

微电网电力自动化运行控制策略分析

王丽萍 刘春宇 田国乐 安 冬

内蒙古鄂尔多斯煤炭有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 016400

摘 要：微电网作为新型电力系统，其电力自动化运行控制策略对保障供电稳定性和可靠性至关重要。微电网主要由分布式能源、储能系统、电力负荷和电力控制系统组成。不同组成部分特点各异，相互配合实现电力的产生、存储、消耗和调控。在运行控制策略方面，主从、对等、分层和混合控制策略各有优势。主从控制明确主次；对等控制强调单元平等协作；分层控制实现不同层级协同；混合控制结合多种策略优点。对这些策略进行优化研究，能提升微电网运行效率和性能。

关键词：微电网；电力自动化；运行控制策略

引言：随着全球能源需求的持续增长和对可持续能源利用的重视，微电网作为一种融合分布式电源、储能装置和负荷的新型电力系统，正逐渐成为电力领域的研究热点。微电网能够有效整合可再生能源，提高能源利用效率，增强供电的可靠性和稳定性。然而，微电网中分布式电源的间歇性、负荷的动态变化等因素，给其运行控制带来了巨大挑战。因此，深入研究微电网电力自动化运行控制策略，优化控制方法，对于保障微电网的高效、稳定运行，推动可再生能源的大规模应用具有重要的理论和现实意义。

1 微电网电力自动化运行控制的重要性

在全球能源变革和电力系统转型的大背景下，微电网作为一种新型的电力系统形式，正发挥着越来越重要的作用。而微电网电力自动化运行控制对于保障微电网的稳定、高效、安全运行具有至关重要的意义。微电网电力自动化运行控制能够有效提升供电可靠性，微电网可以独立于主电网运行，在自然灾害、电网故障等突发情况下，自动化运行控制系统能迅速响应，保障重要用户的电力供应。例如，军事基地、医院等对电力可靠性要求极高的场所，微电网自动化控制可确保其在紧急状况下的电力持续供应，减少因停电带来的损失和风险。自动化运行控制有助于提高能源利用效率，微电网中包含多种分布式能源，如太阳能、风能等，其发电具有间歇性和波动性。通过自动化控制技术，可以根据能源的实时生产情况和负荷需求，合理调配能源，实现能源的优化配置。比如，在太阳能发电充足时，将多余的电能储存起来，或输送给其他有需求的用户，避免能源的浪费，提高整个微电网的能源利用效率。

微电网电力自动化运行控制还能促进可再生能源的大规模接入和消纳，随着可再生能源在能源结构中的占

比不断增加，微电网成为了可再生能源接入电网的重要途径^[1]。自动化控制系统可以实时监测可再生能源的发电情况，调整微电网的运行策略，确保可再生能源的高效利用。例如，通过预测风能和太阳能的发电功率，提前安排储能设备的充放电，提高可再生能源的消纳能力，推动能源结构的绿色转型。自动化运行控制有利于降低运行成本，通过实时监测和分析微电网的运行数据，自动化系统可以优化设备的运行参数，减少设备的损耗和维护成本。同时，自动化控制还可以实现远程监控和管理，减少人工干预，提高运行管理的效率。

2 微电网的组成

2.1 分布式能源

2.1.1 可再生能源类

可再生能源类分布式能源是微电网实现绿色可持续发展的核心力量。太阳能光伏利用半导体材料的光伏效应，将光能直接转化为电能，其清洁无污染且分布广泛，只要有光照的地方都能发挥作用，无论是偏远的山区还是城市的屋顶，都能安装太阳能板进行发电。风力发电则借助风力带动风机叶片旋转，进而驱动发电机发电，在风力资源丰富的沿海地区和高原地带优势明显。生物质能通过对生物质进行发酵、燃烧等处理，产生电能或热能，如利用农业废弃物、林业废料等，实现资源的循环利用。

2.1.2 火电机组

在微电网的分布式能源中，火电机组是重要组成部分。火电机组主要以煤炭、天然气等为燃料，通过燃烧产生热能转化为电能。它具有发电稳定、功率调节范围大的特点。在可再生能源受自然条件限制无法稳定供电时，火电机组能迅速响应，保障微电网的电力供应。不过，火电机组也存在一定不足，如会产生一定的污染物

排放,且能源利用效率有待进一步提高,在微电网中需合理规划其运行。

2.1.3 热电联产类

热电联产类分布式能源是提高能源利用效率的有效方式。它利用燃料或热能同时产生电能和热能,避免了传统发电方式中大量热能的浪费。在冬季,热电联产系统可以为建筑物提供供暖所需的热能,同时产生的电能还能满足用户的用电需求。这种能源供应方式特别适用于工业园区、商业中心等对电和热都有较大需求的场所。通过热电联产,能源得到了更充分的利用,减少了能源的损耗和碳排放,实现了经济效益和环境效益的双赢。

2.2 储能系统

储能系统是微电网不可或缺的重要组成部分,它能够有效平衡电力供需、增强系统稳定性,以下是几种常见的储能系统类型:(1)电池储能:是目前应用广泛的储能方式,像锂电池、铅酸电池等。锂电池能量密度高、循环寿命长,适用于对空间和寿命要求高的场景;铅酸电池成本低、技术成熟,常用于对成本敏感的项目。(2)超级电容储能:充放电速度极快,能在瞬间完成能量的存储与释放,可应对微电网中短时间的高功率需求,如电机启动等情况,有效保障系统的动态稳定性。(3)飞轮储能:利用高速旋转的飞轮储存动能,响应速度快、寿命长,可用于改善微电网的电能质量,在频率调节和电压支撑方面表现出色。(4)抽水蓄能:通过将水从低处抽到高处储存能量,在用电高峰时放水发电。其储能容量大、技术成熟,但受地理条件限制较大。(5)压缩空气储能:将空气压缩并储存,需要时释放压缩空气推动发电机发电,具有储能规模大、成本相对较低的优势。

2.3 电力负荷

电力负荷是微电网中用电设备消耗电能的表现,是微电网运行的重要环节,具有多样性和复杂性。从用户类型来看,涵盖居民、商业和工业负荷。居民负荷主要是家庭日常用电,如照明、冰箱、电视等,具有峰谷差异大、随机性强的特点,在晚上等时段形成用电高峰。商业负荷集中于商场、酒店等场所,营业时间内需求较为稳定,且空调、照明等设备用电占比较大。工业负荷则来自工厂的生产设备,用电量大且连续性高,部分关键设备对供电稳定性要求极高。电力负荷还具有动态特性,其大小和特性会随季节、时间、天气等因素变化。例如,夏季高温时制冷设备用电激增,冬季寒冷时取暖设备使负荷上升。微电网需要实时监测和分析这些负荷变化,运用先进的控制策略和技术,合理分配电力资

源,确保电力供应的稳定性、可靠性和高效性,以满足不同用户的多样化需求。

2.4 电力控制系统

电力控制系统是微电网的核心组成部分,如同微电网的“大脑”,负责保障整个系统的稳定、高效运行。它具备实时监测功能,能够对微电网内分布式能源的发电功率、储能系统的充放电状态、负荷的用电情况以及电压、频率等关键参数进行精准监测。通过收集这些数据,控制系统可以全面了解微电网的运行状况。基于监测数据,控制系统能够迅速做出决策和调控。当分布式能源发电过剩时,它会控制储能系统进行充电;若发电不足,便调度储能系统放电或与主电网进行功率交换。在运行模式切换方面,例如从并网运行转换为孤岛运行时,控制系统能快速调整,确保微电网稳定过渡^[2]。电力控制系统还具备故障诊断和保护功能,一旦检测到故障,能及时隔离故障区域,避免故障扩散,保障微电网的安全。凭借智能化的算法和先进的通信技术,电力控制系统实现了对微电网的精细化管理和高效控制。

3 微电网电力自动化运行控制策略优化研究

3.1 主从控制策略

3.1.1 主从控制策略原理

主从控制策略是一种层级分明的控制方式,在微电网中,存在一个主控制器和多个从控制器。主控制器处于核心地位,负责对整个微电网的运行状态进行全面监测和统筹管理。它依据微电网的整体目标,如功率平衡、电压稳定等,生成控制指令。从控制器则听从主控器的指挥,对各自所负责的分布式电源、储能装置或负荷进行具体控制。这种控制方式的原理类似于军队中的指挥系统,主控制器如同将军,确保各项任务有序执行,保障微电网按照预定策略稳定运行。

3.1.2 主从控制策略优势

主从控制策略具有显著优势。一方面,它的控制逻辑清晰,易于实现和维护。由于主控制器掌握全局信息并统一决策,从控制器只需执行指令,降低了控制的复杂性。另一方面,其响应速度快,在面对微电网中出现的功率波动、故障等情况时,主控制器能迅速做出反应,通过从控制器及时调整各组件的运行状态,保证微电网的稳定性和可靠性。此外,它还便于与上级电网进行协调,实现电能的合理分配和交换。

3.1.3 主从控制策略局限性

尽管主从控制策略有诸多优点,但也存在一定局限性。主控制器成为整个系统的关键节点,一旦主控制器出现故障,可能导致整个微电网的控制失效,影响供

电可靠性。而且，主从控制策略对主控制器的性能要求较高，需要具备强大的计算和处理能力来应对复杂的运行情况。另外，在一些分布式电源众多且分散的微电网中，主控制器获取信息的实时性和准确性可能受到影响，从而降低控制效果。

3.2 对等控制策略

在微电网电力自动化运行控制策略中，对等控制策略是一种独特且重要的方式。对等控制策略强调分布式电源之间的平等地位，不存在主从之分。每个分布式电源都能根据自身的运行状态和微电网的整体情况，自主地调节输出功率和电压等参数。这种控制方式最大的优势在于减少了对通信系统的依赖，即使部分通信链路出现故障，也不会影响整个微电网的运行，提高了系统的可靠性和稳定性。在对等控制策略中，下垂控制是常用的方法。它通过模拟传统发电机的下垂特性，使分布式电源的输出功率与频率、电压之间建立关联。当微电网的负荷发生变化时，各分布式电源会根据下垂特性自动调整输出功率，实现功率的合理分配。不过，对等控制策略也存在一定的挑战。由于各分布式电源独立决策，可能会出现功率分配不均的情况，需要进一步优化控制算法来解决。此外，在微电网的运行模式切换时，如何确保各分布式电源的协调动作也是需要研究的问题。

3.3 分层控制策略

分层控制策略在微电网电力自动化运行控制中发挥着重要作用，它通过合理分层实现高效管理与精准控制，以下是其主要方面：（1）系统分层架构：将微电网系统划分为不同层次，如设备层、控制层、协调层和高级管理层。各层承担不同功能，设备层负责具体设备运行，控制层执行控制算法，协调层协调各部分运行，高级管理层进行整体调度。（2）信息交互机制：各层之间通过通信网络进行信息交互与共享。设备层采集的数据向上传输，高级管理层的指令向下传达，确保各层能根据实时信息做出决策。（3）分层控制目标：每层有明确控制目标。设备层保证设备稳定运行，控制层实现局部优化，协调层促进各部分协同，高级管理层追求全局最优。（4）协调控制优势：分层控制便于各部分协调，能快速响应变化，提高微电网稳定性与可靠性，还可根据不同情况灵活调整控制策略。（5）应用与发展：在实际微电网中广泛应用，且随着技术发展不断优化，如引入

智能算法提升控制效果。

3.4 混合控制策略

在微电网电力自动化运行控制中，混合控制策略结合多种单一控制策略的优势，以实现更高效、稳定的运行。混合控制策略将主从控制、对等控制和分层控制等不同策略有机融合。例如，在主从控制基础上引入对等控制的部分思想，既能发挥主从控制中主控制器统一决策、响应迅速的优点，又能借鉴对等控制中分布式电源自主调节、降低通信依赖的长处。在实际应用中，根据微电网不同的运行场景和需求，灵活切换和组合控制策略。在并网运行时，可采用以主从控制为主的混合策略，由主控制器与上级电网进行协调，保障功率交换的稳定。而在孤岛运行模式下，融入对等控制元素，让分布式电源自主协同，提高应对故障和负荷变化的能力^[1]。此外，分层控制也可作为混合控制的一部分，通过分层架构对不同层面的控制任务进行细化和管理，使微电网在各个层面都能实现优化运行。混合控制策略通过整合多种控制策略，提升了微电网的适应性、可靠性和经济性，为微电网的广泛应用和发展提供了有力支持。

结语

未来，伴随可再生能源大规模接入与智能电网技术持续发展，微电网运行环境会愈发复杂。可再生能源的间歇性与波动性，使微电网功率平衡控制难度增大；智能电网技术带来的新设备、新系统融入，也对微电网兼容性提出挑战。此时，持续深入研究和创新微电网电力自动化运行控制策略极为关键。需结合先进的信息技术与智能算法，提升策略的适应性与灵活性。只有不断提升微电网应对复杂工况的能力，才能保障其稳定、高效运行，进而推动微电网在更多领域广泛应用，实现可持续发展。

参考文献

- [1]孟洁.配电网调度自动化与微电网协同运行策略研究[J].今日自动化,2025(1):185-187.
- [2]宗鸣镝.智能微电网中多源协同控制策略及其动态响应特性分析[J].电气技术与经济,2025(5):7-10.
- [3]沈昂.微电网与主电力系统的并网运行控制技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(4):030-033.