



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103797675 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 14

(21) 申请号 201180073426. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 09. 16

H02H 7/08 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2014. 03. 12

H02P 29/02 (2006. 01)

H02H 7/085 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2011/066092 2011. 09. 16

(87) PCT国际申请的公布数据
W02013/037417 DE 2013. 03. 21

(71) 申请人 西门子公司
地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 克劳斯·贝林格 马丁·迈尔
克劳斯·普菲茨纳 伯恩哈德·勒施

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 余刚 李慧

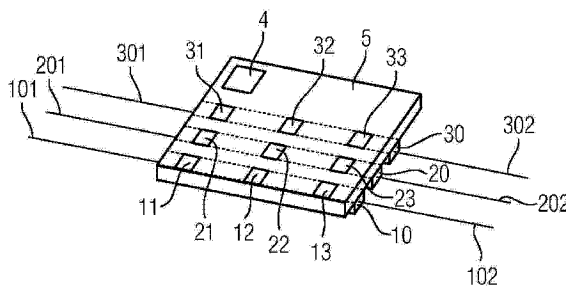
权利要求书2页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

用于保护用电器的装置和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于保护用电器(2)的装置(1),其具有包括两条导线(101,102)的第一电流路径(100),并且具有用于测定用电器(2)面临的过载的监控装置。为了能测定用电器(2)面临的过载而提出,所述监控装置包括第一测温单元、评估单元(4)和在第一电流路径的两条导线(101,102)之间建立导电连接的第一测量元件(10),其中,所述第一测温单元与第一测量元件(10)电流隔离,并且第一测温单元包括第一和第二温度传感器(11,12),其中,所述第一测温单元的第一和第二温度传感器(11,12)能够分别同时检测第一测量元件(10)的温度,并且评估单元(4)能够借助于检测的第一测温单元的温度测定用电器(2)上面临的过载。



1. 一种用于保护用电器(2)的装置(1),所述装置具有包括两条导线(101,102)的第一电流路径和用于测定所述用电器(2)面临的过载的监控装置,其特征在于,所述监控装置包括第一测温单元、评估单元(4)和在所述第一电流路径的两条导线(101,102)之间建立的导电连接的第一测量元件(10),其中,所述第一测温单元与所述第一测量元件(10)电流隔离,并且所述第一测温单元包括第一温度传感器和第二温度传感器(11,12),其中,所述第一测温单元的所述第一温度传感器和所述第二温度传感器(11,12)能够分别同时检测所述第一测量元件(10)的温度,并且所述评估单元(4)能够借助于检测到的所述第一测温单元的该温度测定所述用电器(2)上面临的过载。

2. 根据权利要求1所述的装置(1),其中,所述第一测温单元还包括第三温度传感器(13),所述第三温度传感器能够与所述第一测温单元的所述第一和第二温度传感器(11,12)同时检测所述第一测量元件的温度。

3. 根据权利要求2所述的装置(1),其中,所述第一温度传感器、所述第二温度传感器和所述第三温度传感器(11,12,13)相对于所述第一测量元件(10)布置为,使得所述第一温度传感器(11)能够检测所述第一测量元件(10)的第一测量点上的温度,所述第二温度传感器(12)能够检测所述第一测量元件(10)的第二测量点上的温度,并且所述第三温度传感器(13)能够检测所述第一测量元件(10)的第三测量点上的温度,其中,相对于所述第一测量元件(10)的第一侧面(6),所述第二测量点位于所述第一侧面(6)上的所述第一测量点和所述第三测量点之间。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的装置(1),其中,相应的所述温度传感器(11,12,13)与所述第一测量元件(10)间隔最大为2mm。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的装置(1),其中,在所述第一测温单元的所述温度传感器(11,12,13)和所述测量元件(10)之间布置有电绝缘的绝缘层(5,51)。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的装置(1),所述装置具有包括两条导线(201,202)的第二电流路径,其中,所述监控装置还包括第二测温单元和在所述第二电流路径的两条导线(201,202)之间建立导电连接的第二测量元件(20),其中,所述第二测温单元与所述第二测量元件(20)电流隔离,并且所述第二测温单元包括第一温度传感器和第二温度传感器(21,22),其中,所述第二测温单元的所述第一温度传感器和所述第二温度传感器(21,22)能够分别同时检测所述第二测量元件(20)温度,并且所述评估单元(4)能够借助于检测到的所述第二测温单元的该温度测定所述用电器(2)上面临的过载。

7. 根据权利要求6所述的装置(1),其中,所述第二测温单元还包括第三温度传感器(23),所述第三温度传感器能够与所述第二测温单元的所述第一温度传感器和所述第二温度传感器(21,22)同时检测所述第二测量元件的温度。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的装置(1),所述装置具有包括两条导线(301,302)的第三电流路径,其中,所述监控装置还包括第三测温单元和在所述第三电流路径的两条导线(301,302)之间建立导电连接的第三测量元件(30),其中,所述第三测温单元与所述第三测量元件(30)电流隔离,并且所述第三测温单元包括第一温度传感器和第二温度传感器(31,32),其中,所述第三测温单元的所述第一温度传感器和所述第二温度传感器(31,32)能够分别同时检测所述第三测量元件(30)的温度,并且所述评估单元(4)能够借助于检测到的所述第三测温单元的该温度测定所述用电器(2)上面临的过载。

9. 根据权利要求 8 所述的装置(1), 其中, 所述第三测温单元还包括第三温度传感器(33), 所述第三温度传感器能够与所述第三测温单元的所述第一温度传感器和所述第二温度传感器(31, 32) 同时检测所述第一测量元件的温度。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的装置(1), 其中, 相应的所述温度传感器(11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33) 是半导体, 特别是二极管。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的装置(1), 其中, 所述装置(1) 是开关设备, 特别是过载继电器或者断路器。

12. 一种用于保护用电器(2) 的方法, 其中, 装置(1) 包括具有两条导线(101, 102) 的第一电流路径和用于测定所述用电器(2) 面临的过载的监控装置, 其特征在于, 所述监控装置包括第一测温单元、评估单元(4) 和在所述第一电流路径的两条导线(101, 102) 之间建立导电连接的第一测量元件(10), 其中, 所述第一测温单元与所述第一测量元件(10) 电流隔离, 并且所述第一测温单元包括第一温度传感器和第二温度传感器(11, 12), 其中, 所述第一测温单元的所述第一温度传感器和所述第二温度传感器(11, 12) 能够分别同时检测所述第一测量元件(10) 的温度, 并且所述评估单元(4) 能够借助于检测到的所述第一测温单元的该温度测定所述用电器(2) 上面临的过载。

13. 根据权利要求 12 所述的方法, 其中, 所述评估单元(4) 借助于所述第一测温单元同时获得的该温度测定所述第一测量元件(10) 的受电流影响的升温状况。

用于保护用电器的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对用电器进行过载保护,特别是热过载保护的装置和方法。

背景技术

[0002] 在这里特别是将电动机(例如异步电机)视为用电器。用电器上的热过载例如是由于电动机上的机械过载或者由于电动机的某个导电路径(相)失效而引起的。在这个过程中,用电器发生不期望的温度变化,这最终可能导致用电器的损坏。

[0003] 为了测定用电器面临的热过载,大部分情况下都是将装置集成到为用电器提供电能的导电路径中,从而能够借助于这些装置探测用电器面临的热过载。在此可以进行单相也或者多相的监控,也就是说,可以监控用电器的一个单个的导电路径(一个相),但是也可以监控多个导电路径(多个相)。

[0004] 相应的装置对应每个需要进行监控的导电路径具有一个电流路径,通过该电流路径引导通过该导电路径完成的能量供应。因此,借助于电流路径用电器的电能传导经过该装置。借助于该装置的控制装置监控电流路径的电流,从而能够探测用电器面临的过载。这类装置例如是过载继电器或者断路器。对于下游的用电器而言,断路器除了能够通过 A 脱扣器进行热过载保护,还能够通过 N 脱扣器进行短路保护。

[0005] 在本申请中,特别是要为用电器(例如发动机、导线、变压器和发电机)提供过载保护。

[0006] 对用于测定用电器的热过载的装置提出了不同的要求:

[0007] - 该装置应该尽可能地不仅能够监控 AC 电流还能监控 DC 电流,使得不仅能够监控 AC 用电器的过载,还能监控 DC 用电器的过载。

[0008] - 该装置应该具有尽可能大的设定范围。设定范围就是能够对用电器的工作电流进行监控的范围。它受到工作电流上限 I_0 和工作电流下限 I_U 的界定(I_0 到 I_U)。借助于装置上的设定器(例如设定螺栓)能够将热过载脱扣器设定至相应的系统电流(Anlagestrom),从而能够有目标地对下游需要进行监控的用电器进行监控。

[0009] - 该装置应该产生尽可能少的损耗功率。

[0010] - 该装置应该在需要监控的电流路径和探测过载的监控装置之间具有尽可能简单的电流隔离装置。

[0011] - 该装置应该具有热记忆。也就是说如果发现用电器面临的热过载,就需要中断对用电器的电流输送,直到确保用电器已经冷却。因此应该能够实现在测定热过载以后不会立即接通用电器。

[0012] 在用电器面临热过载时,在用电器的一些导电路径(相)中出现增高的电流上升。因此,在用电器上游的、用于监控用电器的热过载的装置可以通过监控其导电路径探测并评估这种增高的电流上升。为此可以运用不同的测量原理。因此可以借助于该装置的不同监控装置测定面临的过载。特别是对应用电器的每个需要监控的相在相应的电流路径上,用于探测用电器的过载的监控装置包括双金属脱扣器、电流转换器或者分流器。

[0013] 在借助于双金属脱扣器进行监控时,将需要监控的电流路径与双金属脱扣器如下地耦合,即,使得通过电流上升能够让双金属脱扣器升温,并且最终让双金属脱扣器的一部分发生空间上的转向。这种转向被探测并且被进一步评估。借助于双金属脱扣器不仅能够测定直流电的情况也能够测定交流电的情况。双金属脱扣器的典型设定范围在 1 到 1.6。双金属脱扣器的缺点在于,它会产生很高的损耗功率。在双金属脱扣器中能够低消耗地实现热记忆和各个导电路径(相)之间的电流隔离。

[0014] 在借助于电流转换器进行监控时,当前的电流转换器测定其电流路径的相应电流,使得评估单元能够进一步分析电流,并且最终能够探测面临的过载。这种测量方法的缺点在于,不能检测 DC 电流的情况。设定范围在 1 至 10,并且损耗功率低。然而通过电流转换器本身不能复制热记忆。

[0015] 在借助于分流器进行监控时,分流器集成在电流路径中,从而能够通过它分接代表电流的电压。通过接下来分析施加在分流器上的电压可以测定面临的热过载。借助于分流器测量法能够检测 AC/DC 电流的情况。设定范围通常在 1 到 4。借助于分流器进行的测量法的缺点在于,通过在分流器上分接电压不能复制热记忆,并且只有在耗费很大的情况下才有可能电流隔离各个相。

发明内容

[0016] 本发明的一个目的在于,提供一种装置以及一种方法,利用它们能够测定用电器面临的过载。特别是借助于该装置不仅要能够监控直流电,也要能够监控交流电。此外优选地还要能够实现监控装置与需要监控的电流路径的简单的电流隔离。

[0017] 该目的通过根据权利要求 1 所述的装置得以实现,也就是通过一种用于保护用电器的装置来实现,该装置具有包括两条导线的第一电流路径,并且具有用于测定用电器面临的过载的监控装置,其中,监控装置包括第一测温单元、评估单元和在第一电流路径的两条导线之间建立导电连接的第一测量元件,其中,第一测温单元与第一测量元件电流隔离,并且第一测温单元包括第一和第二温度传感器,其中,第一测温单元的第一和第二温度传感器能够分别同时检测第一测量元件的温度,并且评估单元能够借助于检测的第一测温单元温度测定用电器上面面临的过载,该目的还通过根据权利要求 12 所述的方法来实现,也就是通过一种保护用电器的方法来实现,其中,装置包括具有两条导线的第一电流路径和用于测定用电器面临的过载的监控装置,其中,监控装置包括第一测温单元、评估单元和在第一电流路径的两条导线之间建立导电连接的第一测量元件,其中,第一测温单元与第一测量元件电流隔离,并且第一测温单元包括第一和第二温度传感器,其中,第一测温单元的第一和第二温度传感器能够分别检测第一测量元件的温度,并且评估单元能够借助于检测的第一测温单元温度测定用电器上面面临的过载。

[0018] 在从属权利要求 2 至 11 和 13 中给出了本发明的有利的改进方案。

[0019] 电流路径特别是用于为用电器供应能量的馈电线的一部分。馈电线也称为主电流路径或者相。在用电器(例如电动机)主动运行时,与时间有关的电动机电流穿流过电流路径,并且因此穿过第一测量元件,该电动机电流在第一测量元件中依据电流电平和电流通过时间使得第一测量元件按定义地升温(受电流影响的升温)。在此,第一测量元件依据当前的电流电平和电流通过时间具有特征性的升温行为。

[0020] 在用电器面临过载时,第一测量元件的热状况不同于用电器在标准运行时的状况。特别是在面临过载时在第一测量元件上出现升高的温度,并且因此出现第一测量元件的特征性的升温状况。

[0021] 在第一测量元件因为电流造成升温时,第一测量元件上的温度并不是在第一测量元件的整个主体上都一样。与在相同时间点相比,在第一测量元件上的一个区域的温度比第一测量元件的另一个区域的温度更高或更低。如果例如第一测量元件具有统一的封闭的矩形形状,那么在第一测量元件的纵轴的中间区域的温度通常高于在第一测量元件的纵轴的始端区域和末端区域的温度。因此,依据穿过第一测量元件的电流,第一测量元件具有特征性的升温状况。借助于第一测量单元检测第一测量元件的受电流影响的特征性的升温状况,使得评估单元能够推导出第一测量元件上的电流状态,并且最终推导出用电器的实时状态。因此可以测定,用电器是在正常运行还是面临过载。

[0022] 环境温度的增高(外界的温度影响)例如也可能导致第一测量元件上的温度增高,所以通过测定第一测量元件上的仅一处温度来测定面临的过载可能导致错误的分析结果。

[0023] 为了在测定面临的过载时能够将这种外界的温度影响最小化,通过第一测温单元同时检测第一测量元件的特别是两处温度。在此,在第一测量元件的两个测量点上完成对第一测量元件的温度的测量,这两个测量点在第一测量元件由于电流造成升温时可能同时具有不同的温度。

[0024] 借助于同时检测的第一测量元件的温度,评估单元因此能够计算第一测量元件的温差值(ΔT_n)。借助于计算的温差值(ΔT_n)现在可以通过评估单元推导出第一测量元件由于电流造成的升温。为此例如从第一温度传感器(T_{n1})同时检测的温度中减去第二温度传感器(T_{n2})的温度; $(\Delta T_n = T_{n2} - T_{n1})$ 。在借助于多个温度传感器同时测定第一测量元件的多处温度时,可以进行等值的计算,从而测定第一测量元件的温差值(ΔT_n)。特别是借助于评估单元完成温差值(ΔT_n)的计算。

[0025] 利用温差值(ΔT_n)进行评估的优点特别是,能够最大程度地补偿外界的温度影响,从而能够主要观察第一测量元件上受电流影响的升温。因此可以对第一测量元件受电流影响的升温进行准确的分析,从而能够更好地测定用电器面临的过载。

[0026] 因此,借助于第一和第二温度传感器分别同时检测第一测量元件的一处温度,并且提供给评估单元。因此,评估单元能够在每个周期(区间,通过第一测温单元在该区间内同时测定温度)测定并且评估一个温差值(ΔT_n)。因此,它能够优选地在每个周期检查第一测量元件是否存在受电流影响的、代表着用电器面临过载的升温状况。

[0027] 第一测量元件优选地是具有恒定的损耗功率的电阻(例如分流器)。

[0028] 为了测定用电器面临的过载,可以有区别地通过评估单元评估温差值(ΔT_n)。为此优选地在评估单元中存储基准值,它可以与一个温差值(ΔT_n)或者多个温差值(ΔT_n)或者一个从中得出的值进行比较,从而能够检测用电器上面面临的过载。因此通过基准值优选地体现第一测量元件受电流影响的升温特征。

[0029] 利用本发明实现的优点特别是在于,借助于这种装置或借助于这种方法不仅能够检测 AC 电流的情况,也能够检测 DC 电流的情况。因此能够在 AC 和 DC 用电器中测定面临的过载。此外还可以实现相对于双金属测量法更好的设定范围。也可以实现热记忆,因为在面临过载时,第一测量元件被剧烈加热,从而能够借助于第一测量元件的温度并且因此

通过冷却第一测量元件了解用电器的散热状况。例如还可以通过评估单元实现这种评估。

[0030] 在本发明的一种有利的实施方式中,第一测温单元还包括第三温度传感器,它能够与第一测温单元的第一和第二温度传感器同时检测第一测量元件的温度。通过第三温度传感器(T_{n3})特别是检测第一测量单元的没有通过第一测温单元的第一和第二温度传感器检测的测量点上的温度。在第一测量元件处于至少一种由电流穿过的状态下时,第一测量元件上的第三温度传感器的测量点优选地具有不同于第一测量元件上的第二温度传感器的测量点的温度。

[0031] 利用第一、第二和第三温度传感器优选地监控第一测量元件的相同的侧面。以这种方式能够对第一测量元件的升温状况进行极其精确的测定。

[0032] 在本发明的另一种有利的实施方式中,如下地相对于第一测量元件安置第一、第二和第三温度传感器,即,使第一温度传感器能够检测第一测量元件的第一测量点上的温度,第二温度传感器能够检测第一测量元件的第二测量点上的温度,并且第三温度传感器能够检测第一测量元件的第三测量点上的温度,其中,相对于第一测量元件的第一侧面,第二测量点位于第一侧面上的第一和第二测量点之间。

[0033] 优选地,在第一测量元件处于至少一种有电流穿过的状态下时,在第二测量点上存在比第一和第三测量点更高的温度。第一测量点在此特别是位于第一测量元件的侧面的一个轴的始端区域内,第三测量点位于该轴的末端区域内,并且第二测量点位于第一测量元件的侧面的这条轴的中间区域内。第一测量元件的侧面的该轴优选地是该侧面的纵轴。

[0034] 为了测定温差值(ΔT_n),可以例如运用以下公式:

$$[0035] \quad \Delta T_n = \frac{(T_{n2} - T_{n1}) + (T_{n2} - T_{n3})}{2} = T_{n2} - \left(\frac{T_{n1} + T_{n3}}{2} \right)$$

[0036] ΔT_n :温差值

[0037] T_{n1} :第一温度传感器在第一测量点上测定的温度

[0038] T_{n2} :第二温度传感器在第二测量点上测定的温度

[0039] T_{n3} :第三温度传感器在第三测量点上测定的温度

[0040] n :被观察的测量元件和因此被观察的电流路径。

[0041] 对于在温度传感器同时测定各个温度的每个周期,可以通过评估单元测定温差值。通过在评估单元中相应地评估温差值最终可以识别出,用电器是否在正常运行,或是用电器是否面临过载,还是是否已经存在过载。

[0042] 在本发明的另一种有利的实施方式中,相应的温度传感器与第一测量元件间隔最大为 2mm。由此能够通过相应的温度传感器准确地检测第一测量元件上的相应的测量点的温度。

[0043] 在本发明的另一种有利的实施方式中,在第一测温单元的温度传感器和测量元件之间布置了电绝缘的绝缘层。由此可以确保第一温度监控装置与第一测量元件的可靠的电流隔离。通过电绝缘的绝缘层,优选地提供了温度传感器与相应的测量元件的良好的热耦合。电绝缘的绝缘层优选地用作温度传感器的载体,从而将温度传感器固定到载体上。电绝缘的绝缘层例如是 FR4 或者陶瓷。

[0044] 在本发明的另一种有利的实施方式中,评估单元可以借助于通过温度传感器同时测定的第一测量元件的温度来测定第一测量元件的一个温差值(ΔT_n)。如果用电器面临过载,那么相比正常运行/额定运行存在更高的电流,并且因此在第一测量元件上受电流影响的升温提高。因此,第一测量元件具有特征性的热状况,这可以借助于温差值检测。通过优选地存储在评估单元中的基准值,特别是体现了第一测量元件的与流经第一测量元件的电流量和电流通过时间有关的升温特征。通过将第一测量元件的温差值(ΔT_n)与基准值进行比较,可以借此将第一测量元件在正常运行时受电流影响的升温状况和面临过载时受电流影响的升温状况区分开。在此,可以用一个唯一的温差值(ΔT_n)与基准值进行比较,但是也可以用多个温差值(ΔT_n)与基准值进行比较。

[0045] 在本发明的另一种有利的实施方式中,评估单元可以在发现用电器上面临过载时发出警报信号,特别是电警报信号。通过警报信号优选地控制所述装置的开关元件的开关状态。通过开关元件,或者直接控制辅助电流回路或者主电流回路(为用电器供应能量的馈电线)。

[0046] 如果开关元件控制辅助电流回路,那么打开或者闭合开关元件,从而驱控通断主电流回路的开关设备(例如接触器)。该通断主电流回路的开关设备紧接着断开主电流回路,从而中断通往用电器的电流,并且因此避免用电器上的过载。

[0047] 如果开关元件控制主电流回路,那么就打开开关元件,从而中断通往用电器的电流,并且因此避免用电器上的过载。

[0048] 如果是三相的用电器,就优选地通过测定该装置的仅一个电流路径上面临的过载(并且因此是在用电器的仅一个相上面临的过载)来断开用电器的所有相,从而阻止通往用电器的电流。

[0049] 在本发明的另一种有利的实施方式中,该装置还包括具有两条导线的第二电流路径,其中,监控装置还包括第二测温单元和在第二电流路径的两条导线之间建立导电连接的第二测量元件,其中,第二测温单元与第二测量元件电流隔离,并且第二测温单元包括第一和第二温度传感器,其中,第二测温单元的第一和第二温度传感器能够分别同时检测第二测量元件的一处温度,并且评估单元能够借助于检测的第二测温单元温度测定用电器上面临的过载。第一和第二温度传感器特别是如下地相对于第二测量元件布置,即,使得通过由评估单元同时检测的温度能够测定第二测量元件的受电流影响的特征性的升温状况。

[0050] 在评估单元中,优选地存储表征着第二测量元件的升温状况的基准值。因此,该评估元件能够通过比较第二测量元件的测定受电流影响的升温状况和在评估单元中存储的基准值测定用电器上面临的过载。因此,评估单元能够借助于第二测量元件的受电流影响的特征性的升温状况区分正常运行状态和面临过载的状态。

[0051] 在本发明的另一种有利的实施方式中,第二测温单元还包括第三个温度传感器,它能够与第二测温单元的第一和第二温度传感器同时测定第二测量元件的一处温度。在此特别是测定第二测量单元的测量点上的没有被第二测温单元的第一和第二温度传感器测定的温度。

[0052] 第二测温单元的温度传感器相对于第二测量元件的布置方式可以根据第一测温单元相对于第一测量元件的布置方式构成。同样也可以与通过评估单元评估第一测温单元的温度一样同等地通过该评估单元评估第二测温单元的检测出的温度。此外还可以在第二

测温单元的温度传感器和第二测量元件之间布置电绝缘层(正如在第一测量元件和第一测温单元之间一样)。

[0053] 在本发明的另一种有利的实施方式中,所述装置包括具有两条导线的第三电流路径,其中,监控装置还包括第三测温单元和在第三电流路径的两条导线之间建立导电连接的第三测量元件,其中,第三测温单元与第三测量元件电流隔离,并且第三测温单元包括第一和第二温度传感器,其中,第三测温单元的第一和第二温度传感器能够分别同时检测第三测量元件的一处温度,并且评估单元能够借助于检测的第三测温单元温度测定用电器上面临的过载。第一和第二温度传感器特别是如下地相对于第三测量元件布置,即,使得通过由评估单元同时检测温度能够测定第三测量元件的受电流影响的特征性的升温状况。

[0054] 评估单元优选地能够通过将测定的第三测量元件的升温状况和在评估单元中存储的基准值比较来测定用电器上面临的过载。通过基准值特别是让评估单元识别出第三测量元件的升温状况,从而能够测定用电器上面临的过载。

[0055] 在本发明的另一种有利的实施方式中,第三测温单元还包括第三个温度传感器,它能够与第三测温单元的第一和第二温度传感器同时检测第一测量元件的一处温度。在此特别是检测第三测量单元的测量点上的、没有被第三测温单元的第一和第二温度传感器检测出的温度。

[0056] 第三测温单元的温度传感器相对于第三测量元件的布置方式可以根据第一测温单元相对于第一测量元件的布置方式构成。同样也可以与通过评估单元评估第一测温单元的温度一样同等地通过该评估单元评估第三测温单元的检测出的温度。此外还可以在第三测温单元的温度传感器和第三测量元件之间布置电绝缘层(正如在第一测量元件和第一测温单元之间一样)。

[0057] 电绝缘层优选地是用于相应的温度传感器的载体材料。在此,第一、第二和第三测温单元的温度传感器优选地位于同一个绝缘层上。

[0058] 同样可以考虑的是,第一和/或第二和/或第三测温单元包括更多的温度传感器,从而能够更准确地测定相应的测量元件受电流影响的升温状况。

[0059] 在本发明的另一种有利的实施方式中,如下地构造相应的温度传感器,使其依据当前的温度具有特征性的状态。该温度传感器特别是热电偶、热感金属丝或者与温度有关的半导体(例如二极管)。如果例如使用二极管作为温度传感器,就可以借助于测量二极管上的电压推导出当前的温度。因此,第一测量元件的温度变化就能够导致二极管上的温度变化,从而引起电压变化。

[0060] 在本发明的另一种有利的实施方式中,第一测量元件和可能存在的第二和/或第三测量元件分别是一个电阻,特别是分流器。优选地,该测量元件具有恒定的损耗功率和受电流影响的特征性的升温状况。

[0061] 优选地,为评估单元提供相应的测量元件的一部分升温状况作为基准值,使得它能够通过将测定的测量元件的受电流影响的升温状况与基准值进行比较发现面临的过载。如果测量元件和测温单元所属的温度传感器的构造都相同,那么用于这些测量元件的基准值相同。

[0062] 在本发明的另一种有利的实施方式中,所述装置是开关设备,特别是过载继电器或者断路器。该装置优选地不以用电器为中心地布置,也就是说,它不是用电器的组成部分

(例如电动机)。

[0063] 第一、第二和 / 或第三测温单元的温度传感器优选地能够检测大约 4 开尔文的温差。

[0064] 第一、第二和 / 或第三测量元件优选地在额定运行状态下具有大约 60 到 100°C 的温度。然而当用电器上的过载最大时, 在相应的测量元件上可能出现的温度为 600 到 700°C。

附图说明

[0065] 下面借助于在图中所示的实施例更详尽地说明并阐述本发明和本发明的构造方案。图中示出:

[0066] 图 1 是具有监控装置的第一电流路径的示意图,

[0067] 图 2 是用于保护用电器的装置的示意图, 以及

[0068] 图 3 是用于保护用电器的装置的示意图, 其中, 在电路板上安放了监控装置。

具体实施方式

[0069] 图 1 示出具有监控装置的第一电流路径的示意图。所示的电路路径是用于保护下游的用电器的装置的组成部分。借助于监控装置能够测定用电器面临的过载。为此将该装置集成到用电器的电流路径中。如果例如该用电器是三相的三相电机, 那么所示的电流路径和监控装置就具有至少一个三相电机的馈电线(相)。

[0070] 第一电流路径包括第一条导线 101 和第二条导线 102。监控装置包括第一测温单元、评估单元 4 和第一测量元件 10。第一测温单元包括第一温度传感器 11、第二温度传感器 12 和第三温度传感器 13。

[0071] 第一测量元件 10 布置在第一电流路径的第一条导线 101 和第二条导线 102 之间, 使得电流能够从第一条导线 101 经过第一测量元件 10 流向第二条导线 102。因为通过第一条和第二条导线 101, 102 实现对下游的用电器的能量供应, 所以电流在下游的用电器运行期间流经第一测量元件 10。依据下游的用电器当前的运行状态, 在第一测量元件 10 上存在一定的电流电平。依据第一测量元件 10 上的电流电平和电流通过时间, 第一测量元件 10 上出现特征性的升温状况。借助于温度传感器 11, 12, 13 能够检测第一测量元件 10 的特征性的升温状况, 并且提供给评估单元 4。如果用电器即将热过载, 那么在第一测量元件 10 上存在增高的电流电平。因此, 通过由评估单元 4 分析第一测量元件 10 的特征性的升温状况, 能够推导出下游的用电器当前的状态。为此在评估单元中存储了基准值, 它表征了第一测量元件 10 在下游的用电器面临过载的情况下的升温特点。在额定运行时, 第一测量元件 10 上通常存在大约 60 到 100°C 的温度。然而, 如果用电器上发生过载, 就可能由于增高的电流而在第一测量元件 10 上出现高达 700°C 的温度。

[0072] 因此, 通过监控第一测量元件 10 的温度能够探测用电器面临的过载。在本实施例中, 测温单元 18 为此包括三个温度传感器 11, 12, 13。同样也可以考虑每个测温单元仅具有两个温度传感器或者超过三个温度传感器的构造形式。第一、第二和第三温度传感器 11, 12, 13 与第一测量元件 10 间隔最大为 2mm, 并且能够分别检测出第一测量元件 10 的一个具体的测量点的温度。在此, 这三个温度传感器 11, 12, 13 并不探测第一测量元件 10 上的相

同的测量点。在这三个温度传感器 11,12,13 和第一测量元件 10 之间布置了电绝缘的绝缘层 51,从而确保在第一测量元件和这三个温度传感器 11,12,13 之间的电流隔离。这三个温度传感器 11,12,13 在此共同固定在电绝缘的绝缘层 51 上。

[0073] 为了测定第一测量元件 10 当前的升温状况,如下地相对于第一测量元件 10 布置第一、第二和第三温度传感器 11,12,13,即,能够从第一测量元件 10 的第一侧面 6 的三个不同的测量点上检测出温度。这些测量点分别如下地分布在第一侧面 6 上,即,通过借助于这三个温度传感器 11,12,13 同时测定这三个测量点的温度,能够测定第一测量元件 10 的受电流影响的特征性的升温状况。

[0074] 第一和第三温度传感器 11,13 的测量点特别是布置在第一测量元件 10 的侧面 6 的纵轴的边沿区域内,相反地,第二温度传感器 12 的测量点位于第一测量元件 10 的侧面 6 的纵轴的中心位置。

[0075] 在用电器有源运行时,在第一测量元件 10 上存在电流。依据电流和电流通过时间,第一测量元件 10 具有受电流影响的特征性的升温状况。在第一测量元件 10 处于通电状态时,特别是由第二温度传感器在侧面 6 上的中心测量点检测出的温度相对于边沿区域内的两个测量点的温度提升。因此,依据电流电平和电流通过时间,第一测量元件 10 达到特征性的温度,该温度可能在第一测量元件 10 的整个主体上不同地形成。因此依据第一测量元件 10 上的电流电平和电流通过时间,第一测量元件 10 出现特征性的升温状况。因此,通过同时测定第一测量元件 10 上的三个测量点的温度并且将测定的温度在评估单元中与基准值比较,能够推导出下游的用电器的运行状态,从而能够测定面临的过载。

[0076] 通过特别是由测温单元检测出第一测量元件 10 的受电流影响的升温状况,特别是能够最大程度地补偿外部的干扰参量(内部的和外部的其他热源)。

[0077] 第一测量元件 10 的侧面 6 特别是具有小于 10cm^2 的大小。

[0078] 第一、第二和第三温度传感器 11,12,13 分别是半导体,特别是二极管,所以通过测量其电压能够推导出在第一测量元件上的相应的测量点的当前温度。

[0079] 第一、第二和第三温度传感器 11,12,13 的测定的温度被提供给评估单元 4,使得评估单元能够测定第一测量元件 10 的当前的升温状况。借助于温度传感器 11,12,13 特别是能够在从 -10°C 到 200°C 的范围内分别测定大约 4 开尔文的温差。

[0080] 第一测量元件 10 是金属电阻(分流器),它具有特征性的升温状况。为评估单元 4 提供第一测量元件 10 的特征性的升温状况作为基准值,从而借助于将测定的第一测量元件 10 的当前温度并且因此将第一测量元件 10 的升温状况与在评估单元 4 中存储的基准值进行比较,使得评估单元能够推导出用电器的当前的负载情况(正常运行 / 面临过载)。因此,评估单元 4 可以连续不断地监控体现电流电平和电流通过时间的特征值,从而能够借助于第一测量元件 10 的当前的升温状况并且因此借助于其热状态推导出对电动机或导线的保护。因此可以监控的是,在下游的用电器上是否面临着过载。

[0081] 在图 1 中仅通过监控装置监控了一个相。然而也可以考虑的是,在多相用电器中,每个相或者至少有两个相分别包括一个测温单元。

[0082] 温度传感器 11,12 能够以很高的分辨率、例如大约 4 开尔文来测量温差。以这种方式能够在温差很小并且因此测量元件 10 的电阻值很小的情况下工作。由此能够鉴于电流下限 I_u 显著地向下扩大测量范围,使得设定范围例如能够相对于双金属解决方案显著扩

大。在双金属解决方案中必要温度的典型值例如是 60 开尔文的过温。而在借助于第一测量元件 10 实现的解决方案中,在受电流影响的升温达到 4 开尔文时就已经能够测定来。因此能够实现大于 1 到 4 的设定范围。

[0083] 第一测量元件 10 的升温很大程度上与频率无关,因此适用于对于 AC 和 DC 应用。

[0084] 图 2 示出用于保护用电器 2 的装置 1 的示意图。在这个实施例中,该装置 1 是能够用来监控用电器 2、也就是三相的电动机的过载继电器 1。过载继电器 1 为此中间连接在用电器 2 的供电系中,从而能够借助于过载继电器 1 监控用电器 2 的三个相。

[0085] 为了能够将过载继电器 1 集成到用电器 2 的供电系中,其在输入侧具有连接装置 106,206,306 并且在输出侧具有连接装置 107,207,307。在过载继电器 1 中,用电器 2 的各个相电流隔离。用电器 2 的第一相经过第一电流路径,第二相经过第二电流路径并且第三相经过第三电流路径导向。第一、第二和第三电流路径及其监控装置分别根据在图 1 中所示的并且所描述的实施方式构成。仅仅将评估单元 4 组合。但是也可以考虑让每个电流路径有一个单独的评估单元 4。

[0086] 过载继电器 1 具有可以用来探测用电器 2 面临的过载的控制装置。为此,第一电流路径,正如已经在图 1 中所示的那样,包括第一条导线 101 和第二条导线 102。在第一条导线 101 和第二条导线 102 之间布置着第一测量元件 10,它在两条导线 101 和 102 之间建立导电连接。第一测量元件 10 特别是金属电阻。依据第一电流路径 100 中的当前的电流电平和电流通过时间,第一测量元件 10 具有定义的升温状况。

[0087] 第一测量元件 10 的温度可以借助于第一测温单元的第一、第二和第三温度传感器 11,12,13 同时检测出。第一测温单元的温度传感器 11,12,13 同时检测出的温度被提供给评估单元 4。第一测量元件 10 和温度传感器 11,12,13 之间的电绝缘层 51 在温度传感器 11,12,13 和第一测量元件 10 之间形成电流隔离,并且用作温度传感器 11,12,13 的载体材料。

[0088] 用电器 2 的第二相的能量供应经过第二电流路径导向。第二电流路径具有第一条导线 201 和第二条导线 202。在第一和第二条导线 201 和 202 之间布置了第二测量元件 20,它确保第一条导线 201 和第二条导线 202 之间的电连接。第二测量元件 20 也和第一电流路径的第一测量元件 10 一样是定义的电阻,它依据当前的电流量和当前的电流通过时间处于特征性的热状态。第二测量元件 20 上的温度分布可以借助于第二测温单元测定来。第二测温单元为此包括第一、第二和第三温度传感器 21,22,23。第二测温单元的温度传感器 21,22,23 也借助于电绝缘的绝缘层 52 与第二测量元件 20 电流隔离。通过使第二测温单元的温度传感器 21,22,23 同时检测出的温度与在评估单元 4 中存储的基准值比较,该基准值表征了第二测量元件 20 的、表征着面临过载的热状况的特征,评估单元 4 能够测定第二测量元件的当前的受电流影响的热状态,并且借此探测用电器上面临的过载。

[0089] 用电器 2 的第三相的能量供应经过第三条电流路径导向,从而能够监控第三相的过载情况。第三电流路径具有第一条导线 301 和第二条导线 302。在第一和第二条导线 301 和 302 之间布置了第三测量元件 30,它电连接第一和第二条导线 301,302。因此,经过第三电流路径的电流流经第三测量元件 30。依据第三相上的电流电平和电流通过时间,在第三测量元件 30 上出现特征性的受电流影响的升温状况。为了测定受电流影响的升温状况,借助于三个温度传感器 31,32,33 同时在三个测量点上检测出第三测量元件 30 的温度。检测

出的温度被提供给评估单元 4 用于进一步分析。在温度传感器 31, 32, 33 和第三测量元件 30 之间布置了电绝缘层 53, 从而让第三测温单元与第三测量元件 30 电流隔离。

[0090] 因此, 各个电流路径分别具有一个测量元件 10, 20, 30, 其依据施加的电流电平和电流通过时间发生特征性的受电流影响的升温。借助于监控相应的测量元件 10, 20, 30 的受电流影响的热状况, 并且与存储的基准值进行比较, 能够推导出相应的电流路径中的当前的电流量, 并且因此推导出用电器 2 的当前的运行状态, 从而通过评估单元 4 推导出用电器 2 上面临的过载。

[0091] 第一、第二和第三测量元件 10, 20, 30 以及第一、第二和第三测温单元分别都结构相同地构造。因此能够统一地实现对第一、第二和第三测温单元的测定的温度进行评估。

[0092] 评估单元 4 已知第一、第二和第三测量元件 10, 20, 30 的升温状况, 并且将其存储作为基准值, 使得评估单元 4 能够通过将第一、第二和 / 或第三测温单元测定的温度与基准值比较来测定用电器 2 面临的过载。在测定用电器 2 面临过载时, 评估单元 4 发出警报信号, 从而操作用电器 2 的未示出的开关元件, 从而阻止通往用电器 2 的能量流。以这种方式能够通过所述的装置 1 避免用电器 2 由于过载受到热损坏。

[0093] 通过测定用电器 2 由于测量元件 10, 20, 30 升温造成的热过载, 使得测量元件 10, 20, 30 也有热记忆, 从而在热过载之后不可能会立即意外地接通用电器。只有在测量元件 10, 20, 30 经历了定义的冷却过程以后, 用电器 2 才能够重新接通到供电网上, 从而再次为其供电。通过分析测量元件 10, 20, 30 的温度实现测定对用电器的必要冷却。为此, 由各个测温单元测定相关的测量元件 10, 20, 30 的温度, 并且由评估单元 4 进行评估。为此也为评估单元 4 提供散热基准值。

[0094] 在图 2 中示例性地借助于过载继电器 1 描述了用于监控用电器 2 的热过载的装置 1。同样地, 所述装置 1 例如可以是断路器(例如发动机保护开关、系统保护开关)。

[0095] 温度传感器 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33 分别是半导体, 特别是二极管, 从而能够借助于对其电压的分析测定温度传感器上的温度, 并且因此能够测定相应的测量元件 10, 20, 30 所属的测量点上的温度。为了提高测量准确性, 也可以在测量元件 10, 20, 30 上安置多个温度传感器。同样也可以考虑的是, 为每个测量元件 10, 20, 30 仅安置两个温度传感器。

[0096] 也可以将必须确保受到热过载保护的导线视为用电器 2。

[0097] 所述装置 1 和特别是监控装置的一个很大的优点在于, 能够轻松地实现各个相位之间以及相应的温度传感器 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33 与相应的电流路径之间的电流隔离。

[0098] 图 3 示出用于保护用电器的装置的示意图, 其中, 在电路板 5 上安放了监控装置。在此, 与根据图 2 所示的监控装置不同, 第一、第二和第三测温单元以及评估单元 4 装配在一个唯一的电路板 5 的顶侧上, 并且测量单元 10, 20, 30 装配在电路板 5 的底侧上。

[0099] 第一测量元件 10 装配在电路板 5 的底侧, 并且在输入侧与导线 101 连接, 在输出侧与导线 102 连接。通过第一电流路径实现对下游的用电器的能量供应(第一相)。

[0100] 第二测量元件 20 同样也装配在电路板 5 的底侧上, 并且在输入侧与导线 201 连接, 在输出侧与导线 202 连接。通过第二电流路径完成对下游的用电器的能量供应(第二相)。

[0101] 第三测量元件 30 同样也装配在电路板 5 的底侧上,并且在输入侧与导线 301 连接,在输出侧与导线 302 连接。通过第三电流路径完成对下游的用电器的能量供应(第三相)。

[0102] 在电路板 5 的顶侧(背离测量元件 10, 20, 30 的一侧)上装配有第一、第二和第三测温单元和评估单元 4。通过电路板实现第一、第二和第三测温单元和评估单元 4 相对于测量元件 10, 20, 30 的电流隔离。

[0103] 第一测温单元包括三个温度传感器 11, 12, 13, 其中,两个温度传感器 11, 13 布置在第一测量元件 10 的侧面的纵轴的边沿区域(始端和末端)内,并且温度传感器 12 布置在第一测量元件 10 的侧面的纵轴的中央。以这种方式能够测定第一测量元件 10 的温差值(ΔT_n)。

[0104] 第二测温单元包括三个温度传感器 21, 22, 23, 其中,两个温度传感器 21, 23 布置在第二测量元件 20 的侧面的纵轴的边沿区域(始端和末端)内,并且温度传感器 22 布置在第二测量元件 20 的侧面的纵轴的中央。以这种方式能够测定第二测量元件 20 的温差值(ΔT_n)。

[0105] 第三测温单元的温度传感器 31, 32, 33 相对于第三测量元件 30 的布置等同于第一测温单元的温度传感器相对于第一测量元件 10 的布置。

[0106] 通过将温度传感器 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33 相对于测量元件 10, 20, 30 布置在电路板 5 的相对置的侧面上,由此使得温度传感器 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33 和测量元件 10, 20, 30 之间在电流隔离的同时存在良好的热耦合。

[0107] 因此,对于每个测温单元都可以借助于温度传感器 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33 同时测定的温度计算出温差值(ΔT_n)。优选地如下计算这个温差值(ΔT_n):

$$[0108] \quad \Delta T_n = \frac{(T_{n2} - T_{n1}) + (T_{n2} - T_{n3})}{2} = T_{n2} - \left(\frac{T_{n1} + T_{n3}}{2} \right)$$

[0109] ΔT_n : 温差值

[0110] T_{n1} : 第一温度传感器 11, 21, 31 在第一测量点上测定的温度

[0111] T_{n2} : 第二温度传感器 12, 22, 32 在第二测量点上测定的温度

[0112] T_{n3} : 第三温度传感器 13, 23, 33 在第三测量点上测定的温度

[0113] n : 被观察的测量元件 10, 20, 30 和因此被观察的电流路径

[0114] 通过相应的测温单元的计算出的温差值 ΔT_n 测定相应的测量元件 10, 20, 30 的升温状况,从而能够推导出相应的测量元件的受电流影响的升温状况。现在就可以将相应的测温单元的计算出的温差值与在评估单元中存储的基准值(额定值)进行比较,从而能够探测相应的测量元件 10, 20, 30 的表征着用电器上存在过载的热状态。因此,通过评估单元 4 能够在任何评估时间点将测定的温差值 ΔT_n (实际值)与基准值(额定值)进行比较。如果测定的温差值 ΔT_n 大于基准值(额定值),那么用电器上面临过载。在评估单元 4 中还可以存储阈值,从而探测用电器上的当前的过载。

[0115] 作为代替,也可以为了测定用电器上面临的过载,借助于积分法完成对温差值 ΔT_n 的评估。在此,在积分区间内将相应的测温单元的温差值 ΔT_n 相加,从而形成总和 ΔT_{Sum} 。因此, ΔT_{Sum} 就是在积分区间的时间段上的温差值 ΔT_n 的总和。因此,总和 ΔT_{Sum}

体现了相应的测量元件 10, 20, 30 在积分区间 t_{integr} 内获得的温度输入量。

[0116] 根据以下公式, 在此, 相应的评估时间点的温差值 ΔT_n 在评估单元中相加成为总和 ΔT_{Sum} 。

$$[0117] \quad \Delta T_{\text{Sum}} = \sum_{t=t_{\text{integr, Start}}}^{t_{\text{integr, Ende}}} \Delta T_n(dt)$$

[0118] ΔT_n : 是相应的测量元件“n”10, 20, 30 在通过相应的测温单元同时检测出温度的那个评估时间点的温差值。

[0119] n: 是被观察的测量元件 10, 20, 30, 并且因此也是被观察的电流路径

[0120] $t=t_{\text{integr, Start}}$: 积分区间的开始

[0121] $t=t_{\text{integr, Ende}}$: 积分区间的结束

[0122] 作为基准值, 就上述评估原理而言, 在评估单元 4 内存储额定值, 这些额定值依据积分区间 t_{integr} 表征了在正常运行或者在用电器上面临过载。因此, 对于每个积分区间可以将测定的实际值 (ΔT_{Sum}) 与额定值 (基准值) 进行比较。如果测定的实际值超过额定值 (基准值), 那么用电器上面临过载。

[0123] 相应的额定值例如以表格的形式或者以多项式的形式存储在评估单元内, 使得对于每个评估测量点 (比较额定值和实际值的时间点) 都存在一个具体的额定值作为基准值。额定值在此特别是可以依据当前的电流通过时间和电流电平在相应的测量元件 10, 20, 30 上各不相同。优选地, 积分区间在分析期间同样也可以变化。依据当前的积分区间, 在评估单元内存储相应的额定值。通过额定值优选地体现当今的热机械解决方案的电流 / 时间 - 触发特征。

[0124] 通过评估温差值 ΔT_n 的提升速度可以实现另一种评估方法。在此, 根据以下公式计算实际值:

$$[0125] \quad \left(\frac{d\Delta T_n}{dt} \right)_x = \frac{\Delta T_{nx} - \Delta T_{n(x-1)}}{t_x - t_{x-1}}$$

[0126] ΔT_n : 是相应的测量元件“n”10, 20, 30 在通过相应的测温单元同时测定温度的那个评估时间点的温差值。

[0127] n: 是被观察的测量元件 10, 20, 30, 并且因此也是被观察的电流路径

[0128] x: 是评估时间点 (测量评估的当前时间点)

[0129] 在评估单元内作为基准值存储了额定值, 它提供在用电器上面临过载的时间点 (触发时间点)。额定值在这里表征了温差值 ΔT_n 的特征性的提升速度, 在超过这个速度时, 用电器上面临着过载。相应的额定值例如以表格的形式或者以多项式的形式存储在评估单元内, 因此对于每个评估时间点 (比较额定值和实际值的时间点) 都存在一个具体的额定值作为基准值。

[0130] 同样可以考虑的是, 将以上描述的评估方法 (评估温差值、根据温差值的积分法进行评估并且评估温差值的提升速度) 组合起来作为触发标准。

[0131] 因此可以考虑的是, 在触发时间较短并且电机电流较强时进行“评估温差值的提升速度”, 并且在触发时间较长并且电机电流较弱时进行“评估温差值”。

[0132] 也可以考虑的是,依据实时的“温差值的提升速度”改变“根据温差值的积分法进行评估”的积分区间。

[0133] 此外还可以考虑的是,除了所述的评估方法还评估相应的测量元件 10,20,30 的绝对温度。

[0134] 合乎自然的是,形成多点测温系统的温差值 ΔT_n 的优点是相对于多个的温度影响不敏感。强烈的外界温度影响可以在一定的情况下无法再通过多点测量法得到补偿。因此可能有意义的是,通过评估测量元件 10,20,30 的绝对温度来补充这些评估方法。由此例如能够识别出强烈的外界温度影响,并且在需要时作为已经描述的评估方法的补充在评估单元 4 中被考虑到。

[0135] (这些)馈电线 101,201,301,102,202,302 的迅速并且剧烈的冷却可能导致多点测温系统的一个或者多个温度测量点的温度下降。在这个过程中特别是涉及那些与电流路径的导线 101,201,301,102,202,302 的距离最小的测量点。在仅评估温差值 ΔT_n 的情况下,可能将其理解为经过相应的测量元件 10,20,30 的电流。作为应对措施可以通过评估单元 4 来提高温差值 ΔT_n 。

[0136] (这些)馈电线 101,201,301,102,202,302 的迅速并且剧烈的升温可能导致多点测温系统的一个或者多个温度测量点温度增高。在仅评估温差值 ΔT_n 的情况下,可能将其理解为通过相应的测量元件 10,20,30 的电流被关断。作为应对措施可以通过评估单元 4 来减小温差值 ΔT_n 。

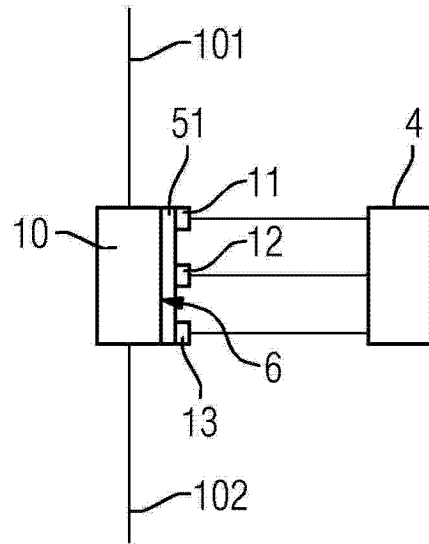


图 1

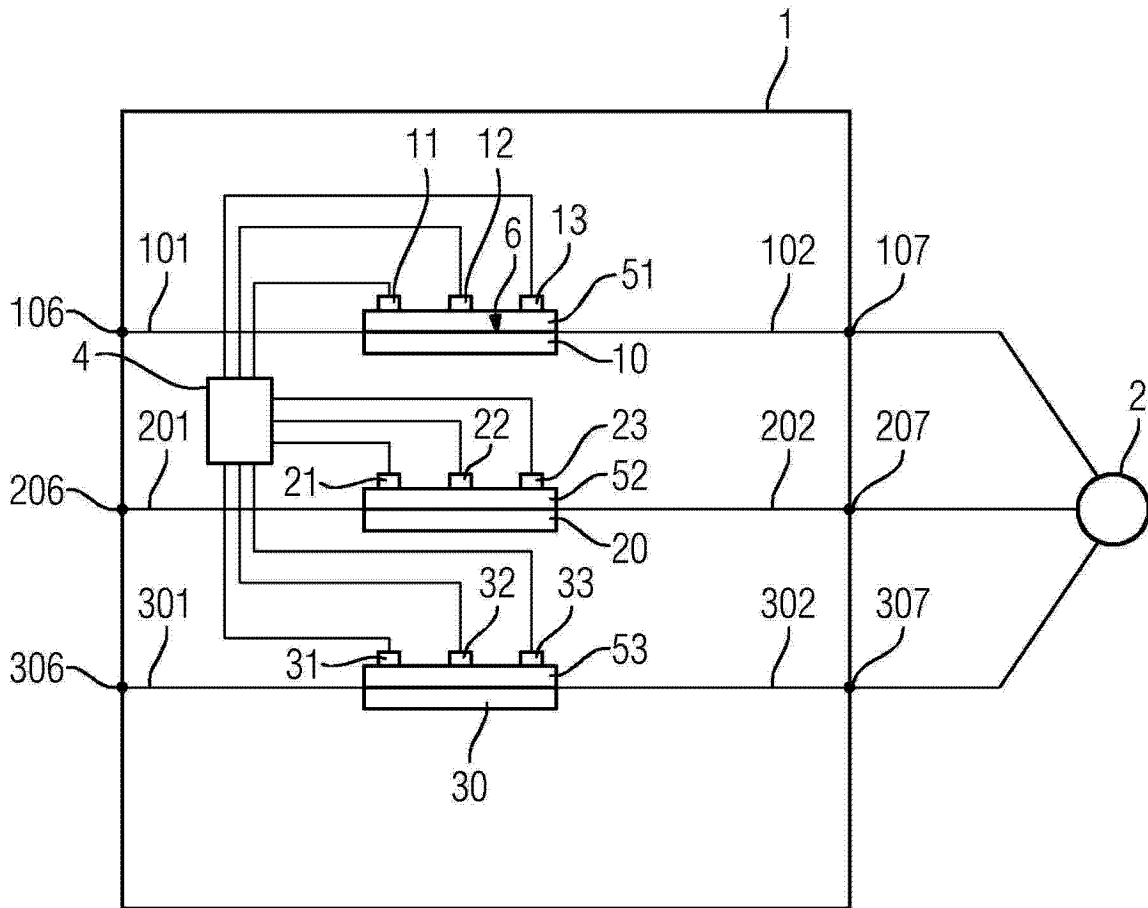


图 2

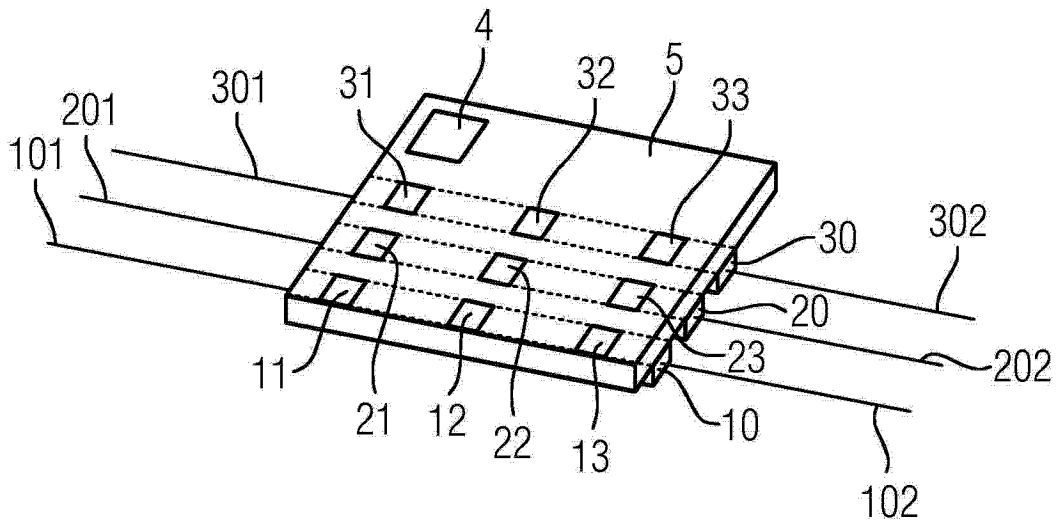


图 3