

# 独立光伏发电系统能量管理控制策略

廖志凌<sup>1</sup>, 阮新波<sup>2</sup>

(1. 江苏大学电气信息工程学院, 江苏省 镇江市 212013;

2. 南京航空航天大学自动化学院, 江苏省 南京市 210016)

## Energy Management Control Strategy for Stand-alone Photovoltaic Power System

LIAO Zhi-ling<sup>1</sup>, RUAN Xin-bo<sup>2</sup>

(1. College of Electronic and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu Province, China;

2. College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics,

Nanjing 210016, Jiangsu Province, China)

**ABSTRACT:** With serious energy crisis and environmental concern, the solar photovoltaic power has received great attention and experienced impressive progress recently. In this paper, a novel energy management strategy is proposed for a stand-alone photovoltaic power system that consists of a solar cell array powering the steady state energy, a battery compensating the dynamic energy, a uni-directional DC-DC converter, and a bi-directional DC-DC converter. Through controlling the uni-directional DC-DC converter and bi-directional DC-DC converter to operate in an appropriate modes depending on the operation states of solar cell and battery, this strategy harmonizes the work of solar cell and battery, which makes the system operate with high efficiency and good dynamic performance. Experimental results on a 500 W stand-alone photovoltaic power prototype verify the effectiveness of the proposed strategy.

**KEY WORDS:** solar cell; battery; photovoltaic power system; energy management

**摘要:** 随着能源危机和环境污染问题日益严重, 太阳能光伏发电正成为世界关注的热点。提出一种新的太阳能独立光伏发电系统能量管理控制策略。系统由太阳能电池、蓄电池、单向 DC-DC 变换器和双向 DC-DC 变换器组成, 太阳能电池提供负载稳定工作时所需要的能量, 多余或不足的能量由蓄电池来动态调节。系统能量管理的核心是根据太阳能电池

和蓄电池的工作状态, 控制单向变换器和双向变换器工作在合适的模式, 从而使太阳能电池和蓄电池协调工作, 确保供电系统高效稳定运行以及快速的动态响应。通过原理样机验证了所提的系统能量管理控制策略的有效性。

**关键词:** 太阳能电池; 蓄电池; 光伏发电系统; 能量管理

## 0 引言

随着化石能源迅速消耗, 以及由此带来的能源危机与环境污染日益加剧, 近年来世界各国都在积极寻找和开发新的、清洁的可再生能源。太阳能具有取之不尽、用之不竭等优点, 是理想的可再生能源。太阳能光伏发电能缓解能源危机和减少环境污染, 并具有广阔的应用前景<sup>[1-7]</sup>。太阳能光伏发电系统按是否与公共电网相联接, 分为独立运行和并网运行 2 种方式。独立运行的光伏发电系统是目目前太阳能光伏发电应用的非常重要的一种方式, 其应用非常广泛, 可以解决偏远山区和无电网地区的供电问题。由于太阳能电池的输出功率受太阳光强和环境温度的影响变化很大, 而且不能储存能量, 因此独立运行的光伏发电系统必须配备贮能蓄电池来储存和调节电能<sup>[8-12]</sup>。在传统的独立光伏发电系统中, 蓄电池直接与直流母线相连接, 其充放电电流不能得到有效的控制, 当负载突变时, 可能导致蓄电池的充放电电流过大, 损坏蓄电池; 因此有必要在系统直流母线和蓄电池之间插入一个 DC-DC 变换器以控制蓄电池的充放电<sup>[13-15]</sup>。

图 1 为本文所构建的一种采用太阳能作为一次能源、蓄电池作为储能单元的太阳能独立光伏发电

**基金项目:** 国家自然科学基金重点项目(50837003); 国家自然科学基金青年科学基金项目(50807024); 江苏省“六大人才高峰”项目计划(07-E-022); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目; 江苏大学高级专业人才科研启动基金项目(09JDG010)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China (50837003, 50807024).

系统, 由太阳能电池、蓄电池、单向 DC-DC 变换器和双向 DC-DC 变换器组成, 系统具有以下特点: 1) 系统结构较简单, 蓄电池充放电共用一个双向变换器来实现, 可减轻系统的重量, 同时通过双向变换器还可以控制蓄电池充放电电流, 保护蓄电池不受损坏; 2) 由于蓄电池的引入, 系统过载所需的能量可由蓄电池放电来提供, 太阳能电池的功率等级只需按照系统额定功率进行配置, 从而降低系统费用; 3) 根据系统的不同工作状态, 通过选择 2 个变换器的工作模式, 有效实现系统能量流动管理<sup>[16]</sup>。

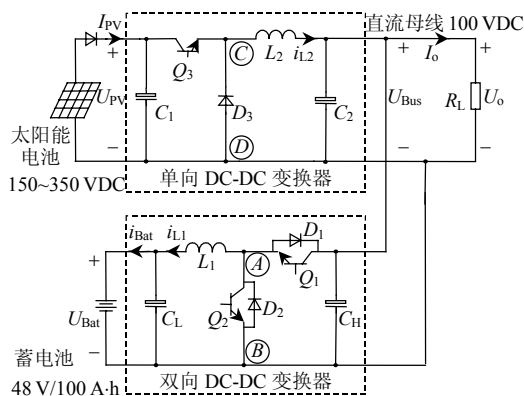


图 1 太阳能独立光伏发电系统框图  
Fig. 1 Proposed stand-alone photovoltaic system

针对系统中有太阳能电池和蓄电池 2 个能量提供装置的特点, 本文提出一种能量管理控制策略, 其核心是根据太阳能电池和蓄电池的工作状态, 控制单向变换器和双向变换器分别工作在合适的模式, 使得蓄电池和太阳能电池这 2 种电源协调工作, 保证供电系统的正常运行。实验结果验证了所提出的系统能量管理控制策略的有效性。

1 系统的工作模式与能量流动方式

图 1 中, 单向 DC-DC 变换器选用 Buck 变换器, 它把太阳能电池组件的宽范围直流输出电压(本实验系统为 150~350 VDC)转换为稳定的直流母线电压(100 VDC); 双向 DC-DC 变换器选用 Buck/Boost 双向变换器。该系统可以通过 DC-AC 逆变器接交流负载, 也可通过 DC-DC 变换器接直流负载; 如果直流母线电压与负载所需要的电压相匹配, 则可以直接外接直流负载。为简化分析, 本系统选择直流母线直接外接直流电阻负载。

通过对太阳能电池电压( $U_{PV}$ )、蓄电池电压( $U_{Bat}$ )和蓄电池充放电电流( $I_{Bat}$ )的检测, 可以将系统的工作情况划分为 5 种工作模式, 如表 1 所示。表 1 中,  $U_{PV} > U_{PV\_min}$  和  $U_{PV} \leq U_{PV\_min}$  分别表示太阳能电池有能量输出和没有能量输出的情况, 本系统设置  $U_{PV\_min} = 150\text{ V}$ ;  $I_{Bat} > 0$  和  $I_{Bat} < 0$  分别对应于蓄电池充电和放电的情况,  $I_{Bat\_max}$  是所设置的蓄电池最大充电电流, 本系统设置  $I_{Bat\_max} = 10\text{ A}$ ;  $U_{Bat\_max}$  和  $U_{Bat\_min}$  分别是设置的蓄电池过充电压和过放电压, 本系统设置  $U_{Bat\_max} = 56\text{ V}$ 、 $U_{Bat\_min} = 44\text{ V}$ 。根据表 1 所划分的 5 种工作情况, 可以对应得到系统的各种能量流动示意图, 如图 2 所示。

工作模式 I: 系统正常运行时, 单向变换器工作在最大功率点跟踪(maximum power point tracking, MPPT)模式, 双向变换器工作在 Boost 模式, 控制双向变换器高压侧的电压和反向电感电流(假设蓄电池充电时电感电流为正), 给直流母线提供稳定电压, 如图 2(a)所示。如果太阳能电池不足以提供负载所需能量, 即  $P_{pv} < P_o$  ( $P_{pv}$  为太阳能电

表 1 系统的工作模式  
Tab. 1 Operation modes of the proposed system

蓄电池电压	太阳能电池电压与蓄电池充放电电流		
	$U_{PV} \leq U_{PV\_min}$	$U_{PV} > U_{PV\_min}$	
	$I_{Bat} < 0$	$I_{Bat} < I_{Bat\_max}$	$I_{Bat} \geq I_{Bat\_max}$
$U_{Bat} \leq U_{Bat\_min}$	工作模式 IV: 单向变换器: 关机模式 双向变换器: 关机模式	工作模式 V: 单向变换器: 恒压模式 双向变换器: Buck 模式 (负载不工作)	工作模式 II: 单向变换器: 恒压模式 双向变换器: Buck 模式
$U_{Bat\_min} < U_{Bat} < U_{Bat\_max}$	工作模式 III: 单向变换器: 关机模式 双向变换器: Boost 模式	工作模式 I: 单向变换器: MPPT 模式 双向变换器: Boost 模式	工作模式 II: 单向变换器: 恒压模式 双向变换器: Buck 模式
$U_{Bat} \geq U_{Bat\_max}$	工作模式 III: 单向变换器: 关机模式 双向变换器: Boost 模式	工作模式 II: 单向变换器: 恒压模式 双向变换器: Buck 模式	工作模式 II: 单向变换器: 恒压模式 双向变换器: Buck 模式

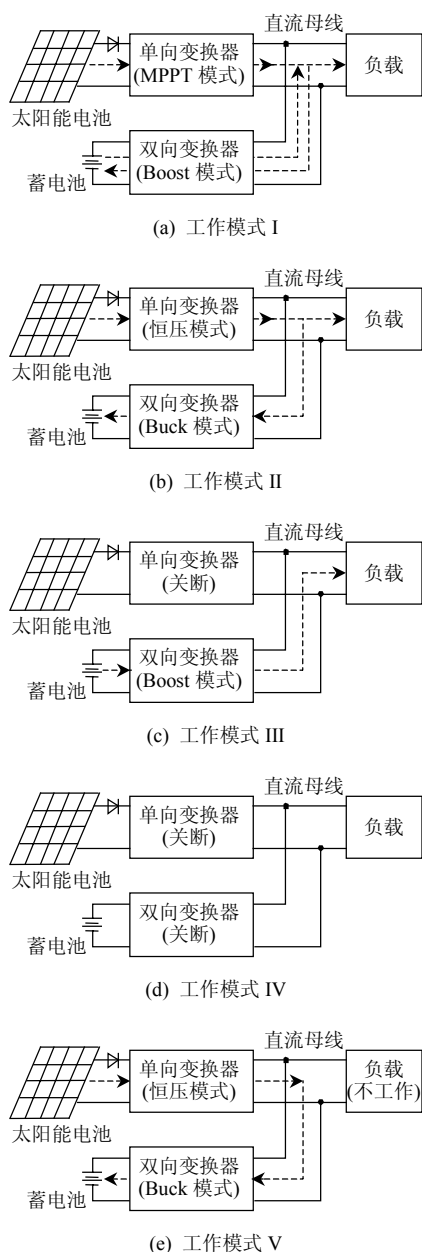


图2 系统不同工作模式下的能量流动示意图  
Fig. 2 Energy flow in different operation modes

池输出功率,  $P_o$  为负载消耗功率), 不足部分由蓄电池通过双向变换器来补充( $I_{\text{Bat}} < 0$ ); 如果太阳能电池输出能量大于负载所需能量时, 即  $P_{\text{pv}} > P_o$ , 那么多余的能量通过双向变换器给蓄电池充电( $I_{\text{Bat}} > 0$ )。由于双向变换器的功率开关管互补导通, 能量可以双向流动, 即蓄电池可以在放电与充电状态之间自然切换, 两者的区别仅是蓄电池能量流动方向相反。

工作模式 II: 在工作模式 I 中, 在蓄电池充电电压达到过充电压(56 V), 或者充电电流达到最大允许充电电流(10 A)时, 双向变换器应从 Boost 模式

改变为 Buck 模式, 控制双向变换器低压侧的电压和电感电流给蓄电池充电; 此时, 单向变换器也需从 MPPT 模式改变为恒压模式, 控制变换器的输出电压给直流母线提供稳定电压, 如图 2(b)所示。

工作模式 III: 如果在晚上或者阴雨天( $U_{\text{pv\_min}} \leq 150 \text{ V}$ ), 太阳能电池阵列无能量输出, 即  $P_{\text{pv}} = 0$  时, 单向变换器不工作, 而双向变换器工作在 Boost 模式, 控制双向变换器高压侧电压和反向电感电流, 单独提供能量给负载, 如图 2(c)所示。

工作模式 IV: 在工作模式 III 中, 如果遇到连续阴雨天的时间过长, 由于蓄电池连续给负载供电, 可能会处于过放状态; 那么当蓄电池放电电压达到其过放电压(44 V)时, 为了保护蓄电池, 双向变换器不能继续工作, 必须处于关断模式, 也即整个系统停止工作, 如图 2(d)所示。

工作模式 V: 在工作模式 I 的蓄电池放电过程中, 一旦在某个时候意外遇到一段长时间的太阳光强连续较弱的天气, 蓄电池连续放电达到过放电压而不能继续放电; 此时又由于太阳光强较弱, 太阳能电池没有足够的能量提供给负载。因此, 只能暂时让负载不工作, 而将太阳能电池可发出的少量电用于蓄电池充电。此时与工作模式 II 类似, 唯一不同的是此时负载切出不工作, 如图 2(e)所示。

## 2 系统控制电路的实现

### 2.1 系统控制电路框图

由以上分析可知, 为了实现系统能量管理, 有效控制蓄电池充放电过程, 根据系统不同的工作状态, 系统中 2 个变换器分别对应 3 种工作模式: 单向变换器可以工作在 MPPT 模式、恒压模式或者关机(shut-down, SD)模式; 双向变换器可以工作在 Boost 模式、Buck 模式或 SD 模式。这可通过系统能量管理控制电路实现。图 3 为整个系统控制电路框图, 包括双向变换器的控制电路、单向变换器的控制电路和系统能量管理控制电路 3 部分。

### 2.2 双向 DC-DC 变换器的控制电路

双向变换器可以在 Boost、Buck 或关机模式等 3 种工作状态之间自由切换, 而这受控于能量管理控制电路产生的选通信号和双向变换器的关断信号。要实现该变换器双向供电, 功率管  $Q_1$  和  $Q_2$  需要互补导通; 同时需要对双向变换器两端的电压以及电感电流进行控制, 使其可以自由地在 2 个方向分别实现稳压或限流工作。因此本文提出了一种新

的双向选通控制电路, 如图 3 所示。

要实现双向变换器在 2 个方向分别稳压或限流

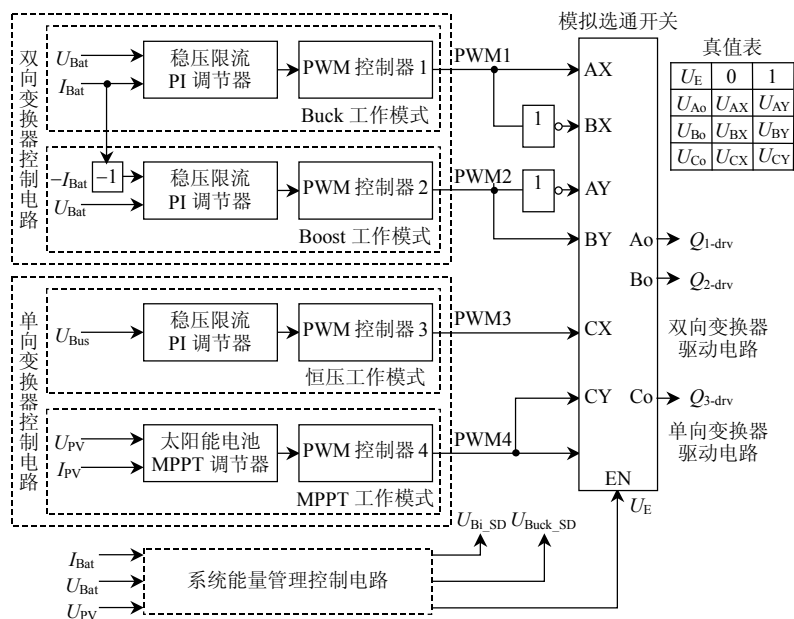


图 3 系统控制电路框图

Fig. 3 Block diagram of system control circuit

工作, 需要检测变换器两端电压  $U_{Bus}$ 、 $U_{Bat}$  以及蓄电池电流  $I_{Bat}$ 。Buck 模式的受控电压和电流分别为蓄电池电压  $U_{Bat}$  和充电电流  $I_{Bat}$ , Boost 模式的受控电压和电流分别为母线电压  $U_{Bus}$  和蓄电池放电电流 ( $-I_{Bat}$ )。Buck 模式得到 PWM1 及其互补信号, Boost 模式得到 PWM2 及其互补信号, 然后通过模拟选通开关, 由来自系统能量管理控制电路的选通信号  $U_E$  选择相应的脉冲宽度调制 (pulse width modulation, PWM) 控制信号 (PWM1 或 PWM2)。模拟选通开关的真值表如图 3 所示。

当  $U_E=0$  时, 模拟选通开关选通 PWM1 及其互补信号, 双向变换器工作在 Buck 模式, 此时  $Q_1$  为主控管,  $Q_2$  为被控管, 双向变换器通过调节  $Q_1$  的占空比来调节输出; 当  $U_E=1$  时, 选通 PWM2 及其互补信号, 双向变换器工作在 Boost 模式, 此时  $Q_2$  为主控管,  $Q_1$  为被控管, 双向变换器通过调节  $Q_2$  的占空比来调节输出。被控管与主控管互补导通, 即工作在同步整流状态。实际电路是采用 2 个 PWM 控制器 SG3525 构成具体的控制电路。

Buck 工作模式与 Boost 工作模式下双向变换器小信号模型不同, 对应的 PI 调节器需要不同的控制参数, 因此, 本控制方案分别利用 2 套独立的电压调节器和电流调节器来实现 2 个不同方向的稳压或限流控制, 有利于控制电路设计和控制参数调节。

### 2.3 单向 DC-DC 变换器的控制电路

单向 DC-DC 变换器的两端分别连接高压端太阳能电池和低压端直流母线, 其选通控制电路如图 3 所示, 图中,  $U_{PV}$  和  $U_{Bus}$  分别代表太阳能电池电压和直流母线电压,  $I_{PV}$  为太阳能电池输出电流。根据系统不同的工作状态, 单向变换器的控制电路要确保其可以自由地在 MPPT 工作模式、恒压工作模式或关机模式 3 种状态之间自由切换, 而这同样受控于能量管理控制电路所产生的选通信号  $U_E$  和单向变换器的关断信号  $U_{Buck\_SD}$ 。

当来自系统能量管理控制电路的选通信号为低电平, 即  $U_E=0$  时, 模拟选通开关选通 PWM3 信号, 单向变换器工作在恒压工作模式, 给直流母线提供稳定电压; 当  $U_E=1$  时, 模拟选通开关选通 PWM4 信号, 单向变换器工作在 MPPT 工作模式, 使太阳能电池输出最大功率。最终得到加于开关管  $Q_3$  的驱动信号  $Q_{3-dr}$ 。

### 2.4 系统能量管理控制电路

根据表 1 中的系统 5 种工作模式, 可以得出一种系统能量管理控制电路, 其功能如图 3 中的下方框图所示, 其具体电路如图 4 所示, 图中  $I_{Bat}$  和  $U_{Bat}$  分别是蓄电池的电流和电压,  $U_{PV}$  是太阳能电池的电压,  $U_E$  是单向变换器和双向变换器工作模式选通信号,  $U_{Buck\_SD}$  和  $U_{Bi\_SD}$  分别为单向变换器和双向变换器的关断信号 (设置高电平有效)。

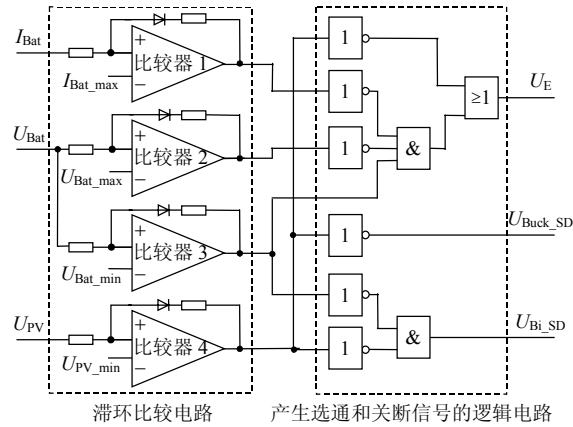


图 4 系统能量管理控制电路

Fig. 4 Energy management control circuit

1) 当  $I_{\text{Bat}} < I_{\text{Bat\_max}}$ 、 $U_{\text{Bat\_min}} < U_{\text{Bat}} < U_{\text{Bat\_max}}$  且  $U_{\text{PV}} > U_{\text{PV\_min}}$  时, 输出选通信号  $U_{\text{E}} = 1$ 、 $U_{\text{Buck\_SD}} = 0$ 、 $U_{\text{Bi\_SD}} = 0$ , 此时系统处于工作模式 I。

2) 当  $I_{\text{Bat}} \geq I_{\text{Bat\_max}}$  或  $U_{\text{Bat}} \geq U_{\text{Bat\_max}}$ , 且  $U_{\text{PV}} > U_{\text{PV\_min}}$  时, 输出选通信号  $U_{\text{E}} = 0$ 、 $U_{\text{Buck\_SD}} = 0$ 、 $U_{\text{Bi\_SD}} = 0$ , 此时系统处于工作模式 II。

3) 当  $I_{\text{Bat}} < 0$ 、 $U_{\text{Bat}} > U_{\text{Bat\_min}}$  且  $U_{\text{PV}} \leq U_{\text{PV\_min}}$  时, 输出选通信号  $U_{\text{E}} = 1$ 、 $U_{\text{Buck\_SD}} = 1$ 、 $U_{\text{Bi\_SD}} = 0$ , 此时系统处于工作模式 III。

4) 当  $I_{\text{Bat}} < 0$ 、 $U_{\text{Bat}} \leq U_{\text{Bat\_min}}$  且  $U_{\text{PV}} \leq U_{\text{PV\_min}}$  时, 输出选通信号  $U_{\text{E}} = 1$ 、 $U_{\text{Buck\_SD}} = 1$ 、 $U_{\text{Bi\_SD}} = 1$ , 此时系统处于工作模式 IV。

5) 当  $I_{\text{Bat}} < I_{\text{Bat\_max}}$ 、 $U_{\text{Bat}} \leq U_{\text{Bat\_min}}$ , 且  $U_{\text{PV}} > U_{\text{PV\_min}}$  时, 输出选通信号  $U_{\text{E}} = 0$ 、 $U_{\text{Buck\_SD}} = 0$ 、 $U_{\text{Bi\_SD}} = 0$ , 此时系统处于工作模式 V。

为避免系统在切换点高、低电平之间来回切换, 实际电路中采用了滞环比较器。

3 实验验证

为了验证本文提出的系统能量管理控制策略的正确性和有效性, 制作一台负载功率 500 W 的原理样机, 表 2 给出了实验系统各个组成部分的参数。

工作模式 I 下从半载突加到满载, 以及从满载突减到半载时  $i_o$ 、 $i_{\text{Bat}}$ 、 $u_{\text{PV}}$  和  $u_{\text{Bus}}$  的实验波形如图 5 所示: (a) 对应太阳能电池的能量不足以提供负载所需能量, 蓄电池放电时的实验结果; (b) 对应太阳能电池的能量大于负载所需能量, 蓄电池充电时的实验结果; (c) 对应蓄电池由充电到放电, 以及由放电到充电自然切换时的实验结果。可见, 由于双向变换器的功率管互补导通, 能量可以在双向变换器中自由地双向流动, 即蓄电池可以在放电与充电状态

表 2 太阳能独立光伏发电系统各组成部分参数

Tab. 2 Parameters for the photovoltaic power system

组成部分	物理量	参数
太阳能电池阵列	峰值功率	1 240 W
	输出电压	150~350 VDC
蓄电池组	额定容量	100 A·h
	额定电压	48 VDC
	过放电压	44 VDC
	过充电压	56 VDC
	均充电流	10 A
单向变换器	输入电压	150~350 VDC
	输出电压稳定值	100 VDC
双向变换器	Boost 模式稳压值	100 VDC
	Boost 模式限流值	12 A
	Buck 模式稳压值	56 VDC
	Buck 模式限流值	10 A
负载	额定功率	500 W
	额定电压	100 V

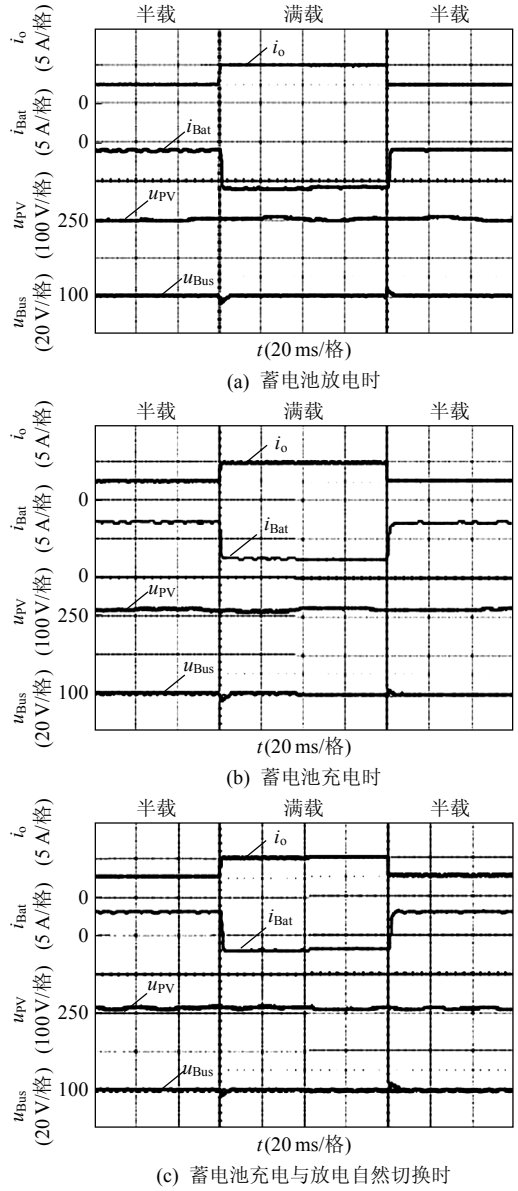


图 5 工作模式 I 的系统实验波形

Fig. 5 System waveforms of mode I

之间自然切换，系统保持正常工作。

图 6 给出了工作模式 II 下从半载突加到满载，以及从满载突减到半载时  $i_o$ 、 $u_{PV}$ 、 $u_{Bat}$  和  $u_{Bus}$  的实验波形。从图中可看出，单向变换器一直处于恒压模式， $u_{Bus}$  保持恒定；双向变换器一直处于 Buck 模式给蓄电池充电，系统正常工作。当负载从半载突加到满载时，太阳能电池阵列的电压下降，而当负载从满载突减到半载时，太阳能电池阵列的电压升高。

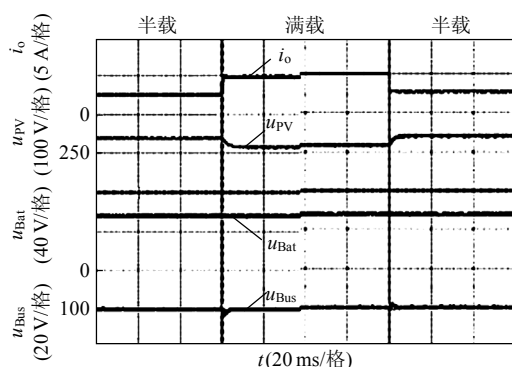


图 6 工作模式 II 的系统实验波形  
Fig. 6 System waveforms of mode II

图 7 给出了工作模式 III 下负载从半载突加到满载和从满载突减到半载时  $i_o$ 、 $i_{Bat}$ 、 $u_{Bat}$  和  $u_{Bus}$  的实验波形。从图中可以看出，当负载突变时，双向变换器一直处于 Boost 工作模式，直流母线电压  $u_{Bus}$  保持恒定，系统正常工作。

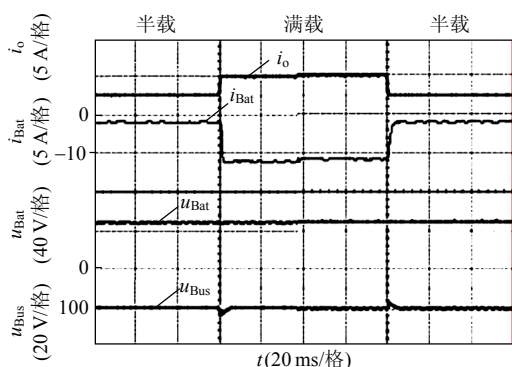


图 7 工作模式 III 的系统实验波形  
Fig. 7 System waveforms of mode III

工作模式 V 的实验波形与工作模式 II 的实验波形类似，唯一不同的是工作模式 V 下负载不工作，此处不再赘述。

从以上实验结果可以看出，系统在各种情况下均可正常工作，蓄电池的能量流向方向通过双向变换器可以自由切换，实现了整个系统的能量管理，验证了系统能量管理策略的正确性和有效性。

## 4 结论

本文提出了一种新的独立光伏发电系统能量管理控制策略，其核心是根据太阳能电池和蓄电池的工作状态，通过能量管理控制电路，给 2 个变换器发出合适的选通和关断信号，确保 2 个变换器协同工作；从而实现系统能量管理，使太阳能电池和蓄电池这 2 种电源协调工作，确保供电系统高效稳定运行以及快速的动态响应。最后通过原理样机验证了该系统能量管理控制策略的有效性。

## 参考文献

- [1] Xiao Weidong, Ozog N, Dunford W G. Topology study of photovoltaic interface for maximum power point tracking[J]. IEEE Trans. on Industrial Electronics, 2007, 54(3): 1696-1704.
- [2] 刘银, 梁超辉, 段善旭. 直流模块式建筑集成光伏系统的拓扑研究[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(20): 99-104.  
Liu Bangyin, Liang Chaohui, Duan Shanxu. Research on topology of DC-module-based building integrated photovoltaic system[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(20): 99-104(in Chinese).
- [3] ESRAM T, Kimball J W, Krein P T, et al. Dynamic maximum power point tracking of photovoltaic arrays using ripple correlation control[J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 2006, 21(5): 1282-1291.
- [4] 张国荣, 张铁良, 丁明, 等. 具有光伏并网发电功能的统一电能质量调节器仿真[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(14): 82-86.  
Zhang Guorong, Zhang Tielang, Ding Ming, et al. Simulation research on unified power quality conditioner with PV grid connected generation[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(14): 82-86(in Chinese).
- [5] 吴理博, 赵争鸣, 刘建政, 等. 单级式光伏并网逆变器系统中的最大功率点跟踪算法稳定性研究[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(6): 73-77.  
Wu Libo, Zhao Zhengming, Liu Jianzheng, et al. Research on the stability of MPPT strategy applied in single-stage grid-connected photovoltaic system[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(6): 73-77(in Chinese).
- [6] 汪海宁, 苏建徽, 丁明, 等. 光伏并网功率调节系统[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(2): 75-79.  
Wang Haining, Su Jianhui, Ding Ming, et al. Photovoltaic grid connected power conditioner system[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(2): 75-79(in Chinese).
- [7] Femia N, Petrone G, Spagnuolo G, et al. Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method[J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 2005, 20(4): 963-973.
- [8] Duryea S, Islam S, Lawrance W. A battery management system for stand-alone photovoltaic energy systems[J]. IEEE Industry Applications Magazine, 2001, 7(1): 67-72.
- [9] Salas V, Manzanar M J, Lazaro A, et al. The control strategies for photovoltaic regulators applied to stand-alone systems[C]. The 28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society,



- Sevilla, Spain, 2002.
- [10] Kobayashi K, Matsuo H, Sekine Y. An excellent operating point tracker of the solar-cell power supply system[J]. IEEE Trans. on Industrial Electronics, 2006, 53(2): 495-499.
- [11] 张超, 何湘宁. 短路电流结合扰动观察法在光伏发电最大功率点跟踪控制中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(20): 98-102.
- Zhang Chao, He Xiangning. Short-current combined with perturbation and observation maximum-power-point tracking method for photovoltaic power systems[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(20): 98-102(in Chinese).
- [12] 吴理博, 赵争鸣, 刘建政, 等. 独立光伏照明系统中的能量管理控制[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(22): 68-72.
- Wu Libo, Zhao Zhengming, Liu Jianzheng, et al. A novel energy management and control for stand-alone photovoltaic lighting system[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(22): 68-72(in Chinese).
- [13] Casadei D, Grandi G, Rossi C. Single-phase single-stage photovoltaic generation system based on a ripple correlation control maximum power point tracking[J]. IEEE Trans. on Energy Conversion, 2006, 21(2): 562-568.
- [14] Teulings W J A, Marpinard J C, Capel A, et al. A new maximum power point tracking system[C]. 24th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Seattle, USA, 1993.
- [15] Pacheco V M, Freitas L C, Vieira Jr J B, et al. A DC-DC converter adequate for alternative supply system applications[C]. Seventeenth Annual APEC, Dallas, TX, USA, 2002.
- [16] 廖志凌. 太阳能独立光伏发电系统的研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2008.
- 收稿日期: 2009-06-20.
- 作者简介:
- 廖志凌(1971—), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为功率电子变换技术和太阳能光伏利用转换技术等, liaozhilong@ujs.edu.cn;
- 阮新波(1970—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为功率电子变换技术、航空航天供电系统、新能源供电系统和电力电子系统集成。
- (责任编辑 王剑乔)



廖志凌

## 2009 电机工程国际会议成功召开



2009年7月5—9日,由中国电机工程学会主办,日本、韩国及中国香港电气工程师学会协办、中国电力科学研究院承办的“2009 电机工程国际会议(The International Conference on Electrical Engineering 2009, 简称 ICEE 2009)在中国沈阳黎明国际酒店隆重召开。中国科协副主席、中国电机工程学会理事长陆延昌出席了会议。

中国电机工程学会秘书长李若梅博士主持开幕式,中国电机工程学会常务副理事长陈峰、东北电网公司副总经理薛建伟、日本电气学会会长 Kouki Mastuse、香港工程师学会副会长陈福祥和韩国电气学会会长 Soo-hyun Baek 分别致辞。

ICEE 2009 主题是“迈向安全、可靠、可持续、智能化的电力系统(Towards A Safe, Reliable, Sustainable, Intelligent Power System)”。旨在为全世界电气工程师提供分享知识、经验和创新思维的平台。该会议得到了世界范围内电力工业界的热烈响应和支持,参会代表 300 余人,最终录用论文 309 篇。日本电气学会东京分会会长 K. Hidaka、中国电机工程学会学术工作委员会副主任委员梁曦东教授、韩国电气学会当选会长 Jong-Keun Park、香港工程师学会前任会长 Ching Chuen Chan、阿海珐公司首席科学家 David Sun 分别作了题为“关于 1100 kV 特高压技术的国际标准化”、“中国输电设施的挑战”、“韩国的需求反映计划”、“电动汽车和混合动力汽车的技术路线与产业化路线”、“迈向安全,可靠,可持续,智能化的电力系统”的主旨发言。会议共设 3 个专题研讨会,其主题分别为智能电网、可再生能源发电和分布式发电。此外,会议还组织了 19 组论文分组会议(共 155 篇)及 3 组论文张贴(共 154 篇)。出版了 2009 电机工程国际会议光盘,其中中国电力科学研究院科技工作者发表论文 19 篇。

会议期间举办了留英电机工程学者聚会,该聚会由清华大学—AREVA 研究中心主任薄志谦教授主持,陆延昌理事长,李若梅秘书长,沈阳市副市长邹大挺,清华大学校长助理、中国电机工程学会副理事长宋永华,《中国电机工程学报》编辑委员会委员吴青华博士,《中国电机工程学报》编辑部主任陈树勇博士等 100 余人参加,薄志谦教授出色的主持使聚会现场气氛热烈、轻松活泼。聚会期间,专家学者分别就各自的工作领域进行了充分的沟通与交流,拓宽视野的同时增进了彼此间的合作,使得国内外广大学者对祖国的电力事业更加信心百倍。陈树勇教授做了即兴发言,进一步拉近了广大专家学者与杂志社的距离,促进了国内外电力科研前沿的专家学者与杂志社间的文化交流,有利于今后加强合作。

