

关于风电、光伏发电与水力发电结合的研究

魏中夏

北京金风零碳能源有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7086

[摘要] 可再生能源发电是一种将自然资源和科学技术相结合，通过对自然资源的合理利用，达到科学节能的目的。近几年来，可再生、清洁、绿色发电能源得到广泛的应用，从而达到了节约传统发电能源、提高发电生产综合效益的目的。文章探讨了风电、光伏发电与水力发电相结合的发电模式的基本实施要领，并结合现阶段的发电生产需求，寻求技术改进的途径。

[关键词] 风电；光伏发电；水力发电；结合技术要点

Research on the combination of wind power, photovoltaic power generation and hydropower power generation

Wei Zhongxia

Beijing Goldwind Zero Carbon Energy Co., LTD.

[Abstract] Renewable energy power generation is a kind of the combination of natural resources and science and technology, through the rational use of natural resources, to achieve the purpose of scientific energy conservation. In recent years, renewable, clean and green power generation energy has been widely used, so as to achieve the purpose of saving the traditional power generation energy and improving the comprehensive benefits of power generation and production. This paper discusses the basic implementation essentials of the power generation mode combining wind power, photovoltaic power generation and hydroelectric power generation, and seeks the way of technical improvement according to the current demand of power generation production.

[Key words] wind power; photovoltaic power generation; hydraulic power generation; combined with key technical points

风能、光能和水能都是可循环和可再生的清洁环保发电能源，发电企业只有做到了对现有的清洁发电能源进行最优配置，才能有效地杜绝和防范发电过程中的自然生态破坏后果，从而推动了企业发电产能的显著优化提高。将风能、水能、风能、水能三大循环相结合的新型技术方式越来越受到关注，发电企业应努力建立可循环能源的互补体系，采用主动的技术改造思想，推动可再生、绿色、洁净的发电能源的有效利用。要使资源得到最大程度的利用，就必须把现代科技和可再生能源相结合，以循序渐进的方式来构建绿色电力系统。以风、光、水三种能源为基础，综合利用这三种能源，在科学技术的支撑下，逐渐建立起一种新的能源利用方式。在分析了风能、光能和水电三种可再生能源的基础上，探讨了三种可再生能源之间的互补性。

1 风电、光伏发电与水力发电的结合概况分析

风电、光伏发电和水力发电是可再生能源领域的三大主要技术。结合这三种技术可以实现能源的多元化利用，提高能源供应的可靠性和稳定性，并减少对传统能源的依赖。

风电和光伏发电都是通过自然资源（风能和太阳能）转化为电能的技术。风力发电是利用风能驱动涡轮机，通过发电机将机械能转化为电能。光伏发电则是利用光能将太阳辐射转化为直流电能。这两种技术具有天然、清洁、无污染等优点，但也存在不稳定性问题，受到天气条件的限制。

水力发电则是利用水能转化为电能的技术，通过水流驱动涡轮机，将机械能转化为电能。水力发电具有稳定可靠的特点，能够提供持续的电力供应，但其受到地理条件和水资源的限制。

将风电、光伏发电和水力发电结合起来可以弥补它们各自的不足，实现能源的互补利用。

1.1 化石能源枯竭，国家鼓励利用光、风、水等可再生能源发电

随着社会的发展，我们国家也在不断地发展，但由于我们是一个庞大的人口群体，因此，我们对资源的消耗也是非常大的。对此，国家十分关注，为防止对化石能源的过度开采，政府提出了用可再生资源来发电的建议。协同光伏全产业链，每年生产 2500 吨的电子级多晶硅，每年生产 800 兆瓦太阳能电

池、400兆瓦模块、1.2亿片硅片的项目，已经建成了388万千瓦的光伏发电装机。

为了实现全面协调资源，实现对自然自然的合理配置，推动国家的可持续发展，我国在当前阶段，已经对太阳能和风能等可再生资源进行了大力开发，并且将它们与各自资源相结合，实现互补发电^[1]。

1.2 建设风力发电、光伏发电和水力发电互补的发电系统

“风”、“光”、“水”是可再生能源中最具代表性的一种。太阳能发电综合技术的实证试验基地选择了26种组件、21种逆变器、17种支架，对30种设计理念、15种新设备、30种新材料和4种电池的储能技术进行了展示。在分析互补发电

系统时，可以适当地利用分系统的指标进行科学的评价，建立完善的科学评估体系，实现科学的系统分析^[2]。

2 风电、光伏发电与水力发电结合的工程实例

黄河新能源大规模发电系统是集成光伏、风电和水电三种发电方式于一体的新型光伏、风电和水电三种发电方式为一体的新型光伏、风电和水电三种发电方式，实现了三种重要的清洁、绿色发电方式的有机融合，充分发挥了互补发电的优势。发电工程的设计人员对三种清洁绿色能源的互补发电模式进行了深入的技术研究，构建了稳定、优质与安全的互补式清洁能源发电网络体系，推动了发电工程综合运行效益指标的实现^[3]。

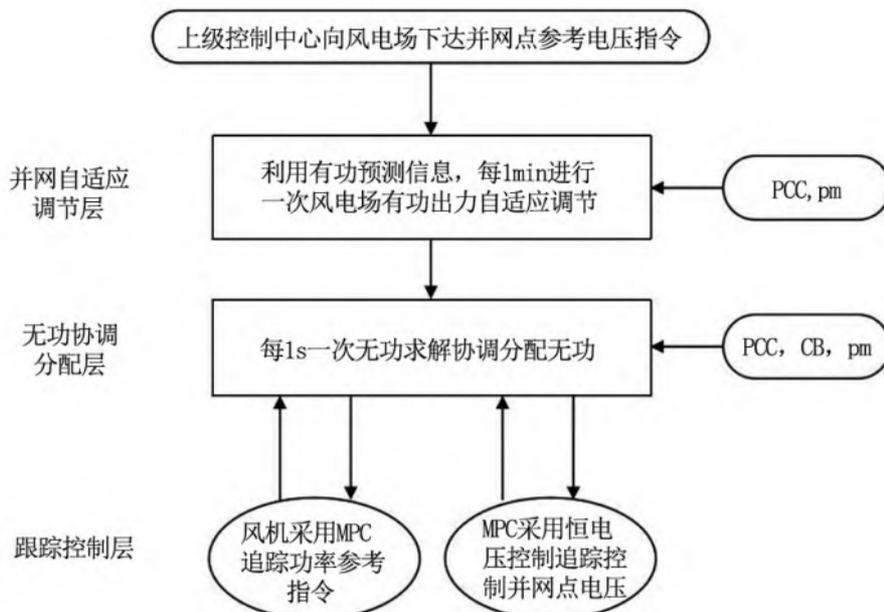


图1 为风电并网模式下的电压分层控制设计方案

本项目拟构建三个层面的电压预测控制系统，即：电网自适应调节层，无功分配层，实时跟踪和控制层。系统设计者将监测并网电压的时间限制在1分钟内，并根据当前监测所得的有功预报信息，精确地实现电网电压的自适应调整。

在此基础上，提出了一种基于MPC的稳压跟踪控制方法^[4]。以此为基础，并网电压控制中的各系统组件可以实现密切配合和衔接，从而切实有效地保证了风电场中的清洁环保发电能源能够被科学地、最优地分配利用。

3 风电、光伏发电与水力发电结合的设计方案要点

3.1 互补式的风光水发电体系

风能、水能、风能、水能等新能源在可再生、可循环利用中发挥最佳互补作用，是该系统具备优异互补性的核心。在目前信息化发展背景下，大数据的网络技术手段已可以与智能光伏发电相融合，进一步提高了互补结合式的发电网络运行数据信息。当前，我国当前的光伏产业园建设，其覆盖范围正倾向于持续扩大，创新了单一类型能源的发电实现模式，

以甘肃为例，当前，大力推进光伏产业园的建设，对新能源的大规模生产工业基地进行了持续的扩张，实现了新能源发电规模在千万千瓦以上的实际规模。

3.2 对于备用发电能源实施灵活地调节

后备电源是互补型并网中不可或缺的核心部件，三类新能

源并网的大规模并网架构难以避免电网突发故障。发电系统若突然出现故障停机，则必须在短时间内立即执行备用电源的接入，以促进新能源发电的网络正常运行。

具体来说，当风力发电机组、水力发电机组或者光伏并网系统出现突发故障时，其他备用的发电机组即可投入运行，有效地协调了各种不同类型的清洁能源发电运行模式，防止发电系统出现长时间中断发电运行的后果。

3.3 全面分析系统运行特性指标

必须对系统运行特征的数据指标进行准确的评估，并采用全面综合分析的实践方法，才能有效地保证发电系统的期望最大综合效益的获得。为此，技术人员必须对发电网络系统的各种工作特征参数参数进行精确设置，以保证实现对系统功率误差的准确评价。基于发电系统的运行精度的科学预测，能够通过统计获得累计概率曲线，对各项已有的评估数据指标进行改进和完善。

除此之外，当前，对于结合设计的多个清洁能源互补发电网络系统，还需要精确地计算出每个时间段的网络输出功率，为新能源发电模式下的科学决策提供保障。

4 风电、光伏发电与水力发电结合的评估技术指标

4.1 系统负荷的匹配度评估

当电源系统与负荷的匹配度较高时，电源系统的整体运营

效益才能更全面地体现出来。具体而言,在目前的实际工作中,对每一时期的电源系统进行负载匹配度的评价是很有必要的。电源系统的负载匹配度是指电源系统的供电能力与实际负载需求之间的契合程度。高匹配度意味着电源系统可以在供电过程中更高效地满足负载需求,从而减少能源浪费和提高系统的运行效率。

在电源系统的运行过程中,负载需求是不断变化的。不同时间段、不同季节、不同使用场景下,负载需求可能会有显著的差异。因此,对电源系统进行负载匹配度的评价,不仅有助于了解系统在不同时间段的运行效率,还能够为系统的优化运行提供重要参考。在此基础上,提出了一种新的评价方法,即根据实际情况,对已有的评价指标进行合理的修改和调整,以更精准地反映电源系统的负载匹配情况。这种新的评价方法包括以下几个关键步骤:

(1) 收集和分析电源系统的运行数据和负载需求数据。通过对这些数据的分析,可以了解电源系统在不同时间段的供电能力和负载需求情况。这些数据的准确性和全面性对评价结果有着直接的影响,因此需要采用高精度的数据采集设备和科学的数据处理方法。

(2) 定义和调整评价指标。传统的负载匹配度评价指标可能无法完全适应当前复杂的电源系统运行环境,因此需要根据实际情况对这些指标进行调整。例如,可以引入更多反映实时负载需求波动的动态指标,或者增加对系统备用容量和响应速度的考量。

(3) 建立数学模型进行负载匹配度的计算。通过建立合理的数学模型,可以将复杂的运行数据和负载需求数据转化为具体的负载匹配度评价结果。这些模型需要考虑到各种影响因素,例如电源系统的发电能力、传输效率、负载需求的波动性等。

(4) 基于评价结果对电源系统进行优化调整。通过负载匹配度的评价,可以识别出电源系统运行中的不足之处,并针对这些问题提出改进措施。例如,可以通过调整发电计划、优化电网调度、增加储能设施等方式,提高电源系统的负载匹配度,减少能源浪费和运行成本。

4.2 系统可靠性评估

以延长风力发电系统寿命为目的,对多维可靠度指标进行评价,并对其进行客观判断和分析。要推动上述评价目标的达成,最重要的实践改善思想就是对各个指标进行理性设计。发电系统的可靠性应该反映在每一个基本构件上,以确保每一个构件能够长期、安全、稳定地运行。

在此情况下,技术人员首先要对发电机组中的传动系统进行综合的系统故障测试,直到可以准确地找到传动系统的现有故障产生位置。要及时发现传动系统的内部结构故障和外表摩擦损坏故障,避免错过传动系统结构中的关键故障形成区。该模式在实际应用中具有重要的意义,它可以帮助提高故障诊断的工作效率,并能对机组传动系统中出现的早期故障征兆做出全面的辨识。

在三种能源联合的清洁发电系统中,对系统故障的诊断维修人员要善于将传动系统的整体结构形式相结合,从而建立起三维、直观的故障诊断模型。在此基础上,根据已有的算法,建立传输系统的故障诊断模型,以达到对传输系统进行有效识别和诊断的目的。

4.3 系统节能性评估

发电系统的总体可靠性与新能源发电的运行执行效率密切相关。在现代能源结构中,清洁能源的引入和广泛应用对传统发电系统提出了新的要求。为保证发电系统的可靠性和节能效果,应对与多种清洁能源相结合的发电系统进行全面的节能指标评价。首先,发电系统间的互补性和优越性是实现高效能源利用的重要基础。不同类型的清洁能源,如风能、太阳能、水能等,在资源分布、发电时间和发电特性上具有显著的差异。通过优化配置和科学调度,可以实现这些能源间的互补性,提高整体发电系统的效率和可靠性。例如,当风力发电在某一时段供电不足时,可以通过水电或储能设备进行补充,确保电力供应的稳定和连续。其次,合理的数据指标是进行节能评价的关键。目前对发电节能进行评价的数据指标需要得到合理的改进,以保证评价结果的科学性和准确性。这些指标应全面反映发电系统的运行状态和节能效果,包括但不限于发电效率、能源转换率、碳排放量、设备利用率等。对这些指标的合理改进,需要结合最新的技术发展和实际运行情况,采用科学的评价方法和工具。

此外,清洁能源的备用电源在保障发电过程的稳定性方面也起着重要作用。备用电源不仅可以在主电源出现故障时提供应急电力,还可以在负载高峰时段进行调峰,平衡电力供需关系。因此,在节能指标评价中,应充分考虑备用电源的配置和运行效率,确保其在必要时能够高效、可靠地发挥作用。

5 结语

通过分析,可以看出,将风电、光伏发电与水力发电相结合的实践工作方案具有明显的可行性,所以,当前值得在发电生产实践中广泛应用。对于能源互补型的发电系统结构,工程师们应该对其进行科学的最优布局,并对备用的清洁发电能源总量进行灵活调整。在这种情况下,工程技术人员还需要利用客观的评估指标,对发电系统的负荷匹配性和运行可靠程度进行判断,从而凸显出清洁能源的发电系统所具有的良好综合效益。

[参考文献]

- [1]徐健.水风光互补发电控制策略与并网控制研究[D].南昌工程学院,2019.D0I: 10.27839/d.cnki.gncgc.2019.000002.
- [2]么艳香,叶林,屈晓旭等.风-光-水多能互补发电系统?分析模型[J].电力自动化设备,2019,39(10):55-60.D0I: 10.16081/j.epae.201908035.
- [3]张超.风电并网稳定性分析及虚拟电厂运行优化[D].燕山大学,2019.D0I: 10.27440/d.cnki.gysdu.2019.000210.
- [4]陈炯,冯铨铨.光水混合发电系统优化策略研究[J].水电能源科学,2019,37(01):199-202.
- [5]方仕晨.水风光多能互补发电系统优化调度研究[D].华中科技大学,2023.D0I: 10.27157/d.cnki.ghzku.2023.002236.
- [6]张萌.风力光伏与水力发电的融合分析[J].集成电路应用,2023,40(03):274-276.D0I: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.03.125.
- [7]卫成刚.探究风电、光伏发电与水力发电的结合设计[J].资源节约与环保,2018,(12):154-155.D0I: 10.16317/j.cnki.12-1377/x.2018.12.115.