[AVC]

发电厂AVC与励磁系统配合关系探讨

文/京能集团山西漳山发电有限责任公司　杨　奇　秦卓欣

针对电网规模日益扩大，电力系统自动电压控制（AVC）功能的不断完善，而发电厂AVC功能是由励磁系统实现的。从AVC与励磁系统的控制关系出发、对其限制条件逐一分析比较，并就各种限制之间的配合关系、实现方法提出了一些建议。

随着电网规模不断扩大、装机容量迅速增长，对提高电网电压质量、降低系统网损、提高电压稳定的要求日益强烈。电网统一的自动电压控制（AVC）是进一步提高电网电能质量，安全稳定、优质经济运行，维护电力企业合法权益的有效措施。而发电厂AVC功能的实现最终由励磁系统完成，因此实际运行中需考虑AVC与励磁系统间的配合关系。

发电厂AVC与励磁系统的关系

1．电力系统电压分层控制

电力系统电压控制由单元控制、本地控制、全网协调电压控制构成。

单元控制：控制时间为毫秒～秒级，由发电机组励磁调节器通过保持输出变量尽可能的接近设定值，补偿电压快速和随机的变化，以保证机端电压等于给定值，类似于机组一次调频，单元控制必须是自动的。

区域电压控制：控制时间为秒～分钟级，由该区域的一台或多台发电机通过无功闭环联合控制，实现对区域内枢纽母线电压慢速变化的调节。

全网协调电压控制：控制时间为分钟~小时级，一般为15～30 min，以全网安全、经济运行为优化目标，以状态估计和无功电压优化算法为基础，给出各区域中枢节点电压设定值。

发电厂AVC正是基于上述电压分层控制而实现，通过AVC主站、AVC子站、机组励磁系统共同实现系统母线电压调整。如图1所示。

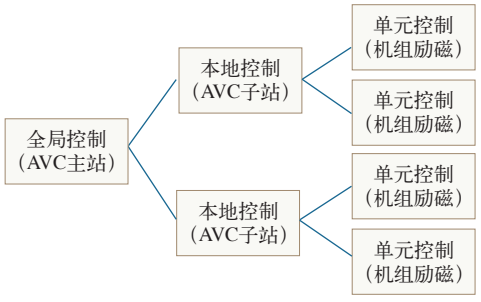

图1　电力系统电压分层控制结构图

2．AVC的控制流程

电网调度中心以系统母线电压作为AVC调节的目标，而发电厂是通过对励磁电压、励磁电流的调节来间接实现系统母线电压的控制。具体实现方式如图2所示，FVR/FCR通过励磁电压或励磁电流的闭环调节控制发电机转子电压或电流，AVR通过改变发电机转子电压或电流实现对机端电压的闭环调节，而AVC将系统母线目标电压按一定的计算方式转换为发电机组的无功功率目标或直接给定机端电压目标，通过无功闭环或机端电压调节实现对系统母线电压的控制。

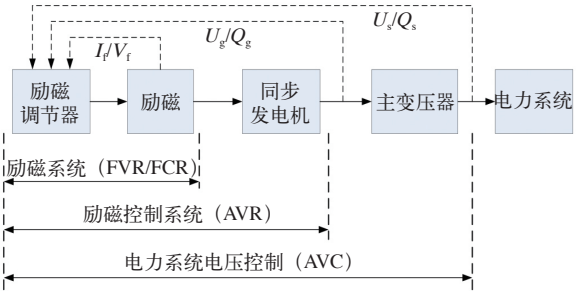

图2　励磁系统对电力系统电压控制示意图

AVC功能的实现最终需通过对励磁系统的调节而完成。由2014年7月常山燃机#1机组因AVC未设置内部通讯故障闭锁，在50%负荷时发生通信故障导致母线电压不刷新，AVC判定调节未到位，机端电压持续上升，同时励磁系统限制也未动作，最终导致机组跳闸的事故可以看出：实际运行中AVC的有功、无功，机端电压等限制因素应该与励磁系统的限制合理配合，以避免AVC约束条件超出励磁限制范围，而励磁限制又失败时造成严重后果。

发电厂AVC与励磁配合关系探讨

1．励磁系统数据采集

励磁系统采集的实时运行数据包括：发电机机端电压、定子电流、有功功率、无功功率、转子电流等。电压、电流类数据要求精确0.2%，功率类数据要求精确0.5%。一般情况下励磁系统与AVC采集的发电机机端电压、电流、功率等数据非同源，但应特别注意AVC闭锁用的发电机机端电压、定子电流、有功功率、无功功率、转子电流等数据应与励磁系统采集到的数据一致。

2．励磁系统限制

1）定子电流限制

定子电流限制可以区分为进相、滞相过流限制，根据进相侧和滞相侧运行区间分别设定限制参数。限制方式有定时限、反时限两种，限制值可按照不超过发电机过负荷保护定值设置，定时限部分一般为1.05～1.10倍发电机额定电流。

2）低励限制器（包括P/Q限制、最小励磁电流限制）

P/Q限制：用于防止发电机进相深度过大而失去静态稳定，定子绕组端部磁密过高引起发热，机端电压、厂用电电压过低致使机组异常运行。一般低励限制曲线可以整定成一条直线，或几段折线（N点拟合曲线），现场应用多为多段折线（曲线），实际限制值依据进相试验数据整定。

进相试验一般限制条件：

a.试验发电机定子电压不得低于0.9 pu 。

b.试验发电机高压厂用电电压不得低于0.95 pu。

c.试验中发电机定子电流的限制值为1.0 pu。

d.试验发电机功角δ应限制在70°以内。

e.试验发电机定子铁心及端部绕组温度低于100℃。

最小磁场电流限制器：在可能在较深的进相状态下运行，对应的励磁电流有可能接近于零。在这种情况下，最小磁场电流限制器确保磁场电流不小于最小限制值，限制值可根据最大进相深度时的励磁电流设定。

3）过励限制器（包括空载过励限制、负载过励限制）

空载过励限制为防止空载误强励引起设备损坏，负载过励限制功能是用于防止发电机运行中励磁电流长时间过大，而导致发电机转子绕组过热而损坏。限制方式有定时限、反时限两种，定时限动作值按照不超过发变组转子过负荷保护设定，不应超过1.1倍额定励磁电流；反时限部分可按保证强励时10 s时间内2倍额定励磁电流设定。

4）V/Hz限制器

V/Hz限制为防止电压过高或频率过低引起发电机或主变的过励磁将造成铁心过热，因此在励磁调节器内部设置了V/HZ限制器即过激磁限制器。限制方式有定时限、反时限两种，定时限一般取1.05～1.10倍，反时限限制值可设定为低于发变组保护过励磁动作值。

5）过电压限制

过电压限制防止发电机过电压，一般为定时限。可按照不超过发电机额定电压的1.05倍设定。

3．AVC数据采集

AVC子站需获取的模拟量数据包括：发电厂主变高压母线电压、发电机端电压、定子电流、有功功率、无功功率、转子电流、高压厂用电母线电压。其中，电压类数据、电流类数据要求精确0.2%，功率类数据要求精确0.5%。AVC子站实时运行数据优先采用RTU/NCS等系统同步数据，推荐使用104规约，没有条件使用104规约设计的，必须使用101规约，数据通信要求数据源数据变化死区为0。

采集的开关量数据有：相关机组开关、刀开关信号，励磁系统正常、异常、限制信号，发变

组保护动作信号等。

AVC子站采集数据的要求：

1）能够处理实时数据的量测质量，检查错误量测、开关状态，并列表显示，对重要数据具备错误报警功能，防止使用无效量测。

2）具备数字滤波功能。对所生成数据进行数字滤波，保证无功电压控制数据源的准确性，防止数据突变引起误控。

3）为了保证AVC控制的安全性和可靠性，防止由于量测的原因造成AVC子站系统误调节，AVC子站对用于无功电压控制的电厂主变高侧母线电压和机组无功出力等关键量测必须具备双量测。当AVC子站检查到双量测偏差大于允许的限值时，应暂停AVC控制，同时相应机组的AVC下位机的增磁或减磁闭锁信号应为闭锁。其中应特别注意主量测的选取原则必须与中调AVC主站所选主量测同源。

4．AVC的闭锁条件及与励磁配合

在机组投入AVC运行时，应保证发电机的电压、电流、功率等参数在正常范围之内，当机组运行出现异常情况时应闭锁AVC调节，以保证机组安全可靠运行。AVC闭锁条件如下：

1）系统及自身闭锁：与主站通信中断、系统振荡、增减磁同时出现、控制超时等，无需与励磁系统配合。

2）开关量闭锁：励磁系统中过励限制、欠励限制、V/Hz限制、定子电流限制、发电机机端电压限制等闭锁增减磁的信号，励磁系统运行异常或退出自动运行方式的信号，发变组保护动作等信号均应该直接或间接（经DCS）送至AVC，AVC对相关信号逻辑处理后闭锁自身对励磁系统的调节。

3）模拟量闭锁：发电机组定子电压、定子电流、有功功率、无功功率、转子电流、高压厂用电压、主变高压侧电压等，一般采用定时限方式，设定值可按照与励磁设定值5%～10%的极差配合。

a.发电机定子电压高限应小于励磁系统过电压限制值，可设为1.03～1.04 pu，低限应大于进相试验时发电机最低机端电压，可设为0.91～0.92 pu。

b.发电机定子电流应小于励磁系统定子电流定时限限制设定值，可设定为发电机额定电流。

c.发电机最大励磁电流应低于过励限制定时限设定值，可设为发电机额定励磁电流，最小励磁电流应大于进相试验时的最小励磁电流限制设定值，可取1.05~1.1倍最小励磁电流设定值。

d.发电机组无功高限可按照不超过发电机额定无功功率设定，无功低限建议采用几段折线（曲线）的形式，曲线在发电机运行*P*/*Q*平面上应高于励磁调节器*P*/*Q*限制曲线，对应同一有功功率下的无功设定值可可按照励磁无功设定值的90%～95%设定。（例如：励磁系统*P*＝300 MW时*Q*设定为－50 MW，此时AVC在*P*＝300 MW时，*Q*可设定为－45～－47.5 MW）

e.发电机组高压厂用电压高限设定值可设定为1.05 pu，低限应大于进相试验时高压厂用电压最低电压，可设定为0.96 pu。

f.发电厂主变高压侧母线电压按照调度要求设定，无需与励磁系统配合。

DCS与AVC、励磁接口要求

AVC子站与发电机励磁系统接口应满足两种方式，即励磁调节信号可直接输出至发电机的励磁调节器（AVR），可以输出至电厂DCS系统，再由DCS系统通过AVR对发电机励磁进行调节。但为保证机组安全运行，AVC投运后不应将运行人员对于机组无功的调节控制权限全部取消，而是应当允许其在一定的前提条件下可以根据机组运行情况直接进行主动干预，因此建议通过DCS接入AVC子站，AVC通过DCS系统控制切换逻辑，借用原AVR控制物理通道调控AVR，严禁AVC新增AVR控制通道与原DCS系统AVR控制通道物理并联。

同时励磁系统状态信号可先送至DCS，经DCS逻辑处理后再送至AVC，可减少励磁、DCS与AVC与之间的状态量传输，提高运行可靠性。

励磁系统状态信号应该以无源接点方式输出至DCS或AVC子站。AVC增减磁输出信号也要求使用无源节点，以脉宽、脉冲信号输出，可适应各种AVR的接口特性。但由于脉宽方式在接点发生粘连，会导致机组运行不稳定甚至非停，因此建议AVC输出为脉宽可调的脉冲信号，并且两次发出的脉冲间隔的时间可调。

结束语

本文根据AVC及励磁系统运行状况对其限制条件逐一比较分析，并对其配合关系提出了一些建议，通过其合理配合可有效提高发电机组及电力系统运行的可靠性。**EA**

（收稿日期：2016.10.31）

（编辑：白文亭）