

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96102270.1

[45] 授权公告日 2002 年 5 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1085883C

[22] 申请日 1996. 6. 6

[21] 申请号 96102270.1

[30] 优先权

[32] 1995. 6. 7 [33] US [31] 488401

[73] 专利权人 尹顿公司

地址 美国俄亥俄州

[72] 发明人 米歇尔·B·舒尔曼

保罗·G·斯莱德

[56] 参考文献

GB 2038098 1980. 7. 16 H01H33/66

US 4367382 1983. 1. 4 H01H33/66

US 4999463 1991. 3. 12 H01H33/66

审查员 张 鹏

[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 范 莉

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图页数 3 页

[54] 发明名称 带产生轴向磁场的单独内部组件的真空
断流器

[57] 摘要

一种轴向磁场真空断流器包括一个仅与两个相对的电极组件之一相关联的产生磁场的结构。该产生磁场的结构的特征在于当瞬时峰值电弧电流为 I_m (以千安计), 并且电极组件处于开路状态时, 施加在每个电极接触表面的大部分上的 B 沿轴向的瞬时分量 B_a (以高忒斯拉计) 可由下述解析表达式表示。

$$5I_m \frac{mT}{kA} > B_a \geq 3.2(I_m - 9kA) \frac{mT}{kA}$$

ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种具有峰值电流 I_m 的最大断流能力的真空断流器(1), 包括第一及第二同轴定位的电极组件(11, 13), 它们可沿着开路状态及闭路状态之间的一条公共纵向轴线相对移动, 每一电极组件包括一接触表面(27、29), 该接触表面与另一电极组件的接触表面(29、27)相对, 仅有第一电极组件(11)包括轴向磁场装置(31), 用于在接触表面(27、29)之间的触点间隙中产生一个沿纵向的磁场 B , 其特征在于, 当电极组件(11, 13)处于开路状态, 并且瞬时电弧电流为以千安 kA 计的所述峰值电流 I_m 时, B 在轴向上的瞬时分量 B_α , 以毫忒斯拉 mT 计, 作用在每个接触表面(27、29)的大部分上, 其值为:

$$5I_m \text{mT/kA} \geq B_\alpha \geq 3.2(I_m - 9\text{kA}) \text{mT/kA}$$

2. 根据权利要求 1 所述的真空断流器(1), 其特征为, 在开路状态时触点间隙为 d , 并且轴向磁场装置(31)包括一为环形的有效线圈, 该线圈的平均半径为 a 并包括 N 个沿圆周隔开的线圈段, 每个线圈段有一从接触表面(27)起沿纵向平均间距为 Z_0 的中点, 线圈段形成了 N 个相等的平行电流通路, 在进入第一电极组件(11)的接触表面(27)之前, 经过它们流过相等的断流器 I 的支路电流 I' ; 而且还有一低电流的泄漏通路, 在进入第一电极组件(11)的接触表面(27)之前, 通过该通路流过断流器电流 I 的一支路电流 $\alpha I'$, $\alpha I'$ 小于通过任一段线圈的 I' , 该

真空断流器的组成使得:

$$\frac{a^2}{[a^2 + (Z_0 + d)^2]^{1.5}} \geq 5.09m^{-1} \frac{N + \alpha}{\cos \Phi} \left[1 - \frac{9kA}{I_m}\right]$$

式中, Φ 是 B_α 与 I 的相移, α 、 Z_0 及 d 以米为单位计算, I_m 以千安为单位来计算。

3. 根据权利要求 2 所述的真空断流器 (1), 其特征为, 线圈是圆形的, 每个线圈段 (108, 110) 是共面的, 并且在圆周上是间隔开的。

4. 根据权利要求 3 所述的真空断流器 (1), 其特征为, α 为 0.033 米, Z_0 为 0.0164 米, N 为 2, Φ 为 37° , α 为 0.123, I_m 为 51 千安, 并且 d 小于或等于 0.0128 米。

5. 根据权利要求 2 所述的真空断流器 (1), 其特征为, 线圈段限定了 N 个沿圆周间隔开的槽 (208), 每个槽相对于纵向轴线倾斜角 θ , 这样每段重叠在相邻一段上, 该真空断流器的构成使得:

$$\frac{a^2}{[a^2 + (Z_0 + d)^2]^{1.5}} \geq \frac{5.09m^{-1} (N + \alpha)}{k(\theta) \cos \Phi} \left[1 - \frac{9kA}{I_m}\right]$$

式中, $k(\theta)$ 的范围在 1.0 及 1.2 之间。

6. 根据权利要求 5 所述的真空断流器 (1), 其特征为, d 为 0.008 米, $N = 6$, 而 $k(\theta)$ 为 1.078。

说明书

带产生轴向磁场的单独内部 组件的真空断流器

本发明涉及有轴向磁场的真空断流器的构造，特别是涉及这样一种真空断流器，它包括一个与一对接触电极之一相关联的，能产生磁场的单独内部组件，该真空断流器包括第一及第二同轴定位的电极组件，它们可沿着开路状态及闭路状态之间的一条公共纵向轴线相对移动，每一电极组件包括一接触表面，该接触表面与另一电极组件的接触表面相对，仅有第一电极组件包括轴向磁场装置，用于在接触表面之间的触点间隙中产生一个沿纵向的磁场B，如US-A-4,260,864所述。

真空断流器用来切断大约数千安培的强交流电流，它典型地包括位于一个真空外壳中的两个可相对移动的电极组件，或接触式组件。在电流的传导过程中，当电极组件从一个普通的闭合回路状态（此时每一个组件的一个接触面与另一组件的接触面贴合在一起）转到一个开式回路状态（此时接触面之间的触点间隙一般小于1英寸）时，在电流消失之前，通常在接触面之间的触点间隙之间形成一电弧。在轴向磁场（AMF）真空断流器中，在触点间隙之间形成一个轴向磁场。该磁场的作用是迫使最初的圆柱形高电流真空电弧迅速地扩散，并在触点间隙内连续地分布，故阳极接触仅是一种扩散电流的无源集电极。这种产生高电流扩散电弧的能力使该装置具有优异的断流能力。

在一种 AMF 型真空断流器中，做为每个电弧接点的部件而组装的内部装置引导电流，以便产生 AM (轴向)磁场 B 。 B 是产生 AMF 的电流 I ，轴向位置 Z ，接触片间的距离 d 及组件的几何形状的函数。(为简化描述，我们不考虑 B 的径向变化)。实际上，作为现有技术的带 AMF 接触器的工业用 AMF 真空断流器，在两个电极

组件中，一般已使产生 AMF 的装置具有同样的几何形状，这样在两个接触表面上施加的 AMF 也是一样的，并且所施加的 AMF 对于触点间隙的中心平面对称的。因此产生的 B 与瞬时电流 I 成比例。对于现有技术中 AMF 接触器构造的某些重要的工业实例，在美国专利 No. 4,260,864, 4,367,382 及 4,620,074 中有描述说明。

用于构成 AMF 真空断流器的该现有技术有它不足的方面。因为它们有比较复杂的几何形状，所以与无 AMF 的接触器相比， AMF 接触组件在某种程度上制造更困难并且成本更高。 AMF 接触组件伴有附加的阻抗，这与要求真空断流器有低的总阻抗的目的是对立的。在电流的传导过程中，附加阻抗会在 AMF 接触组件中引起额外的温升，这与要求断流器产生低热的目的是对立的。温升的原因部分是由涡流造成的，该涡流由真空断流器内导电部分中的正弦形 AM 磁场引起。由于这些涡流的作用减低了 B 的净值，并增加了它对主电流的相滞后，故而也不希望有这些涡流。减少涡流的方法，例如在本申请人是共同所有权人的美国专利 No. 5,461,205 中有所描述，往往会造成在接触器或电极的几何形状方面有更大的复杂性。

因此，对于一种轴向磁场真空断流器的要求是经济，结构简单，以及能有效地断开强大的交流电流，并且没有现有技术装置的不足和缺点。

本发明的一个目的是提供一种有轴向磁场的真空断流器，它具有比现有技术的装置低的阻抗。

本发明的另一目的是提供一种有 AM 磁场的真空断流器，它减少了在断流器中产生的涡流热，而且对接触器及产生磁场的装置而言不会增加其复杂性。

本发明的再一个目的是提供一种有 AM 磁场的真空断流器，它可产生断开电流所需的最小磁场。

根据本发明可实现这些和其他目的，本发明提供了一种对峰值电流 I_m 有最大断流能力的真空断流器，该断流器包括第一及第二同轴定位的电极组件，它们可沿着由在开路及闭路状态间的共同轴线限定的纵向相对移动，每一电极组件包括一个接触面，它与另一电极组件的接触表面相对。只有第一电极组件包括一个轴向磁场 (AMF) 组件，当主电流 I 的一部分或全部流过它时，在接触表面之间的触点间隙中会产生一个磁场 B 。AMF 组件是这样构成的，即当瞬时电弧电流 I (以千安 (KA) 计)，处于它的峰值 I_m 时，电极组件处在开路状态， B 在轴向上的瞬时分量为 B_a (以毫特斯拉 (mT) 计)，它作用在每个接触表面的大部分上及其间， B_a 的特征为：

$$5 \frac{mT}{kA} I_m > B_a \geq 3.2 \frac{mT}{kA} (I_m - 9kA) \quad [1]$$

根据本发明的另一方面，AMF 组件包括一普通的环形有效线圈，该线圈具有一平均半径 a ，并包括 N 个周向有间隔的线圈段，每段有一轴向厚度的中点，它沿轴向距接触表面的平均间距为 Z_0 ，线圈段限定了 N 个基本上相同的平行电流通路，进入第一电极组件的接触表面之前，有近于相等的断流器电流 I 的支路电流 I' 流过它们，线圈段还限定了一低电流泄漏通路，在进入第一电极组件的接触表面之前，断流器电流 I 的基本相等的支路电流 $\alpha I'$ 流过该通路，通过任何一线圈段的 $\alpha I'$ 小于 I' ，如此构成的真空断流器使：

$$\frac{a^2}{[a^2 + (Z_0 + d)^2]^{1.5}} \geq 5.09m^{-1} \frac{(N + \alpha)}{\cos \Phi} \left[1 - 9 \frac{kA}{I_m}\right] \quad [2]$$

式中 d 为处于开路状态的触点间隙， Φ 为由涡流引起的 B_a 对 I 的相移， a 、 Z_0 及 d 用米表示， I_m 用千安 (kA) 表示。

在本发明的一个典型实施例中，有效线圈段通常为圆形，一般每段是共面的，并且在圆周上间隔开。在一个实施例中，真空断流器的构造参数是这样的： a 大约为 0.033 米， Z_0 大约为 0.0164 米， N 为 2， Φ 大约为 37° ， α 大约为 0.123， I_m 约为 51 千安，并且 d 小于或近似等于 0.0128 米。

在本发明的另一典型实施例中，线圈的构造是这样的，即线圈段限定了 N 个沿圆周隔开的窄槽，每个窄槽与纵轴形成的倾角为 θ ，这样每段重叠在相邻段上，具有该结构的真空断流器使：

$$\frac{a^2}{[a^2 + (Z_0 + d)^2]^{1.5}} \geq \frac{5.09m^{-1}}{k(\theta)} \cdot \frac{(N + \alpha)}{\cos\Phi} \left[1 - \frac{9kA}{I_m}\right] \quad [3]$$

式中， $k(\theta)$ 的范围在 1.0 到 1.2 之间。在一个实施例中， d 近似为 0.008 米， $N=6$ ，而 $k(\theta)$ 近似为 1.078。

因此，采用在此所描述的本发明，能够得到一种与现有技术的设计相比，有显著的断流能力、简化的结构及较低阻抗的真空断流器。此外，与现有技术的设计相比，该结果可以由一种每单位电流的较小的轴向磁场得到。

本发明的上述目的及各方面情况可通过下述参照附图所示典型实施例对本发明的说明有更加全面的了解。

图中所示为本发明的某些优选典型实施例。应当理解，该发明不局限于作为例子而揭示的典型实施例，并且能在所附的权利要求的范围内进行变化。

图 1 为表示根据本发明的真空断流器的原理的局部轴向剖视图。

图 2 为包含产生轴向磁场的一段线圈的电极组件的分解图；

图 3 为图 2 中沿 3—3 线的剖视图。

图 4 示出了装有用以产生一轴向磁场的开槽环形设置的电极组件。

图 1 示意地示出了按照本发明的有轴向磁场 (AMF) 的真空断流器 1 的主要元件，该图为不完整的部分剖视图。其内装有普通的

同轴定位的内部元件的真空壳体 3 包括间隔开的端盖 5 及一个管状绝缘壳体 7, 它们由金属与绝缘的(*metal-to-insulation*)真空密封件 9 连接。在使用时, 真空壳体内一般被抽空到压力大约为 10^{-6} 托(Torr)。在真空壳体内放置第一电极组件 11 及第二电极组件 13, 在图中它们处于开路状态。电极组件 11、13 分别与第一及第二电极柱 15、17 电耦合并由它们支承, 这提供了与断流器 1 之外的一个电路(未示出)的电连接。一个装有柱 15 的可动件的波纹管 19 可允许电极组件 11、13 在电极组件 11、13 彼此相互接触的闭路状态(未示出)和开路状态之间沿由电极组件 11、13 的共同轴线限定的纵向相对移动。通常包围在第一及第二电极组件 11、13 周围, 并在空间上与其隔开的是一个为本技术领域中的技术人员所公知的、通常为圆柱形的金属汽化冷凝屏蔽 21。第一电极组件包括一个第一电极接触片 23, 而第二电极组件 13 包括一个第二电极接触片 25, 它们分别有接触表面 27、29, 其中一个电极接触片的接触表面面对另一电极接触片的接触表面。两个接触表面 27、29 间的距离定义为触点间隙, 在处于开路位置时其最大值为 d , 如图 1 所示。

现有技术的典型 AMF 真空断流器为对称结构, 每个电极包括一个由断流器电流激磁的线圈式结构, 用于产生 AMF。相反, 真空断流器 1 是非对称式结构, 仅是第一电极组件 11 包含一个轴向磁场组件(AMF 组件)31, 它有磁场产生结构, 例如线圈 33, 当由断流器电流励磁时, 能产生轴向磁场(AMF)。第二电极组件 13 不包含 AMF 组件。这样与现有技术的设计中一般每个电极组件都含有产生 AMF 的结构相比, 降低了复杂性、成本、阻抗、温升及涡流。可以理解, AMF 组件能装入可移动电极组件或固定电极组件中的任

一个。

真空断流器一般由最大峰值断流电流 I_m 及一个最大回路电压来标定。在开路状态下,接触表面 27、29 分开时,最小容许的 AMF 做为用于确定 AMF 组件 31 的参数 I_m 及 d 的依据。如果将额定电流规定为 I_{rms} , 则 $I_m = (\sqrt{2})I_{rms}$ 。最好将 AMF 减少到其可容许的范围内,因为产生比所需轴向磁场大的接触器设计将会导致其比所需的更加复杂,成本更高,阻抗、传热及涡流更大。

为了减少有害的阳极活动性,有一个临界的或最小的 AMF 值。这个临界的 AMF 值随电弧电流线性地增加。当触点间隙在其最大给定值 d 时,在触点间隙内的最小可容许的 AMF 由断流时的最大峰值电流 I_m 来确定。

根据本发明,AMF 组件 31 的构成使得当瞬时电弧电流为 I_m (千安),并且触点间隙完全按间距 d 分开时,由 AMF 组件分别施加在接触片 23、25 的接触表面 27、29 上的大部分及其间的磁场 B (毫特斯拉)的瞬时轴向分量,符合下述关系:

$$\frac{5mT}{kA} I_m > Ba \geq \frac{3.2mT}{kA} (I_m - 9kA) \quad [4]$$

在产生 AMF 的结构(即 AMF 组件 31)位于第一电极组件 11 的接触表面 27 的平面之后的情况下,电极组件 11 的几何形状可由 I_m, d 及 AMF 组件 31 的几何形状的解析函数表示。在该情况下,在离开 AMF 组件 31 及第一电极组件 11 的方向上,AMF 的温度随沿触点间隙的轴向距离单调地降低。那么,公式 4 中所述的特性变为,当 $I = I_m$ 的一瞬间,在第二电极接触片 25 的接触表面 29 的轴向区域内,由 AMF 组件施加的轴向磁场强度 B 由公式 4 求得,式中 I_m 为千安(kA)。

在 AMF 组件 31 包括一带有多个弧形段的有效线圈结构的情况下, 第一电极组件 11 的几何形状特性可由 I_m 及 d 的解析函数表示。这包括以下情况, 即例如有 N 个同样的弧形线圈段, 在电流进入第一电极接触片的接触表面之前, 通过它们流过相等部分的主电流。图 2 及 3 示出了这种电极组件的实例, 图 2 为部件分解侧视图, 而图 3 为图 2 的一个剖视图。

电极组件 100 包括一个对接式电极接触器 102, 以及在电极柱 106 及电极接触器 102 之间耦合的 AMF 组件 104。AMF 组件 104 包括第一及第二线圈段 108, 110, 每个线圈段沿圆周伸展近 180 度。一个通常为环形的基座 112 支承第一及第二线圈段 108、110, 并与电极柱 106 连接。在第一及第二线圈段 108、110 和电极接触器 102 之间的电接触分别由接线柱 114 及 116 来完成的。由圆柱形支架 118 提供用于接触器 102 的附加支撑。接触器 102 有一接触表面 120, 它与无磁场的第二电极组件 124 的接触表面 112 相对。

第一及第二线圈段 108、110 提供了两个平行的支路电流通路。由支架 118 形成一条导电性低的通路, 电流的一部分通过它分流到激励线圈段 108、110 中, 这部分电流比通过任何激励线圈段的部分都小。虽然 AMF 组件 104 仅包括两个激励线圈段, 可以认为在 AMF 组件中可包括一个延伸约 360 度的单个环形激励线圈, 或多于两个的激励线圈。

现在回到在 AMF 组件中有 N 个激励线圈段(例如第一及第二线圈段 108、110)的一般情况, 以及当激励线圈段相同时的特殊情况, 设 I' 为通过一段的电流, 并设 $\alpha I'$ 为通过泄漏通路(即支架 118)的电流, 此处 $0 < \alpha < 1$, 那么总电流 $I = (N + \alpha)I'$ 。设 Z 为从接

触表面 120 的平面到间隙 126 中的一个轴向位置测得的轴向距离，这样 $0 \leq Z \leq d$ 。设 Z_0 为从每段线圈的中心到接触器 102 的接触表面 120 的平面测得的距离并设 a 为线圈段的平均半径。

假设由于涡流的影响，轴向磁场 B 滞后电流 I 一个相位移 Φ ，那么：

$$B = \frac{0.5a^2\mu_0 I \cos\Phi}{(N+\alpha)[a^2+(Z_0+Z)^2]^{1.5}} \quad [5]$$

式中： B 以忒斯拉为单位， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2$ ， I 以安培为单位，参数(a , Z_0 及 Z)的数量量纲为米。

当 $I = I_m$ (千安)， $Z = d$ 并且 B 的单位为毫忒斯拉时，公式 [5] 的详细表示为：

$$B = \frac{0.5a^2\mu_0 I_m \cos\phi}{(N+\alpha)[a^2+(z_0+d)^2]^{1.5}} \geq \frac{3.2mT}{kA} [I_m - 9kA] \quad [6] \text{重新}$$

整理各项，这个改进的接触组件的量纲的详细表达式为：

$$\frac{a^2}{[a^2+(z_0+d)^2]^{1.5}} \geq 5.09m^{-1} [1 - \frac{9kA}{I_m}] \frac{(N+\alpha)}{\cos\phi} \quad [7]$$

作为一个实例，设想有一种与图 2 及 3 所示设计类似的，采用一种反向对接型接触器的，直径为 3 英寸的 AMF 接触组件。在那种情况下， $a = 0.033$ 米， $Z_0 = 0.0164$ 米， $N = 2$ 并且 $\alpha = 0.123$ 。从有限元电磁场分析出发，我们可以认定这种 AMF 接触组件的相移 $\Phi = 37^\circ$ 。我们也能认定当 $I_m = 5.1 \times 10^4$ 安时，如果 $d \leq 0.0128$ 米，这种构造应该满足公式 7。将这些参数值代入公式 7，我们可得到 $12.75 \geq 11.14$ ，故对这样的峰值电流及最大间隙来说，这是一种成功的结构组成。

当 AMF 由一种杯形接触器产生时，该接触器具有一在接触器配置的轴向上有沿相同方向倾斜的 N 个窄槽的空心圆柱形接触载

流器, AMF 接触组件的几何形状的特性也可由 I_m, d 及 AMF 接触组件的几何形状的解析函数表示。图 4 示出了该种配置。一个第一电极组件 200 包括一个在电极接触板 204 及电极棒 206 之间电耦合的呈开槽杯形件 202 形式的 AMF 组件。槽 208 形成一用以产生磁场的轴向分量 B 的有效线圈段。设定 a 为开槽区的平均半径, 并设定 Z_0 为槽的平均高度加上接触器 204 的厚度, 此外, d 为电极组件 200 与一相对的无轴向磁场的接触组件 210 间的最大间隙。

大致上, 开槽的杯形配置可以设计成一种分段的激励线圈, 这与参考图 2 及 3 在上述讨论中分析的情况相似。为了优化槽的倾角 θ 的范围, 由于倾斜狭槽的重叠将使实际的 AMF 值稍大于由公式 5 得出的值。设定适当的修正系数为 $k(\theta)$, 它一般为 1.1 左右。

采用将其结果用公式 7 表示的同样的分析, 我们得到用于该接触组件的量纲的下述详细表达式:

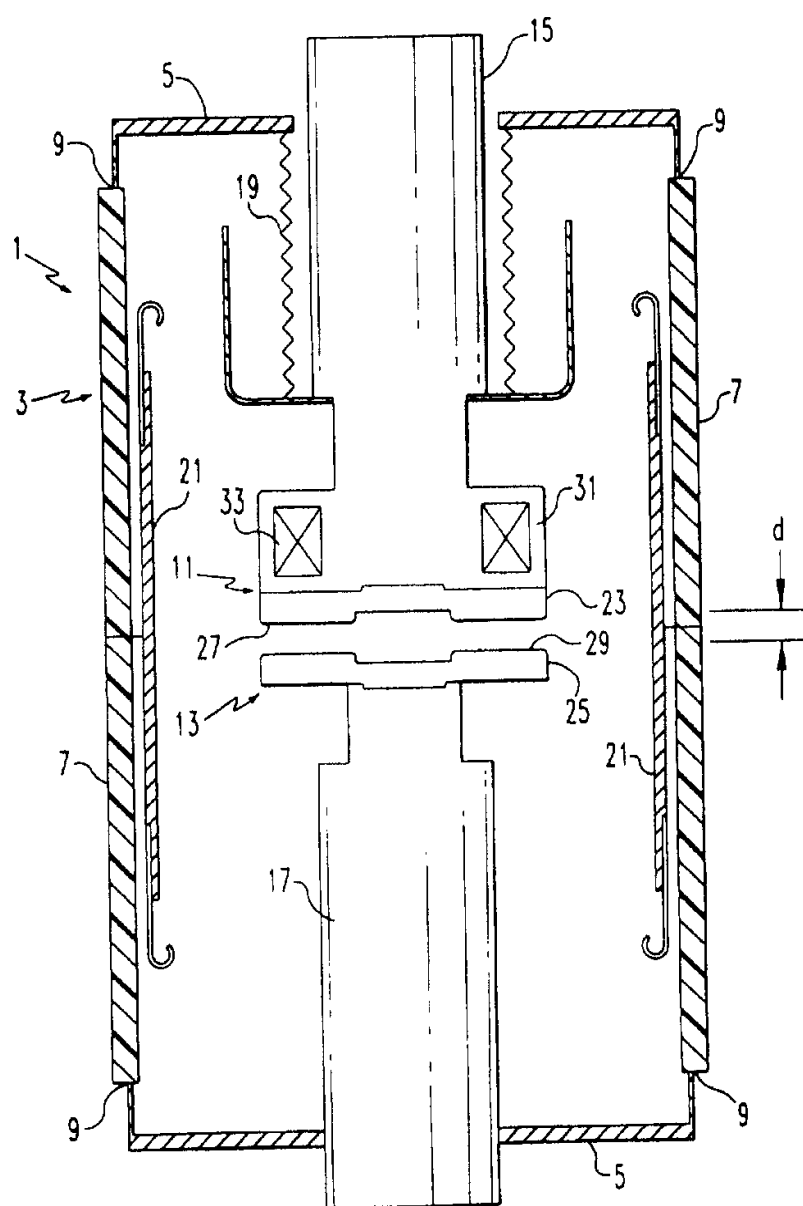
$$\frac{a^2}{[a^2 + (z_0 + d)]^{1.5}} \geq \frac{5.09 (I_m - 9kA)(N + \alpha)m^{-1}}{k(\theta) I_m \cos \phi} \quad [8]$$

作为一个实例, 设想在由美国专利 No. 4,620,074 中所描述的带有开槽杯形接触器配置的断流器的情况下, 它公开了相对式的接触器, 每个接触器有一开槽杯形的产生 AMF 的结构。对于在此描述的几何形状而言, $a = 0.0415$ 米, $Z_0 = 0.0105$ 米, $d = 0.015$ 米, $N = 6$ 及 $\theta = 75^\circ$ 。由于两个 AMF 组件, 在触点间隙的中心的 AMF 总值为 $4.2 \mu T/A$, 这比它们的最小可容许值 $3.5 \mu T/A$ 大。在对它们的分析中, $\alpha = 0$, 且相移 Φ 被认为是无意义的。采用公式(5)的形式, 如果 $k(\theta)$ 是符合我们的估算值, 即大约为 1.078, 就可得到它们确定的 AM 场强。

现在假设不是两个 AMF 结构中的每一个都与一个电极组件相

关联，而是仅采用一个有上面引用的专利的几何形状的开槽接触器。如果最大的间隙 d 减至 0.008 米，保持 $k(\theta)=1.078$ ，并且假设 $\Phi=12.3^\circ$ （即由图 2 及 3 所示的两段线圈产生的相移的 1/3），将它们代入公式(8)，这样最大峰值电流为 $I_m=24,500$ 安，可以预期消除在无轴向磁场的电极接触器中与阳极有关的问题。这是在没有 AMF 接触器的表面上， $B/I=2\mu T/A$ 时得到的，它比上述引用专利中所要求的值要低。

与上述的变化及实例、附加的变型相结合所揭示的本发明对本技术领域中的技术人员而言现在已是显而易见的了。本发明并不旨在局限于这里专门提到的变化，应当对所附权利要求提供相应的参考资料，而不是对较佳实例的上述讨论提供参考，从而了解其中要求了全部权利的本发明的范围。



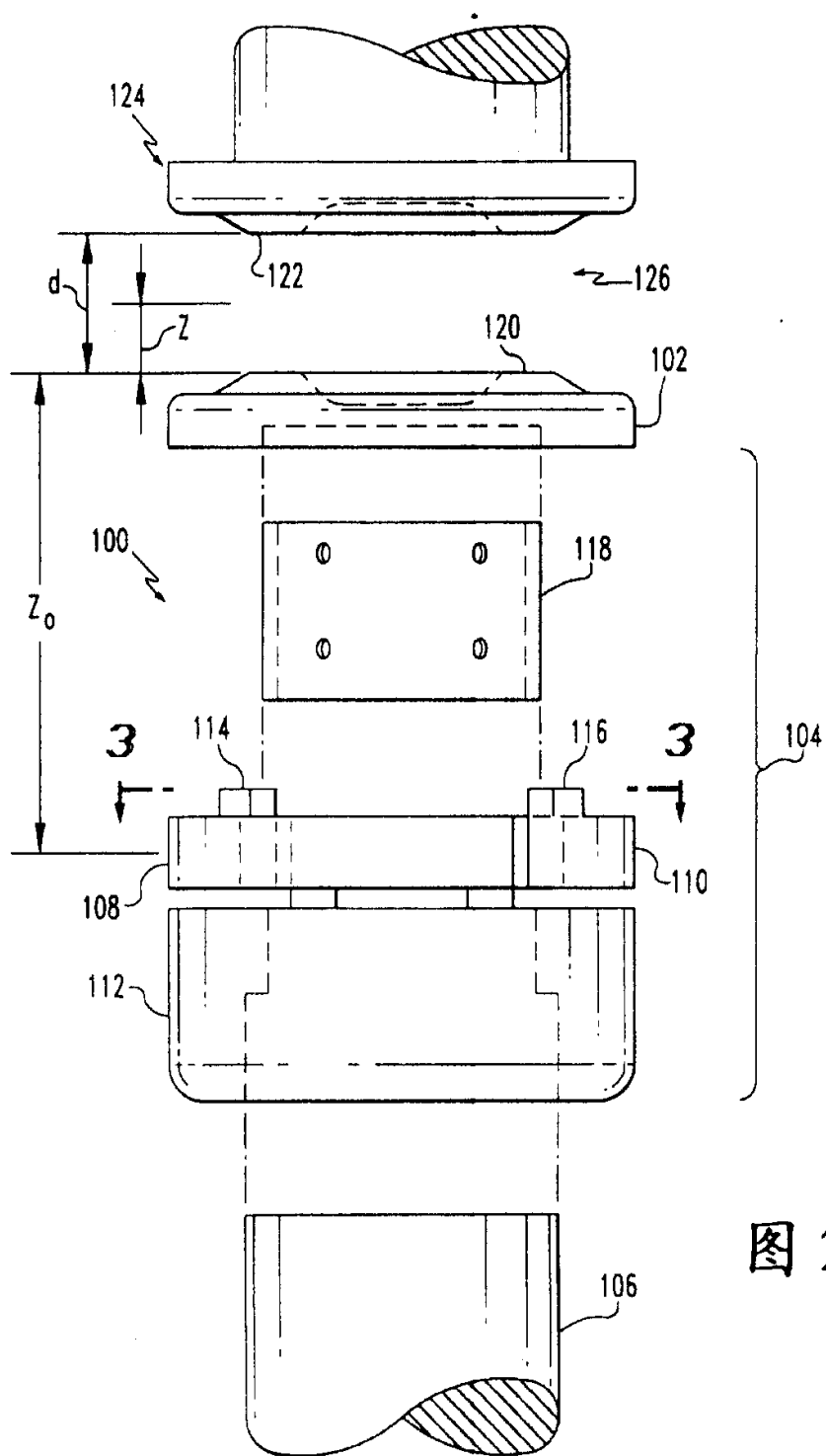


图 2

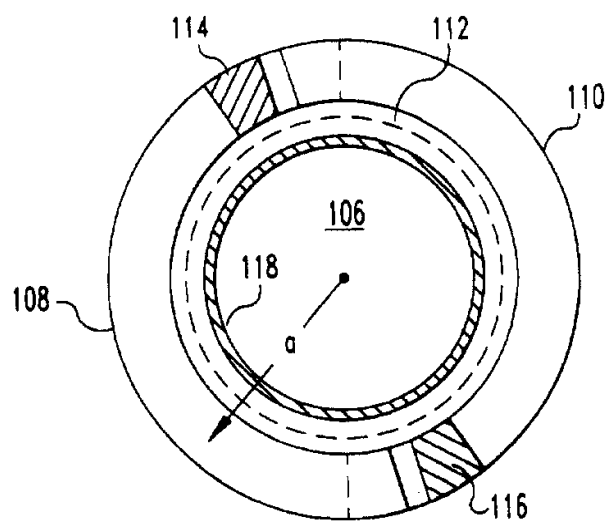


图 3

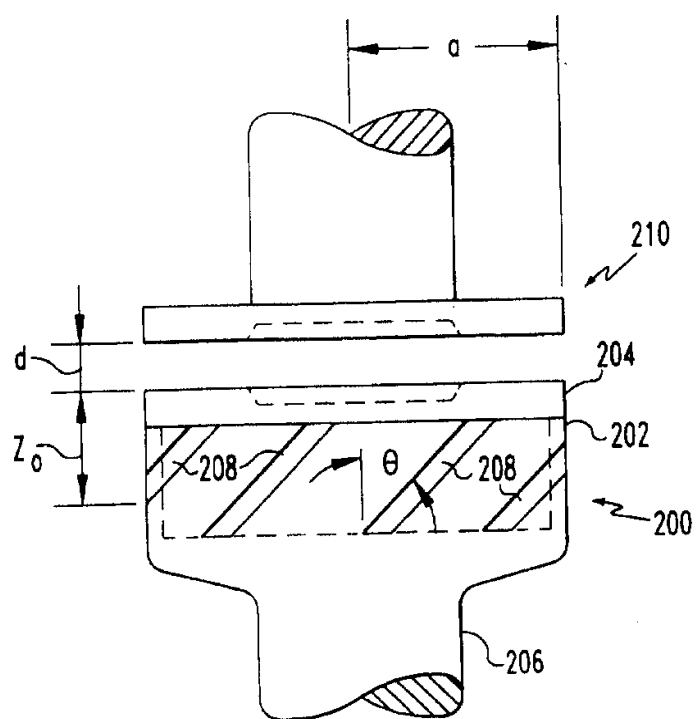


图 4