

# 新能源发电系统的电气自动化控制策略研究

刘强平

国家能源集团宁夏煤业烯烃一分公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 新能源发电系统形式多样, 包括太阳能、风能、水能、生物质能等。其系统构成复杂, 电气自动化控制在提升发电效率、保障稳定性等方面效用显著。本文阐述了电力电子、传感器与检测、通信与网络、智能控制等关键技术, 针对不同类型发电系统给出控制策略, 探讨了控制策略的性能评估、优化方法及改进方向, 为新能源发电系统发展提供支撑。

**关键词:** 新能源发电系统; 电气自动化控制; 关键技术; 控制策略

**引言:** 随着能源需求增长与环保要求提高, 新能源发电成为能源领域发展重点。新能源发电系统涵盖多种类型, 其运行受自然因素影响大, 输出功率不稳定。电气自动化控制技术能有效提升发电效率、保障系统稳定。深入研究新能源发电系统的电气自动化控制策略, 对推动新能源产业发展、优化能源结构具有重要意义。

## 1 新能源发电系统基础剖析

### 1.1 新能源发电的类型与特性

新能源发电包含多种形式。太阳能发电基于光伏效应, 光伏电池吸收光能, 激发电子产生电流, 具有清洁、可分散布局的优势, 但受昼夜与天气影响大, 能量密度较低。风能发电依靠风机叶片在风力作用下旋转, 带动发电机发电, 是可再生清洁能源, 不过风能不稳定, 且设备对地理条件要求高, 运行时会产生噪声。水能发电利用水流推动水轮机, 进而带动发电机工作, 其发电稳定、调节性好, 还兼具防洪等功能, 不过建设需特定地形与水文条件, 对生态影响较大。生物质能发电通过燃烧生物质燃料或利用沼气发电, 可实现废物利用, 但发电效率不高, 燃料收集运输成本较高。

### 1.2 新能源发电系统的构成与架构

新能源发电系统主要由发电设备、储能装置、电力电子变换器和控制系统组成。发电设备将新能源转化为电能, 如光伏板、风力发电机等。储能装置在发电过剩时存储电能, 缺电时释放, 平衡电力供需<sup>[1]</sup>。电力电子变换器负责电能形式转换, 调整电压、频率等参数, 适配电网与用户需求。控制系统通过传感器采集各部分运行数据, 依据数据调节发电设备参数、控制储能装置充放电。发电设备产生的电能经电力电子变换器处理后, 或输送给用户、并入电网, 或存入储能装置, 各部分协同保障系统稳定运行。

### 1.3 电气自动化控制在新能源发电系统中的效用

电气自动化控制提升新能源发电系统性能。在发电效率优化上, 自动化系统实时监测新能源变化, 自动调节发电设备工作状态。如根据光照强度调整太阳能光伏板倾角, 使其始终与光线垂直, 提高光能吸收效率; 依据风速大小改变风力发电机叶片桨距角, 确保风机在不同风速下高效运转。稳定性和可靠性方面, 自动化控制系统持续监测设备运行参数, 设定正常运行阈值。当设备温度、电流等参数超出范围, 立即触发预警并采取措施, 如降低发电功率、启动备用设备, 防止故障恶化。通过对历史运行数据的分析, 预测设备潜在故障, 提前安排维护计划, 减少设备停机时间, 保障系统持续稳定供电。

## 2 新能源发电系统电气自动化控制的关键技术

### 2.1 电力电子技术

在新能源发电系统里, 电力电子技术有着关键应用。整流电路可将发电设备输出的交流电转变为直流电。以光伏电站为例, 光伏电池产生的直流电需经整流处理, 使其满足后续设备的用电要求。逆变电路则是将直流电转换为符合电网标准的交流电, 风力发电系统中, 风机产生的电能经逆变后并入电网。斩波电路通过控制开关器件, 实现对直流电压的调节, 为不同电压需求的设备供电。电力电子技术对提升新能源发电系统电能质量和控制性能效果显著。它可有效抑制谐波, 避免谐波对电网的干扰, 使电能质量得到保障。在控制性能方面, 电力电子器件可实现快速的开关动作, 精确控制电能的传输和转换, 当新能源发电功率出现波动时, 能迅速调整输出参数, 确保系统稳定运行, 提升系统对新能源发电的控制能力。

### 2.2 传感器与检测技术

传感器是新能源发电系统运行状态感知的基础。温度传感器监测发电设备关键部位温度, 防止因过热引发故障; 压力传感器检测液压系统压力, 保障水轮机等设

备正常运行；电流传感器和电压传感器实时测量电路中的电流、电压值，为系统控制提供关键数据。这些传感器通过物理或化学效应将非电物理量转换为电信号<sup>[2]</sup>。如热电偶温度传感器基于塞贝克效应，将温度差转换为热电势；霍尔电流传感器利用霍尔效应，将电流大小转换为电压信号。检测电路对传感器输出信号进行放大、滤波等处理，再经模数转换模块将模拟信号转换为数字信号，实现对发电系统电压、电流、温度等参数的实时监测与精准采集，为控制系统决策提供依据。

### 2.3 通信与网络技术

通信与网络技术构建起新能源发电系统各部分连接桥梁。常见通信协议中，Modbus协议以其简单易用性，实现设备间串行通信；TCP/IP协议用于远程数据传输，保障数据稳定高效传输。网络拓扑结构采用星型或环形架构，星型结构以中央节点为核心，便于集中管理和故障排查；环形结构在某一节点故障时，数据可绕行传输，增强系统可靠性。通过通信与网络技术，发电设备、储能装置、控制系统间实现信息交互。传感器采集的数据经通信网络传输至控制系统，控制系统分析后将指令反馈给各设备，实现协同控制。如储能装置根据电网负荷和发电功率变化，接收控制系统指令调整充放电状态，维持系统功率平衡。

### 2.4 智能控制技术

智能控制技术包括模糊控制、神经网络控制、遗传算法控制等。模糊控制依据模糊逻辑规则，对复杂系统进行控制，无需精确的数学模型，能适应新能源发电系统的不确定性。神经网络控制通过模拟生物神经网络，对系统进行学习和控制，能够处理非线性问题。遗传算法控制基于生物进化原理，搜索最优控制参数。智能控制在新能源发电系统电气自动化控制中优势明显。它能够有效应对新能源发电的随机性和波动性，实现系统的自主优化控制。在新能源发电系统中，智能控制技术可根据发电设备的运行状态和环境变化，自动调整控制策略，提高发电效率和系统稳定性。随着技术的发展，智能控制在新能源发电系统中的应用前景广阔，将进一步推动新能源发电系统的智能化发展。

## 3 不同类型新能源发电系统的电气自动化控制策略

### 3.1 太阳能发电系统的电气自动化控制策略

太阳能发电系统依赖光照获取能量，其运行受昼夜、天气影响显著，输出功率具有间歇性和波动性。控制需求聚焦于最大化光能转换效率、保障电能稳定并网及规避孤岛效应风险。最大功率点跟踪（MPPT）控制策略通过实时监测光伏阵列电压与电流，采用扰动观察

法、电导增量法等算法，动态调整工作点至最大功率输出状态。当光照强度变化时，MPPT算法迅速调节光伏逆变器参数，确保光伏板始终以最佳效率发电。并网控制策略需使光伏系统输出电能满足电网电压、频率和相位要求。通过锁相环技术实现与电网同步，利用逆变器将直流电转换为符合标准的交流电并入电网。孤岛保护控制策略在电网故障断电时发挥作用，检测到孤岛状态后，快速切断光伏系统与电网连接，避免因孤岛运行对人员和设备造成危害。

### 3.2 风能发电系统的电气自动化控制策略

风能发电系统依靠风力驱动风机叶片旋转发电，其运行原理基于空气动力学，控制目标是提升风能捕获效率、维持发电稳定性并降低机械磨损。变桨距控制策略根据风速变化调节叶片桨距角。低风速时，增大桨距角以捕获更多风能；高风速时，减小桨距角限制叶片转速，保护风机结构并维持稳定功率输出<sup>[3]</sup>。偏航控制策略通过风向传感器实时监测风向，驱动偏航电机调整风机方位，确保叶片正对风向，提高风能利用效率。变速恒频控制策略允许风机在不同风速下变速运行，通过电力电子变换器将频率变化的电能转换为恒定频率的电能，满足并网要求，同时降低机械应力，延长设备寿命。

### 3.3 水能发电系统的电气自动化控制策略

水能发电系统分为坝式、引水式等类型，其运行特点受水文条件和水库调度影响，需兼顾发电、防洪、灌溉等多重功能。水轮机调速控制策略通过调节水轮机导叶开度控制水流流量，进而调节水轮机转速和输出功率。当电网负荷变化时，调速系统迅速响应，维持水轮发电机转速稳定，保证电能频率符合标准。发电机励磁控制策略调节发电机励磁电流，稳定输出电压。在电网电压波动或负载变化时，励磁控制系统自动调整励磁电流，确保电压稳定。电网调度控制策略根据电网负荷预测和水文预报，优化水电站发电计划。协调多个水电站间的发电调度，实现水资源综合利用和电力资源合理分配。

### 3.4 生物质能发电系统的电气自动化控制策略

生物质能发电系统工艺流程包括生物质原料预处理、燃烧、热能转换和发电环节，控制要求围绕保障燃烧效率、维持蒸汽参数稳定和提高能源利用率展开。燃烧控制策略通过监测生物质燃料成分、进料速度和燃烧温度，调节供氧量和进料量，确保燃料充分燃烧。采用自动调节装置控制炉排运动速度和鼓风量，维持稳定燃烧状态。蒸汽轮机控制策略调节蒸汽流量和压力，保证汽轮机稳定运行。通过调节进汽阀门开度，控制蒸汽进入汽轮机的流量，维持汽轮机转速和发电功率稳定。余

热利用控制策略回收发电过程中的余热,用于预热生物原料或加热其他工艺流程。通过换热器和循环系统,将余热合理分配利用,提高能源综合利用率。

#### 4 新能源发电系统电气自动化控制策略的优化与改进

##### 4.1 控制策略的性能评估指标

新能源发电系统电气自动化控制策略性能评估涉及多个关键指标。发电效率作为核心指标,通过输出电能与输入能量比值量化,比值越高,能源转化利用越充分。电能质量从电压偏差、频率波动和波形畸变三方面衡量,稳定的电压频率与接近正弦的波形,是电网及设备正常运行的保障。稳定性反映系统抵御外界干扰的能力,可通过分析受扰后恢复平衡的时间和幅度判断,用时短、幅度小则稳定性佳。响应速度指扰动发生到系统重新稳定的时长,快速响应能更好适应环境与负荷变化。实际评估时,风力发电输入能量关联风速、风轮面积,光伏系统则与光照强度、光伏板面积有关。电能质量需对照标准设定允许范围,超范围即视为质量下降。稳定性常通过仿真或实际扰动测试,观察参数曲线恢复特性。响应速度通过人为制造小扰动,记录参数稳定耗时进行评估。

##### 4.2 控制策略的优化方法

基于数学模型优化,需先构建精确的系统数学模型,将控制目标转化为数学问题,再运用相应算法求解。此方法理论上能够获取全局最优解,为控制策略提供精确的理论指导,但对模型准确性要求极高。面对含多种新能源的混合发电等复杂非线性系统,精确建模难度极大,模型的微小误差都可能导致优化结果与实际情况产生偏差<sup>[4]</sup>。智能算法优化借助遗传算法、粒子群算法等,模拟生物进化或群体行为进行随机搜索,无需精确的数学模型,对复杂系统具有良好的适应性。不过,智能算法普遍存在计算量大的问题,大量的迭代计算会消耗较多时间和计算资源,且在搜索过程中容易陷入局部最优,难以找到全局最优解。混合优化方法结合了两者的优势,先用智能算法对解空间进行大范围探索,初步确定较优解所在区域,再利用数学模型对智能算法得

到的结果进行精细化优化,从而在保证求解精度的同时提升优化效率。数学模型优化适用于模型明确、系统结构相对简单的单一能源小型发电系统;智能算法优化在大型多能源互补等复杂不确定系统中表现出色;混合优化则适用于对精度和效率要求均较高的复杂工程场景。

##### 4.3 控制策略的改进方向

提升可靠性可优化冗余设计,增设备用控制单元,主单元故障时快速切换,并利用故障诊断技术实时监测,预判潜在问题,减少故障与停机时间。增强适应性要求控制策略具备动态调整能力,如光伏系统依光照、温度调节工作参数,风电系统按风速风向优化叶片角度,结合环境与工况动态模型及预测技术,提前调整参数保高效运行。智能化依赖人工智能深度应用,机器学习分析运行数据实现故障预测诊断,深度学习构建控制模型让系统自主学习优化。未来,多能源互补发电系统的协调控制将成为重点,整合多种能源与储能系统优势实现稳定供电;分布式新能源发电系统的集群控制也备受关注,通过通信网络统一管理分散单元,提升发电效能与电网稳定性。

#### 结束语

新能源发电系统的电气自动化控制策略研究对提升发电效率、保障系统稳定意义重大。通过分析不同类型发电系统的特性与控制需求,提出相应控制策略,并探讨性能评估、优化改进方法。未来,随着技术进步,新能源发电系统的电气自动化控制将朝着更智能、高效、稳定的方向发展,为能源可持续发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]冉光伟.自动化控制技术在新能源发电中的应用[J].集成电路应用,2024,41(11):134-135.
- [2]张人木.电气自动化在新能源发电中的关键技术[J].中国高新科技,2024,(04):34-35+50.
- [3]霍江帅.电气自动化在新能源发电中的关键技术[J].中国高新科技,2023,(23):111-113.
- [4]刘东阳,温浩,郭强.电气工程及其自动化在新能源发电领域的应用研究[J].中国高新科技,2024,(18):96-98.