电网技术 2011, 35(8) 47-52 DOI: ISSN: 1000-3673 CN: 11-2410/TM

新能源与分布式发电

光伏发电系统模型综述

刘东冉1，陈树勇2，马敏1，王皓怀2，侯俊贤2，马世英2

1．华北电力大学 电气与电子工程学院，北京市 昌平区 102206； 2．中国电力科学研究院，北京市 海淀区 100192

摘要：

为了对含光伏电源的电力系统进行各种仿真研究，必须建立准确的光伏发电系统数学模型。全面综述了包括光伏组件、逆变器及其控制系统的光伏系统数学模型，对整个光伏发电系统模型的研究现状进行了论述，总结了利用各元件模型建立系统模型的方法以及孤岛保护的研究现状及其建模方法，并对光伏发电系统模型的研究前景进行了展望。

关键词： 光伏阵列 逆变器控制 最大功率点追踪 光伏发电系统 孤岛保护 光伏系统模型

A Review on Models for Photovoltaic Generation System

LIU Dongran1, CHEN Shuyong2, MA Min1, WANG Haohuai2, HOU Junxian2, MA Shiying2

1. School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Changping District, Beijing 102206, China; 2. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China

Abstract:

To perform various simulation of power system containing photovoltaic (PV) power source, an accurate mathematical model for PV power generation system must be built. In this paper, the mathematical models containing PV components, inverters and corresponding control system are overall reviewed. Present research situation of the model of total PV generation system is presented; the methodology of building the model of PV generation system by use of element models as well as research status and modeling approach of island protection for PV generation system are summarized. Besides, the research on the model for PV generation system is prospected.

Keywords: photovoltaic array inverter control maximum power point tracking (MPPT) photovoltaic generation system island protection photovoltaic system model

收稿日期 2010-09-14 **修回日期** 2011-02-23 **网络版发布日期** 2011-08-09

DOI:

基金项目:

通讯作者: 刘东冉

作者简介:

作者Email: dandan_elroy@163.com

参考文献：

[1] 肖鑫鑫，刘东．分布式供能系统接入电网模型研究综述[J]．华东电力，2008，36(2)：76-81． Xiao Xinxin，Liu Dong．Review of grid-connection models of distributed energy supply systems[J]．East China Electric Power，2008，36(2)：76-81(in Chinese)． [2] 杨建菲．光伏并网发电系统控制方法的研究[D]．西安：西安理工大学，2008． [3] 郭勇，孙超，陈新．光伏系统中最大功率点跟踪方法的研究[J]．电力电子技术，2009，43(11)：21-23． Guo Yong，Sun Chao，Chen Xin．Research on maximum power point tracking method for photovoltaic system[J]．Power Electronics，2009，43(11)：21-23(in Chinese)． [4] 崔开涌，陈国呈，张翼，等．光伏系统最大功率点直接电流跟踪策略[J]．电力电子技术，2008，42(9)：27-28． Cui Kaiyong，Chen Guocheng，Zhang Yi，et al．A maximum power point direct current tracking strategy of photovoltaic system[J]．Power Electronics，2008，42(9)：27-28(in Chinese)． [5] 吴忠军．基于DSP的太阳能独立光伏发电系统的研究与设计[D]．镇江：江苏大学，2007． [6] 孙超，郭勇，陈新．独立光伏系统中太阳能充电器的研究[J]．电力电子技术，2009，43(4)：44-46． Sun Chao，Guo Yong，Chen Xin．Research on photovoltaic charger for stand-alone photovoltaic system[J]．Power Electronics，

2009，43(4)：44-46(in Chinese)． [7] Ryan C C．A circuit-based photovoltaic array model for power system studies[C]//NAPS '07．Las Cruces，North American：IEEE，2007：97-101． [8] Roberto F C，Filipe C，Denizar C M．A proposed photovoltaic module and array mathematical modeling destined to simulation[C]//IEEE International Symposium on Industrial Electronics．Seoul，South Korea：IEEE，2009：1624-1626． [9] Marcelo G V，Jonas R G，Ernesto R F．Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays[J]．IEEE Transactions on Power Electronics，2009，24(5)：1198-1208． [10] Marcelo G V，Jonas R G，Ernesto R F．Modeling and circuit-based simulation of photovoltaic arrays[C]//Power Electronics Conference，COBEP '09．Brazilian：IEEE，2009：1244-1254． [11] 王夏楠．独立光伏发电系统及其MPPT的研究[D]．南京：南京航空航天大学，2008． [12] Wasynczuk O．Modeling and dynamic performance of a line- commutated photovoltaic inverter system [J]．IEEE Trans on Energy Conversion，1989，4(3)：337-343． [13] Ma Youjie，Cheng Deshu，Zhou Xuesong，et al．MPPT control of photovoltaic system based on hybrid modeling and its simulation[C]// International Conference on Sustainable Power Generation and Supply．Nanjing，China：UK-China Network of Clean Energy Research，2009：1-5． [14] Zhang L，AI-Amoudi A，Bai Yunfei．Real-time maximum power point tracking for grid-connected photovoltaic systems[C]//Eighth International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives．London，UK：IEEE，2000：124-129． [15] Ramaprabha R，Mathur B ，Sharanya M．Solar array modeling and simulation of MPPT using neural network[C]//Proceedings of International Conference on Control, Automation, Communication and Energy Conservation．Perundurai，Erode，India：IEEE，2009：1-5． [16] 刘邦银，段善旭，康勇．单相单级并网光伏发电系统中二次功率扰动的分析与抑制[J]．太阳能学报，2008，29(4)：407-411． Liu Bangyin，Duan Shanxu，Kang Yong．Analysis and suppression of the second power disturbance in single-phase single-stage photovoltaic grid-connected generation system[J]．Acta Energiae Solaris Sinica，2008，29(4)：407-411(in Chinese)． [17] 苏建徽，余世杰，赵为，等．硅太阳电池工程用数学模型[J]．太阳能学报，2001，22(4)：409-412． Su Jianhui，Yu Shijie，Zhao Wei，et al．Investigation on engineering analytical model of silicon solar cells[J]．Acta Energiae Solaris Sinica，2001，22(4)：409-412(in Chinese)． [18] 陈中华，赵敏荣，葛亮，等．硅太阳电池数学模型的简化[J]．上海电力学院学报，2006，22(2)：178-180． Chen Zhonghua，Zhao Minrong，Ge Liang，et al．The simplification of mathematic model of silicon solar cell[J]．Journal of Shanghai University of Electric Power，2006，22 (2)：178-180(in Chinese)． [19] 戴聿雯．光伏阵列输出特性研究及预估分析[D]．合肥：合肥工业大学，2007． [20] 吴忠军，刘国海，廖志凌．硅太阳电池工程用数学模型参数的优化设计[J]．电源技术，2007，31 (11)：897-901． Wu Zhongjun，Liu Guohai，Liao Zhiling．Optimization design of engineering analytical model for silicon solar cell[J]．Chinese Journal of Power Sources，2007，31(11)：897-901(in Chinese)． [21] 王长江．基于Matlab的光伏电池通用数学模型[J]．电力科学与工程，2009，25(4)：11-14． Wang Changjiang．Versatile model for photovoltaic cell based on Matlab[J]．Electric Power Science and Engineering，2009，25(4)：11-14(in Chinese)． [22] 陈如亮，崔岩，李大勇，等．光照不均匀情况下光伏组件仿真模型的研究[J]．系统仿真学报，2008，20(7)：1681-1690． Chen Ruliang，Cui Yan，Li Dayong，et al．Study on simulation model of PV module under non-uniform insolation[J]．Journal of System Simulation，2008，20(7)：1681-1690(in Chinese)． [23] 刘邦银，段善旭，康勇．局部阴影条件下光伏模组特性的建模与分析[J]．太阳能学报，2008，29(2)：188-192． Liu Bangyin，Duan Shanxu，Kang Yong．Modeling and analysis of characteristics of PV module with partial shading[J]．Acta Energiae Solaris Sinica，2008，29(2)：188-192(in Chinese)． [24] Zhao Ran，Xu Huijun，Zhao Zhiying，et al．A simplified double- exponential model of potovoltaic module in Matlab[C]//2009 International Conference on Energy and Environment Technology．Kurukshetra，India：IEEE，2009：157-160． [25] Dorin P，Ionu? C，Cristian F．An improvement on empirical modelling of photovoltaic cells[C]//31st International Spring Seminar on Electronics Technology．Budapest：IEEE，2008：598-603． [26] 余运江．单相光伏并网逆变器的研究[D]．杭州：浙江大学，2008． [27] 郑诗程，刘伟．光伏并网发电系统及其控制策略的研究与仿真[J]．系统仿真学报，2009，21(19)：6161-6165． Zheng Shicheng，Liu Wei．Study and simulation on photovoltaic grid-connected generation system and its control strategy [J]．Journal of System Simulation，2009，21(19)：6161-6165(in Chinese)． [28] 官二勇，宋平岗，叶满园．基于最优梯度法MPPT的三相光伏并网逆变器[J]．电力电子技术，2006，40(2)：33-34． Guan Eryong，Song Pinggang，Ye Manyuan．Three-phase photovoltaic grid-connected inverter of MPPT based on optimal gradient method [J]．Power Electronics，2006，40(2)：33-34(in Chinese)． [29] 林少华，许洪华．基于电网电压前馈的光伏并网逆变器的仿真与实现[J]．可再生能源，2008，26(4)：10-12． Lin Shaohua，Xu Honghua．Simulation and research on the inverter of grid-connected photovoltaic generation system based on feed forward control of grid voltage[J]．Renewable Energy Resources，2008，26(4)：10-12(in Chinese)． [30] 魏伟，许胜辉．光伏并网逆变器的研究[J]．电力电子技术，2008，42(11)：43-44． Wei Wei，Xu Shenghui．Research of grid-connected photovoltaic inverter[J]．Power Electronics，2008，42(11)：43-44(in Chinese)． [31] 时智勇，贺明智，郝瑞祥，等．基于同步PI控制的光伏并网发电系统研究[J]．电力电子技术，2009，43(10)：39-41． Shi Zhiyong，He Mingzhi，Hao Ruixiang，et al．Research of PV systems based on synchronous PI control[J]．Power Electronics，2009，43(10)：39-41(in Chinese)． [32] 戴训江，蔺红，晁勤．三相光伏并网逆变器动态建型与灵敏度分析[J]．电力电子技术，2009，43(11)：18-20． Dai Xunjiang，Lin Hong，Chao Qin．Dynamic modeling and sensitivity analysis of three phase photovoltaic grid-connected inverter[J]．Power Electronics，2009，43(11)：18-20(in Chinese)． [33] 赵晶．带有MPPT功能的光伏矩阵仿真模型[J]．厦门理工学院学报，

2008，16(3)：53-56． Zhao Jing．A simulation model for photovoltaic array with MPPT function[J]．Journal of Xiamen University of Technology，2008，16(3)：53-56(in Chinese)． [34] 唐敏，任奇．一种太阳能电池最大功率点跟踪的算法研究[J]．通信电源技术，2007，24(4)：12-13． Tang Min，Ren Qi．Study on the algorithm of maximum power point tracking for the solar cell[J]．Telecom Power Technologies，2007，24(4)：12-13(in Chinese)． [35] 李炜，朱新坚．光伏系统最大功率点跟踪控制仿真模型[J]．计算机仿真，2006，23(6)：239-243． Li Wei，Zhu Xinjian．The maximum power point tracking control of a photovoltaic power system[J]．Computer Simulation，2006，23(6)：239-243(in Chinese)． [36] 周美兰，刘密富．光伏系统最小二乘法的MPPT追踪[J]．黑龙江科技学院学报，2008，18(5)：371-374． Zhou Meilan，Liu Mifu．MPPT tracking of photovoltaic system based on least squares[J]．Journal of Heilongjiang Institute of Science and Technology，2008，18(5)：371-374(in Chinese)． [37] 李广凯，李庚银，梁海峰，等．基于电压源换流器的光伏并网系统暂态特性研究[J]．太阳能学报，2007，28(7)：715-720． Li Guangkai，Li Gengyin，Liang Haifeng，et al．Research on dynamic characteristics of VSC based photovoltaic grid-connected system[J]．Acta Energiae Solaris Sinica，2007，28(7)：715-720(in Chinese)． [38] 李晶，许洪华，赵海翔，等．并网光伏电站动态建模及仿真分析[J]．电力系统自动化，2008，32(24)：83-87． Li Jing，Xu Honghua，Zhao Haixiang，et al．Dynamic modeling and simulation of the grid-connected PV power station[J]．Automation of Electric Power Systems，2008，32(24)：83-87(in Chinese)． [39] 王一波，伍春生，廖华，等．大型并网光伏发电系统稳态模型与潮流分析[J]．清华大学学报：自然科学版，2009，49(8)：1093-1097． Wang Yibo，Wu Chunsheng，Liaohua，et al．Steady-state power flow analyses of large-scale grid-connected photovoltaic generation system[J]．Journal of Tsinghua University：Science and Technology，2009，49(8)：1093-1097(in Chinese)． [40] 冯海峰，马德林，许良军．单级式光伏并网发电系统的仿真分析[J]．计算机仿真，2008，25(3)：245-250． Feng Haifeng，Ma Delin，Xu Liangjun．Simulation analysis of single-stage grid connected solar inverter system[J]．Computer Simulation，2008，25(3)：245-250(in Chinese)． [41] 张婷，蔡晔敏．分布式发电在配电网中的研究综述[J]．中国教育技术装备，2008(24)：123-124． Zhang Ting，Cai Yemin．Research-survey on distributed generation in distribution systems[J]．China Educational Technique & Equipment，2008(24)：123-124(in Chinese)． [42] 赵为．太阳光伏并网发电系统的研究[D]．合肥：合肥工业大学，2003． [43] 赵清林，郭小强，乌卜扬．光伏发电系统孤岛保护建模与仿真研究[J]．太阳能学报，2007，28(7)：721-726． Zhao Qinglin，Guo Xiaoqiang，Wu Buyang．Modeling and simulation for islanding protection of photovoltaic systems[J]．Acta Energiae Solaris Sinica，2007，28(7)：721-726(in Chinese)． [44] 张东，吴俊娟，潘蕾．光伏并网逆变器孤岛检测技术研究[J]．中国测试技术，2007，33(4)：67-70． Zhang Dong，Wu Junjuan，Pan Lei．Research on islanding detection for photovoltaic grid-connected inverters[J]．China Measurement Technology，2007，33(4)：67-70(in Chinese)．

本刊中的类似文章

1．龙 源|李国杰|程 林|孙元章.利用光伏发电系统抑制电网功率振荡的研究[J]. 电网技术, 2006,30(24): 44-49

2．侯世英 房勇 孙韬 彭文雄.混合储能系统在独立光伏发电系统功率平衡中的应用[J]. 电网技术, 2011,35(5): 183-187

3．廖志帆 祁新梅 郑寿森 王飞.光照强度快速变化时光伏系统稳定性分析[J]. 电网技术, 2011,35(7): 60-65

4．闫华光 章欣 杨湘江 王鹤 范滢 蒋利民 李涛永.光伏并网逆变器检测平台的研制[J]. 电网技术, 2011,35(6): 138-142

5．郑凌蔚 刘士荣 谢小高 .基于改进小波神经网络的光伏发电系统非线性模型辨识[J]. 电网技术, 2011,35(10): 159-164