

[控制系统]

# 调度员培训模拟系统的结构设计与应用分析

文/南京理工大学自动化学院 徐 丹 周雪莹 都洪基  
国电南瑞科技股份有限公司 谢恩彦

随着我国电网规模的扩大和电力市场改革的深化，电网的安全稳定运行显得越来越重要，培养出分析、处理问题高效、果断的调度人员显得十分重要，调度员培训模拟（DTS）系统应运而生。首先指出DTS系统具有真实性、一致性、灵活性、开放性、实用性和先进性的设计原则与优点，然后介绍了DTS系统的总体结构，该应用分为电力系统仿真、控制中心仿真和教员台三个功能模块，并详细说明了这三个模块的功能，最后阐述了DTS系统的主要功能和相关技术。

随着电力系统的规模和复杂度的不断升级，现代电力系统的运行变得越来越复杂，对调度员的要求也越来越高。如果按照传统的培训方式，要培养一个有经验的调度员，需要花费大量的时间和精力，这就促进了调度员培训模拟（Dispatcher Training Simulator，DTS）系统的研制。DTS系统是一种现代化、高科技的培训方法，它是用来为调度员重现一个在调度中心所面对的仿真调度环境，使调度员能够身临其境，从而接受教员对其进行日常调度操作和紧急事故处理能力的培训。

DTS系统是培训调度人员的计算机数字仿真系统，也是电力系统仿真与调度自动化相结合的一种系统，通过建立实际电力系统的数学模型，再现各种调度操作和故障后的系统工况，并将这些信息送到电力系统控制中心的模型内，为调度员提供一个逼真的培训环境，以达到既不影响实际电力系统的运行又使调度员得到实况演练的目的。

## 设计原则

### 1. 真实性

DTS能逼真地再现学员所在电网（内部网）的静态或动态过程，DTS与实际系统有一样多的发电机、调速器、励磁机、交直流线路、变压器、电

抗器、电容器、母线、开关、刀开关及负荷等发输变用电设备，以及继电保护、自动装置等二次设备，能选择各种不同的运行方式进行研究分析。在发生负荷变化、联络线潮流变化、发电机出力及电压变化、变压器分接头的调节及开关投切等各种事故时，DTS能真实地再现各种运行方式下的潮流分布，同时对操作或扰动作出快速的实时响应。

### 2. 一致性

DTS的控制中心模型（CCM）能完全一致地再现学员所在的控制中心计算机系统环境。产生一个数据采集手段与控制中心相近似的培训环境，即与控制中心有相似的显示器、操作台、监控内容和通信设备。学员受训时就会有一种身临其境的感觉，从而取得比较好的培训效果。这样有利于学员尽快熟悉他所负责的工作，提升系统故障时的快速反应能力。

### 3. 灵活性

DTS有灵活的培训支持功能，教员可以很方便地模拟各厂站值班员或外部电力公司的调度员执行学员下达的各种调度命令，也可根据培训需要任意设置故障，操作灵活方便，使系统能很快进入新的运行状态，工作效率高。DTS系统中有足够的教案可以演示，并可进行必要的培训控制和评

的运行方式可以在DTS上进行检验，各种运行方式要做到万无一失，要注意发挥实效。

3) 实际电网设备发展扩充时, 各种数据的录入很方便灵活、简便易行。

4) 要有较长的生命期, 未来电网发展后仍能用来进行电网的远景规划。

## 6. 先进性

在满足实用性的前提下采用新的计算机技术和先进的电力系统仿真技术。

- ## 总体结构

DTS系统结构如图1所示。



电网调度自动化系统的总称，包括SCADA系统、AGC与发电计划、NA和DTS系统。CCM为控制中心模型，也称控制中心模拟子系统，模拟实际控制中心的软件模块。

DTS应用分为电力系统仿真、控制中心仿真和教员台三个功能模块。调度员培训模拟功能模块及数据逻辑关系如图2所示。



各模块具体功能如下。

1) 电力系统仿真 (PSM) 包括电力系统稳态仿真、电力系统动态仿真、继电保护和安全自动装置仿真及数据采集仿真等。PSM对电力系统一次设备建立稳态和动态模型,实现对电力系统的暂态、中长期动态和稳态的仿真,同时对电力系统二次设备以及数据采集系统进行建模和仿真。

PSM可以从实时态中的网络分析获得实时方式,也可以通过基础平台获取保存的历史研究方式作为培训教案的初始断面;通过平台提供的统一模型管理中获得电网网络模型,支持基于在线模型和未来模型的仿真培训;同时还需要从平台提供的二次设备模型管理中获得电网二次设备模型。这些数据经过初始化的整合和处理,构成培训仿真的运行初始环境。

PSM中包含数据采集仿真。一方面可以将仿真的遥测、遥信传送给仿真态下的电网实时监控与智能告警模块,进而支持仿真态下网络分析、实时调度计划、电网自动控制等功能模块的应用;另一方面可以接受模拟的遥控、遥调及电网自动控制指令,模拟外部各类控制装置对电力系统仿真状态的作用和影响。

2) 教员台 (ICM) 功能模块提供仿真培训中的教案制作、培训控制及培训评估等功能。在教员台上可以编制教案,包括培训初始断面的调整制作和管理以及培训事件序列的制作和管理,支持培训过程的开始、暂停、继续、回退、重演及结束等各种控制操作,对培训过程信息进行记录,形成相应的报表资料,还可以对培训任务进行评估。

3) 控制中心仿真 (CCM) 用来模拟与实际电网运行控制系统相同的系统环境,其中包括稳态监视类、在线计算类及自动控制类 (AGC、AVC) 等应用功能。CCM是学员培训过程中的应用环境,能模拟调度端的各种数据采集处理和操作、控制功能,实现对仿真态下电网的监视和控制。CCM的数据和仿真电网侧数据一致,学员可以使用与EMS一致的用户接口和应用软件功能。

CCM中的电网实时监控与预警模块接收数据采集仿真的遥测和遥信作为输入,同时可以将遥控遥调操作、控制指令发送至PSM。CCM还可以构建实时调度计划仿真环境,模拟实时计划调整手段和效果。

在DTS三个功能模块之间存在大量的数据交互

以完成流畅的培训和培训全过程,主要数据流如图3所示。

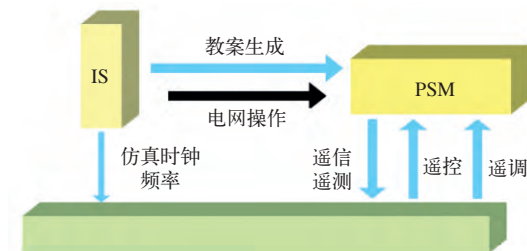


图3 DTS功能模块间的数据流向图

## 2. DTS系统的一体化设计

DTS系统依托一体化电网运行智能系统一体化设计,其数据流程如图4所示。

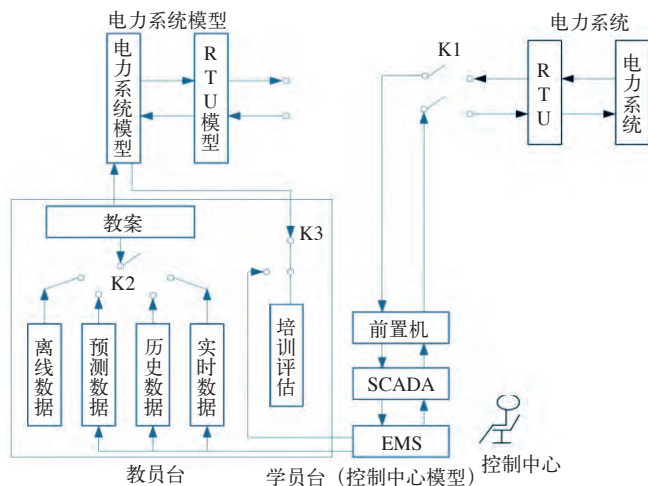


图4 DTS系统一体化设计结构图

图4右上角部分代表实际电力系统。当开关K1合向右边时,该图代表了实际调度系统的数据流,即实时态。这时,电力系统中各电力设备的运行状态(如频率、潮流、电压、开关状态和事故信息等),通过量测系统、RTU和通道采集到调度室的实时计算机系统上,在控制中心,数据经过前置机和SCADA系统处理后,发到EMS中进行高级分析,调度员面对由SCADA和EMS共同组成的调度自动化主站系统,完成对实际电力系统的实时监控和分析决策。

图4左上角部分代表DTS的电力系统模型和RTU模型。如果开关K1合向左边时,该图即代表了DTS的数据流,它好似实际调度系统的“镜像系统”,即培训态。电力系统模型和RTU模型分别是实际电力系统和RTU设备的数字仿真,它可以逼真模拟实际电力系统的稳态和动态行为,以及远动系统各环节对调度自动化数据采集系统的真实影响。然后,

将模拟出的电力系统潮流数据送到控制中心模型中。而控制中心模型即是实际调度系统的SCADA/EMS软件的拷贝。学员面对与实际环境一致的控制中心模型,有一种身临其境的感觉,达到事半功倍的效果。此外,通过改变开关的合闸状态,电力系统模型的启动教案可以来自四种数据源,其中三种数据源(包括实时的、历史的和预测数据)都从在线EMS获取,还有一种是由人工录入的离线数据源,作为教学工具或者实现规划态下的培训。

## 系统功能

DTS应用提供电网正常状态下的操作模拟功能,提供了电网调度运行控制模拟培训、电网运行控制系统应用操作模拟培训的功能,支持电网事故状态下的培训和演练,支持联合反事故演习。

### 1. 对调度员进行培训

利用DTS系统对调度人员进行培训、考核,培训调度员在正常状态下及事故情况下对电网的处理能力。在实时数据断面基础上,能模拟电力系统正常、事故和恢复时的电网变化过程,具有与在线系统完全相同的用户界面和操作方式。既能培训电网调度人员,又可作为电网调度运行人员和方式人员分析电网运行的实用工具。运行方式人员通过DTS制订合理的运行方式,研究电网的特殊运行方式。

### 2. 进行全网联合反事故演习

支持对各级调度的调度员进行联合反事故演习。满足“总调+中调+地调+厂站”同时进行联合培训的要求。DTS提供了两种联合反事故演习方式。

对于已经具备DTS系统的各级调度,充分利用现有的DTS系统资源,将各级DTS系统互联起来,达到联合反事故演习的各种要求。其特点是分散建模、各自仿真和就地操作。各级调度分别建立自己所管辖关心的网络模型,利用自己的DTS系统进行仿真,所有操作在本DTS进行,操作后的潮流和方式的变化用数据接口实现。

对于没有DTS系统的电厂、变电站等,提供了基于Web方式的联合反事故演习功能。Web具备各种基本调度操作指令和故障设置功能,可以对每个参演单位设置浏览和操作权限。

### 3. 对电力系统的正常、事故及恢复状态进行实时响应模拟

电力系统仿真模块提供实际电力系统中各种设备元件的数学仿真模型,供被仿真电网进行模型组态,提供全面的电网在正常状态和非正常状

态下的操作和故障的各种仿真功能。静态仿真中能准确仿真出系统在各种操作和扰动情况下的发电机和负荷功率的变化、潮流的变化和系统频率的变化;动态仿真中能准确仿真出各种故障或操作后发电机的机电暂态变化过程,可给出扰动后各机组之间的机电暂态摇摆曲线和各种设备内部和外部电气量的变化曲线,能正确模拟发电机及系统的失稳现象及过程。

### 4. 对各种紧急运行条件进行模拟

为了得到更好的培训效果,必须让仿真结果与实际电网尽可能接近。大多数DTS系统在仿真确定的事件上有很好的表现,但对于有些现象的模拟就差强人意。例如,如果DTS设计为针对长期动态进行仿真,就不能模拟暂态过程。投标方DTS系统能给出更为精确的仿真结果,通过建立从稳态到暂态的各种不同复杂程度的物理模型,来实现各种现象的精确模拟。虽然会带来仿真的复杂度,但是扩大了仿真范围,深化了仿真层次,如发电机的失磁和锅炉的慢动态调节过程的模拟等。

### 5. 模拟电力系统各种动态响应

能对预定义事件、自动方案动作以及教员和学员的各种输入作出响应,包括各种电网故障、操作及扰动及其引起的自动装置的动作后果等。

### 6. 能复制在线系统的人机界面及行为

DTS紧密依托一体化电网运行智能系统基础资源平台,具有与EMS统一的应用开发接口。EMS和DTS应用系统的数据结构保持一致,相同的功能和算法细节采用完全相同的源代码,EMS和DTS应用系统的人机界面的风格保持一致,用户只需维护一套电网模型数据库和图形界面即可。

## 结束语

DTS系统在现代电网中的应用愈加广泛与重要。它可以提高调度人员的技术能力,从而促进电网的安全运行。随着电网企业的不断发展,DTS系统也要不断地完善进步,提高其实用水平,从而跟上企业的发展步伐。各调度部门应建立相应的管理制度,编制DTS运行维护规程,根据电网发展要求做好DTS的教案编制和日常维护,利用DTS系统对调度员进行日常考核。同时,要选择专业水平比较高的人来维护DTS系统,这样有助于保障DTS系统的正常运行,最终促进整个电网企业的良性发展。EA

(收稿日期:2015.05.08)

(编辑:杨得润)