



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118554782 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 27

(21) 申请号 202311732831.3

(22) 申请日 2023.12.15

(71) 申请人 华为数字能源技术有限公司

地址 518043 广东省深圳市福田区香蜜湖
街道香安社区安托山六路33号安托山
总部大厦A座研发39层01号

(72) 发明人 严伟加 王均 许富强 倪凯丰
张伟

(51) Int. Cl.

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 7/5395 (2006.01)

H02M 1/32 (2007.01)

H02M 1/00 (2007.01)

H02H 9/02 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/01 (2006.01)

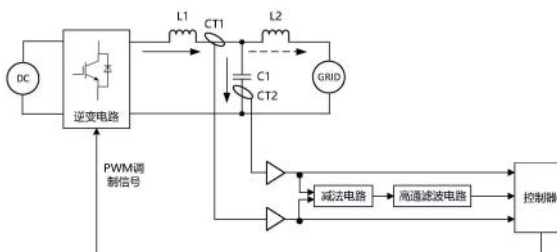
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种功率变换器及高频环流的抑制方法

(57) 摘要

本申请提供了一种功率变换器以及并机环流的抑制方法。其中,功率变换器将来自光伏组件的直流电转化为交流电并将交流电传输给电网,功率变换器包括逆变电路、滤波器、第一电流传感器、第二电流传感器以及控制器,滤波器包括第一电感、滤波电容以及第二电感,第一电感与滤波电容串联后与逆变电路并联,第一电感与滤波电容的串联连接点与第二电感相连,第一电感与第二电感的串联连接点与第二电感相连,第一电流传感器用于检测流经第一电感的电流,第二电流传感器用于检测流经滤波电容的电流。控制器用于,响应于差值电流大于第一阈值,控制逆变电路中开关管的导通与关断,以减小流经第二电感的电流,其中,差值电流为流经第一电感的电流与流经滤波电容的电流的差值。



1. 一种功率变换器,其特征在于,包括逆变电路、滤波器、第一电流传感器、第二电流传感器以及控制器,其中,所述逆变电路用于将来自光伏组件或储能电池的直流电转化为交流电并将所述交流电通过所述滤波器传输至电网,所述滤波器包括第一电感和滤波电容,所述第一电感与所述滤波电容串联后与所述逆变电路并联,所述第一电流传感器用于检测流经所述第一电感的电流,所述第二电流传感器用于检测流经所述滤波电容的电流;

所述控制器用于,响应于高频电流大于设定阈值,控制所述逆变电路中开关管的导通与关断,以减小流经所述滤波器的所述高频电流,其中,所述高频电流为过滤掉差值电流中工频分量的电流,所述差值电流为流经所述第一电感的电流减去流经所述滤波电容的电流后得到的电流值,所述工频分量为所述差值电流中频率为工频的电流。

2. 根据权利要求1所述的功率变换器,其特征在于,所述功率变换器还包括减法电路,所述减法电路的一端与所述第一电流传感器以及所述第二电流传感器相连,所述减法电路的另一端与所述控制器相连,所述减法电路用于向所述控制器输出用于表征所述差值电流的信号。

3. 根据权利要求1或2所述的功率变换器,其特征在于,所述功率变换器还包括高通滤波电路,所述高通滤波电路连接于所述减法电路与所述控制器之间,所述高通滤波电路用于向所述控制器输出表征所述高频电流的信号。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的功率变换器,其特征在于,所述滤波器还包括第二电感,所述第二电感的一端与所述第一电感以及所述滤波电容相连,所述第二电感的另一端用于与电网相连。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的功率变换器,其特征在于,所述第一电流传感器为电流霍尔、电流采样电阻以及电流采样互感器的其中之一,所述第二电流传感器为电流霍尔、电流采样电阻以及电流采样互感器的其中之一。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的功率变换器,其特征在于,所述功率变换器为单相功率变换器,或者,所述功率变换器为三相功率变换器。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的功率变换器,其特征在于,所述逆变电路包括T型三电平桥臂,或者,所述逆变电路包括I型三电平桥臂。

8. 一种并机环流抑制方法,其特征在于,所述方法包括:

响应于高频电流大于设定阈值,控制逆变电路中开关管的导通和关断,以减小流经滤波器的所述高频电流,其中,所述滤波器与所述逆变电路的交流输出端相连,所述滤波器包括第一电感和滤波电容,所述第一电感与所述滤波电容串联后与所述逆变电路并联,所述高频电流为过滤掉差值电流中工频分量的电流,所述差值电流为流经所述第一电感的电流减去流经所述滤波电容的电流后得到的电流值,所述工频分量为所述差值电流中频率为工频的电流。

9. 一种供电系统,其特征在于,所述供电系统包括多台权利要求1-7中任一项所述的功率变换器,多台所述功率变换器的直流输入端用于与光伏组件或储能电池相连,多台所述功率变换器的交流输出端并联后用于与电网相连。

一种功率变换器及高频环流的抑制方法

技术领域

[0001] 本申请涉及光伏发电领域,尤其涉及一种功率变换器及高频环流的抑制方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着能源问题和环境问题的日益突出,以太阳能、风能为主的可再生能源逐渐得到开发。光伏发电系统作为可再生能源的重要解决方案之一,得到了飞速发展。为了增加光伏电站的可靠性与可扩展性,工程上通常采用多个逆变器并联的方式。同时,为了抑制逆变器输出交流电的高次谐波,逆变器中通常设置有滤波器。在实际应用中,单个逆变器在并网运行时能够满足并网的需求。但是,当多台逆变器同时并联运行时,多台逆变器的滤波器之间容易出现谐振环流。环流的成分大致可包括基波环流和谐波环流两部分,其中,高频环流在流经电感和电容等器件时,将导致这些器件的过热,严重影响逆变器的发电效率和安全性。因此,及时且有效地检测并抑制并联逆变器之间的高频环流成为逆变器至关重要。

发明内容

[0003] 为了及时且准确地识别高频环流并对高频环流进行抑制,本申请提供了一种功率变换器及高频环流的检测及抑制方法。

[0004] 第一方面,本申请提供一种功率变换器,功率变换器用于将来自光伏组件的直流电转化为交流电并将交流电传输给电网,功率变换器包括逆变电路、滤波器、第一电流传感器、第二电流传感器以及控制器,滤波器与逆变器电路的交流输出端相连,滤波器包括第一电感和滤波电容,第一电感与滤波电容串联后与逆变电路并联,第一电流传感器用于检测流经第一电感的电流,第二电流传感器用于检测流经滤波电容的电流。控制器用于,响应于高频电流大于设定阈值,控制逆变电路中开关管的导通与关断,以减小流经滤波器的电流,其中,高频电流为过滤掉差值电流中工频分量的电流,差值电流为流经第一电感的电流减去流经滤波电容的电流后得到的电流值,工频分量为差值电流中频率为工频的电流。本申请以高频电流为对象,直接地表征了经过滤波器的高频环流的大小,进而避免因时延导致的高频环流识别误差,提高了高频环流识别的实时性和准确性。

[0005] 在一种可能的实施方式中,功率变换器还包括减法电路,减法电路的一端与第一电流传感器以及第二电流传感器相连,减法电路的另一端与控制器相连,减法电路用于向控制器输出用于表征差值电流的信号。具体而言,减法电路分别从第一电流传感器以及第二电流传感器处接收用于表征流经第一电感的电流 $i-L1$ 的信号以及用于表征流经滤波电容的电流 $i-C1$ 的信号。在此基础上,减法电路通过差值运算得到用于表征差值电流的信号。通过设置减法电路,可以减轻控制器的运算压力,降低控制器的选型要求。

[0006] 在一种可能的实施方式中,功率变换器还包括高通滤波电路,高通滤波电路连接于减法电路与控制器之间,高通滤波电路用于向控制器输出表征高频电流的信号。通过设置高通滤波电路,将高通滤波的过程转移出控制器,可以减轻控制器的运算压力,进而降低

了控制器的选型要求。

[0007] 在一种可能的实施方式中,滤波器还包括第二电感,第二电感的一端与第一电感以及滤波电容相连,第二电感的另一端用于与电网相连。当滤波器包括第二电感时,滤波器为LCL型滤波器。也就是说,本申请中高频环流的检测逻辑也可以应用在LCL型滤波器。

[0008] 在一种可能的实施方式中,第一电流传感器为电流霍尔、电流采样电阻以及电流采样互感器的其中之一,第二电流传感器为电流霍尔、电流采样电阻以及电流采样互感器的其中之一。

[0009] 在一种可能的实施方式中,功率变换器为单相功率变换器,或者,功率变换器为三相功率变换器。

[0010] 在一种可能的实施方式中,逆变电路包括T型三电平桥臂,或者,逆变电路包括I型三电平桥臂。

[0011] 第二方面,本申请提供了一种并机环流的抑制方法,方法包括:响应于高频电流大于设定阈值,控制逆变电路中开关管的导通和关断,以减小流经滤波器的环流。其中,滤波器与逆变电路的交流输出端相连,滤波器包括第一电感和滤波电容,第一电感与滤波电容串联后与逆变电路并联,高频电流为过滤掉差值电流中工频分量的电流,差值电流为流经第一电感的电流减去流经滤波电容的电流后得到的电流值,工频分量为差值电流中频率为工频的电流。本申请以高频电流为对象,直接地表征了经过滤波器的高频环流的大小,进而避免因时延导致的高频环流识别误差,提高了高频环流识别的实时性。

[0012] 第三方面,本申请提供了一种供电系统,包括第一方面任一项的功率变换器,多台功率变换器的直流输入端用于与光伏组件或储能电池相连,多台功率变换器的交流输出端并联后用于与电网相连。

[0013] 总的来说,本申请提供的逆变器通过采样 $i-L1$ 以及 $i-C1$,并通过差值运算和高通滤波处理,获取了环流中的高频电流,进而及时且准确地获取了流过滤波器的高频环流的大小,与此同时,逆变器基于高频环流的大小,判断是否启动高频环流抑制算法,进而有效地排除了高频环流。

附图说明

[0014] 图1为一种光伏电站的组网示意图;

[0015] 图2为两台功率变换器并联运行的拓扑结构图;

[0016] 图3为本申请提供的一种单个逆变器的控制结构图;

[0017] 图4为本申请提供的又一种单个逆变器的控制结构图;

[0018] 图5为本申请提供的再一种单个逆变器的控制结构图;

[0019] 图6本申请提供的环流抑制的控制流程图。

具体实施方式

[0020] 参见图1,图1是光伏电站的组网示意图,其中,光伏组件通过光生伏特效应将太阳能转化为电能并向逆变器输出直流电,逆变器将光伏组件输出的直流电转化为低压交流电(示例地,800V)并进一步将低压交流电输送给箱式变电站。箱式变电站将逆变器输出的低压交流电转化为中压交流电(示例地,35kV)后,继续将中压交流电输送至升压站(电网)以

实现光伏电站的并网发电。

[0021] 随着光伏在电网中占比的逐渐提升,其高渗透率将给电网带来较大的冲击,对电网电压的稳定、电能质量以及运行控制带来一系列的问题。为此,业界通常在光伏发电系统中加入储能装置,并通过储能装置的充放电特性,为电网提供稳定的电流源。与此同时,通过储能装置的设置,还可以缓解光伏发电系统的弃光现象,进而提高光伏电站的整体发电量。

[0022] 请继续参见图1,光伏电站还包括储能电池,储能电池通过储能变流器与箱式变电站相连。当电网电压波动时,储能电池可以向储能变流器输送稳定的直流电,储能变流器将来自储能电池的直流电转化为交流电并通过箱式变电站向电网输出电能,进而对电网提供有功支撑和无功支撑。除此之外,当光伏组件的发电过剩时,光伏组件的产生的电能还可以为储能电池充电,进而避免电能的浪费。

[0023] 值得一提的是,在光伏电站中,逆变器和储能变流器可被统称为功率变换器。与逆变器不同的是,储能变流器除了能够将来自储能电池的直流电转化为交流电并输送给电网之外,储能变流器还能够将来自电网的交流电转化为直流电为储能电池充电。也就是说,储能变流器可以实现直流电与交流电之间的双向能量转换。

[0024] 下面,本申请将以逆变器为例,并结合图2至图6对本申请提供的环流检测方案进行说明。值得一提的是,本申请提供的环流检测方案也可以应用于储能变流器,本申请对此不做限制。

[0025] 为了更好地理解本申请提供的技术方案,首先介绍多台逆变器并联场景下环流的产生机理。如上所述,为了提高光伏电站的可靠性和可扩展性,工程上通常将多台逆变器的交流输出端并联并通过并网公共点(Point of Common Coupling,PCC)与电网相连。但是,研究人员发现,当N台逆变器并联运行时,系统中单台逆变器的等效电网阻抗等效为实际电网阻抗的N倍。也就是说,相比于单台逆变器并网,多台逆变器并网时,每台逆变器与电网连接线路上的等效阻抗增加,逆变器产生的交流电更难顺利地输送到电网。因此,当多台逆变器并联运行时,逆变器通过功率变换产生的交流电只有一部分能顺利地输送至电网,而另一部分交流电则会在多台逆变器的滤波器之间形成电流回路,这部分电流被称为环流。实际场景下,环流可分解为基波环流和谐波环流,其中,基波环流对应环流中频率与电网频率相同的电流分量,谐波环流对应环流中频率与电网频率不同的电流分量。

[0026] 进一步地,在逆变器工作过程中,因为三角载波的相位不一致,逆变器的参数不同等原因,并联运行的各台逆变器中开关管通常不能同步导通和关断,这样,各台逆变器中滤波器对逆变器中开关管动作时产生的高频纹波的阻抗下降,导致每台逆变器产生的高频纹波叠加,最终形成高频环流。值得一提的是,高频环流指的是环流中频率位于逆变器中开关管动作频率附近的电流分量,上述开关管指的是逆变器中逆变电路所包含的开关管。另外,由于滤波器中包括较多的电感,高频环流流过电感时会转化为热量和振动,造成电感过热,缩短逆变器的寿命,严重时甚至会导致逆变器的故障和烧毁。这里,高频环流属于上述谐波环流的一种。

[0027] 参见图2,本申请以两台逆变器并联运行的场景为例,示意了两台逆变器之间环流的流向。如图2所示,第一逆变器10与第二逆变器20的直流输入端用于连接光伏组件或储能电池等直流源,第一逆变器10与第二逆变器20的交流输出端并联并通过交流母线与电网相

连。以第一逆变器10为例,第一逆变器10包括母线电容、逆变电路11以及滤波器。其中,逆变电路11的直流输入端与母线电容相连,逆变电路11的交流输出端与滤波器相连,母线电容用于平滑母线电压,逆变电路11包括多个开关管,用于实现直流电至交流电的变换,滤波器用于过滤逆变电路11输出交流电的噪声和谐波,以提高第一逆变器10输出交流电的质量和稳定性。

[0028] 进一步地,滤波器包括第一电感L1、第二电感L2以及滤波电容。需要说明的是,由于图2中第一逆变器10为三相逆变器,本申请将靠近逆变器侧的三个电感统称为第一电感L1,将靠近电网侧的三个电感统称为第二电感L2,将第一电容C1、第二电容C2以及第三电容C3统称为滤波电容C。以第一逆变器10中A相输出线路上的滤波器为例,第三电容C3的一端与母线电容的中点相连,第三电容C3的另一端与第一电感L1以及第二电感L2相连,第一电感L1的一端与逆变电路11相连,第一电感L1的另一端与第二电感L2相连。

[0029] 值得一提的是,逆变电路11与直流母线之间既可以是直接相连也可以是间接相连,同理,逆变电路11与滤波器之间也可以是直接相连或间接相连。另外,由于第二逆变器20与第一逆变器10的结构相同,在此不做赘述。

[0030] 进一步地,当两台逆变器并联运行时,第一逆变器10输出的部分A相交流电通过A相交流母线流向第二逆变器20中滤波器的第二电感L2'以及滤波电容C',最后,电流通过B相交流母线以及C相交流母线回到第一逆变器10的滤波器,形成环流。值得一提的是,图2只是环流的一种示意,实际场景下环流的电流回路可能与本申请图2所示的不同。

[0031] 进一步地,对于第一逆变器10,当第一逆变器10与第二逆变器20之间的环流中存在高频环流时,由于滤波器中第一电感L1对高频环流的阻抗较大,因此高频环流通常只能流经滤波器的第二电感L2以及滤波电容。同理,对于第二逆变器20,当第一逆变器10与第二逆变器20之间的环流中存在高频环流时,高频环流通常也只能流经滤波器的第二电感L2'以及滤波电容C'。如上所述,由于高频环流流经的电感元件将出现过热现象,因此,对于第一逆变器10的滤波器,第二电感L2容易出现过热,严重影响第二电感L2的正常工作。因此,当多台逆变器并联运行时,除了要及时检测环流整体的大小,及时检测环流中高频环流的大小也至关重要。

[0032] 针对如何有效检测并联运行的多台逆变器之间是否出现高频环流的问题,业界通常有两种解决方案。以图2中第一逆变器10为例,在第一种方案中,可以直接在第二电感L2的附近设置温度检测电路,以实时监控第二电感L2的温度,若第二电感L2的温度超过设定阈值则说明第一逆变器10与第二逆变器20之间产生了高频环流。但是,该温度检测电路的检测精度不高,且容易出现时延,通常不能及时有效地检测到并联的多台逆变器之间是否出现高频环流。在第二种方案中,可以根据电网电压与滤波器中滤波电容C两端电压的标准差来识别多台并联的逆变之间是否出现了高频环流。但是,由于电网电压的波动,在一些工况下,第二种方案也无法及时准确地检测到并联的多台逆变器之间是否出现高频环流。与此同时,由于高频环流所对应的电压分量远远小于逆变器输出交流电的电压,因此,逆变器的控制器在计算高频环流的大小时,信噪比极低,难以准确地根据高频环流所对应的电压分量计算出高频环流的大小。

[0033] 对比,本申请提出了一种检测并联逆变器之间是否出现高频环流的方案,该方案的控制逻辑简单,所需的硬件部件也较少,下面,将具体结合图3至图6进行说明。

[0034] 实施例1:

[0035] 参见图3,图3是本申请提供的一种单台逆变器环流控制的结构图。具体而言,逆变器的直流输入端用于连接储能电池或光伏组件等直流源,逆变器的交流输出端用于连接电网。逆变器包括逆变电路、滤波器以及控制器。其中,逆变电路用于将来自直流源的直流电转化为交流电并将交流电通过滤波器输出至电网,滤波器用于过滤逆变电路输出交流电的谐波分量,以提升逆变器输出交流电的质量。其中,当滤波器为LCL型滤波器时,滤波器包括第一电感L1、第一电容C1以及第二电感L2,第一电感L1和第一电容C1串联后与逆变电路并联,第二电感L2的一端与第一电感L1以及第一电容C1相连,第二电感L2的另一端用于与电网相连。

[0036] 进一步地,逆变器还包括第一电流传感器CT1和第二电流传感器CT2。其中,第一电流传感器CT1与第一电感L1串联,用于检测流经第一电感L1的电流,即 $i-L1$,第二电流传感器CT2与第一电容C1串联,用于检测流经第一电容C1的电流,即 $i-C1$ 。

[0037] 值得一提的是,在实际应用中,第一电流传感器CT1可以为电流霍尔、电流采样电阻或者电流采样互感器等。同理,在实际应用中,第二电流传感器CT2也可以为电流霍尔、电流采样电阻或者电流采样互感器等。

[0038] 进一步地,逆变器还包括减法电路和高通滤波电路。其中,减法电路的一端与第一电流传感器CT1以及第二电流传感器CT2相连,减法电路的另一端通过高通滤波电路与控制器相连。具体而言,在逆变器运行过程中,第一电流传感器CT1和第二电流传感器CT2分别将表征 $i-L1$ 的信号以及表征 $i-C1$ 的信号传输给减法电路。减法电路对表征 $i-L1$ 的信号与表征 $i-C1$ 的信号做差值运算后,得到差值电流信号并将其传输给高通滤波电路。高通滤波电路过滤掉差值电流信号中的工频分量信号以得到高频电流信号并将其传输给控制器。控制器收到高频电流信号后,判断高频电流是否大于设定阈值,若高频电流大于设定阈值,控制器启动高频环流抑制算法,以降低流过滤波器的电流。

[0039] 其中,差值电流为 $i-L1$ 与 $i-C1$ 之差,差值电流信号用于表征差值电流,高频电流是过滤掉差值电流中工频分量的电流,而工频分量为差值电流中频率为工频(电网的工作频率)的电流,高频电流信号用于表征高频电流,工频分量信号用于表征工频分量。

[0040] 值得一提的是,当控制器启动高频环流抑制算法时,控制器可以通过改变逆变电路的输出特性来抑制多台并联逆变器之间的环流。示例地,控制器通过改变脉冲宽度调制信号(Pulse Width Modulation,PWM)来控制逆变电路中开关管的导通和关断,进而改变逆变电路的输出特性。另外,由于控制器可承受的电压等级较低,因此,控制器只能接收用于表征差值电流以及高频电流的信号,这些信号虽然电压等级较低,但却可以较为完整地表征差值电流以及高频电流的相关信息。

[0041] 如上所述,当多台逆变器并联运行时,由于第一电感L1的高频阻抗较大,因此,当多台并联的逆变器之间产生高频环流时,高频环流通常只会经过滤波电容C1和第二电感L2。并且,由于高频环流极易导致第二电感L2的过热,影响逆变器的安全和效率,因此,以流经第二电感L2的电流即 $i-L2$ 为对象,可以较为直观地表现出多台并联的逆变器之间高频环流的大小。但是,由于第二电感L2位于逆变电路与电网的连接线路上,因此 $i-L2$ 通常较大,若为第二电感L2设置电流传感器以直接检测 $i-L2$ 的大小,对电流传感器的选型要求较高,增加了硬件成本。对此,申请人发现,在逆变器工作的过程中, $i-L1$ 可以等效为 $i-C1$ 与 $i-L2$

之和。因此,本申请以差值电流(即 $i-L1$ 与 $i-C1$ 之差)间接代表了 $i-L2$,进而避免直接为第二电感 $L2$ 设置电流霍尔,降低了硬件成本。

[0042] 除此之外,相比于根据电网电压与滤波电容两端电压的标准差来识别多台并联的逆变器之间是否出现了高频环流,本申请直接以差值电流为对象并进一步根据差值电流中高频电流的大小判断并联的逆变器之间是否出现了环流,省略了控制器将电压信号转换为电流信号的过程,提高了高频环流检测的实时性和准确性。

[0043] 实施例2:

[0044] 参见图4,图4是本申请提供的又一种单台逆变器环流控制的结构图。具体而言,逆变器的直流输入端用于连接储能电池或光伏组件等直流源,逆变器的交流输出端用于连接电网。逆变器包括逆变电路、滤波器以及控制器。其中,逆变电路用于将来自直流源的直流电转化为交流电并将交流电通过滤波器输出至电网,滤波器用于过滤逆变电路输出交流电的谐波分量,以提升逆变器输出交流电的质量。其中,当滤波器为LCL型滤波器时,滤波器包括第一电感 $L1$ 、第一电容 $C1$ 以及第二电感 $L2$,第一电感 $L1$ 和第一电容 $C1$ 串联后与逆变电路并联,第二电感 $L2$ 的一端与第一电感 $L1$ 以及第一电容 $C1$ 相连,第二电感 $L2$ 的另一端用于与电网相连。

[0045] 进一步地,逆变器还包括第一电流传感器 $CT1$ 和第二电流传感器 $CT2$ 。其中,第一电流传感器 $CT1$ 与第一电感 $L1$ 串联,用于检测流经第一电感 $L1$ 的电流,即 $i-L1$,第二电流传感器 $CT2$ 与第一电容 $C1$ 串联,用于检测流经第一电容 $C1$ 的电流,即 $i-C1$ 。

[0046] 值得一提的是,在实际应用中,第一电流传感器 $CT1$ 可以为电流霍尔、电流采样电阻或者电流采样互感器等。同理,在实际应用中,第二电流传感器 $CT2$ 也可以为电流霍尔、电流采样电阻或者电流采样互感器等。

[0047] 进一步地,逆变器还包括减法电路。具体而言,减法电路的一端与第一电流传感器 $CT1$ 以及第二电流传感器 $CT2$ 相连,减法电路的另一端与控制器相连。具体而言,在逆变器运行过程中,第一电流传感器 $CT1$ 和第二电流传感器 $CT2$ 分别将表征 $i-L1$ 的信号以及表征 $i-C1$ 的信号传输给减法电路。减法电路对表征 $i-L1$ 的信号与表征 $i-C1$ 的信号做差值运算后,得到差值电流信号并将其传输给控制器。控制器收到差值电流信号后,通过软件对差值电流信号做高通滤波处理以获取差值电流中高频电流的相关信息。或者,控制器收到差值电流信号后,还可以通过软件对差值电流信号做快速傅里叶运算(Fast Fourier Transform, FFT)进而提取差值电流中高频电流的相关信息。基于此,控制器判断高频电流是否大于设定阈值,若高频电流大于设定阈值,控制器启动高频环流抑制算法,以降低流过滤波器的电流。其中,差值电流为 $i-L1$ 与 $i-C1$ 之差,差值电流信号用于表征差值电流,高频电流是过滤掉差值电流中工频分量的电流,而工频分量为差值电流中频率为工频的电流。

[0048] 值得一提的是,当控制器启动高频环流抑制算法时,控制器可以通过改变逆变电路的输出特性来抑制多台并联逆变器之间的环流。示例地,控制器通过改变PWM信号来控制逆变电路中开关管的导通和关断,进而改变逆变电路的输出特性。另外,由于控制器可承受的电压等级较低,因此,控制器只能接收用于表征差值电流的信号,该信号虽然电压等级较低,但却可以较为完整地表征差值电流的相关信息。

[0049] 如此设置,不仅可以免除为第二电感 $L2$ 设置电流传感器,可以免除高通滤波电路的设置,进一步减轻了硬件成本。

[0050] 实施例3:

[0051] 参见图5,是图5本申请提供的再一种单台逆变器环流控制的结构图。具体而言,逆变器的直流输入端用于连接储能电池或光伏组件等直流源,逆变器的交流输入端用于连接电网。逆变器包括逆变电路、滤波器以及控制器。其中,逆变电路用于将来自直流源的直流电转化为交流电,并将交流电通过滤波器输出至电网,滤波器用于过滤逆变电路输出交流电的谐波分量,以提升逆变器输出交流电的质量。其中当滤波器为LCL型滤波器时,滤波器包括第一电感L1、第一电容C1以及第二电感L2,第一电感L1和第一电容C1串联后与逆变电路并联,第二电感L2的一端与第一电感L1以及第一电容C1相连,第二电感L2的另一端用于与电网相连。

[0052] 进一步地,逆变器还包括第一电流传感器CT1和第二电流传感器CT2。其中,第一电流传感器CT1与第一电感L1串联,用于检测流经第一电感L1的电流,即 $i-L1$,第二电流传感器CT2与第一电容C1串联,用于检测流经第一电容C1的电流,即 $i-C1$ 。

[0053] 值得一提的是,在实际应用中,第一电流传感器CT1可以为电流霍尔、电流采样电阻或者电流采样互感器等。同理,在实际应用中,第二电流传感器CT2也可以为电流霍尔、电流采样电阻或者电流采样互感器等。

[0054] 进一步地,第一电流传感器CT1和第二电流传感器CT2与控制器相连。控制器通过软件将表征 $i-L1$ 的信号与表征 $i-C1$ 的信号做差值运算,进而获取差值电流的相关信息。随后,控制器继续通过软件对差值电流的相关信息做高通滤波处理以获取差值电流中高频电流的相关信息。或者,控制器收到差值电流的相关信息后,还可以通过软件对差值电流信号做FFT进而提取差值电流中高频电流的相关信息。在此基础上,控制器判断高频电流是否大于设定阈值,若高频电流大于设定阈值,控制器启动高频环流抑制算法,以降低流过滤波器的电流。其中,差值电流为 $i-L1$ 与 $i-C1$ 之差,高频电流是过滤掉差值电流中工频分量的电流,而工频分量为差值电流中频率为工频的电流。

[0055] 如此设置,不仅可以免除为第二电感L2设置电流传感器,同时,还可以免除减法电路和高通滤波电路,进一步减轻了硬件成本。

[0056] 实施例4:

[0057] 参见图6,图5为本申请提供的一种高频环流的抑制方法图。该方法可以应于光伏逆变器或储能变流器等功率变换设备,并由这些功率变换设备的控制器执行。以光伏逆变器为例,光伏逆变器包括逆变电路、滤波器以及控制器,其中,逆变电路用于将来自直流源的直流电转化为交流电并将交流电通过滤波器输出至电网,滤波器用于过滤逆变电路输出交流电的谐波分量,以提升逆变器输出交流电的质量。当滤波器为LCL型滤波器时,滤波器包括第一电感L1、第一电容C1以及第二电感L2,第一电感L1和第一电容C1串联后与逆变电路并联,第二电感L2的一端与第一电感L1以及第一电容C1相连,第二电感L2的另一端用于与电网相连。当逆变器运行时,控制用于:

[0058] S101:判断高频环流是否大于设定阈值,若高频环流大于设定阈值,进入步骤S102;

[0059] S102:启动环流抑制算法;

[0060] S103:降低高频电流。

[0061] 其中,高频电流是过滤掉差值电流中工频分量的电流,差值电流是流经第一电感

L1的电流与流经第一电容C1的电流之差,工频分量是差值电流中频率为工频的电流。

[0062] 值得一提的是,当控制器启动高频环流抑制算法时,控制器可以通过改变逆变电路的输出特性来抑制多台并联逆变器之间的环流。示例地,控制器通过改变脉冲宽度调制信号(Pulse Width Modulation,PWM)来控制逆变电路中开关管的导通和关断,进而改变逆变电路的输出特性。

[0063] 需要说明的是,为了方便描述,上述实施例1-3中展示的逆变器均是单相逆变器。在实际应用中,本申请提供的技术方案还可应用于三相逆变器。对于三相逆变器,每相交流电对应的滤波器上均可设置第一电流传感器CT1以及第二电流传感器CT2,其中,第一电流传感器CT1以及第二电流传感器CT2分别用于检测流经第一电感L1以及流经第二电感L2的电流。

[0064] 另外,为了更好地展示本申请的技术原理,上述实施例1-3均是以LCL滤波器为例,详细地介绍了本申请提供的高频环流抑制方法。在实际应用中,LCL滤波器还可被替换为LC滤波器,本申请对此不做限制。具体而言,相比LCL滤波器,LC滤波器中免除了第二电感L2的设置。当并联运行的多台逆变器之间出现高频环流时,虽然第一电感L1对高频电流的阻抗很大,但高频电流仍然可以流经滤波电容以及第一电感L1与电网之间的器件,同样影响逆变器运行的安全性和效率。

[0065] 另外,在本申请提供的逆变器中,逆变电路的桥臂可以为T型三电平或者I型三电平等拓扑,本申请对此不做限制。

[0066] 总的来说,本申请提供的逆变器通过采样 i_{-L1} 以及 i_{-C1} ,并通过差值运算和高通滤波处理,获取了环流中的高频电流,进而及时且准确地获取了流过滤波器的高频环流的大小,与此同时,逆变器基于高频环流的大小,判断是否启动高频环流抑制算法,进而有效地排除了高频环流。

[0067] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

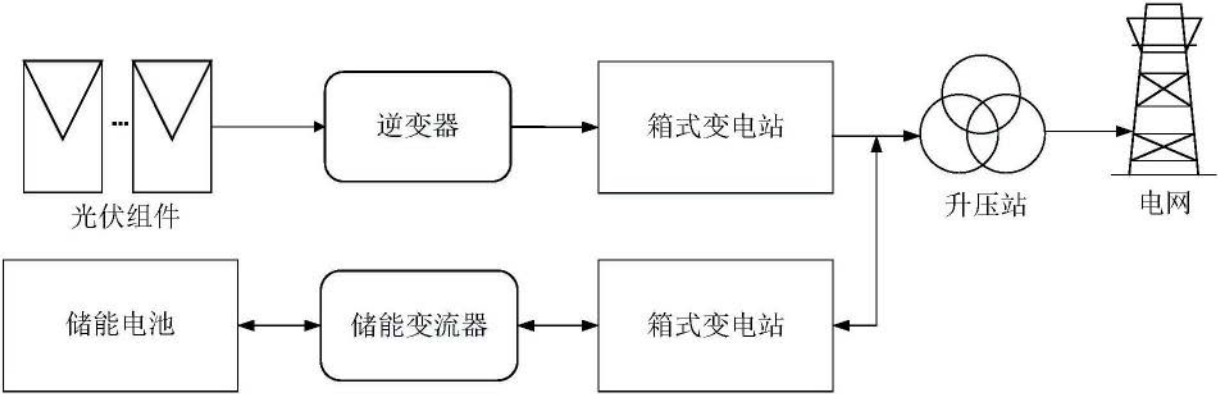


图1

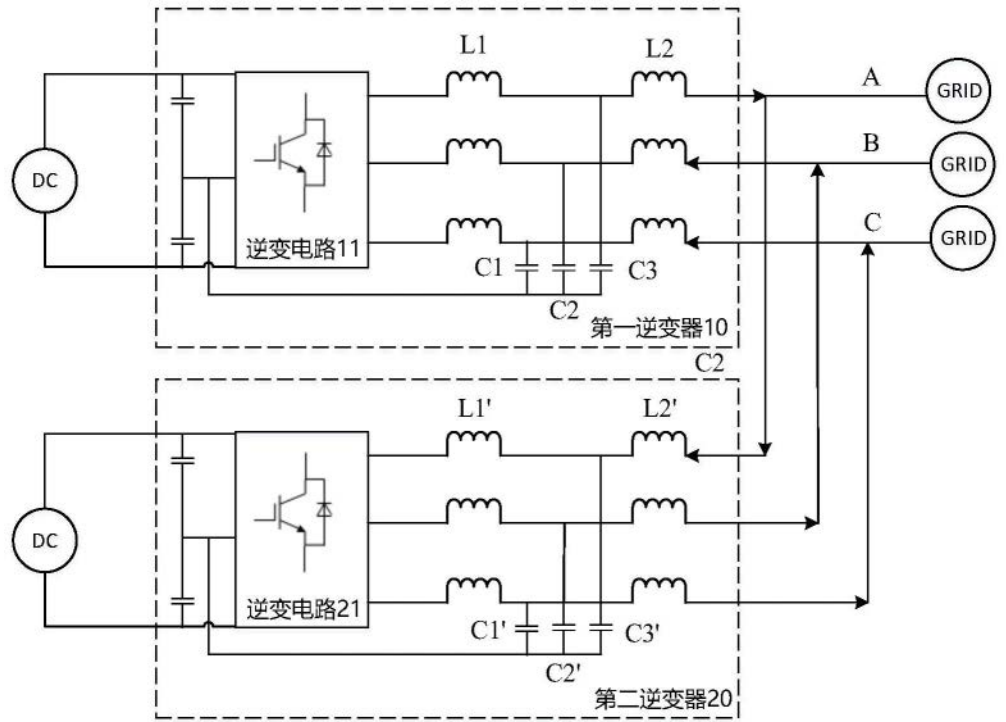


图2

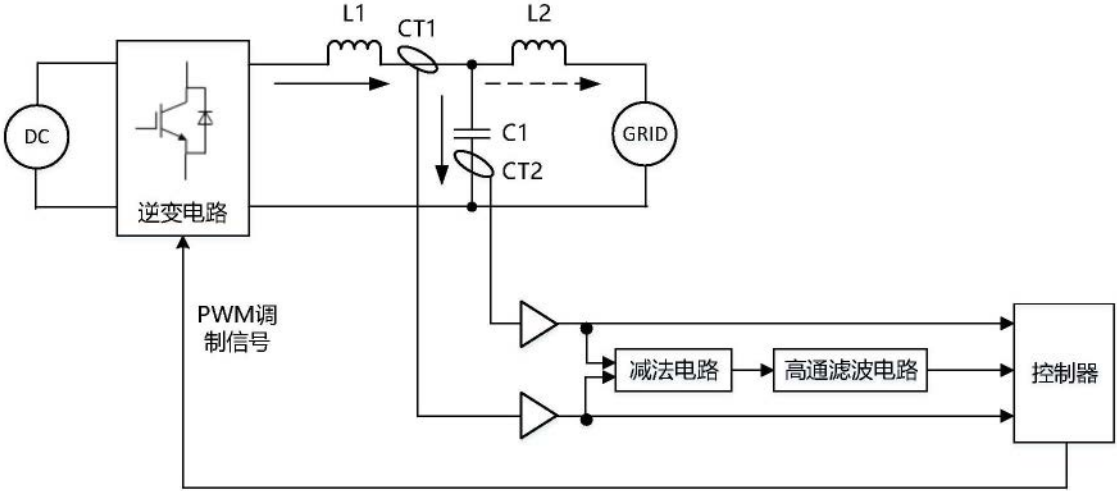


图3

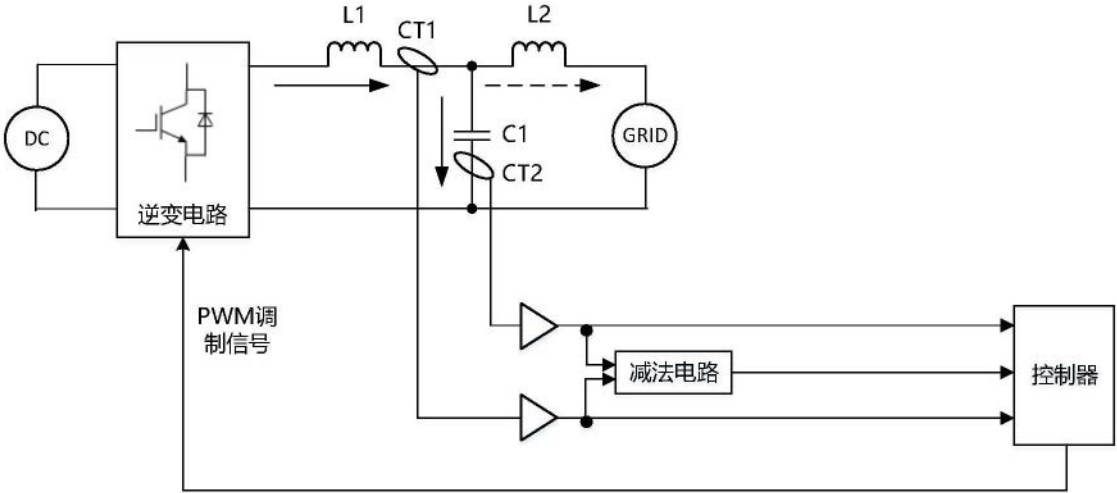


图4

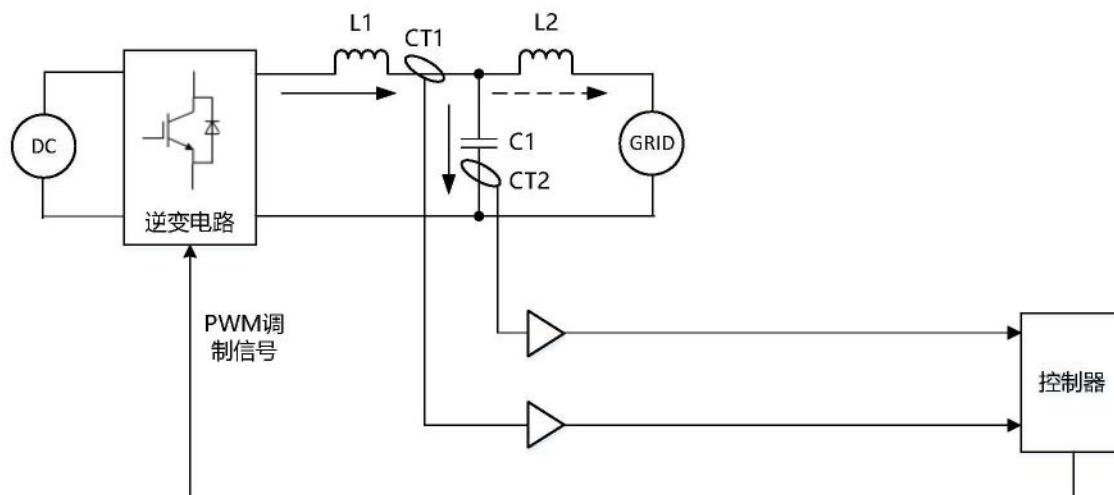


图5

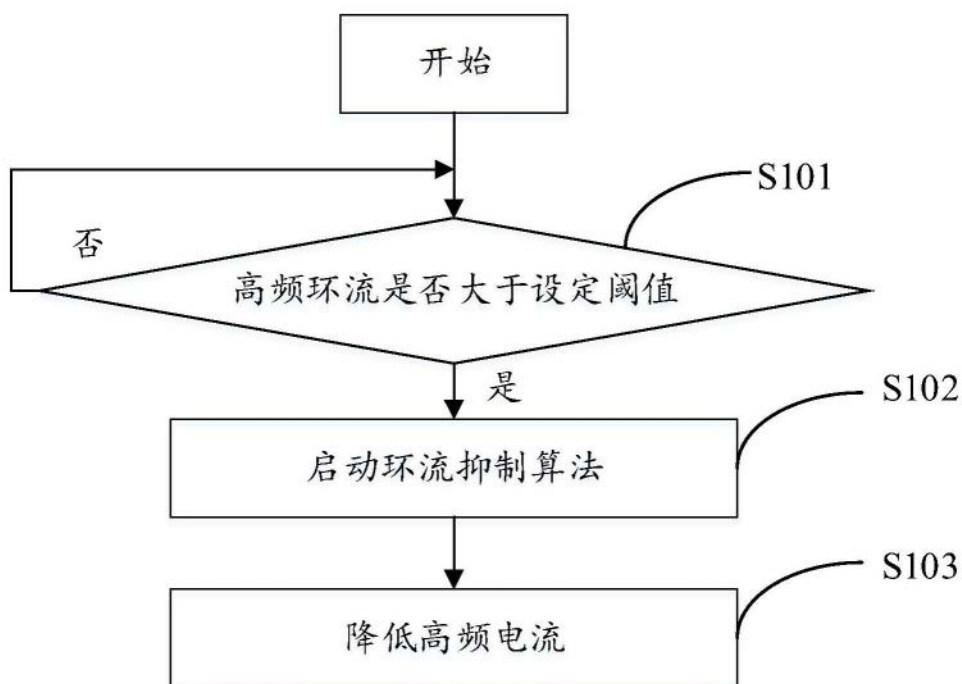


图6