



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101772865 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 01

(21) 申请号 200880101951. 0

(22) 申请日 2008. 06. 03

(30) 优先权数据

11/758, 136 2007. 06. 05 US

11/881, 952 2007. 07. 30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 02. 04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/065660 2008. 06. 03

(87) PCT申请的公布数据

W02008/151187 EN 2008. 12. 11

(73) 专利权人 库帕技术公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 P·N·斯多文

(74) 专利代理机构 北京嘉和天工知识产权代理
事务所(普通合伙) 11269

代理人 严慎

(51) Int. Cl.

H01H 33/66(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004/0164051 A1, 2004. 08. 26, 说明书第
51-72 段、图 1-9B.

US 2004/0164051 A1, 2004. 08. 26, 说明书第
51-72 段、图 1-9B.

CN 1433036 A, 2003. 07. 30, 说明书第 3 页第
15-25 行、图 1.

CN 1433036 A, 2003. 07. 30, 说明书第 3 页第
15-25 行、图 1.

CN 1190487 A, 1998. 08. 12, 说明书第 1 页第
13-22 行.

US 4596945, 1986. 06. 24, 全文.

US 6545234 B1, 2003. 04. 08, 全文.

US 4135071, 1979. 01. 16, 全文.

CN 2396502 Y, 2000. 09. 13, 全文.

审查员 刘昊

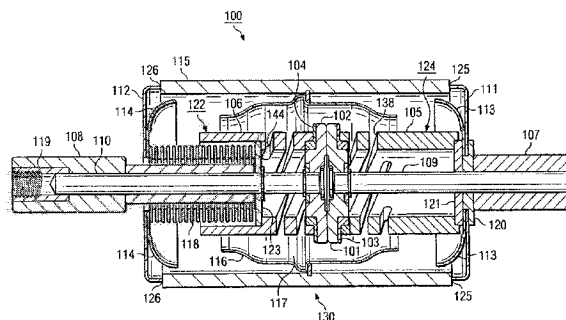
权利要求书3页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

真空故障断路器

(57) 摘要

本发明的真空故障断路器包括电极组件, 电极组件包括电接触体; 绝缘体, 绝缘体包括基本上绕电极组件设置的电绝缘材料; 以及屏蔽, 屏蔽设置在绝缘体和电极组件之间, 并且被配置为阻止来自电极组件的电接触体的电弧等离子体沉积在绝缘体表面的至少部分上, 屏蔽包括被配置来使屏蔽与绝缘体对准的第一段、从绝缘体延伸离开的第二段, 以及延伸向绝缘体并包括屏蔽的尖梢的最末段, 最末段不延伸向第二段; 其中第一段和最末段之间的轴向距离大于第一段和第二段之间的轴向距离; 并且其中垂直于并且延伸通过电极组件的纵轴的线延伸通过尖梢, 并且仅在屏蔽的截面中的两个位置与屏蔽相交。本发明被配置为耐受远超出系统电压的瞬态电压。



1. 一种真空故障断路器,包括:

电极组件,所述电极组件包括电接触体;

绝缘体,所述绝缘体包括基本上绕所述电极组件设置的电绝缘材料;以及

屏蔽,所述屏蔽设置在所述绝缘体和所述电极组件之间,并且被配置为阻止来自所述电极组件的所述电接触体的电弧等离子体沉积在所述绝缘体表面的至少部分上,所述屏蔽包括被配置来使所述屏蔽与所述绝缘体对准的第一段、从所述绝缘体延伸离开的第二段,以及延伸向所述绝缘体并包括所述屏蔽的尖梢的最末段,所述最末段不延伸向所述第二段;

其中所述第一段和所述最末段之间的轴向距离大于所述第一段和所述第二段之间的轴向距离;

其中垂直于并且延伸通过所述电极组件的纵轴的线延伸通过所述尖梢,并且仅在所述屏蔽的截面中的两个位置与所述屏蔽相交;并且

所述电极组件还包括接触背衬和管状线圈导体,所述接触背衬基本设置在所述电接触体和所述管状线圈导体之间并且在所述管状线圈导体的直径外以轴向延伸。

2. 如权利要求1所述的真空故障断路器,还包括第二电极组件,所述第二电极组件包括电接触体,所述第二电极组件设置在相对于另一所述电极组件的公共纵轴上,并且被配置为沿所述公共纵轴移向或移离所述另一所述电极组件。

3. 如权利要求2所述的真空故障断路器,其中所述第二电极组件还包括接触背衬和管状线圈导体,所述接触背衬基本设置在所述电接触体和所述管状线圈导体之间并且在所述管状线圈导体的直径外以轴向延伸。

4. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述尖梢设置为相对于所述电极组件的纵轴成大致90度的角。

5. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述屏蔽包括两个从所述绝缘体延伸离开的第二段,以及两个延伸向所述绝缘体的最末段,每个所述最末段包括所述屏蔽的尖梢。

6. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬被配置为降低所述真空故障断路器的电应力。

7. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬包括不锈钢。

8. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬包括凹口,用于接纳所述管状线圈导体的凸起。

9. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述真空故障断路器是被配置来隔离配电线区段的真空开关。

10. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述真空故障断路器是被配置来开关负载电流的真空开关。

11. 如权利要求1所述的真空故障断路器,其中所述真空故障断路器是被配置来开关电容器组的真空开关。

12. 一种真空故障断路器的屏蔽,包括:

细长构件,所述细长构件包括汇集到一点的两个部分,每个所述部分包括被配置为从真空故障断路器的绝缘体延伸离开的第一段和邻近所述第一段设置并且被配置为延伸向所述绝缘体的最末段,每个所述部分的所述最末段包括各部分的尖梢,每个最末段不延伸

向其各部分的所述第一段，

其中所述点和所述最末段之间的轴向距离大于所述点和所述第一段之间的轴向距离，

其中所述细长构件被配置为阻止来自所述真空故障断路器的一个电极组件的电接触体的电弧等离子体沉积在所述绝缘体表面的至少部分上；

其中垂直于并且延伸通过所述电极组件的纵轴的线延伸通过所述尖梢，并且仅在所述屏蔽的截面中的两个位置与所述屏蔽相交；并且

所述电极组件包括电接触体、接触背衬和管状线圈导体，所述接触背衬基本设置在所述电接触体和所述管状线圈导体之间并且在所述管状线圈导体的直径外以轴向延伸。

13. 如权利要求 12 所述的屏蔽，其中每个所述部分的所述尖梢设置为相对于所述屏蔽的纵轴成大致 90 度的角。

14. 一种包括权利要求 13 的所述屏蔽的真空故障断路器。

15. 一种配电系统，包括：

配电线，所述配电线被配置为为至少一个消费者提供电能；以及

开关装置，所述开关装置耦合到所述配电线，并且被配置为隔离所述配电线中的电流故障，所述开关装置包括：

真空故障断路器，所述真空故障断路器包括：

电极组件，所述电极组件包括电接触体；

绝缘体，所述绝缘体包括基本上绕所述电极组件设置的电绝缘材料，以及

屏蔽，所述屏蔽设置在所述绝缘体和所述电极组件之间，并且被配置为阻止来自所述电极组件的所述电接触体的电弧等离子体沉积在所述绝缘体表面的至少部分上，所述屏蔽包括被配置来使所述屏蔽与所述绝缘体对准的第一段、从所述绝缘体延伸离开的第二段，以及延伸向所述绝缘体并包括所述屏蔽的尖梢的最末段，所述最末段不延伸向所述第二段，其中所述第一段和所述最末段之间的轴向距离大于所述第一段和所述第二段之间的轴向距离，所述尖梢不延伸向所述第二段，

其中垂直于并且延伸通过所述电极组件的纵轴的线延伸通过所述尖梢，并且仅在所述屏蔽的截面中的两个位置与所述屏蔽相交；并且

所述电极组件还包括接触背衬和管状线圈导体，所述接触背衬基本设置在所述电接触体和所述管状线圈导体之间并且在所述管状线圈导体的直径外以轴向延伸。

16. 如权利要求 15 所述的配电系统，其中所述真空故障断路器还包括第二电极组件，所述第二电极组件包括电接触体，所述第二电极组件设置在相对于另一所述电极组件的公共纵轴上，并且被配置为沿所述公共纵轴移向或移离所述另一所述电极组件。

17. 如权利要求 16 所述的配电系统，其中所述第二电极组件还包括接触背衬和管状线圈导体，所述接触背衬基本设置在所述电接触体和所述管状线圈导体之间并且在所述管状线圈导体的直径外以轴向延伸。

18. 如权利要求 15 所述的配电系统，还包括变电站，所述变电站被配置为将电能提供到所述配电线。

19. 一种真空故障断路器的接触背衬，包括：

构件，所述构件被配置为基本上设置在真空故障断路器的电极组件的电接触体和所述电极组件的线圈导体之间，所述构件在所述线圈导体的直径外以轴向延伸。

20. 如权利要求 19 所述的接触背衬,其中所述构件包括不锈钢。

21. 如权利要求 19 所述的接触背衬,其中所述构件包括凹口,所述凹口被配置为接纳所述线圈导体的凸起。

22. 如权利要求 19 所述的接触背衬,其中所述构件具有基本上等于所述电接触体外径的直径。

23. 如权利要求 19 所述的接触背衬,其中所述构件在所述线圈导体的直径外以所述轴向延伸的部分具有凸型的弯曲几何布局。

24. 如权利要求 19 所述的接触背衬,其中所述接触背衬被配置为降低所述真空故障断路器的电应力。

25. 如权利要求 21 所述的接触背衬,其中所述构件包括不锈钢。

26. 如权利要求 21 所述的接触背衬,其中所述构件具有基本上等于所述电接触体外径的直径。

27. 如权利要求 21 所述的接触背衬,其中所述构件在所述线圈导体直径的外部在所述轴向上延伸的部分具有凸型的弯曲几何布局。

28. 如权利要求 21 所述的接触背衬,其中所述接触背衬被配置为降低所述真空故障断路器的电应力。

29. 一种真空故障断路器,包括:

电接触体;

线圈导体;以及

接触背衬,所述接触背衬包括不锈钢,并且基本上设置在所述电接触体和所述线圈导体之间,所述接触背衬在所述线圈导体的直径外以轴向延伸。

30. 如权利要求 29 所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬包括凹口,所述凹口被配置为接纳所述线圈导体的凸起。

31. 如权利要求 29 所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬具有基本上等于所述电接触体外径的直径。

32. 如权利要求 29 所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬在所述线圈导体直径的外部在所述轴向上延伸的部分具有凸型的弯曲几何布局。

33. 如权利要求 29 所述的真空故障断路器,其中所述接触背衬被配置为降低所述真空故障断路器的电应力。

真空故障断路器

[0001] 相关申请

[0002] 本专利申请要求 2007 年 6 月 5 日递交、标题为“Vacuum Fault Interrupter (真空故障断路器)”的美国专利申请 No. 11/785, 136 和 2007 年 7 月 30 日递交、标题为“Contact Backing for a Vacuum Interrupter (用于真空断路器的接触背衬)”的美国专利申请 No. 11/881, 852 的优先权。上面标出的优先权申请的完整公开内容在此通过引用被完全并入本文。

[0003] 背景

[0004] 本描述涉及真空故障断路器 (interrupter), 例如轴向磁场真空故障断路器。

[0005] 附图说明

[0006] 图 1 是示例性真空故障断路器处于闭合位置的横截面侧视图。

[0007] 图 2 是图 1 的示例性真空故障断路器处于打开位置的横截面侧视图。

[0008] 图 3 是另一示例性真空故障断路器处于闭合位置的横截面侧视图。

[0009] 图 4 是图 3 的示例性真空故障断路器处于打开位置的横截面侧视图。

[0010] 图 5 是另一示例性真空故障断路器处于闭合位置的横截面侧视图。

[0011] 图 6 是图 5 的示例性真空故障断路器处于打开位置的横截面侧视图。

[0012] 图 7 是另一示例性真空故障断路器处于闭合位置的横截面侧视图。

[0013] 图 8 是图 7 的示例性真空故障断路器处于打开位置的横截面侧视图。

[0014] 图 9 (包括图 9A 和图 9B) 是描绘使用图 7 和 8 的示例性真空故障断路器的示例性电力系统 (power system) 的框图。

[0015] 具体实施方式

[0016] 以下对示例性实施方案的描述涉及附图, 其中贯穿数幅附图类似的数字指示类似的部件。

[0017] 图 1 和 2 是示例性真空故障断路器 100 的横截面侧视图。真空故障断路器 100 包括容器 130, 所述容器 130 被设计为相对于其中包封的部件维持真空密封的完整性。空气从真空容器 130 中被去除, 留下具有高压耐受和期望的电流断路能力的深度真空 117。真空容器 130 包括绝缘体 115, 所述绝缘体 115 包括陶瓷材料, 并且具有一般为圆柱形的形状。例如, 陶瓷材料可以包括诸如氧化铝的含铝的材料。容器 130 内的可移动电极结构 122 可操作为移向固定电极结构 124 以及从固定电极结构 124 移离, 由此允许或阻止电流流经真空故障断路器 100。真空容器 130 内的波纹管 118 包括褶皱的 (convoluted) 挠性材料, 所述挠性材料被配置为在可移动电极结构 122 移向或移离固定电极结构 124 的移动期间维持真空容器 130 的完整性。可移动电极结构 122 移向或移离固定电极结构 124 的移动在下面更详细地描述。

[0018] 固定电极结构 124 包括电接触体 101 和管状线圈导体 105, 在所述管状线圈导体 105 中加工有缝 138。电接触体 101 和管状线圈导体 105 通过结构支撑杆 109 而在机械上被加强。例如, 管状线圈导体 105 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件, 并且结构支撑杆 109 可以包括不锈钢或其他适当材料的一件或更多件。外部导电杆 107 附接到结构支

撑杆 109 以及导体盘 120 和 121。例如,导电杆 107 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件。结构支撑杆 109 或导电杆 107 可以包括一道或更多道螺纹,以便利将电流导经真空故障断路器 100 或者使真空故障断路器 100 打开或闭合所必要的电连接或机械连接。

[0019] 可移动电极结构 122 包括电接触体 102、导体盘 123 和其中加工有缝 144 的管状线圈导体 106。例如,管状线圈导体 106 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件。导体盘 123 附接到波纹管 118 和管状线圈导体 106,从而电接触体 102 可以被移入或移出与固定电极结构 124 的电接触体 101 的接触。每一个电接触体 101 和 102 可以包括铜、铬和 / 或其他适当材料。例如,每个接触体 101 和 102 可以包括包含 70%铜和 30%铬的组合物或者包括 35%铜和 65%铬的组合物。

[0020] 可移动电极结构 122 通过结构支撑杆 110 而在机械上被加强,所述结构支撑杆 110 延伸出真空容器 130 并附接到移动杆 108。例如,结构支撑杆 110 可以包括不锈钢或其他适当材料的一件或更多件,并且移动杆 108 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件。移动杆 108 和支撑杆 110 充当真空故障断路器 100 和外部电路(未示出)之间的外部导电连接点,以及用于致动真空故障断路器的机械连接点。结构支撑杆 110 或导电杆 108 可以包括一道或更多道螺纹(例如螺纹 119),以便利将电流导经真空故障断路器 100 或者使真空故障断路器 100 打开或闭合所必要的电连接或机械连接。

[0021] 绝缘体 115 各端的真空密封是通过金属端帽 111 和 112 提供的,所述金属端帽 111 和 112 在联接处 125-126 处被焊(brazed)到绝缘体 115 的金属化表面上。连同端帽 111,端部屏蔽 113 保护真空故障断路器 100 的完整性。端帽 111 和端部屏蔽 113 两者均附接在导体盘 120 和 121 之间。类似地,端部屏蔽 114 设置在波纹管 118 和端帽 112 之间。

[0022] 当真空故障断路器 100 处于如图 1 中所示的闭合位置时,电流例如可以从固定电极结构 124 的管状线圈导体 105、固定电极结构 124 的电接触体 101 和可移动电极结构 122 的电接触体 102 流动到可移动电极结构 122 的管状线圈导体 106,从而,相对于接触体 101 和 102,电流可以直接流经分别在管状线圈导体 105 和管状线圈导体 106 中的缝 138 和 144 的端部。管状线圈导体 105 中的缝 138 被配置为电流在进入电接触体 101 之前遵循基本上圆周形的路径。类似地,管状线圈导体 106 中的缝 144 被配置为迫使从电接触体 102 出来的电流在经由移动杆 108 离开真空故障断路器 100 之前遵循基本上圆周形的路径。得益于本公开内容的本领域普通技术人员将认识到,电流可以反向。

[0023] 接触背衬(contact backing)103 设置在固定电极结构 124 的电接触体 101 和管状线圈导体 105 之间。类似地,接触背衬 104 设置在可移动电极结构 122 的电接触体 102 和管状线圈导体 106 之间。每个接触背衬 103 和 104 可以包括铜、不锈钢和 / 或其他适当材料的一件或更多件。接触背衬 103 和 104 以及管状线圈导体 105 和 105 的缝 138 和 144 可以被用来产生与电极结构 122 和 124、电接触体 101 和 102 以及绝缘体 115 的公共纵轴平行的磁场(在这之后被称为“轴向磁场”)。

[0024] 如图 2 中所图示的,当真空故障断路器 100 处于打开位置时,换言之,当电接触体 101 和 102 分离时,电接触体 101 和 102 将带电弧(arc),直至下次电流基本上为零(在这之后被称为“过零”或“零电流”)。通常,60Hz 的 AC 电流每秒过零 120 次。接触背衬 103 和 104 以及管状线圈导体 105 和 106 的缝 138 和 144 所产生的轴向磁场可以控制电接触体 101 和 102 之间的电弧。例如,轴向磁场可以导致电接触体 101 和 102 之间的扩散型电弧。

[0025] 电弧包含金属蒸汽（普遍被称为“等离子体”），所述金属蒸汽是从每个电接触体 101、102 的表面沸升的。来自每个电接触体 101、102 的大多数金属蒸汽沉积在另一电接触体 101、102 上。其余的蒸汽分散在真空容器 130 内。可以被电弧等离子体填充的主要区域基于从接触体 101 和 102 的视线是可以容易地估算的，并且在图 2 中被示出为项目 220。可以基于电弧等离子体的反射和反弹来标识的电弧等离子体次要区域可以是小的，并且在本文中将不会详细描述。

[0026] 中心设置的金属屏蔽 116 被配置为包容导电的电弧等离子体 220，并且防止其沉积在绝缘体 115 的表面上。类似地，端部屏蔽 113 和 114 被配置为包容路经中心屏蔽 116 端部的导电的电弧等离子体 220。端部屏蔽 113 和 114 可以防止电弧等离子体 220 沉积在绝缘体 115 的某些表面上，并且可以保护在绝缘体 115 端部处的联接处 125-126 不受大的电应力（电场）影响。每个屏蔽 113、114、116 可以包括铜、不锈钢和 / 或其他适当材料的一件或更多件。

[0027] 取决于与真空故障断路器 100 相关联的电力系统的性质，在电弧已经清除之后可以即刻出现大（substantial）电压（换言之，瞬态恢复电压或“TRV”）——大大超过电力系统的标称电压。例如，对于 38kV 的电路系统，TRV 可以具有高至 71.7kV 或者甚至 95.2kV 的峰值。该电压可以在非常短的时间（在 20 至 70 微秒的数量级）中出现。真空故障断路器 100 可以被配置为耐受这些或其他远超出系统电压的瞬态电压。例如，对于 38kV 的设备，断路器 100 可以被配置为在 70kV AC RMS（均方根）或者 150kV 或 170kV 峰值基本脉冲水平（“BIL”）的电压值时耐受或者维持开路电路。仅以实施例的方式，这些电压可以得自于电力系统内或外的开关部件或者对电力系统的雷击。

[0028] 电接触体 101 和 102 分别的面 101a 和 102a 上以及接触背衬 103 和 104 分别的背侧 103a 和 104a 上的棱角（corner），连同端部屏蔽 113 和 114 以及中心屏蔽 116 的尖梢呈现出可以导致大的电应力（电场）的锐角棱角和边缘。得益于本公开内容的本领域普通技术人员将认识到，电应力可以被三种主要的因素改变：电压、距离和大小。例如，在接触体之间的电压差越高之处，两个接触体之间的电应力越高。在接触体分开越远之处，两个接触体之间的电应力越低。类似地，物体的大小（即尺寸和形状）可以影响电应力。一般来说，具有小的凸形尺寸和锐圆角半径（sharp radii）特征的物体将具有大的电应力。过度强的电场可以导致物体或其他介质不能耐受电压。

[0029] 金属蒸汽的高温还可以降低真空故障断路器 100 耐受高电压的能力。例如，如果热的电弧等离子体 220 经过屏蔽 113、114 和 116 之一尖梢的紧邻近旁，屏蔽 113、114 和 116 可能变得太热而不能耐受期望的电压量。施加到接触体 101 和 102 以及屏蔽 113、114 和 116 的尖梢的热和电应力可能导致接触体 101 和 102 以及屏蔽 113、114 和 116 的尖梢释放额外的电弧等离子体。这样的电弧可能导致金属蒸汽沉积在绝缘体 115 的内表面上，引起真空故障断路器 100 电压耐受能力的劣化。蒸汽可以沉积在绝缘体 115 的内表面上，即使该表面并不在接触体 101 和 102 的直接视线上。

[0030] 图 3 和 4 是另一示例性真空故障断路器 300 的横截面侧视图。除了某些屏蔽部件的差异外，真空故障断路器 300 与之前参照图 1 和 2 描述的真空故障断路器 100 等同。贯穿图 1-4 使用了类似的标号来指示在真空故障断路器 300 和真空故障断路器 100 之间共同的特征。之前参照图 1-2 详细描述了这些类似的特征，因此在这之后不会详细描绘。

[0031] 在示例性真空故障断路器 300 中,每个中心屏蔽 316 以及端部屏蔽 313 和 314 包括卷曲的端部 316a、313a 和 314a。卷曲的曲率半径显著地比可以在真空故障断路器 100 的屏蔽 113、114 和 116 尖梢处加工的大。较大的半径降低屏蔽 313、314 和 316 端部处的电应力,由此相对于真空故障断路器 100 的电压耐受水平增加真空故障断路器 300 的电压耐受水平。

[0032] 中心屏蔽 316 端部 316a 的卷曲形状部分屏蔽电弧等离子体 420 使其不路过中心屏蔽 316 的端部,因此保护中心屏蔽 316 的端部不受电弧等离子体 420 热能的影响。通过保护中心屏蔽 316 的端部不受热能的影响,该卷曲形状降低中心屏蔽 316 端部损毁或带电弧的可能性。

[0033] 屏蔽 313、314 和 316 的卷曲端部 313a、314a 和 316a 可能制造成本高,而且难以处理和清洁到对于包括在真空故障断路器中所必须要求的低水平污染。通常,真空故障断路器的铜和不锈钢部件必须被电解抛光,以实现该要求的清洁度水平。由于其完全的杯状,屏蔽 313、314 和 316 的卷曲端部 313a、314a 和 316a 处的卷曲可以在电解抛光期间捕获空气、酸或其他污染物。捕获的空气可以导致对屏蔽 313、314 和 316 的非恰当清洁。捕获的酸或其他污染物可以被携带到真空故障断路器 300 的后续组件。在任一情况中,捕获的空气、酸或其他污染物可以导致真空故障断路器 300 劣化的性能。可以通过从数个清洁的件来组装中心屏蔽 316 来降低劣化的可能性。然而,这样的组装增加零部件个数、复杂性和成本。

[0034] 图 5 和 6 是另一示例性真空故障断路器 500 的横截面侧视图。类似于之前参照图 1 和 2 描述的真空故障断路器 100,图 5 和 6 的真空故障断路器 500 包括容器 530,所述容器 530 被设计为相对于其中包封的部件维持真空密封的完整性。空气从真空容器 530 中被去除,留下具有高压耐受和期望的电流断路能力的深度真空 517。真空容器 530 包括绝缘体 515,所述绝缘体 515 包括陶瓷材料,并且具有一般为圆柱形的形状。容器 530 内的可移动电极结构 522 可操作为移向固定电极结构 524 以及从固定电极结构 524 移离,由此允许或阻止电流流经真空故障断路器 500。真空容器 530 内的波纹管 518 包括褶皱的挠性材料,所述挠性材料被配置为在可移动电极结构 522 移向或移离固定电极结构 524 的移动期间维持真空容器 530 的完整性。可移动电极结构 522 移向或移离固定电极结构 524 的移动在下面更详细地描述。

[0035] 固定电极结构 524 包括电接触体 501 和管状线圈导体 505,在所述管状线圈导体 505 中加工有缝 538。电接触体 501 和管状线圈导体 505 通过结构支撑杆 509 而在机械上被加强。例如,管状线圈导体 505 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件,并且结构支撑杆 509 可以包括不锈钢或其他适当材料的一件或更多件。外部导电杆 507 附接到结构支撑杆 509。例如,导电杆 507 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件。结构支撑杆 509 或导电杆 507 可以包括一道或更多道螺纹,以便利将电流导经真空故障断路器 500 或者使真空故障断路器 500 打开或闭合所必要的电连接或机械连接。

[0036] 可移动电极结构 522 包括电接触体 502 和其中加工有缝 544 的管状线圈导体 506。例如,管状线圈导体 506 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件。导体盘 523 附接到波纹管 518 和管状线圈导体 506,从而电接触体 502 可以被移入或移出与固定电极结构 524 的电接触体 501 的接触。每一个电接触体 501 和 502 可以包括铜、铬和 / 或其他适当材料。例如,每个接触体 501 和 502 可以包括包含 70% 铜和 30% 铬的组合物或者包括 35% 铜和

65%铬的组合物。

[0037] 可移动电极结构 522 通过结构支撑杆 510 而在机械上被加强,所述结构支撑杆 510 延伸出真空容器 530 并附接到移动杆 508。例如,结构支撑杆 510 可以包括不锈钢或其他适当材料的一件或更多件,并且移动杆 508 可以包括铜或其他适当材料的一件或更多件。移动杆 508 和支撑杆 510 充当真空故障断路器 500 和外部电路(未示出)之间的外部导电连接点,以及用于致动真空故障断路器的机械连接点。结构支撑杆 510 或导电杆 508 可以包括一道或更多道螺纹(例如螺纹 519),以便利将电流导经真空故障断路器 500 或者使真空故障断路器 500 打开或闭合所必要的电连接或机械连接。

[0038] 真空故障断路器 500 的每个管状线圈导体 505 和 506 具有与其分别的接触直径成比例的、比图 1 和 2 的真空故障断路器 100 的管状线圈导体 105 和 106 大的直径。例如,每个管状线圈导体 505 和 506 可以分别具有大致等于电接触体 501 和 502 直径的直径。管状线圈导体 505 和 506 的较大直径可以要求管状线圈导体 505 和 506 包括比图 1 和 2 的真空故障断路器 100 的管状线圈导体 105 和 106 多的铜或其他材料。因此,较大的直径可以导致管状线圈导体 505 和 506 花费比图 1 和 2 的真空故障断路器 100 的管状线圈导体 105 和 106 高的成本。类似地,可移动管状线圈导体 506 的较大直径可以导致管状线圈导体 506 具有比可移动管状线圈导体 106 大的质量,因此与致动器以相同的要求操作速度使真空故障断路器 100 打开和闭合所需相比,对致动器以该要求的操作速度来使真空故障断路器 500 打开和闭合带来了更重的负担。

[0039] 绝缘体 515 每端处的真空密封是通过金属端部屏蔽 511 和 512 提供的,所述金属端部屏蔽 511 和 512 在联接处 525-526 处被焊到绝缘体 515 的金属化表面上。端部屏蔽 511 和 512 保护真空故障断路器 500 的完整性。端部屏蔽 511 附接在导体盘 507 和管状线圈导体 505 之间。端部屏蔽 512 设置在波纹管 518 和导体盘 513 之间。端部屏蔽 511 和 512 是圆角的并且弯曲到真空容器 530 的空间中。端部屏蔽 511 和 512 的作用如同端帽和端部屏蔽两者,基本上类似于图 1 的真空故障断路器 100 的端帽 111 和 112 以及端部屏蔽 113 和 114。

[0040] 当真空故障断路器 500 处于如图 5 中所示的闭合位置时,电流例如可以从固定电极结构 524 的管状线圈导体 505、固定电极结构 524 的电接触体 501 和可移动电极结构 522 的电接触体 502 流动到可移动电极结构 522 的管状线圈导体 506,从而,相对于接触体 501 和 502,电流可以直接流经分别在管状线圈导体 505 和管状线圈导体 506 中的缝 538 和 544 的端部。管状线圈导体 505 中的缝 538 被配置为迫使电流在进入电接触体 501 之前遵循基本上圆周形的路径。类似地,管状线圈导体 506 中的缝 544 被配置为从电接触体 502 出来的电流在经由移动杆 508 离开真空故障断路器 500 之前遵循基本上圆周形的路径。得益于本公开内容的本领域普通技术人员将认识到,电流可以反向。

[0041] 接触背衬 503 设置在固定电极结构 124 的电接触体 501 和管状线圈导体 505 之间。类似地,接触背衬 504 设置在可移动电极结构 522 的电接触体 502 和管状线圈导体 506 之间。每个接触背衬 503 和 504 可以包括铜、不锈钢和/或其他适当材料的一件或更多件。接触背衬 503 和 504 以及管状线圈导体 505 和 505 的缝 538 和 544 可以被用来创建轴向磁场。

[0042] 如图 6 中所图示的,当真空故障断路器 500 处于打开位置时,电接触体 501 和 502

将带电弧,直至下次电流过零。接触背衬 503 和 504 以及管状线圈导体 505 和 506 的缝 538 和 544 所产生的轴向磁场可以控制电接触体 501 和 502 之间的电弧。例如,轴向磁场可以导致电接触体 501 和 502 之间的扩散型电弧。

[0043] 电弧包含金属蒸汽,所述金属蒸汽是从每个电接触体 501、502 的表面沸升的。来自每个电接触体 501、502 的大多数金属蒸汽沉积在另一电接触体 501、502 上。其余的蒸汽分散在真空容器 530 内。可以被电弧等离子体填充的主要区域基于从接触体 501 和 502 的视线是可以容易地估算的,并且在图 6 中被示出为项目 620。可以基于电弧等离子体的反射和反弹来标识的电弧等离子体次要区域可以是小的,并且在本文中不会详细描述。

[0044] 中心设置的金属屏蔽 516 被配置为包容导电的电弧等离子体 620,并且防止其沉积在绝缘体 515 的表面上。端部屏蔽 511 和 512 被配置为包容路经中心屏蔽 516 端部的导电的电弧等离子体 620。端部屏蔽 511 和 512 可以防止电弧等离子体 620 沉积在绝缘体 515 的表面上,并且可以保护在绝缘体 515 端部处的联接处 525-526 不受大的电应力影响。每个屏蔽 511、512 和 516 可以包括铜、不锈钢和 / 或其他适当材料的一件或更多件。

[0045] 中心屏蔽 516 包括比图 1 的真空故障断路器 100 中心屏蔽 116 厚的规格 (gage) 材料,允许在中心屏蔽 516 端部处加工较大的半径。中心屏蔽 516 端部处较大的半径以及组合的端帽 / 端部屏蔽 511 和 512 中较大地形成的半径可以降低真空故障断路器 500 中的电应力,导致提高的电压耐受性能。类似地,管状线圈导体 505 和 506、电接触体 501 和 502,以及接触背衬 503 和 504 基本上相等的直径可以降低接触体 501 和 502 的面 501a 和 502a 棱角处连同接触体 501 和 502 外径以及接触背衬 503 和 504 处的电应力,因此导致提高的电压耐受性能。降低电接触体 501 和 502 上的电应力还可以导致电接触体 501 和 502 上较少的电弧和接触蚀损,造成较长的有效产品寿命。然而,电弧等离子体 620 的热仍旧可以导致中心屏蔽 516 以及端部屏蔽 511 和 512 的尖梢在故障中断期间放电或电弧,引起由于蒸汽沉积而造成的绝缘体 515 的劣化。

[0046] 图 7 和 8 是另一示例性真空故障断路器 700 的横截面侧视图。除了某些屏蔽、接触背衬以及管状线圈部件的差异外,真空故障断路器 700 与之前参照图 5 和 6 描述的真空故障断路器 500 等同。贯穿图 5-8 使用了类似的标号来指示在真空故障断路器 700 和真空故障断路器 500 之间共同的特征。之前参照图 5 和 6 详细描述了这些类似的特征,因此在这之后不会详细描绘。

[0047] 相对于图 5 和 6 中真空故障断路器 500 的接触尺寸,图 7 和 8 的真空故障断路器 700 的每个管状线圈导体 705 和 706 具有比管状线圈导体 505 和 506 小的直径。例如,每个管状线圈导体 705 和 706 可以具有与图 1 和 2 中真空故障断路器 100 的管状线圈导体 105 和 106 类似的尺寸。管状导体线圈 705 和 706 较小的直径可以导致管状线圈导体 705 和 706 花费比图 5 和 6 的真空故障断路器 500 的管状线圈导体 505 和 506 低的成本。类似地,与可移动电极组件 722 相关联的可移动管状线圈导体 706 的较小直径可以导致管状线圈导体 706 具有比可移动管状线圈导体 506 小的质量,因此与致动器以相同的要求操作速度使真空故障断路器 500 打开和闭合所需相比,对致动器以该要求的操作速度来使真空故障断路器 700 打开和闭合带来较轻的负担。

[0048] 类似于图 1-6 中真空故障断路器 100、300 和 500 的接触背衬 103、104、503 和 504,图 7-8 中真空故障断路器 700 的接触背衬 703 和 704 被配置来调整可移动电极组件 722 和

固定电极组件 724 的电接触体 501 和 502 上的磁场。

[0049] 接触背衬 703 和 704 还被配置为调整电应力。接触背衬 703 延伸为垂直于管状线圈导体 705 的轴线,在管状线圈导体 705 的直径之外,重叠管状线圈导体 705 的至少部分。类似地,接触背衬 704 延伸为垂直于管状线圈导体 706 的轴线,在管状线圈导体 706 的直径之外,重叠管状线圈导体 706 的至少部分。该配置允许设置为与电接触体 501 和 502 相对的每个接触背衬 703、704 的棱角具有宽的半径 703b、704b,并且因此具有低的电应力。该配置还可以在接触体 501 和 502 的面 501a 和 502a 棱角处以及在接触体 501 和 502 外径连同接触背衬 703 和 704 上提供降低的电应力,这是由邻近接触背衬 703 和 704 较大的轴向长度而导致的。

[0050] 因此,接触背衬 703 和 704 可以导致较高的电压恢复或耐受,以及电接触体 501 和 502 蚀损的减少。这些特性可以导致真空故障断路器 700 具有比图 1 和 2 的真空故障断路器 100 高的故障中断电流水平或者电压额定值。例如,较高的故障中断电流水平或电压额定值可以与图 5 和 6 中真空故障断路器 500 的故障中断电流水平或电压额定值相比拟。

[0051] 接触背衬 703 和 704 可以包括不锈钢或另一种适当材料的一件或更多件。例如,接触背衬 703 和 704 可以包括提供比已经用在其他真空故障断路器接触背衬的其他材料(例如铜)高的电压耐受水平的材料。

[0052] 接触背衬 703 包括凹口 703a,所述凹口 703a 被配置为接纳管状线圈导线 705 中相应的凸起 705a。类似地,接触背衬 704 包括凹口 704a,所述凹口 704a 被配置为接纳管状线圈导线 706 中相应的凸起 706a。每个接触背衬 703、704 设置在接触背衬相应凸起 705a、706a 和电接触体 501、502 之间的部分具有足够薄的厚度以使从每个管状导体 705、706 到每个电接触体 501、502 的电流阻碍最小化,但是还是足够厚以便更改电流流动,从而允许对电接触体 501 和 502 上磁场的调整。

[0053] 真空故障断路器 700 的中心屏蔽 716 具有基本上为双“S”的弯曲形状,有着两个张开的端部 716a。每个端部 716a 包括向内延伸离开绝缘体 515 的段 716aa 和向外延伸向绝缘体 515 的段 716ab。在示例性实施方案中,段 716aa 和 716ab 产生卷曲,所述卷曲具有与上面描述的图 3 和 4 中真空故障断路器 300 中心屏蔽 316 的每个卷曲端部 316a 的半径类似的半径。在可替换的示例性实施方案中,段 716aa 和 716ad 可以具有不同的卷曲半径。这些卷曲可以帮助降低中心屏蔽 716 的电应力。

[0054] 中心屏蔽 716 的尖梢端 716ac 指向为从电压应力源离开,被设置在中心屏蔽 716 其余部分的电压电势和应力阴影中。例如,每个尖梢 716ac 可以被设置为相对于管状线圈导体 705 和 706 的纵轴大致成 90 度的角。可替换地,尖梢 716ac 可以被设置为相对于管状线圈导体 705 和 706 的纵轴成锐角或钝角。尖梢 716ac 不在电弧等离子体 820 在电弧期间的直接路径中。因此,尖梢 716ac 被保护免受电弧等离子体 820 的影响,由此降低或消除由于电弧等离子体 820 的热输入而造成的尖梢 716ac 的损毁。

[0055] 因为中心屏蔽 716 端部 716a 处的卷曲如同图 3 和 4 中真空故障断路器 300 的中心屏蔽 316 中的卷曲那样不形成杯状,所以中心屏蔽 716 可以容易地以工业中已知的工艺制造和清洁。中心屏蔽 716 的使用,连同组合的端帽/端部屏蔽 511 和 512,可以导致真空故障断路器 700 中较低的电应力,导致较高的电压恢复或耐受水平。在某些可替换的示例性实施方案中,可替换的端帽和端部屏蔽,例如上面参照图 1-4 描述的那些,可以被用来替

代组合的端帽 / 端部屏蔽 511 和 512。

[0056] 每个屏蔽 716、511 和 512 可以包括铜、不锈钢和 / 或其他适当材料或其组合物的一件或更多件。例如,在某些示例性实施方案中,屏蔽 716 可以包括靠近联接在一起的两个金属件,以在一件或两件上生成凸起 739,其中凸起 739 被配置为接合绝缘体 515 上相应的凹口 740。用于将屏蔽 716 固定 / 对准到绝缘体 515 或者在真空场断路器 700 中的真空容器 730 内以其他方式固定 / 对准屏蔽 716 的可替换手段是适当的。例如,屏蔽 716 可以包括凹口,用于接纳绝缘体 515 的相应凸起。为了简洁,屏蔽 716 和绝缘体 515 耦合在一起所在的位置在本文中被称为“连接点”738。

[0057] 屏蔽 716 的两段 716ad 设置在连接器 738 的相对侧。屏蔽 716 的段 716aa 设置在段 716ad 和段 716ab 之间。段 716ab 和段 716ad 之间的轴向距离比段 716aa 和段 716ad 之间的轴向距离大。段 716aa 的第一端 716aaa 耦合到段 716ad,而段 716aa 的第二端 716aab 耦合到段 716ab。段 716aa 设置为靠近固定电极组件 724 的第一端 716aaa 设置在固定电极组件 724 的接触背衬 703 和屏蔽 511 之间。段 716aa 以曲线的方式从第一端 716aaa 向屏蔽 511 延伸。类似地,段 716aa 设置为靠近可移动电极组件 722 的第一端 716aaa 设置在可移动电极组件 722 的接触背衬 704 和屏蔽 512 之间,并且以曲线的方式从第一端 716aaa 向屏蔽 512 延伸。

[0058] 图 9 是描绘使用图 7 和 8 的示例性真空故障断路器 700 的示例性电力系统 900 的框图。电源 905 (例如从电厂或另一公共事业机构引出的高压传输线) 将电能经由变电站 910、配电线 950、开关装置 955 和配电变压器 960 传输到消费者 935。尽管图 9 中描绘的示例性电力系统 900 仅包括一个变电站 910 以及仅一套示例性的配电线 950、开关装置 955、配电变压器 960 和消费者 935 的组合,但是得益于本公开内容的本领域普通技术人员将认识到,电力系统 900 可以包括任何数量的变电站 910、配电线 950、开关装置 955 和配电变压器 960。

[0059] 为了解释已经简化了变电站 910 的内容,并且变电站 910 的内容可以在变压器 920 一侧包括高压开关装置 915,并且在变压器 920 的另一侧包括中压 (普遍被称为“配电级 (distribution class)”) 开关装置 925。电源 905 可以在高压线缆 907 上将电能传输到高压开关装置 915,所述开关装置 915 可以将电能经由变压器 920 传输到中压 (medium voltage) 开关装置 925。中压开关装置 925 可以将电能传输到配电线 950。

[0060] 术语“高压”在本文中被用于指具有比 38kV 高的电压的电能。术语“低压”在本文中被用于指具有在约 120V 和 240V 之间的电压的电能。术语“中压”在本文中被用于指用于配电线的在“高压”和“低压”之间的电压。

[0061] 变压器 920 通过磁耦合将能量从一个电路转移到另一个电路。例如,变压器 920 可以包括两个或更多个耦合的绕组和用来集中磁通的磁芯。施加到一个绕组的电压在芯中创建时变的磁通,该磁通在其他绕组中感生电压。改变相对匝数决定绕组之间的电压比,由此将电压从一个电路转变到另一个。

[0062] 配电线 950 从变电站 910 的中压开关装置 925 接收电能并将接收的电能传输到消费者 935。一个变电站 910 可以向多个不同的配电馈送器 970 提供电能。在第一配电馈送器 970a 中,变电站 910 经由配电线 950 将电能直接传输到消费者 935。在其他配电馈送器 970b 和 970c 中,变电站 910 经由配电线 950 将电能提供给多个消费者以及耦合到其的一个

或更多个开关装置 955。例如,每个开关装置 955 可以包括被配置为隔离配电线 950 中故障的真空故障断路器 700。开关装置 955 可以隔离故障而不中断其他可用配电线 950 中的供电业务。

[0063] 在配电馈送器 970c 中,配电线 950 分成多段 970ca 和 970cb。每段 970ca、970cb 包括被配置为隔离段 970ca 和 970cb 中故障的开关装置 955。该配置允许段 970cb 中的开关装置 955 隔离段 970cb 中的故障而不中断其他可用段 970ca 中的供电业务。

[0064] 消费者 935 可以直接从配电线 950 或者从耦合到配电线 950 的配电变压器 960 接收中压电能。配电变压器 960 被配置为将来自配电线 950 的中压电能步降为低压,例如 120V 或 240V 交流的家庭电压。每个配电变压器 960 可以为一个或更多个消费者 935 提供低压电能。

[0065] 每个开关装置 915、925 和 955 包括包含故障断路器的壳体,所述故障断路器被配置为中断耦合到开关装置 915、925、955 的电路内的电流故障。例如,每个开关装置 955 可以包括真空故障断路器 700、熔断器和 / 或电路断开器 (circuit breaker)。

[0066] 图 9 中图示的示例性系统 900 仅仅是用于向消费者提供电能的部件的代表。其他实施方案可能不具有图 9 中标识的所有部件,或者可以包括额外的部件。例如,得益于本公开内容的本领域普通技术人员将认识到,尽管图 9 中描绘的示例性电力系统 900 包括三个配电馈送器 970 以及两段 970ca 和 970cb,但是电力系统 900 可以包括任意数量的配电馈送器 970 以及段 970ca 和 970cb。

[0067] 测试数据

[0068] 故障中断测试:

[0069] 已经进行了多个测试来确定某些具有前述机械和结构特征中的一些的示例性真空故障断路器的性能特性。测试包括评估示例性真空故障断路器在综合测试电路和全功率测试电路中的性能特性。在全功率测试电路中,故障电流和恢复电压来自于发电机或电力系统。在综合测试电路中,故障电流和恢复电压来自于充电的电容组。

[0070] 综合测试经常用在开发和测试新的真空故障断路器中,因为其是一种更受控的测试并且可以具有比功率测试精确的量测。功率测试经常用于对完全设计好的设备的最终认证和测试,并且包括对真空故障断路器、使真空故障断路器打开的致动器和机构、与真空故障断路器相关联的绝缘系统,以及与真空故障断路器相关联的电子控制的测试。

[0071] 通常,在综合测试和功率测试两者中,真空故障断路器被测试以遵循建立的测试标准,例如 IEEE 标准 C37.60-2003。具体来说,如可应用的,真空故障断路器被测试以遵循根据 C37.60-2003 的表 6 的标准故障中断水平和要求的“任务 (duty)”,以及根据 C37.60-2003 的表 10a 和 10b 的标准 TRV (分别包含三相和单相系统的 TRV 值和时间)。根据 IEEE

[0072] C37.60-2003,典型的任务要求真空故障断路器在三个不同的故障电流和电压水平进行操作。例如,对于额定为 12.5 千安的 38 千伏三相,真空故障断路器必须在故障额定值 (为 12.5 千安) 的 90% 和 100% 以 71.7 千伏的峰值 TRV 中断 16 个故障。它还必须在故障额定值的 45% 和 55% (5.6 千安 - 6.9 千安) 以 78.1 千安的峰值 TRV 中断 56 个故障以及在故障额定值的 15% 和 20% (1.9 千安 - 2.5 千安) 以 82.4 千伏的峰值 TRV 中断 44 个故障。TRV 水平一般随故障电流的增加而降低。因此,典型的任务要求真空故障断路器

中断总共 116 个故障。在某些实施方案中,真空故障断路器的性能可以通过执行两次任务(导致 232 次总故障中断操作)来确认。

[0073] 对单相设备——具有一个真空故障断路器的设备——要求的任务一般比三相设备——具有三个真空故障断路器的设备——繁重。在三相设备中,任何一个真空故障断路器可以从另两个真空故障断路器接受帮助。在很多应用中,头两个真空故障断路器打开将完成三相设备中所有的工作。使用随机打开时间,可以平均地将任务和努力分布到设备中所有的三个真空故障断路器。在单相设备中,这一个真空故障断路器必须自己中断所有 116(或 232)次故障中断。加重单相真空故障断路器的负担的是这样的事实,即对单相中断要求的 TRV 水平比对三相中断要求的高。例如,与对于三相设备要求的 82.4kV、78.1kV 和 71.7kV 相比,对单相设备要求的 38 千伏 TRV 水平是 95.2kV、90.2kV 和 82.8kV。

[0074] 以下表格总结了某些具有与真空故障断路器 100 和 500 基本类似的机械结构的示例性真空故障断路器的性能,所述示例性真空故障断路器具有三英寸外径和 1.75 英寸直径的电接触体:

[0075] 真空故障断路器 100 和 500 :故障中断测试结果

[0076]

	基本上类似于示例性断路器的断路器	接触体材料	接触背衬材料	功率或综合测试	单相或三相(仅功率)	中断额定值(kA)	电压等级(kV)	峰值 TRV(kV)*	故障总数**	# 未正常清除(仅综合测试)
1	100	Cu35/Cr65	铜	功率	单相	8.0kA	27kV	67.6kV	232	-
2	100	Cu35/Cr65	铜	功率	三相	12.0kA	27kV	58.6kV	232	-
3	100	Cu70/Cr30	无	功率	单相	12.5kA	27kV	67.6kV	232	-
4	100	Cu70/Cr30	无	功率	三相	12.5kA	27kV	58.6kV	232	-
5	100	Cu70/Cr30	无	功率	三相	12.5kA	38kV	82.4kV	232	-
6	500	Cu70/Cr30	不锈钢	综合	-	16.0kA	27kV	67.6kV	116	1-2
7	500	Cu70/Cr30	不锈钢	综合	-	12.5kA	38kV	92.2kV	116	9-13
8	500	Cu70/Cr30	不锈钢	综合	-	12.5kA	38kV	92.2kV	120***	20
9	500	Cu70/Cr30	不锈钢	功率	单相	12.5kA	27kV	67.6kV	232	-
10	500	Cu70/Cr30	不锈钢	功率	三相	16.0kA	27kV	58.6kV	232	-
11	500	Cu70/Cr30	不锈钢	功率	三相	12.5kA	38kV	82.4kV	232	-

[0077] * 对于功率测试,并非所有操作均在峰值 TRV 水平,取决于故障电流水平

[0078] ** 根据 IEEE C37.60-2003,并非所有尝试(shot)均在 90-100%故障电流水平,一些是在 15-20%和 44-55%

[0079] *** 对于该序列,所有尝试均以不同的非对称水平在 100%电流水平

[0080] 如上表中图示的,示例性真空故障断路器在功率测试中成功地在 38 千伏三相 TRV 水平或 27 千伏单相 TRV 水平完成了一次或两次 C37.60-2003 下要求的任务。然而,示例性的真空故障断路器未成功地以 38 千伏单相 TRV 水平完成测试。

[0081] 对某些综合测试数据的检视显示,在较高的 TRV 水平下,示例性的真空故障断路器远远不那么可能在第一零电流之后成功地清除(中断)故障电流。对示例性真空故障断路器的检视显示,尽管真空故障断路器的接触体磨耗和蚀损的程度以及沉积在绝缘体内表面上蒸汽的量对于较低的电压额定值是可接受的,但是当 TRV 水平接近对 38 千伏单相操作要求的水平时,这两者均变得过度。具体来说,真空故障断路器显示来自屏蔽尖梢以及来自接触体的电弧的迹象。

[0082] 对某些具有与真空故障断路器 700 基本类似的机械结构的示例性真空故障断路器进行了类似的测试。这些测试的结果总结在下表中:

[0083] 真空故障断路器 700:故障中断测试结果

[0084]

	基本上类似于示例性断路器的 VFI	接触体材料	接触背衬材料	功率或综合测试	单相或三相(仅功率)	中断额定值(kA)	电压等级(kV)	峰值 TRV(kV)*	故障总数#**	#未正常清除(仅综合测试)
1	700/100	Cu70/Cr30	不锈钢	综合	-	12.5kA	38kV	92.2kV	120***	13-17
2	700	Cu35/Cr65	铜	综合	-	12.5kA	38kV	92.2kV	116	14
3	700	Cu35/Cr65	不锈钢	综合	-	12.5kA	38kV	92.2kV	116	12
4	700	Cu70/Cr30	不锈钢	综合	-	12.5kA	38kV	92.2kV	116	5-7
5	700	Cu70/Cr30	不锈钢	功率	单相	12.5kA	38kV	95.2kV	232	-

[0085] * 对于功率测试,并非所有操作均在峰值 TRV 水平,取决于故障电流水平

[0086] ** 根据 IEEE C37.602003,并非所有尝试均在 90-100%故障电流水平,一些是在 15-20%和 44-55%

[0087] *** 对于该序列,所有尝试均以不同的非对称水平在 100%电流水平

[0088] 测试的第一真空故障断路器具有基本上与图 7 的真空故障断路器 700 的屏蔽 716 基本类似的屏蔽,以及与图 1 的真空故障断路器 100 的接触背衬 103 和 104 基本类似的接触背衬。使用 100%故障电流尝试(故障)以变化的非对称水平测试了个真空故障断路器,而不是用根据 IEEE C37.60-2003 的任务的综合测试。然而,该测试的结果可以与对真空故障断路器 500 的类似测试相比较,所述类似测试在上面针对真空故障断路器 100 和 500(8 号)的结果表中讨论。尽管真空故障断路器在第一零电流时未成功清除的故障数量(13-17)相对于真空故障断路器 500 在第一零电流时未成功清除的故障数量(20)被减少,但是在真空故障断路器中仍旧存在对接触体磨耗和蚀损的迹象。

[0089] 测试的第二和第三真空故障断路器 700 包括电接触体 501 和 502 以及接触背衬,所述电接触体 501 和 502 由包含 35%铜和 65%铬的合金构成,所述接触背衬基本上类似于图 7 中真空故障断路器 700 的接触背衬 703 和 704。第二真空故障断路器 700 包括铜接触背衬 703 和 704。第三真空故障断路器 700 包括不锈钢接触背衬 703 和 704。这些真空故障断路器 700 具有与如上面在真空故障断路器 100 和 500(7 号)的结果表中讨论的在相同电压针对相同任务测试的真空故障断路器 500 中在第一零电流时未成功清除的故障数量(9-13)类似的在第一零电流时未成功清除的故障量(12-14)。

[0090] 第四真空故障断路器 700 包括电接触体 501 和 502 以及不锈钢接触背衬,所述电

接触体 501 和 502 由包含 70%铜和 30%铬的合金构成,所述接触背衬基本上类似于图 7 中真空故障断路器 700 的接触背衬 703 和 704。当被综合测试时,该真空故障断路器 700 具有基本上减少的在第一零电流时的未成功清除故障数量(5-7)。在测试之后进行检视时,电接触体 701 和 702 显示出很少或没有磨损和蚀损的迹象;类似地,在绝缘体 515 上存在非常少的蒸汽沉积,并且在屏蔽 716、511 和 513 上存在很少或没有电弧的迹象。

[0091] 具有与第四真空故障断路器基本等同的结构第五真空故障断路器 700 也在功率测试中良好。在 38 千伏单相测试中,真空故障断路器 700 成功地完成了两次 IEEE C37.60-2003 故障中断任务,证明了真空故障断路器中断并耐受与该任务相关联的高 38 千伏单相 TRV 水平的能力,即:对 90%到 100%故障水平中断的 82.8kV,对 45%到 55%故障水平中断的 90.2kV,对 15%到 20%故障水平中断的 95.2kV。

[0092] 基本脉冲水平(BIL)测试:

[0093] 已经使用了 BIL 生成器在流体绝缘和固体绝缘两者中进行了多次测试,以仿真示例性真空故障断路器的各种设计在各种瞬态条件(例如雷涌)下的耐受水平。真空故障断路器被测试以遵循建立的测试标准,包括 IEEE 标准 C37.60-2003,尤其是其标题为“Lightning impulse withstand test voltage(闪电脉冲耐受测试电压)”的第 6.2.1.1 章。IEEE 标准 C37.60-2003 要求断路器耐受(即维持电压而不放电)在 1.2 毫秒内升至预定峰值并且随后在 50 毫秒内降至峰值一半的波。真空故障断路器需要在四种条件下耐受电压:当固定端接地时在移动端以正电压和负电压两者激励,以及当移动端接地时在固定端以正电压和负电压两者激励。在每种情况期间,断路器必须耐受三种高压脉冲。如果真空故障断路器未能耐受任何这些高压脉冲,则真空故障断路器必须成功耐受九种额外的电压脉冲(而不能有任何耐受失败),以遵循所述标准。可替换地,可以让真空故障断路器在每种条件下经受 15 个脉冲波,其中真空故障断路器可以最多未能耐受两个,以遵循标准 IEC60060-1-1989-11。

[0094] 通常,对于 27 千伏的系统,期望真空故障断路器耐受 125 千伏的 BIL。通常对于 38 千伏的系统,期望真空故障断路器耐受 150 千伏的 BIL。然而,由于对电力系统增加的期望,越来越普遍期望真空故障断路器耐受 170 千伏。

[0095] 基于大量的测试结果,下表给出对于具有与真空故障断路器 100、500 和 700 基本类似的结构某些示例性真空故障断路器可以期望的典型 BIL 耐受范围。每个断路器具有三英寸外径和 1.75 英寸直径的电接触体。在一些情况中,BIL 仅针对一些条件被测试,导致表格中的空格。同样,在一些情况中,测试了很少的样本,导致小于用于测量的分布的典型分散。

[0096] 真空故障断路器 100、500 和 700 的 BIL 测试结果

[0097]

基本上类似于示例性断路器的 VFI	接触体材料	接触背衬	典型的 BIL, 移动端 + (kV)	典型的 BIL, 移动端- (kV)	典型的 BIL, 固定端 + (kV)	典型的 BIL, 固定端- (kV)
100	Cu70/Cr30	无	140-160	140-160	140-160	140-160
500	Cu70/Cr30	不锈钢	145-160	145-160	145-160	145-160
700/100*	Cu70/Cr30	不锈钢	145-175	160-170	-	-
700	Cu35/Cr65	铜	170	160-170	-	-
700**	Cu35/Cr65	不锈钢	150+	150+	-	-
700	Cu70/Cr30	不锈钢	155-175	160-175	160-175	155-175

[0098] * 断路器基本上类似于 700,但是使用 100 的不锈钢接触背衬

[0099] ** 断路器未在高于 150 千伏下被测试

[0100] 如从这些结果可以看到的,尽管期望具有基本上类似于示例性真空故障断路器 100 和 500 的设计的真空故障断路器具有大致 145 千伏到 160 千伏的 BIL 耐受,但是期望具有基本上类似于示例性真空故障断路器 700 的设计的真空故障断路器具有大致 160 千伏到 175 千伏的 BIL 耐受。

[0101] 总之,前述示例性实施方案使得真空故障断路器可行。很多其他的修改、特征和实施方案对于得益于本公开内容的本领域普通技术人员来说将是显而易见的。例如,本文描述的实施方案的一些或所有可以被调适以供在其他类型的真空开关装置中使用,例如用于隔离配电线的部分、开启或关闭负载电流,或者开启或关闭用于控制功率指令的电容器组的真空开关。很多这些其他的真空产品面临高压应用和长有效寿命的要求,对此可以应用和/或调适本文描述的某些实施方案。因此应该意识到,除非以其他方式明确陈述,否则本发明的很多方面在上面仅仅是通过实施例的方式描述的,并且并不打算作为本发明的必要或关键要素。还应该理解,本发明并不限于图示的实施方案,并且可以在所附权利要求书的精神和范围内进行各种修改。

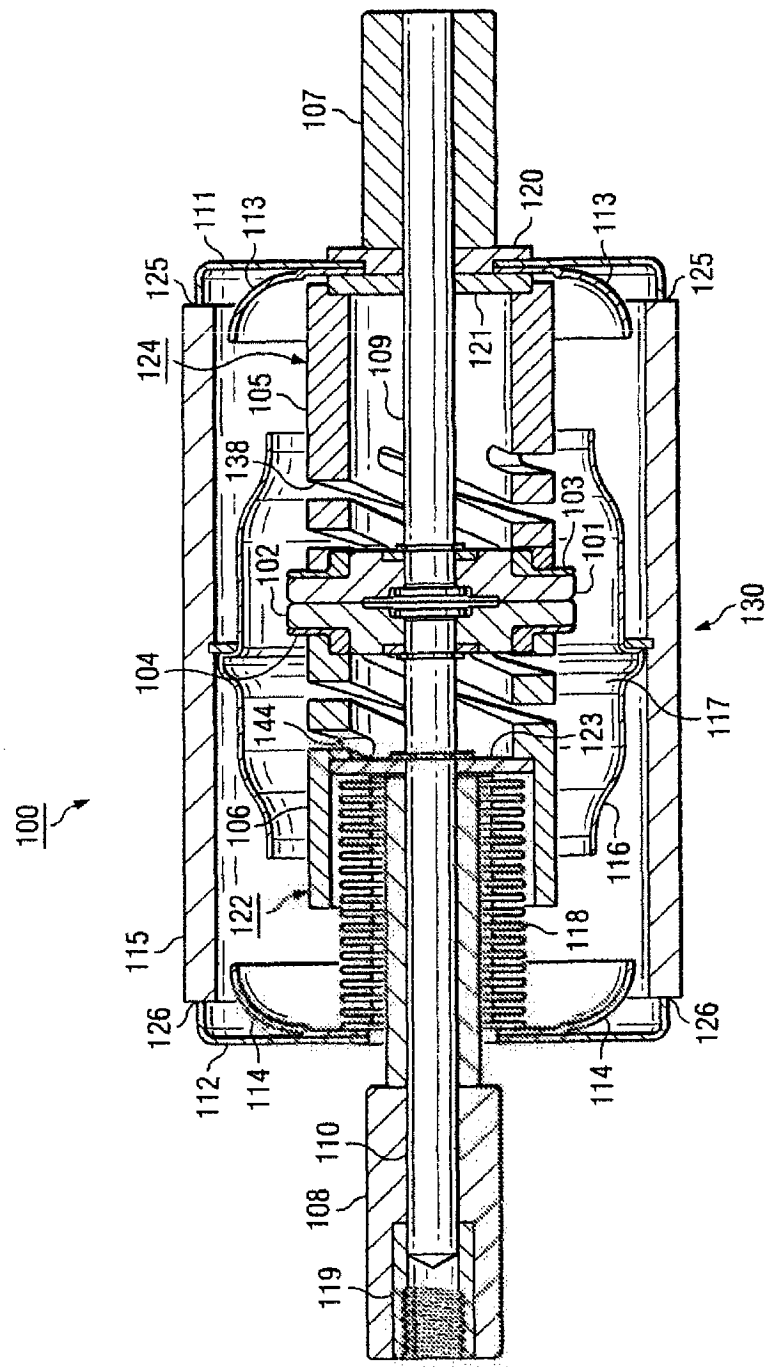


图 1

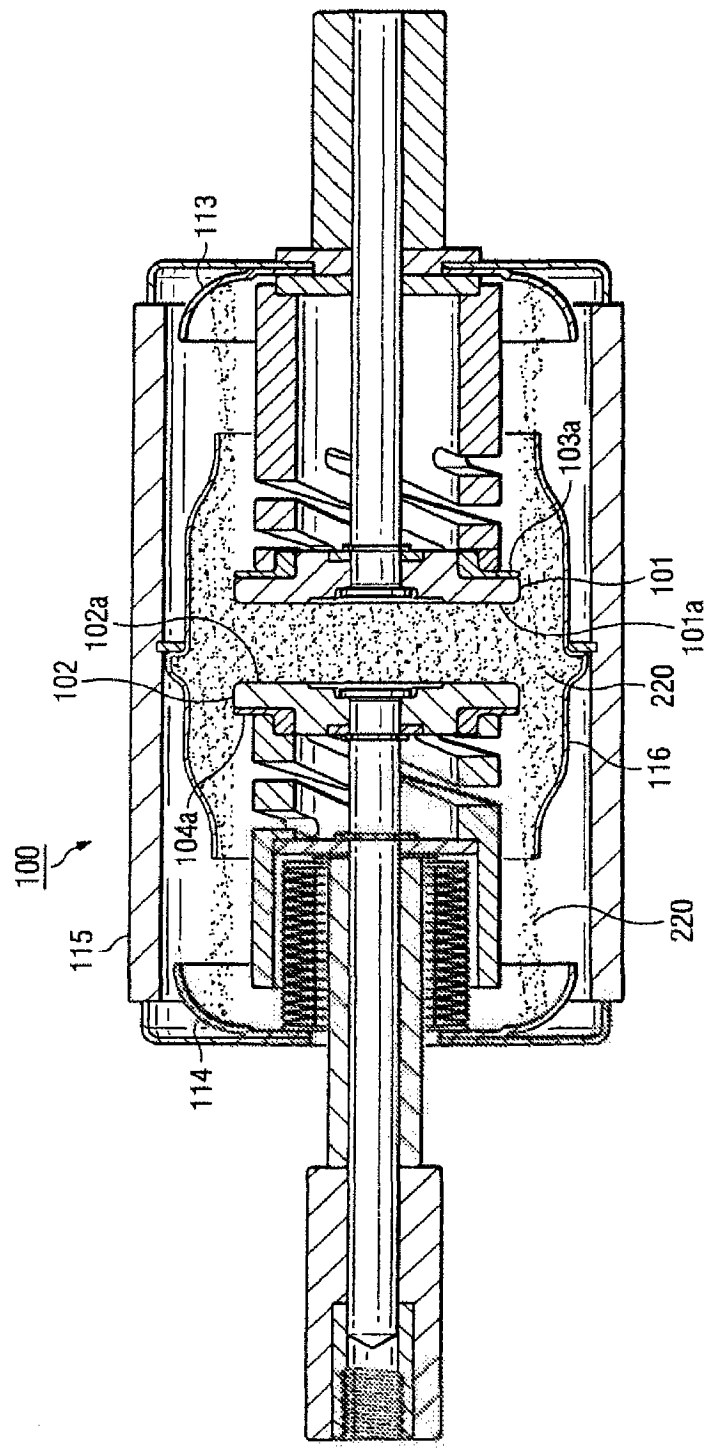


图 2

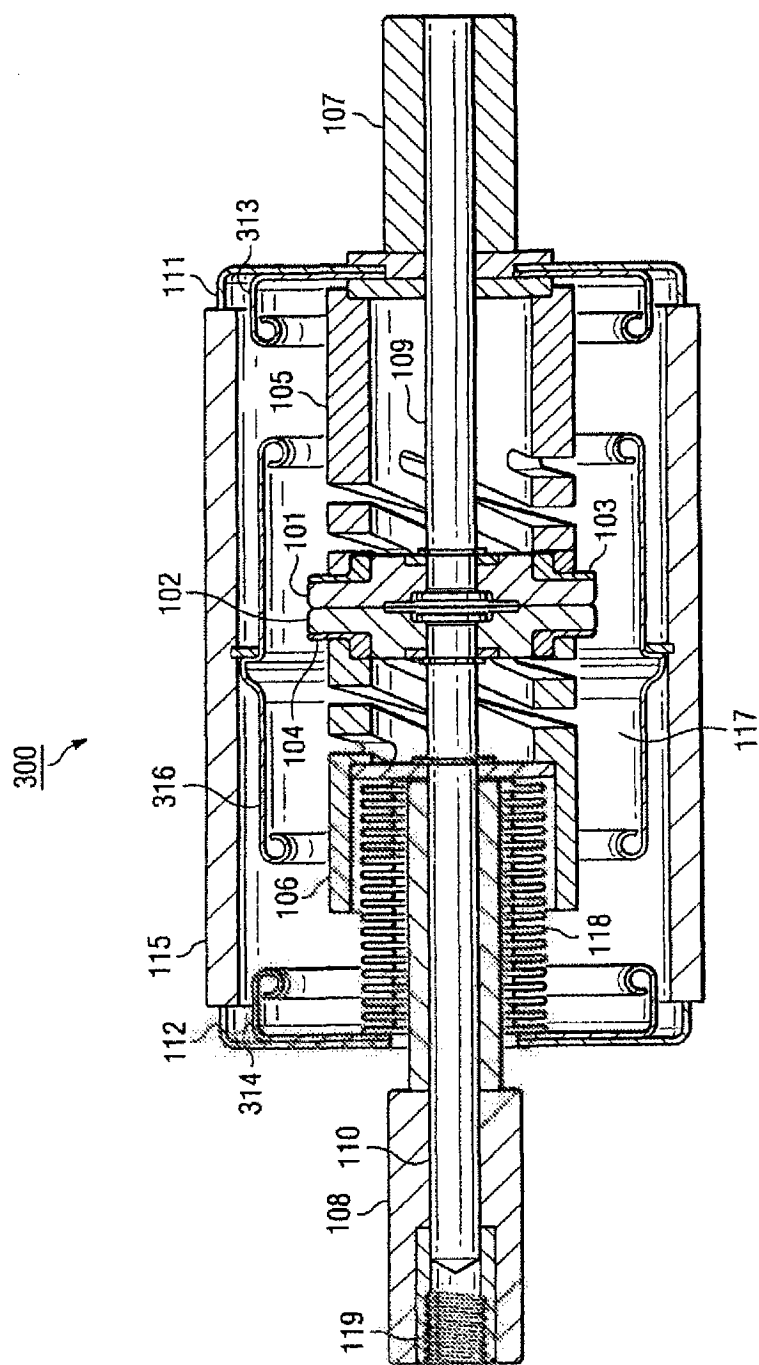


图 3

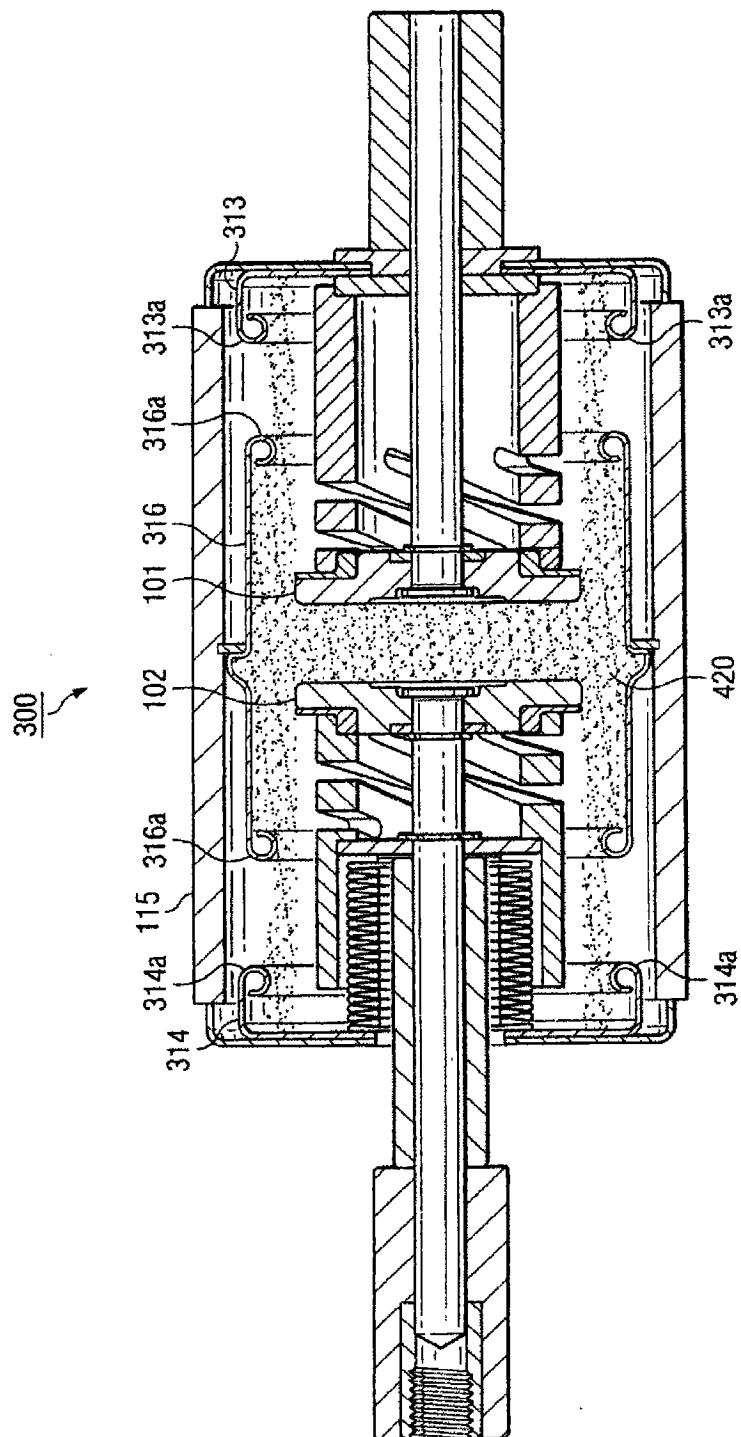


图 4

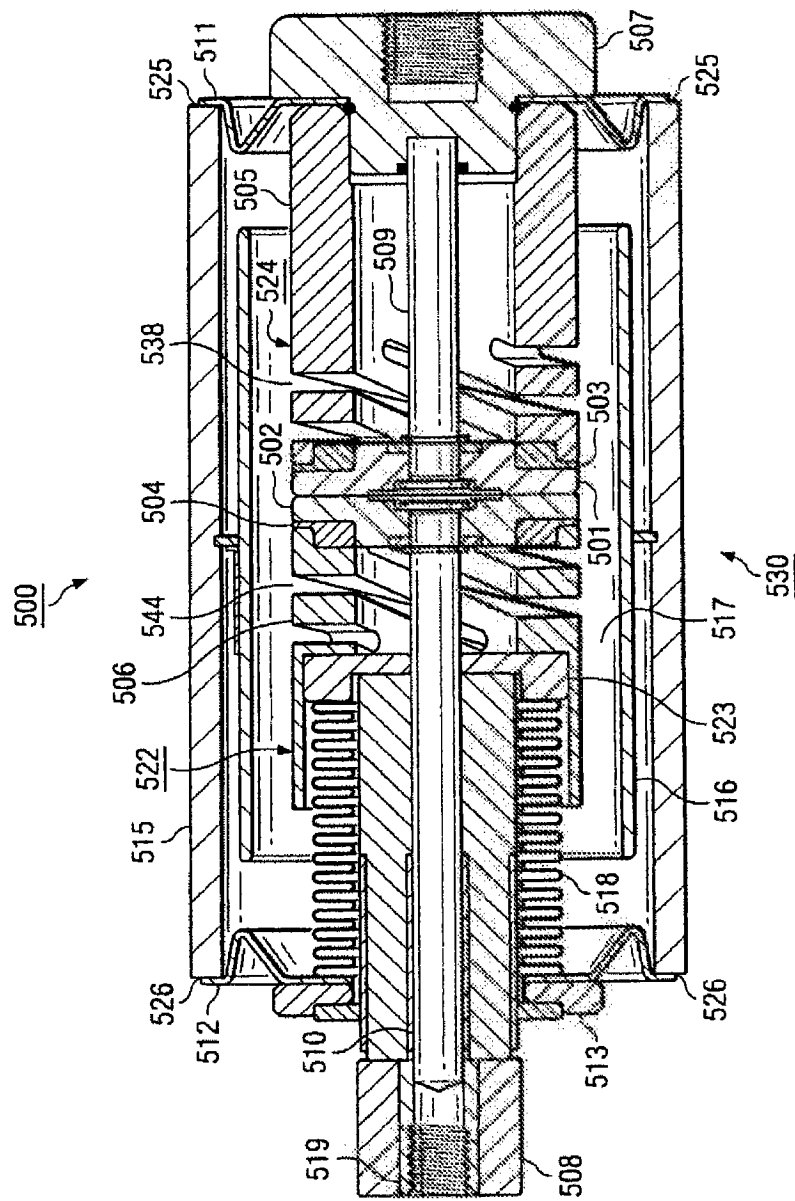


图 5

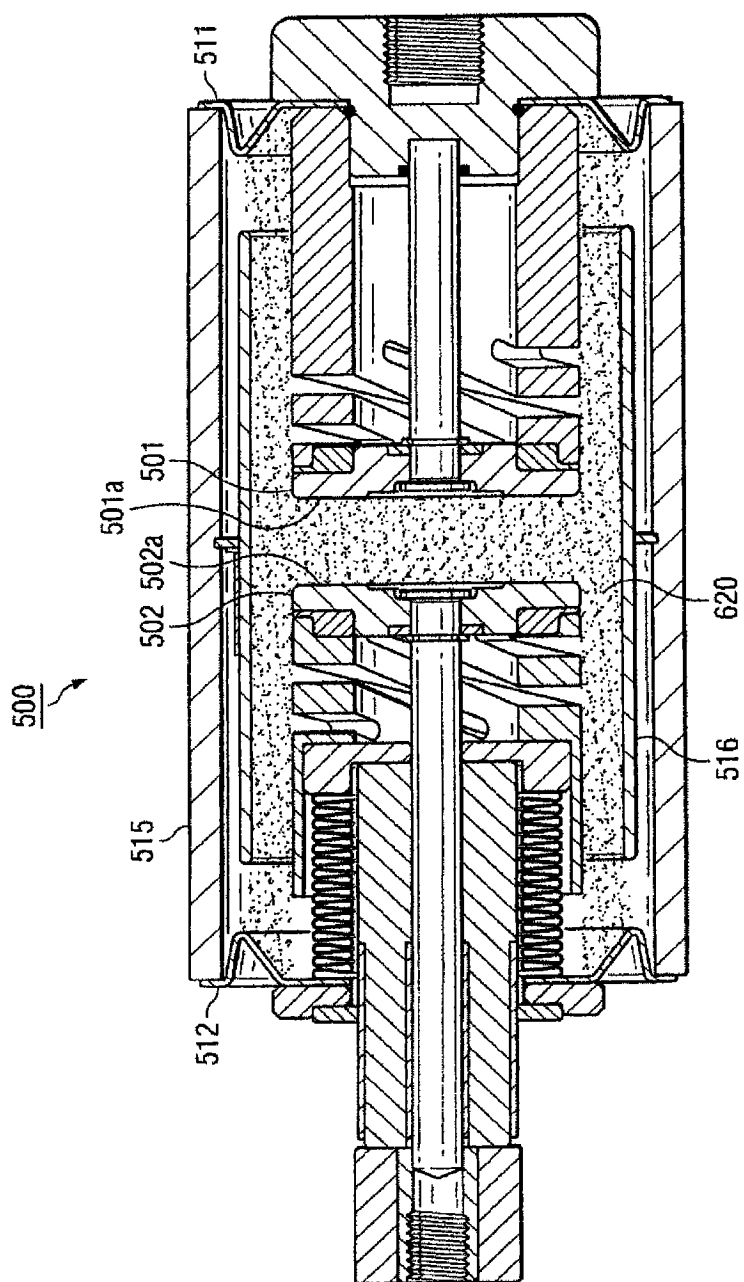


图 6

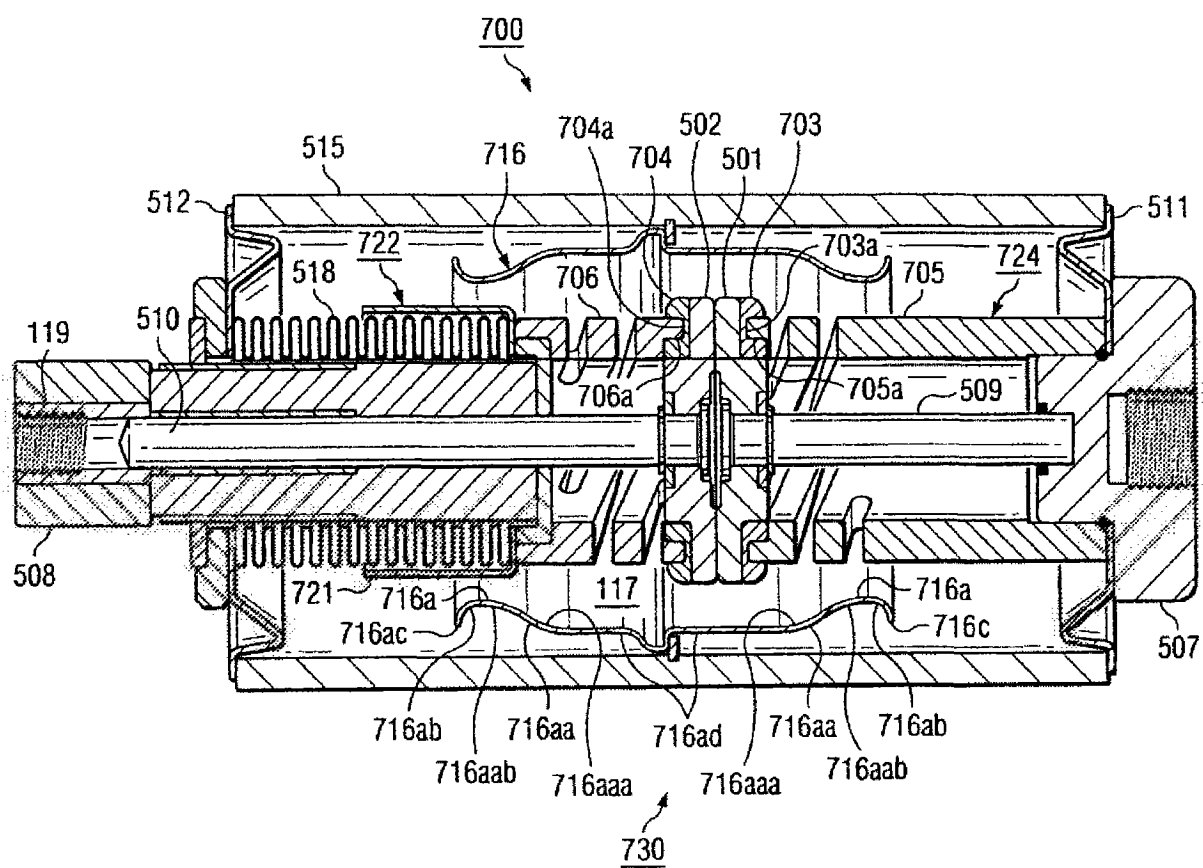


图 7

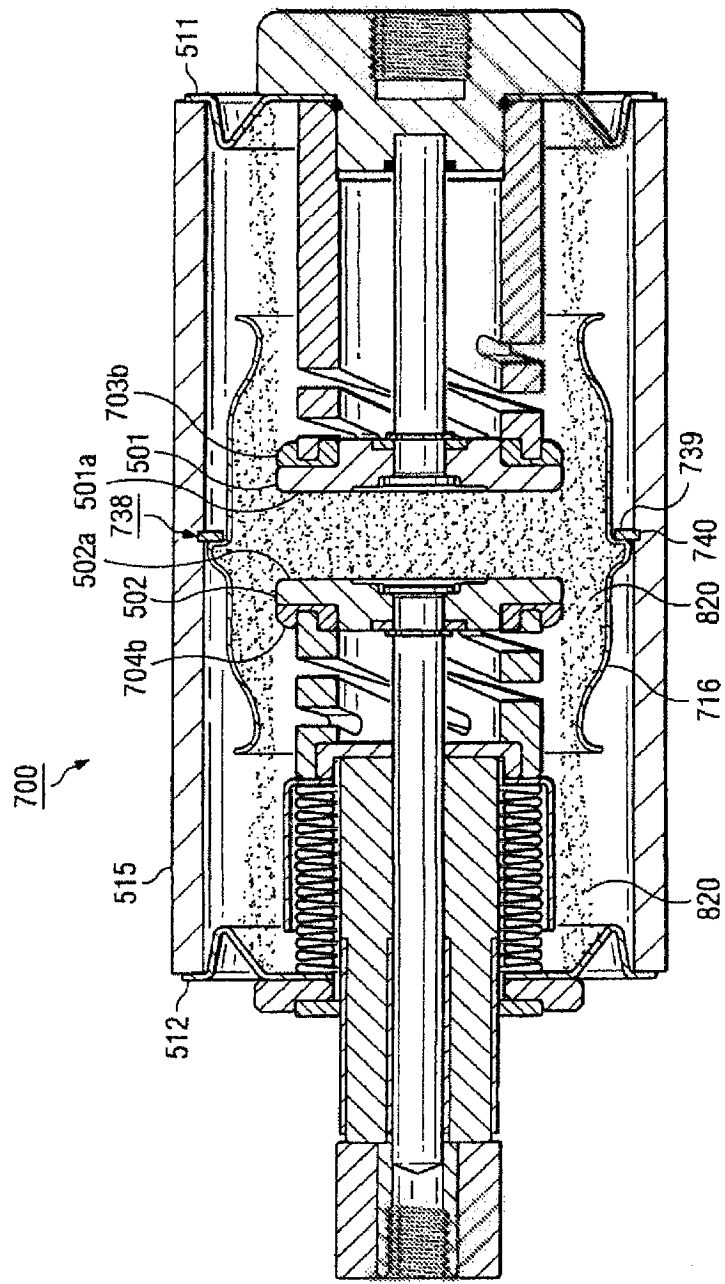


图 8

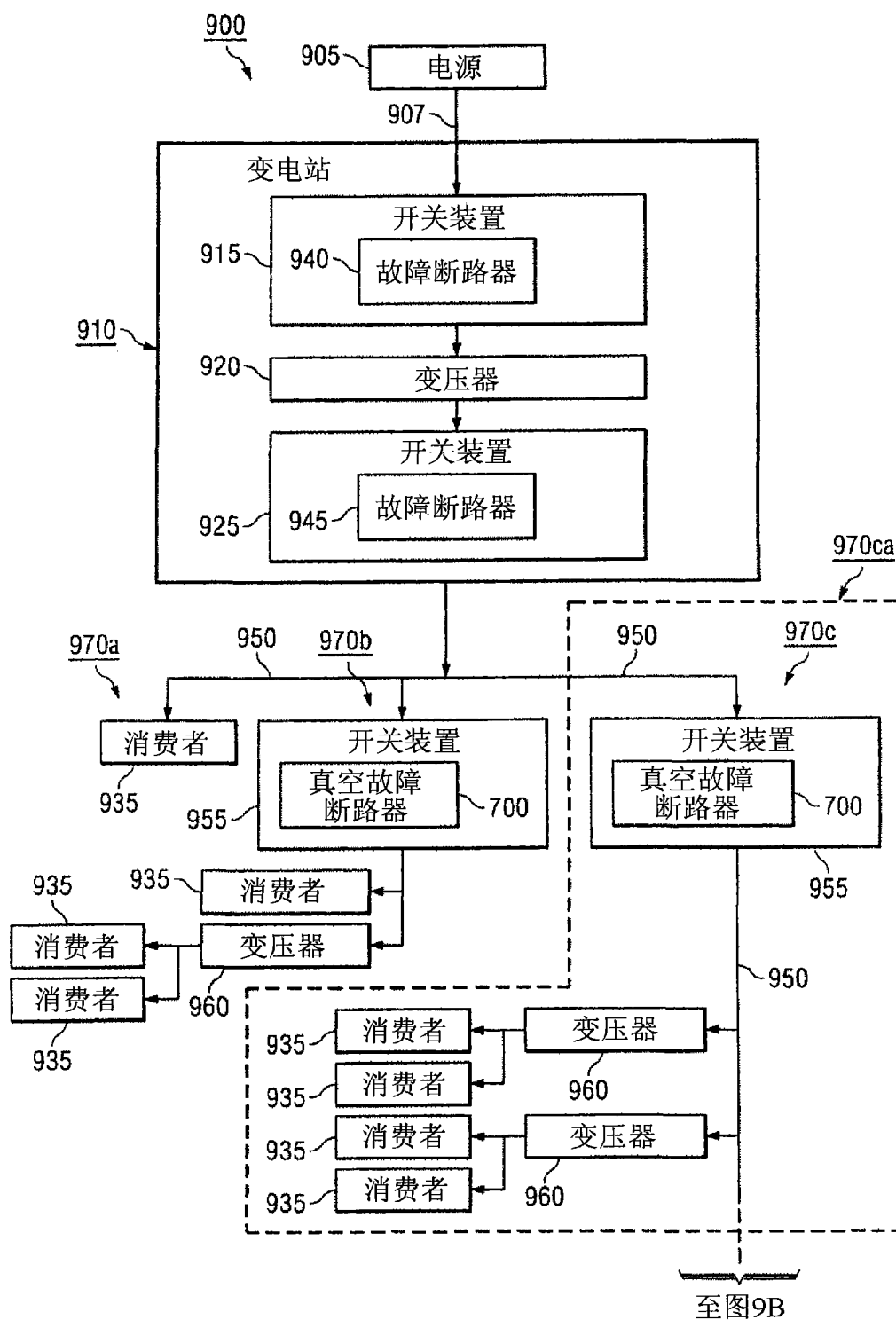


图 9A

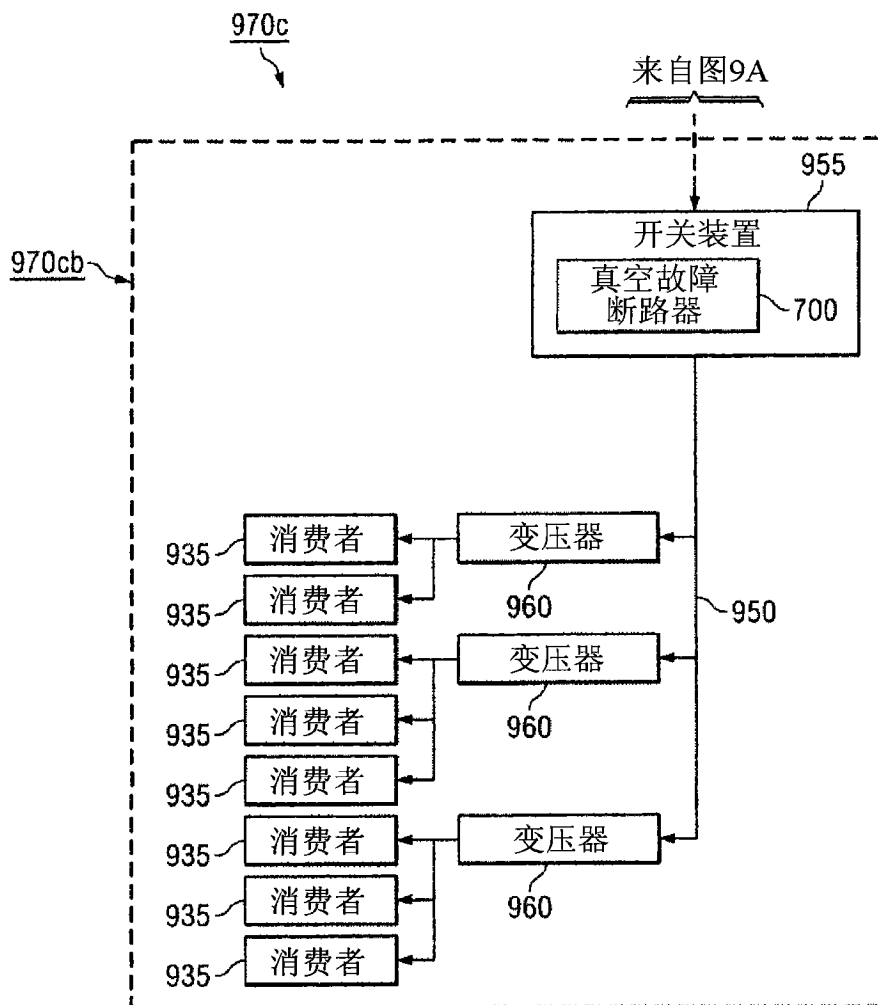


图 9B