

「电力系统」

万州电网AVC系统的建设与运行

文/万州供电公司 王小波 张长春 刘 钢

自动电压控制（AVC）是电网无功电压控制的重要手段。介绍了万州电网AVC系统建设及运行现状，重点阐述了万州电网AVC系统的功能特点、控制模式、控制策略和运行效果。运行情况表明地区电网AVC系统可以减轻调控人员工作压力，提高电压合格率，保证电网经济、安全运行。

自动电压控制（AVC）主要是根据电网实时运行方式，在保证电网安全的前提下，对电网无功装置进行协调优化控制，提高电压质量，降低网损，提高电网运行的经济性。近年来，基于地区电网的AVC系统已在全国各地的供电公司投入使用。

截至2014年3月初，万州电网监控区包括11个220 kV变电站、8个110 kV变电站和8个35 kV变电站，基本实现综合自动化厂站、无人值班厂站在万州电网的全面覆盖。万州供电公司于2012年对地调调度自动化系统进行扩建改造，在集成电子IES-600调控一体化系统平台的基础上，建设和完善AVC系统功能，以满足调控一体化的需求。

万州地调AVC系统功能

万州电网属于地区电网，地调AVC系统可实时接收重庆市调对220 kV变电站高压侧关口功率因数命令，使万州电网无功控制满足重庆电网的要求。地调AVC系统通过监视关口（一般是指220 kV变电站）的功率因数和变电站母线电压，在保证母线电压和功率因数合格的条件下进行无功电压优化计算，通过改变电网中可控无功电源的出力、无功补偿设备的投切和变压器分接头的调整来协调上级调度完成电压无功的分层控制。

系统从SCADA侧获取实时数据，并对数据进行滤波，并进行网络拓扑分析，再对网络进行动态分区，自动生成监控点。根据当前电压情况、关口功率因数情况和灵敏度计算结果，查找可以使用的控制设备，产生控制方案。控制流程如图1所示。

地调AVC系统主要功能如下：

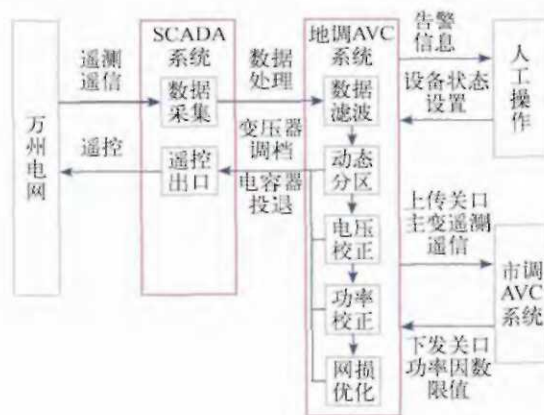


图1 万州地调AVC系统控制流程

(1) 控制参数设置

AVC可通过支撑平台进行控制参数设置，设置完成后应首先在离线状态下进行验证，验证正确后才能装载到实时控制运行，以确保控制参数的安全性。控制参数设置包括控制厂站、控制母线、控制变压器、控制电容器/电抗器、控制发电机、电压限值和功率因数限值等离线维护及在线修改等功能。

(2) 实时数据处理

AVC系统周期性读取电网运行实时监控提供的遥测、遥信等实时数据，并具备实时数据处理功能，能对错误或无效量测进行过滤或屏蔽并进行告警，以保证控制数据源的准确性。

(3) 网络拓扑分析

系统根据获取到的刀开关和开关的实时通信状态，进行拓扑分析，对网络进行动态分区，自动生成监控点。系统初次启动时，会自动进行一次拓扑分析，生成监控点。运行时AVC根据

SCADA遥信信息,实时跟踪电网运行方式的变化,以220 kV关口变电站为中心,将全网分成彼此间无功电压电气耦合度小的区域电网。

(4) 灵敏度计算

系统单独启动一个线程,使用获取到的状态估计数据和设备参数进行潮流计算,模拟每一个可以操作设备操作后区域内的潮流情况。系统根据灵敏度计算结果,判断与各设备相关联的母线电压的变化情况、关口功率变化情况及区域内网损变化情况,预估操作效果,给控制策略提供量化的参考。

(5) 安全与闭锁策略

AVC应该考虑足够的安全与闭锁策略,能准确判断和可靠闭锁,并且具有语音报警功能。

(6) AVC上下级协调控制

地区电网AVC支持与上级电网AVC协调控制,保证整个互联电网的电压安全和质量,实现无功的分层分区平衡,降低网损,满足多级互联电网的运行要求。

(7) 统计查询功能 (avcquery)

提供按年、月、日查询功能和界面,可以分区、分时查询和导出厂站的控制方案、设备闭锁信息、设备动作次数和厂站电压合格率,用来对AVC系统运行及调节情况进行分析评估。

(8) 服务端 (avcserver) 与客户端 (avccclient)

界面相互独立功能

服务端主要提供给自动化维护人员使用,如修改电压限值、功率因数限值以及对系统参数的设置;客户端主要是给调控人员使用,如设置变电站、设备工作状态和设备的闭锁状态。

AVC系统控制模式与控制策略

1. 控制模式

控制模式分为优化控制模式和分区控制模式两种模式。状态估计合格率保持在90%以上进行优化控制,90%以下进行分区控制。

优化控制模式主要功能为电压校正控制、功率因数校正控制和网损优化控制。万州电网控制模式优先顺序为“电压校正控制”>“功率因数校正控制”>“网损优化控制”。

分区控制模式时,当电网部分遥信、遥测数据出现问题使优化计算不能完成时,系统自动切换运行方式为基于规则的分区控制。这种运行方式下,系统可以根据设定的电压、功率因数限值

进行变电站级别的无功、电压控制,保证系统的连续稳定运行。在分区控制模式下可根据自定义的控制规则实现对厂站功率因数以及电压的控制。

2. 控制策略

(1) 变电站母线电压的校正控制

对监控点电压进行监视,当出现电压越限时,根据优化计算的结果产生校正控制方案,通过并联补偿设备的投切和变压器分接头的调整来保证监控点的电压在规定运行区间内。

(2) 关口功率因数的校正控制

对系统关口的功率因数进行监视,当超过给定的运行范围时,根据优化计算的结果选择投切某个并联补偿设备来控制功率因数,保证电压变化不大,网损增加最少或减少最多。

(3) 网损的优化控制

在电压和功率因数都合格的情况下,通过对设备的电压、网损及关口功率因数的灵敏度分析和综合调整指标来选择控制设备。当网损减少小于控制死区值时不控制,根据典型日的负荷曲线预测设备投入或切除后至下一次切除或投入的时间,根据此计算优化电量,如果节约的费用大于设备的控制费和死区时才提出方案。对设备的控制保证电压合格,同时不引起电压的太大变化。

AVC系统运行效果分析

目前,万州地调AVC系统运行情况良好。AVC系统的顺利运行,从根本上解决了人工监控的弊病,不仅保证了电网电压质量、提高了功率因数水平,也统筹考虑了网损的降低,达到了预期的控制目标。

1. 减轻调控人员工作量,提高劳动生产率

表1列出了2013年万州电网1月至12月设备累计动作次数、AVC操作动作次数和人工操作动作次数。

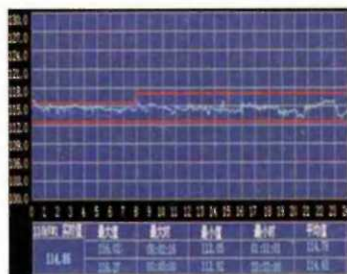
由表1可以看出,为满足电压合格及无功要求,降低电压损耗,变压器档位和电容器/电抗器的调节量较大,以前均是先调控人员人工判断电压是否越限,再调节变压器档位和投切电容器,费力费时。AVC系统投入运行后,系统根据实时运行方式,通过灵敏度计算,自动调档和投切电容器/电抗器,从而调整电压,必要时也需要调控人员进行干预,保证AVC系统正常运行。

表1 2013年万州电网AVC系统运行情况

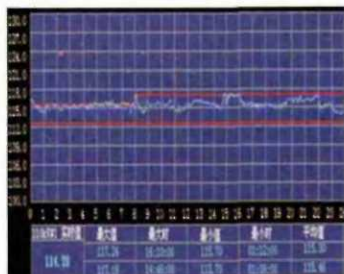
月份	设备累计 动作次数	AVC操作 动作次数	人工操作 动作次数
1月	3 191	2 897	294
2月	2 750	2 447	303
3月	3 011	2 578	433
4月	3 005	2 590	415
5月	2 493	2 091	402
6月	2 675	2 058	617
7月	2 702	1 807	895
8月	3 177	2 432	745
9月	1 858	1 054	804
10月	1 967	1 525	442
11月	1 918	1 614	304
12月	2 148	1 589	559

2. 提高电网电压合格率, 保证电网安全运行。

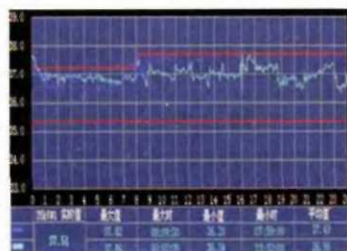
2013年110 kV七桥站各级母线电压在AVC系统闭环前后的运行情况对比如图2所示。



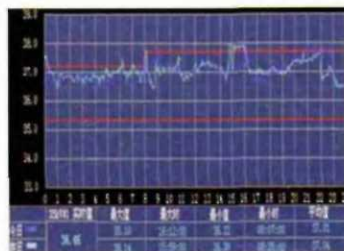
(a) 11月6日110 kV1母电压曲线



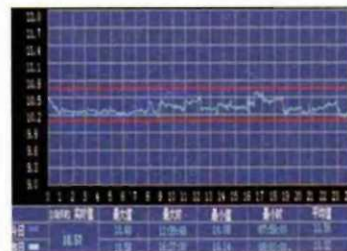
(b) 10月6日110 kV1母电压曲线



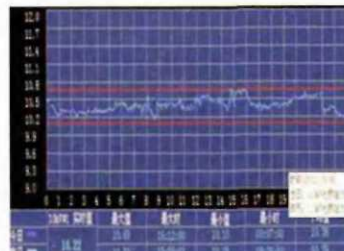
(c) 11月6日35 kV1母电压曲线



(d) 10月6日35 kV1母电压曲线



(e) 11月6日10 kV1母电压曲线



(f) 10月6日10 kV1母电压曲线

图2 七桥站各级母线电压情况

从对比情况上得出以下结论:

1) AVC系统闭环运行后, 在电网负荷低谷时段的23点至次日凌晨8点, 母线电压控制较为平稳, 负荷高峰时段的9点至22点, 电压曲线比较平滑。AVC系统在谷段时期, 相比人工调节, 系统调压比较及时, 显示出较大的优势。

2) 在设置了合理的电压控制上下限值后, AVC系统基本上能够将10 kV母线电压基本控制在上下限范围之内, 这说明AVC系统发挥了应有的作用。

3) 由于冲击负荷造成母线电压短时越上下限时, AVC系统能够保证及时投退电容器, 但这种电压变化往往时间较短, 而此时自动调节比人工调节在响应速度上更快捷。

3. 操作界面友好、方便, 维护简单

调控人员对AVC系统运行监视时只需要使用客户端, 优化计算在后台进行, 人机界面以对话框形式弹出控制命令和执行情况。图形化的界面方便调控人员使用, 语音报警提醒调控人员注意作出应急处理。

4. 与市调AVC系统协调控制

目前已完成万州地调AVC与重庆市调AVC协调控制工作, 通信正常, 万州地调AVC处于远方控制模式下, 市调主站实时下发220 kV变电站关口功率因数, 地调AVC系统接收, 作为优化计算的约束条件, 得到优化控制策略, 将进一步提高电压合格率, 保证电压质量, 无功、网损也将得到优化。

结束语

AVC系统是保证电网电能质量的重要手段, 可以极大减轻调控人员的工作量, 对提高万州电网电压质量、提高无功管理水平具有重要的意义。万州地调AVC系统投运已有一年时间, 运行效果比较好, 但也存在某些厂站遥控成功率不高、控制策略不合理等问题, 将在以后不断优化控制策略, 完善系统功能, 让AVC系统发挥出越来越大的作用, 更好地为电网服务。EA

(收稿日期: 2014.12.25)

[责任编辑: 刘群彦]