

# 基于MPPT的自适应孤岛检测算法

周 林, 郝高锋, 解 宝, 杜 潇, 邵念彬, 马 卫

(重庆大学输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆 400044)

**摘 要:** 为保证分布式光伏发电系统安全稳定运行,针对现有基于MPPT的孤岛检测方法存在检测盲区,功率损耗大等问题提出基于MPPT的自适应孤岛检测算法。该算法通过对Boost升压电路占空比 $D$ 进行周期性的扰动,实现对MPPT的扰动,进而影响光伏输出功率。占空比 $D$ 的扰动量,由并网点电压实时计算得到,可有效减小功率损耗。该算法在进行参数设计时,考虑到最恶劣条件,可消除检测盲区。根据IEEE Std.929-2000的规定,对该文所提算法进行仿真和实验研究,验证该算法的有效性。

**关键词:** 光伏发电;最大功率跟踪;孤岛检测;自适应;Boost电路;检测盲区

**中图分类号:** TM615

**文献标识码:** A

## 0 引 言

随着越来越多的分布式光伏发电系统接入电网,引起了一些新的问题,关键问题之一是如何检测孤岛效应。所谓孤岛效应是指当电网因故障事故或停电维修而中断供电时,分布式电源未能检测出停电状态并及时脱网,而形成脱离电网公司控制的局部供电系统。孤岛效应会造成重合闸失败、检修人员人身伤害、电气设备损坏<sup>[1]</sup>等后果,因此孤岛检测的研究具有重要意义。

常见的孤岛检测方法包括被动法和主动法<sup>[2-4]</sup>。被动法只需检测逆变器输出的参数,不会对电能质量和系统稳定性造成影响<sup>[5]</sup>,但此类方法阈值难以整定,检测盲区较大。主动法主要有滑模频率漂移法<sup>[6]</sup>、主动移频法<sup>[7]</sup>、有功电流扰动法<sup>[8,9]</sup>等方法。主动法可有效减小检测盲区,但需对逆变器的输出进行扰动,影响电能质量,造成功率损耗<sup>[10-12]</sup>。滑模频率漂移法和主动移频法会引入额外的谐波,且检测盲区受品质因数影响较大<sup>[13,14]</sup>。有功电流扰动法不会引入额外的谐波,且检测盲区受品质因数影响较小,但会造成光伏输出功率与逆变器输出功率间不平衡,进而影响直流母线电压的稳定<sup>[15]</sup>。文献[16]

提出基于MPPT的有功功率扰动法,该算法与滑模频率漂移法和主动移频法相比不会引入额外的谐波,且检测盲区受品质因数的影响较小,由于该算法通过减小太阳电池板输出功率来实现逆变器输出功率的降低,因此与有功电流扰动法相比,对直流母线电压的影响较小,有效弥补了有功电流扰动法的不足。但文献[16]的扰动参数设计不合理,导致功率损耗大,且存在检测盲区。

为弥补现有基于MPPT孤岛检测算法的不足,本文提出基于MPPT的自适应孤岛检测算法。通过理论分析、仿真和实验研究验证本文所提算法的正确有效性。

## 1 基于MPPT的孤岛检测算法原理

图1所示为光伏并网系统图。图中 $P_{pv}$ 、 $Q_{pv}$ 分别为光伏输出有功功率、无功功率; $P$ 、 $Q$ 分别为逆变器输出有功功率、无功功率,节点a为并网点; $S$ 为断路器; $U_g$ 为电网电压; $\Delta P$ 、 $\Delta Q$ 分别为节点a送入电网的有功功率、无功功率; $R$ 、 $L$ 、 $C$ 为等效负载; $P_{Load}$ 、 $Q_{Load}$ 分别为负载有功功率、无功功率。忽略逆变器损耗,光伏输出功率与逆变器输出功率相等,即 $P_{pv} = P$ 、 $Q_{pv} = Q$ 。

收稿日期: 2016-06-07

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51477021)

通信作者: 郝高锋(1991—),男,博士研究生,主要从事光伏并网、电能质量等方面的研究。1571181918@qq.com

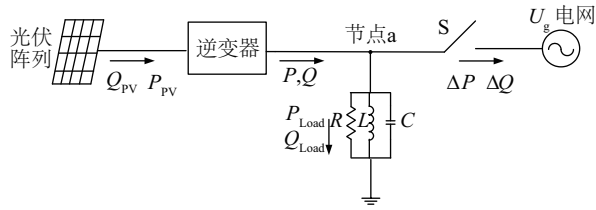


图1 光伏并网系统图

Fig. 1 Schematic diagram of the grid-connected PV system

由图1可看出,当断路器S闭合时,因电网的钳位作用并网点电压 $U_{PCC}$ 的幅值与电网电压幅值 $U_g$ 相等,当断路器S断开时,并网点电压 $U_{PCC} = \sqrt{P_{PV} R}$  ( $R$ 为负载电阻),故在孤岛状态下,对光伏输出有功功率进行适当扰动,可造成并网点电压幅值的波动,如果 $U_{PCC}$ 超出过/欠压保护阈值,即可检测出孤岛状态。目前光伏并网系统一般是单位功率因数并网,且带有最大功率跟踪系统(MPPT),工作在最大功率点处,故对MPPT进行扰动,会影响光伏输出功率,在孤岛状态下会影响并网点电压 $U_{PCC}$ 的幅值。

图2为太阳能电池输出特性曲线图。图中 $I_{PV}$ 为太阳能电池板输出电流, $I_{sc}$ 为太阳能电池板短路电流, $P_{PV}$ 为太阳能电池板输出功率, $P_m$ 为最大功率点处功率, $I_m$ 为最大功率点处电池板输出电流, $U_{PV}$ 为电池板输出电压, $U_m$ 为最大功率点处电池板输出电压, $U_{oc}$ 为电池板开路输出电压。从图2可看出,电池输出电压 $U_{PV}$ 由最大功率点处的 $U_m$ 减小时,电池输出电流 $I_{PV}$ 基本无变化,此时电池输出功率 $P_{PV}$ 与电池输出电压 $U_{PV}$ 成线性关系即 $P_{PV} = K \cdot U_{PV}$  ( $K$ 为 $P$ - $U$ 曲线的斜率)。故通过减小电池输出电压,可减小电池输出的功率。

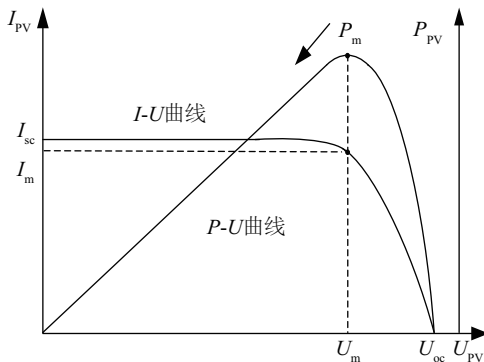


图2 太阳能电池板输出特性曲线

Fig. 2 Output characteristic curve of photovoltaic battery

光伏并网发电系统,按系统结构可分为单级式和两级式。单级式光伏并网发电系统逆变器,需同时实现最大功率跟踪(MPPT)和并网的功能,控制器设计复杂。光伏阵列输出电压幅值要满足逆变要求,需串联的太阳电池板数量较多。两级式光伏并网发电系统,首先经过DC/DC变换实现升压和MPPT功能,然后经过DC/AC变换实现并网。DC/DC和DC/AC两级变换可独立控制,控制器设计简单。DC/DC变换可实现升压功能,故无需通过增加串联电池板数量提高光伏阵列输出电压。

分布式光伏发电系统一般功率比较小,串联的电池板数量有限,很难达到电网电压的2倍的 $\sqrt{2}$ ,故需先进行升压才能实现DC/AC变换,所以分布式光伏发电系统多采用两级式结构。其中前级DC/DC变换电路多采用Boost升压电路,实现升压及最大功率跟踪功能。因直流母线电压是稳定的,如式(1)所示,通过增大Boost升压电路的占空比 $D$ ,可减小光伏输出电压,进而减小光伏输出功率。

$$\frac{1}{1-D} \times U_{PV} = U_T \quad (1)$$

式中, $D$ ——Boost电路占空比; $U_T$ ——直流母线电压。

本文提出的算法通过对Boost升压电路的占空比 $D$ 进行周期性的扰动,实现对MPPT的周期性扰动,在电网断电时影响并网点的电压,使其超出过/欠压保护阈值,从而检测出孤岛状态。

## 2 基于MPPT的自适应孤岛检测算法原理

IEEE Std.92-2000规定,孤岛发生后的并网点电压 $U_{PCC0}$ 满足 $0.88U_N \leq U_{PCC0} \leq 1.1U_N$  ( $U_N$ 为电网额定电压有效值)时,需在2s之内检测出孤岛状态。分布式光伏并网系统,多数时间工作在正常状态,故扰动周期越长越好。扰动周期越长单位时间内造成的功率损耗越小,同时为了满足2s之内检测出孤岛状态的要求,本文设置的扰动周期为2s,每周周期扰动时间持续两个工频周期。

光伏并网系统一般工作在最大功率点处,对MPPT的扰动只能减小光伏输出功率,故在孤岛状态下,对MPPT进行扰动只能减小并网点电压 $U_{PCC}$ 的幅值。因此孤岛发生后,并网点电压幅值满足

$0.88U_N \leq U_{PCC0} \leq 1.1U_N$  时, 最难检测的情况为  $U_{PCC0} = 1.1U_N$ , 为确保不漏检, 每次都需按照最难检测的情况进行扰动, 这样会造成损耗功率较大, 因此本文提出基于 MPPT 的自适应孤岛检测算法, 具体过程为:

1) 孤岛发生后, 若并网点电压  $U_{PCC0}$  幅值和频率, 满足①、②、③这 3 个条件中的 1 个, 即可根据过欠压和过欠频确定为孤岛状态, 3 个条件为: ①  $U_{PCC0} < 0.88U_N$ ; ②  $U_{PCC0} > 1.1U_N$ ; ③  $0.5 \text{ Hz} < |f - f_s|$  ( $f$  为并网点电压频率)。

2) 如果发生孤岛, 并网点电压  $U_{PCC0}$  满足  $0.88U_N \leq U_{PCC0} \leq 1.1U_N$ , 则必须对 MPPT 进行扰动才能检测出孤岛状态。

孤岛发生后负载功率  $P_{Load}$  满足:

$$P_{Load} = P_m = \frac{U_{PCC0}^2}{R} \quad (2)$$

$$P_m = K \cdot U_m \quad (3)$$

扰动之后负载功率需满足:

$$P_{Load1} = P_{PV} < \frac{(0.88U_N)^2}{R} \quad (4)$$

$$P_{PV} = K \cdot U_{PV} \quad (5)$$

Boost 电路扰动前后的占空比  $D$ 、 $D_1$  满足:

$$\frac{1}{1-D} \times U_m = U_T \quad (6)$$

$$\frac{1}{1-D_1} \times U_{PV} = U_T \quad (7)$$

由式(2)~式(7)可得:

$$D_1 > 1 - 0.77 \cdot (1-D) \cdot \frac{U_N^2}{U_{PCC0}^2} \quad (8)$$

为了保证不漏检, 取  $D_1$  为:

$$D_1 = 1 - 0.76 \cdot (1-D) \cdot \frac{U_N^2}{U_{PCC0}^2} \quad (9)$$

由于扰动周期为 2 s, 每周期扰动持续时间为 2 个工频周期, 扰动前无法判定孤岛是否发生, 故实际计算时, 式(9)中  $U_{PCC0}$  取为  $U_{100n-2}$  ( $n$  为正整数), 则  $D_1$  也可表示为式(10):

$$D_1 = 1 - 0.76 \cdot (1-D) \cdot \frac{U_N^2}{U_{100n-2}^2} \quad (10)$$

在辐照度和温度不发生突变的情况下, 本文所提算法对输出功率的影响如式(11)所示。

$$P_{PV} = 0.98P_m + 0.02P_{PV} = 0.98KU_m + 0.02KU_{PV} \quad (11)$$

把式(6)、式(7)、式(10)代入式(11)得:

$$P_{PV} = 0.98P_m + 0.02 \times 0.76 \times \frac{U_N^2}{U_{100n-2}^2} P_m \geq 0.98P_m + 0.02 \times 0.76 \times \left(\frac{1}{1.1}\right)^2 = 0.993P_m \quad (12)$$

如式(12)所示本文所提孤岛检测算法造成的功率损耗不超过 0.8%。综上所述, 经过扰动, 孤岛状态下并网点电压幅值会降到  $0.88U_N$  以下, 超出了过/欠压保护阈值, 无检测盲区。算法流程图如图 3 所示。

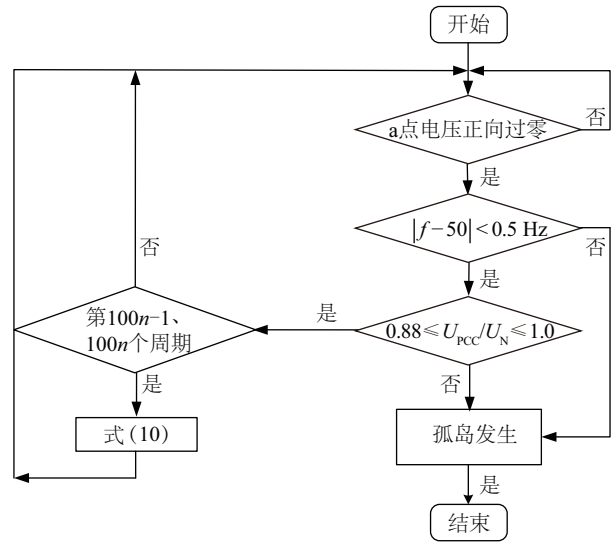


图3 孤岛检测算法流程图

Fig. 3 Flow chart of islanding detection method

### 3 仿真实验

为验证本算法的正确性和有效性, 利用 Matlab/Simulink 对基于 MPPT 的自适应孤岛检测算法, 在三相并网逆变器上进行仿真验证。仿真参数设置为: 电网相电压峰值为 311 V, 频率为 50 Hz; 直流母线电压为 800 V; 滤波电路 LCL 参数为: 逆变器侧滤波电感  $L_r = 3.5 \text{ mH}$ 、滤波电容  $C_f = 4.5 \mu\text{F}$ 、网侧滤波电感  $L_s = 0.5 \text{ mH}$ ; 开关管频率  $f_{sw} = 10 \text{ kHz}$ 。为充分说明问题, 本文对  $R = R_m$  即  $U_{PCC0} = U_N$ 、 $R = 1.21R_m$  即  $U_{PCC0} = 1.1U_N$  这 2 种工况分别进行仿真。根据 IEEE Std.92-2000 的推荐 RLC 负载谐振频率为 50 Hz、品质因数  $Q_f = 2.5$ , 2 种工况对应的 RLC 负载参数分别为  $R = 37.2 \Omega$ 、 $C = 213.9 \mu\text{F}$ 、 $L = 47.4 \text{ mH}$ ;  $R = 45 \Omega$ 、 $C = 176.8 \mu\text{F}$ 、 $L = 57.3 \text{ mH}$ , 孤岛发生时刻为 1.5 s。本文所提出的孤岛检测算法, 扰动周为 2 s, 每个周期对 MPPT 实施连续的 2 个工频周期扰动。因在三

相平衡条件下,三相电压电流波形相同,故本文只给出 a 相电压电流波形。

图 4 为正常情况下扰动结果。从图 4 可看出,正常情况下对 Boost 电路的占空比  $D$  进行扰动时,占空比  $D$  增加,光伏输出电压  $U_{PV}$  减小,光伏输出电流  $I_{PV}$  不变,并网点电压  $U_{PCC}$  因电网的钳位作用也没有变化,而逆变器输出 a 相电流  $I_a$  减小。这些参数的变化和理论分析相符,即通过对 Boost 电路占空比  $D$  的扰动,可实现对 MPPT 的扰动,减小光伏输出有功功率。

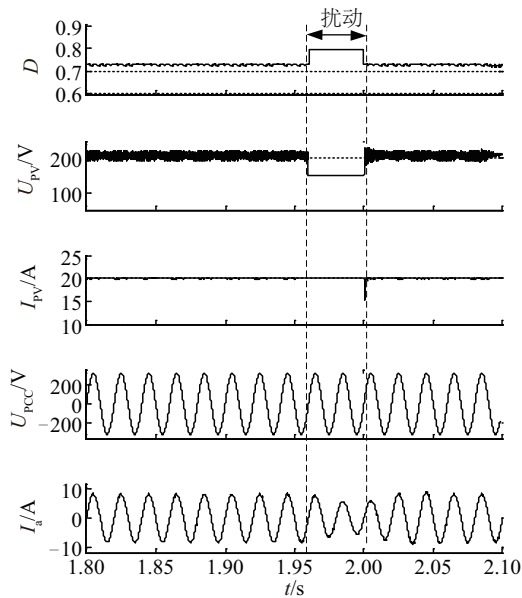
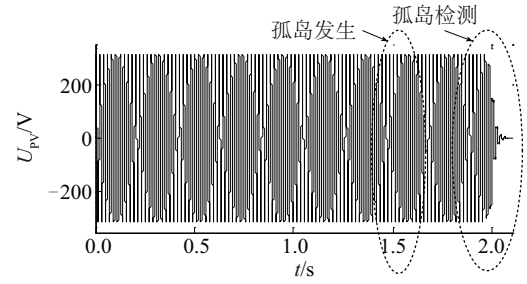


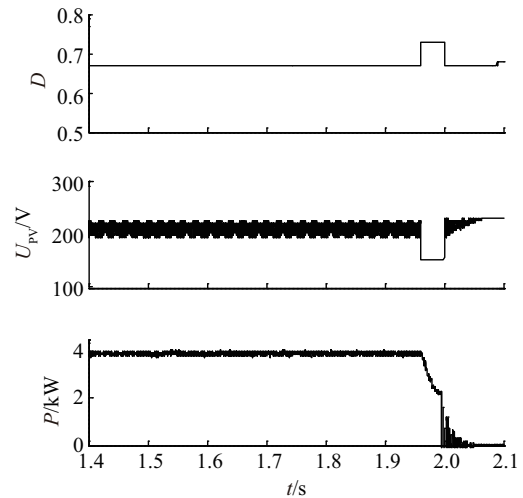
图 4 正常情况下扰动结果

Fig. 4 Disturbance result under normal condition

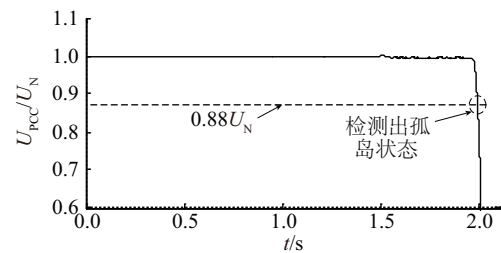
$U_{PCC0} = U_N$  即  $R = R_m$  ( $R_m$  为逆变器输出有功功率与负载有功功率平衡时的负载电阻)情况下的仿真结果如图 5 所示。从图 5a、图 5c 可看出 1.5 s 孤岛发生后,由于光伏输出功率  $P_{PV} = P_{Load}$ ,网点电压  $U_{PCC}$  幅值无变化。由图 5a、图 5d 可看出,因 RLC 负载的谐振频率为 50 Hz,并网点电压的频率也无明显变化,即并网点电压的幅值和频率都在正常范围内,系统处于孤岛状态运行,对 MPPT 进行扰动才能检测出孤岛状态。从图 5b、图 5c 可看出 1.96 s 对 MPPT 进行扰动后,Boost 电路占空比  $D$  增大,光伏阵列输出电压减小,逆变器输出功率减小,进而导致并网点电压幅值  $U_{PCC}$  迅速减小,1.995 s 并网点电压幅值减小到  $0.88U_N$  以下,即检测出孤岛状态,仅耗时 35 ms。



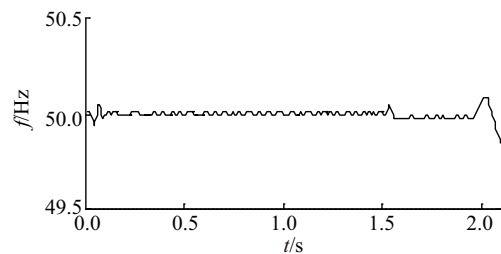
a. 并网点电压波形图



b. 占空比  $D$ 、光伏输出电压  $U_{PV}$ 、逆变器输出功率  $P$



c.  $U_{PCC}$  与  $U_N$  的比值



d. 并网点电压频率  $f$

图 5  $R = R_m$  时仿真结果

Fig. 5 Simulation results with  $R = R_m$

$U_{PCC0} = 1.1U_N$  即  $R = 1.21R_m$  情况下的仿真结果如图 6 所示。从图 6a、图 6b、图 6e 可看出,1.5 s 孤岛发生后,因  $R = 1.21R_m$ ,网点电压  $U_{PCC}$  幅值增大,



$U_{pcc} \approx 1.1U_N$ 。因储能元件的存在,图 6b 中逆变器输出功率  $P$  的变化滞后于占空比  $D$  的变化。从图 6a、图 6c 可看出因 RLC 负载的谐振频率为 50 Hz,

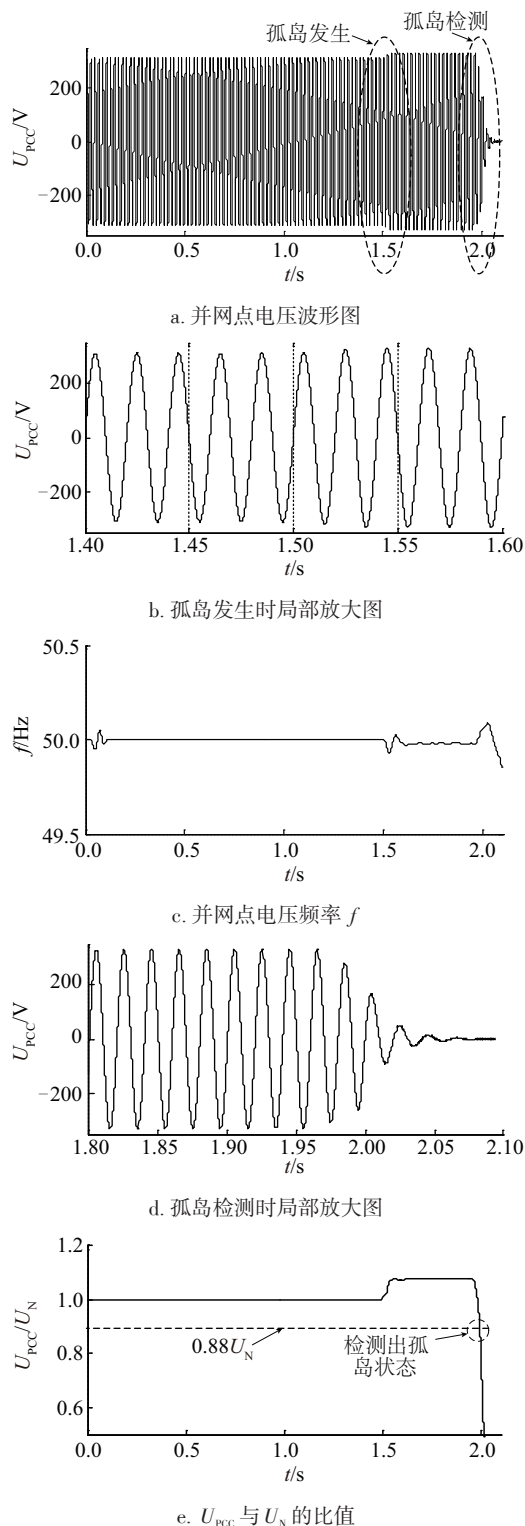


图6  $R=1.21R_m$  时仿真结果

Fig. 6 Simulation results with  $R=1.21R_m$

并网点电压频率无明显变化。并网点电压的幅值和频率都在正常范围内,系统处于孤岛状态运行,对 MPPT 进行扰动才能检测出孤岛状态。从图 6d、图 6e 可看出,1.96 s 对 MPPT 进行扰动后,并网点电压幅值  $U_{pcc}$  迅速减小,1.995 s 并网点电压幅值减小到  $0.88U_N$  以下,即检测出孤岛状态,仅耗时 35 ms。

## 4 实验验证

为进一步验证理论分析的正确性,本文搭建了图 7 所示的实验平台。图中  $v_{dc}$  为直流母线电压、 $i_c$  为滤波电容电流、 $v_s$  为电网电压、 $i_s$  为并网电流。

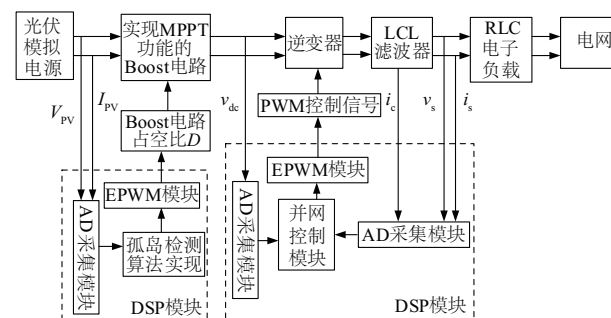
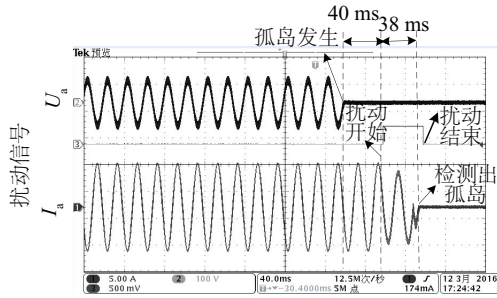


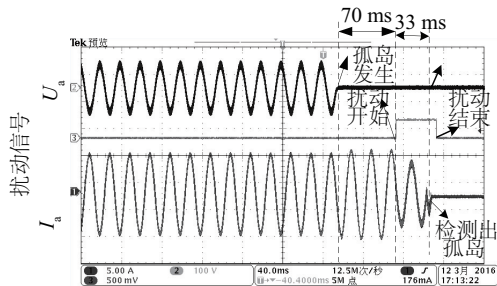
图7 实验平台示意图

Fig. 7 Schematic diagram of experimental platform

图 7 光伏模拟电源采用深圳市菊水皇家科技有限公司的 AGP1000 系列光伏模拟电源,控制芯片采用 TI 公司的 TMS320F28335 型号 DSP (digital signal processing),三相并联 RLC 负载采用 chroma63802 电子负载。负载品质因数  $Q_f=2.5$ , 谐振频率为 50 Hz,与仿真相一致,负载载分为 2 种工况:  $R=R_m$  即  $U_{pcc0}=U_{N1}$  ( $U_{N1}$  为实验中并网点电压额定值)、 $R=1.21R_m$  即  $U_{pcc0}=1.1U_{N1}$ , 2 种工况对应的 RLC 负载参数分别为  $1R=15.1\Omega$ 、 $C=526.2\mu F$ 、 $L=19.3mH$ ;  $2R=18.3\Omega$ 、 $C=434.9\mu F$ 、 $L=23.3mH$ , 电网相电压峰值为 100 V, 频率为 50 Hz。实验波形如图 8、图 9 所示,因占空比  $D$  的扰动情况与电压、电流无法在同一时间尺度下表示,故本文用扰动信号代替占空比  $D$  的变化,当扰动信号为 1 时表示扰动开始,扰动信号为零时表示扰动结束。 $I_a$  表示逆变器输出 a 相电流,  $U_a$  表示电网 a 相电压。

图8  $R=R_m$  时实验结果Fig. 8 Experimental result with  $R=R_m$ 

从图8可看出,  $R=R_m$  时, 孤岛发生后因光伏阵列输出功率与负载功率相等, 负载电流无变化, 且负载电阻不变, 所以并网点电压的幅值无明显变化, 又因RLC负载的谐振频率为50 Hz, 故并网点电压的幅值和频率都在正常范围内, 光伏发电系统处于孤岛状态运行。孤岛发生后40 ms, 开始对MPPT进行扰动, 38 ms后检测出了孤岛状态。

图9  $R=1.21R_m$  时实验结果Fig. 9 Experimental result with  $R=1.21R_m$ 

从图9可看出,  $R=1.21R_m$  时, 孤岛发生后因光伏输出功率大于负载功率, 负载电流增大化, 负载电阻不变的情况下, 并网点电压的幅值增大, 但仍在正常范围内, 因本地模拟负载RLC负载的谐振频率为50 Hz, 并网点电压频率无变化, 故光伏发电系统处于孤岛状态运行。孤岛发生后70 ms, 开始对MPPT进行扰动, 33 ms后检测出孤岛状态。

图8代表一般负载条件下的实验结果, 图9代表本文算法在负载最苛刻条件下的实验结果。从图8、图9可看出, 2种工况下, 本文所提算法都能迅速检测孤岛状态。实验结果与理论分析、仿真结果相符, 验证了本文所提算法的正确性和有效性。

## 5 结 论

本文所提基于MPPT的自适应算法, 根据扰动开始前并网点电压幅值  $U_{100m-2}$ , 确定对Boost升压电路占空比  $D$  的扰动量, 通过对占空比  $D$  的扰动, 实现对MPPT以及光伏输出有功功率的扰动, 当孤岛发生后影响并网点电压幅值, 使其偏离正常范围, 进而检测出孤岛状态。本文所提出的算法与基于频率的孤岛检测算法相比不会引入额外的谐波; 克服了现有基于MPPT的孤岛检测算法存在检测扇区较大的缺点, 对占空比  $D$  进行自适应扰动, 减小了功率损耗。在IEEE Std.92-2000规定的最恶劣条件下进行了仿真和实验, 验证了本文所提出算法的有效性。

### [参考文献]

- [1] 谢东, 张兴, 曹仁贤. 基于小波变换与神经网络的孤岛检测技术[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(4): 537—544.
- [1] Xie Dong, Zhang Xing, Cao Renxian. Islanding detection based on wavelet transform and neural network [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(4): 537—544.
- [2] 程启明, 王映斐, 程伊曼, 等. 分布式发电并网系统中孤岛检测方法的综述研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(6): 147—154.
- [2] Cheng Qiming, Wang Yingfei, Cheng Yiman, et al. Overview study on islanding detecting methods for distributed generation grid-connected system [J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(6): 147—154.
- [3] Ye Z, Kolwalkar A, Zhang Y, et al. Evaluation of anti-islanding schemes based on no detection zone concept [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2004, 19(5): 1171—1176.
- [4] Lopes L A C, Sun Huili. Performance assessment of active frequency drifting islanding detection methods [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2006, 21(1): 171—80.
- [5] 方小妹, 宋树祥, 蒋品群, 等. 基于模糊控制的新型主动移相式孤岛检测方法[J]. 电力系统保护与控制,

- 2014, 42(20): 19—24.
- [5] Fang Xiaomei, Song Shuxiang, Jiang Pinqun, et al. A novel active phase-shifting islanding detection method based on fuzzy control[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(20): 19—24.
- [6] 刘芙蓉, 王 辉, 康 勇, 等. 滑模频率偏移法的孤岛检测盲区分析[J]. 电工技术学报, 2009, 24(2): 178—182.
- [7] Liu Furong, Wang Hui, Kang Yong, et al. Non-detection zone of slip-mode frequency shift method[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(2): 178—182.
- [7] 刘芙蓉, 康 勇, 王 辉, 等. 主动式移相式孤岛检测的一种改进的算法[J]. 电工技术学报, 2010, 25(3): 172—176.
- [7] Liu Furong, Kang Yong, Wang Hui, et al. An improved active phase method for islanding detection[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(3): 172—176.
- [8] 杨秋霞, 赵清林, 郭小强. 三相光伏并网逆变器电流扰动孤岛检测建模及分析[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(4): 45—49.
- [8] Yang Qiuxia, Zhao Qinglin, Guo Xiaoqiang. Modeling and analysis of current-disturbance based islanding detection for three-phase photovoltaic grid-connected inverters[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(4): 45—49.
- [9] Zeineldin H H, Kirtley J L. A simple technique for islanding detection with negligible non detection zone[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2009, 24(2): 779—786.
- [10] 高金辉, 程 静, 杨海波. 光伏并网逆变器复合式孤岛检测方法[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(11): 122—126.
- [10] Gao Jinhui, Cheng Jing, Yang Haibo. Composite islanding detection method of photovoltaic grid-connected inverter[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(11): 122—126.
- [11] 贺 超, 王 冕, 陈国柱. 基于下垂控制的孤岛检测方法及其改进策略[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(6): 87—92.
- [11] He Chao, Wang Mian, Chen Guozhu. Islanding detection based on droop control and its improvement strategy[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(6): 87—92.
- [12] 李 军, 黄学良, 陈小虎, 等. 基于分压器原理的孤岛检测技术在微电网中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(34): 15—21.
- [12] Li Jun, Huang Xueliang, Chen Xiaohu, et al. Islanding detection method based on voltage divider for micro grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2010, 30(34): 15—21.
- [13] 杨 滔, 王鹿军, 张 冲, 等. 基于无功电流-频率正反馈的孤岛检测方法[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(14): 193—199.
- [13] Yang Tao, Wang Lujun, Zhang Chong, et al. A novel islanding detection method based on positive feedback between reactive current and frequency[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(14): 193—199.
- [14] Kim Jae Hyung, Kim Jun Gu, Ji Young Hyok, et al. An islanding detection method for a grid-connected system based on the goertzel algorithm[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26(4): 1049—1055.
- [15] 唐 伟, 武建文, 李 鹏, 等. 考虑电网内阻影响的孤岛检测研究[J]. 电工技术学报, 2014, 29(1): 399—407.
- [15] Tang Wei, Wu Jianwen, Li Peng, et al. Research on islanding detection considering the effect of grid impedance[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(1): 399—407.
- [16] 代 璐. 光伏并网发电系统中孤岛检测方法研[D]. 重庆: 重庆大学, 2011.
- [16] Dai Lu. Research on system islanding detection methods in grid-connected photovoltaic power system[D]. Chongqing: Chongqing University, 2011.

## AN ADAPTIVE ISLANDING DETECTION METHOD BASED ON MPPT

Zhou Lin, Hao Gaofeng, Xie Bao, Du Xiao, Shao Nianbin, Ma Wei

(State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University,  
Chongqing 400044, China)

**Abstract:** For distributed PV power system security and stability, in view of existing islanding detection method based on MPPT exist non-detection zone, power consumption and other issues, an adaptive islanding detection method based on MPPT is proposed. The algorithm based on the periodic disturbance of duty ratio  $D$  of Boost circuit, to achieve disturbance of MPPT, thereby affecting the output power of PV. The disturbance of the duty ratio  $D$  is calculated by the real time public point voltage, which can effectively reduce the power loss. When the parameters are designed, the worst condition is considered, achieve without non-detection zone. According to IEEE Std.929-2000, the simulation and experiment results show that the proposed algorithm is correct and effective.

**Keywords:** solar power generation; maximum power point tracking; islanding detection; adaptive; Boost circuit; non-detection zone