

[光伏]

大规模光伏发电过剩电能的储存与智能调度技术研究

文/彭飞 李文
中车南京浦镇车辆有限公司

首先建立基于改进遗传算法的分布式电源选址定容模型，充分考虑到用户侧用电特性以及分布式电源自身特点，采用改进遗传算法求解最优化配电网络结构；然后建立基于粒子群算法的光伏电站功率预测模型；最后构建基于模糊控制理论的微电网能量协调控制策略，实现大规模光伏发电过剩电能存储与智能调度，有效降低整个微电网的损耗。

随着全球经济和社会发展，人类对能源需求不断增加。传统化石燃料在使用过程中会带来严重环境污染问题，而且不可再生资源日益枯竭^[1]。太阳能作为一种可持续利用、清洁无污染的绿色新能源受到世界各国广泛关注。近年来我国大力推进光伏产业发展，但是由于光伏电池生产成本高昂以及市场竞争激烈等原因造成了大量产能闲置^[2]，因此需要通过储能装置将多余电量进行存储以提高其利用率^[3]。本文针对目前国内外关于光伏电站建设及运营管理方面存在的不足之处，结合国家“十二五”规划提出的节能减排目标，重点围绕大规模光伏发电系统的优化配置、过剩电力的合理分配以及电网运行方式调整三个方面展开深入分析，并设计出一套完整的解决方案。在对比测试中，设计过剩电能的储存与智能调度技术在降低电能损耗方面表现出了良好的效果。

规模光伏发电过剩电能的储存与智能调度技术设计

1. 配电网络结构优化

为能够最大限度实现对规模光伏发电过剩电能的储存与调度管理，本文首先对配电网络结构进行优化^[4]。为此，在对遗传算法进行改进的基础上，

构建了分布式电源选址定容模型，具体可以表示为

$$f(x) = \frac{\Gamma(v+0.5)}{\sigma\sqrt{v\pi}\Gamma(0.5v)} \quad (1)$$

式中， $f(x)$ 为分布式电源选址定容模型； σ 为配电网络结构中分布式电源的尺度参数；也就是遗传算法的服从系数； v 为分布式电源的存储容量参数；也就是遗传算法的粒子。

在此基础上，优化配电网络结构的目标是确保分布式电源的存储容量之和满足最低用户侧负荷的储存需求，可以表示为

$$\text{best}(v) = f(x) \rightarrow \max E_s \quad (2)$$

式中， $\text{best}(v)$ 为配电网络结构优化结果，表示规模光伏发电过剩电能。

2. 光伏电站短期负荷预测

完成配电网络结构优化后，以此为基础，对光伏电站短期负荷进行预测。为提升预测的准确性，本文引入了粒子群算法，预测函数可以表示为

$$E(t) = \frac{pf(t) - pa(t)}{1-p} \quad (3)$$

式中， $E(t)$ 为 t 时刻光伏电站短期负荷的预测模型； $f(t)$ 为 t 时刻光伏电站存储电量的规模； $a(t)$ 为光伏电站负荷特征参数，也就是粒子； p 为波动系数，利用其为粒子构建寻优范围。

按照上述方式，实现对光伏电站短期负荷的预测。一般情况下，波动系数 p 的值越大，对应的粒子寻优范围也就越大，光伏电站短期负荷的可能范围也越大。这也是传统电能调度方法应用效果不理想的主要原因之一。本文通过实现对光伏电站短期负荷的有效预测，可为后续调度提供可靠的基础。

3. 微电网能量协调控制

结合上述的分析结果，本文在微电网能量协调控制过程中，引入了模糊控制理论，其调度函数可以表示为

$$q = Q - \lambda E(t) + f(x) \tag{4}$$

式中， q 为微电网能量协调调度结果； Q 为规模光伏发电的总电量； λ 为模糊系数。

结合之前的计算结果可以看出，光伏电站短期负荷是一个范围参数，因此，本文通过引入 λ 对光伏电站短期负荷进行具象化，保障最终的调度结果能够最大限度降低电能的损耗。按照上述所示的方式，实现对微电网能量协调控制，通过有效地协调各种能源之间的转换和管理，可以实现大规模光伏发电过剩电能的灵活利用和储存。

应用测试

1. 测试环境概况

在具体的测试过程中，本文以某规模光伏发电场环境为基础开展了对比测试。其中参与测试的对照组分别为文献[3]和文献[4]提出的调度技术。对测试环境的基本情况进行分析，测试规模光伏发电场为阳光充足、气候干燥和少云的沙漠地区的规模光伏发电场。该地区的气候条件适合进行光伏发电，阳光充足，日照时间较长，同时气候干燥，少云，能够提供良好的太阳辐射条件。在用电需求方面，该地区具有较高的电力需求，主要通过光伏发电来满足当地居民和企业对电力的需求。在运行阶段，测试规模光伏发电场采用单晶硅光伏组件，配合集中式光伏发电系统，由大型光伏方阵组成，通过逆变器将直流电转换为交流电，再通过变压器升压后接入电网。在具体参数配置方面，相关信息见表1。

在此基础上，测试规模光伏发电场还配置了监控系统，可以实时监测光伏发电场的运行情况，包括电流、电压、功率和温度等参数，以及发电量的

统计和分析等功能。

表1 测试环境参数配置信息

编号	配置	信息
1	光伏方阵	1 000个100 W的单晶硅光伏组件
2	逆变器	10台10 kW的逆变器（每台逆变器可以支持10个光伏组件）
3	变压器	1台10 kW的变压器
4	支架系统	钢结构支架（可以调节光伏组件的角度和高度）
5	电缆	高压电缆

2. 测试结果与分析

在对不同方法的应用效果进行分析时，本文分别统计了在稳定电能产出的前提下，不同负荷（负荷为电能产出总量的40%、50%、60%、70%以及80%）下的电能损耗情况，得到的测试结果如图1所示。

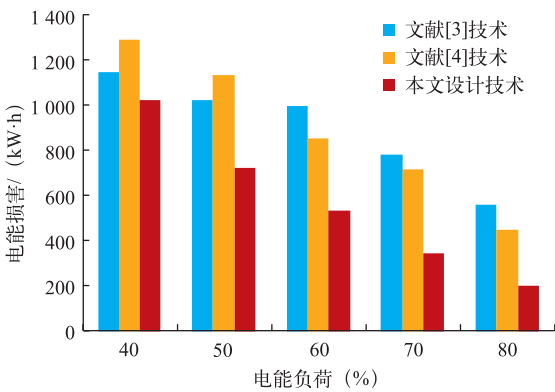


图1 电能损耗情况对比图

结合图1所示的信息可以看出，在不同技术下，测试规模光伏发电场的电能损耗情况表现出了较为明显的差异。其中，在文献[3]技术下，测试规模光伏发电场的电能损耗呈现出随着负荷增加不断下降的发展趋势，当负荷由发电量的40%增加至80%时，对应的电能损耗由1 152 kW·h下降至562 kW·h。在文献[4]技术的测试结果中，当负荷低于发电量的50%时，对应的电能损耗较为严重，达到了1 100 kW·h以上，当负荷达到发电量的50%以上时，对应的电能损耗明显降低，最小值仅为447 kW·h（负荷为发电量的80%时）。相比之下，在本文设计方法的测试结果中，当负荷由发电量的40%增加至80%时，对应的电能损耗由1 023 kW·h下降至202 kW·h，与对照组相比，不同情况下的电能损耗均处于较低水平。

结束语

本文提出大规模光伏发电过剩电能的储存与智能调度技术研究,利用基于改进遗传算法的分布式电源选址定容模型对配电网结构进行优化后,通过准确预测光伏电站短期负荷,借助模糊控制理论实现对微电网能量的协调控制,大大降低电能损耗。借助本文的研究,也希望为实际大规模光伏发电过剩电能的有效利用提供参考。EA

(收稿日期:2024-06-24)

参考文献

[1] 吴豫,刘阳,苗福丰,等.高渗透率分布式电

源接入光伏电网多元化电能双层调度研究[J].高电压技术,2023,49(S1):226-230.

[2] 刘迪迪,杨玉荟,肖佳文,等.计及能量共享的5G基站电能实时调度优化策略[J/OL].西安电子科技大学学报,2023,30(5):44-53.

[3] 卢建刚,余志文,李世明,等.新型数字智能电网调度中台的电能交易协调决策模块研究[J/OL].电测与仪表,2023,4(7):1-10.

[4] 程欢,任洲洋,孙志媛,等.电能-甲醇跨区协同运输下的电-氢耦合系统调度方法[J/OL].电工技术学报,2023,11(6):1-15.

