

光伏并网策略及应用研究

雷 珽, 艾 芊

(上海交通大学 电气工程系, 上海 200240)

摘 要: 光伏并网发电是发展智能电网的重要课题之一。深入研究了光伏并网的策略问题, 包括并网容量及并网点选择、并网效率、并网控制方案、保护措施等。结合国内外实际工程, 阐述了光伏并网的实际应用方案。最后对光伏并网仍需深入研究的问题作出推测, 并对未来光伏并网发展进行了展望。

关键词: 智能电网; 光伏并网; 电力系统; 最大功率点跟踪; 孤岛检测

中图分类号: TM 914.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5531(2010)02-0021-06

Photovoltaic Grid-Connected Strategy and Its Application Research

LEI Ting, AI Qian

(Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Grid-connected photovoltaic generation is an important issue for developing smart grid. The strategy problems, including grid-connected capacity and position choosing, efficiency, control scheme and protection measures were studied. The grid-connected photovoltaic practical applied program was expounded according to actual works at home and abroad. At last, a speculation on the problems of grid-connected photovoltaic generation which still need to be studied and prospects for the future development were made.

Key words: smart grid; photovoltaic grid-connected; power system; maximum power point tracking (MPPT); islanding detection

0 引 言

为提高电力系统运行的稳定水平、推进电力工业市场化的进程、科学引导电力消费理念, 国内外电力企业、研究机构和学者开展了一系列研究与实践, 借助通信和计算机技术的发展, 积极寻求新型能源发电技术, 发展可持续发电技术研究。众多国家和组织不约而同地提出要发展具有灵活、清洁、安全、经济、友好等性能的智能电网^[1]并将智能电网作为未来电网发展的远景目标之一。

为了达到智能电网对清洁能源及电网可持续发展的要求, 世界各国纷纷将目光聚焦在太阳能发电上。太阳能取之不尽、用之不竭, 能缓解能源危机和减少环境污染, 是理想的可再生能源。而且, 随着近年来光伏发电效率的不断提高和太阳

能板造价的降低, 太阳能光伏发电的应用前景空前广阔。而光伏并网发电作为太阳能发电的主要形式之一, 也受到越来越多专家学者的关注。

本文通过对光伏并网系统的介绍分析, 深入研究了光伏并网的策略问题: 并网容量及并网点选择、并网效率、并网控制方案、保护措施等。结合国内外实际工程, 阐述了光伏并网的实际应用方案。最后对光伏并网仍需深入研究的问题作出推测, 并对未来光伏并网发展进行了展望。

1 光伏并网系统

1.1 光伏并网系统简介

典型的光伏并网系统结构包括: 光伏阵列、DC-DC 变换器、逆变器和集成的继电保护装置, 如图 1 所示。变换器将光伏电池所发电能逆变成



雷 珽 (1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为智能电网、分布式发电并网及电网稳定性分析。

艾 芊 (1969—), 男, 副教授, 研究方向为电力系统辨识、电能质量、人工智能及其在电力系统中的应用、故障诊断与定位。

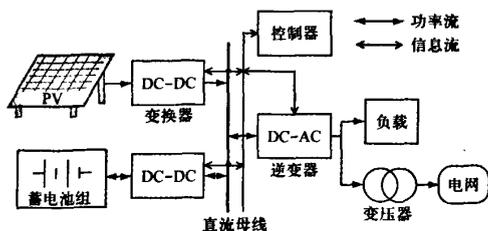


图1 光伏并网系统

正弦电流并入电网中。通过 DC-DC 升压斩波变换器,可以在变换器和逆变器之间建立直流环,升压斩波器根据电网电压的大小来提升光伏阵列的电压以达到一个合适的水平,同时 DC-DC 变换器也作为最大功率点跟踪器。控制器控制光伏电池最大功率点跟踪、控制逆变器并网电流的波形和功率,使向电网转送的功率与光伏阵列所发的最大功率电能相互平衡。逆变器用来向交流系统提供功率,继电保护系统保证光伏系统和电力网络的安全性。

此外,大型的光伏并网系统还会有蓄电池和隔离变压器。由于光伏发电量波动较大,如果全部注入电网会引起电网电能质量的恶化,蓄电池用来平衡光伏阵列发出的额外电量,同时保证光伏发电的效率和电网的稳定。隔离变压器一般用于容量 10 MW 以上的光伏电站,由于这种电站需要连接到中、高压电网,需要升压和隔离环节。

1.2 光伏并网系统的优缺点

光伏并网发电的优势有:

(1) 能源效益。特别是夏季,光伏电能在使用高峰时段创造的价值可达平时的 3~4 倍,降低电网负荷峰值和变压器温度并提高其工作容量。

(2) 分布优势。光伏系统具有小型模块化的特点,可以大量地分散安装到民居、社区和商用建筑物上,从而起到改善电网分布的作用,例如减缓了变压器、导线和电路设备升级的压力,减少了传输、配电或变压中的能耗,增加了系统稳定性。特别是在热负荷接近超载时,其分布优势更为明显,减少电网传送的电能总量,延长设备使用寿命,减少新线路的架设成本,降低变压器电流并降低其温度。

光伏并网发电的不足有:

(1) 光伏发电成本高。如果没有相关政策支持,光伏发电难以推广普及。从目前光伏发电利

用比较好的国家(日本、欧洲)看,无一不对光伏产业给予各项优惠政策和补贴。因此,成本(我国 2.1~2.4 元/kWh,德国 1.8~2.3 元/kWh,日本 2010 年预期降至 1.53 元/kWh)、市场和政策是太阳能发电产业面临的三大障碍。

(2) 光伏发电受地理位置、日照强度、光伏电池特性等因素的制约。

(3) 目前光伏器件的光电转换效率水平还比较低,为了充分发挥光伏器件的效能,光伏发电系统需要增加辅助电路,控制难度也相对增加,这也制约了光伏发电产业的发展。

(4) 整个光伏发电系统较为复杂,系统运行时存在诸多问题,如输出电能易受外部环境影响,孤岛效应检测盲区大等问题,都严重阻碍着光伏发电的发展和广泛应用。

2 光伏并网策略

传统配电网的设计往往是为了满足“单点供电,多点用电”的运行模式。光伏发电等分布式发电系统的加入,使得电网中的供电电源变得多而分散,功率潮流有可能反向(从分布式发电单元流向发电站)。对电网而言,分布式发电功率越大,其对电网的影响也逐渐增大。

对于光伏发电系统的并网要求,国际上已经有了很多的标准,如北美(IEEE 1547 + UL 1741),澳洲(AS 4777)、韩国(KEMCO)、欧洲(IEC 62109、EN 50160、EN 50438)、意大利(DK 5940)、德国(VDE 0126-1-1)、英国(G 83 + G 59)。我国的标准主要分散在一些国家标准里,也正在制订一些专用的标准^[2]。

(1) 电压偏差。光伏电站接入电网后,公共连接点的电压偏差应满足 GB/T 12325—2008《电能质量 供电电压偏差》的规定。

(2) 电压波动和闪变。光伏电站接入电网后,公共连接点处的电压波动和闪变应满足 GB/T 12326—2008《电能质量 电压波动和闪变》的规定。

(3) 电压不平衡度。光伏电站接入电网后,公共连接点的三相电压不平衡度应不超过 GB/T 15543—2008《电能质量 三相电压不平衡》规定的限值,公共连接点的负序电压不平衡度应不超过 2%,短时不得超过 4%;其中由光伏电站引起的负序电压不平衡度应不超过 1.3%,短时不超过 2.6%。

(4) 直流分量。光伏电站并网运行时,向电网馈送的直流电流分量不应超过其交流额定值的 0.5%。

2.1 容量及相应并网网点选择

根据光伏并网的容量不同,选择相应的入网点:

(1) 容量几兆至几十上百兆的光伏并网系统一般都是大型光伏电站,和普通发电站不同,光伏电站占地面积大,且需要有充足的日照时间,因此,一般选择在光照充足、土地面积充足的郊区。可连接中、高压电网(我国为 10 kV、35 kV 等)并需提供可靠隔离保护。

(2) 小于该容量但大于 10 kW 的光伏并网系统一般安装于大型企业,大型建筑群的屋顶或是建成小型的光伏电站。为了避免中性线输出电流过大,一般接入低压三相电网(我国为 400 V, 50 Hz)。

(3) 10 kW 以下的一般是户用小型光伏发电系统,通常安装在民宅和办公场所的屋顶,可直接接入低压配电侧单相电网(我国为 230 V, 50 Hz)。

考虑到光伏并网对电网谐波的影响^[3-4]:

(1) 若光伏并网总容量所占系统比例过高,将导致系统电能质量下降。因此光伏并网的系统容量越高,光伏并网总容量所占系统容量比例越低,准入功率越大,对电网谐波分布影响越小。

(2) 并网位置越接近线路末端,馈线沿线各负荷节点的电压畸变越严重;反之,越接近系统母线,对系统的谐波分布影响越小。因此,从减小谐波畸变率的角度来看,光伏并网并不适宜在馈线末端接入系统,而应选择线路接近系统母线处和馈线中间位置的组合。

2.2 光伏并网效率

光伏并网的效率主要与两个方面有关:一是光电转换效率,二是将电能按电网电能质量要求传输到电网的效率。

光伏器件的输出功率是其所受日照强度、器件内部结温的非线性函数。在外部环境稳定的情况下,光伏器件存在唯一的最大输出功率点。为获取光伏器件的最大输出功率,须在光伏器件与负载之间串联一级最大功率点跟踪^[5-7](Maximum Power Point Tracking, MPPT)电路,该电路根据光伏器件输出电压可选择升压或降压的 DC-DC 电

路。最大功率点跟踪电路的控制方法有许多,常见的有固定电压法(Constant Voltage, CV)、扰动观察法(Perturbation and Observation, P&O)、增加电导法(Incremental Conductance, INC)等。如何便捷、稳定地使光伏器件工作在最大功率点,仍是目前光伏发电系统的一个研究热点。

2.3 并网控制方案

传统的光伏电站容量很小,电网实际上还是将其当成用电设备,并不寻求对电站进行主动调度和控制,但随着光伏电站的规模越来越大(几十乃至上百 MW 级),电网必须将光伏发电站当作真正的“发电站”来对待,这就对光伏电站提出了更高的要求,不单是被动地满足电能质量要求,而是主动地对电站进行调度和管理。

一般来说,电网对光伏发电输入容量的控制模式有如下 3 种,如图 2 所示。

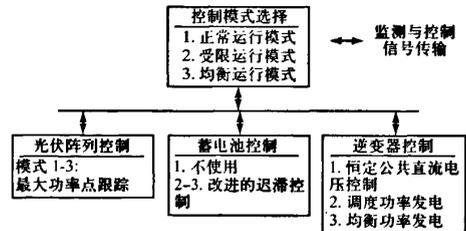


图 2 光伏并网控制策略

(1) 正常运行。光伏并网系统传输尽可能多的电能,此时光伏电池工作效率最高,发出的电能不通过蓄电池,直接经过逆变器输送给电网。

(2) 受限运行。光伏电站按照电网设置的预期输入功率运行,从而达到削峰、主动负荷控制等目的。蓄电池用于补偿光伏阵列发电和分配入网电量之间的不平衡。由于此时系统操作员可能会持续更改分配入网电量,光伏发电系统中电力波动不可避免,而蓄电池会经历反复充放电过程,控制不当将减少蓄电池寿命。文献[8]提出了改进的迟滞控制策略用于减少充电频率和电流。

(3) 均衡运行。该模式用于缓解光伏电源的电力波动,即减轻与电网在公共耦合点的电压和谐波不平衡,使其向电网传输更多高质量电能。管理系统需要增加额外的控制模块用于电力均衡值的确定,并向电网逆变器发出控制命令。而这个实时值很难估计,使用一个低通滤波器可以简

单有效地达到目的。蓄电池同样用于平衡发电和输入电能之间的不平衡。

2.4 孤岛检测

一个性能完善的光伏并网发电系统需要各种保护措施保证用户的人身安全,同时防止设备因意外而造成的损坏。由于光伏发电系统和电网并联工作,因此光伏发电系统须能及时检测出电网故障并切断其与电网的连接。如果不能及时发现电网故障,就会出现光伏发电系统仍向局部电网供电的情形,从而使本地负载仍处于供电状态,造成设备损坏和人员伤亡。这种现象被称为孤岛效应(Islanding)^[9-10]。实际工作中,孤岛效应的检测需要用软件和硬件共同配合来实现。目前孤岛检测主要分为被动式检测和主动式检测两种。

(1) 被动式检测。利用电网断电瞬间,逆变器输出功率与局部负载功率不平衡造成的逆变器输出端电压值和频率变化作为孤岛效应检测的依据。其具有检测方法简单、对系统运行无干扰等优点。但是如果在电网停电的瞬间,逆变器输出功率与局部负载功率达到平衡,该方法将失去作用。被动防孤岛效应保护方式主要有电压相位跳变、3次电压谐波变动、频率变化率等。

(2) 主动式检测。在系统工作中,对逆变器输出电流、频率或相位施加一定的扰动信号,并对其进行检测。如果电网正常,因电网的巨大平衡作用,逆变器输出不受扰动信号的影响;一旦电网出现故障,这些扰动量就会在逆变器输出端逐步累计,直至超出规定范围,从而反映出电网故障。主动防孤岛效应保护方式主要有频率偏离^[11-12]、有功功率变动、无功功率变动、电流脉冲注入引起阻抗变动等。

与被动式检测方法相比,主动式检测方法具有精度高、检测盲区(Non-Detection Zone, NDZ)小的优点。但当局部电网存在多个分布式能源系统时,主动式检测效果下降,严重时甚至无效。而且对于大型光伏电站的几个乃至数十MW的容量,进行现场孤岛测试几乎是不可能的。随着光伏发电系统的发展,局部电网中光伏发电系统数目越来越多,因此研究出一种性能可靠、检测速度快、检测盲区小的孤岛效应检测方法对确保光伏并网发电系统在电网故障时及时切断其与电的连接具有重要的意义。

3 光伏并网应用方案

从20世纪70年代地面应用开始,美国就先后制订了一系列鼓励光伏发电应用的政策,20世纪90年代初,克林顿政府曾提出百万屋顶计划以鼓励美国发展太阳能光伏发电。2009年美国新任总统奥巴马在上任时高调宣布,将在10年内投入1500亿美元支持新能源,尤其是太阳能发电。日本于1974年执行“阳光计划”,把光伏发电作为国家电力未来的重要组成部分,1994年提出朝日7年计划,1997年又宣布7万伏屋顶计划,到2010年将安装7600MW_p太阳能电池。许多其他发达国家也都有类似的光伏屋顶并网发电项目或计划。2004年底,德国率先推出《可再生能源法》,为太阳能电站并网发电提供补贴。随后,西班牙、意大利亦推出类似法案。巨额补贴使成本高昂的太阳能发电产生了利润空间,光伏产业以每年40%的速度爆炸式增长。

西班牙ACCIONA公司在葡萄牙建造的一座太阳能光伏电站2008年12月投入使用,总装机容量达46MW_p,是目前世界上最大的太阳能光伏电站。该光伏电站位于葡萄牙南部的阿马雷莱雅地区,建设总投资约为2.61亿欧元,占地面积达250Gm²,安装有2520个大型太阳能光伏电池板,每块电池板面积约为140m²,其发电能力能满足3万多户葡萄牙家庭的日常用电需求,相当于每年可以减少8.94万tCO₂排放。全球最大的屋顶太阳能面板系统位于德国南部比兹塔特(Buerstadt),面积为4万m²,每年的发电量为450万kWh。日本自1974年“阳光计划”实施以来,其市场迅速从研发转向应用阶段,并把市场推广的重点放在并网发电系统,特别是住宅屋顶系统上。不仅最大限度地利用日本完善的电网分布,且大大节省了土地的使用。从1992年开始,光伏安装容量几乎呈几何级数增长,截止1997年总容量达1928MW_p,是日本预期2010年4820MW_p的40%。日本为了达成京都议定书的CO₂减量要求,全日本普设太阳能光伏板,位于日本中部的长野县饭田市,居民在屋顶设置太阳能电池板的比率甚至达2%,堪称日本第一。

3.1 住宅光伏并网系统

(1) 分布式住宅光伏并网系统。用户光伏系

统与电网相连,没有蓄电池环节。有日照时,光伏阵列发出的电力除供给家用电器使用外,如有多余可以输入电网,由于容量小,对电网影响较小;没有或较少日照时,电网向家用电器供应全部或部分电力。这类光伏系统不仅能实现就近供电,减少线路损耗,而且由于电力随时入网或由电网供电,节省了储能环节投资。

(2) 集中住宅光伏系统。在一块小而有限的区域集中安装住宅光伏系统,并通过共同的配电网向低压母线并网。当集中住宅光伏系统容量过大,就必须限制其输出功率,以避免因逆电流引起的配电网过电压、电力供应中断时产生的孤岛运行(光伏输电和用户负荷相等的运行情况)、以及因光伏系统的功率控制系统引起的谐波电流增加。依据日本 NEDO 2002~2008 年在 Ohta 进行的一项研究“集中式光伏系统试验研究”^[13]增加蓄电池环节可以有效利用由于输出功率限制而多发的功率;增加孤岛检测系统避免孤岛运行;通过对逆变器进行脉冲宽度调制(PWM)减少输出电流的谐波。

(3) 集中能源和蓄电池管理。以日本为例,住宅光伏系统的标准容量为 3~5 kW,蓄电池使用铅酸蓄电池,容量约 9 kWh,电流可达 4 900 Ah。放电深度小于 70%,有效储能容量为 6.3 kWh。每家白天的负荷为 500 W~1 kW。如果使用 4 kW 的光伏发电系统,将剩余电量全用于蓄电池充电,那么几乎中午的时候就会充满。过剩的功率输入到电网会造成配电网电压上升以至过电压,因此,必须使蓄电池在中午时处于未充满状态,将超过负荷的一部分功率给蓄电池充电。蓄电池管理还有如下 4 个问题:

(1) 蓄电池在早晨必须维持放电状态,为中午充电作准备。

(2) 铅酸蓄电池在放电状态时会降低使用寿命。

(3) 依据配电网线路阻抗和功率流的情况,蓄电池的使用频率会改变。

(4) 在大量充放电时蓄电池会有能量损失。

为了解决这些问题,提出蓄电池-光伏系统的 4 种运行方法:

(1) 受限逆功率运行。为基本运行方式,维

持住宅与电网共同耦合点处(Point of Common Coupling, PCC)的恒功率流。

(2) 计划运行。按计划蓄电池预先恒功率充电一段时间,维持电池使用量平衡。

(3) 移峰运行。预先维持住宅 PCC 处恒定逆功率流,受负荷影响大,运行效率低。

(4) 电压控制运行。直接打破输出功率限制,仅当电压升高时激活该模式给电池充电,能量损失最少。

最理想的情况是在特定的地点安装蓄电池-光伏发电系统,并使用电压控制运行模式。该方案能控制充、放电损失和输出功率限制,最小化该光伏系统的初期投资。然而,特定地点的选择非常困难,因为配电网的阻抗值、住宅需求功率和太阳能阵列容量都会影响并网升压的程度。

3.2 大型光伏电站

据统计,截止 2007 年,全球安装大于 200 kW 的光伏电站有 880 座,其中德国 390 座,美国 225 座,西班牙 130 座。70% 是地面安装,29% 是屋顶安装,1% 与建筑、声屏障或小型应用相结合;27% 是跟踪方阵,73% 是固定安装^[10]。

(1) 抑制输出电能波动。由于大型光伏电站输出功率会剧烈波动,将极大地影响容量小或是脆弱的电网,需要采用钠硫蓄电池来平衡波动。钠硫蓄电池的比能量(即电池单位质量或单位体积所具有的有效电能)高,是铅酸电池的 3~4 倍;可实现大电流、高功率放电,其放电电流密度一般可达 200~300 mA/cm²,并瞬间可放出其 3 倍的固有能量;充放电效率高。日本 2006 年在稚内(Wakkanai)进行的大型光伏示范项目“含大型光伏发电系统的电网稳定性验证”^[13],现在建成的有 4 MW 的光伏阵列和 1.5 MW 的钠硫蓄电池,通过测试,可抑制的功率波动范围是:PV 输出侧观测到的最大为 1.7 MW;电站整体输出观测达到的最大为 0.6 MW。

(2) 计划运行模式。虽然引入了蓄电池来调节输入电网的电量,但是当超出其额度时光伏发电量仍是不可控的,为了配合水电、火电给电网供电,大型光伏电站一般采取计划运行模式。在该模式中,光伏电站次日的输出功率由当日太阳辐射量预测推得的输出功率确定。计划输出和实际输出不相等的部分由钠硫蓄电池吸收。

3.3 风光电一体化发电系统

可再生能源电源及蓄电池系统的一体化设计已经成为目前电力电子技术的新趋势。风电和光伏发电的结合就是典型的应用之一,太阳能和风电在时间上和地域上都有一定的互补性^[14],可以达到昼夜供电,降低成本的目的。风电场和光伏阵列通过直流变换器连接到共同的直流母线,方便集中监测和控制,且控制器在结构上一致,蓄电池也连接到这个直流母线,便于平衡输入电网功率的波动,共同的直流母线通过逆变器连接到负荷,最后通过变压器连接到电网。不少专家学者对该混合系统的并网控制策略进行了研究。

3.4 微网发电技术

微网是集成多个分布式发电(Distributed Generation, DG,光伏发电属于其中的一种)和负荷的独立系统,提供电能和热能。微网可以孤立运行,满足本地负荷的可靠性和安全性需要,也可以非常灵活地接入或撤离电网,从而大大提高了电网的可靠性。在并网运行时,微网和传统配电网类似,服从系统调度,可同时利用微网内 DG 发电和从大电网吸取电能,并能在自身电力充足时向大电网输送多余电能。外界大电网出现故障停电或有电力质量问题时,微网可以通过能量管理单元控制主断路器切断与外界联系,微网孤立运行,此时微网内负荷全部由 DG 供电。故障解除后,主断路器重新合上,微网重新恢复和主电网同步运行,以保证系统平稳恢复到并网运行状态。而这两种运行模式无缝转换的关键是微网与电网之间的电力电子接口,这种接口可以使分布式电源实现即插即用,同时可使微网作为一个独立的模块,尽量减少分布式电源对电网的不利影响。

4 结 语

我国是太阳能资源相当丰富的国家,绝大多数地区年平均日辐射量在 4 kWh/(m²·d) 以上,西藏最高达 7 kWh/(m²·d)。在大力发展智能电网的背景下,光伏并网发电得到了前所未有的关注。而且随着光伏器件价格的不断下降和国家对光伏产业的政策扶持,光伏发电必将会成为能源结构中的重要组成因素。通过前文的论述,目前仍需进一步研究的光伏并网问题如下:

(1) 如何选择建造大型光伏电站的合适地

点。需要综合考虑到当地的气候因素、负荷情况、以及并入电网的等级和容量问题。

(2) 继续研究并网控制方案。使其既能高效发电,缓解发电功率波动对电网的影响,又能起到在负荷高峰期(特别是夏季)削峰、主动负荷控制等目的。

(3) 继续研究光伏发电量预测技术。保证光伏电站和水电、火电等电站的配合发电,最大程度地减小由于光伏电站发电量波动对电网的影响。

最后对我国未来的光伏并网进行展望:

(1) 由于坚强智能电网的持续建设,大型光伏发电可以接入电网的位置增多,且对电网电能质量的影响减小。

(2) 全面推广光伏屋顶并网系统,缓解石化能源的损耗,减少电力设施损耗并延长其寿命,减少电网新建线路和新投设备,对用电高峰起到削峰和移峰效果。

【参 考 文 献】

- [1] LU J, XIE D, AI Q. Research on smart grid in china [C]//IEEE T&D Asia - SIEF 2009, Seoul, Korea.
- [2] 曹仁贤,赵为,陈威. 光伏发电与电网接入技术[J]. 中国电力企业管理,2009(7):28-29.
- [3] 刘杨华,吴政球,涂有庆,等. 分布式发电及其并网技术综述[J]. 电网技术,2008,32(15):71-76.
- [4] 江南,龚建荣,甘德强. 考虑谐波影响的分布式电源准入功率计算[J]. 电力系统自动化,2007,31(3):19-23.
- [5] KOIZUMI H, MIZUNO T, KAITO T, et al. A novel microcontroller for grid-connected photo-voltaic systems [J]. IEEE Transactions Industrial Electronics, 2006, 53(6):1889-1897.
- [6] ROMAN E, MIZUNO T, KAITO T, et al. Intelligent PV module for grid-connected PV systems [J]. IEEE Transactions Industrial Electronics, 2006, 53(4):1066-1073.
- [7] NOGUCHI T, TOGASHI S, NAKAMOTO R. Short-current pulse-based maximum-power-point tracking method for multiple photovoltaic-and-converter module system [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2002, 49(1):217-223.

(下转第 40 页)

2.3 MAC 帧检测实现

为了实现 MAC 帧的检测,发送节点构造并利用 RTL8019AS 连续两次发送同一以太网 MAC 帧,接收节点第一次只接收 MAC 帧并利用 RTL8019AS 接收缓冲区中的内容计算该帧所包含字节数,而不进行 MAC 帧捕捉;第二次 S3C44BOX 根据第一次计算出来的 MAC 帧总长度进行采样,而不再读取 RTL8019AS 接收缓冲区中的内容。S3C44BOX 每采样一位就将其存储在临时存储区,直至采样完毕,根据以太网数据传输规则(以太网上传输 8 bit 信息的顺序是从最左端的 8 bit 到最右端的 8 bit,但是每 8 bit 内部的传送顺序是先低位后高位)及曼彻斯特编码规则将采样数据进行曼彻斯特解码及数据还原,并将最终结果通过显示液晶进行显示,从而完成 MAC 帧的检测。

3 结 语

RTL8019AS 实现了以太网实现 MAC 层和 PHY 层的功能,在网络化嵌入式系统中有着广泛应用。设计了基于 RTL8019AS 的以太网 MAC 帧检测实验系统,详细介绍了在该系统中 RTL8019AS 如何实现以太网 MAC 的发送和接

收。实验结果表明,该系统能够检测到传输介质上传输的完整的以太网 MAC 帧,从而解决了学生不能通过直观手段学习理解完整以太网 MAC 帧的问题,可以广泛应用于以太网教学中。

【参 考 文 献】

- [1] JONES M T. TCP/IP Application Layer Protocols for Embedded System [M]. Boston: Charles River Media, 2003: 106-121.
- [2] 陈传虎. 以太网控制芯片 RTL8019AS 数据帧分析 [J]. 科技资讯, 2007(26): 93-94.
- [3] 胡健生,夏靖波. 基于 S3C44BOX 的嵌入式以太网接口设计 [J]. 电子工程师, 2008, 34(4): 47-50.
- [4] 胡晓莉,吴刚,靳世久. RTL8019AS 及其在嵌入式以太网系统中的应用 [J]. 仪器仪表学报 2005, 25(S4): 275-277.
- [5] 袁学文,庞辉,肖文华. 以太网控制器 RTL8019AS 的工作原理及应用 [J]. 电子质量, 2003(5): 108-110.
- [6] 佟为明,裴斐,李中伟. 基于 C8051F023 以太网节点及精简 TCP/IP 协议栈的设计 [J]. 仪器仪表学报, 2007(S4): 352-354.

收稿日期: 2009-08-10

(上接第 26 页)

- [8] KIM S K, JEON J H, CHO C H, *et al.* Dynamic modeling and control of a grid-connected hybrid generation system with versatile power transfer [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, 55(4): 1677-1687.
- [9] WENHAM S R. 应用光伏学 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2008.
- [10] 黄汉云. 太阳能光伏发电应用原理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [11] 袁玲, 郑建勇, 张先飞. 光伏发电并网系统孤岛检测方法的分析与改进 [J]. 电力系统自动化, 2007, 31(21): 72-75.
- [12] 刘方锐, 余蜜, 张宇, 等. 主动移频法在光伏并网

逆变器并联运行下的孤岛检测机理研究 [J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(12): 47-51.

- [13] RYOICHI H, HIROYUKI K, TAKAYUKI T, *et al.* Testing the technologies-demonstration grid-connected photovoltaic projects in Japan [J]. IEEE Power & Energy Magazine, 2009(3): 77-85.
- [14] VALENCAGA F, PULESTON P F, BATTAIOTTO P E. Power control of a solar/wind generation system without wind measurement: a passivity/sliding mode approach [J]. IEEE Transactions Energy Convers, 2003, 18(4): 501-507.

收稿日期: 2009-12-07

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

作者: [雷珽](#), [艾芊](#), [LEI Ting](#), [AI Qian](#)
作者单位: [上海交通大学, 电气工程系, 上海, 200240](#)
刊名: [低压电器](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [LOW VOLTAGE APPARATUS](#)
年, 卷(期): 2010, (2)
被引用次数: 1次

参考文献(14条)

1. [LU J. XIE D. AI Q](#) [Research on smart grid in china](#)
2. [曹仁贤, 赵为, 陈威](#) [光伏发电与电网接入技术](#) 2009(7)
3. [刘杨华, 吴政球, 涂有庆](#) [分布式发电及其并网技术综述](#) 2008(15)
4. [江南, 龚建荣, 甘德强](#) [考虑谐波影响的分布式电源准入功率计算](#) 2007(3)
5. [KOIZUMI H. MIZUNO T. KAITO T](#) [A novel microcontroller for grid-connected photo-voltaic systems](#) 2006(6)
6. [ROMAN E. MIZUNO T. KAITO T](#) [Intelligent PV module for grid-connected PV systems](#) 2006(4)
7. [NOGUCHI T. TOGASHI S. NAKAMOTO R](#) [Short-current pulse-based maximum-power-point tracking method for multiple photovoltaic-and-converter module system](#) 2002(1)
8. [KIM S K. JEON J H. CHO C H](#) [Dynamic modeling and control of a grid-connected hybrid generation system with versatile power transfer](#) 2008(4)
9. [WENHAM S R](#) [应用光伏学](#) 2008
10. [黄汉云](#) [太阳能光伏发电应用原理](#) 2009
11. [袁玲, 郑建勇, 张先飞](#) [光伏发电并网系统孤岛检测方法的分析与改进](#) 2007(21)
12. [刘方锐, 余蜜, 张宇](#) [主动移频法在光伏并网逆变器并联运行下的孤岛检测机理研究](#) 2009(12)
13. [RYOICHI H. HIROYUKI K. TAKAYUKI T](#) [Testing the technologies-demonstration grid-connected photovoltaic projects in Japan](#) 2009(3)
14. [VALENCAGA F. PULESTON P F. BATTAIOTTO P E](#) [Power control of a solar/wind generation system without wind measurement:a passivity/sliding mode approach](#) 2003(4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_dydq201002006.aspx

授权使用: 东南大学图书馆(wfndnx), 授权号: 4201f6c1-62dc-4549-ab58-9e990150eced

下载时间: 2011年3月1日