



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103701128 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201310753243. 8

(22) 申请日 2013. 12. 31

(71) 申请人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

申请人 国网浙江省电力公司电力科学研究院

(72) 发明人 赵波 李鹏 周金辉 周丹 陶顺
徐永海 林永朋

(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 王宝筠

(51) Int. Cl.

H02J 3/01 (2006. 01)

H02M 1/12 (2006. 01)

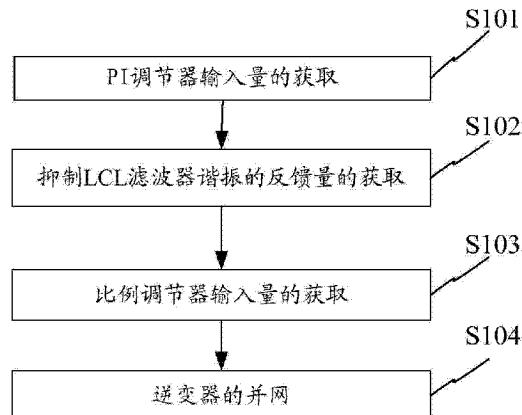
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器

(57) 摘要

本申请公开了针对逆变器并联提出的一种 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器，采用网侧电感电压一阶微分反馈来增加系统阻尼，有效抑制 LCL 滤波器谐振的发生，相比采集电容电流作为反馈信号来抑制 LCL 滤波器的谐振的方式，减少了采集电容电流的电流传感器，同时一阶微分的控制相对于二阶微分的控制较简单，降低了控制的复杂度，增加了控制的可靠性；将网侧电感电压的一阶微分量参与进触发脉冲信号的调制当中去，在此过程中，降低了逆变器的输出与 LCL 滤波器之间谐波电压中次谐波电压的含量，因此就减少了并网电流中次谐波电流含量有效改善了逆变器并网的电能质量。



1. 一种 LCL 并联谐振抑制方法, 针对逆变器并联引起 LCL 并联谐振, 本方法涉及带有 LCL 滤波器的逆变器, 所述逆变器设置有用于逆变器输出电流保护的电流传感器和监测电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置, 其特征在于, 包括:

检测流过网侧电感的电流(i_2), 并与获取的参考电流(i_{2ref})相减, 差值(Δi)作为 PI 调节器的输入量;

获取网侧电感的电压(u_2), 对所述电压(u_2)进行一阶微分;

将 PI 调节器的输出量与电压(u_2)的一阶微分结果作差, 作为比例调节器的输入量;

比例调节器的输出量经过调制器得到触发脉冲信号, 控制逆变器开关装置的导通和断开。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在对电压(u_2)一阶微分后进一步将微分结果乘以电容电压反馈系数(H_1)。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 参考电流(i_{2ref})的获取包括: 根据监测并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置, 监测到的并网公共连接点电压(u_{pcc}), 以及目标输出功率, 得到参考电流(i_{2ref})。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述获取网侧电感的电压(u_2)包括: 根据监测电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置, 监测到的电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc}), 将两者相减得到网侧电感的电压(u_2)。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 利用所述电流传感器检测流过网侧电感的电流(i_2)。

6. 一种逆变器, 包括: 监测电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置, LCL 滤波器, 用于逆变器输出电流保护的电流传感器, 其特征在于, 还包括:

用于检测流过网侧电感的电流(i_2), 并将电流检测的电流(i_2)与获取的参考电流(i_{2ref})相减, 差值(Δi)作为 PI 调节器的输入量的处理单元;

用于获取网侧电感的电压(u_2), 对所述电压(u_2)进行一阶微分的微分单元;

用于将微分单元的处理结果和 PI 调节器的输出量作差, 并将差值作为比例调节器的输入量的控制单元;

用于将比例调节器的输出量经过调制器得到触发脉冲信号, 控制逆变器开关装置的导通和断开的并网单元。

7. 根据权利要求 6 所述的逆变器, 其特征在于, 所述微分单元进一步包括电容电压反馈系数子单元, 用于在电压(u_2)一阶微分后乘以电容电压反馈系数(H_1)。

8. 根据权利要求 6 所述的逆变器, 其特征在于, 还包括参考电流单元, 用于根据并网公共连接点电压(u_{pcc}), 以及目标输出功率, 得到参考电流(i_{2ref})。

9. 根据权利要求 6 所述的逆变器, 其特征在于, 还包括网侧电感电压单元, 用于将电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})两者相减得到网侧电感的电压(u_2)。

10. 根据权利要求 6 所述的逆变器, 其特征在于, 所述用于逆变器输出电流保护的电流传感器还用于检测流过网侧电感的电流(i_2)。

一种 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器

技术领域

[0001] 本申请涉及微电网技术领域,更具体地说,涉及一种 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器。

背景技术

[0002] 随着新能源的不断利用,以及微电网的不断发展,逆变器的应用越来越普遍,对逆变器的电流质量的要求也越来越严格。为了改善逆变器并网的电流质量,提高系统稳定性,一般需要在逆变器输出的交流侧安装 LCL 滤波器。LCL 滤波器可以对高频谐波电流起到很大的衰减,还可以抑制逆变器并联引起的谐波环流,以及减少总电感值。因此,LCL 滤波器得到广泛应用。

[0003] 但是, LCL 滤波器的谐振问题一直是困扰电力工作者的一个难题。抑制 LCL 滤波器的谐振的现有方法都存在一定的缺陷。例如,通过采集电容电流作为反馈信号来抑制 LCL 的谐振,由于需要增加采集电容电流的传感器,因此,增加了系统成本;采用入网电流两阶微分作为反馈信号的方法,由于两阶微分的控制策略复杂,降低了系统的可靠性。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本申请提供一种不增加传感器的数量和系统控制复杂度的 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器,以解决上述技术问题。

[0005] 为了实现上述目的,现提出的方案如下:

[0006] 一种 LCL 并联谐振抑制方法,针对逆变器并联引起 LCL 并联谐振,本方法涉及带有 LCL 滤波器的逆变器,所述逆变器设置有用于逆变器输出电流保护的电流传感器和监测电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置,包括:

[0007] 检测流过网侧电感的电流(i_2),并与获取的参考电流(i_{2ref})相减,差值(Δi)作为 PI 调节器的输入量;

[0008] 获取网侧电感的电压(u_2),对所述电压(u_2)进行一阶微分;

[0009] 将 PI 调节器的输出量与电压(u_2)的一阶微分结果作差,作为比例调节器的输入量;

[0010] 比例调节器的输出量经过调制器得到触发脉冲信号,控制逆变器开关装置的导通和断开。

[0011] 优选的,在对电压(u_2)一阶微分后进一步将微分结果乘以电容电压反馈系数(H_1)。

[0012] 优选的,参考电流(i_{2ref})的获取包括:根据监测并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置,监测到的并网公共连接点电压(u_{pcc}),以及目标输出功率,得到参考电流(i_{2ref})。

[0013] 优选的,所述获取网侧电感的电压(u_2)包括:根据监测电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置,监测到的电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc}),将两者相减得到网侧电感的电压(u_2)。

- [0014] 优选的，利用所述电流传感器检测流过网侧电感的电流(i_2)。
- [0015] 一种逆变器，包括：监测电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})的监测装置，LCL 滤波器，用于逆变器输出电流保护的电流传感器，还包括：
- [0016] 用于检测流过网侧电感的电流(i_2)，并将电流检测的电流(i_2)与获取的参考电流(i_{2ref})相减，差值(Δi)作为 PI 调节器的输入量的处理单元；
- [0017] 用于获取网侧电感的电压(u_2)，对所述电压(u_2)进行一阶微分的微分单元；
- [0018] 用于将微分单元的处理结果和 PI 调节器的输出量作差，并将差值作为比例调节器的输入量的控制单元；
- [0019] 用于将比例调节器的输出量经过调制器得到触发脉冲信号，控制逆变器开关装置的导通和断开的并网单元。
- [0020] 优选的，所述微分单元进一步包括电容电压反馈系数子单元，用于在电压(u_2)一阶微分后乘以电容电压反馈系数(H_1)。
- [0021] 优选的，还包括参考电流单元，用于根据并网公共连接点电压(u_{pcc})，以及目标输出功率，得到参考电流(i_{2ref})。
- [0022] 优选的，还包括网侧电感电压单元，用于将电容电压(u_c)和并网公共连接点电压(u_{pcc})两者相减得到网侧电感的电压(u_2)。
- [0023] 优选的，所述用于逆变器输出电流保护的电流传感器还用于检测流过网侧电感的电流(i_2)。
- [0024] 从上述的技术方案可以看出，本申请公开的一种 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器，采用网侧电感电压一阶微分反馈来增加系统阻尼，有效抑制 LCL 滤波器谐振的发生，相比采集电容电流作为反馈信号来抑制 LCL 滤波器的谐振的方式，减少了采集电容电流的电流传感器，同时一阶微分的控制相对于二阶微分的控制较简单，降低了控制的复杂度，增加了控制的可靠性，有效改善了逆变器并网的电能质量。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0026] 图 1 为本申请实施例公开的一种 LCL 并联谐振抑制方法的流程图；
- [0027] 图 2 为本申请实施例公开的为网侧电感电压一次微分反馈的逆变器并网控制原理示意图；
- [0028] 图 3 为图 2 所示控制原理的自动控制框图。

具体实施方式

[0029] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0030] 本申请公开一种 LCL 并联谐振抑制方法及一种逆变器,涉及带有 LCL 滤波器的逆变器。为防止逆变器因过流而烧坏,通常会在逆变器的保护装置中设置电流保护。实际逆变器的应用中,为实现电流保护而设置的电流传感器一般安装在逆变器的输出侧。为了反映电网的运行状态,并在并网公共连接点电压变化时,对逆变器的输出做出相应的调整,以及为实现锁相环的使逆变器和电网同频率的作用,设置监测电容电压 u_c 和并网公共连接点电压 u_{pcc} 的监测装置。

[0031] 图 1 为本申请实施例公开的一种 LCL 并联谐振抑制方法的流程图。

[0032] 图 2 为网侧电感电压一次微分反馈的逆变器并网控制原理示意图。

[0033] 参见图 1 和图 2,本实施例公开的控制逆变器并网电流质量的方法包括:

[0034] S101、PI 调节器输入量的获取。

[0035] 检测流过网侧电感 L_2 上的电流 i_2 ,将获取的参考电流 i_{2ref} 与电流 i_2 作差,差值 Δi 即为输入到 PI 调节器的输入量。获取参考电流 i_{2ref} 具体包括:根据监测并网公共连接点电压 u_{pcc} 的监测装置,监测到的并网公共连接点电压 u_{pcc} ,以及目标输出功率 p (微网中逆变器并网都要实现一定的目标,比如并网输出恒定功率 p),得到参考电流 $i_{2ref}=p/u_{pcc}$ 。利用实现电流保护而设置的电流传感器检测流过网侧电感的电流 i_2 。

[0036] S102、抑制 LCL 滤波器谐振的反馈量的获取。

[0037] 获取网侧电感的电压 u_2 ,并对电压 u_2 进行一阶微分。即抑制 LCL 滤波器谐振的反馈量。需要说明的是,对于步骤 S101 和 S102 并不作时序限定,即 PI 调节器输入量的获取和抑制 LCL 滤波器谐振的反馈量的获取不分先后,除了本实施例公开的方式,还可以为另外的方式,如两者同时进行或抑制 LCL 滤波器谐振的反馈量的获取在先。获取网侧电感的电压 u_2 具体包括:根据监测电容电压 u_c 和并网公共连接点电压 u_{pcc} 的监测装置,监测到的电容电压 u_c 和并网公共连接点电压 u_{pcc} ,将两者相减得到网侧电感的电压 $u_2=u_c-u_{pcc}$ 。

[0038] S103、比例调节器输入量的获取。

[0039] 将 PI 调节器的输出量与电压 u_2 的一阶微分结果作差,即得到比例调节器的输入量。

[0040] S104、逆变器的并网。

[0041] 经过比例调节器的调节,比例调节器的输出量经过 PWM 调制器得到逆变器开关装置的触发脉冲信号,控制逆变器的开关装置的导通和断开,实现逆变器的能量变换功能,得到交流电。

[0042] 通过上述技术方案,可见,采用网侧电感电压一阶微分反馈来增加系统阻尼,有效抑制 LCL 滤波器谐振的发生,相比采集电容电流作为反馈信号来抑制 LCL 滤波器的谐振的方式,减少了采集电容电流的电流传感器;同时一阶微分的控制相对于二阶微分的控制较简单,降低了控制的复杂度,增加了控制的可靠性;将网侧电感电压的一阶微分量参与进触发脉冲信号的调制当中去,在此过程中,降低了逆变器的输出与 LCL 滤波器之间谐波电压中次谐波电压的含量,因此就减少了并网电流中次谐波电流含量,有效改善了逆变器并网的电能质量。

[0043] 优选的,在对电压 u_2 一阶微分后进一步将微分结果乘以电容电压反馈系数 H_i 。调节电容电压反馈系数 H_i ,可以将入网电流的谐波畸变率调的较小。

[0044] 相应于上述方法实施例,本申请还公开了一种逆变器,包括:

[0045] 监测电容电压 u_c 和并网公共连接点电压 u_{pcc} 的监测装置, LCL 滤波器, 用于逆变器输出电流保护的电流传感器。

[0046] 用于检测流过网侧电感的电流 i_2 , 并将电流检测单元检测的电流 i_2 与获取的参考电流 i_{2ref} 相减, 差值 Δi 作为 PI 调节器的输入量的处理单元。用于逆变器输出电流保护的电流传感器还用于检测流过网侧电感的电流 i_2 。

[0047] 用于获取网侧电感的电压 u_2 , 对所述电压 u_2 进行一阶微分的微分单元。微分单元进一步包括电容电压反馈系数子单元, 用于在电压 u_2 一阶微分后乘以电容电压反馈系数 H_1 。调节电容电压反馈系数 H_1 , 可以将入网电流的谐波畸变率调的较小。

[0048] 用于将微分单元的处理结果和 PI 调节器的输出量作差, 并将差值作为比例调节器的输入量的控制单元。

[0049] 用于将比例调节器的输出量经过调制器得到触发脉冲信号, 控制逆变器开关装置的导通和断开的并网单元。

[0050] 还包括参考电流单元, 用于根据并网公共连接点电压 u_{pcc} , 以及目标输出功率 p , 得到参考电流 i_{2ref} 。还包括网侧电感电压单元, 用于将电容电压 u_c 和并网公共连接点电压 u_{pcc} 两者相减得到网侧电感的电压 u_2 。

[0051] 图 3 为图 2 所示的控制原理的自动控制框图。

[0052] 其中, 忽略滤波电感和电容的寄生电阻, $G_{i1}(s)$ 为外环的 PI 调节器, $G_{i2}(s)$ 为内环的比例调节器, k_{pwm} 为 PWM 调制器的等效比例系数。 i_c 为电容电流, i_1 为逆变器输出电流, u_1 为逆变器输出交流侧电压, L_1 为逆变侧电感, L_2 为网侧电感, C 为滤波电容, u_c 为电容电压。 u_1 之后的框图是由 LCL 滤波器的结构约束的, 其前面的部分是控制过程, 现简述如下: 网侧电感电压的一阶微分环的作用是阻尼系统的谐振, 对稳态精度没有要求, 因此采用比例调节器。而电流环的作用是保证并网电流的电流质量, 对调节器要求稳态精度高, 因此采用 PI 调节器。可以认为 PI 输出量为 $u_{L2} \cdot H_1 \cdot C_s$ 的参考量, 此参考量与真值之差经过比例调节器的调整作用后作为 PWM 的调制信号, 进而得到逆变器输出的交流侧电压 u_1 , 完成逆变过程。

[0053] 对于装置实施例而言, 由于其基本相等于方法实施例, 所以相关之处参见方法实施例的部分说明即可。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的, 其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的, 作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元, 即可以位于一个地方, 或者也可以分布到多个单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下, 即可以理解并实施。

[0054] 最后, 还需要说明的是, 在本文中, 诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来, 而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且, 术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含, 从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素, 而且还包括没有明确列出的其他要素, 或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下, 由语句“包括一个……”限定的要素, 并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0055] 对所公开的实施例的上述说明, 使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。

对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

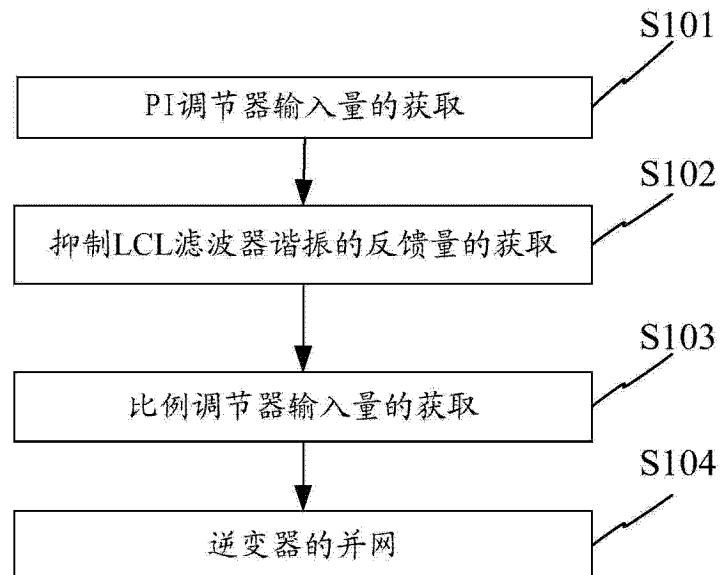


图 1

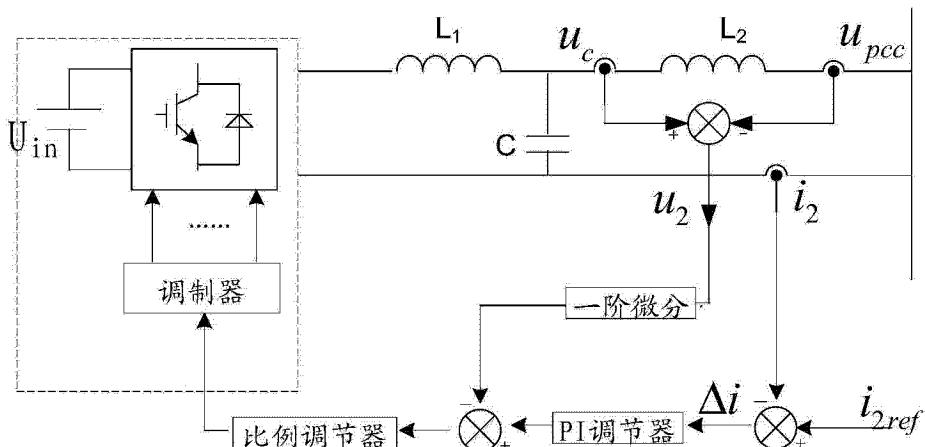


图 2

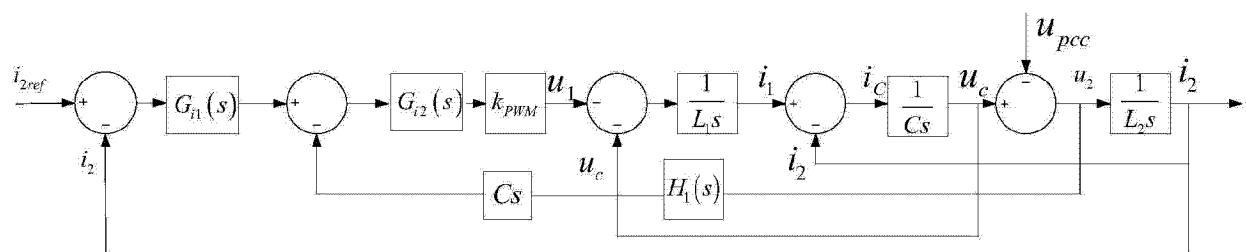


图 3