［智能电网］

智能电网调度控制系统现状与技术

文/中油电能有限公司供电公司信息通信中心　郭恒睿

在互联网时代背景下，智能电网调度系统在其运行实际之中仍然存在许多问题有待解决。基于系统总体结构、系统技术应用现状及未来发展等多个角度进行探讨，同时，结合实例展开对于这一技术应用的分析。

系统总体结构

为了充分适应公众的用电需求，要求构建一个系统完整的智能化电网调度控制系统，并在其中融入与我国国情相适应的自主想法。在我国自主设计的系统之中，要求涵盖与各类电力调度机构相关的业务需求，充分融入本国的安全数据，同时，借助与操作系统有关的各类软件，积极关注全国技术发展的动向，以面向公众服务公众的态度为指引，依托于安全可靠的计算机技术进行关系数据库研发，以创造安全性和时效性较高的关系数据库，积极研发实时电网图建设所需的各类关键技术，并据此制定电网图形建设所需的描述规范，通过先进可靠的支持手段和清晰明确的人机界面建设高效的支撑机制。需要积极开发调度数字证书和安全标签技术，以充分展现数据服务、模型服务、图形服务和应用服务的价值，通过高效优质的数据使用环节和电网建设模型，实现对于相关调度机构的高效继承和交换，打造“全网共享、源端维护”的良好模式，通过科学可行的调度计划，建立对于相关信息的实时监控和高效管理。智能电网调度控制系统总体结构如图 1 所示。

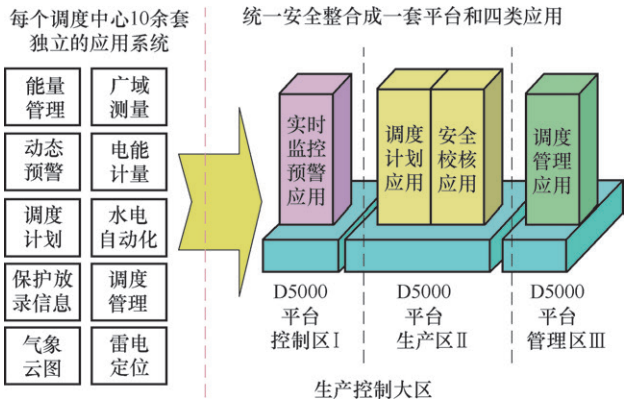

图 1　智能电网调度控制系统总体结构

电网调度控制系统总体结构现状

1. 国内现状

随着我国经济的不断发展，我国电网事业也逐渐崛起，并在电网智能化调度领域实现了高度发展。我国电网调度控制系统现状一般展现了如下内容：第一，近十年来，我国针对智能电网调度系统展开了深入探索，并构建了一个优质的平台，即智能化技术支持系统基础平台，并因此推动了我国电网建设的发展；第二，电力科学研究院研制出了可以有效应对停电的系统，并借此展开对于电网的有

效调度；第三，南方电网公司在经过多年探索后研制出了电网综合防御系统，可以有效应对交直流电混合输电的问题，并因此推动了我国用电系统的发展；第四，清华大学电网调度实验室研发出了新型三维协调电网 EMS，将其作用于三维空间可以发挥出一定的性能优势，实现对于整体电网调度系统的全面控制。

2. 国外现状

国外智能电网调度系统已经经历了很长时间的发展，且成就斐然，积累了十分丰富的经验和成果。直至现在，国外有关研究人员已经提出了调度机器人的想法，并将其付诸于实践，借助这种方式，可以切实提升机器人的电网调度控制能力，实现对于电力系统的精准维护，减少人力投入，让系统得以实现高效稳定运行。在美国境内，有一家专门进行智能电网研究的机构，该机构之中的控制中心具有十分突出的时效性优势，可以实现即时评估。

智能电网调度控制系统的技术展望

1. 多时段多级短期电力市场技术

尽管我国现阶段已经在智能电网领域有所发展，并取得了一定成效。然而，与国外市场相比，我国的实力仍然有待提升，还具有很大的成长空间，要求展开对于技术优化的积极努力，积极优化和改善电网系统，在此背景下，多时段多级短期电力市场技术应运而生，需要结合我国电力市场实际展开对于这一技术的深入探索，以强化多级电力市场和多时段电力市场之间的配合。

2. 自描述动态解析技术

为实现高质量的电网调度运转，要求将实际电网调配及电力网络的运行模式作为主要的电网调度控制技术。至今为止，我国电网基本采用以时间为依托的运转模式，在运作之中所涉及的技术问题相对一致，需要有关技术工作者积极把握此类技术，并据此展开对于动态解析发展的充分指导，实现对于运行方式自描述状态的充分把握。同时，要求相关人员积极优化改进各类技术，以促进电力网络调度技术的应用和推广，通过电力网络调度控制模式的高度整合，让电网的阅读理解能力得到切实提升。随着内部运作模式和电力网络动态识别方式的持续优化，相应的要求也得到了显著提升，需要针对系统予以优化保护，以切实提升系统的可靠性。

3. 可信计算和安全免疫技术

随着时代和科技的不断发展，智能电网调度控制系统的安全和智能化水平已经得到了充分提升。基于安全管理的视角予以分析，发现需要以现有技术为前提，实施高效的安全管理，方可让电网运行的安全性和稳定性得到充分保障。为此，需要电力企业积极将安全管理系统和有关技术进行高效整合，以降低因网络信息攻击和传播能力冲击而对电网调度运行阶段所造成的影响。同时，针对企业信息技术展开深入系统的分析，并结合有关需求予以优化完善，以切实提升电网调度控制系统的有效性。

实例分析

笔者以衡水智能电网调度控制系统为例，分析其在主机、网络及物理环境之中所存在的各类问题，并提出相应的整改措施。通过有效的保护三级系统，让系统的安全防护能力得到充分保障。

1. 安全分区总体情况

要求以二次安全防护的总体原则为指引，针对业务系统予以分类，将其分成生产控制和管理信息两个大区，并借助电力专用单向隔离装置实现高效的数据隔离。要求将生产控制大区分成安全 1 区和安全 2 区，其中前者具有控制功能，包含有各项核心业务系统，后者不含控制功能。

使用二次系统安全防护机制，要求针对不同业务系统所属的具体安全分区予以明确，并为不同的大区边界设置相应的安全防护措施，将整体大区分成 3 个结构：安全 1 区、2 区和 3 区，分别作为生产控制大区、非控制区和管理信息大区，3 个大区各有其独特的业务和优势。

由于受到历史项目建设的限制，使得衡水系统之中原本的调度自动化系统内部无法进行安全区的区分，只能通过防火墙的形式，在特定的大区进行访问控制，结合特定的分区设置相应的系统业务模

块，同时针对不同安全分区边界实施高效防护。

2. 安全 1 区

安全 1 区的业务系统结构如图 2 所示，图 2 中业务皆为生产大区的实时控制业务，是实现电网调度的核心，可以实现双机双网的冗余配置。如果双机之中的任何一个服务器发生了故障，则都可以由另一台服务器实现独立服务。对于安全 1 区系统而言，SCADA 主服务器和前置采集服务器是其核心结构，要求依托于主服务器实现系统应用，同时，借助前置服务器的形式，与调度数据网之间建立有效衔接，实现厂站数据的自由传输。

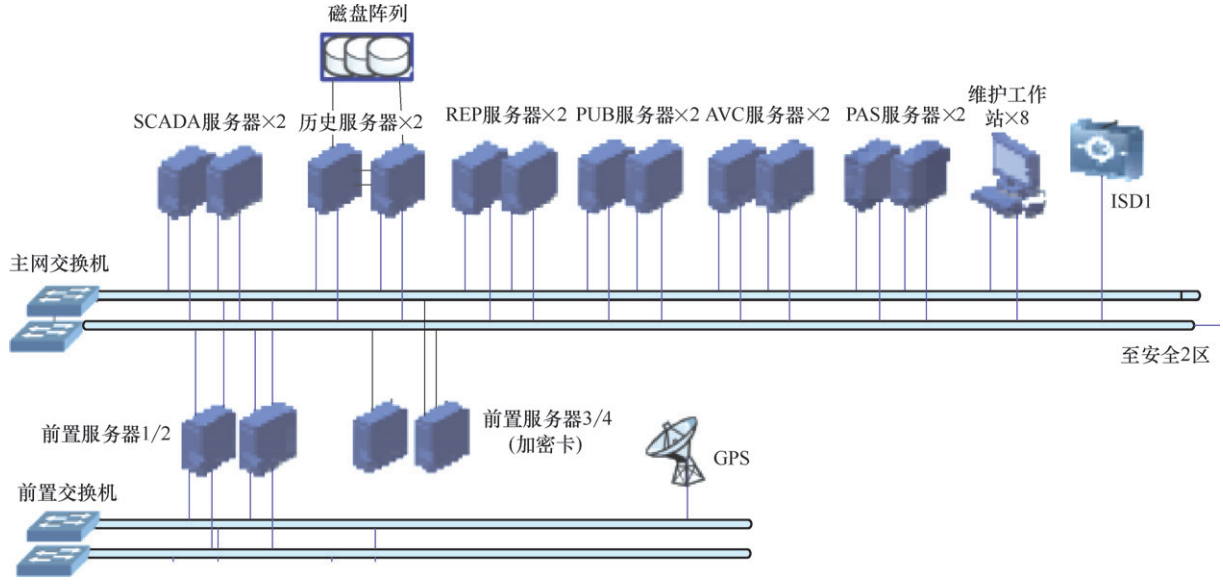

图 2　安全 1 区各业务系统

3. 安全 2 区

安全 2 区之中的业务系统如图 3 所示，该系统对电网调度系统的实时性要求相对较低。需要结合电网历史断面信息实现对于安全 2 区范围内负荷情况的精准预测，并利用负荷历史曲线，结合内部算法展开对于短期和长期负荷的充分计算，以充分保障调度生产计划的有效性。对于调度员而言，操作票系统及仿真培训系统都是其主要的业务系统。

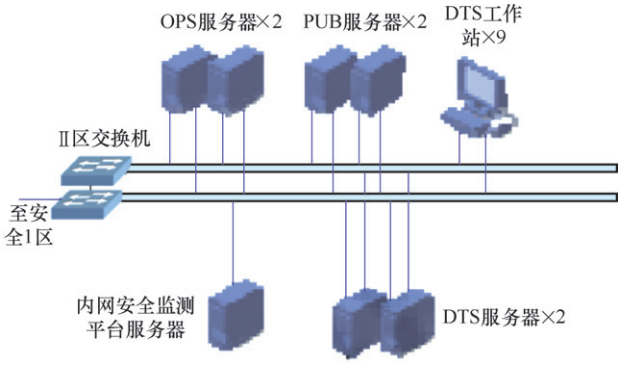

图 3　安全 2 区各业务系统

由于受到了历史因素的限制，使得河北南网之中的电量采集系统往往利用综合数据网，而无法使用安全 2 区予以连接。为此，要求在地调系统安全 2 区之中增设相应的电量采集装置，实现对于电量采集系统业务的充分转换。

4. 安全 3 区

该区的网络结构图如图 4 所示，结构一般较为简单，可以实现高效的调度管理应用。

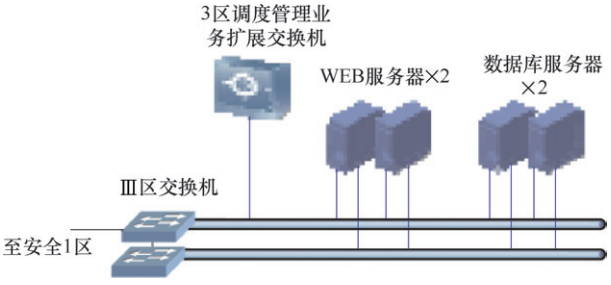

图 4　安全 3 区各业务系统

边界数据防护

利用防火墙和横向隔离装置的形式，在安全大区的边界地带实施数据防护。衡水公司通过两台天

融信 NGFW4000-UF 型号防火墙进行了安全区边界设置，借助防火墙的形式，从逻辑角度实现对于数据非法访问的有效限制，并在安全 1 区和 2 区之中建立高效的数据传输机制。针对 1 区和 3 区的边界地带，可以通过横向隔离设置的方式予以限制，其安全性能远高于防火墙。此外，要求在 3 区和办公业务之间构建防火墙，借助 ACL 访问控制列表技术，实现对于无关地址数据访问情况的有效控制，让白名单之中的各类业务系统得以高效访问特定的网络地址。

通过调度数据网接入的形式，可以免受客观条件的束缚，让光缆得以自由进场，同时，借助无线通信网络的形式进行数据上传，并结合安全防护的有关要求设定具体的安全接入区，让数据得以自由传输，以规避由无线网络所引起的各类安全隐患。

针对各类安全防护关键技术予以深化分析之后，衡水公司做出了深度整改，并取得了一定成果，让各类软硬件设备在调度自动化主站系统之中实现了广泛运用，表现出十分突出的安全防护效果。这一经验十分可靠，可以结合相应位置的互联业务情况实施自由设置，以更好适应安全防护的需求，需要针对这一经验予以深入推广。

结束语

对于我国电网领域而言，智能化电网建设是其发展的重要方向，也是其技术发展的核心。基于调度控制系统和网络架构等多个角度予以分析，发现电网数据和运行成本问题都是技术创新及优化中的重要环节。此外，我国智能电网调度控制系统的未来发展方向普遍集中于多时段多级短期电力市场技术、自描述动态解析技术及可信计算与安全免疫技术成果发展之中。要求以建立对于智能化电网调度控制系统现状的深刻认知为前提，切实推动这一新型技术的发展。EA

（收稿日期：2021.06.30）

（上接 60 页）

行、不停机；在电网电压跌落大于-40%，甚至完全失电时，采用动能缓冲低电压穿越（LVRT）技术，变频器继续运行，无须封脉冲，尤其适用于风机、压缩机等转动惯量大的负载。

低电压穿越功能原理框图如图 5 所示。每个功率单元的母线电压通过光纤上传至主控系统；功率单元电压低于某一限值时，LVRT 功能激活，限制转矩输出值；通过转矩输出限值，使得转速环饱和，进入动能缓冲模式，维持功率单元母线电压；电网恢复，母线电压恢复至设置值后，LVRT 功能退出，转速环退饱和，正常调速，实现了低电压穿越功能。

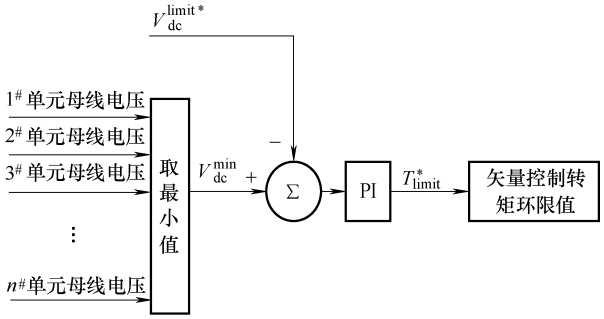

图 5　低电压穿越功能原理框图

结束语

通过国产 VSI 高压变频器替换进口 GM150 高压变频器驱动六相电动机的技术可行性研究，为后续的类似进口机组的更新改造提供了技术储备和方案支持，方案实施后可以提高机组运行可靠性，降低运行维护费用和备件储备费用等。EA

（收稿日期：2021.05.18）