

AGC/AVC 在光伏电站的应用

魏世贵, 刘 双

(南瑞集团南京中德保护控制系统有限公司, 江苏 南京 210061)

摘要:针对太阳能资源本身具有随机性、间歇性、周期性以及波动性的特点,当大容量光伏发电系统与电网并网时对系统交换功率的控制以及对配网和高压输电网的电压质量均有一定影响,为保证电网的安全稳定运行及提高供电质量光伏电站中应配置功率控制系统(AGC/AVC)。文中介绍了在光伏电站中应用的一种 AGC/AVC 控制系统的结构、控制模式、控制策略并给出了控制流程图,该系统已在宁夏多个光伏电站中成功应用,并取得良好效果。

关键词:光伏电站;AGC;AVC;控制策略

中图分类号:TM615,TK51

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2013)02-0035-03

太阳能资源本身具有随机性、间歇性、周期性以及波动性的特点,以太阳能为能源的光伏电站的出力同样具有以上特点,随着光伏发电在电源中的比例不断增大,当大容量光伏发电系统与电网并网运行时会对系统断面交换功率的控制以及对短期负荷尤其是日发电计划的合理制定等带来较大困难,同时光伏电源的并网对配网和高压输电网的电压质量均有一定影响。我国太阳能光伏发电呈现出“大规模集中开发、中高压接入”与“分散开发、低电压就地接入”并举的发展特征^[1],当光伏发电在电网电源中的比例达到一定规模时,必须对光伏电站进行科学合理的调度运行控制。国家电网公司于2011年5月发布的《光伏电站接入电网技术规定》^[2]中规定:“大中型光伏电站应配置有功功率控制系统,具备有功功率调节能力。能够接收并自动执行调度部门发送的有功功率及有功功率变化的控制指令,确保有功功率及有功功率变化按照电力调度部门的要求运行。大中型光伏电站应配置无功电压控制系统,具备无功功率及电压控制能力。根据电力调度部门的指令,光伏电站自动调节其发出(吸收)的无功功率,控制光伏电站并网点电压在正常运行范围内”。

1 AGC/AVC 功能

自动发电控制(AGC)是并网发电厂发电机组在规定的出力调整范围内,跟踪电力调度下发的指令,按照一定调节速率实时调整发电出力,以满足电力系统频率和联络线功率控制要求。光伏电站中 AGC 接收来自调度或电站内的负荷需要并按照一定的调整策略分配给电站内的逆变器,实现整个光伏电站有功优化分配和调节,维持电站联络线的输送功率以及交换电能量保持或接近规定值。

自动电压控制(AVC)光伏电站中,AVC 可接收

来自调度的母线电压和总无功的负荷设定以及电站内的母线电压和无功的设定,通过一定策略调节并网逆变器无功功率、无功补偿设备(SVG/SVC)的投入量或变电站升压变压器的变比进行电站的无功及电压调节使并网点电压在正常运行范围内。现阶段电站主要按无人或少人值班设计,因此 AGC/AVC 功能的设置,除需考虑到提高电网运行的质量还需适应电站无人值班或少人值守运行模式的要求。

2 系统结构

光伏电站功率控制系统由 AGC/AVC 控制器和操作员站组成,系统结构如图 1 所示。AGC/AVC 控制器是功率控制系统的核心设备,完成和站内逆变器、SVG/SVC 设备以及远动机的通信和数据采集,并实现 AGC/AVC 功能。操作员站以图形界面的方式直观对系统进行监视,不仅可以显示 AGC/AVC 控制器的调节状态(功能投入、运行状态、超出调节能力等),还可以实时显示站内逆变器、SVG/SVC 的实时信息及告警信息,以及通过操作员站对功率控制系统进行设定,使之按要求的方式运行。

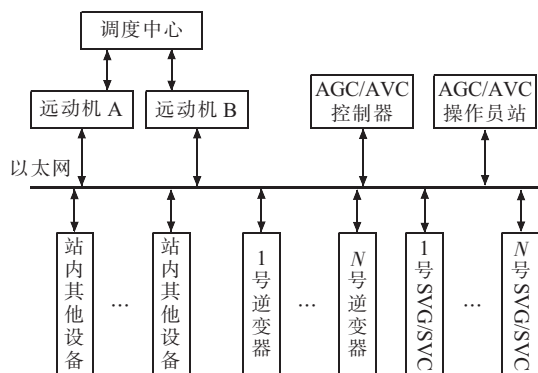


图 1 系统结构图

AGC/AVC 控制器和远动机 A、B(双机配置)接在同一以太网上,通过远动机向调度主站上送光伏电站

AGC/AVC 状态等实时信息;同时通过远动机接收调度主站的有功、无功控制和调节指令(如调度中心有独立通道分配给 AGC/AVC 控制系统则不需要通过远动机传送信息),最终实现有功、无功功率的可监测、可控制,达到电力系统并网技术要求。

3 控制模式

AGC/AVC 控制系统可工作于远方模式(即接收来自调度中心的总有功和总无功的负荷设定)和就地模式(通过电站内的操作员站进行总有功和无功设定),两者可通过站内切换开关进行控制权的切换。当功率控制系统与调度主站出现暂时性通信中断时,功率控制系统将自动切换至本地方式运行,根据调度预先设定的发电计划曲线、母线电压曲线进行调整。AGC/AVC 控制系统也可设定为在指导方式或自动方式下执行负荷的分配。指导方式为接收总有功和无功负荷设定,给出开、停机和负荷分配的建议,由运行人员根据实际情况决定是否执行;自动方式则完全按既定分配策略自动开、停机和负荷分配,不需运行人员干预。

AGC 有功负荷设定有 2 种方式:总有功方式和日负荷曲线方式。总有功方式可接收调度的设定和电站运行人员的设定(根据控制权),直接以数值方式设定全站总有功;日负荷曲线方式为调度预先给出下一个 24 h 的负荷曲线(实际为每 5 min 对负荷进行 1 次设定,一天共 288 个点),负荷曲线存储在 AGC/AVC 控制器数据库中,AGC 从中读取数据以决定某一时刻负荷的大小。

AVC 有 2 种控制模式:无功设定值控制模式和电压控制模式。无功设定方式接收来自调度和电站的无功设定,电压控制方式则根据设定的母线电压范围,折算为无功负荷后在成组控制的逆变器间、以及无功补偿装置间进行分配。在电压控制模式下,母线电压的设定值不仅可以接收调度的设定和电站运行人员设定,也可选择投入电压曲线模式,按照调度曲线中的电压设定值进行调节。为了防止频繁开、停机,系统设置了开、停机死区值,只有当总有功给定值大于当前逆变器可发最大容量,且差值大于开、停机死区,才会开机;当总有功给定值小于当前停掉一台逆变器的可发最大容量,且差值大于开、停机死区,才会停机。

4 控制策略

4.1 有功负荷分配策略

光伏电站功率控制系统有功负荷控制流程图如图 2 所示。

有功负荷分配策略为:电站根据调度要求将各台逆变器分别设置为单独运行逆变器或成组控制逆变

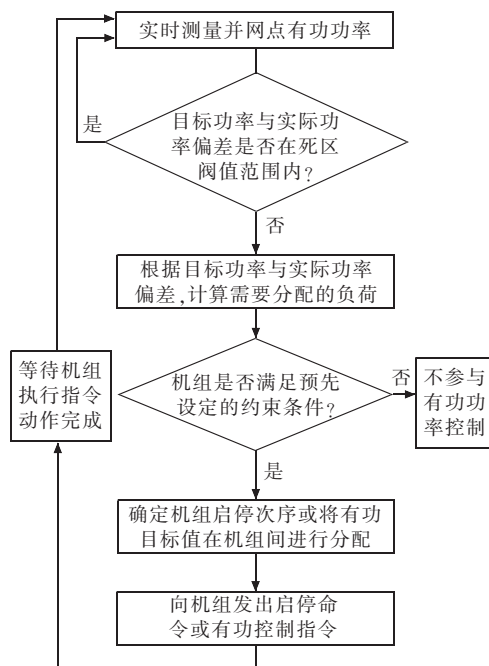


图 2 有功负荷控制流程图

器,接收来自调度的总有功,在运行的各台逆变器间进行负荷分配。分配方式为总有功减去单独运行逆变器所带功率,即在各成组控制逆变器间进行分配的总有功,可表示为:

$$P_{AGC} = P_{SET} - \overline{P_{AGC}} \quad (1)$$

式(1)中: P_{AGC} 为成组控制逆变器有功; P_{SET} 为全站总有功; $\overline{P_{AGC}}$ 为单独运行逆变器有功之和。

有功负荷在成组控制逆变器间采用与容量成比例的分配策略。分配到每台逆变器的有功负荷按下面的公式进行计算:

$$P_{iest} = P_{ACG} \times \frac{P_{imax}}{\sum_{i=1}^n P_{imax}} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式(2)中: n 为逆变器台数; P_{imax} 为第*i*台逆变器在当前光照条件下最大出力; $\sum_{i=1}^n P_{imax}$ 为所有逆变器在当前光照条件下最大出力之和; P_{iest} 为分配到第*i*台逆变器的有功功率。

4.2 无功负荷分配策略

光伏电站功率控制系统无功电压控制流程图如图 3 所示。

具体分配策略如下:电压控制方式时,根据母线电压目标值,母线无功设定值计算公式为:

$$Q_{SET} = \frac{U_{target} \times (U_{target} - U_{mea})}{X} + \frac{(Q_{mea} \times U_{target})}{U_{mea}} \quad (3)$$

式(3)中: Q_{SET} 为母线无功设定值; U_{target} 为母线电压目标值; Q_{mea} 为母线无功实测值; U_{mea} 为母线电压实测值; X 为系统阻抗。

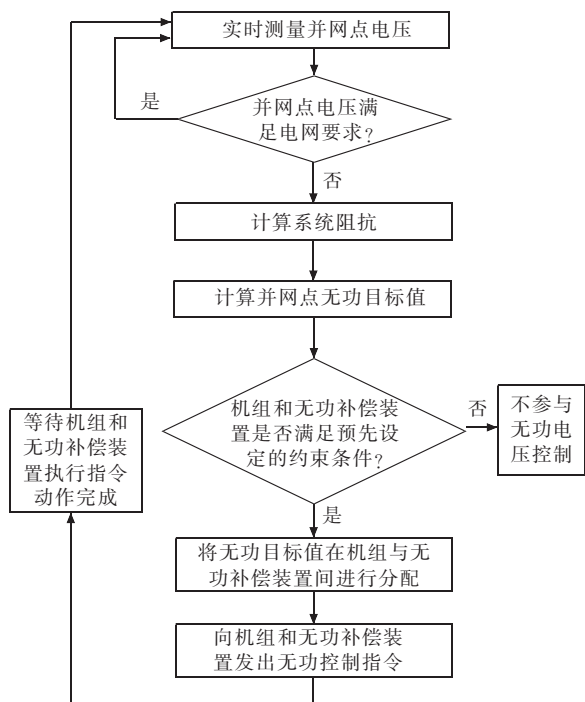


图3 无功电压控制流程图

在系统第一次运行时,系统阻抗可以通过外部输入来获取设定值;当设定值超出系统规定的限值时,系统自动选取系统阻抗上限,作为计算的阻抗值;当系统调节一定次数后,系统根据获取的系统信息和数据,可以通过自学习的方法预测出参与下次运算的系统阻抗值。AVC在各成组控制逆变器间、以及无功补偿装置间进行分配的总无功,可表示为:

$$Q_{AVC} = Q_{SET} - \overline{Q_{AVC}} \quad (4)$$

式(4)中: Q_{AVC} 为成组控制逆变器、无功补偿装置无功; $\overline{Q_{AVC}}$ 为单独运行逆变器、无功补偿装置无功之和。

AVC以优先调节逆变器,其次调节无功补偿装置的原则调节站内无功资源。

无功负荷分配在并网逆变器间、以及无功补偿装置间采用相似调整裕度的策略。当无功设定值增加时,调节无功功率的大小根据各控制逆变器(无功补偿装置)的无功裕度大小进行分配。各个参与控制的逆变器(无功补偿装置)分配的无功大小为:

$$Q_{iset} = \frac{Q_{imax} - Q_i}{\sum_{i=1}^n (Q_{imax} - Q_i)} \times Q_{AVC} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

当无功设定值减少时,调节无功功率的大小根据各控制逆变器(无功补偿装置)的无功裕度大小进行分配。各个参与控制的逆变器(无功补偿装置)分配的无功大小为:

$$Q_{iset} = \frac{Q_i - Q_{imin}}{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{imin})} \times Q_{AVC} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

式(5,6)中: n 为逆变器(无功补偿装置)台数; Q_{imax} , Q_{imin} , Q_i 分别为第*i*台逆变器(无功补偿装置)的无功上限、无功下限、实发无功; Q_{iset} 为分配到第*i*台逆变器(无功补偿装置)的无功功率。

如果某个控制逆变器(无功补偿装置)发出或吸收的无功已经达到上限、下限,计算时则排除无功越限的控制逆变器(无功补偿装置)^[3]。运用以上策略对逆变器及SVG/SVC进行调节和控制后的实际有功负荷控制曲线和电压控制曲线如图4、图5所示。

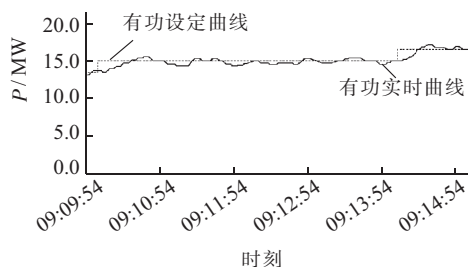


图4 有功曲线

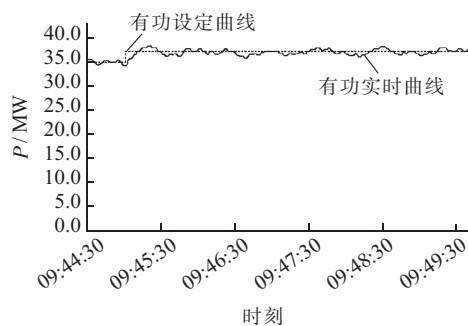


图5 电压曲线

5 结束语

通过对光伏电站内逆变器及无功补偿设备(SVG/SVC)按照既定的策略进行自动调节与控制可以较好地跟踪调度调节指令,能够实现较高的调节精度,能较好地解决光伏电站控制有功出力及无功调节能力普遍不足的问题。该AGC/AVC功率控制系统在宁夏多个光伏电站的成功应用,对保证中大型光伏电站并网后电网的安全稳定运行起到了积极作用。

参考文献:

- [1] 黄华,陈建华. 光伏并网运行无功控制技术报告[R]. 国网电力科学研究院,2011.
- [2] Q/GDW 617—2011,光伏电站接入电网技术规定[S].
- [3] 施佳锋,沈燕,耿多,等. 含光伏发电的电网无功电压协调控制技术[J]. 宁夏电力,2012(5):1-4,44.

作者简介:

魏世贵(1983),男,四川仁寿人,工程师,从事电力系统自动化工作;
刘双(1977),男,辽宁台安人,工程师,从事电力系统自动化工作。

4 结束语

(1) 基于间谐波的电压特性分析, 当基波电压叠加间谐波电压时, 电压呈现波动状态, 且引起荧光灯闪变, 峰值电压波动取决于间谐波电压大小, 与间谐波频率无关。

(2) 串联电压补偿装置控制单元引入前馈控制和输出电压反馈控制方法, 通过计算分析表明, 电压反馈作外环控制、电流反馈作内环控制的控制方法具有良好的响应速度和稳定性。

(3) 根据电弧炉与串联补偿装置仿真模拟, 将电压波动值从 20% 降到 2.4%, 有效地抑制了电弧炉产生的电压波动和闪变。

参考文献:

- [1] 肖湘宁. 电能质量分析与控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] 王育飞, 李东东, 贾宏新. 闪变仿真法在电弧炉供电系统中的应用[J]. 高电压技术, 2009, 35(9): 2317-2321.
- [3] 周海兵, 雍 静. 间谐波电压作用下荧光灯的闪变研究[J]. 低压电器, 2009(2): 38-41.
- [4] 韩民晓, 尤 勇, 刘 昊. 线电压补偿型动态电压调节器 DVR 的

原理与实现[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(12): 49-53.

- [5] 张 允, 胡晓磊, 邹云屏. 动态电压恢复器的负载电流直接控制策略[J]. 电力电子技术, 2009, 43(5): 5-6.
- [6] 任永峰, 安中全, 赵 喜. 采用小波变换和同相位补偿的不间断动态电压恢复器[J]. 高电压技术, 2010, 36(3): 757-762.
- [7] 王 晶, 徐爱亲, 翁国庆. 动态电压恢复器控制策略研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(1): 145-151.
- [8] 周 晖, 齐智平. 动态电压恢复器检测方法和补偿策略综述[J]. 电网技术, 2006, 30(6): 23-29.
- [9] 周雪松, 张智勇, 马幼捷. 动态电压恢复器双闭环控制策略的研究[J]. 电力电子技术, 2007, 41(6): 34-36.
- [10] 毕向阳, 朱 凌. 无源滤波器的设计及仿真研究[J]. 电力电容器与无功补偿, 2008, 29(5): 22-25.
- [11] 王育飞, 潘艳霞, 姜建国. 基于 MATLAB 的交流电弧炉随机模型与仿真[J]. 高电压技术, 2008, 34(5): 973-977.

作者简介:

杨志新(1968), 男, 江苏溧阳人, 高级工程师, 从事计量管理和研究工作;
杨世海(1976), 男, 安徽淮北人, 高级工程师, 从事计量管理和研究工作。

Research of Inter-harmonics Suppression Technology Based on Series Compensation

YANG Zhi-xin, YANG Shi-hai

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: With the increase of non-linear loads and widely usage of power electronic technology in power grid, there have been a large number of harmonics and spread spectrum inter-harmonics in the grid recently. Inter-harmonics have caused more serious hazards than harmonics, such as voltage fluctuation and flicker. Studies of inter-harmonic are still at the stage of characteristic analysis and detective algorithm, without reliable and effective suppression method. This article presents a harmonic suppression technology based on a series of compensation, conducting simulations to demonstrate its effectiveness to suppress the inter-harmonic. The characteristic of voltage fluctuation caused by harmonic is first introduced; then the principle and structure of series compensation are pointed out; finally, by modeling and simulation, series voltage compensator is proved effective to suppress inter-harmonics.

Key words: series compensation; inter-harmonic; electric arc furnace; power quality

(上接第 37 页)

Application of AGC/AVC in Photovoltaic Power Station

WEI Shi-gui, LIU Shuang

(Nanjing Sino-German Protection & Substation Control System Co.Ltd., Nanjing 210061, China)

Abstract: High-capacity photovoltaic power generation system connected with grid has some influences on the control of system power exchange and voltage quality in high-voltage power transmission grid. For the safety and stability of power system and improving the quality of power supply, AGC/AVC should be allocated in photovoltaic power station. This paper introduces the structure, control method, control strategy and control flowchart of AGC/AVC in photovoltaic power station. The system has been successfully used in photovoltaic power stations in Ningxia Province and achieves good results.

Key words: photovoltaic power station; AGC; AVC; control strategy