(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116953461 A
(43)申请公布日 2023.10.27

(21)申请号 202310473743.X

(22)申请日 2023.04.27

(30)优先权数据
102022204075.9 2022.04.27 DE

(71)申请人 罗伯特·博世有限公司
地址 德国斯图加特

(72)发明人 A·克莱因 C·卡默
C·弗里德里希 M·朔贝尔

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 郭毅

(51)Int.Cl.
G01R 31/26(2020.01)
G01R 31/327(2006.01)

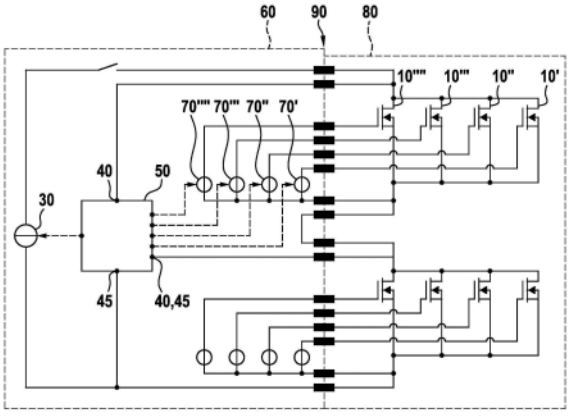
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

用于监测多个并联连接的半导体开关的方法和设备

(57)摘要

本发明涉及用于监测多个并联连接的半导体开关(10)的方法和设备。所述方法设置,以加热脉冲加载多个半导体开关(10),其中,预先定义的负载电流流动预先定义的时段,以便实现所述半导体开关(10)的预先定义的温度变化,其中,来自所述多个半导体开关(10)的一个待监测的半导体开关(10')的参量不但在以所述加热脉冲进行加载之前而且在其之后被检测,并且,其中,基于至少一个参量的变化与预先定义的参考值的偏差求取所述待监测的半导体开关(10')的状态和/或与所述待监测的半导体开关相对应的构造技术和连接技术的状态。该方法尤其实现对多个半导体开关(10)中的单个的待监测的半导体开关(10')的测量。



CN 116953461 A

1.用于监测多个并联连接的半导体开关(10)的方法,所述方法具有:

• 第一步骤,接通所述多个并联连接的半导体开关(10)中的当前待监测的半导体开关(10'),而所述多个并联连接的半导体开关(10)中的其他的半导体开关(10)是关断的或被关断,

• 第二步骤,以预先定义的第一负载电流(I1)加载所述待监测的半导体开关(10')预先定义的第一时段(T1)的持续时间,

• 第三步骤,检测在所述第一时段(T1)内在所述多个半导体开关(10)的并联连接的负载路段上的第一电压下降,

• 第四步骤,在所述第一时段(T1)结束之后接通所述多个并联连接的半导体开关(10)中的所有半导体开关(10),

• 第五步骤,以预先定义的第二负载电流(I2)加载所述多个并联连接的半导体开关(10)预先定义的第二时段(T2)的持续时间,其中:

○所述第二负载电流(I2)高于所述第一负载电流(I1),并且

○所述第二负载电流(I2)的大小的确定和所述第二时段(T2)的持续时间的确定确保在所述第二时段(T2)期间待实现的预先定义的温度提升;

• 第六步骤,在所述第二时段(T2)结束之后关断所述多个并联连接的半导体开关(10)中的所有当前非待监测的半导体开关(10),

• 第七步骤,以所述预先定义的第一负载电流(I1)加载所述待监测的半导体开关(10')预先定义的第三时段(T3)的持续时间,

• 第八步骤,检测在所述第三时段(T3)内在所述多个半导体开关(10)的并联连接的负载路段上的第二电压下降,

• 第九步骤,求取所述待监测的半导体开关(10')的至少一个参量在所述第一电压下降的检测和所述第二电压下降的检测之间的变化,其中,基于所述第一负载电流(I1)、所述第一电压下降、所述第二负载电流(I2)和所述第二电压下降来求取所述变化;和

• 第十步骤,基于所述至少一个参量的变化与预先定义的参考值的偏差来求取所述待监测的半导体开关(10')和/或与所述待监测的半导开关(10')相对应的构造技术和连接技术的状态。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述参考值为已基于如下求取的值:

• 在之前对所述当前待监测的半导体开关(10')的监测;和/或

• 在之前对至少一个不同于所述当前待监测的半导体开关(10')的半导体开关(10)的监测,和/或

• 所述待监测的半导体开关(10')的数据页;和/或

• 在预先定义的温度条件下对所述待监测的半导体开关(10')的测量;和/或

• 对所述多个并联连接的半导体开关(10)的所有半导体开关(10)的总和温度测量。

3.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,所述多个并联连接的半导体开关(10)中的半导体开关(10)

• 是MOSFET,和/或

• 是IGBT,和/或

• 是JFET,和/或

• 是HEMT,和/或

• 集成到半导体模块中;和/或

• 布置在逆变器中、尤其是用于车辆的逆变器中。

4.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,

• 与预先定义的顺序一致地针对所述多个并联连接的半导体开关(10)中的所有半导体开关(10)重复地执行所述方法;和/或

• 根据预先定义的边界条件调整用于监测相应的半导体开关(10)的顺序。

5.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,所述方法被集成到用于半导体开关(10)的现有的试验方法中,其中,在所有并联连接的半导体(10)上的总和温度测量分别在所述半导体开关(10)的相应的加载时段(T1,T2,T3)之间以加热脉冲(20)进行,其中,

• 所述总和温度测量在所述半导体开关(10)被以预先定义的第三负载电流(I3)加载期间进行,所述预先定义的第三负载电流小于所述第一负载电流(I1),和/或

• 所述现有的试验方法不变地并行地实施,和/或

• 所述现有的试验方法的加热脉冲(20)相应于在所述第二时段(T2)中以所述第二负载电流(I2)对所述半导体开关的加载。

6.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中:

• 所使用的负载电流(I1,I2)

○借助于对可变的电流源(30)的相应的操控产生,和/或

○借助于能切换的独立的电流源产生;和/或

• 所述第二负载电流(I2)基本上相应于如下值:所述值通过将所述第一负载电流(I1)与并联连接的半导体开关(10)的数量相乘而获得。

7.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,为了将所产生的热导出,每个半导体开关(10)与冷却元件热连接。

8.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,所述方法在用于半导体开关(10)的试验台上和/或在所述半导体开关(10)的生产性使用中使用。

9.根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,基于相应的半导体开关(10)的所求取的状态

• 求取和/或调整用于所述相应的半导体开关(10')和/或用于具有所述半导体开关(10)的上级部件的使用寿命模型;和/或

• 调整用于所述相应的半导体(10')的负荷。

10.用于监测多个并联连接的半导体开关(10)的设备(60),所述设备具有:

• 至少一个电流源(30),

• 电压传感器(40),和

• 分析处理单元(50),

其中,所述分析处理单元(50)设置用于,

• 接通所述多个并联连接的半导体开关(10)中的当前待监测的半导体开关(10'),而所述多个并联连接的半导体开关(10)中的其他半导体开关(10)是关断的或者被关断;

• 以由所述至少一个电流源(30)提供的预先定义的第一负载电流(I1)加载所述待监测的半导体开关(10')预先定义的第一时段(T1)的持续时间;

• 借助于所述电压传感器(40)在所述第一时段(T1)内检测在所述多个半导体开关(10)的并联连接的负载路段上的第一电压下降；

• 在所述第一时段(T1)结束之后，接通所述多个并联连接的半导体开关(10)中的所有半导体开关(10)；

• 以由所述至少一个电流源(30)提供的预先定义的第二负载电流(I2)加载所述多个并联连接的半导体开关(10)预先定义的第二时段(T2)的持续时间，其中，

○所述第二负载电流(I2)高于所述第一负载电流(I1)，并且

○所述第二负载电流(I2)的大小的确定和所述第二时段(T2)的持续时间的确定确保在所述第二时段(T2)期间待实现的预先定义的温度提升，

• 在所述第二时段(T2)结束之后，关断所述多个并联连接的半导体开关中的所有当前非待监测的半导体开关(10)；

• 以所述预先定义的第一负载电流(I1)加载所述待监测的半导体开关(10')预先定义的第三时段(T3)的持续时间；

• 检测在所述第三时段(T3)内在所述多个半导体开关(10)的并联连接的负载路段上的第二电压下降；

• 求取所述待监测的半导体开关(10)的至少一个参量在所述第一电压下降的检测和所述第二电压下降的检测之间的变化，其中，基于所述第一负载电流(I1)、所述第一电压下降、所述第二负载电流(I2)和所述第二电压下降来求取所述变化，和

• 基于所述至少一个参量的变化与预先定义的参考值的偏差来求取所述待监测的半导体开关(10')的状态和/或与所述待监测的半导开关(10')相对应的构造技术和连接技术的状态。

用于监测多个并联连接的半导体开关的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及用于监测多个并联连接的半导体开关的方法和设备,所述半导体开关尤其构造为功率半导体开关。

背景技术

[0002] 从现有技术已知用于并联连接的功率半导体的试验方法,所述试验方法基于总和温度测量(Summentemperaturmessung)来求取参数的改变、尤其是与功率半导体相对应的构造技术和连接技术的参数的改变。例如在试验规程AQG 324或者LV 324中所定义的方法(也见规范DIN EN 60747-15和根据JEDEC标准号51-1的测量方法)作为这样的试验方法已知。

[0003] 基于这样的试验方法可以得出用于分别所试验的功率半导体的使用寿命模型,但是,所述使用寿命模型由于所使用的总和温度测量而可能附带有相应的故障,因为不能探测到在并联电路中的单个的半导体的漂移或者停止运转。

[0004] 尤其是,在具有多个相同类型的功率半导体的功率模块组成中,通过横向加热实现在主动运行时在功率半导体中或者在分别相对应的构造技术和连接技术中的不同的温度提高,所述不同的温度提高不能通过以上所提到的试验方法单独地检测。

发明内容

[0005] 根据本发明的第一方面,提出一种用于监测多个并联连接的半导体开关的方法,其中,所述半导体开关尤其是构造为功率半导体开关,并且优选形成拓扑开关。一定数量的并联连接的半导体开关基本上是可任意选择的,其中,例如可能的是,借助于根据本发明的方法监测两个至八个或者不同于其的数量的并联连接的半导体开关。该数量有利地针对待由并联连接的半导体开关调节的(schaltenden)总功率。

[0006] 因为这里所提出的方法尤其也实现对在各个半导体开关之间的横向加热的效果的监测,因此有利地以至少在多个半导体开关的一部分之间的热耦合为出发点。此外,这里所提出的方法尤其也实现对与相应的半导体开关相对应的构造技术和连接技术的监测。

[0007] 在根据本发明的方法的第一步骤中,接通多个并联连接的半导体开关中的当前待监测的半导体开关,而多个并联连接的半导体开关中的其他半导体开关(也就是说,当前非待监测的半导体开关)是关断的或者被关断。

[0008] 为此,半导体开关的相应的控制输入端与分别相对应的驱动器(驱动器电路)优选导电地连接,从而每个半导体开关可独立于分别其他的半导体开关地接通和关断。对半导体开关的相应的接通和关断的操控例如借助于分析处理单元进行,所述分析处理单元设置用于,按根据本发明的方法操控相应的驱动器。

[0009] 在根据本发明的方法的第二步骤中,以预先定义的第一负载电流加载当前待监测的半导体开关预先定义的第一时段的持续时间。对第一负载电流的提供的要求例如同样地由根据本发明的分析处理单元和/或由不同于其的部件产生。在功率半导体的有利使用的

情况下，第一负载电流例如相应于50A至200A的值，而不由此进行对第一负载电流的可用的大小(Höhe)的限制。优选地，第一负载电流的大小的确定针对所使用的半导体开关的相应的特性值和/或针对实现用于半导体开关的尽可能可靠的温度负载求取的电流值。

[0010] 在根据本发明的方法的第三步骤中，检测在第一时段内在多个半导体开关的并联连接的负载路段上的第一电压下降。因为在该时段中只有待监测的半导体开关被接通，因此第一电压下降基本上被第一半导体开关影响。第一时段具有例如几毫秒的持续时间，而这样的持续时间不会由此受到限制。此外，只要在待监测的半导体开关接通之后确保可靠的测量结果(例如，在达到稳态的(eingeschwungenen)状态之后)，则在第一时段内的检测的时间点基本上不固定。

[0011] 在根据本发明的方法的第四步骤中，在第一时段结束之后(优选直接对第一时段的结束作出响应地)接通多个并联连接的半导体开关中的所有半导体开关。

[0012] 在根据本发明的方法的第五步骤中，以预先定义的第二负载电流加载多个并联连接的半导体开关预先定义的第二时段的持续时间，其中，所述第二负载电流高于所述第一负载电流，并且，其中，对所述第二负载电流的大小的确定和对所述第二时段的持续时间的确定确保在第二时段期间待实现的预先定义的温度提升(Temperaturhub)(例如，在10K至160K的范围内，优选地在30K和140K之间和尤其是优选地在60K和110K之间，或者不同于其的值)。第二时段的持续时间是例如3s至15s，而不由此受限于这样的持续时间。多个半导体开关被第二负载电流(以下也被称作加热电流)共同地加热，从而在必要时存在的横向加热也可能对各个半导体开关产生影响。

[0013] 在根据本发明的方法的第六步骤中，在第二时段结束之后关断多个并联连接的半导体开关中所有当前非待监测的半导体开关。

[0014] 在根据本发明的方法的第七步骤中，再次以第一负载电流加载待监测的半导体开关预先定义的第三时段的持续时间，从而通过再次使用第一负载电流产生用于测量在第一时段内的电压下降的可比较的电流条件。

[0015] 在根据本发明的方法的第八步骤中，检测在第三时段内和优选地直接在第三时段结束之前在多个半导体开关的并联连接的负载路段上的第二电压下降，其中，第三时段有利地这样选择，使得当当前非待监测的半导体开关明显地冷却、而当前待监测的半导体开关由于横向加热相对于在第二时段结束时的温度仅仅具有小的温度下降时检测第二电压下降。在执行根据本发明的方法时，这种小的温度下降应位于必需的和/或可能的测量准确度的框架下。

[0016] 在根据本发明的方法的第九步骤中，求取待监测的半导体开关的至少一个参量(例如温度和/或温度系数和/或内电阻)在第一电压下降的检测和第二电压下降的检测之间的变化，其中，基于第一负载电流、第一电压下降、第二负载电流和第二电压下降来求取这种变化。例如，可以由第一电压下降和第一负载电流以及第二电压下降和第二负载电流产生的相应的商求取待监测的半导体开关的内电阻的变化。基于内电阻的变化可以与之相应地得出在两个检测时间点之间的温度变化。

[0017] 在根据本发明的方法的第十步骤中，基于至少一个参量的变化与预先定义的参考值的偏差来求取待监测的半导体开关的状态和/或与待监测的半导开关相对应的构造技术和连接技术的状态。

[0018] 在一种示例性的情况下,变化与参考值的偏差超过预先定义的最大允许的偏差,在该示例性的情况下,半导体开关的和/或构造技术和连接技术的故障以高的概率存在。例如当用于待监测的半导体开关与散热元件的热接触的连接材料具有退化时,从而,与在构造技术和连接技术的无故障的状态下可预期的相比,在两个检测时间点之间的温度变化更高地发生,后者会发生。

[0019] 有利地,对于多个并联连接的半导体开关中的半导体开关中的每个交替地和重复地实施上述的方法,以便连续地监测相应的半导体开关的能够指示故障状态的不利的温度变化。

[0020] 总体上,要指出,在以上的说明中所使用的方法步骤的顺序构成方法的优选的实施顺序,但是,不需要完全地遵守该顺序。尤其是,可设想,第一负载电流和/或第二负载电流同时地或者直接在半导体开关的相应的开关时间点之前或者直接在其之后调准和/或提供。此外,可设想,在方法步骤的实施期间更换当前待监测的半导体开关,以便对不同的半导体开关的测量进行相互比较和/或以便对相应的半导体开关的测量结果进行缓存并且将其与来自根据本发明的方法的不同的运行的分别同样的半导体开关的测量结果进行相互比较。

[0021] 在下文中示出了本发明的优选的拓展方案。

[0022] 在本发明的一种有利的构型中,参考值是这样的值:该值基于在之前对当前待监测的半导体开关的监测(例如,来自于直接在前的监测循环或者更早的监测循环)和/或基于在之前对至少一个不同于当前待监测的半导体开关的半导体开关的监测和/或基于待监测的半导体开关的数据页和/或基于在预先定义的温度条件下对待监测的半导体开关的测量和/或基于对多个并联连接的半导体开关中的所有半导体开关的总和温度测量来求取。要指出,由之前的监测所求取的参考值也可以基于多个单个值求取,其方式是,例如将相应的半导体开关的连续的监测的单个值(结果值)组合为参考值。这种组合例如通过对相应的单个值取平均值或者通过不同于其的结算确定(Verrechnungsvorschrift)来进行。

[0023] 有利地,多个并联连接的半导体开关中的半导体开关分别是MOSFET和/或IGBT和/或JFET和/或HEMT,并且因此例如基于Si、基于SiC或者基于GaN构造。替代地或者附加地,相应的半导体开关有利地集成在半导体模块中和/或布置在逆变器(Inverter)中,尤其是布置在用于车辆的逆变器中。

[0024] 特别有利地,对于多个并联连接的半导体开关中的所有的半导体开关,与预先定义的顺序一致地重复地执行该方法。该方法的重复实施例如一直进行,直到一个或者多个预先定义的中止条件被满足为止。作为中止条件,可以考虑例如在第一电压下降的检测和第二电压下降的检测之间所求取的温度提升超过最大允许的温度提升。替代地或者附加地,可设想,根据预先定义的边界条件来调整用于监测相应的半导体开关的顺序。

[0025] 在本发明的一种特别有利的构型中,根据本发明的方法被集成到用于半导体开关的现有的试验方法中,在所述现有的试验方法中,对所有并联连接的半导体的总和温度测量分别在半导体开关的相应的加载时段之间以加热脉冲进行,其中,该总和温度测量在半导体开关加载期间以预先定义的第三负载电流(例如100mA或者不同于其)进行,所述预先定义的第三负载电流低于第一负载电流,和/或,其中,现有的试验方法不变地并行地实施,和/或,其中,现有的试验方法的加热脉冲相应于在第二时段中以第二负载电流对半导体开

关的加载。已知例如试验规程AQG 324或者LV 324作为这样的现有的试验方法并且可将其与根据本发明的方法组合地使用。

[0026] 所使用的负载电流(也就是说,第一负载电流、第二负载电流和必要时以上所提到的第三负载电流)可以借助于对可变的电流源的相应的操控产生和/或借助于可切换的独立的电流源产生,所述独立的电流源分别提供负载电流中的一个。替代地或者附加地,第二负载电流基本上相应于这样的值:该值通过第一负载电流与并联连接的半导体开关的数量相乘而获得。以此方式,在第一时段中、在第二时段中和在第三时段中流过当前待监测的半导体开关的负载电流分别相同或者基本上相同。

[0027] 有利地,为了导出由半导体开关所产生的热,多个并联连接的半导体开关中的每个半导体开关与冷却元件(冷却体)热连接。冷却元件例如是单独地设置用于每个半导体开关的冷却元件。替代地,也可设想,冷却元件被共同地使用于部分数量的半导体开关或者使用于所有的半导体开关。

[0028] 在本发明的一种另外的有利的构型中,根据本发明的方法在用于半导体开关的试验台上(例如,在半导体开关或者包含这些半导体开关的模块的开发阶段中)使用和/或在半导体开关的生产性使用中使用(例如在车辆中,例如用于诊断功能等等)。

[0029] 优选地,基于相应的半导体开关的所求取的状态求取和/或调整用于相应的半导体开关和/或用于具有半导体开关的上级部件(例如,半导体模块)的使用寿命模型。替代地或者附加地,基于相应的半导体开关的所求取的状态来调整用于相应的半导体的负荷。后者尤其可以有利地使用在根据本发明的方法的生产性使用中,其方式是,一些半导体开关的构造技术和连接技术由于故障而具有降低的散热能力,这些半导体开关由于对它们的适当地操控而更少地被加负荷。由此,在一个或者多个半导体开关已经存在退化的情况下,也可以至少在一定时段内确保使用根据本发明的方法的部件(例如,车辆的逆变器)的进一步的可用性。

[0030] 根据本发明的第二方面,提出一种用于监测多个并联连接的半导体开关的设备。该设备具有至少一个电流源、电压传感器和分析处理单元。分析处理单元例如构造为ASIC、FPGA、处理器、数字信号处理器、微控制器或者类似的并且设置用于,接通多个并联连接的半导体开关中的当前待监测的半导体开关,而多个并联连接的半导体开关中的其他的半导体开关是关断的或者被关断。为了操控相应的半导体开关,例如相应的、与半导体开关相对应的门电路驱动器被集成到分析处理单元中。替代地,也可能的是,相应的门电路驱动器与分析处理单元分开地构造并且为了通过分析处理单元进行操控而与分析处理单元导电地连接。所述分析处理单元进一步设置用于,以由至少一个电流源所提供的预先定义的第一负载电流加载当前待监测的半导体开关预先定义的第一时段的持续时间,借助于电压传感器检测在第一时段内在多个半导体开关的并联连接的负载路段上的第一电压下降,在第一时段结束之后接通多个并联连接的半导体开关中的所有半导体开关,以由至少一个电流源所提供的预先定义的第二负载电流加载多个并联连接的半导体开关预先定义的第二时段的持续时间,其中,第二负载电流高于第一负载电流,并且,其中,对第二负载电流的大小的确定和对第二时段的持续时间的确定确保在第二时段期间待实现的预先定义的温度提升。此外,分析处理单元设置用于,在第二时段结束之后关断多个并联连接的半导体开关中的所有当前非待监测的半导体开关,以预先定义的第一负载电流加载待监测的半导体开关预

先定义的第三时段的持续时间，检测在第三时段内在多个半导体开关的并联连接的负载路段上的第二电压下降，求取待监测的半导体开关的至少一个参量在第一电压下降的检测和第二电压下降的检测之间的变化，其中，该变化基于第一负载电流、第一电压下降、第二负载电流和第二电压下降求取。最后，分析处理单元设置用于，基于至少一个参量的变化与预先定义的参考值的偏差来求取待监测的半导体开关的状态和/或与待监测的半导体开关相对应的构造技术和连接技术的状态。

附图说明

[0031] 在下文中，参考附图详细描述本发明的实施例。在此示出：

[0032] 图1示出根据本发明的监测设备与待监测的功率半导体模块连接的线路图的实施例；和

[0033] 图2示出在多个并联连接的半导体开关中的示例性的电流变化曲线。

具体实施方式

[0034] 图1示出根据本发明的监测设备60与待监测的功率半导体模块80连接的线路图的实施例，其中，功率半导体模块80分别具有四个并联连接的高侧功率半导体开关10’，10”，10”’，10””(以下也由附图标记“10”简略地表示)与分别相对应的门电路驱动器70’，70”，70”’，70””(以下也由附图标记“70”简略地表示)，其中，门电路驱动器70与监测设备60的这里构造为微控制器的分析处理单元50导电地连接。这里，功率半导体开关10分别构造为SiC-MOSFET，并且，这里，功率半导体模块80示例性地布置在逆变器中，该逆变器设置用于车辆的传动系。

[0035] 此外，待监测的功率半导体模块80具有四个并联连接的低侧功率半导体开关，这里，出于更加清楚明了地显示的原因，所述低侧功率半导体开关没有设附图标记。与低侧功率半导体开关相对应的门电路驱动器同样地没有设附图标记，此外，它们的导电的连接同样地没有示出，所述导电的连接类似于高侧的连接地进行。

[0036] 此外，分析处理单元50与可变的电流源30导电地连接，从而分析处理单元50设置用于，借助于对可变的电流源30的操控来调准用于可变的电流源30的不同的输出电流。

[0037] 监测设备60与待监测的功率半导体模块80的导电的连接通过接口90进行，所述接口由监测设备60和功率半导体模块80的导电的接触构造。

[0038] 借助于第一电压传感器40，分析处理单元50设置用于，检测在高侧功率半导体开关10的负载路段上的电压，而该分析处理单元借助于第二电压传感器45设置用于，检测在低侧功率半导体开关的负载路段上的电压。

[0039] 分析处理单元50基于上述的配置并且基于可由分析处理单元50实施的计算机程序设置用于，实施以上所说明的根据本发明的方法。

[0040] 图2示出在多个并联连接的半导体开关10’，10”，10”’，10””中的示例性的电流变化曲线I10’，I10”，I10”’，I110””和在所有并联连接的半导体开关10’，10”，10”’，10””上的总电流变化曲线IG。电流变化曲线I10’，I10”，I10”’和I10””例如与在图1中所示出的高侧功率半导体开关10相对应。

[0041] 这里，I10’表示经由按根据本发明的方法当前待监测的半导体开关10’的电流变

化曲线。从图2得知第一时段T1，在该第一时段中，在多个半导体开关10中只有当前待监测的半导体开关10’被接通并且被以第一负载电流I1加载。在第一时段T1结束时，检测在多个半导体开关10的并联连接的负载路段上的第一电压下降。检测的时间点由在电流变化曲线I10’中的两个箭头的左边那个标记。

[0042] 现在，在直接紧接着第一时段T1的第二时段T2开始时，所有的半导体开关10’，10”，10”’，10””被接通并且共同地被以第二负载电流I2加载，所述第二负载电流基本上是第一负载电流I1的四倍高。

[0043] 现在，在直接紧接着第二时段T2的第三时段T3开始时，所有当前非待监测的半导体开关10”、10”’、10””被关断，而待监测的半导体开关10’再次被以第一负载电流I1加载。在第三时段T3结束时，检测第二电压下降，其中，检测的时间点由在电流变化曲线I10’中的两个箭头中的右边那个标记。

[0044] 按根据本发明的方法，基于所检测到的电压下降和相应的负载电流I1，I2来求取与待监测的半导体开关10’的所预期的温度行为的偏差。

[0045] 在根据本发明的方法的后续的运行中，半导体开关10”被定义为当前待监测的半导体开关，并且在进一步的后续的运行中相应地将半导体开关10”’，10””定义为当前待监测的半导体开关。

[0046] 接着，用于监测相应的半导体开关10’，10”，10”’，10””的这个顺序以其整体一直重复，直至满足预先定义的中止条件为止。

[0047] 在图2中所示出的总电流变化曲线IG由经由相应的半导体开关10’，10”，10”’，10””的单个电流组成。要指出，出于简化地显示的原因，在总电流变化曲线IG的示图中的垂直的缩放不同于单个电流变化曲线I10’，I10”，I10”’，I10””的示图的垂直的缩放。

[0048] 有利地，从现有技术已知的试验方法(例如，根据AQ324)与根据本发明的方法并行地实施。为此，在在相应的第三时段T3和直接地紧随其后的时段T1之间的时段中，半导体开关10’，10”，10”’，10””被以第三负载电流I3加载，其中，这里，第三负载电压I3相应于大约100mA，并且，其中，第三负载电流I3是在半导体开关10的相应的体二极管的通过方向上流动的电流。因此，基于在相应的体二极管上的连续的联合的电压测量，可以共同地得出用于所有的半导体开关10’，10”，10”’，10””的平均的温度提升。

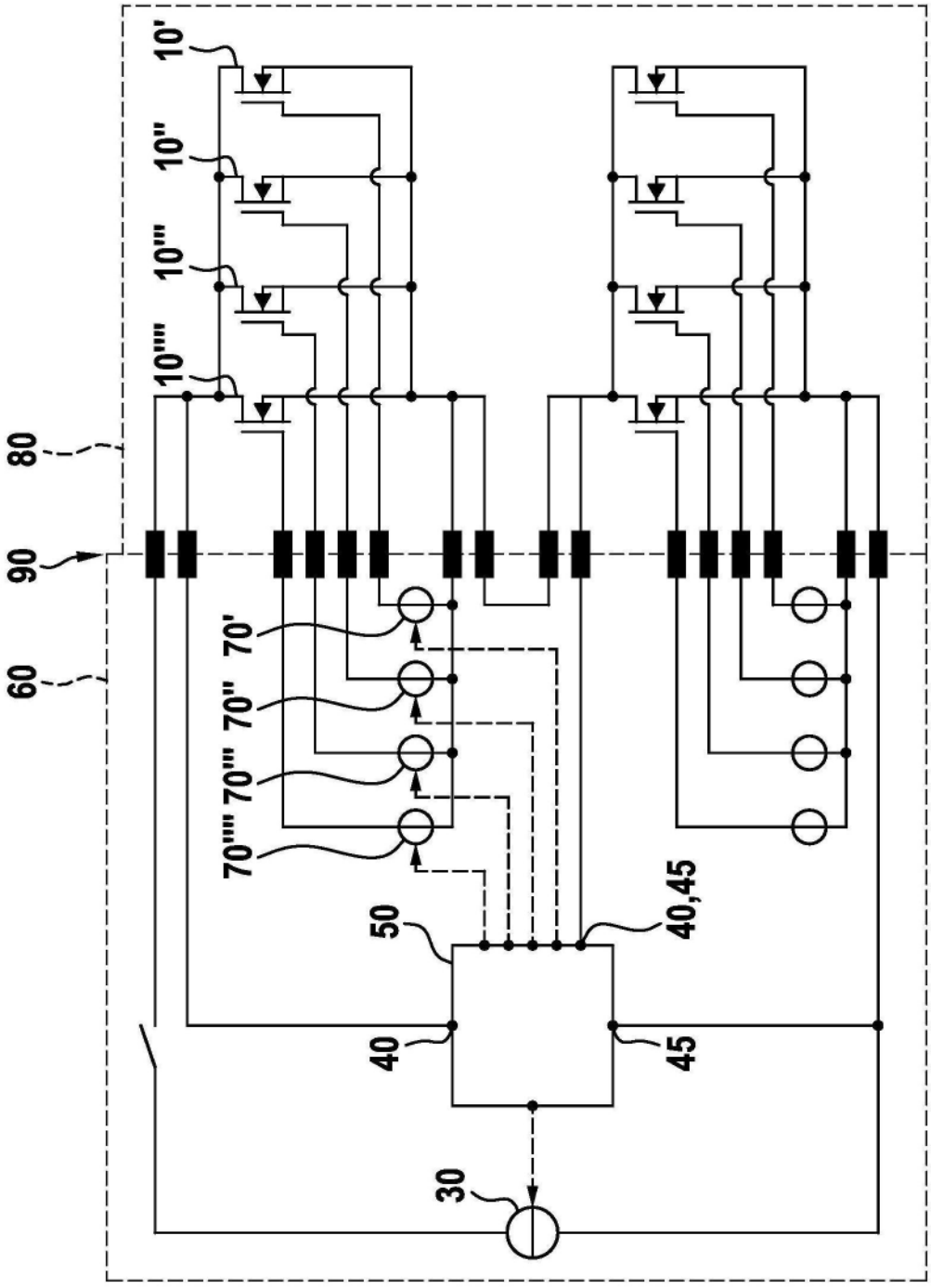


图1

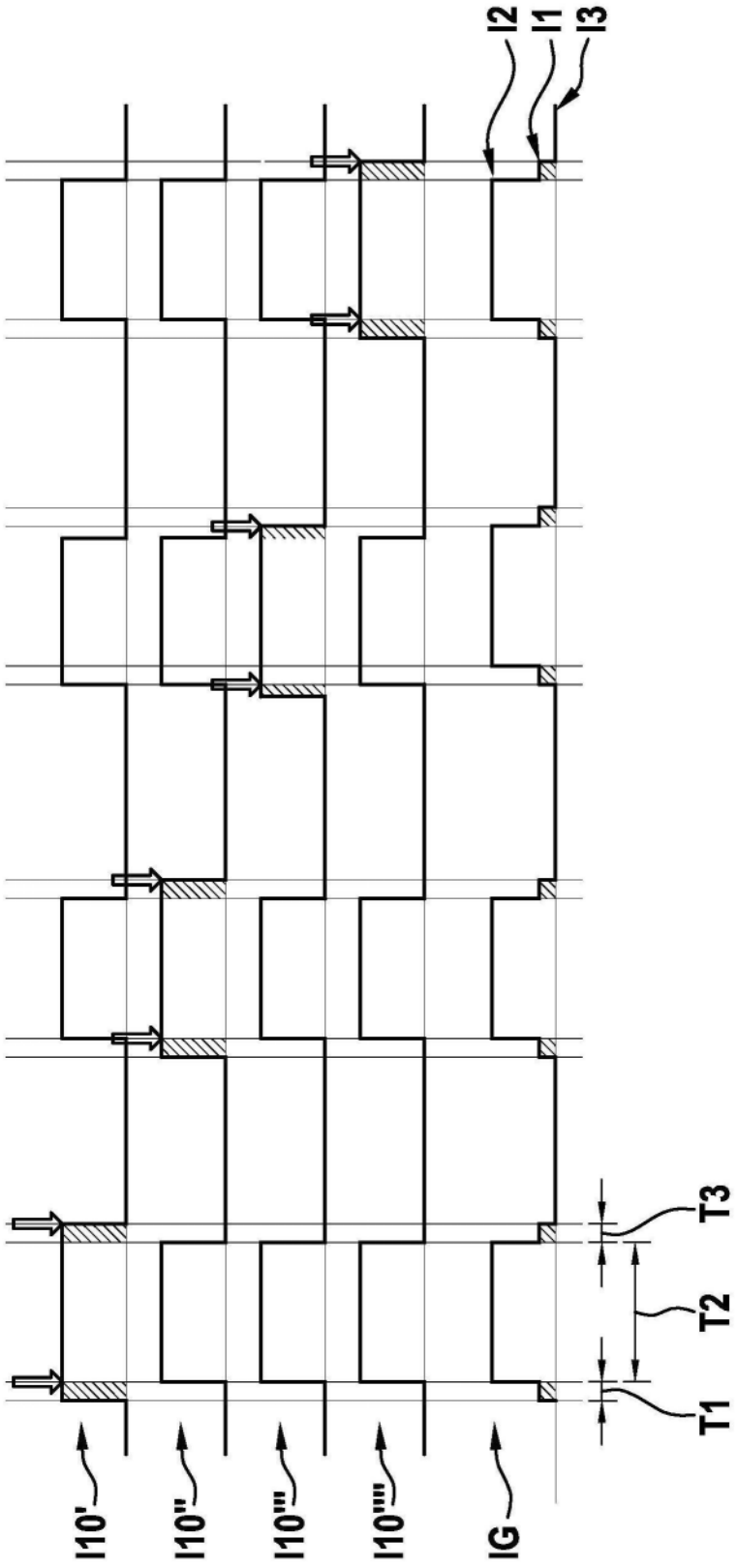


图2