



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101312085 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 21

(21) 申请号 200810093300. 3

审查员 马志勇

(22) 申请日 2008. 05. 21

(30) 优先权数据

07108754. 8 2007. 05. 23 EP

(73) 专利权人 ABB 技术有限公司

地址 瑞士苏黎世

(72) 发明人 吉恩 - 克劳德 · 莫鲁 马丁 · 拉克纳

莱奥波德 · 里策 雷托 · 韦德

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 李春晖 李德山

(51) Int. Cl.

H01B 17/34 (2006. 01)

H01B 17/54 (2006. 01)

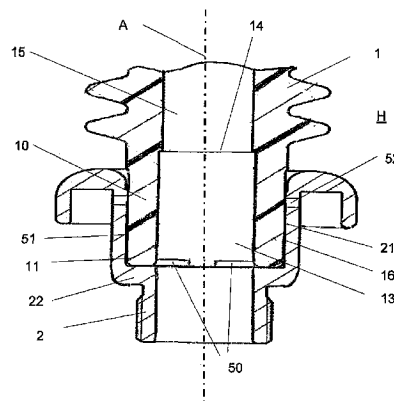
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

高压绝缘子和带有该高压绝缘子的冷却元件

(57) 摘要

一种高压绝缘子,以同轴布置的方式包括:具有支承环形式的端部的绝缘管,保持在支承环上的空心金属衔铁,设置在支承环的粘接区域和金属衔铁的粘接区域之间、并且以真空密闭的方式被填充以固化的粘合剂层的粘接接缝,以及沿着绝缘管的轴线延伸并且径向上被绝缘管和金属衔铁限定界限的腔。在腔和粘接接缝之间设置有至少一个主要是被径向导向的粘合剂沟道,粘合剂沟道被固化的粘合剂密封,并且具有用于在固化的粘合剂层形成之前足以将未固化的粘合剂从腔导入粘接接缝的横截面。绝缘子和包含绝缘子的冷却元件具有小于 10^{-9} [mbar l/s] 的泄漏率,并且其特点是在恶劣的机械、电、热和化学负荷下运行多年之后仍具有高度的运行可靠性。



1. 一种高压绝缘子 (H), 以同轴布置的方式包括:
具有支承环 (10) 形式的端部的绝缘管 (1),
被保持在支承环 (10) 上的空心金属衔铁 (2),
设置在支承环 (10) 的粘接区域 (16) 和金属衔铁 (2) 的粘接区域 (21) 之间、并且以真空密闭的方式被填充以固化的粘合剂层的粘接接缝 (51), 以及
沿着绝缘管 (1) 的轴线 (A) 延伸并且径向上被绝缘管 (1) 和金属衔铁 (2) 限定界限的腔 (15),
其特征在于,
在所述腔 (15) 和粘接接缝 (51) 之间设置有主要是被径向导向的至少一个粘合剂沟道 (50), 所述粘合剂沟道 (50) 被固化的粘合剂密封, 并且具有用于在固化的粘合剂层形成之前足以将未固化的粘合剂 (40) 从腔 (15) 导入粘接接缝 (51) 的横截面。
2. 根据权利要求 1 所述的绝缘子, 其特征在于, 所述至少一个粘合剂沟道 (50) 在圆周方向上由两个轴向对准的间隔凸轮 (11) 限定界限。
3. 根据权利要求 2 所述的绝缘子, 其特征在于, 设置有多个间隔凸轮 (11), 它们彼此间隔地设置在圆周方向上, 并且其中间隔凸轮两两分别在圆周方向上限定多个粘合剂沟道 (50) 之一的界限。
4. 根据权利要求 2 或 3 所述的绝缘子, 其特征在于, 所述间隔凸轮 (11) 被成形到支承环 (10) 的端侧 (12) 中。
5. 根据权利要求 1 至 3 之一所述的绝缘子, 其特征在于, 圆柱形密封面 (13) 被成形到支承环 (10) 中, 所述密封面 (13) 围绕腔 (15) 的一区段, 所述区段由支承环 (10) 在径向上限定边界, 并且在轴向上在所述至少一个粘合剂沟道 (50) 和绝缘管 (1) 的止挡之间延伸。
6. 根据权利要求 1 至 3 之一所述的绝缘子, 其特征在于, 所述粘接接缝 (51) 与至少一个通风开口 (52) 相连接, 所述通风开口主要是径向地被向外导向。
7. 根据权利要求 6 所述的绝缘子, 其特征在于, 所述粘接接缝 (51) 的横截面在所述至少一个粘合剂沟道 (50) 和所述通风开口之间减小。
8. 根据权利要求 7 所述的绝缘子, 其特征在于, 支承环 (10) 的粘接区域 (16) 是圆锥形的, 并且在所述至少一个粘合剂沟道 (50) 和通风开口 (52) 之间变宽。
9. 一种用于制造根据权利要求 1 至 8 之一所述的绝缘子 (H) 的方法, 其特征在于, 绝缘管 (1) 和金属衔铁 (1) 被结合, 使得形成粘接接缝 (51) 和腔 (15), 包含液态粘合剂 (40) 的注入辅助装置 (4) 被安装在所述腔 (15) 中, 并且液态粘合剂 (40) 借助所述注入辅助装置 (4) 被压入所述腔 (15) 的具有压缩空间 (41) 形式的区段中, 并且从该压缩空间 (41) 出来经过至少一个粘合剂沟道 (50) 被注入粘接接缝 (51) 中。
10. 根据权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 所述粘接接缝 (51) 通过将金属衔铁 (2) 缩到支承环 (10) 上来形成。
11. 根据权利要求 9 或 10 所述的方法, 其特征在于, 在安装了所述注入装置 (4) 之后, 被结合到所述金属衔铁 (2) 上的绝缘管 (1) 被夹紧在夹紧装置 (3) 中。
12. 根据权利要求 9 或 10 所述的方法, 其特征在于, 将液态粘合剂 (40) 以分布在圆周方向上的方式注入粘接接缝 (51) 中。
13. 一种用于实施根据权利要求 9 至 12 之一所述的方法的装置 (V), 其特征在于, 注入

辅助装置(4)具有活塞/气缸压缩装置的形式,并且具有压缩空间(41),该压缩空间被设计为适于容纳液态粘合剂(40),并且其径向上在外侧由支承环(10)限定界限,轴向上由固定在金属衔铁(2)中的气缸基部(42)和在支承环(10)中可轴向移动的活塞(43)限定界限。

14. 根据权利要求13所述的装置,其特征在于,用于容纳所述液态粘合剂(40)的凹陷(44)被成形到活塞(43)的、限定压缩空间(41)界限的一侧上。

15. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,推杆(46)处于活塞(43)的远离所述凹陷(44)的侧上,可以从外侧向所述推杆(46)施加压力。

16. 一种冷却元件,具有根据上述权利要求1至8之一所述的高压绝缘子。

高压绝缘子和带有该高压绝缘子的冷却元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种根据权利要求 1 前序部分所述的高压绝缘子、一种用于制造所述绝缘子的方法、一种用于实施该方法的装置和一种带有所述高压绝缘子的冷却元件。高压绝缘子以同轴布置的方式包括至少一个具有支承环形式的端部的绝缘管、保持在支承环上的空心金属衔铁、设置在支承环的粘接区域和金属衔铁的粘接区域之间的并且以真空密闭的方式被填充了固化的粘合剂层的粘接接缝、以及沿着绝缘管的轴线延伸并且径向上被绝缘管和金属衔铁限定界限的腔。通常,在该高压绝缘子中,绝缘管的远离支承环的另外的端部同样是支承环的形式,并且经过粘接接缝与另外的金属衔铁连接。

[0002] 这种绝缘子可以在传导大电流的高压装置的被动冷却情况下用作绝缘区段,这里高压原则上理解为高于 1kV 的工作电压。优选的电压范围是低于 100kV,然而主要涉及具有典型地为 10 至 50kV 额定电压的、传导大电流的装置和设备。

[0003] 这种装置和设备的电流承载能力是热受限的。对于典型地在 10 至 50kA 范围内的额定电流(如其例如在发电机断路器形式的重载装置中传导的那样),因此尤其是使用主动冷却元件(例如带有风扇的空气/空气热交换器)或具有特别好的效率的被动冷却元件,特别是例如在热管中更是如此,热管除了开始部分定义的高压绝缘子外也包括蒸发器和热交换器以及工作介质。在重载装置中,电流损耗所产生的热在这种情况下被用来蒸发工作介质。被蒸发的工作介质被传送给设置在外部的热交换器,并且在那里通过冷凝放出在重载装置中产生的损耗热。

[0004] 发电机断路器形式的重载装置通常具有单相封装的设计,并且具有设置在封装内并处于高压电势的内导体。由内导体上的电流损耗产生的热需要穿过所述封装消散到周围空气中。这意味着电绝缘路径需要被定位在处于高压电势的蒸发器和保持在地电势上的热管冷凝器之间,所述电绝缘路径需要设计得相应于所要求的高电压(例如 150kV BIL)。蒸发器和热交换器(冷凝器)以真空密闭的方式被保持在高压绝缘子的两个端部上。

[0005] 因为在这种大功率的被动冷却元件中不再有任何移动部件例如风扇或鼓风机,所以可以使用该冷却元件将所损耗的热低成本地并且有效地从封装中去除。此外,这种冷却元件不需要任何维护。高压绝缘子在此情况下完成多个功能,主要是引导工作介质以及将蒸发器与冷凝器的电势隔离。只有当该绝缘子多年地执行上述的功能时,这种大功率的被动冷却元件和装备有这种冷却元件的高压设备的可靠性才得到保证。因此,这种绝缘子在长的、典型地为 20 年的时期上应该不需要任何维护。这种长期的稳定性的前提是极低的泄漏率,因为只有以这种方式才可能避免工作介质的损耗。

背景技术

[0006] 上述类型的高压绝缘子在 WO 2006/053552A1 中进行了描述。该绝缘子是空心冷却元件的一部分,该冷却元件具有热管形式并用于将热从发电机输出线路散发。该绝缘子以同轴布置的方式具有由纤维增强的聚合体和由同轴地保持的扩散阻挡物制成的机械承载绝缘管,以及具有两个空心的金属衔铁,它们以真空密闭的方式粘接到绝缘管的、分别具

有支承环形式的两个端部上。粘接接缝被设置在两个支承环中的每一个的粘接区域与两个金属衔铁中的每一个的粘接区域之间,其中粘接接缝从每个支承环的端侧延伸到其横向表面并且以真空密闭的方式被填充了固化的粘合剂层。

[0007] 保持在高压导体的电势上的蒸发器被固定在两个金属衔铁之一上,保持在接地封装物的电势上的冷凝器被固定在另一个衔铁上。高压绝缘子形成冷却元件的绝缘路径,冷却元件将高压导体中由电流损耗形成的热传递到所述封装物。在此情况下,在冷却元件内部的工作介质(特别是例如丙酮或含氢氟醚(hydrofluoroether))用于热传递,并且在此情况下以蒸汽的形式从蒸发器经过绝缘管向冷凝器循环,在冷凝器中蒸汽冷凝为液体同时放出热。液体经过高压绝缘子又被导送回蒸发器。因此,该高压绝缘子不仅用作绝缘路径,而且用作工作介质的通路。因为该通路容纳化学介质、经受典型地为 80°C 的持续温度并且需要多年(典型地为 20 年)是液密的、气密的以及真空密闭的,因此对在绝缘管的两个分别被构造为支承环的端部与金属衔铁之间的粘接接缝提出了严格的要求。

发明内容

[0008] 如在权利要求中描述的一样,本发明的目的在于提供一种开始部分所述类型的高压绝缘子,其具有低的泄漏率并且特征还在于:即使在恶劣的机械、电、热和化学负荷下运行多年之后,仍具有高度的运行可靠性。本发明的目的还在于提供一种用于制造所述高压绝缘子的方法,一种用于实施所述方法的装置,以及一种包含所述绝缘子的冷却元件。

[0009] 在根据本发明的高压绝缘子中,在腔和粘接接缝之间设置至少一个主要是被径向导向的粘合剂沟道,所述粘合剂沟道被固化的粘合剂密封,并且具有用于在固化的粘合剂层形成之前足以将未固化的粘合剂从腔导入粘接接缝的横截面。因为在其固化之前,粘合剂从腔中经过粘合剂沟道被导送到粘接接缝中,因此可以以简单的手段和相对较短的时间在两个待结合的部分之间、即在绝缘管的支承环和金属衔铁之间实现特别均匀的、无不希望的空气内含物的粘合剂层。因为待结合的两个部分的粘接区域被 100% 地覆盖了固化的粘合剂,并且整个粘接接缝被完全填充以固化的粘合剂,所以根据本发明的高压绝缘子和包含该高压绝缘子的冷却元件的特点在于极低的泄漏率和优良的介电特性,例如尤其是对于泄漏电流的高阻抗。根据本发明的高压绝缘子和冷却元件相应地具有高度的长期稳定性。

[0010] 在一种尤其适于制造高压绝缘子的方法中,绝缘管和金属衔铁被结合使得形成粘接接缝和腔,包含液态粘合剂的注入辅助装置被安装在腔中,并且借助注入辅助装置将液态粘合剂压入所述腔的构造为压缩空间的区段中,并且从该压缩空间出来经过所述至少一个粘合剂沟道被注入粘接接缝中。在该方法中,粘合剂被无气泡地并且以具有良好分布的方式导入粘接接缝中,由此以可靠并且可简单再现的方式实现了真空密闭的粘接接缝。以这种方法,从而可以实际上无次品地制造具有低泄漏率和长使用寿命的真空密闭的高压绝缘子。

[0011] 在一种有利于实施该方法的装置中,注入辅助装置具有活塞/气缸压缩装置的形式并且具有压缩空间,该压缩空间被设计以适于容纳液态粘合剂,并且该压缩空间径向上在外侧由支承环限定界限,轴向上由固定在金属衔铁中的气缸基部和在支承环中可轴向移动的活塞限定界限。活塞/气缸压缩装置可以容易地在制造过程中被集成,并且保证不希

望的气体被排出粘接接缝并且粘接接缝完全被粘合剂填充而没有气泡。

[0012] 本发明的其他特征和其他有利的效果从下面描述的示例性实施例中得到。

附图说明

[0013] 借助附图更详细地阐述本发明的示例性实施例。其中：

[0014] 图 1 示出了在其中恰好制造一个根据本发明的高压绝缘子的装置的侧视图；

[0015] 图 2 示出了图 1 中所示的高压绝缘子的绝缘管的透视图；

[0016] 图 3 示出了图 2 中所示的绝缘管的、具有支承环形式的端部区段 III 的放大视图；

[0017] 图 4 示出了：在粘合剂被注入设置在高压绝缘子的绝缘管的支承环与金属衔铁之间的粘接接缝情况下，沿轴线 A 穿过图 1 中所示的高压绝缘子的下端部区段的局部的平面图；

[0018] 图 5 示出了在注入粘合剂之后，根据图 4 的平面图；

[0019] 图 6 示出了在移除用于制造高压绝缘子的装置的具有注入辅助装置形式的部件之后，按照图 4 的平面图。

[0020] 参考标号表：

[0021] A 轴线

[0022] H 高压绝缘子

[0023] V 制造装置

[0024] K 力

[0025] 1 绝缘管

[0026] 2, 2' 金属衔铁

[0027] 3 夹紧装置

[0028] 4 注入辅助装置

[0029] 10, 10' 金属衔铁

[0030] 11 间隔凸轮

[0031] 12 端侧

[0032] 13 密封面

[0033] 14 止挡

[0034] 15 腔

[0035] 16 粘接区域

[0036] 20, 20' 场电极

[0037] 21 粘接区域

[0038] 22 肩部

[0039] 30 基盘

[0040] 31 间隔足

[0041] 32 螺纹杆

[0042] 33 压力棒

[0043] 34 压力螺母

[0044] 40 液态粘合剂

[0045]	41	压缩空间
[0046]	42	气缸基部
[0047]	43	活塞
[0048]	44	凹陷
[0049]	45	闭合螺母
[0050]	46	推杆
[0051]	50	粘合剂沟道
[0052]	51	粘接接缝
[0053]	52	通风开口

具体实施方式

[0054] 在所有的附图中,相同的参考标号表示功能上相同的部件。被设计为轴向上对称并且在图 1 中被示出的高压绝缘子 H 被设置为:使得高压绝缘子沿其对称轴线 A 对准在用于制造高压绝缘子的装置 V 的夹紧装置 3 中。高压绝缘子包括其两个端部分别具有支承环 10、10' 形式的绝缘管 1, 以及两个空心的金属衔铁 2 和 2'。绝缘管 1 由聚合的合成物, 例如基于诸如环氧树脂的硬质体和诸如石英粉末或玻璃纤维的填料制成, 然而也可以由陶瓷诸如瓷器制成。在同轴的布置中, 以真空密闭的方式将金属衔铁 2 粘接到支承环 10 上, 并且将金属衔铁 2' 粘接到支承环 10' 上。夹紧装置 3 的水平对准的基盘 30 被支承在间隔足 31 上, 并且夹紧装置 3 具有两个垂直对准的螺纹杆 32, 它们被刚性地固定在基盘 30 上。(未示出的) 开口被设置在基盘上, 金属衔铁 2 的下部被引导穿过该开口。金属衔铁 2 的、具有场电极 20 形式的部分置于基盘 30 上。金属衔铁 2' 与金属衔铁 2 被相同地设计并且包括场电极 20', 压力棒 33 被置于该场电极上。衔铁 2' 的与衔铁 2 的下部相应的部分被引导通过一个同样不可见的、穿过压力棒 33 的开口。该压力棒 33 借助两个在螺纹杆 32 上被引导的压力螺母 34 被压向场电极 20', 并且因此将高压绝缘子 H 固定在夹紧装置 3 中。

[0055] 两个支承环 10、10' 相同地设计并且具有间隔凸轮 11 (在支承环 10 的情况下在图 2 和 3 中被示出), 它们被成形在支承环 10 的自由端侧 12 中并且被轴向对准。间隔凸轮 11 中两两分别在端侧 12 的圆周方向上限定主要径向导向的粘合剂沟道 50。可以看到, 从所描绘的实施例中可看到的四个间隔凸轮 11 限定了四个主要径向对准的粘合剂沟道 50 的边界, 这些粘合剂沟道 50 在 (相对于轴线 A 的) 圆周方向上均匀分布地被设置。

[0056] 圆柱形密封面 13 被成形到支承环 10 的内侧中。如由图 6 可看到的那样, 该密封面围绕腔 15 的、由支承环 10 径向限定边界并且轴向上在粘合剂沟道 50 和止挡 14 之间延伸的区段, 其中腔 15 被绝缘子 H 或绝缘管 1 和两个金属衔铁 2、2' 包围。

[0057] 粘接区域 16 (在图 2 和 3 中被示出) 被成形到支承环 10 的外侧中。如图 6 中所示的那样, 以真空密闭的方式被填充了固化的粘合剂层的粘接接缝 51 设置在该粘接区域和金属衔铁 2 的粘接区域 21 之间。延伸在腔 15 和粘接接缝 51 之间的粘合剂沟道 50 也以真空密闭的方式被固化的粘合剂密封。粘接接缝 51 与多个通风开口 52 相连接, 这些通风开口均匀地分布在圆周方向上, 并且在粘接区域 21 之上主要径向向外穿过金属衔铁 2 地被导向。粘接接缝 51 的尺寸被设计为使得其横截面在粘合剂沟道 50 和通风开口 52 之间减小。具有这种尺寸的粘接接缝 51 可以有利地通过成圆锥形地倾斜粘接区域 16 来制造。圆

锥形的粘接区域 16 在轴向方向上在粘合剂沟道 50 和通风开口 52 之间变宽,并且在制造绝缘管 1 时、例如在绝缘管被浇铸和 / 或通过绝缘管的母体的金属切割时可以容易地被成形到支承环 10 中。

[0058] 为了制造高压绝缘子 H, 绝缘管 1 和金属衔铁 2 被结合以形成粘接接缝 51。为了在该过程中实现良好的压配合, 将金属衔铁 2 加热, 典型地到大约 150°C, 并且被加热的金属衔铁 2 被拉到支承环 10 上, 直到间隔凸轮 11 置于金属衔铁 2 的径向向内被导向的肩部 22 上 (图 4 至 6)。以相应的方式, 金属衔铁 2' 和支承环 10' 也被结合, 尽管这两个部件也可以通过使用密封环旋拧或者以浇铸包封的方式彼此连接。因此, 无论如何, 形成了轴向延伸的、由绝缘管 1 和两个空心的金属衔铁 2, 2' 轴向限定界限的腔 15。

[0059] 如可在图 4 和 5 中看出的一样, 包含液态粘合剂 40 的注入辅助装置 4 被装在腔 15 中。该注入辅助装置具有活塞 / 气缸压缩装置的形式并且包括压缩空间 41 (图 4), 该压缩空间容纳有液态的 (未固化的) 粘合剂 40, 并且在外侧在径向上被支承环 10 和金属衔铁 2 的肩部 22 限定界限, 在轴向上被固定在金属衔铁 10 中的气缸基部 42 以及在支承环 10 中可轴向移动的活塞 43 限定界限。气缸基部 42 和活塞 43 在它们的横向表面上总是支承至少一个密封环 (为清楚起见未标明)。被气缸基部 42 支承的密封环以气密的方式处于金属衔铁 2 的、在所述肩部 22 的区域中的圆柱对称的内面上, 而在轴向上在止档 14 和气缸基部 42 之间可移动的活塞 43 的密封环以气密并且液密的方式被安置在密封面 13 上。

[0060] 在注入辅助装置 3 的安装期间, 绝缘管 1 和金属衔铁 2、2' 起初被保持为使得金属衔铁 2 指向上方。活塞 43 现在穿过金属衔铁 2 被导入腔 15 中并且保持在止档 14 上。如可以看到的一样, 用于容纳液态粘合剂 40 的圆锥形凹陷 44 被成形到活塞 43 的限定压缩空间 41 界限的一侧上, 所述圆锥形凹陷 44 被成形为漏斗形。被计量的液态粘合剂, 例如基于环氧化物的双成分粘合剂 (two-component adhesive), 已经被提供在该凹陷中。随后, 气缸基部 42 也被从上面推入腔 15 中。借助在图 1、4 和 5 中所示的闭合螺母 45, 气缸基部 42 被保护以防脱落。接着, 整个装置被向下转并且因此达到该装置在图 4 中所示的位置, 在该位置上注入辅助装置 4 具有压缩空间 41, 该压缩空间 41 在轴向上从密封面 13 经过粘合剂沟道 50 的入口延伸直到肩部 22 的区域中的金属衔铁 2 的内面。

[0061] 如在图 1 中可看到的一样, 该装置被固定在夹紧装置 3 中并且推杆 46 从上方经过金属衔铁 2' 被推入腔 15 中。该推杆在远离压缩空间 41 的侧上被支承在活塞 43 上 (图 4)。如果现在在推杆 46 上施加轴向向下取向的力 K, 如在图 4 中所示, 则活塞 43 被向下导向, 并且在该过程中增加了压缩空间 41 中的液态粘合剂 40 的压力。夹紧装置 3 阻止了在该过程中出现的液力作用下金属衔铁 2 的位移。液态粘合剂 40 经过粘合剂沟道 50 被注入粘接接缝 51 中。粘合剂沟道 50 的尺寸被设计为: 使得在固化的粘合剂层成形之前, 足量未固化的粘合剂 40 从压缩空间 41 被导入粘接接缝 51。所提供的粘合剂 40 压缩粘接接缝 51 中的空气并且填满粘接接缝 51 直到通风开口 52。多余的粘合剂 40 在通风开口 52 处排出。一旦闭合螺母 45 被移走, 注入辅助装置 4 和推杆 46 可以随后被从腔 15 中移走, 并且粘接点可以在提高的温度 (典型地从 60 到 80°C) 时被固化。该粘接点的泄漏率典型地小于 10^{-9} [mbar l/s]。

[0062] 在粘接接缝 51 中的粘合剂 40 的特别好的分布以及因此的无空隙的固化粘合剂层如下来实现: 粘合剂经过多个均匀分布在圆周方向上的粘合剂沟道 50 被注入粘接接缝 51

中。粘接接缝的横截面沿液态粘合剂 40 的流动方向减小,使得液态粘合剂从压缩空间特别均匀并且无气泡地进入到粘接接缝 51 中。因此在粘接点实现了无空隙的固化粘合剂层。此外,粘接层的厚度朝着支承环 10 的端侧 12 增加。因此,在绝缘管 1 的端部上不希望的过高的电压被急剧减小。

[0063] 填充了液体工作介质、优选含氢氟醚的蒸发器以真空密闭的方式被凸缘连接到两个金属衔铁 2、2' 之一上,并且冷凝器以真空密闭的方式被凸缘连接到另一金属衔铁上,使得实现了具有可忽略的低泄漏率和极长期稳定性的被动冷却元件。

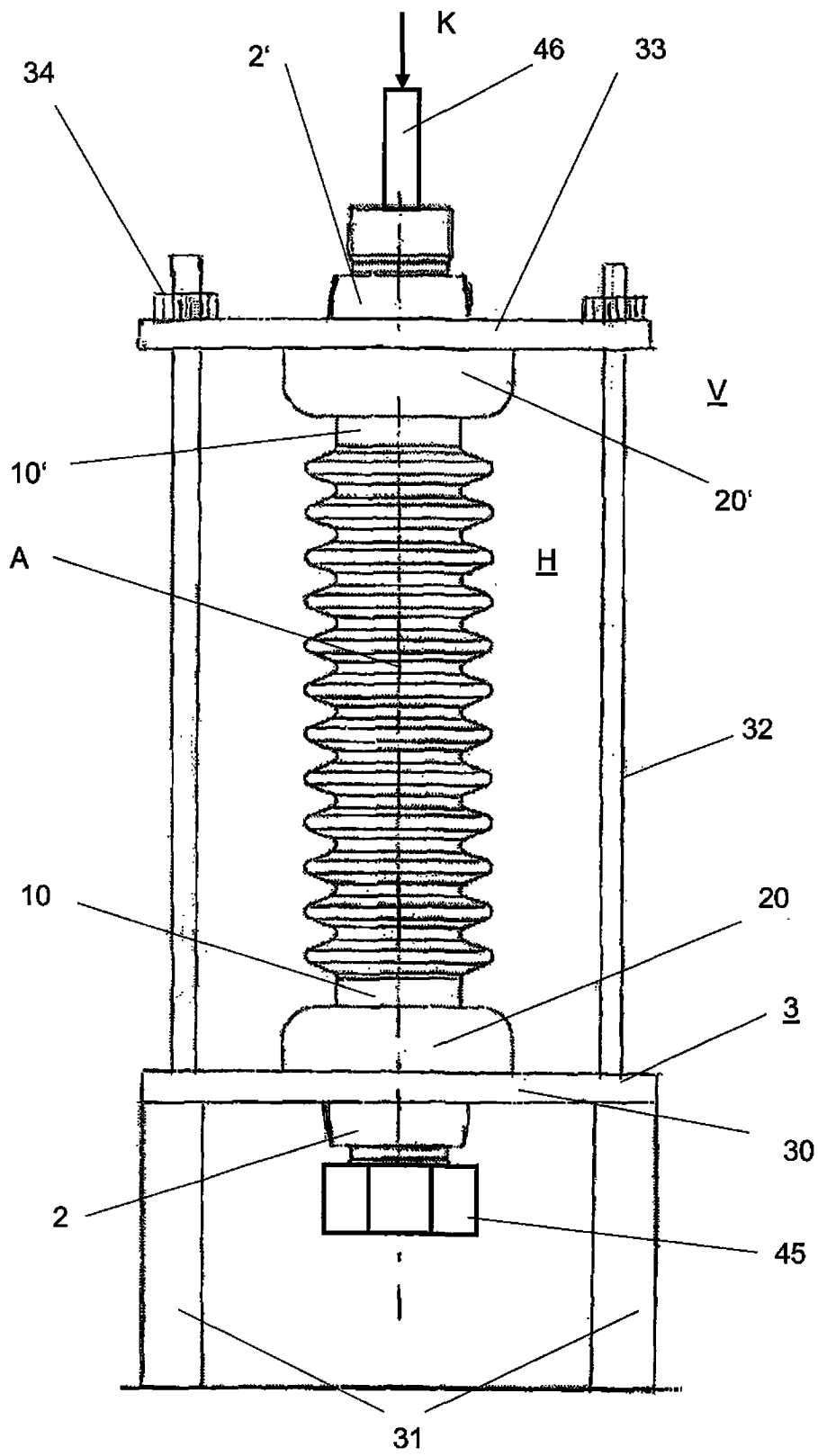


图 1

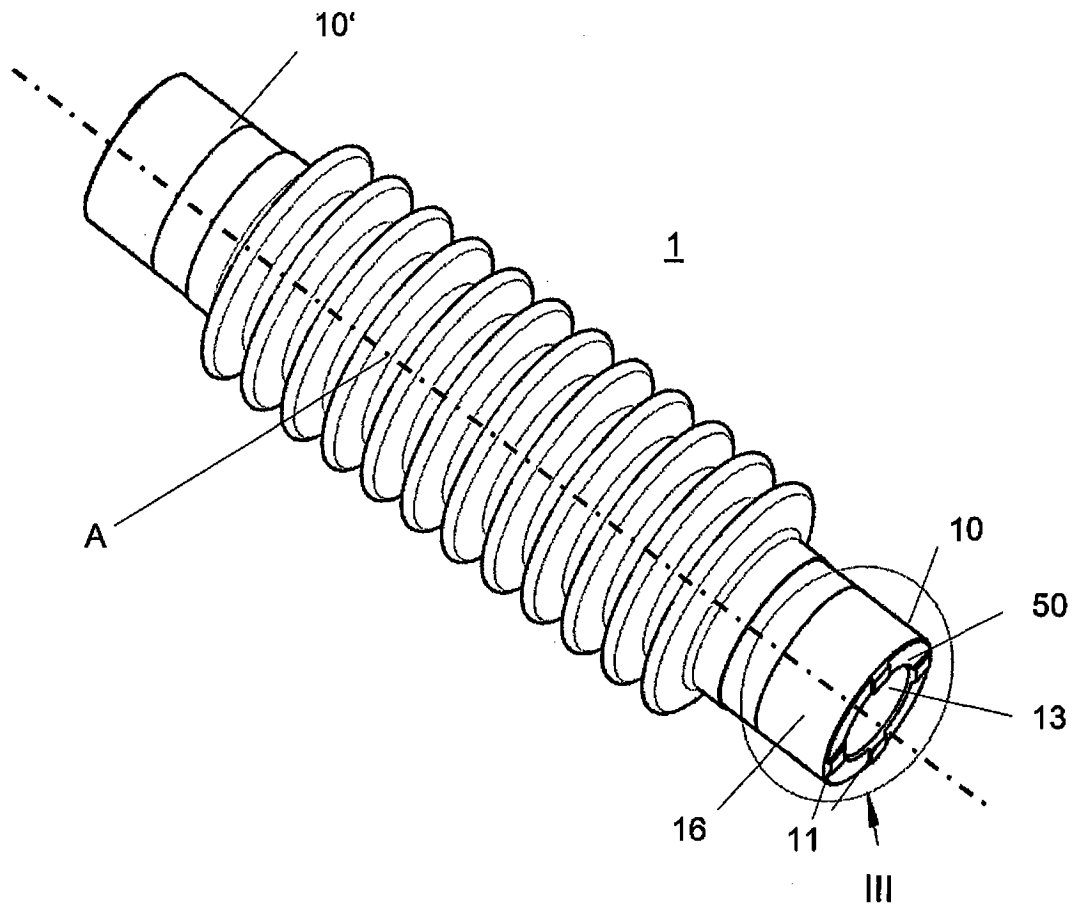


图 2

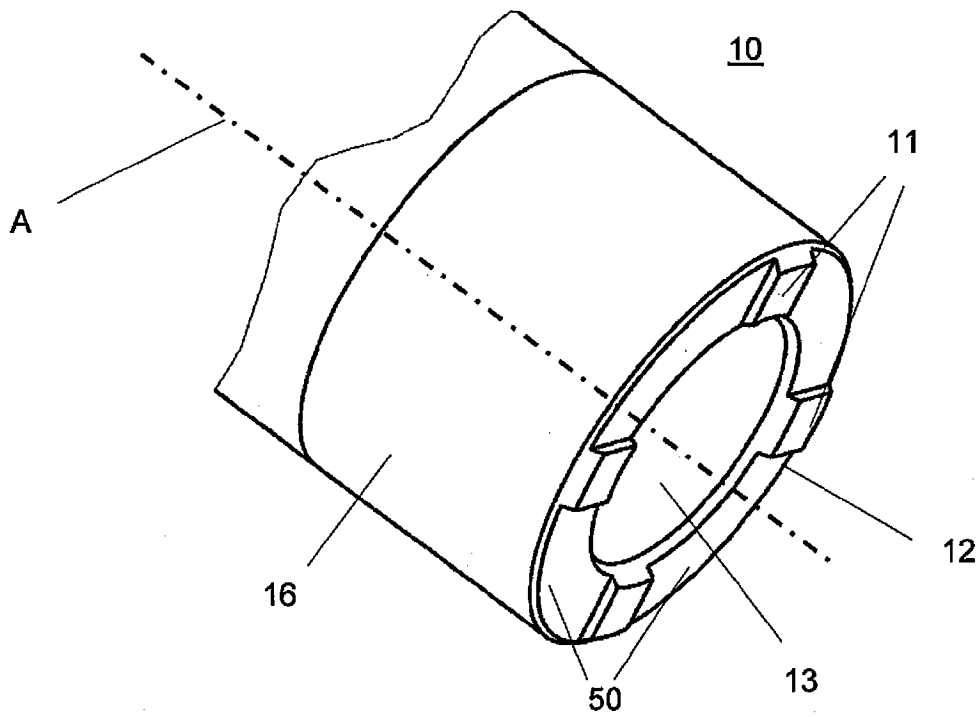


图 3

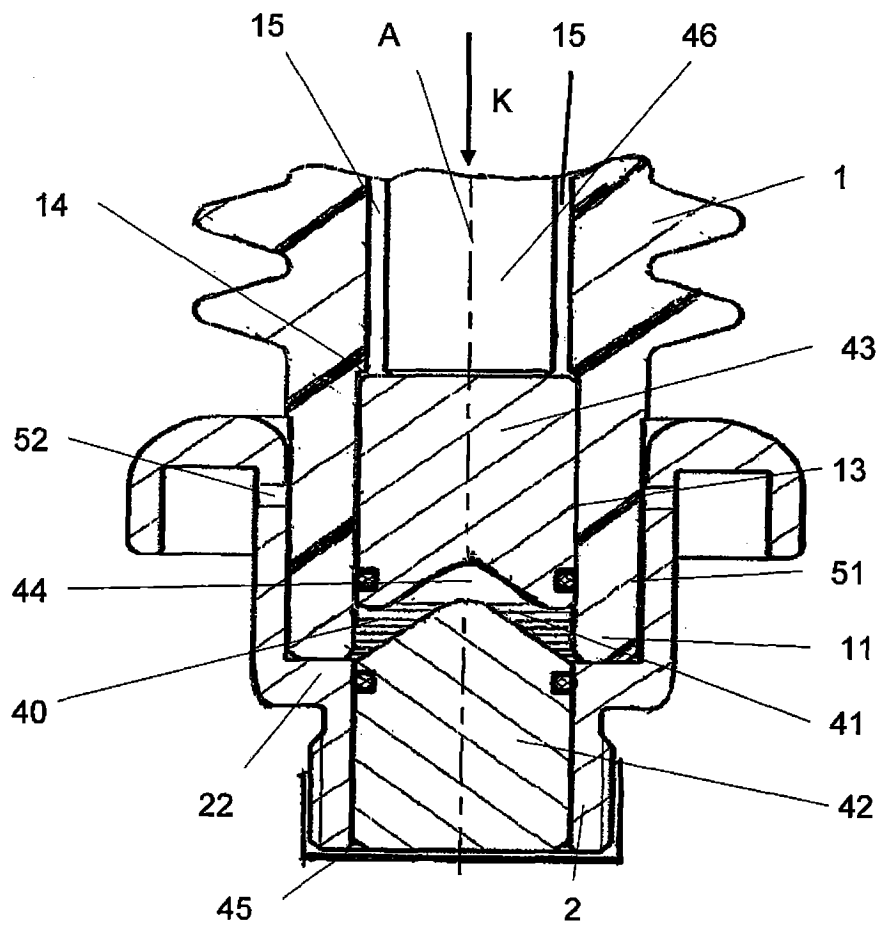


图 4

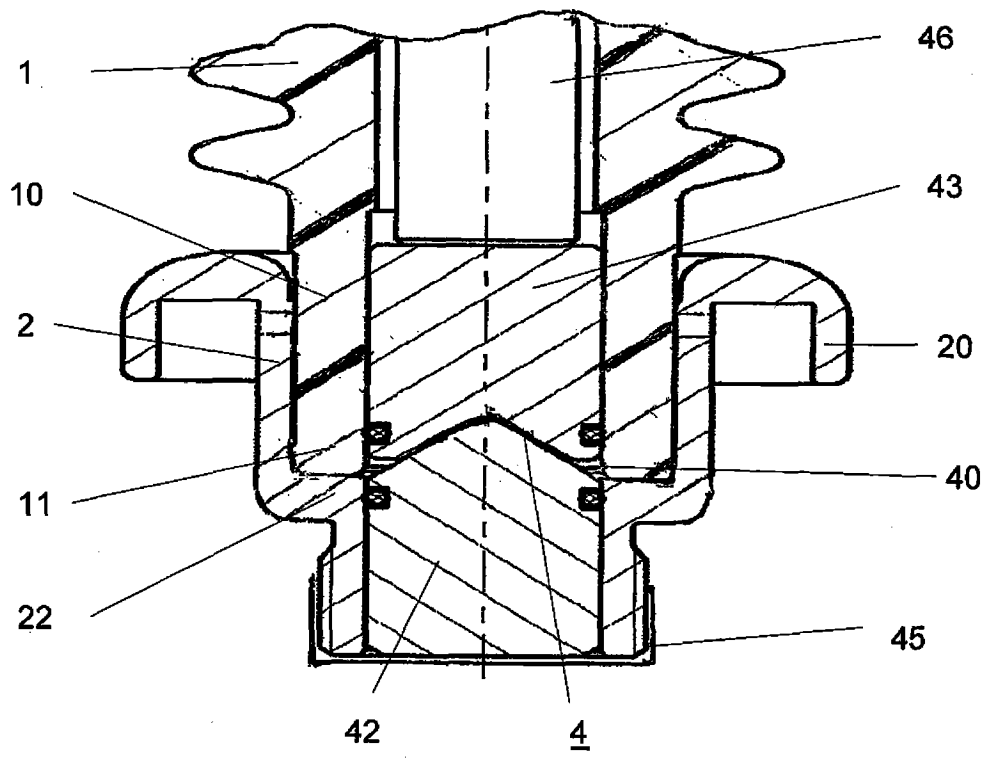


图 5

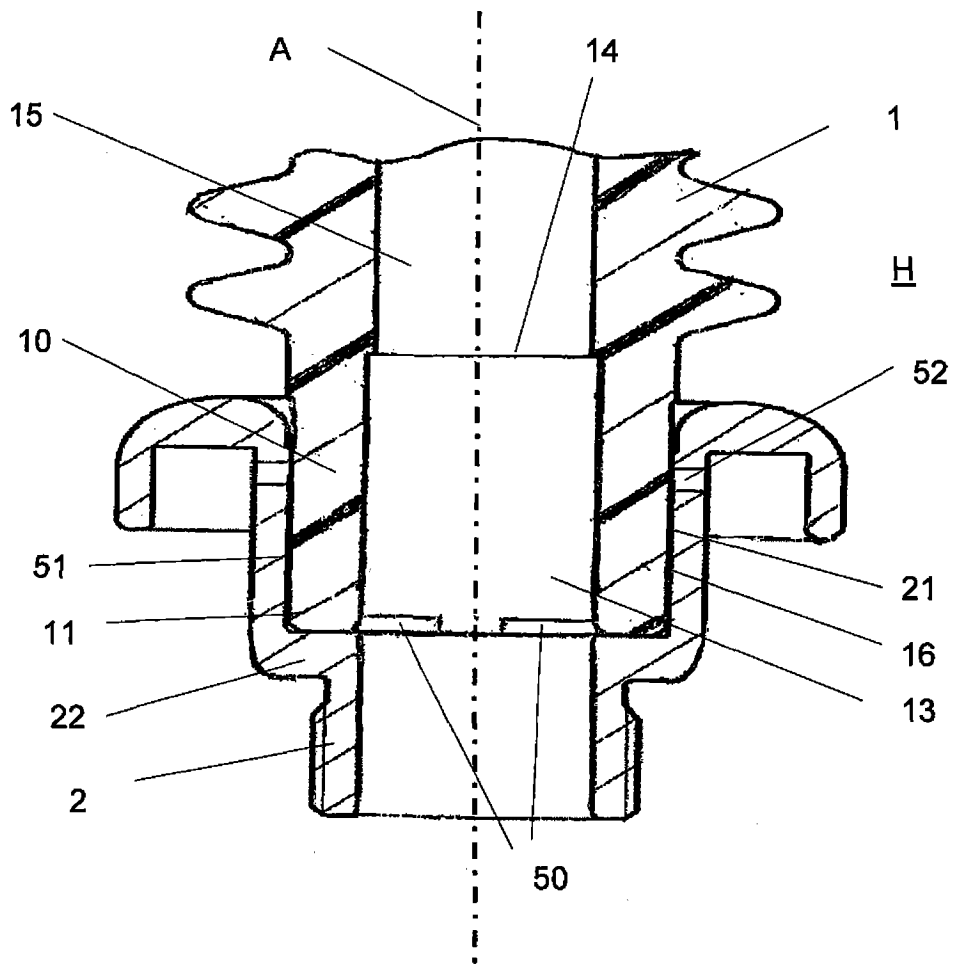


图 6