

发电厂厂用电系统切换方式优化与可靠性分析

吕奇钊

大唐惠州热电有限责任公司 广东 惠州 516123

【摘要】：发电厂厂用电系统承担机组运行关键负荷供电任务，其切换过程的稳定性直接影响机组安全。现有切换方式在响应速度、逻辑联锁及故障识别方面存在不足，易引发电压波动甚至短时失电问题。基于运行工况特征，对切换逻辑、控制策略及保护配合进行优化，构建多层次切换判据与快速响应机制，并强化异常状态识别能力。优化后切换过程冲击明显降低，供电连续性得到保障，系统抗扰动能力与运行可靠性同步提升。

【关键词】：厂用电系统；切换方式；可靠性提升；电源切换控制；运行优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.11.006

引言

发电厂运行过程中，厂用电系统承担着为关键设备持续供电的重要任务，其稳定程度直接影响机组运行状态。电源切换作为厂用电系统的重要环节，在负荷转移、电源异常及运行方式调整中频繁发生，一旦切换过程控制不当，极易引起电压骤降、设备误动作甚至机组停运。实际运行中，部分切换方式仍依赖传统逻辑配置，对复杂工况适应性不足，难以满足高可靠性运行要求。针对切换过程中存在的响应滞后、判据单一及联锁不完善等问题，有必要对切换策略与控制机制进行系统优化，使其在不同运行场景下保持稳定、快速与安全的特性，从而保障厂用电系统的连续供电能力。

1 厂用电系统切换运行特征解析

1.1 典型电源配置与运行模式

发电厂厂用电系统通常由工作电源与备用电源构成多级供电结构，形成主供、备用及应急电源协同的供电体系。电源接入方式涵盖厂用变压器供电、启动变供电以及外部电网反送电等多种形式，不同电源间通过母线分段与联络开关实现灵活切换。运行模式呈现出单母线分段、双母线或带旁路结构等差异，负荷分配依据机组状态动态调整。在新能源接入及智能化改造背景下，电源配置逐步向多源协同与分层供电发展，强调供电路径的冗余性与可切换性，使系统在不同运行工况下保持稳定供电能力。

1.2 切换触发条件与工况分类

厂用电系统切换主要由电源异常、运行方式调整及负荷转移需求驱动，触发条件涉及电压越限、频率偏差、母线失压及保护动作信号等多维判据。切换工况可划分为正常计划切换与故障紧急切换两类，其中计划切换强调平滑过渡与冲击控制，故障切换则侧重快速响应与供电恢复能力^[1]。不同工况下切换逻辑存在明显差异，需结合机组运行状态、负荷重要等级及电源稳定性进行综合判定。智能监测技术的应用使触发条件逐步由单一阈值判断向多参数融合识别转变，提高复杂工况下的识别准确性与切换决策的可靠性。

1.3 负荷特性对切换行为的影响

厂用电负荷具有明显的分级特征，关键设备负荷对电压稳定性与供电连续性要求较高，对切换过程中的瞬态扰动极为敏感。大容量电动机及连续运行设备在切换过程中易产生冲击电流与转矩波动，对系统电压恢复速度提出严格要求。不同负荷的启动特性与惯性响应直接影响切换策略的制定，需在切换过程中统筹考虑负荷优先级与动态特性。面向高可靠性运行要求，负荷管理逐步向精细化与分级控制发展，通过优化负荷分配与切换顺序，降低系统扰动幅度，提高切换过程的稳定性与整体供电可靠性。

2 现行切换方式存在的关键缺陷识别

2.1 切换响应滞后导致电压扰动

厂用电系统切换过程依赖控制逻辑与执行装置的协同动作，响应链条包含信号采集、判据判断及开关执行等多个环节，任一环节延迟均会叠加形成整体滞后效应。切换指令发出后电源投入与负荷接续存在时间差，母线电压在短时内失去支撑，易产生明显跌落甚至波动放大。部分控制系统对瞬态状态识别能力不足，未能实现快速判别与即时动作，使电压恢复过程延长。负荷动态特性与电源惯性不匹配进一步加剧扰动幅度，降低关键设备运行稳定性，对系统连续供电能力形成制约。

2.2 逻辑判据单一引发误切换风险

现行切换逻辑多以电压或频率单一阈值作为触发依据，对复杂运行状态缺乏综合判定能力，难以准确区分暂态波动与真实故障。短时扰动被误判为失电信号时，切换动作提前触发，造成不必要的电源切换甚至多次重复动作。判据缺乏多维数据支撑，对母线负荷水平、电源稳定性及系统运行方式变化未形成联动分析，导致判断结果偏差^[2]。智能化水平不足使逻辑无法自适应不同工况，误切换概率增加，系统运行稳定性受到影响，难以满足高可靠性供电要求。

2.3 保护与控制配合不协调问题

厂用电系统中保护装置与切换控制逻辑存在独立运行现象，动作时序与判定依据缺乏统一协调，易出现保护先动或控

制先行的不一致情况。保护整定与切换策略未形成联动关系，当电气故障发生时，保护动作可能切断电源而控制系统尚未完成备用电源投入，造成供电中断时间延长。部分装置之间信息交互滞后，缺乏统一的数据平台支撑，导致控制决策依据不完整。新型数字化设备接入后，接口标准与通信机制不统一问题更加突出，进一步削弱整体系统协同能力。

3 切换方式优化路径与技术实现

3.1 多条件判据融合的切换逻辑重构

切换逻辑优化以多源数据融合为核心，构建包含电压、频率、相角差及母线状态等多维参数的综合判据体系，实现对系统运行状态的精细识别。判据设计引入时间维度与变化速率分析，对瞬态扰动与持续性异常进行区分，避免单一阈值触发带来的误判风险。逻辑结构采用分层判定方式，上层进行运行工况识别，下层执行具体切换决策，形成由识别到执行的闭环控制路径。引入自适应参数调整机制，根据负荷变化与电源稳定性动态修正判据边界，提高不同运行模式下的适配能力。结合数字化监测平台，实现数据实时采集与快速处理，缩短判定时间，提高切换逻辑响应效率，同时增强系统对复杂工况的识别精度与决策可靠性。

3.2 快速切换控制策略与执行机制优化

控制策略优化以缩短切换时间与降低冲击为目标，对切换流程进行精细化分解与时序重构，明确各控制环节的执行顺序与时间约束。通过优化开关动作逻辑与控制信号路径，减少中间环节延迟，使电源投入与负荷接续实现紧密衔接。执行机制强化快速响应能力，采用高性能控制装置与高速通信通道，提升指令传输与执行速度^[3]。针对不同负荷特性制定差异化控制策略，对关键负荷优先保障供电连续性，同时控制电压恢复过程的平稳性。引入预测控制理念，对切换前系统状态进行预判，提前完成部分准备动作，降低切换过程的不确定性。通过全过程时序协调与控制参数优化，实现切换过程由被动响应向主动控制转变，显著提升系统动态稳定水平。

3.3 保护联锁与自动化系统协同改进

保护与控制系统协同优化以统一平台与标准接口为基础，构建集保护判据、控制逻辑及状态监测于一体的综合控制体系。通过整定策略优化，使保护动作时序与切换控制保持一致，避免出现动作冲突或间隙。联锁逻辑进行系统化重构，明确各类设备之间的约束关系，确保切换过程中设备动作具备完整的安全闭锁条件。自动化系统加强数据共享能力，实现保护装置与控制系统间的信息实时交互，提高决策依据的完整性。结合智能算法对运行数据进行分析，持续修正保护整定值与控制参数，使系统在不同运行状态下保持最优匹配关系。通过标准化通信协议与统一数据模型，实现多设备、多系统之间的高效协同，提升整体切换过程的协调性与可靠性。

4 优化后运行稳定性与可靠性验证

4.1 切换过程电压波动控制效果分析

优化后的切换逻辑通过多参数协同判定与时序精细控制，实现电源投入与负荷承接的紧密衔接，电压波动幅值得到有效压制。母线电压在切换瞬间的跌落范围明显缩小，恢复过程呈现连续平滑特征，避免出现二次波动或振荡现象。控制策略对不同负荷响应特性进行匹配调整，使电压恢复曲线更加符合设备运行要求。动态监测数据表明，电压偏差持续时间显著缩短，关键节点电压稳定性增强。结合数字化监控手段，对切换全过程进行实时评估，形成电压控制效果的量化反馈，为进一步优化提供可靠数据支撑。

4.2 关键负荷供电连续性改善情况

切换优化后供电路径衔接更加紧密，关键负荷在切换过程中的电能中断现象得到有效控制。负荷分级管理机制在切换过程中发挥作用，高优先级设备优先完成电源接续，供电连续性得到保障。控制策略对负荷接入顺序进行优化，减少瞬态冲击对关键设备运行状态的影响。供电恢复时间明显缩短，关键系统运行稳定性得到强化^[4]。运行数据反映，负荷侧电压波动范围趋于稳定，设备运行状态保持连续，系统整体供电可靠性水平实现提升，满足高标准运行要求。

4.3 系统抗扰动能力与故障恢复表现

优化后的系统在面对电源波动及负荷变化时表现出更强的适应能力，多层判据与快速响应机制协同作用，使扰动识别与切换执行形成高效联动。系统在异常工况下能够快速完成电源切换与负荷重构，减少扰动扩散范围。保护与控制协同机制提升故障处理效率，缩短恢复时间。运行状态监测与数据分析功能实现对扰动过程的动态跟踪，为后续调整提供依据。系统整体表现出较高的稳定裕度与恢复能力，能够在复杂运行环境中维持连续供电状态。

5 运行管控机制完善与稳定性保障措施

5.1 切换过程在线监测与预警机制构建

切换过程监测体系以全量数据采集与实时状态感知为基础，构建覆盖电压、电流、频率及开关状态的多维监测网络，对厂用电系统关键节点进行持续跟踪。监测单元通过高速通信接口与集中处理平台连接，实现毫秒级数据上传与同步分析，为切换过程提供连续动态信息支撑。预警机制以多参数阈值与趋势分析为核心，结合电气量变化速率与时间序列特征，形成分级预警模型，对潜在异常状态进行提前识别。系统通过算法模型对异常信号进行甄别，区分短时波动与持续偏离，避免误报警影响决策。监测平台同步记录切换全过程数据，构建完整运行轨迹，实现对异常环节的精准定位。结合数字化运维理念，预警结果与控制系统形成联动关系，在异常信号达到设定条件时自动触发响应机制，缩短处置时间。通过多层级监测与智能

预警融合,实现切换过程由事后分析向事前预判转变,提高运行过程的可控性与安全边界。

5.2 运行数据反馈驱动的参数动态修正

运行数据管理以持续采集、集中存储与深度分析为核心,构建面向切换优化的闭环数据体系,对不同运行工况下的切换行为进行系统化归集。数据分析模块对电压波动幅值、切换时序偏差及负荷响应特性进行统计评估,形成多维度评价指标体系,为参数优化提供量化依据。动态修正机制以数据驱动为导向,对切换判据阈值、控制时序及保护整定进行周期性校核与调整,使参数配置与实际运行状态保持一致。结合智能算法模型,对历史数据进行模式识别与趋势预测,实现参数调整由经验依赖向模型驱动转变^[5]。系统根据不同运行模式自动匹配参数方案,提升适应性与灵活性。数据反馈过程强调实时性与连续性,通过在线分析实现快速修正,避免长期偏差积累影响系统性能。通过数据闭环运行机制,使切换控制策略不断优化,形成自适应调整能力,提高整体运行精度与稳定水平。

5.3 标准化操作流程与闭环管理模式建立

操作流程标准化以统一技术规范与执行步骤为基础,对厂用电系统切换各环节进行系统梳理,明确操作条件、执行顺序

及安全约束,形成结构清晰、层级分明的流程体系。流程设计强化逻辑一致性与可执行性,确保不同运行场景下操作路径具备稳定性与可重复性。闭环管理模式通过对操作前准备、过程执行及结果验证进行全流程控制,实现对切换行为的完整管理。各环节信息通过数字化平台进行记录与追踪,形成可追溯的数据链条,确保问题能够快速定位与处理。管理体系引入评价与反馈机制,对执行结果进行持续评估,推动流程优化与标准完善。结合智能化运维理念,操作流程与自动控制系统形成协同关系,减少人为干预带来的不确定性。通过标准化与闭环管理融合,使切换操作更加规范可靠,系统运行过程更加稳定可控。

6 结语

厂用电系统切换运行的稳定性取决于逻辑判据、控制策略与管控机制的协同水平。通过对切换特征识别、缺陷剖析及优化路径构建,形成多维判据支撑、快速控制响应与系统协同联动的运行体系,电压波动控制与供电连续性显著改善。依托在线监测、数据驱动修正及标准化管理,切换过程由离散控制向智能化、精细化转变,系统抗扰动能力与故障恢复效率得到提升,整体运行状态更加稳定可控,为发电厂安全高效运行提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 赵晓海.发电厂厂用电系统谐波抑制与能效优化策略研究[J/OL].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025,(4):083-086[2026-07-21].
- [2] 朱彦勋,何逸伦,张体露,等.核电厂厂用电源切换系统改进分析及应用[J].电工技术,2025,(23):284-286+289.
- [3] 刘新超,杨小玲.火电厂6kV厂用电系统接地故障保护优化[J].电力设备管理,2025,(21):22-24.
- [4] 倪浩.面向突发工况的水电厂厂用电自动切换方法研究[J].消费电子,2025,(23):137-139.
- [5] 刘逸钊.发电厂高低压厂用电系统中性点接地技术研析[J].电力设备管理,2025,(12):108-110.