



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113454475 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 12

(21) 申请号 202080014441.0

(22) 申请日 2020.02.12

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113454475 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(30) 优先权数据
19157462.3 2019.02.15 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.08.13

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2020/053541 2020.02.12

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/165213 DE 2020.08.20

(73) 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 H. 希尔林

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

专利代理师 刘畅

(51) Int. Cl.
G01R 31/327 (2006.01)
G01R 31/26 (2014.01)

(56) 对比文件
US 2017187367 A1, 2017.06.29

审查员 李欣鸽

权利要求书1页 说明书11页 附图3页

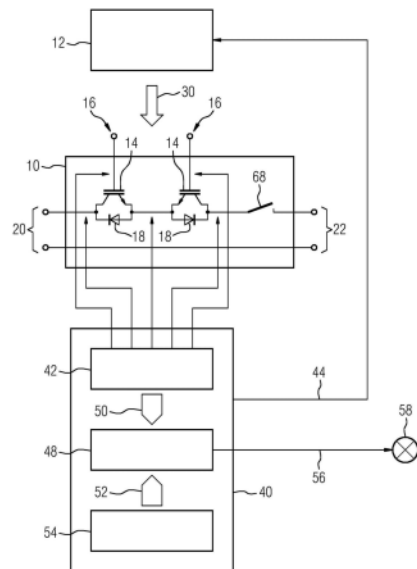
(54) 发明名称

用于自动检验开关器件的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及一种用于检验包括至少一个开关元件(14)的开关器件(10)的功能性的方法以及一种相应的检验设备(40),其中,SiC功率半导体或GaN功率半导体用作开关元件(14),其中,该或每个开关元件(14)的开关状态通过开关元件(14)的控制输入端(16)并且借助由控制单元(12)产生的并且输出到控制输入端(16)的控制信号(30)来影响,其中,将激活信号(44)输出到控制单元(12),该激活信号导致控制信号(30)的改变,其中,激活信号(44)引起检验信号(46)作为控制信号(30)的改变,并且引起切断脉冲(46)作为检验信号(46),其中,在SiC功率半导体或GaN功率半导体在反向方向上传导电流期间,其借助切断脉冲(46)被切断,其中,采集SiC功率半导体或GaN功率半导体上的电压降作为对切断脉冲(46)的响应,其中,实施标识(50)与参考(52)之间的比较,该标识编码SiC功率半导体或GaN功率半导体上的采集到的电压降,该参考编码对切

断脉冲(46)的预期的响应,并且其中,依据比较结果产生状态信号(56),该状态信号对开关器件(10)的功能性进行编码。



1. 一种用于自动检验包括可电切换的开关元件 (14) 的开关器件 (10) 的功能性的方法, 所述开关器件 (10) 包括两个反向串联的开关元件 (14),

其中, 每个开关元件 (14) 的开关状态通过开关元件 (14) 的控制输入端 (16) 并且借助由控制单元 (12) 产生的并且输出到所述控制输入端 (16) 的控制信号 (30) 来影响,

其中, 将激活信号 (44) 输出到控制单元 (12), 所述激活信号导致控制信号 (30) 的改变, 其中, 所述激活信号 (44) 引起检验信号作为控制信号 (30) 的改变, 并且引起切断脉冲 (46) 作为检验信号,

其中, 采集在反向方向上传导电流的开关元件 (14) 上的电压降作为对切断脉冲 (46) 的响应,

其中, 实施标识 (50) 与参考 (52) 之间的比较, 所述标识编码为所述开关元件 (14) 上的采集到的电压降, 所述参考编码为对切断脉冲 (46) 的预期的响应, 并且

其中, 依据比较结果产生状态信号 (56), 所述状态信号对开关器件 (10) 的功能性进行编码,

其特征在于,

SiC功率半导体或GaN功率半导体作用开关元件 (14), 其中, 在反向方向上传导电流的SiC功率半导体或GaN功率半导体基于相应的激活信号 (44) 并且借助产生的切断脉冲 (46) 被切断。

2. 一种用于自动检验包括可电切换的开关元件 (14) 的开关器件 (10) 的功能性的检验设备 (40), 所述开关器件 (10) 包括两个反向串联的开关元件 (14),

其中, 每个开关元件 (14) 的开关状态能够通过开关元件 (14) 的控制输入端 (16) 并且借助能够由控制单元 (12) 产生的并且输出到所述控制输入端 (16) 的控制信号 (30) 来影响,

其中, 借助所述检验设备 (40) 能够将激活信号 (44) 输出到控制单元 (12), 所述激活信号导致控制信号 (30) 的改变, 其中, 所述激活信号 (44) 引起检验信号作为控制信号 (30) 的改变, 并且引起切断脉冲 (46) 作为检验信号,

其中, 借助所述检验设备 (40) 能够采集在反向方向上传导电流的开关元件 (14) 上的电压降作为对切断脉冲 (46) 的响应,

其中, 借助所述检验设备 (40) 能够实施标识 (50) 与参考 (52) 之间的比较, 所述标识编码为所述开关元件 (14) 上的采集到的电压降, 所述参考编码为对改变的控制信号 (30) 的预期的响应, 并且

其中, 借助所述检验设备 (40) 能够依据比较结果产生状态信号 (56), 所述状态信号对开关器件 (10) 的功能性进行编码,

其特征在于,

SiC功率半导体或GaN功率半导体用作开关元件 (14), 其中, 在反向方向上传导电流的SiC功率半导体或GaN功率半导体基于相应的激活信号 (44) 并且借助产生的切断脉冲 (46) 被切断,

其中, 所述检验设备 (40) 被设计为, 在反向方向上传导电流的SiC功率半导体或GaN功率半导体基于相应的激活信号 (44) 并且借助产生的切断脉冲 (46) 被切断。

用于自动检验开关器件的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种开关器件的功能监控,并且在这方面涉及一种用于自动检验包括至少一个开关元件的开关器件的功能性的方法和设备。开关器件在此和下文中是指开关和保护器件、即在连接到电网、尤其是直流电网的耗电器或具有多个耗电器的网络分支/负载区域的上游连接的开关和保护器件。这种开关和保护器件包括至少一个可电切换的开关元件,并且在故障情况下将耗电器或负载区域与馈电侧分离。这是开关和保护器件的保护功能。同样也可以借助开关和保护器件通过作用到开关和保护器件上的开关指令导致切断该或每个连接至开关和保护器件的耗电器以及从开关和保护器件出发的负载区域。这是开关和保护器件的开关功能。

背景技术

[0002] 这种开关器件的功能性对于具有至少一个这样的开关器件的系统(即电网、尤其是直流电网)的可用性来说是必不可少的。

[0003] 开关器件的故障迄今被认为是残余风险。因此可以接受的是,在故障情况下,具有连接到相应的电网的耗电器的设施的大部分会停止,例如因为并联的负载区域的开关器件和/或在电网内等级更高地定位的开关器件由于开关器件的故障而做出响应。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种用于自动检验包括至少一个可电切换的开关元件的开关器件的功能性的方法。本发明所要解决的技术问题还在于,提供一种用于自动检验开关器件的检验设备、即用于自动检验包括至少一个可电切换的开关元件的开关器件的功能性的检验设备。

[0005] 该技术问题借助具有根据本发明的特征的检验方法来解决。该技术问题借助具有根据本发明的特征的规定用于自动检验开关器件的功能性的检验设备来解决。

[0006] 在用于自动检验包括至少一个可电切换的开关元件的开关器件的功能性的方法中,SiC功率半导体或GaN功率半导体用作开关元件。该或每个开关元件的开关状态通过开关元件的控制输入端并且借助由控制单元产生的并且输出到控制输入端的控制信号来影响。将激活信号输出到控制单元,该激活信号导致控制信号的改变,其中,激活信号引起检验信号作为控制信号的改变,并且引起切断脉冲作为检验信号。在此,在SiC功率半导体或GaN功率半导体在反向方向上传导电流期间,该SiC功率半导体或GaN功率半导体借助切断脉冲被切断。采集响应于切断脉冲的、SiC功率半导体或GaN功率半导体上的电压降。实施标识与参考之间的比较,该标识编码SiC功率半导体或GaN功率半导体上的采集到的电压降,该参考编码对切断脉冲的预期的响应。依据比较结果产生状态信号,该状态信号对开关器件的功能性进行编码。

[0007] 本发明的优点是,在具有至少一个SiC或GaN功率半导体作为开关元件的开关器件的情况下,电流可以在反向方向上流过开关元件,并且开关元件上的电压降取决于开关元

件是否是受控的。在SiC-MOSFET作为开关元件的情况下,电流在受控的状态下在反向方向上流过沟道,否则流过体二极管。SiC-MOSFET的体二极管上的电压降为3V,并且因此明显高于MOSFET的沟道上的电压降(假设采用常见的设计)。在这种情况下,GaN晶体管上的电压降为大约5V至10V。在此特别有利的是,这些电压仅微弱地取决于在反向方向上流动的电流的大小。

[0008] 在检验的范围内,电流方向和开关元件上的电压降被评估。在反向方向上传导电流的晶体管获得切断脉冲。现在可能出现两种不同的情况。情况1:晶体管是功能性的并且因此是可控的,在此:可切断的;由此,电流被换向到SiC-MOSFET的本征体二极管,或者在GaN晶体管的情况下导致更高的电压降。情况2:晶体管是不可控的,在此:不可切断的;因此,SiC或GaN功率半导体上的电压降保持恒定。借助评估单元检验在切断脉冲之后存在的电压降。因此,本发明提供了对可以在持续运行期间、即在电流不间断地流过SiC或GaN功率半导体期间进行的功能性的检验。因为电流保持流动,所以也不存在快速终止对功能性的检验的时间压力。因此,本发明允许在没有时间压力的情况下实施对功能性的检验。此外,要通过测量确定的、在晶体管上施加的、具有3至10V的值范围的电压对于简单且明确的采集来说是足够高的。

[0009] 因此,对于SiC-MOSFET(由于其很小的正向电阻,其特别好地适合于在此处描述的类型开关器件中应用),与电流方向无关地,对每个开关元件的检验始终是可能的。在GaN功率半导体作为开关元件的情况下,电流也可以在反向方向上流动,并且在该运行情况下,在GaN功率半导体的控制输入端上施加接通信号时的电压降小于在GaN功率半导体的控制输入端上不施加接通信号时的电压降。因此,GaN功率半导体表现为与SiC-MOSFET类似,并且可以以相同的方式被监控。

[0010] 开关器件包括至少一个可电切换的开关元件。开关器件包括作为开关元件的可电切换的功率半导体开关。该或每个开关元件的开关状态可以通过开关元件的控制输入端并且借助可由控制单元产生的并且输出到控制输入端的控制信号来影响,并且在开关器件运行时借助由控制单元产生的并且输出到控制输入端的控制信号来影响;开关元件借助控制信号切换到断开的或闭合的状态。

[0011] 关于规定用于自动检验开关器件的功能性的检验设备、即用于实施用于自动检验包括至少一个开关元件的开关器件的功能性的方法的设备(以下被称为检验设备),其中SiC功率半导体或GaN功率半导体用作开关元件,规定了,借助检验设备可以将激活信号输出到控制单元,该激活信号导致控制信号的改变;借助检验设备、尤其借助测量单元可以采集对改变的控制信号的响应;借助检验设备、尤其借助评估单元可以实施标识与参考之间的比较,该标识编码对改变的控制信号的采集到的响应,该参考编码对改变的控制信号的预期的响应;并且借助检验设备、尤其借助评估单元可以依据比较结果产生状态信号,该状态信号对开关器件的功能性进行编码。

[0012] 详细规定了,检验设备被构造为,使得该或每个开关元件的开关状态通过开关元件的控制输入端并且借助可由控制单元产生的并且输出到控制输入端的控制信号来影响,借助检验设备可以将激活信号输出到控制单元,该激活信号导致控制信号的改变,其中,激活信号引起检验信号作为控制信号的改变,并且引起切断脉冲作为检验信号,其中,在SiC功率半导体或GaN功率半导体在反向方向上传导电流期间,该SiC功率半导体或GaN功率半

导体可以借助切断脉冲被切断,其中,借助检验设备可以采集SiC功率半导体或GaN功率半导体上的电压降作为对切断脉冲的响应,其中,借助检验设备可以实施标识与参考之间的比较,该标识编码SiC功率半导体或GaN功率半导体上的采集到的电压降,该参考编码对改变的控制信号的预期的响应,并且其中,借助检验设备可以依据比较结果产生状态信号,该状态信号对开关器件的功能性进行编码。在此,检验设备被设计为,在SiC功率半导体或GaN功率半导体在反向方向上传导电流期间,借助切断脉冲切断该SiC功率半导体或GaN功率半导体。

[0013] 可能的是,在进行检验时,当电流在正向方向上流动时,开关元件并未完全被切断,而是控制信号被改变,使得导致降低的控制电压(例如用10V取代15V)。在这种情况下,开关元件上的电压降增大(例如从1V增大到3V)。这种增大是对降低的控制电压的预期的响应,并且开关元件上的实际的电压与参考、例如2V的阈值进行比较,该参考编码预期的响应。这种检验的优点是电流可以在检验过程中继续流动。由于这个原因,由于检验而对负载侧的反作用也更小。这允许更长的时间来测量、即以测量技术的方式采集预期的响应。

[0014] 优选借助检验设备如在此和随后描述的那样实施该方法(检验方法)。在这种借助检验设备实施的方法中,借助检验设备将激活信号输出到控制单元,该激活信号导致控制信号的改变。此外,借助检验设备、尤其借助测量单元采集对改变的控制信号的响应。此外,借助检验设备、尤其借助评估单元实施标识和参考之间的比较,该标识编码对改变的控制信号的采集到的响应,该参考编码对改变的控制信号的预期的响应。最后,借助检验设备、尤其借助评估单元依据比较结果产生状态信号,该状态信号对开关器件的功能性进行编码。

[0015] 例如通过将检验设备与开关器件的控制单元组合,检验设备与待检验的开关器件共同作用并且可选地是开关器件的组成部分。这种开关器件具有上述类型的至少一个可电切换的开关元件、控制单元和如在此和随后描述的检验设备。该或每个开关元件的开关状态可以通过开关元件的控制输入端并且借助可由控制单元产生的并且输出到控制输入端的控制信号来影响。借助检验设备可以将激活信号输出到控制单元,该激活信号导致控制信号的改变。同样借助检验设备、尤其借助测量单元可以采集对改变的控制信号的响应。此外,借助检验设备、尤其借助评估单元可以实施标识和参考之间的比较,该标识编码对改变的控制信号的采集到的响应,该参考编码对改变的控制信号的预期的响应。最后,借助检验设备、尤其借助评估单元可以依据比较结果产生状态信号,该状态信号对开关器件的功能性进行编码。

[0016] 本发明的重要的优点是,实现可靠地分析开关器件和该或至少一个由开关器件所包括的开关元件的功能性的可能性。通过检验例如可以提前识别开关器件的基于老化、结构元件的自发性失效或(例如由于过高的温度或电压的)过载导致的故障。这防止了通过由于保护或开关功能的故障而导致的后续故障或生产故障造成的损坏,提高了连接到电网的电气设施的可用性,并且还可以增加维护间隔之间的时间间隔。

[0017] 本发明的另一优点是,可以在持续运行时实施检验。因此,对于检验开关器件不需要切断该或每个连接在其上的耗电器。开关器件的在持续运行时实施的检验也可以被称为开关器件的监控。

[0018] 在检验设备或检验方法中,借助检验设备可以将激活信号输出到控制单元,或者

将激活信号输出到控制单元,该激活信号引起检验信号作为控制信号的改变,并且引起切断脉冲作为检验信号。借助这种检验信号,被施加以检验信号的开关元件在切断脉冲的持续时间中被切断(断开;切换到未导通的状态)。这是开关元件的定義的状态,该状态在开关元件的常规的功能中引起对切断脉冲的可预测的响应。这种可预测的响应例如是借助切断脉冲切断的开关元件上的电势差的建立。这种电势差或这种电势差的建立可以作为开关元件上的电压或开关元件上的电压改变以测量技术的方式来采集,并且在相应的实施方式中在检验方法的范围内或借助检验设备、例如测量单元来采集。

[0019] 在SiC功率半导体或GaN功率半导体在反向方向上传导电流期间,作为开关元件的该SiC功率半导体或GaN功率半导体在检验方法的范围内借助切断脉冲被切断。采集SiC功率半导体上的电压降作为对切断脉冲的响应,并且实施标识与参考之间的比较,该标识编码SiC功率半导体或GaN功率半导体上的采集到的电压降,该参考编码对切断脉冲的预期的响应。依据比较结果产生状态信号,该状态信号总体上对被施加以切断脉冲的开关元件的功能性进行编码,并且因此也对开关器件的功能性进行编码。在不是根据本发明的情况下,即在SiC功率半导体、IGBT或GaN功率半导体在正向方向上传导电流期间,作为开关元件的该SiC功率半导体、IGBT或GaN功率半导体借助切断脉冲被切断的情况下,采集在SiC功率半导体、IGBT或GaN功率半导体上的电压或电压改变作为对切断脉冲的响应,并且实施标识与参考之间的比较,该标识编码采集到的电压或电压改变,该参考编码对切断脉冲的预期的响应。在此,依据比较结果也产生状态信号,该状态信号总体上对被施加以切断脉冲的开关元件的功能性进行编码,并且因此总体上也对开关器件的功能性进行编码。

附图说明

[0020] 随后,根据附图详细阐述本发明的实施例。彼此相应的对象或元件在所有附图中具有相同的附图标记。

[0021] 实施例并不应理解为对本发明的限制。相反地,在本公开的范围内也完全能够实现补充和修改,尤其是这种例如通过组合或变换结合一般或特别的描述部分描述的和包含在本发明和/或附图中的各个特征或方法步骤、对于本领域技术人员来说鉴于该技术问题的解决方案可得到的补充和修改,以及通过可组合的特征导致新的对象或新的方法步骤或方法步骤序列的补充和修改。

[0022] 附图中:

[0023] 图1示出了开关器件,其在此具有两个可电切换的开关元件、控制单元和规定用于检验开关器件、即至少一个开关元件的检验设备;

[0024] 图2示出了具有多个开关器件、尤其是根据图1的开关器件的电网;

[0025] 图3示出了可借助控制单元输出的控制信号和可借助检验设备导致的控制信号的改变的示例,其中,控制信号的改变用作用于检验开关器件的检验信号;并且

[0026] 图4示出了用于检验根据图1的开关器件或具有至少一个可电切换的开关元件的开关器件的方法的示意性的简化的图示。

具体实施方式

[0027] 图1中的图示示例性地并且示意性地简化地示出了开头提到的类型的随后被简称

为开关器件10的开关和保护器件10以及由开关器件10所包括的或(如示出的那样)在功能上与开关器件10相关联的控制单元12。

[0028] 开关器件10包括至少一个可电控制的开关元件14,例如形式为可电控制的半导体开关14、尤其形式为功率半导体开关14。该或每个开关元件14的相应的开关状态(导通、未导通)通过开关元件14的控制输入端16来影响。

[0029] 图1中的图示示出了原则上可选的配置,其中,给该或每个开关元件14分配与其正向方向相反地导通的二极管18,其要么作为包括开关元件14的构件的集成的组成部分(体二极管),要么作为附加的构件(反向并联二极管)。

[0030] 在通过输入触点形成的输入侧20(输入端20)上,开关器件10可以连接至供应电压、尤其是直流电压,并且在运行时连接至供应电压。在通过输出触点形成的输出侧22(输出端22)上,负载24(图2)可以(直接或间接)连接至开关器件10,并且为了运行负载24,该负载尤其通过连接至开关器件10的输出侧22的电容器26(图2)连接至开关器件10,电容器必要时例如在驱动器的情况下也可以是负载24的一部分。

[0031] 借助至少一个在图1的图示中仅示意性简化地以方框箭头的形式示出的控制信号30可以控制开关器件10。在控制单元12的运行中产生该或每个控制信号30。在所示的实施方式中,开关器件10包括两个反向串联的开关元件14。在具有多于一个的开关元件14的开关器件10中,控制单元12针对每个开关元件14输出控制信号30,并且每个控制信号30施加在开关元件14的控制输入端16上。对于在开关器件10具有两个开关元件14的情况下将这两个开关元件14都置于导电状态中的控制信号30,开关器件10总体上是双向导通的。对于在开关器件10具有两个开关元件14的情况下将开关元件14中的刚好一个置于导电状态中的控制信号30,开关器件10是单向导通的。替代具有两个反向串联的开关元件14的开关器件10地,原则上也考虑具有刚好一个开关元件14的开关器件10。对于在这种开关器件10中将其开关元件14置于导电状态中的控制信号30,开关器件10在通过相应的开关元件14的类型和连接确定的方向上是导通的。

[0032] 在每次提到开关器件10时,以下可以隐含具有恰好一个开关元件14的实施方式以及具有多于一个的开关元件14的实施方式、尤其是具有刚好两个开关元件14的实施方式。

[0033] 为了后续的描述的更好的可读性的目的,基于刚好一个控制信号30继续该后续的描述。该控制信号是用于相应的开关器件10的刚好一个开关元件14的控制信号30,或者是用于每个由相应的开关器件10所包括的开关元件14的所有控制信号30的总体。

[0034] 图2中的图示示出了在随后简称为网络32的直流电压网络32的示例性的网络配置中的多个开关器件10、尤其是如在上面结合图1中的图示的阐述而描述的开关器件10,该直流电压网络示例性地包括两个网络级。网络32基于交流电压网络34、随后的交流电压开关和保护元件36和进而连接在其上的整流器38。

[0035] 网络32在每个网络级中包括不同的负载区域,负载区域分别通过负载24(耗电器)说明。作为负载24,在图2中的图示中示例性示出了具有前置的逆变器的驱动器、照明装置和加热装置。原则上,在负载区域内也可以连接多于一个的负载24(多于一个的耗电器)。在所示的配置中,(以原则上可选的方式)借助在上面结合图1中的图示的阐述而描述的类型开关器件10来保护每个负载区域。在所示的配置中,这种开关器件10也(以原则上可选的方式)位于网络级之间。同样,这种开关器件10(以原则上可选的方式)位于整流器38之后,

并且在那里在一定程度上用作直流电压网络32的馈入点。

[0036] 为了分离负载区域与其余的网络32,利用控制信号30(图1)控制相应的开关器件10,该控制信号产生开关器件10的以下开关状态,在该开关状态中,在输入侧20施加的电压在输出侧22消失;开关器件是电气“断开的”。这随后被称为开关器件10的断开。例如当借助在图1的图示中未示出的(自身已知的)传感器件自动识别过电流或故障电流情况时,开关器件10自动断开。当应当切断负载区域时,也可以基于外部信号触发开关器件10的断开。

[0037] 在无故障的情况下,为了将负载区域耦合到网络32,利用控制信号30控制相应的开关器件10,该控制信号产生开关器件10的以下开关状态,在该开关状态中,在输入侧20施加的电压显现在输出侧22;开关器件是电气“闭合的”。这随后被称为开关器件10的闭合。

[0038] 是否需要“高”或“低”或正或负的电势来断开或闭合开关器件10并且作为控制信号30分别常规地由控制单元12来产生,以原则上自身已知的方式取决于该或每个开关元件14的类型和连接。简化地,以下讨论用于闭合开关器件10的控制信号30或用于断开开关器件10的控制信号30。

[0039] 在图2的图示中,借助“闪电”象征性地示出网络32的负载区域内的故障。作为故障,耗电器24中的短路例如可想到的。在故障的情况下,与相关的负载区域相关联的开关器件10必须安全地分离负载区域与其余的网络32。为此,利用用于断开开关器件10的控制信号30控制开关器件10。如果开关器件10没有按规定工作,并且尽管存在这种控制信号30,但开关器件10还是没有断开,那么不确保与故障相关的负载区域与其余的网络32的安全分离。在没有分离与故障相关的负载区域的情况下,在短路的情况下,所有并联的负载区域同样被短路并且失去其功能性。相应的网络32中的每个开关器件10的按规定的功能因此对于其安全且可持续负载的运行来说是必不可少的。

[0040] 为了检验具有多个耗电器(负载24)和/或多个负载区域和/或多个网络级的网络32中的开关器件10、尤其是每个开关器件10设置有检验设备40(图1)。检验设备40可选地(与在图1中的示意性的简化图中示出的不同地)集成到控制单元12中。

[0041] 借助检验设备40、即由检验设备40所包括的或与检验设备40相关联的测量单元42来记录关于开关器件10的至少一个特征性的电测量值。特征性的测量值的示例是电压测量值,该电压测量值在该、一个或每个由开关器件10所包括的开关元件14上采集。另外的示例是该开关元件14或一个开关元件14的输入端或输出端上的或该开关元件14或一个开关元件14的控制输入端16上的电压测量值。借助测量单元42的可能的测量在图1中的图示中示意性地简化地借助从测量单元42出发的和朝各个可能的测量点指向的箭头来说明。作为电压测量(可选地也包括电压走向的测量)的替换,借助测量单元42可选地还进行电流测量、尤其是电流走向的测量。可选地,借助测量单元42进行电流和电压测量、尤其是电流和电压走向的测量。

[0042] 通常,所需的测量值已经由与控制单元12相关联的传感器采集。在该情况下,通过访问这些测量值进行通过测量单元42的测量。

[0043] 在控制检验设备40的情况下进行借助测量单元42的测量。与由控制单元12输出的控制信号30的改变在时间上相关联地进行测量,该改变由检验设备40触发。与控制信号30的改变在时间上相关联地进行的测量(监控开关器件10)在此意味着连续测量或在控制信号30的改变之前、期间和/或之后进行的测量、尤其是在控制信号30的改变期间进行的测

量。

[0044] 为了改变控制信号30,检验设备40与控制单元12连接。在图1中的图示中示意性地简化地以从检验设备40到控制单元12的信号路径的形式示出这一点。检验设备40通过该信号路径将激活信号44输出到控制单元12。借助激活信号44,检验设备40在控制单元12中激活控制信号30的改变。在此,在开关器件10的运行期间、即当不需要开关动作(由于短路或由于外部的开关指令),并且相应否则通过控制单元12输出恒定的控制信号30(“接通信号”)时,进行控制信号30基于由检验设备40输出的激活信号44的改变。

[0045] 作为这种激活信号44的替换,该激活信号在控制单元12侧触发控制信号30的改变,还考虑到的是,检验设备40本身触发控制信号30的改变。由此,控制单元12例如包括可调节的电压源,并且作为激活信号44,借助电压源产生的电压、尤其是借助电压源产生的电压走向与由控制单元12产生的控制信号30叠加。

[0046] 基于借助激活信号44自动触发的控制信号30的改变,产生检验信号46(图3)、例如以短的切断脉冲46形式的检验信号46。检验信号46、尤其是作为检验信号46的切断脉冲46影响开关器件10的该或每个开关元件14的状态(导通、未导通)。

[0047] 图3中的图示示例性地示出控制信号30的随时间的走向。在第一时间区段 t_1 中,该控制信号导致开关器件10的闭合。在第二时间区段 t_2 中,激活信号44起作用。在那里产生通过激活信号44导致的控制信号30的改变。在所示的情况下,控制信号30的改变是以短的切断脉冲46形式的检验信号46。随后,在第三时间区段 t_3 中又出现“正常的”未改变的控制信号30。在控制信号30的持续时间中,与在图3中的示意性简化的图示中示出的不同地,激活信号44例如在预设的或可预设的、尤其是等距或随机(伪随机)选择的时间点不止一次地起作用。

[0048] 根据以短的切断脉冲46形式的检验信号46(如图3所示的那样)继续进一步的描述,该切断脉冲因此由借助激活信号44触发的控制信号30的改变而产生。此外假定,每个负载24消耗电功率,即电流流入负载24。相反的情况(不同的电流方向;不同的电流符号)当然也是可能的,并且相应始终可以是隐含的。

[0049] 对于开关器件10的输出端22上的电容器26,该电容器在闭合的开关器件10的情况下被充电,并且在完全充电的情况下,在开关器件10的输出端22上出现在其输入端20上施加的电压。在借助基于激活信号44产生的切断脉冲46检验开关器件10时,开关器件10、即开关元件14或切换到电流流动方向的开关元件14在切断脉冲46的持续时间中断开。在开关器件10断开的情况下,连接的负载24至少短时间由电容器26供电。产生的从电容器26流出的电荷导致在切断的开关元件14上的电压。可以借助测量单元42采集在切断的开关元件14上的电压的增大和/或在切断的开关元件14上的瞬时电压。

[0050] 为了基于激活信号44检验开关器件10而产生的切断脉冲46被测得为这样短的,使得电压改变保持“很小”。基于切断脉冲46产生的小的电压改变在此意味着,电压改变没有对负载24的运行产生影响(至少没有明显影响),该负载连接至以该方式控制的开关器件10。但基于切断脉冲46产生的小的电压改变是这样大的,使得可以借助测量单元42探测该电压改变。因此,电压改变至少略高于借助测量单元42进行的电压测量的分辨率。

[0051] 在这种情况下,为了检验开关器件10、即为了检验切断的开关元件14,作为关于开关器件10的特征性的电测量值,采集基于切断脉冲46产生的电压或电压改变。借助由检验

设备40所包括的或与检验设备40相关联的评估单元48评估测量值。为此,将标识50由测量单元42传输到评估单元48。标识50描述了探测到的电压或电压改变(例如以在电压改变期间出现的极值的形式)。标识50借助评估单元48与参考52比较。参考52可以从与检验设备40相关联的或由检验设备40所包括的存储器54调取,并且在那里被调取用以与标识50比较。参考52例如是预设的、即不可改变地存储在存储器54中。替换地,参考52也可以是可预设的,即可以通过存储器54中的可由开关器件10的用户访问的参数化来改变。

[0052] 在前述的示例中,例如将对3V的电压值进行编码的数据考虑为参考52,在该前述的示例中,在切断脉冲46起作用之前和之后,对于正常运行的开关元件14(即基于控制信号30闭合的开关元件14)可以假定,在该开关元件上仅形成小的通过正向特性(Durchlasseigenschaft)确定的电压,并且此外可以假定,在切断脉冲46起作用期间,在通过切断脉冲46断开的开关元件14上的电压增大。例如通过在(断开的开关元件14的)之前的电压和切断运行中的电压之间形成差,来采集断开的开关元件14上的电压的增大。于是,该差必须是至少1V。在比较对通过切断脉冲46断开的开关元件14上的瞬时电压进行编码的标识50与这种参考52时,比较例如实施为“大于或等于”比较,并且一旦通过切断脉冲46断开的开关元件14上的电压达到或超过通过参考52编码的阈值,那么确定被施加以切断脉冲46的开关元件14的功能性。

[0053] 对基于激活信号44产生的电压或电压改变和/或该或每个其它可借助测量单元42采集的电气参量进行编码的标识50可以是单个值、即例如(电压)值、(电压)值、边缘陡度、上升或下降时间等。于是,标识50是单个数据、即特征值,并且在比较时考虑的参考52相应是参考值。标识50(以及相应还有参考52)也可以包括多于一个的数据,例如上述值的组合或对借助测量单元42与控制信号30的改变在时间上相关联地记录的电信号进行描述的其他值。

[0054] 在借助评估单元48自动实施的比较中重要的是,至少一个可借助测量单元42采集的电气参量的改变是否位于预期的范围内,该电气参量的改变基于控制信号30的改变产生。参量也可以是电流。在切断之后,电流必须立即变为零。

[0055] 在借助评估单元48进行的比较中作为基础的参考52对预期的范围进行编码,或通常对由于控制信号30的改变(由于检验信号46)在正常运行的开关器件10中预期作为对控制信号30的改变的响应的值进行编码。参考52相应例如基于在运行时在正常运行的开关器件10中记录的值、例如电压值。可选地,在形成参考52时考虑不同的正常运行的开关器件10,从而产生至少一个值范围作为参考52。附加地或替换地,参考52或至少一个用作参考52的值范围也可以根据经验被确定,例如借助开关器件10或该或每个由其所包括的开关元件14的模型来确定。通常,为了借助评估单元48并且通过比较标识50与参考52来实现对开关器件10的功能检验,对改变的控制信号30与至少一个借助测量单元42采集的电气参量之间的预期的相关性进行检验。

[0056] 为了实施标识50与参考52的比较,评估单元48例如包括至少一个比较器(未示出)或相应的功能单元或软件和/或固件中的相应的功能。可选地,评估单元48包括实施更复杂的评估规则,从而例如对于电流在反向方向上流过待检验的SiC功率半导体的情况,可以如下地实施评估:

[0057] 如果 $\{(U-U_1) > K1\}$ 或 $\{(U-U_1) > U_{ref}\}$ 并且 $\{t > t_1\}$

[0058] 那么[将S1设置为高;将检验信号复位;如果(S2=高),那么(将S设置为高),否则(S1保持不变;S保持不变)]

[0059] 否则

[0060] {如果[($t > K2 * I$) 或 ($t > t_{max}$)]

[0061] 那么(将S1设置为低;将S设置为低;将检验信号复位)

[0062] 否则(S1不变;检验信号不变)}

[0063] 其中:

[0064] U:测得的在开关上的电压(源极和漏极之间)、即开关上的电压降

[0065] U1:在激活检验信号之前的U

[0066] K1:常数、例如5伏。

[0067] Uref:参考电压、例如1伏。

[0068] t:从激活检验信号以的时间

[0069] t1:等待时间、例如20微秒

[0070] tmax:检验信号的最大持续时间、例如1毫秒

[0071] S:状态信号(高表示开关器件功能正常)

[0072] S1:待检验的开关的状态

[0073] S2:开关器件中的其他的开关的状态

[0074] K2:常数、例如10微秒/安培。

[0075] I:开关器件中的电流(从源极到漏极)。

[0076] 作为比较的结果,评估单元48输出状态信号56。在标识50和参考52之间相等或至少足够相等的情况下,或者通常在评估单元48中实施的条件得到满足的情况下,评估单元48输出状态信号56,该状态信号对正常运行的开关器件10进行编码。在标识50和参考52之间不相等或至少不足够相等的情况下,或者通常在评估单元48中实施的条件没有得到满足的情况下,评估单元48输出状态信号56,该状态信号对不正常运行的开关器件10进行编码。借助状态信号56例如可以控制信号元件58,其通知用户开关器件10、例如光信号元件、尤其是状态LED和/或声学信号元件的功能性。附加地或替换地,状态信号56也可以被转发到(未示出的)上级的单元,例如用于监控相应的网络32及其所包括的开关器件10的单元,并且在那里被评估。在那里对状态信号56的评估例如包括在显示屏或类似物上对应于状态信号56的状态显示。

[0077] 原则上,每个半导体开关、尤其是功率半导体、例如MOSFET、IGBT等被考虑作为开关器件10的开关元件14。

[0078] 在作为开关元件14的IGBT中、即具有反向并联的二极管(Anti-Parallel-Diode 18)的IGBT中,当电流在正向方向上流动(即流过IGBT)时实施检验。如果IGBT由于相应的激活信号44并且借助产生的切断脉冲46被切断,那么开关元件14和总体上开关器件10上的电压如上所述地增大,因为在DC网络中在开关器件10的两侧存在电容、例如开关器件10的输出端22处的电容器26的电容。电压以有限的速度增大。基于激活信号44产生的切断脉冲46的持续时间被测得为这样短的,使得电压改变保持很小(仅略高于电压测量的分辨率范围)。

[0079] 针对作为开关元件14的IGBT描述的方法也可以应用于所有类型的功率半导体、尤

其是也可以应用于SiC-MOSFET。

[0080] 在具有至少一个SiC功率半导体(碳化硅半导体)作为开关元件14的开关器件10的情况下,电流可以在反向方向上流过二极管18(体二极管)和/或在反向方向上切换的MOSFET的沟道。后者仅在MOSFET接通时是这种情况。流过MOSFET的电流产生比流过体二极管的电流更低的损耗(开关元件14上的更小的电压),因为体二极管的正向电压、即体二极管上的电压降为3V,并且因此明显高于MOSFET的正向电压(假设采用常见的设计)。在检验的范围内,开关元件14上的电流方向和电压降被评估。刚好在反向方向上传导电流的MOSFET基于相应的激活信号44并且借助产生的切断脉冲46被切断。如果MOSFET是可控的,那么由此,MOSFET上的电压降增大至3V。如果控制沟道是有缺陷的或MOSFET短路或没有导通,那么其保持恒定。这借助评估单元48如上所述的那样被检验。在此,通过在两个开关元件14上测量或通过形成在输入端20和输出端22处测量的电压之间的差,足以采集如图1所示的串联连接的两个开关元件14上的整个电压降。对电压采集的绝对精度的要求是小的,因为仅须评估电压的改变。

[0081] 因此,对于由于它们的低正向电阻而特别好地适用于在此处描述的类型开关器件10中应用的SiC-MOSFET,与电流方向无关地总是能够实现检验每个开关元件14。

[0082] 在GaN开关中,电流也可以在反向方向上流动,并且在该运行情况下,在施加接通信号时,电压降是更小的。GaN开关因此表现为与SiC-MOSFET类似,并且可以以相同的方式被监控。

[0083] 代替在图3中示例性示出的切断脉冲46地,检验信号46原则上可以是以下任何信号,该信号在开关器件10正确运行时导致可借助测量单元42采集的电气参量的可测得的改变。

[0084] 借助对通过开关元件10的电流的可选的测量,另外的信息是可用的,其作为以相应的标识50与参考52的形式的自动评估的结果允许推断出可能为复数值的、随时间的电阻特性,并且因此推断出开关器件10的功能性。例如,在切断在正向方向上导通的开关元件14时,电流立即变为零。如果不是这种情况并且可测量的电流继续流动,那么关于测量的电流存在与预期的范围的偏差。借助例如由测量单元42所包括的电流计(未示出)进行电流测量。可选地存在多于一个的电流计,从而可以在多个测量点、例如在图1的图示中针对之前解释的电压测量所提到的测量点中的一些或全部处进行电流测量。

[0085] 根据该或每个开关元件14的特性,电压和电流测量的数据具有不同程度的相关性,从而使得测量数据可以单独和/或一起作用于更好地确定开关器件10的功能性的基础。例如以比较电压和电流测量值的形式进行可信度检验。因为实际上每个间接或直接连接至开关器件10的负载24都具有电容特性,所以电压的随时间的改变与电流的改变相关,并且电流的随时间的改变与电压改变相关。缺乏的根据预期的相关性表明开关器件10的功能不正常。借助参考52描绘根据预期的相关性。

[0086] 因此,由于不同的测量的多个测量数据,可以通过评估探测测量或测量点中的错误,并且因此对测量进行相互间的可信度检验。

[0087] 检验(即触发激活信号44、与激活信号44在时间上相关联地并且通过测量单元42采集至少一个电气参量以及将标识50与参考52进行比较)可以由检验设备40自动触发并且实施。附加地或替换地,可以在外部通过相应控制检验设备40来发起这种检验。在这两种情

况下可以定期地、例如在预设的或可预设的、尤其是等距的时间点或随机(伪随机)地触发检验。

[0088] 图4中的图示最后示例性地示出了在此提出的用于自动检验包括至少一个开关元件14的并且规定用于在电网32中进行保护的开关器件10的方法的流程图。该方法例如在硬件或固件中、例如借助FPGA等实施,或在固件和软件中或在软件中实施。

[0089] 在第一步骤60中,触发激活信号44。激活信号44如上面描述的那样导致迄今由控制单元12输出的控制信号30的改变。在第二步骤62中,采集对改变的控制信号30的响应和/或改变的控制信号30对开关元件14或至少一个开关元件14的影响。这两个情况概括性地被称为响应。借助测量单元42采集响应。在第三步骤64中,对响应进行评估。通过比较标识50与参考52,借助评估单元48进行评估,该标识编码实际的响应,该参考编码预期的响应。在第四步骤66中,依据比较结果例如产生状态信号56,该状态信号可选地被转发到上级的单元。

[0090] 在第四步骤66中通过检验设备40依据比较结果触发的响应也可以包括例如通过相应控制该或每个开关元件14和/或通过断开开关器件10的另外的开关68来切断开关器件10。例如,通过检验设备40上的显示器和/或通过设备接口(端子排、现场总线、光信号)报告错误。在探测到错误时,可以自动去激活(脉冲抑制或切断所有耗电器24)并且隔离相关的负载区域。

[0091] 最后,在此提出的方法可以简要概括如下:说明了一种用于自动检验包括至少一个可电切换的开关元件14的开关器件10的功能性的方法、尤其是作为用于运行检验设备40或包括检验设备40的开关器件10的方法。用于实施该方法的设备被称为检验设备,其中,检验设备40用于自动检验包括至少一个可电切换的开关元件14的开关器件10的功能性。在开关器件10中,该或每个开关元件14的开关状态可以通过开关元件14的控制输入端16并且借助可由控制单元12产生的并且输出到控制输入端16的控制信号30来影响。在方法的范围内,尤其借助检验设备40可以将激活信号44输出到控制单元12,该激活信号导致控制信号30的改变。在方法的范围内,尤其借助检验设备40可以采集对改变的控制信号30的响应。此外在方法的范围内,尤其借助检验设备40可以实施标识50与参考52之间的比较,该标识编码对改变的控制信号30的采集到的响应,该参考编码对改变的控制信号30的预期的响应。最后,在方法的范围内,尤其借助检验设备40依据比较结果可以产生和输出状态信号56,该状态信号对开关器件10的功能性进行编码。状态信号56或基于状态信号56控制的信号元件58等示出了开关器件10的功能性。

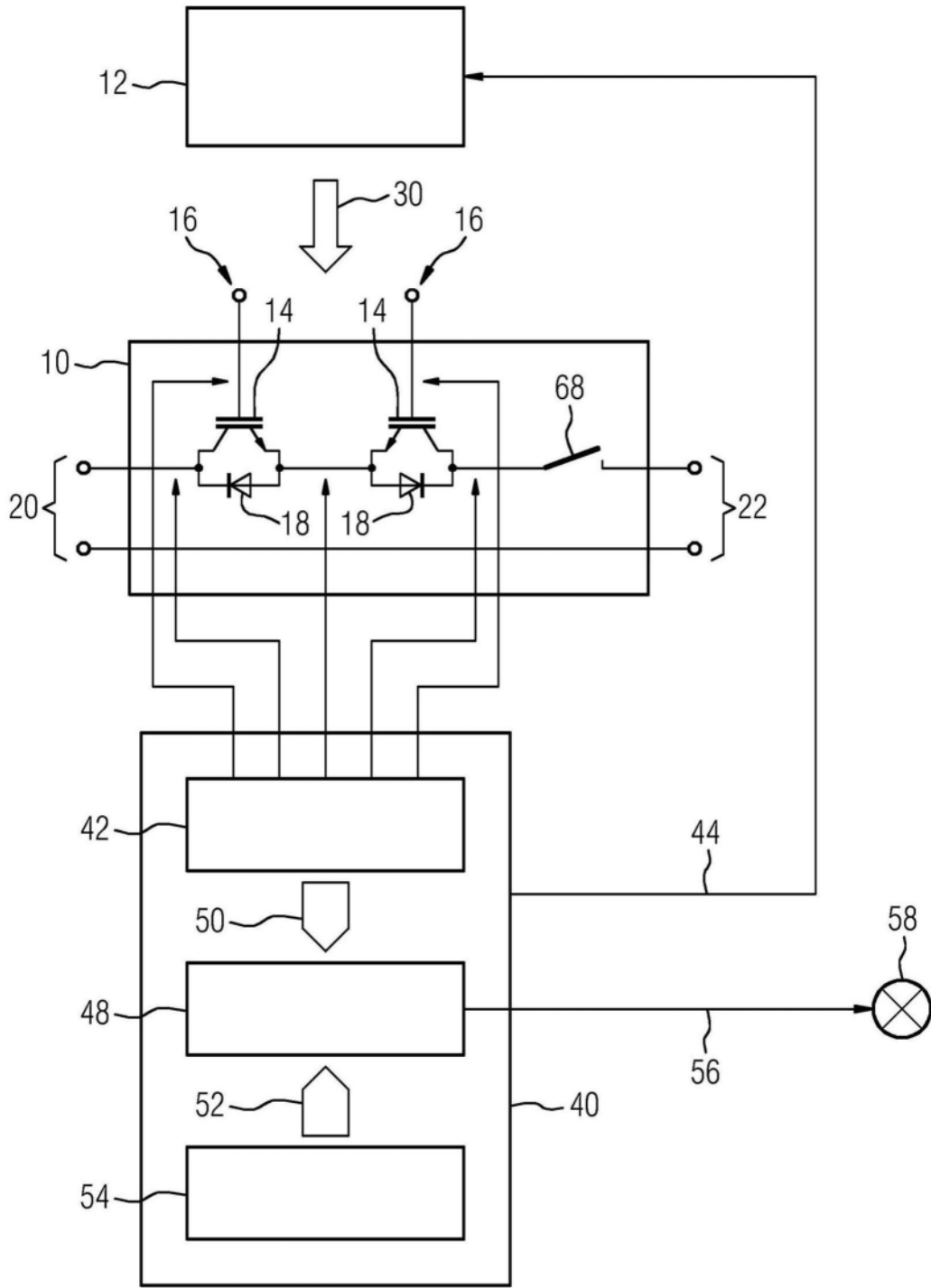


图1

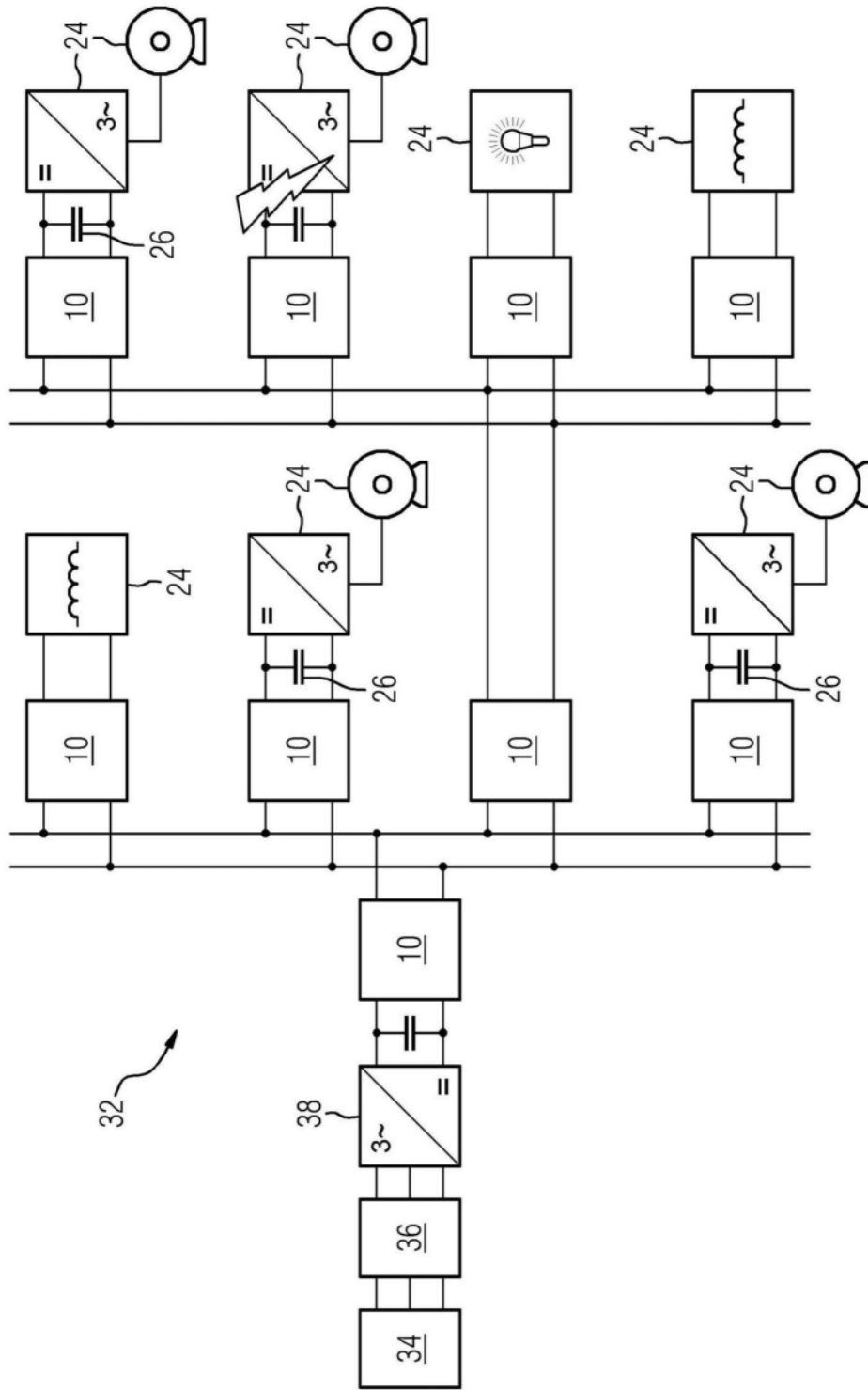


图2

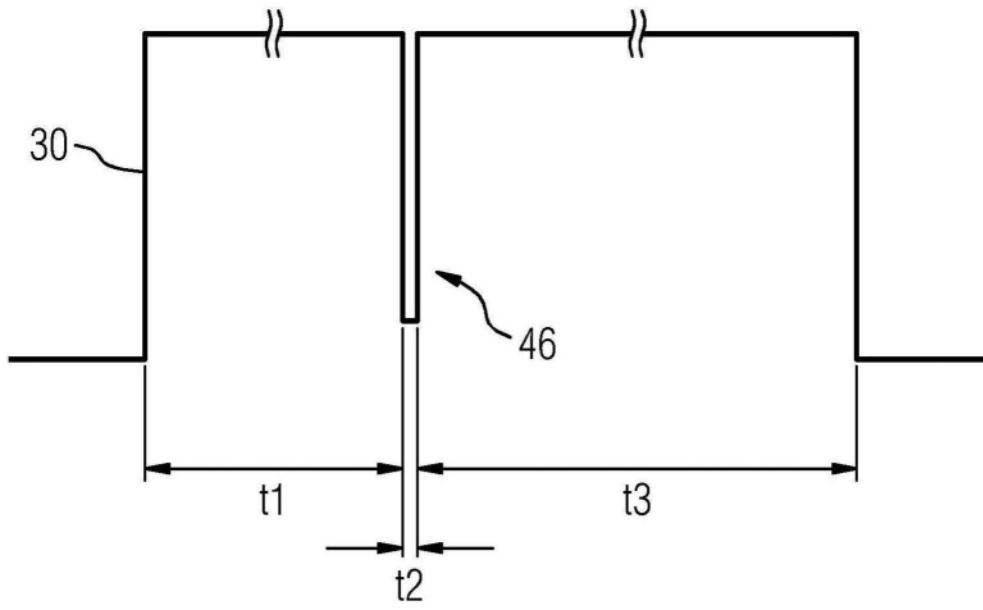


图3

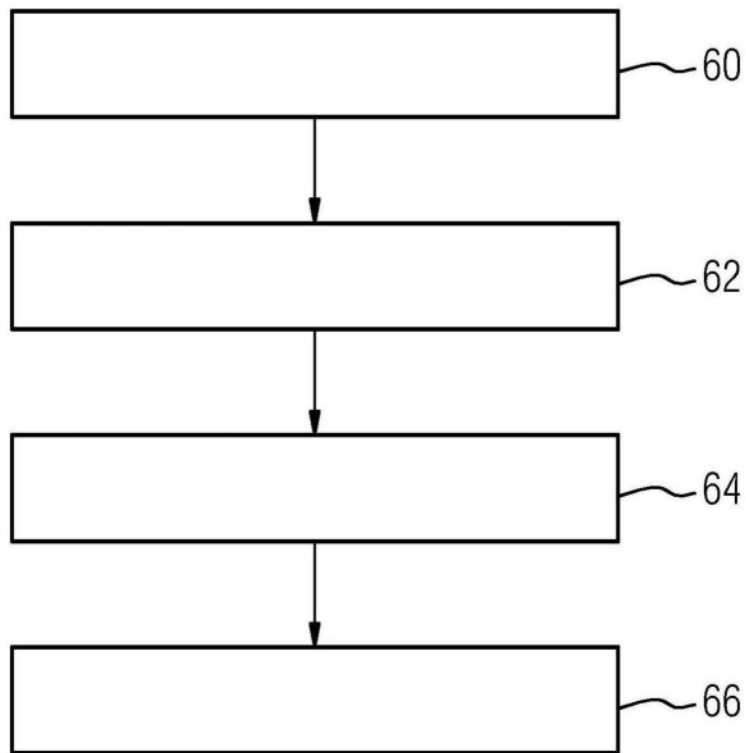


图4