

[现场总线]

基于LAN的分布式光伏发电通信组网

文/李学荣 黄泽志 傅致勇 苏阳波
湖南省工业设备安装有限公司

针对分布式光伏发电布局分散性及光伏场电磁干扰强，通信组网难度大等特点，提出光伏场组网以现场总线为主，光伏场各子单位工程组建独立LAN，若干子单位工程构筑环网形成虚WAN网与站控层组网。介绍分布式光伏系统的组成，并以“渔光互补”为例，对分布式光伏发电通信组网进行论述。

随着当代工业文明的发展，能源问题越来越受到重视和关注，电力的需求量也随之增长，其中核电、水电和火电等占比大。我国的发电主要来源还是火电，但火电要燃烧大量的煤炭，由于煤炭是一次性能源，由此造成资源匮乏和环境污染，因此必须未雨绸缪，及早寻求替代能源^[1]。

太阳能是一种理想的可再生能源，开发和利用太阳能的途径是光伏发电，它具有以下特点：无噪声、无污染、能量随处可得，不受地域限制，无需消耗燃料、建设周期短、可以就地使用，容易储能等，这些优点是常规发电和其他发电方式不能比拟的。基于此国家大力支持发展光伏发电，其中分布式光伏发电的发展进一步促进能源转型升级，提高能源供应的稳定性，对于人类的可持续发展具有重要意义。分布式光伏发电接入电网安全可靠的运行，需要有相应的系统对其进行监测、控制和调度，同步配套建设一套覆盖广泛、适应性强的通信系统的需求也日益重要。基于此，分布式光伏发电通信组网技术的研究日趋重要。

分布式光伏发电通信组网分为开关站层组网和光伏场层组网。开关站层通信组网分为单元层、间隔层和站控层^[2-3]，各单元层与站控层采用抗干扰能力强、传输距离远的RS 485总线^[3]，单元层需

要经过规约转换器^[4]转换为上位机（主机或操作员站）通信协议，经过以太网交换机桥接至上位机。间隔层采用双以太网站通过以太网交换机桥接至上位机。

光伏发电系统组成

光伏发电系统是利用光伏组件的光生伏特效应，将太阳辐射能直接转换为直流电能的发电系统。通过将一定数量的光伏组件串联起来组成若干个光伏组串以满足所需的输出电压要求，将若干光伏组串接入直流防雷光伏汇流箱，汇集后的直流经集中式逆变器房逆变成与电网同步的正弦交流电，经箱式变压器升压后汇入开关站并网中压柜，经并网中压柜并入电网。如图1所示。

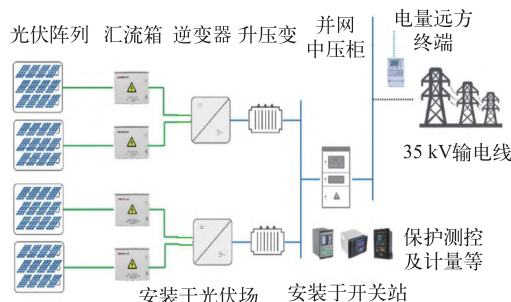


图1 光伏发电系统的组成

1. 光伏发电逆变系统

光伏发电逆变系统一般由光伏组件、直流防雷光伏汇流箱和集中式并网逆变器组成。

(1) 直流防雷光伏汇流箱

对于大型光伏发电系统，为减少光伏组件与逆变器之间的接线，方便维护，提高供电的可靠性，一般在光伏组件与并网逆变器之间增加直流防雷光伏汇流箱。通过光伏组件串联组成若干个光伏组件串接入直流防雷光伏汇流箱，通过电涌保护器和断路器后输出，方便后级集中式并网逆变器房的接入。

(2) 集中式并网逆变器房

集中式并网逆变器房是大型光伏发电系统不可或缺的设备，该设备是将光伏组件产生的直流电能转换为交流电能的转换装置，它使转换的交流电的电压、频率和相位等电气特性满足各种交流用电设备及并网的需求，在运行过程中并网逆变器房实时采集电网系统交流信号，通过闭环控制使逆变器输出的交流电与电网交流电相位等电气参数保持一致。

2. 光伏发电并网系统

光伏发电并网系统就是将光伏阵列输出的直流电转换为电网电压同幅度、同频率和同相位的交流电，并实现与电网连接向电网输送电能。这种发电系统的灵活性在于光照比较强时，光伏发电系统在给站内交流负载供电的同时余电上网。当光照不足时，即光伏阵列不能为站内负载供电时，又可以从电网吸收电能为站内负载供电。根据光伏并网系统构成原理的不同，分为400 V低压并网和10 kV及以上的高压并网，低压并网比如基于BIPV的工厂内自用低压配电系统，结合“渔光互补”的特点，采用高压并网。

光伏发电系统通信组网

光伏发电系统通信组网分为光伏场通信组网和开关站通信组网两部分。

1. 光伏场通信组网

光伏场以子单位工程为单位组网，每个子单位工程单元层有光伏组件、汇流箱、逆变器和升压变压器。

汇流箱安装带通信功能的测控装置，组串电缆通过霍尔传感器接入箱中汇流母排。测控装置采集

霍尔传感器变换后的信号。采集数据分为两类：其一是光伏场中各组串电流；其二是汇流箱中汇流母排电压值。子单位工程内各汇流箱通过RS 485总线组成星形局域网与通信管理机相连。

集中并网逆变器房安装测控装置，测控装置内置RS 485通信接口，各测控装置间组成局域网与通信管理机通信接口相连接。将实时数据如模拟量、状态量和SOE等实时数据传给上位机。

箱式变压器保护测控装置内置RS 485通信接口，作为通信管理机的下位机实现箱式变压器遥信、遥测等信号通过箱式变压器测控装置转发至通信管理机。

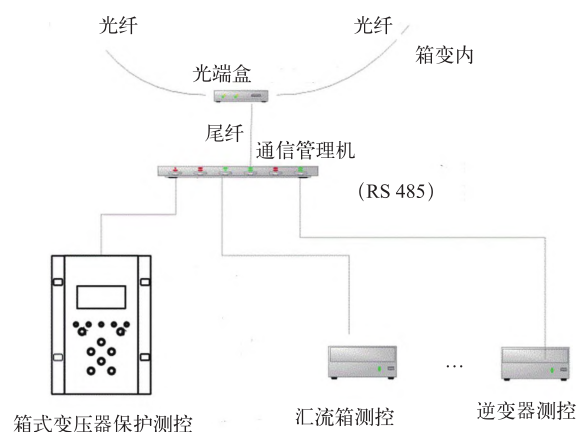


图2 光伏场通信组网图

2. 站控层通信组网

开关站内站控层通信组网分为间隔层通信组网与单元层通信组网两种方式。各间隔层保护测控装置带以太网口且支持同一通信协议的如线路保护测控、公用测控等组成LAN接入上位机。各单元层通过RS 485/232经网关后组成局域网接入上位机。

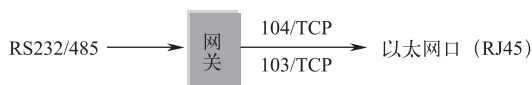


图3 通信网关功能示意图

在“渔光互补”分布式光伏发电项目中应用

湖南岳阳华容鼎盛2×20 MWp“渔光互补”分布式光伏发电项目一期建成，建设35 kV开关站，以2回35 kV输电线路接入岳阳华容110 kV鼎山变35 kV母线。光伏场划分为40个方阵，每个方阵装机容量为1 MWp，现以其中1×20 MWp为例说明。

1. 光伏区网络组建

单个方阵配置16个直流防雷光伏汇流箱，直流防雷光伏汇流箱（简称汇流箱）测控装置提供RS485通信接口，同一方阵汇流箱之间通过屏蔽通信电缆相互级联，各汇流箱之间组成星形局域网接入通信管理机。

每个1 MWp方阵配置一座集中式并网逆变房,每座集中式并网逆变房内装有2台容量为500 kW的并网逆变器。逆变器将直流逆变成交流315 V,两台逆变器逆变后的交流电与箱式变压器内1 MV·A分裂绕组变压器连接,升压至交流38.5 kV。逆变器内置RS 485通信接口,通过RS 485总线接入通信管理机。

每个1 MWp方阵配置一台容量为1 MV·A分裂绕组变压器箱式变压器，变压器两分裂绕组分别与集中式并网逆变房中的两台逆变器相连，将低压升为高压输出。箱式变压器低压室内安装有变

压器保护测控装置,箱式变压器保护测控装置内置485通信接口,通过通信电缆接入通信管理机。光伏场20台容量为1 MV·A箱式变压器,每5台箱式变压器并列运行与开关站高压成套柜通过高压电缆连接组成一条集电线路,光伏区集电线路组成见表1。

表1 光伏区集电线路组成

序号	名称	方阵组成	组网方式
1	集电线路1	方阵1~5	光纤环网
2	集电线路2	方阵6~10	光纤环网
3	集电线路3	方阵11~15	光纤环网
4	集电线路4	方阵16~20	光纤环网

现以集电线路1为例进行说明,集电线路1由方阵中的1#~5#箱式变压器并联连接后接入35 kV高压配电柜I段母线,I段母线上总计接入4条集电线路(其余3条集电线路与集电线路1原理同,不再赘述)。图4为集电线路接入系统一次接线图。

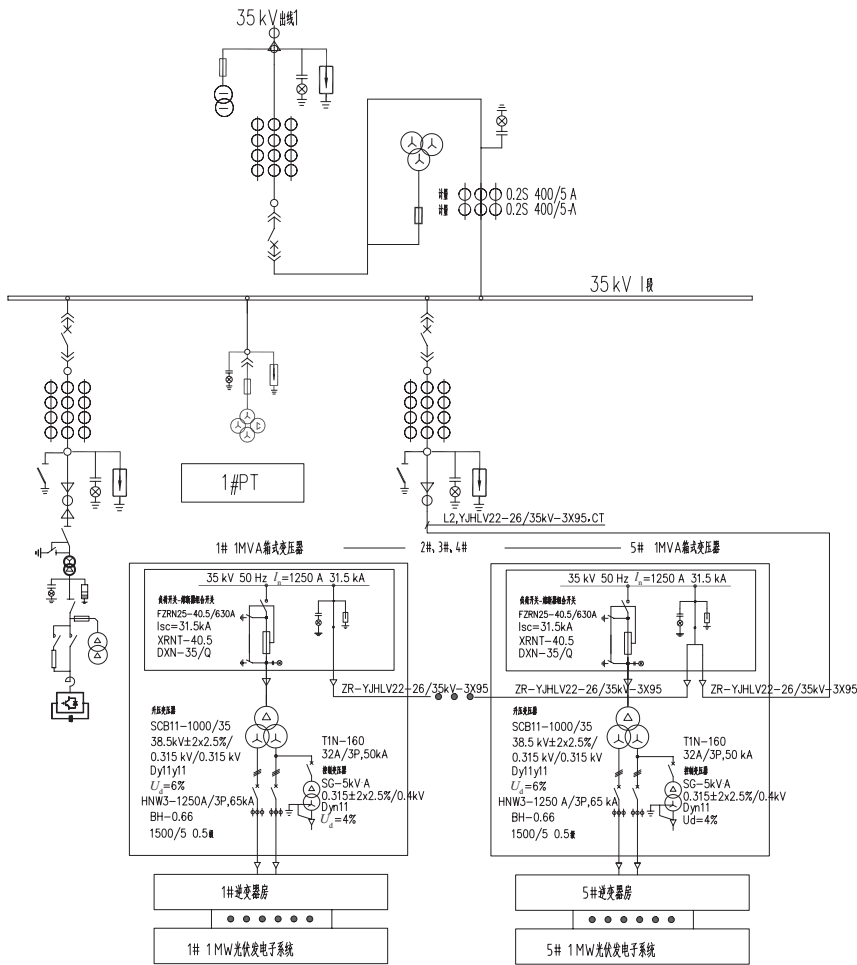


图4 集电线路接入系统主接线图

集电线路1中各通信管理机传输信息经光电转换为适合光纤传输的光信号,各光端机首尾连接形成环网,光纤首端和尾端接入开关站光交换机经光电转换后接入上位机。

2. 开关站网络组建

为提高通信的可靠性,站内通信采用双以太网冗

余结构,配置两台互为热备用以太网交换机,主机、操作员工作站、五防主机、光功率预测主站和远动服务器等分别接入两台互为热备用的以太网交换机。基于串行通信的直流通信、电度表通信等通过规约转换器(或网关)组成局域网接入以太网交换机。站内卫星授时采用GPS和北斗双星硬授时。

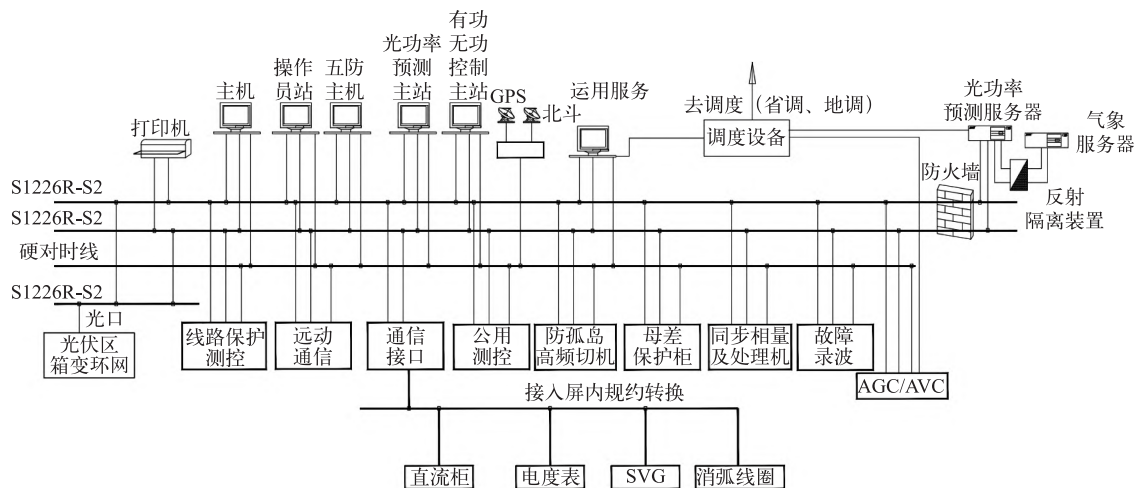


图5 站内通信组网图

结束语

分布式光伏发电的特点:①并网电压35 kV及以下;②装机容量20 MW及以下;③电能就近消纳;④建设地点集中于荒山荒漠、屋顶及“渔光互补”等。分布式光伏发电场地比较分散,通信线路比较长,信号衰减快、电磁干扰强,通信组网采用分层分布式组网方式。现场总线抗干扰能力强,传送距离及传输速率完全满足分布式光伏发电光伏场单元层数据传输。光伏场与开关站站控层的组网采用光纤环网,确保了通信的稳定性和快速性。开关站站控层则采用集中式的工业以太网组网。

本文给出的组网方案在湖南华容鼎盛2×20 MW渔光互补光伏发电项目、湖南常德鼎城4×20 MW分布式光伏发电项目等多个分布式光伏

发电通信组网中成功应用。EA

(收稿日期:2024-02-05)

参考文献

- [1] 何进,黄鑫.光伏发电在城市轨道交通的应用研究[J].电气应用,2018,37(10).
- [2] 郝长端,刘钰,陈树果.智能变电站网络通信异常的分析[J].电气技术,2016,17(9):135-138.
- [3] 张帅,常娜娜.配电自动化系统分析及改进方案[J].电气技术,2017,18(7):66-68.
- [4] 曹军.配电网嵌入式IEC61850智能规约转换网关设计[J].电气技术,2019,20(11):62-67.

