

浅谈调度自动化D5000系统应用

马博 李彦璐

国网西安供电公司

摘要：电网调度自动化是适应电网发展需要，支持电力走向市场的主要技术手段之一，电网技术发展愈加迅速和成熟，电力调度主站系统的智能化水平就越来越高。本文从平台建设、硬件结构和软件结构三个方面进行了D5000系统体系简介，从数据库模块、数据采集子系统以及AVC的应用探讨了D5000系统在电网中的应用，并指出了电力调度自动化系统今后的发展方向。

关键词：D5000系统；智能电网；调度自动化技术；AVC

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.06.227

一、引言

电网调度自动化技术是保障电网稳定与安全运行的重要手段，加强电网调度自动化技术应用与发展的研究对提高电网调度工作质量与效率，维护电网运行的稳定与安全至关重要。电网调度自动化技术是在计算机技术、网络技术、电子通讯技术等科学技术创新发展与应用的基础上产生的用于保障电网运行安全、稳定与可靠，实现电能科学配置的自动化电网控制技术，贯穿了发、输、变、配、用等电力系统的各个环节^[1]。

二、D5000系统的体系简介

我国电网调度自动化系统的发展历程如图1所示^[2]。现在最为成熟且得到广泛应用的调度自动化D5000系统是基于OPEN3000系统研发而成的应用于智能电网调度工作中的电网调度自动化系统，该系统应用了当前先进的软件研发技术与行业标准，系统运行质量、运行安全、运行效率得到大幅度提升，有效满足了电力企业“大运行”体系建设需求，促进了电网调度远程操控、自动化预警、智能化管理的一体化发展^[3]。

1. D5000系统平台建设

D5000系统采用国产安全操作系统和国产安全数据库等基础软件，以面向服务的体系结构，按照应用和数据集成的理念，构造统一支撑的数据平台和应用服务总线，实现数据整合和应用功能整合，构筑具有集成化功能的实时监控与预警、调度计划、安全校核和调度管理类应用，实现了实时监控、在线稳定性分析、调度业务管理等功能。标准化、一体化基础平台是整个系统的基础，也是整个系统建设的重点和关键点。系统采用统一的平台规范标准以及接口规范标准，通过标准化实现平台的高度开放性。基础平台在图形、模型、数据库、消息、服务、系统管理等方面提供标准化的应用接口，为各种应用提供统一的支撑，为系统功能的集成化打下坚实基础，为开发新应用、扩充功能和可持续发展创造条件。其子系统包括：能量管理系统、动态稳定预警系统、广域相量测量系统、电力计划管理系统、调度员培训模拟系统、水调自动化系统、继电

保护及故障信息管理系统、调度生产管理信息系统、电力调度数据网络系统、雷电监测系统、电网稳定自动控制装置、微机继电保护装置、电网仿真计算系统、变电站自动化系统、发电厂计算机监控系统等^[4]。

在平台建设中，电力调度系统为通过提高调度驾驭大电网的能力来适应电网快速发展和电网安全稳定运行，通过优化调度资源配置能力来适应节能发电调度和资源配置需求。此外，在频发自然灾害给电网运行造成的巨大影响的地理区域，通过建设备用调度体系N-1来建构预警方案^[4]。

2. D5000系统硬件结构

D5000系统的体系结构分为硬件层、操作程序层、支撑系统层和应用层四个层级，如图1所示^[5]。硬件层作为调控一体化系统最重要的基础，采用国家指定、安全可靠的网络通信设备和安全防护设备以及数据传感器，一般均采用国内品牌。操作程序层是最重要的人机交互层面，基于Windows、UNIX等操作系统进行开发，提供科学、合理、高效的工作和信息交互环境。数据库的组建也是采用国内制造，以此确保信息系统的安全性。支撑系统层可以概括为数字化监控、信息交互、公共服务以及功能管控四个层面，为上一级应用层提供需要的各类服务，类似于电脑主机的进程与总线。应用层涵盖了目前电网调度监控需要的主要功能，包括SCADA、EMS、AGC、PAS等，在此基础上还可能进一步开发新应用和算法^[4]。

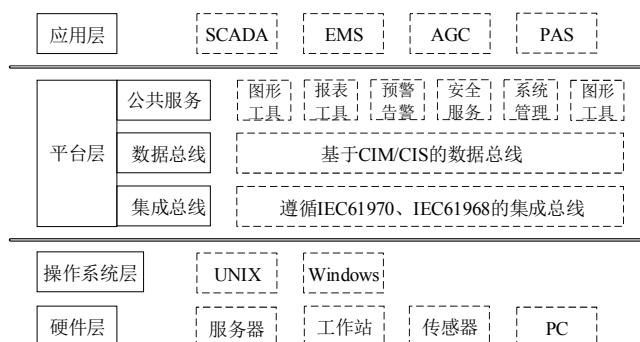


图1 D5000系统结构体系设计

3. D5000系统软件结构

调控一体化构架中，软件的构架是其重要的组成部分，需要由统一的技术应用平台有效地把软件的先进性和实用性功能得以进一步的实施，并在设计和配置上优化模块化应用，使调控系统的智能化、开放化和灵活化得以更好的发挥。其软件构架的建设包括调度与监控一体化的图模库、一体化的图形服务以及一体化的数据服务和一体化的报警服务及曲线服务、报表服务等。通过软件构架的建设，实现了现实应用功能的灵活配置，对不同业务对象具备了不同的信息发布功能，实现了适应调度、远程控制和运维一体的三级管理一体化^[6]。

三、D5000系统在电网中的应用

能量管理系统（Energy Management System, EMS）

电网调度自动化系统的中枢神经，目前应用较为广泛的是为分布式系统，通过网络将EMS各服务器和工作站等设备连接在一起，实现数据的采集、监控和共享。系统主网采用高速负载平衡的双以太网，整个系统由SCADA服务器、商用数据库服务器、前置数据采集子系统、工作站子系统、局域网子系统、PAS服务器、AVC服务器、DTS服务器和Web服务器等组成。

（一）D5000系统数据库模块

D5000系统的数据库采用自动同步的数据库模型，从功能选择上可以实现指定表和指定域的同步，其同步机制工具主要分为核心模块、日志模块和WEB模块。源数据库和目标数据库的相关信息都定义在WEB模块上，核心模块是WEB模块的运转的时候进行同步，日志模块将同步结果记录在日志模块上。数据库服务器一般安装关系型大型商用数据库，如Oracle、Sybase、DB2、Informix、SQL Server，用于存储历史数据、电网模型数据和管理数据。因存储数据量非常庞大，且实时性要求高，要求数据库服务器数据吞吐能力极强，磁盘容量大，可以存储海量数据。数据库服务器一般配置两台高档服务器，对于大型系统采用计算机集群和磁盘阵列存储技术，实现热插拔功能和多机热备用。

（二）数据采集子系统

数据采集子系统由前置服务器、终端服务器、通道板等组成，是SCADA系统中实时数据的采集中心，也是信息智能分配网络传输的核心。远方数据信号通过专线通道或网络通道输送到终端服务器或路由器，此时的数据信号没有经过处理，称为生数据，经过前置服务器处理后称为熟数据，将熟数据送入SCADA服务器，形成系统数据。

数据采集子系统也是整个SCADA系统与外部进行实时信息交换的桥梁和中心，实时数据既可以从RTU通道获得，也可以通过与SCADA系统相连的其他系统获得。

数据采集子系统支持专线通信、网络通信等多种接口方式，兼收并蓄。系统采集和处理采用不同通信协议的各类远方终端设备的数据、通过远方计算机通信的数据和外部系统转发的数据，并自动记录数据传输中出现的错误并统计误码率。同时，向各厂站RTU发送控制命令，向外部互联系统转发各种数据信息。

（三）AVC应用

1. 电网AVC概念介绍

电网自动电压控制（Automatic Voltage Control, 以下简称AVC）系统主要功能是在确保电网安全稳定运行前提下，保证电压和关口功率因数合格，尽可能减少线路无功传输、降低电网因不必要无功潮流引起的有功损耗。

AVC系统主要控制目标包括：确保电网安全稳定运行；保证电压和关口功率因数合格；尽可能减少线路无功传输、降低电网因不必要无功潮流引起的有功损耗；对电网内各变电所有载调压装置和无功补偿设备进行集中监视、统一管理和在线控制，提高效率、减轻调压劳动强度，提高无功电压管理水平。控制对象主要有载调压主变分接头、容抗器开关。

2. 电网AVC概念介绍

以典型单机系统为例，电压连接图如图2所示。

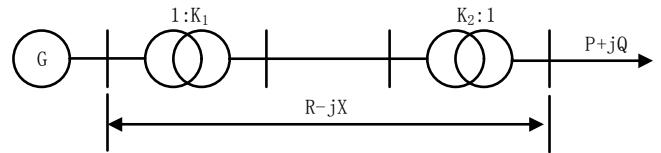


图2 单机系统负荷电压连接图

负荷节点电压U_b计算公式如下：

$$U_b = (U_G K_1 - \Delta U) / K_2 = (U_G K_1 - \frac{PR + QX}{U_G K_1}) / K_2 \quad (1)$$

AVC的调节手段是调节有载调压变压器抽头以及电容器开关，使电压和无功满足条件。通常通过改变发电机端电压U_G、调整变压器变比K、改善网络参数R和X、改善无功功率Q分布（减少无功传输）以减小压降、投切负荷端容抗器等措施，对负荷端电压U_b进行调整。AVC通过监视系统内各节点量测，对系统提出建议或控制。总体原则是电压优先，调压时兼顾无功，使系统电压在定值范围内、功率因素控制在合格、各站无功就地平衡。

九区图法控制策略是按照固定的电压和无功（或变电站进线端功率因数）上下限将电压、无功平面划分为九个区域，如图3所示。U是变压器低压侧母线电压，Q是变压器高压侧无功功率。Q越下限（功率因数超前）表示变电站向电网倒送无功，Q越上限（功率因数滞

后)表示电网无功不足, Q 的上下限之差应至少大于一组电容器容量。

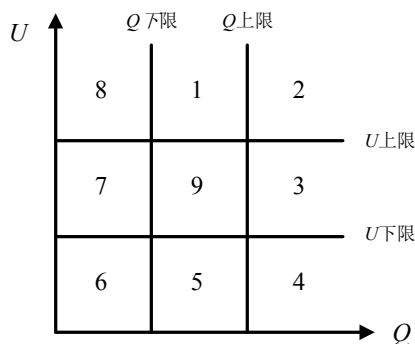


图3 九区图

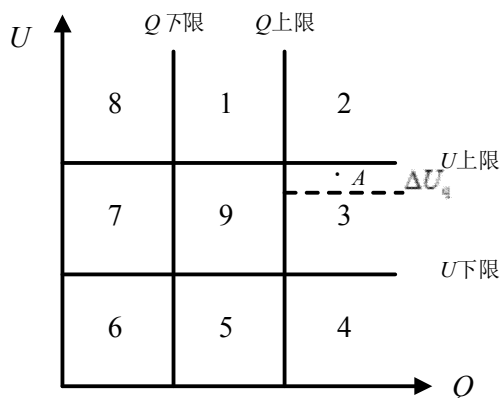


图4 改进的九区图

近上限而无功严重不足, 根据3区的控制方案, 将投入一组电容器进行无功补偿, 这将会引起电压升高, 从而使投电容后运行点可能进入2区而非9区(也可能进入1区); 装置再根据2区的控制方案(下调分接头降压)使运行点可能又回到 ΔU_q 小区, 如此反复, 从而产生振荡动作。

如果系统运行于B点(位于 ΔQ_q 小区, ΔQ_q 为上调一档分接头所引起的无功变化量), 电压越下限而无功接近上限, 根据5区的控制方案, 应先上调分接头升压, 引起无功变大, 则上调分接头后, 运行点有可能进入3区; 而根据3区的控制方案: 先投电容, 若无电容可投, 则下调分接头。如果无足够的电容可投, 则下调分接头, 运行点就又可能回到 ΔQ_q 小区, 从而产生振荡。采用九区图计算法控制电压无功的优点是原理明晰简单、可靠性较高; 缺点是只能控制单个厂站、全网协调性差。

四、总结

D5000系统作为当前国内最先进的智能调度技术支持系统, 其建设必要性和应用研究的价值都是不言而喻的。当前随着用电量的不断增加, 电力系统在运行过程中就容易出现供电不足等故障, 我国智能电网的建设还有许多亟待解决的问题和困难, 还需要更为深入的开展

有载调压变压器和并联补偿电容器的基本调节规律为: 变压器分接头上调(或下调)后, U 变大(或变小), Q 变大(或变小), 进线功率因数 $\cos\varphi$ 变小(或变大), 一般调节分接头对无功的影响不大; 投入(或切除)电容器后, Q 变小(或变大), U 变大(或变小), $\cos\varphi$ 变大(或变小)。

九区图法运用中需要考虑无功调节对电压的影响及电压调节对无功的影响, 避免机械性使用策略表造成振荡、装置频繁动作的现象。

如图4所示, 如果系统运行于A点(位于 ΔU_q 小区, ΔU_q 为投入一组电容器所引起的电压变化量), 电压接

故障诊断、安全评估、电压稳态实时预测、电网故障恢复决策等方面的课题研究, 在理论有所突破的基础上, 有效的应用于实际电网的智能调度支持系统中, 继续加大开发新系统的力度, 致力解决新面临的各种问题, 为经济社会的发展做出更大的贡献^[7, 8]。

参考文献

- [1] 铁冬雁. 电网调度自动化技术的应用与发展[J]. 山东工业技术, 2018(18): 181.
- [2] 闫卫国. 电力系统调控一体化系统及技术分析[J]. 电力系统及其自动化学报, 2018, 30(02): 144-150.
- [3] 田志斌. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J]. 中国新通信, 2017, 19(02): 70.
- [4] 田霖. D5000系统在电网的应用分析[J]. 科技与企业, 2014(22): 69.
- [5] 郑佳. 电力调度自动化系统在唐山电网的实践及应用[D]. 华北电力大学, 2014.
- [6] 吴毅翔. 福建电网500kV变电站D5000调控一体化系统应用[J]. 电工电气, 2015(05): 50-53.
- [7] 张吉. 电力企业中电网调度自动化技术的运用分析[J]. 黑龙江科技信息, 2017(17): 15.
- [8] 李国伟. 智能电网调度主站D5000系统的应用研究[D]. 华北电力大学, 2014.