

# 机械设备电气工程自动化供配电节能控制技术

田玉官 屈建云

陕煤集团榆林化学有限责任公司 陕西榆林 719302

DOI:10.32629/ems.v8i5.20207

**[摘要]** 机械设备电气工程自动化供配电系统是工业生产的核心能源供给载体,运行效率直接关系企业能耗成本与生产效益。工业领域节能降耗需求持续提升,供配电系统能耗偏高、节能控制不到位等问题,制约企业绿色低碳发展。本文结合机械设备电气工程实操,分析供配电系统能耗构成及计算模型,阐述节能控制技术原理,优化关键设备节能设计方案,剖析现有技术局限性并明确发展趋势,为供配电节能控制技术的规范化应用与升级提供实践参考,助力企业实现节能降耗与效益提升。

**[关键词]** 机械设备; 电气工程自动化; 供配电系统; 节能控制; 节能技术

工业现代化推进过程中,机械设备电气工程自动化水平不断提升,供配电系统作为能源传输与分配的核心环节,其节能控制是企业降低运营成本、实现绿色发展的关键。机械设备电气工程供配电系统运行时,设备损耗、线路损耗等直接造成能源浪费,既增加企业能耗成本,也会影响供配电系统的稳定性与使用寿命。节能技术不断迭代,供配电节能控制在机械设备电气工程中的应用逐渐广泛,但技术适配性不足、节能效果未达预期等问题仍较为突出。结合机械设备电气工程实际,梳理供配电能耗构成,研究节能控制技术原理与设备优化方法,剖析技术瓶颈并明确发展方向,对推动供配电系统节能升级、提升工业生产能源利用效率至关重要。

## 1 供配电系统能耗构成及计算模型

### 1.1 能耗核心构成

机械设备电气工程自动化供配电系统的能耗,核心集中在设备损耗与线路损耗两大方面,二者共同决定系统整体能耗水平,也是节能控制需重点突破的环节。设备损耗中,变压器损耗占比最高,是设备损耗的主要来源,除此之外,配电开关、接触器等各类电气设备在运行过程中,也会产生一定的运行损耗。这类损耗并非固定不变,而是与设备自身的节能性能、实际运行负荷大小以及连续工作时长密切相关,设备性能越差、负荷越高、工作时间越长,损耗就越明显。线路损耗主要产生于电能传输过程中,配电线路在输送电能时,不可避免会产生能量损耗,其损耗程度受多种因素影响,包括线路选用的材质、截面尺寸大小、传输距离远近以及负荷电流强弱。其中,电流通过线路时产生的热损耗,是线路能耗最主要的表现形式,也是线路节能优化需要重点管控的内容。除了设备损耗和线路损耗,无功功率损耗同样是供配

电系统能耗中不可忽视的部分,无功功率的不合理消耗会额外增加线路负荷,间接推高系统整体能耗,同时还会影响供配电系统的运行效率,导致电能利用不充分,因此也需纳入节能控制范围。

### 1.2 关键能耗计算模型

#### 1.2.1 变压器损耗计算

变压器损耗分为空载损耗与负载损耗,计算模型需结合变压器额定参数与实际运行状态搭建。空载损耗是变压器在额定电压下空载运行时的损耗,主要为铁芯损耗,数值相对稳定,可通过变压器铭牌参数直接获取或用标准公式计算,主要与铁芯材质、重量及磁通密度相关。负载损耗是变压器带负荷运行时的损耗,以绕组铜损为主,与负荷电流平方、绕组电阻成正比,需根据实际运行负荷电流、绕组电阻精准计算,直观反映变压器带载运行的能耗状况。

#### 1.2.2 配电线路损耗计算

配电线路损耗计算以焦耳定律为核心,结合线路参数与运行电流构建模型。线路损耗与线路电阻、负荷电流平方及运行时间正相关,线路电阻可根据线路材质电阻率、长度及截面积计算得出。实际计算时,需考虑线路敷设方式、环境温度对电阻的影响,修正计算结果,保证损耗计算准确,为线路节能优化提供可靠数据支撑。

#### 1.2.3 无功功率损耗计算

无功功率损耗主要产生于感性负载运行过程,计算模型需结合负载无功功率、线路阻抗及功率因数搭建。无功功率损耗与无功功率平方、线路阻抗成正比,与功率因数平方成反比,通过计算可明确无功功率损耗具体数值,为无功补偿技术应用提供依据,通过提高功率因数降低无功功率损耗,改善系统能耗水平。

## 2 供电节能控制的技术原理

### 2.1 无功补偿技术

无功补偿技术是供配电系统节能控制的核心技术,其核心逻辑是通过接入专用无功补偿设备,向供配电系统主动补充无功功率,精准抵消感性负载运行过程中产生的无功需求,进而提高系统功率因数,减少无功功率在传输和转换环节的无效损耗。该技术依赖高精度监测模块,实时捕捉系统内部无功功率的动态变化情况,结合供配电系统实际运行状态,自动调节补偿设备的投入与退出时机,将系统功率因数稳定在合理区间内。这一过程不仅能有效降低线路与各类电气设备的无功损耗,提升供配电系统的电能利用效率,还能减少电压在传输过程中的损耗,保障系统电压稳定,为机械设备电气工程的正常、连续运行提供可靠的能源支撑,避免因电压波动影响生产工况。

### 2.2 变频调速技术

变频调速技术核心依托变频设备的调节功能,通过精准改变电动机的供电频率,灵活调整电动机的运行转速,使电动机的运行状态与机械设备的实际负荷需求形成精准匹配,从根源上杜绝能源浪费。其核心运作方式是通过调节供电频率,同步调整电动机的输出功率,彻底改变传统电动机无论负荷大小均维持额定转速运行的不合理模式,真正实现按需供电、精准供电。当机械设备处于轻负荷运行状态时,通过降低供电频率,可相应减少电动机的输出功率,在降低电动机运行能耗的同时,还能减少电动机内部的机械磨损,延长电动机的使用寿命,提升设备运行的稳定性与可靠性,更好适配机械设备电气工程中多样、多变的运行工况,保障生产流程顺畅。

### 2.3 智能配电监控与优化技术

智能配电监控与优化技术以信息化、智能化技术为核心支撑,整合各类高精度监测设备,对供配电系统运行过程中的电压、电流、功率因数、能耗等关键参数进行实时采集,构建覆盖供配电全流程的监控体系,实现对系统运行状态的全方位、无死角监测。其核心作用通过专用数据处理模块实现,对采集到的运行数据进行实时分析、筛选与处理,精准识别系统运行中的能耗隐患、参数异常等问题,结合供配电系统的实际运行需求,自动调整运行参数,优化能源分配方案,实现供配电系统的动态优化控制。通过实时监控与精准调控的协同配合,进一步提高系统运行效率,最大限度减少能源浪费,确保供配电系统始终处于最优节能运行状态,为

机械设备电气工程提供高效、稳定、节能的能源供给,助力企业降低能耗成本。

## 3 关键设备节能优化设计

### 3.1 变压器节能选型

变压器是供配电系统核心设备,其节能选型直接决定系统整体能耗水平,选型需紧密结合机械设备电气工程供配电系统实际负荷,严格贴合现场运行工况,不能脱离生产实际。选型过程中,需综合考量设备节能性能、运行效率、使用寿命等核心指标,优先选用高效节能型产品,从选型环节奠定节能基础,为后续系统节能运行提供保障。选型前需精准核算系统实际负荷,全面掌握负荷波动规律,结合生产工艺特点合理确定变压器额定容量,避免容量冗余增加空载损耗,或容量不足引发过载运行,确保变压器长期处于经济运行区间,最大限度降低运行损耗。同时,优先选用低损耗铁芯材质与优化绕组结构的变压器,从源头减少空载与负载损耗;兼顾散热性能,优化散热结构设计,提升散热效率,减少运行附加损耗,切实落实节能降耗目标,降低企业能耗成本。

### 3.2 配电线路节能优化

配电线路节能优化需围绕影响线路损耗的核心因素,结合线路传输全流程开展,重点优化线路材质、截面尺寸与敷设方式,全方位降低传输能耗,提升电能传输效率。材质选择上,优先选用电阻率低、导电性能优良、耐腐蚀的材料,减小线路自身电阻,降低电流传输时的热损耗,减少电能传输浪费。截面尺寸需结合线路传输负荷、距离及敷设环境,科学精准核算,避免截面过小导致电阻过大、能耗攀升、影响传输稳定性,也杜绝截面过大造成的材料浪费与成本增加,实现经济性与节能性平衡。敷设方式需结合机械设备电气工程现场布局、生产工艺要求,优化线路走向,缩短传输距离,减少线路迂回,降低传输损耗;做好线路绝缘防护,选用优质绝缘材料,减少漏电损耗,在保障节能效果的同时,提升线路运行安全性、稳定性与耐久性,确保线路长期可靠运行,为供配电系统稳定节能提供支撑。

### 3.3 设备节能性能对比

设备节能性能对比针对供配电系统核心设备,包括变压器、配电开关、变频器等,需从能耗指标、运行效率、使用寿命、运维成本等方面开展全面对比分析,为设备选型提供科学可靠依据,避免盲目选型影响节能效果。比对过程中,需系统梳理不同型号、不同厂家设备的节能参数,结合机械设备电气工程实际运行工况、节能目标及企业运维能力,筛

选节能性能优、运行稳定、性价比高的设备。重点关注设备损耗参数、节能效率等核心指标,严格遵循国家节能标准及行业规范,优先选用符合标准的节能型设备,杜绝高损耗、不符合节能要求的产品,为供配电系统节能优化提供坚实设备保障,确保整体节能效果达到预期,实现能耗降低与企业效益提升的双重目标,助力企业绿色低碳运行。

#### 4 技术“瓶颈”与发展趋势

##### 4.1 现有技术局限性

当前,机械设备电气工程自动化供配电节能控制技术实际应用中,仍存在诸多局限性亟待解决。部分节能技术适配性不足,无法适应复杂工况下供配电系统的动态运行需求,节能效果未达预期。无功补偿技术应用中,部分设备补偿精度不足、响应速度滞后,易出现过补偿或欠补偿现象,不仅无法实现节能,还可能影响供配电系统稳定运行。变频调速技术在高功率机械设备中应用成本较高,且部分设备与现有供配电系统兼容性不佳,限制了技术广泛推广。智能监控系统数据处理能力不足,难以精准分析海量能耗数据并实现实时调控,影响节能控制决策的科学性与高效性,无法充分发挥节能技术的核心作用。

##### 4.2 发展趋势

###### 4.2.1 混合补偿与谐波治理一体化技术

混合补偿与谐波治理一体化技术,将无功补偿与谐波治理相结合,解决传统技术中二者分离导致的节能效果不佳、系统干扰等问题。该技术整合混合补偿设备与谐波治理装置,实现无功功率补偿与谐波抑制同步实施,既提升系统功率因数、降低无功损耗,也减少谐波对供配电系统的干扰,提升系统运行稳定性与电能质量,实现全方位节能优化。

###### 4.2.2 智能算法驱动的精准确控技术

智能算法驱动的精准确控技术,依托大数据、人工智能技术构建高效能耗分析与调控模型。通过智能算法深度分析供配电系统运行数据,精准预测能耗变化趋势,自动优化调控参数,实现供配电系统精准节能控制。该技术可提升调控的及时性与准确性,适配复杂工况下的负荷变化,进一步提高系统节能效率,推动节能控制向智能化、精准化发展。

###### 4.2.3 源网荷储协同的节能体系构建

源网荷储协同的节能体系构建,聚焦能源供给、传输、消耗与存储全流程协同,整合新能源发电、供配电网络、负

荷调控与储能设备,实现能源高效利用与优化配置。通过构建协同体系,平衡供配电系统能源供给与负荷需求,提高新能源利用比例,减少传统能源消耗;借助储能设备缓解负荷波动,保障系统稳定运行,实现供配电系统绿色节能与可持续发展。

##### 4.2.4 低成本模块化节能技术研发

低成本模块化节能技术研发,聚焦技术推广应用可行性,通过优化技术结构、简化设备设计,降低节能技术应用成本。采用模块化设计,实现节能设备灵活组合与快速部署,适配不同规模、不同工况的机械设备电气工程供配电需求。通过技术创新降低设备制造成本与运维成本,推动节能技术在工业领域广泛应用,提升整体节能水平。

#### 5 结语

机械设备电气工程自动化供配电节能控制技术,是企业节能降耗、提升生产效益、推动绿色发展的重要支撑。供配电系统能耗主要包括设备损耗、线路损耗与无功功率损耗,通过科学计算模型可精准掌握能耗情况,为节能控制提供数据支撑。无功补偿、变频调速、智能配电监控与优化等技术,是供配电节能控制的核心手段,结合关键设备节能优化设计,可有效降低系统能耗,提升运行效率。当前供配电节能控制技术仍存在适配性不足、成本较高等局限性,需向混合补偿与谐波治理一体化、智能算法精准调控、源网荷储协同、低成本模块化方向发展。结合机械设备电气工程实际,持续优化节能控制技术与设备选型,推动技术落地应用,突破技术瓶颈,可进一步提升供配电系统节能水平,助力企业实现绿色低碳、高效可持续发展,为工业节能降耗提供支撑。

#### [参考文献]

- [1] 阎保华, 吕新华. 建筑机械设备电气工程自动化的供配电节能控制分析[J]. 制造业自动化, 2021, 43(03): 164-167.
- [2] 王梦. 电气工程中机械设备自动化供配电的节能控制分析[J]. 光源与照明, 2024, (07): 216-218.
- [3] 丰啸. 建筑机械设备电气工程自动化供配电节能控制分析[J]. 技术与市场, 2024, 31(04): 111-114.
- [4] 王超. 机械设备电气工程自动化与工厂供配电节能控制分析[J]. 新型工业化, 2022, 12(07): 216-219.
- [5] 周凯. 机械设备电气工程自动化与工厂供配电节能控制分析[J]. 中国设备工程, 2021, (21): 170-171.