



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112602379 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 20

(21) 申请号 201980056042.8
(22) 申请日 2019.06.26
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 112602379 A
(43) 申请公布日 2021.04.02
(30) 优先权数据
 62/689,910 2018.06.26 US
(85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2021.02.25
(86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2019/039292 2019.06.26
(87) PCT国际申请的公布数据
 W02020/006107 EN 2020.01.02
(73) 专利权人 路创技术有限责任公司
 地址 美国宾夕法尼亚
(72) 发明人 R·C·小纽曼
(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
 有限公司 11038
 专利代理师 邹丹

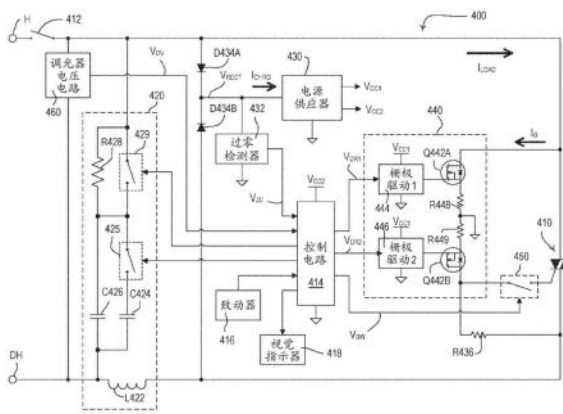
(51) Int.Cl.
 H05B 45/37 (2020.01)
 H05B 45/10 (2020.01)
 H05B 45/50 (2022.01)
 H05B 39/04 (2006.01)
 H05B 47/10 (2020.01)
(56) 对比文件
 US 5051607 A, 1991.09.24
 CN 102238777 A, 2011.11.09
 CN 101099415 A, 2008.01.02
 CN 103155387 A, 2013.06.12
 US 2007236152 A1, 2007.10.11
 US 2013113375 A1, 2013.05.09
 US 3987356 A, 1976.10.19
 US 2014346963 A1, 2014.11.27
 US 2007285027 A1, 2007.12.13
 US 8664881 B2, 2014.03.04
 US 2017311400 A1, 2017.10.26
 US 2009108765 A1, 2009.04.30
 US 2012242237 A1, 2012.09.27
 CN 108141946 A, 2018.06.08 (续)
 审查员 齐梦雅

权利要求书6页 说明书18页 附图8页

(54) 发明名称
 具有可控滤波器电路的负载控制装置
(57) 摘要

一种负载控制装置可被配置为控制电负载，诸如照明负载。所述负载控制装置可包括适于耦合到交流 (AC) 电源的第一端子和适于耦合到所述电负载的第二端子。所述负载控制装置可包括双向半导体开关、滤波器电路和控制电路。所述双向半导体开关可串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间，并且被配置为向所述电负载提供相位控制电压。所述滤波器电路可耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。所述控制电路可被配置为使所述双向半导体开关导通和不导通以控制传递到所述电负载的电力量，并且被配

置为调整所述滤波器电路的阻抗和/或滤波特性。



CN 112602379 B

[接上页]

(56) 对比文件

CN 101843177 A, 2010.09.22

CN 102293060 A, 2011.12.21

CN 103782654 A, 2014.05.07

US 2014009973 A1, 2014.01.09

US 2010308749 A1, 2010.12.09

US 2014186056 A1, 2014.07.03

US 2012230073 A1, 2012.09.13

US 2018013348 A1, 2018.01.11

陈智勇; 马钧华. 家用可调光LED照明电源设计. 轻工机械. 2011, (第05期), 75-78.

刘伟力. 一种双向晶闸管相控调压新电路. 电气时代. 1990, (第07期), 4-5.

1. 一种用于控制从交流AC电源传递到电负载的电力量的负载控制装置,所述负载控制装置包括:

第一端子,所述第一端子适于耦合到所述AC电源;

第二端子,所述第二端子适于耦合到所述电负载;

双向半导体开关,所述双向半导体开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间,所述双向半导体开关被配置为被控制到导通状态和不导通状态;

滤波器电路,所述滤波器电路耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;以及

控制电路,所述控制电路被配置为使所述双向半导体开关导通和不导通以控制传递到所述电负载的所述电力量,所述控制电路还被配置为基于所述双向半导体开关的状态调整所述滤波器电路的阻抗。

2. 如权利要求1所述的负载控制装置,其中所述滤波器电路包括第一电容器和电感器。

3. 如权利要求2所述的负载控制装置,其中所述电感器串联耦合在所述双向半导体开关与所述第二端子之间,并且所述滤波器电路还包括可控开关,所述控制电路被配置为使所述可控开关导通和不导通以分别使所述第一电容器与在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接进行连接和断开连接,以便调整所述滤波器电路的所述阻抗。

4. 如权利要求3所述的负载控制装置,其中所述滤波器电路还包括串联连接在所述第一端子与所述第二端子之间的第二电容器,所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。

5. 如权利要求4所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为使所述可控开关不导通以通过仅将所述第二电容器耦合在所述第一端子与所述第二端子之间来将所述第一端子与所述第二端子之间的电容控制为第一值,以及使所述可控开关导通以通过将所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间来将所述第一端子与所述第二端子之间的所述电容增加到第二值。

6. 如权利要求4所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为当所述电负载处于关断状态时使所述可控开关不导通,并且当所述电负载处于接通状态时使所述可控开关导通。

7. 如权利要求4所述的负载控制装置,其中所述第一电容器与所述第二电容器和所述可控开关并联耦合。

8. 如权利要求3所述的负载控制装置,所述负载控制装置还包括:

气隙开关;

其中所述控制电路被配置为在所述气隙开关闭合以接通所述电负载之后的接通时段结束时使所述可控开关导通。

9. 如权利要求8所述的负载控制装置,其中所述控制电路包括延迟电路以在所述接通时段结束时使所述可控开关导通,并且所述接通时段包括所述AC电源的预定数量的线路周期。

10. 如权利要求3所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为基于所述电负载的目标强度来控制所述滤波器电路的所述可控开关。

11. 如权利要求1所述的负载控制装置,其中所述滤波器电路包括第一电容器、电感器和电阻器。

12. 如权利要求11所述的负载控制装置,其中所述电感器串联耦合在所述双向半导体开关与所述第二端子之间,并且所述滤波器电路还包括第一可控开关和第二可控开关;

其中所述电阻器和所述第一可控开关并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间,并且所述第一电容器和所述第二可控开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;

其中所述控制电路被配置为使所述第一可控开关导通和不导通以分别使所述电阻器与在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接断开连接和进行连接,以便调整所述滤波器电路的所述阻抗;并且

其中所述控制电路被配置为使所述第二可控开关导通和不导通以分别使所述第一电容器与在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接进行连接和断开连接,以便调整所述滤波器电路的所述阻抗。

13. 如权利要求12所述的负载控制装置,其中所述滤波器电路还包括串联连接在所述第一端子与所述第二端子之间的第二电容器,所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。

14. 如权利要求13所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为使所述第二可控开关不导通以通过仅将所述第二电容器耦合在所述第一端子与所述第二端子之间来将所述第一端子与所述第二端子之间的电容控制为第一值,以及使所述第二可控开关导通以通过将所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间来将所述第一端子与所述第二端子之间的所述电容增加到第二值。

15. 如权利要求12所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为当所述电负载处于关断状态时使所述第一可控开关导通且使所述第二可控开关不导通,并且当所述电负载处于接通状态时使所述第一可控开关不导通且使所述第二可控开关导通。

16. 如权利要求1所述的负载控制装置,所述负载控制装置还包括:

测量电路,所述测量电路被配置为产生反馈信号,所述反馈信号指示跨所述负载控制装置形成的电压的幅值;

其中所述控制电路被配置为当所述双向半导体开关从所述不导通状态转变到所述导通状态时测量所述反馈信号的斜率,并且响应于所述反馈信号的所述斜率来调整所述滤波器电路的所述阻抗。

17. 如权利要求16所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为当所述斜率超过预定阈值时增加所述第一端子与所述第二端子之间的所述滤波器电路的电容。

18. 如权利要求16所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为当所述控制电路通电时在启动例程期间测量所述反馈信号的所述斜率并且随后响应于所述反馈信号的所述斜率来调整所述滤波器电路的所述阻抗。

19. 如权利要求1所述的负载控制装置,其中所述滤波器电路还耦合在所述双向半导体开关与所述第二端子之间。

20. 如权利要求1所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为在所述负载控制装置接收到用于接通所述电负载的输入之后的接通时段期间调整所述滤波器电路的所述阻抗。

21. 如权利要求1所述的负载控制装置,其中所述控制电路被配置为基于传递到所述电负载的所述电力量来调整所述滤波器电路的所述阻抗。

22. 如权利要求1所述的负载控制装置,所述负载控制装置还包括:

致动器,所述致动器被配置为接收用户输入;

其中所述控制电路被配置为进入高级编程模式,并且当处于所述高级编程模式时,响应于所述致动器的致动来调整所述滤波器电路的所述阻抗。

23. 一种用于控制从交流AC电源传递到照明负载的电力量的调光器开关,所述调光器开关包括:

第一端子,所述第一端子适于耦合到所述AC电源;

第二端子,所述第二端子适于耦合到所述照明负载;

双向半导体开关,所述双向半导体开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间,所述双向半导体开关被配置为被控制到导通状态和不导通状态;

滤波器电路,所述滤波器电路包括串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间的可控开关、串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间的第一电容器,以及串联耦合在所述双向半导体开关与所述第二端子之间的电感器;以及

控制电路,所述控制电路被配置为使所述双向半导体开关导通和不导通以控制传递到所述照明负载的所述电力量,所述控制电路还被配置为使所述可控开关导通和不导通以分别使所述第一电容器与在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接进行连接和断开连接,以便基于所述双向半导体开关的状态调整所述滤波器电路的阻抗。

24. 如权利要求23所述的调光器开关,其中所述照明负载包括发光二极管(LED)。

25. 一种用于在负载控制装置中使用的可控滤波器电路,所述负载控制装置包括双向半导体开关、适于耦合到交流AC电源的第一端子和适于耦合到电负载的第二端子,所述滤波器电路包括:

第一电容器,所述第一电容器串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;

电感器,所述电感器串联耦合在所述双向半导体开关与所述第二端子之间;以及

可控开关,所述可控开关与所述第一电容器串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;

其中可控开关被配置为被致使导通和不导通以分别使所述第一电容器与在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接进行连接和断开连接,以便基于所述双向半导体开关的状态调整所述滤波器电路的阻抗。

26. 如权利要求25所述的滤波器电路,所述滤波器电路还包括:

电阻器,所述电阻器串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。

27. 如权利要求26所述的滤波器电路,所述滤波器电路还包括:

第二可控开关,其中所述电阻器和所述第二可控开关并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;并且

其中所述第二可控开关被配置为被致使导通和不导通以分别使所述电阻器与在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接断开连接和进行连接,以便调整所述滤波器电路的所述阻抗。

28. 如权利要求25所述的滤波器电路,所述滤波器电路还包括:

第二电容器,所述第二电容器串联连接在所述第一端子与所述第二端子之间,所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。

29.一种用于控制负载控制装置中的可控滤波器电路的方法,所述负载控制装置具有适于耦合到交流AC电源的第一端子和适于耦合到电负载的第二端子,所述方法包括:

基于双向半导体开关的状态调整所述滤波器电路的阻抗,其中所述双向半导体开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间并且被配置为被控制到导通状态和不导通状态;

当所述电负载处于第一功率状态时,针对第一阻抗水平来配置所述滤波器电路;以及

当所述电负载处于第二功率状态时,通过使所述滤波器电路的第一可控开关导通以便以串联连接将所述滤波器电路的第一电容器连接在所述第一端子与所述第二端子之间来针对第二阻抗水平配置所述滤波器电路。

30.如权利要求29所述的方法,其中所述滤波器电路还包括串联连接在所述第一端子与所述第二端子之间的第二电容器,所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。

31.如权利要求30所述的方法,其中针对所述第一阻抗水平来配置所述滤波器电路包括使所述第一可控开关不导通以通过仅将所述第二电容器耦合在所述第一端子与所述第二端子之间来将所述第一端子与所述第二端子之间的电容控制为第一值;并且

其中针对所述第二阻抗水平来配置所述滤波器电路包括使所述第一可控开关导通以通过将所述第一电容器和所述第二电容器并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间来将所述第一端子与所述第二端子之间的所述电容增加到第二值。

32.如权利要求29所述的方法,其中所述滤波器电路包括所述电容器、电感器和电阻器。

33.如权利要求32所述的方法,其中所述滤波器电路还包括第二可控开关,并且所述电阻器和所述第二可控开关并联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间,并且所述第一电容器和所述第一可控开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;

其中针对所述第一阻抗水平来配置所述滤波器电路包括使所述第二可控开关导通且使所述第一可控开关不导通;并且

其中针对所述第二阻抗水平来配置所述滤波器电路包括使所述第二可控开关不导通且使所述第一可控开关导通。

34.如权利要求29所述的方法,其中所述电负载在所述第一功率状态下关断,并且所述电负载在所述第二功率状态下接通。

35.如权利要求29所述的方法,所述方法还包括:

控制所述电负载在所述第一功率状态下接通;以及

控制所述电负载在所述第二功率状态下关断。

36.如权利要求29所述的方法,所述方法还包括:

确定所述电负载的功率状态;

在确定所述电负载处于所述第一功率状态时,针对所述第一阻抗水平来配置所述滤波器电路;以及

在确定所述电负载处于所述第二功率状态时,针对所述第二阻抗水平来配置所述滤波器电路。

37.如权利要求29所述的方法,所述方法还包括:

接收表示期望的功率状态的输入;以及

根据所述期望的功率状态来控制所述电负载。

38. 如权利要求29所述的方法,其中所述滤波器电路包括所述第一电容器和电感器。

39. 一种用于控制负载控制装置中的滤波器电路的方法,所述负载控制装置包括适于耦合到交流AC电源的第一端子和适于耦合到电负载的第二端子,所述方法包括:

接收用于接通所述电负载的输入;

控制所述负载控制装置的双向半导体开关以向所述电负载提供相位控制电压,所述双向半导体开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;

针对第一阻抗水平来配置所述滤波器电路;

等待预定的时间量;以及

在所述预定的时间量之后,通过使所述滤波器电路的可控开关导通以便以串联连接将所述滤波器电路的第一电容器连接在所述第一端子与所述第二端子之间来针对第二阻抗水平配置所述滤波器电路。

40. 如权利要求39所述的方法,其中所述预定的时间量包括所述AC电源的预定数量的线路周期。

41. 如权利要求39所述的方法,其中所述负载控制装置包括延迟电路,所述延迟电路被配置为在所述预定的时间量之后使所述可控开关导通。

42. 如权利要求39所述的方法,其中接收用于接通所述电负载的输入还包括在使所述双向半导体开关导通之前将气隙开关闭合。

43. 如权利要求39所述的方法,其中接收用于接通所述电负载的输入还包括检测所述负载控制装置的致动器的致动。

44. 如权利要求39所述的方法,其中接收用于接通所述电负载的输入还包括接收无线控制信号。

45. 一种用于控制负载控制装置中的可控滤波器电路的方法,所述负载控制装置包括适于耦合到交流AC电源的第一端子和适于耦合到电负载的第二端子,所述方法包括:

基于双向半导体开关的状态而确定所述电负载的目标强度水平,其中所述双向半导体开关串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间并且被配置为被控制到导通状态和不导通状态;

确定所述目标强度水平是在第一范围内还是在第二范围内;以及

基于对所述目标强度水平是在所述第一范围内还是在所述第二范围内的所述确定,配置所述第一端子与所述第二端子之间的所述滤波器电路的阻抗水平。

46. 如权利要求45所述的方法,所述方法还包括:

在确定所述目标强度水平在所述第一范围内时,针对第一阻抗水平来配置所述滤波器电路;以及

在确定所述目标强度水平在所述第二范围内时,针对第二阻抗水平来配置所述滤波器电路。

47. 如权利要求46所述的方法,其中针对所述第二阻抗水平来配置所述滤波器电路包括使所述滤波器电路的可控开关导通以便以串联连接将所述滤波器电路的电容器连接在所述第一端子与所述第二端子之间。

48. 如权利要求45所述的方法,所述方法还包括:

在确定所述目标强度水平在所述第一范围内时,针对第一阻抗水平来配置所述滤波器电路。

49. 如权利要求45所述的方法,其中所述第一范围高于上限强度阈值且低于下限强度阈值,并且所述第二范围在所述上限强度阈值与所述下限强度阈值之间。

50. 如权利要求45所述的方法,其中所述第一范围高于最大强度的80%且低于最大强度的20%,并且所述第二范围在所述电负载的所述最大强度的20%与80%之间。

51. 如权利要求45所述的方法,其中确定所述目标强度包括经由用户输入来接收指示所述目标强度的输入。

52. 一种用于控制负载控制装置中的可控滤波器电路的方法,所述负载控制装置包括适于耦合到交流AC电源的第一端子和适于耦合到电负载的第二端子,所述方法包括:

使所述负载控制装置的双向半导体开关导通,所述双向半导体开关耦合在所述第一端子与所述第二端子之间;

接收指示跨所述负载控制装置形成的电压的幅值的反馈信号;

当所述双向半导体开关从不导通状态转变到导通状态时,测量所述反馈信号的斜率;
以及

响应于所述反馈信号的所述斜率来配置所述第一端子与所述第二端子之间的所述滤波器电路的阻抗水平。

53. 如权利要求52所述的方法,所述方法还包括:

当所述斜率超过预定阈值时增加所述第一端子与所述第二端子之间的所述滤波器电路的电容。

54. 如权利要求52所述的方法,其中测量所述反馈信号的斜率还包括当所述负载控制装置通电时在启动例程期间测量所述反馈信号的所述斜率并且随后响应于所述反馈信号的所述斜率来调整所述滤波器电路的所述阻抗水平。

具有可控滤波器电路的负载控制装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2018年6月26日提交的美国临时专利申请第62/689,910号的权益,该临时专利申请的全部公开内容特此以引用的方式并入。

背景技术

[0003] 现有技术双线负载控制装置(诸如调光器开关)以串联电连接方式耦合在交流(AC)电源与照明负载之间,以用于控制从AC电源传送到照明负载的电力量。双线壁装式调光器开关适于安装到标准电壁箱,并且包括两个负载:适于耦合到AC电源的热侧的热端子和适于耦合到照明负载的调光热端子。换句话说,双线调光器开关不需要连接到AC电源的中性侧(即,负载控制装置是“双线”装置)。现有技术“三路”调光器开关可在三路照明系统中使用,并且包括至少三个负载端子,但不需要连接到AC电源的中性侧。

[0004] 调光器开关通常包括双向半导体开关,例如,晶闸管(诸如双向三极晶闸管)或处于反串联连接的两个场效应晶体管(FET)。双向半导体开关串联耦合在AC电源与负载之间,并且在AC电源的半周期的部分内被控制为导通和不导通,由此控制传递到电负载的电力量。通常,调光器开关使用正相控制调光技术或反相控制调光技术,以便控制何时使双向半导体开关导通和不导通,由此控制传递到负载的电力。调光器开关可包括用于接通和关断照明负载的双态切换致动器以及用于调整照明负载的强度的强度调整致动器。现有技术调光器开关的示例在以下项中有更详细描述:1993年9月29日发布的标题为LIGHTING CONTROL DEVICE的共同转让的美国专利第5,248,919号;2005年11月29日发布的标题为ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS AND METHODS的美国专利第6,969,959号;以及2010年3月30日发布的标题为DIMMER SWITCH FOR USE WITH LIGHTING CIRCUITS HAVING THREE-WAY SWITCHES的美国专利第7,687,940号,所述专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0005] 在正相控制调光的情况下,双向半导体开关在每个AC线路电压半周期内的某一点导通,并且保持导通直到AC线路电压的大致下一电压过零为止,使得在每个半周期,双向半导体开关导通持续导通时间。过零被定义为AC线路电压在每个半周期开始时从正极性转变为负极性或从负极性转变为正极性的时间。正相控制调光通常用于控制传递到电阻性或电感性负载的能量,所述电阻性或电感性负载可包括例如白炽灯或磁性低压变压器。正相控制调光器开关的双向半导体开关通常被实现为晶闸管(诸如双向三极晶闸管)或以反并联连接进行耦合的两个硅控整流器(SCR),因为当传导通过晶闸管的电流的幅值减小至大约零安培时,晶闸管变得不导通。

[0006] 当使用反向控制调光时,双向半导体开关在AC线路电压的过零处导通并且在AC线路电压的每个半周期内的某个点处不导通,使得在每个半周期,双向半导体开关导通持续导通时间。反相控制调光通常用于控制去往电容性负载的能量,所述电容性负载可包括例如电子低压变压器。由于双向半导体开关必须在半周期开始时导通并且必须能够在半周期内不导通,因此反相控制调光要求调光器开关具有两个处于反串联连接的FET等。FET可导通并且独立于传导通过FET的电流的幅值而保持导通。换句话说,FET不像晶闸管那样受额

定擎住或维持电流限制。然而,现有技术反相控制调光器开关具有要求的中性连接和/或高级控制电路(诸如微控制器),以用于控制FET的操作。为了向微处理器供电,调光器开关还必须包括电源供应器,所述电源供应器通常与FET并联耦合。例如,与模拟正相控制调光器开关相比,这些高级控制电路和电源供应器增加了现有技术基于FET的反相控制调光器开关的成本。

[0007] 然而,期望能够控制去往额定功率低于能够由现有技术正相和反相控制调光器开关控制的额定功率的电负载的电力量。为了节省能量,正在使用高效照明负载,例如,紧凑型荧光灯(CFL)和发光二极管(LED)光源,以代替或取代常规白炽灯或卤素灯。与白炽灯和卤素灯相比,高效光源通常消耗更少的电力并且提供更长的使用寿命。为了适当地照明,负载调节装置(例如,电子调光镇流器或LED驱动器)必须耦合在AC电源与相应的高效光源(例如,紧凑型荧光灯或LED光源)之间,以用于调节供应到高效光源的电力。

[0008] 控制高效光源的调光器开关可串联耦合在AC电源与高效光源的负载控制装置之间。一些高效照明负载与负载调节装置整体地容纳在单个外壳中。这样的外壳可具有允许机械附接到标准Edison插座的旋入式底座,并且向AC电源的中性侧以及AC电源的热侧或调光器开关的调光热端子提供电连接(例如,以接收相位控制电压)。负载调节电路可被配置为响应于调光器开关的双向半导体开关的导通时间而将高效光源的强度控制为期望强度。

[0009] 用于控制高效光源的调光器开关可被配置用于恒定栅极驱动,其中调光器开关的控制电路向双向半导体开关提供恒定栅极驱动,因此双向半导体开关独立于负载电流的幅值而保持导通。例如,调光器开关可使用FET通过确保栅极电流高于双向三极晶闸管的维持电流来保持双向三极晶闸管导通。这种调光器开关的示例在2014年3月4日发布的标题为TWO-WIRE DIMMER SWITCH FOR LOW-POWER LOADS的共同转让的美国专利第8,664,881号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0010] 此外,用于控制高效光源的调光器开关比用于控制传统光源(例如,白炽灯负载)的调光器开关具有更小的射频干扰(RFI)电容器。出于一些原因而减小RFI电容器的尺寸。例如,较大的RFI电容器有时会产生偏置电流,所述偏置电流会导致负载调节装置在光源应关断时将受控的高效光源照亮至人眼可感知的水平。此外并且例如,较大的RFI电容器趋于使调光器开关的输出电流发生相移,并且该相移将干扰高效光源的启动。因此,用于控制高效光源的调光器开关趋于具有较小的RFI电容器。

[0011] 另外,高效光源的负载调节装置可具有高输入阻抗或在整个半周期改变幅值的输入阻抗。因此,当现有技术正相控制调光器开关耦合在AC电源与高效光源的负载调节装置之间时,负载控制装置可能无法传导足够的电流以超过晶闸管的额定擎住和/或维持电流。另外,当现有技术反相控制调光器开关耦合在AC电源与负载调节装置之间时,电源供应器的充电电流的幅值可足够大以导致负载调节装置在光源应关断时将受控的高效光源照亮至人眼可感知的水平。

[0012] 负载调节装置的阻抗特性可不利地影响负载调节装置所接收到的相位控制电压的幅值,使得接收到的相位控制电压的导通时间不同于调光器开关的双向半导体开关的实际导通时间(例如,如果负载调节装置具有电容性阻抗)。因此,负载调节装置可将高效光源的强度控制为与调光器开关所指导的期望强度不同的强度。另外,调光器开关的电源供应器的充电电流可在具有电容性输入阻抗的负载调节装置的输入处累积电荷,因此不利地影

响可能达到的低端强度。

发明内容

[0013] 如本文所述,一种用于控制电负载(例如,照明负载)的负载控制装置(例如,调光器开关)可包括可控滤波器电路,所述可控滤波器电路可被控制以基于一个或多个因素来调整所述可控滤波器电路的滤波特性。所述负载控制装置可包括适于耦合到交流(AC)电源的第一端子和适于耦合到所述电负载的第二端子。所述负载控制装置还可包括串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间的双向半导体开关(例如,晶闸管)。所述双向半导体开关可被配置为被控制到导通状态和不导通状态。所述可控滤波器电路可耦合在所述第一端子与所述第二端子之间。此外,所述负载控制装置可包括控制电路,所述控制电路被配置为使所述双向半导体开关导通和不导通以控制传递到所述电负载的电力量。所述控制电路还可被配置为调整所述可控滤波器电路的阻抗(例如,电容和/或电阻)。在一些示例中,所述可控滤波器电路可用于射频干扰(RFI)滤波。

[0014] 所述可控滤波器电路可包括一个或多个开关,所述一个或多个开关可由所述控制电路控制以调整所述滤波器电路的所述阻抗、进而调整滤波特性。所述可控滤波器电路还可耦合在所述双向半导体开关与所述负载控制装置的所述第二端子之间。所述控制电路可被配置为基于在所述负载控制装置接收到用于向所述电负载提供电力的输入之后的接通时段期间所述双向半导体开关的状态(例如,功率状态)和/或基于传递到所述电负载的所述电力量来调整所述可控滤波器电路的所述阻抗。所述负载控制装置还可包括测量电路,所述测量电路被配置为产生指示跨所述负载控制装置形成的电压的幅值的反馈信号。所述控制电路可被配置为当所述双向半导体开关从所述不导通状态转变到所述导通状态时测量所述反馈信号的斜率,并且响应于所述反馈信号的所述斜率来调整所述可控滤波器电路的所述阻抗。

[0015] 另外,所述滤波器电路可包括电感器、一个或多个电容器、一个或多个电阻器和/或一个或多个可控开关。所述电感器可串联耦合在所述双向半导体开关与所述第二端子之间。所述滤波器电路的电容器和开关可串联耦合在所述第一端子与所述第二端子之间,例如使得所述控制电路可被配置为使所述开关导通和不导通以分别使所述电容器进入和退出在所述第一端子与所述第二端子之间的串联连接,以便调整所述滤波器电路的所述阻抗。

附图说明

[0016] 图1是示例照明控制系统的简化框图,所述示例照明控制系统包括用于控制高效照明负载(例如,LED光源)的强度的负载控制装置(例如,“双线”调光器开关)。

[0017] 图2是示例调光器开关的简化框图。

[0018] 图3和图4是示例调光器开关的简化示意图。

[0019] 图5至图8是可由负载控制装置(诸如调光器开关)执行的示例滤波器电路控制过程的流程图。

具体实施方式

[0020] 图1是示例负载控制系统10(例如,照明控制系统)的简化框图,所述示例负载控制系统包括用于控制传递到电负载(例如,照明负载101)的电力量的负载控制装置,例如,“双线”调光器开关100。照明负载101可包括任何合适的可调光照明负载,例如,白炽灯、卤素灯、电子低压照明负载、磁性低压照明负载或其他类型的照明负载。另外,如图1所示,照明负载101可包括例如高效照明负载,所述高效照明负载包括内部负载调节装置,例如,发光二极管(LED)驱动器102,以及高效光源,例如,LED光源104(或“光引擎”)。调光器开关100可具有耦合到交流(AC)电源105以接收AC电源线路电压 V_{AC} 的热端子H,以及耦合到LED驱动器102的调光热端子DH。调光器开关100可能不需要直接连接到AC电源105的中性侧N。调光器开关100可在调光热端子DH处产生相位控制电压 V_{PC} (例如,调光热电压)并且将负载电流 I_{LOAD} 传导通过照明负载101。调光器开关100可使用正相控制调光或反相控制调光技术来产生相位控制电压 V_{PC} 。

[0021] 如本文所定义,“双线”调光器开关或负载控制装置不需要直接连接到AC电源105的中性侧N。换句话说,由双线调光器开关传导的所有电流也将传导通过负载。双线调光器开关可只具有两个端子(例如,热端子H和调光热端子DH,如图1所示)。可选地,双线调光器开关(如本文所定义)可包括三路调光器开关,所述三路调光器开关可在三路照明系统中使用并且可具有至少三个负载端子,但可能不要求中性连接。另外,双线调光器开关可包括附加连接,该附加连接可提供与远程控制装置(用于远程控制调光器开关)的通信,但可能不要求调光器开关直接连接到中性线。

[0022] LED驱动器102和LED光源104两者可一起包括在单个外壳中,例如,所述外壳具有适于耦合到标准Edison插座的旋入式底座。当LED驱动器102与LED光源104被包括在单个外壳中时,LED驱动器可只具有两个电连接:到调光器开关100以接收相位控制电压 V_{PC} ,以及到AC电源105的中性侧N。LED驱动器102可包括整流桥电路106,所述整流桥电路可接收相位控制电压 V_{PC} 并且跨母线电容器 C_{BUS} 产生母线电压 V_{BUS} 。LED驱动器102还可包括负载控制电路107,所述负载控制电路可接收母线电压 V_{BUS} 并且响应于相位控制信号 V_{PC} 来控制LED光源104的强度。具体地,LED驱动器102的负载控制电路107可被配置为接通和关断LED光源104并且响应于相位控制信号 V_{PC} 而将LED光源的强度调整到目标强度 L_{TRGT} (例如,期望的强度)。目标强度 L_{TRGT} 可在低端强度 L_{LE} 与高端强度 L_{HE} 之间的范围内。LED驱动器102还可包括滤波器网络108,以防止负载控制电路107所产生的噪声在AC电源布线上传导。由于LED驱动器102包括母线电容器 C_{BUS} 和滤波器网络108,因此LED驱动器可具有电容性输入阻抗。LED驱动器102的示例在2013年7月23日发布的标题为LOAD CONTROL DEVICE FOR A LIGHT-EMITTING DIODE LIGHT SOURCE的美国专利第8,492,987号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0023] 另外,LED驱动器102可包括人工负载电路109,以将电流(除了负载电流 I_{LOAD} 外)传导通过调光器开关100。因此,如果调光器开关100包括用于产生相位控制电压 V_{PC} 的双向三极晶闸管,那么人工负载电路109可传导足够的电流,以确保传导通过调光器开关100的双向三极晶闸管的总电流的幅值超过双向三极晶闸管的额定擎住和维持电流。另外,如果调光器开关100包括定时电路,那么人工负载电路109可传导定时电流,并且如果调光器开关包括电源供应器,那么人工负载电路109可传导充电电流,使得这些电流无需传导通过负载

控制电路107并且不影响LED光源104的强度。

[0024] 人工负载电路109可简单地包括恒定阻抗电路(例如,电阻器),或者可包括电流源电路。可选地,人工负载电路109可为可控的,使得人工负载电路可被启用和停用,由此选择性地将电流传导通过调光器开关100。另外,人工负载电路109可被控制为根据AC电源线路电压 V_{AC} 的幅值、AC电源线路电压的半周期期间的目前时间或LED驱动器102的目前操作模式来传导不同量的电流。人工负载电路的示例在2012年5月1日发布的标题为VARIABLE LOAD CIRCUITS FOR USE WITH LIGHTING CONTROL DEVICES的共同转让的美国专利第8,169,154号和2011年5月26日公布的标题为CONTROLLABLE-LOAD CIRCUIT FOR USE WITH A LOAD CONTROL DEVICE的美国专利申请公开第2011/0121744号中更详细地描述,所述美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0025] 可选地,高效光源可包括紧凑型荧光灯(CFL),并且负载调节装置可包括电子调光镇流器。另外,调光器开关100可例如通过直接控制照明负载或马达负载来可选地控制传递到其他类型的电负载的电力量。具有荧光灯和电子调光镇流器的旋入式光源的示例在2014年8月12日发布的标题为DIMMABLE SCREW-IN COMPACT FLUORESCENT LAMP HAVING INTEGRAL ELECTRONIC BALLAST CIRCUIT的美国专利第8,803,436号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0026] 调光器开关100可包括用户接口,所述用户接口具有翘板开关116和强度调整致动器118(例如,如图1所示的滑块旋钮)。翘板开关116可允许接通和关断LED光源104,而强度调整致动器118可允许将LED光源104的目标强度 L_{TRGT} 从低端强度 L_{LE} 调整到高端强度 L_{HE} 。调光器开关的用户接口的示例在2011年11月1日发布的标题为LOAD CONTROL DEVICE HAVING A VISUAL INDICATION OF ENERGY SAVINGS AND USAGE INFORMATION的共同转让的美国专利第8,049,427号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0027] 图2是示例调光器开关200的简化框图,所述调光器开关可被部署为图1的调光器开关100。调光器开关200可包括双向半导体开关210,诸如晶闸管(例如,双向三极晶闸管和/或一个或多个硅控整流器(SCR))、全波整流桥中的场效应晶体管(FET)、处于反串联连接的两个FET、一个或多个绝缘栅双极结型晶体管(IGBT)、或其他合适的开关电路。双向半导体开关210可耦合在热端子H与调光热端子DH之间以产生相位控制电压 V_{PC} 并将负载电流 I_{LOAD} 传导通过电负载(例如,图1所示的照明负载101),以便控制传递到电负载的电力量。双向半导体开关210可包括电耦合到热端子H的第一主端子222和电耦合到调光热端子DH的第二主端子224。

[0028] 调光器开关200可包括机械气隙开关212,所述机械气隙开关电耦合到热端子H并且与双向半导体开关210串联。当气隙开关212断开时,电负载可被关断。当气隙开关212闭合时,调光器开关200可被配置为控制双向半导体开关210以控制传递到电负载的电力量。气隙开关212可机械耦合到调光器开关200的用户接口的致动器(例如,翘板开关116),使得开关可响应于致动器的致动而断开和闭合。

[0029] 调光器开关200可包括控制电路214,所述控制电路被配置为使用相位控制技术(例如,正相或反相控制技术)来控制双向半导体开关210,以控制传递到电负载的电力量(例如,控制照明负载101的强度)。当使用正相控制技术时,控制电路214可使双向半导体开关210在AC电源的每个半周期的触发时间(例如,在触发角处)导通。控制电路214可被配置

为将触发时间从一个半周期调整到下一半周期,以从最小强度 L_{MIN} (例如,约1%)到最大强度 L_{MAX} (例如,约100%)来控制目标强度 L_{TRGT} 。

[0030] 调光器开关200可包括用于接收用户输入的一个或多个致动器216(例如,图1所示的调光器开关100的翘板开关116和强度调整致动器118)和/或用于向调光器开关的用户提供反馈的一个或多个视觉指示器218。控制电路214可被配置为响应于致动器216中的一个或多个的致动来控制双向半导体开关210(例如,接通和关断照明负载101和/或调整照明负载101的强度)。控制电路214可被配置为照亮视觉指示器218中的一个或多个以向用户提供反馈(例如,指示照明负载101的状态和/或强度水平的反馈)。

[0031] 调光器开关200可包括可控射频干扰(RFI)滤波器电路220。可控RFI滤波器电路220可电耦合在热端子H与调光热端子DH之间。例如,可控RFI滤波器电路220可包括耦合在热端子H与调光热端子DH之间的一个或多个滤波器部件(例如,一个或多个滤波器电容器)。另外,可控RFI滤波器电路220可耦合在双向半导体开关210的第二主端子224与调光热端子DH之间。例如,可控RFI滤波器电路220可包括与双向半导体开关210串联(例如,与双向半导体开关的第二主端子224串联)的一个或多个滤波器部件(例如,一个或多个滤波器电感器或扼流圈)。

[0032] 控制电路214可耦合到可控RFI滤波器电路220,以控制可控RFI滤波器电路220的滤波特性(例如,热端子H与调光热端子DH之间的可控RFI滤波器电路的阻抗或阻抗水平和/或与双向半导体开关串联的可控RFI滤波器电路的阻抗或阻抗水平)。例如,控制电路214可被配置为控制可控RFI滤波器电路220以使耦合在热端子H与调光热端子DH之间的滤波器电容器进行连接和断开连接。另外,控制电路214可被配置为控制可控RFI滤波器电路220以调整耦合在热端子H与调光热端子DH之间的滤波器电容器的电容。

[0033] 控制电路214可控制可控RFI滤波器电路220,以作为LC滤波器电路(例如,电感器-电容器滤波器电路)或RLC滤波器电路(例如,电阻器-电容器-电感器滤波器电路)进行操作。如果可控RFI滤波器电路220包括电感电路(例如,一个或多个滤波器电感器)和电容电路(例如,一个或多个滤波器电容器),则可控RFI滤波器电路220可被配置为LC滤波器电路。例如,控制电路214可被配置为控制可控RFI滤波器电路220以将电容电路连接在热端子H与调光热端子DH之间和/或将电感电路连接在调光热端子DH与双向半导体开关之间。可控RFI滤波器电路220还可包括电阻电路(例如,一个或多个滤波器电阻器),并且例如,控制电路可被配置为控制可控RFI滤波器电路220以可控地使电阻电路与电容电路的串联连接进行连接和断开连接。如果电阻电路与电容电路串联耦合在热端子H与调光热端子DH之间,并且电感电路耦合在调光热端子DH与双向半导体开关之间,那么可控RFI滤波器电路220可被配置为RLC滤波器电路。

[0034] 控制电路214可被配置为响应于电负载的状态(例如,功率状态)来控制可控RFI滤波器电路220。例如,控制电路214可被配置为当电负载接通时(例如,当电负载处于第一功率状态时)使热端子H与调光热端子DH之间的电容电路连接和/或增加其电容,并且当电负载关断时(例如,当电负载处于第二功率状态时)使热端子H与调光热端子DH之间的电容电路断开连接和/或减小其电容。

[0035] 此外,控制电路214可被配置为控制可控RFI滤波器电路220,以在调光器开关200将照明负载接通时(例如,在接通序列期间)在热端子H与调光热端子DH之间提供与在调光

器开关200处于稳态条件时不同的阻抗。例如,控制电路214可被配置为在气隙开关212闭合以接通照明负载之后的接通时段(例如,预定时间量)期间使热端子H与调光热端子DH之间的电容电路断开连接和/或减小其电容,并且在接通时间段之后(例如,在接通时段结束时)使热端子H与调光热端子DH之间的电容电路连接和/或增加其电容。

[0036] 控制电路214可被配置为控制可控RFI滤波器电路220,以便在调光器开关200的调光范围的不同部分期间在热端子H与调光热端子DH之间提供不同的阻抗。例如,控制电路214可在调光范围的中间附近(例如,当目标强度 L_{TRGT} 在25%与75%之间时)使热端子H与调光热端子DH之间的电容电路连接和/或增加其电容,并且在调光范围的其他部分期间(例如,当目标强度 L_{TRGT} 小于25%和大于75%时)使热端子H与调光热端子DH之间的电容电路断开连接和/或减小其电容。也就是说,控制电路可确定强度水平 L_{TRGT} 是否在低强度阈值 L_{LOW} (例如,25%强度)与高强度阈值 L_{HIGH} (例如,75%强度)之间,以及是否增加热端子H与调光热端子DH之间的电容电路的电容。

[0037] 图3是另一示例调光器开关300(例如,模拟调光器开关)的简化框图,所述调光器开关可被部署为图1的调光器开关100和/或图2的调光器开关200。调光器开关300可包括可耦合在热端子H与调光热端子DH之间的双向半导体开关,例如,晶闸管,诸如双向三极晶闸管310。双向三极晶闸管310可包括电耦合到热端子H的第一主端子和电耦合到调光热端子DH的第二主端子。双向三极晶闸管310可包括栅极端子(例如,控制输入端),其可接收用于使双向三极晶闸管导通的控制信号。可选地,调光器开关300的双向半导体开关可包括整流桥中的场效应晶体管(FET)、以反串联连接进行电耦合的两个FET,和/或一个或多个绝缘栅双极结型晶体管(IGBT)。

[0038] 调光器开关300可包括机械气隙开关312,所述机械气隙开关电耦合到热端子H并且与双向三极晶闸管310串联,使得当开关断开时,电负载可关断。气隙开关312可机械耦合到调光器开关300(例如,翘板开关116)的用户接口的致动器,使得开关可响应于致动器的致动而断开和闭合。

[0039] 当气隙开关312闭合时,双向三极晶闸管310可被控制以产生相位控制电压 V_{PC} (例如,正相控制电压)并且将负载电流 I_{LOAD} 传导通过电负载(例如,图1所示的照明负载101),以用于控制传递到电负载的电力量。当传导通过双向三极晶闸管的负载电流 I_{LOAD} 的幅值下降至低于双向三极晶闸管的额定维持电流时,双向三极晶闸管310可变得不导通。相位控制电压 V_{PC} 在不导通时间 T_{NC} 期间在每个半周期开始时可具有大约等于零伏的幅值,并且在剩余的半周期期间(例如,在导通时间 T_{CON} 期间)可具有大约等于AC电源105的AC线路电压 V_{AC} 的幅值的幅值。

[0040] 调光器开关300可包括用于控制双向三极晶闸管310的控制电路314(例如,模拟控制电路)。控制电路314可与双向三极晶闸管310并联耦合(例如,耦合在双向三极晶闸管310的第一主端子与第二主端子之间)。控制电路314可包括定时电路,所述定时电路包括串联耦合在双向三极晶闸管310的第一主端子与第二主端子之间的电位计R315和电容器C316。电位计R315和电容器C316的结可通过触发电路(诸如双向二极管318)耦合到双向三极晶闸管310的栅极。电位计R315的游标可耦合到电位计和电容器C316的结,使得电位计R315在双向三极晶闸管310的第一主端子与电容器C316之间提供可变电阻。电位计R315的游标的位置可由调光器开关300的强度调整致动器(例如,图1所示的调光器开关100的强度调整

致动器118)调整。在每个半周期开始时,电容器C316开始通过电位计R315进行充电。当跨电容器C316的电压超过双向三极晶闸管318的转折电压时(例如,在触发时间),双向三极晶闸管可被配置为将栅极电流的脉冲传导通过双向三极晶闸管310的栅极,从而使双向三极晶闸管导通。可通过改变由电位计R315在双向三极晶闸管310的第一主端子与电容器C316之间提供的电阻来调整电容器C316充电的速率,并由此调整双向三极晶闸管310的触发时间。

[0041] 调光器开关300还可包括可控RFI滤波器电路320。可控RFI滤波器电路320可包括与双向三极晶闸管310的第二主端子串联耦合的电感器L322(例如,滤波器电感器或扼流圈)。可控RFI滤波器电路320可包括串联电耦合在热端子H与调光热端子DH之间的第一电容器C324(例如,第一滤波器电容器)和可控开关325。控制电路314可被配置为使可控开关325导通和不导通,以分别使第一电容器C324在热端子H与调光热端子DH之间的串联连接进行连接和断开连接。可控开关325可为单个晶体管(例如,FET)、光耦合器、继电器或另一类型的可控开关电路。例如,如果可控开关325包括单个FET,那么可使该FET不导通以防止第一电容器C324在正半周期期间充电。在负半周期中,第一电容器C324可被配置为通过FET的体二极管进行充电,但可能不放电,因为FET是不导通的。因此,第一电容器C324可充电至AC电源线路电压 V_{AC} 的大约负峰值,并且传导通过照明负载的泄漏电流的幅值可为大约零安培。

[0042] 可控RFI滤波器电路320还可包括第二电容器C326(例如,第二滤波器电容器),所述第二电容器耦合在热端子H与调光热端子DH之间并且与第一电容器C324和可控开关325的串联组合并联。控制电路314可被配置为使可控开关325不导通,以将热端子H与调光热端子DH之间的电容控制为第一值(例如,通过仅将第二电容器C326耦合在热端子H与调光热端子DH之间)。控制电路314可被配置为使可控开关325导通,以将热端子H与调光热端子DH之间的电容控制(例如,增加)到第二值(例如,通过将第一电容器C324和第二电容器C326并联耦合在热端子H与调光热端子DH之间)。第一电容器C324、可控开关325和第二电容器C326可形成电容电路,例如,可控电容电路。

[0043] 控制电路314可被配置为响应于电负载的状态(例如,双向三极晶闸管310的状态)来控制可控RFI滤波器电路320的可控开关325。例如,控制电路314可被配置为在气隙开关312闭合以接通电负载之后的接通时段期间调整在热端子H与调光热端子DH之间提供的电容。例如,控制电路314可被配置为在气隙开关312闭合之后的接通时段期间使可控开关325不导通,以仅将第二电容器C326耦合在热端子H与调光热端子DH之间。控制电路314可被配置为在接通时段结束之后(例如,当调光器开关300处于稳态条件时)使可控开关325导通,以将第一电容器C324和第二电容器C326并联耦合在热端子H与调光热端子DH之间。

[0044] 控制电路314包括延迟电路330,所述延迟电路被配置为在接通时段之后使可控开关325导通。延迟电路330在双向三极晶闸管310的第一主端子与第二主端子之间并且可响应跨双向三极晶闸管310产生的电压。当双向三极晶闸管310变为导通时,跨双向三极晶闸管310的电压可下降至较小电压(例如,大约一伏),此时延迟电路330可开始接通时段。在接通时段结束时,延迟电路330可使可控开关325导通,以将第一电容器C324和第二电容器C326并联耦合在热端子H与调光热端子DH之间。

[0045] 第二电容器C326可为可选的。例如,如果第二电容器C326不包括在可控RFI滤波器电路320中,那么控制电路314可被配置为使可控开关325不导通以不在热端子H与调光热端子DH之间提供电容,以及使所述可控开关导通以在热端子H与调光热端子DH之间提供某一

电容(例如,电容器C324的电容)。控制电路314可被配置为响应于延迟电路330来控制可控RFI滤波器电路320的可控开关325。例如,控制电路314可被配置为在气隙开关312闭合以接通电负载之后的接通时段期间调整在热端子H与调光热端子DH之间提供的电容。例如,控制电路314可被配置为在气隙开关312闭合之后的接通时段期间使可控开关325不导通,以将第一电容器C324断开连接。控制电路314可被配置为在接通时段结束之后使可控开关325导通,以将第一电容器C324耦合在热端子H与调光热端子DH之间。

[0046] 控制电路314可被配置为控制可控RFI滤波器电路320,以便在调光器开关300的调光范围的不同部分期间在热端子H与调光热端子DH之间提供不同的阻抗。例如,控制电路可包括被配置为确定强度水平 L_{TRGT} 是否在低强度阈值 L_{LOW} (例如,25%强度)与高强度阈值 L_{HIGH} (例如,75%强度)之间的附加电路(未示出)。当强度水平 L_{TRGT} 在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间时(例如,在调光范围的中间附近),控制电路314可将可控开关325闭合以将电容器C324连接在热端子H与调光热端子DH之间以便增加电容。当强度水平 L_{TRGT} 不在低强度阈值 L_{LOW} (例如,25%强度)与高强度阈值 L_{HIGH} 之间时(例如,在调光范围的其他部分期间),控制电路可将可控开关325断开以使电容器C324在热端子H与调光热端子DH之间断开连接以便减小电容。

[0047] 图4是另一示例调光器开关400(例如,数字或“智能”调光器开关)的简化框图,所述调光器开关可被部署为图1的调光器开关100和/或图2的调光器开关200。调光器开关400可包括可耦合在热端子H与调光热端子DH之间的双向半导体开关,例如,晶闸管,诸如双向三极晶闸管410。热端子H可从AC电源(例如,AC电源105)接收热电压 V_H 。双向三极晶闸管410可包括电耦合到热端子H的第一主端子和电耦合到调光热端子DH的第二主端子。双向三极晶闸管410可包括栅极端子(例如,控制输入端),其可接收用于使双向三极晶闸管导通的控制信号。可选地,调光器开关400的双向半导体开关可包括整流桥中的场效应晶体管(FET)、以反串联连接进行电耦合的两个FET,和/或一个或多个绝缘栅双极结型晶体管(IGBT)。

[0048] 调光器开关400可包括机械气隙开关412,所述机械气隙开关电耦合到热端子H并且与双向三极晶闸管410串联,使得当开关断开时,电负载可关断。气隙开关412可机械耦合到调光器开关400的用户接口的致动器,使得开关可响应于致动器的致动而断开和闭合。

[0049] 当气隙开关412闭合时,双向三极晶闸管410可被控制以产生相位控制电压 V_{PC} (例如,正相控制电压)并且将负载电流 I_{LOAD} 传导通过电负载(例如,图1所示的照明负载101),以用于控制传递到电负载的电力量。当传导通过双向三极晶闸管的负载电流 I_{LOAD} 的幅值下降至低于双向三极晶闸管的额定维持电流时,双向三极晶闸管410可变得不导通。相位控制电压 V_{PC} 在不导通时间 T_{NC} 期间在每个半周期开始时可具有大约等于零伏的幅值,并且在剩余的半周期期间(例如,在导通时间 T_{CON} 期间)可具有大约等于AC电源105的AC线路电压 V_{AC} 的幅值的幅值。

[0050] 调光器开关400可包括控制电路414,例如,数字控制电路,所述控制电路具有处理器(诸如,微处理器)、可编程逻辑装置(PLD)、微控制器、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或任何合适的控制器或处理装置。控制电路414可响应于致动器416(例如,翘板开关116和/或强度调整致动器118)。调光器开关400可包括被配置为存储调光器开关的操作特性(例如,低端强度 L_{LE} 、高端强度 L_{HE} 等)的存储器(未示出)。存储器可被实现为外部集成电路(IC)或实现为控制电路414的内部电路。

[0051] 控制电路414的处理器可使得调光器开关400能够向用户提供高级特征和功能。例如,用户可能能够使用高级编程模式来调整调光器开关400的特征和功能。控制电路414可被配置为响应于致动器416的一次或多次致动而进入高级编程模式。例如,用户可调整低端强度 L_{LE} 和高端强度 L_{HE} ,在所述强度之间,控制电路320可控制LED光源104的目标强度 L_{TRGT} 。具有高级编程模式的调光器开关在2007年3月13日发布的标题为PROGRAMMABLE WALLBOX DIMMER的共同转让的美国专利第7,190,125号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。另外,调光器开关400的操作可使用外部编程装置(诸如智能电话、平板计算机或膝上型计算机)进行配置,如在2017年1月10日发布的标题为METHOD OF PROGRAMMING A LOAD CONTROL DEVICE USING A SMART PHONE的共同转让的美国专利第9,544,977号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0052] 调光器开关400可包括电源供应器430,所述电源供应器被配置为将充电电流 I_{CHRG} 传导通过电负载(例如,LED驱动器102),以产生第一DC供应电压 V_{CC1} (例如,大约8伏)和第二DC供应电压 V_{CC2} (例如,大约4伏)来为控制电路414供电。第一DC供应电压 V_{CC1} 和第二DC供应电压 V_{CC2} 两者都可作为电路公共端的参考,并且电源供应器430可将充电电流 I_{CHRG} 传导通过电路公共端。例如,电源供应器430可包括用于产生第一DC供应电压 V_{CC1} 的电阻器-齐纳电源供应器和用于产生第二DC供应电压 V_{CC2} 的高效开关电源供应器。可选地,除了线性调节器、开关电源供应器和电阻器-齐纳电源供应器的任何组合之外,电源供应器430还可包括一个或多个线性调节器或其他合适的电源供应器。如图4所示,调光器开关400可不包括中性端子(例如,以耦合到AC电源105的中性侧N),因此要求电源供应器430将充电电流 I_{CHRG} 传导通过电负载。电源供应器430也没有将充电电流 I_{CHRG} 的任何部分传导通过接地连接,如图4所示。

[0053] 调光器开关400还可包括过零检测电路432,所述过零检测电路可产生指示AC线路电压的过零的过零信号 V_{ZC} 。由于调光器开关400可不包括中性连接和/或接地连接,因此过零检测电路432可耦合在热端子H与调光热端子DH之间,并且可响应于调光器电压 V_{DIM} (例如,跨调光器开关400的电压)。过零检测电路432可被配置为在AC电源的正半周期期间当调光器电压 V_{DIM} 的幅值上升至高于过零阈值(例如,大约30伏)时,驱动过零信号 V_{ZC} 朝向电路公共端降低。控制电路414可接收过零信号 V_{ZC} ,并且可基于来自过零信号的过零的指示来确定在每个半周期何时使双向三极晶闸管410导通。控制电路414可在过零窗口期间在每个线路周期(或每半个周期)对过零信号 V_{ZC} 采样一次,以寻找过零的指示。例如,在正半周期开始时过零信号 V_{ZC} 的下降沿可指示AC电源的过零。控制电路414可基于先前过零时间(例如,从先前过零时间起大约一个线路周期的时段)来确定在过零窗口期间何时对过零信号 V_{ZC} 进行采样。如果控制电路414在预定数量的连续线路周期(例如,大约三个线路周期)中没有检测到过零的指示,那么控制电路可复位。

[0054] 调光器开关400还可包括中性端子(未示出),所述中性端子适于耦合到中性连接(例如,AC电源的中性侧)。例如,电源供应器430可耦合在热端子H与中性端子之间,使得电源供应器可不将充电电流 I_{CHRG} 传导通过电负载。另外,调光器开关400可包括中性端子过零检测电路(未示出),所述中性端子过零检测电路可耦合在热端子H与中性端子之间,以用于产生指示AC电源的过零的过零信号。

[0055] 如果调光器开关400包括中性端子,那么调光器开关400可包括耦合在热端子与调

光热端子之间的过零检测电路432和耦合在热端子H与中性端子之间的中性端子过零检测电路两者。调光器开关400可被配置为响应于中性端子过零检测电路来确定中性端子是否电连接到AC电源的中性侧。调光器开关400可被配置为以双线模式和三线模式进行操作,在所述双线模式中,控制电路414响应于耦合在热端子H与调光热端子DH之间的过零电路432,在所述三线模式中,控制电路响应于中性端子过零检测电路(例如,响应于确定中性端子连接到AC电源的中性侧)。被配置为以双线和三线操作模式进行操作的调光器开关的示例在2010年12月28日发布的标题为ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS AND METHODS的共同转让的美国专利第7,859,815号中更详细地描述,该美国专利的全部公开内容特此以引用的方式并入。

[0056] 调光器开关400还可包括接地端子(未示出),所述接地端子适于耦合到接地连接。例如,电源供应器430可耦合在热端子H与接地端子之间以通过接地连接来泄漏充电电流 I_{CHRG} 的至少一部分(例如,电源供应器可以不将任何充电电流 I_{CHRG} 传导通过电负载)。另外,调光器开关400可包括接地端子过零检测电路(未示出),所述接地端子过零检测电路可耦合在热端子H与接地端子之间,以用于产生指示AC电源的过零的过零信号。

[0057] 调光器开关400可包括串联电耦合在控制电路414与双向三极晶闸管410的栅极端子之间的栅极耦合电路440和可控开关电路450。栅极耦合电路440和可控开关电路450可作为栅极电流路径进行操作,以将栅极电流 I_g 的脉冲传导通过双向三极晶闸管410的栅极端子,以便使双向三极晶闸管导通。

[0058] 栅极耦合电路440可包括电压控制的可控导通装置,诸如以反串联连接耦合在双向三极晶闸管410的栅极与主端子中的第一端子(例如,调光器开关的热端子H)之间的两个MOS栅控晶体管(例如,FET Q442A、Q442B)。FET Q442A、Q442B可包括MOSFET,或者可能可选地由任何合适的电压控制的半导体开关(诸如,例如IGBT)代替。FET Q442A、Q442B的源极可通过两个源极电阻器R448、R449(例如,每个具有大约 $10\ \Omega$ 的电阻)耦合在一起。源极电阻器R448、R449可操作以将传导通过双向三极晶闸管410的栅极的栅极电流 I_g 的幅值限于最大栅极电流(例如,大约0.6amp)。源极电阻器R448、R449的结可为电源供应器430提供电路公共端,以允许电源供应器将充电电流 I_{CHRG} 传导通过电负载。

[0059] 栅极耦合电路440可以包括允许独立控制FET Q442A、Q442B的第一栅极驱动电路444和第二栅极驱动电路446。控制电路320可产生两个驱动信号 V_{DR1} 、 V_{DR2} ,所述两个驱动信号由相应的栅极驱动电路340、350接收以使相应的FET Q442A、Q442B导通和不导通,使得双向三极晶闸管410可导通以将负载电流 I_{LOAD} 传导到电负载。例如,控制电路414可驱动相应的驱动信号 V_{DR1} 、 V_{DR2} 朝向第二供应电压 V_{CC2} 升高,以使相应的栅极驱动电路444、446导通。调光器开关400还可包括全波整流桥,所述全波整流桥可包括FET Q442A、Q442B的体二极管和二极管D434A、D434B,并且可产生由控制电路414和电源供应器430接收的整流电压 V_{RECT} 。

[0060] 控制电路414可产生用于使可控开关电路450导通和不导通的开关控制信号 V_{SW} 。当可控开关电路450导通时,控制电路414可使FET Q442A、Q442B导通以允许栅极耦合电路440将栅极电流 I_g 的脉冲传导通过双向三极晶闸管410的栅极端子以使双向三极晶闸管导通,例如,在每个半周期的触发时间,如相对于AC线路电压的先前过零确定的。当以脉冲栅极驱动模式操作时,控制电路414可控制驱动信号 V_{DR1} 、 V_{DR2} 以使FET Q332A、Q332B两者都不导通(例如,在短脉冲时间段 T_{PULSE} 之后)。

[0061] 调光器开关400可包括电阻器R436,所述电阻器可具有例如大约 $90.9\ \Omega$ 的电阻并且可耦合在双向三极晶闸管410的栅极与主端子中的第二端子之间(例如,耦合到调光器开关的调光热端子DH)。栅极耦合电路440和电阻器R338可作为用于传导负载电流 I_{LOAD} 的替代路径操作。当以恒定栅极驱动模式操作时,控制电路414可被配置为在双向三极晶闸管410变得不导通之后且在当前半周期结束之前控制栅极耦合电路440的FET Q442A、Q442B以将负载电流 I_{LOAD} 传导到电负载。控制电路414可被配置为在AC线路电压的每个半周期结束之前使可控开关电路450不导通,以将双向三极晶闸管410的栅极端子与栅极耦合电路440的FET Q442A、Q442B断开连接,使得双向三极晶闸管能够在半周期结束之前换向为断开。

[0062] 调光器开关400还可包括可控RFI滤波器电路420。可控RFI滤波器电路420可包括与双向三极晶闸管410的第二主端子串联耦合的电感器L422(例如,滤波器电感器或扼流圈)。可控RFI滤波器电路420可包括与第一可控开关425串联电耦合的第一电容器C424(例如,第一滤波器电容器)。可控RFI滤波器电路420还可包括第二电容器C426(例如,第二滤波器电容器),所述第二电容器可与第一电容器C324和第一可控开关425的串联组合并联耦合以形成滤波器电容器网络。第一电容器C424、可控开关425和第二电容器C426可形成电容电路,例如,可控电容电路。

[0063] 可控RFI滤波器电路420还可包括电阻器R428。滤波器电容器网络可与电阻器R428(例如,滤波器电阻器)串联耦合在热端子H与调光热端子之间。可控RFI滤波器电路420还可包括与电阻器R428并联耦合的第二可控开关429。控制电路414可被配置为使第二可控开关429导通以使电阻器R428短路,使得滤波器电容器网络耦合在热端子H与调光热端子DH之间(例如,以将可控RFI滤波器电路420配置为LC滤波器电路)。控制电路414可被配置为使第二可控开关429不导通以将电阻器R428与滤波器电容器网络串联连接在热端子H与调光热端子DH之间(例如,以将可控RFI滤波器电路420配置为RLC滤波器电路)。电阻器R428和可控开关429可形成电阻电路,例如,可控电阻电路。在一些示例中,电阻器R428和第二可控开关429也可从调光器开关400中省略,并且例如,可用短路代替以提供可控LC电路(例如,使得可控RFI滤波器电路420用作可控LC电路)。可控开关425和/或429可为单个晶体管(例如,FET)、光耦合器、继电器或另一类型的可控开关电路。

[0064] 控制电路414可被配置为使第一可控开关425不导通以将热端子H与调光热端子DH之间的电容控制为第一值(例如,通过仅将第二电容器C426耦合在热端子H与调光热端子DH之间),例如,当第二可控开关429导通时。控制电路414可被配置为使第一可控开关425导通以将热端子H与调光热端子DH之间的电容控制(例如,增加)到第二值(例如,通过将第一电容器C424和第二电容器C426并联耦合在热端子H与调光热端子DH之间)。在一些示例中,可控RFI滤波器电路420可包括第一电容器C424,但不包括第二电容器C426。在这样的示例中,控制电路414可被配置为使第一可控开关425不导通和导通,以相应地在第一电容(例如,零电容)与第二电容(例如,由第一电容器C424提供的电容)之间变化热端子H与调光热端子DH之间的电容。

[0065] 控制电路414可被配置为调整可控RFI滤波器电路420的滤波特性(例如,控制可控RFI滤波器电路420的电容和/或电阻)。例如,控制电路414可基于例如一个或多个因素(诸如电负载的状态(例如,电负载接通还是关断、电负载的强度、在接通时段期间或之后等))而使可控RFI滤波器电路420在LC滤波器电路与RLC滤波器电路之间切换。此外,如下面更详

细地讨论,控制电路414可被配置为当处于高级编程模式时调整可控RFI滤波器电路420的滤波特性。

[0066] 控制电路414可被配置为响应于电负载的状态(例如,双向三极晶闸管410的状态)来控制可控RFI滤波器电路420的第一可控开关425和/或第二可控开关429。例如,控制电路414可被配置为当电负载关断时使第一可控开关425不导通,以仅将第二电容器C426耦合在热端子H与调光热端子DH之间。可选地或另外地,控制电路414可被配置为当电负载关断时使第二可控开关429不导通,以将电阻器R428与滤波器电容器网络串联连接在热端子H与调光热端子DH之间。控制电路414可被配置为当电负载接通时使第一可控开关425导通,以将第一电容器C424和第二电容器C426并联耦合在热端子H与调光热端子DH之间。而且可选地或另外地,控制电路414可被配置为当电负载接通时使第二可控开关429导通,以使电阻器R428在热端子H与调光热端子DH之间短路。在一些示例中,控制电路可响应于将电负载接通而在使第一可控开关425导通与使第二可控开关429不导通之间施加延迟。

[0067] 控制电路414可被配置为控制第一可控开关425和/或第二可控开关429,以在调光器开关400将照明负载接通时(例如,在接通序列期间)在热端子H与调光热端子DH之间提供与在调光器开关400处于稳态条件时不同的阻抗。控制电路414可被配置为在致动器416中的一个被致动以接通电负载之后和/或在气隙开关412闭合以接通电负载之后的接通时段期间调整在热端子H与调光热端子DH之间提供的阻抗(例如,阻抗水平)。例如,控制电路414可被配置为在接通时段期间使第一可控开关425不导通,以仅将第二电容器C426耦合在热端子H与调光热端子DH之间。可选地或另外地,控制电路414可被配置为在接通时段期间使第二可控开关429不导通,以将电阻器R428与滤波器电容器网络串联连接在热端子H与调光热端子DH之间。控制电路414可被配置为在接通时段结束之后(例如,在稳态期间)使第一可控开关425导通,以将第一电容器C424和第二电容器C426并联耦合在热端子H与调光热端子DH之间。而且可选地或另外地,控制电路414可被配置为在接通时段结束之后(例如,在稳态期间)使第二可控开关429导通,以使电阻器R428在热端子H与调光热端子DH之间短路。在一些示例中,控制电路可在接通时段结束之后在使第一可控开关425导通与使第二可控开关429不导通之间施加延迟。

[0068] 控制电路414可被配置为控制可控RFI滤波器电路420,以便在调光器开关400的调光范围的不同部分期间在热端子H与调光热端子DH之间提供不同的阻抗。例如,当强度水平 L_{TRGT} 在低强度阈值 L_{LOW} (例如,25%强度)与高强度阈值 L_{HIGH} (例如,75%强度)之间时(例如,在调光范围的中间附近),诸如当双向三极晶闸管410在AC线路电压的峰值附近进行切换时,控制电路414可将可控开关425闭合以将电容器C424连接在热端子H与调光热端子DH之间以便增加电容。可选地或另外地,当强度水平 L_{TRGT} 在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间时(例如,在调光范围的中间附近),控制电路414可将可控开关429闭合以减小可控RFI滤波器电路420的电阻。当强度水平 L_{TRGT} 不在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间时(例如,在调光范围的其他部分期间),控制电路可将可控开关425断开以使电容器C424在热端子H与调光热端子DH之间断开连接以便减小电容。可选地或另外地,当强度水平 L_{TRGT} 不在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间时(例如,在调光范围的其他部分期间),控制电路414可将可控开关429断开以增加可控RFI滤波器电路420的电阻。在一些示例中,控制电路可在转变进入和退出调光范围的中间时在使第一可控开关425导通与使第二可控开关429不导通

之间施加延迟。

[0069] 此外,在一些示例中,控制电路414可被配置为控制可控RFI滤波器电路420,以便在调光器开关400的调光范围的上端处(例如,当目标强度高于80%时)在热端子H与调光热端子DH之间提供不同的阻抗。例如,当目标强度 L_{TRGT} 高于调光范围的上限阈值(例如,高于80%)时,控制电路414可将可控开关425断开以使电容器C424断开连接和/或将可控开关429断开以将电阻器R428连接在热端子H与调光热端子DH之间。另外,当目标强度 L_{TRGT} 低于调光范围的上限阈值且电负载接通(例如,在最小强度水平与80%之间)时,控制电路414可将可控开关425闭合以连接电容器C424和/或将可控开关429闭合以使电阻器R428在热端子H与调光热端子DH之间短路。最终,当电负载关断时,控制电路414可将可控开关425断开以使电容器C424断开连接和/或将可控开关429断开以将电阻器R428连接在热端子H与调光热端子DH之间。

[0070] 调光器开关400还可包括调光器电压测量电路460,所述调光器电压测量电路可电耦合在热端子H与调光热端子DH之间(例如,与双向三极晶闸管410和可控RFI滤波器电路420并联)。调光器电压测量电路460可产生调光器电压反馈信号 V_{DV} ,所述反馈信号可指示跨调光器开关400形成的电压的幅值。例如,调光器电压测量电路460可包括缩放电路,诸如电阻分压器电路,使得调光器电压反馈信号 V_{DV} 是跨调光器开关400形成的电压的缩放版本。

[0071] 控制电路414可接收调光器电压反馈信号 V_{DV} 。例如,控制电路414可包括用于对调光器电压反馈信号 V_{DV} 进行采样的模数转换器(ADC)。控制电路414可被配置为在控制电路在触发时间使双向三极晶闸管410导通之后在采样窗口 T_{SAMPLE} 期间周期性地对调光器电压反馈信号 V_{DV} 进行多次采样。控制电路414可被配置为在双向三极晶闸管410从不导通状态转变到导通状态时确定调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} (例如,调光器电压反馈信号 V_{DV} 的变化率)。如果调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 的幅值(例如,斜率 m_{DV} 的绝对值)太高(例如,超过预定阈值 TH_{SLOPE}),那么控制电路414可控制可控RFI滤波器电路420来调整可控RFI滤波器电路420的滤波特性。例如,控制电路414可被配置为当调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 的幅值超过预定阈值 TH_{SLOPE} 时将可控开关425闭合以将电容器C424连接在热端子H与调光热端子DH之间,以增加可控RFI滤波器电路420的电容。控制电路414可被配置为当调光器开关400第一次通电和/或调光器开关400每次通电时(例如,当气隙开关412从断开状态调整到闭合状态时)响应于调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 来调整可控RFI滤波器电路420的滤波特性。控制电路414可被配置为将可控RFI滤波器电路420的确定的滤波特性(例如,可控开关425、429的状态)存储在存储器中。

[0072] 尽管未示出,但可控RFI滤波器电路420可包括任意数量的电容器、电阻器和/或相关联的可控开关。此外,在一些示例中,可控RFI滤波器电路420可包括多个电感器。例如,可控RFI滤波器电路420可包括多个RLC电路,所述多个RLC电路可由控制电路414控制以基于例如电负载的状态而合闸/拉闸。此外,可控RFI滤波器电路420可包括更多的电阻器和/或电容器以及更多相关联的开关,它们可由控制电路414控制以例如允许控制电路414更精确地控制可控RFI滤波器电路420的阻抗。

[0073] 另外,应理解,在一些示例中,调光器开关400可被配置为使用高级编程模式来调整可控RFI滤波器电路420的操作和/或滤波特性。例如,当控制电路414处于高级编程模式时,控制电路414可响应于接收到的用户输入(例如,致动器416中的一个或多个的手动致

动)来调整可控RFI滤波器电路420的阻抗(例如,电容和/或电阻)。另外,高级编程模式可用于使负载控制装置在多个滤波器模式之间改变。例如,滤波器模式可包括,但不限于:第一滤波器模式,其中将第二可控开关429闭合并且可控制第一可控开关425以改变可控RFI滤波器电路420的电容值(例如,对可控开关429的控制被禁用);以及第二滤波器模式,其中可控制第二可控开关429以使可控RFI滤波器电路420在LC滤波器电路与RLC滤波器电路之间改变(例如,对可控开关429的控制被启用)。此外,用户可启用或禁用控制电路414来调整(例如,自动调整)可控RFI滤波器电路420的阻抗和/或滤波器模式。

[0074] 图5是可由负载控制装置的控制电路(诸如调光器开关100的控制电路、调光器开关200的控制电路214、调光器开关300的控制电路314和/或调光器开关400的控制电路414)执行的滤波器电路控制过程500的流程图。控制电路可周期性地执行控制过程500。在510处,控制电路可确定电负载的状态。例如,控制电路可基于负载控制装置的双向半导体开关的状态(例如,基于双向半导体开关是导通还是不导通)来确定电负载的状态。

[0075] 在520处,控制电路可确定电负载是接通还是关断。如果在520处,控制电路确定电负载关断,那么在退出控制过程500之前,控制电路可在530处针对第一电容水平和/或在540处针对第一电阻水平来配置滤波器电路(例如,可控RFI滤波器电路,诸如可控RFI滤波器电路220、可控RFI滤波器电路320或可控RFI滤波器电路420)。如果在520处,控制电路确定电负载接通,那么在退出控制过程500之前,控制电路可在550处针对第二电容水平和/或在560处针对第二电阻水平来配置滤波器电路(例如,可控RFI滤波器电路)。控制电路可通过将滤波器电路的一个或多个可控开关(例如,可控开关325、可控开关425、可控开关429等)闭合来针对第二电容和/或电阻水平配置滤波器电路。在一些示例中,第二电容水平可大于第一电容水平,并且第二电阻水平可小于第一电阻水平。

[0076] 此外,尽管参考第一和第二电容水平以及第一和第二电阻水平进行了描述,但可仅利用第一和第二电容水平或者第一和第二电阻水平来配置控制过程500。也就是说,在一些示例中,不管控制电路确定电负载是接通还是关断(例如,不管电负载的状态如何),控制程序500都可被配置为保持电容或电阻恒定。例如,如果例如滤波器电路不包括开关和电容器/电阻器(例如,如果从可控RFI滤波器电路420中省略了电阻器R428和可控开关429),那么电容或电阻可保持恒定。另外,滤波器电路可简单地包括与开关串联耦合的电容器(例如,如果从可控RFI滤波器电路420中省略了第二电容器C426、电阻器R428和可控开关429的话),使得第二电容水平可为基本上没有电容。最后,应理解,在一些示例中,当在执行控制过程500时利用第一/第二电容和/或第一/第二电阻来配置滤波器电路时,控制电路可同时地或有延迟地控制可控开关。

[0077] 图6是可由负载控制装置的控制电路(诸如调光器开关100的控制电路、调光器开关200的控制电路214、调光器开关300的控制电路314和/或调光器开关400的控制电路414)执行的滤波器电路控制过程600的流程图。控制电路可周期性地执行控制过程600。在610处,控制电路可接收用于接通电负载的输入。例如,控制电路可经由负载控制装置的致动器(例如,翘板开关116、致动器216和/或致动器416)和/或经由从远程开关接收的信号来接收用于接通电负载的输入。在620处,控制电路可响应于接收到输入而控制双向半导体开关(例如,双向三极晶闸管410)以接通电负载。

[0078] 在一些示例中,控制电路可在610处从耦合到控制电路的致动器(例如,致动器

416) 接收用于接通电负载的输入。此外, 在一些示例中, 控制电路可在610处从气隙开关的闭合接收用于接通电负载的输入, 所述闭合向控制电路提供电力(例如, 因此, 向控制电路供电就是用于接通电负载的输入)。例如, 调光器开关的致动器(例如, 双态切换致动器)可耦合到调光器开关的气隙开关(例如, 气隙开关412), 并且当气隙开关闭合时, 可向控制电路提供电力, 并且在620处, 控制电路可控制双向半导体开关以接通负载。此外, 在一些示例中, 例如, 如果负载控制装置是智能调光器(例如, 调光器开关400), 那么气隙开关可在控制电路接收到用于接通电负载的输入之前闭合, 其中即使在负载控制装置没有为电负载供电时, 气隙开关也被控制在闭合位置。在这样的情况下, 控制电路可在610处经由致动器(例如, 通过检测致动器的致动)、经由无线控制信号等等来接收用于接通电负载的输入。

[0079] 在630处, 控制电路可针对第一电容水平和/或第一电阻水平来配置滤波器电路(例如, 可控RFI滤波器电路)。然后, 在640处, 控制电路可等待预定时间量(例如, 通过使用延迟电路)。预定时间量可基于AC电源的特定数量的线路周期。在预定时间量之后, 在退出控制过程600之前, 控制电路可在650处针对第二电容水平和/或第二电阻水平来配置滤波器电路(例如, 可控RFI滤波器电路)。控制电路可通过将滤波器电路的一个或多个可控开关(例如, 可控开关325、可控开关425、可控开关429等)闭合来针对第二电容和/或电阻水平配置滤波器电路。第二电容水平和第二电阻水平可分别大于第一电容水平和第一电阻水平。

[0080] 此外, 尽管参考第一和第二电容水平以及第一和第二电阻水平进行了描述, 但可仅利用第一和第二电容水平或者第一和第二电阻水平来配置控制过程600。也就是说, 在一些示例中, 不管控制电路确定电负载是接通还是关断(例如, 不管电负载的状态如何), 控制程序600都可被配置为保持电容或电阻恒定。例如, 如果例如滤波器电路不包括开关和电容器/电阻器(例如, 如果从可控RFI滤波器电路420中省略了电阻器R428和可控开关429), 那么电容或电阻可保持恒定。另外, 滤波器电路可简单地包括与开关串联耦合的电容器(例如, 如果从可控RFI滤波器电路420中省略了第二电容器C426、电阻器R428和可控开关429的话), 使得第二电容水平可为基本上没有电容。最后, 应理解, 在一些示例中, 当在执行控制过程600时利用第一/第二电容和/或第一/第二电阻来配置滤波器电路时, 控制电路可同时地或有延迟地控制可控开关。

[0081] 图7是可由负载控制装置的控制电路(诸如调光器开关100的控制电路、调光器开关200的控制电路214、调光器开关300的控制电路314和/或调光器开关400的控制电路414)执行的滤波器电路控制过程700的流程图。控制电路可周期性地执行控制过程700。在710处, 控制电路可确定电负载的强度水平 L_{TRGT} 。例如, 控制电路可基于从负载控制装置的强度调整致动器接收到的信息来确定电负载的强度水平 L_{TRGT} 。

[0082] 在720处, 控制电路可确定强度水平 L_{TRGT} 是否在低强度阈值 L_{LOW} (例如, 25%强度)与高强度阈值 L_{HIGH} (例如, 75%强度)之间。如果在720处, 控制电路确定强度水平 L_{TRGT} 不在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间, 那么在退出控制过程700之前, 控制电路可在730处针对第一电容水平和/或在740处针对第一电阻水平来配置滤波器电路(例如, 可控RFI滤波器电路)。如果在720处, 控制电路确定强度水平 L_{TRGT} 在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间, 那么在退出控制过程700之前, 控制电路可在750处针对第二电容水平和/或在760处针对第二电阻水平来配置滤波器电路(例如, 可控RFI滤波器电路)。控制电路可通过将滤波器电路的一个或多个可控开关(例如, 可控开关325、可控开关425、可控开关429等)闭合来针对第

二电容和/或电阻水平配置滤波器电路。第二电容水平和第二电阻水平可分别大于第一电容水平和第一电阻水平。

[0083] 此外,尽管参考第一和第二电容水平以及第一和第二电阻水平进行了描述,但可仅利用第一和第二电容水平或者第一和第二电阻水平来配置控制过程700。也就是说,在一些示例中,不管控制电路确定强度水平 L_{TRGT} 是否在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间,控制过程700都可被配置为保持电容或电阻恒定。当在执行控制过程700时利用第一/第二电容和/或第一/第二电阻来配置滤波器电路时,控制电路可同时地或有延迟地控制可控开关。

[0084] 图8是可由负载控制装置的控制电路(诸如调光器开关100的控制电路、调光器开关200的控制电路214、调光器开关300的控制电路314和/或调光器开关400的控制电路414)执行的滤波器电路控制过程800的流程图。控制电路可例如在负载控制装置启动时(例如,在负载控制装置第一次通电和/或负载控制装置每次通电时由控制电路执行的启动例程期间)执行控制过程800。在810处,控制电路可检测AC线路电压的过零(例如,响应于由调光器开关400的过零检测电路432产生的过零信号 V_{ZC})。在820处,控制电路可在AC线路电压的当前半周期期间的触发时间(例如,如从在810处检测到的过零开始计时)使调光器开关的双向半导体开关(例如,双向三极晶闸管410)导通。例如,控制电路可基于从负载控制装置的强度调整致动器接收到的信息来确定触发时间的值。

[0085] 控制电路可响应于调光器电压反馈信号 V_{DC} (例如,由图4所示的调光器电压测量电路460产生的调光器电压反馈信号 V_{DC}),所述信号可指示跨调光器开关形成的电压的幅值。在830处,控制电路可在控制电路在触发时间使双向半导体开关导通之后在采样窗口 T_{SAMPLE} 期间周期性地对调光器电压反馈信号 V_{DC} 进行多次采样。在840处,控制电路可通过处理在采样窗口 T_{SAMPLE} 期间采样的调光器电压反馈信号 V_{DC} 的值来确定当双向半导体开关从不导通状态转变到导通状态时调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 。例如,在840处,控制电路可对在采样窗口 T_{SAMPLE} 期间采样的调光器电压反馈信号 V_{DC} 的值执行最小二乘拟合,以确定调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 。另外,控制电路可在840处根据在采样窗口 T_{SAMPLE} 期间采样的调光器电压反馈信号 V_{DC} 的值的最大值 V_{MAX} 和最小值 V_{MIN} 来确定调光器电压反馈信号 V_{DC} 的斜率(例如, $m_{DV} = |(V_{MAX} - V_{MIN}) / T_{SAMPLE}|$)。

[0086] 在850处,控制电路可确定调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 的幅值(例如,斜率 m_{DV} 的绝对值)是否大于或等于预定阈值 TH_{SLOPE} 。如果在850处,调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 的幅值大于或等于预定阈值 TH_{SLOPE} ,那么控制电路可在860处针对第一电容水平和/或在870处针对第一电阻水平来配置滤波器电路(例如,可控RFI滤波器电路)。如果在850处,控制电路确定调光器电压反馈信号 V_{DV} 的斜率 m_{DV} 的幅值小于预定阈值 TH_{SLOPE} ,那么控制电路可在880处针对第二电容水平和/或在890处针对第二电阻水平来配置滤波器电路(例如,可控RFI滤波器电路)。控制电路可通过将滤波器电路的一个或多个可控开关(例如,可控开关325、可控开关425、可控开关429等)闭合来针对第二电容和/或电阻水平配置滤波器电路。第一电容水平和第一电阻水平可分别大于第二电容水平和第二电阻水平。在895处,控制电路可在退出控制过程800之前将滤波器电路的可控开关(例如,可控开关325、425、429)的状态存储在存储器中。

[0087] 此外,尽管参考第一和第二电容水平以及第一和第二电阻水平进行了描述,但可

仅利用第一和第二电容水平或者第一和第二电阻水平来配置控制过程800。也就是说,在一些示例中,不管控制电路确定强度水平 L_{TRGT} 是否在低强度阈值 L_{LOW} 与高强度阈值 L_{HIGH} 之间,控制过程800都可被配置为保持电容或电阻恒定。例如,如果例如滤波器电路不包括开关和电容器/电阻器(例如,如果从可控RFI滤波器电路420中省略了电阻器R428和可控开关429),那么电容或电阻可保持恒定。另外,滤波器电路可简单地包括与开关串联耦合的电容器(例如,如果从可控RFI滤波器电路420中省略了第二电容器C426、电阻器R428和可控开关429的话),使得第二电容水平可为基本上没有电容。最后,应理解,在一些示例中,当在执行控制过程800时利用第一/第二电容和/或第一/第二电阻来配置滤波器电路时,控制电路可同时地或有延迟地控制可控开关。

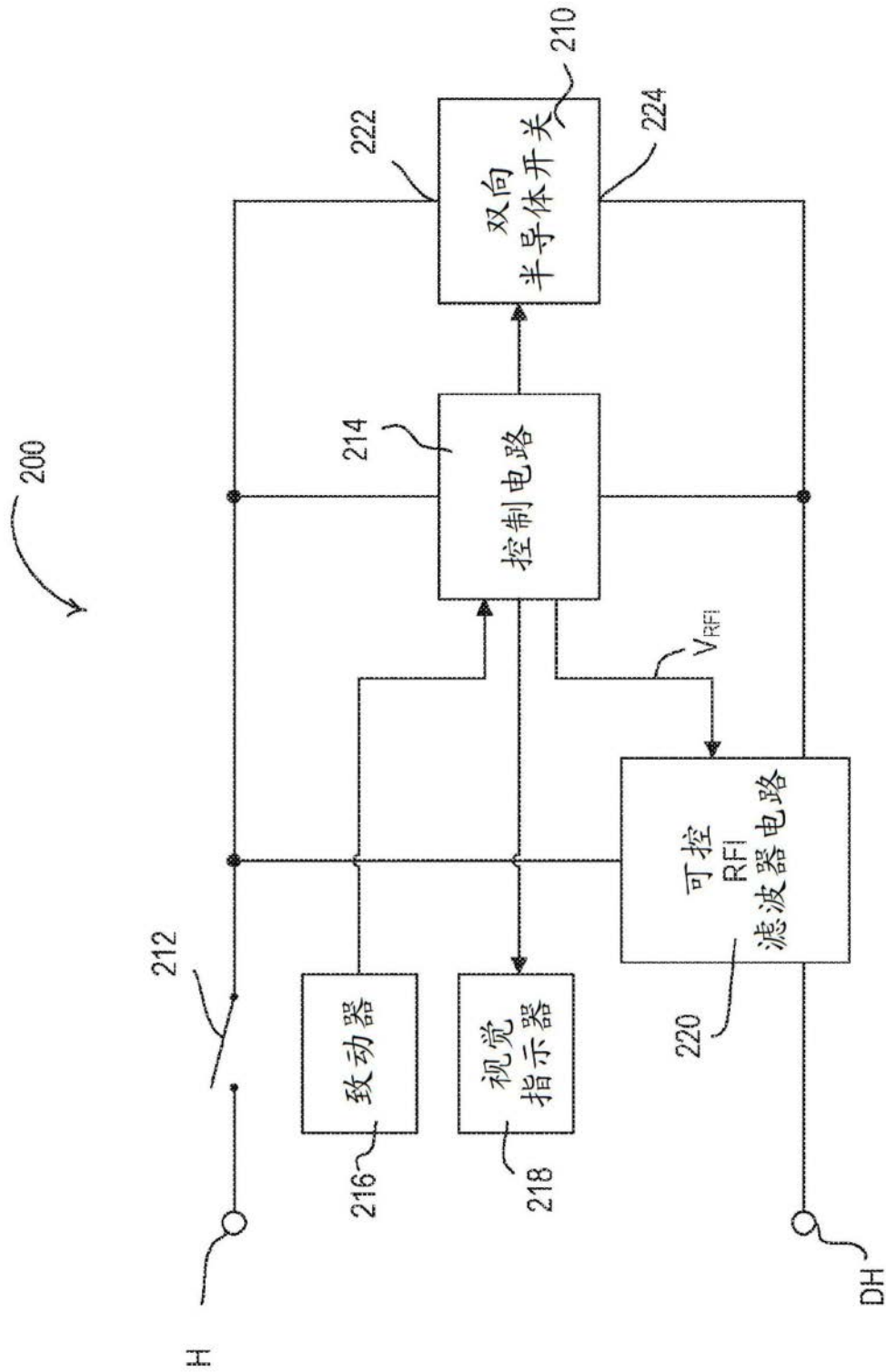


图2

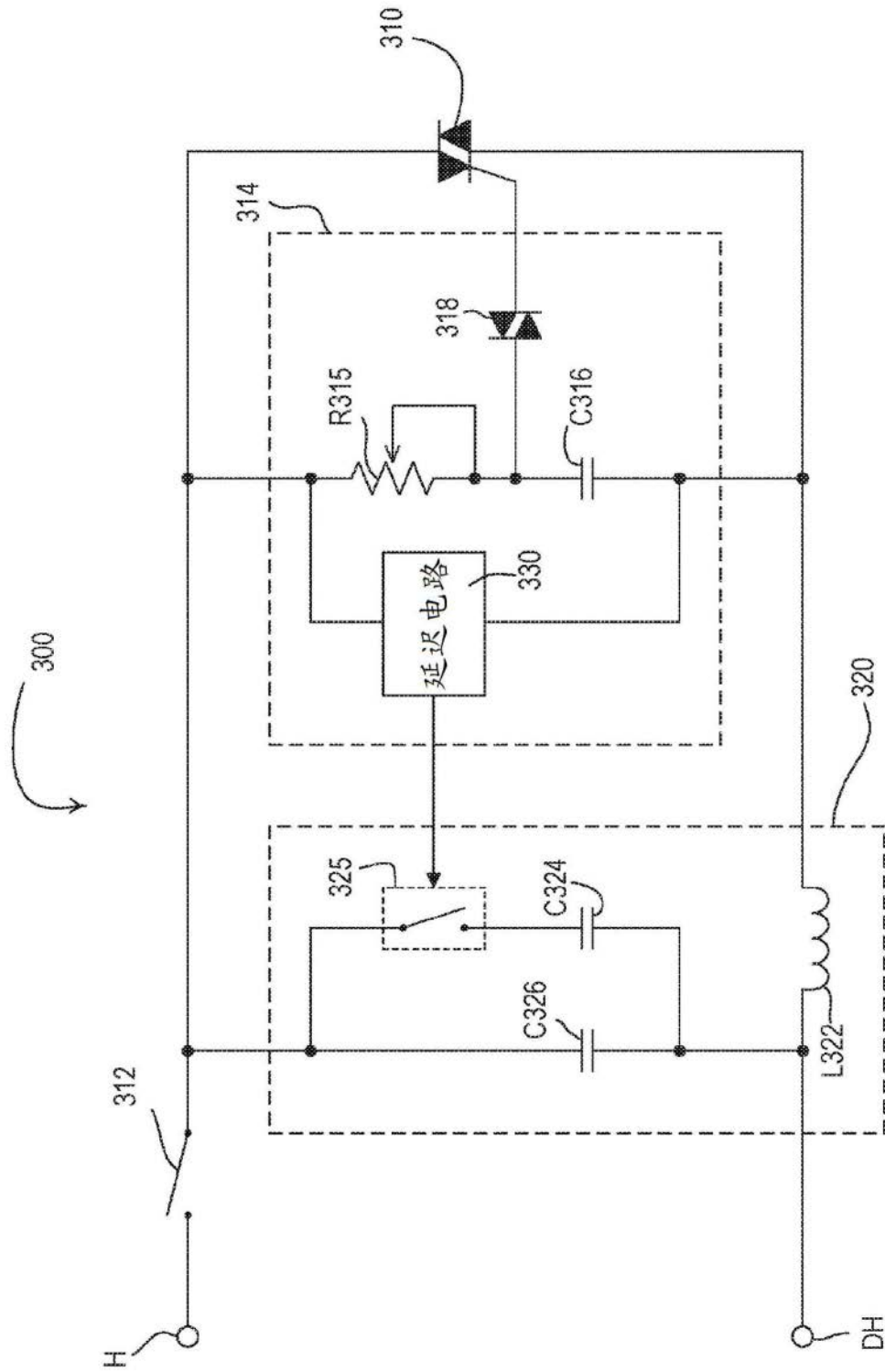


图3

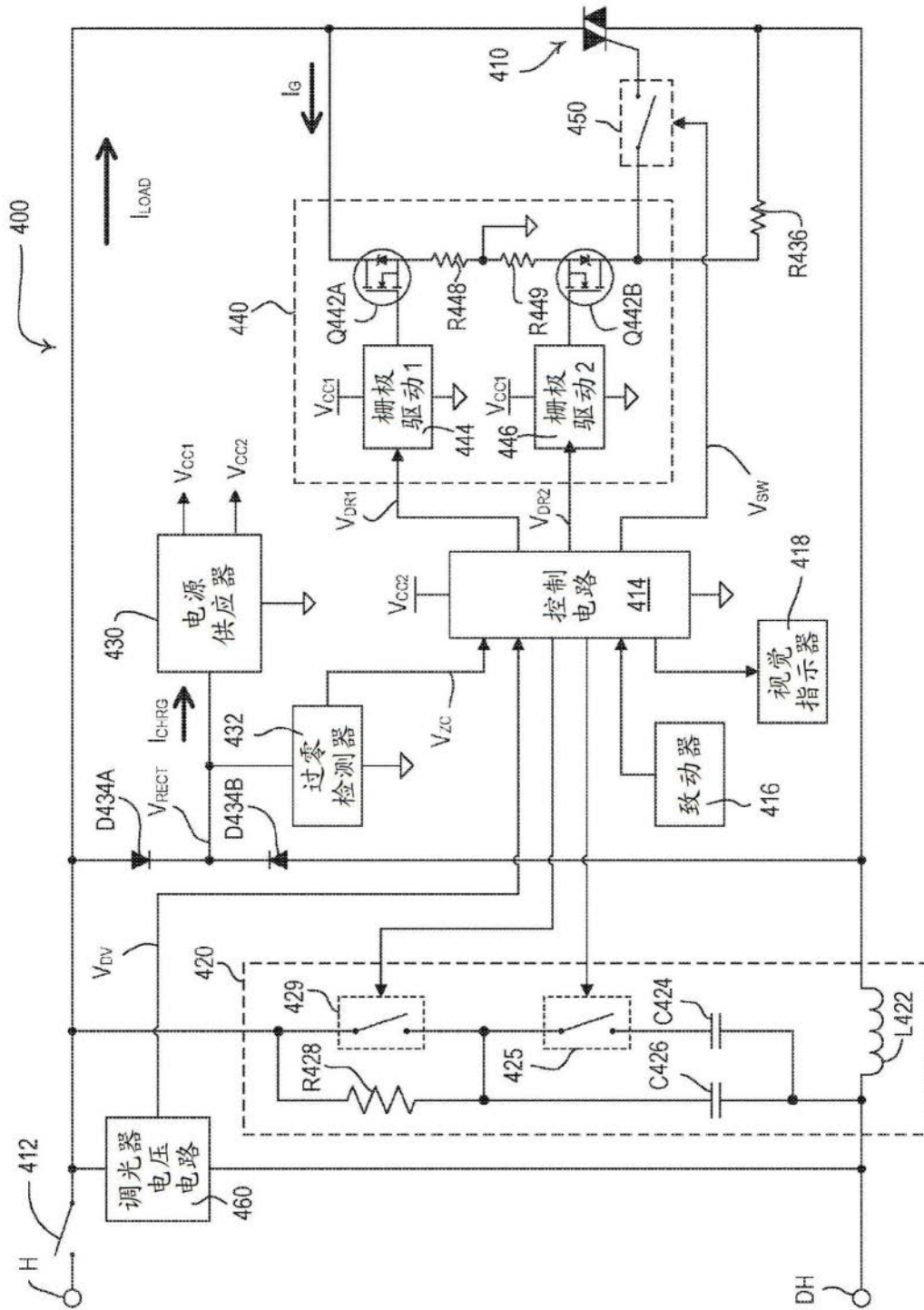


图4

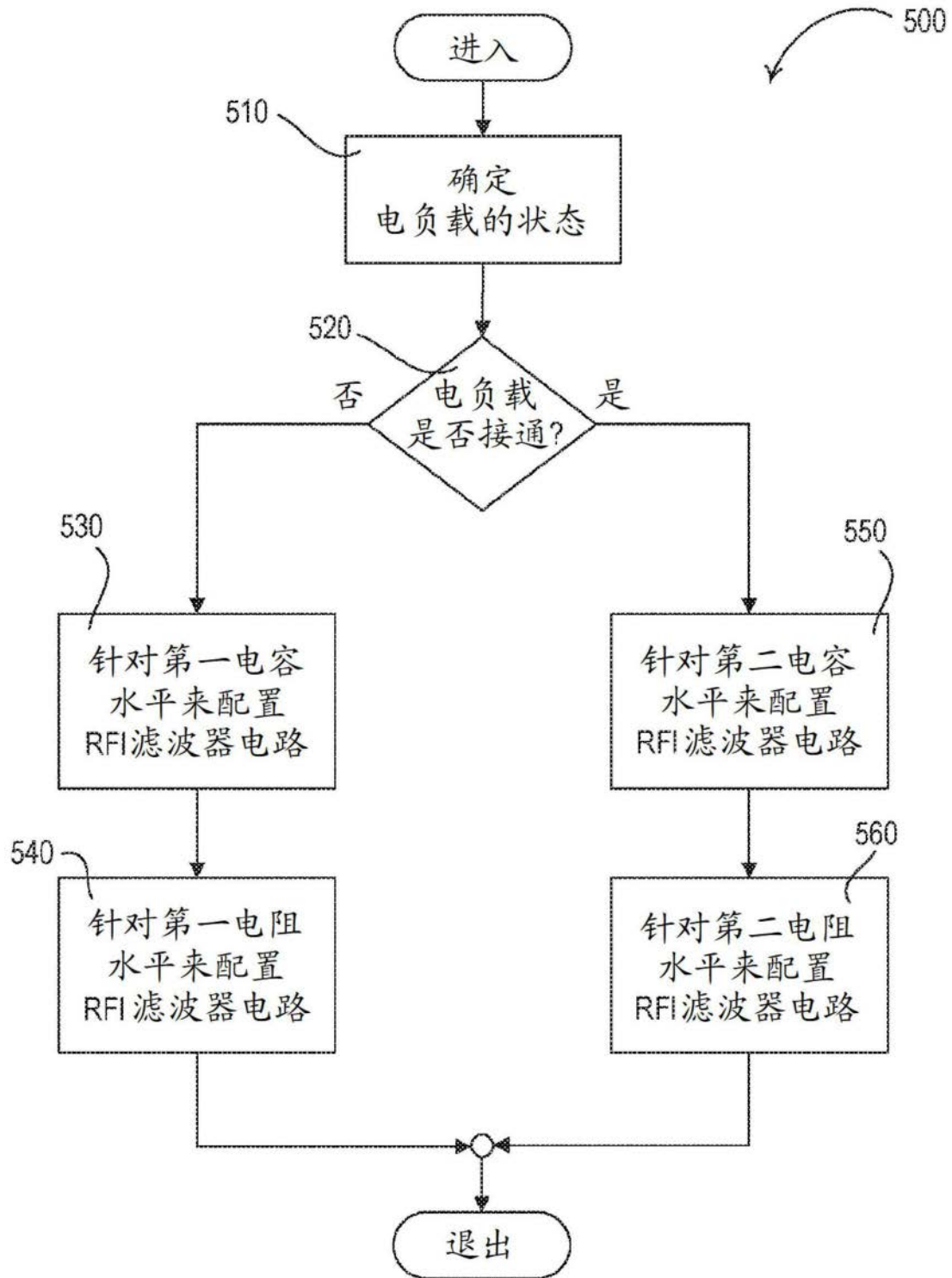


图5

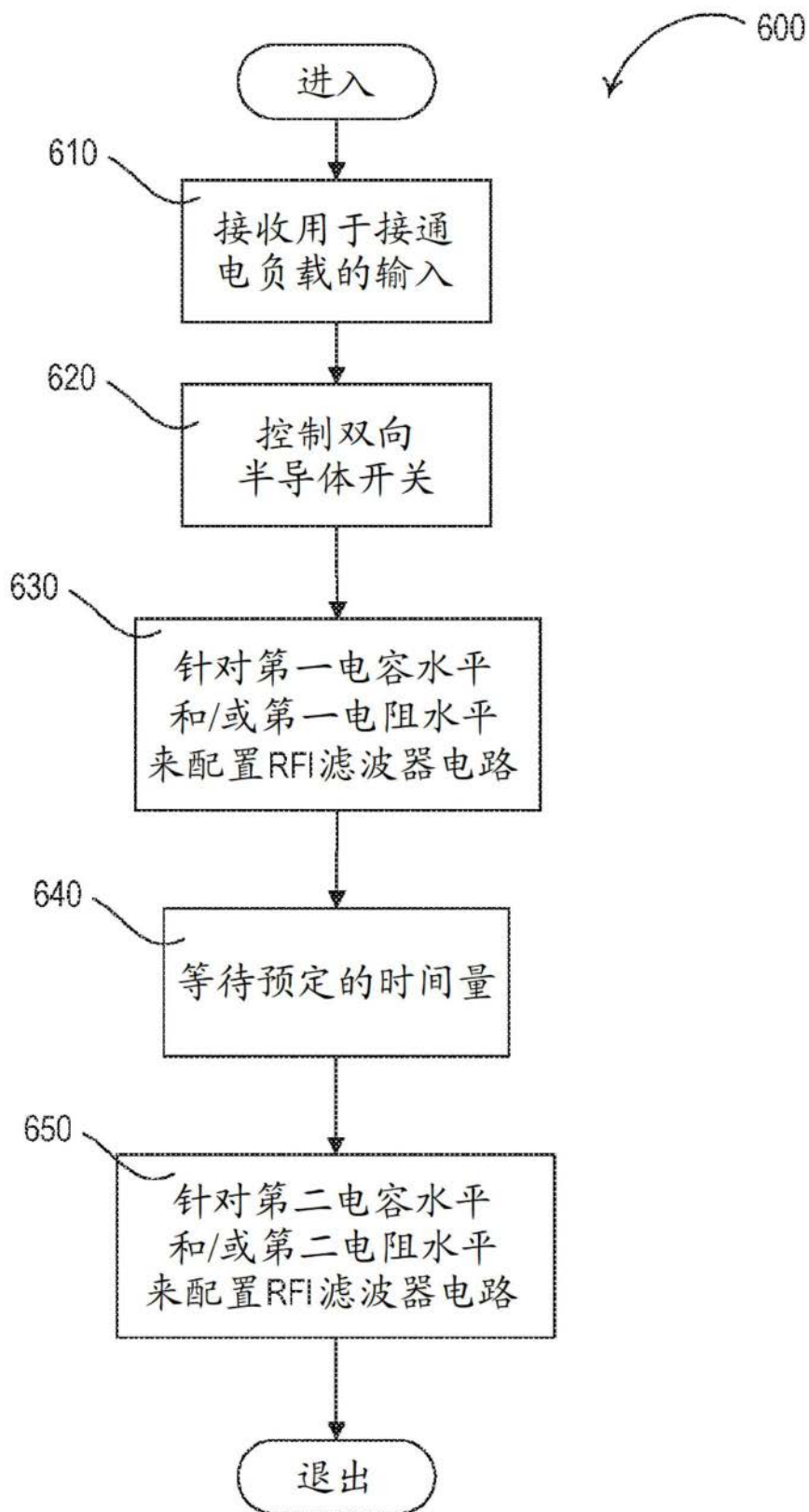


图6

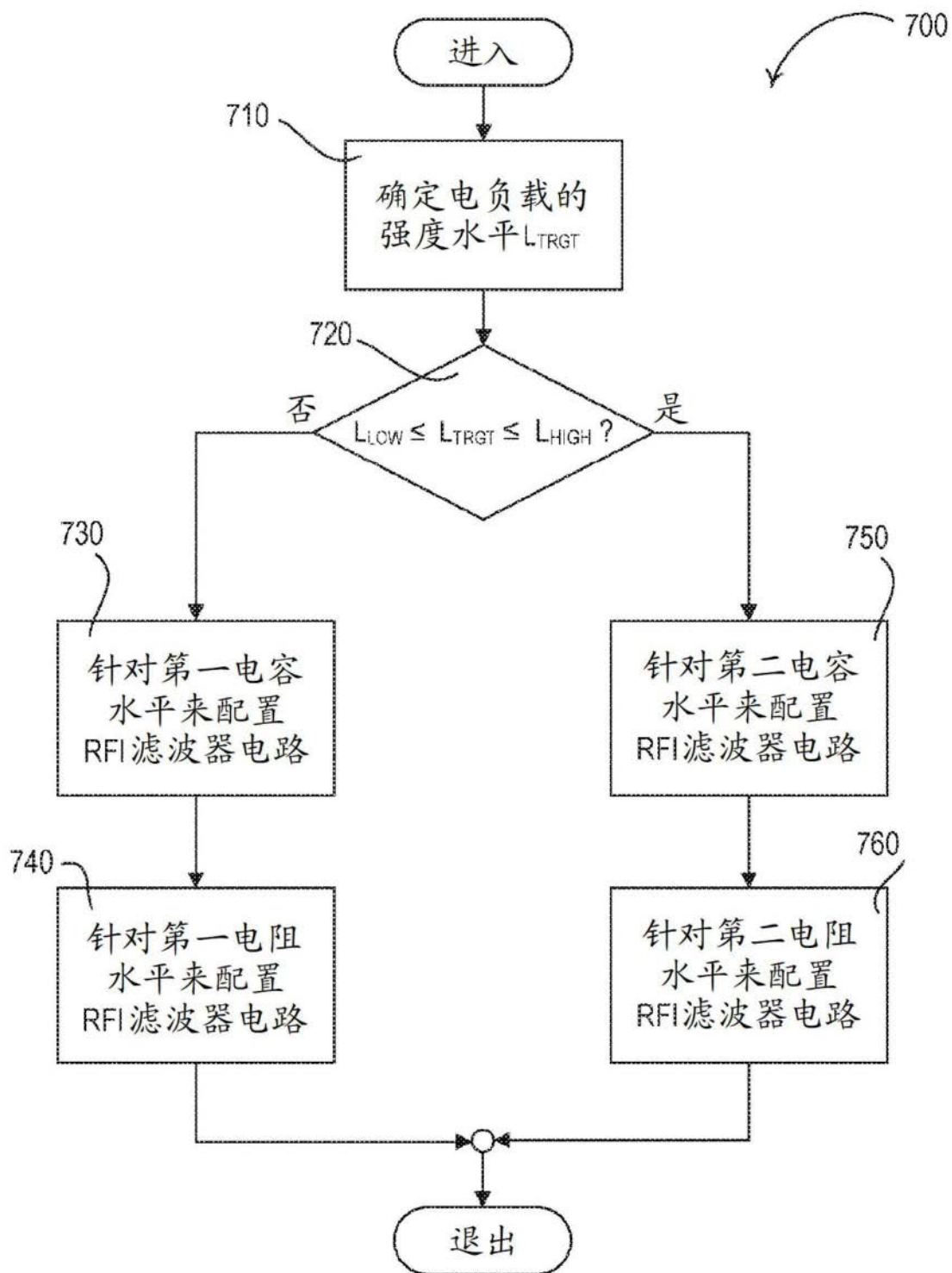


图7

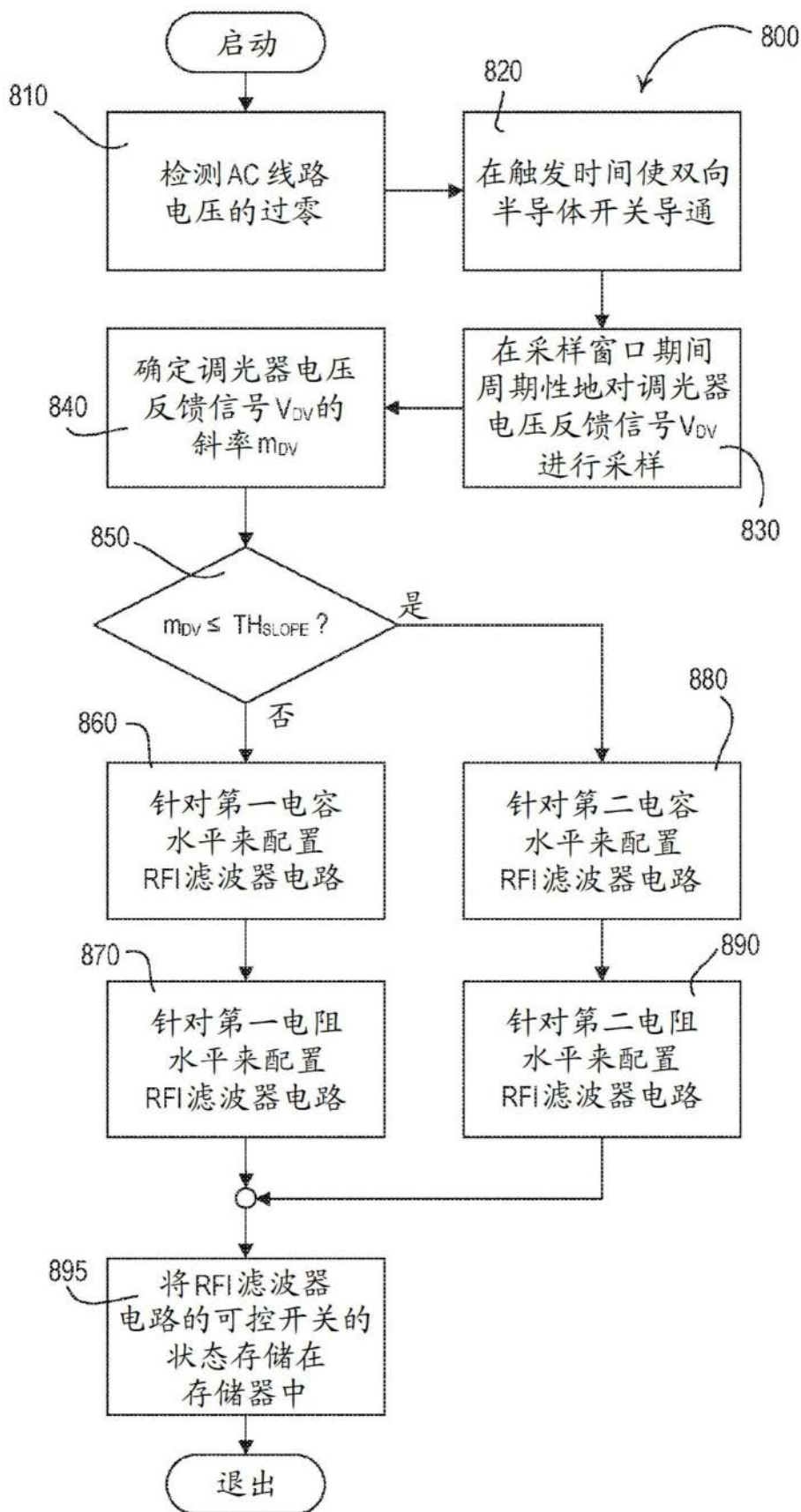


图8