

基于Matlab/Simulink的分布式光伏春节无功补偿研究

黄晨曦¹,季小雨¹,刘 政²

(1. 国网浙江省电力公司长兴供电公司,浙江 湖州 313100;

2. 国网宁波供电公司,浙江 宁波 315000)

Research on the reactive power compensation during the Spring Festival based on the Matlab/Simulink

HUANG Chenxi¹, JI Xiaoyu¹, LIU Zheng²

(1. State Grid ZheJiang ChangXing County Power Supply Co., Ltd., Huzhou 313100, China;

2. State Grid Ningbo Electric Power Supply Company, Ningbo 315000, China)

摘要:近年来,随着光伏发电规模不断壮大,光电技术日趋成熟,光伏发电得到了各国政府支持,成为低碳化能源发展的主力军。与此同时,光伏发电带来的无功倒送也给电力系统带来了新的压力和挑战。在长兴电力系统结构和常用控制方案的基础上,通过 Matlab/Simulink 仿真,研究光伏电池特性,分析春节期间电网无功情况。最后详细分析了光伏并网控制原理及其控制策略,有效提高电网的无功水平、降低电力系统损耗,节约输送成本,为今后构建泛在化智能电网打下坚实基础。

关键词:光伏;春节无功;光伏并网;Simulink;逆变器

Abstract: In recent years, with the growing scale and maturing technology, photovoltaic power generation has been supported by governments and become the main force of low-carbon energy development. At the same time, the reactive power reversal brought by photovoltaic power generation also brings new pressure and challenges to the power system. On the basis of Changxing power system structure and common control schemes, the characteristics of photovoltaic cells are studied by Matlab/Simulink simulation, and the reactive power of power grid during the Spring Festival is analyzed. Finally, the principle and control strategy of photovoltaic grid-connected control are analyzed in detail, which can effectively improve the reactive power level of power grid, reduce power system losses and save transmission costs, laying a solid foundation for the future construction of ubiquitous smart grid.

Key words: photovoltaic; reactive power during the Spring Festival; photovoltaic grid-connected; Simulink; inverter

0 引言

无功功率平衡作为保证电压质量中的重要一环,与电力系统的稳定是密不可分的^[2]。电力系统中的有功电源集中在各发电厂的发电机中,无功电源除分散在各变电站的发电机外,还包括电容器、调相器和静态补偿装置。在各类用电设备中,除去相对很小的白炽灯照明只消耗有功功率,少数的同步电机可以发出一部分无功功率之外,大部分的用电设备又要消耗无功功率^[3]。因此,无论工业或者农业用户都以滞后功率因数运行,其值为0.6~0.9之间。显然,如果电力系统的无功功率需求仅仅依靠发电机(工厂),那么提供的无功功率需要通过长距离的输电线路传输给用户,这不仅降低了终端电压,也会增加线损,对电力系统来说,造成不必要的损失。因此,安装无功补偿设备包括并联电容器、静止无功功率补偿器(SVG)和静止调相机等,可以提供无功功率电感负载,减少无功

功率传输所造成的损失。无功问题不仅会引起电压问题,而且还会影响系统电压的稳定性。

新能源在电力市场中占据越来越大的比例,太阳能作为其中的佼佼者受到了人们的追捧^[1]。与此同时,光伏发电带来的无功倒送也给电力系统带来了新的压力和挑战。结合理论知识和工作中遇到的实际问题,利用 Simulink 仿真软件进行建模,分析在春节期间分布式光伏用户无功倒送的原因,为今后构建泛在化智能电网打下坚实基础。

1 春节期间电网无功情况概述

以湖州市长兴县为例,长兴地区所属线路所带负荷以居民用电、工业生产为主,负荷波动较大,每年7、8、9、10月为负荷用电高峰期,1、2、3月由于处于春节假期前后负荷相对较小。随着人民环境保护意识的提升和光伏相关政策的出台,长兴地区安装分布式光伏的用户不断上升。春节期间,长兴县地区范围内大部分工业用户申请变压器全部暂停或者

部分暂停业务。这些用户多数在厂房或办公楼屋顶安装有光伏。由于没有生产负荷,光伏发出的无功全额上网,给电力系统带来了压力和挑战。图1为2019年2月1日长兴县专变用户功率因数,可以看出,在春节期间由于专变用户申请暂停,有36%的用户无法保证功率因数达到标准值。

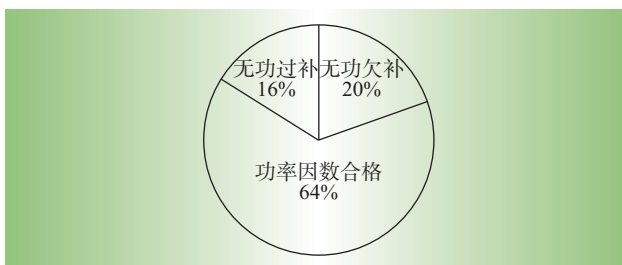


图1 长兴县专变功率因数情况

Fig. 1 The power factor situation of transformers in Changxing

利用用电采集系统对用户的负荷数据进行实时监测,在发现用户出现无功倒送的情况时,通过电话、短信或上门服务等方式告知用户无功倒送的危害,并确保在春节暂停期间,及时退出无功补偿装置,保证功率因数达到要求。

减产导致的用电负荷骤降是春节期间分布式光伏用户无功倒送的主要原因。由于政策原因,部分分布式光伏用户的四象限无功未纳入功率因数考核电费,缺失的这一环节对电力系统提出了更高的要求。由此看来掌握光伏电池的运行原理,防止无功倒送做好管控工作对春节期间电网的稳定运行有着至关重要的作用。

2 光伏发电国内发展现状

自2009年开始实施“金太阳工程”以来,政府部门大力扶持分布式光伏的发展,提出了度电补贴的概念,标准为0.42元/kWh,提供了约50%的初始投资补贴,确定了3类资源区标杆上网电价,分别为0.90、0.95、1.00元/kWh。政府2018年发布的最新数据来看,全国电力供应和需求总体上是宽松的。全国装机容量为19亿kW。并网太阳能发电1.7亿kW。其中浙江1138万kW,位列第四,浙江在分布式光伏在全国来看属于领先地位。

总的来看,太阳能光伏发电规模不断壮大,光电技术日趋成熟,同时得到了政府支持,成为向低碳化能源发展的主力军。

3 光伏电池单元Simulink理论模型

光伏发电的核心部分就是光伏电池。利用

Simulink将一系列复杂的模块联系在一起,通过计算机算法进行仿真,从而构建一个复杂的电池模型^[5]。实现光电环境的可视化,为日后深究光伏发电提供了有效的技术手段。利用Simulink构建如图2所示的仿真光伏电池模型,利用Scope元件可以仿真示波器实时监测电流和功率之间的波形,进行研究。

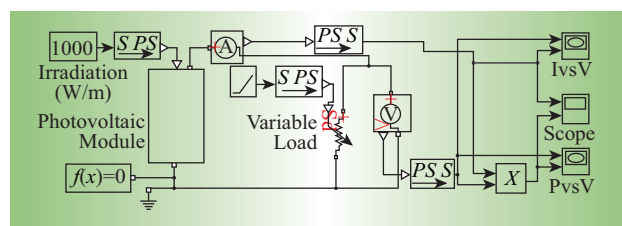


图2 光伏电池模型

Fig. 2 Photovoltaic cell model

忽略温度对光伏电池的影响,分别得到如图3所示的同一光照强度(1 000 W)下的电流-电压、功率-电压仿真曲线。可通过改变光照强度改变仿真曲线的弧度和相对值。由图3可知,由于P-N结的光电效应,功率存在一个最大值,称为最大输出功率,在这个点的电压和电流也称为最佳输出电压和最佳输出电流。在一定范围内,电流的能保持在一个稳定值。

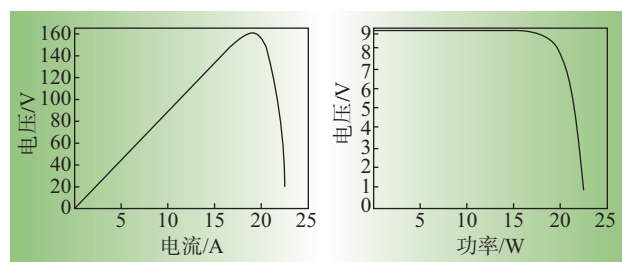


图3 同一光照强度下的仿真曲线

Fig. 3 The simulation curve under the same illumination intensity

最后采用Matlab软件中的工作平台获取参数,实现各模块的连接,对系统完成整体测试。可以将上述Simulink模型和电力系统仿真模型相结合,从理论上分析整体的无功优化方案。

4 无功补偿的方式

4.1 就地分散式补偿

就地分散式补偿指的是就地功率因数校正系统,电容器是和用电设备一起直接开关的。这样的补偿方式灵活机变,用户一般装设有自动投切装置。根据实时监测用户负荷数据,电容柜不断计算自动决定投切电容数目。对于全停用户,电容柜和用电设备同时停电,就会造成电容柜无法自动计算

投切电容数目。在变压器暂停期间,光伏发电并未暂停,全额上网或余电上网的发电用户不断向电网输送大量有功和无功,造成无功过补或无功欠补。综上所述,光伏发电越多,功率因数越低,因此分布式光伏用户需自带一套补偿装置。

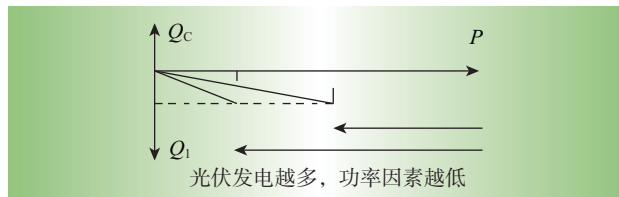


图4 光伏发电的有功和无功关系

Fig. 4 The active and reactive power relation of photovoltaic power generation

4.2 变电站集中补偿

变电站集中补偿对于整个系统来说易于管理、运维人员可直接根据检测数据进行补偿、维护方便。这些补偿装置通常连接到变电站内的10 kV母线。从输电主网的角度来看,提高了终端变电所的电压,增加了电力系统的稳定性。根据变电站的重要程度和关联密度可基于全面感知适当的建设变电站集中补偿。通过负荷的精准预测,结合实时控制实现自动投切补偿。但是从配网的角度上来看,无功损耗还是一个巨大的数字,单一网格配网的功率因数还是无法达到要求。

4.3 配电线路杆上补偿

配电线路杆上补偿处于就地分散式补偿和变电站集中补偿的过渡方式补偿。安装条件有其特殊性,由于线路离变电站距离较远,存在运维困难,成本较大的问题,杆上补偿点不宜设置过多。杆上安装难度较大,应在重点部位独立设置,补偿电容的数目也不宜过多,避免出现过补偿现象。配套的继电保护装置注意整定时间,避免越级跳闸,可以采用熔断器、避雷器。

5 无功补偿的装置

5.1 静止无功补偿发生器(SVG)

静止无功补偿发生器备受青睐的主要原因是因为SVG设备不但可以发出无功,同时可以吸收无功,根据实时负荷自动切换。静止无功补偿发生器促进了柔性交流输电系统(flexible AC transmission systems, FACTS)的发展,它通过微处理技术增强交流电网的稳定性,同时一定程度上降低线损,减少电压在线路上的损失。SVG设备同光伏设备并联,连续且快速地控制无功功率。

5.2 逆变器的PF调节功能

相比于最新型的智能逆变器,传统的单台静止无功补偿发生器设备存在许多弊端。SVG设备能耗

较高,碰到波形较大、激烈震荡的干扰性负荷动态反应迟缓,测试数据中故障率也相对较高,可控性差。使用智能逆变器代替SVG设备测试已经成功完成,最新数据表明,使用智能逆变器代替SVG设备,100 MW光伏电站每年可节省约200万元的SVG设备初期投资成本。电力损失和维护费用数十万元,经济效益非常显著。逆变器的调节原理根据光伏发电的特点,实现有功功率和无功功率的解耦。

6 结束语

(1) 太阳能光伏发电规模不断壮大,光电技术在政府部门的支持下日趋成熟,成为向低碳化能源发展的主力军。

(2) 利用Simulink理论模型分析光伏电池单元的工作参数,实现光电环境的可视化,为并网光伏发电系统无功电压控制策略奠定了理论基础。

(3) 对于春节期间无生产设备投运且有光伏设备并网的用户宜采取就地分散式补偿方案进行自动补偿。避免发电用户不断向电网输送大量有功和无功,造成无功过补或无功欠补。D

参考文献:

- [1] 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京:中国电力出版社, 2015:78-85.
LIU Zhenya. Global energy interconnection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2015:78-85.
- [2] 陈珩. 电力系统稳态分析[M]. 北京:中国电力出版社, 2015:216-220.
CHEN Heng. Steady state analysis of power system[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2015:216-220.
- [3] 姜宁, 赵剑锋, 王春宁, 等. 电压无功控制及优化技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2011:180-187.
JIANG Ning, ZHAO Jianfeng, WANG Chunling, et al. Voltage and reactive power control and optimization technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011:180-187.
- [5] 朱文华, 杨善水. 基于MATLAB的光伏电池的建模与研究[D]. 南京:南京航空航天大学航空电源重点实验室, 2016.
ZHU Wenhua, YANG Shanshui. The PV cell research based on MATLAB[D]. Nanjing: Key Laboratory of Aeronautical Power Supply, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2016.

作者简介:

黄晨曦(1995),女,浙江湖州人,助理工程师,研究方向为电力电子/主要从事用电检查;

季小雨(1993),女,江苏盐城人,助理工程师,研究方向为电气工程及其自动化专业/主要从事服务调度;

刘政(1992),男,浙江宁波人,助理工程师,研究方向为电气工程及其自动化专业/主要从事变电运维。

(责任编辑 邵海雯)