

# 光伏发电对电力系统的影响及控制策略

许志远, 吴永锐

(国网江苏省电力有限公司泗洪县供电分公司, 江苏 宿迁 223900)

**摘要** 光伏发电受到外部光照强度以及环境稳定变化影响后, 自身出力也会发生较大的变化, 所以实际发电并不稳定。在光伏并入电网后, 这种不稳定的发电很容易对原本的电力系统运行造成负面影响。因此, 为了提升光伏并网后电力系统运行的稳定性, 本文分析了光伏发电对电力系统带来的影响以及控制策略, 首先简单介绍了光伏发电的特点, 其次分析了光伏发电对电力系统带来的各种影响, 最后提出了相应的控制策略, 希望能够为相关研究提供参考。

**关键词** 光伏发电; 电力系统; 配电系统保护; 运行调度; 无功电压特性

**中图分类号**: TM61

**文献标识码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)04-0061-03

本文将对光伏并网发电对电力系统的影响进行分析, 并探索有效的应对策略, 以期能为更好地推动我国光伏产业的发展提供借鉴, 使其发挥出应有的作用和价值, 满足人们对电力输送稳定以及安全性的需求。

## 1 光伏发电特点

光伏发电过程简单来说是一种将光能转化为电能的过程, 这种转化不会产生污染与噪声, 所以是一种典型的新能源发电技术。伴随着国家对光伏产业深度布局, 如今国内光伏发电已经进入了高速赛道, 光伏发电应用范围越来越广, 应用成本也在不断降低。与其他发电方式相比, 光伏发电最大的特点是对外界光照条件比较依赖<sup>[1]</sup>。光照强度与环境温度对光伏板发电效率有着重要的影响。在环境温度不变的前提下, 伴随着光照强度增强, 光伏输出功率也会增强。在光照条件一定的情况下, 外界环境温度增加, 光伏板输出功率会不断减少。表 1 展示了某地多个光伏电站出

力情况<sup>[2]</sup>。从表 1 中可知, 伴随着光照强度的变化, 光伏电站出力也随之发生变化, 并且这种变化具有一定的规律性。比如在中午时刻, 通常光伏电站出力最高。在傍晚时分日落至清晨日出前, 光伏电站出力最小。

## 2 光伏发电对电力系统的影响

### 2.1 对配电系统保护带来的影响

在配电网中, 如果突然接入光伏发电系统, 很容易造成配网故障。受光伏发电的影响, 配电网运行特性也会出现变化, 影响继电保护正常运行, 导致一些自动装置发生故障。具体影响包括以下几方面: 一是在配电网中, 变压器连接形式有一定的差异。逆变器在与变压器连接的过程中, 将会受到光伏接入的影响, 产生新的接地回路, 影响零序电流传输的稳定性。受此影响, 继电保护动作也会出现变化, 引起误触动故障问题。二是在光伏系统接入配电网后, 网架结构也会发生一定的变化。最初网架结构是典型的单电源辐

表 1 某地一天内多个光伏电站出力情况

光伏电站编号	电压等级 (KV)	当天出力最大 (MW)	出现时间	当天出力最小 (MW)	出现时间
1#	110	72.8	13:25	0	17:00-6:30
2#	220	89.4	13:16	0	17:00-6:30
3#	35	18.2	11:28	0	17:00-7:00
4#	110	56.7	12:35	0	17:00-6:50
5#	35	19.2	12:30	0	17:00-6:45
6#	220	172.4	13:49	0	17:00-6:30
7#	220	112.5	12:11	0	17:00-6:25
8#	110	45.7	12:20	0	17:00-7:00

射状网络,伴随着光伏系统的接入,将会为网架结构提供新电源,导致其变成多电源拓扑结构。这种新的结构导致电流特性发生变化,并对馈线保护带来负面的影响。比如会引起保护装置发生误动,或者在故障发生时出现拒动等问题。三是伴随着光伏发电系统的接入,在配电系统中,线路重合闸与电源自投装置运行也会出现新的变化,导致非同期合闸问题出现。在光伏系统并网时,如果选择了逆变器并网线路,那么三相一次重合闸启动时间将会延长,导致逆变器反孤岛保护难以及时启动,造成严重的安全问题。

### 2.2 对运行调度带来的影响

在当前,我国的光伏站数量在不断增加,发电量也越来越多,电力系统在实际运行时,面对新并入的光伏网络提供的电量,很容易发生电力调度问题。从现实情况来看,与光伏发电相比,分布式发电的上网的电价通常比较高。受此影响,一些光伏电站为了降低成本,提升电力生产效益,会选择从电网中退出<sup>[3]</sup>。这会直接影响备用电源以及各种辅助服务的运行,最终对电力调度带来严重的负面影响。并且在电力系统中,由于大量光伏电量的涌入,将会对电力系统正常调峰带来一定的影响,比如将会出现调峰困难或者调峰错误等问题,影响人民用电的安全与稳定性。

### 2.3 对无功电压特性带来的影响

从现实情况来看,在一些偏远、人烟稀少的地区,光伏接入量往往比较大。因为在这些地区,通常用电量相对较少,即使发生电网短路,实际的容量也非常小,所以可以通过电力网络完成对光伏发电的输送。但在实际进行电力输送的过程中,受光伏发电电流随机波动特性影响,母线电压也会出现较大的波动,影响电力输送的稳定性。另外,在当下,光伏并网后,自身的无功电压支撑能力比较薄弱,所以很容易发生电压质量越限问题,从而造成电压失稳。尤其是对一些分散接入光伏电力系统的配电网而言,原本的电网架构因为出现了新的电源而发生较大变化,实际潮流控制难度增加,所以会对电网电压质量带来严重的负面影响。

### 2.4 对于电能质量的影响

在电力系统中,光伏发电系统在接入后,将会产生很大的非线性负载,从而对整体的电能质量带来负面的影响。比如受光伏电力接入的影响,逆变器开关速度会有所下降,自身输出失真,从而在电网内出现很多的谐波问题。通过上文叙述可知,光伏发电本身并不稳定,受外界光照强度、环境温度变化的影响较大,这会影响到光伏电力输出的稳定性,从而在电力系统内

出现严重的谐波问题。不同的电流谐波,还会出现叠加,导致谐波问题变得更加严重。从生产实践来看,如果光伏发电规模较小,那么并网逆变器输出的电流谐波相对较小。如果光伏发电规模较大,在并入电力系统后,将会产生大量的电流谐波,带来的危害影响比较严重。不仅如此,光伏电网并入电力系统后,还会出现直流注入问题,同样不利于电力系统稳定运行,影响电能质量。

### 2.5 对有功频率特性带来的影响

与常规的火力发电相比,一天之内由于太阳光照、环境温度会发生变化,所以光伏发电并不稳定,本身的波动性较大。所以,在并入电力系统后,还应影响有功平衡,不利于有功经济调度水平提升,还会影响电力系统正常的调频特性。严重时,还会造成频率质量越限风险问题出现。在光伏电力系统接入后,电力系统备用优化策略也会出现新的变化。针对不同类型的电源,产生的有功频率有所不同,需要通过调整调频参数,才能保证电力系统运行的稳定性。光伏发电在并网后,电力系统等效转动惯量将会因此出现下降现象,那么电力系统应对功率波动的能力将会被削弱,当面临严重工况时,频率也会出现较大的变化,引起高频切机、低频减载等严重的工况,不利于电力系统稳定运行。

## 3 光伏发电对电力系统的影响的控制策略

### 3.1 应用大规模光伏外送新型输电技术

在光伏电力系统并网后,为了抵抗电源波动带来的负面影响,一些重要的补偿装置,比如可控串补、动态无功补偿 SVC 等,可有效提升电力系统运行的稳定性,抵御光伏电力输送波动问题。在当前,我国特高压直流输电技术与远距离输电技术发展较为迅猛,因此可以在应用上述技术的基础上,加强对新型直流输电技术的研发,结合实际光伏电力并网的需求,打造可再生能源电网结构,从而更好地整合多个光伏能源,通过更大范围的资源互补,进一步提升光伏能源并网运行的稳定性。在光伏新能源并网的过程中,一般会采用多点并网的方式或者多点互联的方式,为了降低光伏并网对电力系统稳定性带来的负面影响,应充分考虑不同分布式光伏电源接入电网是最佳的电压等级(如表2所示),从而可以降低并网接入对电网运行带来的负面影响。在此基础上,还应结合实际情况,对电网结构做好优化设计工作,并对输电容量进行合理的配置,不断地提升交流电网中的直流输电资源的利用率,提升电力系统输电容量的同时,降低光伏并网对电力系统运行稳定带来的负面影响。

表 2 分布式电源接入配电网适宜的电压等级

电源容量 (kW)	并网电压等级 (KV)
< 200	0.38
200-8000	10
5-30000	35、66、110
30-50000	110

### 3.2 做好优化调度工作

在电力系统中,随着光伏电力的并入,还会增加电网的线损,并且大量电力的输入,对原本电力调度也会造成负面影响。所以,还应结合实际情况,有针对性地采取以下措施,对电网做好优化调度。在具体优化调度的过程中,可以应用一些智能算法,比如蚁群算法,可以有效地优化光伏发电出力,使其不会在一天时间内发生较大的波动变化,同时还可以根据光伏出力变化的规律,灵活地制定调度策略,可以将光伏并网带来的影响降至最低。此外,在进行优化调度的过程中,还可以分享实际的负荷需求,合理地控制并网电量,并做好配置储能装置的合理设置,有效地平衡有功功率和无功功率,可以有效提升电力系统运行的稳定性。

### 3.3 应用光伏电站规划设计技术

做好光伏电站规划设计工作,可以进一步提升光伏发电的稳定性,从而在并网后,可以减少对电网运行的负面影响。在实际进行光伏电站规划设计的过程中,需要结合外部的光照条件,合理地调整光伏模块安装倾角,并注意提升光伏发电装置与逆变器的匹配度,同时还应做好光伏发电经济性分析<sup>[4]</sup>。在进行光伏电站容量规划的过程中,还应充分考虑不同的光伏系统类型,以此为依据,合理地进行容量的设计,更有利于保证光伏电站发电的稳定性。在具体进行设计的过程中,可以采用“直观类方法”“人工智能优化算法”等,基于不同的系统类型,计算出准确的容量。其中在应用直观类法时,不需要考虑光伏出力随机特点,可以根据每月平均最低光照能量完成发电量的计算。在应用人工智能算法时,则需要加强对光伏系统可靠性分析,同时还应考虑负荷随机性,然后借助函数表述电力系统运行稳定性以及自身容量的关系,提升光伏电站容量计算的准确性。通过做好上述光伏电站规划设计,能够促使光伏发电更好地适配电网,减少对电网运行带来的负面影响。

### 3.4 应用光伏消纳源网协调技术

伴随着大量光伏并网,对电网逆变器的动态属性控制要求也越来越严格。在这一过程中,为了提升电力系统运行的稳定性,可以应用光伏逆变器低电压穿

越技术。该项技术能够提供低穿过程电压以及电流控制方法,所以可以有效地应对光伏并网带来的各种负面影响。即使因为光伏并网发生故障,也可以快速恢复,更好地保障电力系统运行的稳定性。在提升电力系统运行稳定性的过程中,还可以加强对储能技术的应用,从而可以有效加强对功率波动控制,减少功率波动对电力系统运行带来的负面影响。光伏发电本身具有不稳定的特征,在并入电网后,面对电压波动、闪变等问题<sup>[5]</sup>,很容易影响电力系统的电能质量。所以可以结合实际,在相应的线路中设置谐波补偿器、有源滤波器,可以有效提升电能质量,减少谐波问题带来的负面影响。在此基础上,还需要在电力线路中合理地设置隔离变压器、逆变器拓扑结构等,这对光伏并网直流注入问题解决也有着非常积极的影响意义。

### 3.5 应用光伏消纳有功无功控制技术

在光伏并网后,为了减少对电力系统带来的负面影响,还应结合光伏电站与调度站实际的建设情况,建立一种针对性的架构,提升有功频率与无功功率控制的水平。在此基础上,要对光伏数据采集通信机制做好研究工作,确保数据信息传输的稳定性,然后为有功无功控制提供充足的数据支持,有针对性地采取一些控制方法,更好地维护电力系统运行的稳定性。除此之外,还可以将光伏发电并入电网自动发电控制(AGC)内,从而促使调度主站能够对光伏电站的有功无功进行闭环控制,以此来提升并网后电力系统的电压质量,维护电力系统运行的稳定性。

综上所述,与其他发电方式相比,光伏发电受光照强度以及外界环境稳定变化的影响较大,实际发电并不稳定,会影响电力系统运行的稳定性。所以,应结合实际情况,深入分析光伏并网后对电力系统运行将会造成哪些影响,并提出一些针对性的应对防范措施,将这些并网带来的影响降至最低,提升电力系统运行的稳定安全性。

### 参考文献:

[1] 白捷予,董存,王铮,等.考虑云层遮挡的光伏发电功率超短期预测技术[J].高电压技术,2023,49(01):159-168.  
 [2] 何兴,王旭,许野,等.光伏产业与环境支撑体系的耦合协调研究[J].太阳能学报,2023,44(09):194-203.  
 [3] 缪宇峰.分布式电源光伏发电对低压电网的影响及对策[J].电气技术与经济,2023(06):109-111.  
 [4] 洪坤伟.分布式光伏发电接入电网的电能质量研究[J].海峡科学,2022(01):57-60,74.  
 [5] 杨伟业.智能光伏发电对电力系统影响的分析[J].水利电力技术与应用,2022(10):77-79.