

光伏电站逆变器的选择方法研究

李伟波 张 玺

天津市政工程设计研究总院有限公司 天津 300392

摘要: 逆变器作为光伏发电系统中将直流电转换为交流电的关键设备,其选型对于发电系统的转换效率和可靠性具有重要影响。根据国家标准《光伏电站设计规范》(GB50797-2012)的规定,逆变器应按型式、容量、相数、频率、冷却方式、功率因数、过载能力、温升、效率、输入输出电压、最大功率点跟踪(MPPT)、保护和监测功能、通信接口、防护等级等技术条件进行选择。本文拟以某农光互补光伏发电项目的工程设计为实例,从几个主要方面对逆变器的选型原则进行简要分析。

关键词: 光伏; 发电站; 逆变器

一、工程概况

工程项目所在地属暖温带季风区大陆性气候,春旱多风,夏热多雨,秋天凉爽,冬季干冷,四季分明,无霜期长,年平均光照2660小时,光照率61%,太阳总辐射量为124.8kcal/cm²,属于我国第三类太阳能资源较好的区域。光伏电站建设地址位于东经116° 17',北纬37° 30',厂区占地面积约700亩,周边交通便利,满足建设光伏电站的相关条件。

项目总体规划四大区域:恒温大棚区、菌类植物种植区、弱光植物区、果蔬采摘区。不同区域分别采用不同支架形式,实现光伏发电与农业种植、养殖的完美结合。

选型原则分析:

下面从容量、转化效率、直流输入电压范围、最大功率点跟踪、输出电流谐波及功率因数、低电压穿越能力、系统频率异常响应、可靠性和可恢复性、保护功能、监控和数据采集等十个方面对逆变器的选型原则进行分析和论述。

1. 容量

对于大中型并网光伏电站工程,一般需用大容量集中型并网逆变器。目前市场的大容量集中型逆变器额定输出功率在100kW~1000kW之间,通常单台逆变器容量越大,单位造价相对越低,转换效率也越高。从初期投资、工程运行及维护方面考虑,若选用单台容量小的逆变器,则逆变器数量较多,初期投资相对较高,系统损耗大,并且后期的维护工作量也大;在中大型并网光伏电站工程中,应尽量选用单台容量大的并网逆变器,可在一定程度上降低投资,并提高系统可靠性;但单台逆变器容量过大,则故障时对发电系统处理的影响较大。因此在

实际选型时,应全面综合考虑。

2. 转化效率

逆变器的转换效率定义为 $\eta_{INV}=P_{AC}/P_{DC}$,其中 P_{AC} 为逆变器输出功率, P_{DC} 为逆变器输入功率。逆变器转换效率评价标准主要有最大效率、欧洲效率、加州效率和中国效率。欧洲效率、加州效率是根据当地辐照情况进行统计分析得到的加权总效率,而中国效率使用的是中国不同气候条件的日照资源特征权重总效率。逆变器转化效率越高,则光伏发电系统的转换效率越高,系统总发电量损失越小,系统经济性也越高。在选择逆变器时,应以中国效率为主要判断标准,因此在单台额定容量相同时,应选择效率高的逆变器。

3. 直流输入电压范围

光伏组件的端电压随日照强度和环境温度变化,逆变器的直流输入电压范围宽,可以将日出前和日落后太阳辐照度较小的时间段的发电量加以利用,从而延长发电时间,增加发电量。如在落日余晖下,辐照度小,光伏组件温度较高时,光伏组件工作电压较低,如果直流输入电压范围下限低,便可以增加这段时间的发电量。

4. 最大功率点跟踪

对于光伏并网发电系统来说,实时跟踪光伏阵列的最大功率输出值,是最大程度地利用太阳能的关键。光伏组件的输出功率随时变化,因此逆变器的输入终端电阻应能自适应于光伏发电系统的实际运行特性,随时准确跟踪最大功率点,保证光伏发电系统的高效运行。对于太阳能方阵系统单元来说,MPPT的精度、宽范围意味着更多的发电量,考虑环境温度的变化使组件的开路电压低至450V,因此选择宽范围MPPT并网逆变器,这样选择该逆变器可以使光伏系统在更多的时间段、电压范

围内均能获得该时刻的最大功率，系统整体效率必将得到提高。

5. 输出电流谐波及功率因数

光伏电站接入电网后，并网点的谐波电压及总谐波电流分量应满足《电能质量公用电网谐波》GB/T14549-1993的规定，光伏电站谐波的主要来源是逆变器，因此逆变器必须采取滤波措施使输出电流能满足并网要求。要求谐波含量低于3%。逆变器功率因数接近于1。

6. 低电压穿越能力

《国家电网公司光伏电站接入电网技术规定》中要求大型和中型光伏电站应具备一定的耐受电压异常的能力，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电源的损失。这就要求所选并网逆变器具有低电压穿越能力，具体要求如下：

- a) 光伏电站必须具有在并网点电压跌至20%额定电压时能够维持并网运行1s；
- b) 光伏发电并网电压在发生跌落3s内能够恢复到额定电压的90%时，光伏电站必须保持并网运行；
- c) 光伏电站并网电压不低于额定电压的90%时，光伏电站必须不间断并网运行。

7. 系统频率异常响应

《国家电网公司光伏电站接入电网技术规定》中要求大型和中型光伏电站应具备一定的耐受系统频率异常的能力，逆变器频率异常时的响应特性至少能保证光伏电站表1所示电网频率偏离下运行。

表1 光伏电站在不同电网频率下的运行要求

频率范围	运行要求
低于48Hz	视电网要求而定
48Hz~49.5Hz	每次低于49.5Hz时要求至少能运行10min
49.5Hz~50.2Hz	连续运行
50.2Hz~50.5Hz	每次频率高于50.2Hz时，光伏电站应具备连续运行2min的能力，同时具备0.2s内停止向电网线路送电的能力，实际运行时间由电网调度机构决定；此时不允许处于停运状态的光伏电站并网
高于50.5Hz	在0.2s内停止向电网线路送电，且不允许处于停运状态的光伏电站并网

8. 可靠性和可恢复性

逆变器应具有一定的抗干扰能力、环境适应能力、瞬时过载能力，如在一定程度过电压情况下，光伏发电系统应正常运行；过负荷情况下，逆变器需自动向光伏组件特性曲线的开路电压方向调整运行点，限定输入功率在给定范围内；故障情况下，逆变器必须自动从主网

解列。

系统发生扰动后，在电网电压和频率恢复正常范围之前逆变器不允许并网，且在系统电压频率恢复正常后，逆变器需要经过一个可调的延时时间后才能重新并网。

9. 具有保护功能

根据电网对光伏电站运行方式的要求，逆变器应具有交流过压、欠压保护，超频、欠频保护，防孤岛保护，短路保护，交流及直流的过流保护、过载保护，反极性保护，高温保护等保护功能。

10. 监控和数据采集

逆变器具有RS485通讯接口进行数据采集并经过光纤环网发送到主控室，便于电站数据处理分析。

二、应用实例

本工程光伏系统采用分块发电、分散逆变升压，集中并网方式。太阳能光伏发电系统通过光伏组件将太阳能转化为直流电源，再通过并网型逆变器将直流电源转化为与电网同频同相的交流电源，经过升压汇集后接入电网，所发电量拟全部上网。项目选用275Wp单晶硅太阳能组件，采用固定式支架运行，支架倾角采用32°进行设计，不同区域按照大棚形式分别采取不同的组件布置形式。电池组件20块为一串进行串联，每16串接入一台16汇1汇流箱。

根据前述选型原则，结合厂址区域气候、海拔等特性，并考虑本工程所选的光伏组件与逆变器的匹配性，尽量降低投资的前提下，经对比分析目前市场主流逆变器产品的考察，现对250kW、500kW、630kW逆变器做参数比较，如表2所示：

表2 不同逆变器主要技术参数对比表

额定交流输出功率	250kW	500kW	630kW
推荐最大功率	275kW	550kW	700kW
最大输入电压	1000V DC	1000V DC	1000V DC
MPPT输入电压范围	480~850	460~850	460~850
峰值效率	97.3%	98.7%	98.7%
额定交流输出电流	534A	1070A	1280A
额定交流输出电压	315V AC	315V AC	315V AC
额定交流频率	50Hz	50Hz	50Hz
允许电网电压	210V AC~310V AC	210V AC~310V AC	210V AC~310V AC
功率因数 (cos φ)	0.9 (超前) ~ 0.9 (滞后)	0.9 (超前) ~ 0.9 (滞后)	0.9 (超前) ~ 0.9 (滞后)
总电流波形畸变率	< 3% (额定功率)	< 3% (额定功率)	< 3% (额定功率)

从工程运行维护综合考虑,本工程拟选用容量为 20
500kW 的集中式逆变器。

根据组件逐年衰减情况,计算出本电站建成后第一年上网发电量为 26390915kW·h,运行 25 年的总发电量约 595209299kW·h,年平均发电量为 23808372kW·h,年等效利用小时数为 1188.58h。

光伏电站运行 25 年总计相应节约标准煤约 190467t,可减少 CO₂排放量约 499023t,SO₂排放量约 1619t,NO_x排放量约 1409t,在一定程度上可降低有害物质排放量,减轻环境污染。

三、结语

光伏并网逆变器作为光伏电站的核心设备,对电站发电量具有重要影响,其选型的原则和方式也成为工程设计中的重点之一。本文结合工程实际,选择十个方面具体分析了逆变器选型时应遵循的原则和方法,对光伏电站的工程设计具有一定的参考意义。

参考文献:

[1]鲁克.光伏技术与工程手册[M].北京:机械工业出版社,2011.

[2]王玲玲,胡书举,孟岩峰,等.光伏并网逆变器效率评价方法研究[J].大功率变流技术,2013(5):17-

[3]王炳楠,谭占鳌.中国典型 I 类辐照地区的光伏并网逆变器性能评价方法[J].电力系统自动化,2020(12):139-145

[4]王永胜.分布式光伏电站发电效率提升策略研究[J].现代商贸工业,2019,40(21):215

[5]吕二争,吴锋.光伏并网发电系统最大功率点跟踪与仿真参数优化[J].自动化应用,2018(03):70-72.

[6]李晟,吴江,朱军峰.典型分布式光伏发电工程电力系统接入的优化设计[J].太阳能,2019,(3):33-37,6.

[7]赵争鸣,雷一,贺凡波,等.大容量并网光伏电站技术综述[J].电力系统自动化,2011,35(12):101-107.

[8]雷一,赵争鸣.大容量光伏发电关键技术与并网影响综述[J].电力电子,2010,09(3):16-23.

[9]郑志杰,李磊,王葵.大规模光伏并网电站接入系统若干问题的探讨[J].电网与清洁能源,2010,26(2):74-76.

[10]艾欣,韩晓男,孙英云.光伏发电并网及其相关技术发展现状与展望[J].现代电力,2013,30(1):1-7.