



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109802556 B

(45) 授权公告日 2021. 01. 26

(21) 申请号 201711143596.0

(22) 申请日 2017.11.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109802556 A

(43) 申请公布日 2019.05.24

(73) 专利权人 丰郅(上海)新能源科技有限公司
地址 201114 上海市闵行区江月路999号5
幢一层

(72) 发明人 张永 胡晓磊

(51) Int. Cl.
H02M 1/36 (2007.01)
H02J 3/38 (2006.01)

审查员 王金金

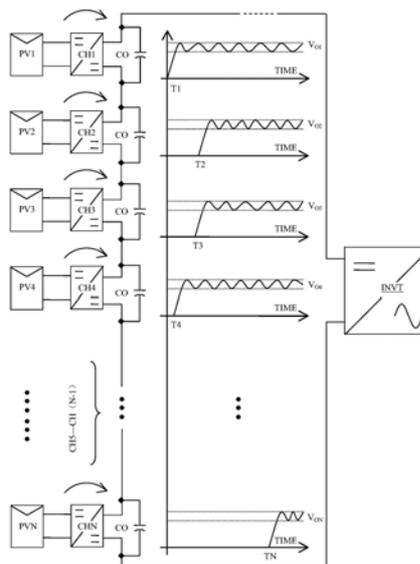
权利要求书4页 说明书19页 附图14页

(54) 发明名称

带有光伏逆变器的光伏发电系统以及逆变器的启动方法

(57) 摘要

本发明涉及带有光伏逆变器的光伏发电系统以及逆变器的启动方法。相互串联的多级电压转换器各自的输出电压叠加获得直流母线电压，由光伏逆变器将直流母线电压逆变成交流电。在直流母线电压低于启动电压阈值时逆变器停止工作，逆变器停止工作之后再次启动的方法包括：直流母线电压达到启动电压阈值之前，至少一部分电压转换器同步或异步开启，被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在预设的摆动区间持续振荡，被开启的电压转换器的输出电压以同步或异步叠加的方式而逼近并超过启动电压阈值，从而启动逆变器以完成启动程序。



CN 109802556 B

1. 一种光伏逆变器的启动方法,其特征在于,其中:
 - 相互串联的多级电压转换器各自的输出电压叠加获得直流母线电压;
 - 任意一个电压转换器均从与之对应的一个光伏组件吸取功率;
 - 由逆变器收集多级电压转换器的输出功率和将直流母线电压逆变成交流电;
 - 在直流母线电压低于启动电压阈值时逆变器停止工作;
 - 逆变器停止工作之后再次启动的方法包括:
 - 直流母线电压达到启动电压阈值之前,至少一部分电压转换器同步或异步开启;
 - 控制被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间持续振荡;
 - 引导被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值,从而启动逆变器以完成启动程序。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:
 - 逆变器停止工作和再次启动的应用场景包括昼夜交替。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:
 - 任意一个电压转换器开启的条件包括侦测到与之对应的光伏组件输出的对外功率不低于预设的开启功率。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:
 - 逆变器完成启动程序之后每一个电压转换器用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处,但逆变器完成启动程序之前每一个开启的电压转换器先以摆动区间的上限值作为目标电压而执行升压步骤并随后进入振荡状态。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:
 - 进入振荡状态的电压转换器监测其输出电压:
 - 在输出电压超过摆动区间的上限值时电压转换器停止工作以避免再抬高输出电压;
 - 在输出电压低于摆动区间的下限值时电压转换器重新启动以避免输出电压再跌落。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:
 - 电压转换器配置的处理器通过电压传感器监测输出电压;
 - 电压转换器开启后触发处理器以上限值作为目标电压而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;
 - 其后处理器关闭电压转换器直至输出电压下降到下限值并再度触发处理器重新控制电压转换器执行升压处理,以此循环来实现输出电压的持续振荡。
7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:
 - 电压转换器配置的处理器设有外部的第一和第二比较器;
 - 第一比较器的正相端和第二比较器的反相端接收输出电压的采样值;
 - 在第一比较器的反相端输入与上限值成预定比例关系的第一参考电压;
 - 在第二比较器的正相端输入与下限值成预定比例关系的第二参考电压;
 - 处理器响应于第二比较器的高电平比较结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;
 - 处理器响应于第一比较器的高电平比较结果而关闭电压转换器,以此循环来实现输出电压的持续振荡。

8. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:

电压转换器配置的处理器设有外部的迟滞比较器;

迟滞比较器的一对输入端口分别接收输出电压的采样值和基准参考电压,迟滞比较器的上门限电压和下门限电压分别设置成与输出电压的上限值和下限值成预定比例关系;

处理器响应于迟滞比较器在采样值低于下门限电压时输出的第一逻辑结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;

处理器响应于迟滞比较器在采样值超过上门限电压时输出的第二逻辑结果而关闭电压转换器,以此循环来实现输出电压的持续振荡。

9. 根据权利要求6-8当中任意一项所述的方法,其特征在于:

电压转换器配置的处理器通过电流传感器监测直流母线电流;

在逆变器完成启动程序产生直流母线电流后,处理器控制电压转换器退出振荡状态;

每一个退出振荡状态的电压转换器受控于处理器的最大功率追踪功能而被用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处。

10. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:

被开启的电压转换器在对输入电压执行升压处理的初期阶段,电压转换器配置的处理器指示一个电压电流转换器开始对一个第一电容充电,与第一电容上逐步倾斜升高的充电电压成预设比例关系的电压值被用作电压转换器执行升压处理的动态目标电压;

第一电容的充电电压还输入到第三比较器的正相端并与反相端的第三参考电压进行比较,在充电电压超过第三参考电压时由第三比较器输出的高电平比较结果通知处理器将电压转换器执行升压处理的目标电压切换成摆动区间的上限值,以进入振荡状态。

11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:

由多级电压转换器串联成一个支路,直流母线之间并联连接有多个支路,在直流母线电压达到启动电压阈值之前:

任意一个支路中的多个电压转换器各自的输出电压在振荡区间持续振荡,至少用于补偿该任意一个支路流向其他的支路的电量损失。

12. 一种带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于,其中:

相互串联的多级电压转换器各自的输出电压叠加获得直流母线电压;

任意一个电压转换器均从与之对应的一个光伏组件吸取功率;

由逆变器吸取多级电压转换器的输出功率和将直流母线电压逆变成交流电;

逆变器停止工作及启动的模式设定为:逆变器监控直流母线电压并在直流母线电压低于启动电压阈值时停止工作以及在直流母线电压不低于启动电压阈值时启动;

多级电压转换器中的至少一部分电压转换器同步或异步开启而将直流母线电压推高到启动电压阈值以上并藉此触发停止工作的逆变器予以启动;

在推高直流母线电压的过程中,被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间持续振荡;

被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值,从而启动逆变器以完成启动程序。

13. 根据权利要求12所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

任意一个电压转换器开启的条件包括侦测到与之对应的光伏组件输出的对外功率不

低于预设的开启功率。

14. 根据权利要求12所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

逆变器完成启动程序之后,每一个电压转换器用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处;

逆变器完成启动程序之前,每一个开启的电压转换器先以摆动区间的上限值作为目标电压而对输入电压执行升压处理并随后进入振荡状态。

15. 根据权利要求12所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

进入振荡状态的电压转换器还监测其输出电压:

在输出电压超过摆动区间的上限值时电压转换器停止工作以避免再抬高输出电压;

在输出电压低于摆动区间的下限值时电压转换器重新启动以避免输出电压再跌落。

16. 根据权利要求15所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

电压转换器配置的处理器通过电压传感器监测输出电压;

电压转换器开启后触发处理器以上限值作为目标电压而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;

其后处理器关闭电压转换器直至输出电压下降到下限值并再度触发处理器重新控制电压转换器执行升压处理,以此循环来实现输出电压的持续振荡。

17. 根据权利要求15所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

电压转换器配置的处理器设有外部的第一和第二比较器;

第一比较器的正相端和第二比较器的反相端接收输出电压的采样值;

在第一比较器的反相端输入一个与上限值成预定比例关系的第一参考电压;

在第二比较器的正相端输入一个与下限值成预定比例关系的第二参考电压;

处理器响应于第二比较器的高电平比较结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;

处理器响应于第一比较器的高电平比较结果而关闭电压转换器,以此循环来实现输出电压的持续振荡。

18. 根据权利要求15所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

电压转换器配置的处理器设有外部的迟滞比较器;

迟滞比较器的一对输入端口分别接收输出电压的采样值和基准参考电压,迟滞比较器的上门限电压和下门限电压分别设置成与输出电压的上限值和下限值成预定比例关系;

处理器响应于迟滞比较器在采样值低于下门限电压时输出的第一逻辑结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;

处理器响应于迟滞比较器在采样值超过上门限电压时输出的第二逻辑结果而关闭电压转换器,以此循环来实现输出电压的持续振荡。

19. 根据权利要求16-18当中任意一项所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

电压转换器配置的处理器通过电流传感器监测直流母线电流;

在逆变器完成启动程序产生直流母线电流后,处理器控制电压转换器退出振荡状态;

每一个退出振荡状态的电压转换器受控于处理器的最大功率追踪功能而被用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处。

20. 根据权利要求15所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

被开启的电压转换器在对输入电压执行升压处理的初期阶段,电压转换器配置的处理器指示一个电压电流转换器开始对一个第一电容充电,与第一电容上逐步倾斜升高的充电电压成预设比例关系的电压值被用作电压转换器执行升压处理的动态目标电压;

第一电容的充电电压还输入到第三比较器的正相端并与反相端的第三参考电压进行比较,在充电电压超过第三参考电压时由第三比较器输出的高电平比较结果通知处理器将电压转换器执行升压处理的目标电压切换成摆动区间的上限值,藉此过渡进入振荡状态。

21. 根据权利要求12所述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其特征在于:

所述电压转换器包括:

串联在接收光伏组件提供的电压源的第一和第二输入端之间的第一和第二开关;

串联在提供输出电压的第一和第二输出端之间的第三和第四开关;

在第一和第二开关间的互连节点与第三和第四开关间的互连节点之间设有电感元件以及第二输入端耦合到第二输出端。

带有光伏逆变器的光伏发电系统以及逆变器的启动方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及到太阳能的发电领域,更确切的说,是涉及到在含有光伏组件和光伏逆变器的发电系统中提出了逆变器自适应启动或停止工作的方案,保障在系统面临白昼与黑夜更替的自然现象下光伏逆变器能够适应性的自行启动或关闭。

背景技术

[0002] 功率优化器在本地平衡输出参数和输出参数,光伏组件不必再要求光伏逆变器集中式来执行效益优化,关于功率优化器如何平衡输入和输出:主要是寻找光伏组件的输出电压和输出电流计算得到的最大功率点,功率优化器同时还将自身的输出电压和输出电流设置成与光伏组件的输出电压和输出电流没有直接的关系,因为电池组串中被串联的功率优化器的输出电流基本一致而相互掣肘。考虑到光伏组件的不匹配问题,主要是电池输出的电压和电流两者造成的,电池被遮挡或电池表面累计尘埃、云层遮挡、程度不同的老化和温度及光照强度的急剧变化等,都是不匹配的诱引,不匹配问题毫无疑问的导致光伏组件产生不平衡的功率损失。光伏电池输出特性相关的最大功率点取决于最优的输出电流乘以最优的输出电压,在外部环境条件的状态下,光伏电池具有唯一的最大功率点。关于最大功率点的追踪方案,存在着较多的讨论:中国专利申请201110097292.1披露的光伏功率优化器包含多路串联并行的电池组件,组件连接带优化功能的效率优化器,每个电池组件模块的输出在功率优化器模块的输入点接入,基本目的是利用效率优化器优化每块光伏电池板的效能,即便是电池组串中的随机的某几块电池板出现失配问题时,其他的电池仍然能够输出最大功率,以追求能够补偿因失配问题而产生的发电量损失的效果。

[0003] 光伏组件如果不通过优化器而直接串联成电池组串并向母线电压供电,只要阳光辐射到电池板上就能经由光伏效应产生电压源,在光伏组件数量比较充裕的情况下光伏逆变器很快就能被启动。更现实的情况是:为了应对电站的功率损失而主动引入的功率优化器并不会类似于光伏组件那样很快就能被启动,首先它需要确认光伏组件足以提供符合要求的工作功率之后才会启动;再者考虑到电池组串中不同光伏组件的光照强度也不尽不相同所以必然需要赋予功率优化器相对合理的输出电压配额,这都给采用功率优化器的应用场合带来了如何调节母线电压而启动逆变器的困惑。本申请主张在含有光伏组件和光伏逆变器的发电系统中要求逆变器能够适应环境自动启动或停止,保障发电系统在面临白昼与黑夜交替的自然现象下光伏逆变器依然能够适应性的启动或关闭。

发明内容

[0004] 在本申请的一个可选的实施例中,本申请披露了一种光伏发电系统中自启式逆变器的启动方法,其主要在于:

[0005] 相互串联的多级电压转换器各自的输出电压叠加获得直流母线电压;

[0006] 任意一个电压转换器均从与之对应的一个光伏组件吸取功率;

[0007] 由逆变器收集多级电压转换器的输出功率和将直流母线电压逆变成交流电;

- [0008] 在直流母线电压低于启动电压阈值时逆变器停止工作；
- [0009] 逆变器停止工作之后再次启动的方法包括：
- [0010] 直流母线电压达到启动电压阈值之前，至少一部分电压转换器同步或异步开启；
- [0011] 控制被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间持续振荡；
- [0012] 引导被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值，从而启动逆变器以完成启动程序。
- [0013] 上述的方法，其中：逆变器停止工作和再次启动的应用场景包括昼夜交替。
- [0014] 上述的方法，其中：任意一个电压转换器开启的条件包括侦测到与之对应的光伏组件输出的对外功率不低于预设的开启功率。
- [0015] 上述的方法，其中：在逆变器完成启动程序之后，每一个电压转换器均用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处，但是在逆变器完成所谓的启动程序之前，每一个开启的电压转换器先以摆动区间的上限值作为目标电压而执行升压步骤并随后进入振荡状态。
- [0016] 上述的方法，其中：进入振荡状态的电压转换器监测电压转换器的输出电压：在输出电压超过摆动区间的上限值时电压转换器停止工作以避免再抬高输出电压；在输出电压低于摆动区间的下限值时电压转换器重新启动以避免输出电压再跌落。
- [0017] 上述的方法，其中：电压转换器配置的处理器通过电压传感器监测输出电压；电压转换器开启后触发处理器以上限值作为目标电压而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值；其后处理器关闭电压转换器直至输出电压下降到下限值并再度触发处理器重新控制电压转换器执行升压处理，以此循环来实现输出电压的持续振荡。
- [0018] 上述的方法，其中：电压转换器配置的处理器设有外部第一和第二比较器；第一比较器的正相端和第二比较器的反相端接收输出电压的采样值；第一比较器的反相端输入与上限值成预定比例关系的第一参考电压；第二比较器的正相端输入与下限值成预定比例关系的第二参考电压；处理器响应于第二比较器的高电平比较结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理至输出电压上升到上限值；处理器响应于第一比较器的高电平比较结果而关闭电压转换器，以此循环来实现输出电压的持续振荡。
- [0019] 上述的方法，其中：电压转换器配置的处理器设有外部的迟滞比较器；所谓的迟滞比较器的一对输入端口分别接收输出电压的采样值和基准参考电压，迟滞比较器的上门限电压和下门限电压分别设置成与输出电压的上限值和下限值成预定比例关系；处理器响应于迟滞比较器在采样值低于下门限电压时输出的第一逻辑结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值；处理器响应于迟滞比较器在采样值超过上门限电压时输出的第二逻辑结果而关闭电压转换器，以此循环来实现输出电压的持续振荡。
- [0020] 上述的方法，其中：电压转换器的处理器通过电流传感器监测直流母线电流；在逆变器完成启动程序产生直流母线电流后，处理器控制电压转换器退出振荡状态；每一个退出振荡状态的电压转换器受控于处理器的最大功率追踪功能而被用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处。

[0021] 上述的方法,其中:被开启的电压转换器在对输入电压执行升压处理的初期,压转换器配置的处理器指示一个电压电流转换器开始对一个第一电容充电,与第一电容上逐步倾斜升高的充电电压成预设比例关系的电压值被用作电压转换器执行升压处理的动态目标电压;第一电容的充电电压还输入到第三比较器的正相端并与反相端的第三参考电压进行比较,在充电电压超过第三参考电压时由第三比较器输出的高电平比较结果通知处理器将电压转换器执行升压处理的目标电压切换到摆动区间的上限值,以进入振荡状态。

[0022] 上述的方法,其中:由多级电压转换器串联成一个支路,直流母线之间并联连接有多个支路,在直流母线电压达到启动电压阈值之前:任意一个支路中的多个电压转换器各自的输出电压在振荡区间持续振荡,补偿该任意一个支路流向其他的支路的电量损失。

[0023] 在本申请的另一个可选的实施例中,本申请主要是披露了一种带有光伏逆变器的光伏发电系统,其主要是包括:

[0024] 相互串联的多级电压转换器各自的输出电压叠加获得直流母线电压;

[0025] 任意一个电压转换器均从与之对应的一个光伏组件吸取功率;

[0026] 由逆变器吸取多级电压转换器的输出功率和将直流母线电压逆变成交流电;

[0027] 逆变器停止工作及启动的模式设定为:逆变器监控直流母线电压并在直流母线电压低于启动电压阈值时停止工作以及在直流母线电压不低于启动电压阈值时启动;

[0028] 多级电压转换器中的至少一部分电压转换器同步或异步开启而将直流母线电压推高到启动电压阈值以上并藉此触发停止工作的逆变器予以启动;

[0029] 在推高直流母线电压的过程中,被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间持续振荡;

[0030] 被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值,从而启动逆变器以完成启动程序。

[0031] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其中:任意一个电压转换器开启的条件包括侦测到与之对应的光伏组件输出的对外功率不低于预设的开启功率。

[0032] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其中:逆变器完成启动程序之后,每一个电压转换器用于将与之对应的光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处;逆变器完成启动程序之前,每一个开启的电压转换器先以摆动区间的上限值作为目标电压而对输入电压执行升压处理并随后进入振荡状态。

[0033] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其中:进入振荡状态的电压转换器还监测电压转换器的输出电压:在输出电压超过摆动区间的上限值时电压转换器停止工作以避免再抬高输出电压;相对的,在输出电压低于摆动区间的下限值时电压转换器重新启动以避免输出电压再跌落。

[0034] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其中:电压转换器配置的处理器通过电压传感器监测输出电压;电压转换器开启后触发处理器以上限值作为目标电压而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值;其后处理器关闭电压转换器直至输出电压下降到下限值并再度触发处理器重新控制电压转换器执行升压处理,以此循环来实现输出电压的持续振荡。

[0035] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统,其中:电压转换器的处理器设有外部第一和第二比较器;第一比较器的正相端和第二比较器的反相端接收输出电压的采样值;第

一比较器的反相端输入一个与上限值成预定比例关系的第一参考电压；在第二比较器的正相端输入一个与下限值成预定比例关系的第二参考电压；处理器响应于第二比较器的高电平比较结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值；处理器响应于第一比较器的高电平比较结果而关闭电压转换器，以此循环来实现输出电压的持续振荡。

[0036] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统，其中：电压转换器配置的处理器设有外部迟滞比较器；迟滞比较器的两个输入端口分别接收输出电压的采样值和基准参考电压，而且迟滞比较器的上门限电压和下门限电压分别设置成与输出电压的上限值和下限值成预定比例关系；最终，处理器响应于迟滞比较器在采样值低于下门限电压时输出的第一逻辑结果而输出脉冲宽度调制信号控制电压转换器对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值；以及，处理器响应于迟滞比较器在采样值超过上门限电压时输出的第二逻辑结果而关闭电压转换器，以此循环来实现输出电压的持续振荡。

[0037] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统，其中：电压转换器配置的处理器通过电流传感器监测直流母线电流；在逆变器完成启动程序产生直流母线电流后，处理器控制电压转换器退出振荡状态；每一个退出振荡状态的电压转换器受控于处理器的最大功率追踪功能而被用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处。

[0038] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统，其中：被开启的电压转换器在对输入电压执行升压处理的初期阶段，压转换器配置的处理器指示一个电压电流转换器开始对一个第一电容充电，与第一电容上逐步倾斜升高的充电电压成预设比例关系的电压值被用作电压转换器执行升压处理的动态目标电压；第一电容的充电电压还输入到第三比较器的正相端并与反相端的第三参考电压进行比较，在充电电压超过第三参考电压时由第三比较器输出的高电平比较结果通知处理器将电压转换器执行升压处理的目标电压切换到摆动区间的上限值，藉此过渡进入振荡状态。

[0039] 上述的带有光伏逆变器的光伏发电系统，其中：所述电压转换器包括：串联在接收光伏组件提供的电压源的第一和第二输入端之间的第一和第二开关；串联在提供输出电压的第一和第二输出端之间的第三和第四开关；在第一和第二开关间的互连节点与第三和第四开关间的互连节点之间设有电感元件以及第二输入端耦合到第二输出端。

[0040] 本申请主要涉及到光伏组件的效率优化和光伏逆变器的自适应开启或关闭，以应对昼夜交替的临界时机如何控制逆变器的正常运行。在串联有较多数量的光伏组件的那些电池组串中很容易满足母线的高压启动条件，但是分布式的光伏发电系统和光伏组件的数量比较少的那些电池组串则因为母线电压不足而难以迅速的启动逆变器，或者拉长整个发电系统的启动时长甚至不启动。譬如晨曦时分阳光辐照强度从十分微弱到逐步递增，众多的光伏组件的功率在此时此刻并非完全一致，导致是光伏组件和配套的功率优化器被启动的时间节点前后不一，如何将母线电压推高到适当的电压值来启动光伏逆变器是本领域当前技术面临的难题，本申请记载的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将输出电压限定在预设的摆动区间持续振荡的方案，较好的解决了该疑虑。

附图说明

[0041] 为使上述目的和特征及优点能够更加明显易懂，下面结合附图对具体实施方式做

详细的阐释,阅读以下详细说明并参照以下附图之后,本申请的特征和优势将显而易见。

- [0042] 图1是众多的光伏组件先串联连接后再将总功率提供给逆变器的示意图。
- [0043] 图2是光伏组件配置的功率优化器采用的正极性升降压型拓扑的示意图。
- [0044] 图3是通过光伏逆变器将交流电转换成直流电去启动功率优化器的范例。
- [0045] 图4是多级电压转换器中的至少一部分以异步开启的方式抬高母线电压。
- [0046] 图5是直流母线电压在多级电压转换器异步开启的情况下被抬高的范例。
- [0047] 图6是电压转换器配置的处理器通过电压传感器监测其输出电压的范例。
- [0048] 图7是电压转换器配置的处理器通过外部比较器监测其输出电压的范例。
- [0049] 图8是电压转换器配置的处理器通过迟滞比较器监测其输出电压的范例。
- [0050] 图9是电压转换器配置的处理器通过电流传感器监测直流母线电流情况。
- [0051] 图10是光伏逆变器被启动后转换器的处理器关闭或禁用外部监控模块。
- [0052] 图11是被开启的电压转换器在执行升压的初期引导输出电压逐步抬升。
- [0053] 图12是由多级电压转换器串联成一个支路且母线之间并联有多个支路。
- [0054] 图13是多级电压转换器的至少一部分以同步开启的方式抬高母线电压。
- [0055] 图14是多级电压转换器同步开启抬高母线电压而迅速的产生母线电流。

具体实施方式

[0056] 下面将结合各实施例,对本发明的技术方案进行清楚完整的阐述,但所描述的实施例仅是本发明用作叙述说明所用的实施例而非全部的实施例,基于该等实施例,本领域的技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的方案都属于本发明的保护范围。

[0057] 在采用光伏电池的太阳能发电领域,阴影遮挡会造成光伏组件之间的失配,光伏组件的输出参数特性体现在输出电压和输出电流两者与光照强度和环境温度等外部因素存在着密切的关联,外部环境因素的不确定性,导致最大输出功率和最大功率点对应的电压及电流跟随着外部因素的变化而变化,最大功率点追踪是本申请的一个目的。直流电被并网到市电或逆变交流电在本地消耗的功率转换设备是逆变器,光伏逆变器与常规逆变器略有不同的特征是:光伏逆变器的输入电压依赖于光伏组件提供的母线电压,如果母线电压的电压水准过低则不足以启动逆变器。母线电压取决于光伏组件的输出参数,光照辐射度强的环境更容易促使光伏电池发生光电反应,温度适中而非极度寒冷或极度炎热的环境更易于光伏电池产生合适的输出电流,在设计逆变器的启动策略时必须考虑这些外部因素对电池输出参数的影响。譬如:昼夜交替必然会影响到逆变器的关停和重新启动,再者电池组串中的各个组件从无光到弱光再到强光的投光过程并非绝对的同步,因为太阳的移动是渐进式的而且纳入遮挡的因素,如何顺畅地启动光伏逆变器是本申请的另一目的。

[0058] 参见图1,光伏组件是光伏发电系统从光能到电能转换的基础,光伏组件阵列中安装有多个电池组串,电池组串由多个串联连接的光伏组件PV1至PVN串接构成。每块光伏组件或称电池均配有执行最大功率追踪演算的电压转换器或功率优化器。在某个电池组串中譬如第一级光伏组件PV1产生的电能由第一级电压转换器CH1进行功率转换以执行功率优化,以及第二级光伏组件PV2产生的电能由第二级电压转换器CH2进行功率转换以执行功率优化,依此类推,直至第N级的光伏组件PVN所产生的电能由第N级的所谓电压转换器CHN进行功率转换以执行功率优化,N是不低于1的自然数。电压转换器或功率优化器在业界又被

称作最大功率点跟踪器,通常使用特定类型的拓扑电路来搜索组件的最大功率点,允许电压转换器从光伏组件中提取尽可能大的功率。

[0059] 参见图1,第一级电压转换器CH1输出电压 V_{01} ,以及第二级电压转换器CH2输出预期电压 V_{02} ,...依此类推,直至第N级的电压转换器CHN输出电压 V_{0N} 。任意一串光伏电池组串上总的串级电压通过计算大约为 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}=V_{BUS}$ 。不同的多组电池组串并联连接在母线LN1和LN2之间:如果定义多级电压转换器CH1-CHN构成某个支路则不同的多个支路并联连接在母线LN1和LN2之间。光伏组件阵列提供的总的电能由直流母线输送给能源/能量收集装置,能源收集装置的类型有多种选择,至少包括可将直流电逆变成交流电的逆变器INVT或包括为蓄电池充电的充电器等。实质上所谓的光伏组件仅仅是作为直流电源也即被优化对象的特定范例,电压转换器不但兼容晶硅电池还可以匹配到部分薄膜电池中,光伏组件也可以被替换成化学电池或电瓶或蓄电池等,电压转换器更广泛的意义是对不同类型的直流电源实施功率优化,如风能和燃料电池等。现有技术中针对直流电源的最大功率追踪的任何方案同样适用于本申请的电压转换器,常见的最大功率追踪法有恒定电压法、电导增量法、扰动观察法等MPPT算法,譬如使用的开路电压法和短路电流法等属于相对较为简单的方案,但追踪精度相对较低。

[0060] 参见图1,电压转换器归属于电力电子设备,主要目的是实现个体光伏组件的最大功率点跟踪的功能。降压Buck电路、升压Boost电路、升降压Buck-Boost电路和另外库克变换器CUK电路等,是适用于光伏电压转换器的主电路拓扑。电压转换器采用的主电路拓扑本质上还是属于开关电源SMPS系统的范畴,只不过经过功能改造而兼有功率优化的效能,开关电源通常是采用功率半导体器件作为开关元件,通过周期性通断开关而控制开关元件的占空比来调整输出电压。开关电源实现的功率变换是核心,为了满足高功率密度要求而要求转换器工作在高频状态并且开关晶体管须采用开关速度高、导通和关断时间短的功率开关,譬如功率晶闸管、功率场效应晶体管和绝缘型双极型晶体管。电压转换器的主要控制方式分为脉冲宽度调制、脉冲频率调制等,常用脉宽调制。本申请的电压转换器体现出来的也是一个执行从直流电到直流电转换的降压或升压的开关电源,电压转换器对组件进行最大功率优化后,能量被传输给逆变器进行直流电到交流电的处理,供本地使用或并网。以上是功率优化器或电压转换器的背景知识。逆变器INVT通常可以是无最大功率追踪的纯逆变设备或配有二级最大功率追踪的逆变设备。

[0061] 参见图1,以数量为N的多级光伏组件PV1-PVN和数量为N的串联连接的多级电压转换器CH1-CHN以及配套的逆变器INVT作为范例来阐释整个发电系统。电压转换器有耦合到光伏组件的输入端和提供输出功率的输出端。譬如第一级电压转换器CH1输入侧的第一输入端耦合到第一级光伏组件PV1的正极,第一级电压转换器CH1输入侧的第二输入端耦合到第一级光伏组件PV1的负极,输入侧接收到的电能被转换成在第一级电压转换器CH1输出侧的第一输出端和第二输出端处的输出功率。根据第一级电压转换器和第一级电压转换器的布置方式,光伏组件PV2-PVN和电压转换器CH2-CHN的对应关系已经展示在图中。要求电压转换器CH1-CHN按照如下规律串联连接:任意前一级的电压转换器的第二输出端连接到相邻后一级的电压转换器的第一输出端,从而串联的多级电压转换器提供的总的串级电压等于它们各自的输出电压的叠加值。以及在首个的第一级电压转换器CH1耦合到直流母线LN1的第一输出端和在第N级的电压转换器CHN耦合到直流母线LN2的第二输出端之间提供总的

串级电压 $V_{BUS} = V_{01} + V_{02} + \dots + V_{0N}$ 。功率优化器即用作效率优化的电压转换器的核心意义:电压转换器需要将与之配对某个直流电源的输出电流和输出电压设置成该直流电源的最大功率点,或者说,电压转换器需要将自身的输出电流设置成与其配对的直流电源的输出电流无直接关联性,电压转换器需要将自身的输出电压设置成与其配对的直流电源的输出电压无直接关联性。

[0062] 参见图1,传统串联型的功率优化器采用的是固定电压的设计理念。逆变器根据交流端电压确认一个稳定的直流母线的电压,汇聚串联的多级功率优化器收集的功率,进而计算出母线电流。功率优化器输出端的电压等于对应组件的功率大小值除以母线电流。更具体的实施例:电压转换器CH1-CHN分别收集光伏组件PV1-PVN各自的最大功率输送给光伏逆变器INVT,光伏组件PV1-PVN提供的总功率除逆变器INVT输入侧的直流母线上的固定电压就能计算出母线电流。组件出现被遮挡的情况后,被遮挡的组件所对应的功率优化器根据伏安曲线重新确定最大输出功率值,被遮挡的光伏组件的功率降低,它对应的电压转换器也会降压来确认输出电流达标,其他未被遮挡的光伏组件的电压转换器则会升压来达标输出电流,这个动态的调节程序其实是电压补足的过程。

[0063] 参见图2,所有电压转换器CH1-CHN均配有处理器PROC,除了MPPT是由处理器输出的脉冲宽度调制信号PWM实现的,处理器和它配置的外设硬件还可以采集直流电源或电压转换器的各类目标参数,相当于数据采集器。能够擷取到这些目标参数数据是十分有意义的,譬如基于每个电池组串的总功率来计算母线电流和知晓每个电压转换器被分配输出的期望电压值。在可选的实施例中,外设硬件可以将光伏组件输出的电压和电流和功率以及温度和发电量等一系列的相关指定目标参数信息进行采集,譬如电压参数由电压传感器111采集、电流参数由电流传感器112采集、温度参数由没有示意出的温度感应器等外设硬件采集、光照辐射强度由没有示意出的光照传感器采集。此外电压转换器的输出电压和电流也可以通过类似的电压和电流传感器进行侦测。外设硬件的种类越多则处理器能够得到的和光伏组件相关的参数种类也就越多,但成本就越高。在更简单的实施例中还可以通过环境监测仪来侦测该光伏组件所处的周边环境的环境目标参数:譬如环境温度及湿度、风速、光照强度和气压等,环境监测仪相当于是高集成度的数据采集器。在可选的实施例中,电压转换器彼此之间通过无线通信或载波通信可以互传数据或者多级电压转换器和光伏逆变器INVT之间通过无线通信或载波通信互传数据。

[0064] 参见图1,太阳能这种新能源被有效利用的实现方法:提供数量为N的电压转换器和数量为N的光伏组件,电压转换器CH1-CHN与光伏组件PV1-PVN以一对一的方式进行功率转换或效率优化,自然数 $N > 1$ 。提供用于对电压转换器CH1-CHN的输出功率进行汇聚的光伏逆变器INVT,为逆变器INVT供电的母线电压 V_{BUS} 等于多个电压转换器各自的输出电压 $V_{01} + V_{02} + \dots + V_{0N}$ 的叠加值,逆变器的逆变电路通常在SPWM驱动信号的驱动之下而执行直流电到交流电的逆变,逆变器是直流电到交流电的转换设备。在本申请中与处理器PROC具有相同功能的等同控制器件:逻辑器件、复数的微处理器、控制器以及芯片、控制装置、状态机、软件驱动、门阵列等。

[0065] 参见图1,功率优化器也即电压转换器CH1-CHN的功能还在于能够追踪出光伏组件的最大功率点电压,关于功率优化器常用的MPPT方法的原理:早期用于光伏组件的输出功率控制主要利用电压回授法Constant Voltage Tracking,这种跟踪方式忽略了温度对太

阳电池的开路电压的影响,所以开路电压法和短路电流法被提出来了,它们的共性基本是非常近似的处理最大功率点。为了更精准的捕获最大功率点,扰动观察法和占空比扰动法甚至电导增量法等被提出来了。扰动观察法工作原理为测量当前阵列输出功率,然后在原输出电压上增加一个小电压分量扰动,其输出功率会发生改变,测量改变后的功率并比较改变前后功率的大小即可知道功率变化的方向,如果功率增大就继续使用原扰动而如果减小则改变原扰动方向。占空比扰动的工作原理为:光伏阵列和负载之间的接口通常采用脉冲宽度调制信号控制的电压变换器,通过调整脉冲宽度调制信号的占空比来调节变换器的输入与输出关系,从而实现阻抗匹配的功能,因此占空比的大小实质上已经决定了光伏电池的输出功率的大小。电导增量法与前述扰动观察法可说是殊途同归,最大的差别仅仅在于逻辑判断式与测量参数,虽然增量电导法仍然是以改变光伏电池输出电压来达到最大功率点,但是借着修改逻辑判断式来减少在最大功率点附近的振荡现象,使其更适应于日照强度和温度瞬息变化的气候条件。实际测量法、模糊逻辑法、功率数学模型法、间歇扫描跟踪法、最优梯度法、三点重心比较法等属于不太常用的最大功率点追踪方案,藉此可以获悉所谓的MPPT算法是多样性的,本申请不再赘述。

[0066] 参见图2,在光照强度不同的辐射等级下光伏组件的功率-电压曲线也不同,大致可归纳为在光照强度不一致的情况下,光伏组件的功率-电压曲线表现的特性是辐射强度越大则光伏电池的输出功率越大,反之则输出功率越小。光照强度变化如阴影遮挡会导致光伏组件的最大功率点改变,电压转换器需要在功率-电压上去追踪最大功率点。光伏组件的特性还在于短路电流随着光照强度的变化而变化,光照越强则短路电流越大,开路电压略微增大但认为它几乎不发生较大幅度的变化。光伏电池的输出特性与温度也有关并且表现为温度越高则短路电流略微变大,但开路电压降低和最大输出功率越小。在相同的外部环境条件下光伏组件有唯一的最大输出功率点,在最大功率点左侧,输出功率随光伏组件的输出电压上升而呈现线性上升趋势,到达最大功率点后,输出功率迅速下降,最大功率点右侧的功率下降的速度远大于它在最大功率点左侧的上升速度。

[0067] 参见图2,前文已经介绍了功率优化器的主拓扑电路,光伏组件PVK利用图示的电压转换器CHK产生期望的输出电压同时执行最大功率点追踪,电压转换器CHK是主拓扑结构中的可选拓扑之一,自然数K是1至N中的某个数字。电压转换器CHK输入侧的第一输入端 IN_1 耦合到光伏组件PVK正极端处并且还有第二输入端 IN_2 耦合到所述的光伏组件PVK的负极端处。同时电压转换器CHK还在输出侧的第一输出端 NO_1 和相对应的第二输出端 NO_2 之间提供输出电压及转换功率,拓扑中还设有输入电容CI被连接在其第一输入端 IN_1 和第二输入端 IN_2 之间以及输出电容C0被连接在第一输出端 NO_1 和相应的第二输出端 NO_2 之间。电压转换电路或称为功率优化器将光伏组件提供的直流电源执行直流电到直流电的电压转换并亦即同步执行最大功率追踪演算。

[0068] 参见图2,电压转换器CHK的降压转换电路模块的功率开关S1和功率开关S2两者串联连接在第一输入端 IN_1 和第二输入端 IN_2 之间,还有电压转换器CHK的升压转换电路模块的功率开关S3和功率开关S4两者串联连接在第一输出端 NO_1 和拓扑结构中相对应的第二输出端 NO_2 之间。主拓扑电路采用了一个可升压和降压的开关电源,降压转换电路模块和升压转换电路模块两者共用相同的电感器件。在可选的实施例中,降压转换电路模块的功率开关S1和功率开关S2两者相连于第一互连节点NX1,以及升压转换电路模块中的功率开关S3和

功率开关S4两者相连于第二互连节点NX2,拓扑结构采用的升降压电路Buck-Boost中前侧的功率开关S1-S2两者相连的第一互连节点NX1与后侧的功率开关S3-S4两者相连的第二互连节点NX2之间设置有主电感元件L,另外拓扑结构中的第二输出端NO₂和第二输入端IN₂两者可以直接耦合到一起或者设定它们的电位基本上相同。功率优化器配置的处理程序PROC带有的脉宽调制器发出的几路脉冲调制信号用于驱动功率开关S1-S4,还可以借助驱动能力更强的驱动器DRV来增强脉冲宽度调制信号的驱动能力以驱动功率半导体开关的关断或导通。

[0069] 参见图2,电压转换器CHK包括直流到直流的升降压型电压转换器,在其被确定的输出电压V_{OK}高于与之对应的光伏组件PVK的最大功率点对应的电压V_{MP}时,则该电压转换器CHK由脉冲宽度调制信号PWM控制工作于升压模式,期间升压转换电路模块来抬升电压而降压转换电路模块的功率开关S1持续接通和功率开关S2持续关断,升压转换电路中的功率开关S3-S4两者则高频交替接通。光伏组件PV1-PVN在可选的实施例中分别提供对外功率P1-PN而且光伏组件PV1-PVN输出的对外功率P1-PN相加计算出总功率PT=P1+P2+...+PN,通常认为电压转换器CHK输出的期望电压V_{OK}应该符合预定的折算条件。光伏组件PVK提供的对外功率为PK,上文提及的电流传感器和电压传感器可以直接测量功率,电压转换器CHK输出的期望电压V_{OK}=(PK/PT)×V_{BUS},直流母线电压的设定值V_{REF}最终在稳态时要求V_{REF}=V_{BUS},也即BOOST模式。

[0070] 参见图2,电压转换器CHK包括直流到直流的升降压型电压转换器,在其被确定的输出电压V_{OK}低于与之对应的光伏组件PVK的最大功率点对应的电压V_{MP}时,则该电压转换器CHK由脉冲宽度调制信号PWM控制工作于降压模式,期间降压转换电路模块来拉低电压而升压转换电路模块的功率开关S4持续接通和功率开关S3持续关断,降压转换电路中的功率开关S1-S2两者则高频交替接通。光伏组件PV1-PVN在可选的实施例中分别提供对外功率P1-PN而且光伏组件PV1-PVN输出的对外功率P1-PN相加计算出总功率PT=P1+P2+...+PN,通常认为电压转换器CHK输出的期望电压V_{OK}应该符合预定的折算条件。光伏组件PVK提供的对外功率为PK,前文提及的电流传感器和电压传感器可以直接测量功率,电压转换器CHK输出的期望电压V_{OK}=(PK/PT)×V_{BUS},直流母线电压的设定值V_{REF}最终在稳态时要求V_{REF}=V_{BUS},也即BUCK模式。

[0071] 参见图2,电压转换器CHK包括直流到直流的升降压型电压转换器,在其被确定的输出电压V_{OK}接近光伏组件PVK的最大功率点对应的电压V_{MP}时,也即两者的电压近乎相等时,按照常规设计会要求功率优化器由脉冲宽度调制信号控制工作于含升压模式和降压模式的混合模式Mixed-mode。关于Buck-Boost电路工作于含升压和降压的混合模式则属于已知技术。如开关S1/S3接通而S2/S4关断先控制输入电流再切换到S2/S4接通而开关S1/S3关断来控制输出电流,并以此循环等。输出电压V_{OK}在可选的实施例中在近乎等于电压V_{MP}时还可以将用作高频开关电源SMPS模式的功率优化器直接控制在工作于直通模式,关于直通模式:耦合到光伏组件正极的第一输入端IN₁直接被短接到提供输出电压的第一输出端NO₁譬如该两个端子间的功率开关S1/S4被接通,而同时值得注意的是,第一输入端IN₁/第一输出端NO₁两者与第二输入端IN₂/第二输出端NO₂两者之间的其他开关S2/S3必须关断;耦合到光伏组件负极的第二输入端IN₂直接被短接到提供输出电压的第二输出端NO₂。拓扑结构中第二输入端和第二输出端原本就是设计直接耦合连接在一起的,所以没有再设计在直通模式

下接通第二输入端和第二输出端之间的功率开关的控制动作,但是如果第二输入端IN₂和第二输出端NO₂之间耦合有任何开关则在直通模式下必须控制此开关接通。关于直通模式还可以总结为:在电压转换器切换进入直通模式时,如果第一输入端和第一输出端之间设有开关例如S1/S4,则电压转换器配置的处理器PROC还执行驱动它们之间的开关S1/S4接通的步骤,如果它们之间直接短接在一起而没有任何开关则跳过处理器控制开关接通的驱动步骤;同样,如果第二输入端和第二输出端之间设有任何开关,在电压转换器进入直通模式时,处理器PROC还执行驱动它们之间的开关接通的步骤,相反如果它们之间直接短接在一起则跳过处理器控制开关接通的驱动步骤。电压转换器的增益适应性方面,能够满足升压或降压或输入电压近似等于输出电压的增益要求。被遮挡的光伏组件的功率降低,它对应的电压转换器会降压来确认输出电流达标,没有遮挡的光伏组件的电压转换器则会升压来达标输出电流,这个动态的电压调节过程相当于是母线电压的补足过程。

[0072] 参见图3,在背景技术中阐释了带有光伏逆变器的光伏发电系统必须周全的设计逆变器的关停和启动。关停相对容易设计:白昼结束而夜幕降临,光伏组件PV1-PVN因为发电量不足自然会导致母线LN1和LN2之间的直流母线电压显著降低,逆变器感应到直流母线电压低于启动电压阈值时就会停止工作。但是逆变器INVT停止工作之后再次启动的设计方法则相对比较困难:相互串联的多级电压转换器CH1-CHN各自的输出电压叠加获得直流母线电压,任意一个电压转换器从与之对应的一个光伏组件吸取功率,由逆变器吸取多级电压转换器CH1-CHN的输出功率和将直流母线电压V_{BUS}逆变成交流电。部分方案设计逆变器的重新启动是先通过逆变器启动功率优化器,逆变器INVT从交流电网上将交流电转换成直流电而注入到母线LN1和LN2上,也即AC/DC的转换过程。直流电会倒灌到电压转换器CH1-CHN各自的输出电容C₀上,单个输出电容C₀两端承担的电压压降大约会等于此时母线电压除以N,电压转换器如果检测到自己的输出电容C₀两端的电压值就能大致计算出N的数值,然后每一个电压转换器再输出V_{BUS}/N这个量级的电压值就能让母线的电压接近V_{BUS}/N×N=V_{BUS}从而启动逆变器。这种设计方案的核心思想是务必须先得到电池组串中串联的组件的数目信息N,而且数目的计算极度依赖输出电容供应商在制造工艺过程中提供的电容值的精准程度,所以弊端是显而易见的。逆变器监控直流母线电压并在直流母线电压低于启动电压阈值时停止工作以及在直流母线电压不低于启动电压阈值时启动,下文会介绍逆变器更具优势的启动方案。

[0073] 参见图4,晨曦温柔的光照会逐步唤醒光伏组件,此阶段逆变器INVT在昼夜停止工作之后需要在白昼再次启动的设计方案为:多级电压转换器CH1-CHN中的至少一部分电压转换器同步或异步开启而将直流母线电压推高到启动电压阈值以上并藉此触发停止工作的逆变器予以启动。同步是因为光伏组件PV1-PVN均没有任何遮挡而且光照几乎是同步辐射到它们的面板上,相当于光伏组件PV1-PVN各自输出的对外功率几乎足以同时开启它们各自配对的电压转换器CH1-CHN,这是一种相对理想的情况。更实际的情况则是因为光伏组件PV1-PVN当中的一块或几块电池板被遮挡,亦是光照几乎不太可能同步辐射到它们的面板上,以建筑物附属的分布式电站为例,屋顶朝向日起的倾斜面永远是更早的被阳光辐射到而屋顶朝向日落的倾斜面永远是更晚的被相同强度的阳光辐射到,以至于所谓的多级电压转换器CH1-CHN更普遍的情况是被异步开启。虽然本申请特意将同步开启和异步开启分别单独予以阐释,但是同步开启和异步开启之间的界限并不需要特意的区分得十分清晰,

因为本申请的发电系统自动兼容两种模式。

[0074] 参见图4,电压转换器CH1-CHN异步启动的实施例,电压转换器或者功率优化器根据光伏组件的功率选择是否启动。假设某个开始的时刻T1由于辐射照度和较佳的面向日起的朝向位置等因素导致光伏组件PV1最先开启电压转换器CH1,可以认为所谓的电压转换器CH1开启的条件包括电压转换器CH1侦测到与之对应的光伏组件PV1输出的对外功率P1不低于预设的开启功率 P_{ST} ,而此时恰巧余下的其他组件PV2-PVN各自输出的对外功率均不足以开启其他的电压转换器CH2-CHN,此时电压转换器CH1迅速进入升压模式并开始将自身的输出电压 V_{01} 强制限定在一个预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡直至逆变器重新启动为止才停止振荡。结合图5,在时间轴TIME上发现时刻T1附近大概仅仅只有单独的电压转换器CH1开启,直流母线上也因为只有电压转换器CH1产生的输出电压 V_{01} 贡献给母线,所以母线电压的实际值接近 V_{01} 。

[0075] 参见图4,时刻T1随后紧接着的某个时刻T4,由于辐射照度和较佳的面向日起的朝向位置等因素导致光伏组件PV4接着也开启电压转换器CH4,相同的道理,可以认为电压转换器CH4开启的条件包括电压转换器CH4侦测到与之对应的光伏组件PV4输出的对外功率P4不低于预设的开启功率 P_{ST} ,而此时恰巧除了光伏组件PV1和PV4而余下的其他组件PV2-PV3和PV5-PVN各自输出的对外功率均不足以开启它们所对应的其他电压转换器CH2-CH3和CH5-CHN,此时电压转换器CH4也迅速进入升压模式并开始将自身的输出电压 V_{04} 强制限定在一个预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡直至逆变器重新启动为止才停止振荡。结合图5,在时间轴TIME上还发现时刻T4附近大概仅仅只有电压转换器CH1和CH4两者已经开启,直流母线上因为只有电压转换器CH1和CH4两者产生的输出电压 V_{01} 和 V_{04} 贡献给母线,母线电压的实际值接近 $V_{01}+V_{04}$ 。

[0076] 参见图4,时刻T4随后紧接着的某两个时刻T2-T3,注意时刻T2-T3两者几乎是相同的时间节点所以干脆认为它们是同一时刻。由于辐射照度和较佳的面向日起的朝向位置等因素导致光伏组件PV2和PV3接着也分别开启电压转换器CH2和CH3,可以认为电压转换器CH2开启的条件包括电压转换器CH2侦测到与之对应的光伏组件PV2输出的对外功率P2不低于预设的开启功率 P_{ST} ,电压转换器CH3开启的条件包括侦测到与之对应的光伏组件PV3输出的对外功率P3不低于预设的开启功率 P_{ST} 。此时恰巧除了之前的光伏组件PV1和PV4以及当前的光伏组件PV2-PV3而其他的组件PV5-PVN各自输出的对外功率均不足以开启它们所对应的其他电压转换器CH5-CHN。按照相同的设计规范此时电压转换器CH2迅速进入升压模式并开始将自身的输出电压 V_{02} 强制限定在预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡直至逆变器重新启动为止才停止振荡,电压转换器CH3迅速进入升压模式并开始将自身的输出电压 V_{03} 强制限定在预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡直至逆变器重新启动为止才停止振荡。结合图5,在时间轴TIME上还发现时刻T2-T3附近是前述的电压转换器CH1和CH4以及当前的电压转换器CH2-CH3已经开启,直流母线上因为只有电压转换器CH1-CH4所产生的输出电压 V_{01} 至 V_{04} 贡献给母线,所以母线电压的实际值要比时刻T1或T4略微增大并且大约是等于 $V_{01}+V_{04}+V_{02}+V_{03}$ 。

[0077] 参见图4,随着时间的逐步推移,被唤醒的光伏组件也越来越多所以被开启的电压转换器也越来越多,时刻T2-T3随后紧接着会有更多的电压转换器被开启,也就是说余下的其他电压转换器CH5-CHN也会因为对应的光伏组件PV5-PVN各自输出的对外功率逐步满足不低于预设的开启功率的条件而渐进被开启。假设光伏组件PVN输出的对外功率相比于其

他的光伏组件CH5-CH(N-1)而上升到不低于开启功率的时机最晚,且还假设光伏组件PVN大约是在某个时刻TN才满足开启对应的电压转换器CHN,结合图5我们发现在母线电压的实际值在时刻TN左右才上升到 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$,即数量为N的这些电压转换器CH1-CHN全部开启而将母线电压推高到 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$ 之和 V_{BUS} 钳制到不低于逆变器的启动电压阈值 V_{STA} ,从而逆变器INVT大约在时刻TN稍晚左右而开始监测到直流母线电压达到启动电压阈值并自行启动。

[0078] 参见图4,仍然设定随着时间的推移,被唤醒的光伏组件越来越多所以被开启的电压转换器越来越多,时刻T2-T3随后紧接着会有更多的电压转换器被开启,也就是说余下的其他电压转换器CH5-CHN也会因为对应的光伏组件PV5-PVN各自输出的对外功率逐步满足不低于预设的开启功率的条件而渐进被开启。光伏组件PVN在前文中被假设是大约在某个时刻TN才满足开启对应的电压转换器CHN,如果还假设电压转换器CHN被开启的时刻TN其他的光伏组件PV5-PV(N-1)所对应的电压转换器CH5-CH(N-1)当中仅仅只有非常少量的一部分被开启,绝大多数电压转换器并没有被开启,甚至是考虑所有余下的电压转换器CH5-CH(N-1)均没有开启的极端情况:此时刻TN母线电压的实际值大约是维系在等于 $V_{01}+V_{04}+V_{02}+V_{03}+V_{0N}$ 的水准,余下的电压转换器CH5-CH(N-1)当中若有电压转换器被开启则母线电压还应该在該水准上再加上被开启的那些电压转换器各自的输出电压。在该实施例中,或许 $V_{01}+V_{04}+V_{02}+V_{03}+V_{0N}$ 的母线水准就足以满足不低于逆变器的启动电压阈值 V_{STA} 并启动逆变器,当然电压转换器CH5-CH(N-1)当中开启的电压转换器的数量越多母线电压的水准就越高,并满足启动逆变器的条件。本实施例是为了阐释随着时间的推移,多级电压转换器CH1-CHN当中的至少一部分电压转换器随着时间的渐进而逐步异步开启,没有必要等到所有的电压转换器CH1-CHN都开启就能够将直流母线电压推高到不低于逆变器的启动电压阈值 V_{STA} 并启动逆变器。

[0079] 参见图4,在可选的实施例中,在直流母线电压 V_{BUS} 低于启动电压阈值 V_{STA} 时逆变器停止工作,逆变器INVT停止工作之后再次启动的方法包括:直流母线电压达到启动电压阈值之前电压转换器CH1-CHN当中的至少一部分同步或异步开启,控制被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间持续振荡,如控制被开启的电压转换器CH-1将接收的输入电压 V_{IN1} 也即是光伏组件PV1提供的电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压 V_{01} 强制限定在预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡,控制被开启的电压转换器CH-2将接收的输入电压 V_{IN2} 也即是光伏组件PV2提供的电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压 V_{02} 强制限定在预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡,控制被开启的电压转换器CH-3将接收的输入电压 V_{IN3} 也即是光伏组件PV3提供的电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压 V_{03} 强制限定在预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡,控制开启的电压转换器CH-N将输入电压 V_{INN} 也即是光伏组件PVN提供的电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压 V_{0N} 强制限定在预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡等等。引导被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值 V_{STA} ,以启动逆变器和完成启动程序。例如被部分开启的电压转换器CH1-CH4和CHN的输出电压 $V_{01}+V_{04}+V_{02}+V_{03}+V_{0N}$ 以异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值 V_{STA} 以启动逆变器。在另外的实施例中,被全部开启的电压转换器CH1-CHN各自的输出电压 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$ 以异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值 V_{STA} 以启动逆变器。

[0080] 参见图4,仍然结合图5予以解释说明。前文已经较为详细的予以阐释,发现在母线电压的实际值在时刻 T_N 左右才上升到 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$,即数量为 N 的电压转换器全部开启而将母线电压 $V_{BUS}=V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$ 推高到不低于启动电压阈值 V_{STA} ,从而逆变器大约在时刻 T_N 稍晚左右而开始监测到直流母线电压达到启动电压阈值并启动。在可选的实施例中,逆变器INVT完成启动程序之后,大约是在图5中时刻 T_N 之后,所有的电压转换器CH1-CHN当中的每一个电压转换器均用于将与之对应的一个光伏组件的输出电压和输出电流设置在最大功率点处,以实现最大功率点跟踪。但是在逆变器INVT完成启动程序之前,大约是在图5中时刻 T_N 之前,电压转换器CH1-CHN当中的每一个开启的电压转换器先以预设的摆动区间 V_L-V_H 的上限值 V_H 作为目标电压而执行升压步骤并随后进入振荡状态。开启的电压转换器以上限值 V_H 作为目标电压而执行升压,是指电压转换器试图将输出电压抬高到上限值 V_H ,则上限值 V_H 相当于是作为升压的目标值;电压转换器以上限值 V_H 作为目标电压而执行升压并随后进入振荡状态,是指电压转换器的输出电压按照目标期望抬高到上限值 V_H 之后输出电压会掉电而降低,输出电压降低直至降到摆动区间的下限值 V_L 时再次抬高输出电压到上限值 V_H ,并以此循环,从而按照设计的规则使得电压转换器的输出电压会持续的在摆动区间 V_L-V_H 之间上下波动。电压转换器的输出电压持续的在摆动区间 V_L-V_H 之间上下波动直至逆变器启动才停止,因此在推高直流母线电压的过程中,被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间 V_L-V_H 持续振荡,被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值 V_{STA} 。

[0081] 参见图5,在多级电压转换器CH1-CHN的异步开启过程中,某个开始时刻 T_1 由于最先开启电压转换器CH1,在时间轴TIME上发现时刻 T_1 稍晚大概仅仅只有单独的电压转换器CH1被开启,母线电压的实际值接近 V_{01} 。时刻 T_1 随后的某个时刻 T_4 由于接着也开启了另一个电压转换器CH4,在时间轴TIME上还发现时刻 T_4 稍晚大概仅仅只有电压转换器CH1和CH4两者已经开启,母线电压的实际值接近 $V_{01}+V_{04}$ 。时刻 T_4 随后紧接着的某两个相近的时刻 T_2/T_3 ,也分别开启电压转换器CH2和CH3,所以母线电压在此时的实际值要比时刻 T_1 或 T_4 略微增大且大约等于 $V_{01}+V_{04}+V_{02}+V_{03}$ 。随着时间的逐步推移被唤醒的光伏组件也越来越多所以被开启的电压转换器也越来越多,也就是说余下的其他电压转换器CH5-CHN也会因为对应的光伏组件PV5-PVN各自输出的对外功率逐步满足不低于预设的开启功率的条件而渐进被开启。假设光伏组件PVN输出的对外功率相比于其他的光伏组件CH5-CH(N-1)而上升到开启功率的时机最晚,且还假设它的功率大约是在某个时刻 T_N 才满足开启对应的电压转换器CHN,最终会发现在母线电压的实际值在时刻 T_N 左右才上升到 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$,此时电压转换器CH1-CHN全部被开启而将母线的电压 $V_{BUS}=V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$ 推高到不低于启动电压阈值 V_{STA} 。

[0082] 参见图6,仍然以光伏组件PVK利用图2所示的电压转换器CHK产生期望的输出电压同时执行最大功率点追踪为范例,假设某个时刻点,电压转换器CHK进入振荡状态则需要利用电压转换器CHK监测它的输出电压 V_{OK} 。在图6中以电压转换器CHK配置的处理器PROC通过电压传感器113监测输出电压 V_{OK} ,处理器PROC自带的或利用外部的模拟数字转换单元对输出电压 V_{OK} 的数据执行数字化也即ADC转换。在可选的实施例中用于监控输出电压 V_{OK} 的一个监控模块STAB直接集成在处理器PROC中,通过编写的程序来设定输出电压 V_{OK} 的摆动区间 V_L-V_H ,即在由处理器PROC执行的代码中来设定所谓的摆动区间,监控模块STAB相当于是可

编程的代码模块。监控模块STAB截取到电压传感器113传输的数字化输出电压 V_{OK} 信息。该实施例中处理器一旦监控到输出电压 V_{OK} 超过摆动区间的上限值 V_H 时,处理器PROC就会控制电压转换器CHK立即停止工作以避免再抬高输出电压 V_{OK} ,也即BOOST模式转换成关闭的模式,电压转换器关闭而停止工作最简单的方案就是直接控制功率开关S1-S4全部关断。即便是电压转换器关闭处理器仍然会持续的监控输出电压 V_{OK} ,因为一旦处理器监控到输出电压 V_{OK} 低于摆动区间的下限值 V_L 时,处理器PROC就会控制电压转换器CHK重新启动以避免输出电压再度跌落到比下限值 V_L 还低,也即关闭的模式转换成BOOST模式,此时仍然是控制电压转换器CHK将输出电压再度上扬到摆动区间的上限值 V_H 。所以上文宣称逆变器完成启动程序之前,每一个开启的电压转换器先以摆动区间的上限值 V_H 作为目标电压而对输入电压执行升压处理并随后进入摆动区间 V_L - V_H 之间的振荡状态。

[0083] 参见图6,在更具体的实施例中,处理器PROC可以直接监控光伏组件PVK输出的对外功率例如通过电流传感器112和电压传感器111分别监控电池输出的电流和电压情况就能获知对外功率情况。由于光伏组件PVK提供的对外功率随着晨曦的阳光渐进变强而足够开启电压转换器CHK后,电压转换器CHK按照预期进入升压模式:也即触发配套的处理器PROC将上限值 V_H 视为升压的目标电压而输出PWM脉冲宽度调制信号控制电压转换器CHK对自身的输入电压 V_{INK} 予以升压step-up处理。将上限值 V_H 视为升压的目标电压的含义是指电压转换器CHK的输出电压 V_{OK} 上升到上限值 V_H 为止否则会不停的继续升压。输入电压 V_{INK} 也即是光伏组件PVK提供的电压。处理器需持续不断的监控电压转换器CHK的输出电压 V_{OK} ,输出电压 V_{OK} 上升到上限值 V_H 后处理器立即关闭电压转换器CHK譬如关断S1-S4直至输出电压 V_{OK} 下降到下限值 V_L 并再度触发处理器重新控制电压转换器CHK执行升压处理而将输出电压 V_{OK} 上升到上限值 V_H ,以此循环来实现输出电压的持续振荡并且 V_{OK} 进入摆动区间 V_L - V_H 之间的振荡状态。在该实施例中主要是在由处理器执行的代码中来设定摆动区间尤其是上限值和下限值,而前文中所谓的监控模块STAB相当于是可编程的代码模块,电压传感器113传输的数字化输出电压信息交由监控模块STAB与设定的上限值和下限值比较,因此监控模块STAB通过比较结果来通知处理器控制电压转换器CHK关停或进入升压模式。

[0084] 参见图7,在图6的实施例中可执行的监控模块STAB以代码程序的形式被装载在处理器中而略显弊端,因为随着母线启动电压阈值 V_{STA} 的改变或者是随着该电池组串中总的串节数量的改变也应该适应性的校正摆动区间的上限值和下限值。烧录在处理器当中的代码模块在更新程序时稍显复杂和带来额外的改造负担,图7中相对于处理器而属于外部构成部分的第一比较器A1和第二比较器A2则很容易校准摆动区间,这两个比较器属于修正后的监控模块STAB。电压转换器CHK配置的处理器PROC设有外部的第一比较器和第二比较器A1-A2,采集输出电压的采样电路115一般是对输出电压 V_{OK} 进行分压和截取输出电压的采样值 V_{SAM} :第一比较器A1的正相端和第二比较器A2的反相端接收输出电压 V_{OK} 的采样值 V_{SAM} 。通常而言输出电压 V_{OK} 的电压值范围比较大但是比较器能够接收的电压值比较小,所以采样值 V_{SAM} 远远低于输出电压 V_{OK} 。此外还需要额外的设定与上限值 V_H 成预定比例关系K1的第一参考电压 V_{REF1} ,和设定与下限值 V_L 成预定比例关系K2的第二参考电压 V_{REF2} ,最好是上限值 V_H 和下限值 V_L 按照相同的比例关系来缩小得到两个参考电压即比例关系K1约等于比例关系K2。采用比较器的方案无需再去改变处理器的程序,因为 $V_H/K1 = V_{REF1}$ 而 $V_L/K2 = V_{REF2}$,如果需要校正所谓的摆动区间仅仅只要改变参考电压 V_{REF1} 和 V_{REF2} 即可而无需更新代码,而

且这里的所述的比例关系 $1 < K1 < 100$ 和 $1 < K2 < 100$ 也可以动态的调节,采样值 V_{SAM} 实质上就是采样电路缩小原始的输出电压 V_{OK} 而撷取的样本电压,所以采样值相对于原始的输出电压的缩小比例最好是采用与比例关系 $K1$ 及 $K2$ 相同的缩放比例。

[0085] 参见图7,监控模块STAB的可调节性带来诸多优势,在第一比较器A1的反相端输入与上限值 V_H 成预定比例关系的第一参考电压 V_{REF1} ,在第二比较器A2的正相端输入与下限值 V_L 成预定比例关系的第二参考电压 V_{REF2} ,监控模块STAB的作用也是在逆变器启动之前的升压过程中将输出电压 V_{OK} 限制在摆动区间 V_L-V_H 之间振荡。在具体的实施例处理器PROC响应于第二比较器A2的高电平比较结果EN2而输出脉冲宽度调制信号来控制电压转换器CHK对输入电压 V_{IN} 予以升压处理直至电压转换器CHK的输出电压上升到上限值 V_H ,处理器PROC响应于第一比较器A1的高电平比较结果EN1而关闭电压转换器CHK,在电压转换器CHK的关闭模式和升压处理模式之间切换以此循环来实现输出电压的持续振荡。第一比较器A1的高电平比较结果EN1意味着电压转换器的输出电压趋于超过了上限值 V_H 所以必须通知处理器关闭电压转换器CHK,相同的道理如果第二比较器A2的高电平比较结果EN2则意味着电压转换器的输出电压趋于比所谓的摆动区间下限值 V_L 还低,所以必须通知处理器控制电压转换器CHK对输入电压予以升压处理来抬高输出电压 V_{OK} 的值直至输出电压接近上限值 V_H 。最终通过带有两个比较器的监控模块STAB,处理器PROC响应于第一比较器A1的高电平比较结果EN1来关闭电压转换器促使输出电压从 V_H 开始下跌,输出电压开始下跌后在跌落到比 V_L 还要略微低的时间点,第二比较器A2开始产生高电平比较结果EN2,以至于处理器PROC会响应第二比较器A2的高电平比较结果EN2而输出脉冲宽度调制信号来控制电压转换器对输入电压 V_{IN} 予以升压处理直至电压转换器的输出电压再次上升到上限值 V_H 。再次启动电压转换器会促使输出电压从 V_L 开始上扬,输出电压开始上升后在上扬到比 V_H 还要略微高的时间点,第一比较器A1开始产生高电平比较结果EN1,处理器PROC响应于高电平比较结果EN1来关闭电压转换器促使输出电压从 V_H 开始下跌。最终电压转换器的输出电压被钳制住而持续的在摆动区间 V_L-V_H 之间振荡。

[0086] 参见图8,该实施例是在图6的实施例的基础上发展而来的。监控模块STAB利用另外的单独的迟滞比较器A3来取代第一比较器A1和第二比较器A2,但是迟滞比较器的方案能够取得与两个比较器相同的结果。迟滞比较器有反相滞回比较器和同向滞回比较器两大类别的比较方式,本申请以同相滞回比较器作为范例,反相滞回比较器并无较大的区别而且都可以实现相同的目的。在同相滞回比较器类别中如果在迟滞比较器A3的反相端输入所谓的基准参考电压 V_{HYS} ,在迟滞比较器A3的输出端的高电平逻辑结果的电压水准和低电平逻辑结果的电压水准确认的情况下,迟滞比较器A3的迟滞窗口就可以毫无疑问的被确定下来,迟滞比较器A3的上门限电压和上门限电压作为比较电压,而且有时候上门限电压和上门限电压两者之间的差值被称为门限宽度或迟滞宽度。如果迟滞比较器的输出端的高电平逻辑结果的电压水准和低电平逻辑结果的电压水准是确认的,这里采用的所谓基准参考电压 V_{HYS} 可用于调整上门限电压值和下门限电压值。在反相滞回比较器中需要在反相端输入采样值而在同相端输入基准参考电压 V_{HYS} ,在同相滞回比较器中则是在反相端输入基准参考电压 V_{HYS} 而在同相端输入采样值。电压转换器CHK配置的处理器设有外部的迟滞比较器A3:迟滞比较器A3的一对输入端也即正相端和反相端分别接收输出电压 V_{OK} 的采样值 V_{SAM} 和基准参考电压 V_{HYS} 。必须注意的是,在本申请中需要将迟滞比较器A3的上门限电压 U_H 设置

成与摆动区间的上限值 V_H 成预定比例关系也即粗略的满足 $V_H/K3=U_H$,以及还要将迟滞比较器A3的下门限电压 U_L 设置成与摆动区间的下限值 V_L 成预定比例关系也即粗略的满足 $V_L/K4=U_L$,如果需要校正所谓的摆动区间仅仅只要改变上门限电压 U_H 和下门限电压 U_L 即可而无需更新代码,而且这里的所述的比例关系 $1 < K3 < 100$ 和 $1 < K4 < 100$ 也可以动态的调节,上限值和下限值最好按照相同的比例关系来缩小得到两个门限电压即比例关系 $K3$ 约等于 $K4$ 。采样值 V_{SAM} 实质上就是采样电路缩小原始的输出电压 V_{OK} 而撷取的样本电压,所以采样值相对于原始的输出电压的缩小比例最好是采用与比例关系 $K3$ 及 $K4$ 相同的缩放比例。

[0087] 参见图8,该实施例中监控模块STAB和处理器的配合工作:处理器PROC响应于迟滞比较器A3在采样值 V_{SAM} 低于下门限电压 U_L 时输出的第一逻辑结果例如低电平的逻辑结果而输出PWM脉冲宽度调制信号控制电压转换器CHK对输入电压予以升压处理直至输出电压上升到上限值,处理器RPOC响应于迟滞比较器A3在采样值 V_{SAM} 超过上门限电压 U_H 输出的第二逻辑结果如高电平的逻辑结果而关闭电压转换器CHK,以此循环来实现输出电压的持续振荡。通过带有迟滞比较器的监控模块STAB,处理器响应于所述的迟滞比较器A3输出信号CTL的高电平逻辑来关闭电压转换器CHK从而立即促使输出电压从 V_H 开始下跌,输出电压开始下跌后在跌落到比 V_L 还要略微低的时间点,会导致迟滞比较器A3输出信号CTL开始产生低电平逻辑,以至于处理器会响应所述的迟滞比较器A3输出信号CTL的低电平逻辑而输出PWM脉冲宽度调制信号来控制电压转换器对输入电压 V_{INK} 予以升压处理直至输出电压再次上升到上限值 V_H 。再次启动电压转换器会促使输出电压从 V_L 开始上扬,输出电压开始上升后在上扬到比 V_H 还要略微高的时间节点处,迟滞比较器A3输出信号CTL的开始产生高电平的逻辑结果,处理器响应于高电平的逻辑结果来关闭电压转换器促使输出电压从 V_H 开始下跌。最终电压转换器的输出电压被钳制住而持续的在摆动区间 V_L-V_H 之间振荡。

[0088] 参见图2,在一个可选的实施例中,电压转换器CHK在摆动区间 V_L-V_H 之间振荡的波动阶段,会产生输出电压从 V_H 跌落到 V_L 的现象,前文主张在这个跌落的阶段通过处理器直接关闭电压转换器的全部功率开关S1-S4,虽然这种控制方式较为简单和容易实现但是在较佳的实施例中,当输出电压从 V_H 跌落到 V_L 的降低阶段,最好是利用处理器主动的间歇性的同步接通开关S1和S4它们一次或多次,能够主动地使电压转换器输出侧的输出电容C0上的电荷倒灌到电压转换器CHK输入侧的输入电容C1,而且此期间还应当利用处理器持续的关断功率开关S2和S3。除了避免能量损耗的考虑,还可以在输出电压跌落到下限值的时刻可以立即迅速的被抬高到上限值,和前文主张直接关闭全部功率开关S1-S4的方案相比,至少能缩短输出电压从下限值充电到上限值的时限。我们无法预测含有电压转换器CH1-CHN的支路的掉电和漏电情况,与该支路并联的其他的支路甚至是该支路自身都是无法永远保持电量的持续性,这取决于组件的实际安装情况和当时的阴影遮挡等较复杂的外部因素,甚至每一个单独的电压转换器的掉电和漏电情况也无法精准的预测,能够及时的刷新和补偿输出电压的漏电能避免这些弊端。

[0089] 参见图9,和前文的图5对比,母线电压的实际值在时刻 T_N 左右最终被推高上升到较高的电压水准 $V_{O1}+V_{O2}+\dots+V_{ON}$,此时电压转换器CH1-CHN全部被开启而将母线的电压推高到不低于启动电压阈值 V_{STA} ,逆变器INVT也被重新启动。如果逆变器能够正式的启动而将直流侧的直流电逆变成交流电,意味着母线上开始产生母线电流 I_0 ,当母线电压不低于启动电压阈值时以曲线108表示母线电流和以曲线106表示母线电压并且该两个曲线的交叉点大

约是母线电压等于启动电压阈值 V_{STA} 的时刻。

[0090] 参见图10,在可选的实施例中,电压转换器CHK配置的处理器PROC通过额外设置的电流传感器114监测直流母线电流 I_0 ,在逆变器INVT完成启动程序产生不等于零的所谓直流母线电流 I_0 后,处理器PROC控制电压转换器CHK退出振荡状态,也即处理器感应到直流母线电流后立即控制电压转换器的输出电压不再继续振荡。每一个退出振荡状态的电压转换器CHK受控于处理器PROC的最大功率追踪MPPT功能而被用于将与之对应的一个光伏组件PVK的输出电压和输出电流设置在最大功率点处。在可选的实施例中还应当由处理器PROC发出一个禁用信号DIS给它内部的监控模块STAB或者给外部的监控模块STAB,通知监控模块STAB失效。内部的监控模块因为是代码模块而很容易就能被弃之不用,但是外部的监控模块可能会仍然在采集输出电压的数值,虽然外部的监控模块被禁用后所采集的数值不再被处理器接纳,但为了避免功耗较佳的是当外部的监控模块收到禁用信号DIS后最好是直接休眠或关闭,等下一个昼夜交替再启用。

[0091] 参见图11,在可选的实施例中,因为光伏组件PVK输出的对外功率足以满足开启所对应的电压转换器CHK,如晨曦的阳光渐进式变强,则被开启的电压转换器CHK在对输入电压 V_{INk} 执行升压处理的初期阶段,电压转换器CHK配置的处理器PROC指示如图所示的电压电流转换器150开始对提供的第一电容CS充电,电压电流转换器150的工作电源也即直流电源 V_{DD} 可以从光伏组件上取电而转换来的稳定电压源。随着充电的实施因此第一电容CS上的充电电压VCS是随着充电过程而缓慢的逐步升高的,并且充电电压VCS的电压升高斜率取决于充电速率。设定一个电压值VCH并且我们还要求它必须与第一电容CS上逐步倾斜升高的充电电压VCS成预设比例关系 K_5 ,预设比例关系粗略的满足 $V_{CH}/K_5 = V_{CS}$,实质上只要处理器PROC采样充电电压VCS并将其乘以该预设比例关系 K_5 就得到电压值VCH,这里的预设比例关系 $K_5 > 1$ 。采样电容上动态变化的充电电压的目的是:与第一电容CS上逐步倾斜升高的充电电压VCS成预设比例关系的电压值VCH被用作电压转换器CHK执行升压处理的动态目标电压。假设被开启的电压转换器CHK在对输入电压 V_{INk} 执行升压处理的总时段为T,输出电压 V_{OK} 升高到最终的目标电压也即上限值 V_H 需要耗费时间为总时段T。被开启的电压转换器CHK在对输入电压 V_{INk} 执行升压处理的初期阶段 T_P ,与逐步倾斜升高的充电电压VCS成预设比例关系的电压值VCH被用作电压转换器CHK执行升压处理的动态目标电压,动态目标电压是指电压转换器CHK的输出电压 V_{OK} 不是以固定的电压作为升压目标,相反的是以逐步倾斜升高的电压值VCH作为升压目标,使得输出电压持续升压直至趋于逼近甚至等于所谓的动态的目标电压,因为电压值VCH是逐步的缓缓增大则电压转换器的输出电压也是渐进式缓缓的增大。初期阶段 T_P 结束之后,电压转换器CHK不再以所谓的与逐步倾斜升高的充电电压VCS成预设比例关系的电压值VCH作为升压目标,取而代之的是以固定的上限值 V_H 作为升压目标,即初期阶段 T_P 结束之后的后期阶段 T_L ,会要求电压转换器CHK执行升压处理的目标电压被切换成摆动区间的上限值 V_H 。假设输出电压升高到最终的目标电压也即上限值 V_H 需要耗费时间为总时段 $T = T_P + T_L$ 。在可选的实施例中设定一旦电压值VCH上升到等于光伏组件PVK的最大功率点电压 V_{MP} ,就立即要求电压转换器CHK执行升压处理的目标电压从VCH切换成摆动区间的上限值 V_H 。本实施方式中适当的对升压过程进行引导,可以避免升压的初期阶段出现突然瞬态要求电压转换器的升压转换电路模块的占空比近乎等于0的极端情形。

[0092] 参见图11,在可选的实施例中,电压转换器CHK的输出电压 V_{OK} 从零伏经由初期阶段

TP的升压处理而逐步上升,在初期阶段TP结束之后的后期阶段TL再继续执行升压处理而将输出电压 V_{OK} 上升到 V_H 。在可选的实施例中,初期阶段TP结束的时刻使得输出电压大约等于光伏组件PVK的最大功率点电压 V_{MP} 。在可选的实施例中,如图所示的那样第一电容CS的充电电压VCS还输入到第三比较器A4的正相端,并且所谓的充电电压VCS还与第三比较器A4反相端的第三参考电压VREF3进行比较,比较的目的主要是当充电电压VCS超过第三参考电压VREF3时,由第三比较器A4所输出的高电平比较结果通知处理器PROC将电压转换器CHK执行升压处理的目标电压从VCH切换到摆动区间的上限值 V_H ,以使得输出电压 V_{OK} 进入 V_L - V_H 之间的振荡状态。在可选的实施例中可以设定最大功率点电压 V_{MP} 与第三参考电压VREF3成预设比例关系K6,并且预设比例关系粗略的满足 $V_{MP}/K6=VREF3$,预设比例关系 $K6>1$ 。在某些可选但非必须的实施例中可以设置预设比例关系 $K6=K5$ 。在可选的实施例中可以设定一旦电压值VCH上升到等于光伏组件PVK的最大功率点电压 V_{MP} ,由第三比较器A4所输出的高电平比较结果通知处理器PROC将电压转换器CHK执行升压处理的目标电压从VCH甚至是最大功率点电压 V_{MP} 切换到摆动区间的上限值 V_H 。输出电压升高到最终的目标电压也即上限值需要耗费时间为总时段 $T=TP+TL$,其中第三比较器A4的比较结果TRI从原始的低电平翻转成输出高电平结果的翻转时机划分了TP和TL,也即在输出电压从零伏升高到最终的上限值合计耗费了总时段T,总时段T中当第三比较器A4的比较结果TRI为低电平的时段即为初期阶段TP,换言之,总时段T中当第三比较器A4的比较结果TRI为高电平的时段即为后期阶段TL。由第三比较器A4所输出的高电平比较结果通知处理器将电压转换器CHK执行升压处理的目标电压从VCH切换到摆动区间的上限值 V_H ,该比较器的输出为低电平的时段是TP那么此时段升压的目标电压是VCH,而比较器的输出翻转成高电平之后的时段是TL那么此时段升压的目标电压是 V_H 。

[0093] 参见图12,在可选的实施例中,由多级电压转换器CH1-CHN串联成一个支路而且直流母线之间并联连接有多个支路,例如支路STR1和支路STR2。在直流母线电压达到启动电压阈值之前,任意某一个支路中的多个电压转换器CH1-CHN各自的输出电压在振荡区间持续振荡,至少用于补偿该任意一个支路流向其他的支路的电量损失。譬如如图所示的某个支路STR2中多个电压转换器CH1-CHN各自的输出电压 V_{O1} 至 V_{ON} 在振荡区间持续振荡,至少用于补偿支路STR2流向其他支路STR1的电量损失。因为不同的支路当中或许组件的数量不一致,或者遮挡情况不一致,导致不同的支路之间可能会有电荷的不均衡流动现象产生譬如箭头所示的电荷流动环路LOP,本申请设计的每一个支路中各个电压转换器的输出电压在振荡区间持续振荡,可以补偿自身的电荷损失。

[0094] 参见图13,晨曦的光照快速唤醒光伏组件,此阶段光伏组件PV1-PVN均没有任何遮挡且光照几乎是同步辐射到它们的面板上,相当于光伏组件PV1-PVN各自输出的对外功率几乎足以同时开启它们各自配对的电压转换器CH1-CHN,这是相对理想的同步开启电池组串中各个电压转换器的情况。在多级电压转换器CH1-CHN的同步开启过程中以某个开始时刻T1为例,在时刻T1左右因为电压转换器CH1-CHN全部被开启以至于此时母线电压的实际值上升到 $V_{O1}+V_{O2}+\dots+V_{ON}$ 而将母线电压 V_{BUS} 推高到不低于所谓的启动电压阈值 V_{STA} ,同步开启触发启动逆变器的耗时非常短且母线迅速符合的要求。直流母线电压达到启动电压阈值 V_{STA} 之前,电压转换器CH1-CHN可以全部同步开启或者是它们当中的至少一部分电压转换器例如CH1-CH4和CHN同步开启,只要同步开启的那一部分电压转换器提供足够的能够高于阈

值 V_{STA} 的母线电压即可。在本申请中无论是同步还是异步开启的那些电压转换器,它们必须符合预定的规则:控制被开启的电压转换器将接收的输入电压予以升压处理以及将自身产生的输出电压强制限定在一个预设的摆动区间持续振荡,从而我们能够引导被开启的电压转换器的输出电压以同步或者异步叠加的方式而逐步逼近并超过启动电压阈值 V_{STA} ,从而启动逆变器以完成启动程序。被开启的电压转换器的输出电压以同步叠加的方式的典型实施例是图13-14,被开启的电压转换器的输出电压以异步叠加的方式的典型实施例是图4-5和图9。

[0095] 参见图14,和前文的图9对比,母线电压的实际值在时刻 $T1$ 左右迅速被推高上升到较高的电压水准 $V_{01}+V_{02}+\dots+V_{0N}$,此时电压转换器 $CH1-CHN$ 全部被开启而将母线的电压推高到不低于启动电压阈值 V_{STA} ,逆变器 $INVT$ 也被重新启动。如果逆变器能够正常的启动而将直流侧的直流电逆变成交流电,意味着母线上开始产生母线电流 I_0 。当母线电压不低于启动电压阈值时以曲线108表示母线电流和以曲线106表示母线电压并且该两个曲线的交叉点大约是母线电压等于启动电压阈值 V_{STA} 的时刻。图14中启动逆变器的总耗时远远低于图9中启动逆变器的总耗时。

[0096] 以上通过说明和附图的内容,给出了具体实施方式的特定结构的典型实施例,上述的发明披露了现有的较佳实施例,但这些内容并不作为局限。对于本领域的技术人员而言在阅读上述说明后,各种变化和修正无疑将显而易见。因此,所附的权利要求书应看作是涵盖本发明的真实意图和范围的全部变化和修正。在权利要求书范围内任何和所有等价的范围与内容,都应认为仍属本发明的意图和范围内。

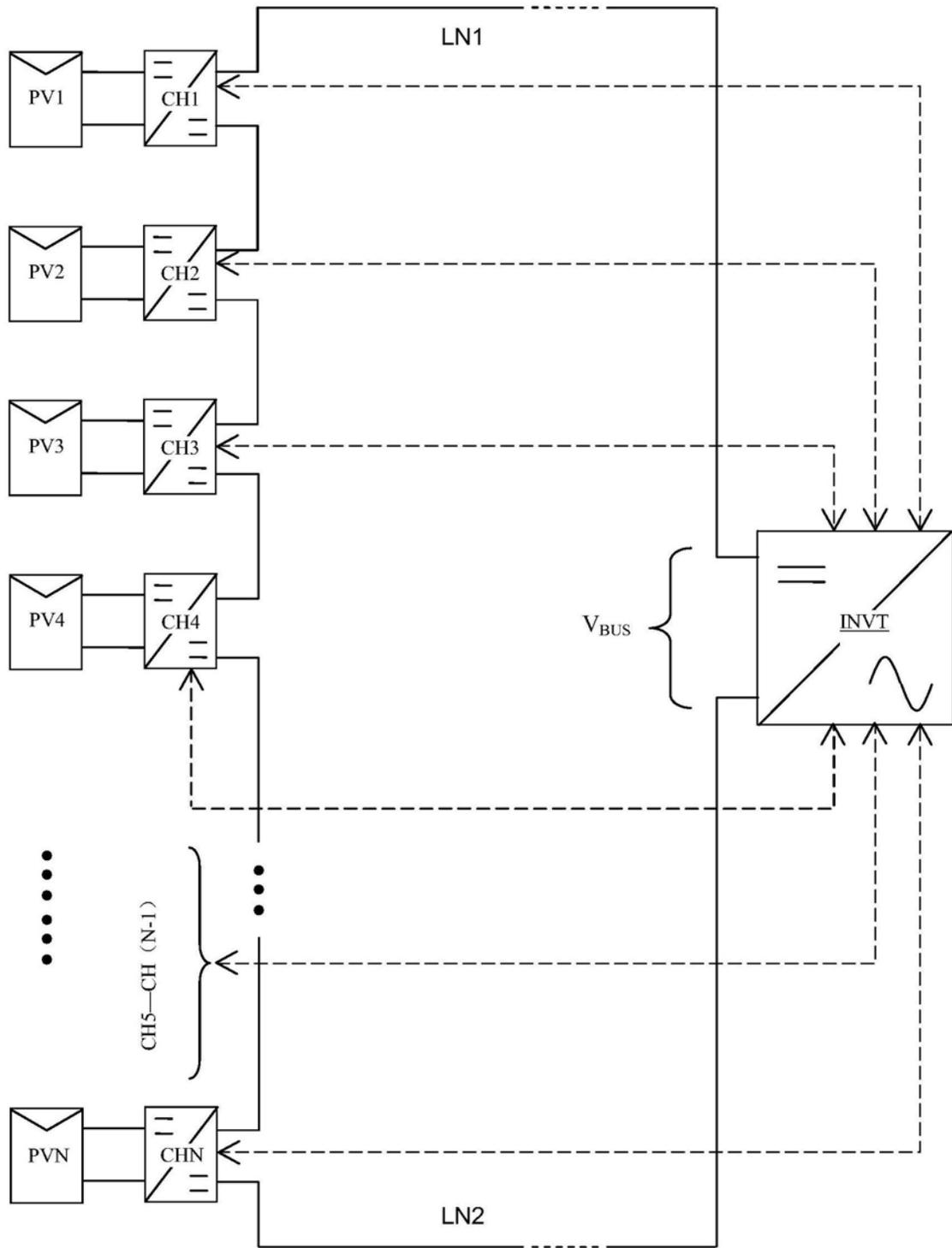


图1

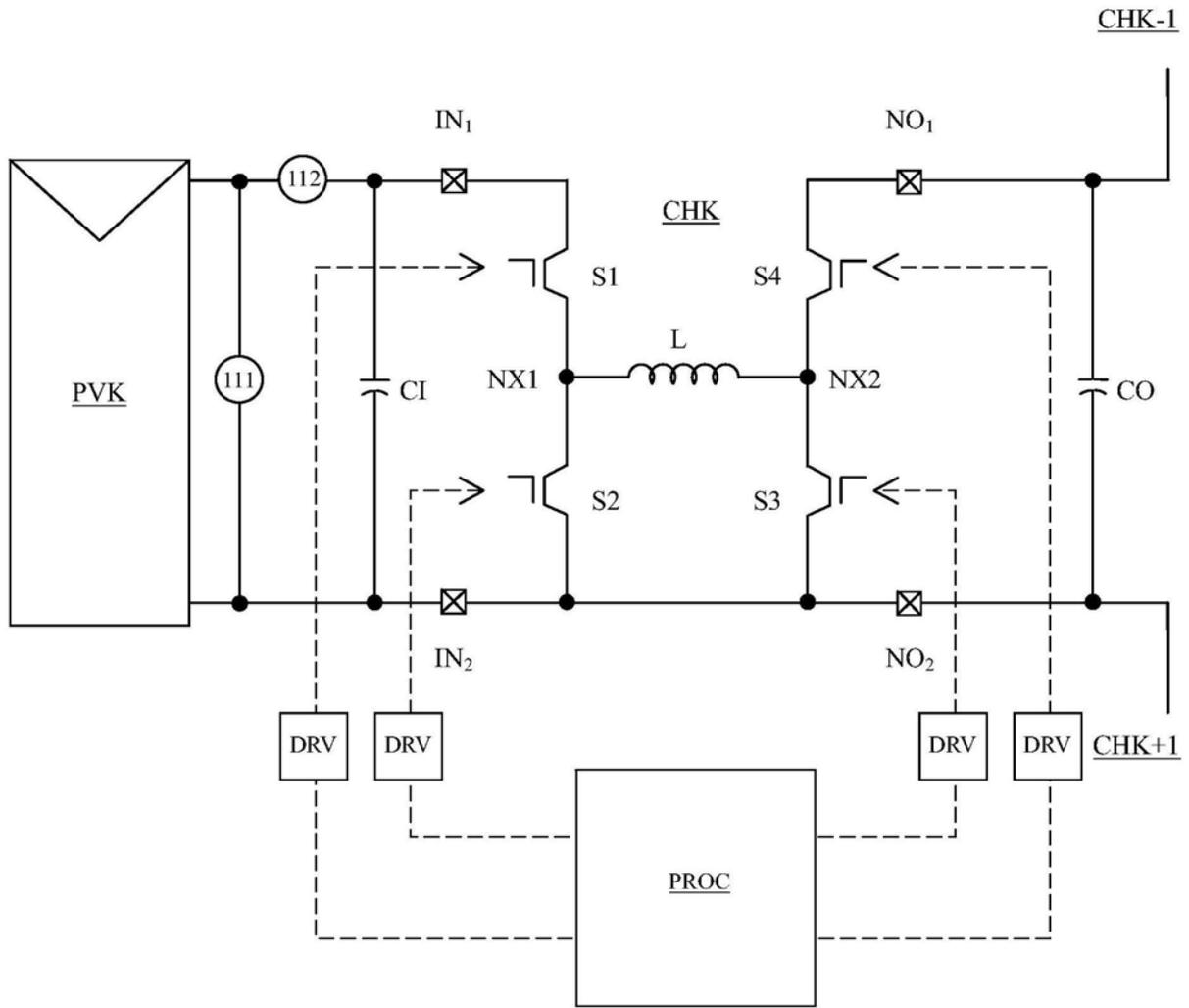


图2

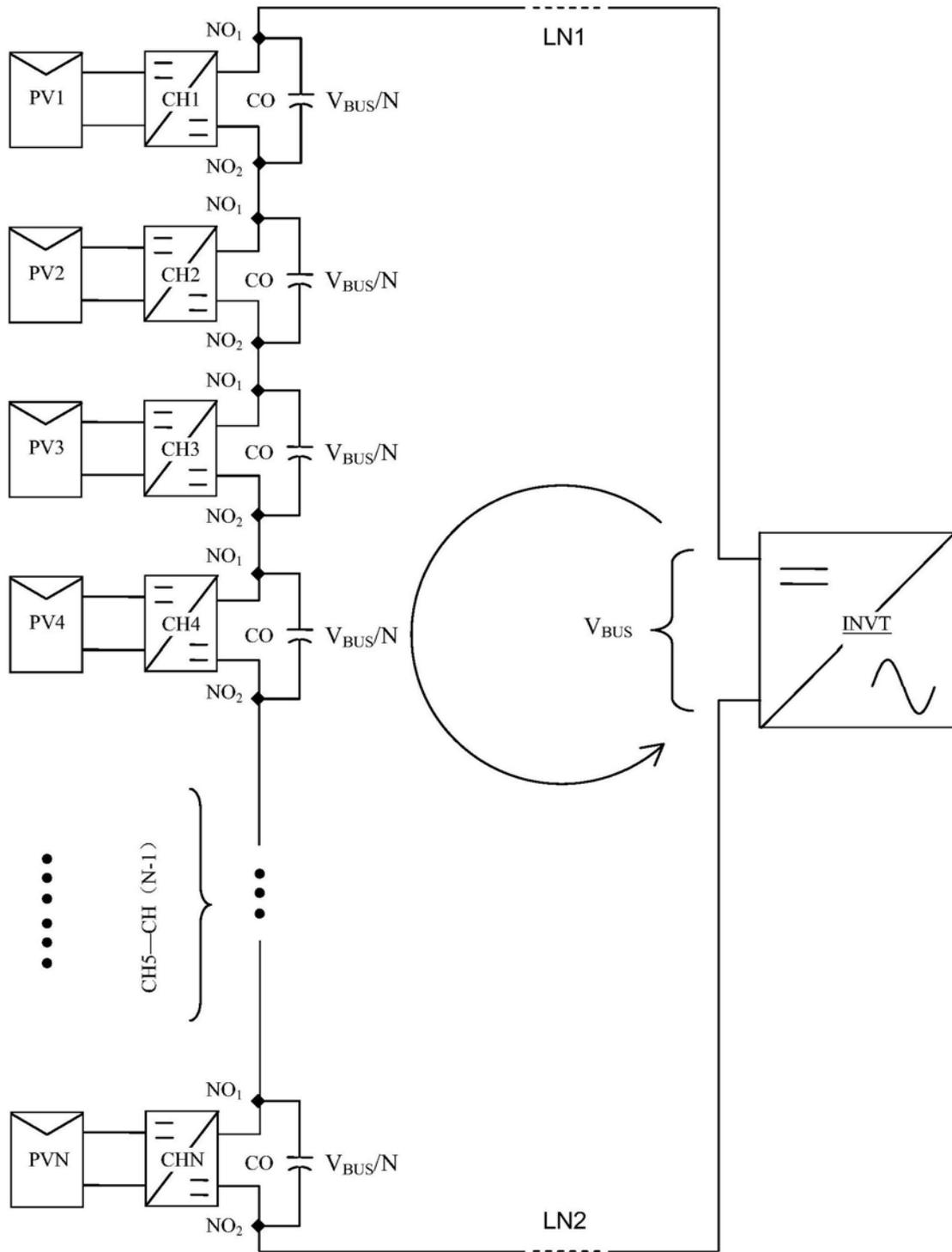


图3

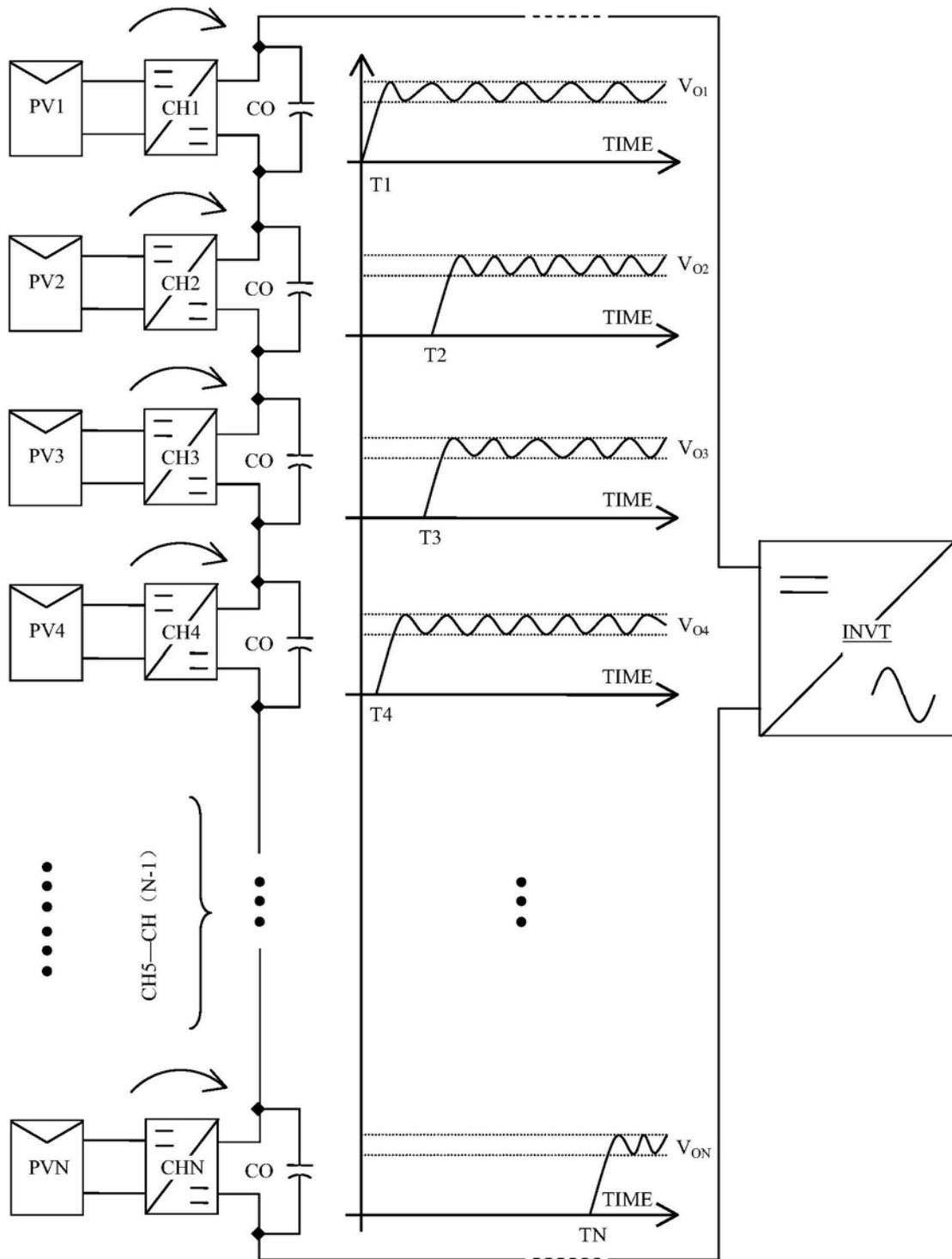


图4

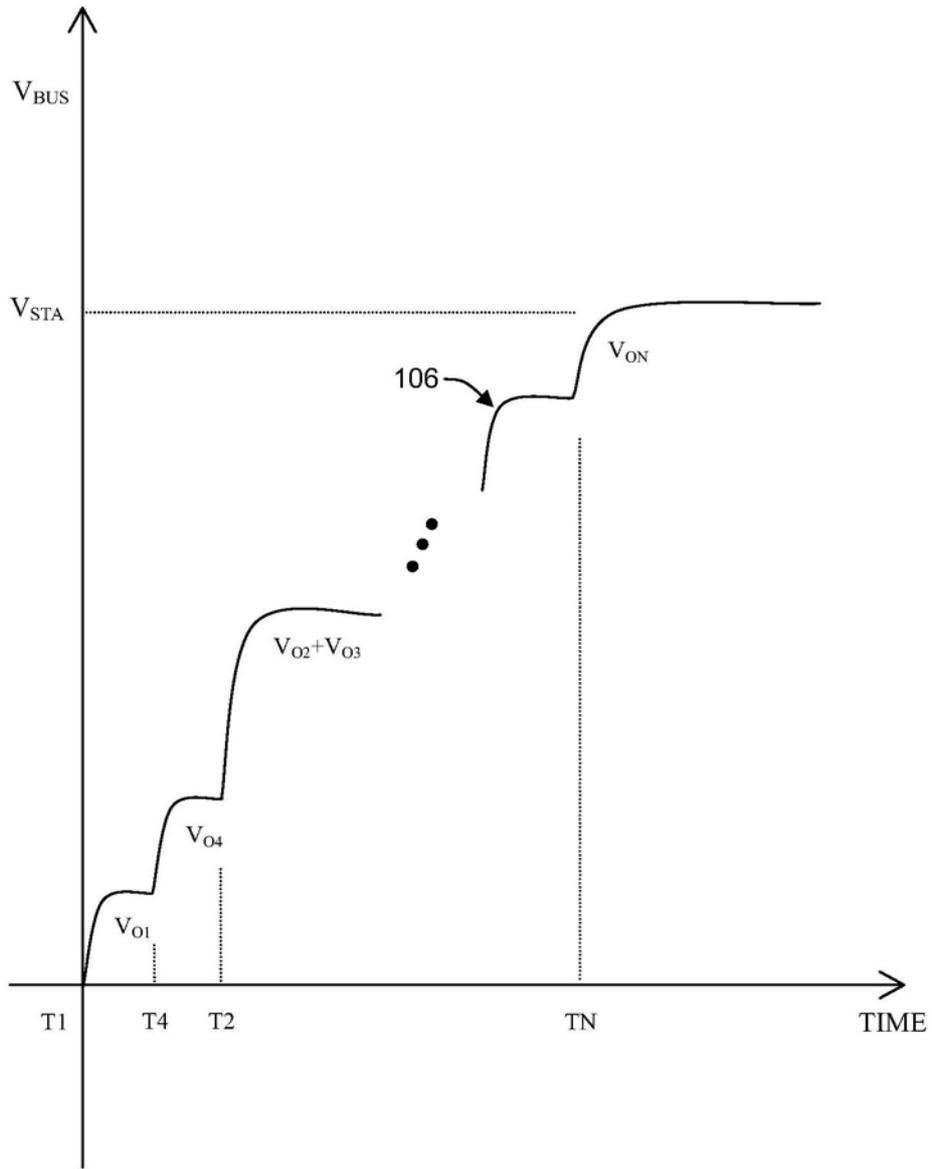


图5

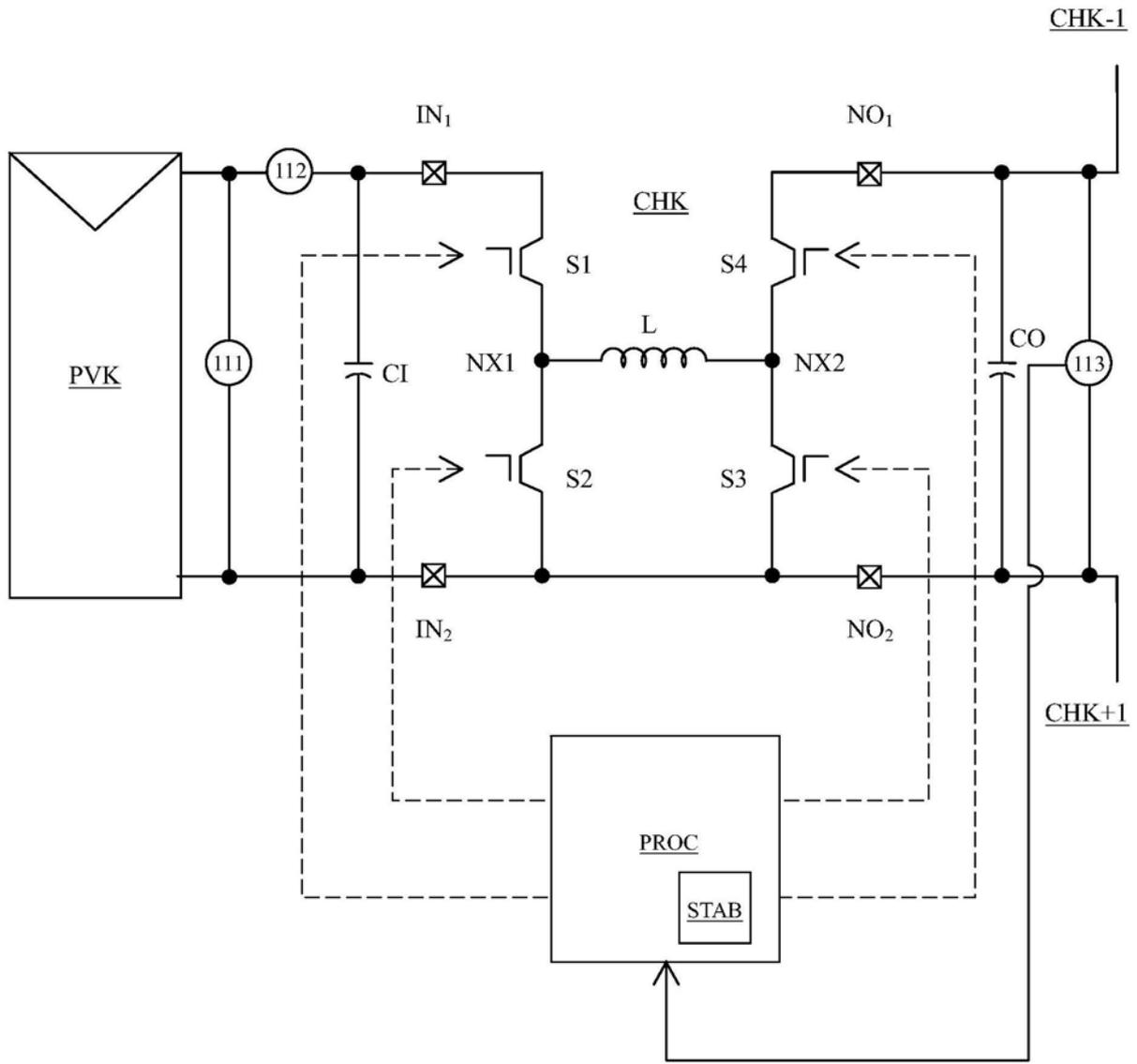


图6

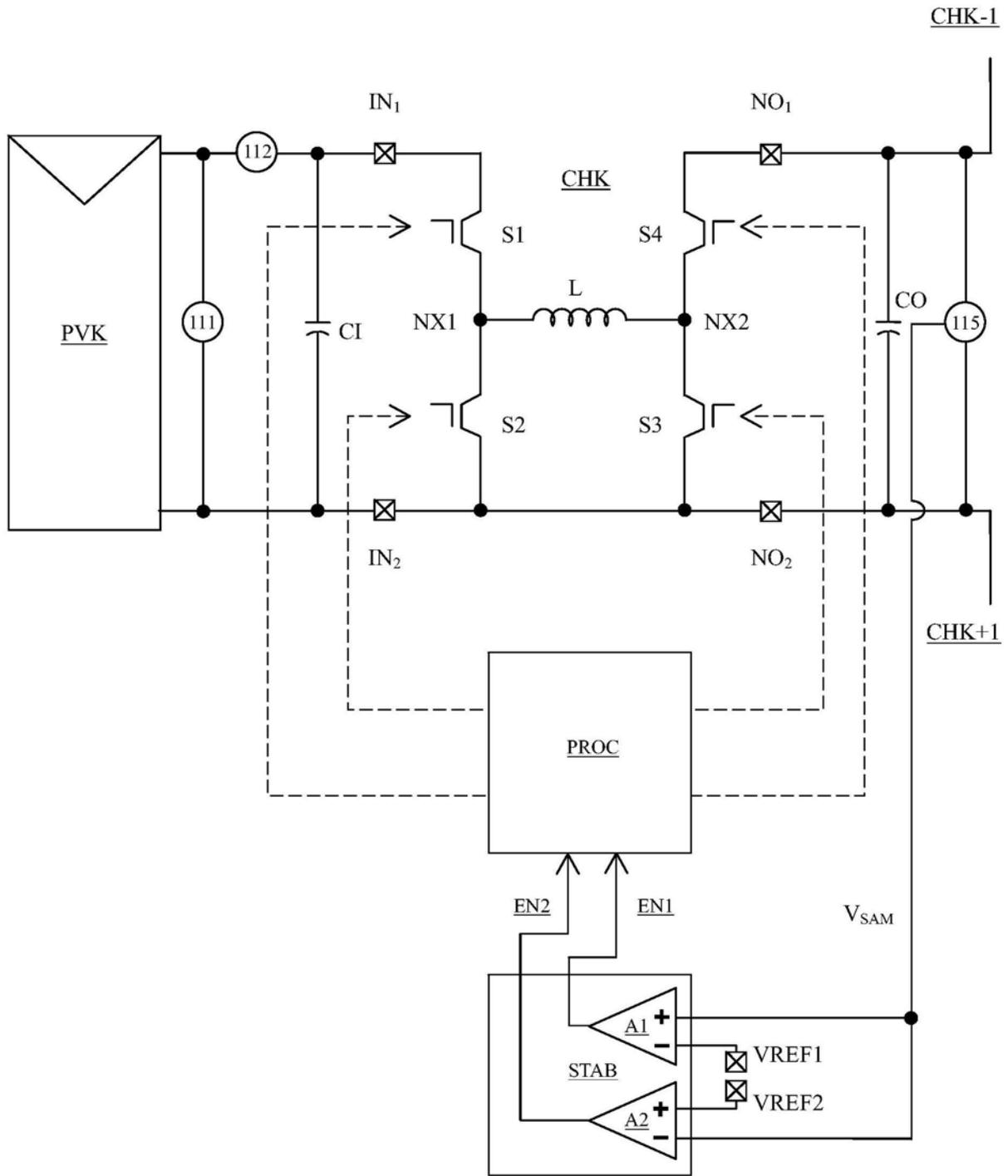


图7

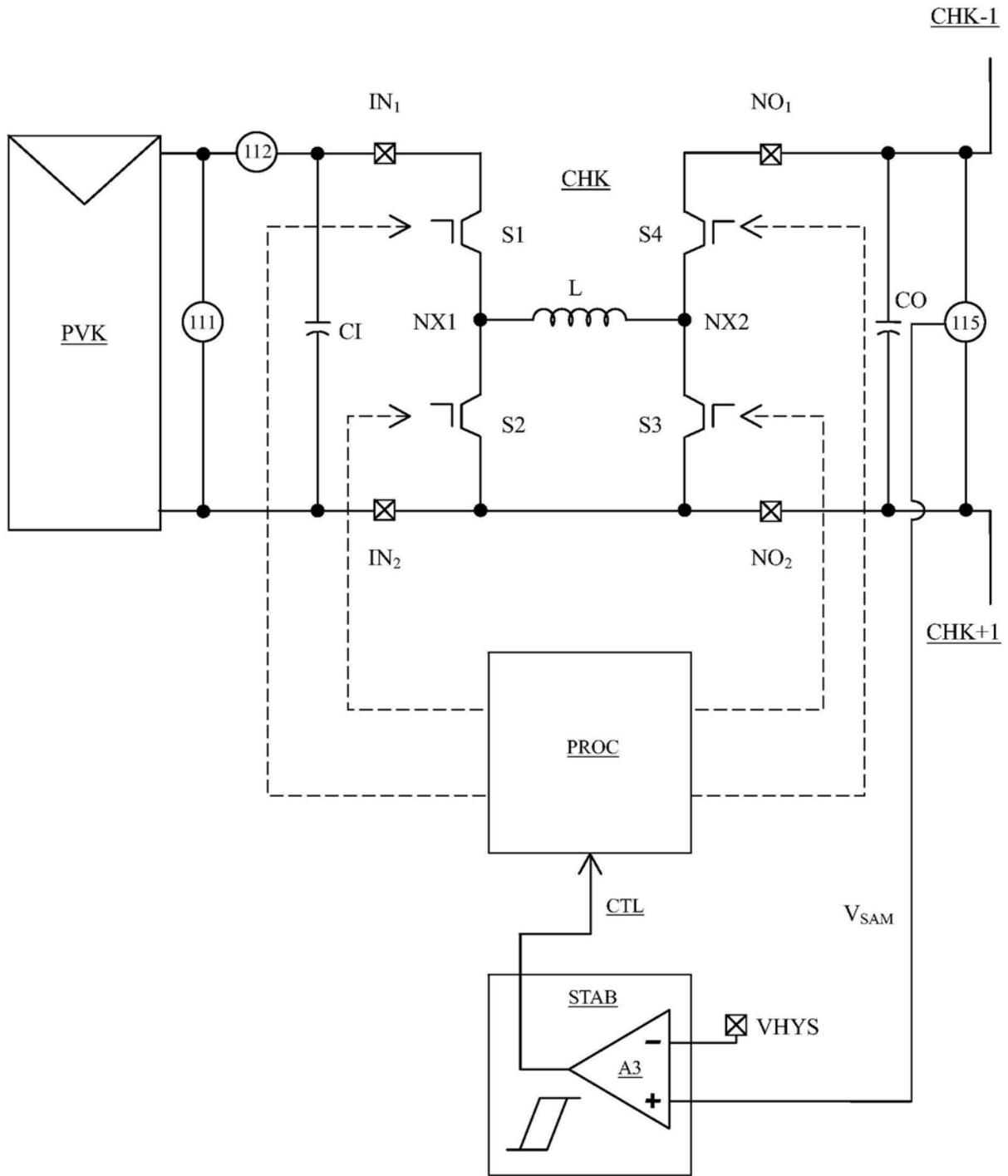


图8

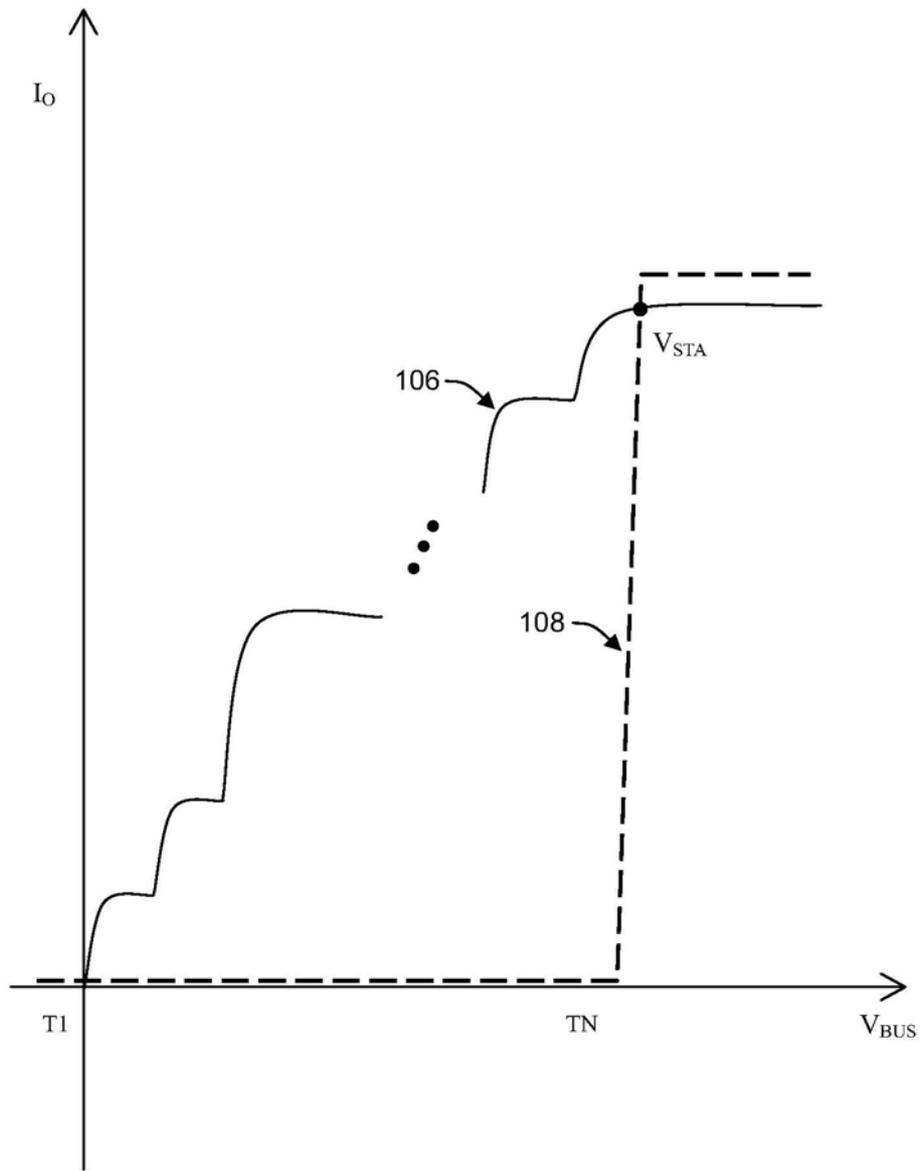


图9

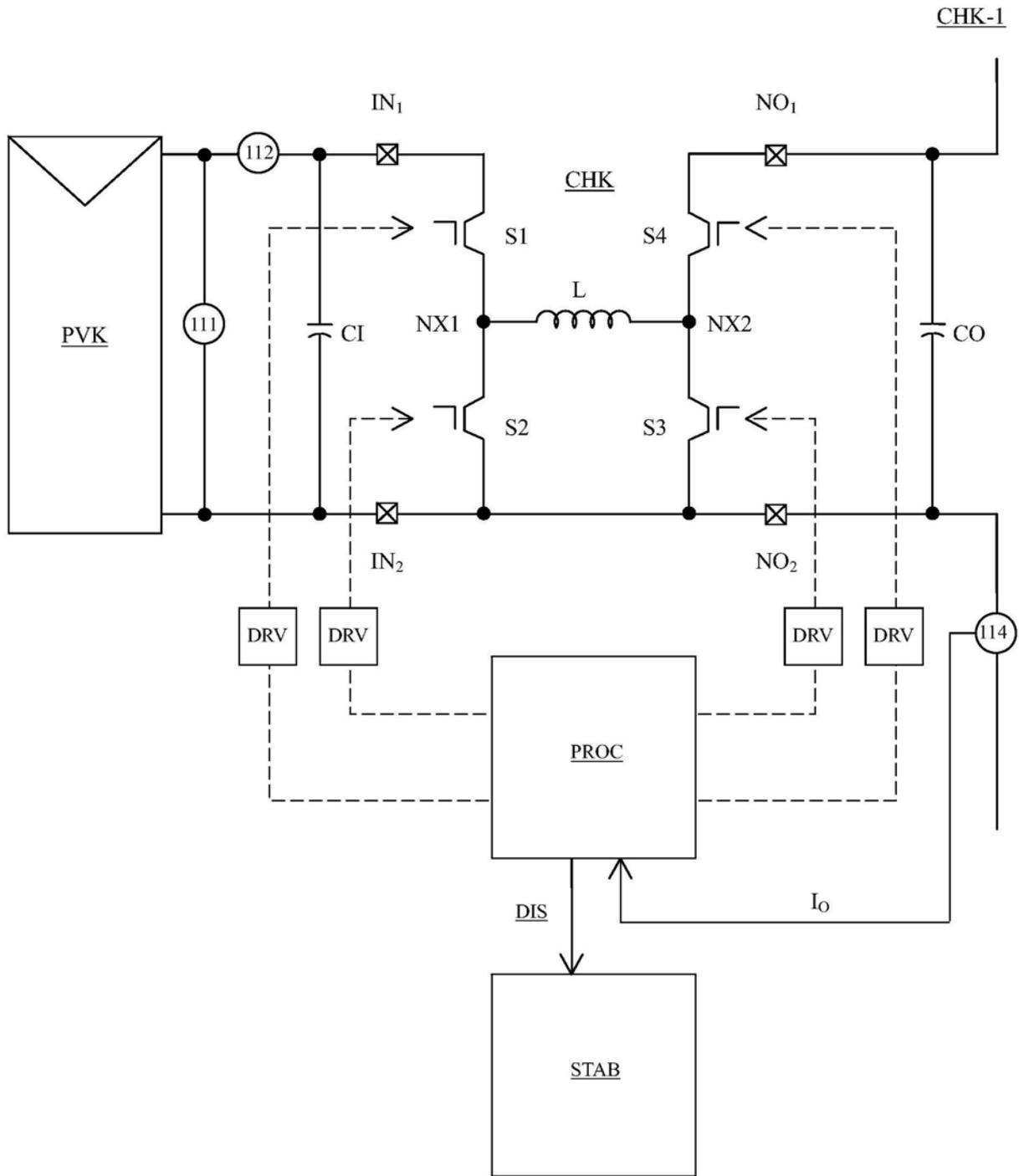


图10

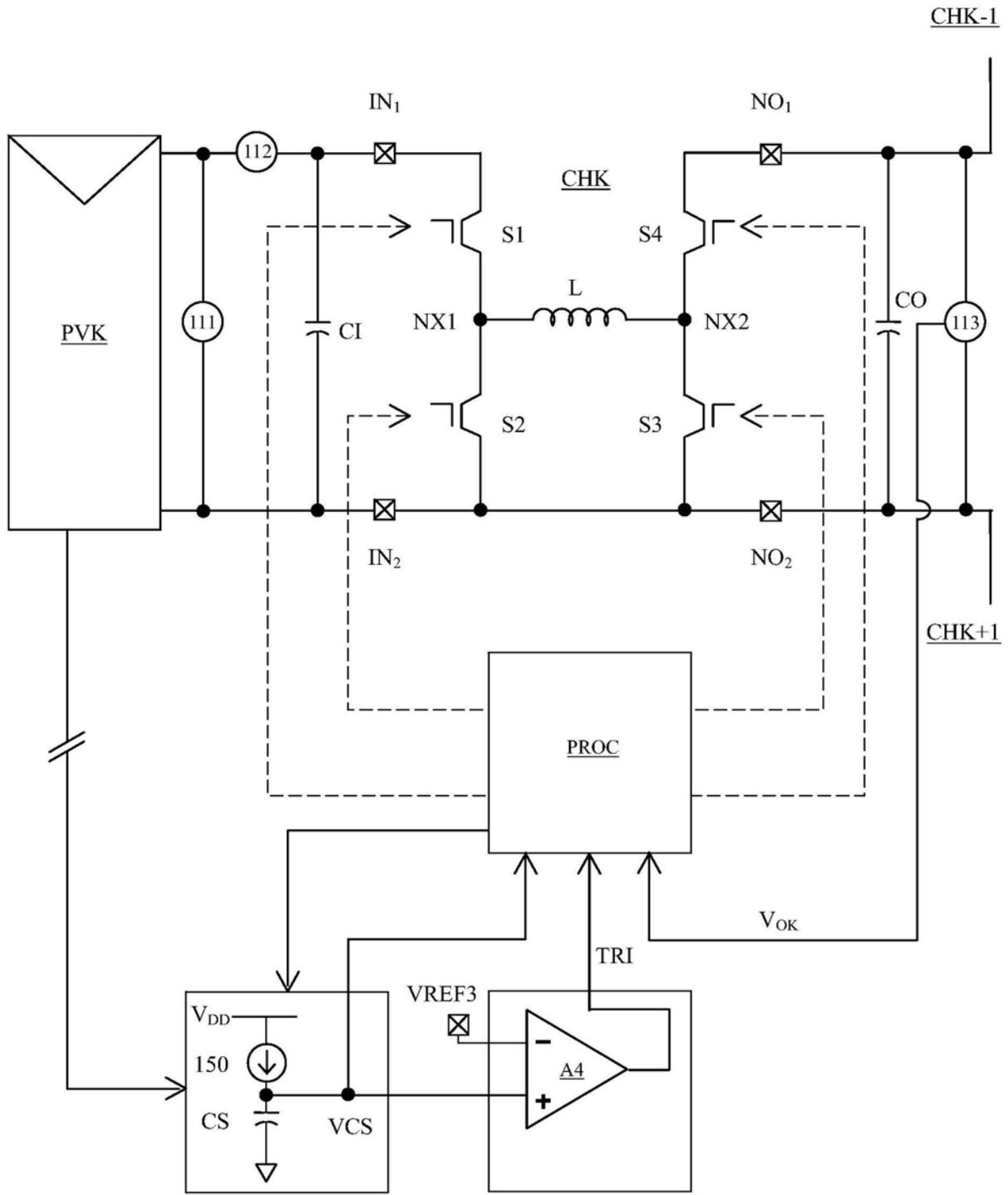


图11

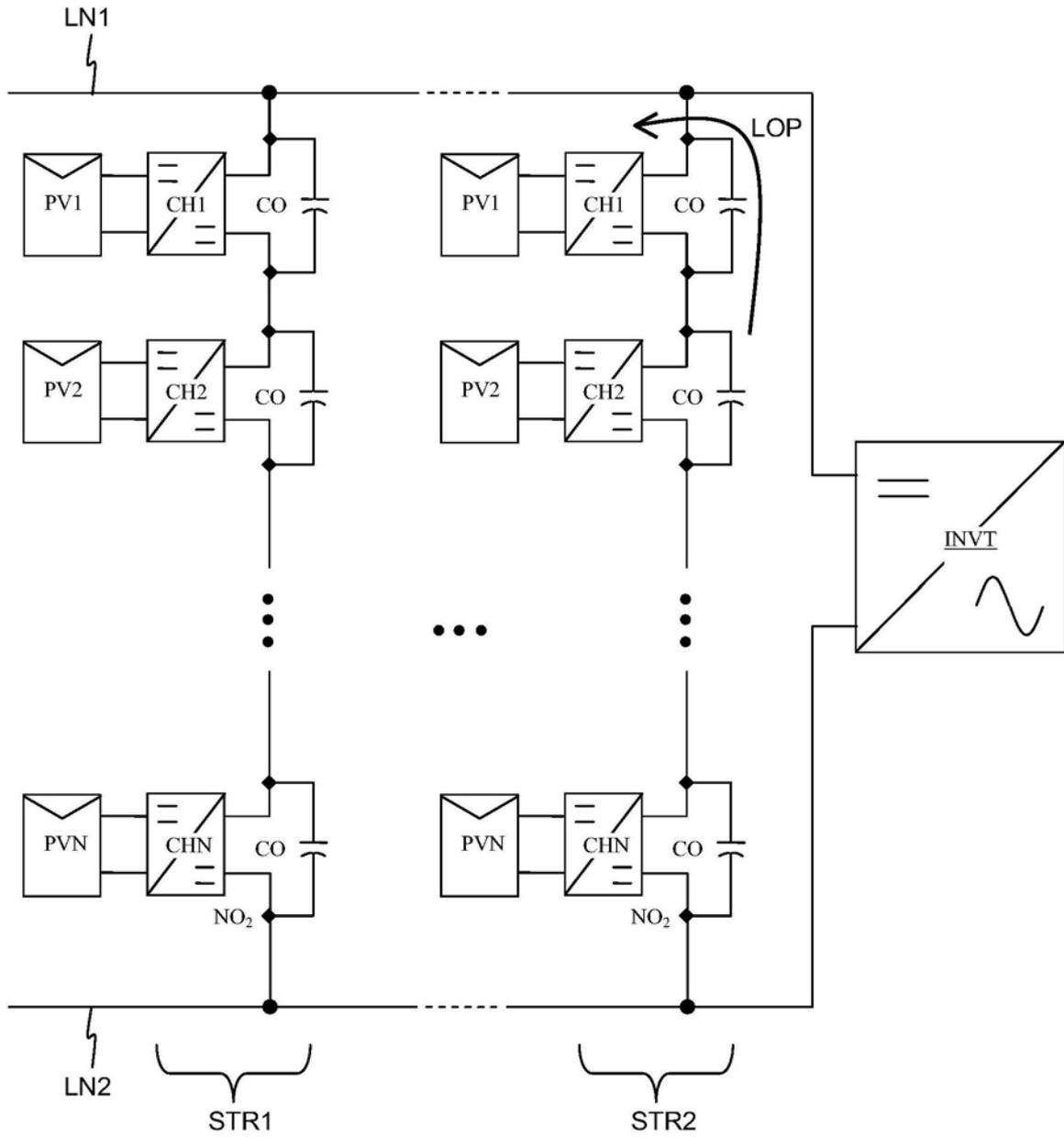


图12

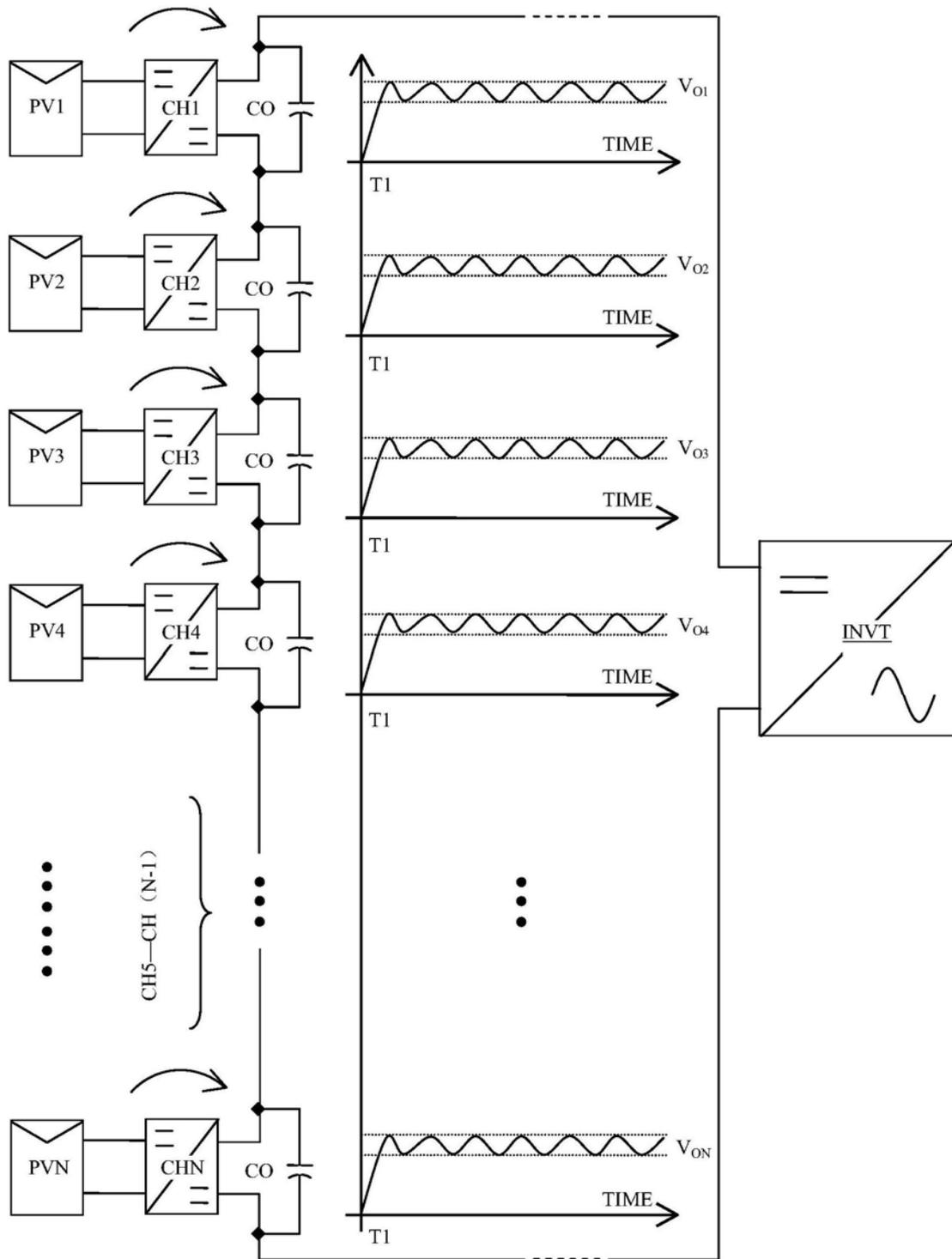


图13

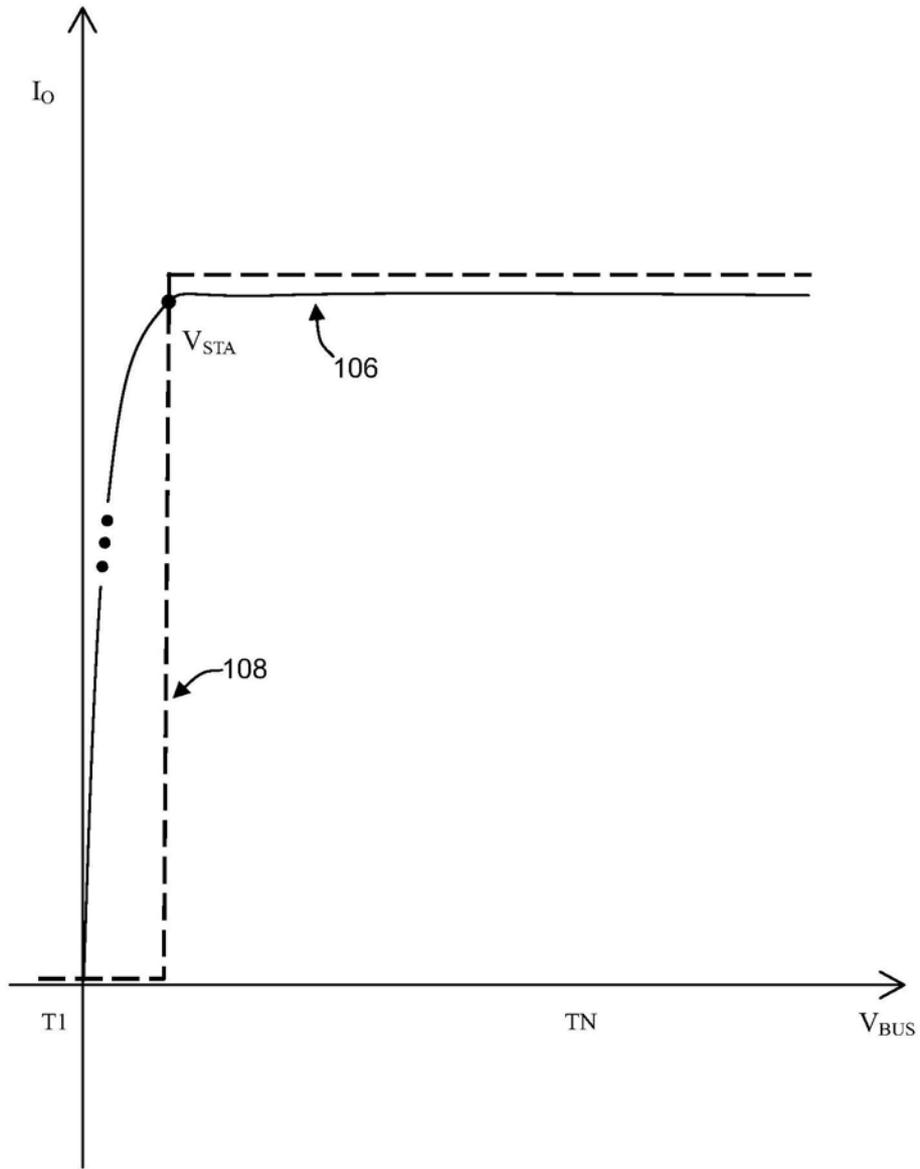


图14