



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97195024.5

[45] 授权公告日 2005 年 1 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1185775C

[22] 申请日 1997.5.27 [21] 申请号 97195024.5

[30] 优先权

[32] 1996.5.29 [33] SE [31] 9602079 - 7

[32] 1996.5.29 [33] SE [31] 9602085 - 4

[32] 1996.11.4 [33] SE [31] 9604031 - 6

[32] 1997.2.3 [33] SE [31] 9700362 - 8

[86] 国际申请 PCT/SE1997/000897 1997.5.27

[87] 国际公布 WO1997/045935 英 1997.12.4

[85] 进入国家阶段日期 1998.11.27

[71] 专利权人 ABB 股份公司

地址 瑞典韦斯特罗斯

[72] 发明人 玛斯·雷乔 彼特·泰普林
本特·拉德豪姆 拉斯·格特玛
波蒂·拉森 本特·罗斯曼

彼特·卡斯特森 雷夫·约翰森

卡拉斯·伊万森 波·赫那斯

高兰·赫尔姆斯托姆 本特·高兰

阿尔波迪·伯克伦德

审查员 徐红岗

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

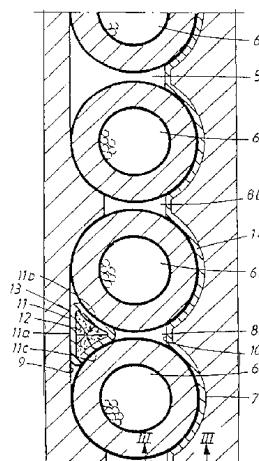
代理人 王以平

权利要求书 7 页 说明书 18 页 附图 6 页

[54] 发明名称 包括高压定子绕组和支撑该绕组的
细长支撑装置的旋转电机及用来制
造这种电机的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种带有一个定子的旋转电机，绕组通过定子中的槽(5)引入件。根据本发明，绕组包括高压电缆(6)、和沿电缆部分(6)布置在槽(5)中且与电缆部分(6)接触的细长元件(13)，以便支撑电缆和防止振动。为了制造这样一种电机，本发明涉及一种方法，其中在制造期间把细长支撑元件插入在槽中，所述支撑元件轴向取向。



1. 一种包括一个定子的旋转电机，绕组(6)穿过定子(1)中的槽(5)，其特征在于：至少一个绕组(6)包括一个绝缘系统，该绝缘系统包括至少两个半导体层(32、34)，每层本质上构成一个等电位表面，并且还包括在这些层(32、34)之间的固体绝缘物(33)，并且支撑元件沿绕组(6)布置并且与其接触。

2. 根据权利要求1所述的电机，其中所述层(32、34)的至少一个具有与固体绝缘物(33)相同的热膨胀系数。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的电机，其定子绕组包括高压电缆，其中电缆穿过槽(5)的每个引入件处于随后指定的电缆引入件中，为把每个电缆引入件弹性固定在每个槽(5)中，布置包括压力元件(13、113)的所述支撑元件，所述压力元件(13、113)包括贴着每个电缆引入件施加压力的压力装置，所述压力装置布置在电缆引入件与槽(5)的至少一个侧壁之间，并且有弹性的弹簧装置布置在电缆引入件之间且至少在槽的侧壁上，所述压力装置包括多个沿电缆引入件方向延伸的细长元件。

4. 根据权利要求3所述的电机，为直接连接到电力网上而不用中间变压器而布置。

5. 根据权利要求3所述的电机，其中所述细长元件的每一个具有管的形式，该管包括一个含有压力硬化材料的筒。

6. 根据权利要求5所述的电机，其中所述材料是环氧树脂。

7. 根据权利要求3所述的电机，其中所述细长元件的每一个具有管的形式，该管包括一个含有受压流体的筒。

8. 根据权利要求3所述的电机，其中至少大多数所述细长元件把压力施加在两个相邻电缆引入件上。

9. 根据权利要求3所述的电机，其中所述槽的轴向截面呈现具有变横截面的轮廓，其中槽刚好相对着每个电缆引入件的每个侧表面具有对应于电缆外径的圆形部分，并且在这些圆形部分之间有槽

宽度较小的收敛部分，所述压力元件布置在所述收敛部分中。

10.根据权利要求 9 所述的电机，其中所述收敛部分至少一些是由这样的事实定义的单侧收敛部分，一个槽壁包括一个与所述圆形部分相切的平面，并且刚好相对着的另一个槽壁的部分包括一个位于之间且基本平行于对应切平面的连接平面、和一个连接圆形部分中心的平面，所述压力元件布置在构成一个切平面的槽壁处。

11.根据权利要求 3 所述的电机，其中一个槽中的所有细长元件都布置在槽的一个或相同的壁处。

12.根据权利要求 3 所述的电机，其中所述压力装置和所述有弹性的弹簧装置靠近相同槽壁布置，所述有弹性的弹簧装置接合到所述压力装置上。

13.根据权利要求 3 所述的电机，其中所述压力装置和所述有弹性的弹簧装置靠近不同的槽壁布置。

14.根据权利要求 13 所述的电机，其中所述有弹性的弹簧装置由一块弹性材料板组成。

15.根据权利要求 14 所述的电机，其中所述板带有槽。

16.根据权利要求 12 所述的电机，其中所述有弹性的弹簧装置包括施加到所述压力装置上的弹性材料垫。

17.根据权利要求 16 所述的电机，其中所述垫带有槽。

18.根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的电机，其中绕组(6)包括高压电缆，并且其中所述支撑元件包括一个至少围绕着一些穿过槽的电缆引入件的波纹套(212)。

19.根据权利要求 18 所述的电机，其中波纹套(212)连续绕电缆的整个圆周并且沿其在槽(5)中的整个轴向长度围绕着电缆。

20.根据权利要求 18 或权利要求 19 所述的电机，其中波纹套(212)的最大直径基本上等于槽(5)的宽度，并且其中在运行期间波纹的深度(d)足以吸收电缆的热膨胀。

21.根据权利要求 18 所述的电机，其中波纹套(212)由可变形的材料形成。

22.根据权利要求 18 所述的电机，其中一种浇铸化合物(215)布置在波纹套(212)与槽之间。

23.根据权利要求 18 所述的电机，其中波纹套(212)由绕电缆的外半导体层(34)施加的一个独立管状波纹套形成。

24.根据权利要求 23 所述的电机，其中波纹套(212)环形的。

25.根据权利要求 18-21 任一项所述的电机，其中波纹套表面由电缆的外半导电层(34a)中的波纹(212a)形成。

26.根据权利要求 25 所述的电机，其中波纹(212a)沿电缆的纵向延伸。

27.根据权利要求 1 或权利要求 2 所述的电机，其中绕组包括高压电缆，并且其中一个细长弹性元件沿槽至少一个中的至少一个电缆引入件布置，且与其接触。

28.根据权利要求 27 所述的电机，其中支撑元件沿整个轴向延伸的定子延伸。

29.根据权利要求 27 或权利要求 28 所述的电机，其中支撑元件由一根软管组成。

30.根据权利要求 29 所述的电机，其中软管封入压力介质(312)。

31.根据权利要求 30 所述的电机，其中压力介质是流体。

32.根据权利要求 31 所述的电机，其中软管在两端密封。

33.根据权利要求 31 所述的电机，其中压力流体与一个压力源连通。

34.根据权利要求 30 所述的电机，其中压力介质(312)由固体形式的弹性材料组成。

35.根据权利要求 34 所述的电机，其中弹性介质带有轴向穿过它延伸的空腔。

36.根据权利要求 35 所述的电机，其中空腔具有非圆形横截面。

37.根据权利要求 34 所述的电机，其中一个径向平面中的每个槽(5)具有带有在径向交替的宽部(7)和窄部(8)的轮廓。

38.根据权利要求 37 所述的旋转电机，其中窄部(8)相对于穿过

槽径向延伸的一个中央平面是非对称的。

39.根据权利要求 38 所述的旋转电机，其中相对于在所述径向平面的方向上看到的最近相邻窄部(8)镜象转换每个窄部(8)。

40.根据权利要求 34 所述的旋转电机，其中每个支撑元件邻接两个电缆引入件。

41.一种带有高压磁路的旋转电机，其中磁路包括一个磁心和一个绕组，其特征在于：绕组(6)包括一根电缆，电缆包括一个或多个载流导体，每个导体包括多股部分(31)，绕每个导体布置有一个内半导体层(32)，绕内半导体层(32)布置有一个固体绝缘物绝缘层(33)，绕绝缘层(33)布置有一个外半导体层(34)，并且支撑元件沿绕组(6)布置，所述支撑元件沿绕组(6)布置并与其接触。

42.一种用来制造根据权利要求 1 或权利要求 41 所述的电机的方法，其特征在于至少一个细长支撑元件插入在槽的至少一个中，并且在这个槽中轴向取向。

43.根据权利要求 42 所述的方法，其中软管状元件插入在槽中，并且轴向取向，此后软管状元件充满压力介质。

44.根据权利要求 43 所述的方法，其中软管状元件充满允许在压力下硬化的可固化材料。

45.根据权利要求 43 所述的方法，其中软管状元件充满环氧树脂。

46.根据权利要求 43-45 任一项所述的方法，其中软管状元件在已经施加电缆绕组之后插入。

47.根据权利要求 43-45 任一项所述的方法，其中插入单个软管状元件，从而它在几个环中来回穿过槽延伸。

48.根据权利要求 42 所述的方法，其中所述电缆在穿过槽插入之前由一个波纹套围绕着。

49.根据权利要求 48 所述的方法，其中在把电缆插入槽中之前，通过用一个独立的管状波纹套围绕着电缆，使电缆由一个波纹套表面围绕着。

50.根据权利要求 48 所述的方法，其中在把电缆插入槽中之前，通过在槽中施加一个独立的管状波纹套，使电缆由一个波纹套围绕着。

51.根据权利要求 49 所述的方法，其中在轴向把套施加到电缆上，并且在施加期间使用润滑剂。

52.根据权利要求 49-51 任一项所述的方法，其中一种浇铸化合物插入在套与槽壁之间。

53.根据权利要求 52 所述的方法，其中轴向冷却管铸在浇铸化合物中。

54.根据权利要求 49 所述的方法，其中施加的套带有环形波纹。

55.根据权利要求 49 所述的方法，其中施加的套带有螺旋延伸的波纹。

56.根据权利要求 48 所述的方法，其中电缆由一个波纹套表面围绕着，电缆这样制造从而外半导体层带有波纹。

57.根据权利要求 56 所述的方法，其中电缆这样制造，从而其波纹在纵向延伸。

58.根据权利要求 56 或权利要求 57 所述的方法，其中电缆的外半导体层是挤压的。

59.根据权利要求 42 所述的方法，其中在已经缠绕电缆之后，在轴向插入支撑元件。

60.根据权利要求 59 所述的方法，其中支撑元件插入在形成于至少一个电缆引入件与至少一个槽壁之间的空隙中，在应用期间，使支撑元件呈现这样的状态：能使它无阻碍或无阻力地穿过由在轴向横截面中的所述空隙形成的轮廓，此后，当把它已经插入并定位在所述空隙中时，使支撑元件在轴向的横向膨胀。

61.根据权利要求 60 所述的方法，其中支撑元件包括一根薄壁弹性软管，该软管在插入时减压，并且其厚度和弹性足以使软管变形而没有显著的阻力，由此允许穿过空隙的所述轮廓。

62.根据权利要求 61 所述的方法，其中在插入时支撑元件沿软

管整个长度围绕着一个细长物体，所述物体具有这样的横截面尺寸，从而在软管与物体之间形成空隙，当支撑元件在槽中到位时所述空隙充满硬化弹性材料，从而软管在轴向的横向膨胀。

63.根据权利要求 62 所述的方法，其中细长物体包括一根内薄壁软管，该软管在充满所述空隙之前充满压力介质。

64.根据权利要求 61 所述的方法，其中细长物体包括一个杆元件，当已经充满所述空隙且所述材料已经硬化时，除去这个杆元件。

65.根据权利要求 64 所述的方法，其中杆元件具有带有纵向峰脊的轮廓。

66.根据权利要求 60 所述的方法，其中在插入之前，支撑元件给出带有对所述空隙横截面轮廓有间隙的横截面轮廓，由此允许通过。

67.根据权利要求 62 所述的方法，其中在插入时，支撑元件经受轴向拉力以减小其横截面，并且由此允许通过，当支撑元件到位时释放拉力，因而实现所述膨胀。

68.根据权利要求 59-60 任一项所述的方法，其中支撑元件包括一根软管，该软管在插入时导致呈现一种强制变形状态，并且当软管到位时，从变形状态释放软管。

69.根据权利要求 68 所述的方法，其中通过在变形状态下粘结软管实现变形状态，并且当软管到位时释放粘接点。

70.根据权利要求 68 所述的方法，其中通过使软管内部经受负压实现变形状态，并且当软管到位时释放负压。

71.根据权利要求 60 所述的方法，其中支撑元件包括一根软管，该软管具有比所述空隙的横截面轮廓小的横截面轮廓，并且当元件到位时，软管充满一种压力介质。

72.根据权利要求 71 所述的方法，其中压力介质是冷固化材料。

73.根据权利要求 71 所述的方法，其中压力介质是气体或液体，并且当软管已经充满压力介质时，它在其两端密封。

74.根据权利要求 71 所述的方法，其中压力介质是气体或液体，

并且其中这样供给，从而甚至在电机处于运行中之后，能在介质与压力源之间保持连通。

75.根据权利要求 71 所述的方法，其中压力介质是一个穿过软管插入且使软管膨胀的杆状填充物型材。

包括高压定子绕组和支撑该绕组的细长支撑装置的
旋转电机及用来制造这种电机的方法

本发明在第一方面涉及一种旋转电机，例如，同步电机、标准同步电机以及双路馈电电机，用于异步静态换流器诸级、外极电机和同步流动电机（flow machine）中。

本发明的第二方面涉及一种制造旋转电机的方法。

在本申请中，术语径向、轴向和圆周向构成相对于电机定子定义的方向指示，除非另有明显的说明。术语电缆引入件(cable lead-through)在本申请中是指电缆穿过一个槽延伸的每段各自的长度。

主要打算把该电机作为电站中的发电机，用来产生电力。打算把该电机用于高电压。高电压这里应理解为是指超过 10 kV 的电压。用于根据本发明的电机的典型操作范围可以是 36 至 800 kV。

对于 6-30 kV 的电压，常规已经设计了类似的电机，并且 30 kV 通常被认为是上限。这一般意味着发电机经变压器连接到电力网上，变压器把电压升压到电力网级，即在约 100-400 kV 范围内。

通过使用高压绝缘导电体，在如下命名的、带有与在定子绕组中用来传送电力的电缆中所用的类似的固体绝缘的电缆(例如，PEX 电缆)中，可以把电机的电压增大到这样的级，从而使它直接连接到电力网上而不用中间变压器。PEX=交联聚乙烯(XLPE)。

这个概念一般意味着，要求在定子中把电缆置于其中的槽比常规技术的深(由较高电压和绕组的较多匝数造成较厚的绝缘)。这在线圈末端、齿和绕组范围内带来与冷却、振动和固有频率有关的新问题。

把电缆固定在槽中也是一个问题-电缆要插入到槽中而其外层不受损坏。电缆经受具有 100 Hz 频率的、引起振动倾向的电流，并且除与外径有关的制造公差外，其尺寸还随温度(即负载)变化而改变。

尽管当把电流供给到用于输电、变电和配电的高压网上时的主要技术，涉及把变压器插入在发电机与电力网之间，如在引言中所述的那样，但众所周知，正在试图通过直接产生电网级的电压来消除变压器。在 US-4 429 244、US-4 164 672 和 US-3 743 867 中描述了这样一种发电机。

用于旋转电机的线圈的制造认为是可能的，对于高达 10-20 kV 的电压范围具有良好的结果。

开发更高电压的发电机的努力已经进行了一段时间，比如，如由“电气世界(Electrical World)”，1932 年 10 月 15 日，第 524-525 页，所表明的那样。这篇文章描述了如何对于 33 kV 建造由 Parson 设计的发电机。还描述了在比利时 Langerbrugge 产生 36 kV 电压的发电机。尽管该文还推测了增大电压级的可能性，但这些发电机所基于的概念的发展却停止不前。这主要归因于在使用几层浸漆云母箔和纸的绝缘系统中的缺陷。

在 J.Elekrotechnika 标题为“水和油冷涡轮发电机 TVM-300”，1970 年 11 月 1 日，US-4,429,244 的第 6-8 页“发电机的定子”中，及在苏联专利说明书 CCCP Patent 955369 中，描述了在同步发电机设计中横向想到的一些尝试。

在 J.Elekrotechnika 中描述的水和油冷同步发电机打算用于高达 20 kV 的电压。文章描述了一种由油/纸绝缘物组成的新绝缘系统，由此有可能把定子完全浸入油中。油然后能用作冷却剂，并同时用作绝缘物。一个介电油隔离环提供在铁心的内表面处，以防止定子中的油向转子外漏。定子绕组由具有椭圆、空心形状，装有油和纸绝缘物的导体制造。带有绝缘的线圈侧借助于楔保持在具有矩形横截面的槽中。油既在空心导体中又在定子壁的空腔中用作冷却剂。然而，这样的冷却系统需要大量连接，用于线圈末端处的油和电。厚绝缘还导致导体的曲率半径增大，这又使线圈突出部分的尺寸增大。

上述的 US 专利涉及一种同步电机的定子部分，同步电机包括带用于定子绕组的梯形槽的层压板磁芯。由于定子绕组所需的绝缘朝

转子方向减弱，转子处设置有最靠近中性点布置的绕组部分，所以诸槽是阶梯形的。定子部分还包括最靠近铁心内表面的介电油隔离筒。与缺少这个环的电机相比，这部分将增大激励要求。定子绕组由对于每个油层具有相同直径的油浸透的电缆制造。诸层借助于槽中的垫片彼此隔开，并且用楔固定。绕组的特征在于，它包括串联连接的两个“半绕组”。两个半绕组之一对中地位于绝缘套内。定子绕组的导体由周围的油冷却。有这么多油在系统中的缺点是，有泄漏的危险，并且在故障条件下需要大范围的清理过程。绝缘套位于槽外部的部分带有一个圆柱部分和一个锥形屏蔽电极，屏蔽电极的任务是控制电缆离开板处区域中的电场强度。

由 CCCP 955369 显见，在增大同步电机的额定电压的另一种尝试中，油冷却的定子绕组包括带有用于中高压绝缘的导体，对于所有层具有相同的尺寸。导体置于圆形的、对应于导体的横截面积及固定和冷却所需的空隙而径向设置开口的定子槽中。绕组各径向布置层由绝缘管包围，并且固定在其中。绝缘垫片元件把管固定在定子槽中。由油冷却看来，这里还需要一个内介电环，以把油冷却剂同内气隙封离开。所示的结构没有阶梯的绝缘或定子槽。该结构在各定子槽之间显示出非常窄的、径向收敛部分，导致大大影响电机的激励要求的大量槽泄漏流。

从 1984 年 4 月来自电力研究院(Electric Power Research Institute)的报告，EPRI，EL-3391，对发电机概念加以说明，其中在发电机中对于较高电压实现能把这样一种发电机连接到电力网上的目的，而不用中间变压器。该报告认为这样一种方案提供了满意的效率增益和财政效益处。在 1984 年认为有可能开始开发直接连接到电力网上的发电机的主要原因是，到这时已经开发了超导转子。超导场相当大的激励容量使使用具有足够厚度的气隙绕组来承受电应力成为可能。

通过把激励电路、最有希望的设计概念、以及绕组相组合，一种所谓的“单块筒形电枢”，一种其中把两个导体筒放入在三个绝缘筒内且整个结构不用齿连接到一个铁心上的概念，认为用于高压的旋

转电机能直接连接到电力网上。这种方案意味着主绝缘必须制造得足够厚，以承受网对网和网对地电位。除了它需要超导转子外，提出方案的一个明显缺点是需要非常厚的绝缘，由此增大了电机尺寸。线圈末端必须用油或氟利昂绝缘和冷却，以便把强电场引入件末端。整个电机要气密地封闭，以防止液态介电介质从大气中吸收水分。

例如通过 FR2 556 146、GB1 135 242 和 US 3 392 779 还知道，把各种类型的支撑件用于旋转电机的诸槽中的绕组。这些不适用于具有专门为高压设计的绝缘系统的电机，并因此与本发明无关。

本发明涉及与避免对电缆表面的损坏有关的上述问题，电缆表面的损坏是由在运行期间由振动产生的相对于表面的磨损造成的。

电缆经其插入的槽相对不平或粗糙，因为在实际中足够精确地控制板的位置而得到完全均匀的表面极为困难。粗糙表面带有刮去包围电缆的半导体层的部分的锋利棱边。这导致在工作电压下的电晕和击穿。

当把电缆置于槽内并适当夹持时，在运行期间没有损坏的危险。适当夹持意味着施加的力(主要在径向作用的具有两倍主频率的电流力)不会引起在半导体表面上导致磨损的振动。由此保护外部半导体免受机械损坏，即使在运行期间也是如此。

在运行期间电缆还经受热负载，从而交联的聚乙烯材料膨胀。比如，在温度从 20 到 70°C 增大时 145 kV 交联聚乙烯电缆的直径增大了约 1.5 mm。因此必须有空隙允许这种热膨胀。

已经知道，布置一根在槽中电缆束之间填充有固化的环氧树脂化合物的管、和布置在槽的开口处的楔，以便在径向向外朝槽的底部压缩电缆。彼此邻接的电缆这样也在侧向提供了一定的固定。然而，当电缆在槽中彼此分开排列时，这样一种方案是不可能的。而且，在侧向的定位力受到相当的限制，并且没有实现对直径变化的调节。因此对于根据本发明的电机，这种构造不能用于正在研究中的类型的高压电缆。

相对于这样的背景，本发明的目的在于，解决实现在研究中的

类型的电机的问题，从而电缆在运行期间不会由于振动受到机械损坏，并且允许电缆的热膨胀。实现这一点就能实现使用不带有机械保护外层的电缆。在这样一种情况下，电缆外层包括对机械损坏敏感的薄半导体材料。

根据本发明的第一方面，通过提供本发明的旋转电机，已经解决了这个问题，具体特征限定在各权利要求的特征部分中。

首先打算本发明与一种高压电缆一起使用，这种高压电缆包括一个带有多股部分的内心部、一个内半导体层、一个位于该半导体层外部的绝缘层、及一个位于后者外部的外半导体层，特别是直径在 20-200 mm 大小的量级上，而导电面积为 40-3000 mm²。

关于这样的电缆的申请因而构成本发明的最佳实施例。

与电缆引入件平行延伸的细长元件把电缆引入件件固定在槽中，它们的弹性允许吸收一定程度的电缆直径波动。因此为实现在一定电压级的绕组中带有高压电缆的电机创造了一个重要的先决条件，该电压级允许直接连接到电力网上而不用任何中间变压器。

根据本发明一个特别有利的实施例，两个半导电层的至少一个具有与固体绝缘物相同的热膨胀系数，从而在绕组热膨胀运动时，避免产生缺陷、破裂等。

根据本发明的一个最佳实施例，支撑件包括细长元件。

与电缆部分平行延伸的细长元件把电缆固定在槽中，并且弹性件允许吸收一定程度的电缆直径波动。因此为实现在一定电压级的绕组中带有高压电缆的电机创造了一个重要的先决条件，该电压级允许直接连接到供电系统上而不用任何中间变压器。

在本发明一个有利的实施例中，细长元件包括一个用压力硬化材料，最好是环氧树脂，填充的管。因此得到一个简单使用的、合适和可靠类型的压力元件。

根据一个最佳实施例，把每个压力元件布置成同时贴着两个电缆引入件作用，从而可以把压力元件的数量限制为每个槽中电缆引入件数量的一半左右。压力元件最好布置在槽的收敛部分中，位于一对电

缆引入件之间，这样有利于对两个电缆引入件使用一个单独的压力元件。在这种情况下，便利的是设计成仅在一侧有收缩的收敛部分，以便在相反侧为压力元件留有空隙。

根据一个最佳实施例，压力元件布置在槽的与有弹性的弹簧装置的相同侧上，这产生一个简单的实施例。便利的还有，把压力件和有弹性的弹簧装置接合在一起，适当地作为一根带有施加到其外表面上的弹性垫片的压力软管。

根据另一个最佳实施例，支撑件包括围绕电缆的一个波纹套。

由于电缆由一个波纹套围绕着，所以它将牢固地固定在定子槽中，波纹的顶部与槽壁相邻，并且由其支撑。在保护电缆外半导体层免受与槽壁中的叠层接触而损坏的同时，借助于夹持抑制振动。波纹还为电缆的热膨胀提供空隙。

在本发明的一个最佳实施例中，波纹套具有绕电缆的外半导体层施加的分离管状波纹套的形式。管可以由绝缘或导电塑料制成。套这样构成一种屏蔽半导体层而免于同槽壁接触的保护，由此保护它。套这样与朝半导体层凹下的波纹接触，并且电缆能在形成在套与半导体层之间的波浪空隙中膨胀。

在这个最佳实施例中有利地还有，把波纹环形地布置或布置成螺旋状。在这个实施例中便利的还有，把浇铸化合物布置在套与槽壁之间。这样更可靠地固定套的位置，避免任何它被移动的危险。从电缆到周围部分还得到良好的热传递，并且提供任何冷却装置。这些装置作为纵向延伸管便利地嵌在浇铸化合物中。

在本发明一个最佳可选择的实施例中，波纹套表面具有直接在电缆外半导体层中的波纹形式。然后半导体层可容许地与槽壁直接接触，但仅在波纹的顶部处。由于外半导体层在其内侧受一个圆柱形表面的限制，所以它在波纹顶部处的厚度相当大，从而由于由槽壁刮伤或磨损的结果对半导体层上波纹顶部的任何损坏，不会导致对半导体层的显著损坏。

在这个可选择的实施例中，波纹最好在电缆的纵向延伸。

在另一个有利的实施例中，压力件由一根软管组成。这样形成一个便利和可靠类型的支撑元件，该支撑件也能简单地使用。

根据这个实施例的最佳变形，软管填充有压力流体。这能够使弹性和接触压力容易调节到要求值。软管可以封闭，具有不需要专用装置保持压力的优点；或者软管中的压力介质可以与一个压力源连通，如有必要能够调节和降低压力。

在另一个最佳实施例中，软管封闭有一种固体形式的压力介质，例如硅橡胶，一种制造容易的可选择方法，几乎没有出现故障的危险，并且几乎不需要维修。在这种情况下，压力介质应该最好带有轴向穿过它的空腔。

根据一个最佳实施例，把每个支撑元件布置成同时贴着两个电缆部分作用，从而可以把支撑元件的数量限制为每个槽中电缆引入件数量的一半左右。支撑元件最好布置在槽的收敛部分中，位于一对电缆引入件之间，这样有利于对两个电缆引入件使用一个单独的支撑元件。在这种情况下，便利的是设计成仅在一侧有较大收缩的收敛部分，以便在相反侧为支撑元件留有空隙，收敛部分可以具有较浅的收缩或者根本没有，即从而狭窄部分是不对称的。

按照第二方面，通过提供本发明的制造旋转电机的方法，已经实现了该目的，具体特征限定在该权利要求的特征部分中。

根据按照本发明方法的一个最佳实施例，压力件能便利地布置在定子槽中，从而由于在软管到位之后软管填充有压力介质，所以就电机的这个具体部件而论，实现一种经济的制造过程。

便利的是前后拉动软管几次，由此由共同填充有压力介质的同一根软管得到几个压力元件。

根据另一个最佳实施例，电缆在插入到槽中之前由一个波纹套包围着。

这个实施例提供了大量优点，因为消除了层片刮去外半导体层重要部分的危险，这是由于只有波纹的顶部到达槽壁。

在刚才描述的选择例的一个最佳实施例中，在电缆插入槽中之

前，绕电缆施加一个独立的、管状波纹套。

在这个实施例中，套最好在轴向盖住电缆安装，并且使用一种润滑剂，由此实现把套简单地施加到电缆上。

在该方法的这个实施例的一种有利变形中，套上的波纹是环状的。当带有电缆的套通过拉动套插入到槽中时，环状波纹导致套在其最大直径减小的同时在纵向延伸，即波纹的顶部径向朝内运动。这样在套与槽壁之间得到一个便于插入的间隙。当套到位且不再施加拉力时，它返回其原始形状，其中波纹的顶部将与槽壁接触，并且把电缆固定到位。

在该方法的一个另外的实施例中，波纹在电缆的纵向延伸。在这个选择例的一个具体的最佳实施例中，波纹直接产生在电缆的外半导体层中。这样实现了消除对一个独立元件的需要的优点。还意味着，以这样一种方式通过制造电缆能简单地生产波纹，以致于挤压其外半导体层，这构成这个可选择例的一个最佳实施例。

在缠绕阶段后，最好轴向插入支撑元件。

由于支撑元件在已经缠绕高压电缆之后插入，所以在实际缠绕过程期间支撑元件对电缆穿过槽不构成阻碍，并且能以简单的方式进行轴向插入，几种便利的方式是可行的。

在该方法的一个最佳实施例中，每个支撑元件以这样一种状态插入，以致于它能没有阻碍地穿过形成在电缆与槽壁之间的可用空隙中的横截面轮廓。一旦支撑元件到位，就使它向着轴向横向膨胀。

由于支撑元件仅在插入之后才给出其预计变粗的延伸，所以能使它没有阻碍地插入，在插入期间只有可忽略的摩擦，这有利于该过程。

在本发明的一个最佳变形中，支撑元件包括一根外面的、薄壁的弹性软管。如果它足够薄且有足够的弹性，则它将如此光滑，以致于它能如上述的那样容易地插入。然后软管能填充有冷硬化的硅橡胶以呈现其膨胀的状态，在这种情况下软管在插入时应该适当地包含一个细长物体。当软管此后填充有硬化的弹性材料时，物体与软管之间

的空隙将充满，并且需要较少的填充物。

另一种实现支撑元件无阻碍插入的最佳变形是，支撑元件具有比可用空隙横截面轮廓小的横截面轮廓，从而在插入时有间隙。便利的可能是，使支撑元件在插入时经受轴向拉力，从而减小其横截面轮廓。一旦到位，就解除拉力，从而支撑元件呈现其工作形状。这提供了一种简单的使用方法。可选择的是，可以强迫支撑元件的横截面轮廓变形，从而它能穿过空隙，随后，在元件到位时释放变形。这也构成一种简单且便利的使用方法。

一种用来实现无阻碍插入的第三最佳变形是，支撑元件原始在无负载状态下具有比空隙横截面轮廓小的横截面轮廓，并且具有软管的形式，当已经采用该软管时，适当借助于受压气体或液体、或者通过引入件允许固化的冷硬化化合物，通过把软管置于压力下而膨胀。

参照附图，在有利实施例的如下描述中将更详细地解释本发明。

图 1 示意地表示在根据本发明的一种电机中的定子扇区的轴端视图；

图 2 表示在根据本发明的电机中所用电缆的横截面；

图 3 示意地表示根据本发明第一实施例的定子槽的轴向部分截面；

图 4 是沿图 3 中线 III-III 的截面；

图 5 是对应于图 3 中截面的截面，但表明本发明的第二实施例；

图 6 表示在装配前图 3 的细节；

图 7 以与图 6 等效的方式表示来自图 5 的细节；

图 8 表示根据本发明第三实施例带有套的电缆的立体图；

图 9 表示在根据图 8 实施例中的定子内的槽的径向部分截面；

图 10 是沿图 9 中线 V-V 的截面；

图 11 是根据本发明第四实施例的电缆的立体图；

图 12 是根据本发明第五实施例的槽的径向部分截面；

图 13-15 是对应于图 12 根据本发明另外实施例的截面；

图 16 是根据本发明一个实施例的支撑元件的立体图；

图 17 和 18 是对应于图 12 表明本发明另外的可选择实施例的截面；

图 19-21 表示根据本发明另外可选择实施例的支撑元件的横截面；

图 22 是对应于图 12 表明本发明又一个实施例的截面。

在图 1 中示意表示的通过电机定子 1 的扇区的轴向视图中，其转子指定为 2。定子由常规形式的薄钢板叠片铁心组成。该图表示电机的一个扇区，对应于一个极段。从位于径向最外端的铁心的一个磁轭部分 3，多个齿 4 径向朝转子 2 中延伸，并且由其中布置定子绕组的槽 5 隔开。绕组 6 中的电缆是高压电缆，这些高压电缆大体上与用于配电的电缆，所谓的 PEX 电缆，可以是相同类型的。一种差别在于，已经除去通常围绕着这样的电缆的外机械保护套。电缆因而仅由导体、一个内半导体层、一个绝缘层和一个外半导体层组成。对机械损坏敏感的半导体层因而暴露在电缆的表面上。

在附图中，示意地表明电缆，仅画出电缆引入件的导电中心部分或线圈侧。如能看到的那样，每个槽 5 具有带有交替宽部分 7 和窄部分 8 的变截面。宽部分 7 基本上是圆形的，并且围绕着电缆引入件，而在这些之间的收敛部分形成窄部分 8。收敛部分用来径向定位每个电缆引入件。作为整体的槽的横截面还在径向向内稍微变窄。这是因为电缆引入件越靠近定子的径向内部安置，电缆引入件中的电压就越低。因此这里能使用较细的电缆引入件，而越靠外要求电缆引入件越粗。在所示的例子中，使用三种不同尺寸的电缆，布置在槽 5 三种相应尺寸截面的 51、52、53 中。

图 2 表示根据本发明的一种高压电缆的横截面。高压电缆包括多个例如由铜(Cu)制成的、且具有圆形横截面的股部分 31。这些股部分 31 布置在高压电缆的中央。绕股部分 31 的是一个第一半导体层 32。绕第一半导体层 32 的是一个绝缘层 33，例如交联聚乙烯绝缘。绕绝缘层 33 的是一个第二半导体层 34。在本申请中的概念“高压电缆”因而不需要包括金属屏蔽、和通常包围着用于配电的这样一种电

缆的外保护套。

图3表示一个定子槽5的一部分的放大截面。槽基本上具有图1中所示的类型。一个差别之处在于，隔开电缆引入件的一些收敛部分8，即较窄部分，是单侧的。因而交替的较窄部分8b在两侧都有收缩，从而窄部分基本上是对称的，而交替的较窄部分8a仅在一侧有收缩，另一侧位于相邻弧形宽部的切向平面9中。因此在纵向，槽5将包括具有三种不同宽度的部分：宽的圆形部分7、单侧收敛部分8a和更窄的双侧收敛部分8b。如在图1中所示，槽5还包括不同宽度的截面51、52、53。

单侧收敛部分8a的布置在槽中为压力元件13提供了额外的空间。在图中所示的压力元件13包括一根穿过槽轴向延伸，即平行于电缆引入件，的软管。压力元件13填充有压力硬化的环氧树脂，环氧树脂把软管朝相邻表面压出，在硬化时获得与这些表面一致的形状。在大约1 MPa的压力下引入件环氧树脂。软管因而获得基本上为三角形的横截面，第一表面11a由槽壁支撑，第二中凹的弧形表面11b邻接着一个相邻电缆引入件6b，及第三表面11c具有与第二表面相同的形状但邻接着另一个相邻电缆引入件6a。以这种方式布置，压力元件13用基本上指向其中心的、在每根电缆引入件6a、6b上的力，同时把两个电缆引入件6a和6b贴着对面的槽壁压紧。

一个弹簧装置布置在对面的槽壁上。在附图中，该弹簧装置由一块橡胶或具有等效弹性特性的其他材料的板14构成。每个电缆引入件将因而弹性地夹持在压力元件13与橡胶板14之间，从而使电缆引入件固定在其位置上，而且还能适应电缆的热膨胀。如能在图3中所示的它的放大截面中所看到的那样，橡胶板14适当地带有槽15，通过适当选择槽的深度、宽度和间距能够最佳地调节板的弹簧常数。

图5表示本发明的另外一个实施例，由根据图3的实施例修改，修改之处为橡胶板14已经用橡胶垫16b、16c代替，橡胶垫16b、16c以平橡胶条的形式沿压力元件113面对着电缆引入件的表面111b、111c布置。这些橡胶垫在定位时提供必需的弹性，并且消除在相对

侧上对橡胶板的需要。另一个不同之处在于，在槽 5 的壁中的轴向，在布置压力元件 113 的点处，提供有一个纵向凹槽 17。这为压力元件 113 提供更大的空隙，并且在径向支撑压力元件 113。

压力元件 13、113 在定子电缆已经缠绕之后插入槽中。然后把用于压力元件 13、113 的软管 11、111 轴向插入在一对电缆引入件与切向壁部分 9 之间的基本上为三角形的空隙中。在这个阶段，软管还没有填充环氧树脂，因此具有凹下的形状，如对于各实施例的图 5 和 7 中所示。因而容易穿过可用空隙拉动软管。当软管到位时，用环氧树脂填充，从而其横截面膨胀，并且基本上充满三角形的间隙。在足够的压力下引入件环氧树脂，以便用希望的力贴着槽对面的壁压紧各电缆引入件 6a、6b。允许受压的环氧树脂在这个压力下硬化，以在电缆引入件上保持一个恒定的压力。

穿过槽 5 能前后反复拉动一根单独的软管 11、111，从而在应用时，形成一个槽的压力件的各种压力元件用一根单独的长软管制成，然后如上述的那样用环氧树脂填充软管。当环氧树脂填已经适当硬化时，形成在定子每个端面外部的弧形软管部分能切开并除去。

在所示例子中的橡胶板不必必须布置在槽相对着压力元件的部分中。而是它可以布置在同一侧。根据图 3 的实施例中的弹性元件不必具有板的形式，而是可以具有条的形式，如在根据图 5 的实施例中那样。

代替使用诸如在压力下硬化的环氧树脂之类的材料，可以用气体或液体形式的压力流体填充软管。在这种情况下，管本身获得弹性性能，并且既起压力元件的作用又起弹性件的作用。在这样一个实施例中不需要橡胶板/条。

图 8 表示根据本发明第一实施例由一个套 212 围绕着的电缆的立体图。套 212 具有带有顶部 213 的环形峰脊、和顶部之间的环形凹陷 214。

图 9 表示根据图 8 的实施例的径向截面中定子槽的一部分。在所示的实施例中，槽不具有图 1 中所示的自行车链条的形状，而是具

有径向基本是平的槽壁。每个电缆部分由图 8 中所示类型的套 212 围绕着。取环形波纹顶部 213 之一的形状，即当套伸出到槽壁时。后面的环形凹陷 214 与电缆接触。电缆之间的空隙填充有一种浇铸化合物 215。这还充满峰脊之间的空隙，如在图中用带点区域代表的那样。套 212 是绝缘或导电塑料的塑料管，并且浇铸化合物是适当的浇铸树脂-环氧树脂。冷却管 216 可以布置在形成于电缆之间的三角形空隙中的浇铸化合物中。冷却管可以是不锈钢的或塑料的，例如 HD-PEX。

波纹套 212 的外径与内径之差适于电缆的热膨胀，通常约 3-4 mm。波深，即凹陷 214 与顶部 213 之间的距离(图 10 中的 d)，因而约 1.5-2 mm。

带有套的电缆表示在图 10 的轴向截面中，图的上半部表明电机在运行之前显现的电缆，从而电缆具有圆柱形的套表面。

当电机在运行时，热膨胀引起电缆的外形调节成肋状套 212 的外形，因为膨胀仅发生在形成于凹陷 214 之间的空隙中。这在图 10 的下部表明，其中电缆充满套，并且跟随其轮廓。由于这些空隙必须能够吸收所有的膨胀，所以如果电缆已经能够均匀地在纵向膨胀，则凹陷的深度必须自然相应地大于直径的增大。

在运行期间套外空隙被充满的事实，保证从电缆到周围介质的热传递。当电缆在运行中断期间冷却时，它在一定程度上保持其轮廓外表面。

当在制造时缠绕定子时，首先把套 212 安装到电缆上。可以使用诸如 1% 聚丙烯酰胺之类的水基润滑剂。然后通过拉动套使电缆穿过槽 5。波纹导致套 212 伸展，并因而在径向收缩，从而其外径减小。因而得到一个贯通槽 5 的壁的间隙，由此有利于插入。一旦到位，当不再施加拉力时，套膨胀，从而其峰脊 213 处于与图 4 和 5 中所示的槽壁相接触。

另一种方法是通过拉动套把套 212 穿过槽 5。然后波纹导致套伸展，并因而在径向收缩，从而其外径减小。因而得到一个相对于槽 5 的壁的间隙，由此有利于插入。一旦到位，当不再施加拉力时，套膨

胀，从而其峰脊 213 处于与图 9 和 10 中所示的槽壁相接触。

把电缆拉入定位的套中，可以使用诸如 1% 丙烯酰胺之类的水基润滑剂。

然后把浇铸化合物 215 引入件套外的空隙中，并且通过浇铸化合物把套固定到槽壁上。纵向冷却管 216 同时可以嵌在浇铸化合物中。浇铸化合物 215 把热从电缆传递到周围介质和/或冷却管 216。以这种方式浇铸套还保证在轴向定位套，并且由于其波纹形状，电缆被轴向固定在套中。因而电缆牢固地保持在槽中，即使电机以竖直轴取向时也是如此。

图 11 表示在围绕套表面的电缆上的一种交替排列波纹。这不同于早先描述的诸实施例，主要不同之处在于，波纹直接产生在电缆的外半导体层 234a 中。外半导体层由带有碳黑颗粒的乙烯共聚物组成，碳黑颗粒以由层中目的在于导电性支配的数量嵌在材料中。在常规的半导体层中，即对于圆柱形外表面，该层通常厚度约大于 1 mm。在图 11 中所示的实施例中，它在凹陷处具有比“公称”厚度小的厚度，而顶部的厚度超过该厚度。比如，就 1 mm 基准厚度的圆形层而论，对应波纹层具有凹陷 0.5 mm 和顶部 1 mm 的厚度。

图 11 中表明的电缆因而位于槽中，在波纹顶部 14a 与槽壁之间直接接触。由于半导体层在那里较厚，所以在电缆插入时和作为运行期间振动的结果，对于半导体层的这些部分能容许一定量的损坏，而没有损伤后果。另外，电缆与顶部 14a 之间的接触还提供了一定的稳定性，从而减少振动问题。

在运行期间，电缆的热膨胀将导致电缆仅在波纹之间的自由空隙中膨胀，并且这些空隙将基本上由半导体材料充满。膨胀力还将引起在顶部处的接触压力增大和夹持作用增强。半导体层的材料变形在约 20°C 的温度下基本是弹性的，而在从约 70°C 往上的高温下，变形将越来越接近塑性。因此，当电缆在运行中断期间冷却时，其外半导体层将保持一定的变形，由此在波纹处具有较小的高度。

在根据图 8-10 的实施例中，其中波纹布置在隔离的套上，他们

当然可以代之以纵向布置，而在根据图 11 的实施例中，波纹可以是环形的而不是纵向的。

在两种情况下，波纹都可以具有某些另外的外形，例如螺旋状的。波纹还可以在两个方向延伸。波纹的轮廓可以是如图 8-10 中的正弦状，或者可以具有如图 6 中的尖棱，而与他们延伸的方向无关，并且不管他们布置在隔离套上还是直接布置在外半导体层中。

波纹套表面还可以用独立的元件形成，例如，沿电缆布置的和绕其周缘分布的纵向聚酰胺杆。然后这些杆与外半导体层一起形成波纹套表面，其中顶部由杆形成，而凹陷由半导体层的表面形成。

带有波纹套表面的实施例适用于槽壁的任意轮廓，如图 9 中的径向平壁，如图 1 中的波纹壁，或某些其他适当的形状。

图 12 表示定子槽 5 一部分的放大截面。槽基本上具有图 1 中所示的类型。一个不同之处在于，一些收敛部分 8，即隔开电缆引入件的较窄部分，是单侧的。因而交替的较窄部分 8b 在两侧都有收缩，从而窄部分基本上是对称的，而交替的较窄部分 8a 仅在一侧有收缩，另一侧位于相邻弧形宽部的切向平面中。因此在纵向，槽 5 将包括具有三种不同宽度的部分：宽的圆形部分 7、单侧收敛部分 8a 和更窄的双侧收敛部分 8b。如在图 1 中所示，槽 5 还包括不同宽度的截面 51、52、53。

单侧收敛部分 8a 的布置在槽中为压力元件 313 提供了额外的空间。在图中所示的压力元件 313 包括一根穿过槽轴向延伸，即平行于电缆引入件的软管。压力元件 313 填充有压力硬化的硅或尿烷橡胶 312，橡胶 312 把软管朝相邻表面压出，在硬化时获得与这些表面一致的形状。软管因而获得基本上为三角形的横截面，第一表面 311a 支撑槽壁，第二中凹的弧形表面 311b 邻接着一个相邻电缆引入件 6b，及第三表面 311c 具有与第二表面相同的形状但邻接着另一个相邻电缆引入件 6a。以这种方式布置，压力元件 313 用基本上指向其中心的、在每根电缆引入件 6a、6b 上的力，同时把两个电缆引入件 6a 和 6b 贴着对面的槽壁压紧。

在所示的例子中，一块橡胶或类似材料的板 314 布置在对面的槽壁上。

板 314 用来吸收一部分热膨胀。然而，元件 313 可以适于能够吸收所有的热膨胀，在这种情况下省去板 314。

除图 1 和 12 中表明的那些之外，用于槽轮廓的几种不同的变形也是可用的。几个例子表示在图 13-15 中，这里图 13 表示一种槽的形状，其中窄部 8 是单侧的，即槽的一侧完全是平的，而另一侧凸入每个收敛部分。支撑元件 313 布置在交替的窄部 8 处。交替的支撑元件可以布置在每个窄部 8 中。所有支撑元件 313 都靠近平槽壁安置。

在图 14 中，每个窄部 8 近似是单侧的，即由一个槽壁的平部分形成，这个槽壁构成对突出壁截面的另一个侧上的相邻宽部的切线，平的且突出的部分交替地安置在槽的每一侧上。支撑元件 313 安置在壁的每个切平面部分上。

在图 15 中，交替窄部 8 是双侧的，即在槽的两侧上带有突出的壁截面，而交替窄部是单侧的，一个壁部分构成一个切平面，窄部的位置在槽的两侧之间交替。支撑元件 313 安置在这些切平面部分处。

图 16 表明支撑元件 313 的一个实施例，支撑元件 313 包括一根薄壁外软管 323 和一根薄壁内软管 315，两者都是橡胶的或某些其他弹性材料的。软管具有这么薄的壁，以致于他们容易变形，变得光滑并且容易轴向插入电缆与槽壁之间的细长空隙中。

当软管 323、315 到位时，他们之间的空隙填充有可固化的弹性橡胶材料，例如硅橡胶 316，在其下面软管 315 保持充满压缩空气。当硅橡胶 316 已经固化时，得到一根薄壁内软管，该薄壁内软管贴着电缆和槽壁压紧，并且具有一定的弹性，以便吸收电缆的热膨胀。内软管 315 可以与外软管同心，但也适于偏心地安置。当元件 313 通过填充硅橡胶膨胀时，它将变成可用空隙的横截面形状，成为圆角的三角形形状，如图 12-15 所示。由内软管形成的空腔有助于增大支撑元件 313 的弹性，如果内软管完全充满硅橡胶，则它不是足够可压缩的。内软管 315 可以在空隙已经充满和材料硬化后保留，或者可以把它拉

出。

图 17 表示支撑元件 313 的两个实施例，其中上面的可选择例对应于参照图 16 所述而使用的支撑元件。

图 17 的下部表明另一个实施例，其中在采用时，内软管用一个杆状填充物型材 317 代替。以与根据图 16 的实施例类似的方式形成支撑元件，但不同之处在于，围绕着填充物型材 317 而不是内薄壁软管插入外薄壁软管。在把硅橡胶已经喷入软管与周围薄壁软管之间的空隙且已经硬化之后，从支撑元件中抽出填充物型材 317，从而形成相应形状的空隙。填充物型材 317 可以具有适当的轮廓，并且比如带有纵向槽 322，以便最佳地取向空隙并且实现希望的弹性。适当地表面处理填充物型材 317，以利于其除去。

图 18 表明又一种在电缆与槽壁之间的空隙中采用支撑元件 313 的方法。这里元件由一个这样直径的圆橡胶杆组成，该直径在无负载状态下大于能插入的可用空隙的横截面。其无负载形状用圆 318 表明。为能够使杆插入，在纵向拉长它，从而其横截面面积减小到等于圆 319。然后能把它拉过可用空隙。当它到位时，除去拉应力，从而它在轴向收缩而在横截面方向膨胀。然后它将以压缩力接触槽壁和相邻的电缆部分，并且呈现指示为 320 的三角形横截面形状。

图 19-21 表明另一个实施例，该实施例表示可以如何采用支撑元件 313，其中在插入时强迫支撑元件呈现这样的横截面形状，以至于它可以无阻碍地插入可用空隙中。

在图 19 中，支撑元件由一根软管组成，该软管置于真空抽吸之下，从而它获得图中所示的扁平形状，并且然后密封。当软管到位时，通过切开软管的端部让空气进入，从而它膨胀与电缆和槽壁邻接。选择软管的厚度，从而其固有的横截面刚性设计成，当软管不再真空密封时能达到足够的压力，并且允许电缆的热膨胀。

在图 20 中，一根类似于图 19 的软管贴着一个例如玻璃纤维层压件平条 321 用脆性胶粘平。当扁平软管已经插入时，吹入压缩空气，从而脆性胶断开，并且软管呈现其中它邻接槽壁和电缆的形状。

另外，如图 21 中所示，把胶插入软管内，然后把软管滚压成扁平的，从而把它粘成等效于图 19 中所示的状态。当到位时，把压缩空气吹入软管中，从而粘接点断开。包含胶的软管另外可以滚压成不同的形状，例如滚压成图 21 中所示的形状。

如图 19-22 表明的、支撑元件在插入时的强迫扁平形状意味着，在这个实施例中，它有可能在缠绕电缆之前插入，在这种情况下，保持扁平形状，直到电缆引入件到位。

图 19-21 中所示的实施例是基于管的厚度是足够的，一旦已经释放强迫变形，其固有的弹簧作用提供贴紧电缆引入件的适当弹性压力。

在又一个可选择的实施例中，软管的壁能制得比图 19 中所示的薄，在这种情况下，在插入期间软管在真空中，而当软管到位并且释放真空时，它膨胀。在这个实施例中，软管接着充满压力介质，以给它足够的接触压力。这种介质可以是空气或液体，例如水。由于能释放该压力，因而支撑元件的功能是可逆的。另外，软管可以填充有诸如硅橡胶之类的冷硬化介质，以这种情况下压力将是永久性的。

在后面的实施例中，支撑元件非对称地置于槽中。如图 22 中所示的一种对称布置也在本发明的范围内，其中每个支撑元件 313 置于两个电缆引入件的中间。

图 1

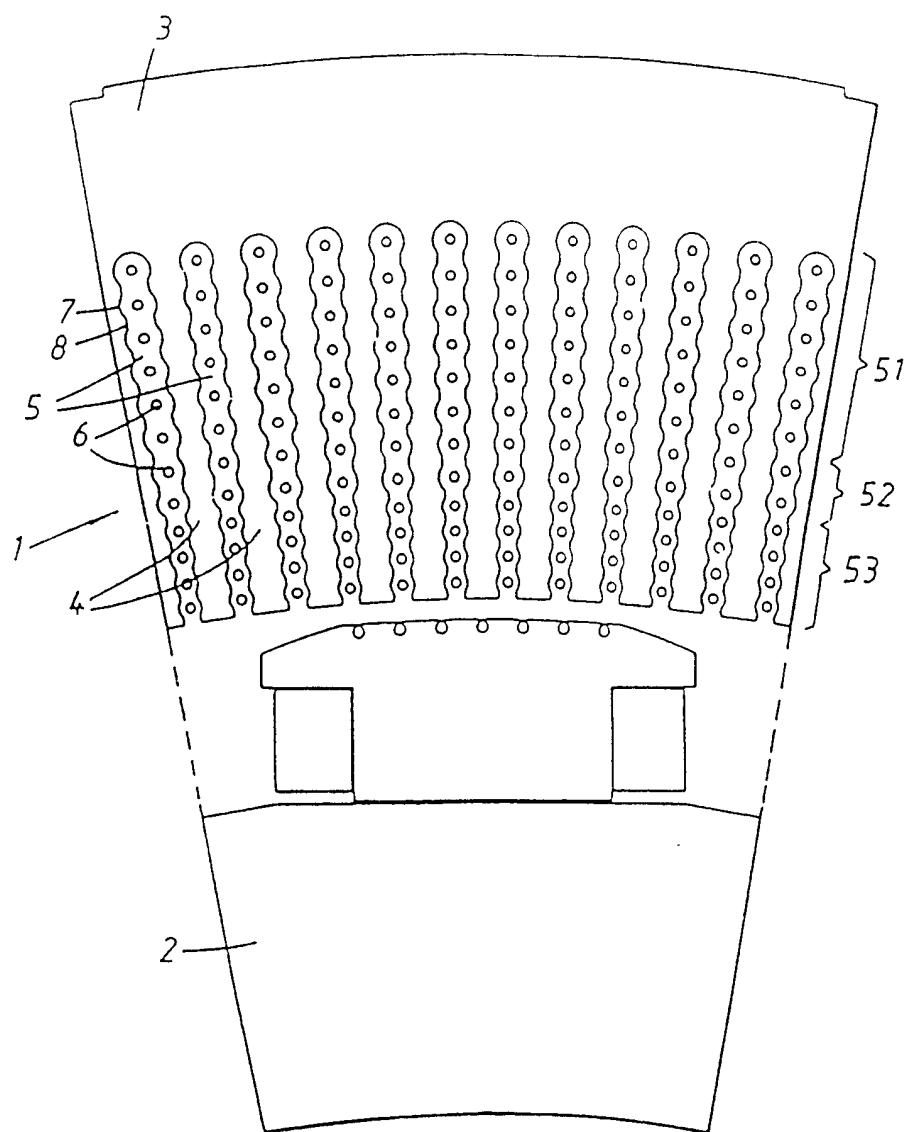


图 2

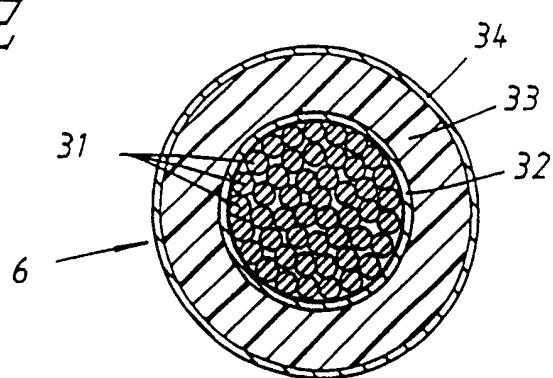


图3

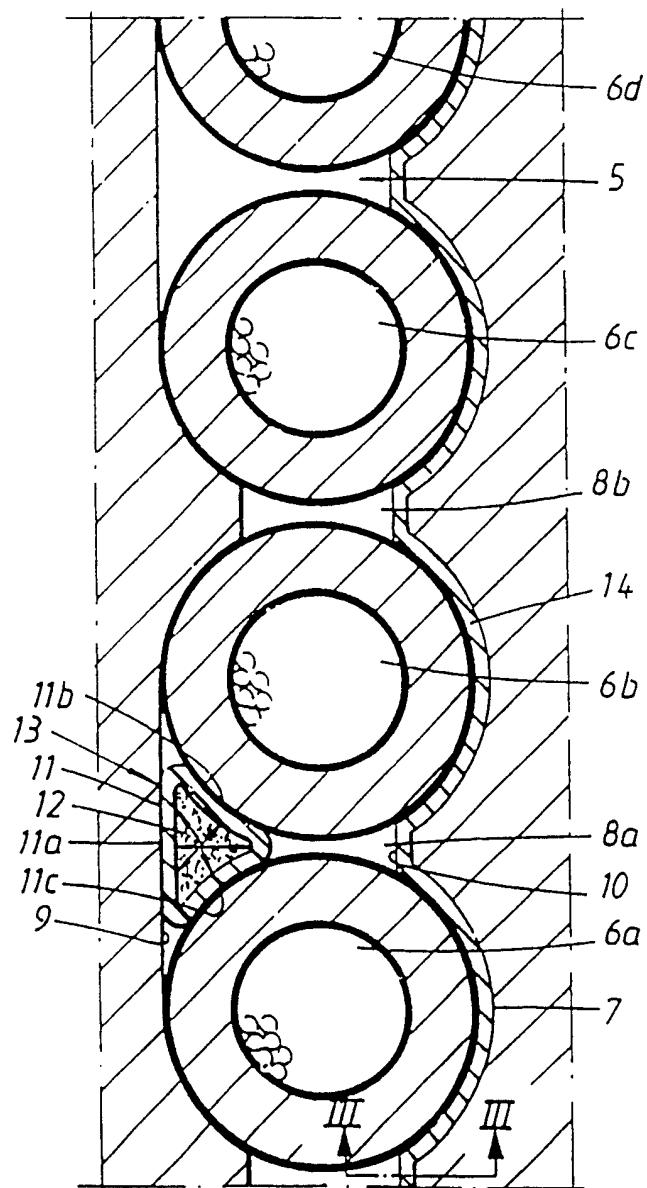


图4

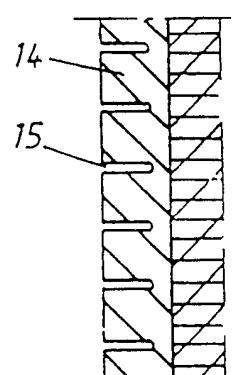


图 5

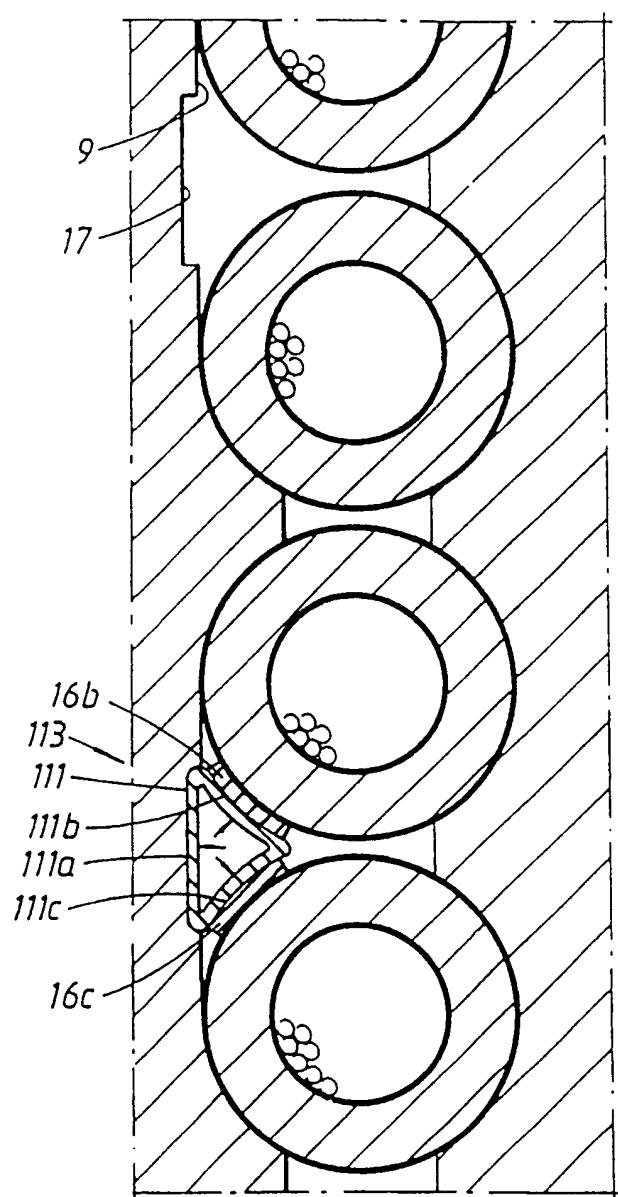


图 6

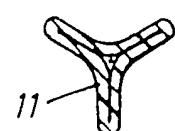


图 7

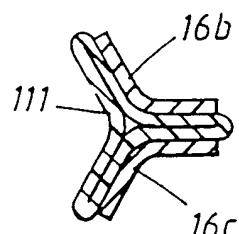


图 6

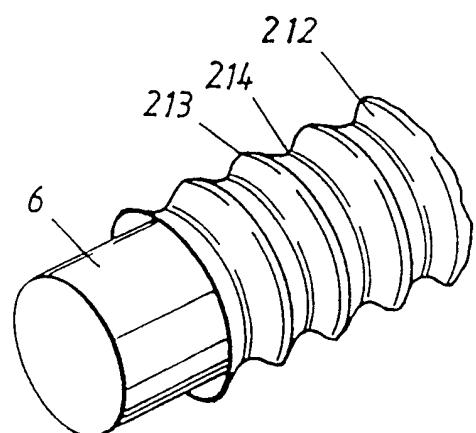


图 7

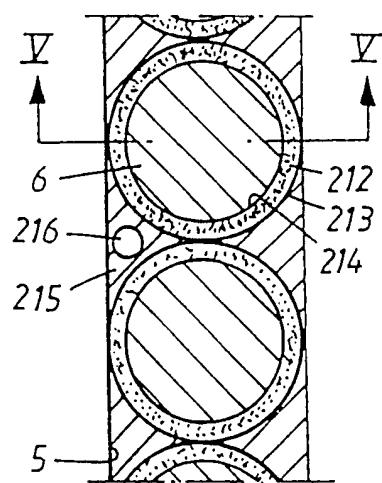


图 10

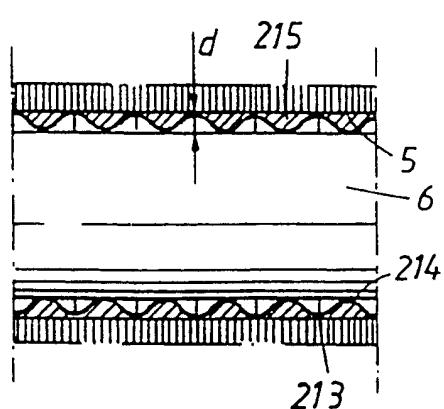


图 11

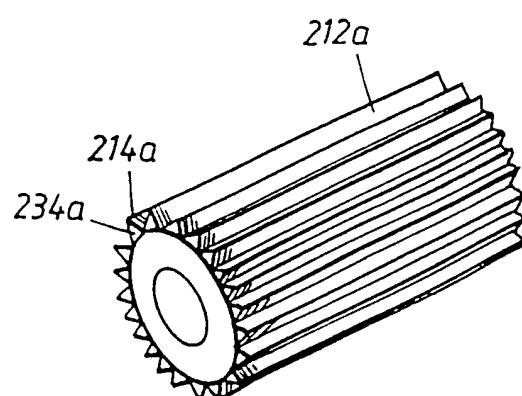


图12

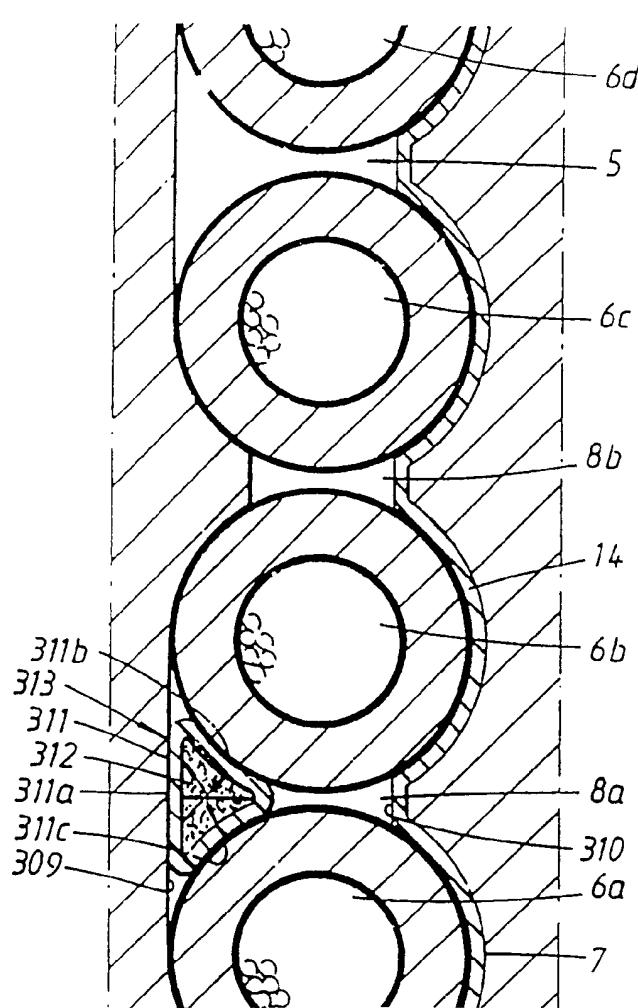


图13

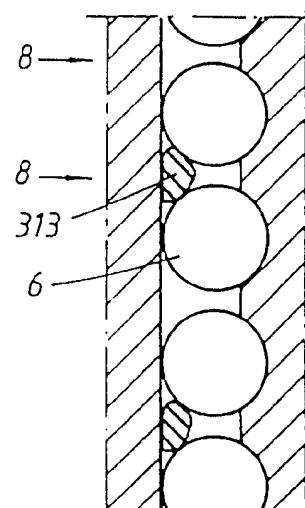


图15

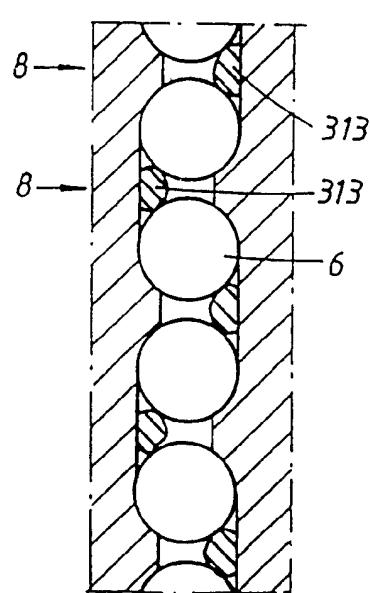


图14

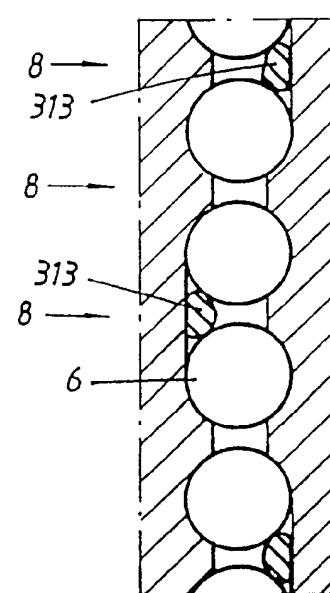


图 16

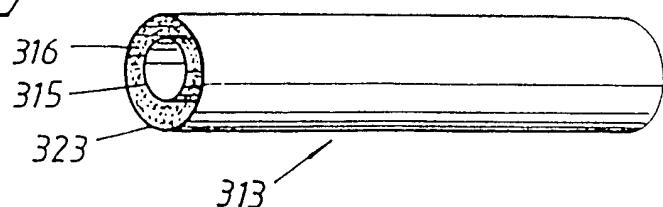


图 17

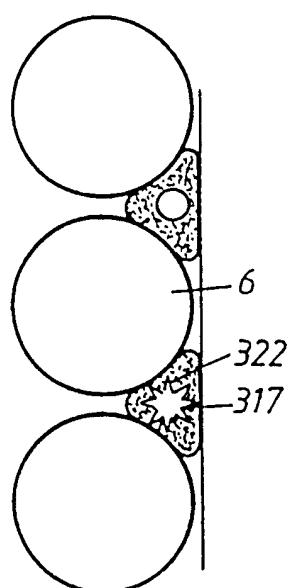


图 18

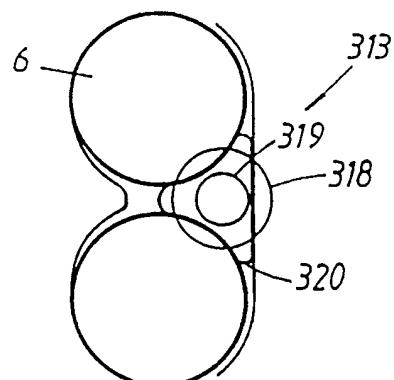


图 19

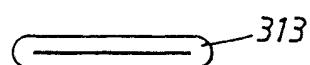


图 20

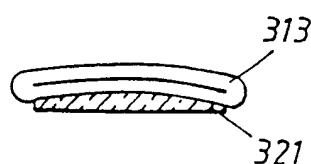


图 21

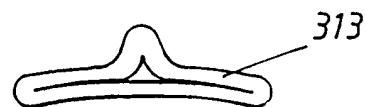


图 22

