大型并网光伏电站AGC/AVC多模式自动控制系统设计与实现

白雅静

（北京木联能软件股份有限公司，北京 100096）

摘要：“碳达峰、碳中和”背景下，能源格局重构和转型是必然所趋，“十四五”规划到2030年风电、光伏非石化能源消费占比达25%，新能源电站自动控制系统需求将到爆发阶段，而AGC/AVC是整个电网优质、安全及经济运行的保障，研发自适应、多种策略准确度高的AGC/AVC系统成为变革目标。结合光伏电站的波动性和不稳定性等特点，全面考虑电网及发电企业的需求，设计了大型并网光伏电站、多模式混合控制策略与调节模式的AGC/AVC自动控制系统，包括系统的物理架构、数据采集与数据处理及实现。该系统是一种基于数学模型的控制算法，根据设置系统参数变化自动调控规则，并融合功率分配思想，提出AGC平均计算策略、AGC带优先级平均策略、AVC带优先级平均计算策略及AVC无功补偿装置和逆变器混合策略等多种自适应控制模式，将实时数据和调度端下发目标曲线对比，调控光伏电站发电的有功功率和无功电压，依据调度分配目标功率进行最优组合策略分配调度电单元逆变器的有功功率，达到分批调控和微调的效果，控制智能化调节精度化，系统具有很强的鲁棒性。在为电网安全、可靠运行保驾护航的同时，实现光伏电站无人值守、少人值班的运营模式，减少运营成本，提高光伏发电系统的优质、可靠和经济运行。

关键字：光伏并网发电；光伏有功功率自动控制；电压无功自动控制；光伏AGC/AVC控制；功率自适应分配策略

Design and implementation of AGC/AVC multi-mode automatic control system for large-scale grid-connected photovoltaic power station

BAI Yajing

（Beijing Millennium Software Co., Ltd., Beijing 100096, China）

Abstract: Under the background of “carbon peak and carbon neutral”, the restructuring and transformation of energy pattern are inevitable. According to the 14th Five-Year Plan, the consumption of wind power and photovoltaic non-petrochemical energy will account for 25% by 2030. The demand for automatic control system of new energy power stations will be in the outbreak stage, and AGC/AVC is the guarantee of the quality, safety and economic operation of the whole power grid. Research and development of adaptive, multi-strategy high precision AGC/AVC system has become the goal of change. Combining with the characteristics of volatility and instability of photovoltaic power station, comprehensively considering of the demand of the grid and power generation enterprises, a large grid photovoltaic power station, multi-mode hybrid control strategy and regulation mode of AGC/AVC automatic control system is designed, including the system of physical architecture, data acquisition and data processing and implementation. The system is a control algorithm based on mathematical model. According to the setting of automatic regulation rules of system parameter changes, and combining with the idea of power distribution, various adaptive control modes such as AGC average calculation strategy, AGC average strategy with priority, AVC average calculation strategy with priority, AVC reactive compensation device and inverter mixed

strategy are proposed. By comparing the real-time data with the target curve delivered by the dispatching terminal, the active power and reactive voltage of the photovoltaic power station are regulated, the target power is allocated according to the dispatching, and the active power of the dispatching power unit inverter is allocated according to the optimal combination strategy, so as to achieve the effect of batch regulation and fine tuning, control the intelligent adjustment precision. The system has strong robustness. In the escort for the power grid safe and reliable operation at the same time, it realizes the unattended photovoltaic power station, the operation mode of the less people on duty, reduces operating costs, improves the quality of photovoltaic power generation system, reliable and economic operation.

Key words: grid-connected PV power generation; PV active power automatic control; voltage reactive automatic control; AGC/AVC for PV generation; margin adaptive optimization

0 引言

《“十四五”光伏产业发展规划》指出：光伏行业的迅速发展是解决全球性能源危机、实现绿色可持续发展的重要途经，发展光伏产业是实现“碳达峰”“碳中和”目标的重要支柱。目前光伏电站业主和电网共同核心问题是：保证光伏电站并网发电质量及电厂实时运行，实现光伏电站的有功和无功控制与电压管理及调度。

当前光伏电站设备数量多，型号与性能不一致，分期并网的电价也有差异，同时，国家电网对光伏电站发电系统的频率、电压的合格性要求日趋严格，传统的AGC/AVC系统已不能满足电网及发电企业的多样化需求。

目前国内外文献研究中，主要为调度或厂站的单一AGC控制策略，或者是基于网络分层的分配控制和时间尺度划分，无法做到根据目标功率混合方式分配给发电单元。文献[1]引入协调因子建立AGC最优协调控制模型，采用原始对偶梯度算法模型转换和仿真；文献[2]提出网络化AGC通信中的一种时滞模型预测控制算法，对通信延迟有较强的适应性；文献[3-4]提出分布式监控的硬件设备具有AGC/AVC功能，采用网络分层分布结构；文献[5-6]描述了光伏电站AGC/AVC功能及原理、流程，以及基于逆变器机组单机或多机的运行控制策略；文献[7]分析了当前AGC控制模式、性能评价标准及控制策略关键技术；文献[8]根据时间空间尺度电站的波动性，分析逆变器温度量化，分析AGC有功控制策略。考虑到AGC/AVC自动控制系统对发电单元自适应最优组合控制策略和模式，本系统结合光伏电站的特点全面考虑电网及发电企业的需求，设计了自适应的多种混合计算控制策略与调节模式，减少逆变器及功率补偿装置的频繁起停操作，并实现发电设备批量调控和微调，在为电网安全、可靠运行保驾护航的同时，实现无人值守、少人值班的理念，提升电站稳定、优质及经济运行。

1 系统物理结构设计

AGC为有功功率控制，是利用计算机和通信技术，系统对电力调度下发的指令按预设的保护约束条件对发电机进行实时调节，以满足不断变化的电力系统需求，从而保证系统经济运行。并网光伏电站的AGC系统根据调度分配目标功率，进行最优组合策略组合，分配、调度逆变器的有功功率。

AVC指自动电压控制，即无功电压控制。对电网中的无功资源以及调压设备进行自动控制。光伏电站通过调节策略来调节并网逆变器无功功率、无功补偿设备功率，以达到并网电站在正常范围内安全、优质及经济运行的目的。

SVG装置即SVG/SVC功率补偿装置， SVG和SVC是动态无功补偿装置。电网电压无功系统中分级控制电压，对无功功率进行调节，为电力系统提供动态无功电源、电压调节。

并网光伏电站AGC/AVC自动控制系统基本由以下几个部分构成：

1）远动机。即光伏电站的发电设备系统，负责与主站通信并接收调度主站下发的计划曲线和对上位机的干预（例如远方投退、复归等），可向上位机发送调度要求控制的调控目标值。

2）上位机。即配置高性能的PC服务器，也就是本系统的AGC/AVC自动控制功能的研究部分，对其进行逻辑控制判别，并智能生成最优的调节策略的组合，通过网络向下位机下发调节命令； PC服务器对数据存储、管理调度计划曲线等，是SVG/SVC等设备调度指令的中转站。本系统中上位机主要由两部分构成：一部分是光伏AGC/AVC自动控制功能的服务器端和客户端；另一部分是数据采集服务器，其物理结构如图1所示。

3）规约支持层。接入光伏子阵组串、逆变器和汇流箱等非传统电力系统设备，即通信管理机规约支持层一般有通信管理机或光伏数据集中器，上位机与下位机之间的数据传输通过通信管理机实现，并支持Modbus、TCP/IP、OPC DA2.0规范和IEEE 802系列标准等多种协议。

4）下位机。包括光伏电站的发电设备，如光伏子阵、光伏子阵发电单元、逆变器、汇流箱、升压站、SVG/SVC功率补偿装置、环境检测仪和现场控制器等设备。

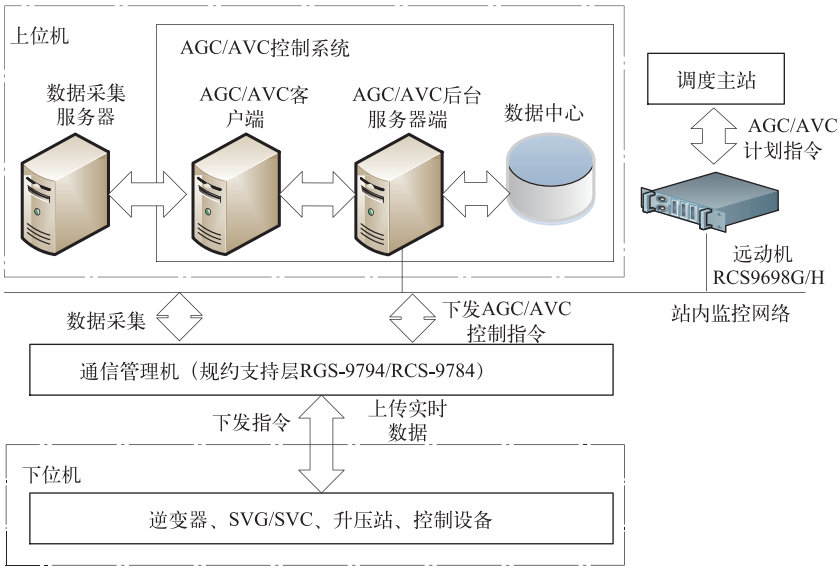

图 1　光伏电站 AGC/AVC 自动控制系统的物理结构

Fig. 1 Physical structure of AGC / AVC automatic control system of photovoltaic power station

2　AGC/AVC系统控制策略

光伏AGC/AVC自动控制系统通过采集软件将采集到的实时数据在内存中刷新，不断收到实时数据，再根据计划曲线设置，在设置的时间点启动相应的控制策略，对逆变器设备或SVG/SVC功率补偿装置进行功率或电压自动控制。控制主要包括以下四种方式：多台逆变器AGC调控、单台逆变器AGC调控、AVC单独控制无功补偿装置及逆变器和功率补偿装置混合调控。

2.1　多台逆变器AGC平均计算策略

多台逆变器进行调控采用AGC平均计算策略，电站根据调度要求将各台逆变器分别设置为不参与调控逆变器和参与控制逆变器，也是有功功率自适应分配策略，其中通信中断或已调整到

上限值或下限值的逆变器也属于不参与调控的逆变器。

AGC调控流程如图2所示，同时对逆变器的优先级进行设置，当要增加有功功率时，首先调整优先级高的逆变器，AGC/AVC系统接收调度下发的总有功目标值，将有功负荷分配给参与调控的逆变器。首先判断是否需要调控，判断方式为目标值减去并网点有功功率，判断是否在抖动区间，不在抖动区间则需要进行调控，差值为要调整的总有功功率。

1）由通信管理机或监控系统向系统转发数据。

2）根据采集的数据获取并网点的有功功率，获取要设定的有功功率的目标值，判断当前目标值是否需要进行调控，方法如下

$$P_{AGC}=P_{target}-P_{now} \quad (1)$$

式中，P_{target}为目标值；P_{now}为当前并网点有功功率；P_{AGC}为功率差值。

如果差值P_{AGC}在抖动区间内，则暂停调控并监控并网点有功功率，直到不满足目标值时再进行调控；如果差值P_{AGC}不在抖动区间，则需要进行调控，根据计算策略计算出分配给每台逆变器的有功功率P_i。

3）调控分三种情况：①分配给每台逆变器的有功功率P_i都不在极限值，直接向每个参与调控的逆变器发送调控命令；②分配给某台逆变器的有功功率P_i在极限值，则将该逆变器的目标值设定为所能调整的最小值；③分配给每台逆变器的有功功率目标值P_i都在极限值，则将所有逆变器的目标值设定为所能调整的最小值并报警。

4）计算完成后将调控命令发送给逆变器，逆变器开始进行调控，根据调控周期计算调控后并网点的实时有功功率，如果达到目标值或实时有功功率小于目标值，并且与目标值的差值在抖动区间内，则达到调控目标。

5）根据调控周期获取并网点有功功率，如

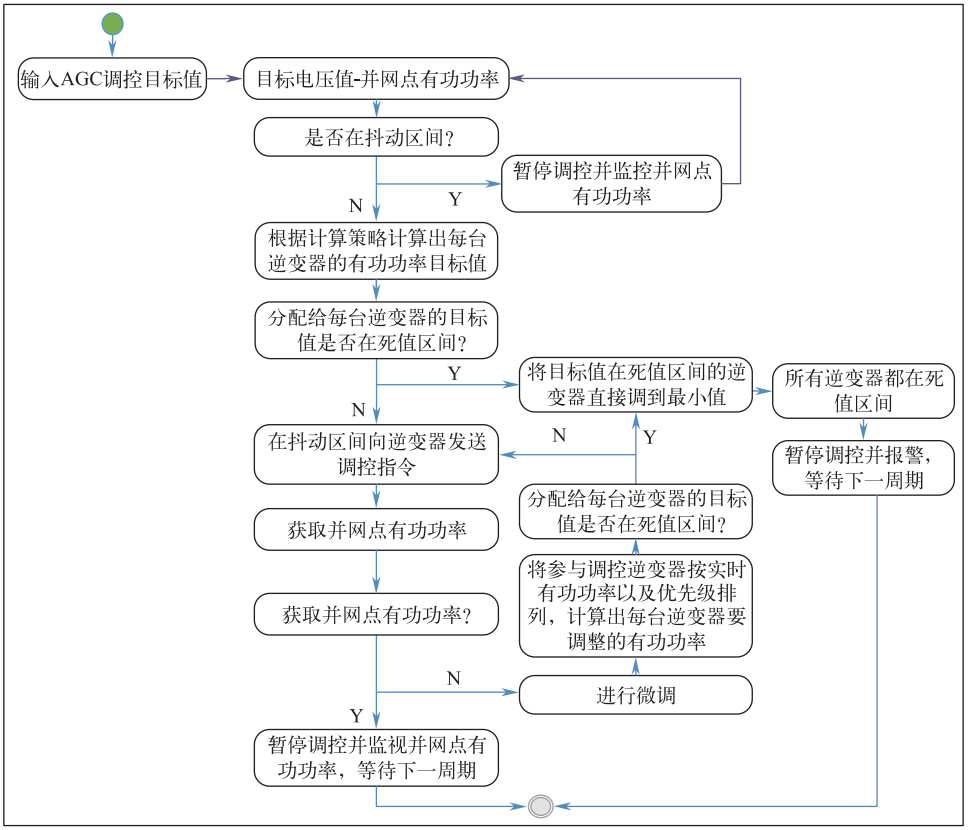

图 2　多台逆变器 AGC 平均计算策略流程图

Fig. 2 Flow chart of AGC average calculation strategy for multiple Inverters

果不在抖动区间，则还要进行微调，其中调节失败的逆变器以及已到死值区间的逆变器不参与微调，根据新的目标差值与逆变器实时功率计算出要调整的有功功率，数学模型可表示为

$$P_{i\mathrm{diff}}=P_{\mathrm{agc}}\times\frac{P_{i\max}}{\sum_{i=1}^{n}P_{i\max}}\times\text{调控系数} \tag{2}$$

式中，调控系数根据现场情况设置，P_{agc}为目标值减去实际值的差值；$P_{i\max}$为当前逆变器额定功率；$\sum_{i=1}^{n}P_{i\max}$为参与微调的逆变器的额定功率之和；$P_{i\mathrm{diff}}$为要微调的差值。

新的目标值$P_{i\mathrm{new}}$计算公式如下

$$P_{i\mathrm{new}}=P_i+P_{i\mathrm{diff}} \tag{3}$$

式中，P_i为原先下发给逆变器的设定值；$P_{i\mathrm{diff}}$为要微调的差值。

6）再判断所有逆变器都在死值区间，若是，则暂停调控并报警等待下一周期。

7）将微调后新的目标值通过调控命令发送给逆变器，到达下一个调控周期后再次判断调控目标是否达到，如未达到，继续微调，直到达到目标值后系统进入监控状态，根据调控周期定时去判断并网点功率是否满足设定的目标值，如果不满足，则再次进行微调。

8）调节逆变器有功时，需要满足每次调节的有功不大于补偿：①目标差值的绝对值不大于补偿，一次调节到位；②目标差值的绝对值大于补偿，分多次调节，先按补偿调节等待补偿周期后再继续进行调节。

对于参与调控逆变器可采用平均分配策略，将要调整的有功功率平均分配到各台需要控制的逆变器上，分配之前首先对目标值进行修正，修正公式如下

$$P_{n\mathrm{target}}=P_{\mathrm{target}}+\sum_{i=1}^{n}P_{i\mathrm{now}}-P_{\mathrm{now}} \tag{4}$$

式中，$P_{n\mathrm{target}}$为修正后的目标值（增加了系统损耗以及减少不参与调节逆变器功率）；P_{target}为调度下发的目标值；n为参与调控逆变器的台数；$\sum_{i=1}^{n}P_{i\mathrm{now}}$为所有参与调控逆变器的实时功率之和；$P_{\mathrm{now}}$为当前并网点出线功率。

根据修正后的目标值，将其分配至参与调控的每台逆变器上，分配公式如下

$$P_i=P_{n\,\mathrm{target}}\times\frac{P_{i\max}}{\sum_{i=1}^{n}P_{i\max}}\quad i=1,2,\ldots,n \tag{5}$$

式中，$P_{i\max}$为第i台逆变器的额定有功功率；$\sum_{i=1}^{n}P_{i\max}$为所有参与调控逆变器额定有功功率之和；P_i为第i台逆变器要设定的有功功率的目标值。

2.2 AGC带优先级平均计算策略

对单台逆变器进行调控，采用AGC带优先级平均计算策略，电站根据调度要求将各台逆变器分别设置为不参与调控逆变器和参与控制逆变器，其中通信中断或已调整到上限值或下限值的逆变器也属于不参与调控的逆变器。同时对逆变器的优先级进行设置，当要增加有功功率时，首先调整优先级高的逆变器；当要降低有功功率时，首先调整优先级低的逆变器的有功功率。

系统接收来自调度的总有功目标值，用目标值减去并网点有功功率，差值不在抖动区间，则需要进行调控，差值为要调整的总有功功率。

$$P_{\mathrm{AGC}}=P_{\mathrm{target}}-P_{\mathrm{now}} \tag{6}$$

如果P_{AGC}不在抖动区间并且小于0，表示要降低有功功率，具体调控步骤如下：

1）首先判断最低级别逆变器是否满足降低功率，计算公式为

$$U_{\mathrm{diff}}=U_{\mathrm{target}}-U_{\mathrm{mea}} \tag{7}$$

如果满足，则根据平均计算策略进行调控最低级别逆变器，其他级别逆变器本次调控视为不参与调控的逆变器。

2）如果第一步中不满足降低功率，将该级别逆变器调至最小值，将剩余未分配的功率根据第一步进行调控下一级别逆变器，下一级别要调整的有功功率$|P_{\mathrm{AGC}}|$加上之前所有级别中已经降低的功率。

3）对所有级别逆变器都调控完成，未达到目标值时进行报警。

如果P_{AGC}不在抖动区间并且大于0，表示要增大有功功率。

据样本逆变器获取逆变器可增大有功功率判断最高级别逆变器是否可以调至目标值，计算公式如下

$$\frac{P_S}{AP_S}\times P_e - P_{now} \geqslant P_{AGC} \tag{8}$$

式中，P_S为样本逆变器功率之和；AP_S为样本逆变器额定功率之和；P_e为该级别参与调控逆变器额定功率之和；P_{AGC}为该级别参与调控逆变器的实时功率之和。

根据平均计算策略进行调控最高级别逆变器，其他级别逆变器本次调控视为不参与调控的逆变器。

如果不满足增大功率，将该级别逆变器调至最大值，将剩余未分配的功率根据调控下一级别逆变器，下一级别要调整的有功功率P_{AGC}应减去之前所有级别中已经增加的功率。

当样本逆变器非并网状态时，临时调控某台并网逆变器为自然发电状态作为临时样本逆变器。

其流程图如图3所示。

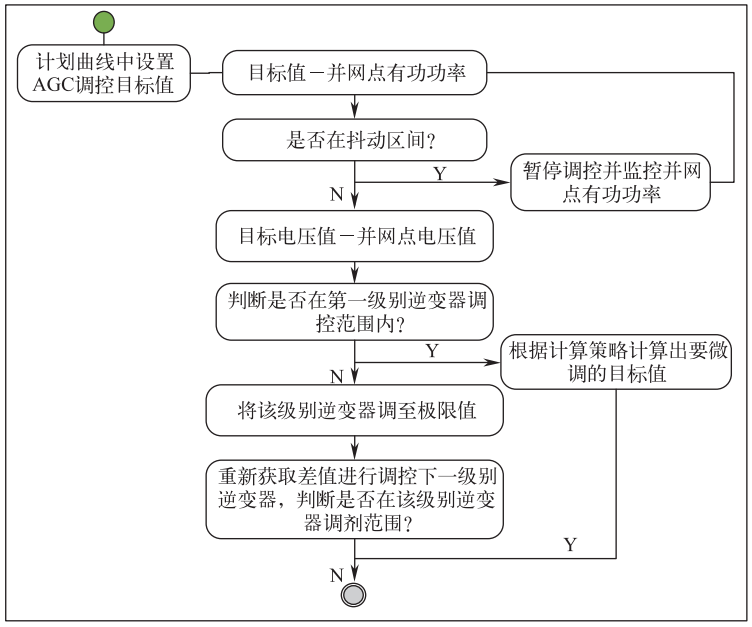

图 3　单台逆变器 AGC 带优先级平均计算策略流程图

Fig. 3 Flow chart of AGC with priority average calculation strategy for single inverter

2.3　AVC带优先级平均计算策略

由于计算策略可根据后续现场经验持续增加，本次AVC计算策略只分为单独控制无功补偿装置和无功补偿装置和逆变器混合计算策略。

1）无功补偿装置和逆变器混合策略：充分利用逆变器无功能力和无功补偿装置调节的快速性，实现快速连续无功协调控制。

2）光伏电站并网点接收调度中心下发目标值：母线电压目标值U_{target}、电压实测值U_{mea}和计算电压偏差值U_{diff}，计算公式如下

$$U_{diff}=U_{target}-U_{mea} \tag{9}$$

3）若不在死值区间，用目标电压值减去并网点电压，判断其差值是否在抖动区间，若在抖动区间，就结束调控。

4）如果差值U_{diff}在预先设置的抖动区间内，则不进行调控；如果差值不在预先设置的抖动区间，则将目标电压值下达给参与调控的无功补偿装置（SVG/SVC），无功补偿装置会根据下达的目标自动进行调节直到达到目标电压值。

其流程图如图4所示。

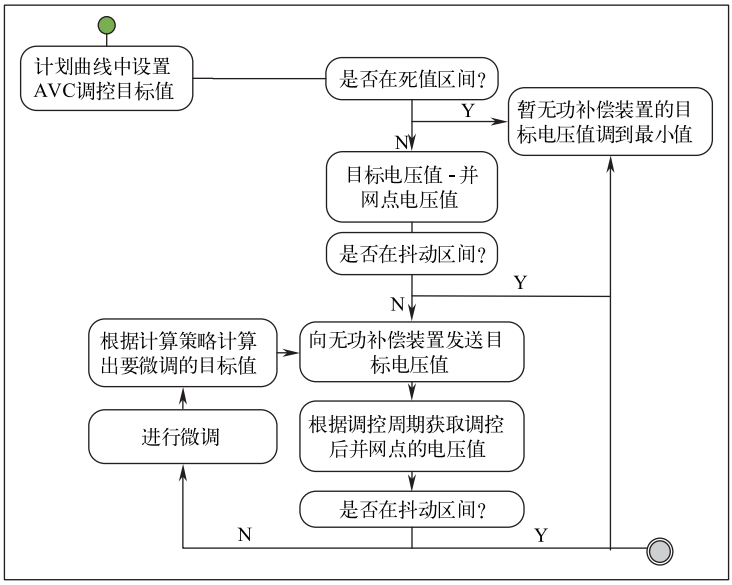

图 4　单独控制无功补偿装置流程图

Fig. 4 Flow chart of separately controlled reactive power compensation device

2.4　AGC逆变器和AVC无功补偿装置混合策略

无功补偿装置和逆变器混合计算策略具体步骤如下：

1）首先获取并网点的电压数据，实时电压值为U_{mea}，目标电压值为U_{target}，判断电压差值是否在抖动区间，如果在则等待下一周期进行调控，如果不在则根据如下步骤进行调节。

2）根据目标电压值计算无功目标值Q_{target}

$$Q_{\mathrm{target}}=\frac{U_{\mathrm{target}}\left(U_{\mathrm{target}}-U_{\mathrm{mea}}\right)}{X}+\frac{Q_{\mathrm{mea}}}{U_{\mathrm{mea}}}U_{\mathrm{target}} \tag{11}$$

式中，U_{mea}为并网点的无功实时值；X为电网之间的系统阻抗。

在预设的保护约束条件下，如通信中断保护条件、状态量闭锁保护条件和模拟量越限保护条件，各逆变器和无功补偿装置若满足该条件，则参与无功电压控制；若不满足约束条件，则不参与无功电压控制。

根据目标无功值进行调控逆变器和无功补偿装置，具体原则如下：

设λ为容量系数；n为参与调节逆变器数；Q_{svg}为无功补偿设置最大无功；$Q_{g\mathrm{max}}$为逆变器额定无功，逆变器无功调节量不可大于无功补偿，若大于需等待步长周期分多次调节。

1）$Q_{\mathrm{target}}\leqslant\lambda Q_{\mathrm{svg}}$，当无功目标值不大于无功补偿装置容量系数时，调控（电压）全部分配无功补偿装置，逆变器不参与调控。电压目标值分配给Svg，逆变器分配无功为零。

2）$\lambda Q_{\mathrm{svg}}<Q_{\mathrm{target}}\leqslant\lambda Q_{\mathrm{svg}}+\sum_{i=1}^{n}Q_{g\mathrm{max}}$，当无功目标值大于无功补偿装置系数容量且不大于无功补偿装置系数容量与逆变器额定无功容量之和时，优先给逆变器分配无功，其次给无功补偿装置。

3）$\lambda Q_{\mathrm{svg}}+\sum_{i=1}^{n}Q_{g\mathrm{max}}<Q_{\mathrm{target}}\leqslant Q_{\mathrm{svg}}+\sum_{i=1}^{n}Q_{g\mathrm{max}}$，当无功目标值大于无功补偿装置系数容量与逆变器额定无功容量之和且不大于无功补偿装置容量与逆变器额定无功容量之和时，此调控由无功补偿装置和逆变器共同承担，优先分配给逆变器无功，即将每台可调逆变器无功调至最大，剩余电压分配给无功补偿装置。

4）$Q_{\mathrm{svg}}+\sum_{i=1}^{n}Q_{g\mathrm{max}}<Q_{\mathrm{target}}$，当无功目标值大于无功补偿装置容量与逆变器额定无功容量之和时，将逆变器无功都调至最大，将目标电压值下发至无功补偿装置并报警，$\Delta Q_{\mathrm{g}}+\sum_{i=1}^{n}Q_{g\mathrm{max}}$即将每台可调逆变器无功调至最大，$\Delta U_{\mathrm{svg}}=U_{\mathrm{target}}$。

调节逆变器无功时，需要满足每次调节的无

功量不大于无功补偿，所以调节逆变器无功时按照以下原则调节：①分配给逆变器的无功量不大于无功补偿，一次调节到位；②分配给逆变器的无功量大于无功补偿，分多次调节，先按步长调节等待补偿周期后再继续进行调节。

3 数据采集与处理及通信

3.1 数据采集

数据采集的对象为远动机部分，即下位机，主要设备有太阳能电池、直流配电、光伏逆变器、SAG/AVC功率补偿装置、环境检测仪、交流配电、电网辅助设备和升压站等。

所采集到的数据可提供给光伏电站监控系统、光伏电站运行管理系统和光伏电站功率预测系统等。所以数据采集软件功能可对所有这些下位机设备数据及四遥信息进行采集。

本系统中所需要采集的数据有逆变器、SVG/SVC和升压站的基础信息，具体采集到的相关数据有遥信、遥测、遥调和遥控四遥信号。

采集测点主要是这几项设备各项信息，即实时信息及历史信息。其他下位机的相关数据不需应用，所以将所需设备信息通过AGC/AVC系统的数据转发模块来接收采集软件的转发数据。即采集系统和AGC/AVC系统均需数据转发功能，AGC/AVC系统的数据转发功能将下发给下位机的控制指令并转发给通信管理机，再由通信管理机发送到下位机对设备进行控制。

3.2 数据处理

（1）遥测量的采集处理

遥测数据：电力系统运行的实时量化值，包括逆变器、汇流箱、箱式变压器、各线路主变压器、站用变压器的电压、电流、电压、有功/无功功率、功率因数，母线电压及系统周波、频率、主变压器绕组温湿度、调压开关档位和中心点电流。

（2）遥信量的采集处理

遥信数据：升压站遥信，包括隔离开关、接地开关状态、断路器、手车的开关状态、各类保护装置动作信号、主变压器分接头位置信号和电源故障信号等。一般包括各开关位置、各刀开关位置、发电设备投退状态、升压站开关状态、保护硬触点动作状态、主变压器分接头位置、各通道运行工况以及虚拟遥信。

3.3 数据通信

采集程序需支持Modbus、104、103和101等标准通信协议；具有将采集到的数据按照配置的信息点号存入实时数据的功能；具有提供数据转发的功能，可以作为从站进行数据转发配置。采集程序需支持跨平台部署，可部署至通信管理机或普通服务器，采集光伏区、升压站、环境监测仪、能量表、逆变器和箱式变压器等设备数据。

4 系统实现

客户端主要实现光伏电站AGC/AVC自动控制系统的人机交互功能，通过操作界面对数据库进行操作，实现其业务子功能。主要功能有AGC/AVC控制曲线的监视功能、历史数据查询功能，系统基础参数设置：AGC计划曲线、AVC调度曲线、逆变器基础参数设置、SVG/SVC基础参数和辅助决策功能预定义事件参数设置。

监视功能主要有逆变器和SVG/SVC功率补偿装置监视、AGC曲线和AVC曲线的监视功能。

（1）AGC监视功能

电站值班人员通过AGC监视功能，可以直观地查看AGC功能投退状态、调节方式、控制权限、电站负荷、通信状态、调度目标与实时有功曲线对比图和实时事件报警信息，可以全面、及时地了解调控过程与结果，并为优化AGC调控策略提供依据，保证电站运行的经济性。

（2）AVC监视功能

电站值班人员通过AVC监视功能，可以直观地查看AVC功能投退状态、调节方式、控制权限、电站负荷、通信状态、调度目标与实时电压

曲线对比图和实时事件报警信息，可以全面了解调控过程与结果，并为优化AVC调控策略提供依据，保证电网安全、稳定的运行。

（3）逆变器监视

电站值班人员通过逆变器监视功能，可以查看每台逆变器运行状态（正常、降额、停机、中断），查看是否参与调控以及额定功率、有功功率、目标有功、无功功率、目标无功和功率因数等信息，及时了解逆变器参与AVG/AVC调控的情况，并为优化逆变器参与AVG/AVC调控策略提供依据；在特殊情况下为了满足调度调节要求，保证电网安全，还可以进行批量关机操作。

（4）SVG/SVC监视功能

电站值班人员通过SVG/SVC监视功能，可以查看每台无功补偿装置的运行状态（投入、退出、中断）、无功容量、实时无功和目标电压等信息，及时了解无功补偿装置的运行情况，并为优化无功补偿装置参与AVC调控策略提供依据。

5 结束语

在“碳中和”的时代背景下，电网AGC/AVC自动控制系统悄然变革，自控系统的价值系统研究大型并网光伏电站AGC/AVC自动控制系统，针对大型并网光伏电站并网的调度要求，开发一款多种控制策略的功率/电压自动控制系统。设计了多种计算策略与调节模式：AGC平均计算策略、AGC带优先级平均计算策略、AVC计算策略及AVC单独控制无功补偿装置策略来实现系统的控制，结合光伏电站的特点，全面考虑电网及发电企业的需求，自适应调度分配目标功率进行最优组合策略分配逆变器出力，实现批量调控和微调，提高调控的精细化操作，该系统已在宁夏中宁光伏电站、耒阳光伏电站等30多个大型并网光伏电站使用，为电网的优质、稳定和经济运行保驾护航。随着计算机及电力电子技术的飞速发展，微处理器运算能力增强，由硬件条件约束的AGC系统由理论转为实现成果，包括大数据、云计算等技术的发展，AGC/AVC的研究方向融合各种算法及控制技术，结合电力市场、清洁能源特点，进一步研发出AGC/AVC控制的超前控制策略及新模型。**EA**

参考文献

[1] 张磊，罗毅，肖雅元，等．大规模风电并网条件下AGC机组跨区分布式最优协调控制[J]．电工技术学报，2016，31(9)：42-49．

[2] 付鹏武，周念成，王强钢，等．基于时滞模型预测控制算法的网络化AGC研究[J]．电工技术学报，2014，29(4)：188-195．

[3] 王仁斌、胡绍谦、丁浩川，等．大型地面光伏电站综合自动化系统的设计与实现[J]．电气技术，2019，20(1)：68-72．

[4] 王淑超，段胜朋，侯炜，等．光伏电站分层分布式自动功率控制技术[J]．电力系统自动化，2016，40(8)：126-132．

[5] 屈爱艳，袁玉宝，陈洪雨，等．AGC与AVC在光伏电站的应用与实现[J]．电气技术，2016(6)146-148．

[6] 徐瑞，滕贤亮，张小白，等．智能电网调度控制系统AGC需求分析及关键技术[J]．电力系统自动化，2015，39(1)：81-87．

[7] 关健．光伏电站有功功率控制系统设计 [D]．成都：电子科技大学，2016．

[8] 陈逍潇，张粒子，杨萌，等．考虑光伏发电功率波动性的AGC备用容量分析方法[J]．电力系统自动化，2015，39(22)：16-21，52．

作者简介

白雅静

白雅静（1976—），女，硕士，工程师，研究方向为智能电网、新能源、光电、风电、综合能源信息工程。

(收稿日期：2021-06-02)