



微电网逆变器的自适应滑模控制策略研究

摘要

恒功率负载的输入阻抗具有负增量阻抗特性,其与前级电源的相互作用将对微电网系统的稳定运行产生重大影响.因此,研究带有恒功率负载的微电网稳定性具有实际意义.本文提出了一种改进的滑模控制方法,将其用于改善微电网系统的大信号稳定.首先在系统建模中考虑了系统的参数不确定性及外部干扰,使控制具有较好的鲁棒性;其次在滑模控制中引入自适应算法,对总扰动上界进行了估计,提高了控制的准确性;最后通过 Matlab/Simulink 建立了微电网模型,通过仿真验证了所提出策略的有效性.

关键词

微电网;恒功率负载;滑模控制;稳定性

中图分类号 TM464

文献标志码 A

收稿日期 2017-09-22

资助项目 重庆市基础科学与前沿技术研究(一般)项目(cstc2017jcyjAX0080);中央高校基本科研业务费专项资金(2017CDJXY)

作者简介

侯帅丞,男,博士生,研究方向为微电网智能控制.shuaichenghou@qq.com

陈家伟(通信作者),男,博士,研究员,博士生导师,研究方向为新能源发电技术及微电网技术.echenjw@cqu.edu.cn

0 引言

随着传统大电网的缺点日益增多,基于可再生能源发电的微电网系统得到了快速的发展,近年来微电网受到电气工程领域的广泛关注^[1-3].微电网是一种新型电网结构,是一组由微电源、负载、储能系统和控制单元构成的小型电力系统.微电网通过合理的控制,将传统能源与可再生能源发电并联运行,组成一个微型电网^[4].微电网运行模式灵活,既可并网又可离网运行,具有供电可靠性高等突出优点.微电网两种灵活的运行模式降低了分布式发电并网造成电网不稳定的风险,自身在运行过程中也更加稳定.在我国,西部地区人口分散,东部沿海独立岛屿较多,离网微电网的发展更是具有实际意义^[5-6].

近年来,因风能、太阳能等新能源的大力发展,微电网中可再生能源等分布式能源发电所占比重逐渐增加,且传统电力系统中的大量低效率线性化负载向高效率非线性负载转变,从而引入了大量的电力电子变换器件^[7-9].而被严格控制的基于电力电子变换的负载在运行时通常会表现出恒功率特性,其输入增量阻抗为负阻抗特性^[10],较之常规的阻性和阻感负载,当与源产生交互作用时,会大大降低系统的阻尼,使系统更易产生振荡,带来严重的稳定性问题.目前,带有恒功率负载的微电网系统稳定性问题已受到学者们的广泛关注^[10-13].

离网微电网的传统电压控制策略主要采用基于下垂控制的双闭环 PI 控制^[14],PI 控制简单、易于实施,但在复杂系统中控制效果不佳,且微电网系统存在外部扰动或参数变化时,不能保证控制的鲁棒性.如何设计电压控制器使得系统具有良好的效果和鲁棒性是本文关注的问题.

滑模控制又称变结构控制,本质为一种特殊的非线性控制,主要表现为控制的不连续性.因其算法简单,变结构特性具有与微电网中变换器的开关特性本质相同的特点,得到了广泛的关注和应用^[15].滑模控制近来被广泛运用于微电网的控制中,并取得了很多成果.文献^[16]将基于双带宽滞环调制的滑模控制用于并网逆变器,实现了快动态和鲁棒性等控制目标,其优点在于只需采样电容电压和电网电流.文献^[17]采用自适应全局滑模控制对逆变器的并网模式和离网模式实施控制,在离网模式逆变器的输出电压总谐波失真低,并网模式下其电流功率因数高.文献^[18]针对传统 PID 控制不能解决参数变化和非线性负载引起的谐波问题,提出自适应滑模控制以提高离网

1 重庆大学 自动化学院,重庆,400044

微电网系统的抗扰能力.但以上文献都只研究了单相电路.文献[19]对并联运行的微网逆变器采用自适应滑模方法控制电压,文中使用三相四线制逆变器拓扑以满足不平衡负载的正常供电,但三相四线制电路容易发生危险.文献[20]提出分数阶滑模控制来控制系统电压,但此类滑模控制需要满足一些前提条件.根据现有成果发现,有关微电网系统的滑模控制技术主要用于结构较为简单的系统,仍有进一步优化的空间.

本文基于含有恒功率负载的微电网系统提出自适应滑模控制,不仅考虑到了恒功率负载的负阻抗特性,还在滑模面的选取上,采用极点配置的方法,使所设计的滑模控制器有更好的鲁棒性和控制性能.最后,利用 Matlab/Simulink 软件进行仿真分析,验证了文中提出的控制策略的有效性和优越性.

1 系统建模

1.1 微电网系统结构

本文研究的离网交流微网的整体结构如图1所示.系统主要由基于逆变器的微源和本地负载组成,包含一个风力发电系统、一个太阳能发电系统和一组蓄电池组.在后续稳定性分析中,它们将被简化成恒定的直流电压源.逆变器均采用传统功率下垂控制策略来实现负载功率在不同供电单元间的优化分配.为了获得精确的有功和无功功率分配,系统中引入一个较大的连线电感(L_c)连接在逆变器和交流母线之间,从而使系统的阻抗主要呈感性.为了研究恒功率负载对系统稳定性的影响,系统中接入了一台

采用 AC-DC 变换器供电的负载.

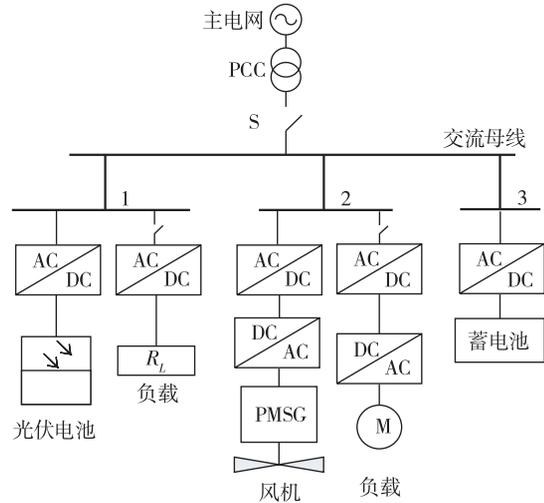


图1 研究系统结构

Fig.1 Structure of the study system

1.2 逆变器建模

对于研究的系统,单个逆变器结构如图2所示,其由三相逆变器经过LC滤波器和线路阻抗连接到交流母线。 L_f 和 r_f 分别是滤波电感的电感值和电阻, C_f 是滤波电容的电容值.为了获得精确的有功和无功功率分配,系统中引入一个较大的连线电感(L_c)连接在逆变器和交流母线之间,从而使系统的阻抗主要呈感性.

对于逆变器系统,经过LC滤波电感和滤波电容的电压电流动态方程在dq坐标系下可表示为式(1),下标 d, q 分别表示相关变量的 d 轴和 q 轴分量, ω 是角频率.

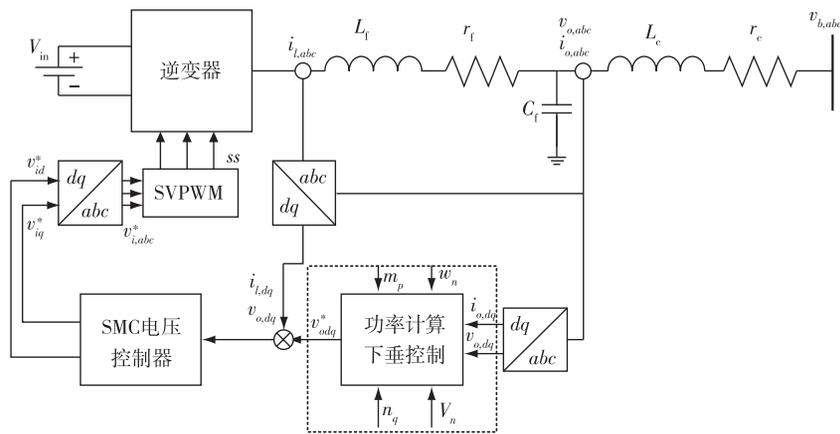


图2 单个逆变器结构

Fig.2 Single inverter structure

$$\begin{aligned} \dot{i}_{ld} &= -\frac{r_f}{L_f}i_{ld} + \omega i_{lq} + \frac{1}{L_f}(v_{id} - v_{od}), \\ \dot{i}_{lq} &= -\frac{r_f}{L_f}i_{lq} - \omega i_{ld} + \frac{1}{L_f}(v_{iq} - v_{oq}), \\ \dot{v}_{od} &= \omega v_{oq} + \frac{1}{C_f}(i_{ld} - i_{od}), \\ \dot{v}_{oq} &= -\omega v_{od} + \frac{1}{C_f}(i_{lq} - i_{oq}). \end{aligned} \quad (1)$$

定义状态变量的误差为 $e_{ld} = i_{ld} - i_{ld}^*$, $e_{lq} = i_{lq} - i_{lq}^*$, $e_{od} = v_{od} - v_{od}^*$, $e_{oq} = v_{oq} - v_{oq}^*$, 其中 i_{ld}^* 、 i_{lq}^* 分别是 i_{ld} 、 i_{lq} 的电流参考值, v_{od}^* 、 v_{oq}^* 分别是 v_{od} 、 v_{oq} 的固定电压参考值. i_{ld}^* 、 i_{lq}^* 的具体值可以通过分别令 $\dot{v}_{od} = 0$, $\dot{v}_{oq} = 0$ 得到, 详细表达式如下:

$$\begin{cases} i_{ld}^* = -C_f \omega v_{oq} + i_{od}, \\ i_{lq}^* = C_f \omega v_{od} + i_{oq}. \end{cases} \quad (2)$$

将式(1)进一步整理, 关于状态变量误差的状态空间方程可表示为

$$\dot{x} = Ax + Bu + Cd, \quad (3)$$

其中

$$A = \begin{bmatrix} -r_f/L_f & \omega & -1/L_f & 0 \\ -w & -r_f/L_f & 0 & -1/L_f \\ 1/C_f & 0 & 0 & w \\ 0 & 1/C_f & -w & 0 \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} 1/L_f & 0 \\ 0 & 1/L_f \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$x = [e_{ld} \quad e_{lq} \quad e_{od} \quad e_{oq}]^T, \quad d = d_1 + d_2,$$

$$d_1 = \begin{bmatrix} -\frac{1}{L_f}v_{od}^* + \omega i_{lq}^* - \frac{r_f}{L_f}i_{ld}^* \\ -\frac{1}{L_f}v_{oq}^* - \omega i_{ld}^* - \frac{r_f}{L_f}i_{lq}^* \\ \frac{1}{C_f}i_{ld}^* + \omega v_{oq}^* - \frac{1}{C_f}i_{od} \\ \frac{1}{C_f}i_{lq}^* - \omega v_{od}^* - \frac{1}{C_f}i_{oq} \end{bmatrix}.$$

式(3)中, d 是系统的外部干扰和参数不确定性的总和, d_1 被考虑为数学模型的外部干扰部分, 与系统中参数的不确定性 d_2 一起作为系统总的扰动. d 是有界的, $|d| \leq \rho$, ρ 是一个大于 0 的常数.

2 自适应滑膜控制策略

因恒功率负载主要通过 DG 逆变器进行相互

作用来影响系统的稳定性, 可以通过对 DG 逆变器设计合适的滑模控制器来解决系统的稳定性问题.

本节将讨论逆变器电路的滑模控制器设计, 滑模控制器设计主要分为 2 个步骤: 滑模面选取和控制率求解. 其中滑模面的选取设计主要是滑模面参数的设计, 选择一个好的滑模面可以减少系统运动到达滑模状态的时间. 滑模控制的具体方法有很多, 需根据具体问题选用合适的滑模控制方法. 其基本方法有: 基于趋近律的滑模控制、基于上界的滑模控制、等效滑模控制等. 随着滑模控制研究的不断深入和成熟, 越来越多的研究者开始将滑模控制和其他先进的控制方法相结合, 形成不同方法间的优势互补, 达到更好的控制效果. 本文采用基于趋近律的滑模控制, 并结合自适应方法对模型中的不确定性进行参数估计, 从而增强系统的鲁棒性.

电压控制器的主要作用是控制交流侧输出电压能够跟踪其参考值, 从而保证微电网在离网模式下的稳定性. 为了尽量减小控制误差, 选取滑模面为

$$s = B^T Px, \quad (4)$$

其中, B 是模型中输入矩阵, P 为 4×4 阶正定矩阵, 采用线性矩阵不等式来设计, 通过设计 P 来实现 $s = 0$, $\dot{s} = 0$.

计算出矩阵 P , 滑模函数随之确定, 之后可根据滑模函数来设计控制器.

$$\begin{aligned} \dot{s} &= B^T P \dot{x} = B^T P (Ax + Bu + Cd) = \\ &B^T P Ax + B^T P Bu + B^T P Cd. \end{aligned} \quad (5)$$

采用指数趋近律, 有

$$\dot{s} = -\tau s - \varepsilon \operatorname{sgn}(s), \quad (6)$$

结合式(5)和(6), 可以推导出最终滑模控制律:

$$\begin{aligned} u &= u_{eq} + u_{sw}, \\ u_{eq} &= -(B^T PB)^{-1} B^T P Ax - (B^T PB)^{-1} \tau s, \\ u_{sw} &= -(B^T PB)^{-1} (|B^T PC| \rho + \varepsilon) \operatorname{sgn}(s), \end{aligned} \quad (7)$$

其中, u_{eq} 是控制输入的等效项, u_{sw} 是控制输入的开关项; τ 是一个正数, τ 的大小决定系统状态趋近滑动模态的速度, τ 越大趋近速度越快, τ 越小趋近速度越慢; ε 是一个很小的正数, ε 的值越小系统的抖振越小.

为证明稳定性, 取李雅普诺夫函数为

$$V = \frac{1}{2} s^2, \quad (8)$$

则对式(8)求导 $\dot{V} = ss'$, 并将式(5)、(7) 带入得:

$$\begin{aligned} \dot{V} &\leq -\tau |s|^2 - \varepsilon |s| - \\ &|B^T PC| |s| (\rho - |d|) \leq 0. \end{aligned} \quad (9)$$

控制律式(7)是在考虑系统扰动的最坏情况下得出的控制器,为了满足要求,控制器的开关增益必须足够大,但是开关增益过大会造成系统抖振严重等负面效应,降低系统的鲁棒性.然而,如果不能处理系统中的不确定性问题,系统则达不到优良的控制效果.为解决上述问题,下面采用自适应算法来估计系统扰动的上界.

由于滑模控制是一种不连续控制,这种不连续主要体现在滑模开关项切换产生的抖振,选择一个合适恰当的开关增益,可在最大限度减小抖振的同时满足滑动模态的存在条件.由式(7)看出系统的扰动与控制器的开关增益有关,因此采用自适应算法估计扰动不仅可以使扰动更加接近实际值,还能减小控制输入引起的振颤.

采用自适应方法来估计扰动值,设计自适应更新率为

$$\dot{\hat{\rho}} = \gamma | \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{C} | | \mathbf{s} |, \quad (10)$$

式(10)中 $\hat{\rho}$ 是扰动上界的估计值,且 $\gamma > 0$,通过调节 γ 的值,进而改变滑模控制器开关项的系数,以减小控制器抖振.

$$\begin{aligned} u &= u_{\text{eq}} + u_{\text{sw}}, \\ u_{\text{eq}} &= -(\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{x} - (\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B})^{-1} \tau \mathbf{s}, \\ u_{\text{sw}} &= -(\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B})^{-1} (| \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{C} | \hat{\rho} + \varepsilon) \text{sgn}(\mathbf{s}). \end{aligned} \quad (11)$$

通过对系统分析和设计,整个控制系统可以描述如下:运行于离网模式微电网的逆变器动态由式(1)表示,所设计的基于自适应估计的滑模控制器输入由等效控制和开关控制两部分组成,如式(11)所示,为估计系统扰动设计的自适应更新率如式(10)所示.

为了证明所设计的滑模控制器的正确性,选择如下李雅普诺夫函数:

$$V_2 = \frac{1}{2} \mathbf{s}^2 + \frac{1}{2\gamma} \hat{\rho}^2, \quad (12)$$

式中 $\hat{\rho} = \rho - \hat{\rho}$ 定义为扰动的估计误差.

对式(12)的李雅普诺夫函数求导可得:

$$\dot{V}_2 = \mathbf{s} \dot{\mathbf{s}} + \frac{1}{\gamma} \hat{\rho} \dot{\hat{\rho}}. \quad (13)$$

结合式(5)、(10)、(11),进一步可得:

$$\begin{aligned} \dot{V}_2 &= \mathbf{s} (\mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{u} + \mathbf{B}^T \mathbf{P} \mathbf{C} \mathbf{d}) + \frac{1}{\gamma} \hat{\rho} \dot{\hat{\rho}} \leq \\ &- \sum_{i=1}^2 (\tau_i | s_i |^2 + \varepsilon | s_i |) \leq 0, \end{aligned} \quad (14)$$

因为 \dot{V}_2 是一个负定函数,能量李雅普诺夫函数 V_2 关于时间是一个递减函数,系统最终会趋于稳定.由此推出系统的滑模面 \mathbf{s} 以及扰动估计误差最终都会有界.

3 仿真分析

为了验证上一节所提出离网微电网中逆变器的自适应滑模控制方法的有效性,本节基于 Matlab/Simulink 仿真平台,针对所研究的图1所示的离网微电网系统建立了仿真动态模型.通过仿真对比了滑模控制器和传统PI控制器的控制性能.系统仿真模型及各参数在附录中给出,控制参数 γ 设为0.01, ε 的值取8000, τ 的值取5000.

为了验证系统在大信号变动过程中的稳态和动态性能,对采用SMC控制和传统PI控制时系统在空载启动、大负载变化、参数变化等过程中的性能进行了对比分析.图3比较了微电网系统空载启动时,两种不同控制情况下系统的动态响应.由图3可以看出系统采用滑模控制方法时,其启动过程更快,暂态性能更好,启动过程超调很小,且能以较短时间完成整个启动工作.图3a—d分别展示了逆变器2的输出电压、频率以及输出有功功率和无功功率.通过对比可以发现,系统采用PI控制时,启动过程系统振荡很大且不太平稳,如果在一开始就接入较大的负载,系统很有可能失稳.

当一个大负载突然切入系统时采用不同控制方法,系统的稳定性有所不同.仿真验证中,在系统成功启动后,将功率20kW的负载突然切入系统,比较两种控制方法对系统动态性能的影响.图4展示的是采用滑模控制方法对系统逆变器进行控制,在0.6s接入20kW的负载时,系统经过约0.4s后达到一个新的稳定平衡点,可以看出系统依然可以保持稳定运行.而采用PI控制时,接入等容量的负载,系统立即振荡发散,变得不稳定.

为验证SMC对系统参数变化的鲁棒性,仿真中改变线路电感 L_c 的大小,验证系统的动态和稳态性能.图5给出了 L_c 由1.35mH减小至0.85mH时系统的动态响应,可以看出系统在SMC控制作用下,系统参数虽有所变化,但仍能保证系统稳定.而相同的参数变化采用PI控制时系统稳定性降低,从而证明了所设计SMC的鲁棒性.

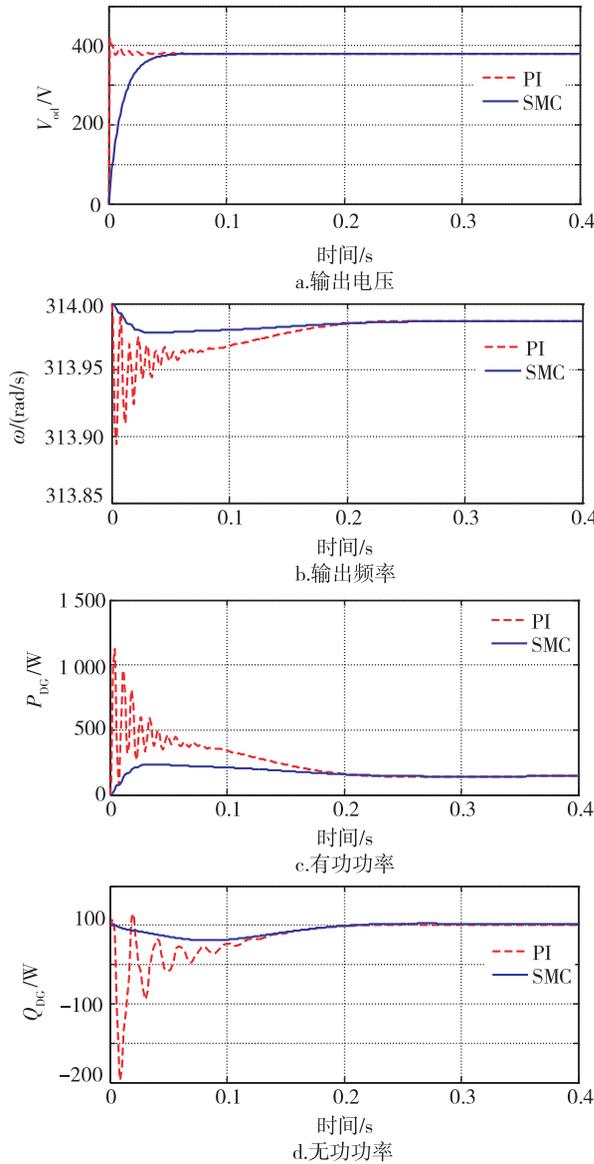


图3 采用SMC和PI控制时系统空载启动特性

Fig.3 Performances of system with SMC and PI controller during startup, (a) inverter output voltage, (b) frequency, (c) active power, and (d) reactive power

4 结束语

本文主要研究了带有恒功率负载的系统在受到大的扰动或者系统参数变化时的大信号稳定性。主要设计了适用于微电网系统的滑模控制器用以保证系统的全局稳定性。为了使所设计的控制器对参数具有较强的鲁棒性,将自适应算法引入控制系统,用以估计系统的扰动上界。微电网系统在空载启动、大负载切入系统以及参数变化情况下的仿真结果表明,所设计的控制器具有很强的鲁棒性和全局稳定性,可运用于微电网系统的控制。

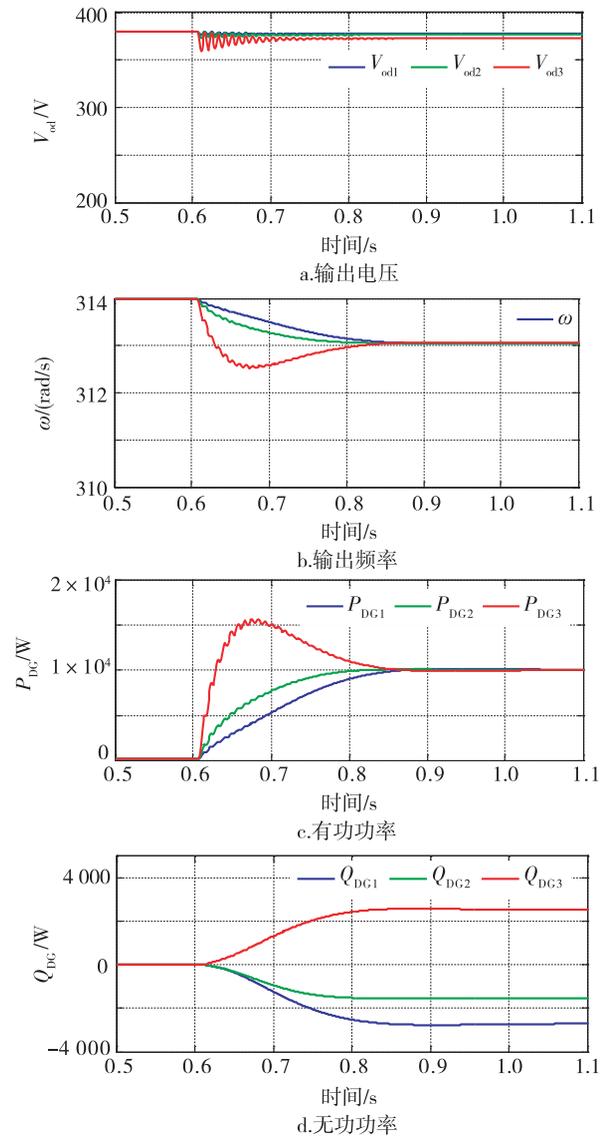


图4 20 kW 负载接入时 SMC 系统的动态响应

Fig.4 Variations of key waveform of SMC system while connecting a 20 kW load, (a) inverter output voltage, (b) frequency, (c) active power, and (d) reactive power

附录 A

系统参数:

- 1) 发电机: 额定功率 $P_{DG1} = P_{DG2} = P_{DG3} = 10 \text{ kW}$, $L_f = 1.35 \text{ mH}$, $C_f = 50 \text{ F}$, $r_f = 0.1 \text{ } \Omega$, $L_c = 1.35 \text{ mH}$, $r_c = 0.03 \text{ } \Omega$, $m_p = 9.4 \times 10^{-5}$, $n_q = 1 \times 10^{-3}$, $k_{pv} = 0.05$, $k_{iv} = 350$, $k_{pc} = 10$, $k_{ic} = 15000$, $\omega_{cu} = 30 \text{ rad/s}$.
- 2) 传输线路: $r_{line1} = 0.23 \text{ } \Omega$, $L_{line1} = 1.32 \text{ mH}$, $r_{line2} = 0.35 \text{ } \Omega$, $L_{line2} = 1.85 \text{ mH}$.
- 3) 负载: $r_{fd} = 0.01 \text{ } \Omega$, $L_{fd1} = 1.5 \text{ mH}$, $C_{fd1} = 500 \text{ } \mu\text{F}$.

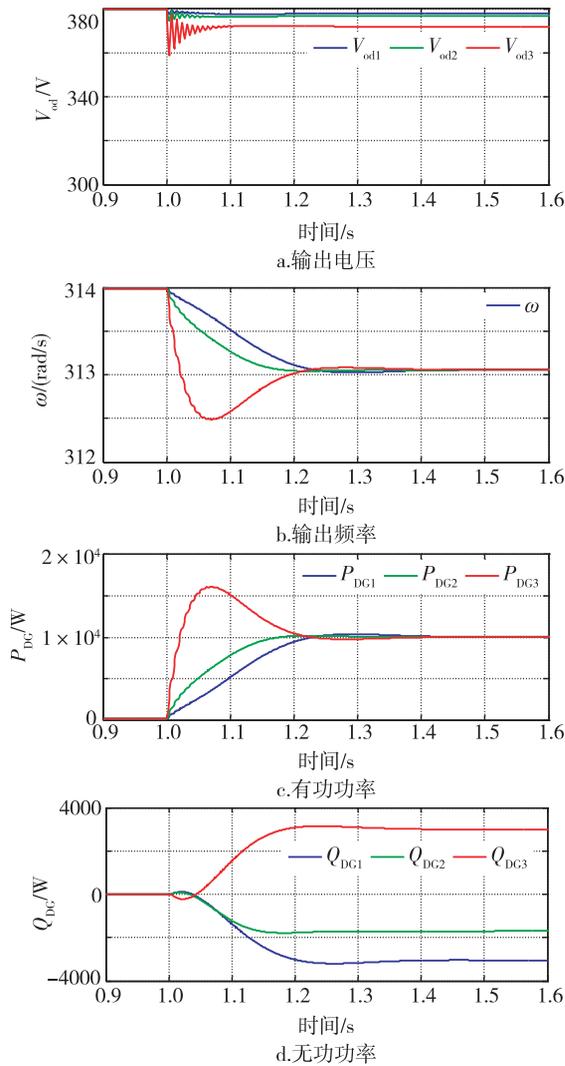


图5 当线路电感 L_c 减小至 0.85 mH 时 SMC 系统的动态响应

Fig. 5 Variations of key waveform of SMC system while line inductance is 0.85 mH, (a) inverter output voltage, (b) frequency, (c) active power, and (d) reactive power

参考文献

References

- [1] Lidula N W A, Rajapakse A D. Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15 (1) : 186-202
- [2] Hossain E, Kabalci E, Bayindir R, et al. Microgrid testbeds around the world: State of art [J]. Energy Conversion and Management, 2014, 86 (10) : 132-153
- [3] 杨新法, 苏剑, 吕志鹏, 等. 微电网技术综述 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34 (1) : 57-70
YANG Xinfa, SU Jian, LÜ Zhipeng, et al. Overview on micro-grid technology [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34 (1) : 57-70
- [4] Lasseter B. Microgrids distributed power generation [C] // IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 2002,

- 1: 305-308
- [5] Zhu X, Han X Q, Qin W P, et al. Past, today and future development of micro-grids in China [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 42: 1453-1463
- [6] Zeng Z, Zhao R X, Yang H, et al. Policies and demonstrations of micro-grids in China: A review [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014, 29: 701-718
- [7] Olivares D E, Mehrizi-Sani A, Etemadi A H, et al. Trends in microgrid control [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2014, 5 (4) : 1905-1919
- [8] Liutanakul P, Awan A B, Pierfederici S, et al. Linear stabilization of a DC bus supplying a constant power load: A general design approach [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2010, 25 (2) : 475-488
- [9] 支娜, 张辉, 肖曦, 等. 分布式控制的直流微电网系统级稳定性分析 [J]. 中国电机工程学报, 2016, 36 (2) : 368-378
ZHI Na, ZHANG Hui, XIAO Xi, et al. System-level stability analysis of DC microgrid with distributed control strategy [J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36 (2) : 368-378
- [10] Emadi A, Khaligh A, Rivetta C H, et al. Constant power loads and negative impedance instability in automotive systems: Definition, modeling, stability, and control of power electronic converters and motor drives [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2006, 55 (4) : 1112-1125
- [11] Kwasinski A, Onwuchekwa C N. Dynamic behavior and stabilization of DC microgrids with instantaneous constant-power loads [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26 (3) : 822-834
- [12] 李玉梅, 查晓明, 刘飞, 等. 带恒功率负荷的直流微电网母线电压稳定控制策略 [J]. 电力自动化设备, 2014, 34 (8) : 57-64
LI Yumei, ZHA Xiaoming, LIU Fei, et al. Stability control strategy for DC microgrid with constant power load [J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34 (8) : 57-64
- [13] 张学, 裴玮, 邓卫, 等. 多源/多负荷直流微电网的能量管理和协调控制方法 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34 (31) : 5553-5562
ZHANG Xue, PEI Wei, DENG Wei, et al. Energy management and coordinated control method for multi-source/multi-load DC microgrid [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34 (31) : 5553-5562
- [14] Pogaku N, Prodanovic M, Green T C. Modeling, analysis and testing of autonomous operation of an inverter-based microgrid [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2007, 22 (2) : 613-625
- [15] 刘金琨. 滑模变结构控制 MATLAB 仿真 [M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2012
LIU Jinkun. Sliding mode control design and Matlab simulation [M]. 2nd Ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2012
- [16] Komurcugil H, Ozdemir S, Sefa I, et al. Sliding-mode control for single-phase grid-connected LCL-filtered VSI with double-band hysteresis scheme [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2016, 63 (2) :

- 864-873
- [17] Mohan A, Mathew D. High performance stand-alone and grid connected inverter using adaptive total sliding mode controller[C] // International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, 2013:1-6
- [18] Chen Z Y, Luo A, Wang H J, et al. Adaptive sliding-mode voltage control for inverter operating in islanded mode in microgrid[J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2015, 66:133-143
- [19] Zhang Q J, Liu Y C, Wang C, et al. Parallel operation of microgrid inverters based on adaptive sliding-mode and wireless load-sharing controls[J]. Journal of Power Electronics, 2015, 15(3):741-752
- [20] Delghavi M B, Shoja-Majidabad S, Yazdani A. Fractional-order sliding-mode control of islanded distributed energy resource systems[J]. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2016, 7(4):1482-1491

Adaptive sliding mode control strategy for inverter in microgrid

HOU Shuaicheng¹ CHEN Jiawei¹ ZHANG Xiuqin¹

¹ College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044

Abstract The input impedance of a constant power load usually behaves as negative incremental impedance characteristic, which may have strong impact on the system stability when it is interacting with the front-end converter in a microgrid. In this paper, an improved sliding mode control (SMC) method is proposed to improve the large signal stability of micro grid system. Firstly, the system uncertainties and external disturbances are considered in the system modeling, which make the control have strong robustness. Then, the adaptive algorithm is introduced in the sliding mode control to estimate the upper bound of the total disturbance, which improves the control accuracy. Finally, a simulation model of a microgrid is established in Matlab/Simulink. The effectiveness of the proposed method is verified by simulation results.

Key words microgrid; constant power load; adaptive sliding mode control; stability