



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109478777 B

(45)授权公告日 2020.05.22

(21)申请号 201780029959.X

(22)申请日 2017.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109478777 A

(43)申请公布日 2019.03.15

(30)优先权数据
62/307,589 2016.03.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.11.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2017/076671 2017.03.14

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/157288 EN 2017.09.21

(73)专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡

(72)发明人 郑家伟 薛向党

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 罗满

(51)Int.Cl.
H02H 3/16(2006.01)
H02H 3/08(2006.01)

(56)对比文件
CN 1106568 A,1995.08.09,
CN 102946083 A,2013.02.27,
CN 2338898 Y,1999.09.15,
CN 2629306 Y,2004.07.28,
CN 203504134 U,2014.03.26,
CN 1345475 A,2002.04.17,
CN 1835316 A,2006.09.20,

审查员 李文婷

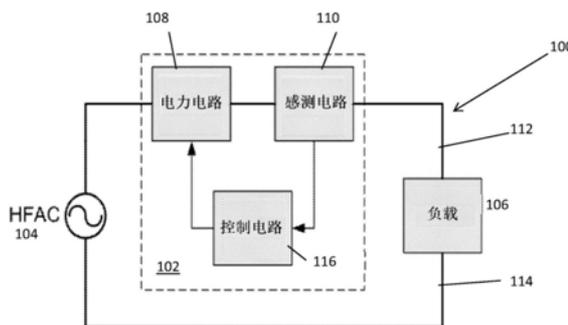
权利要求书3页 说明书15页 附图11页

(54)发明名称

控制电路和高频断路器

(57)摘要

提供了高频断路器(HFCB)和用于HFCB的控制电路。HFCB包括控制电路、感测电路和电力电路。感测电路感测通过负载的高频泄漏电流和高频电流中的至少一者,并且电力电路将电力连接至负载和断开电力至负载的连接。控制电路包括模拟比较器和切换状态保持电路。模拟比较器将来自感测电路的输出与电流基准进行比较,并且切换状态保持电路基于来自模拟比较器的输出来向电力电路提供控制信号,以迫使电力电路选择性地 将电力连接至负载或者断开电力至负载的连接。



1. 一种用于高频断路器HFCB的控制电路,所述HFCB包括:感测电路,其用于感测通过负载的高频泄漏电流和高频电流中的至少一者;以及电力电路,其用于将电力连接至所述负载和断开电力至所述负载的连接;所述控制电路包括:

模拟比较器,其用于将来自所述感测电路的输出与电流基准进行比较;以及

切换状态保持电路,其用于基于所述模拟比较器的输出来向所述电力电路提供控制信号,以迫使所述电力电路选择性地将电力连接至所述负载或者断开电力至所述负载的连接;

来自所述模拟比较器的输出具有指示来自所述感测电路的输出未超过所述电流基准的第一状态,以及指示来自所述感测电路的输出超过所述电流基准的第二状态;

来自所述切换状态保持电路的所述控制信号具有用于迫使所述电力电路将电力连接至所述负载的第一控制状态和用于迫使所述电力电路断开电力至所述负载的连接的所述第二控制状态;

一旦来自所述模拟比较器的输出从所述第一状态切换至所述第二状态,则控制信号从所述第一控制状态切换至所述第二控制状态;

在控制信号达到第二控制状态的情况下,无论来自所述模拟比较器的输出的变化如何,所述控制信号都保持所述第二控制状态;

控制电路还包括复位开关,如果所述模拟比较器的输出处于所述第一状态,则所述复位开关的激活迫使所述切换状态保持电路进入第一状态;

所述切换状态保持电路包括或非NOR电路和反相器电路,所述NOR电路包括多个NOR门,所述反相器电路包括多个反相器;

所述多个NOR门中的其中两个NOR门被用于保持所述切换状态保持电路的第二状态,并且:

所述两个NOR门中的每一个NOR门向另一个NOR门提供输入;

所述两个NOR门的输入受所述复位开关的激活的影响;以及

所述两个NOR门中的另一个NOR门的输入受所述模拟比较器的输出从所述第一状态变化至所述第二状态的影响。

2. 根据权利要求1所述的控制电路,其中,所述模拟比较器的输出基于来自所述感测电路的输出与所述电流基准之间的差。

3. 根据权利要求1或2所述的控制电路,其中,来自所述感测电路的输出包括电压,所述电流基准包括指示阈值电流的电压,并且所述模拟比较器识别电压差。

4. 根据权利要求1所述的控制电路,其中,所述模拟比较器包括高速比较器集成电路IC。

5. 根据权利要求1所述的控制电路,其中,所述模拟比较器包括用于确定来自所述感测电路的输出与所述电流基准之间的差的差分运算放大器OpAmp。

6. 根据权利要求5所述的控制电路,其中,所述OpAmp和所述电流基准通过公共直流DC输入电压来驱动。

7. 根据权利要求1所述的控制电路,其中,所述电流基准包括可变阻抗和阻抗,并且改变所述可变阻抗的阻抗调节所述电流基准。

8. 根据权利要求1所述的控制电路,其中,在控制信号达到第二状态的情况下,无论来

自所述模拟比较器的输出的变化如何,所述控制信号都保持所述第二状态。

9. 根据权利要求1所述的控制电路,其中,所述控制电路用于接收来自感测电路的输出,所述感测电路包括:

第一高频电流换能器,其用于感测负载电流和泄漏电流;以及

第二高频电流换能器,其用于感测所述负载电流和所述泄漏电流中的另一个;并且

所述控制电路包括:

第一子电路,其包括:

比较器,其作为第一比较器,用于将来自所述第一高频电流换能器的输出与相应的负载电流基准或泄漏电流基准进行比较;以及

所述切换状态保持电路,其作为第一切换状态保持电路;以及

第二子电路,其包括:

第二模拟比较器,其用于将来自所述第二高频电流换能器的输出与相应的负载电流基准或泄漏电流基准进行比较;以及

第二切换状态保持电路,其用于基于来自所述第二模拟比较器的输出来向所述电力电路提供控制信号,以迫使所述电力电路选择性地将电力连接至所述负载或者断开电力至所述负载的连接。

10. 一种高频断路器HFCB,包括:

控制电路;

感测电路,其用于感测通过负载的高频泄漏电流和高频电流中的至少一者;以及

电力电路,其用于将电力连接至所述负载和断开电力至所述负载的连接,

其中,所述控制电路包括:

模拟比较器,其用于将来自所述感测电路的输出与电流基准进行比较;以及

切换状态保持电路,其用于基于来自所述模拟比较器的输出来向所述电力电路提供控制信号,以迫使所述电力电路选择性地将电力连接至所述负载或者断开电力至所述负载的连接;

来自所述模拟比较器的输出具有指示来自所述感测电路的输出未超过所述电流基准的第一状态,以及指示来自所述感测电路的输出超过所述电流基准的第二状态;

来自所述切换状态保持电路的所述控制信号具有用于迫使所述电力电路将电力连接至所述负载的第一控制状态和用于迫使所述电力电路断开电力至所述负载的连接的第二控制状态;

一旦来自所述模拟比较器的输出从所述第一状态切换至所述第二状态,则控制信号从所述第一控制状态切换至所述第二控制状态;

在控制信号达到第二控制状态的情况下,无论来自所述模拟比较器的输出的变化如何,所述控制信号都保持所述第二控制状态;

控制电路还包括复位开关,如果所述模拟比较器的输出处于所述第一状态,则所述复位开关的激活迫使所述切换状态保持电路进入第一状态;

所述切换状态保持电路包括或非NOR电路和反相器电路,所述NOR电路包括多个NOR门,所述反相器电路包括多个反相器;

所述多个NOR门中的其中两个NOR门被用于保持所述切换状态保持电路的第二状态,并

且:

所述两个NOR门中的每一个NOR门向另一个NOR门提供输入;

所述两个NOR门的输入受所述复位开关的激活的影响;以及

所述两个NOR门中的另一个NOR门的输入受所述模拟比较器的输出从所述第一状态变化至所述第二状态的影响。

11. 根据权利要求10所述的高频断路器HFCB, 其中, 所述电力电路包括继电器和开关, 所述继电器和开关中的每一个能够在接通状态与断开状态之间切换。

12. 根据权利要求11所述的高频断路器HFCB, 其中, 所述继电器和开关串联, 使得: 如果所述继电器和开关中的任一个切换至所述断开状态, 则电力至所述负载的连接断开。

13. 根据权利要求11所述的高频断路器HFCB, 其中, 所述继电器和开关并联, 使得: 一旦所述继电器和开关中的任一个切换至所述接通状态, 则将电力连接至所述负载。

14. 根据权利要求10至13中任一项所述的高频断路器HFCB, 其中, 所述感测电路包括DC剩余电流换能器和两个AC-DC整流器。

15. 根据权利要求14所述的高频断路器HFCB, 其中, 所述电力电路包括两个输出, 所述负载包括两个端子, 并且所述AC-DC整流器各自包括输入, 其中:

所述电力电路的一个输出和所述负载的一个端子向所述两个AC-DC整流器中之一提供AC输入; 并且

所述电力电路的另一个输出和所述负载的另一个端子向所述两个AC-DC整流器中的另一个提供另一个AC输入。

16. 根据权利要求14所述的高频断路器HFCB, 其中, 每个AC-DC整流器包括DC输出, 并且所述DC输出之间的差提供所述DC剩余电流换能器的输入, 并且所述DC剩余电流换能器的输出与所述DC剩余电流换能器的输入隔离。

控制电路和高压断路器

[0001] 优先权要求

[0002] 本申请要求美利坚合众国临时专利申请号62/307,589的优先权。

技术领域

[0003] 以下公开了用于断路器的控制电路,以及包括该控制电路的断路器。特别地,公开了用于监测高频交流系统中的电流的控制电路和断路器。

背景技术

[0004] 在许多现代系统中,期望使用高频交流电(AC)电气分布。这样的系统用于空间站、机动车辆、可再生能源微电网、电信系统和计算机系统。高频AC在20kHz至50kHz下操作,并且具有许多潜在的好处,包括:能够使用紧凑的高频变压器,有助于大幅减小电气部件的数量和体积,以及改善动态响应、声学噪声的降低和消除。

[0005] 在正常情况下,预期通电(带电)线和返回(中性)线携带相同的电流。任何差异通常指示存在电气异常。该差异被称为剩余电流或泄漏电流。

[0006] 在泄漏电流通过人体的情况下,即使是很小的泄漏电流也会造成电击伤害或死亡的风险。通过人体的约30mA的泄漏电流在它持续超过一秒的一小部分的情况下可能足以导致心脏骤停或严重伤害。

[0007] 随着系统变得更复杂,并且随着它们的老化和退化,泄漏电流的可能性会增加。为了降低泄漏电流造成伤害的风险,在电路中安装了剩余电流装置(RCD)或剩余电流断路器(RCCB),以快速断开电流,并且从而防止延长的电击造成的严重伤害。

[0008] 由于高频AC的快速响应,常规的低频剩余电流断路器不适合用于高频AC系统。然而,可以可靠地操作并且对泄漏电流的变化作出快速响应的高频AC断路器的设计一直是具有挑战性的问题。

发明内容

[0009] 本公开内容提供了一种用于高频断路器(HFCB)的控制电路,HFCB包括:感测电路,其用于感测通过负载的高频泄漏电流和高频电流中的至少一者;以及电力电路,其用于将电力连接至负载和断开电力至负载的连接,所述控制电路包括:

[0010] 模拟比较器,其用于将来自感测电路的输出与电流基准进行比较;以及

[0011] 切换状态保持电路,其用于基于来自模拟比较器的输出来向电力电路提供控制信号,以迫使电力电路选择性地将电力连接至负载或者断开电力至负载的连接。

[0012] 控制电路可以用于其感测系统感测高频剩余电流的HFCB。控制电路可以用于其感测系统感测高频电流(即,负载电流)的HFCB。控制电路可以用于其感测系统感测高频剩余电流和高频电流的HFCB。

[0013] 模拟比较器的输出可以基于来自感测电路的输出与电流基准之间的差。

[0014] 来自感测电路的输出可以包括电压,电流基准包括指示阈值电流的电压,并且模

拟比较器识别电压差。阈值电流可以是阈值泄漏电流。阈值电流可以是阈值负载电流。感测电路可以感测泄漏电流和负载电流两者，并且比较器可以识别每个电流与其相应阈值之间的电压差。

[0015] 模拟比较器可以包括高速比较器集成电路 (IC)。

[0016] 模拟比较器可以包括用于确定来自感测电路的输出与电流基准之间的差的差分运算放大器 (OpAmp)。OpAmp和电流基准可以通过公共直流 (DC) 输入电压来驱动。

[0017] 电流基准可以包括可变阻抗和阻抗，并且改变可变阻抗的阻抗调节电流基准。

[0018] 来自模拟比较器的输出可以具有多个状态。特别地，来自模拟比较器的输出可以具有指示来自感测电路的输出未超过电流基准的第一状态，以及指示来自感测电路的输出超过电流基准的第二状态。

[0019] 来自切换状态保持电路的控制信号可以具有多个状态。特别地，来自切换状态保持电路的控制信号可以具有用于迫使电力电路将电力连接至负载的第一控制状态和用于迫使电力电路断开电力至负载的连接的第二控制状态。一旦来自模拟比较器的输出从第一状态切换至第二状态，则控制信号可以从第一控制状态切换至第二控制状态。在控制信号达到第二状态的情况下，无论来自模拟比较器的输出的变化如何，控制信号都可以保持第二状态。

[0020] 控制电路还可以包括复位开关，如果模拟比较器的输出处于第一状态，则复位开关的激活迫使切换状态保持电路进入第一状态。

[0021] 切换状态保持电路可以包括或非 (NOR) 电路和反相器电路，NOR电路包括多个NOR门，反相器电路包括多个反相器。NOR门中的两个NOR门可以被用于保持切换状态保持电路的第二状态，其中：

[0022] 所述两个NOR门中的每一个NOR门向另一个NOR门提供输入；

[0023] 所述两个NOR门的输入受复位开关的激活的影响；以及

[0024] 所述两个NOR门中的另一个NOR门的输入受模拟比较器的输出从第一状态变化至第二状态的影响。

[0025] 本公开内容还提供了一种包括如以上描述的控制电路的高频电路断路器 (HFCB)。这可以是包括以下的HFCB：

[0026] 控制电路；

[0027] 感测电路，其用于感测通过负载的高频泄漏电流和高频电流中的至少一者；以及

[0028] 电力电路，其用于将电力连接至负载和断开电力至负载的连接，

[0029] 其中，控制电路包括：

[0030] 模拟比较器，其用于将来自感测电路的输出与电流基准进行比较；以及

[0031] 切换状态保持电路，其用于基于来自模拟比较器的输出来向电力电路提供控制信号，以迫使电力电路选择性地将电力连接至负载或者断开电力至负载的连接。

[0032] 电力电路可以包括继电器和开关，继电器和开关中的每一个能够在接通状态与断开状态之间切换。继电器和开关可以串联，使得：如果继电器和开关中的任一个切换至断开状态，则电力至负载的连接断开。可替选地，继电器和开关可以并联，使得：一旦继电器和开关中的任一个切换至接通状态，则将电力连接至负载。

[0033] 一些实施方式提供了本断路器，该断路器使得实现以下中的一者或两者：

[0034] (i) 如果检测到的高频泄漏电流大于指定的均方根 (RMS) 值——例如, 30mA, 则能够在指定的持续时间——例如40ms——内断开高频AC电流; 以及

[0035] (ii) 如果检测到的高频负载电流大于指定的电流值, 则能够快速断开高频AC电流。这可能在过载或短路的情况下发生。

[0036] 因此, 一些实施方式可以提供具有过电流 (过大的负载电流) 保护的高频剩余电流断路器 (HFRCCBO)。这是一种用于快速断开电流以防止持续电击造成严重伤害并且防止由于短路而引起的或由于过载的电路导致的过电流而引起的过热或火灾风险的装置。本HFRCCBO可以在高频AC系统中提供泄漏电流保护以及过载或短路保护。

[0037] 在一些实施方式中, 指定的泄漏电流和/或指定的负载电流可以灵活地调整, 以适于特定应用。

[0038] 如以上所描述的控制电路, 其中, 控制电路用于接收来自感测电路的输出, 感测电路包括:

[0039] 第一高频电流换能器, 其用于感测负载电流和泄漏电流; 以及

[0040] 第二高频电流换能器, 其用于感测负载电流和泄漏电流中的另一个; 并且

[0041] 控制电路包括:

[0042] 第一子电路, 其包括:

[0043] 比较器, 其作为第一比较器, 用于将来自第一高频电流换能器的输出与相应的负载电流基准或泄漏电流基准进行比较; 以及

[0044] 切换状态保持电路, 其作为第一切换状态保持电路; 以及

[0045] 第二子电路, 其包括:

[0046] 第二模拟比较器, 其用于将来自第二高频电流换能器的输出与相应的负载电流基准或泄漏电流基准进行比较; 以及

[0047] 第二切换状态保持电路, 其用于基于来自第二模拟比较器的输出来向电力电路提供控制信号, 以迫使电力电路选择性地将电力连接至负载或者断开电力至负载的连接。

[0048] 感测电路可以包括DC剩余电流换能器和两个AC-DC整流器。电力电路可以包括两个输出, 负载可以包括两个端子, 并且AC-DC整流器可以各自包括输入, 其中, 电力电路的一个输出和负载的一个端子向所述两个AC-DC整流器中之一提供AC输入, 并且电力电路的另一个输出和负载的另一个端子向所述两个AC-DC整流器中的另一个提供另一个AC输入。每个AC-DC整流器可以包括DC输出, 并且DC输出之间的差提供DC剩余电流换能器的输入, 并且DC剩余电流换能器的输出与DC剩余电流换能器的输入隔离。

附图说明

[0049] 现在将参照附图仅通过非限制性示例的方式来描述本发明的一些实施方式, 在附图中:

[0050] 图1是根据本公开内容的高频断路器的框图;

[0051] 图2a是具有提供快速断开的过电流保护的高频剩余电流断路器 (HFRCCBO) 的示意图;

[0052] 图2b描绘了用于提供快速连接和低传导损耗的HFRCCBO的示意性结构;

[0053] 图3a和图3b是电力电路和感测电路的示意图, 其中, 图3a采用高频剩余电流换能

器,并且图3b采用DC泄漏电流换能器;

[0054] 图3c描绘了用于图3a和图3b的电路的AC电源电压、断路器控制电压、负载电压和负载电流;

[0055] 图4是具有过电流保护的高频剩余电流断路器 (HFRCCBO) 的示意图;

[0056] 图5是被分为三个子电路——控制电路A、控制电路B和控制电路C——的控制电路的示意图;

[0057] 图6a示出了图5的控制电路A的实施方式;

[0058] 图6b描绘了预期通过图6a的控制电路A的典型波形;

[0059] 图7a示出了图5的控制电路B的实施方式;

[0060] 图7b描绘了预期通过图7a的控制电路B的典型波形;

[0061] 图8a示出了图5的控制电路C的实施方式;

[0062] 图8b描绘了预期通过图8a的控制电路C的典型波形;

[0063] 图9描绘了由采用如本文中描述的高频断路器 (HFCB) 的高频AC电路呈现的典型波形。

具体实施方式

[0064] 从广义上来讲,本公开内容提供了控制电路和断路器,每个断路器包括至少一个:

[0065] 控制电路;

[0066] 电力电路;以及

[0067] 感测电路。

[0068] 断路器是高频断路器 (HFCB),因为控制电路可以在高频率下工作,并且可以被用来创建用于将高频AC电源与负载连接和断开高频AC电源与负载的连接的快速控制信号。

[0069] 在一些实施方式中,可以不提供电力电路和感测电路,而仅提供控制电路。控制电路然后可以与各种电力电路和感测电路耦接,以提供期望的功能。控制电路不使用微控制器单元 (MCU)。替代地,控制电路完全由模拟部件和逻辑部件构成。在完全是模拟部件和逻辑部件的情况下,本文中示出的控制电路在面对泄漏和/或过电流的情况下提供快速检测和快速断开。另外,在一些实施方式中,可以取决于需要来灵活地改变泄漏电流基准和/或过电流基准。因此,可以调节控制电路以检测期望幅度的电流。

[0070] 图1提供了示出包括高频剩余电流断路器102的电路100的实施方式的框图。断路器102还可以提供过电流保护。

[0071] HFAC 104表示用于通过断路器102向负载106供应电力的高频AC电源。断路器102包括电力电路108、感测电路110和控制电路116。

[0072] 电力从HFAC 104通过电力电路108传递,电力电路108被用于在检测到的泄漏和/或过电流的情况下将高频AC电源104连接至负载106和断开高频AC电源104至负载106的连接。电力电路108由继电器/隔离器和电开关构成。继电器和开关中的每一个能够在接通(即,导通)状态与断开(即,非导通)状态之间切换。这些由控制电路116致动。

[0073] 在通过电力电路108之后,电力通过感测电路110并且到达负载106。感测电路110检测负载电流和泄漏电流中的一者或两者。通过仅在电力通电线112上检测电流可检测负载电流。相比之下,泄漏电流是从负载106递送的电流与从负载106接收的电流之间的差,因

此需要测量通电线112和返回线114两者。

[0074] 然后使用控制电路116来将通过感测电路110感测的负载电流和/或泄漏电流与基准负载电流和/或基准泄漏电流进行比较。控制电路116确定相对于相关基准电流的任何电流变化是否在可容许的限度内。如果是,则电路保持闭合,并且电力可以继续流向负载。如果电流变化在可容许的限度之外,则控制电路116迫使电力电路108将电力与负载断开连接。

[0075] 感测电路由一个或更多个高频电流换能器构成。换能器可以被用于检测泄漏电流和过电流中的一者或两者,因此可以包括高频泄漏电流换能器和高频过电流(或负载电流)换能器中的一者或两者。

[0076] 感测电路将检测到的电流转换成电压输出。然后将该输出发送至控制电路。

[0077] 控制电路由模拟部件构成。控制电路被用于比较以下中的一者或两者:检测到的泄漏电流与指定的泄漏电流,以及检测到的负载电流与指定的负载电流。基于该比较,控制电路生成控制信号以迫使电力电路将电力连接(包括保持连接)至负载或者断开电力至负载的连接。为了能够与微小的电流变化一起使用——例如,在用于可容许的泄漏电流的阈值非常小的情况下——控制电路还将控制信号放大到足以驱动电力电路的继电器/隔离器和/或电开关的电平。

[0078] 图2a和图2b提供了具有过电流保护的高频剩余电流断路器(HFRCCBO)的200、200'的示意性结构。图2a示出了使得实现快速断开连接的示意性结构。这是通过串联设置开关228和继电器226来实现的。因此,将开关228和继电器226中的任一个切换成断开会将电力与负载断开连接。图2b描绘了使得实现快速连接和低传导损耗的示意性结构。这是通过并联设置开关228'和继电器226'来实现的。因此,开关228'和继电器226'中的任一个的连接将导致电力至负载的连接,并且与串联电阻相比时,通过电力电路224的电阻降低。

[0079] 图2a和图2b两者提供了感测泄漏电流和负载电流两者的感测电路202。这是为了防止过电流——即,过大的负载电流——以及过大的电流泄漏。感测电路202各自包括用于感测泄漏电流的高频泄漏电流换能器(HFLCT) 210和用于感测负载电流的高频电流换能器(HFCT) 212。

[0080] 类似地,控制电路204将(i)表示检测到的泄漏电流的转换电压与泄漏电流基准或指定的泄漏电流206以及/或者(ii)表示负载电流的转换电压与负载电流基准或指定的负载电流208进行比较。在一些实施方式中,感测电路202可以仅感测两种电流中的一种,因此控制电路204仅需要将感测的电流与其基准206、208进行比较。

[0081] 通常,电流基准206、208各自被设置为用于准备与由感测电路202输出的作为与相关的感测的电流成比例的转换量的电压进行比较的电压。

[0082] 电流基准206、208是指示相应电流阈值的量(例如,电压)。当感测到的电流超过该阈值时,它触发过电流或泄漏电流事件。使用词语“指示”,因为电路的设计可以使得:(i)等于阈值的感测电流是最大允许过电流或泄漏电流,或者作为备选,(ii)等于阈值的感测电流是将触发过电流或泄漏电流保护的最小或最低电流。因此,“阈值”的两种解释均意在通过词语“指示”涵盖。

[0083] 控制电路204针对每个感测的电流提供了比较器214、216。相应比较器214、216的输出被设计成在相应比较器214、216的输出指示相关的感测的电流未超过其由电流基准指

示的阈值的情况下为高或高电平。相反,低输出指示电流至少与阈值一样高。然而,将理解的是,低或低电平输出可以被类似地用于传送相同的信息,并且在这种情况下,高比较器输出或低比较器输出在被输入至以下论述的与门之前将需要被反相。

[0084] 在正常状况下,负载电流小于指定的负载电流208。因此,高频电流换能器(HFCT) 212的输出小于电流基准208。因此,比较器216的输出为高。比较器216通过从一个电压减去另一个电压来实现该功能。换言之,比较器216可以测量电压差。在HFCT 212的输出最多等于电流基准208——即,不超过电流基准208——的情况下该差将至少为零,导致高输出;并且在HFCT 212的输出大于电流基准208的情况下该差将是负的,导致低输出。可替代地,每种情况下的电流基准可以被定义成使得:如果感测到的电流至少等于电流基准,则输出为低;否则,输出为高。

[0085] 类似地,在正常状况下,泄漏电流小于指定的泄漏电流206。因此,高频泄漏电流换能器(HFLCT) 210的输出小于泄漏电流基准,并且因此,比较器214的输出为高。

[0086] 本电路200还包括通/断开关218。通/断开关218可以是用于开始向负载递送电力的手动开关。例如,通/断开关218可以是电动车辆的点火按钮。如果开关218接通,则通/断开关218的输出为高,并且如果开关218断开,则输出为低。

[0087] 来自比较器214、216和通/断开关218中的每一个的输出被递送至与门220。与门220的操作将被技术人员所理解。

[0088] 由于正常状况导致比较器214、216和通/断开关218的输出为高因此至与门220的所有三个输入为高。与门220的输出因此为高。

[0089] 在电流要被不断递送的实施方式中,可以不包括通/断开关218。另外,如以上所描述的,一些实施方式可能仅需要感测泄漏电流和负载电流中的一者。在不需要通/断开关并且仅感测到单个电流的实施方式中,将不需要与门。

[0090] 与门220的输出可以被递送至放大器222。最有可能的情况是,在电路200、200'中,与门220的输出不足以驱动电力电路224。在与门220的输出足以驱动电力电路224的情况下,不需要放大器。

[0091] 在所示的实施方式中,存在放大器222。放大器222将与门220的输出放大至能够驱动电力电路224的电平——换言之,放大至足以致动或驱动电力电路224中的继电器和开关的电平。

[0092] 电力电路224、224'包括继电器或隔离器(Re)的226、226'和电开关(Se) 228、228'。放大器222的输出驱动继电器或隔离器(Re) 226、226'和电开关(Se) 228、228'。因此,Re 226、226'接通,并且Se 228、228'接通。因此,高频AC电力从电源230供应至负载232。类似地,如果开关218递送停止指令(断开)或者来自比较器214、216之一的输出为低,则Re 226、226'和Se 228、228'断开,并且高频AC电流至负载232的连接断开。

[0093] 在异常工作状况下,HFCT 212和/或HFLCT 210的输出分别大于负载电流基准208和/或泄漏电流基准。在其他实施方式中,将通过输出至少等于电流基准和/或泄漏电流基准来指示异常工作。在检测到的泄漏电流大于指定的泄漏电流206的情况下,比较器214的输出为低。无论比较器216或开关218的输出如何,与门220的输出将为低并且Re 226、226'和Se 228、228'断开。比较器214的输出保持低电平以保持泄漏电流保护。

[0094] 不管来自HFLCT 210的输出如何,比较器214均保持低电平,直到通过激活复位234

对比较器214进行复位。复位234对比较器214进行复位,使得比较器214的输出再次取决于HFLCT 210的输出。如果HFLCT 210的输出指示泄漏电流超过泄漏电流基准206,则比较器206的输出将再次被驱动为低。只有当HFLCT 210指示泄漏电流未超过泄漏电流基准206的情况下,比较器输出才将为高。

[0095] 类似地,在HFCT 212的输出大于电流基准208的情况下,比较器216的输出为低。与门220的输出因此也为低,并且Re 226、226'和Se 228、228'断开。比较器216的输出保持为低以提供过电流保护,直到复位236被激活。

[0096] 图3a和图3b是电力电路和感测电路的示意图。图3a采用高频泄漏电流换能器(HFLCT)。图3b采用DC泄漏电流换能器(DCLCT)。

[0097] 在电力电路300中,继电器(Re) 302由电路R_A-R_B上的控制线圈304和分别在电路R_4-R_7和R_6-R_9上的两极常开触点306、308构成,如参照图8a论述的,电路R_4-R_7隔离启动开关822。

[0098] 如果由与门220的输出的低状态引起跨控制线圈304的DC电压为0V,则两极常开触点306、308打开。如果由与门220的输出的高状态引起跨控制线圈304的DC电压等于指定的DC电压(例如,12V),则两极常开触点306、308闭合。因此,继电器302能够连接和断开高频AC电流。

[0099] 继电器302可以是电磁致动的继电器,在该电磁致动的继电器中,线圈304是电磁的并且对线圈304通电将两极常开触点306、308中的每一个的一个触点拉向另一相应的触点,从而使触点306、308闭合并且形成触点306、308的导电电路。

[0100] 可以使用任何合适的继电器来代替继电器302。

[0101] 电力电路302还包括电开关310。电开关310由开关部件(M_p-312和M_n-314)、快速二极管(D_p-316和D_n-318)、电阻器(R_p-320、R_n-322和R_s-324)以及电容器(C_s-326)构成。

[0102] 当前由晶体管呈现的开关部件312和快速二极管318在以下情况下形成导电电路:

[0103] 高频AC电压为正;并且

[0104] 晶体管M_p(312)的栅极(G_p)与源极(S_p)之间的驱动电压V_{Gp}达到针对激活该晶体管312而指定的电压——即,为高。

[0105] 以相同的方式,当前也由晶体管呈现的开关部件314和快速二极管316在以下情况下形成导电电路:

[0106] 高频AC电压为负;并且

[0107] 晶体管M_n(314)的栅极(G_n)与源极(S_n)之间的驱动电压V_{Gn}达到针对激活该晶体管314而指定的电压——即,为高。

[0108] 相反,如果相关栅极之间的驱动电压为低——例如,0V,则晶体管关断。

[0109] 使用晶体管312、314,电开关能够连接和断开高频AC电流。更具体地,晶体管312、314可以使用施加至栅极的小电压来工作,并且那些小电压可以快速变化。因此,晶体管312、314可以使用快速变化的小电压来控制从源传递至汇点的大得多的电流。

[0110] 高频电流换能器(HFCT) 328具有DC电压输入(VCC)、接地输入(GND)和输出(V_M)。检测到的负载电流与VCC、GND和M隔离。这可以使用许多传感器中的任何一个来实现。例如,霍尔效应传感器可以感测电流而无需物理连接至带电线或返回线。输出的电压(V_M)与高频电流的变化成比例。

[0111] 图3a中的高频泄漏电流换能器(HFLCT) 330具有正供应电压(+V)、负供应电压(-V)、接地(GND)和输出(V_{HFLCT})。通电线和返回线与+V、-V、GND和 V_{HFLCT} 隔离。输出(V_{HFLCT})与通电的高频电流和返回的高频电流之间的差成比例。

[0112] 在图3b的电路中,HFLCT被DC泄漏电流换能器(DCLCT) 332替代。换能器332包括AC-DC-AC转换器,AC-DC-AC转换器包括两个全桥整流器334、336。整流器334包括四个快速二极管 D_{T1} 、 D_{T2} 、 D_{T3} 和 D_{T4} ,并且整流器336包括四个快速二极管 D_{T5} 、 D_{T6} 、 D_{T7} 和 D_{T8} 。

[0113] 当高频AC电压为正时,电流通过二极管 D_{T3} 、 D_{T4} 、 D_{T5} 和 D_{T6} ,从而通过HFLCT 332完成电路。类似地,当高频AC电压为负时,电流通过二极管 D_{T1} 、 D_{T2} 、 D_{T7} 和 D_{T8} ,从而通过HFLCT 332完成电路。

[0114] DC泄漏电流换能器(DCLCT) 332具有正供应电压(+V)、负供应电压(-V)、接地(GND)和输出(V_{DCLCT})。通电线和返回线与+V、-V、GND和 V_{DCLCT} 隔离。输出(V_{DCLCT})与指示通电的高频电流的通电的DC电流和指示返回的高频电流的返回的DC电流之间的差成比例。

[0115] HFLCT 330和DCLCT 332各自包括DC-DC转换器 U_1 (334)。转换器334将外部供应电压(VCC)转换成正电压(+V)和负电压(-V)以与HFLCT 330或DCLCT 332的正供应电压和负供应电压匹配。调节至转换器334的输入使得HFLCT 330和DCLCT 332能够被校准以感测期望幅度的电压。

[0116] 在HFLCT中, U_2 (337) 是用于对输出 V_{HFLCT} 进行滤波和放大的高速运算放大器(OpAmp)。类似地,在DCLCT中, U_2 (338) 是用于对输出 V_{DCLCT} 进行滤波和放大的高速运算放大器(OpAmp)。OpAmp 337的输出(V_{RCDct})与 V_{HFLCT} 之间的关系被表示为:

$$[0117] \quad V_{RCDct} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2 + R_3}\right) V_{HFLCT} \quad (\text{等式 1})$$

[0118] 并且OpAmp 338的输出(V_{RCDct})与 V_{DCLCT} 之间的关系被表示为:

$$[0119] \quad V_{RCDct} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2 + R_3}\right) V_{DCLCT} \quad (\text{等式 2})$$

[0120] 在每种情况下, R_1 、 R_2 和 R_3 是提供从OpAmp 337、338的输出回到负输入端子的负反馈的电阻器组。 R_3 是用于校准OpAmp 337、338的增益的可变阻抗(即,可调调节器)。这使得OpAmp 337、338能够被校准以对各种大小的泄漏电流施加适当增益。例如,在第一电路中,5mA的泄漏电流可以是在应该从负载断开电力之前的最大可容许泄漏。在第二电路中,30mA的泄漏电流可以是最大可容许泄漏。 R_3 使得相同的HFLCT 330或DCLCT 332在两个电路中均能够使用,并且调节OpAmp 337、338的增益,使得第一电路和第二电路在达到它们各自的阈值的情况下将输出相同的电压。

[0121] 图3c描绘了在跨图3a和图3b中的控制电源340至负载342的连接继电器304的电压 V_{RAB} 情况下的典型的波形响应。电源340提供交流电压 V_{ac} 。 V_{ac} 没有影响,直到 V_{RAB} 在点344处为高,在该时间处,晶体管312、314的栅电压 V_{Gp} 和 V_{Gn} 交替为高状态和低状态。因此,晶体管312、314以交替方式被激活。电力传递至负载342,引起跨负载342的电压 V_{Load} 和电流 I_{Load} 。

[0122] 图4是具有过电流保护的高频剩余电流断路器(HFRCCBO) 400的示意图,示出了在控制电路402和电力电路与感测电路404以及外部输入和外部输出之间传递的各种信号。

VCC和GND提供了向感测电路404和控制电路402两者供电的外部DC电源(例如,12V DC电源)。AC_IN1和AC_IN2连接至高频AC电源。AC_OUT1和AC_OUT2连接至负载。参照图5、图6a、图7a和8a进一步定义了这些输入和输出。

[0123] 出于说明的目的,如图5示意性示出的,控制电路500被划分成三个子电路——控制电路A(502)、控制电路B(504)和控制电路C(506)。图6a中详细示出的控制电路A(502)提供了用于控制过电流保护的信号(V_{OCb})。图7a中详细示出的控制电路B(504)提供了用于控制泄漏电流保护的信号(V_{RCDb})。图8a中详细示出的控制电路C(506)实现了HFRCCB0的启动循环或开始循环(开关接通— S_{ON})和HFRCCB0的停止循环(开关断开— S_{OFF})。控制电路C(506)还生成用于电开关的同步信号、两个开关部件的驱动电压(例如,用于晶体管312、314的 G_p-S_p 和 G_n-S_n)、以及继电器302的控制线圈304的驱动电压(R_A-R_B)。

[0124] 进一步参照图5:

[0125] V_{RCDct} 是来自感测电路的泄漏电流信号,是控制电路B(504)的输入;

[0126] T_1 和 T_2 连接至用于测试泄漏电流保护的电力电路,并且是控制电路B(504)的输入;

[0127] V_M 是来自感测电路的负载电流信号,是控制电路A(502)的输入;

[0128] VCC和GND是向感测电路和控制电路供电的外部DC电源(例如,12V DC电源);

[0129] AC_IN1和AC_IN2连接至高频AC电源并且获取用于高频AC电压的同步信号,并且是控制电路C(506)的输入;

[0130] R_4 和 R_7 是电力电路中的继电器302的触点,并且是控制电路C(506)的输出;

[0131] R_A 和 R_B 连接至电力电路中的继电器的控制线圈,并且是控制电路C(506)的输出;

[0132] G_p-S_p 和 G_n-S_n 控制用于开关部件312、214的驱动栅电压,目前分别是电力电路中的两个金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET- M_p 和MOSFET- M_n)。

[0133] 图6a示出了提供用于控制过电流保护的信号 V_{OCb} 的控制电路A(502)的示例性实施方式。如上所论述的,电路502被用于高频断路器(HFCB),HFCB包括用于感测通过负载的电流的感测电路,以及用于将电力连接至负载和断开电力至负载的连接电力电路。在图6a所示的实施方式中,控制电路(或视情况而定的子电路)包括包含OpAmp U_3 (600)的模拟比较器606以及切换状态保持电路608。

[0134] 模拟比较器606将来自感测电路的输出(V_M)与电流基准(V_{OCref})进行比较。并且切换状态保持电路608基于来自模拟比较器的输出来向电力电路(参见图2a的224和图2b的224')提供控制信号,以迫使电力电路选择性地电力连接至负载或者断开电力至负载的连接。使用这些电路606和608,控制电路502提供了用于监测负载电流并且控制在过电流事件下电力至负载的连接的控制信号。

[0135] 部件 U_3 (600)是检测过电流的比较器。部件600可以是高速比较器集成电路(IC)。如所示出的,部件600是OpAmp。OpAmp 600由VCC供电,并且VCC还有助于部件600的正反馈回路602。因此,OpAmp 600和电流基准通过公共直流(DC)输入电压VCC被驱动。

[0136] 正反馈回路提供了电流基准。电流基准包括可变阻抗(R_6-604)。电流基准目前还包括阻抗(R_8)。改变可变阻抗604的阻抗调节电流基准。

[0137] 电流基准施加于OpAmp 600的正端子处,并且感测的负载电流施加于OpAmp 600的负端子处。因此,如果电流基准大于感测的负载电流,则OpAmp 600的输出将为高,并且电路

502将正常工作。如果电流基准至少与感测的负载电流一样大,则OpAmp 600的输出将为低并且触发过电流保护。

[0138] 比较器电路606的输出被递送至切换状态保持电路608。如果比较器电路606的输出为高,则图6a所示的切换状态保持电路608将保持高输出(V_{Ocb})。如果比较器电路606的输出为低,则图6a所示的切换状态保持电路608将切换至低输出(V_{Ocb})。

[0139] 参照图2a和图2b所示的实施方式,电路502包括比较器208。因此,输出(V_{Ocb})从比较器208发送至与门220。因此,来自比较器208的高输出将使与门的状态依赖于它的其他输入。相反,来自比较器208的低输出将与门输出拉为低。该低输出将导致电力电路224、224'断开电力至负载232的连接。

[0140] 理想地,在经历过电流事件时切换状态保持电路608应当保持低输出,以确保电路不重新开始正常工作,直到过电流事件被校正。为了促进状态保持——例如,在经历过电流事件时保持低输出——切换状态保持电路608包括或非(NOR)电路。NOR电路包括多个NOR门。

[0141] NOR功能通过部件 U_4 (610)和 U_5 (612)来实现。这些部件610、612可以是互补金属氧化物半导体(CMOS)NOR门IC。

[0142] 由于电路502用于高频环境,因此电路502具有在过电流事件时切换NOR门的非常短的时间。正弦模拟输入仅在其峰值(或低谷)处持续短暂的时段,但是可能期望正弦模拟输入具有稍长的时段以确保NOR门的输出的状态的变化可以在电路502的输入变化之前传播通过电路502。换言之,以确保正确的NOR门切换。

[0143] 为了提供被充分持续以促进切换和输出传播的NOR门输入,切换状态保持电路608包括滞后块或滞后部件 U_6 (614)。滞后部件614在其输入与输出之间具有非线性关系,以不管其输入的微小变化如何而保持输出。这也有助于消除来自其输入的噪音。例如,如果部件614输出为低,则一旦输入超过正(即,高)阈值,它就将仅变为高。然后,一旦输入超过——即降低至——负(即,低)阈值,部件614输出就将仅回到低。这可以致使AC正弦输入通过部件614产生方波输出。有利地,如使用方波实现的那样将值保持更长时间给了NOR门足够的时间来改变其输出并且具有如下效果:在输入变化之前该输出在电路502中传播。因此,在输入 V_M 减小并且不再指示过电流之前,过电流的影响可以通过开关状态保持电路608传播。这使得即使在输入上未很长时间指示过流事件的情况下也可以捕获过流事件。

[0144] 在本实施方式中,部件614由反相施密特触发器电路构成。尽管仅使用了三个触发器,但在本部件614中有六个触发器,因为这是标准部件,然而。触发器作为在输入上具有施密特触发器动作的反相器起作用。

[0145] 滞后部件614被用于控制指示器 $Lamp_1$ (灯 l_1)(616)和净化输入——例如,去除噪声——以如以上描述地使其在控制NOR门的切换时更可靠。当没有过电流时,灯 l_1 616不亮。相反,当出现过电流时,灯 l_1 616亮起。

[0146] 如果HFCT的输出电压(V_{CT})(参见例如图3a和图3b中的标记328)小于过电流基准(V_{OCref}),则比较器602的输出电压(V_{OC})为高。由于 V_{OC} 的高电平,切换状态保持电路608的输出(V_{Ocb})为高。因此,指示器 $Lamp_1$ (灯 l_1)不亮。换言之,来自模拟比较器606的输出可以具有多个状态。目前存在两种状态,包括指示来自感测电路(HFCT)的输出未超过电流基准(V_{OCref})的第一状态(高)以及指示来自感测电路(HFCT)的输出超过电流基准(V_{OCref})的第二状态

(低)。类似地,来自切换状态保持电路608的控制信号可以具有多个状态。目前存在两种状态,包括用于迫使电力电路将电力连接(包括保持连接)至负载的第一控制状态(高)以及用于迫使电力电路断开电力至负载的连接的第二控制状态(低)。此外,一旦来自模拟比较器的输出从第一状态(高)切换至第二状态(低),则从切换状态保持电路608发送的控制信号从第一控制状态(高)切换至第二控制状态(低)。

[0147] 相反,如果HFCT的输出电压(V_{CT})大于过电流基准(V_{OCref}),则 V_{OC} 为低。由于 V_{OC} 的低电平,部件606的输出(V_{OCb})类似地为低。因此,指示器 $Lamp_1$ (灯 1)点亮。此后, V_{OCb} 保持低电平,并且灯 1 保持亮起,直到复位开关 $Reset_1$ (复位 1)(622)被触发——例如,在复位按钮的情况下为被按下。

[0148] 实际上,切换状态保持电路608具有两种状态。如以上所论述的,将切换状态保持电路608切换至第二低状态取决于来自模拟比较器602的输入。然而,当控制信号达到第二低状态时,它保持该状态,而不管来自模拟比较器608的输出的变化如何。为了使高频断路器再次起作用,电路502的输出(即,来自切换状态保持电路608的输出(V_{OCb}))必须被驱动为高。复位开关622的激活通过以下操作来实现这一点:在假设模拟比较器602的输出处于第一高状态的情况下,改变如参照图6a所论述的NOR门之一的输入,迫使切换状态保持电路602进入第一高状态。值得注意的是,如果模拟比较器602的输出为低,则复位开关622的激活将不会影响输出 V_{OCb} 。

[0149] 当切换状态保持电路608的输出 V_{OCb} 处于第二低状态时,该状态通过两个特定的NOR门618、620来保持。所述两个NOR门618、620中的每一个向另一个NOR门618、620提供输入。特别地,门618获取来自门620的第一输入,以及受模拟比较器602的输出影响的第二输入——例如,输出 V_{OC} 被反相,使得:当 V_{OC} 为高时,门618的第二输入为低,并且反之亦然。当比较器602从其第一高状态切换至其第二低状态时——即指示过电流时,这种影响尤其明显。类似地,门620从门618获取第一输入,并且其第二输入受到复位开关622的激活的影响。

[0150] 控制电路502的典型波形如图6b所示。在624处,来自HFCT V_{CT} 的输出逐步升高超过负载电流基准 V_{OCref} ,指示过电流。这将从门618——并且因此从切换状态保持电路608——发送的输出 V_{OCb} 驱动为低。参照图2a,低输出将与门220驱动为低,然后在迫使电力电路224从负载232断开电力之前与门620的低输出被放大器222放大。在626处,过电流事件停止但是 V_{OCb} 保持为低直到在628处激活复位。另一过电流事件发生在630处。在632处复位被激活但是对输出 V_{OCb} 没有影响,因为过电流事件仍然持续直至634。另一复位激活发生在636处并且成功,因为过电流事件已经停止。

[0151] 图7a示出了提供用于控制过电流保护的信号 V_{RCDb} 的控制电路B(504)的示例性实施方式。如以上所论述的,电路504被用于高频断路器(HFCB),HFCB包括用于感测通过负载的电流的感测电路,以及用于将电力连接至负载和断开电力至负载的连接电力电路。电路502和电路504两者均可以提供在公共HFCB中,或者可以仅提供一个。在图7a所示的实施方式中,控制电路(或视情况而定的子电路)包括包含OpAmp U_7 (700)的模拟比较器706和切换状态保持电路708。

[0152] 模拟比较器706将来自感测电路的输出(V_{RCDct})与电流基准(V_{RCDref})进行比较。并且切换状态保持电路708基于来自模拟比较器706的输出向电力电路(参见图2a的224和图2b的224')提供控制信号,以迫使电力电路选择性地将电力连接至负载或者断开电力至负

载的连接。使用这些电路706和708,控制电路504提供了控制信号,该控制信号用于监测泄漏电流并且在泄漏电流超过由比较器706的反馈回路702指定的预定阈值时控制电力至负载的连接断开。

[0153] 部件 U_3 (700) 是检测泄漏电流的比较器。部件700可以是高速比较器集成电路(IC)。如所示出的,部件700是OpAmp。OpAmp 700由VCC供电,并且VCC还有助于部件700的正反馈回路702。

[0154] 正反馈回路提供了泄漏电流基准。泄漏电流基准包括可变阻抗(R_{16} -704)和阻抗(R_{18})。改变可变阻抗704的阻抗调节泄漏电流基准。

[0155] 泄漏电流基准施加于OpAmp 700的正端子处,并且感测的泄漏电流施加于OpAmp 700的负端子处。因此,如果泄漏电流基准大于感测的泄漏电流,则OpAmp 700的输出将为高,并且电路504将正常工作。如果泄漏电流基准至少与感测的泄漏电流一样大,则OpAmp 700的输出将为低并且触发泄漏电流保护。

[0156] 比较器电路706的输出被递送至切换状态保持电路708。如果比较器电路706的输出为高,则图7a所示的切换状态保持电路708将保持高输出(V_{RCDb})。如果比较器电路706的输出为低,则图7a所示的切换状态保持电路708将切换至低输出(V_{RCDb})。

[0157] 参考图2a和图2b所示的实施方式,电路504包括比较器206。因此,输出(V_{RCDb})从比较器206发送至与门220。因此,来自比较器206的高输出将使与门的状态依赖于它的其他输入。相反,来自比较器206的低输出将与门输出拉为低。该低输出将导致电力电路224、224'断开电力至负载232的连接。

[0158] 理想地,在经历泄漏电流事件时切换状态保持电路708应当保持低输出,以确保电路不重新开始正常工作,直到泄漏电流事件得到解决。为了促进状态保持——例如,在经历泄漏电流事件时保持低输出——切换状态保持电路708包括类似于电路502的或非电路的或非(NOR)电路。NOR功能通过部件 U_8 (710)和 U_9 (712)来实现。这些部件710、712可以是互补金属氧化物半导体(CMOS)NOR门IC。

[0159] 为了提供被充分持续以促进切换的NOR门输入,切换状态保持电路708包括滞后块或滞后部件 U_{10} (614)。滞后部件714关于泄漏电流具有与关于用于过电流的滞后部件614所描述的特性相同的特性并且以与用于过电流的滞后部件614所描述的功能相同的功能操作。

[0160] 滞后部件714被用于控制指示器Lamp₂(灯₂) (716)。当没有过电流时,灯₂ 716不亮。相反,当出现过电流时,灯₂ 716亮起。

[0161] 如果HFLCT(参见例如图3a中的标记330)或DCLCT(参见例如图3b中的标记332)的输出电压(V_{RCDct})小于泄漏电流基准(V_{RCDref}),则比较器702的输出电压(V_{RCD})为高。由于 V_{RCD} 的高电平,部件708的输出(V_{RCDb})为高。因此,指示器Lamp₂(灯₂)不亮。换言之,来自模拟比较器706和切换状态保持电路708的输出可以具有多个状态,目前各自有两种状态,这两种状态通过HFLCT和复位开关722以上面关于HFCT和复位开关622影响比较器606和切换状态保持电路608的输出所描述的方式相同的方式实现。

[0162] 当切换状态保持电路708的输出 V_{RCDb} 处于第二低状态时,该状态通过两个特定的NOR门718、720保持。NOR门718、720的操作与NOR门618、620的操作相同。

[0163] 控制电路504的典型波形如图7b所示。在724处,来自HFLCT V_{RCDct} 的输出逐步升高

超过负载电流基准 V_{RCDref} ,指示不可接受的高泄漏电流。这将从门718发送的输出 V_{RCdb} ——该输出 V_{RCdb} 也是来自切换状态保持电路708的输出——驱动为低。参照图2a,低输出将与门220驱动为低,然后在迫使电力电路224从负载232断开电力之前与门620的低输出被放大器222放大。在726处,泄漏电流事件停止但是 V_{RCdb} 保持为低直到在728处激活复位。另一泄漏电流事件发生在730处。在732处复位被激活但是对输出 V_{RCdb} 没有影响,因为泄漏电流事件仍然持续直至734。另一复位激活发生在736处并且成功,因为泄漏电流事件已经停止。

[0164] 图7a中还示出了测试电路738。电路738被用于检查由电路504提供的泄漏电流保护的有效性。在激活按钮 S_t 时出现具有指定值的泄漏电流,引起跨电阻器 R_{14} 的端子 T_1 与端子 T_2 之间的电流泄漏。测试电路的端子 T_1 、 T_2 跨HFLCT或DCLCT——参见例如3a中的HFLCT 330和图3b中的DCLCT 332——的有源(带电)端子和返回端子连接。在成功的测试中,跨电路738的电流泄漏将 V_{RCDct} 拉为低并且导致指示灯 $Lamp_2$ (灯₂)亮起。

[0165] 如图8a所示的控制电路506可以提供与门功能(参见图2a和图2b中的标记220)和放大功能(参见图2a和图2b中的标记222)。值得注意的是,如果HFCB的设计允许,则可以容易地修改电路506以不包括这些功能之一。

[0166] 控制电路506实现了HFRCCBO的开始(S_{ON})——即提供启动输入或开始输入——以及HFRCCBO的停止(S_{OFF})。电路506可以生成用于电开关的同步信号(V_{P1} 和 V_{N1})。电路506可以另外或可替代地生成两个开关部件312、314的驱动电压(G_p-S_p 和 G_n-S_n)。电路506可以另外或可替代地生成至继电器302的控制线圈304的驱动电压(R_A-R_B)。

[0167] V_{P1} 是施加至端子AC_IN1(800)的正高频供应电压的同步信号,并且 V_{N1} 是施加至端子AC_IN2(802)的负高频供应电压的同步信号,其中,端子AC_IN1和AC_IN2连接至高频AC电源——参见例如图3a的标记340。

[0168] 部件 U_{11} (804)、 U_{12} (806)、 U_{14} (808)和 U_{15} (810)被用于隔离输入与输出,并且可以是高速光耦合器。部件 U_{13} (812)提供了与功能。部件812可以是CMOS与门IC。

[0169] 部件 U_{16} (814)和 U_{17} (816)产生由电力电路使用以将电力连接(包括保持连接)至负载和断开电力至负载的连接驱动电压。部件814将驱动电压提供至电力电路的开关部件,并且部件816将驱动电压提供至电力电路的继电器部件——即,控制线圈。部件814、816因此是用于需要低电流数字信号来驱动大电容性负载的应用的高速驱动器,例如以上提及的电力开关部件。为了使低电流信号能够驱动大负载,使用了OpAmp。部件814可以包括一对OpAmp,每个控制信号一个OpAmp。类似地,部件816包括用于对继电器的控制线圈的控制信号进行放大的OpAmp,以及外部电源(VCC、GND)。

[0170] 部件814用于放大两个控制信号。控制信号用作输出至图3a和图3b所示的两个开关部件312、314的驱动电压。通过部件814放大的信号的数目将取决于HFCB中使用的开关部件的数目。类似地,在一些实施方式中,单个输出可以被用于驱动多个开关部件。然而,在当前情况下,开关部件以 180° 异相操作,并且因此需要单独的信号源。

[0171] 电路506包括电压匹配装置、部件 U_{18} (818),用于将外部供应电压VCC转换成用于与部件814的供应电压匹配的隔离电压。目前,部件818是DC-DC转换器。

[0172] 电路506还包括启动按钮(S_{ON}) 822,启动按钮的激活将HFCB的输入电压和必要时的其他输入驱动至期望电平以开始HFCB的适当工作。在没有过电流保护和泄漏电流保护被激活的情况下,电路502的输出 V_{Ocb} 和电路504的 V_{RCdb} 为高。指示器 $Lamp_3$ (灯₃) 820点亮。一旦按

下启动按钮822,则跨端子R_A、R_B(824)提供驱动电压 V_{RAB} 以激活继电器的控制线圈(R_A-R_B)。因此,继电器的触点(R_7-R_4和R_9-R_6)闭合。这该旁路开关822并且保持继电器的工作。

[0173] 同时,部件814将驱动电压输出至开关(例如,图3a和图3b的标记310)。通过驱动电压激活的开关部件(例如,晶体管312、314)将取决于在AC循环期间何时按下按钮822。

[0174] 还提供了停止按钮826(S_{OFF}),以停止HFCB的工作。在激活按钮826时,驱动电压VCC的电力断开。指示器(灯₃)因此关闭,并且提供至继电器的控制线圈的驱动电压(V_{RAB})变为零。因此,触点(R_7-R_4和R_9-R_6)打开。

[0175] 同时,至M_p的驱动电压(V_{Gp})和至M_n的驱动电压(V_{Gn})变为零。因此,参照图3a,继电器302和开关310两者均打开,从而断开电力至负载342的连接。

[0176] 类似地,如果 V_{OCB} 和 V_{RCdb} 中的任一个为低,则这将部件812、808的输出驱动为低,从而使灯₃ 820关闭。至继电器和开关的驱动电压(V_{RAB})也变为低。

[0177] 控制电路506的典型波形在图8b中示出。在828之前,电源电压 V_{ac} 是正弦的,并且端子供应电压 V_{P1} 和 V_{N1} 提供相反的方波。另外, V_{OCb} 和 V_{RCdb} 为高,指示没有过电流或不可接受的泄漏电流情况。在点828处开关822的激活将电力连接至负载。这将跨继电器的电压 V_{RAB} 和跨灯的电压 V_{Lamp3} 拉到高电平。另外,开关的晶体管312、314的栅电压使用相反的方波来供电(参见标记830)。在832处,激活停止按钮826,通过将继电器和栅电压 V_{RAB} 、 V_{Gp} 和 V_{Gn} 拉低来切断至负载的电力。通过按下启动按钮822,在834处至负载的电力被重新连接,并且在836处,由于HFCT和HFLCT或DCLCT输出中的一者或两者变为低而引起HFCB跳闸,从而指示过电流事件和/或泄漏电流事件。

[0178] 分别使用图6a、图7a和图8a的子电路502、504和506形成控制电路,并且因此HFRCCBO的整体操作如下:如果从HFCT发送的感测的电流信号(V_{CT})小于电流基准(V_{OCref}),则实际负载电流小于指定的负载电流。因此,部件610的输出(V_{OCb})为高,并且灯₁不亮。因此,不激活过电流保护。

[0179] 如果感测的电流信号(V_{CT})不小于电流基准信号(V_{OCref}),则实际负载电流不小于指定的负载电流。因此,部件610的输出(V_{OCb})为低并且指示器(灯₁)点亮。这通过将门拉低来激活过电流保护,导致至电力电路的低电力,并且因此从负载断开电力。

[0180] 类似地,如果感测的泄漏电流信号(V_{RCdct})小于泄漏电流基准信号(V_{RCdref}),则实际泄漏电流小于指定的泄漏电流。部件710的输出(V_{RCdb})为高,并且指示器(灯₂)不亮。因此,不激活泄漏电流保护。

[0181] 如果实际泄漏电流不小于指定的泄漏电流,则感测的泄漏电流信号(V_{RCdct})不小于泄漏电流基准信号(V_{RCdref})。因此,部件710的输出(V_{RCdb})为低并且指示器Lamp₂(灯₂)亮起。这通过将门拉低来激活泄漏电流保护,导致至电力电路的低电力,并且因此从负载断开电力。

[0182] 如果启动按钮822被按下,指示器(灯₃)点亮并且通过部件816输出的驱动电压(V_{RAB})被施加至继电器(Re)的控制线圈(R_A-R_B)。因此,继电器(Re)的触点(R_7-R_4和R_9-R_6)闭合。通过闭合触点R_7-R_4,启动按钮822被旁路,并且通过闭合触点R_9-R_6,电力电路中的点P1和点P1被连接。栅电压 V_{Gp} 和 V_{Gn} 被交替激活,从而闭合电力电路的开关,并且高频AC电源施加至负载。

[0183] 如果按下停止按钮826,则指示器820不亮,并且由部件816输出的驱动电压(V_{RAB})为零。因此,继电器的触点 R_7-R_4 和 R_9-R_6 打开。这将断开电力电路中的点P1和点P2的连接。由部件814输出的两个驱动电压 V_{Gp} 和 V_{Gn} 变为零,从而关闭晶体管312、314和二极管316、318。这断开了电力电路中的点P2和点P3的连接。因此,将高频AC电源与负载断开连接。

[0184] 如果出现过电流,则部件610的输出(V_{OCb})被驱动为低,指示灯616亮起,并且高频AC电源随着每按下停止按钮826而与负载断开连接。此外, V_{OCb} 输出保持低电平,并且指示器Lamp₁(灯₁)616保持亮起,直到按下Reset₁(复位₁)622。

[0185] 如果出现泄漏电流事件,则部件710的输出(V_{RCDb})被驱动为低,指示灯716亮起,并且高频AC电源随着每按下停止按钮826而与负载断开连接。此外, V_{OCb} 输出保持低电平,并且指示器Lamp₁(灯₁)616保持亮起,直到按下Reset₁(复位₁)622。此外, V_{RCDb} 输出保持低电平,并且指示器Lamp₂(灯₂)716保持亮起,直到按下Reset₂(复位₂)722。

[0186] 将理解的是,通过阅读本公开内容,以上电路的许多变化和组合对于技术人员将是明显的。本实施方式仅用于说明目的,并且本公开内容的范围可在权利要求书中找到。

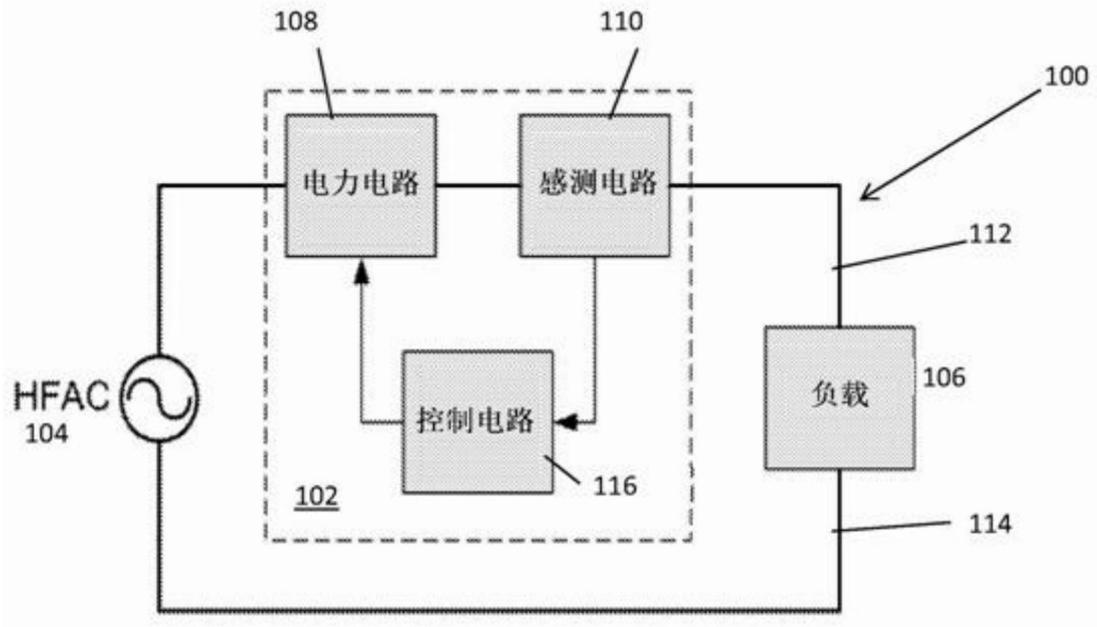


图1

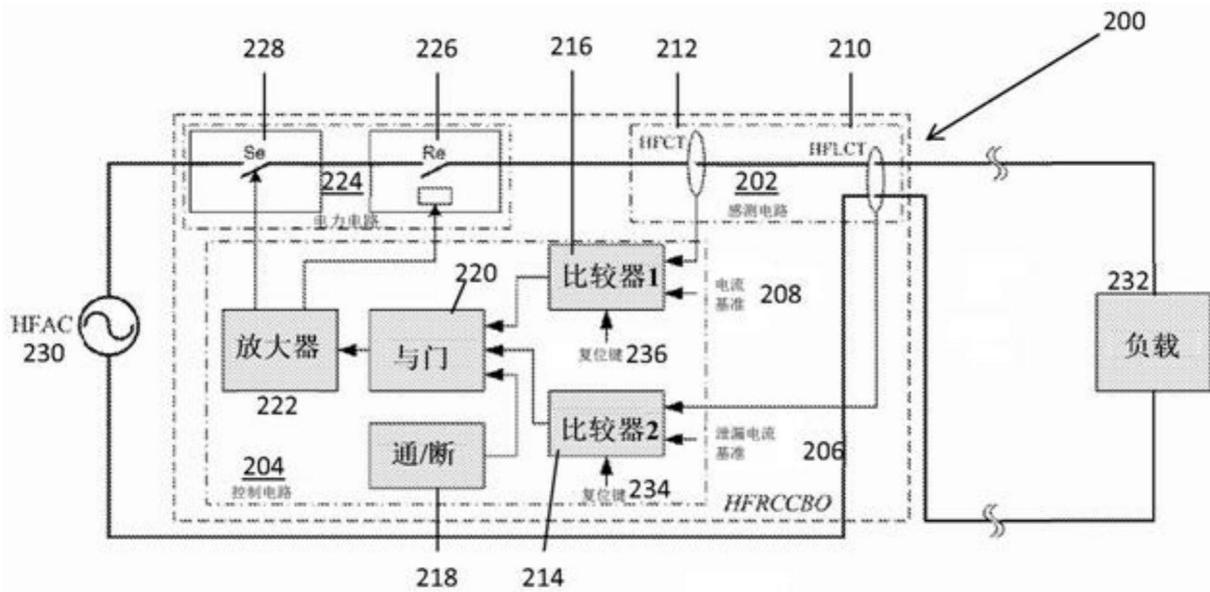


图2a

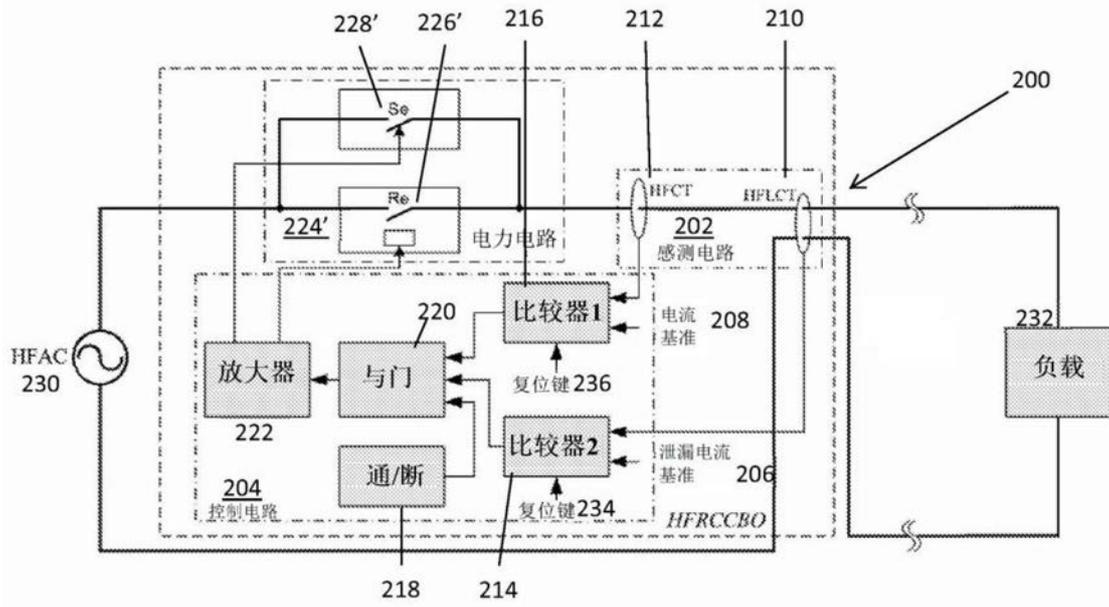


图2b

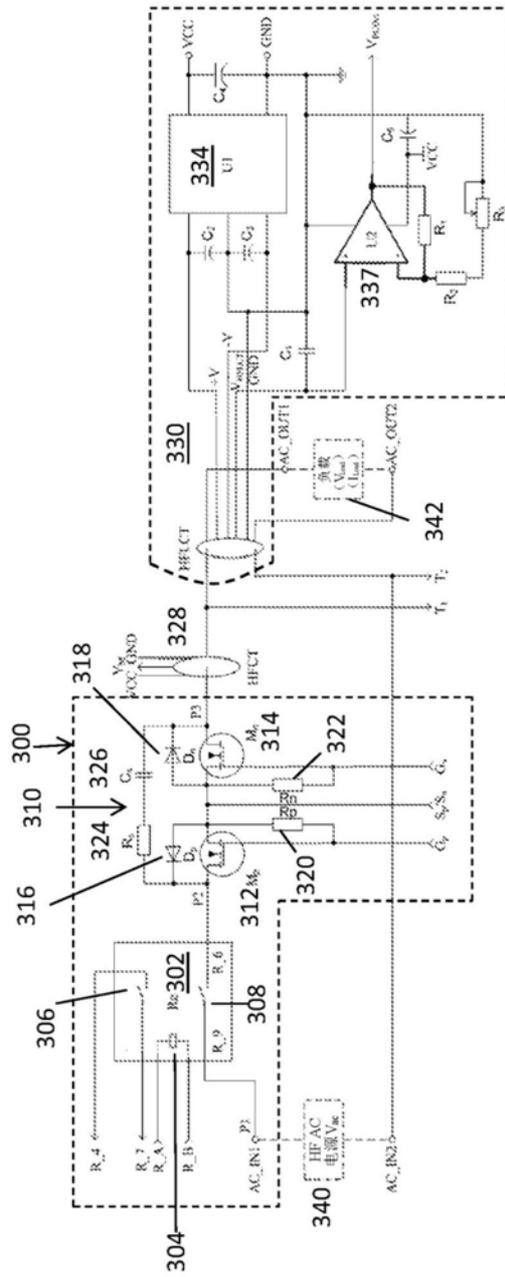


图3a

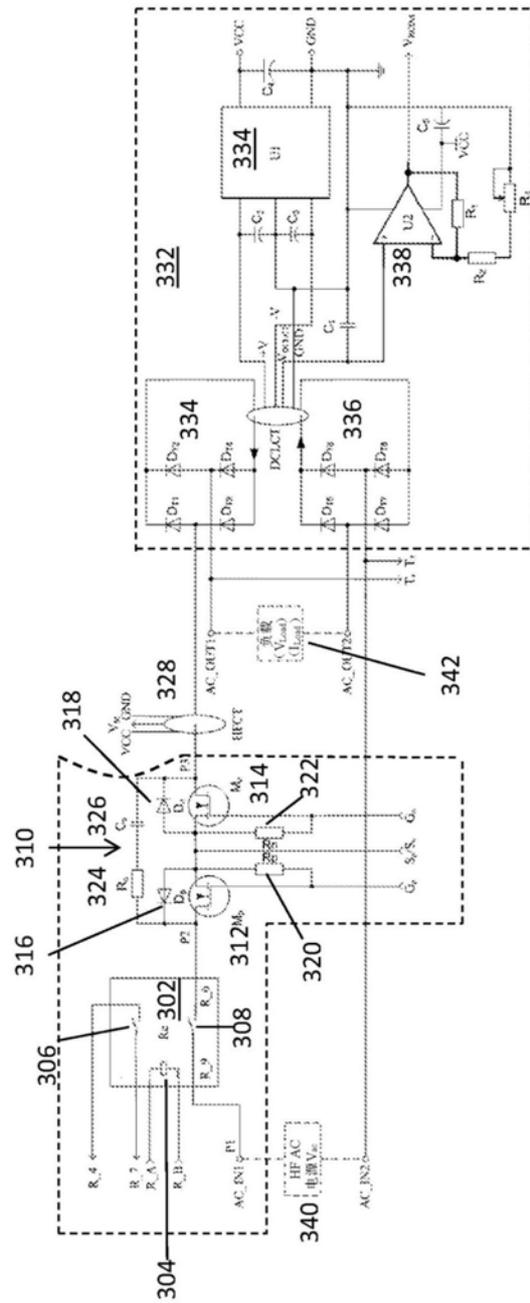


图3b

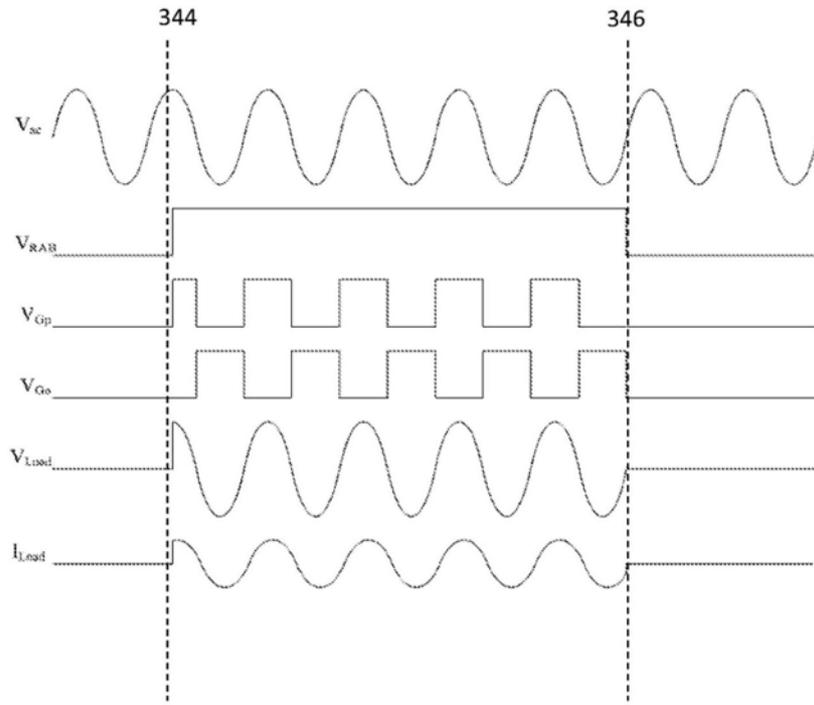


图3c

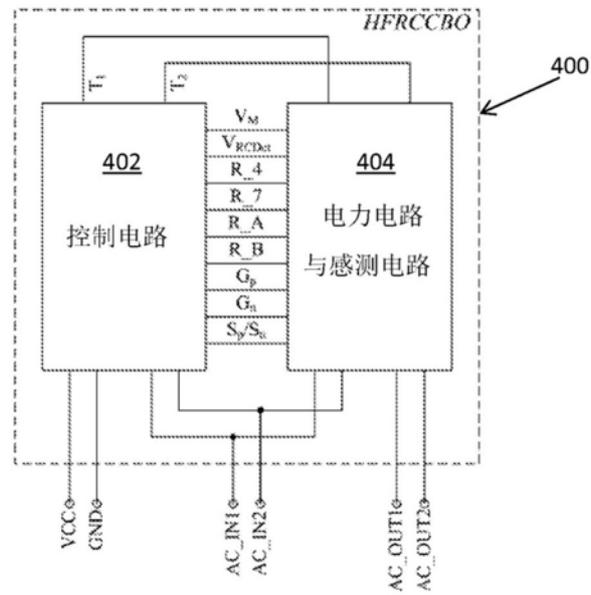


图4

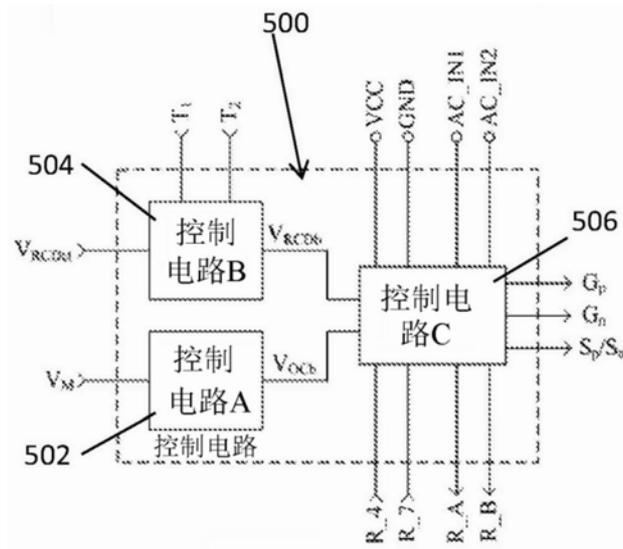


图5

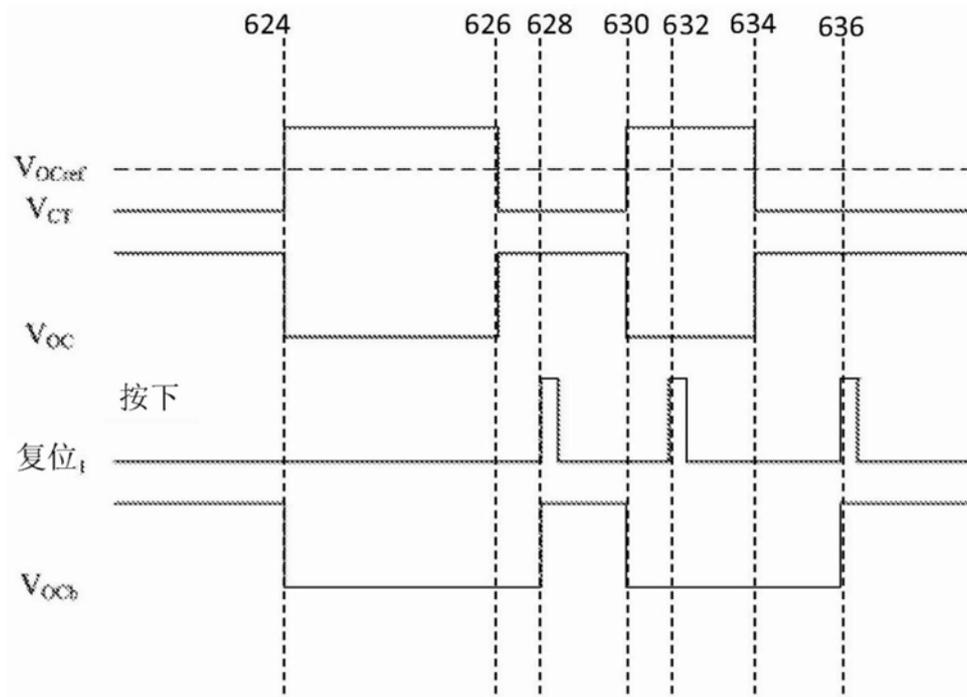


图6b

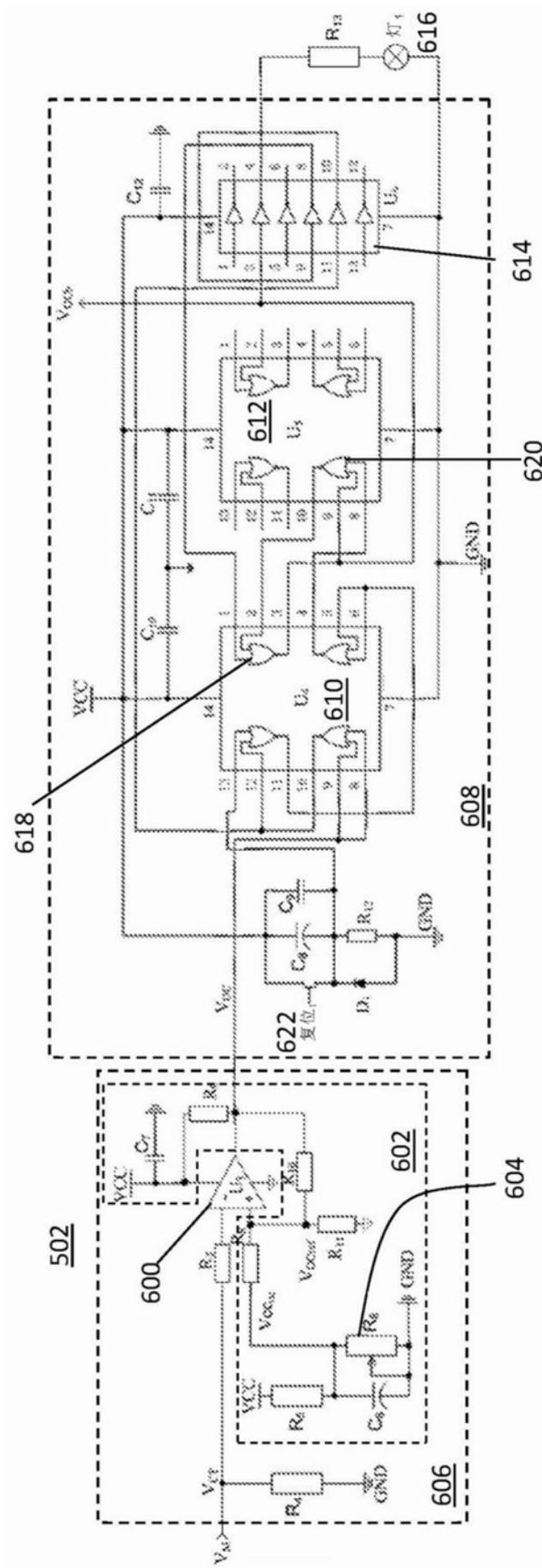


图6a

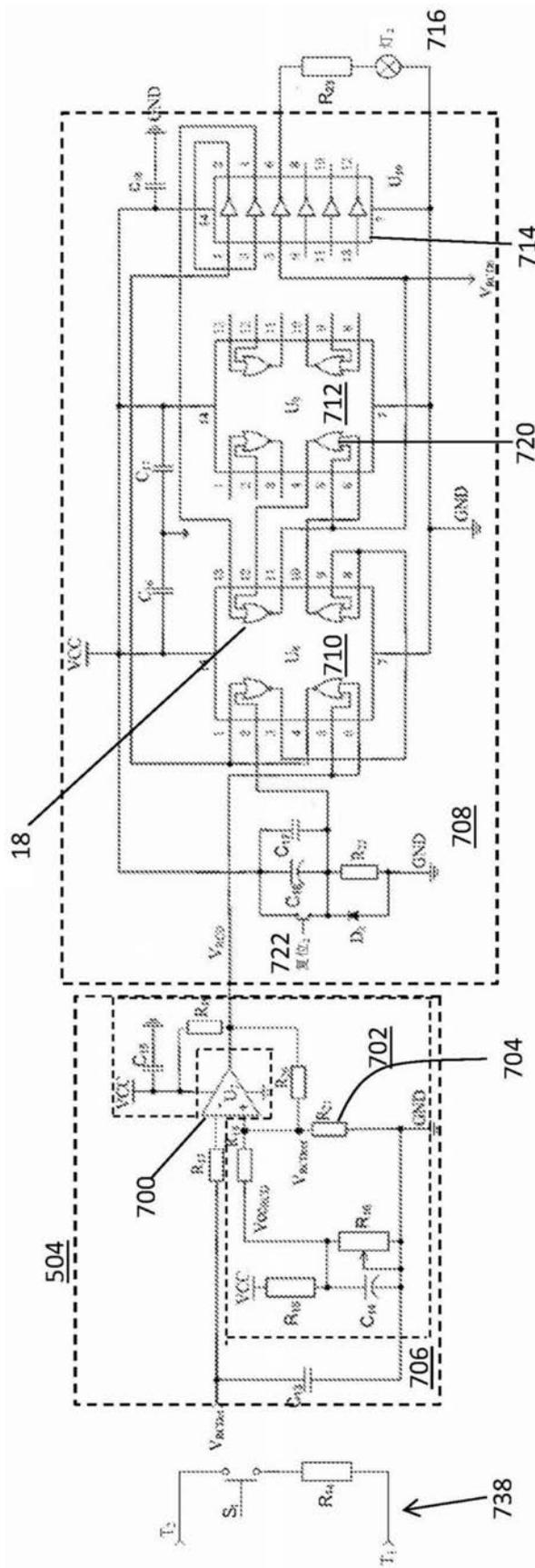


图7a

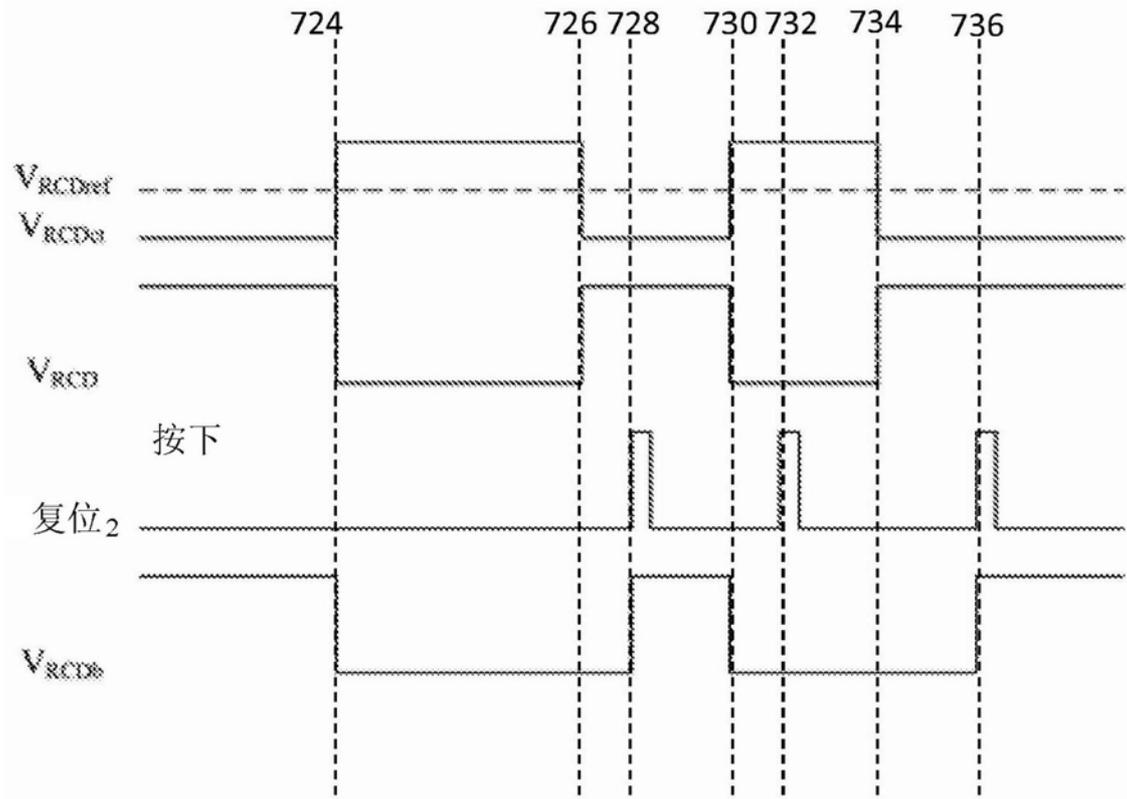


图7b

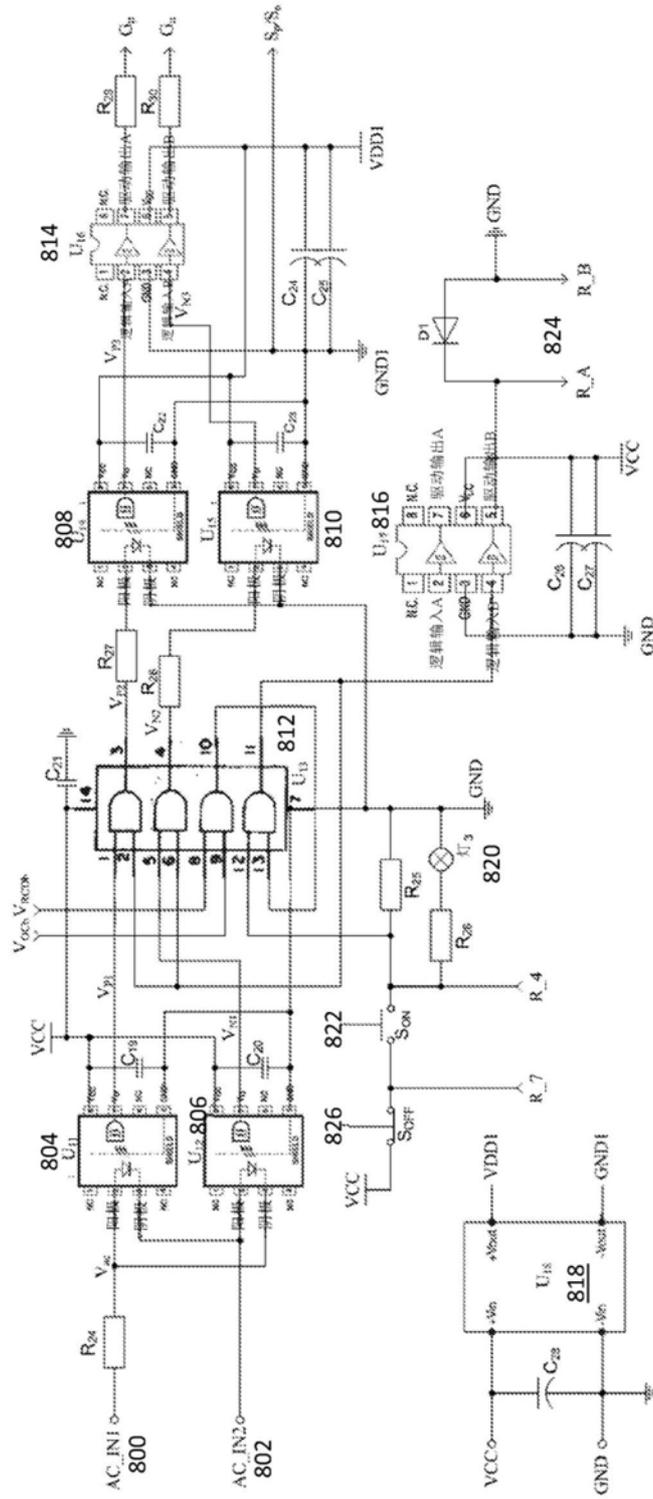


图8a

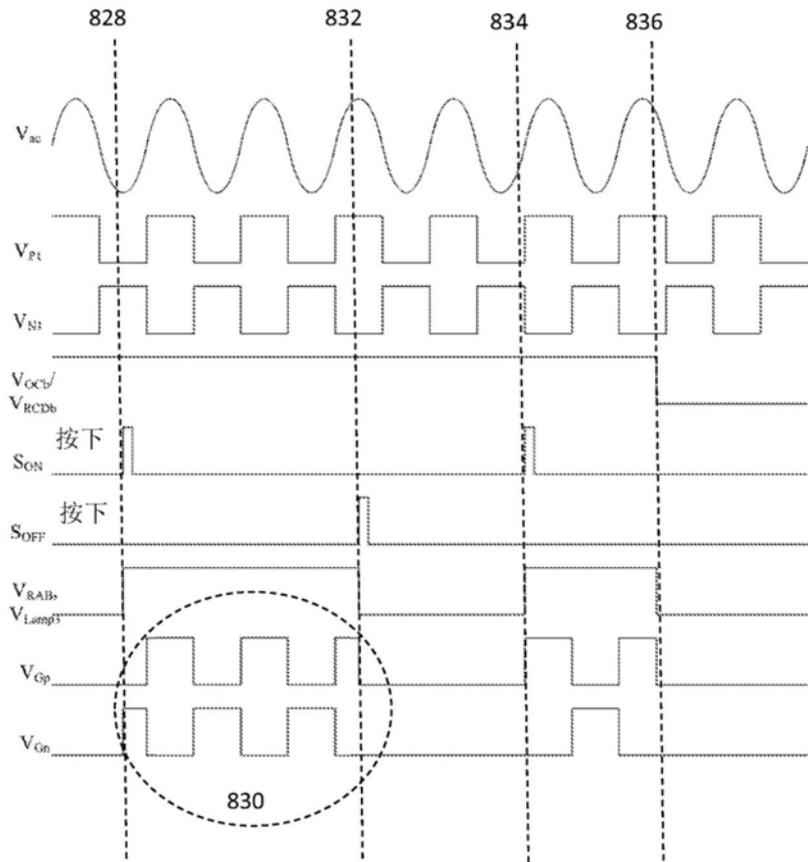


图8b

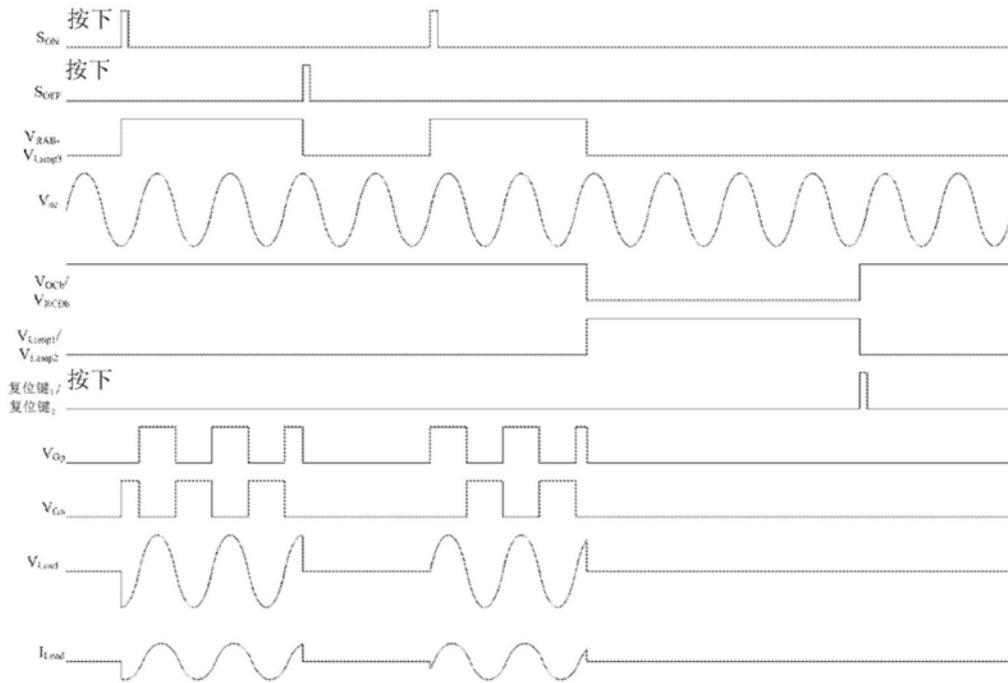


图9