

电力系统故障情况下的调度指令执行效率优化研究

林丛丛

国网浙江省电力有限公司文成县供电公司, 浙江 温州 325000

[摘要]在电力系统运行过程中,突发性故障不可避免地影响电网安全与供电连续性。调度指令作为事故处理的核心环节,其执行效率直接关系到系统恢复速度与故障扩大的抑制能力。文中以调度执行效率为研究重点,从信息传输机制、调度流程规范及智能辅助系统等角度入手,提出一套优化策略体系。研究发现,通过构建标准化指令执行模型、引入实时交互平台及智能判别系统,可有效缩短指令传递与执行周期,提升调度反应速度与准确性。文章旨在为提升电力系统故障应急处置能力提供技术支撑与优化路径建议。

[关键词]电力系统;调度指令;故障响应;执行效率;智能优化

DOI: 10.33142/hst.v8i5.16499

中图分类号: TM712

文献标识码: A

Research on Optimization of Dispatch Instruction Execution Efficiency under Power System Fault Conditions

LIN Congcong

Wencheng County Power Supply Company of State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: During the operation of the power system, sudden faults inevitably affect the safety of the power grid and the continuity of power supply. As the core link of accident handling, the execution efficiency of scheduling instructions is directly related to the system recovery speed and the ability to suppress the expansion of faults. The article focuses on the efficiency of scheduling execution and proposes an optimization strategy system from the perspectives of information transmission mechanism, scheduling process specification, and intelligent auxiliary system. Research has found that by constructing standardized instruction execution models, introducing real-time interaction platforms, and intelligent discrimination systems, the instruction transmission and execution cycle can be effectively shortened, and the scheduling response speed and accuracy can be improved. The article aims to provide technical support and optimization path suggestions for enhancing the emergency response capability of power system faults.

Keywords: power system; scheduling instructions; fault response; execution efficiency; intelligent optimization

引言

电力系统的稳定运行对国家能源安全具有重要意义。在系统故障突发的情况下,调度指令作为协调各环节应急联动的纽带,其执行效率直接影响恢复速度与安全边界的控制。然而,传统调度过程中常因信息延误、执行失误或联动滞后导致应急反应时间拉长,严重时甚至引发连锁事故。优化调度指令执行效率已成为电力系统运行调控中的关键课题。本文结合当前电网调度技术现状与常见故障类型,从调度执行链路出发,系统分析影响效率的关键因素,并提出具有技术可行性的优化方案。

1 电力系统故障对调度指令执行的影响分析

1.1 故障类型对调度反应机制的干扰

在电力系统运行过程中,常见的故障类型包括线路短路、设备损坏、继电保护误动、电压骤降、频率波动及系统振荡等。这些故障通常具有突发性、随机性和连锁性,不仅直接威胁到电力设备的安全运行,还会对整个电网的稳定性造成系统性冲击。尤其是在高负荷运行或极端气象条件下,故障的发生频率和复杂程度进一步上升。不同类型的故障在发生位置、波及范围、持续时间和对关键设备

的影响方面差异明显,调度中心需迅速识别故障性质、准确判断故障范围并制定相应处置策略。然而在实际运行中,调度人员常常面临故障信息采集滞后、信号混乱、来源不明等问题,造成调度反应节奏被动。尤其在新能源发电接入比例不断提升的背景下,系统惯性削弱,电压和频率调控难度加大,使得传统的调度判断方法面临巨大挑战。

1.2 指令传递链条中的时间延迟问题

电力调度指令从生成到最终执行,通常需经历多个环节,包括调度命令的制定、信息的编码与发送、通信系统的传输、下级调度或现场单位的接收确认,以及具体操作的落地执行。在传统调度体系中,这一流程多数依赖人工传达、电话通知或非实时系统支持,信息链条长且存在多点干预,极易在各环节出现传递延迟、信息重复、误解或中断的情况。特别是在多级调度体系下,省级、市级、县级调度中心之间存在层级传导机制,每一级都需进行再处理或复核,进一步拉长响应时间。一旦突发事故发生,如主变压器跳闸、线路故障或区域负荷突升等,应急指令必须在极短时间内传达至现场,但任何一级的延误都可能错失最佳处置时机。例如,在某次主变复电过程中,因通信

链路阻塞导致复归指令未能及时传达至现场,直接延误了系统电压恢复,造成用户侧电能中断时间延长。因此,优化指令传递路径、提升通信系统稳定性、减少人为干预环节,是提升整体调度响应效率、实现快速联动处置的关键手段。

1.3 调度中心与现场执行单位的协同瓶颈

调度中心负责调令制定与下发,现场单位则承担具体的执行与反馈。然而,在实际运行中,调度与现场之间存在沟通不畅、指令理解偏差、执行标准不一等协同问题。部分现场单位由于人员技术水平参差、值班力量不足或设备智能化水平不高,难以在第一时间准确执行调度命令。此外,缺乏统一的调度执行标准和执行记录反馈机制,也使得调度中心难以对现场执行效果进行实时监控和调整。一旦执行偏差发生,不仅延误故障处理,还可能引发次生故障,进一步影响系统稳定。优化调度指令执行效率,必须强化调度中心与现场单位之间的协同机制,包括规范调度语言、推行一键执行系统和提升人员应急响应能力等技术与管理手段。

2 调度指令执行流程的现状与问题

2.1 指令下达路径多级化问题

当前电力系统调度体系普遍采用分级管理模式,通常划分为国家级、省级、市级及县级调度中心,各级调度单位在职责分工、资源配置和区域管理上具有明确分层。这种结构有利于日常运行的精细化管理和区域协调,但在突发故障或重大电网事件中,其层级性却暴露出响应链条过长、指令流程复杂的问题。调度指令需逐级汇报、审批、传达,执行路径繁琐,极易造成响应时效滞后。在如大面积停电、系统频率失稳、电压塌陷等紧急情况下,高层调度需要依赖下级反馈才能作出准确判断,而下级单位又需等待上级决策,形成“信息未汇总—命令未下达”的循环瓶颈。各级调度单位之间的权限边界常常模糊,易在高压状态下出现抢权操作或互相推诿责任的情况,导致调度命令缺乏统一性,严重影响执行效率与电网稳定。

2.2 信息反馈机制的不及时与不对称

调度指令的执行效果是否达成,直接依赖于现场单位的及时反馈,调度中心只有掌握准确的执行状态,才能根据系统运行的最新变化调整后续策略。然而,在实际运行中,信息反馈机制往往存在多种问题,如反馈延迟、信息缺失、内容不规范以及反馈渠道不畅等,严重影响调度决策的实时性与准确性。部分基层执行单位缺乏系统化的信息回报流程,反馈多以电话、口头或临时书面形式进行,既不规范也难以追溯。例如,当某输电线路恢复送电后,若现场未能及时反馈断路器的合闸状态,调度人员将无法确定系统是否已闭环,可能误判而中断下一步操作,延误整个恢复过程。此外,在通信链路异常、数据传输不稳定或信息系统互联不畅的情况下,反馈信息的丢失或延迟更

加严重。信息反馈机制的不完善使调度中心处于“信息盲区”,无法全面掌握执行实况,带来较大的调度风险。

2.3 缺乏标准化执行反馈闭环体系

高效的调度执行流程应具备“指令下达—现场执行—结果反馈—调度确认”的完整闭环,但目前许多地区调度系统尚未实现标准化反馈机制。一方面,现场单位反馈内容缺乏格式统一与系统接入支持,导致调度中心接收到的信息分散、不一致,难以快速汇总分析。另一方面,调度中心缺乏对反馈信息的自动解析与判断能力,仍依赖人工汇总与比对,处理效率低下。更严重的是,部分反馈信息未与指令系统联动,形成“下达有记录、执行无反馈、调整无依据”的断点流程,严重制约调度效率提升。若在应急情况下反馈不及时或无效,将直接影响调度指令的准确调整与系统恢复进度。因此,有必要建立统一的调度执行反馈平台,推动标准化模板、自动记录与系统联动,以实现全过程可控、可溯、可追踪的闭环管理。

3 调度指令执行效率提升的关键技术路径

3.1 建立标准化调度流程模型

调度指令执行效率的提升,首先应依赖于流程的标准化设计。当前各地电网调度单位在调度流程上存在差异,部分操作依赖人工经验,执行步骤不统一,易引发理解偏差或操作失误。因此,有必要在全国范围内推行统一的调度流程模型,包括调度指令的分类标准、下达格式、执行路径与反馈机制。通过流程建模,将指令下达、确认、执行、回报等环节固化为规范化流程节点,并在各级调度与现场系统中植入模板式操作界面,可有效减少执行差错。同时,在模型中引入优先级管理与应急处理分支流程,可提升系统对突发故障的快速响应能力。标准化流程不仅提高了执行一致性,也为系统化评估与优化调度操作提供了基础支撑。

3.2 应用实时通信与同步反馈机制

传统调度流程中存在通信延时与反馈滞后的问题,直接制约了调度执行效率。针对这一问题,应强化调度系统与现场设备之间的实时通信能力,采用高速、稳定的数据通信技术(如光纤通信、5G专网、工业以太网等)建立调度-现场之间的即时数据通道。实时通信可实现指令瞬时下达与执行状态实时回传,显著缩短响应时间。在此基础上,构建同步反馈机制,即现场单位在执行操作后,系统自动反馈设备状态并同步至调度平台,形成操作闭环。该机制还应具备异常报警功能,在反馈信息异常或执行失败时第一时间提示调度人员进行干预。同时,调度平台需具备多终端协同能力,支持桌面系统、移动终端与值班平台同步操作,保障调度指令在多场景、多渠道下高效传递与执行。

3.3 引入智能辅助决策系统支持调度判断

随着电网规模扩大与运行复杂性提升,依靠人工经验

进行调度判断已难以满足高效运行要求。引入基于人工智能与大数据分析的智能辅助决策系统,能够在故障发生后快速分析电网状态、识别故障位置、模拟操作方案,为调度人员提供科学参考。该系统通过实时采集电网运行数据,结合历史故障案例与运行规律,生成最优调度策略建议,极大地缩短调度判断时间。同时,系统可基于场景库与应急预案库实现自动匹配,为调度人员推荐可行的操作路径及注意事项。在此基础上,调度指令的生成也可实现智能化编制,避免人为疏漏,提升调度精准度。通过人工智能系统与人工判断的结合,可实现“人机协同”调度新模式,在提升效率的同时增强应急调度的科学性与安全性。

4 调度效率优化系统的构建与实施策略

4.1 信息集成平台的构建与部署

提升调度效率的关键基础在于构建统一的信息集成平台,将调度指令、设备状态、运行数据、现场反馈等信息汇聚于同一系统之中,打破原有的信息孤岛,实现数据全面共享与高效处理。信息集成平台应具备高度兼容性,能够对接调度自动化系统、故障录波系统、SCADA 系统及各类智能终端,形成贯通调度层、执行层与设备层的实时信息链条。同时,应引入数据分析与可视化模块,对电网运行状态、指令执行路径、响应时间等指标进行动态监控与展示,帮助调度人员进行综合判断。此外,平台还应支持权限分级管理,确保各级调度中心与现场单位根据职责权限高效访问、使用与响应相关指令,提高整体运行协同能力。

4.2 应急预案数字化与自动化联动

传统应急预案多为纸质或静态文档,无法实现实时调用与自动响应,影响故障处理效率。为此,应推动应急预案的数字化转型,将各类故障场景的应对策略、调度指令、设备操作步骤等内容固化为可执行脚本,嵌入调度系统内部,实现“预案即程序、故障即响应”的联动机制。数字化应急预案应具备场景匹配功能,根据故障类型、影响范围与设备状态自动识别匹配最佳处置策略。同时,结合自动化控制系统,可实现指令下达与关键设备联动的自动执行,降低人工干预时间,提升反应速度。例如,在主变故障场景中,系统可自动执行备用电源切换、负荷分配调整等操作,缩短处置时间。自动化联动机制还应具备模拟推演功能,支持调度人员在日常演练中检验预案可行性,提升实战能力。

4.3 对调度人员的技术培训与绩效考核体系建设

技术系统的优化必须辅以人员能力的提升,才能实现预期效果。调度人员作为故障处置的核心执行者,其业务素质、应变能力和技术水平直接影响调度效率。因此,需构建常态化、多层级的技术培训体系,内容覆盖新型调度系统操作、应急预案应用、设备运行特性识别、信息反馈流程等方面。培训形式可结合实训平台、虚拟仿真、案例研讨与现场观摩,增强实践性与针对性。同时,应建立科学的绩效考核机制,对调度指令下达时间、执行准确率、应急响应效率等核心指标进行量化评价,并将考核结果作为激励与晋升依据,以激发调度人员的主动性和责任感。通过技术与管理双轮驱动,全面提升调度队伍的专业能力和执行水平,为调度效率优化系统的落地提供有力保障。

5 结语

在电力系统故障处理中,调度指令的快速、准确、高效执行是保障系统安全稳定运行的关键一环。本文从多个维度分析了调度指令执行效率低下的原因,并提出以标准化、智能化、信息化为核心的优化路径。实践表明,通过构建完善的调度执行平台与反馈机制,不仅可提升调度反应的及时性,还能增强故障处理的协同能力与准确性。未来,电力系统应进一步结合大数据与人工智能技术,不断优化调度体系,提升整体应急处置水平,为实现新型电力系统的安全稳定运行提供坚实保障。

[参考文献]

- [1]夏名扬,丁佳乐.新时期电力调度的安全操作和事故处理分析[J].电工技术,2024,12(11):457-459.
- [2]李新鹏.面向国内智能电网的电力调度控制系统异常智能检测方法研究与故障定位技术研究[D].北京:北京邮电大学,2023.
- [3]惠玲利.计及信息攻击和多时间尺度的电一气互联综合能源系统优化调度[D].湖南:湖南大学,2023.
- [4]业睿.面向配网电压控制的电动汽车智能体充电调度方法研究[D].江苏:东南大学,2022.
- [5]张亚健.信息-物理耦合的新能源电力系统负荷频率控制关键技术研究[D].天津:天津大学,2021.

作者简介:林丛丛(1986.11—),毕业院校:杭州电子科技大学信息工程学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:国网浙江省电力有限公司文成县供电公司,职务:调控员,职称级别:中级工程师。