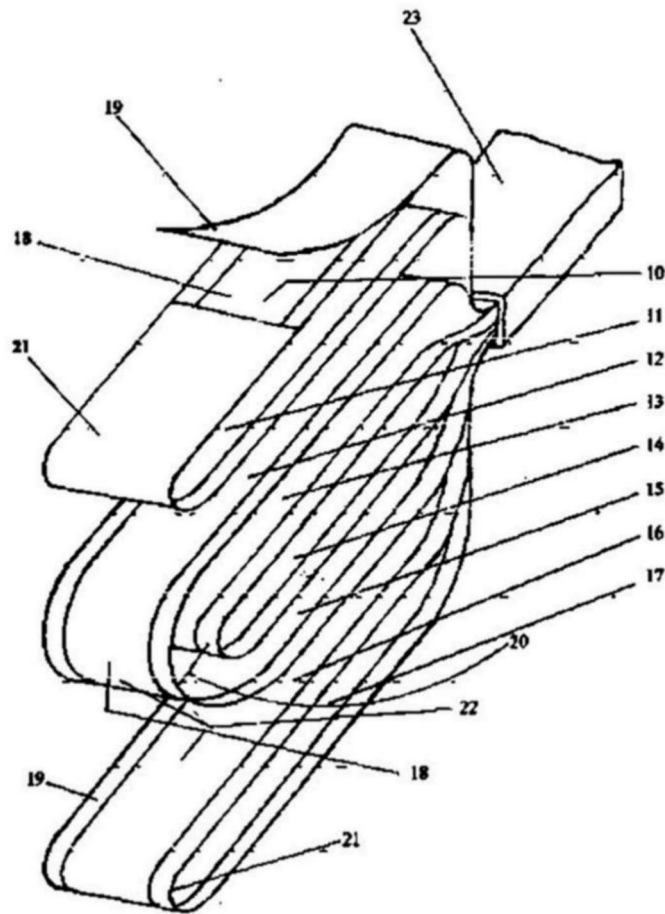


图0 (W02010/026380的图1)

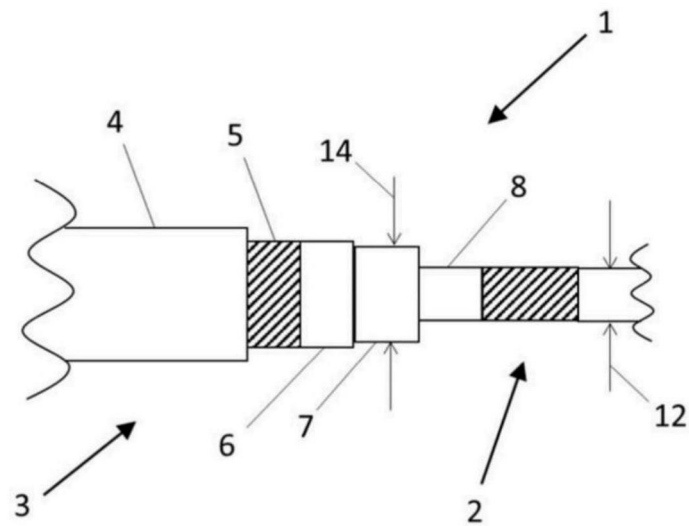


图1

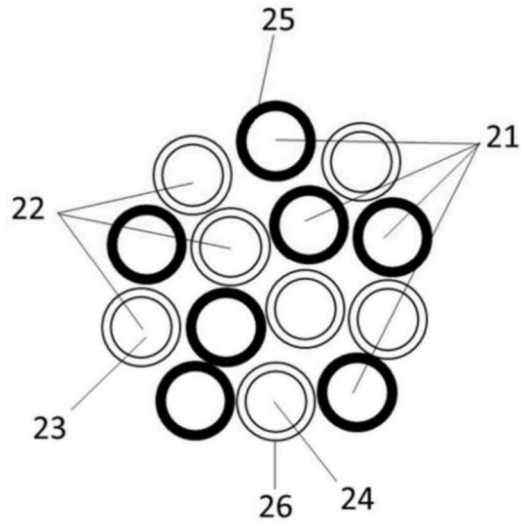


图2

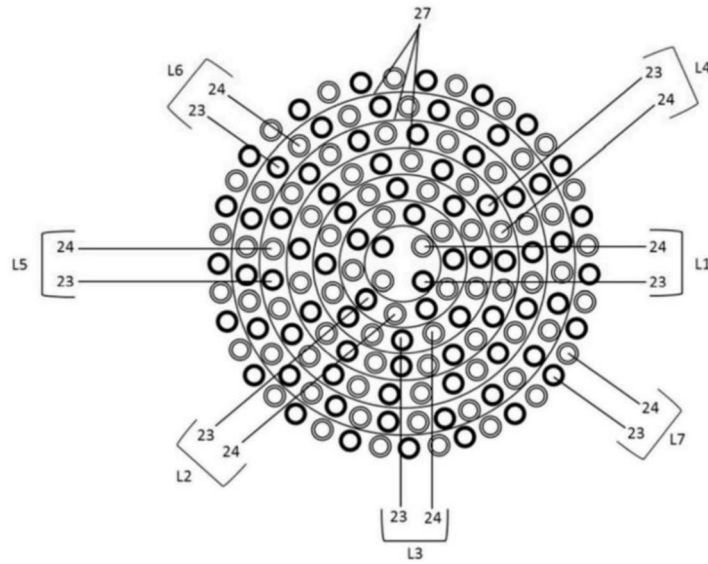


图3

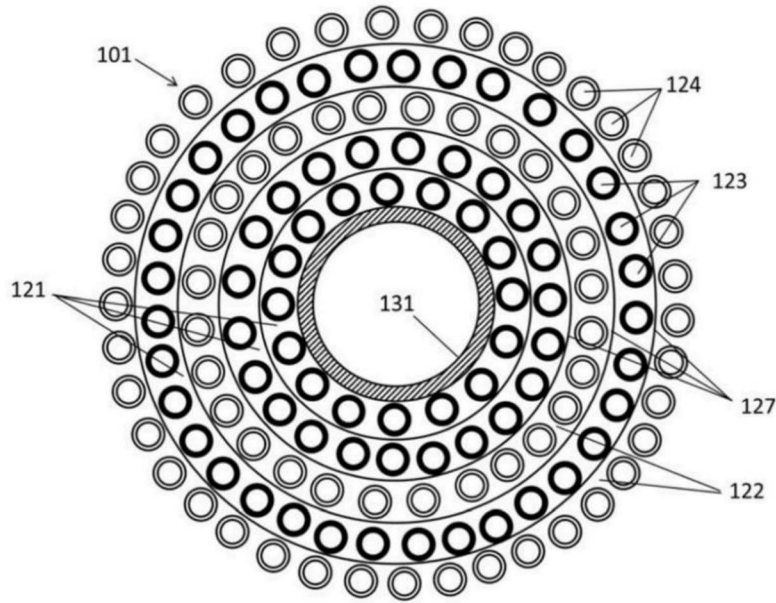


图4

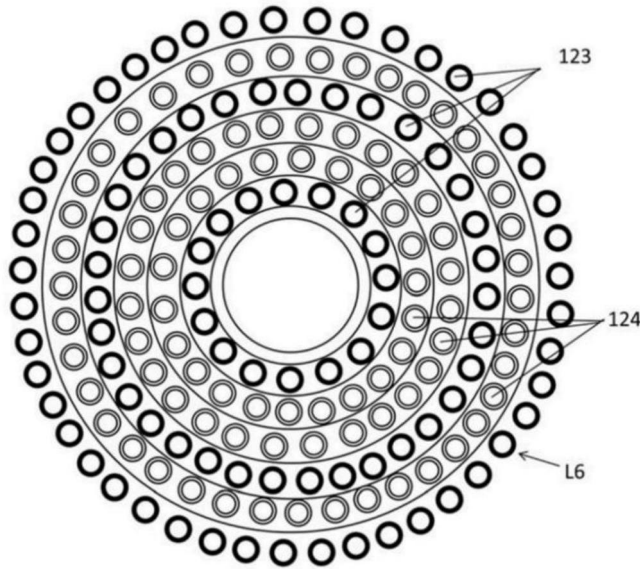


图5

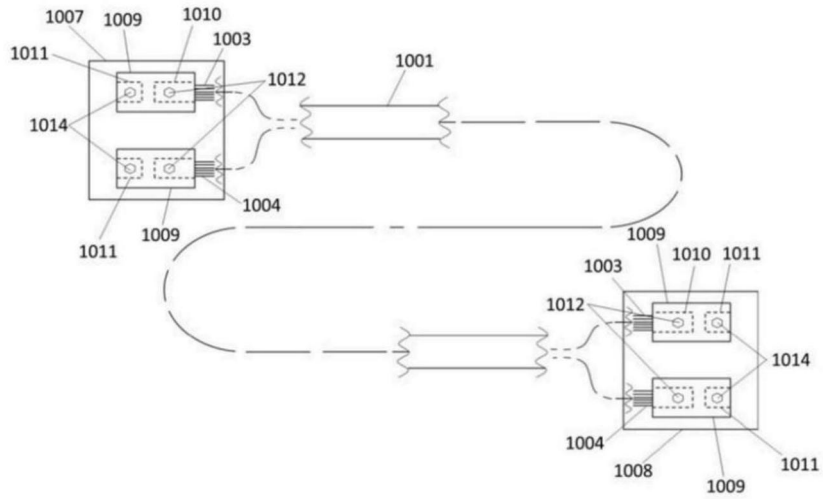


图6

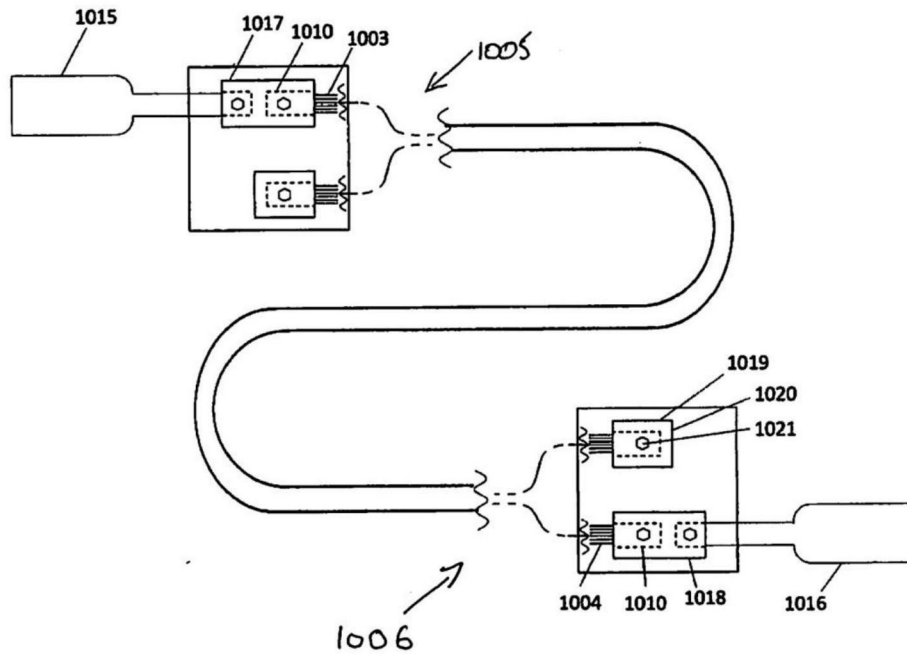


图7

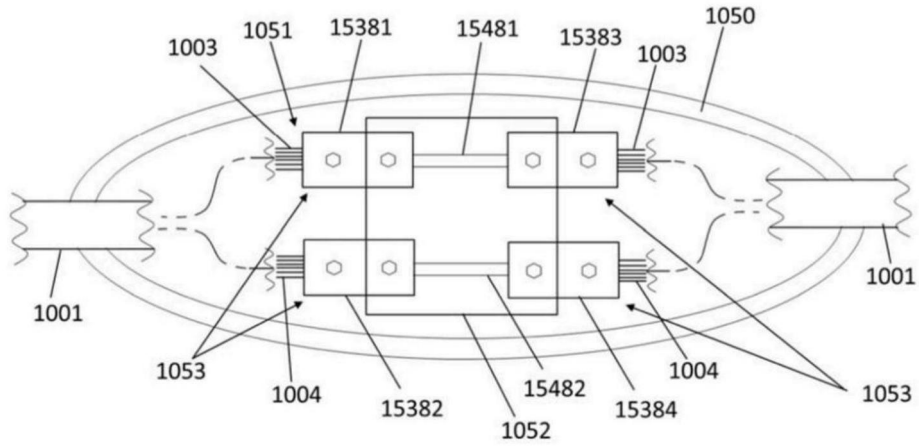


图8

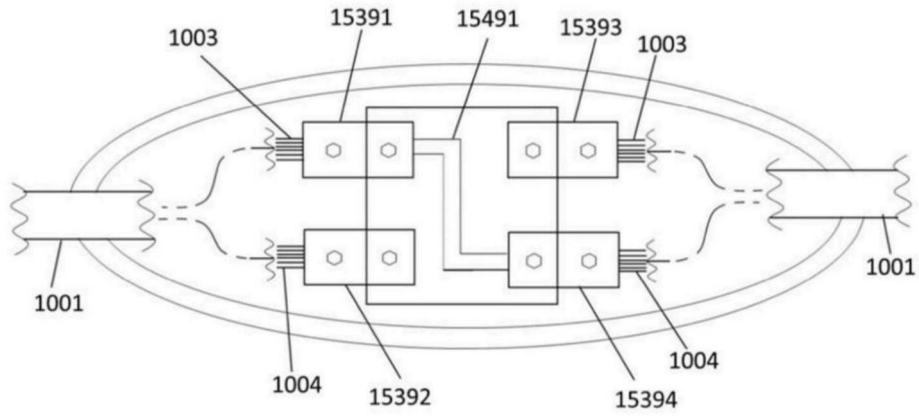


图9

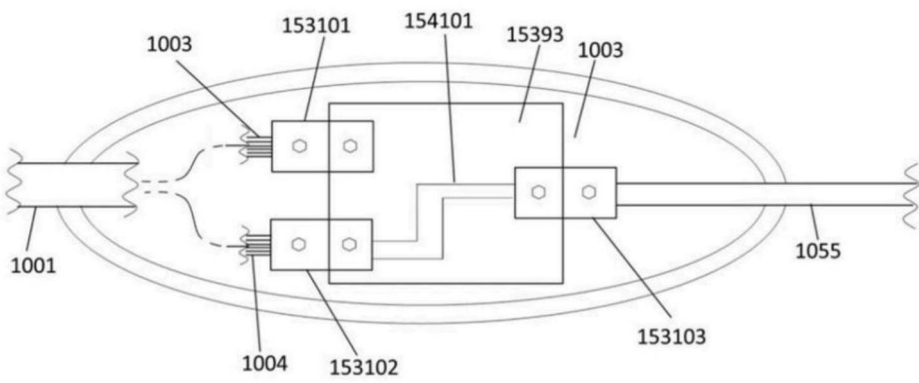


图10

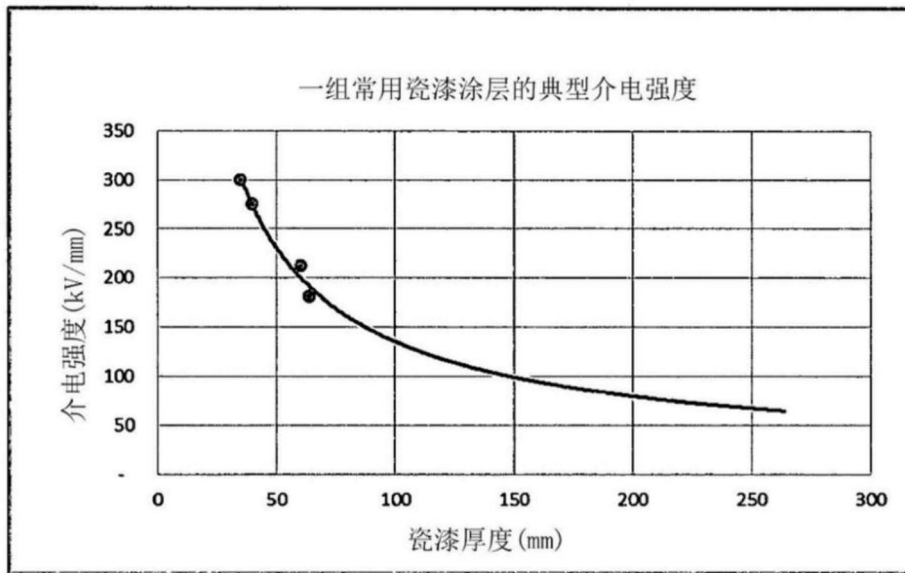


图11 (图表1)

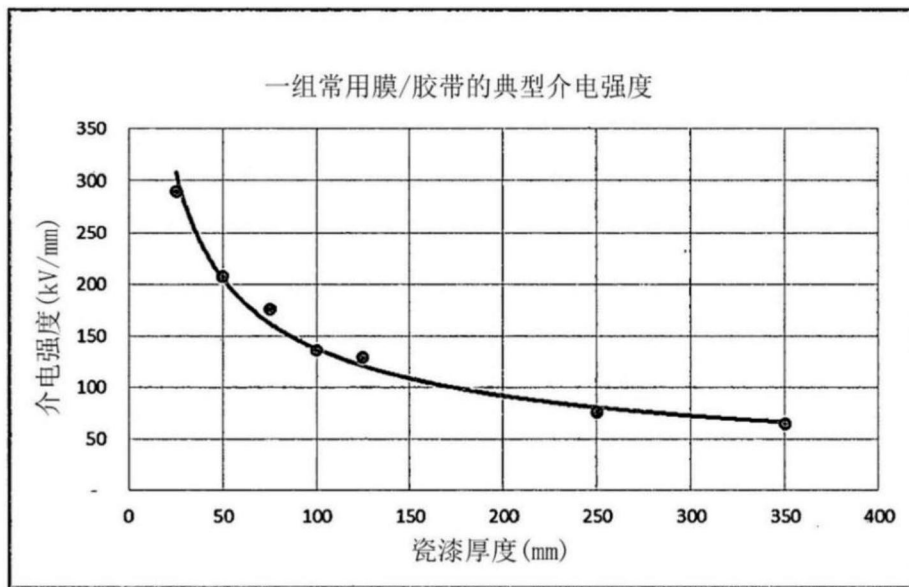


图12 (图表2)

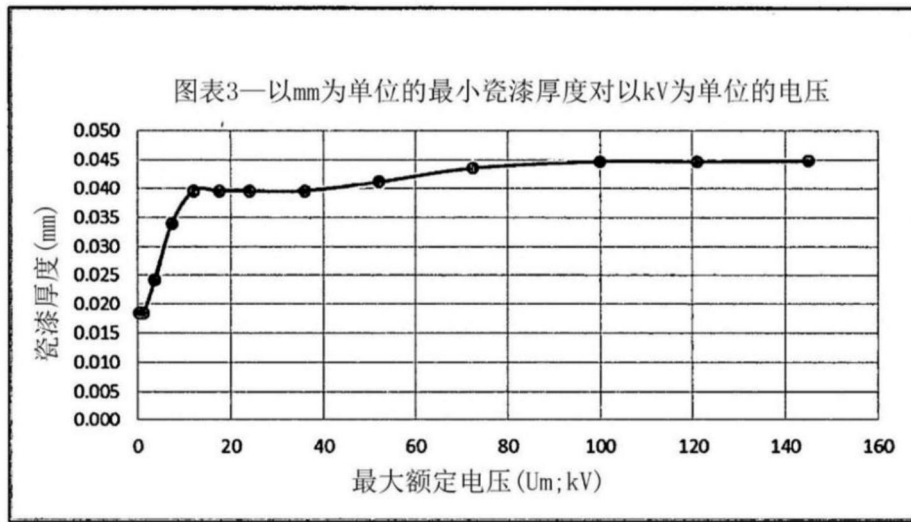


图13 (图表3)

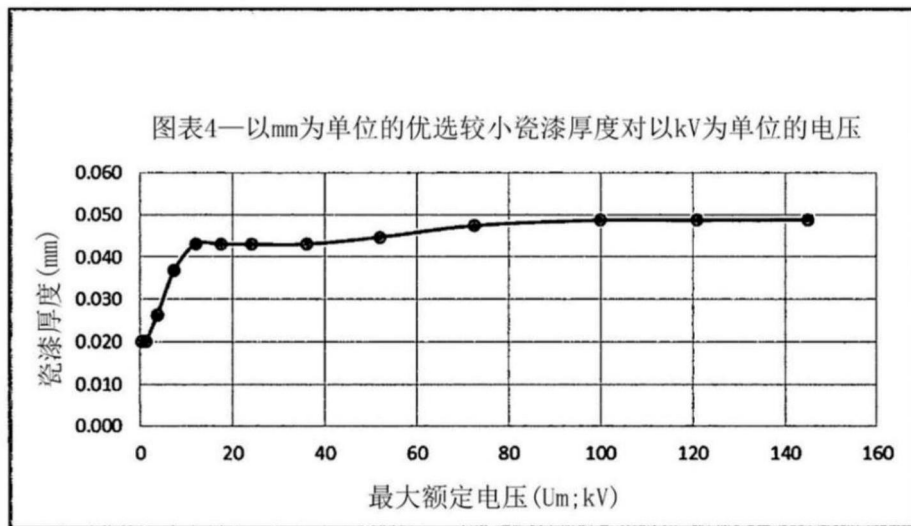


图14 (图表4)

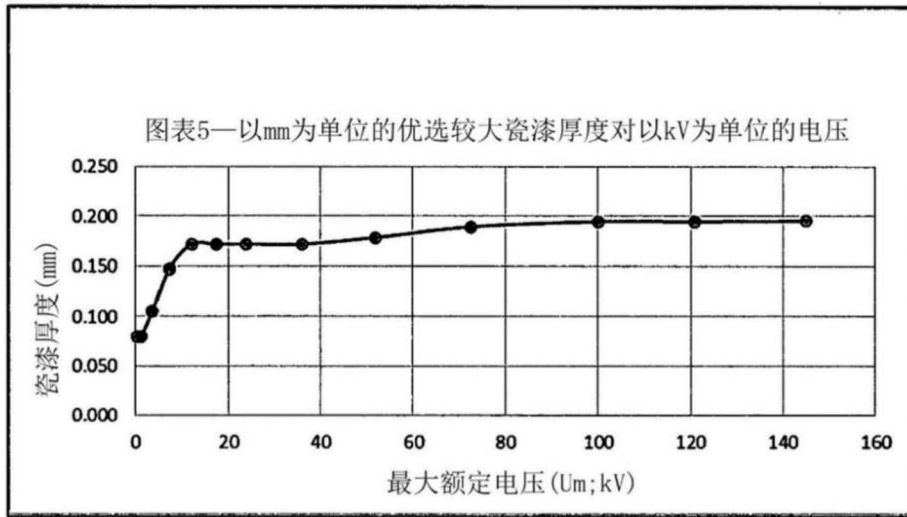


图15 (图表5)

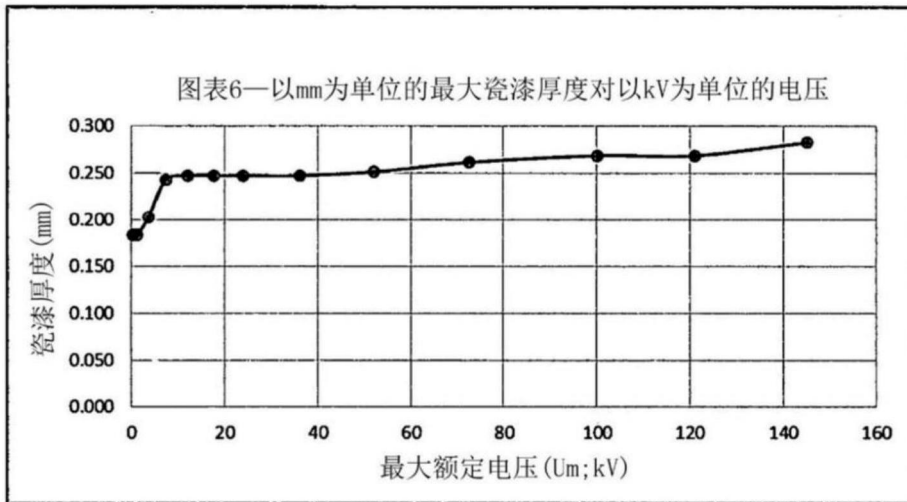


图16 (图表6)

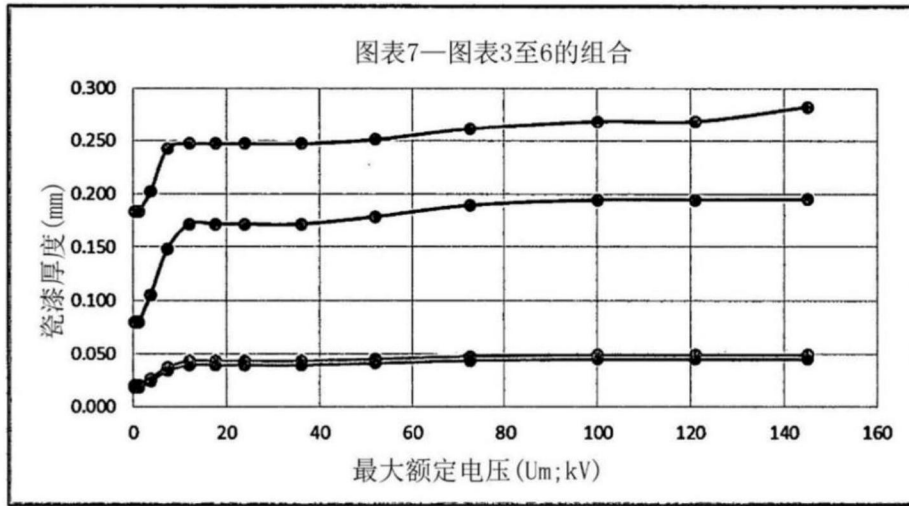


图17 (图表7)

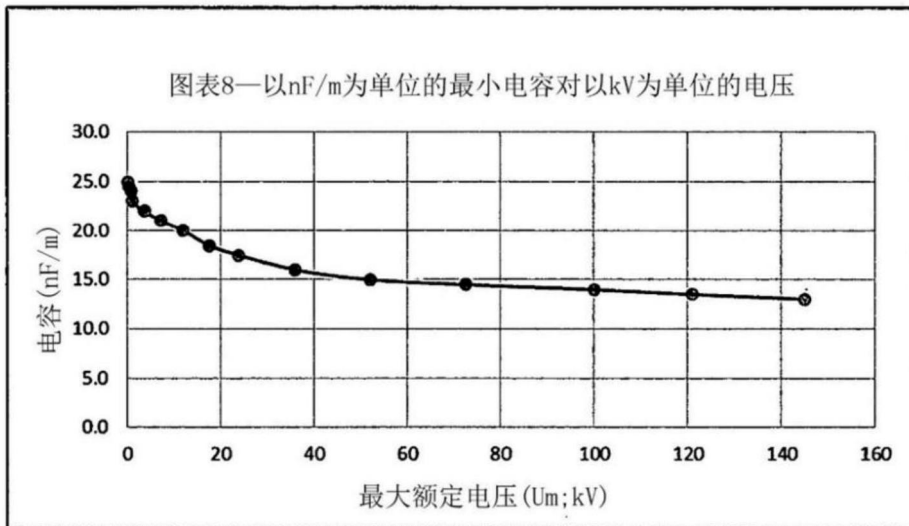


图18 (图表8)

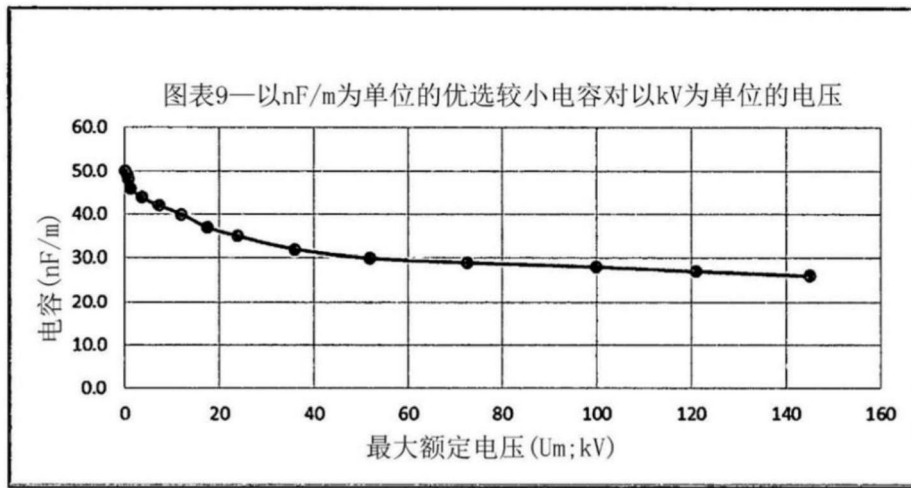


图19 (图表9)

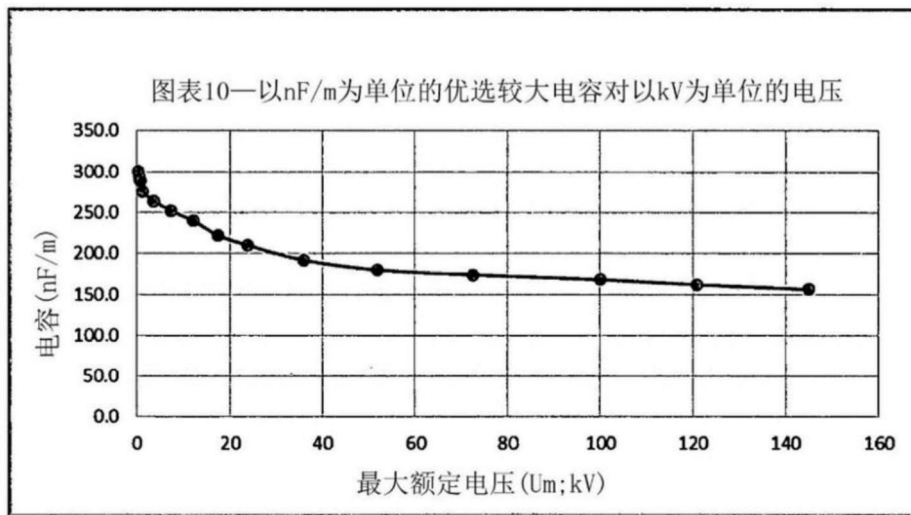


图20 (图表10)

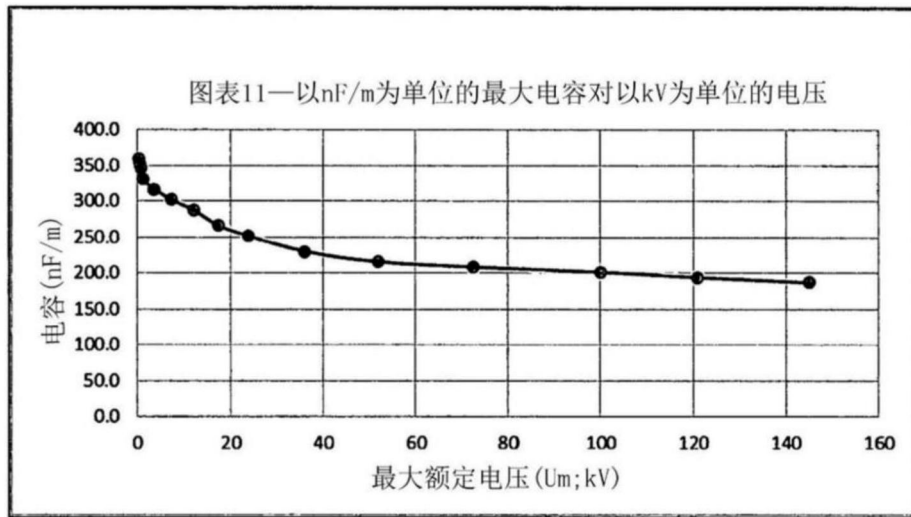


图21 (图表11)

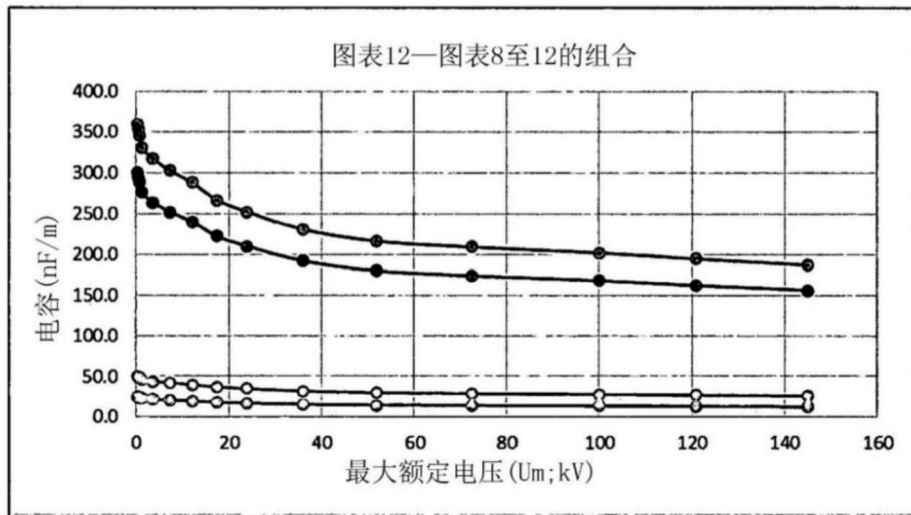


图22 (图表12)