

电气工程自动化及供配电系统节能控制研究

李 旭

内蒙古伊东冀东水泥有限公司 内蒙古自治区乌兰察布 012300

摘 要：随着能源消耗的日益增长以及环境保护意识的提升，供配电系统的节能控制变得尤为重要。电气工程自动化技术的飞速发展为提高供配电系统的效率和可靠性提供了可能。本文综合分析供配电系统节能控制策略，旨在为电力行业提供参考，以支持其持续的技术创新和改进。

关键词：电气工程自动化；供配电系统；节能控制

在全球化及工业化的背景下，电力作为基础能源的需求持续增长，而由此带来的能源消耗和环境问题亦成为社会关注的焦点。传统的供配电系统存在诸多效率不高和能源浪费的问题，迫切需要通过引入现代自动化技术来提升其节能性能。电气工程自动化技术的应用不仅可以提高供电的质量和可靠性，还能通过智能化控制和管理达到节能减排的目标。本文从供配电系统的能耗现状出发，对现有的节能控制技术进行综述，并结合智能电网的最新发展趋势，探讨如何进一步优化供配电系统的能效。

一、供配电系统能耗现状

1. 变压器损耗较高

在我国，变压器的总损耗大约占系统发电量的10%左右。特别是在10kV供配电系统中，配电变压器的损耗占比超过80%。这表明变压器效率对整个供配电系统的能效有显著影响。

2. 智能化水平提升

随着技术发展，传统的配电网正逐步向智能化、自动化方向发展。智能配电网通过自动化监测、远程控制和快速故障定位等功能，提高了配电网的可靠性和响应速度。

3. 新材料应用增加

高温超导材料、新型绝缘材料和高强度导线等新材料的应用，提升了供配电设备的功率密度，并降低了系统的能耗。

二、电气工程自动化的关键技术

1. 自动化控制系统

自动化控制系统是电气工程自动化的核心，它涵盖了从简单的自动控制到复杂的监控和控制算法的广泛应用。这类系统通常包括可编程逻辑控制器（PLC）、分布

式控制系统（DCS）、以及其他控制设备如断路器、继电器和变频器。这些设备和组件通过高度集成与网络化，实现对电气设备的实时监测和控制，从而优化操作、提高效率、确保供电的可靠性和安全性^[1]。

2. 数据采集与监控系统（SCADA）

数据采集与监控系统（SCADA）是电气工程自动化的另一个关键技术。SCADA系统主要负责收集现场设备和传感器的数据，实现对整个供电网的实时监控和控制。这一系统由多个组件构成，包括数据采集前端、通讯基础设施、中央处理单元以及用户界面。通过SCADA系统，操作人员可以在控制中心监视电网的运行状况，分析数据变化趋势，及时发现异常情况并采取措施。

3. 智能传感器与物联网技术

智能传感器和物联网（IoT）技术的结合为电气工程自动化带来了新的突破。智能传感器不仅可以进行传统的测量，还能对数据进行预处理和分析，甚至做出一些基本的决策。而物联网技术使得这些传感器能够通过网络连接，实现数据的远程传输和共享。在供配电系统中，部署智能传感器可以实现对各种电气参数（如电流、电压、温度等）的实时监测，并通过物联网将数据传输至中央处理系统或云平台。这使得电力公司能够更加精确地了解电网的运行状态，及时响应各种情况，从而实现更高效、智能的电网管理和维护。

4. 人工智能在电气自动化中的应用

人工智能（AI）技术在电气工程自动化方面的应用日益广泛，它主要涉及机器学习、深度学习、自然语言处理等领域。AI可以帮助分析和解释大量的复杂数据，预测系统行为，优化操作流程，并在必要时自动执行特定的任务。在电气自动化领域，AI可用于预测电力需求、

优化发电和配电过程、识别和响应电网故障、防止电力盗窃等多种场景。例如，通过 AI 算法分析历史和实时数据，可以准确预测未来的负荷需求，从而提前调整发电量和配电策略，确保电力系统的经济性和稳定性。

三、电气工程配电系统节能控制策略

1. 供配电系统节能控制技术

(1) 高效变压器技术

高效变压器技术是应用新型材料和先进设计，以减少变压器的能耗，提高其运行效率的技术。高效的变压器通常采用低损耗的硅钢片、优化的线圈设计和先进的制造工艺，以降低铁损和铜损。这些变压器能够在提供必要的电压转换功能的同时，显著减少能量损失，对节能降耗有重要贡献。在实际应用中，通过更换旧有的低效变压器或者在新建项目中直接采用高效变压器，可以有效提升整个供配电系统的能效水平^[2]。

(2) 线路损耗降低技术

供配电系统中的线路损耗主要源于电流流过导线时的电阻损耗。为减少这种损耗，可以采取多种措施，如使用高电导率材料的导线、增加导线截面积、采用高压输电及相关的串联补偿技术等。此外，通过合理规划电网结构和优化线路布局，也能显著降低线路损耗。线路损耗降低技术不仅包括传统的硬件改进，也涉及基于实时监控和智能调度的线路管理方式，目的是实现线路的经济运行，减少不必要的能量浪费。

(3) 高级负荷管理技术

高级负荷管理技术是指利用先进的测量和控制技术，对电力系统负荷进行实时监控和管理，以达到优化电力资源分配、平衡供需、提升能源使用效率的目的。这包括需求侧管理 (DSM)、峰谷电价制度、负荷预测、用电设备调度等。通过对用户端实施时间-of-use (TOU) 定价策略或引入需求响应 (DR) 机制，电力公司可以引导用户在非高峰时段使用电力，从而削峰填谷，提高发电和配电的效率。

2. 智能电网与节能控制

(1) 智能电网技术架构

智能电网是一种采用现代信息技术、自动化技术和计算机技术实现电力生产、传输、分配和使用各环节的智能化管理和控制的新型电网。其核心是通过集成高速通信和先进的分析工具，来增强电网的可靠性、安全性、效率以及对可再生能源的接纳能力。智能电网的技术架

构包括智能变电站、智能配网、智能用电、电网自动化等几个关键领域，旨在构建一个全方位、高效率、双向互动的电力供应体系^[3]。

(2) 分布式能源资源管理

分布式能源资源 (DER) 包括太阳能光伏、风能、小型水电、热电联产等小规模、分散在电网各处的发电设施。智能电网通过先进的控制策略和调度机制，能够整合和管理分布式能源资源，提高电网对可再生能源的吸收能力，并确保电网的稳定性。通过分布式能源资源的合理规划和有效管理，可以实现能源的最优配置，减少长距离输电导致的能量损失，从而提升整个系统的能源利用效率。

(3) 用户侧互动与激励机制

用户侧互动是指通过激励或价格信号引导消费者参与与电力市场操作，改变他们的用电行为，达到节约能源、降低峰值负荷的目的。常见的激励机制包括动态定价、需求响应奖励、分布式发电上网补贴等。智能计量设备如智能电表的应用，使得用户可以更清晰地了解自身的能源消费模式，并据此作出调整。同时，电力公司通过收集和分析用户用电数据，可以为用户提供个性化的服务和节能建议，促进用户侧的能效提升和需求侧的灵活性。

结语

综上所述，电气工程自动化及供配电系统节能控制是一个多层面、多技术的综合性课题。通过实施高效变压器技术、线路损耗降低技术和高级负荷管理技术，我们已经能够显著提高供配电系统的运行效率。智能电网的发展为供配电系统的节能控制提供了新的机遇，特别是在分布式能源资源管理和用户侧互动方面。未来，随着技术进步和市场需求的不断发展，供配电系统的节能控制将不断优化，为实现更加可持续的能源供应和消费模式做出重要贡献。

参考文献

- [1] 王明哲. 基于电气工程自动化的供配电节能控制分析[J]. 通讯世界, 2024, 31(04): 100-102.
- [2] 林立宁. 电气工程自动化及供配电系统节能控制研究[J]. 通讯世界, 2024, 31(03): 123-125.
- [3] 吕彬彬. 电气工程及其自动化供配电系统的节能优化[J]. 电工技术, 2023, (S1): 271-273+276.