

分布式电源接入系统方案 典型设计研究及应用

结合配电网现状和分布式电源类型,研究分析了分布式电源接入系统设计的原则和一次、二次内容等,包括接入电压等级确定、电气计算内容、主要设备选型、保护配置、系统通信和计量等,并明确了相关设计内容的要求和标准。结合配电网运行管理现状,论述了分布式电源的管理模式。采用考虑全寿命周期的年费用方法,论述了经济技术方案的优选过程。最后通过一个分布式电源接入实际案例演示了设计和方案比选过程。

王 峰 王春宁/江苏省电力公司南京供电公司



王 峰/工程师

根据国家能源发展规划,“十二五”期间将以加快转变能源发展方式为主线,规划能源新技术的研发和应用,解决有限能源和资源的约束,着力提高能源资源开发、转化和利用的效率,充分利用可再生能源,推动能源生产和利用方式的变革。因此,深入研究分布式发电典型接入方案具有重要意义^[1-3]。

结合配电网技术和运行管理现状,研究分析了分布式电源接入系统设计的原则和一次、二次内容等,明确了相关设计内容的要求和标准,采用全寿命周期内的年费用方法,论述了经济技术方案的优选过程。

关键词/Keywords

配电网·
分布式电源·
接入系统·
典型设计·

接入方案设计原则

分布式电源接入系统典型设计应满足分布式电源与电网互适性要求,遵循“安全可靠,技术先进,投资合理,标

国家高技术研究发展计划(863计划)(2012AA050214),江苏省电力公司科技项目(J2014057)。

准统一,运行高效”的设计原则。设计方案的选择既要有普遍性、可扩展性,又要有经济性;既要覆盖面广,又不宜太多。典型设计应实现分布式电源接入规范化,为设备招标、降低分布式电源接入系统建设和运营成本创造条件,实现分布式电源与电网建设的和谐统一^[4-5]。低压接入的光伏发电系统如图1所示。

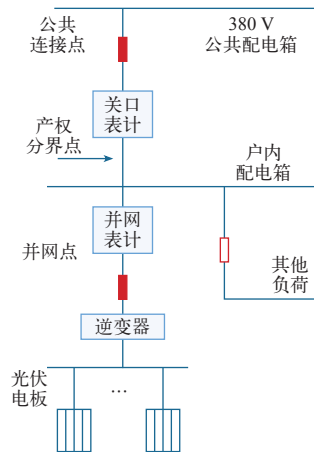


图1 低压光伏接入系统方案示意图

接入方案设计内容

1. 一次接入方案

(1) 接入系统电压等级

分布式电源接入电力系统应根据自身发电容量,结合所在地区的供电网络,综合考虑待接入电压等级电网的输配电容量、电能质量等技术要求。

根据国家电网公司分布式电源管理的相关要求,接入电压等级根据装机容量进行初步选择,参考标准如下:8 kW及以下可接入220 V;8~400 kW可接入380 V;400~6 000 kW可接入10 kV。最终并网电压等级应根据电网条件,通过技术经

济比选论证确定。若高低两级电压均具备接入条件,优先采用低电压等级接入^[6]。

(2) 电气计算

电气计算包括潮流计算、短路电流计算、电能质量分析和无功平衡计算等。

1) 潮流计算。方案设计中应对设计水平年有代表性的正常最大和最小负荷运行方式、检修运行方式以及事故运行方式进行分析,必要时进行潮流计算。

2) 短路电流计算。计算设计水平年系统最大运行方式下,电网公共连接点和光伏电站并网点在光伏电站接入前后的短路电流,为电网相关厂站及光伏电站的开关设备选择提供依据。如短路电流超标,应提出相应控制措施。当无法确定光伏逆变器具体短路特征参数情况下,考虑一定裕度,光伏发电提供的短路电流按照1.5倍额定电流计算。

3) 电能质量分析。光伏发电系统向当地交流负荷提供电能和向电网送出电能的质量,在谐波、电压偏差、电压不平衡和电压波动等方面满足现行国家、行业等相关规定。发电系统向公共连接点注入的直流电流分量不应超过其交流额定值的0.5%。

4) 无功平衡计算。发电系统的无功功率和电压调节能力应满足相关标准的要求,选择合理的无功补偿措施;发电系统无功补偿容量的计算应充分考虑逆变器功率因数、汇集线路、变压器和送出线路的无功损失等因素;通过10 kV电压等级并网的光伏发电,系统功率因数应实现超前0.95~滞后0.95范围内连续可调;光伏电站配置的无功补偿装置类型、容量及安装位置应结合光伏发电系统实际接入情况确定,必要时安装动态无功补偿装置。

(3) 主要设备选择

主要设备包括升压站主变压器、送出线路导线、无功补偿和断路器等设备^[7]。

1) 升压站主变压器。升压用变压器容量宜采用315 kV·A、400 kV·A、500 kV·A、630 kV·A、800 kV·A、1 000 kV·A和1 250 kV·A单台或多台组合,电压等级为10/0.4 kV,短路阻抗满足相关规

定的要求。

2) 送出线路导线。分布式电源送出线路导线截面选择需根据所需送出的容量、并网电压等级选取,并考虑分布式电源发电效率等因素;分布式电源送出线路导线截面一般按持续极限输送容量选择。

3) 无功补偿设备。分布式发电系统的无功功率和电压调节能力应满足相关标准的要求,选择合理的无功补偿措施;接入用户系统、自发自用(含余量上网)的分布式光伏发电系统功率因数应实现超前0.95~滞后0.95范围内连续可调;接入公共电网的分布式光伏发电系统功率因数应实现超前0.98~滞后0.98范围内连续可调;分布式发电系统配置的无功补偿装置类型、容量及安装位置应结合分布式发电系统实际接入情况确定,必要时安装动态无功补偿装置。

4) 断路器型式。分布式电源并网点应安装易操作、可闭锁、具有明显开断点、带接地功能和可开断故障电流的断路器。当分布式电源并网公共连接点为负荷开关时,需改造为断路器。根据短路电流水平选择设备开断能力,并需留有一定裕度,一般宜采用20 kA或25 kA。

2. 二次接入方案

接入系统二次部分根据系统一次接入方案,结合有关现状进行设计,包括系统继电保护及安全自动装置、系统调度自动化、系统通信和计量结算^[8]。

(1) 系统继电保护及安全自动装置

分布式电源的继电保护及安全自动装置配置应满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求,其技术条件应符合现行国家和行业标准。

线路保护应以保证公共电网的可靠性为原则,兼顾分布式电源的运行方式,采取有效的保护方案。

分布式光伏发电逆变器必须具备快速检测孤岛且检测到孤岛后立即断开与电网连接的能力,其防孤岛方案应与继电保护配置、频率电压异常紧急控制装置配置和低电压穿越等相配合,时限上互相匹配。

分布式电源接入系统的安全自动装置应该实

现频率电压异常紧急控制功能，按照整定值跳开并网点断路器。

(2) 系统调度自动化

主要包括系统远动配置方案、远动信息采集、通道组织及二次安全防护、电能质量在线监测和线路同期等内容。

(3) 系统通信

主要包括明确调度管理关系、介绍通信现状和规划、分析通道需求、提出通信方案、确定通道组织方案、提出通信设备供电和布置方案等。

接入系统应因地制宜地选择下列通信方式，满足电源接入需求，即光纤通信、电力线载波和无线方式。

(4) 计量与结算

并网点需配置并网电能表一只，另应设置关口计量电能表一只。关口计量电能表具备双向计量功能，用于用户与电网间的上、下网电量计量；并网电能表用于发电量统计和电价补偿。10 kV电压等级接入时，电能量关口点宜设置专用电能量信息采集终端，采集信息可支持接入多个电能信息采集系统。380 V电压等级接入时，可采用无线集采方式。多点、多电压等级接入的组合方案，各表计量信息应统一采集后，传输至相关主管部门。

3. 经济技术方案比较

经济技术方案比较是在评估周期内对规划项目各备选方案进行技术比较、经济分析和效果评价的方法。其目的是定量判断规划项目在技术、经济上的可行性及合理性，为投资决策提供依据。

技术经济分析需确定全寿命周期内投资费用的最佳组合。通常综合考虑方案的投资及工程量、对潮流分布影响、PCC电压波动、电压损耗、电压偏差、运行管理、谐波治理、占用系统资源和电能质量在线监测等因素,寻求技术与经济的最佳结合点,确定技术先进与经济合理的最优方案。

分布式电源的管理模式

电量消纳方式：用户可自行选择发电量全部自用、自发自用余电上网或合同能源管理方式。运营模式与电量消纳方式类似。

对于380(220) V接入的分布式电源,市/区县公司采集运维班负责运行监视管理。对于35 kV、10 kV接入的分布式电源,市公司调度控制中心负责调度运行管理^[9]。

实际应用

以江苏省某生物质能分布式发电为例,其发电容量为300 kW,拟选用1台100 kW和1台200 kW发电机组,发电机出口电压为0.38 kV,年利用小时数为2 500 h。

考虑周边电网和发电系统概况，系统接入电压等级采用0.38 kV，分别设计了两个接入方案，具体如图2、图3所示。

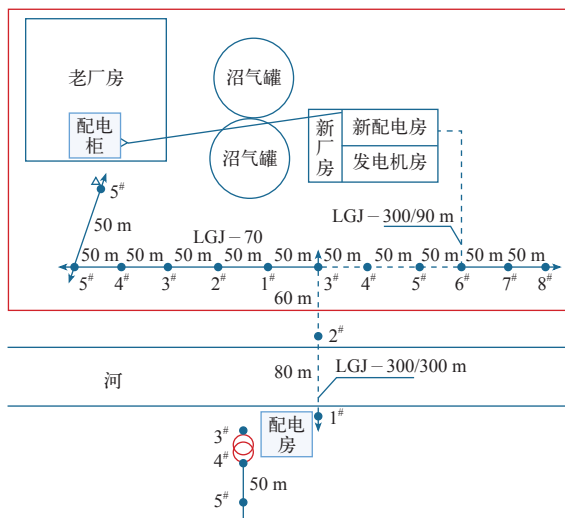


图2 接入方案1

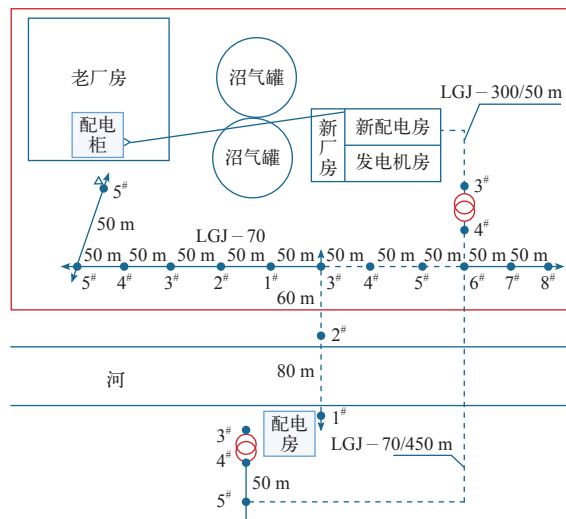


图3 接入方案2

方案1：工程以1回380 V线路从10 kV配电变压器380 V线6#杆就近接入。根据沼气发电厂建设规模及负荷平衡情况，10 kV配电变压器只需更换为300 kV·A，考虑到远景年光伏系统的接入，10 kV配电变压器更换为500 kV·A。

方案2：在新配电房旁新建1台配电变压器，电压等级为10/0.38 kV。新建1回10 kV线至原来已有的10 kV配电变压器侧，从新配电房以1回380 V线路接新建配电变压器低压侧。其他设备改造同方案1。

经电气计算，方案2的网损比方案1小0.008 MW。380 V母线短路设备可按常规选择。公共连接点的电压偏差满足国标要求。

从下表可以看出，方案1比方案2总投资少18.07万元，但方案1比方案2的年费用差值少3.82万元，因此方案2的经济性较优。

表 方案的经济比较

项目	方案1/万元	方案2/万元
一、总投资	25.244	43.309
1、变电投资	25	43
(1) 10 kV开关柜	0	10
(2) 0.38 kV开关柜	17	17
(3) 10/0.38 kV升压变压器	8	16
2、线路投资	0.244	0.309
(1) 0.38 kV线路	0.244	0.075
(2) 10 kV线路	0	0.234
二、年运行费用	7.295	1.813
1、维护费	1.055	1.813
2、网损费差值	6.24	0
年费用	9.660	5.841

注：发电厂损耗小时数按1 500 h计，电价按0.52元/kW·h，变电设备维护率按4.2%，线路维护率按2.2%，利率为8%，年限为25年。

结束语

研究分析了分布式电源接入系统设计的原则和一次、二次内容等，明确了相关设计内容的要求和标准。结合配电网运行管理现状，论述了分布式电源的管理模式。采用考虑全寿命周期的年费用方法，论述了经济技术方案的优选过程。

主要结论如下。

1) 分布式电源接入电压等级应根据自身发电

容量，结合所在地区的供电网络，综合考虑待接入电压等级电网的输配电容量、电能质量等技术要求确定。

2) 接入系统二次部分应根据系统一次接入方案，结合有关现状进行设计，包括系统继电保护及安全自动装置、系统调度自动化、系统通信和计量结算。

3) 基于全寿命周期的技术经济分析，应综合考虑方案的投资及工程量等因素，并确定技术与经济的最佳结合点，进而确定技术先进与经济合理的最优方案。

参考文献

[1] 李琼慧, 黄碧斌, 蒋莉萍. 国内外分布式电源定义及发展现状对比分析 [J]. 中国能源, 2012, 34 (8): 31-34.

[2] 付丽伟, 王守相, 张永武, 等. 多类型分布式电源在配电网中的优化配置 [J]. 电网技术, 2012, 36 (1): 79-84.

[3] 柳睿, 杨镜非, 程浩忠, 等. 分布式电源并网的综合评价 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2013, 25 (1): 34-39.

[4] 王超, 何阳, 夏翔, 等. 分布式电源准入容量对电力系统的影响分析 [J]. 华东电力, 2006, 34 (4): 1-4.

[5] 符杨, 朱齐, 李振坤. 含分布式电源配电网的扩展规划研究 [J]. 华东电力, 2011, 39 (11): 1771-1775.

[6] 苏小玲, 韩民晓, 赵正奎, 等. 配电网中分布式电源最大准入容量分析 [J]. 电网技术, 2012, 36 (10): 87-92.

[7] 鲍薇, 胡学浩, 何国庆, 等. 分布式电源并网标准研究 [J]. 电网技术, 2012, 24 (11): 46-52.

[8] 于建成, 迟福建, 徐科, 等. 分布式电源接入对电网的影响分析 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2012, 24 (1): 138-141.

[9] 王彤, 兰森林. 分布式发电对配电网的影响 [J]. 华东电力, 2010, 38 (7): 1038-1039.

(收稿日期: 2015-02-10) EA