

风电和光伏发电的综合能源系统的低频振荡

熊坤山

(中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司)

摘要: 随着社会经济的不断发展,以风电、太阳能、潮汐能等间歇性能源在电力系统中的比例越来越高,尤其是光伏发电和风电,但由于上述新能源具有不确定性的缺点,受到环境因素影响极大,并入电网后会对电力系统的稳定性造成一定的影响。基于此,本文从风光互补能源系统的研究现状出发,研究了风光互补能源系统模型构成,提出了降低该系统的低频振荡的措施。

[关键词] 风光互补综合能源系统; 低频振荡; 措施

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.08.177

随着全球经济的不断发展,能源的消耗量日益增加,同时为缓解污染问题,以风电、光伏发电等清洁能源逐步并入电网系统,形成多能源混合的综合能源系统(IES),该系统是我国能源结构调整的一大方向,也对我国能源安全保障以及“双减”目标的实现具有积极的作用^[1]。

我国蕴藏着丰富的风能和太阳能,但其具有不确定性的特点,天气情况对于发电量的影响极大。光伏集中在每天的9:00-15:00,而风电全天不均匀,因此风能和太阳能在时间和空间分布上具有较强的互补性,因此,目前主流的方法是将这两种间隙性能源进行互补利用,形成一个风光互补发电系统,就可以有效的弥补间隙性能源的不足,提高其利用效率,对于全球能源短缺问题的解决具有重要的现实意义。

1 风力发电系统模型

全面完善含风光互补系统的综合能源系统,降低低频振荡带来的不利影响,保障电力系统的稳定性,首先就需要配备一个合适的风力发电机组,其原理就是根据风力发电机组的系统构成来构建风力发电系统模型,根据模型参数进行具体分析。双馈风力发电机组的组成成分成四部分,其采用双馈异步发电机进行发电,并入了容量变频器来调节电流和电压。并网的方式也为变压器连接,但是不同的是其转子绕组需要通过部分容量变频器这一中间桥梁才能实现与电网的连接。从微观层次上可以发现,其组成上包括了转速控制器、转子侧变频器(AC/AD)、升压电路、功率控制器、电流控制器、蓄电池、电网侧变频器(DC/AC)等部件。同时,升压电路与转子侧变频器均配备了功率和电路控制器,但这两组控制器是互不相连,呈相互独立的状态。风机模型含有风速、发电机转子角速度、桨距角、交轴电流和直轴电流五个变量所组成。

2 光伏发电系统模型

从本质上来说,光伏电池的结构形式为并联式二极管,其工作原理可以简化为单根的二极管。而光伏发电系统,则是光伏电池通过一定规律的组合方式组合而成的光伏阵列,主要有

光伏阵列、MPPT控制器、DC/DC、DC/AC、电流控制器、功率控制器、交流负载以及变压器组成,要优化光伏发电的系统的控制结构,就必须为该系统配备一个合适的功率控制器来提高发电效率。光伏阵列是由大量的太阳能电池板所组成的,要想提高光伏阵列的发电效率,就必须先提高太阳能电池板的光能收集能力和电能转换效率。同时,基于并网发电的技术机理来达到持续性发电的目的^[2]。

3 风光互补能源系统模型

风光互补能源系统由风力发电系统和光伏发电系统所构成,其模型也为两者的结合体。通过变压器将风电场以及光伏阵列所转换的电能接入到电网之中,构成IES。风光互补能源系统在运行过程中,包含着三种运行的状态组合,包括了风电机组与光伏阵列的单独运行发电状态以及风光互补的组合发电状态。此时,该系统的发电量以及发电的稳定性主要有光照强度、风速、储能装置的储能能力以及负荷用电量这四个因素所决定。这四个因素都具有一定的随机性和不确定性,因此,为了保证风光互补能源系统的稳定性,必须引入控制器对这些因素进行综合调节。控制器的调控作用主要体现在以下四个方面:其一是控制风光两个机组的输出功率,保证负荷用量的同时确保系统运行的安全性;其二是对系统的输入及输出量进行协调控制,实现进出的平衡;其三是维持储能装置的充放电平衡;其四是对监测系统的运行情况,做好系统保护^[3]。

4 降低含风电和光伏发电的综合能源系统的低频振荡的措施

4.1 科学调节电机电源频率

基于综合能源系统变频器调速原理,对电机电源的频率进行科学的调整,让电机保持在一个最佳转速区间,同时科学的控制提升机的提升速度,保证发电稳定性。此外,需要将调整好母线负荷同仿真时间之间的比例关系。根据研究表明,若母线负荷处于1~1.05s之间,频率50Hz,向上波动的幅度为10%时,仿真时间则需要定为20s,此时风电与光电的会处于一个

最佳的容量配比状态，系统的稳定性最高，受到外界因素干扰的概率就越小^[4]。同时，当光伏阵列与风电场出力比例恒定在3:1时，其发电过程所形成稳定的母线电压曲线的时间也最短^[5]。如在西藏纳曲乡离格村风光互补发电站中，电机的转速被设定在2000~3000rpm条件下，可以获得极高的发电效率。

4.2 确定合理的风光容量配比

风能和太阳能在时间和空间上有较好的互补性，因此，在不同的季节、不同的地区，需要配置合理的风光容量比，才能更好的优化电能的质量以有效缓解储能元件平衡发电量与需求量的工作压力，同时降低设备的损耗，提高了系统的经济性，对于降低风光互补系统的低频振荡具有重要的意义。我国风光分布不均，对于南方沿海地区，由于太阳能和风能均较为充分，因此两者可以按1:1进行配比，而对于西南地区，由于海拔高，紫外线强，因此，可利用太阳能的量更大，因此一般选择0.44:0.56的风光比。而对于内蒙地区，常年季风性气候，风能资源尤其丰富，因此，采用0.56:0.44的风光比，达到最佳的电能转换效率。如云南的干海子风光互补电站，即采用了0.45:0.55的风光比建设电站。

4.3 合理设置蓄电池的SOC状态

考虑到实际天气情况，一般来说，太阳能主要集中在上午九点至下午三点，而风能则全天不均匀，根据太阳能与风能的有无，可以分为两种运行模式和八种工作状态，如表1所示。

表1 风光互补发电系统运行状态

运行模式	工作状态	风力发电系统	光伏发电系统	蓄电池
1	1	MPPT	MPPT	充电
	2	MPPT	停	充电
	3	停	MPPT	充电
	4	停	停	停
2	5	MPPT	MPPT	放电
	6	MPPT	停	放电
	7	停	MPPT	放电
	8	停	停	放电

为了提高能源利用率和系统的稳定性，必须保证风力发电系统与光伏发电系统的输出功率之和要小于负载需求的额定功率。当两种能源充足时，除了满足负载的用电外，多余的电能可以向储能装置储电，而当两种能源不足时，主要是在夜间时，储能装置就可以对风光互补系统进行供电，但为了保证储能器的正常运转，必须设置一个强制保电值，在不同的能源分布情况下运转状态进行更替，保证系统的平稳运行。在设定了SOC值后，风光互补系统可以稳定的切换工作状态，达到更好的风光互补效果，保持最大功率的数输出，充分利用资源，降

低系统的低频振荡性。

4.4 合理设置SVG

当风光互补综合能源系统的接入量在10kv以上时，对电网稳定性的影响极大。为在电网电压薄弱处稳定电压，常常采用加设SVG来实现无功功率快速响应和补偿。此外，还可以选择合适的附加反馈信号对SVG的出口电压进行阻尼调控来降低低频振荡。SVG的主要控制策略可分为电流的直接控制和间接控制两种。前者通过直接控制交流侧电流的幅值和相位，迅速吸收或发出所需的无功功率，从而达成快速动态调节无功功率的目的；后者则的通过调节逆变器输出电压的幅值以及相位来达到降低低频振荡的作用。电流的直接控制具有精确度高、稳定性好、响应快、抑制谐波效果佳的优势，因此应用更为广泛。相比与SVC，SVG的无功补偿能力与系统电压无关，在风力较弱和光照强度较低时也可以正常工作，具有广泛的应用前景。2021年12月，华润集团在云南省宜良县分布式光伏电站（一期）中对SVG设置进行了广泛的分析；明阳集团也在该领域进行了深入研究，大力推行SVG以降低风光互补综合能源系统的低频振荡。

5 结语

要想降低低频振荡对电力系统的影响，优化含风光互补能源的IES，从而保证电力系统的平稳运行，就需要对线路的串并联情况作出具体分析，并设置合理的光伏阵列，使光能的利用率最大化。基于并网发电技术达到可持续发电的目的，并科学的引入控制器来实现风光互补能源系统的稳定运行。此外，合理利用变频器，设置合适的电机电源频率值，合理设置蓄电池的SOC状态和系统的SVG值，能够提高风光互补能源系统的稳定性。

参考文献

[1]曾鸣, 刘英新, 周鹏程, 等. 综合能源系统建模及效益评价体系综述与展望[J]. 电网技术, 2018, 42(6): 12.

[2]李培强, 曾小军, 黄际元, 等. 面向综合负荷的并网光伏发电系统等效建模[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(8): 8.

[3]李阳, 郇嘉嘉, 曹华珍, 等. 基于综合能源协同优化的配电网规划策略[J]. 电网技术, 2018, 42(5): 8.

[4]张帅. 风能和太阳能互补发电系统研究[D]. 河北农业大学, 2014.

[5]符叶晔. 风光互补发电系统优化配置与仿真建模研究[D]. 浙江工业大学, 2017.