



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103946944 B

(45)授权公告日 2017.09.29

(21)申请号 201280057394.3

(22)申请日 2012.09.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103946944 A

(43)申请公布日 2014.07.23

(30)优先权数据
1158456 2011.09.22 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.05.22

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2012/068686 2012.09.21

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/041695 FR 2013.03.28

(73)专利权人 施耐德电器工业公司
地址 法国吕埃-马迈松

(72)发明人 Y.基费尔 A.吉罗德特 D.皮科兹
R.马拉登

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105
代理人 王景刚

(51)Int.Cl.
H01H 33/22(2006.01)
C09K 3/30(2006.01)
H02B 13/055(2006.01)

(56)对比文件
DE 202009009305 U1, 2009.12.10,
CN 1973016 A, 2007.05.30,
US 2010/0123095 A1, 2010.05.20,
DE 202009018239 U1, 2011.07.07,
审查员 张帆行

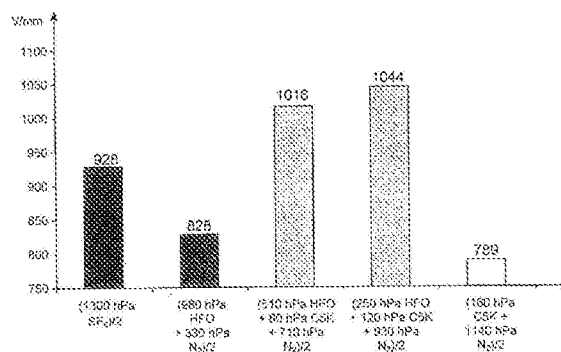
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

用作绝缘和/或灭弧介质的氢氟烯烃和氟酮混合物以及包括该混合物的气体绝缘中压电气设备

(57)摘要

本发明涉及包括氢氟烯烃和氟酮、可选地与稀释气体关联的混合物的应用,作为中压电气设备中的电绝缘和/或灭弧介质。本发明还涉及中压电气设备,其中通过包括氢氟烯烃和氟酮、可选地与稀释气体关联的混合物提供电绝缘和/或电弧熄灭。



1. 一种气体介质作为中压配电电气设备中的电绝缘和/或灭弧介质的应用,所述气体介质包括具有三个碳原子的氢氟烯烃和具有五个碳原子的氟酮。

2. 根据权利要求1所述的气体介质的应用,其中,氢氟烯烃是反式-1,3,3,3-四氟-1-丙烯(HF0-1234ze)、2,3,3,3-四氟-1-丙烯(HF0-1234yf)、或1,2,3,3,3-五氟丙烯(HF0-1225ye)。

3. 根据权利要求1所述的气体介质的应用,其中,氟酮是十氟-2-甲基丁-3-酮。

4. 根据权利要求1所述的气体介质的应用,其中,气体介质还包括稀释气体。

5. 根据权利要求4所述的气体介质的应用,其中,所述稀释气体是空气、氮气、氧气、二氧化碳或者这些气体的混合物。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的气体介质的应用,其中,混合物中的氟酮和氢氟烯烃的分压根据高于设备最低操作温度3℃的温度下的拉乌尔定律、作为设备的最低温度的函数进行选择以便不产生液相。

7. 根据权利要求6所述的气体介质的应用,其中,氟酮的分压在80和120hPa之间。

8. 根据权利要求6所述的气体介质的应用,其中,所述最低温度($T_{\min}$)是-40℃、-35℃、-30℃、-25℃、-20℃、-15℃、-10℃、-5℃或0℃。

9. 一种中压电气设备,包括密封的壳体,各电气组件于壳体中配设在一起,壳体中具有提供电绝缘和/或熄灭可能发生的电弧的气体介质,其特征在于,气体介质包括具有三个碳原子的氢氟烯烃和具有五个碳原子的氟酮。

10. 根据权利要求9所述的电气设备,其中,氢氟烯烃是反式-1,3,3,3-四氟-1-丙烯(HF0-1234ze)、2,3,3,3-四氟-1-丙烯(HF0-1234yf)或1,2,3,3,3-五氟丙烯(HF0-1225ye),而氟酮是十氟-2-甲基丁-3-酮。

11. 根据权利要求9所述的电气设备,其中,气体介质还包括稀释气体。

12. 根据权利要求11所述的电气设备,其中,所述稀释气是自空气、氮气、氧气、二氧化碳或者这些气体的混合物。

13. 根据权利要求9至12中任一项所述的电气设备,其中,氢氟烯烃和氟酮以根据高于设备最低操作温度3℃的温度下的乌拉尔定律所限定的比例存在于介质中以便不产生液相。

14. 根据权利要求9至12中任一项所述的电气设备,其中,电气设备是气体绝缘变压器、用于传输或配电的气体绝缘线路、或者电连接/断开设备。

15. 根据权利要求9至12中任一项所述的电气设备,其中,电气设备包括CaSO₄分子筛。

用作绝缘和/或灭弧介质的氢氟烯烃和氟酮混合物以及包括该混合物的气体绝缘中压电气设备

技术领域

[0001] 本发明涉及中压设备中的电绝缘和电弧熄灭领域。

[0002] 准确来说,本发明涉及混合物的应用,该混合物包括特定的烯烃,也就是具有三个碳原子的氢氟烯烃;以及基于氟酮的载体气体(vector gas),即十氟-2-甲基丁-3-酮(decafluoro-2-methylbutan-3-one),作为配电电气设备(substation electrical device)以及特别是中压设备中的绝缘和/或灭弧介质。该混合物可以包括全球变暖潜能值较低且特别是小于或者等于1的其他气体。

[0003] 本发明还涉及配电中压电气设备,其中,电绝缘和/或电弧熄灭通过气体混合物实现,气体混合物包括至少一种氟酮和一种氢氟烯烃,后一化合物在存在于气体介质中的气体中具有最高全球气体变暖潜能值。

[0004] 这种电气设备具体可以是变压器,比如电源变压器或者测量变压器、用于电力传输和配电的气体绝缘线路、一组汇流排或者电气连接/断开装置(也称为开关设备),例如断路器、开关、将开关与保险丝结合的单元、切断开关、接地开关或触点。

背景技术

[0005] 在上下文中,术语“中压”(MV)和“高压”(HV)以其习惯性接收范围使用,也就是说,术语“中压”意指的电压是:超过1000伏特但不超过52000伏特的交流电,以及超过1500伏特但不超过75000伏特的直流电,而术语“高压”指严格超过52000伏特的交流电和超过75000伏特的直流电。

[0006] 在中压或高压电气设备中,电绝缘和可能的电弧熄灭通常由封闭在设备中壳体内部的气体来实现。目前,最常用的气体是六氟化硫(SF₆):该气体具有相对高的介电强度、良好的热导性以及低介电损耗。该气体在化学上呈惰性,并且对人和动物无毒性,在被电弧分解之后,其迅速且几乎完全地重新结合。该气体还是不易燃的,且其价格也还适中。

[0007] 但是,SF₆的主要缺点在于,其全球变暖潜能值(GWP)为22800(相对CO₂,超过100年),并且在大气中的停留时间为3200年,这使其成为具有强全球温室效应的气体中的一员。因此,SF₆被包括在京都议定书(1997)中,在必须限制排放的气体名单上。

[0008] 最好的限制SF₆排放的方法是限制该气体的使用,这使得制造商寻求SF₆的替代品。实际上,其它解决方案,例如将气体绝缘与固体绝缘结合的混合系统(EP 1 724 802-参考文献[1]),相比使用SF₆绝缘的体积增加了电气设备的体积;在油或者真空中的断路使得有必要重新设计设备。

[0009] 已知的介质气体:参见例如WO 2008/073790(参考文献[2])。但是,对环境无害的诸如空气或氮气等所谓的“简单”气体,其介电强度比SF₆低很多;将该气体用于中压/高压设备的电绝缘/电弧熄灭,将需要大大增加这些设备的体积和/或填充压力,这与过去几十年所做出的研发紧凑的和较不庞大的电气设备的努力相悖。

[0010] 全氟化碳(C_nF_{2n+2}, c-C₄F₈)总体上具有吸引人的介电强度性能,但是其GWP通常在

5000至10000的范围内。具有合适的介电特征和GWP的其它替代物,例如三氟碘甲烷(CF₃I),被归类在目录3的致癌物、诱导有机体突变的物质、以及生殖毒性物质中,这使得其以工业规模使用是无法接受的。

[0011] SF₆和诸如氮气或者二氧化氮等其它气体的混合物被用于限制SF₆对环境的影响;参见例如W0-A-2009/049144(参考文献[3])。然而,由于SF₆的全球变暖潜能值高,这些混合物的全球变暖潜能值仍旧非常高。于是,例如SF₆和氮气以10:90的体积比的混合物在交流电(50Hz)中的介电强度相当于SF₆的介电强度的59%,但是其全球变暖潜能值在8000至8650的量级。因此,这种混合物不能作为具有低环境影响的气体使用。

[0012] 因此,只有具有高GWP的混合物在低温下才具有类似于SF₆的介电强度;所有现有技术中已知的具有低GWP的混合物相应于最低操作温度可用来达到SF₆设备性能的不足80%;为了接近SF₆的性能,考虑到更长的绝缘距离和可能增加的特殊装置,例如筛、致偏器或者覆层,这些气体混合物需要重新设计中压或高压设备。

[0013] 发明者因此为自身设定的目标是:找到一种气体,既具有良好的电绝缘和电弧熄灭性能,又对环境具有较低影响或者没有影响。研究使得他们寻找一种新的气体混合物,该气体混合物可以用在目前市场的中压和高压电气设备中,以取代这些设备通常所填充的SF₆,贯穿这些设备的全部操作温度范围且尤其是在低的温度下。

发明内容

[0014] 这些和其它目标通过本发明达到,首先,本发明提出了气体介质作为中压设备中的电绝缘和/或灭弧介质的应用,所述气体介质包括至少一种氢氟烯烃和一种氟酮。

[0015] 所用氟酮是具有含有五个碳原子的碳链的酮,优选地完全由氟取代,更加优选的是十氟-2-甲基丁-3-酮类型的,其无毒性、无腐蚀性、不易爆炸,其由于酮基的-C=O双键对紫外线的敏感性,在大气中降解非常快,并因此具有接近1的GWP。

[0016] 所用氢氟烯烃是具有含有三个碳原子的碳链的氟化烯烃,优选地是C₃H₂F₄或C₃HF₅类型的,其无毒性、无腐蚀性、不易爆炸,具有等于0的ODP(消耗臭氧潜能值)、低于10的GWP。

[0017] 这两种类型的化合物具有的介电性能能够使得它们取代SF₆作为中压配电电气设备中的绝缘气体和/或灭弧气体。

[0018] 据本发明,混合物构造成使得一旦混合物被封闭在电气设备中,其成分在混合物所经受的温度和压力条件下保持气体状态下。氟酮和氢氟烯烃之间的混合物因此可单独使用;但是,如果在对于例如可能需要大于10⁵帕斯卡(Pa)的某些应用场合来说足够的总压下,沸点使得不能保证其被保持在气体状态,则混合物通常用至少一种不属于其家族的其它气体进行稀释。

[0019] 在此情况下,根据本发明,气体介质中所用的其它气体相比氢氟烯烃具有更低的全球变暖潜能值;载体气体(vector gas)或者稀释气体或者缓冲气体优选地具有非常低的沸点,也就是在标准压力下通常低于或者等于-50℃,以及至少等于氮气或者二氧化碳的介电强度的介电强度。优选地,该混合物包括如下的气体:氮气、空气-有利的是干空气、氧气、二氧化碳类型气体或者这些气体的混合物。气态介质的总全球变暖潜能值与其每种成分的分压力有关,并因此低于10,优选地低于5。

[0020] 有利的是,为了最大量地配设每种气体同时在设备的最低操作温度不产生液相,

气体介质的组成将根据相应于设备的最低操作温度、乃至相应于稍高于设备最低操作温度的温度,特别是高于设备最低操作温度3℃的温度的拉乌尔定律予以限定。特别地,对于氟酮(FK)/氢氟烯烃(HFO)/稀释气体三元混合物,每个组分的压力将因此由下式确定:

$$[0021] \quad P_{\text{total}} = \frac{P_{\text{HFO}} + P_{\text{FK}}}{\frac{P_{\text{HFO}}}{\text{PVS}_{\text{HFO}}} + \frac{P_{\text{FK}}}{\text{PVS}_{\text{FK}}}} + P_{\text{dilution gas}}$$

[0022] 其中PVS=相关气体的饱和蒸汽压。

[0023] 因此,在直通线和漏电起痕中气体介质的介电强度取可能取值中的最高值且尽可能接近SF₆的。

[0024] 在优选的实施方式中,最低操作温度T_{min}选自:0、-5、-10、-15、-20、-25、-30、-35和-40℃。有利的是,氟酮的分压在80和120hPa之间,特别是对于-25℃的最低操作温度,HFP和N₂的余数根据-22℃下应用的拉乌尔定律确定。

[0025] 本发明的另一目的是中压电气设备,包括密封的壳体,各电气组件于壳体中配设在一起,壳体中具有提供电绝缘和/或熄灭电弧的气体介质,该气体介质包括至少一种氢氟烯烃和一种氟酮。该气体介质的特性如上面关于其应用所作的说明。该设备优选地包括CaSO₄分子筛。

[0026] 根据本发明,电气设备可以是气体绝缘变压器,例如配电变压器或者测量变压器。该电气设备也可以是地上或地下的气体绝缘线路,或者一组用于传输或分配电力的母线。最后,该电气设备也可以是电连接/断开装置(也称为开关设备),例如断路器、开关、切断开关、将开关与保险丝组合的单元、接地开关或接触器。

附图说明

[0027] 从随后对本发明的特定实施例的描述中,其它的优点和特征将变得更清晰,所述特定实施例用于进行说明,而不是限制性的,并且体现在附图中。

[0028] 图1A和1B表示作为温度函数的、根据本发明优选实施方式的混合物中的饱和蒸汽压;图1A图示用于三元混合物的总气体压力的渐变,其比例通过相应于-25℃下液相的理论出现的拉乌尔定律限定,图1B相应于-22℃下理论出现。

[0029] 图2A表示用于漏电起痕测试的设备的纵剖面图,其结果在图2B中综合示出。

[0030] 图3A表示设备,直通线方面的介电强度测试用根据本发明的气体介质在该设备中进行,其结果在图3B中综合示出。

[0031] 图4综合示出在局部放电测试期间获得的结果。

[0032] 图5综合示出在热测试期间获得的结果。

[0033] 图6表示作为温度函数的两种HFO和C5K的饱和蒸汽压力。

具体实施方式

[0034] 本发明基于使用具有五个碳原子的氟酮(C5K)和具有至少三个碳原子的氢氟烯烃(HFO),具有或者不具有稀释气体(dilution gas) (“缓冲(buffer)”气体例如N₂、CO₂、空气等)。C5K是被氟取代的酮,不易燃并且它们的GWP很低;特别地,所用的C5K具有实验式C₅F₁₀O,并且特别地,选择十氟-2-甲基丁-3-酮,其满足半展开式(semi-developed

formula) $\text{CF}_3\text{-CO-CF-(CF}_3)_2$, 全球变暖潜能值 $\text{GWP}=1$ 。C5K 对人体无毒性, 职业接触限值 (在每周五天每天工作 8 小时的情况下, 多数工人通常暴露其下而不会受到任何有毒影响的平均极限浓度) $\text{OEL}=1000\text{ppm}$, 引起动物种群 50% 死亡的致命剂量 DL_{50} 等于或大于 200000ppm 。

[0035] HF0 是被氟取代的烯烃, 通式为 $\text{C}_n(\text{H}, \text{F})_{2n}$ 。特别是, 所用的 HF0 包括三个碳原子; 它们是不易燃的, 且它们的 GWP 小于 10。特别地, 满足半展开式 $\text{CHF}=\text{CH-CF}_3$ 的氢氟烯烃 HF0-1234ze 或者反式-1, 3, 3, 3-四氟-1-丙烯被用于以下比较实例。它的环境影响是 $\text{GWP}=6$, 并且对人体无毒性, $\text{OEL}=1000\text{ppm}$ 以及 $\text{DL}_{50}>200000\text{ppm}$ 。然而, 在大部分非常低温应用场合 (-30°C , 或者甚至 -40°C), HF0 在氮气类型的中性载体气体 (neutral vector gas) 中稀释, 有时稀释至小于 20%; 因此该混合物是无毒性的。HF0-1234yf 或 2, 3, 3, 3-四氟-1-丙烯, 以及 HF0-1225ye 或 1, 2, 3, 3, 3-五氟丙烯也可被构想出用于根据本发明的混合物。

[0036] 根据本发明, 无论电气设备的操作温度如何, HF0 和 C5K 的混合物以气体形式使用。因此, 这两种成份的每一种成份的分压应当小于或等于根据拉乌尔定律计算出的压力。事实上, 由于氟酮和氢氟烯烃的分子因它们的组成而非常类似, 因此, 由于相互作用, 对于它们的给定操作温度下的饱和蒸汽压的限制在预期操作温度以上的温度下会产生液相。

[0037] 所推荐的绝缘和/或灭弧介质的内部压力依赖于设备而变化: 特别地, 出于不同的技术原因, 有意义的是具有充分高的总压, 一般严格地大于 10^5Pa 。根据本发明, 由于在电气设备的最低温度下 HF0/C5K 混合物完全呈气体形式以满足给定的填充压力条件, 因此如必要, 则添加稀释气体或缓冲气体。优选地, 在与那些用于测试 CO_2 或空气的介电强度相同的测试条件下 (相同的设备、相同的几何结构、相同的操作参数等等), 稀释气体具有大于或等于 CO_2 或空气的介电强度的介电强度, 以及非常低的沸点, 低于或者等于设备的最低操作温度 $T_{\min}$ 。此外, 根据本发明, 所使用的稀释气体是空气或 CO_2 类型的具有低 GWP 的气体: 因此, 在电气设备中用作绝缘和灭弧介质的气体介质的 GWP 小于或者等于参考 HF0 的 GWP 。优选地, 对于不均匀场设备, 使用二氧化碳; 可选择地, 使用 GWP 为 0 的稀释气体, 氮气 N_2 。

[0038] 有利的是, 对于三元氟酮 C5K、氢氟烯烃 HF0 和稀释气体混合物, 为了使组成混合物的每一种氟化气体的量最大化同时在设备的最低操作温度下不产生液相, 每种组分的压力因此将由根据拉乌尔定律所推导出的下述公式确定 (P_x 是相关气体的压力, PVS_x 是其饱和蒸汽压):

$$[0039] \quad P_{\text{tot}} = \frac{P_{\text{HF0}} + P_{\text{C5K}}}{\frac{P_{\text{HF0}}}{\text{PVS}_{\text{HF0}}} + \frac{P_{\text{C5K}}}{\text{PVS}_{\text{C5K}}}} + P_{\text{dilution gas}}$$

[0040] 例如, 对于最低操作温度 $T_{\min}=-25^\circ\text{C}$, 混合物的若干种组成可在不形成液体的情况下用于填充具有密封外壳的电气设备, 其中 20°C 下的总填充压力是 1.3bars , 换言之 $1.3 \cdot 10^5\text{Pa}$, 如表 I 所示。

[0041]	P_{C5K}	P_{HFO}	P_{N2}
	$0.15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$1.10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.14 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$1.04 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.13 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.18 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.99 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.93 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.11 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.31 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.88 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.37 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.83 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.09 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.43 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.78 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.08 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.49 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.73 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.07 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.55 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.68 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.06 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.68 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.57 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.04 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.74 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.52 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.47 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	$0.02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.86 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.42 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
	10^3 Pa	$0.92 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.37 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
[0042]	10^2 Pa	$0.98 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	$0.319 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

[0043] 表I: 在 $1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下, C5K+HFO-1234ze+N₂混合物的比例

[0044] 但是, 通过用这种混合物填充配备有透明窗的外壳, 似乎对于这些混合物仅只对于小于或等于 -28°C 的温度才出现液相: 因此, 拉乌尔定律不完全适用。

[0045] 然而, 用于混合物的两种氟化化合物的每一种化合物, 纯HFO和纯C5K, 的介电强度优于稀释气体的介电强度 (也参见图3B)。因此, 为了增加直接从其摩尔组成得到的混合物的介电特性, 根据本发明优选的实施方式, 混合物被最优化以包括比以上理论值更多的氟化化合物; 有利的是, 理论组成通过以不出现液相的比例添加C5K予以增加, 以提高气体混合物的节电特性, 特别是在漏电起痕 (tracking) 方面。

[0046] 特别地, 如图1A所示, 包括40hPa的C5K、740hPa的HFO-1234ze和520hPa的氮气的混合物, 在高温下差不多遵循由理想气体定律定义的曲线; 在低温下与之偏离, 特别是 -28°C 以下 (有时候靠前, 由于例如在 -20°C 下测试设备使用的限制), 对应于与表征根据拉乌尔定律的这种混合物特性的曲线的交叉点。因此, 在最低温度下, 遵循通过拉乌尔定律给出的值较为保守并且使得可以确保不出现液相, 拉乌尔曲线下方的区域。

[0047] 因此, 图1B示出已经添加了20hPa的C5K的前述混合物的特性; 明显地, 在高温下, 曲线按比例偏移位于理想气体曲线以下。如果理论上液体的出现应当发生在 -22°C , 那么实验上 (也参见实际曲线的中断) 液体的形成发生在 -25°C 以下。

[0048] 根据本发明的优选实施方式,三元混合物的每种成分的组成根据拉乌尔定律确定,使得在可等于设备的最低操作温度下、或稍高温下,例如比所述最低温度少10%温度下、或者优选地在预期最低操作温度加3℃的温度下,不出现液相。

[0049] 根据本发明的气体介质满足现有设备的使用条件,并且利用氢氟烯烃和氟酮的两种分子之间的协同作用效果其特性优于每种氟化气体、甚至SF₆的二元混合物。特别地,漏电起痕强度(tracking strength)测试在处于1.3÷2bars(换言之1300÷2hPa)下的设备中进行,如图2A所示,两个电极之间分开251mm,具有铜导体以及硅填充的环氧树脂作为绝缘体。如图2B中所示,可以注意到,对于硅填充的环氧化物,根据本发明的由HF0、C5K和稀释气体构成的三元混合物比SF₆具有更好的耐电痕性(大于1 000V/mm与小于930V/mm相比),以及比每种成分(这些成分中的每个单独成分具有劣于SF₆的特性)的二元混合物具有更好的耐电痕性。

[0050] 类似地,在1.3bars(换言之1300hPa)下在直通线上的介电强度测试表明,根据本发明的混合物的性能比各单独的成分与稀释气体组合的性能更好:图3A表示用SF₆或者N₂与HF0以及/或者C5K的混合物填充到1.3bars(即1300hPa)的环氧化物外壳,以测量距离为12mm、半径12mm的两个触头之间的介电强度。对于测得的介电强度,HF0和C5K之间的协同作用效果是显著的:图3B。

[0051] 对于局部放电来说,根据本发明的三元混合物相比于二元混合物的优势也是可见的(图4):对于三元混合物,消弧阈值甚至大于SF₆的65kV的消弧阈值,而对于二元混合物来说则低一些。

[0052] 鉴于本发明的氟化混合物——独自或与空气或氮气型普通稀释气体一起——的性能,可以设想在现有设备中予以使用。特别地,在使用充油真空泵形成真空(0至0.1kPa)以后,可以用C5K、HF0-1234ze和CO₂气体的混合物填充设计用于-25℃下的GIS型中压电气设备(例如,施耐德电气的FBX 24kV设备,在其当前的商业版本中在1300hPa的压力下填充SF₆),优选地在电场不均匀的情况下。此外,为避免衍生物之间的电弧放电,有利的是用热收缩套包覆它们。

[0053] 具有根据本发明的混合物的设备内的气体的总压对于20℃选定为1.3bars(P_{tot}=1300hPa),并且混合物满足拉乌尔定律限定的条件,例如,对于C5K分压尽可能在80和120hPa之间。在给定该设备的外壳尺寸(体积大于100升)的情况下,为加速气体混合物的均匀化,优选的是使用扩散器(bubbler);很明显,该选择不是必须的,尤其是较小设备或试验之前足够延迟的情况下。

[0054] 此外,由于除了在直通线上的介电强度的改进以外,氟酮使得可以改善系统的漏电起痕介电强度,因此,优选的是将它吸附在绝缘体的壁上。首先,为了用C5K给设备的内壁加覆面,该化合物无掺杂地喷射入外壳中,例如在3和10hPa之间;有利的是在C5K的80和120hPa之间,优选地在高于周围温度的温度下以便使流速加速(例如,含有C5K的贮器可被加热),其经由设备的“气体”出口被注射。在该第一步能够使氟酮被吸附在壁上之后,使用双扩散器用气体混合物进行设备的填充,使得可以控制C5K、HF0-1234ze和CO₂之间的比例,由于使用精密的质量流量计,该比例在整个装填过程中于20℃下在压力下保持不变;例如,C5K被置于两个扩散器中,通过扩散器CO₂和氢氟烯烃在压力下流动以便达到完全饱和。

[0055] 其中630A RMS的恒定电流流过的这类设备的测试表明,对于本发明的三元混合

物,在电触头(最热点)处的热非常类似于SF₆(如同二元混合物):见图5,其给出了与SF₆相对比热的变化的结果。

[0056] 此外,应当指出的是,所述设备优选地配备一个或多个无水硫酸钙(CaSO₄)型分子筛,该分子筛吸收在断路期间产生的小分子。在会具有某些毒性的分子局部放电后气体的毒性不会增加。

[0057] 此外,在寿命结束时或者在断路测试之后,采用使用压缩机和真空泵的传统回收技术来回收该气体。于是,使用仅只能俘获尺寸更小的缓冲气体的沸石,将氢氟烯烃HF0-1234ze和氟酮C5K与缓冲气体分离;或者,选择性的分离薄膜可以允许氮气和/或CO₂和/或空气通过而保留具有更大尺寸和更高摩尔质量的C5K和HF0-1234ze;还可以考虑所有其它的选择方案。

[0058] 尽管上面所给的示例是以HF0-1234ze给出的,但可采用该气体的替代选择气体。特别是,可以使用同分异构物HF0-1234yf(2,3,3,3-四氟-1-丙烯),考虑该气体特性的内在适应性:特别如图6所示,由于其沸点为-30℃(与相应于HF0-1234ze的为-19℃相对比),因此相应于-30℃的相同操作温度,可以使用比HF0-1234ze多50%的HF0-1234yf。由于对于给定的填充压力,HF0越多,由此缓冲气体越少,并且由于绝缘和灭弧性能依赖于该混合物,因此介电强度增加。

[0059] 因此,根据本发明的解决方案使得可以提出具有低环境影响的气体混合物(GWP比用SF₆的绝缘减少超过99.9%),与电气设备的最低操作温度兼容,并且具有类似于现有设备获得的介电、断路和热耗散特性。该混合物可直接代替用在设备中的SF₆,而无需修改或者只需稍微修改设备的设计;生产线可以保留,只须简单地更换填充气体以及选择性地添加断路辅助系统或气体产生材料。

[0060] 参考文献

[0061] [1]EP 1 724 802

[0062] [2]WO 2008/073790

[0063] [3]WO 2009/049144

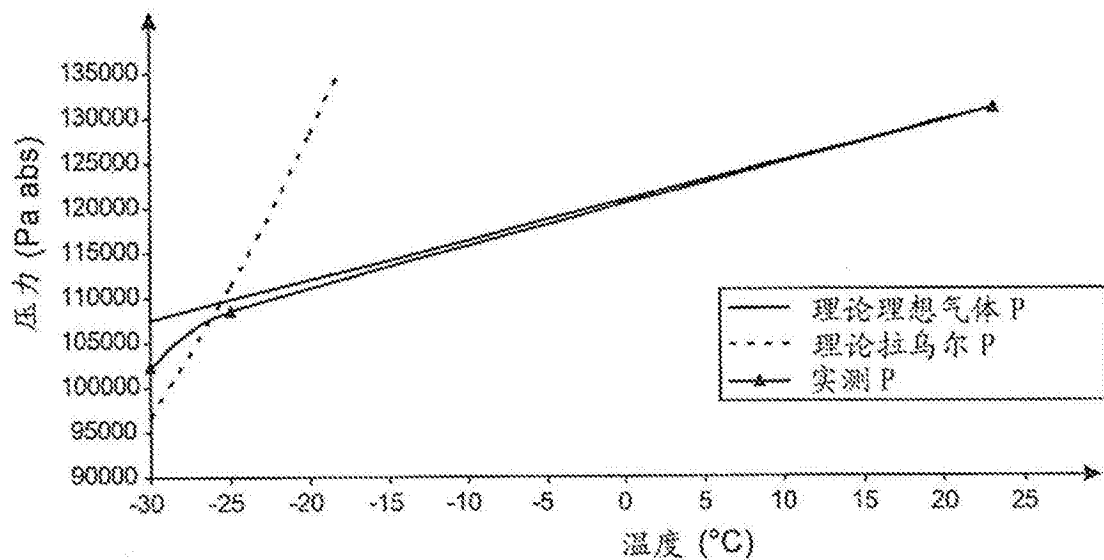


图1A

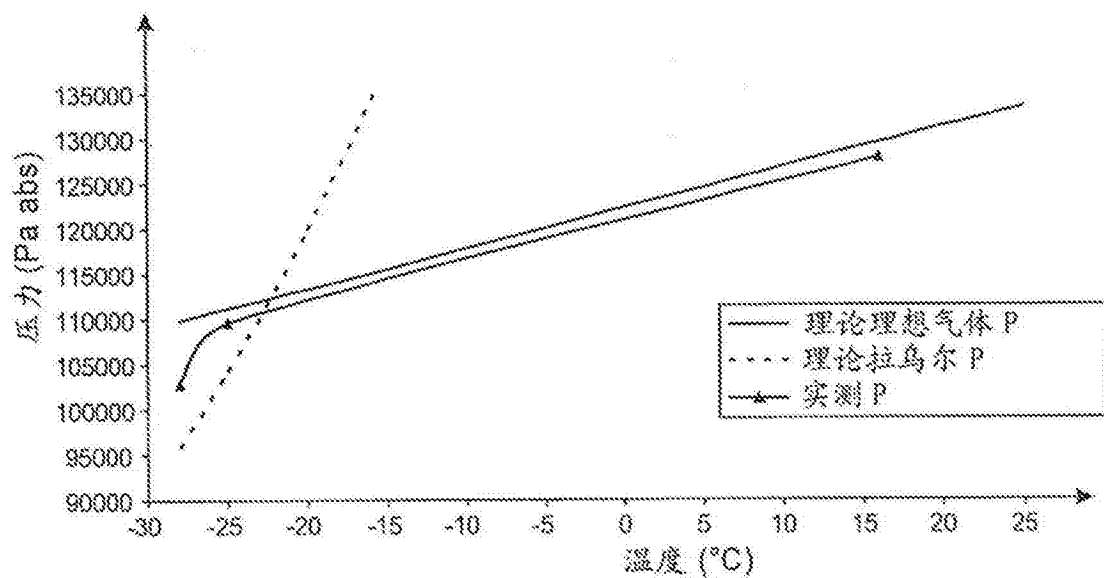


图1B

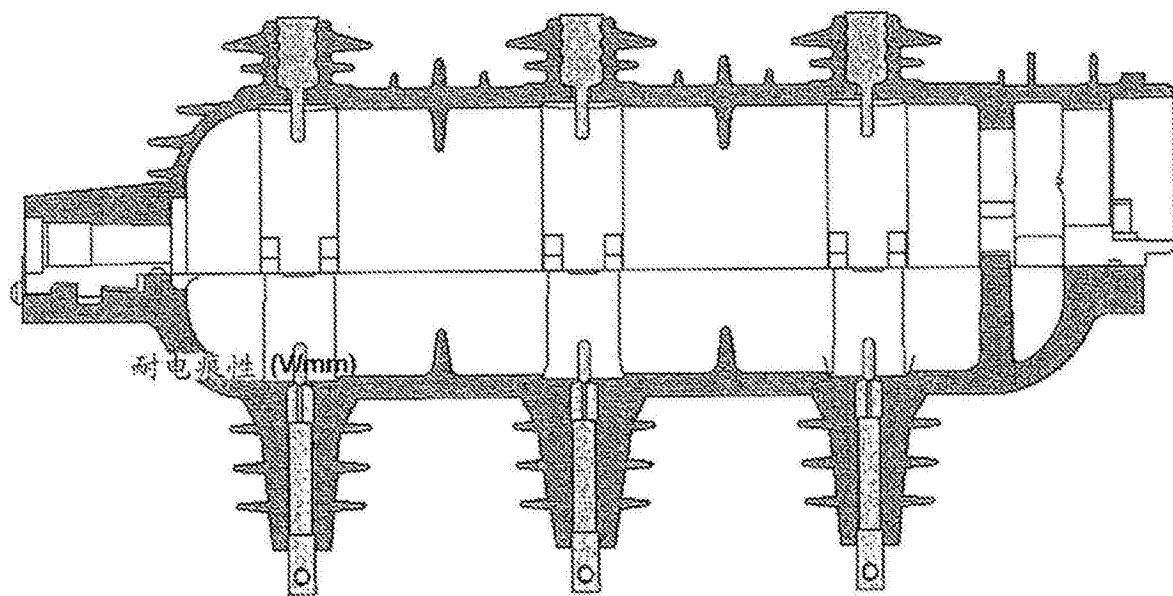


图2A

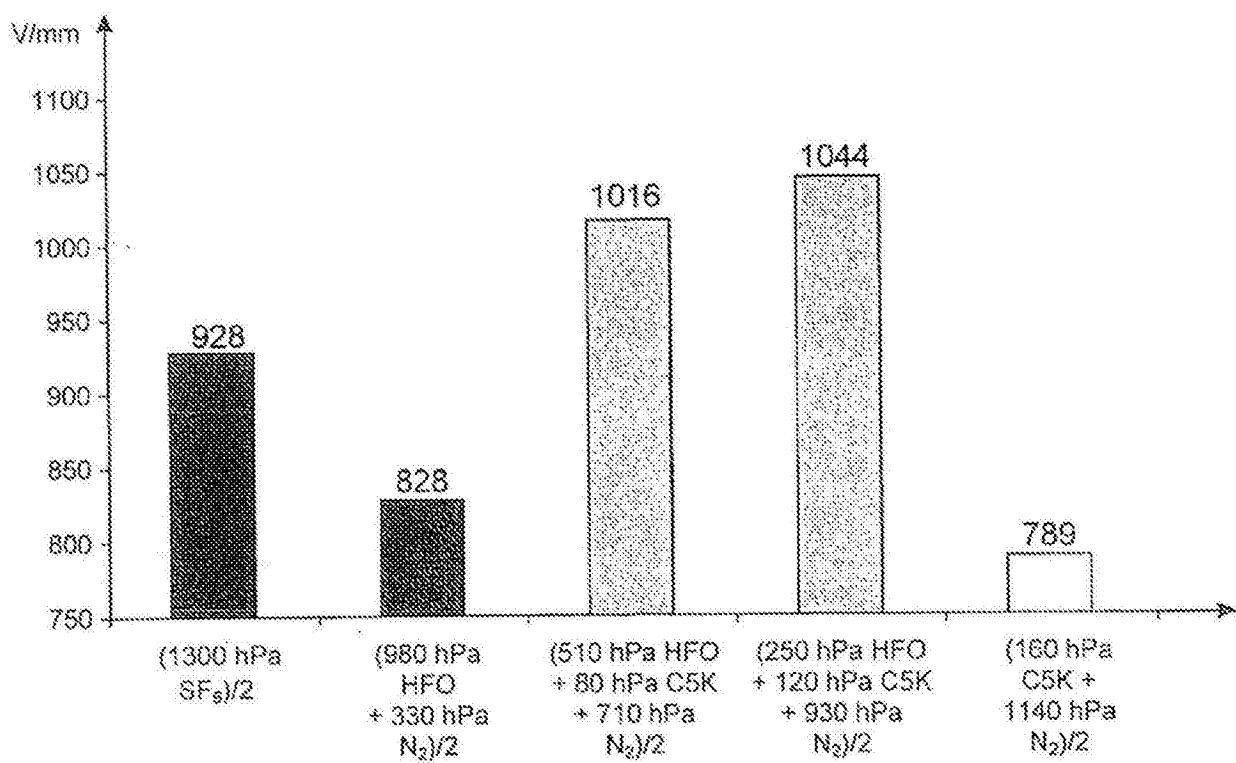


图2B

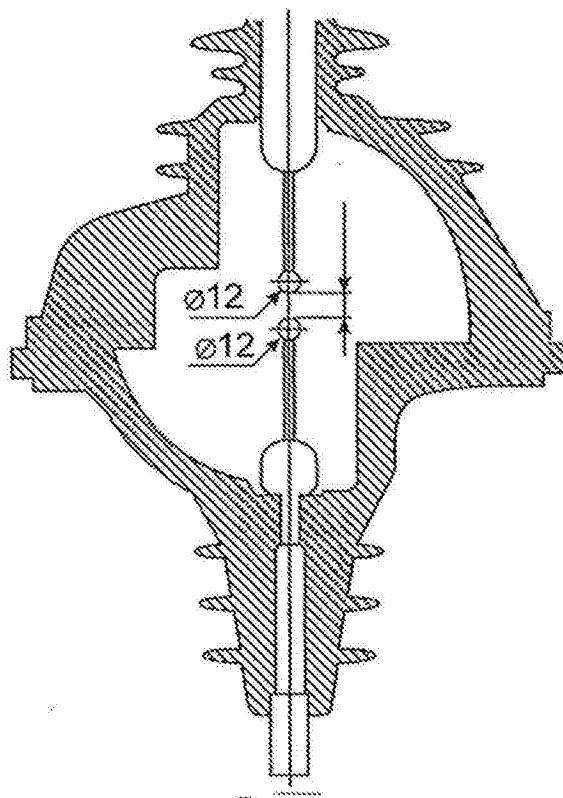


图 3A

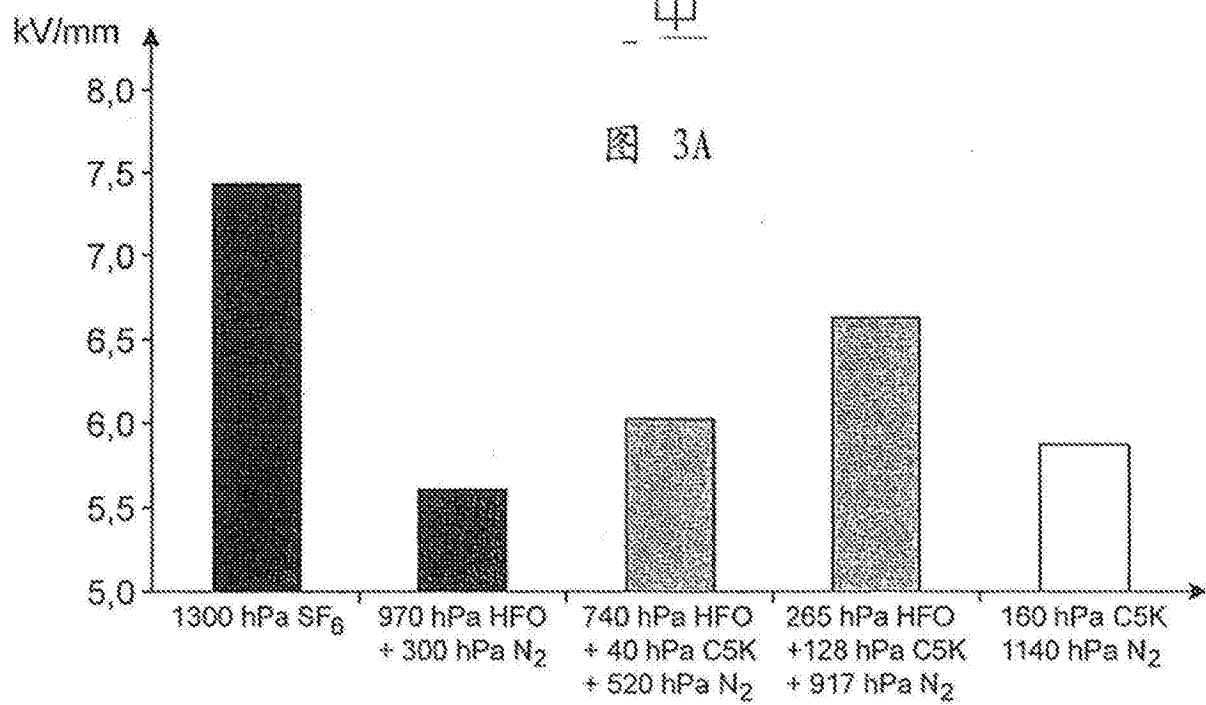


图 3B

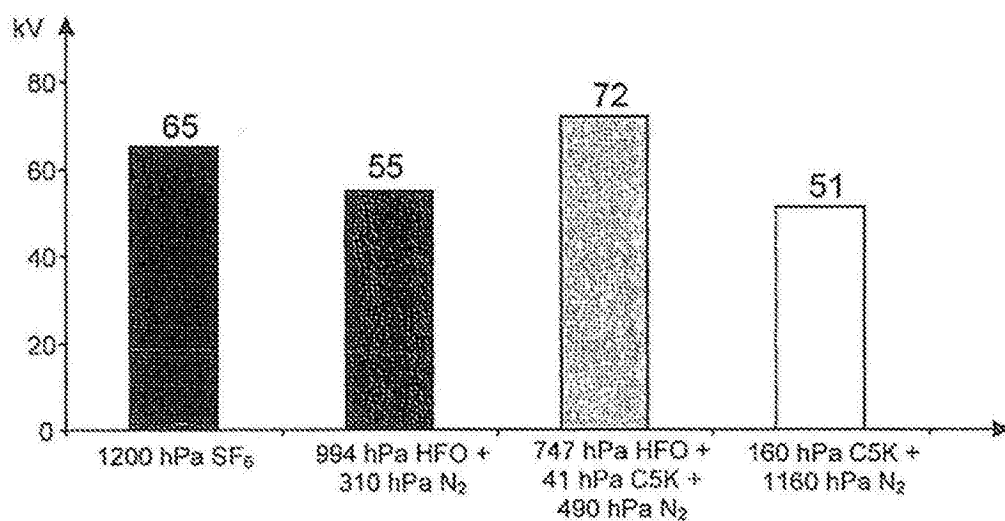


图4

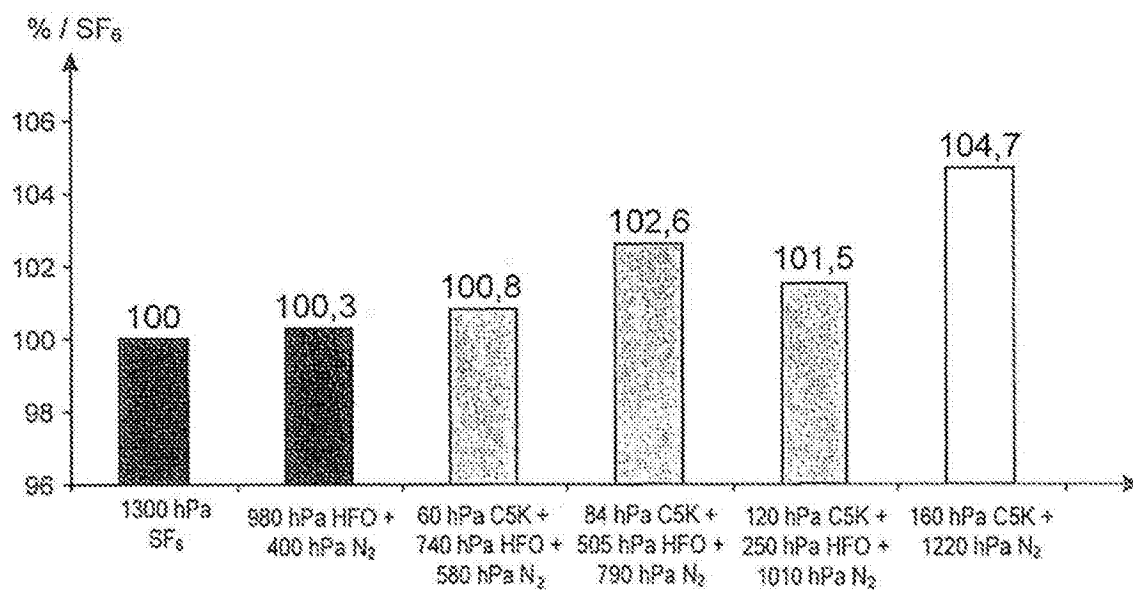


图5

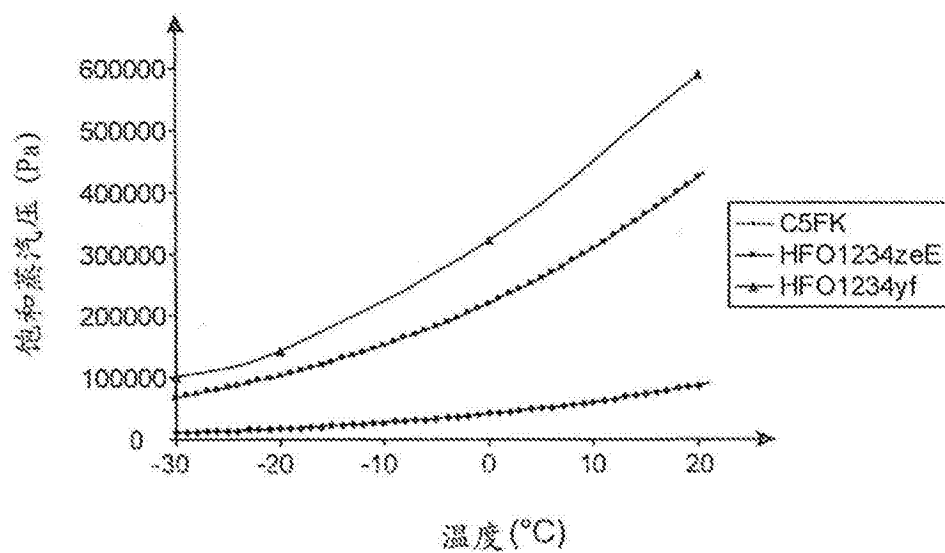


图6