

有功无功（AGC/AVC）智能控制
系统
技术方案

1 概述

有功无功智能控制系统(简称：AGC/AVC)，接收调度下发的多种有功无功功率调整指令，包括实时指令、短期计划曲线、超短期计划曲线等，根据最优策略面向动态无功补偿进行控制。

2 系统架构

2.1 系统结构图

系统部署典型配置如下图 2-1 所示，该系统部署于电站安全 II 区，系统硬件主要由远动通讯装置、AGC/AVC 服务器、操作员工作站、交换机组成。AGC 和 AVC 系统与现场升压站监控系统、综合自动化监控系统等设备通讯获取实时运行信息，数据通信采用网络模式，也可采用串口通信模式。远动通讯装置通过数据网与调度主站通讯并向调度发送 AGC 和 AVC 相关信息，同时接受主站下发的调节目标指令。远动通讯装置通过升压站监控系统、综合自动化监控系统等电场内监控系统获取调节设备的信息，并向综合自动化管理平台发送目标指令。

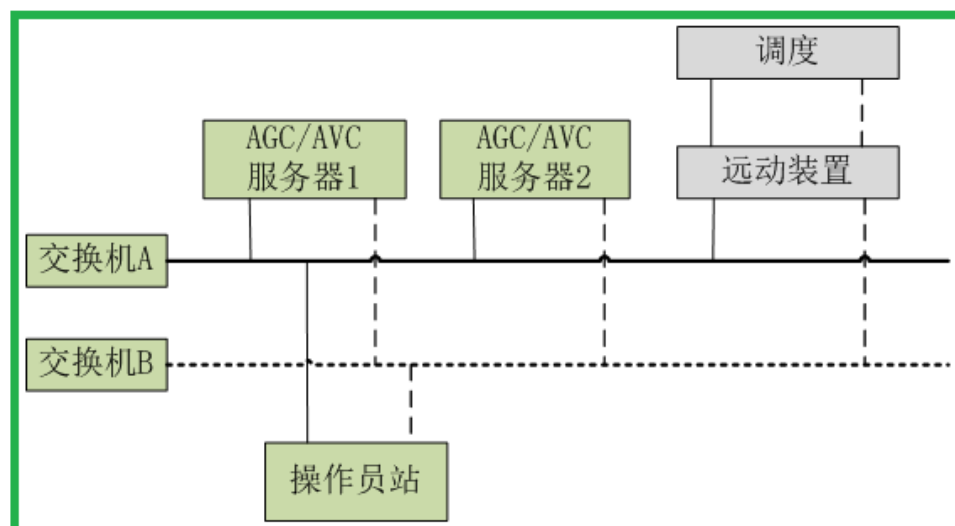


图 2-1 典型部署图

2.2 系统架构

新能源有功无功智能控制（AGC/AVC）系统从软件设计上可以分为操作系统、数据库、业务处理、平台接口和界面。

- （1）操作系统：与硬件交互的基础软件系统
- （2）数据库：主要负责实时数据记录和保存历史数据。
- （3）平台接口：负责与场站中其它系统的对接和通信。
- （4）业务处理：负责控制策略模型的建立和数据的处理、统计分析、报表功能。
- （5）界面：为用户提供友好、可操作性强的人机交互平台功能。

系统架构设计框图如下图 2-2 所示：

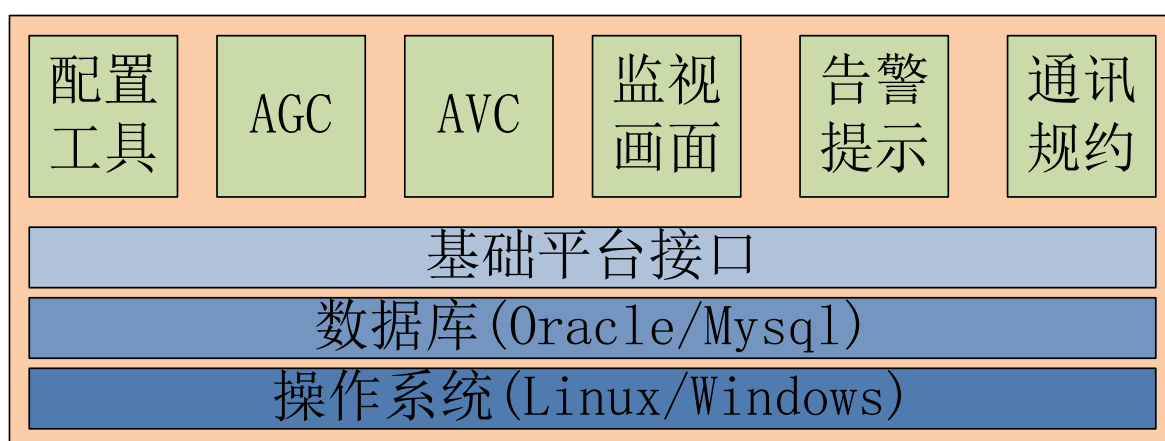


图 2-2 系统架构

3 主要功能

新能源有功无功智能控制（AGC/AVC）系统的主要功能是接受调度中心下发的有功无功功率调整指令（包括指令方式和功率计划曲线方式），根据最优策略面向动态无功补偿进行控制。同时向调度中心上传动态无功补偿组及、公用系统运行状态、参数等信息。

接受并执行调度机构下发的有功/无功调整指令；

根据 AVC 主站的要求，实现对动态无功补偿的自动控制；

上传动态无功补偿组及公用系统运行状态、参数等信息；

实现调度部门对动态无功补偿的紧急控制。当需要紧急减少功率输出或者增加功率输出的情况下，控制系统能够快速响应，调节速度满足调度需求；

实现与调度之间通信报文的实时监视和自动存储；

主要技术指标包括：调频投运时间、调频动作情况、调频动作时间；

有功自动控制（AGC）

AGC 控制系统具备实时数据采集、核心业务处理、控制策略下达、实时状态监测、异常事件告警、数据归档等功能，能够自动跟踪调度发电计划曲线或实时调节指令，采用安全的控制策略控制风电场、光伏电场的并网有功功率，满足调度对风电场/光伏电场功率要求。

- （1）能够自动接收调度主站系统下发的有功控制指令或调度计划曲线，根据计算的可调裕度，优化分配调节风机的有功功率，使整个风电场的有功出力，不超过调度指令值；
- （2）具备人工设定、调度控制、预定曲线等不同的运行模式、具备切换功能。正常情况下采用调度控制模式，异常时可按照预先形成的预定曲线进行控制；
- （3）向调度实时上传当前 AGC 系统投入状态、增力闭锁、减力闭锁状态、运行模式、电场生产数据等信息；
- （4）能够对电场出力变化率进行限制，具备 1 分钟、10 分钟调节速率设定能力，具备风机调节上限、调节下限、调节速率、调节时间间隔等约束条件限制，以防止功率变化波动较大时对风电机组和电网的影响；
- （5）精确获取调节裕度、控制策略算法合理、保障风电机组少调、微调。
- （6）系统支持远方控制和就地控制两种控制模式。远方控制以调度中心下发的 AGC 有功功率目标值为目标，就地控制以调度中心日前下发或日内下发的发电计划曲线、人工输入的发电计划控制曲线或风电场(光伏电场)有功功率目标值为目标进行自动跟踪。
- （7）当远方控制时，系统具备与调度中心通信故障、超时未收到调度中心控制指令报警并自动转为就地控制的功能，超时时间可设置。
- （8）通过风机后台监控系统控制风电场的有功出力。如风电场只有一个风机监控系统，则将中调下发的有功指令转发给风机监控系统，由风机监控系统将指令分配到每台风机。如风电场有多个风机监控系统，则采用不同的策略，如按比例、按裕度等，将调度主站下发的总的有功目标分配到每个风机监控系统。由风机监控系统根据风机的运

行状态及有功指令自行控制风机的功率输出或启停。

AGC 关键算法设计

一、闭锁逻辑

全站闭锁：

编号	闭锁	解闭锁
	送出线路有功异常（越限、死数、数据可疑）	有功遥测质量恢复正常
	高压侧母线电压异常（越限、死数、数据可疑）	电压遥测质量恢复正常
	与所有的风机监控/逆变器数采通信故障	通信恢复
	升压站通信故障	通信恢复
	自定义闭锁信号（可合成）。信号的合成支持算术和逻辑运算	自定义闭锁信号复归
	无机组（风机监控/逆变器）参与 AGC 调节	参与 AGC 调节机组数大于 0
	系统频率越限(可选，可配置为自定义闭锁信号)	系统频率恢复
	母线频率不平衡(可选，可配置为自定义闭锁信号)	母线频率恢复平衡
	AGC 为远方控制时与 AGC 主站通信故障	自动切换为就地模式或通信恢复

机组（逆变器）闭锁：

编号	闭锁	解闭锁
	逆变器参与 AGC 调节未投入	逆变器参与 AGC 调节投入
	与 AGC 子站通信故障	与 AGC 子站通信恢复
	连续 N 次调节不到所设定的目标（N 可设）	闭锁时间小于等于 0

	连续 N 次控制无效果（N 可设）	闭锁时间小于等于 0
	可上调容量为 0（增出力闭锁）	可上调容量大于等于解锁死区
	可下调容量为 0（减出力闭锁）	可下调容量大于等于解锁死区
	逆变器自身上送的闭锁信号为 1	逆变器自身上送的闭锁信号为 0
	逆变器机端电压越限	逆变器机端电压恢复正常
	满足自定义增闭锁任一个	所有自定义增闭锁均不满足
	满足自定义减闭锁任一个	所有自定义减闭锁均不满足
	动作后的闭锁计时大于 0	动作后的闭锁计时小于等于 0

二、目标值处理

- 当有新指令时，计算出获取目标值与实际值的差值，并进行计算校验和分配下发；
- 当没有新指令时，对最后一次有功目标值进行跟踪处理。

1、有新指令

获取目标值：

AGC 服务处于远方模式时，接收关键是主调下发的调节命令。

AGC 服务处于就地模式时，可以使用本地人工设置值或者本地计划曲线进行调节。处于本地计划曲线模式 时，AGC 服务在每天的凌晨进行今日计划曲线切换。

目标差值计算

实时计算当前有功功率 P_{Grid} 的一分钟变化量 CP_1 和十分钟变化量 CP_{10} ，由此推算出当前的调节速率额度 LP_1 和 LP_{10} 。

$$LP_1 = SL_1 - CP_1$$

$$LP_{10} = SL_{10} - CP_{10}$$

其中 SL_1 为一分钟调节速率上限， SL_{10} 为十分钟调节速率上限。

设调节目标与当前有功值偏差为 VP

如果 $VP \leq LP_1$,且 $VP \leq LP_{10}$ ，则按计算的目标值分配下发有功指令。

如果 $VP > LP1$,且 $VP \leq LP10$, 则计算本次最大下发有功 $P_i = LP1$, 并设下一指令周期调节目标 $VP' = PGrid - P_i$ 。

如果 $VP \leq LP1$,且 $VP > LP10$, 则计算本次最大下发有功 $P_i = LP10$, 并设下一指令周期调节目标 $VP' = PGrid - P_i$ 。

如果 $VP > LP1$,且 $VP > LP10$, 则 $P_i = \text{Max}(LP1, LP10)$, 并设下一指令周期调节目标 $VP' = PGrid - P_i$ 。

闭锁校验

如果有功偏差为正, 则判断是否总增力闭锁。总增力闭锁宜由单独线程计算。当全厂可调上限为 0 总增力闭锁使能。

如果有功偏差为负, 则判断是否总减力闭锁。总减力闭锁宜由单独线程计算。当全厂可调下限为 0, 总减力闭锁使能。

全厂可调上限计算:

AGC 根据各台机组运行工况测算出的调节范围最大值, 其值等于停运机组有功功率之和 + 投入机组最大可调节有功功率。

全厂可调下限计算:

与全厂调节上限相对, 其值等于 AGC 投入机组最小调节有功功率。

指令校验

当总调节目标超过全厂可调上限/下限, 可根据配置, 有 2 种处理方式:

1. 拒绝本次指令
2. 按可调上限、下限值下发有功指令, 使能全厂增/减闭锁信号, 并告警, 通知调度。

当总调节目标与当前实发有功的差值超过预定的最大步长限制, 则可按最大步长限制, 分多次下发指令, 直到到达目标值。

下发有功目标值时需考虑速率限制, 避免对电网扰动过大:

1. 系统实时计算当前的 1 分钟调节速率和 10 分钟调节速率, 得出当前的梯度额度
2. 如果当前下发值没有超过额度, 则按值下发
3. 如果当前下发值超过额度, 则按额度下发, 并在下一控制周期继续处理 (全厂控制周期可设, 并且需大于机组控制周期, 如国能日新全厂控制周期设为 60 秒, 逆变器控制周期为 20 秒)

上次调节指令是否响应完成:

判断上次调节指令是否响应完成有两个判据，满足其一即可认为调节完成：

1. 根据调节目标与实际的偏差，和机组响应速率算出本次调节周期，该周期已过；
2. 虽然该周期未到，当当前机组处理已达控制目标。

当一个计算周期接到新的指令时，如果上次调节指令未响应完成，则结束本次计算周期，在下一计算周期重新计算有功偏差并判断。

分配下发

首先选择该支路所属机组，机组须未闭锁/AGC 投入。机组闭锁计算见[计算闭锁](#)。

按按等裕度/等比例方式进行有功分配。

检查每个机组是否超过调节死区，如果有未达到死区值的则重新分配。

2、没有新指令

在每个计算周期，检查目标值与实发值的差值，如果小于系统死区，则根据每台机组当前的实时有功可调裕度，重新进行分配和下发。

无功电压控制（AVC）

AVC 控制系统按调度下达的电压、无功计划曲线或实时指令，利用监测到的风电场(光伏电场)运行数据，根据一定的控制策略对站内所有无功补偿装置（包括风机/逆变器、SVC/SVG、电容器/电抗器等）进行优化、协调分配并发出控制指令，实现对风电场(光伏电场)升压站电压和无功的自动调节和闭环控制，使其在允许的范围内变化。

实现功能如下：

- （1）能够自动接收调度主站系统下发的电压控制指令，控制电场电压在调度要求的指标

范围内，满足控制及考核指标要求；

- (2) 具备人工设定、调度控制、预定曲线等不同的运行模式、具备切换功能。正常情况下采用调度控制模式，异常时可按照预先形成的预定曲线进行控制；
- (3) 向调度实时上传当前 AVC 系统投入状态、增闭锁、减闭锁状态、运行模式、电场生产数据等信息；
- (4) 为了保证在事故情况下电场具备快速调节能力，对电场动态无功补偿装置预留一定的调节容量，电场的无功电压控制考虑了电场动态无功补偿装置与其他无功源的协调置换；
- (5) 能够对电场无功调节变化率进行限制，具备风电机组、无功补偿装置调节上限、调节下限、调节速率、调节时间间隔等约束条件限制、具备主变压器分接头单次调节档位数、调节范围及调节时间间隔约束限制。
- (6) 当远方控制时，系统具备与调度中心通信故障、超时未收到调度中心控制指令报警并自动转为就地控制的功能，超时时间可设置。

AVC 关键算法设计

一、闭锁逻辑

全站 AVC 闭锁

编号	闭锁	解闭锁
1	并网点电压 无功 有功值实时值异常，包括遥测越限、无效、坏数据。	并网点电压&无功&有功值实时值正常。
2	AVC 子系统与升压站、风电监控系统或者光伏监控系统通信中断。	AVC 子系统与升压站、风电监控系统或者光伏监控系统通信恢复。
3	AGC/AVC 为远方控制时与主站通信故障(做成可配)	AGC/AVC 为远方控制时与主站通信恢复(做成可配)
4	满足自定义闭锁条件任一个	所有自定义闭锁均不满足
5	满足自定义全站 AVC 增闭锁任一个(增闭锁)	所有自定义义全站 AVC 增闭锁均不满足
6	满足自定义全站 AVC 减闭锁任一个(减闭锁)	所有自定义全站 AVC 减闭锁均不满足

7	全站动作后间隔时间大于 0	全站动作后闭锁时间小于等于 0
8	无任何调节设备投入 AVC 系统	至少有一个可调设备投入 AVC
9	全站可上调的无功容量小于等于调节死区，全站 AVC 调节增出力闭锁。	全站可上调的无功容量大于解闭锁恢复系数，解除全站 AVC 调节增出力闭锁。
10	全站可下调的无功容量小于等于调节死区，全站 AVC 调节减出力闭锁。	全站可下调的无功容量大于解闭锁限值，解除全站 AVC 调节减出力闭锁。

逆变器闭锁

编号	闭锁	解闭锁
1	逆变器参与 AVC 调节未投入	逆变器参与 AVC 调节投入
2	与 AVC 子站通信故障	与 AVC 子站通信恢复
3	连续 N 次调节不到所设定的目标无功（N 可设）	闭锁时间小于等于 0
4	连续 N 次控制无效果（N 可设）	闭锁时间小于等于 0
5	可上调容量小于调节死区（增出力闭锁）	可上调容量大于等于解锁死区
6	可下调容量小于调节死区（减出力闭锁）	可下调容量大于等于解锁死区
7	逆变器自身上送的闭锁信号为 1	逆变器自身上送的闭锁信号为 0
8	逆变器机端电压越限	逆变器机端电压恢复正常
9	满足自定义增闭锁任一个（增出力闭锁）	所有自定义增闭锁均不满足
10	满足自定义减闭锁任一个（减出力闭锁）	所有自定义减闭锁均不满足
11	动作后的间隔时间大于 0	动作后的闭锁时间小于等于 0

SVCSVG 闭锁

编号	闭锁	解闭锁
1	SVC/SVG 参与 AVC 调节未投入	SVC/SVG 参与 AVC 调节投入
2	与 AVC 子站通信故障	与 AVC 子站通信恢复
3	连续 N 次调节不到所设定的目标无功 (N 可设)	闭锁时间小于等于 0
4	连续 N 次控制无效果 (N 可设)	闭锁时间小于等于 0
5	SVC/SVG 自身上送的闭锁信号为 1	SVC/SVG 自身上送的闭锁信号为 0
6	SVC/SVG 自身上送的故障信号为 1	SVC/SVG 自身上送的故障信号为 0
7	可上调容量为 0 (增出力闭锁)	可上调容量大于等于解锁死区
8	可下调容量为 0 (减出力闭锁)	可下调容量大于等于解锁死区
9	满足自定义增闭锁任一个	满足自定义增闭锁任一个
10	满足自定义减闭锁任一个	满足自定义减闭锁任一个
11	动作后的闭锁时间大于 0	动作后的闭锁时间小于等于 0

容抗器闭锁

编号	闭锁	解闭锁
1	容抗器参与 AVC 调节未投入	容抗器参与 AVC 调节投入
2	容抗器日动作次数超限	容抗器日动作次数小于限值
3	动作后的闭锁时间大于 0	动作后的闭锁时间小于等于 0
4	动作后的反向闭锁时间大于 0	动作后的反向闭锁时间小于等于 0
5	容抗器拒动次数超限	容抗器拒动次数小于限值
6	容抗器挂牌	容抗器挂牌标志取消
7	容抗器刀闸未在合位或者无效	容抗器刀闸在合位且有效

二、远方就地切换条件

首先判断 AVC 控制方式（就地/远方），从而确定指令来源。如果是远方模式，则服务程序等待调度指令下发；就地方式的指令来源有 2 个：人工设值或计划曲线。

当在远方模式时，首先判断是否与远方调度通信中断，

1. 如果通信正常，使用调度值，进行 AVC 调节
2. 如果通信中断，检查是否到达远方切就地时间
 - 1) 如果到达，则由远方控制切换到就地控制，按计划值调节下发有功目标。
 - 2) 如果未到达，累加故障时间，退出本次调节

当在就地模式且未接收到主站下发的计划曲线时。

1. 如果前一次调节使用不同模式，则需要检查能否使用该模式。若可以则继续，否则退出本次调节。

2. 检查是否为人工设定值模式，如果是，读取人工设定值，进行 AVC 调节
3. 如果不是，读取日前计划曲线
 - 1) 如果没有日前计划曲线，能够告警闭锁或者并自动切换至远方或人工指令模式。
 - 2) 如果有，读取当前时刻值，进行 AVC 调节。

在模式切换时，必须考虑如下条件：

保证在上次模式下的控制命令执行完毕后进行。执行完毕条件：

- a) 指令周期结束
- b) 已达到调节目标

三、AVC 调节策略

AVC 调节要求尽快达到调节目标，因此调节时没有考虑步长限制和调节速率限制。但保留相应字段备用。

1. 调节流程开始时，读取实时值和调节目标值。
2. 目标值限值处理：
 - 1) 目标值与上下限值是否越限
 - 2) 目标值不越限值，继续步骤 3 处理。
 - 3) 若目标值越限值

读取目标限值越限处理方式：

- ①舍弃，并告警
- ②按限制最大值处理

-
3. 处理后的目标值
 - 1) 首先检查是否超越调节死区值，如果未超越，则 AVC 不调节。
 - 2) 越死区，继续步骤 4 处理。
 4. 目标值越死区时，查看当前目标控制类型，根据类型计算当前无功调节目标值。
 - 1) 如果目标值为电压，则读取系统阻抗，根据系统阻抗计算无功值
 - 2) 如果目标值为功率因数，则根据现有有功值计算无功值
 - 3) 如果目标值为无功值，则直接使用该无功值
 5. 检查无功值是否越限
 - 1) 如果越限，使用限值进行调节
 - 2) 如果不越限，使用当前无功计算值
 6. 使用最终的无功值进行分配、调节

无容抗器：

当逆变器和 SVC/SVG 可调节的无功总和小于目标调节量时，逆变器和 SVC/SVG 满发。

当逆变器和 SVC/SVG 可调节的无功总和大于等于目标调节量时，

- a) 如果根据逆变器、SVG/SVC 的优先级，优先级高的发 Δq 的无功。
- b) 如果不根据优先级调节，则将 Δq 按算法分配给逆变器和 SVG。

有容抗器：以增发无功为例

1) 若电抗器投入，切除所有投入的电抗器。剩余 $\Delta q_0 = q_z - n^* q_l > 0$ 。(n 为要切除的电抗器组数)；如果电抗器切控制受限，强制切除。若电抗器切除失败，则告警。

2) 若电抗器切除成功，增加 Δq , $\Delta q = q_z - |q_l|$ 。

- a) 根据逆变器、SVG/SVC、容抗器优先级，优先级高的增发无功。
- b) 如果电容器优先级高，优先投电容器，剩余部分则优先用逆变器、SVG/SVC 优先级高的，或按算法分配给逆变器和 SVG。
- c) 逆变器、SVG/SVC 优先级高，按算法分配给逆变器、SVG/SVC。如果 $\Delta q > (q_{gs} + q_{svgs})$ ，投电容器后再在逆变器、SVG/SVC 间分配。

四、AVC 调节算法

获取目标值

AVC 服务处于远方模式时，接收关键是主调下发的调节命令。

AVC 服务处于就地模式时，可以使用本地人工设置值或者本地计划曲线进行调节。处于本地计划曲线模式时，AVC 服务在每天的凌晨进行今日计划曲线切换。

对于获取到的目标值，检查是否越限，如果越限，则取限值。

1. 调节算法设计

AVC 服务可以调节的设备包括逆变器、SVG 和容抗器，根据不同的优先级和调节参数，AVC 会选择不同的调节策略，主要包括以下 6 类情况。

下图中 q 表示当前无功实发值， Δq 表示无功调节量， $q + \Delta q$ 表示无功目标值。 q_1 表示逆变器的实发无功之和， q_2 表示 SVG 的实发无功之和； up 表示逆变器和 SVG 的可上调无功量之和， $down$ 表示逆变器和 SVG 的可下调无功量之和； c 表示可调节的电容器或者电抗器的数目。

a) 无功下调算法 1

该算法针对 $q > 0, \Delta q < 0, q + \Delta q < 0$ 的情况，即当前无功实发值大于 0，下调后无功实发值小于 0。

b) 无功下调算法 2

该算法主要针对 $q > 0, \Delta q < 0, q + \Delta q > 0$ 的情况，即当前无功实发值大于 0，下调后无功实发值仍然大于 0。

c) 无功下调算法 3

该算法针对 $q < 0, \Delta q < 0, q + \Delta q < 0$ 的情况，即当前无功实发值小于 0，下调后无功实发值仍然小于 0。

d) 无功上调算法 1

该算法针对 $q < 0, \Delta q > 0, q + \Delta q > 0$ ，即当前无功实发值小于 0，上调后无功实发值大于 0。

e) 无功上调算法 2

该算法针对 $q < 0, \Delta q > 0, q + \Delta q < 0$ ，即当前无功实发值小于 0，上调后无功实发值仍然小于 0。

f) 无功上调算法 3

该算法针对 $q > 0, \Delta q > 0, q + \Delta q < 0$ 的情况，即当前无功大于 0，上调后无功仍然大于 0。

2. 同类设备无功分配算法

a) 等功率因数

这种分配方式使得各机组具有相同的功率因数，排除不可调机组后，根据目标指令计算出全厂目标总无功，根据可调机组的总有功，通过这个总无功计算出可调机组目标功率因数：

$$\cos \varphi = \frac{\sum P_{\text{可调机组}}}{\sqrt{\sum Q_{\text{target}}^2 + \sum P_{\text{可调机组}}^2}}$$

然后根据各可调机组的有功计算出各可调机组的目标无功

$$Q_{\text{target机组}} = P_{\text{机组}} \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}$$

当电厂机组参数一致，有功出力相近时，其等同于相似调整裕度策略。

b) 等比例（等无功备用）

该方法可使所有发电机的无功运行点与其无功上下限的距离有相同的百分比。

根据每台机组的 P-Q 图获得每台可调机组当前运行点的无功上限 $Q_{i\max}$ 和无功下限 $Q_{i\min}$ ，计算目标无功和理想无功运行点的偏移：

$$\frac{Q_1 - Q_{1\min}}{Q_{1\max} - Q_{1\min}} = \frac{Q_2 - Q_{2\min}}{Q_{2\max} - Q_{2\min}} = \dots = \frac{Q_n - Q_{n\min}}{Q_{n\max} - Q_{n\min}} = \lambda = \frac{(Q_{\text{target}} - \sum_n Q_{i\min})}{\sum_n (Q_{i\max} - Q_{i\min})}$$

第 m 台机组分配的无功：

$$Q_m = Q_{m\min} + (Q_{m\max} - Q_{m\min}) \times \frac{(Q_{\text{target}} - \sum_n Q_{i\min})}{\sum_n (Q_{i\max} - Q_{i\min})}$$

检查机组目标无功是否越限，如果越限，把越限机组作为不可调机组，目标无功

减去越限机组的无功，重复判断，直至没有可调的机组。

c) 相似裕度法

该方法把控制后台机组具有相等的无功上/下备用为目标，电压需要升高时具有较多无功上备用的机组多增发无功，需要降低时具有较多无功下备用的机组多减发无功，此策略保证电厂有最大的无功备用。

高压母线电压低于系统给定的目标值，即要求各个控制发电机增加无功功率。调节无功功率的大小根据各发电机的无功可增加裕度大小进行分配。各个参与控制的发电机分配的无功增量为：

$$\Delta Q_m = \frac{Q_{m\max} - Q_m}{\sum_j (Q_{j\max} - Q_j)} \times (Q_{target} - Q_{\text{全厂实际}})$$

如果高压母线电压高于系统给定的目标值，即要求各控制发电机减少无功功率，其减少值也应该根据各发电机的无功可减少裕度量大小进行分配。其分配的无功增量为：

$$\Delta Q_m = \frac{Q_m - Q_{m\min}}{\sum_j (Q_j - Q_{j\min})} \times (Q_{target} - Q_{\text{全厂实际}})$$

其中： Q_{target} ：全厂目标总无功

$Q_{\text{全厂实际}}$ ：全厂实发总无功

$Q_{j\max}$ ：第 j 台机组的无功上限

$Q_{j\min}$ ：第 j 台机组的无功下限

Q_j ：第 j 台机组的实发无功

3. 监视算法设计

监视部分是针对 AVC 下发的控制设备进行判断，包括逆变器、SVG 和容抗器，对于逆变器和 SVG，主要检查目标值与实发值之间的差值是否小于死区，如果小于，则达标；对于容抗器，则判断目标位置与实发位置是否一致，如果一致，则达标。

4 主要性能技术指标

4.1 系统容量

序号	内 容	容 量
1	实时数据库容量	为电场测点数量
1.1	模拟量	10000
1.2	状态量	30000
1.3	电度量	2000
1.4	遥控量	2000
1.5	遥调量	500
1.6	计算量	2000
2	历史数据库容量	
2.1	用户需要保存的数据：时间间隔可调（最少周期为 1 分钟）。	历史数据保存期限不少于 3 年，留 40%的存储余量。

4.2 控制性能指标

- (1) 遥测量刷新时间：从量测变化到 AVC 控制系统上传 $\leq 3s$ ；
- (2) 遥信变位刷新时间：从遥信变位到 AVC 控制系统上传 $\leq 2s$ ；
- (3) 遥控命令执行时间：从接收命令到控制端开始执行 $\leq 3s$ (直接控制模式)；
- (4) 遥调命令执行时间：从接收命令到控制端开始执行 $\leq 3s$ ；

4.3 可靠性指标

- (1) 系统平均无故障时间（MTBF） ≥ 20000 小时。
- (2) 系统硬件可靠性应大于 99%
- (3) 系统月可用率应大于 99%

4.4 时钟精度

- (1) 系统时钟误差[采用 GPS 校时] $< 1\text{ ms}$