

The Role and Optimal Dispatching of the Thermal Power Plant in the Smart Grid

Xu Zhong

Huadian Hutubi Energy Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831200, China

Abstract

With the continuous increase in electricity demand and the adjustment of energy structure, smart grid has gradually become the development direction of future power systems. As the main power generation method in traditional power systems, thermal power generation plays an important role in smart grids due to its stability and adjustable power output. The optimization scheduling of thermal power plants not only affects the stability and economy of the power system, but also directly relates to the quality of electricity supply and environmental protection. The energy-saving scheduling system comprehensively considers the operational performance of each unit in the entire plant, compares the advantages and disadvantages of each unit with the help of intelligent algorithms, uses the energy consumption of each unit in the entire plant as the indicator, and distributes the load between each unit based on the principle of minimizing the total energy consumption of the unit operation, thereby achieving energy-saving scheduling. Therefore, in-depth research on the role and optimization scheduling strategies of thermal power plants in smart grids has important theoretical and practical significance for promoting the development of smart grid technology.

Keywords

thermal power plant; smart grid; optimized scheduling; power generation efficiency; power grid stability

火力发电厂在智能电网中的角色与优化调度

钟旭

华电呼图壁能源有限公司, 中国·新疆 昌吉 831200

摘要

随着电力需求的不断增加和能源结构的调整, 智能电网逐渐成为未来电力系统的发展方向。火力发电作为传统电力系统中的主力发电方式, 其稳定性和功率输出的可调性使其在智能电网中具有重要地位。火力发电厂的优化调度不仅影响到电力系统的稳定性和经济性, 还直接关系到电能的供应质量和环境保护。节能调度系统综合考虑全厂各台机组的运行性能, 借助智能算法对比各台机组的优劣情况, 以全厂各台机组能耗高低为指标, 以实现机组运行总能耗最低为原则进行各机组间的负荷分配, 从而实现节能调度。因此, 深入研究火力发电厂在智能电网中的角色与优化调度策略, 对于推动智能电网技术的发展具有重要的理论和实际意义。

关键词

火力发电厂; 智能电网; 优化调度; 发电效率; 电网稳定性

1 引言

火力发电厂作为传统电力供应的主要来源, 其在智能电网中的角色显得尤为重要。通过智能调度和优化管理, 火力发电厂不仅可以提高自身的发电效率, 还可以在保证电网稳定性的同时, 减少环境污染和运营成本。

2 火力发电厂在智能电网中的角色

2.1 智能电网的概念与特征

智能电网是一种集现代信息技术、通信技术和电力技术于一体的现代化电力系统。其特点包括自愈性、信息交互

性、兼容性、灵活性和高效性, 能够实现电力系统的智能化调度和管理。

2.2 火力发电厂在智能电网中的作用

在智能电网中, 火力发电厂不仅是重要的电力供应者, 还需要承担电力调度、负荷平衡、频率调节等多项任务。其角色的转变体现在以下几个方面:

电力供应稳定器: 火力发电厂能够提供稳定的电力输出, 弥补可再生能源发电的不稳定性。

灵活调度资源: 通过智能调度系统, 火力发电厂可以灵活调整发电量, 响应电网需求变化。

频率调节器: 火力发电厂可以通过调节发电机转速来维持电网频率的稳定。

备用电源: 在紧急情况下, 火力发电厂可以快速启动,

【作者简介】钟旭(1995-), 男, 中国重庆人, 本科, 助理工程师, 从事电力调度研究。

作为电网的备用电源。

3 火力发电厂的优化调度策略

3.1 优化调度的必要性

随着智能电网的发展,新能源电力占比不断提高,电力系统的运行环境更加复杂,负荷的波动性和不确定性增加,应对新能源不稳定性的挑战需要综合运用技术、政策和市场手段。而目前主流的应对方法储能技术还不够完善,传统的调度方式又不能满足现代电网的高速发展需求。我们通过火力发电可提供稳定可靠的基础负荷供应、提供灵活性和快速响应能力等优点保障电网的稳定运行,同时也对火力发电厂的发电效率和经济性提出了新的挑战,为了提高火力发电厂的发电效率,降低运营成本,减少环境污染,依托智能电网优化调度是较好的解决方案。

3.2 优化调度的目标

火力发电厂的优化调度主要目标包括:

经济性:降低发电成本,提高经济效益。

环保性:减少有害气体排放,保护环境。

稳定性:保证电网的频率和电压稳定,减少故障发生。

灵活性:快速响应负荷变化和电网需求,提供灵活的电力供应。

3.3 优化调度的方法

火力发电厂的优化调度方法多种多样,主要包括以下几种。

3.3.1 经济调度

经济调度是一种根据电厂的运行成本来分配发电任务的方法。目标是使总发电成本最低,同时满足系统的需求和约束条件。

关键步骤:

成本函数定义:建立各台发电机组的成本函数,通常与燃料消耗有关。

功率平衡:确保发电机输出总功率等于负载需求。

约束条件:包括发电机组的功率输出上下限、线路传输能力等。

优化算法:采用如梯度法、拉格朗日乘子法等优化算法,求解成本最低的功率分配方案。

3.3.2 环境经济调度

环境经济调度在经济调度的基础上增加了环境保护的目标,通常是通过引入排放约束或目标函数来实现。

关键步骤:

排放模型:建立发电机组的污染物排放模型(如 CO_2 、 SO_2 等)。

环境约束:在优化过程中加入排放约束条件,或者将排放成本纳入目标函数。

综合优化:使用多目标优化方法,如权重法或 Pareto 优化,找到经济性和环境保护的最佳平衡点。

3.3.3 机组组合优化

机组组合优化是确定在给定调度周期内哪些发电机组运行,以及它们的启停时间和功率输出水平。

关键步骤:

运行成本:包括燃料成本、启动成本和停机成本等。

约束条件:如发电机组的启动/停机时间约束、最小运行时间和最小停机时间等。

优化方法:常用方法包括动态规划、混合整数线性规划(MILP)和启发式算法(如遗传算法、粒子群算法等)。

3.3.4 智能优化方法

随着计算能力和算法技术的发展,智能优化方法如遗传算法(GA)、粒子群优化(PSO)、人工蜂群算法(ABC)等逐渐应用于火电优化调度中。

关键步骤:

算法选择:根据问题特点选择合适的智能优化算法。

算法设计:包括种群初始化、适应度函数设计、选择、交叉、变异等操作。

迭代求解:通过多次迭代和种群进化,找到优化问题的近似最优解。

3.4 优化调度系统的实现

为了实现火力发电厂的优化调度,需要构建一个智能调度系统。该系统包括以下几个部分。

3.4.1 数据采集与监控系统的功能

实时数据采集:通过传感器和数据采集设备,实时收集发电设备的运行参数、燃料消耗、环境数据等。

监控与报警:实时监控运行状态,发现异常时及时报警。

数据存储与管理:将采集到的数据进行存储和管理,为后续的分析 and 优化提供基础数据。

3.4.2 数据分析与预测系统的功能

负荷预测:利用历史数据和预测模型(如时间序列分析、机器学习模型)进行短期和中长期的负荷需求预测。

设备状态分析:通过数据挖掘和分析技术,评估发电设备的运行状态和性能,预测设备故障和维护需求。

燃料消耗和排放预测:分析燃料消耗模式,预测燃料使用和污染物排放量。

3.4.3 优化调度决策系统的功能

经济调度优化:根据实时负荷需求和燃料价格,采用优化算法(如线性规划、遗传算法等)确定最优的发电机组运行方案,以实现最低的发电成本。

环境经济调度:在经济调度的基础上,综合考虑环保要求,通过多目标优化算法找到经济性和环保性的最佳平衡点。

机组组合优化:优化发电机组的启停时间和运行方式,确保系统在不同负荷水平下的最优运行状态。

3.4.4 智能控制系统功能

自动控制：根据优化调度决策，自动调整发电机组的运行参数和状态，实现智能化控制。

反馈调节：实时监测发电系统的运行状态，及时反馈并调整控制策略，确保系统稳定高效运行。

人机交互：提供友好的操作界面，便于操作人员进行监控、调整和管理。

3.4.5 可视化与报告系统功能

数据可视化：通过图表、仪表盘等方式，将系统运行状态、调度结果和优化效果进行可视化展示。

报告生成：定期生成运行报告和优化分析报告，为管理决策提供支持。

用户自定义：允许用户自定义监控视图和报告内容，以满足不同层级管理人员的需求。

3.4.6 系统集成与安全保障功能

系统集成：与其他电力调度系统、能源管理系统进行集成，确保数据共享和协同优化。

安全保障：通过网络安全措施和权限管理，确保系统数据和操作的安全性，防止未经授权的访问和操作。

4 智能电网的建立

4.1 基础设施升级的功能

智能计量基础设施 (AMI)：包括智能电表和通信网络，能够实时监测和报告电力使用情况，提高用电透明度和管理效率。

高压输电和配电系统升级：利用先进的输电技术和设备，提高电网的输电效率和可靠性，减少损耗。

分布式能源集成：支持可再生能源（如太阳能、风能）和分布式发电（如家庭光伏系统、微电网）的接入，实现能源的多样化和灵活性。

4.2 先进技术应用

物联网 (IoT)：通过传感器网络实现对电网各部分的实时监控和数据采集，提高电网的感知能力和响应速度。

大数据与人工智能：利用大数据分析和人工智能技术进行负荷预测、故障诊断和优化调度，提升电网的智能化水平。

电动汽车与充电基础设施：推广电动汽车及其充电桩，利用车辆到电网 (V2G) 技术实现电能双向流动，提高电网的灵活性和稳定性。

4.3 管理体系改进

需求侧管理 (DSM)：通过价格信号和激励机制，引导用户合理用电，平衡电网负荷，减少高峰时段的用电压力。

智能配电管理系统 (DMS)：利用自动化和智能化技术优化配电网络的运行，提高供电可靠性和质量。

能量管理系统 (EMS)：综合调度和管理发电、输电和配电资源，优化电力系统的整体运行。

4.4 政策法规支持

标准化与互操作性：制定和实施智能电网相关标准，确保不同设备和系统之间的互操作性，促进技术的广泛应用。

激励政策与补贴：政府出台激励政策和补贴措施，鼓励可再生能源的接入、智能设备的应用以及用户参与需求侧管理。

数据隐私与安全：制定严格的数据隐私保护和网络安全法规，确保智能电网运行中的数据安全和用户隐私。

5 火力发电厂优化调度的实际案例

5.1 国内外火力发电厂优化调度的成功案例

近年来，国内外许多火力发电厂在优化调度方面取得了显著成效。例如，美国得克萨斯州的某火力发电厂通过引入智能调度系统，成功降低了燃料消耗和二氧化碳排放。中国某大型火力发电厂通过优化调度，实现了发电成本的显著降低和运行效率的提高。

5.2 优化调度带来的效益分析

通过优化调度，火力发电厂能够实现显著的经济效益和环保效益。具体包括：

降低发电成本：通过优化燃料使用和发电方案，减少不必要的能源浪费，降低运营成本。

提高发电效率：优化设备运行状态，提高发电效率，减少故障率和停机时间。

减少环境污染：优化燃烧过程，减少有害气体排放，降低对环境的污染。

提高电网稳定性：通过灵活调度，快速响应电网需求变化，提高电网的稳定性和可靠性。

5.3 存在的问题与挑战

尽管优化调度带来了显著效益，但在实际应用中仍存在一些问题和挑战：

数据质量与可靠性：优化调度依赖于大量的实时数据，数据的质量和可靠性直接影响调度效果。

模型精度与适用性：不同发电厂的运行环境和条件各异，调度模型需要根据实际情况进行调整和优化。

系统集成与协调：智能调度系统的实施需要与现有系统进行集成和协调，保证各部分的协调运作。

技术人才与培训：优化调度的实施需要专业技术人才的支持，加强培训和技术储备是关键。

参考文献

- [1] 李刚,程春田,曾筠,等.改进等微增率算法求解火电负荷分配问题的实用化研究与应用[J].电力系统保护与控制,2012(2).
- [2] 姚静,方彦军.厂级AGC机组负荷优化分配系统研究[J].汽轮机技术,2012(1).
- [3] 刘和森,翟伟翔,刘友宽.云南电网火电厂厂级负荷协调分配系统[J].南方电网技术,2011(Z1).