

# 电气工程及其自动化供配电系统节能控制分析

张旭<sup>2</sup> 吴少宇<sup>1</sup> 杨晓飞<sup>2</sup> 黄谊斌<sup>2</sup> 柳岩<sup>1</sup>

1. 中国三峡新能源(集团)股份有限公司宁夏分公司 宁夏 银川 750000

2. 三峡新能源红寺堡发电有限公司 宁夏 吴忠 751900

**摘要:** 本文围绕电气工程及其自动化供配电系统节能控制展开分析。概述了供配电系统的组成、功能、能耗特点及电气工程及其自动化在其中的应用。分析了节能控制现状,包括节能技术应用与策略实施情况及存在问题。探讨了变压器、无功补偿、电动机、照明等节能技术,以及基于负荷预测、智能控制、多能互补的节能控制策略,旨在为提高供配电系统节能水平提供参考。

**关键词:** 电气工程及其自动化; 供配电系统; 节能控制

## 1 电气工程及其自动化供配电系统概述

### 1.1 供配电系统的组成与功能

供配电系统作为电力系统中电能从电源到用户的中间环节,涵盖发电、输电、变电、配电和用电等关键环节。发电环节借助不同能源形式实现能量转换,像火力发电利用燃料燃烧的热能,水力发电依靠水的势能与动能,风力发电则借助风力驱动发电机。输电环节借助高压输电线路,将发电厂电能输送至负荷中心,以此减少输电能量损耗。变电环节利用变压器,把输电线路的高压电能转换为适合用户使用的低压电能。配电环节通过配电线路与设备,如配电变压器、开关柜等,将变电所输出的电能安全、可靠地送到用户端。用电环节则涉及工业、商业、居民等各类用户对电能的使用。供配电系统的主要功能是为用户提供安全、可靠、优质、经济的电能。安全是首要要求,需确保正常运行和故障情况下人员与设备安全。可靠性体现在持续稳定供电,减少停电时间和次数。优质电能要求电压、频率等参数符合标准,避免电压波动和谐波损害用户设备。经济性则要求合理规划系统,降低建设和运行成本,提高能源利用效率。

### 1.2 供配电系统的能耗特点

供配电系统运行中存在能耗,具有多方面特点。变压器能耗是重要组成部分,运行中会产生铁损和铜损。铁损与铁芯材料和结构相关,空载时也存在;铜损则随负载电流增大而增加。输电线路能耗同样不可忽视,线路电阻使电流通过时产生热损耗,损耗大小与线路电阻、电流平方及输电时间成正比<sup>[1]</sup>。电动机、照明设备等用电设备运行消耗大量电能,部分设备效率低下导致能源浪费。供配电系统能耗还具有时段性和季节性特点,时段性上,用电高峰时段如白天工作时间和夏季空调使用高峰期,负荷大、能耗高;用电低谷时段如深夜,负

荷小、能耗低。季节性方面,夏季和冬季因空调、取暖设备大量使用,能耗明显高于春秋季节。

### 1.3 电气工程及其自动化在供配电系统中的应用

电气工程及其自动化技术在供配电系统中应用广泛,显著提升了系统运行效率和管理水平。在监测与控制方面,通过安装电压、电流、温度等各类传感器和监测设备,实时采集系统运行参数,并将数据传输至监控中心。监控中心利用自动化控制系统对数据进行分析处理,实现对供电设备的远程监控和控制,如开关的合闸与分闸、变压器的调压等操作。在故障诊断与处理方面,该技术能快速准确检测系统故障,并通过故障定位系统确定故障位置。同时,自动化系统可根据预设的故障处理策略,自动采取切换备用电源、隔离故障区域等措施,减少停电时间和影响范围。自动化技术还能对供配电系统进行优化调度,依据负荷变化合理分配电能,提高能源利用效率。

## 2 供配电系统节能控制现状分析

### 2.1 节能技术应用情况

目前,供配电系统中已经应用了一些节能技术。在变压器方面,高效节能变压器的应用逐渐普及。这些变压器采用了先进的铁芯材料和绕组结构,降低了铁损和铜损,提高了变压器的运行效率。例如,非晶合金铁芯变压器相比传统的硅钢片铁芯变压器,空载损耗可降低70%-80%。在输电线路方面,采用高导电率的导线材料,如铝合金导线,可以减少线路电阻,降低输电损耗。合理规划输电线路的路径和布局,缩短输电距离,也能有效降低能耗。在用电设备方面,节能型电动机和照明设备得到了广泛应用<sup>[2]</sup>。节能型电动机通过优化设计和采用先进的控制技术,提高电动机的运行效率,降低能耗。照明节能技术方面,LED照明灯具以其高效、

节能、寿命长等优点，逐渐取代了传统的白炽灯和荧光灯。然而，节能技术的应用还存在一些问题，部分企业对节能技术的认识不足，缺乏节能意识，不愿意投入资金进行节能改造。一些节能技术的成本较高，企业在进行节能改造时面临经济压力。节能技术的推广和应用还缺乏有效的政策支持和激励机制。

## 2.2 节能控制策略实施情况

在节能控制策略方面，一些企业已经开始采取措施。基于负荷预测的节能控制策略逐渐得到应用，通过对历史负荷数据的分析和预测，合理安排供配电设备的运行，避免设备在低负荷或空载状态下运行，从而降低能耗。例如，根据预测的负荷情况，提前调整变压器的运行容量，减少不必要的损耗。智能控制策略也在供配电系统中得到了一定的应用，利用智能控制系统，可以根据实时监测到的运行参数，自动调整供配电设备的运行状态，实现节能优化。例如，通过智能照明控制系统，根据环境光线强度和人员活动情况自动调节照明亮度，达到节能的目的。但是，节能控制策略的实施还存在一些困难，部分企业的供配电系统自动化水平较低，缺乏必要的监测和控制设备，难以实现有效的节能控制。节能控制策略的制定和实施需要专业的技术人员，而目前相关人才相对匮乏。节能控制策略的效果评估和优化机制还不够完善，影响了节能控制策略的进一步推广和应用。

## 3 电气工程供配电系统节能控制技术

### 3.1 变压器节能技术

变压器节能技术主要包括选用高效节能变压器、合理调整变压器运行方式和优化变压器运行参数等方面。选用高效节能变压器是降低变压器能耗的关键。如前文所述，非晶合金铁芯变压器具有显著的节能效果，企业在进行变压器更新换代时应优先考虑。还可以采用干式变压器等新型变压器，其具有无油、防火、防爆等优点，同时运行效率也较高。合理调整变压器运行方式可以有效降低能耗，对于有多台变压器的供配电系统，可以根据负荷变化情况，合理选择变压器的运行台数和容量。在负荷较低时，可以停运部分变压器，减少空载损耗；在负荷较高时，及时投入备用变压器，满足供电需求。同时还可以采用并联运行的方式，提高变压器的运行效率。优化变压器运行参数也是变压器节能的重要措施，通过调整变压器的分接头，可以改变变压器的变比，从而调整输出电压，使其保持在合适的范围内。合适的输出电压可以减少用电设备的能耗，同时也能降低变压器的铜损。另外，还可以采用无功补偿技术，提高

变压器的功率因数，减少无功功率的流动，降低变压器的损耗。

### 3.2 无功补偿技术

无功补偿技术是提高供配电系统功率因数、降低能耗的重要手段。在供配电系统中，许多用电设备如电动机、变压器等都是感性负载，需要吸收无功功率。无功功率的流动会增加线路和变压器的损耗，降低供电效率。通过安装无功补偿装置，如并联电容器、静止无功补偿器（SVC）和静止无功发生器（SVG）等，可以向系统提供无功功率，补偿感性负载吸收的无功功率，从而提高系统的功率因数。并联电容器是最常用的无功补偿装置，具有结构简单、价格低廉、运行可靠等优点。它可以分组投切，根据系统的无功需求进行灵活调整<sup>[3]</sup>。SVC和SVG则具有响应速度快、调节精度高、能够连续调节无功功率等优点，适用于对无功补偿要求较高的场合。无功补偿技术的应用需要注意补偿容量的选择和补偿位置的确定。补偿容量过小，无法达到理想的补偿效果；补偿容量过大，则可能导致过补偿，引起电压升高和其他问题。补偿位置应尽量靠近无功负荷中心，以减少无功功率在线路上的流动，降低线路损耗。

### 3.3 电动机节能技术

电动机是供配电系统中的主要用电设备之一，其能耗占比较大。电动机节能技术主要包括选用高效节能电动机、采用变频调速技术和优化电动机运行管理等方面。高效节能电动机采用了先进的设计和制造工艺，提高了电动机的运行效率。例如，采用高导磁率的硅钢片、优化绕组结构等措施，可以降低电动机的铁损和铜损。变频调速技术是电动机节能的重要手段，传统的电动机通常采用恒速运行方式，在负载变化时，电动机的输出功率不能随之调整，导致能源浪费。通过采用变频调速装置，可以根据负载变化自动调整电动机的转速，使电动机始终运行在高效区，从而降低能耗。优化电动机运行管理也是电动机节能的重要措施。定期对电动机进行维护保养，保持电动机的良好运行状态，可以减少电动机的损耗。合理安排电动机的运行时间，避免电动机长时间空载或轻载运行。同时还可以采用电动机的软启动技术，减少电动机启动时的电流冲击，降低启动能耗。

### 3.4 照明节能技术

照明节能技术主要包括选用高效节能照明灯具、采用智能照明控制系统和优化照明设计等方面。LED照明灯具是目前最为高效的照明灯具之一，具有发光效率高、寿命长、节能环保等优点。与传统的白炽灯和荧光灯相比，LED照明灯具可以节能50%-80%。智能照明控

制系统可以根据环境光线强度和人员活动情况自动调节照明亮度,实现节能控制。例如,在白天光线充足时,自动降低照明亮度或关闭部分灯具;在人员离开房间时,自动关闭灯具。智能照明控制系统还可以实现远程监控和管理,方便用户对照明系统进行集中控制。优化照明设计也是照明节能的重要环节,合理选择照明灯具的布置方式和数量,避免过度照明和照明不足。采用分区照明和局部照明的方式,根据不同区域的功能和需求,提供合适的照明亮度。同时还可以利用自然采光,减少人工照明的使用时间。

#### 4 电气工程及其自动化供配电系统节能控制策略

##### 4.1 基于负荷预测的节能控制策略

基于负荷预测的节能控制策略是通过对历史负荷数据的分析和预测,提前了解供配电系统的负荷变化趋势,从而合理安排供配电设备的运行,实现节能优化。负荷预测可以采用时间序列分析法、神经网络法、支持向量机法等多种方法。时间序列分析法根据历史负荷数据的时间序列特征,建立数学模型进行预测;神经网络法通过模拟人脑的神经网络结构,对历史负荷数据进行学习和训练,从而实现对未来负荷的预测;支持向量机法则是一种基于统计学习理论的预测方法,具有较好的泛化能力和预测精度。

##### 4.2 基于智能控制的节能控制策略

基于智能控制的节能控制策略利用智能控制系统,根据实时监测到的供配电系统运行参数,自动调整设备的运行状态,实现节能优化。智能控制系统可以采用模糊控制、专家系统、遗传算法等智能控制方法。模糊控制通过建立模糊规则和隶属度函数,对复杂的非线性系统进行控制;专家系统则利用专家的知识 and 经验,对系统进行诊断和决策;遗传算法通过模拟生物进化过程,搜索最优的控制参数。在供配电系统中,基于智能控制的节能控制策略可以应用于多个方面。例如,在变压器控制中,智能控制系统可以根据实时监测到的电压、电流、功率因数等参数,自动调整变压器的分接头,优化变压器的运行状态。在电动机控制中,智能控制系统可以根据负载变化自动调整电动机的转速和输出功率,实

现节能运行。在照明控制中,智能控制系统可以根据环境光线强度和人员活动情况自动调节照明亮度,达到节能的目的。

##### 4.3 多能互补的节能控制策略

多能互补的节能控制策略是将多种能源形式进行有机结合,实现能源的优化配置和高效利用。在供配电系统中,可以将传统的电能与其他能源形式如太阳能、风能、地热能等进行互补<sup>[4]</sup>。多能互补的节能控制策略需要建立能源管理系统,对各种能源的供应和需求进行实时监测和分析。根据能源的价格、供应情况和负荷需求,合理调整各种能源的使用比例,实现能源的经济、高效利用。例如,在太阳能和风能充足时,优先使用太阳能和风能发电;在太阳能和风能不足时,自动切换到传统电网供电。同时还可以利用储能设备,如蓄电池、超级电容器等,对多余的能源进行存储,在能源短缺时释放出来,提高能源的利用效率。

#### 结束语

电气工程及其自动化供配电系统节能控制对于提高能源利用效率、降低能耗具有重要意义。本文从系统概述、节能现状、节能技术与策略等方面进行了分析。尽管当前在节能技术应用和策略实施上取得了一定进展,但仍面临诸多挑战。未来需进一步加大节能技术研发与推广力度,完善政策支持与激励机制,培养专业人才,以实现供配电系统的高效、节能运行,推动电力行业的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 卞锦珍. 电气自动化技术在供配电系统中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(5): 21-23.
- [2] 蔡永鑫. 电气自动化技术在供配电系统中的应用研究[J]. 光源与照明, 2022(3): 225-227.
- [3] 赵崇滨, 姜齐荣, 郭旭, 等. 大容量交流电弧炉柔性供配电方案控制策略[J]. 电工技术学报, 2021, 36(16): 3386-3399.
- [4] 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(3): 164-167.