

# 直供电独立电网系统的自动电压控制的方法

## Method of Automatic Voltage Control for Independent Grid Systems with Direct Power Supply

李道德

Daode Li

酒泉钢铁(集团)有限责任公司 中国·甘肃 嘉峪关 735100

Jiuquan Iron &amp; Steel (Group) Co., Ltd., Jiayuguan, Gansu, 735100, China

**摘要:** 论文提供一种联网/孤网 AVC 控制方法及相互转换电网系统的 AVC 控制方法, 联网状态时, 二级电压控制采用联络线无功趋零控制算法; 孤网状态时, 二级电压控制采用中枢母线电压稳定死区控制算法。对整个电力系统进行实时动态分区, 并可以对区域内的变电站、电厂进行协调控制, 不仅提高了整个电网的电压合格水平, 而且通过区域内无功分析进行无功的重新分配, 有效降低了功率损耗, 提高了经济效益。

**Abstract:** This paper presents an AVC control method for interconnected/isolated network and an AVC control method for interconversion power system. When connected, the two-level voltage control adopts the link line Reactive Power Zeroing Control Algorithm; The two-stage voltage control adopts the dead-zone control algorithm of the voltage stability of the central bus. The real-time dynamic zoning of the entire power system and the coordinated control of substations and power plants in the region can not only improve the level of voltage qualification of the entire power grid, moreover, the reactive power is reallocated through the reactive power analysis in the region, which effectively reduces the power loss and improves the economic efficiency.

**关键词:** 电压控制; 孤网; 联网; 平滑控制

**Keywords:** voltage control; isolated network; interconnection; smooth control

**DOI:** 10.12346/etr.v3i3.3547

## 1 引言

直供电独立电网在联网和孤网时面临着各种电压波动危及电网的安全稳定运行, 通过此方法的研究, 对电厂、变电站和负荷侧的无功进行分析重新分配, 能够得到一种很好的 AVC 控制方法, 提高电能质量, 防止电压崩溃导致电网黑网。

## 2 直供电独立电网架构

某工业园区已建成  $2 \times 45$  万吨电解铝生产线, 并配套建设  $6 \times 350$  MW 火力发电机组, 采用了大机组对大槽型的直供电电网模式。此电网运行特征是内部电气参数耦合密切, 和大电网的联系一般是通过几条联络线进行功率交换, 该独立电网与大电网联网和自身孤网两种运行方式并存且相互切换频繁。

## 3 直供电独立电网 AVC 控制技术

### 3.1 联网下联络线无功趋零控制技术

联网状态时, 二级电压控制采用联络线无功趋零控制算法, 算法控制函数为:

$$\begin{cases} \min \sum_{i=0}^n Q_i \\ \text{s.t. } h(u, x) = 0 \\ g(u, x) \leq 0 \end{cases}$$

以铝铁一回和铁兴线为联络线, 计算出联络线的无功潮流总加  $Q_t$ , 根据联络线无功的控制目标值  $Q_0$ ,  $u$ , 将调整量按照功率因数原则分配到 AVC 可控的机组中, 也就是给机组单次分配的最大无功调整量当联络线无功总加满足  $Q_0 < Q < Q_t$  条件时, 无功调整量为 0。

微网在联网下是无限大电网的运行特性, 传统的电压控

【作者简介】李道德(1987-), 男, 中国湖北恩施人, 本科, 工程师, 从事电力电网系统方向的研究。

制是三级电压控制<sup>[1]</sup>。本控制方法实现了电厂电压控制器母线电压、单机无功、全厂无功控制等多种模式的统一建模，基于实时拓扑分析实现各种工况下电厂并列母线控制点自动识别与选择，保证控制的可靠性和灵活性，具体见图 1。

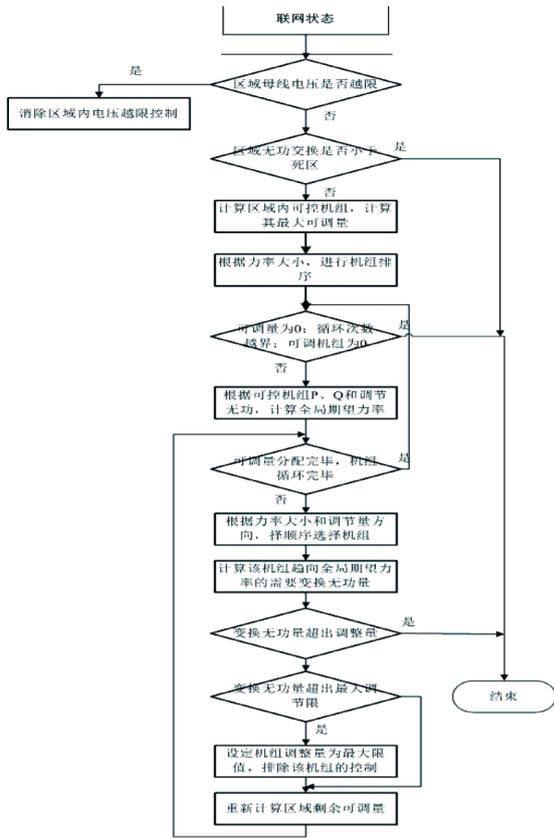


图 1

联网状态联络线无功趋零控制策略具体表现见表 1。

表 1

总体状况	情况描述	控制结果
区域联络线无功交换大于 (基值 + 死区 (1MVar))，区域无功流出	区域内中枢或控制母线电压越上限死区	电厂机组的无功调整量应为正值，消除电压越限方向
	区域内中枢 / 控制母线电压正常；区域联络线无功交换值大于 (基值 + 死区)	电厂机组的无功调整量应为正值
	区域内中枢 / 控制母线电压正常；区域联络线无功交换值在基值死区之间	电厂机组无功调整量为 0
区域联络线无功交换小于 (基值 - 死区 (1MVar))，区域无功流入	区域内中枢或控制母线电压越下限死区	电厂机组的无功调整量应为正值，消除电压越限方向
	区域内中枢 / 控制母线电压正常；区域联络线无功交换值小于 (基值 - 死区)	电厂机组的无功调整量应为正值
	区域内中枢 / 控制母线电压正常；区域联络线无功交换值在基值死区之间	电厂机组无功调整量为 0

### 3.2 孤网下中枢母线电压设定跟踪控制技术

孤网情况下，AVC 系统将采取区域电压控制方式，设置控制区域内的中枢母线，主站 AVC 系统根据电网运行方式自动拓扑，选择中枢母线其中一条为值班母线，作为 AVC 电压控制方式的电压基准。根据当前设置的电压目标值  $U_0$  和控制死区  $\Delta U$ ，得到电压控制的上限值  $U_{max} = U_0 + \Delta U$  和电压控制下限值。主站 AVC 系统根据联网运行条件下电压无功的关系  $C_x$ ，计算出中枢母线电压越电压控制上限值和电压控制控制下限值需要的无功调整量。将调整量按照功率因数原则分配到 AVC 可控的机组中，机组无功控制的最大步长为 8Mvar，也就是给机组单次分配的最大无功调整量为 8Mvar。当中枢母线电压在电压控制上限和电压控制下限范围内时，无功调整量为 0，机组维持当前无功值运行，具体见图 2。

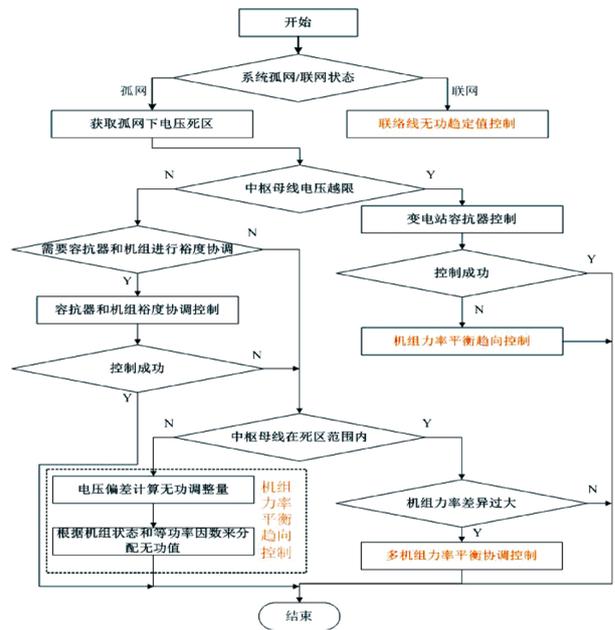


图 2

孤网状态下中枢母线电压稳定死区控制策略具体表现见表 2。

### 3.3 联网和孤网的平滑控制过渡

当直供电独立电网从联网切换至孤网模式下，且孤网与外网的交换功率较大时，断网后的孤网电压变化较大，极易发生电压崩溃事故，正常运行方式下的断网过程是调整孤网内电源点功率，使联网联络线的交换功率趋向 0，才能保障断网后孤网的正常运行状态。当发生异常运行方式下的断网时，联网下联络线无功趋零技术能够保证联络线的无功交换较小，再结合联络线有功交换趋零的 AGC 控制技术，可以为联网切孤网模式提供更好的技术支持和安全保障。

当直供电独立电网从孤网切换至联网模式下是由人工操作来实现的，能够保证并网前孤网的电压、频率实时值和大电网基本一致。AVC 在孤网下中枢母线电压设定跟踪技术

能够将孤网的运行电压保持在合理控制区间,再结合孤网下频率保持的 AGC 控制技术,为孤网投入联网提供了较为稳定的并网条件<sup>[2]</sup>。

表 2

序号	总体状况	情况描述	控制结果
	区域电压越限校正控制	区域内中枢或控制母线电压越下/上限; 电厂母线处于增/减磁闭锁状态(该电厂母线所关联的机组处于增/减磁闭锁状态)	电厂机组的无功调整量应为 0
		电厂母线未处于增/减磁闭锁状态; 中枢母线或电厂母线具有相反的越限状态	电厂机组的无功调整量应为 0
		区域内中枢或控制母线电压越下/上限; 电厂母线未处于增/减磁闭锁状态	电厂机组具有增/减无功的调整量
	区域中枢越电压控制死区控制	区域内中枢/控制母线电压不越限; 区域内中枢母线电压越电压控制死区下/上限; 电厂母线处于增/减磁闭锁状态(该电厂母线所关联的机组处于增/减磁闭锁状态)	电厂机组的无功调整量应为 0
		区域内中枢/控制母线电压不越限; 区域内中枢母线电压同时越电压控制死区下/上限;	电厂机组的无功调整量应为 0
		区域内中枢/控制母线电压不越限; 区域内中枢母线电压越电压控制死区下/上限; 电厂机组未处于增/减磁闭锁状态	电厂机组具有增/减无功的调整量
	区域正常	区域内中枢/控制母线电压不越限; 区域内中枢母线电压在控制死区内; 电厂机组的力率差值未达力率平衡阈值	电厂机组的无功调整量应为 0

(上接第 98 页)

因为在低压侧装上了电容器,无功电流由电容器提供,所以在进行电网设计时,仅考虑有功电流即可,如此可大大节省变压器及输电线路的投资。对于已有的电网,也能够提高电网的出力。例如,一条配电线路损率为 10%,功率因数由 0.7 提高到 0.95,线损率减少 4.57%;一台容量为 630kVA 的进线变压器功率因数由 0.7 提高到 0.95,变压器可增容 25%,按每 kVA 为 4000 元计算,可节省 63 万元此外每年还可节约一笔额外的线损电费。

## 8 结语

无功补偿对提高功率因数、改善电压质量、降损节能、

## 4 现场实施方法及应用

在中国“铝电联营”等经济运行模式下,围绕电解铝或矿厂负荷为中心修建的自备电厂等共同组成的微型电网系统<sup>[3]</sup>。直供电独立电网 AVC 控制在酒钢嘉北铝电网直供电系统得以应用。

试验结果如表 3 所示(中枢电压调节死区暂时设置为 1kV)。

表 3

控制时间	某铝 1# 开关站当前电压 (kV)	某铝 1# 开关站电压目标值 (kV)	当前 5# /6# 机组无功 (MVar)	5# /6# 机组无功目标值 (MVar)	策略执行后 5# /6# 机组无功 (MVar)	策略执行后某铝 1# 开关站电压调整量 (kV)
17: 45	345.3	344	131/128	121/118	123/119	344.2 (下调)
17: 50	344.2	346	123/119	133/129	132/127	345.2 (上调)

## 5 结语

针对直供电独立电网系统,在联网网架模式下 AVC 控制技术采用联络线无功趋零控制技术实现自动电压调节控制;在孤网网架模式下 AVC 控制技术采用中枢母线电压设定跟踪控制技术实现自动电压调节控制;两种控制技术可以进行平滑切换。该技术已在酒钢电网获得应用,取得了预期的效果。

## 参考文献

- [1] 郭庆来,孙宏斌,张伯明,等.协调二级电压控制的研究[J].电力系统自动化,2005,29(23):19-24.
- [2] 陈建华.基于联网和孤网模式平滑控制过程的微网自动电压控制研究[J].电力设备,2015(9):56-59.
- [3] 王玉,徐和平,王怀明,等.电解铝重载孤网紧急控制优化方法[J].电力系统自动化,2004,38(21):121-126.

提高供电设备的出力都有很好的作用。只要坚持科技进步,加大资金投入,优化无功补偿配置,实现无功的动态平衡是完全可能的。

## 参考文献

- [1] 张文皓.用电系统无功负荷及其补偿方法分析[J].大众用电,2021,36(4):23-24.
- [2] 孟垂懿.无功补偿技术在智能电网中的应用[J].电工材料,2021(2):58-59.
- [3] 江兴平.无功补偿技术在电气自动化中的应用[J].电子技术与软件工程,2020(24):69-70.