[调度监控平台]

智能电网调度监控平台的设计与实现

文/隋相华
大庆油田中油电能供电公司电力调度中心

设计智能电网调度监控平台，旨在提升电力系统的调度效率与监控能力，通过综合应用现代信息技术，优化电力资源的配置。调度监控平台集成实时数据采集、智能分析和调度优化，有效监控电网运行状态，快速响应突发事件，对电力资源优化调度，通过实际应用案例验证，平台调度效率提升20%，增强电力系统的安全性。

随着电力需求持续增长，传统电力系统面临挑战，传统电力系统依赖于集中式发电模式，调度管理手段相对简单，难以应对动态变化的电力需求。在此背景下，智能电网作为电力系统未来发展方向，通过整合信息技术、自动化技术，对电力系统实时监控与调度，为电力调度提供新的解决方案。与传统电力系统相比，智能电网具备更高的智能化水平，以更高效的方式处理电力供需的变化。智能电网通过构建数据采集与传输网络，获取实时数据，使得电力调度人员能够根据实际情况快速调整电力供应，优化资源配置，降低运行成本，提高系统整体效率。

智能电网调度监控平台设计分析

1. 总体架构设计

智能电网调度监控平台设计旨在实现对电力系统的全面监控调度，为实现这一目标，系统划分为五大功能模块：监控分析模块、调度计划模块、调度管理模块、调度操作票模块和系统管理模块。

1）监控分析模块是智能电网调度监控平台核心，负责实时监测电网的运行状态，并对数据进行深入分析。通过可视化仪表盘展示电网的实时运行数据，如电流、电压、功率和频率等，帮助调度员及时了解电网状态。针对监测到的异常情况，如设备故障、负荷超限等实时发出报警通知，并提供故障处理建议。

2）调度计划模块负责根据实时数据和历史数据，制定合理的调度计划，优化电力资源的配置。基于负荷预测和发电能力，自动生成最优调度计划，对生成的调度方案，进行多维度评估，将生成的调度计划通过系统自动发布，并通知相关人员，确保各方协同配合。

3）调度管理模块对电网设备进行管理，记录调度执行过程，跟踪调度指令的落实情况，确保每一项调度措施得到有效执行。设置调度操作的多级审批流程，确保每一项调度操作的合规性，降低人为错误的风险。

4）调度操作票模块在调度执行过程中，实时记录每一步操作，包括设备启停、负荷调整等，确保操作的可追溯性。

5）系统管理模块负责平台的整体管理，确保系统的安全性，对系统用户进行权限分配与管理，确保不同角色的用户只能访问相应的数据和功能，保障系统安全。实时监控系统运行状态，及时发现并处理系统故障，确保系统的高可用性，智能电网调度监控平台结构图如图1所示。

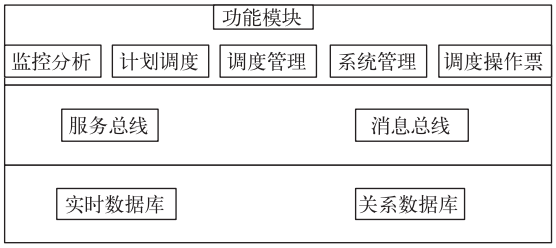

图1　智能电网调度监控平台层次结构图

2. 调度模块设计

电网调度计划模块承担着配电网停电和送电工作的管理与协调，调度计划模块流程图如2所示。

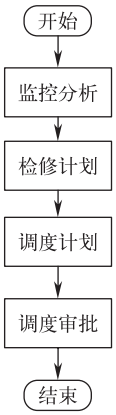

图2　调度计划流程图

调度计划模块分为两个主要子模块：检修计划子模块和调度计划子模块。

检修计划子模块通过实时监测电网设备的运行状态，分析电网运行中的各种数据，及时识别跳闸、缺陷等异常情况。一旦检测到故障，系统会自动生成维护表单，详细记录故障设备的信息，如设备名称、故障类型和故障时间，提高故障处理的效率，为后续的检修工作提供依据。且根据故障的严重程度，系统将自动判断是否需要采取检修运行方式，若确实需要进行检修，系统生成检修运行维护表单，以便于后续的执行。

调度计划子模块从检修计划子模块获取维护表单的内容，了解检修期间的运行方式和设备的变更情况，为调度工作提供必要的信息支持。在明确调度范围的基础上，结合检修计划表单内容，制定详尽的调度计划表。

3. 监控模块

智能电网调度监控平台中，监控模块负责对电网的运行状态进行实时监控和分析，该模块的设计分为三个主要子模块：跳闸维护、缺陷故障管理和日志管理。

1）跳闸维护模块主要用于监控电网设备的跳闸事件，记录跳闸的原因、时间和影响范围，然后分析跳闸原因、通知维护人员、制定恢复方案，最后恢复供电并记录。

2）缺陷故障管理功能通过对故障数据的深入分析，帮助运维人员快速定位故障原因，优化维修流程，减少重复性故障，提高设备的可靠性。

故障ID记录关联的唯一标识符，对照历史故障数据、设备运行状态和环境因素等，提供故障成因的详细分析：短路故障可能由设备老化或外部因素引起，基于故障原因提供针对性的解决方案，如更换老化设备部件、加强设备防护措施等。

建立故障预警机制，利用实时数据监测和历史数据分析，自动触发预警信号，保障电网的安全稳定运行，不同设备的预警标准可能不同，预警级别分别为：级别1轻微异常，需关注；级别2中度异常，需及时检查；级别3严重异常，需立即处理，示例数据见表1。

表1　缺陷故障管理数据

设备类型	指标	阈值	预警级别
变压器	温度/℃	＞80	级别2
开关柜	电流/A	＞120	级别3
线路	电压/V	＜210	级别2
设备老化	使用时间/年	＞10	级别3

预警通过短信、系统通知等方式，及时将预警信息发送给相关责任人员，通知内容包含故障设备ID、故障描述、预警级别及处理建议等信息。

3）日志管理模块全面记录系统运行过程中的各种日志信息，通过对日志有效管理分析，可以为后续的故障排查、性能优化提供依据。日志存储采用集中式存储方案，保证日志长期存档，避免存储溢出。引入自动化分析工具，对日志进行智能分析，识别异常模式，提供可视化报表。

4. 监控分析功能

监控分析功能通过各种传感器和监控设备，对电网设备实时数据采集，数据采集频率为1次/s，采用边缘计算技术，数据在现场进行预处理后，传输至中央数据库，实时数据存放最近24 h内数据库，历史数据存储于超过24 h的数据，采用数据归档机

制，按天、周、月进行分区存储。

采集到的电网运行数据以直观的图表展示，帮助运维人员快速了解设备运行状况。系统基于设定的阈值进行故障监测，一旦检测到异常，立即发出报警通知，便于运维人员迅速采取措施，如电流上限200 A，电压上限440 V。当电流超过200 A时，系统自动触发报警，并记录报警时间、设备ID和异常值等信息。通过以上功能设计，调度监控平台将能够高效地监测电网设备的运行状态，及时分析数据并预警故障，

5. 数据融合技术

智能电网中存在多种数据源，如传感器、监测设备和用户端数据等，这些数据源生成的信息存在噪声，为实现多源数据融合，智能电网调度监控平台采用卡尔曼滤波算法。卡尔曼滤波是基于状态空间模型的递归算法，能够在动态系统中对状态进行实时估计，具有较强的噪声抑制能力。卡尔曼滤波器通过将系统状态表示为一个状态向量，并利用测量值对其进行更新，进而提供系统状态的最优估计，卡尔曼滤波过程可以分为预测阶段和更新阶段两个阶段。

预测阶段卡尔曼滤波器根据上一步的状态估计和系统的状态转移模型预测当前时刻的状态，计算公式为

$$\hat{x}_{k|k-1} = F\hat{x}_{k|k-1} + B_{uk-1} \tag{1}$$

式中，$\hat{x}_{k|k-1}$为对当前状态预测；F为状态转移矩阵；B为控制输入矩阵；u$k-1$为控制输入。

更新阶段获取到当前时刻的测量值，利用这些观测数据更新当前状态的估计，计算公式为

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k(z_k + H\hat{x}_{k|k-1}) \tag{2}$$

式中，$\hat{x}_{k|k}$为当前时刻的状态；K_k为卡尔曼增益，是权衡预测与测量值之间信任程度的系数；z_k为当前的测量值；H为观测矩阵，描述状态变量与测量值之间的关系。

通过式（2），卡尔曼增益能够动态调整对预测值和测量值的信任程度，从而实现更为准确的状态估计。

实验分析

为验证智能电网调度监控平台设计效果，对比设计前后数据，见表2。

表2　调度效率与准确率对比数据

指标	实施前	实施后	改进幅度（%）
平均调度响应时间/min	120	84	降低30
调度决策准确率（%）	75	90	提升20
故障处理时间/min	45	30	降低33

在智能电网调度监控平台实施之前，平均调度响应时间为120 min，时间主要受制于手动信息收集和处理流程的繁琐性，调度人员需要花费大量时间进行数据的整理、分析决策，增加电网调度的延迟，信息传递低效导致在面临电网负荷波动或突发事件时，调度响应不够及时，影响供电的稳定性；而在智能平台实施后，平均调度响应时间缩短至84 min，系统能够实时收集和分析电网运行数据，迅速识别调度需求，通过减少人工干预，提升调度效率，提高对电网动态变化的响应速度。

实施前调度决策准确率为75%，反映传统调度方式的局限性，决策人员在信息不充分或数据分析能力不足的情况下，容易出现判断失误，导致决策的科学性和有效性受到影响；实施后，调度决策的准确率提升至90%，平台能够实时接入来自各类传感器和监测设备的数据，为调度人员提供更为全面的决策支持，提升决策的科学性。

在智能平台实施之前，故障处理时间平均为45 min，造成这一现象的原因主要是处理流程繁琐、缺乏实时动态监控，导致运维人员在故障发生时无法迅速获取准确的信息，从而延误故障处理的时效；而在实施智能调度监控平台后，故障处理时间被有效缩短至30 min，系统能够在故障发生时快速识别故障位置，并自动向运维人员发送报警信息，提供故障类型及解决建议，确保运维人员能够迅速采取相应措施，提升故障处理的效率，保障电网的稳定性。

结束语

智能电网调度监控平台设计标志着电力调度管理进入智能化时代，通过对平台总体架构的深入分析，看到各个模块合理分工协作，共同构成调度管理系统。在调度模块中，对实际调度需求进行规划，确保能够快速响应电网运行中的变化。对监控模块划分，分为跳闸维护、缺陷故障管理和日志管理，提升系统故障监测能力，增强数据实时性。EA

（收稿日期：2024-10-12）