



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102714101 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 03

(21) 申请号 201080062329. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 10. 28

H01H 1/00 (2006. 01)

H01H 33/66 (2006. 01)

(30) 优先权数据

09177112. 1 2009. 11. 25 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 07. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/066346 2010. 10. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02011/064064 DE 2011. 06. 03

(71) 申请人 ABB 研究有限公司

地址 瑞士苏黎世

(72) 发明人 D. 施拉格 K. 亨肯 E. 斯马吉克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 汤春龙 朱海煜

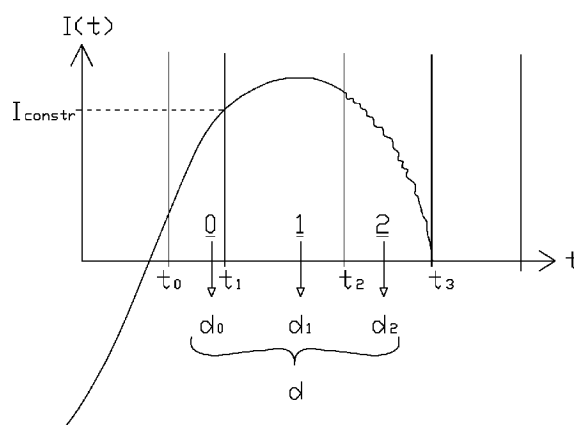
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 4 页

(54) 发明名称

用于确定接触元件的耗损的方法和装置

(57) 摘要

用于确定电气开关、尤其是用于高或中压的开关设备的接触元件的耗损的方法,所述方法包括电气值 ($I(t)$ 、 $U(t)$) 的检测,所述电气值作为时间的函数表示与在开关操作期间在开关上出现的电弧相关的电气变量;和从多个耗损贡献值中计算表示接触元件耗损的耗损值 (d),其中在使用多个耗损贡献计算规则 (f_i) 的情况下从所检测电气值的多个值子集 ($I(t_i)$ 、 $I([t_i; t_i'])$) 中计算耗损贡献值,使得根据相应耗损贡献计算规则从相应值子集中计算每个耗损贡献值,并且其中至少两个耗损贡献计算规则彼此有区别。



1. 用于确定电气开关、尤其是真空开关、以及尤其是用于高或中压的开关设备的开关的接触元件的耗损的方法,所述方法包括:

- 电气值 ($I(t)$, $U(t)$) 的检测,所述电气值作为时间的函数表示与在开关操作期间在所述开关上出现的电弧相关的电气变量;和

- 从多个耗损贡献值中计算表示所述接触元件的耗损的耗损值 (d),其中在使用多个耗损贡献计算规则 (f_i) 的情况下从所检测的电气值的多个值子集 ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) 中计算所述耗损贡献值,使得根据相应耗损贡献计算规则 (f_i) 从相应值子集 ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) 中计算每个所述耗损贡献值,并且其中至少两个耗损贡献计算规则 (f_i) 彼此有区别。

2. 按照权利要求 1 所述的方法,其中所述计算包括:表征所述耗损贡献计算规则的转换的转变时间点 (t_i 、 t'_i) 的确定,其中所述至少一个转变时间点尤其是表示在所述开关操作期间出现的电弧的不同相位之间的相应转变。

3. 按照权利要求 2 所述的方法,其中所述计算包括:在考虑所述至少一个所确定转变时间点 (t_i 、 t'_i) 情况下至少一个值子集 ($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$) 的限定。

4. 按照前述权利要求之一项所述的方法,其中所述计算包括:至少一个界限时间点 (t_i 、 t'_i) 的确定,其中所述至少一个界限时间点尤其是所述至少一个转变时间点,并且其中在考虑至少一个相应事件的情况下确定所述至少一个界限时间点,所述事件从包括以下事件的列表中选出:

- a. 电弧的开始;
- b. 静止电弧状态到漂移电弧状态的转变;
- c. 扩散电弧到收缩电弧的转变;
- d. 电弧的结束;
- e. 开关的一个接触元件与开关的另一接触元件的分开;
- f. 将该接触元件从开关的另一接触元件移开,移开的距离超出预给定距离阈值;
- g. 开关指令的发布或分析;
- h. 所检测值超出或低于预规定的阈值,其中所检测值尤其是从包括以下值的列表中选出:

- 电流值;
- 电压值;
- 电场或磁场值;
- 电流值的噪声份额或者频率分量;
- 电压值的噪声份额或者频率分量;
- 电场或磁场的噪声份额或者频率分量;
- 电弧亮度值;
- 描述接触表面的位置和 / 或两个接触表面彼此间距离的位置值;
- 至目前为止的耗损值或者至目前为止的耗损总值;
- 从任何另外的事件、尤其是在该列表中所述的事件发生开始经过的时间段;
- 必要时,从更早的界限时间点开始经过的时间段。

5. 按照前述权利要求任一项所述的方法,其中所述计算包括:至少一个界限时间点(t_i 、 t'_i)的确定,其中所述至少一个界限时间点尤其是至少一个转变时间点,并且其中所述至少一个界限时间点在考虑了至少一个相应值的情况下被确定,该值从包括以下值的列表选出:

- 电流值;
- 电压值;
- 电场或磁场值;
- 电流值的噪声份额或者频率分量;
- 电压值的噪声份额或者频率分量;
- 电场或磁场的噪声份额或者频率分量;
- 电弧亮度值;
- 描述接触表面的位置和 / 或两个接触表面彼此间距离的位置值;
- 至目前为止的耗损值;
- 至目前为止的耗损总值;
- 从任一事件、尤其是一个在权利要求 5 中所述的事件开始经过的时间段;
- 必要时,从更早的界限时间点开始经过的时间段。

6. 按照权利要求 2 至 5 之一项所述的方法,其中所述值子集($I([t_i; t'_i])$)包括属于相应时间间隔($[t_i; t'_i]$)的电气值,对于每个所述时间间隔所述方法进一步包括:通过至少一个相应界限时间点(t_i 、 t'_i)确定相应时间间隔($[t_i; t'_i]$)的开始(t_i)、结束(t'_i),或开始和结束,其中所述至少一个界限时间点尤其是所述至少一个转变时间点。

7. 按照权利要求 2 至 6 之一项所述的方法,其中所述至少一个转变时间点包括第一转变时间点(t_1)和第二转变时间点(t_2),并且其中所述多个值子集包括至少一个第一值子集、第二值子集和第三值子集($I([t_0; t_1])$)、 $I([t_1; t_2])$ 、 $I([t_2; t_3])$)。

8. 按照前述权利要求之一项所述的方法,其中所述值子集($I(t_i)$; $I([t_i; t'_i])$)确定为属于相应时间间隔($[t_i; t'_i]$)的电气值,并且其中所述耗损值的计算包括耗损贡献值的总和或积分的形成。

9. 按照前述权利要求之一项所述的方法,其中所述计算包括:

形成至少一个、尤其是至少两个耗损贡献的形式为 $K_i * I(t)^{\alpha_i}$ 的贡献,其中 i 将所述至少一个耗损贡献中的相应耗损贡献标识为第 i 个耗损贡献,并且其中 K_i 标识相应的第 i 个系数因子, $I(t)$ 表示被包括在属于第 i 个耗损贡献的值子集中的相应电气值,并且 α_i 表示相应任意指数。

10. 按照前述权利要求之一项所述的方法,其中所述耗损值(d)包括形式为 $d = \sum_i f_i(I)$ 的表达,其中 $f_i(I) = \sum_t \gamma_i(t) * \varphi_i(I(t))$,尤其是以所述形式计算或者可以所述形式来表示,其中 $f_i(I)$ 为第 i 个耗损贡献计算规则, $\sum$ 为利用所检测电气值 $I(t)$ 在时间值 t 上的总和, $\gamma_i(t)$ 为相应[第 i 个]依赖 t 的权重因子,其对于在相应[第 i 个]值子集内的 t [每个 t 值]提供在量值上比对于在相应值子集外的 t [任一个 t 值]更大的值,并且

$\varphi_i(I(t))$ 表示 I 的相应[第 i 个]函数,其中尤其是 $\varphi_i(I(t)) = K_i * I(t)^{\alpha_i}$ 。

11. 按照前述权利要求之一项所述的方法,进一步包括将所计算的耗损值相加成表示必要时多个开关过程的总耗损的耗损总值。

12. 按照前述权利要求之一项所述的方法,其中

所述电气值包括来自以下组的所述值中的至少一个值:

- 电流值 ($I(t)$),其作为时间的函数表示在开关操作期间流经所述开关的接触电流;
- 电压值 ($U(t)$),其作为时间的函数表示在开关操作期间在所述开关上存在的电弧电压;和
- 电弧功率值 ($P(t)$),其作为时间的函数表示在所述开关上存在的电弧功率。

13. 用于电气开关、尤其是用于高或中压开关设备的电子单元、尤其是控制和 / 或监控系统,所述开关控制装置包括:

- 用于获取电气值的值输入模块,所述电气值作为时间的函数表示与在开关操作期间流经所述开关的功率相关的变量;和
- 耗损确定模块,其具有计算单元和带有可通过所述计算单元执行的程序代码的数据存储器,其中所述程序代码包括:

多个耗损贡献计算规则 (f_i),它们被设置用于从所检测电气值的相应值子集 ($I(t); I([t, t'])$) 中计算相应耗损贡献值,其中至少两个所述耗损贡献计算规则 (f_i) 彼此有区别,以及

用于从所述耗损贡献值中计算表示所述接触元件的耗损的耗损值 (d) 的耗损值计算例程。

14. 用于高或中压的开关设备、尤其是真空功率开关,包括按照权利要求 13 所述的开关控制装置和 / 或被配备用于实施按照权利要求 1 至 12 之一所述的方法。

15. 按照权利要求 14 所述的用于高或中压的开关设备,其中所述接触元件是 TMF 型接触件。

用于确定接触元件的耗损的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电气开关、尤其是用于高或中压的开关设备领域。本发明方面涉及用于确定这种开关的接触元件的耗损的方法。本发明的另外方面涉及用于电气开关的电子单元。

背景技术

[0002] 功率开关经常受到磨耗,因此应该定期监控和维护。尤其是在开关操作(例如保护断开)情况下出现的电弧导致接触件的材料耗损并且由此造成巨大磨耗。在未高成本地拆开和断开功率的情况下,触点一般不能被简单地检查。因此,通常进行周期性功率开关维护,必要时,当对于高电流的保护断开出现时提前进行维护。因此,通常太经常对开关进行维护。维护造成可避免的成本,并且造成额外风险,即在维护时可造成损害。然而另一方面,在维护间隔太大情况下存在磨耗或者触点耗损不能提前被识别的风险。在此,存在功能故障风险、至少存在开关功率损耗风险。

[0003] 因此,更可靠地确定接触件的耗损是值得向往的。然而,该耗损是很难测量或者预测的,因为它受大量因素影响。一般认为触点耗损是在打开功率开关时出现电弧的情况下由累积的能量转换(损耗功率)引起的。因此,仅计算功率开关中出现的故障数目不能得出关于触点耗损的精确估计。

[0004] EP 1475813 A1 描述了用于确定用于高或中压的电气开关设备中的触点耗损的方法,其中开关操作期间流经开关的接触电流借助于电流互感器被检测并且关于触点耗损进行分析。为了确定表征触点耗损的状态变量,首先电流互感器的电流测量信号作为时间函数被测量,在期望的接触电流和电流测量信号之间出现偏差时探测出存在测量误差,并且在探测到测量误差时从电流测量信号中确定至少一个特征性的电流值并且至少一个特征性的电流值用于确定状态变量。DE 10204849 A1 也描述了用于确定触点耗损的方法。

[0005] 然而,已知用于确定耗损的方法就其可靠性而言仍待改善。也值得向往的是获取在大量不同开关情况下提供可靠结果的方法,使得所述可靠结果适合于自动(远程)诊断和维护。以此方式能够减少高成本的维护工作。同时能够实现可靠的连续状态监控。在问题和耗损严重前识别和排除它们也是值得向往的。

发明内容

[0006] 因此,为了至少改进上述点中的至少一些,提出了按照权利要求 1 所述的方法、按照权利要求 13 所述的开关控制装置和按照权利要求 14 所述的开关设备。本发明的另外优点、特征、方面和细节以及优选实施方式和本发明的特别方面从从属权利要求、描述和附图中得出。

[0007] 按照本发明的一个方面,提供了用于确定电气开关(例如真空开关)、尤其是用于高或中压的开关设备的接触元件的耗损的方法供使用。该方法包括电气值的检测,这些电气值作为时间的函数表示与在开关操作期间在开关上出现的电弧相关的电气变量,其中例

如能够作为连续函数或具有离散采样值的数据序列（矢量）检测电气值，电气值也能够包括虚拟值，例如（部分）模拟、内插、或拟合的值，在所述情况下虚拟值被检测到。电气值例如能够是电流值，其作为时间的函数表示在开关操作期间流经开关的接触电流。该方法进一步包括从多个耗损贡献值中计算表示接触元件的耗损的耗损值，其中在使用多个耗损贡献计算规则的情况下从所检测电气值的多个值子集中计算耗损贡献值，使得根据相应耗损贡献计算规则从相应值子集中计算每个耗损贡献值，并且其中至少两个耗损贡献计算规则彼此有区别。在此，如此理解值子集，使得它也能够包括所有所检测电气值。

[0008] 按照本发明另一方面，提供了用于电气开关（例如真空开关）、尤其是用于高或中压的开关设备的电子单元、尤其是控制和 / 或监控系统供使用。该电子单元包括用于获得电气值（例如电流值）的值输入模块，这些电气值作为时间的函数表示与在开关操作期间在开关上出现的电弧相关的电气变量。因此，能够配备该值输入模块例如以便从值测量设备获取所检测电气值，然而也可能是由通过所检测电气值的（部分）模拟或内插等等。该电子单元进一步包括耗损确定模块，其具有计算单元和带有能够由计算单元执行的程序代码的数据存储器。该程序代码包括多个耗损贡献计算规则（它们被设置用于从所检测电气值的相应值子集中计算相应耗损贡献值，其中至少两个耗损贡献计算规则彼此有区别），以及用于从耗损贡献值中计算表示接触元件的耗损的耗损值的耗损值计算例程。该程序代码尤其是包括用于实施在此所述的任一方法的规则。

[0009] 本发明也涉及用于实施所公开方法的装置并且也包括用于实施相应各方法步骤的装置部件。这些方法步骤能够通过硬件组件、通过借助于相应软件编程的电脑、通过两者的组合、或以任一其它方式得到实施。此外，本发明也针对如下方法，相应描述的装置按照所述方法工作。本发明包含用于实施装置的每种功能的方法步骤。

附图说明

[0010] 另外，根据附图中示出的实施例对本发明进行阐述，从这些实施例中得出另外的优势部分和变型方案。其中：

图 1a 作为时间的函数示出在开关操作期间出现的被测量电流的图；

图 1b 作为时间的函数示出在开关操作期间出现的被测量电压（更准确地说：电弧电压）的图；

图 2 作为时间的函数示出在开关操作期间出现的电流的图，从该图中推导出开关操作的不同电弧相位；

图 3a 和 3b 示出相应可能的辅助函数，它们能够用于按照本发明计算耗损值；以及

图 4 示出电气开关的接触元件。

具体实施方式

[0011] 在以下描述的实施方式中，各方面和特征可模块式地与其它实施方式的方面和特征组合。通过这种组合能够重新获得其它的实施方式，它们也被视为属于本公开。下文描述用于唯一相的开关。一般而言，存在三个带有相应附属功率开关的相。那么，按照在此描述的任一方面，通常能够彼此独立地确定相应耗损。

[0012] 以下主要描述这种实施方式，在这些实施方式中电流值被检测，并且从电流值中

计算耗损贡献 (Abnutzungsbeitrag)。一般也能够从另外的电气值中计算耗损贡献。在此,任一种与在开关操作期间在开关上出现的电弧相关的变量值都被理解为电气值。这些电气值尤其能够是电流值、电压值和 / 或它们的组合 (例如电弧功率值,其由电流和电压的乘积形成)。在此所述的基于电流的计算规则也可类似地基于这种另外电气值来应用,其方式是在相同计算规则中将电流值 I 替换成另外的电气值。

[0013] 电气开关,例如作为功率开关应用在用于高或中压的开关设备中,通常具有两个或更多个接触件。在开关闭合的情况下,这些接触件彼此是直接能导电接触的。在打开开关的情况下接触件彼此离开且分开,使得不再有电流能够从一个接触件流动到另一接触件。当在开关过程期间有电流流动时,那么在将两个接触件彼此分开期间电流流动不会立刻完全中断,而是在两个接触件之间产生电弧,该电弧在一定时间内继续载有电流。这种电弧也在功率开关 (也就是,设计用于在负载下开关的特殊开关类型) 中出现,并且特别是在高压 (也就是说大于 50 kV、例如 50–800 kV 的电压) 或中压 (也就是说 5 kV 至 50 kV 的电压) 功率开关中。

[0014] 在图 4 中以真空功率开关为例示出这种带有电弧在负荷下的开关过程。该真空功率开关 1 具有第一接触件 10 和第二接触件 20。接触件 10、20 分别具有杆 12、22 和布置在杆的远端的接触盘 14、24。每个接触件 10、20 的接触盘 14、24 分别具有接触表面,该接触表面在开关闭合情况下直接与相应另一接触件的相应接触表面接触。两个接触件 10、20 限定了开关轴,它们为了打开开关是相对彼此可沿着所述开关轴活动的。在图 4 中该轴是垂直的。

[0015] 在图 4 中示出了打开期间的开关 1,并且接触件 10、20 已沿着开关轴彼此分开。在图 4 中电流仍未完全完成中断,并且在接触件 10 和 20 之间形成电弧 33。通过电弧 33 传达:仍有电流从第一接触件 10 流至第二接触件。电流流经杆 12 (电流路径 31a)、流经接触盘 14 (电流路径 31b),然后流经电弧 33、并流经接触盘 24 (电流路径 31c) 且流经杆 22。在电弧影响下,接触件的材料被侵蚀 (该材料通常形成电弧的等离子体),这导致接触件的耗损。

[0016] 在示出例子中,接触件 10、20 形成为 TMF 型。TMF 型表示接触件如此形成,使得开关电流在开关过程中引起主要横向的磁场 (垂直于一般的电流流动方向或者电弧的主方向,也就是平行于通过接触表面 14 和 24 限定的面)。在此,这通过接触盘 14 和 24 中的槽实现。这些槽在盘中给出的电流 31b、31c 的电流流动方向使得该电流感应引起横向磁场 (在图 4 中在水平平面中)。在图 4 中示出的开关是螺旋型的 (也就是说带有形成为螺旋形的槽)。另外的接触件形状也是可能的。用于 TMF 型开关的一可能备选形状例如是杯状 (cup-shaped) 接触件。

[0017] 在图 4 中示出的开关是真空功率开关 (也就是说在预计其中有电弧的开关室中带有低压,尤其是带有高真空)。即便本发明的某些优点对于例如中或高压范围的真空功率开关能够特别好地被实现,但是本发明也并不限于这种开关。本发明的方面同样也能够涉及例如保护气体功率开关,在该保护气体功率开关中开关室填充有保护气体,例如 SF_6 。

[0018] 开关、尤其是功率开关中的难点是接触件 (例如图 4 中的接触件 10、20) 由于电弧 (图 4 中的 33) 引起的耗损。通过耗损或者随之而来的开关磨耗引起的问题在上面已经得到进一步说明。出于上述原因值得向往的是,尽可能准确地确定磨耗。

[0019] 在此为了图示目的提及的方法为了该目的规定了例如以下形式的电流积分,以便确定磨耗:

$$d = k \cdot \int I(t)^\alpha dt \quad (1)$$

在此,磨耗通过厚度 d 给出(单位为 mm),在开关过程期间材料由于电弧而从接触件的接触表面上被侵蚀了厚度 d 。在此, $I(t)$ 作为时间 t 的函数来表示在开关操作期间流经开关的接触电流,也就是说在时间 t 时流经电弧 33 的电流,见图 4。 k 和 α 是常数,它们例如能够通过模型确定或凭经验确定。(1) 中的时间积分涉及其间存在电弧的全部开关时间。在此,如在方程式 (1) 中的积分也应表达离散电流值的总和,该总和适合地接近这种积分。

[0020] 然而,计算规则 (1) 尤其是对于中或高开关电流提供不准确的结果。当对于低开关电流校正参数 k 和 α 时,那么利用规则 (1) 对于高开关电流和长电弧持续时间(相位长度 0.75π 和更长)有高估磨耗的趋势,并且对于中等的或高的开关电流和短电弧持续时间(相位长度 0.25π 和更短)有低估磨耗的趋势。因此提出了对于更现实的或者更准确的规则的问题,以便也对于宽范围的开关电流和电弧持续时间确定磨耗 d 。出于该目的,能够促使人们通过更复杂的表达(利用更多适合经验的参数)替代 (1) 中的被积函数。然而利用这种方式可实现的准确性同样也受限并且不能证明适合的参数数目的增加是有效的。

[0021] 按照本发明,通过以下用于确定接触元件的耗损的方法,这些难点至少得到降低:首先,作为时间 t 的函数来检测表示在开关操作期间流经开关的接触电流的电流值 $I(t)$ 。电流值 $I(t)$ 能够作为连续函数或具有离散采样值的数据序列(矢量)被检测。被采样的电流值不仅能够包括被测量的值,而且能够包括虚拟值,例如基于测量值和/或合适模型模拟、内插或拟合的值。该电流例如能够假定为正弦形,并且能够根据测量的值调整信号的振幅和相位,以及,如果需要的话,还有频率,使得正弦形电流与被测量的值产生良好的一致性。

[0022] 然后,从复数 N 个耗损贡献值 d_i 中计算耗损值 d , $i=1 \dots N$ (例如作为这些耗损贡献值的总和)。耗损贡献值 d_i 又是在使用多个耗损贡献计算规则 f_i 的情况下从所检测的电流值 $I(t)$ 的多个电流值子集中计算的,使得根据相应耗损贡献计算规则 f_i 从相应电流值子集中计算每个耗损贡献值(电流值子集也能够包括所有所检测电流值,因此能够是真正的子集或非真正的子集)。在此,至少两个耗损贡献计算规则彼此有区别(作为函数或者图)。

[0023] 本发明一方面基于这样的认识,即在开关过程期间出现不同的电弧相位。这些电弧相位大致在时间上相继。这些不同的电弧相位导致接触件的相应不同的耗损,也就是说耗损根据电弧相位以不同的方式取决于电流:在例如扩散电弧导致接触件的不同部分的更均匀且少的耗损时,静止收缩(zusammengeschnürt)电弧(导致接触件的受限部分的严重耗损,并且由此对于耗损是整体相关的)。

[0024] 按照本发明的方法允许有利地将不同电弧相位对接触元件的耗损的贡献计算成相应的专有耗损贡献值。每个耗损贡献值能够借助于对于相应电弧相位而言专门的耗损贡献计算规则来计算。为此有利的是如此选择电流值子集和/或耗损贡献计算规则,使得特定的被检测电流值分别根据其在哪些电弧相位中出现而导致相应不同的耗损贡献。

[0025] 对此,首先确定相应电流值子集。属于相应电弧相位的那些电流值能够确定为电

流值子集。为此,能够为相应电弧相位确定时间间隔(例如为第 i 个电弧相位确定 t_i 至 t'_i 的时间间隔 $[t_i; t'_i]$),并且电流值子集选为属于相应时间间隔 $[t_i; t'_i]$ 的电流值的电流值子集 $I([t_i; t'_i])$ 。出于该目的,相应电弧相位的界限时间点 t_i 、 t'_i 被合适地确定(进一步参见下文),并且电流值子集在考虑了这些时间点的情况下被限定。

[0026] 各电弧相位之间的时间界限可能是有些不清的,在它们之间有转变时间段。然而,人们能够至少近似地为相位的界限(开始或结束)确定界限时间点,也就是 t_i 用于第 i 个电弧相位的开始或 t'_i 用于结束。一般这种界限时间点能够是或者用于电弧开始的开始时间点(或者第一电弧相位),或者是用于从一个相位到相应下一个相位的转变的转变时间点,或者是用于电弧的结束(或者最后的电弧相位)的结束时间点。因此,比起这种,转变时间点同样不涉及电弧的开始或结束,因为在此没有不同的电弧相位会互相穿入。

[0027] 在 TMF 开关中电弧的类型和运动可通过在特殊成型的接触件上的观察检测到。在此,在示例性的 TMF 开关中可从彼此间区分出以下不同的电弧相位:

具有扩散电弧的相位:该电弧在空间上沿着接触件上宽的面分布;

具有收缩静止电弧的相位:该电弧被收窄成窄的区域,从该区域起它垂直于接触表面延伸,并且是静止的,也就是说几乎不沿着接触表面运动;

带有收缩运动电弧的相位:电弧继续收窄成窄的区域,然而沿着接触表面以高速度(也就是说以明显高于之前相位中的速度)运动。在最后的相位完成后电弧熄灭(在完全熄灭前可能具有另一带有扩散电弧的相位)。分别根据开关和接触件的构造,这些相位能够与上述相位有区别,并且能够给出与上述相位相比更多的相位或更少的相位或与之类型不同的相位。

[0028] 因此,在上述例子中,用于扩散电弧的开始的开始时间点 t_0 (或,更确切地说 t_{open})、用于从扩散电弧到收缩静止电弧的转变的转变时间点 $t'_0 = t_1$ 、用于从收缩静止电弧到漂移(wandernd)电弧的转变的另一转变时间点 $t'_1 = t_2$ 以及用于漂移电弧的结束的结束时间点 $t'_2 = t_3$ 确定为界限时间点。如果合适地确定了这些转变时间段,那么电流值子集能够被确定为第一、第二和第三电流值子集 $I([t_0; t'_0])$ 、 $I([t_1; t'_1])$ 、 $I([t_2; t'_2])$ 。

[0029] 现在参考图 1a 和 1b 描述限制电弧相位的界限时间点如何能够被分别确定。

[0030] 图 1a 和 1b 作为时间 t (水平轴)的函数示出了在开关操作期间出现的电流 I (图 1a,垂直轴)以及电弧电压 U (图 1b,垂直轴)的图。图 1a 和 1b 的示意图中时间轴不是按真实比例的,因此图 1a 和 1b 中的时间 t_0 至 t_3 处在略微不同的位置上。该电流一般具有大致正弦形曲线,带有被调制到基本频率上的包络线。在图 1a 和 1b 中仅示出部分正弦形振动周期,在时间 t_0 前具有过零点。

[0031] 在图 1b 中示出的电流表示过电流。由于该过电流,开关控制装置会发出引起开关的接触件分开的开关信号。短时间后开关控制装置发出引起开关的接触件分开的开关信号。然后接触件互相分离并且大约在时间点 t_0 分开。该分开通过如下方式可被识别,即在图 1b 中电压突然上升,并且出现电弧。大约同时电弧开始作为扩散电弧。接触件的分开或在图 1b 中可被识别的电压上升能够作为扩散电弧(第 1 电弧相位)的开始来使用,该扩散电弧的开始限定时间点 t_0 。在某些实施方式中,在扩散电弧相位期间的少量接触耗损能够被忽略。

[0032] 在时间 $t_1 = t'_0$ 时,扩散电弧转变成收缩静止电弧。该转变例如能够通过如下方

式被检测,即电流超出预给定的电流阈值 I_{constr} 。该阈值 I_{constr} 的准确选择取决于接触件的几何形状和另外的细节,并且能够例如通过测量结果进行校正。通过不同的观察会确定, I_{constr} 一般大于 10 kA,也就是例如是 15 kA。备选的,收缩静止电弧中的转变也能够以另外的方式限定。下面进一步描述用于确定的另外可能备选方案。

[0033] 在时间 $t_2=t'_1$,在由流动电流所产生横向磁场的影响下静止电弧转变成运动电弧。电弧的运动导致被测量电压和被测量电流的噪声份额的增加。因此,到运动电弧的转变能够通过如下方式被检测,即电压的噪声份额(在电压的预给定的频率范围中的方差与平均值的比)超出预给定的阈值。频率范围和阈值的准确选择取决于接触件的几何形状和另外的细节,例如噪声信号的分析在螺旋 TMF 型中是特别有意义的。该阈值等等例如能够通过测量结果进行校正。备选地,到收缩静止电弧的转变也能够以另外的方式限定,如下面进一步描述。

[0034] 在时间 $t_3=t'_2$ 时电弧熄灭,并且由此电弧相位也结束。该时间点例如通过电流明显降低可被识别。时间点 t_3 一般能够通过电流和 / 或电压降低到预给定界限值以下来限定。

[0035] 为了确定限定各电弧相位的上述界限时间点,也能够使用另外的事件,这些事件利用电弧相位的开始或结束以任意方式被校正。这种事件例如能够是:

a. 电弧的开始(例如可通过电弧范围中的亮度、接触电流、接触电压、或类似变量的测量被确定);

b. 从静止电弧状态到漂移电弧状态的转变(例如可通过方差或者上述变量的噪声份额的测量被确定);

c. 扩散电弧到收缩电弧的转变(例如可通过电弧范围中的空间亮度分布的测量被确定);

d. 电弧的结束(例如可通过电弧范围中的亮度、接触电流、接触电压、或类似变量的测量被确定);

e. 开关的一个接触元件与开关的另一接触元件的分开(例如可通过机械测量或通过分析由接触控制装置发送的开关信号被确定;可涉及的是待检查的接触元件也或者涉及另一接触元件);

f. 将该接触元件从开关的另一接触元件移开,移开的距离超出(例如可通过机械测量确定的)预给定距离阈值;

g. 开关指令的发布或分析(例如由开关控制装置);

h. 所检测值超出或低于预规定的阈值,其中所检测值尤其是从包括以下测量值的列表中选出的:

- 电流值和 / 或电压值和 / 或电场或磁场值(例如可通过测量用变压器确定);
- 电流值和 / 或电压值的频率分量;
- 电弧亮度值;
- 描述接触表面的位置和 / 或两个接触表面彼此间距离的位置值;
- 接触件的至目前为止的耗损值,例如在前面的开关过程中;
- 接触件的至目前为止的耗损总值,也就是说所有前面的开关过程的耗损值的总和;
- 从任何另外的事件(尤其是在该列表中所述的事件)发生开始经过的时间段;和 / 或

– 必要时,从更早的界限时间点开始经过的时间段。

[0036] 界限时间点尤其是可选为相应事件的时间点。也可在考虑多个所述事件的情况下计算界限时间点,例如通过多个事件的逻辑或加权运算或通过多个相应时间的求平均。该界限事件点尤其是转变时间点,其表示从静止电弧状态到漂移电弧装置的转变。

[0037] 也可在考虑至少一个以下测量值的情况下确定至少一个界限时间点:

- 电流值;
- 电压值;
- 电场或磁场值;
- 电流值的噪声份额或者频率分量;
- 电压值的噪声份额或者频率分量;
- 电场或磁场的噪声份额或者频率分量;
- 电弧的亮度值;
- 描述接触表面的位置和 / 或两个接触表面彼此间距离的位置值 (其中尤其是,所述接触元件之一是待检查的接触元件;然而也可能涉及另外的接触元件);
- 至目前为止的耗损值;
- 至目前为止的耗损总值;
- 从任一事件出现开始经过的时间段,尤其是上述事件之一。

[0038] – 必要时,从更早的界限时间点开始经过的时间段。

[0039] 分别根据测量值和事件的可用性,可从上述列表中选择元件并且为相应电弧相位合适地校正确定规则。也可使用多个确定规则并组合它们的结果,例如通过求平均或者形成加权平均值。

[0040] 在示例性的实施方式中,电流值子集的相应时间间隔例如可以以下方式确定:

编号	电弧相位	用于确定相位开始的标准
0	扩散电弧	接触件的分离 (例如借助于开关指令的分析或借助于机械传感器确定)
1	收缩静止接触电弧	接触电流超出阈值 I_{constr} , 例如 10kA
2	收缩旋转电弧	电流或电压的噪声份额超出阈值

收缩旋转电弧 (相位 2) 的结束例如可通过如下方式确定,即电流再次超出预给定的阈值。

[0041] 左列的编号涉及的是在图 1a 和 2 中示出的时段。在图 1a 和 2 中示意示出了可能附属的电流和电压值,在该基础上至少能够进行在表格中描述的分类。

[0042] 如在图 2 中示出,电流值在所确定界限时间点的基础上可细分成不同的电流值子集。第一电流值子集包括时间间隔 $[t_0; t_1]$ 中的电流值 $I([t_0; t_1])$ (参考标记 1)。第二电流值子集包括时间间隔 $[t_1; t_2]$ 中的电流值 $I([t_1; t_2])$ (参考标记 2)。第三电流值子集包括时间间隔 $[t_2; t_3]$ 中的电流值 $I([t_2; t_3])$ (参考标记 3)。对于每个电流值子集,在使用相应耗损贡献计算规则的情况下计算相应耗损贡献值 d_1 、 d_2 和 d_3 。接着将耗损贡献值 d_1 、 d_2 和 d_3 综合成耗损值 d (例如相加)。

[0043] 因此,为了计算耗损值,一般确定至少一个转变时间点,所述至少一个转变时间点尤其是表示在开关操作期间出现的电弧的不同相位之间的相应转变。时间间隔尤其是如此限定,使得转变时间点限定第一时间间隔 $[t_i; t'_i]$ 和第二时间间隔 $[t_j; t'_j]$ 之间的转变,以便 $t'_i = t_j$ 通过转变时间点形成。该方法尤其是在考虑所确定转变时间点的情况下能够

包括第一时间间隔 $[t_i; t'_i]$ 的结束 t'_i 和第二时间间隔 $[t_j; t'_j]$ 的开始 t_j 的限定, 例如使得转变时间点处在第一时间间隔和第二时间间隔之间; 尤其是使得第一时间间隔早于转变时间点或与该转变时间点同时, 并且第二时间间隔晚于该转变时间点或与该转变时间点同时。换句话说, 然后第一时间间隔处在第二时间间隔前, 在它们之间有转变时间点。然后电流值子集在考虑至少一个所确定转变时间点的情况下被确定。

[0044] 因此, 电流值子集 $I(t; t_i; t'_i)$ 确定为属于相应时间间隔 $[t_i; t'_i]$ 的电流值。至少一个时间间隔 $[t_i; t'_i]$ 在考虑至少一个所确定界限时间点或者转变时间点的情况下被限定。

[0045] 以下描述各耗损贡献计算规则 (每电流值子集或者每电弧相位) 可能的实施方式。在一实施方式中, 至少一个耗损贡献计算规则, 也或所有耗损贡献计算规则作为公式 (1) 的相应积分被分析 (或者作为接近这种积分的总和), 其中相应时间积分或者总和仅限于相应时间间隔或者相应电流值子集。然后, (1) 中的相应参数 k 和 α 能够按照电流值子集 (或者按照电弧相位) 被相应单独地选出, 例如根据模型被预给定或根据测量结果被校正。

[0046] 然后, 用于第 i 个电流值子集 (在此作为属于时间间隔 $[t_i; t'_i]$ 的电流值子集示出) 的耗损贡献计算规则 f_i 能够公式化为

$$f_i[I] = k_i * \int_{t_i}^{t'_i} I(t)^{\alpha} dt \quad (\text{作为积分}) \quad \text{或者公式化为 (2)}$$

$$f_i[I] = K_i * \sum_{t \in [t_i; t'_i]} I(t)^{\alpha} \quad (\text{作为总和}) \quad (2'),$$

其中 k_i 或者 K_i 、 α_i 与 (1) 中的参数 k 和 α 相应。在方程式 (2') 中参数 K 为大写, 以便指出相对于方程式 (1) 和 (2) 的参数 k 不同的物理单位: $[k] = \text{cm A}^{-\alpha} \text{s}^{-1}$; $[K] = \text{cm A}^{-\alpha}$ 。否则, 参数 k 和 K 是等同的。在一实施方式中, 能够对于两个电流值子集 (例如第一 ($i=1$) 和第二 ($i=2$) 电流值子集) 选出公式 (2) 或 (2'), 其中 $\alpha_1 \neq \alpha_2$ 和 $K_1 \neq K_2$ 。尤其是在 $0.5 < \alpha_1, \alpha_2 < 3$ 的实施方式中。

[0047] 然而, 不同于 (2)、(2') 的其它计算规则也是可能的。一般而言, 计算规则包含对于至少两个耗损贡献形成如下形式的贡献:

$$f_i[I] = \int_{t_i}^{t'_i} \varphi_i(I(t)) dt \quad (3)$$

$$f_i[I] = \sum_{t \in [t_i; t'_i]} \varphi_i(I(t)) \quad (3')$$

(其中 $i=1$ 用于第一耗损贡献, 而 $i=2$ 用于第二耗损贡献, 使得 $\varphi_1 \neq \varphi_2$, 其中在此不同标识表示: “与函数不同”)。在此, $I(t)$ 分别表示包括在属于第 i 个耗损贡献的电流值子集中的电流值。方程式 (2) 和 (2') 是 (3) 或者 (3') 的特殊情况, 例如其中 $\varphi_i(I(t)) = K_i * I(t)^{\alpha}$ 。

[0048] 然后, 耗损值能够计算为各耗损贡献 $d_i = f_i[I]$ 的总和, $i=0..(N-1)$, 例如以 $d = \sum_i d_i = \sum_i f_i[I]$ 的形式, 其中 f_i 作为一个在此描述的耗损贡献计算规则。

[0049] 在用于耗损贡献计算规则 f_i 的 (2') 中, 仅在界限 t_i 至 t'_i 内进行求和。替代用于这些总和的硬界限, 也能够更大的时间段上求和, 其中利用依赖于时间的函数 $\gamma_i(t)$ 对

贡献进行加权,该函数在时间间隔 $[t_i, t'_i]$ 内大于该时间间隔外。然后,相应一般化的方程式 (2') 具有以下形式:

$$f_i[I] = K_i * \sum_t \gamma_i(t) * I(t)^n \quad (4)$$

在图 3 中示出了函数 $\gamma_i(t)$ 的例子。图 3a 示出了作为阶梯函数的函数 $\gamma_i(t)$, 其在 t_i 和 $t'_i = t_{i+1}$ 之间的时间间隔内具有值 1, 并且在该时间间隔外具有值 0。利用图 3a 中的这些函数 $\gamma_i(t)$, 来自方程式 (4) 的总和又转换成方程式 (2) 的更具形式。

[0050] 在图 3b 中示出了备选函数 $\gamma_i(t)$ 。在此, $\gamma_i(t)$ 在 t_i 和 $t'_i = t_{i+1}$ 之间的时间间隔内大于所述时间间隔外, 然而 $\gamma_i(t)$ 连续降低并且在该时间间隔外也具有有限值。不同耗损贡献的在使用图 3b 中绘制的函数 $\gamma_i(t)$ 的情况下在方程式 (3) 中对其求和的电流值子集互相重叠。在此, 这些电流值子集尤其是能够包括全部所检测电流值, 并且其贡献仅借助于合适的函数 $\gamma_i(t)$ 被加权。

[0051] 函数 $\gamma_i(t)$ 可以表示如下: $\gamma_i(t) = \tilde{\gamma}((t-t_i)/(t'_i-t_i))$, 其中 $\tilde{\gamma}$ 作为在间隔 $[0;1]$ 内比在该间隔外具有更大的值的函数。在图 3a 和图 3b 中绘制的函数基本上是等同的并得到非常相似的结果。

[0052] 在方程式 (4) 的一般化中, 耗损能够表示为总和 $d = \sum_i f_i[I]$, 其中, $f_i[I] = \sum_t \gamma_i(t) * \varphi_i(I(t))$, 其中在方程式 (3) 的例子中是 $\varphi_i(I(t)) = K_i * I(t)^n$ 。函数 $\varphi_i(I(t))$ 能够如此解释, 使得它为每个 $I(t)$ 值提供磨蚀贡献的份额。

[0053] 相应地, 上述计算规则也能够应用于对时间上连续检测的电流值的积分。在该情况下, 按照上述一般情况耗损能够表示成积分 $d = \sum_i k_i \int \gamma_i(t) * \varphi_i(I(t)) dt$ 。该积分能够是数值上近似的。

[0054] 以下仍描述另外可能的变型方案。按照一变型方案, 能够借助于共同的耗损贡献计算规则为多个具有类似耗损特征的电弧相位计算耗损贡献值。然而, 不应该以同样的方式计算所有的电弧相位, 也就是说, 至少两个耗损贡献计算规则彼此有区别。

[0055] 按照另一变型方案, 除了电流 I 外电弧电压 U 也被检测并且在计算耗损值时被考虑。按照一实施方式, 这些电压例如能够借助于附加的电压传感器被检测。然后相应耗损函数可具有例如以下形式:

$$f_i[I, V] = K_i * \sum_{t \in [t_i, t_{i+1}]} I(t)^n * U(t)^h$$

表示与在开关操作期间流经开关的功率相关的变量的任意电气值一般能够被用于计算, 即, 例如电流 I 、电弧电压 U 、它们的乘积 (如在上述方程式中)。

[0056] 在另一实施方式中, 在上述任一个方程式 (例如 (2)、(2')、(3)、(3')) 中, 功率 $P(t) = I(t) * U(t)$ 也能够直接作为时间 (而不是 $I(t)$) 的函数被使用。

[0057] 按照另一变型方案, 各个仅对耗损提供不明显贡献的电弧相位也能够被除去。例如在图 1 和 2 的例子中能够出于该原因除去扩散电弧相位 (t_0 和 t_1 之间的第零相位 (Nullte Phase)), 使得该计算对于相位 $i=1$ 才开始。

[0058] 下文中描述适合实施在此描述的方法的开关控制装置和开关设备。该开关控制装置包括用于获取电流值（例如获取来自例如电流测量设备的所检测电流值，也来自用于模拟、内插等等的装置）的电流值输入模块，所述电流值作为时间的函数示出了在开关操作期间流经开关的接触电流。该开关控制装置进一步包括耗损确定模块，其具有计算单元和带有可通过计算单元执行的程序代码的数据存储器。该程序代码包括多个耗损贡献计算规则 f_i ，它们被设置用于从所检测电流值的相应电流值子集 $I([t_i; t'_i])$ 中计算相应耗损贡献值，使得每个耗损贡献计算规则从相应电流值子集中计算相应耗损贡献值。至少两个耗损贡献计算规则 f_i 彼此有区别。该程序代码进一步包括用于从耗损贡献值中计算表示接触元件的耗损的耗损值 d （例如作为耗损贡献值的总和）的耗损值计算例程。

[0059] 该程序代码尤其是包括用于实施在此描述的任一方法的指令。耗损贡献计算规则 f_i 尤其是被设置用于从所检测的电流值的相应多个电流值子集 $I([t_i; t'_i])$ 中计算相应多个耗损贡献值，使得每个耗损贡献计算规则 f_i 从相应电流值子集 $I([t_i; t'_i])$ 中计算相应耗损贡献值。

[0060] 该开关设备是为高或中压而设计的，并且尤其是功率开关、例如真空功率开关（然而气体绝缘的功率开关也是可能的）。该开关设备包括上述开关控制装置。该接触电流尤其是电弧电流。该开关设备尤其是具有作为接触元件的 TMF 型接触件，因为它在此有特别明显的电弧相位。TMF 型接触件特征在于，其构造在开关过程中或者在电弧中有利于主要的横向磁场。该横向磁场有利于电弧的运动并且由此导致明显的电弧相位。该接触件尤其是能够属于螺旋 TMF 型（如在图 4 中示出）。该接触元件由此能够包含带有圆的截面的平坦接触表面，例如带有螺旋形的间隙。备选地，该接触件也能够是形成为碗状的（碗状的，cup-shaped，类型）。该开关一般能够包含两个在纵向方向上相对彼此运动的接触件。

[0061] 开关设备可含有多个接触元件（例如 3 个接触元件用于 3 个相）。在该情况下，其中每个接触元件的耗损能够如本文所述单独发生。

[0062] 另外，该开关设备可包括诊断系统，其与开关控制装置相连，以便接收计算的耗损值。该诊断系统能够包含例如以下功能（每相位单独地）：

- 将耗损值相加成耗损总值，其对于多个开关过程作为总和表示接触件的总耗损；
- 当耗损值或者耗损总值超出预给定的警报阈值或者警示阈值或者阻断阈值时，警报、警示或阻断指令的触发；
- 将按百分比的耗损计算成允许的最大耗损中目前耗损的份额（耗损值对比耗损总值）；
- 在耗损值或者耗损总值基础上计算估计的开关的剩余运行持续时间；
- 将所确定耗损值或由此推导出的变量（例如耗损总值）转发到在线诊断服务器。

[0063] 以下仍列举本发明另外的一般方面。按照一方面，用于确定接触元件的耗损的方法包括从所检测到的电流值 $I(t)$ 中计算表示接触元件的耗损的耗损值 d ，其中根据第一耗损贡献计算规则 (f_i) 从至少一个用于第一时间间隔 $(t_i; [t_i; t'_i])$ 的电流值 $(I(t_i); I([t_i; t'_i]))$ 中计算第一耗损贡献值，并且根据第二耗损贡献计算规则 (f_j) 从至少一个用于第二时间间隔 $(t_j; [t_j; t'_j])$ 的电流值 $(I(t_j); I([t_j; t'_j]))$ 中计算第二耗损贡献值，其中第一耗损贡献计算规则 (f_i) 与第二耗损贡献计算规则 (f_j) 有区别。

[0064] 在相应电流值内,一般不需要统一的耗损贡献计算规则。检测能够包括测量、尤其是在离散采样时间间隔中的采样测量,然而也能够包括(部分)模拟。该模拟能够基于一种模型,例如假定电流值处在正弦曲线上,或包含测量值之间的内插。以此方式电流值能够作为时间的连续函数或作为离散式检测的值的矢量供使用。

[0065] 耗损贡献计算规则(作为函数)与零不同。作为函数与零相同的计算规则独立于值子集的电气值而根本不会得出耗损贡献(也就是说一直为零)。这种计算规则不视为耗损贡献计算规则。

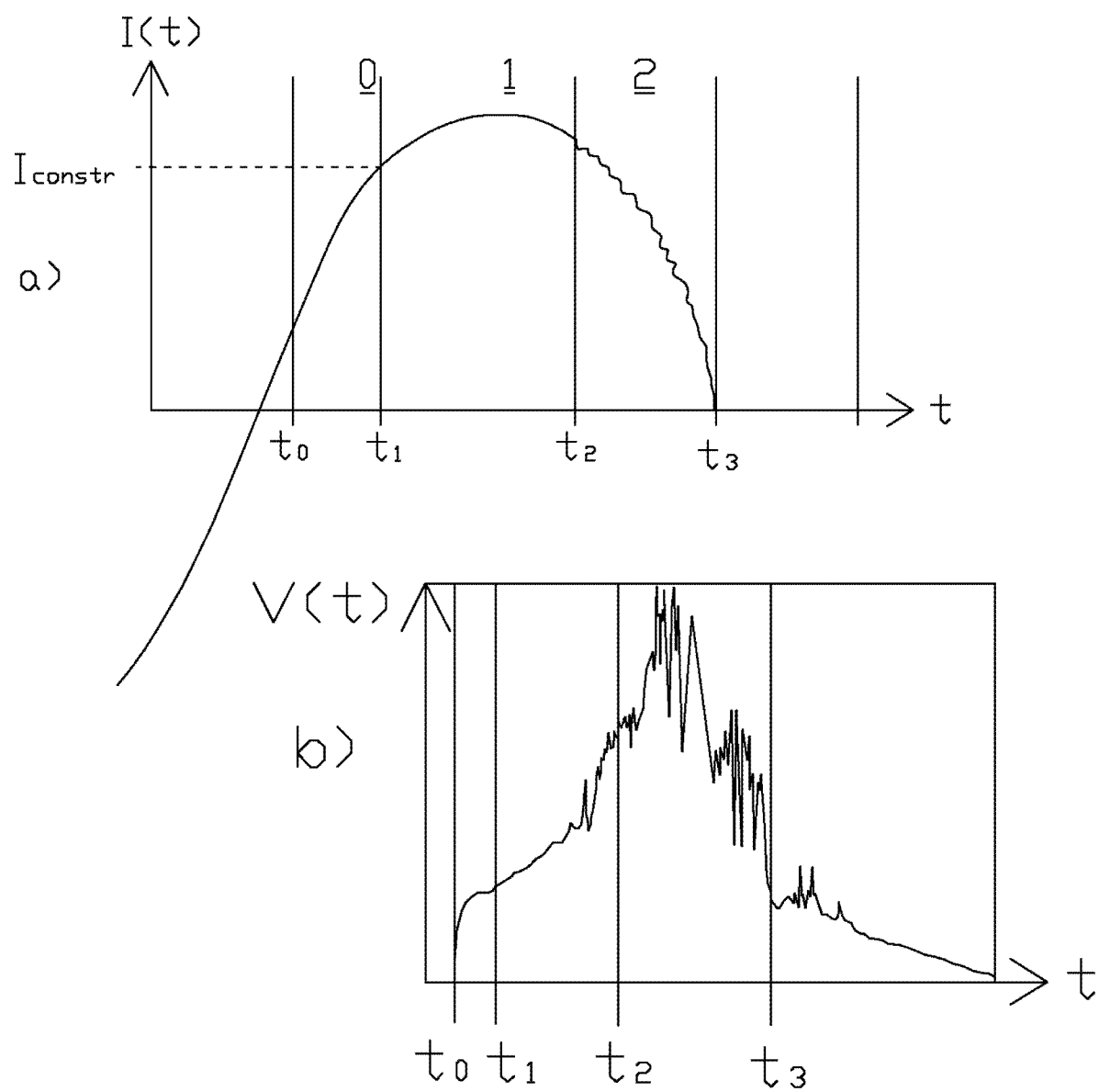


图 1

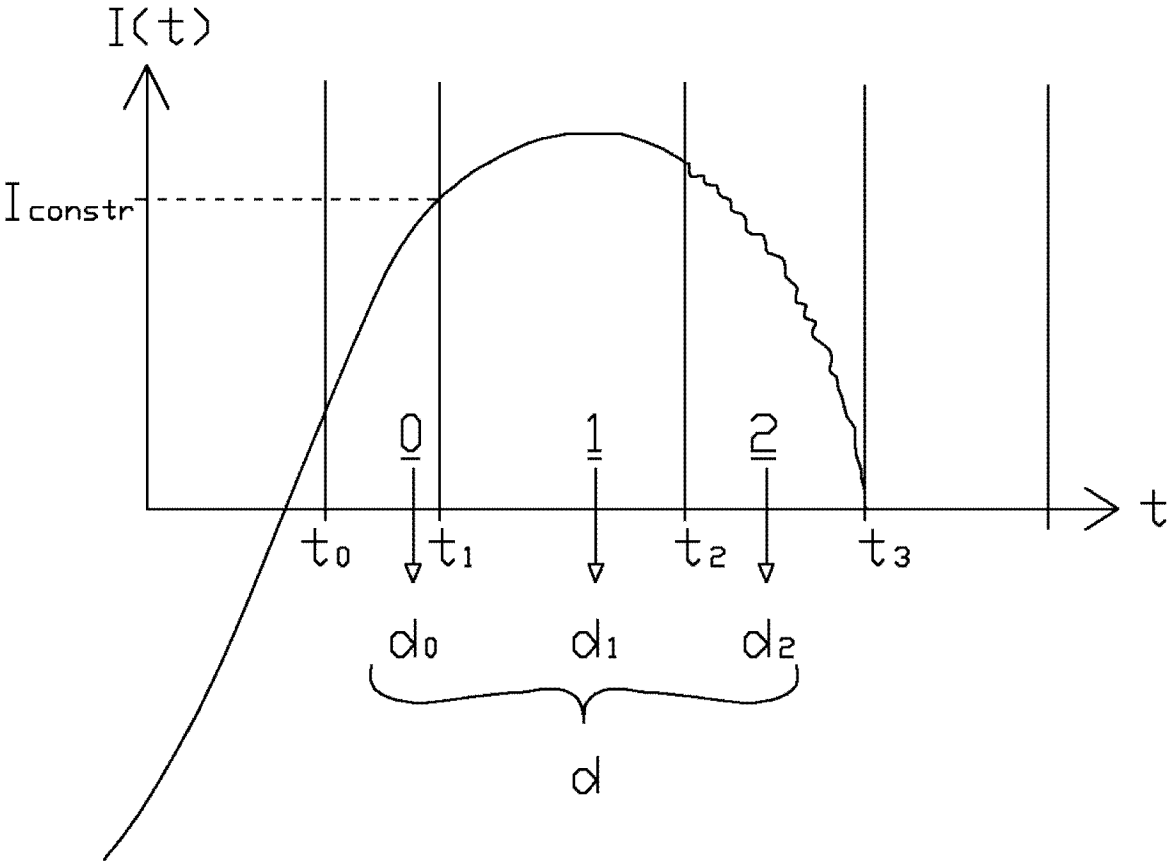


图 2

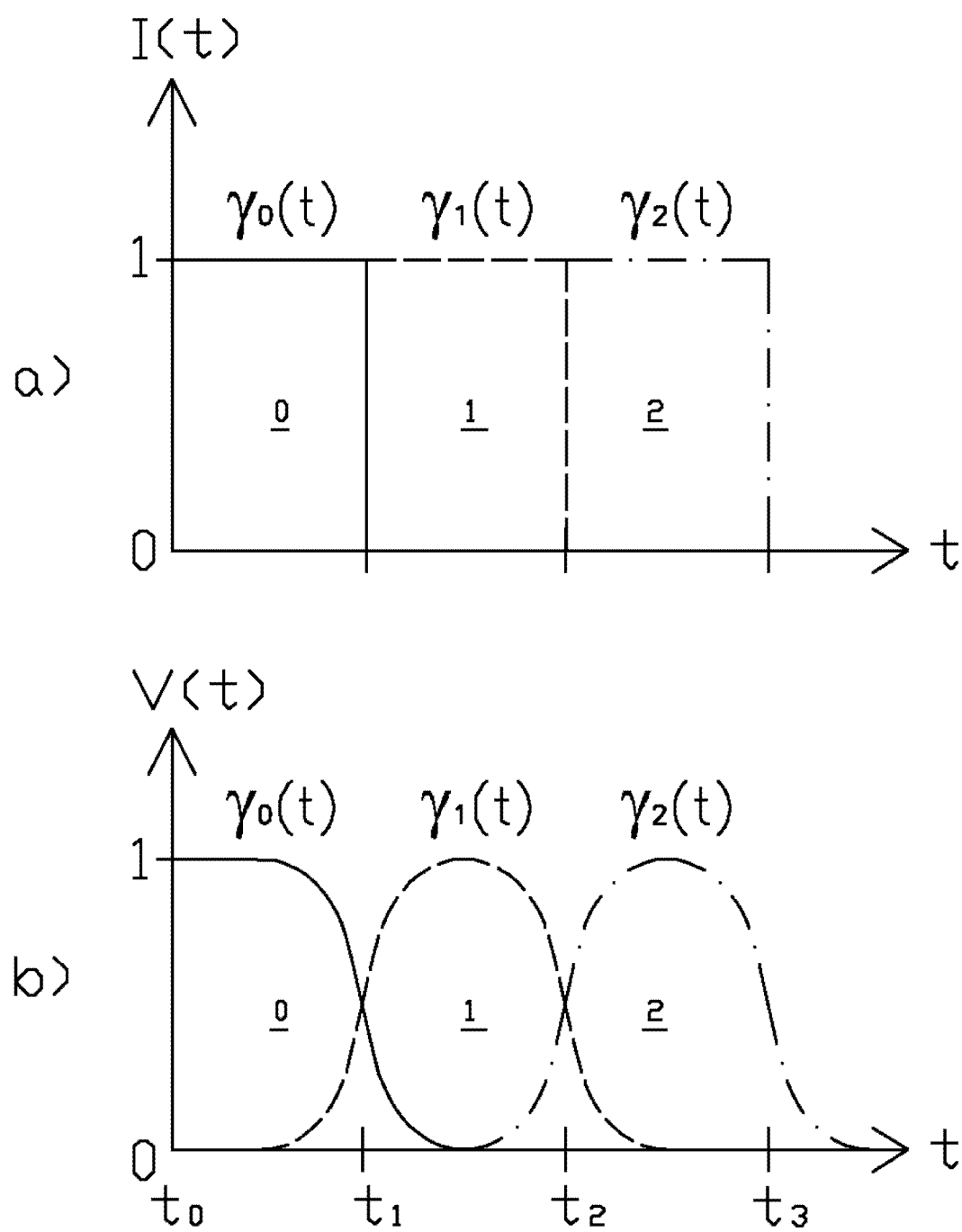


图 3

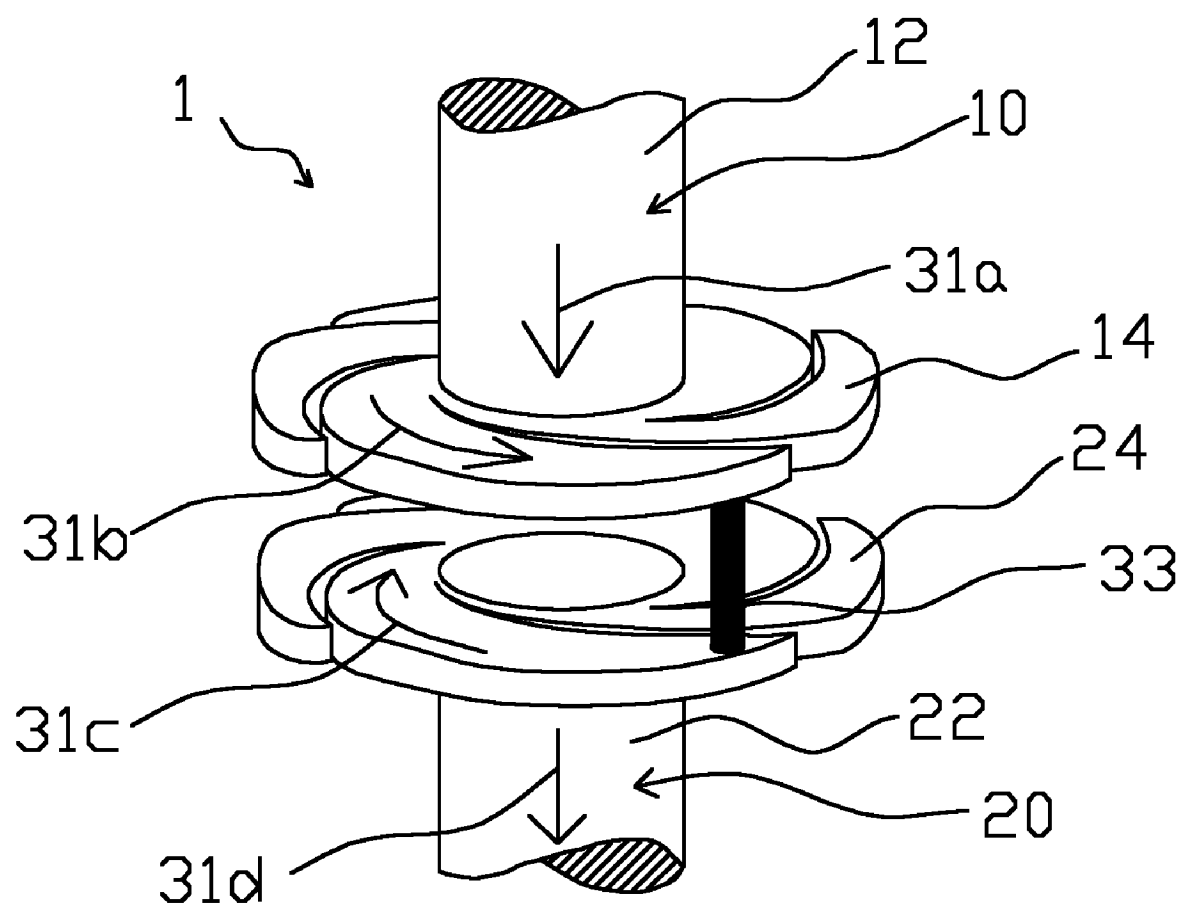


图 4