

配电变压器经济运行模式的研究与实践

刘 勇

巴彦淖尔紫金有色金属有限公司 内蒙古巴彦淖尔 015443

摘 要：配电变压器作为电力系统电能分配的核心设备，其运行效率直接影响能源利用效率与电力企业经济效益。针对当前配电变压器运行中存在的损耗过高、运行方式不合理等问题，本文从理论基础、运行影响因素、优化策略及实践路径等方面，开展配电变压器经济运行模式研究。结合电力工程学科理论，融入内蒙古地区特殊地理气候与能源结构对配电变压器运行的影响，提出适配不同场景的经济运行优化方案，为提升配电变压器运行经济性、推动电力系统可持续发展提供理论与实践支撑。

关键词：配电变压器；经济运行；优化策略

引言

能源转型与可持续发展战略推进背景下，电力系统高效运行成为行业核心诉求。配电变压器承担配电网电压转换与电能输送职能，运行损耗占比显著，制约能源利用效率提升。部分地区存在容量配置失衡等问题，内蒙古电网特性提出特殊运行要求。开展运行模式研究、优化策略，对降低损耗、提升效益意义重大，可为技术应用提供参考。

一、配电变压器经济运行的理论基础

（一）经济运行的核心内涵

配电变压器经济运行是指在保障供电可靠性与电能质量的前提下，通过优化设备选型、调整运行方式、强化运维管理等手段，将变压器运行损耗控制在最低水平，实现能源利用效率与经济效益最大化的运行状态。其核心目标并非单纯追求某一运行参数的最优，而是基于系统整体运行需求，构建动态适配的运行模式，使变压器在全生命周期内始终处于损耗最优的运行区间。与传统运行模式相比，经济运行模式更注重负荷特性与设备性能的匹配性，强调通过精细化管理与动态调控，平衡损耗控制与供电保障之间的关系，契合电力系统节能降耗与高质量发展的核心诉求。

（二）损耗构成与经济运行原理

配电变压器的运行损耗主要由空载损耗与负载损耗两部分构成，二者的变化规律决定了变压器的经济运行

区间。空载损耗是变压器在无负载状态下产生的损耗，主要源于铁芯磁滞损耗与涡流损耗，其大小与铁芯材料特性、制造工艺密切相关，在设备定型后基本保持恒定，不受负载变化影响。负载损耗则是变压器带负载运行时，绕组电阻产生的损耗，其大小与负载电流的平方成正比，随负载变化呈现显著波动。

配电变压器经济运行的核心原理基于损耗平衡规律：当变压器的空载损耗与负载损耗相等时，其运行效率达到峰值，对应的负载率即为经济负载率。在此区间内，变压器总损耗最小，运行经济性最优。若负载率低于经济负载率，空载损耗在总损耗中占比过高；若负载率高于经济负载率，负载损耗会快速攀升，均会导致运行效率下降。因此，经济运行模式的构建核心，就是通过动态调控使变压器运行负载始终围绕经济负载率波动，结合设备特性与运行环境，实现损耗的综合管控^[1]。

二、配电变压器经济运行的影响因素分析

（一）设备自身特性因素

变压器自身性能是决定其经济运行潜力的基础因素，主要体现在设备型号、容量等级与制造工艺三个方面。不同型号变压器的铁芯材料、绕组结构存在差异，导致其空载损耗与负载损耗参数差异显著。节能型变压器采用优质铁芯材料与先进制造工艺，能够有效降低空载损耗，为经济运行提供硬件支撑。容量等级的适配性则直接影响运行负载率，若容量配置过大，会导致变压器长期处于低负载率运行状态，空载损耗占比过高；若容量配置过小，会使变压器长期过载运行，不仅增加负载损耗，还会缩短设备使用寿命。

作者简介：刘勇，1990-5-20，男，汉，甘肃民勤，本科，中级工程师，研究方向：电力。

（二）负荷特性因素

电力负荷的变化特性是影响配电变压器经济运行的关键外部因素。负荷的峰谷波动、季节变化与三相不平衡状态，都会导致变压器运行负载率偏离经济区间，增加运行损耗。在负荷峰谷差异显著的区域，变压器可能在高峰时段过载运行、低谷时段轻载运行，两种状态均偏离经济运行区间，导致总损耗增加。季节变化带来的负荷波动则会使变压器长期处于非经济负载区间，如夏季制冷负荷激增、冬季采暖负荷攀升，均会改变负载率分布。

（三）环境与区域特性因素

地理气候与区域能源结构等环境因素，通过影响设备性能与负荷特性，间接作用于配电变压器经济运行状态。不同地域的温度、湿度、海拔等环境参数，会影响变压器的散热效率与绝缘性能，进而改变损耗特性。内蒙古地区地域辽阔，冬季低温持续时间长，低温环境会降低变压器油的散热效率，导致绕组温度升高，增加负载损耗；低温还会影响绝缘材料性能，增加设备故障风险，间接影响经济运行稳定性。内蒙古作为新能源富集区域，大规模风电、光伏等新能源接入配电网，会导致负荷特性呈现间歇性、波动性特点，进一步加剧变压器负载率的波动，增加经济运行调控难度。

（四）运行管理因素

运行管理水平是保障配电变压器经济运行模式有效落地的关键。部分地区存在运行管理粗放、调控机制固化等问题，如缺乏对负荷变化的动态监测，无法及时调整运行方式；运维计划缺乏针对性，未能根据设备运行状态与环境变化优化维护策略；工作人员专业素养不足，对经济运行调控技术的应用能力有限等。这些问题导致变压器无法充分发挥经济运行潜力，即使具备优质设备与合理配置，也难以实现损耗最优控制。缺乏完善的经济运行评价体系，无法准确量化运行效益，制约了经济运行模式的持续优化。

三、配电变压器经济运行的优化策略

（一）优化设备选型与容量配置

设备选型与容量配置的优化是实现配电变压器经济运行的基础环节，需结合负荷特性、区域环境与发展需求，构建精准适配的配置方案。在设备选型方面，应优先选用节能型变压器，其采用优质铁芯材料与先进绕组制造工艺，能显著降低空载损耗，契合长期运行的节能需求。针对不同区域环境特性，还需强化设备的环境适应性选型，内蒙古等低温地区，应选用耐低温、散热性能优良的变压器型号，配备高效加热装置与保温防护结

构，降低低温环境对运行性能的影响。

在容量配置方面，应摒弃传统“经验化”配置模式，基于负荷预测结果与经济负载率原理，采用差异化配置策略。通过对区域负荷增长趋势、峰谷特性的系统分析，确定变压器的额定容量，确保其在长期运行中核心负载区间与经济负载率匹配。对于负荷波动显著的区域，可采用多台变压器并列运行的配置模式，通过台数调节适配负荷变化，避免单台变压器长期处于非经济负载区间^[2]。

（二）动态优化运行方式

基于负荷特性的动态变化，优化变压器运行方式，是实现经济运行的核心手段。针对单台变压器运行场景，应建立负荷动态监测机制，实时追踪负载率变化，通过调整分接开关等手段，使变压器始终运行在经济负载率区间。对于多台变压器并列运行场景，应构建基于负荷阈值的台数调控策略，根据负荷变化动态调整投入运行的变压器台数，实现负载在多台设备间的均衡分配，避免部分设备过载、部分设备轻载的低效运行状态。

针对三相负荷不平衡问题，应建立常态化监测与调整机制，通过优化用户接线方式、配置三相平衡装置等手段，降低三相负荷不平衡度，减少因电流分布不均导致的额外损耗。对于新能源接入集中的区域，需结合新能源出力特性优化运行调控，通过预判新能源出力波动趋势，提前调整变压器运行状态，避免出力突变导致的负载率大幅偏离经济区间。内蒙古新能源富集区域，可结合风电、光伏出力的日变化规律，制定分时段运行调控方案，在出力高峰时段调整变压器运行台数，保障负载匹配；在出力低谷时段减少运行台数，降低空载损耗。

（三）强化全生命周期运维管理

构建全生命周期运维管理体系，是保障配电变压器长期经济运行的重要支撑。在运维策略制定方面，应摒弃传统“定期维护”模式，采用基于设备运行状态的“状态检修”模式，通过安装在线监测设备，实时采集变压器油温、绕组温度、负载电流等运行参数，精准判断设备运行状态，针对性制定检修计划，避免过度检修或检修不足导致的损耗增加与寿命缩短。

结合区域环境特性优化运维措施，内蒙古等低温、多风沙地区，应强化设备防寒、防沙防护，定期检查保温装置与散热系统运行状态，及时清理设备表面积尘，保障散热效率；冬季低温时段，提前启动加热装置，防止绝缘油凝固影响设备运行。加强运维人员专业培训，提升其对经济运行调控技术的应用能力，掌握负荷监测、运行方式调整、故障预判等核心技能，确保经济运行策

略有效落地。

(四) 依托技术创新提升调控能力

技术创新是提升配电变压器经济运行调控精度与效率的重要驱动力。借助物联网、大数据、人工智能等先进技术,构建智能化运行调控平台,实现负荷预测、运行状态监测、调控指令下发的全流程智能化管理。通过大数据分析技术挖掘负荷变化规律与损耗变化趋势,精准预判负荷波动,为运行方式调整提供科学依据;利用人工智能算法构建损耗优化模型,自动生成最优运行方案,提升调控的精准性与时效性。

推广应用无功补偿技术,在变压器低压侧配置无功补偿装置,改善功率因数,降低无功功率传输带来的额外损耗,提升运行经济性。针对新能源接入带来的负荷波动问题,引入储能装置与柔性调控技术,平抑负荷波动,保障变压器负载率稳定在经济区间。加强新型节能材料与制造工艺的研发应用,进一步降低变压器自身损耗,从源头提升经济运行潜力,推动配电变压器经济运行模式向更高效率、更智能化方向发展。

四、配电变压器经济运行模式的实践路径

(一) 构建分区域的实践体系

不同区域的电网架构、负荷特性与环境条件存在差异,需构建分区域的配电变压器经济运行实践体系,确保策略的适配性与有效性。针对城市配电网负荷密集、峰谷差异显著的特点,重点推广多台变压器并列运行与动态台数调控模式,依托智能化平台实现负荷精准匹配;针对农村配电网负荷分散、季节性波动大的特点,优化变压器容量配置,采用小型化、节能型变压器,强化负荷监测与季节性运行方式调整。

内蒙古等新能源富集、环境条件特殊的地区,应构建适配新能源接入与低温环境的专项实践方案。在新能源接入集中区域,搭建“监测-预判-调控”一体化平台,结合新能源出力特性动态调整运行方式;在低温、多风沙地区,强化设备环境适应性改造,优化防寒、防沙运维措施,保障设备在极端环境下的经济运行稳定性。通过分区域实践体系的构建,实现经济运行策略与区域特性的精准匹配,提升实践成效。

(二) 推进全产业链协同联动

配电变压器经济运行模式的落地见效,需要电力设备制造企业、电力运维企业、科研机构等全产业链主体的协同联动。设备制造企业应聚焦区域需求,研发生产适配不同环境特性的节能型变压器,提升设备的经济运行潜力;电力运维企业应强化智能化运维能力建设,推广状态

检修与精准调控技术,保障运行策略有效执行;科研机构应加强基础理论与核心技术研究,攻克新能源接入、极端环境下经济运行调控的技术难点,为实践提供理论支撑。

建立产学研用协同创新机制,整合产业链资源,开展联合攻关,推动技术成果快速转化应用。加强电力企业与用户的协同,通过宣传引导用户优化用电习惯,降低负荷峰谷差,配合电力企业开展负荷调控,形成“企业主导、用户参与”的协同运行格局,提升经济运行模式的整体效益。

(三) 完善政策支持与保障机制

完善的政策支持与保障机制,是推动配电变压器经济运行模式广泛推广的重要保障。政府相关部门应出台针对性的扶持政策,鼓励电力企业开展配电变压器节能改造与经济运行优化,对节能型设备采购、智能化平台建设等给予资金补贴或税收优惠。建立健全电力系统节能降耗评价标准,将配电变压器经济运行成效纳入电力企业绩效考核体系,倒逼企业强化经济运行管理。

加强行业监管与技术指导,规范配电变压器选型、配置与运行管理流程,推广先进实践经验,引导行业整体提升经济运行水平。建立行业交流平台,促进不同地区、不同企业之间的经验共享与技术合作,推动配电变压器经济运行模式的标准化、规范化发展,为电力系统节能降耗与可持续发展提供有力保障^[3]。

结语

配电变压器经济运行模式的构建与实践,是提升电力系统能源利用效率、推动行业高质量发展的重要路径。其核心立足设备损耗特性与区域运行需求,通过优化设备选型、动态调整运行方式、强化智能化运维,实现损耗控制与供电保障的精准平衡。内蒙古特殊的地理气候与能源结构提出专项运行要求,需构建适配区域特性的优化策略,为电力系统节能降耗与可持续发展提供支撑,助力实现能源转型与“双碳”目标。

参考文献

- [1] 贾晓鹏.10kV 配电变压器经济运行方式的可行性及经济性分析[J]. 前卫, 2022(28): 0013-0015.
- [2] 黄烈江, 沈狄龙, 吕渭, 等. 并列运行配电变压器的经济运行控制策略分析[J]. 现代建筑电气, 2023, 14(12): 29-32.
- [3] 耿庆中, 肖君彦. 电网企业变压器能效提升经济效益典型案例剖析[J]. 变压器, 2024(7).