

分布式光伏电站的数据采集研究

许颖文, 陆 成

(泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

摘 要:近年来, 并网太阳能光伏电站得到了迅速发展。由于现有电网主干部分大多成形, 分布式光伏电站接入较为普遍。大量的光伏电源接入电网后, 将对配电网的电能质量产生一定的影响, 因此需要采集光伏电站的遥测、遥信数据。本文介绍了光伏电站的核心设备逆变器, 并对分布式光伏电站的数据采集进行了研究, 重点讨论了各分布式光伏电站的逆变器利用 Modbus TCP/IP 规约将数据传送到子站, 再由子站将数据转发调度的方案。

关键词:光伏电站; 分布式; 逆变器; 数据采集; Modbus

0 引言

随着并网光伏电站的迅速发展, 如何将数据采集到调度端成为一个研究课题。按照《国家电网公司光伏电站接入电网技术规定》(试行)中的相关规定: 对于大型或中型光伏电站, 电能质量数据应能够远程传送到电网企业, 保证电网企业对电能质量的监控。对于小型光伏电站, 电能质量数据应具备一年及以上的存储能力, 必要时供电网企业调用。

但是接入大量的分布式光伏电源将对配电网的电能质量造成影响, 调度人员需要实时监控光伏电站的相关信息, 进行研究分析, 以维护电网稳定运行。

1 光伏并网发电技术的发展

1.1 太阳能及其光伏产业

太阳能光伏发电是太阳能利用的一种重要形式, 是采用太阳能电池将光能转换为电能的发电方式。由于不受能源资源、原材料和应用环境的限制, 太阳能光伏发电具有广阔的发展前景, 是各国最着力发展的可再生能源技术之一。欧洲联合研究中心对光伏发电的未来发展作出如下的预测: 2020 年太阳能发电的发电量将占世界总能源需求的 1%, 2050 年占 20%, 2100 年则将超过 50%。

中国政府重视可再生能源的发展, 2007 年 8 月 31 日, 国家发改委正式发布我国《可再生能源中长期发展规划》, 明确了到 2020 年我国光伏并网发电的市场份额将达到 1200MW。在《国家电网智能化规划总报告》中, 提出实现我国电网从传统电网向高效、经济、清洁、互动的现代电网的升级和跨越,

积极促进清洁能源发展的目标。特别指出公司要深入开展风电、光伏发电监控及并网控制等关键技术研究。在国家相关政策的鼓励下, 接入公用电网(输电网或配电网)运行的光伏电站, 现在成为建设热点。

1.2 并网光伏系统介绍

光伏系统按与电力系统的关系, 一般可分为离网光伏系统和并网光伏系统。离网光伏系统不与电力系统的电网相连, 作为一种移动式电源, 主要用于给边远无电地区供电。光伏并网系统与电力系统的电网连接, 作为电力系统中的一部分, 可为电力系统提供有功和无功电能。现在, 世界光伏发电系统的主流应用方式是光伏并网发电方式, 即光伏系统通过并网逆变器与当地电网连接, 通过电网将光伏系统所发的电能进行再分配。

综合考虑不同电压等级电网的输配电容量、电能质量等技术要求, 根据光伏电站接入电网的电压等级, 可分为小型、中型或大型光伏电站。

小型光伏电站——接入电压等级为 0.4kV 低压电网的光伏电站。

中型光伏电站——接入电压等级为 10-35kV 电网的光伏电站。

大型光伏电站——接入电压等级为 66kV 及以上电网的光伏电站。

一般而言, 小于等于 1MW 的光伏发电厂多接入 0.4kV 配电网, 大于 1MW 小于等于 10MW 的光伏发电厂多接入 10kV 或 35kV 配电网, 大于 10MW 小于等于 50MW 的光伏发电厂多接入 110kV 输电网络, 大于 50MW 的光伏发电厂将接入 220kV 或以上输电网络。

在城市中的光伏并网发电系统的并网点一般在电网的配电侧（低压 400V），也称作分布式光伏发电系统，其特点如下：

- 1) 并网点在配电侧
- 2) 电流是双向的，可以从配电网取电，也可以向配电网送电；
- 3) 大部分光伏电量直接被负载消耗，自发自用；
- 4) 大部分安装在建筑物上，安装功率受建筑物面积和并网点容量的限制，从 1kW 到数百千瓦不等。

2 光伏并网逆变器控制策略

2.2 光伏并网逆变器的分类

逆变器是光伏电站内将直流电转换成交流电的设备，是并网型光伏系统能量转换与控制的核心。最大功率跟踪控制器、逆变器和控制器均属于逆变器的一部分。

根据有无隔离变压器，光伏并网逆变器可分为隔离型和非隔离型。

在隔离型逆变器并网系统中，变压器将电能转化成磁能，再将磁能转化成电能，这一过程将导致能量损耗。为了提高光伏并网系统的效率，可以采用无变压器的非隔离型光伏并网逆变器。

2.2 光伏并网逆变器的结构

图 1 为德国路斯特绿能公司的 PVmaster 450 逆变器的内部结构。

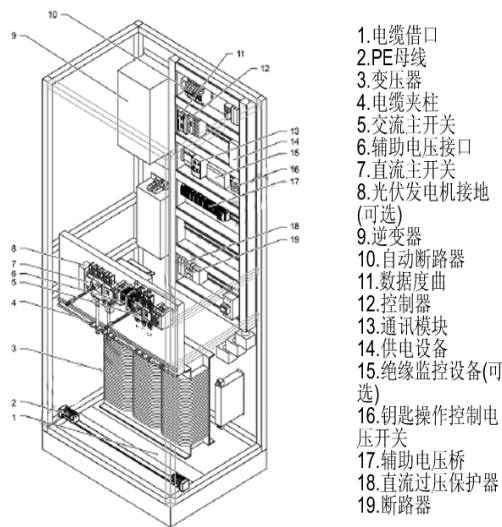


图 1 PVmaster 450 逆变器内部结构

通讯模块上有一个 RJ45 接口，可以将收集到的每个太阳能电池组件的性能信息传输到连接的网络上，用户可以通过其特定的接口程序来查看连接

的太阳能发电系统的性能。

该 RJ45 接口也支持 Modbus 规约，可以实现数据远程传输。

2.3 光伏并网逆变器控制策略介绍

并网逆变器并网控制的基本原理可概括为：首先根据并网控制给定的有功、无功功率指令以及电网电压矢量，计算出所需的输出电流矢量 I^* ；再计算出并网逆变器交流侧输出的电压矢量 U^* ，最后通过SPWM控制或SVPWM控制使并网逆变器交流侧按指令输出所需电压矢量，以此进行逆变器并网电流控制。

上述方法通过控制并网逆变器交流侧电压来间接控制输出电流矢量，因而称为间接电流控制。由于其存在明显不足，一般采用直接电流控制方案。

直接电流控制方案依据系统动态数学模型，构造了电流闭环控制系统，不仅提高了系统的动态响应速度和输出电流的波形品质，同时也降低了其对参数变化的敏感程度，提高了系统的鲁棒性。

总之，根据矢量定向和控制变量的不同，并网逆变器的控制策略可以归纳为如下 4 类：

- 1) 基于电压定向的矢量控制；
- 2) 基于电压定向的直接功率控制；
- 3) 基于虚拟磁链定向的矢量控制；
- 4) 基于虚拟磁链定向的直接功率控制。

3 分布式光伏电站数据采集

3.1 并网光伏电站接入要求

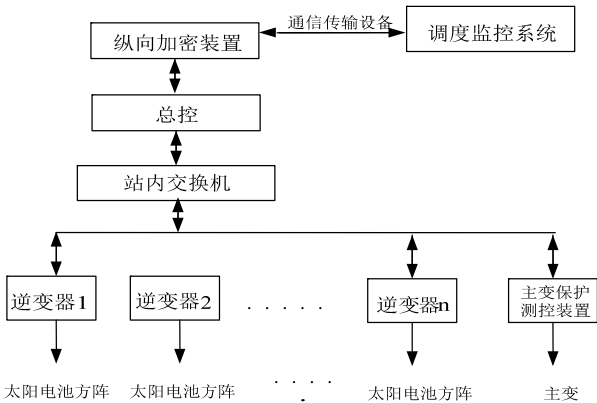


图 2 大中型光伏电站数据采集

按照相关规定，大中型光伏电站应配置远动、数据网接入等设备将光伏电站内有关远动信息传送至县调/地调，并可转发至省调。光伏电站接入 110kV 公用电网时，远动信息传输应具备主、备通道，主通道采用数据网方式，备用通道可采用另一

路数据网或点对点方式。大中型光伏电站数据采集方式如图 2 所示。

正常运行情况下,光伏电站向电网调度机构提供的信号至少应包括:

- 1) 光伏电站并网状态、辐照度;
- 2) 光伏电站有功和无功输出、发电量、功率因数;
- 3) 并网点的电压和频率、注入电力系统的电流;
- 4) 变压器分接头档位、主断路器开关状态等。

3.2 分布式光伏电站常用采集方案

我国并网光伏电站的建设尚处于试验示范阶段,由于对分布式光伏电站没有提出明确方案,造成分布式光伏电站数据上送调度中心主站没有明确规定。目前分布式光伏电站数据采集通常有三种方式:

1) 分布式光伏电站数据不上送调度,保存与逆变器的内存中。每月计量中心人员到配电房抄录上网电表数据。这种方式减少了小型光伏电站的建设成本,当光伏电站数量较少时对电网影响不大,但是一旦光伏电站得到大规模的发展后则无法监控其的发电数据、电能质量,且人员维护成本较大。

2) 按照大中型光伏电站的要求配置远动、数据网接入等设备将光伏电站内有关远动信息传送至县调/地调。这样调度可以收到所有光伏电站的数据。但是由于每个分布式光伏电站都需要增加总控、二次安防护和路由器设备,并且要建设通道线路连接至调度中心,大大增加了光伏电站的建设成本,阻碍其迅速发展。

3) 配置 DTU 等自动化终端设备将光伏电站内有关远动信息传送至配调/县调/地调。远动信息通过配网通信技术传输。但是由于很多城市并未建设配网系统,所以该方案适用性不强。

3.3 建立子站采集分布式光伏电站数据

当大量的分布式光伏电站接入电网时,可以采用建立子站系统集中采集各个分布式光伏电站数据。在光伏电站分布中心区域选中一个变电站,在变电站内配置具备数据采集功能的子站,通过光纤网络接收各分布式光伏电站的逆变器送来的协议报文,并且转换为标准 IEC104 规约转发地/县调,这样就顺利实现了不带总控单元的小型光伏电站信号的采集,如图 3 所示。

上述方案仅需要从光伏电站建设通道线路到相邻的变电站,且不需要购买总控、数据网和二次安防护设备,减少光伏电站的重复投资。调度自动化系

统前置机也仅需要和采集子站通信,而不需要和大量的光伏电站规约转换装置通信,减轻了工作量,提高了系统安全性、稳定性。

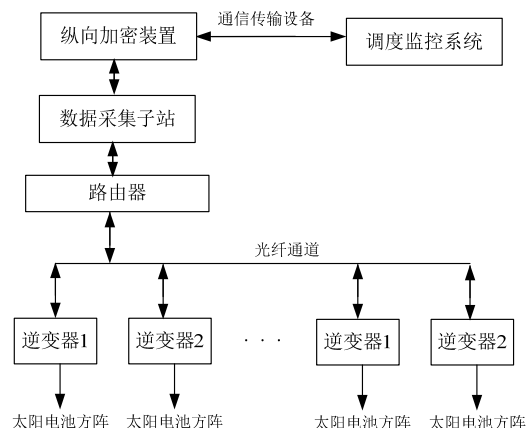


图 3 分布式光伏电站数据采集

4 Modbus TCP/IP 协议的研究和应用

在建立的采集分布式光伏电站数据的子站系统中,需要采用 Modbus TCP/IP 协议来远程采集各分布式光伏电站逆变器的信息。

4.1 Modbus TCP/IP 协议介绍

MODBUS 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言。通过此协议,控制器相互之间、控制器经由网络(例如以太网)和其它设备之间可以通信。它已经成为一种通用工业标准。有了它,不同厂商生产的控制设备可以连成工业网络,进行集中监控。

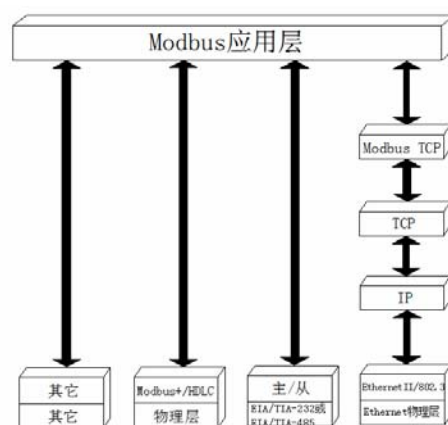


图 4 Modbus 通信线路

Modbus 协议包括 ASCII、RTU、TCP 等,并没有规定物理层。此协议定义了控制器能够认识和使用的消息结构,而不管它们是经过何种网络进行通信的。数据通讯采用 Master/Slave 方式,Master 端发出数据请求消息,Slave 端接收到正确消息后就

可以发送数据到 Master 端以响应请求；Master 端也可以直接发消息修改 Slave 端的数据，实现双向读写。（见图 4）

自 1999 年 Modicon 公布了其开发的应用在以太网上的 Modbus 协议以来,Modbus/TCP 在工业现场应用越来越广。

Modbus 和 Modbus TCP/IP 也被 IEC 61158 国际标准承认为一种现场总线，同时 Modbus 协议已经在 2004 年被采纳为中国标准。作为中国国家标准的“基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范”在描述 Modbus 应用协议的基础上，提供了 Modbus 应用协议在串行链路和 TCP/IP 上的实现指南。

4.2 Modbus 通信原理

Modbus 是一种简单的客户机/服务器型（也可以说是主/从型，客户机为主机，服务器为从机，一般从机为现场设备）应用协议，其通信遵循以下的过程：

- 1)客户端准备请求并向服务器发送请求；
- 2)服务器分析并处理客户端的请求，然后向客户端发送结果；
- 3)如果出现任何差错，服务器将返回一个异常功能码。

在无差错和异常响应下的通信过程分别如图 5、图 6 所示。

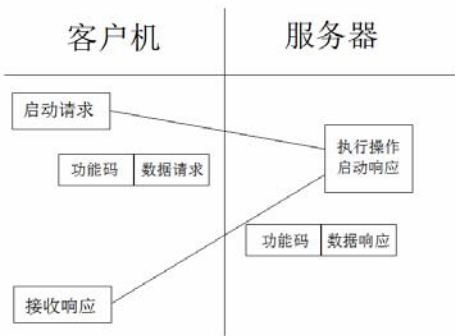


图 5 Modbus 事务处理（无差错）

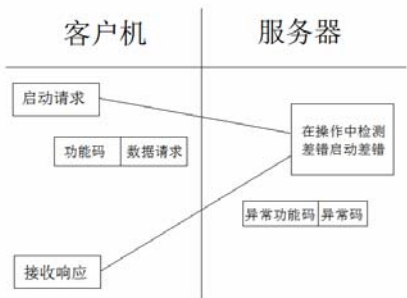


图 6 Modbus 事务处理（异常响应）

5 结论

随着分布式光伏电站数量的不断增加,高密度、多接入点的光伏电源接入配电网后，配电网发生一系列变化；原来辐射状无源配电网变为辐射状有源配电网；光伏发电功率波动和不可调度的特点加大了配电系统负荷的波动性和峰谷差；光伏逆变器产生的谐波电流将注入电网。上述问题会使光伏并网系统的电能质量变差。

为了对电能质量保持监测和控制，需要建立分布式光伏电站采集系统，将信号收集到调度端，对光伏发电并网的电能质量进行分析计算。同时也可以直接在子站系统上开发仿真计算模型，对光伏并网发电系统的电能质量问题和电网接纳光伏发电能力进行计算分析。

参考文献：

[1] 张兴,曹仁贤. 太阳能光伏并网发电及其逆变控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

[2] 国家电网公司. Q/GDW 617-2011 光伏电站接入电网技术规定[Z].北京: 国家电网公司,2011.

[3] 赵威. 基于 Modbus/RTU 协议转换器的监控器网络查询控制系统[D]. 天津: 河北工业大学,2007.

作者简介：

许颖文（1976—），女，江苏兴化人，工程师，从事电力自动化专业工作，E-mail: ywxu2004@sina.com；

陆 成（1986—），男，江苏泰州，助理工程师，从事电力自动化专业工作。