(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103000292 B
(45)授权公告日 2015.04.08

(21)申请号 201210559578.1
(22)申请日 2012.12.21
(73)专利权人 中天科技海缆有限公司
地址 226010 江苏省南通市南通经济技术开发区新开南路1号
(72)发明人 胡明 张华 谢书鸿 张建民 马志金 薛建林
(74)专利代理机构 南京君陶专利商标代理有限公司 32215
代理人 奚胜元
(51)Int.Cl.
H01B 11/22(2006.01)
(56)对比文件
CN 102360615 A,2012.02.22, 全文.
CN 102760519 A,2012.10.31, 全文.
CN 201215739 Y,2009.04.01, 全文.
EP 1124236 A2,2001.08.16, 全文.
CN 202996412 U,2013.06.12, 权利要求1-10.
CN 200986832 Y,2007.12.05, 全文.
CN 101369472 A,2009.02.18, 全文.
CN 102420033 A,2012.04.18, 全文.
CN 202282193 U,2012.06.20, 全文.
JP 平11-111075 A,1999.04.23, 全文.
审查员 韩伟

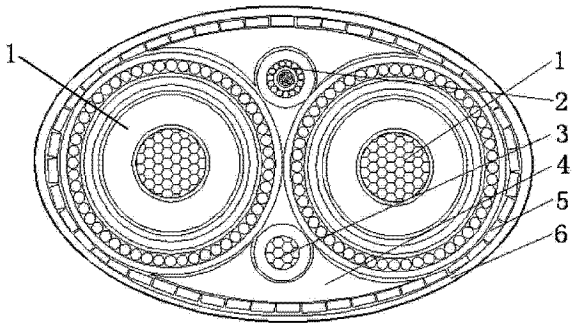
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆

(57)摘要

本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆涉及的是一种直流电缆，特别是用于VCS换流技术的柔性直流输电系统中大功率远距离海底输电，以及非周期运行的风力发电、潮汐发电等新能源交流系统之间的并网连接。超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆包括直流电缆、光纤单元、接地馈线、填充条、总铠装层和外护层，两根直流电缆分别置于左侧和右侧，光纤单元置于两直流电缆的中部上方，接地馈线置于两直流电缆的中部下方，通过平托非绞合方式成缆；成缆间隙采用圆弧形填充条进行填充；直流电缆、光纤单元以及接地馈线成缆后采用总铠装层铠装，总铠装层表面具有外护层，每层聚丙烯绳涂覆防腐绝缘胶，在其外部缠绕高强度自粘胶带。



CN 103000292 B

1.一种超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：包括直流电缆、光纤单元、接地馈线、填充条、总铠装层和外护层，两根直流电缆分别置于左侧和右侧，分别是正、负极直流电缆，光纤单元置于两直流电缆的中部上方，接地馈线置于两直流电缆的中部下方，通过平托非绞合方式成缆；成缆间隙采用圆弧形填充条进行填充；直流电缆、光纤单元以及接地馈线成缆后采用总铠装层进行总铠装，在总铠装层表面由1~3层聚丙烯绳缠绕组成外护层，每层聚丙烯绳涂覆防腐绝缘胶，在聚丙烯绳外表面缠绕高强度自粘胶带；

所述直流电缆从内到外依次由直流导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、金属屏蔽层、非金属护层、防蛀层、分极铠装层和直流电缆外护层组成；所述的直流导体为圆环异型线紧压绞合结构，在直流导体外设置有导体屏蔽层；导体屏蔽层外部设置有绝缘层；在绝缘层外部设有绝缘屏蔽层；在绝缘屏蔽层外设有挤出的金属屏蔽层，所述金属屏蔽层采用合金铅套，铅套厚度根据柔性直流系统短路电流需求确定；金属屏蔽层外设有连续挤出的非金属护层，非金属护层采用半导电聚乙烯或者绝缘级聚乙烯；非金属护层表面绕包防蛀层；在防蛀层外表设有绞合的分极铠装层，在分极铠装层设有直流电缆外护层，所述直流电缆外护层由1层聚丙烯绳缠绕；

所述光纤单元从内到外依次由2~96芯光纤、阻水缓冲油膏、不锈钢松套管、内护套、金属加强层和外护套组成；光纤外部采用不锈钢松套管进行包裹保护，在不锈钢松套管内填充有阻水缓冲油膏；在不锈钢松套管表面设有连续挤出的内护套；内护套外部设有绞合的金属加强层；金属加强层表面设有连续挤出的外护套；

所述接地馈线从里到外由地线导体和地线绝缘层组成，地线导体由多根金属单丝紧压绞合而成，绞合方式为层绞式，导体截面由系统短路电流要求确定；在地线导体表面设有连续挤出的地线绝缘层；

所述总铠装层采用扁钢丝，分极铠装层和总铠装层组成两层复合铠装层；

所述防蛀层为青铜带、镀铬钢带，厚度为0.10~0.40mm，绕包方式为无间隙重叠绕包，绕包层数为2~8层。

2.根据权利要求1所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述接地馈线外径与光纤单元外径相等。

3.根据权利要求1所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述绝缘层厚度依据电场分布确定，绝缘厚度为5~35mm。

4.根据权利要求1所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述绝缘层采用环保型具有非热敏性电导特性及高阈值电场抑制空间电荷特性的交联聚乙烯材料。

5.根据权利要求1所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述分极铠装层采用镀锌钢丝铠装，铠装直径3.0~6.0mm，分极钢丝铠装层表面均匀涂覆防腐沥青材料。

6.根据权利要求1所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述光纤采用G652、G655、G651型光纤。

7.根据权利要求1所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述的内护套采用高密度聚乙烯材料，内护套的厚度为1.0~3.0mm；所述外护套采用

高密度聚乙烯材料，外护套厚度为 3.0~6.0mm。

8. 根据权利要求 1 所述的超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆，其特征在于：所述金属加强层采用加强型金属丝，所述加强型金属丝为高碳磷化钢丝或高碳镀锌钢丝。

超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆

技术领域

[0001] 本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆涉及的是一种直流电缆，特别是用于 VCS 换流技术的柔性直流输电系统中大功率远距离海底输电，以及非周期运行的风力发电、潮汐发电等新能源交流系统之间的并网连接。

背景技术

[0002] 随着能源紧缺和环境污染等问题的日益严峻，国家大力开发和利用可再生清洁能源，优化能源结构。与高压交流输电相比较，直流输电具有线路造价低、损耗小、传输距离长、系统稳定性高、短路电流小，能实现交流电背靠背连接及可分期建设和增容扩建等优点，尤其适用不同频率或同频率非周期运行的交流系统（风能潮汐能等新能源）之间的联络和远距离大功率海底送电。常规高压直流输电或采用架空线或采用油纸绝缘、充油电缆等作为整个系统的输电线路，所采用的输电线路不仅对周围环境有影响，而且造价昂贵。而基于 VSC 换流技术的柔性高压直流输电采用交联聚乙烯绝缘柔性直流海缆，成功解决了直流场下聚合物空间电荷的影响及系统极性反转等问题，交联聚乙烯绝缘柔性直流海缆电气性能优越，运行温度高，一般埋于地下，对周围环境没有太大的影响。且没有传统的油纸绝缘直流海缆的传输电流小、不适宜海底大落差敷设、漏油老化、不环保等缺点。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对上述 VSC 柔性直流输电系统需求和目前高压直流海缆产品功能的不足，提供一种超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆。本发明的高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆结构性能稳定，机械强度高，光纤、正负直流电缆一体可以节约路由资源，复合接地馈线可以有效提高系统安全性，具有很高的技术经济价值。

[0004] 本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆是采取以下技术方案实现的：

[0005] 超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆包括直流电缆、光纤单元、接地馈线、填充条、总铠装层和外护层，两根直流电缆分别置于左侧和右侧，分别是正、负极直流电缆，光纤单元置于两直流电缆的中部上方，接地馈线置于两直流电缆的中部下方，通过平托非绞合方式成缆；成缆间隙采用圆弧形填充条进行填充；直流电缆、光纤单元以及接地馈线成缆后采用总铠装层进行总铠装，在总铠装层表面由 1~3 层聚丙烯绳缠绕组成外护层，每层聚丙烯绳涂覆防腐绝缘胶，在聚丙烯绳外表面缠绕高强度自粘胶带。

[0006] 所述直流电缆从内到外依次由直流导体、导体屏蔽层、绝缘层、绝缘屏蔽层、金属屏蔽层、非金属护层、防蛀层、分极铠装层和直流电缆外护层组成；所述的直流导体为圆环异型线紧压绞合结构，在直流导体外设置有导体屏蔽层；导体屏蔽层外部设置有绝缘层；在绝缘层外部设有绝缘屏蔽层；在绝缘屏蔽层外设有挤出的金属屏蔽层，所述金属屏蔽层采用合金铅套，铅套厚度根据柔性直流系统短路电流需求确定；金属屏蔽层外设有连续挤

出的非金属护层，非金属护层可采用半导电聚乙烯或者绝缘级聚乙烯；非金属护层表面绕包防蛀层；在防蛀层外表设有绞合的分极铠装层，在分极铠装层设有直流电缆外护层，直流电缆外护层由 1 层聚丙烯绳缠绕。

[0007] 所述光纤单元从内到外依次由 2~96 芯光纤、阻水缓冲油膏、不锈钢松套管、内护套、金属加强层和外护套组成；光纤外部采用不锈钢松套管进行包裹保护，在不锈钢松套管内填充有阻水缓冲油膏；在不锈钢松套管表面设有连续挤出的内护套；内护套外部设有绞合的金属加强层；金属加强层表面设有连续挤出的外护套。

[0008] 所述接地馈线从里到外由地线导体和地线绝缘层组成，地线导体由多根金属单丝紧压绞合而成，绞合方式为层绞式，导体截面由系统短路电流要求确定；在地线导体表面设有连续挤出的地线绝缘层。

[0009] 所述接地馈线外径与光纤单元外径相等。

[0010] 所述填充条可采用聚乙烯类绝缘级塑料。

[0011] 所述总铠装层采用扁钢丝，分极铠装层和总铠装层组成两层复合铠装层。

[0012] 所述绝缘层厚度依据电场分布确定，绝缘厚度为 5~35mm。

[0013] 所述绝缘层采用环保型具有非热敏性电导特性及高阈值电场抑制空间电荷特性的交联聚乙烯材料。

[0014] 所述防蛀层为青铜带、镀鉻钢带，厚度为 0.10~0.40mm，绕包方式为无间隙重叠绕包，绕包层数为 2~8 层。

[0015] 所述分极铠装层采用镀锌钢丝铠装，铠装直径 3.0~6.0mm，分极钢丝铠装层表面均匀涂覆防腐沥青材料。

[0016] 所述光纤采用 G652、G655、G651 型光纤。

[0017] 所述的内护套采用高密度聚乙烯材料，内护套的厚度为 1.0~3.0mm。

[0018] 所述金属加强层采用加强型金属丝，所述加强型金属丝为高碳磷化钢丝或高碳镀锌钢丝。

[0019] 所述外护套采用高密度聚乙烯材料，外护套厚度为 3.0~6.0mm。

[0020] 所述的地线导体采用绞合铜导体，地线绝缘层采用高密度聚乙烯绝缘层。

[0021] 所述地线绝缘层采用高密度聚乙烯绝缘，绝缘厚度为 3~5mm。

[0022] 本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆中的直流电缆绝缘采用环保型具有非热敏性电导特性及高阈值电场抑制空间电荷特性的交联聚乙烯材料，可以有效抑制直流场下聚合物绝缘中的空间电荷，减少温度场对电导分布的影响，提高绝缘中的工作场强，减小绝缘厚度，节约生产制造资源。交联聚乙烯为热固性材料，对海缆使用环境影响小，而传统直流海缆都是采用油纸作为绝缘材料，存在漏油老化、不环保等缺点。成缆采用平托非绞合方式，填充采用特制圆弧形填充条，三个侧面及背面均设计成圆弧形，圆弧直径分别与电缆、光缆、成缆外径相同，结构性能稳定，避免在电缆弯曲时电缆内部错位造成的损伤，增加铜带绕包防蛀层，可以减少海洋生物对海缆的损坏。复合重型铠装完全能够满足深海敷设使用环境要求，并有效保护光缆单元不受机械损伤。本发明的高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆结构性能稳定，机械强度高，光纤、双极直流电缆一体可以将正极海缆、负极海缆、光缆敷设使用所需的三条海洋路由资源，减小为一条路由资源，极大的节约宝贵的海洋路由资源。光纤又可与 DTS、BOTDR 组成温度应力监测系统，复合

接地馈线可以增加系统接地保护能力，极大的提高海缆运行的可靠性，具有很高的技术经济价值。

附图说明

[0023] 以下将结合附图对本发明作进一步说明：

[0024] 图 1 是本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆的结构示意图。

[0025] 图 2 是本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆的直流电缆结构示意图。

[0026] 图 3 是本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆的光纤单元结构示意图。

[0027] 图 4 是本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆的接地馈线结构示意图。

[0028] 图中：1、直流电缆，2、光纤单元，3、接地馈线，4、填充条，5、总铠装层，6、外护层，1-1、直流导体，1-2、导体屏蔽层，1-3、绝缘层，1-4、绝缘屏蔽层，1-5、金属屏蔽层，1-6、非金属护层，1-7、防蛀层，1-8、分极铠装层，1-9、直流电缆外护层，2-1、光纤，2-2、阻水缓冲油膏，2-3、不锈钢松套管，2-4、内护套，2-5、金属加强层，2-6、外护套，3-1、地线导体，3-2 地线绝缘层。

具体实施方式

[0029] 参照附图 1~4，本发明超高压交联聚乙烯绝缘柔性直流光纤复合海底电缆包括直流电缆 1、光纤单元 2、接地馈线 3、填充条 4、总铠装层 5 和外护层 6，两根直流电缆 1 分别置于左侧和右侧，分别是正、负极直流电缆，光纤单元 2 置于两直流电缆 1 的中部上方，接地馈线 3 置于两直流电缆 1 的中部下方，通过平托非绞合方式成缆；成缆间隙采用圆弧形填充条 4 进行填充；直流电缆 1、光纤单元 2 以及接地馈线 3 成缆后采用总铠装层 5 进行总铠装，在总铠装层 5 表面由 1~3 层聚丙烯绳缠绕组成外护层 6，每层聚丙烯绳涂覆防腐绝缘胶，在聚丙烯绳外表面缠绕高强度自粘胶带。

[0030] 所述直流电缆 1 从内到外依次由直流导体 1-1、导体屏蔽层 1-2、绝缘层 1-3、绝缘屏蔽层 1-4、金属屏蔽层 1-5、非金属护层 1-6、防蛀层 1-7、分极铠装层 1-8 和直流电缆外护层 1-9 组成；所述的直流导体 1-1 为圆环异型线紧压绞合结构，在直流导体 1-1 外设置有导体屏蔽层 1-2；导体屏蔽层 1-2 外部设置有绝缘层 1-3；在绝缘层 1-3 外部设有绝缘屏蔽层 1-4；在绝缘屏蔽层 1-4 外设有挤出的金属屏蔽层 1-5，所述金属屏蔽层 1-5 采用合金铅套，铅套厚度根据柔性直流系统短路电流需求确定；金属屏蔽层 1-5 外设有连续挤出的非金属护层 1-6，非金属护层 1-6 可采用半导电聚乙烯或者绝缘级聚乙烯；非金属护层 1-6 表面绕包防蛀层 1-7；在防蛀层 1-7 外表设有绞合的分极铠装层 1-8，在分极铠装层 1-8 设有直流电缆外护层 1-9，直流电缆外护层 1-9 由 1 层聚丙烯绳缠绕。

[0031] 所述光纤单元 2 从内到外依次由 2~96 芯光纤 2-1、阻水缓冲油膏 2-2、不锈钢松套管 2-3、内护套 2-4、金属加强层 2-5 和外护套 2-6 组成；光纤 2-1 外部采用不锈钢松套管 2-3 进行包裹保护，在不锈钢松套管 2-3 内填充有阻水缓冲油膏 2-2；在不锈钢松套管 2-3 表面设有连续挤出的内护套 2-4；内护套 2-4 外部设有绞合的金属加强层 2-5；金属加强层

2-5 表面设有连续挤出的外护套 2-6。

[0032] 所述接地馈线 3 从里到外由地线导体 3-1 和地线绝缘层 3-2 组成，地线导体 3-1 由多根金属单丝紧压绞合而成，绞合方式为层绞式，导体截面由系统短路电流要求确定；在地线导体 3-1 表面设有连续挤出的地线绝缘层 3-2。

[0033] 所述光纤单元 2 外径与接地馈线 3 外径相等。

[0034] 所述填充条 4 可采用聚乙烯类绝缘级塑料。

[0035] 所述总铠装层 5 采用扁钢丝，分极铠装层 1-8 和总铠装层 5 组成两层复合铠装层。

[0036] 所述绝缘层 1-3 厚度依据电场分布确定，绝缘厚度为 5~35mm。

[0037] 所述绝缘层 1-3 采用环保型具有非热敏性电导特性及高阈值电场抑制空间电荷特性的交联聚乙烯材料。

[0038] 所述防蛀层 1-7 为青铜带、镀鉻钢带，厚度为 0.10~0.40mm，绕包方式为无间隙重叠绕包，绕包层数为 2~8 层。

[0039] 所述分极铠装层 1-8 采用镀锌钢丝铠装，铠装直径 3.0~6.0mm，分极钢丝铠装层表面均匀涂覆防腐沥青材料。

[0040] 所述光纤 2-1 采用 G652、G655、G651 型光纤。

[0041] 所述的内护套 2-4 采用高密度聚乙烯材料，内护套 2-4 的厚度为 1.0~3.0mm。

[0042] 所述金属加强层 2-5 采用加强型金属丝，所述加强型金属丝为高碳磷化钢丝或高碳镀锌钢丝。

[0043] 所述外护套 2-6 采用高密度聚乙烯材料，外护套 2-6 厚度为 3.0~6.0mm。

[0044] 所述的地线导体 3-1 采用绞合铜导体，地线绝缘层 3-2 采用高密度聚乙烯绝缘层。

[0045] 所述地线绝缘层 3-2 采用高密度聚乙烯绝缘，绝缘厚度为 3~5mm。

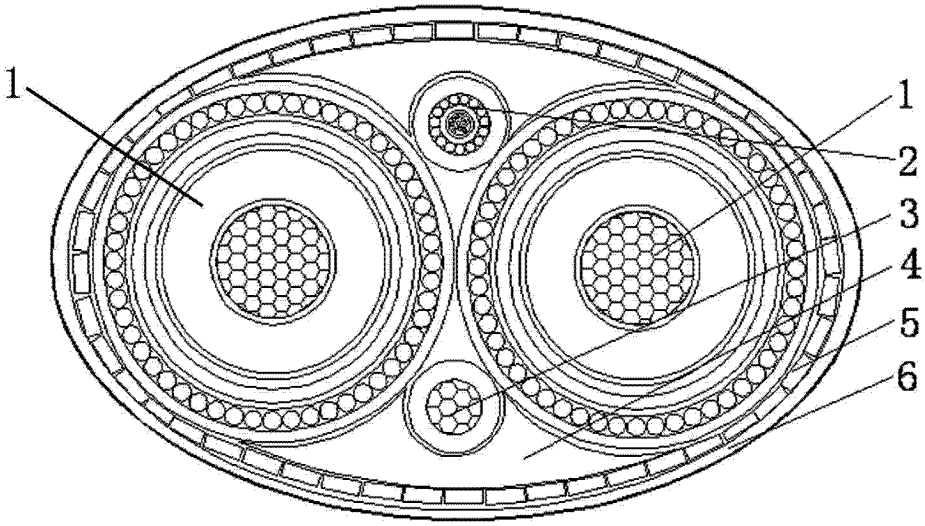


图 1

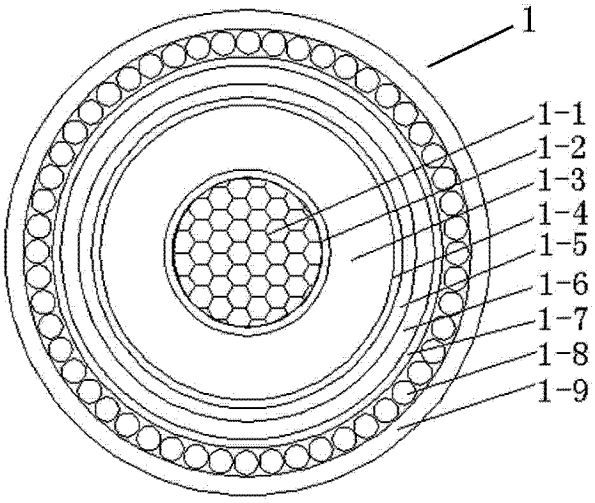


图 2

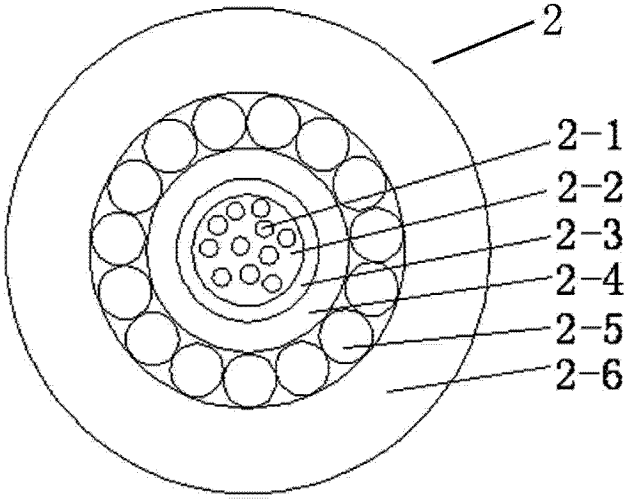


图 3

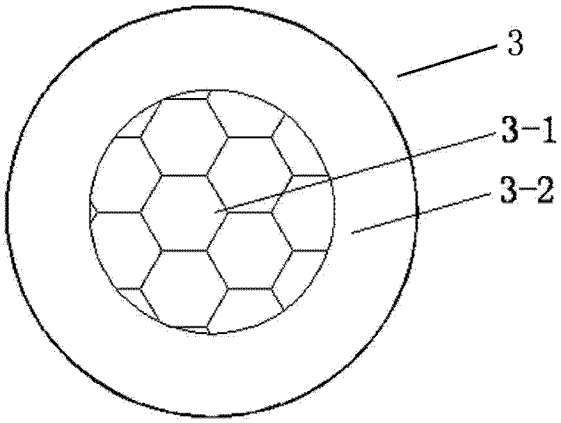


图 4