

# 光伏电站离网运行改造并网运行的设计研究

## ——以杂多县为例

徐 剑

(济南中能华辰太阳能有限公司, 山东 济南 250353)

**摘 要** 青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 无电地区独立光伏电站项目建设完毕投运发电后四年, 由于国家电网进入该地区而停止运行。为了更好地利用当地优质的太阳能资源, 让此离网光伏电站继续发电工作, 计划进行并网发电改造。因为之前都是离网运行, 并网运行需要接受当地电网公司调度指令及符合国网运行规范, 需要研究可行的离网运行改并网运行的改造方案, 使其符合电网运行参数要求, 才能保障电站在国家电网中安全稳妥地并网运行。

**关键词** 光伏发电; 并网电站; 离网电站

中图分类号: TM62

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0079-03

青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 独立光伏电站项目建设地点为杂多县萨呼腾镇, 属于大型离网发电站。站内建有光伏组件、并网逆变器、储能双向变流器、升压变压器等设备若干。青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 无电地区独立光伏电站项目利用原有设备, 由离网发电站改造为并网发电站。原组件、逆变器、变压器、部分开关柜设备不改动, 进线柜、通信设备改造, 新增 SVG、避雷器、继电保护及通信设备, 新铺设光缆线路 2 条。该站于 2013 年 11 月离网运行发电, 于 2020 年 7 月并网运行发电, 并入国家电网。

### 1 当地电网现状

玉树电网目前通过玉树~玛多单回 330 kV 线路与青海主网联络。2015 年 12 月随着西部三县的 110 kV 杂多变、治多变、曲麻莱变投运, 标志着玉树州六县均已实现了与青海主网的联络。地区 110 kV 结古变、称多变、歇武变、治多变、曲麻莱变、杂多变、下拉秀变、囊谦变以 330 kV 玉树变为电源点, 形成辐射式网架结构。

杂多县目前仅有 1 座 110 kV 变电站, 即 110 kV 杂多变。通过至下拉秀变的单回 110 kV 线路供电, 形成单辐射式供电结构, 供电可靠性较低。地区负荷主要以农牧业为主。青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 无电地区独立光伏发电项目所在地属于杂多 110 kV 变电站供电区域, 35 kV 公网变电站已投运的有苏鲁、结多、昂赛、扎青、阿多 5 座, 在建一座萨呼腾 35 kV 变电站。

1. 杂多 110 kV 变电站, 杂多 110 kV 变电站由 2 台 31.5 MVA 变压器组成, 电压等级为 110 kV/35 kV/10 kV。

35 kV 出线分别接至阿多、昂赛、结多、萨呼腾 35 kV 变电站。10 kV 最终单母线分段接线, 8 回出线 (不含 2 回电容器出线及 2 回可调电抗器出线); 已建成单母线分段接线, 4 回出线 (不含 2 回可调电抗器出线)。

2. 萨呼腾 35 kV 变电站, 萨呼腾 35 kV 变电站由两台 10 MVA 变压器组成, 电压等级为 35/10 kV。其中 35 kV 母线有 4 回出线; 10 kV 母线有 8 回出线。

### 2 杂多县光伏电站并网改造的总体设计思路

对现有光伏电站 10kV 配电室电气一次部分、系统二次、系统通信等内容进行改造或新建, 新建光伏上网线路“T”接至萨三线路。本工程为光伏电站的接入工程, 光伏站本体均已建成, 站内需改造或新建以下设备: (1) 新建 SVG 出线柜及电缆转接柜各 1 面。(2) 新建 SVG 装置 1 套。(3) 新增远动及通信设备 1 套。(4) 新增规约转换器 1 台<sup>[1]</sup>。

### 3 杂多县光伏电站并网改造的电气一次设计

#### 3.1 设计依据及结果

根据《分布式电源接入系统典型设计》接入系统分册内容, 光伏电站提供的短路电流按照 1.5 倍额定电流计算, 现有配电室设备的短路电流满足要求, 无需更换。本此改造设计户外设备爬电比距为 25 mm/kV, 户内设备爬电比距为 20 mm/kV。电站址海拔高度约为 4101 m, 所有电气设备外绝缘按海拔 5000 m, 配电装置的最小安全净距均按海拔 4500 m 进行修正。本工程为了光伏发电系统的无功功率和电压调节能力满足相关标准的要求, 本工程光伏站本体内加装一套 SVG 动态无功补偿装置。

### 3.2 电气主接线

在现有配电室上网电气设备的基础上,对不满足上网需求的现有设备进行改造。电气一次部分改造内容如下:(1)利用现有的总电源上网回路充气柜加站外萨三路“T”接点柱上真空断路器及组合计量箱来满足上网需求。(2)需新增一面10 kV无功补偿SVG出线柜,一期设备为充气式环网柜,经现场收资及10 kV配电室布置现状,在本站改为光伏上网站后,原有的储能系统需全部退出运行,现有配电室内的10 kV出线至1#、2#、3#储能变压器开关柜均为备用,本期考虑将原至3#储能变压器出线开关柜作为10 kV无功补偿SVG出线柜,根据光伏电站总平面布置图,将10 kV无功补偿出线及其成套装置联合布置在现有配电室北侧。(3)在现有光伏站本体体内加装一套SVG动态无功补偿装置,无功补偿装置动态部分投自动调整功能,且响应时间不大于30 ms,并确保场内无功补偿装置在紧急情况下可快速正确响应。其余设备均维持原状,只在改造完成后做全站调试<sup>[2]</sup>。

### 3.3 绝缘配合及过电压保护

根据GB311.1-2003《高压输变电设备的绝缘配合》,选择具有优良的伏安特性,通流容量大,性能良好的氧化锌避雷器。由于高海拔只影响设备的外绝缘强度,对设备内绝缘强度没有影响。因此,对本工程所有设备内绝缘,其基本绝缘水平不变。对于设备外绝缘,则采用加强外绝缘强度和um提高保护水平的原则,具体的考虑要点和措施如下:(1)选用氧化锌避雷器本身要有使用寿命长和通流能力强的特点,并在实际工作中不易被损坏。综合考虑避雷器长期施加的运行电压,电力系统可能出现的最高工频过电压,电力系统中可能出现的内过电压,来选择避雷器的额定参数和各种残压值,据此作为绝缘配合的基础。现10 kV升压站每回出线均已配置氧化锌避雷器,本次只需在新增无功补偿出线柜配置氧化锌避雷器。(2)增加10 kV电压配电装置的空气间隙,本光伏电站海拔约为4101 m,本工程以DL/T5352-2006《高压配电装置设计技术规程》中“海拔大于1000 m时A值的修正”进行高海拔修正。

### 3.4 防雷及接地

现有升压站内需在离成套装置5 m的范围内建设一支20 m高的独立避雷针,方能满足新增设备的防雷要求。整个光伏电站的接地网一期已建成,新增地网现有光伏电站整站地网不少于4点连接。本次新增电缆采用穿管埋地敷设,埋设深度在冻土以下,本站址所在地冻土深度为2 m<sup>[3]</sup>。

## 4 杂多县光伏电站并网改造的电气二次设计

### 4.1 一次系统概况

(1)电气主接线,杂多县3 MW光伏电站升压站电气主接线为单母线接线。共有11回间隔,分别为7台1250 kVA升压变压器出线间隔、1台150 kVA站用变压器出线间隔、1回总电源上网间隔、1面采样和1面母线PT间隔。(2)一次方案概述,本期光伏电站利用现有的总电源上网回路充气柜加站外杂三路“T”接点柱上真空断路器及组合计量箱来满足上网需求。新增10 kV无功补偿SVG1套,包括电缆转接柜及无功补偿出线柜各1面,400 kvar无功补偿SVG柜两面。

### 4.2 继电保护

(1)继电保护现状。杂多3 MW光伏电站内所用变配置STS-365T型电流电压保护装置。(2)本次新增继电保护配置。本工程依据《继电保护和安全自动装置技术规程》《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》以及有关规定进行配置。所有保护均采用微机型保护装置,要求装置具有综合自动化通信、北斗对时等功能。

(3)系统继电保护。根据国家技术监督局颁发的《继电保护和安全自动化装置技术规程》、青海电网继电保护及调度的相关规定进行配置。(4)元件保护。10 kV电容器SVG间隔配置交流微机型电容器保护测控装置1台,就地安装于10 kV电容器出线柜。柱上开关不配置单独保护装置,采用开关自身电流电压保护。

### 4.3 调度自动化

1.设计原则。杂多县3 MW光伏电站接入项目接入系统后引起的有关厂站、调度端的自动化设计,其内容包括光伏开关站远动自动化设备要求、信息传输方式等。杂多县3 MW光伏电站接入项目接入系统所增加的电力电量采集设备设计,其内容包括计量点设置、电力电量采集设备要求、信息传输通道等。

2.调度管理。本站接入系统后,由玉树供电公司地调实行调度管理。

3.远动系统配置。本期在杂多县3 MW光伏电站配置远动装置1台,实现“遥测、遥信”功能,新增远动设备需具备故障量信息采集上传,与远方监控中心通信采用光纤通信方式;数据处理及通信装置宜设置远方诊断接口,以便实现远方组态和远方诊断功能。为了保障省调及地调计算机系统安全及可靠运行,须在光伏站侧配置调度数据网设备1套及二次安全防护设备1套。其中二次安全防护设备包括纵向认证加密装置2套、防火墙1套;调度数据网设备包括华为路由器1台,32口华为交换机2台。同时光伏电站加装网络安全监测装置1套<sup>[4]</sup>。

4. 电能计量装置。本次在光伏电站侧和杂三路“T”接点处设置关口计量点。在光伏电站内 10 kV 出线间隔配置 0.5S 级智能电度表 1 块, 组屏安装; 10 kV 电容器 SVG 间隔配置 0.5S 级智能电度表 1 块, 就地安装于 10 kV 电容器出线柜; 原 10kV#1、#2、#5、#6、#7 开关柜各配置 1 块 0.5s 级智能电能表, 组屏安装。在杂三路“T”接点设置组和计量箱, 设备由线路专业开列。本期在光伏电站配置 1 套电能质量采集装置, 装置采用 DL/T860 将电量数据上送至青海省电能质量监测中心。为满足电网商业化运营, 电力电量采集终端应实现以下功能: 系统接收处理来自关口计量发送的电量数据, 系统数据库能分时段、带时标存储一年以上电能质量数据, 具备安全保密的功能, 应有良好的人机联系手段。

5. 光伏电站电能质量在线监测设备。要求光伏电站侧配置 1 套电能质量在线监测设备, 电能质量在线监测终端监测数据应包含电压偏差、电流偏差、频率偏差、三相不平衡度、谐波电压、闪变值、谐波电流等指标。

6. 电源系统。本期在光伏电站配置阀控式密封铅酸蓄电池。站内新增保护测控装置、系统通信、UPS 电源、远动装置及调度数据设备与新增的安全自动装置负荷均由蓄电池组供电。经负荷统计, 电气负荷事故放电时间为八小时, 通信负荷事故放电时间为 8 小时, 计算电源系统所需电能量, 需要 100AH 蓄电池组 1 组。本期在光伏电站配置 UPS 系统 1 套, UPS 系统采用主从机串联备用冗余方式双套配置, 从机输出接在主机旁路输入上。主机故障自动转旁路后, 负载由从机供电。

7. 二次设备组柜及布置。本期新上二次设备、通信及电源系统屏均安装于光伏电站内现有的 PCS 室内, 设置如下: (1) 1 面公用屏, 内含: 1 台公用测控装置、1 台远动装置、1 台 32 口交换机。(2) 1 面调度数据网设备屏, 内含: 1 台华为路由器、2 台华为 32 口交换机、2 台纵向加密、1 台防火墙、1 台反向隔离装置、1 台网络安全监测装置。(3) 电能质量采集屏 1 面, 内含: 1 台电能质量采集转换装置、6 块 0.5s 级智能电能表、1 台电能质量监测装置、1 台规约转换装置。(4) 1 面 UPS 及通信电源屏。(5) 1 面蓄电池屏<sup>[5]</sup>。

## 5 杂多县光伏电站并网改造的通信设计

本工程沿杂多光伏电站~杂多 35 kV 变电站线路与光伏电站~萨呼腾 35 kV 变电站线路分别架设一根 24 芯 ADSS 光缆, 形成 2 条传输通道。为使光伏电站的信息在光纤通道中高速稳定传输至玉树地调, 本期在光伏电站变选择新上与杂多变、萨呼腾变相匹配的 155 M 光传输设备。为便于光伏电站上下业务, 方便接线, 在光伏电站上新上 1 套综合配线架设备, 配置容量为

光配 24 芯, 数配 32×2 M。通信电源利用站内一体化电源, 不再设置独立通信电源。光伏电站安装一部市话, 前期作为施工通信, 等施工完成后作为变电站的备用调度通道。

## 6 杂多县光伏电站并网改造的土建设计

在控制室的北侧安装 SVG 设备, 在 SVG 设备西侧安装避雷针, 其他设备位置不改变。考虑站址所处区域海拔较高, 冻土深度深, 考虑箱体基础耐久性和抗冻胀性能, SVG 箱体基础采用筏板基础+支墩形式, 箱体与基础采用焊接, 基础埋深 1850 mm。SVG 连接变压器基础也采用筏板基础+支墩的基础形式, 基础埋深 1550 mm。本次在无功补偿成套装置四周新建铁艺围栏, 围栏基础内的预埋槽钢高出基础顶面 5 mm; 围栏间的地坪采用 200 mm 混凝土厚进行封闭。基础采用大开挖, 基底采用级配砂砾石换填处理, SVG 基础、避雷针基础换填深度为 1.5 m<sup>[6-8]</sup>。

## 7 杂多县光伏电站并网运行效果

杂多光伏电站并网改造完毕后, 于 2022 年 6 月通过验收, 于 2020 年 7 月正式通电, 并入国家电网玉树电网运行, 至今运行良好, 年均发电量可达 120 万度。

杂多光伏电站的并网运行, 为环境保护和构筑三江源生态安全屏障、节能减排和改善环境, 实现国家“3060”目标贡献了一份力量; 为藏区经济社会跨越式发展和长治久安提供了一份保障; 为玉树州起到了经济与环境的协调发展、节能和环保双赢的示范效果。

## 参考文献:

- [1] 陈静江. 电力系统中储能技术的应用[J]. 电子测试, 2016(24):59,144.
- [2] 厉一梅, 李景文, 程艳, 等. 新能源电力系统供应侧及需求侧关键技术问题研究综述[J]. 电器与能效管理技术, 2016(18):1-8.
- [3] 张丽霞. 大规模储能技术在电力系统中的应用前景解析[J]. 江西建材, 2016(15):204,210.
- [4] 司文伟. 储能技术在电力系统中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2016(07):127-128.
- [5] 马建新. 新能源电力系统的模型与集成技术分析[J]. 电子技术与软件工程, 2016(10):188.
- [6] 肖杰. 储能技术在电力系统中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2016(13):15.
- [7] 郑漳华. 储能技术在电网中的应用发展[J]. 国家电网, 2016(05):100-101.
- [8] 张步涵, 曾杰, 毛承雄, 等. 电池储能系统在改善并网风电场电能质量和稳定性中的应用[J]. 电网技术, 2006(15):54-58.