



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110611326 A

(43)申请公布日 2019.12.24

(21)申请号 201910781953.9

(22)申请日 2019.08.23

(71)申请人 中国电力科学研究院有限公司
地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15号

申请人 国家电网有限公司

(72)发明人 吕志鹏 孙丽敬 吴鸣 宋振浩
赵婷 刘国宇 郑楠

(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有
限公司 11271

代理人 徐国文

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

H02M 7/48(2007.01)

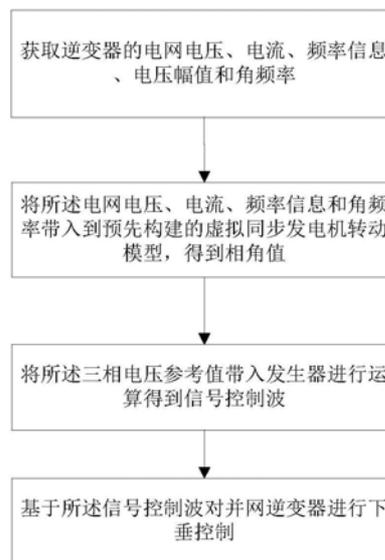
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种并网逆变器的下垂控制方法及系统

(57)摘要

一种并网逆变器的下垂控制方法及系统,包括:将获取的逆变器的电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型,得到相角值;将所述相角值和获取的电压幅值带入到三相电压合成模型,得到三相电压参考值;基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波,并基于所述PWM波对逆变器进行控制,实现采用功率下垂控制和电流下垂控制的并网逆变器具备阻尼和惯性特征,提高电网电压和频率的稳定性,进而维护了电网系统的安全稳定运行,提升了新能源的生存能力,彰显了新技术的经济和社会效益。



1. 一种并网逆变器的下垂控制方法,其特征在于,所述方法包括:
 获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率;
 将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型,得到相角值;
 将所述相角值和电压幅值带入到三相电压合成模型,得到三相电压参考值;
 基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波,并基于所述PWM波对逆变器进行控制。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述虚拟同步发电机转动模型的构建,包括:
 基于逆变器的电网电压、电流和频率信息,采用同步发电机的控制算法得到虚拟电势和机械转矩;

基于所述机械转矩、角频率以及同步发电机的转动惯量和阻尼系数构建转子运动方程,基于所述虚拟电势构建定子电气方程;

基于所述转子运动方程和定子电气方程构建虚拟同步发电机转动模型。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述转子运动方程,如下式:

$$\begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_e - T_D = P_{ref} / \omega - P_e / \omega - D_p (\omega - \omega_0) \\ \frac{d\theta}{dt} = \omega \end{cases}$$

式中, θ 为相角值; T_m 为同步发电机的机械转矩; T_e 为同步发电机的电磁转矩; T_D 为同步发电机的阻尼转矩; J 为同步发电机的转动惯量; D_p 为同步发电机的阻尼系数; ω 为同步发电机的机械和电气角频率; ω_0 为同步发电机的电网角频率; P_{ref} 为逆变器输出的虚拟机械功率指令值; P_e 为逆变器输出的虚拟电磁功率。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述定子电气方程,如下式:

$$L \frac{di}{dt} = E - u - Ri$$

式中, L 为同步发电机的同步电感; E 为虚拟电势; R 为定子电阻; i 为输出电流; u 为逆变器机端电压。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述角频率和电压幅值的获取,包括:

基于逆变器的电网电压和频率的异常情况,采集逆变器的输出电流或有功功率和无功功率;

当采集的数据为逆变器的有功功率和无功功率,则基于所述有功功率和无功功率采用功率下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值;

当采集的数据为逆变器的输出电流时,将所述输出电流分解为有功电流和无功电流,基于所述有功电流和无功电流采用电流下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值。

6. 如权利要求5所述的并网逆变器的下垂控制方法,其特征在于,所述电流下垂控制算法按下式计算:

$$\begin{cases} \omega = \omega^* - a(I_p - I_p^*) \\ U = U^* + b(I_q - I_q^*) \end{cases}$$

式中： ω^* 为额定角频率； U^* 为电压幅值； I_p^* 为有功电流指令值； I_q^* 为无功电流指令值； a 为有功电流频率下垂系数； b 为无功电流电压下垂系数。

7. 如权利要求5所述的并网逆变器的下垂控制方法，其特征在于，所述功率下垂控制算法按下式计算：

$$\begin{cases} f = f_o + m(P_o - P) \\ U = U_o + n(Q_o - Q) \end{cases}$$

式中： f 为额定频率； U_o 为幅值； P_o 为有功功率指令值； Q_o 为无功功率指令值； m 和 n 为下垂系数。

8. 一种并网逆变器的下垂控制系统，其特征在于，所述系统包括：

获取模块：用于获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率；

模型模块，用于将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型，得到相角值；

合成模块：用于将所述相角值和电压幅值带入到三相电压合成模型，得到三相电压参考值；

控制模块：用于基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波，并基于所述PWM波对逆变器进行控制。

9. 如权利要求8所述的系统，其特征在于，所述模型模块，包括：获得单元、构建单元和模型单元；

所述获得单元，用于基于逆变器的电网电压、电流和频率信息，采用同步发电机的控制算法得到虚拟电势和机械转矩；

所述构建单元，用于基于所述机械转矩、角频率以及同步发电机的转动惯量和阻尼系数构建转子运动方程，基于所述虚拟电势构建定子电气方程；

所述模型单元，用于基于所述转子运动方程和定子电气方程构建虚拟同步发电机转动模型。

10. 如权利要求8所述的系统，其特征在于，所述获取模块，包括：获取模块；

所述获取模块，用于基于逆变器的电网电压和频率的异常情况，采集逆变器的输出电流或有功功率和无功功率；

当采集的数据为逆变器的有功功率和无功功率，则基于所述有功功率和无功功率采用功率下垂控制算法进行计算，得到角频率和电压幅值；

当采集的数据为逆变器的输出电流时，将所述输出电流分解为有功电流和无功电流，基于所述有功电流和无功电流采用电流下垂控制算法进行计算，得到角频率和电压幅值。

一种并网逆变器的下垂控制方法及系统

技术领域：

[0001] 本发明涉及配电网领域，具体涉及一种并网逆变器下垂控制方法及系统。

背景技术：

[0002] 大力开发清洁能源是缓解当今世界能源危机、环境恶化的有效途径之一。随着电力系统中以清洁能源为主要形式的分布式发电单元迅猛发展，清洁能源在电网系统中的渗透率也快速增加。当电网系统受到负载端大规模扰动时，由于在短时间内缺乏足够的能量以平衡这种扰动而很容易造成电网系统的不稳定。同时，分布式能源技术是未来世界能源技术的重要发展方向，它具有能源利用效率高，环境负面影响小，提高能源供应可靠性和经济效益好的特点。分布式能源是最能体现节能、减排、安全、灵活等多重优点的能源发展方式，促进分布式能源系统的推广应用。因此，中国优秀的分布式能源行业企业愈来愈重视对行业市场的研究，特别是对公司发展环境和需求趋势变化的深入研究。

[0003] 分布式发电的研究起步较晚，随着能源战略调整的推进，陆续出台了一些可再生能源相关的规划、实施政策以及资金补助政策，用于分布式发电的研究，推进分布式发电的快速发展。

[0004] 以新能源并网逆变器，可控负荷整流器为代表的电力电子装置以迅猛之势接入电网。由于小惯性、快速、高频电力电子系统接入大惯性、低速、工频电力系统产生了不参与电网调节、不支撑电网故障恢复、管控困难、拔插频繁、动稳态过程鲁棒性不强等诸多适应性难题，使并网逆变器不能在电网电压和频率异常情况下做出相应的响应，电网频率和电压稳定性较低。

发明内容：

[0005] 为了解决现有技术中所存在的上述不足，本发明提供一种并网逆变器的下垂控制方法及系统。

[0006] 本发明提供的技术方案是：

[0007] 一种并网逆变器的下垂控制方法，所述方法包括：

[0008] 获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率；

[0009] 将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型，得到相角值；

[0010] 将所述相角值和电压幅值带入到三相电压合成模型，得到三相电压参考值；

[0011] 基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波，并基于所述PWM波对逆变器进行控制。

[0012] 优选的，所述虚拟同步发电机转动模型的构建，包括：

[0013] 基于逆变器的电网电压、电流和频率信息，采用同步发电机的控制算法得到虚拟电势和机械转矩；

[0014] 基于所述机械转矩、角频率以及同步发电机的转动惯量和阻尼系数构建转子运动

方程,基于所述虚拟电势构建定子电气方程;

[0015] 基于所述转子运动方程和定子电气方程构建虚拟同步发电机转动模型。

[0016] 优选的,所述转子运动方程,如下式:

$$[0017] \quad \begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_e - T_D = P_{ref} / \omega - P_e / \omega - D_p (\omega - \omega_o) \\ \frac{d\theta}{dt} = \omega \end{cases}$$

[0018] 式中, θ 为相角值; T_m 为同步发电机的机械转矩; T_e 为同步发电机的电磁转矩; T_D 为同步发电机的阻尼转矩; J 为同步发电机的转动惯量; D_p 为同步发电机的阻尼系数; ω 为同步发电机的机械和电气角频率; ω_o 为同步发电机的电网角频率; P_{ref} 为逆变器输出的虚拟机械功率指令值; P_e 为逆变器输出的虚拟电磁功率。

[0019] 优选的,所述定子电气方程,如下式:

$$[0020] \quad L \frac{di}{dt} = E - u - Ri$$

[0021] 式中, L 为同步发电机的同步电感; E 为虚拟电势; R 为定子电阻; i 为输出电流; u 为逆变器机端电压。

[0022] 优选的,所述角频率和电压幅值的获取,包括:

[0023] 基于逆变器的电网电压和频率的异常情况,采集逆变器的输出电流或有功功率和无功功率;

[0024] 当采集的数据为逆变器的有功功率和无功功率,则基于所述有功功率和无功功率采用功率下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值;

[0025] 当采集的数据为逆变器的输出电流时,将所述输出电流分解为有功电流和无功电流,基于所述有功电流和无功电流采用电流下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值。

[0026] 优选的,其特征在于,所述电流下垂控制算法按下式计算:

$$[0027] \quad \begin{cases} \omega = \omega^* - a(I_p - I_p^*) \\ U = U^* + b(I_q - I_q^*) \end{cases}$$

[0028] 式中: ω^* 为额定角频率; U^* 为电压幅值; I_p^* 为有功电流指令值; I_q^* 为无功电流指令值; a 为有功电流频率下垂系数; b 为无功电流电压下垂系数。

[0029] 优选的,其特征在于,所述功率下垂控制算法按下式计算:

$$[0030] \quad \begin{cases} f = f_o + m(P_o - P) \\ U = U_o + n(Q_o - Q) \end{cases}$$

[0031] 式中: f 为额定频率; U_o 为幅值; P_o 为有功功率指令值; Q_o 为无功功率指令值; m 和 n 为下垂系数。

[0032] 一种并网逆变器的下垂控制系统,所述系统包括:

[0033] 获取模块:用于获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率;

[0034] 模型模块,用于将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型,得到相角值;

[0035] 合成模块:用于将所述相角值和电压幅值带入到三相电压合成模型,得到三相电压参考值;

[0036] 控制模块:用于基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波,并基于所述PWM波对逆变器进行控制

[0037] 优选的,所述模型模块,包括:获得单元、构建单元和模型单元;

[0038] 所述获得单元,用于基于逆变器的电网电压、电流和频率信息,采用同步发电机的控制算法得到虚拟电势和机械转矩;

[0039] 所述构建单元,用于基于所述机械转矩、角频率以及同步发电机的转动惯量和阻尼系数构建转子运动方程,基于所述虚拟电势构建定子电气方程;

[0040] 所述模型单元,用于基于所述转子运动方程和定子电气方程构建虚拟同步发电机转动模型。

[0041] 优选的,所述获取模块,包括:获取模块;

[0042] 所述获取模块,用于基于逆变器的电网电压和频率的异常情况,采集逆变器的输出电流或有功功率和无功功率;

[0043] 当采集的数据为逆变器的有功功率和无功功率,则基于所述有功功率和无功功率采用功率下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值;

[0044] 当采集的数据为逆变器的输出电流时,将所述输出电流分解为有功电流和无功电流,基于所述有功电流和无功电流采用电流下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值。

[0045] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0046] 1、本发明提供的技术方案,包括:获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率;将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型,得到相角值;将所述相角值和电压幅值带入到三相电压合成模型,得到三相电压参考值;基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波,并基于所述PWM波对逆变器进行控制,实现逆变器在电网电压和频率异常情况下做出反应,提高电网电压和频率的稳定性,实现了电网故障的恢复,管控简单,减少了拔插次数,有限的抵御了外部扰动的干扰,使最大化分布式逆变电源并网给用户、电网和社会带来巨大效益。

[0047] 2、本发明提供的技术方案,将下垂控制与虚拟同步发电机控制策略相结合,提供了使并网逆变器具备阻尼和惯性的两种下垂控制方法,分别针对功率下垂控制和电流下垂控制进行改进,将虚拟同步发电机所具有的阻尼和惯性应用在其中,实现采用功率下垂控制和电流下垂控制的并网逆变器具备阻尼和惯性特征,采用功率下垂控制和电流下垂控制策略,进而维护了电网系统的安全稳定运行,提升了新能源的生存能力。

附图说明:

[0048] 图1为本发明的逆变器下垂控制方法实施步骤流程图;

[0049] 图2为本发明的具有阻尼和惯性的电流下垂控制总体框图;

[0050] 图3为本发明的电流下垂控制框图;

- [0051] 图4为本发明的具有阻尼和惯性的功率下垂控制总体框图
- [0052] 图5为本发明的功率下垂控制框图；
- [0053] 图6为本发明的三相电压型逆变器主电路；
- [0054] 图7为本发明的虚拟同步发电机控制算法框图；
- [0055] 图8为本发明的虚拟同步发电机机械转动模块。

具体实施方式：

[0056] 为了更好地理解本发明，下面结合说明书附图和实例对本发明的内容做进一步的说明。

[0057] 实施例1

[0058] 为了提升新能源的生存能力，保障电网稳定，彰显新技术的经济和社会效益，本发明提供使并网逆变器具备阻尼和惯性的两种下垂控制方法，分别针对功率下垂控制和电流下垂控制进行改进，将虚拟同步发电机所具有的阻尼和惯性应用在其中，实现采用功率下垂控制和电流下垂控制的并网逆变器具备阻尼和惯性特征，提高电网电压和频率的稳定性，进而维护电网系统的安全稳定运行。

[0059] 如图1所示的具体实施步骤如下：

[0060] 步骤一：获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率；

[0061] 步骤二：将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型，得到相角值；

[0062] 步骤三：将所述相角值和获取的电压幅值带入到三相电压合成模型，得到三相电压参考值；

[0063] 步骤四：基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波，并基于所述PWM波对逆变器进行控制。

[0064] 本发明所提出的控制策略包括电流或功率下垂控制器、虚拟同发电机机械转动算法和三相电压合成模块。通过对逆变器输出电流的采集，经过计算得出电网输出的有功电流 I_p 和无功电流 I_q 并作为电流下垂器的输入量。通过电流下垂控制算法产生参考电压 E 和频率 ω 的指令值。其中，将频率 ω 作为虚拟同步发电机控制器机械转动算法的输入量，将电压 E 直接送入三相电压合成模块。在虚拟同步发电机控制器的作用下生成相位角 θ 。最后，经过三相电压合成计算得出三相参考电压 E_{abc} 。

[0065] 其中，步骤一：获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率，包括：

[0066] 获取逆变器的电网电压、电流、频率信息；

[0067] 电压幅值和角频率的获取可采用具有阻尼和惯性的功率下垂控制策略或者具有阻尼和惯性的电流下垂控制策略计算获得，计算步骤如下：

[0068] (1) 采用具有阻尼和惯性的电流下垂控制策略，总体框图，如图2所示：

[0069] 1：采集并网逆变器的输出电流 i ，并经过分解，得到有功电流 I_d 和无功电流 I_q ，并将其值作为电流下垂控制的输入。

[0070] 2：利用电流下垂控制算法进行运算后，输出参考电压幅值 E 和角频率 ω 。其中，将输出的角频率 ω 作为虚拟同步发电机机械转动模块的输入量，将参考电压幅值 E 作为三相电压合成模块的输入量；

[0071] 基于线路等效阻抗呈感性条件下的电流下垂控制框图,如图3所述。由图可得,电流下垂控制可以表示为:

$$[0072] \quad \begin{cases} \omega = \omega^* - a(I_p - I_p^*) \\ U = U^* + b(I_q - I_q^*) \end{cases}$$

[0073] 式中: ω^* 、 U^* 、 I_p^* 、 I_q^* 分别是额定角频率、幅值、有功电流指令值和无功电流指令值; a 、 b 分别为有功电流频率下垂系数和无功电流电压下垂系数。

[0074] 下垂系数 a 和 b 直接影响着系统的动态响应,不过系统最终会达到稳定。

[0075] 将逆变器采用虚拟同步发电机控制策略,在电流下垂控制器后引入机械转动模块,也主要是为了尽量模拟此特性,使逆变器具备阻尼和惯性特征,提高抗干扰能力,实现下垂外特性的同时,实现同步机控制,使逆变器更加贴近同步发电机的动静态特性,实现维护电网安全稳定运行的目的。本发明将此特性应用到下垂控制算法中,同样也是为了实现此目的。

[0076] (2) 采用具有阻尼和惯性的功率下垂控制策略,总体框图,如图4所示:

[0077] 1:采集并网逆变器输出的有功功率 P 和无功功率 Q ,并将其值送入功率下垂控制模块中;

[0078] 2:利用功率下垂控制算法进行运算后,输出参考电压幅值 E 和角频率 ω 。其中,将输出的角频率 ω 作为虚拟同步发电机机械转动模块的输入量,将参考电压幅值 E 作为三相电压合成模块的输入量;

[0079] 功率下垂控制框图,如图5所示。由图可知,下垂控制可以表示为:

$$[0080] \quad \begin{cases} f = f_o + m(P_o - P) \\ U = U_o + n(Q_o - Q) \end{cases}$$

[0081] 式中: f_o 、 U_o 、 P_o 、 Q_o 分别是额定频率、幅值、有功功率指令值和无功功率指令值; m 、 n 为下垂系数。

[0082] 步骤二:将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型,得到相角值,包括:

[0083] 三相电压型并网逆变器的主电路结构,如图6所示,直流侧是以清洁能源为主的分布式电源,为了简化分析,直接采用直流源代替。 $Q_1 \sim Q_6$ 为IGBT开关管, R 、 L 、 C 分别为逆变器的电感寄生电阻、滤波电感和滤波电容。通过同步控制等措施,电能最终经过公共耦合点流入电网。

[0084] 虚拟同步发电机的控制算法框图,如图7所示。由控制框图可知,虚拟同步发电机无功调节部分输出的虚拟电势 E 可表示为:

$$[0085] \quad E = \Delta E_Q + E_o + \Delta E_U = k(Q_{ref} - Q) + E_o + k_v(U_{ref} - U)$$

[0086] 式中, ΔE_Q 、 E_o 、 ΔE_U 分别为无功功率调节值、虚拟同步发电机空载电动势和机端电压调节值; k_Q 、 k_v 分别为无功调节系数和电压调节系数; Q_{ref} 、 Q 分别为参考无功功率和逆变器机端输出的瞬时无功功率值; U_{ref} 、 U 分别为逆变器机端电压的参考值和输出值。

[0087] 由于同步发电机的无功输出和机端电压是通过调节励磁实现的,所以虚拟同步发电算法的无功调节模块也主要为了模拟此过程,即通过虚拟电势 E 对逆变器输出的电压和和无功功率进行调节。

[0088] 有功调节部分的机械转矩 T_m 可表示为:

$$[0089] \quad T_m = T_o + \Delta T = \frac{P_{ref}}{\omega} - k_f(f_o - f)$$

[0090] 式中, T_o 、 ΔT 分别为机械转矩指令值和频率偏差反馈指令值。此处的有功调节原理是为了模拟传统同步发电机输出有功功率的调节过程。

[0091] 转子运动方程模拟同步发电机转子运动的特性,表示为:

$$[0092] \quad \begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_e - T_D = T_m - T_e - D(\omega - \omega_o) \\ \frac{d\theta}{dt} = \omega \end{cases}$$

[0093] 式中, T_m 、 T_e 和 T_D 分别为同步发电机的机械、电磁和阻尼转矩; J 、 D 分别为同步发电机的转动惯量和阻尼系数; ω 、 ω_o 分别为同步发电机的机械角频率和电网角频率(此处令同步发电机的极对数为1,则 ω 同既为同步发电机的机械角频率,也为其电气角频率)。转动惯量 J 和阻尼系数 D 使得虚拟同步发电机在工作过程中具有了同步发电机的惯性和对不平衡功率的阻尼衰减。

[0094] 定子电气部分可表示为:

$$[0095] \quad L \frac{di}{dt} = E - u - Ri$$

[0096] 式中, L 、 E 、 u 、 i 、 R 分别为同步发电机的同步电感、电势、机端电压、输出电流和定子电阻。

[0097] 如图8所示,该模块中含有阻尼系数 D_p 和惯性系数 J 。

[0098] 其中,逆变器输出的虚拟机械功率 P_{ref} 指令值为:

$$[0099] \quad P_{ref} = E^* \cdot I_d$$

[0100] 逆变器输出的虚拟电磁功率 P_e 为:

$$[0101] \quad P_{ref} = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c$$

[0102] 式中: e_j 和 i_j (j 为 a, b, c)分别为逆变器输出的三相电压和电流; P_e 为逆变器输出的虚拟电磁功率。

[0103] 由以上分析可知,虚拟同步发电机的机械部分和电气部分主要是由转子运动方程和定子电气方程进行模拟,通过采集电网电压、电流和频率的信息,依据控制算法进行有功调频和无功调压。

[0104] 步骤三:将所述相角值和获取的电压幅值带入到三相电压合成模型,得到三相电压参考值;

[0105] 利用虚拟同步机机械转动方程进行运算,将运算结果相角 θ 送入三相电压合成模块;

[0106] 三相电压合成模块基于相角 θ 和参考电压幅值 E ,经过计算输出三相参考电压 E_{abc} ;

[0107] 步骤四:基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波,并基于所述PWM波对逆变器进行控制。

[0108] 将产生的三相参考电压送入PWM发生器中,产生PWM波,对逆变器进行控制。

[0109] 有阻尼和惯性的功率下垂控制策略:在功率下垂控制中加入虚拟同步发电机的机械转动模块,使采用功率下垂控制的并网逆变器具备阻尼和惯性,兼有功率下垂控制和虚拟同步机控制的优良特性,增强电网频率和电压的稳定性。

[0110] 具有阻尼和惯性的电流下垂控制策略:在电流下垂控制中加入虚拟同步发电机的机械转动模块,使采用电流下垂控制的并网逆变器具备阻尼和惯性,兼有电流下垂控制和虚拟同步机控制的优良特性,增强电网频率和电压的稳定性。

[0111] 本发明提供的方法,分别在功率下垂控制和电流下垂控制中增加虚拟同步机的机械转动模块,实现了并网逆变器兼有下垂控制和阻尼、惯性的优良特征,增强了电网安全运行的稳定性。

[0112] 实施例2

[0113] 基于同一构思发明,本发明还提供一种并网逆变器具备阻尼和惯性的下垂控制系统,所述系统包括:

[0114] 一种并网逆变器的下垂控制系统,所述系统包括:

[0115] 获取模块:用于获取逆变器的电网电压、电流、频率信息、电压幅值和角频率;

[0116] 模型模块,用于将所述电网电压、电流、频率信息和角频率带入到预先构建的虚拟同步发电机转动模型,得到相角值;

[0117] 合成模块:用于将所述相角值和电压幅值带入到三相电压合成模型,得到三相电压参考值;

[0118] 控制模块:用于基于所述三相电压参考值和PWM发生器产生PWM波,并基于所述PWM波对逆变器进行控制

[0119] 所述模型模块,包括:获得单元、构建单元和模型单元;

[0120] 所述获得单元,用于基于逆变器的电网电压、电流和频率信息,采用同步发电机的控制算法得到虚拟电势和机械转矩;

[0121] 所述构建单元,用于基于所述机械转矩、角频率以及同步发电机的转动惯量和阻尼系数构建转子运动方程,基于所述虚拟电势构建定子电气方程;

[0122] 所述模型单元,用于基于所述转子运动方程和定子电气方程构建虚拟同步发电机转动模型。

[0123] 所述获取模块,包括:获取模块;

[0124] 所述获取模块,用于基于逆变器的电网电压和频率的异常情况,采集逆变器的输出电流或有功功率和无功功率;

[0125] 当采集的数据为逆变器的有功功率和无功功率,则基于所述有功功率和无功功率采用功率下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值;

[0126] 当采集的数据为逆变器的输出电流时,将所述输出电流分解为有功电流和无功电流,基于所述有功电流和无功电流采用电流下垂控制算法进行计算,得到角频率和电压幅值。

[0127] 本发明附图中缩略语和关键术语定义:

[0128] mechanical part of VSC controller为:基于电压源换流的高压直流控制的机械部分;

[0129] Current为当前的(电流或功率);

[0130] Drooper为下垂后的(电流或功率)。

[0131] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0132] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、系统、和计算机程序产品的流程图和方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和方框图中的每一流程和方框、以及流程图和方框图中的流程和方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0133] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0134] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0135] 以上仅为本发明的实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均包含在申请待批的本发明的权利要求范围之内。

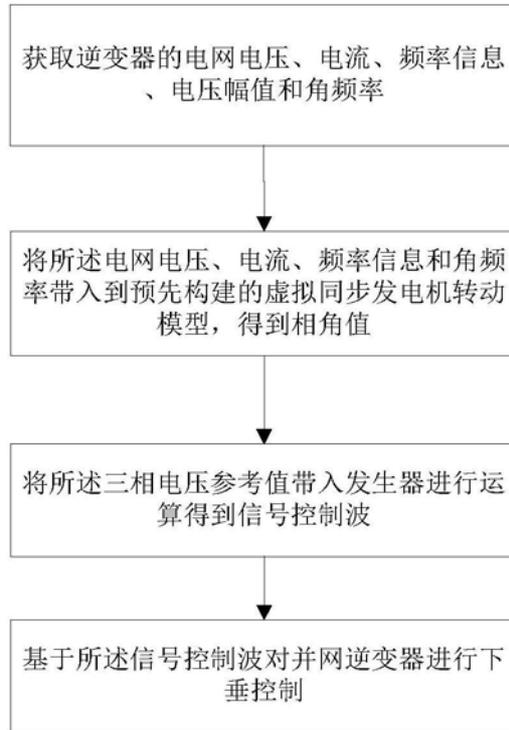


图1

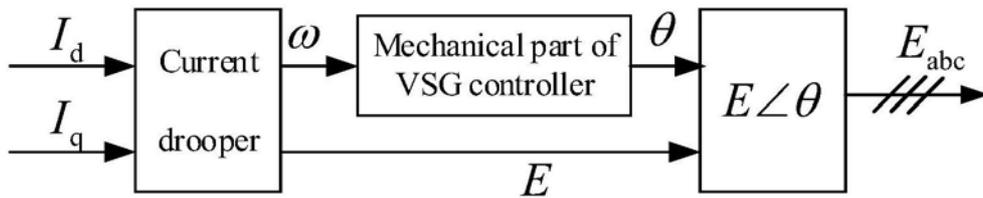


图2

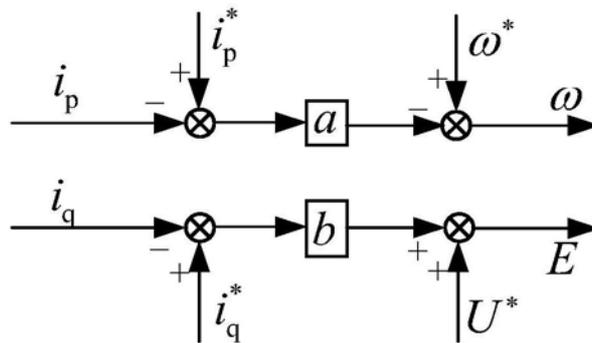


图3

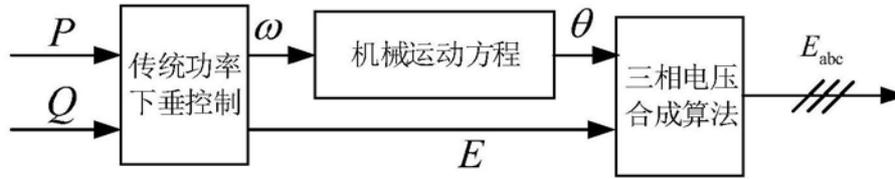


图4

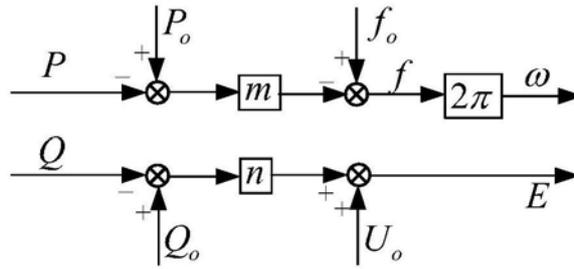


图5

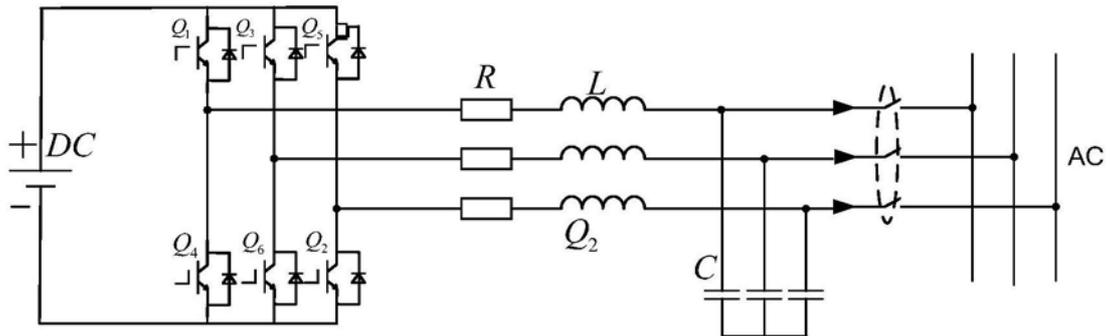


图6

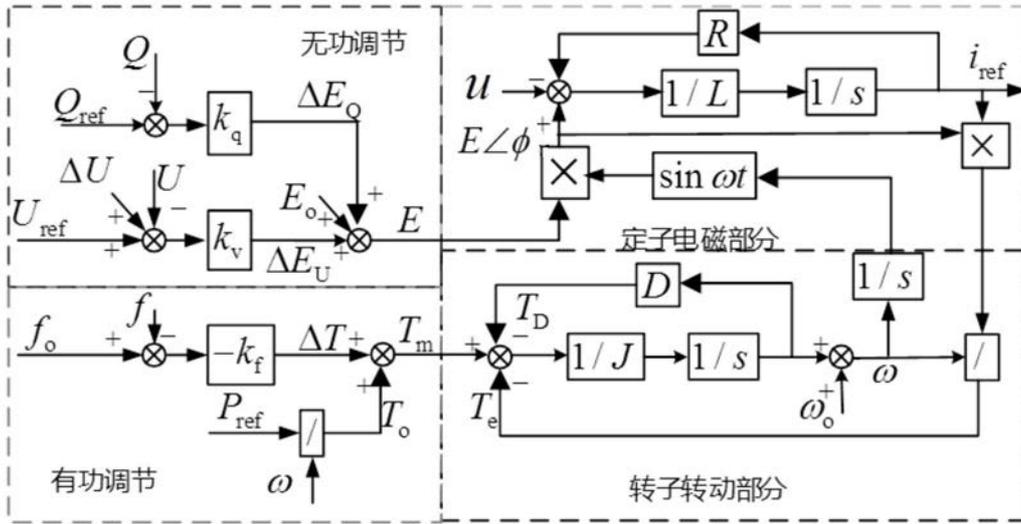


图7

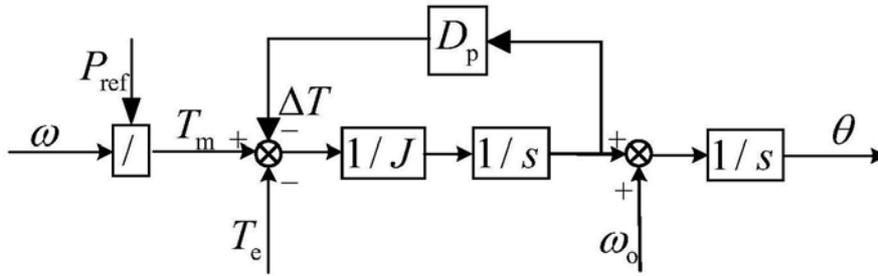


图8