

光伏电站 AGC/AVC 系统功能设计

刘 双, 张明月

(南瑞集团南京中德保护控制系统有限公司, 江苏 南京 210003)

摘 要: 阐述了光伏电站AGC/AVC系统的结构和特点, 着重介绍了系统的功能方式、主要负荷分配策略。系统已在宁夏多个光伏电站得到成功应用。

关键词: 光伏电站; 自动发电控制(AGC); 自动电压控制(AVC)

0 引言

近几年随着大规模光伏电站不断接入电网, 光伏电站运行对电网的影响越来越大, 使电网实时运行调度和联络线交换功率控制难度越来越大。

光伏电站一般都远离负荷中心, 处于接入网架薄弱的末端电网。受太阳能资源及系统负荷变化的影响, 电压波动幅度较大, 对电网的安全运行产生不利影响。

2011年5月, 国家电网公司发布的《光伏电站接入电网技术规定》^[1]指出: “光伏电站应具备有功功率调节能力, 能够接收、自动执行调度部门的控制指令, 确保有功功率及有功功率变化按照调度部门的要求运行。光伏电站应具备无功功率及电压控制能力, 能够根据电力调度部门指令, 控制并网电压在正常运行范围内”。

按照规定, 光伏电站应积极建设有功功率及无功电压控制系统, 保证大规模光伏电站并网后电网的安全稳定运行, 提高电网接纳光伏发电的能力。

1 系统结构与特点

1.1 系统结构

光伏电站AGC/AVC系统由AGC/AVC控制服务器(双机冗余)和后台操作员站组成。系统结构如图1所示。

光伏电站AGC/AVC系统向调度主站上送光伏电站AGC/AVC状态(功能投入、运行状态、超出调节能力)等信息; 同时接收调度主站的有功、无功控制和调节指令, 按照预定的规则和策略进行负荷分配, 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。

1.2 系统特点

- (1) 硬件结构简单、可靠、实用, 设计科学合理, 且能保持数据源和站内信息一致。
- (2) 运行监视、操作画面直观, 并支持数据统计、分析、报表功能以及历史数据查询功能。
- (3) 可自动跟踪电网调度设定的全网目标, 动态调节并网逆变器有功出力, 以及高压侧母线电压, 有效提高电网的安全性和稳定性。
- (4) 可充分利用光伏电站内已运行的无功补偿控制系统, 光伏电站监控系统的功能。
- (5) 当AGC/AVC系统与调度主站出现暂时性通信中断时, AGC/AVC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。

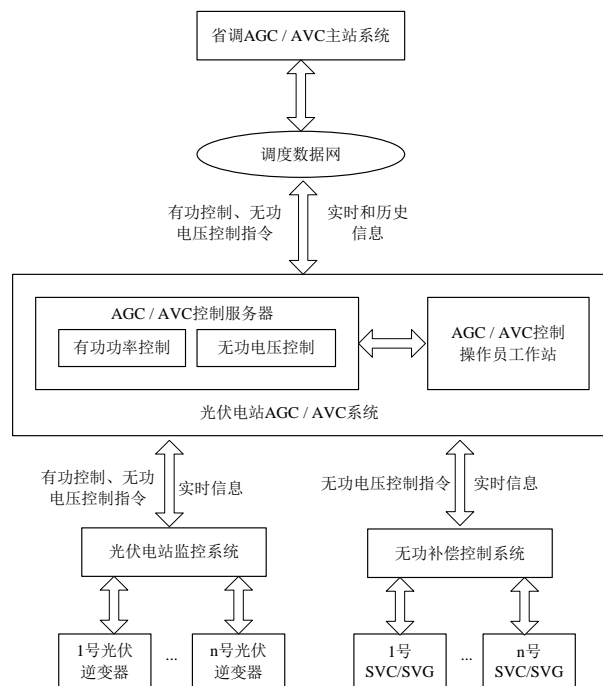


图1 系统结构

2 AGC/AVC 功能设计

AGC / AVC功能的设置，主要考虑到提高电网运行的质量和实现电站“无人值班”（少人值守）运行模式的要求。

AGC接收来自省调的负荷需要，维持电站联络线的输送功率及交换电能量保持或接近规定值。AVC通过调节并网逆变器，以及无功补偿装置等的无功出力维持母线电压在给定的变化范围。AGC / AVC可接收来自省调的总有功和总无功的负荷设定(远方模式)以及电站的总有功和无功设定(现地模式)，在指导方式和自动方式下执行负荷的分配。指导方式下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；自动方式下则完全按既定的分配策略自动开、停机和负荷分配，不需运行人员干预。AGC可根据需要开、停机，AVC仅在并网逆变器，以及无功补偿装置间进行无功负荷分配调整，不执行开、停机的操作。

2.1 AGC 功能及负荷分配策略

2.1.1 控制模式

AGC有两种控制模式：有功设定值控制模式和频率控制模式。正常运行时，AGC主要工作在有功设定值控制模式。

有功负荷设定有两种方式：总有功方式和日负荷曲线方式。总有功方式可接收省调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；日负荷曲线方式为省调预先给出下一个24小时的负荷曲线(实际为每5分钟对负荷进行1次设定)，负荷曲线存储在数据库中，AGC从中读取数据以决定某一时刻负荷的大小。

2.1.2 负荷分配策略

电站根据省调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器，接收来自省调的总有功，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：

$$P_{AGC} = P_{SET} - \overline{P_{AGC}}$$

式中： 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：

$$P_{iset} = P_{AGC} \times \frac{P_{i\max}}{\sum_{i=1}^n P_{i\max}} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

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

2.1.3 开停机和优先级

当自动开、停机功能投入时，AGC将根据当前的全站总有功设定值，按运行人员所设定的开、停优先级实现对成组可控逆变器的自动开、停控制。当自动开、停机功能退出时，AGC只在当前成组可控的逆变器中进行负荷的分配。为了电站的安全，对站内自动开、停机功能的投入设定了闭锁条件，当闭锁条件不满足时，自动退出自动开、停机功能。

在开、停机时，系统监视逆变器的反应情况，如果开、停机执行一定时间(如60s)后，逆变器没有返回响应信号，则认为开、停机失败，再去开、停下一个优先级(各逆变器可自动和人工设置逆变器的开、停机优先级)高的逆变器，直至满足要求。

为了防止频繁开、停机，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。

电站操作人员可定义逆变器的开、停机优先级。如果需要逆变器开机或停机，则按照开、停机优先级来选择逆变器。“1”为最高优先级，优先级数字小的逆变器优先开机，优先级数字大的逆变器优先停机。例如：逆变器优先级顺序如下：1号逆变器为2，2号逆变器为1，3号逆变器为3，则逆变器开机顺序为2号逆变器、1号逆变器、3号逆变器。操作人员可根据需要改变优先级。如果操作人员没有设置开、停机优先级，即所有逆变器的开、停机优先级均为0，则按照发电时间长的逆变器先停机、备用时间长的逆变器先开机的原则选择机组开、停机。

2.2 AVC 功能及无功负荷分配策略

2.2.1 控制模式

AVC有两种控制模式：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省调和电站的无功设定,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省调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。

2.2.2 策略及实现

电压控制方式时,根据母线电压目标值,母线无功设定值按下面的公式进行计算:

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

式中: 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。

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:

$$Q_{AVC} = Q_{SET} - \overline{Q_{AVC}}$$

式中: 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:

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

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:

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

式中: n 为逆变器(无功补偿装置)台数; $Q_{i\max}$ 、 $Q_{i\min}$ 、 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,计算时排除无功越限的控制逆变器(无功补偿装置)。

当母线电压偏移量超过0.5kV,且总无功设定值的变化量达到2Mvar时,新的总无功设定值才会作为有效设定值分配给并网逆变器、无功补偿装置。

3 结束语

目前,光伏电站AGC/AVC系统已在宁夏多个光伏电站得到成功应用。

光伏电站AGC/AVC系统的建设,为电网调度提供了有力的功率调节工具,保证了电网的安全稳定运行,提高了电网接纳光伏发电的能力。

参考文献:

- [1] 国家电网公司.Q/GDW617-2011光伏电站接入电网技术规定[Z]. 2011.

作者简介:

刘 双(1977—),男,硕士,工程师,从事电力系统自动化方面的工作, E-mail: liushuang114105@163.com。