

文章编号:0254-0096(2019)02-0556-07

基于综合阻抗的孤岛检测新方法

高淑萍¹, 汪凯昌¹, 贲保记², 宋国兵³, 罗娟¹

(1. 西安科技大学电气与控制工程学院, 西安 710054; 2. 西安西瑞控制技术有限公司, 西安 710018;
3. 西安交通大学电气工程学院, 西安 710049)

摘要:以单极式光伏逆变器并网系统为研究对象,将阻抗的概念进行扩展,提出一种基于公共耦合点(PCC)综合阻抗的被动孤岛检测方法,利用快速傅里叶变换提取出电压、电流的实时信号,通过识别PCC处综合阻抗的变化状态,来区分正常、孤岛现象。仿真结果表明:所提孤岛检测方法能快速、有效地检测出孤岛,且不会影响逆变器输出电能质量。

关键词:光伏发电; 孤岛检测; 综合阻抗; 故障分量

中图分类号: TM76

文献标识码: A

0 引言

随着能源危机和环境污染问题的日益严重,开发利用各种可再生能源逐渐受到重视。太阳能作为清洁能源的一种,其并网发电是太阳能光伏利用的主要发展趋势。光伏并网发电系统通过光伏并网逆变器将直流电转换为交流电,再接入电网系统,但在并网过程中会对电力系统产生较大影响。孤岛效应是指在并网系统中,当电网系统由于电气故障、停电检修或其他人为因素中断供电时,各分布式发电系统未检测到停电状态将自身切离而继续供电,与周围负荷形成电力公司不可控制的自给供电孤岛的现象^[1]。如果不能及时检测故障并切除,一方面孤岛运行会让一些供电设备无法正常工作,影响产品质量,严重时损坏用电设备;另一方面孤岛运行的系统有可能带来维护人员的人身伤害。因此,有必要研究孤岛故障情况下的本质特征,并采取相应的检测方法将故障快速切除^[2]。

现有孤岛检测方法可分为被动式检测方法和主动式检测方法。被动式方法通过直接检测逆变器输出侧的频率、相位以及谐波的更变以完成孤岛检测,包括电压/频率检测法、电压谐波检测法、电压相位突变检测法等^[3-6]。文献[7]介绍了被动法中的一种,其通过监测公共连接点(point of common

coupling, PCC)处的电压和频率来判断并网系统是否发生孤岛状态。然而该方法在电网发出的有功、无功功率较小的情况下,使得电网断电后PCC处的电压和频率变化很小,这些变化量不足以达到保护装置的启动值,导致孤岛检测失败。而一般为防止电网电压和频率的正常波动引起误动作,常将保护动作门槛值设置得不会过低,由此导致存在较大不可检测区(non-detection zone, NDZ)。文献[8]介绍了一种通过监测PCC处电压的总谐波失真(THD)来检测孤岛状态的方法,该方法也存在检测盲区,且由于电网电压谐波很大,阈值难以确定。文献[9]介绍了一种通过检测并网逆变器输出电流与公共连接点PCC电压之间的相位差来判断孤岛发生的方法,该方法在本地负载呈阻性或阻抗角较小的情况下,相位差无变化,不能检测,存在检测盲区且相位差阈值难以确定。该类方法的优点在于不干扰输电线路、不影响输出电流质量;缺点是在负载和逆变器输出功率匹配时会出现较大的盲区^[10]。

主动式方法通过给输出电流加以频率、相位等干扰信号,当并网系统正常运转时,根据电网的调节特性,无法检测到干扰;当并网系统孤岛运行时,扰动信号会使逆变器输出电流不断偏移,直到超出设定的阈值范围,检测电路公共耦合点处电气量的变化从而成功发现孤岛现象。该类方法包括功率扰

收稿日期: 2018-01-03

基金项目: 陕西省自然科学基金面上项目(2017JM5138)

通信作者: 高淑萍(1970—),女,博士、副教授,主要从事高压直流输电线路保护及新能源并网关键技术方面的研究。gao.sp2003@163.com

动法、频率扰动法、相位偏移法、电网阻抗法等^[11-14]。相比被动式检测方法,主动式孤岛算法的优点在于能迅速准确地检测出孤岛现象,且可减小检测盲区,检测精度较高;缺点是算法相对繁琐,由于引入了扰动量,会对逆变器的输出产生不良影响,引起电能质量下降;在不同的负载性质下,检测结果存在很大差异;当多台逆变器并联运行时,扰动不同步会使检测的准确度大受影响^[15,16]。

本文提出一种基于综合阻抗的孤岛检测方法,该方法仅通过检测 PCC 处电压、电流波动,根据孤岛发生前后 50 Hz 电压变化值与电流变化值之比的变化特征识别孤岛。与文献[8,9]中所提到的被动式孤岛检测方法相比,该方法采用孤岛前后电压变化量与电流的变化量之比进行检测,当本地负载需求功率与分布式发电系统发出功率近似匹配时,电压、电流差值减小,但比值不会减小,因此有效减小了检测盲区,且容易整定。该方法数据提取方便,硬件实现简单。无论系统发生何种断路故障导致孤岛的产生,均能在不影响电力系统电能质量的情况下,快速有效地检测出孤岛效应,且不会干扰系统的暂态响应。

1 基于综合阻抗的孤岛检测原理

利用综合阻抗检测孤岛故障的方法是通过分别监测 PCC 处电压和电流在正常并网运行及孤岛运行时的波动,由此电压电流变化值之比所产生差异而实现。本文选取单极式光伏逆变器并网系统为研究对象进行孤岛效应分析,如图 1 所示。

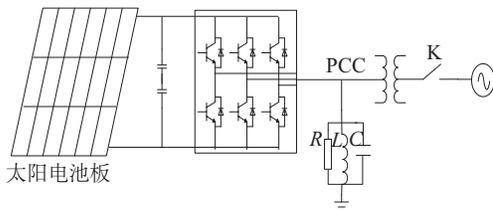


图1 单极式光伏逆变器并网示意图

Fig. 1 Schematic diagram of grid-connected unipolar PV grid-connected inverter

由图 1 可看出,并网光伏发电系统通常由光伏阵列和逆变器组成,该发电系统通过一个变压器和断路器 K 与电网连接。配电网的阻抗由电源内阻和负载阻抗组成。负载阻抗主要由配电变压器和用户设备阻抗组成,线路参数影响较小。通过在大

电网与光伏系统之间的 PCC 处测量电压与电流值,提取数据进行分析,根据 PCC 处综合阻抗的变化可判断出孤岛的发生。

定义综合阻抗如式(1)所示:

$$\Delta Z = \left| \frac{U_{PCC} - U_{PCC}'}{I_{PCC} - I_{PCC}'} \right| \quad (1)$$

并网状态与孤岛状态下简化电路图如图 2 所示。

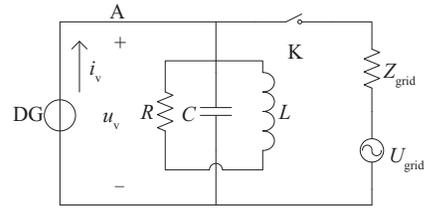


图2 光伏并网简化电路图

Fig. 2 Simplified circuit diagram of PV grid-connected system

正常并网情况下,PCC 处电压与电网侧电压相同且保持稳定,负载侧电流为主网侧向微网侧传输电流与逆变器侧向负载侧传输电流矢量之和,如图 3 所示。且有:

$$\begin{cases} \dot{I}_z = \dot{I}_v + \dot{I}_{grid} \\ \dot{U}_z = \dot{U}_{grid} \end{cases} \quad (2)$$

式中, \dot{I}_z ——负载侧总电流; \dot{I}_v ——逆变器侧向负载侧传输的电流; \dot{I}_{grid} ——主网侧向微网侧传输的电流; \dot{U}_{grid} ——主网侧电压。

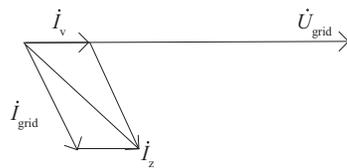


图3 光伏并网电流矢量图

Fig. 3 Current vector diagram of PV grid-connected system

当发生孤岛时,由于 PCC 处电压电流不能突变,电流、电压均会产生波动,直到孤岛状态稳定运行。采用快速傅里叶变换(FFT)提取出电压、电流基波分量,通过滑模数据窗的方法进行分析,监测综合阻抗的变化即可快速检测出孤岛的发生。

$$\Delta Z = \left| \frac{U_z - U_z'}{I_z - I_z'} \right| \quad (3)$$

由于电压、电流的波动均为非线性变化,所以综合阻抗是一个变量。超过预设阈值时即可检测到孤岛的发生。本文在孤岛故障暂态过程中,利用

电容电压及电感电流信号不能突变的特性,极大地减小了反孤岛保护盲区。本文研究光伏并网发电系统电压、电流信号在正常并网运行与孤岛运行时的差异,提出利用综合阻抗新原理的方法实现孤岛检测。该原理能在不对电能质量产生影响的前提下,快速有效地检测出孤岛故障,在并网开关单相以及两相断开情况下仍可进行判别。

2 孤岛检测逆变控制策略

保持直流侧电压稳定且实现并网电流控制,即在电压定向基础上通过对逆变器输出电流矢量的控制实现并网及网侧有功、无功的控制。本文采用基于电压定向、电流闭环的矢量控制策略,为实现并网逆变器输出交流电流的无静差控制,利用坐标变换将静止坐标系中的交流量变换成同步坐标系下的直流量,从而采用典型的 PI 调节器即可实现交流电流的无静差控制。将三相静止 abc 坐标系下的矢量变换成两相垂直静止 $\alpha\beta$ 坐标系下的矢量,即:

$$X_{\alpha\beta} = TX_{abc} \quad (4)$$

再将两相静止 $\alpha\beta$ 坐标系下的矢量变换成同步旋转 dq 坐标系下的矢量,即:

$$X_{dq} = T(\theta)X_{\alpha\beta} \quad (5)$$

在 dq 坐标系中,并网逆变器的矢量在 d 、 q 轴间存在耦合,采用前馈解耦策略实现 dq 轴的解耦控制,如图 4 所示。

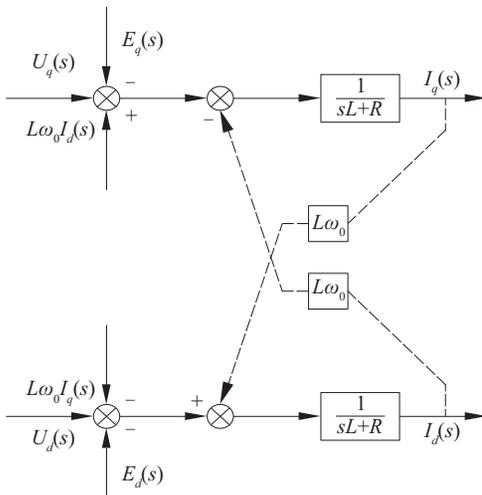


图4 前馈解耦结构示意图

Fig. 4 Schematic diagram of feed-forward decoupling structure

基于电网电压定向的同步旋转坐标系中,同步旋转坐标系与电网电压矢量 E 同步旋转,且同步旋转坐标系的 d 轴与电网电压矢量 E 重合^[17]。基于电网电压定向的并网逆变器输出电流矢量图如图 5 所示。

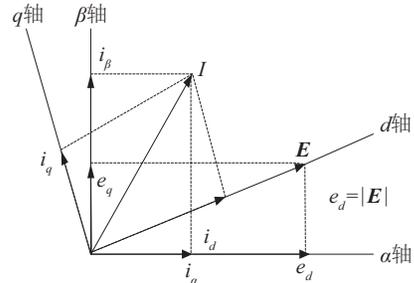


图5 基于电网电压定向的光伏逆变器矢量控制图
Fig. 5 Photovoltaic inverter vector control based on VOC

在电网电压定向的同步旋转坐标系中,有 $e_d = |E|$, $e_q = 0$ 。根据瞬时功率理论,系统的瞬时有功功率 p 、无功功率 q 分别为:

$$\begin{cases} p = 1.5e_d \cdot i_d \\ q = 1.5e_d \cdot i_q \end{cases} \quad (6)$$

若不考虑电网电压的波动,即 e_d 为一定值时,光伏逆变器的瞬时有功功率 p 和无功功率 q 仅与光伏逆变器输出电流的 d 、 q 轴分量成正比。上述分析表明,如果电网电压不变,则通过 i_d 、 i_q 的控制可分别控制光伏逆变器的有功、无功功率。

光伏逆变器控制策略框图如图 6 所示。在图 6 中,逆变器采用双闭环控(电压外环、电流内环),其中电压控制模块将直流电压参考值 $V_{dc,ref}$ 与光伏阵列输出电压 V_{dc} 之间的误差经 PI 调节得到电流 d 轴分量参考值 $i_{d,ref}$; 电流控制模块将 d 轴电流分量参考值 $i_{d,ref}$ 与 d 轴电流分量 i_d 之间的误差经电流环 PI 调节,计算光伏并网逆变器输出的 d 轴电压分量 v_d , 改变 $i_{d,ref}$ 以改变光伏并网逆变器输出的有功功率; 电流控制单元将 q 轴电流分量参考值 $i_{q,ref}$ 与 q 轴

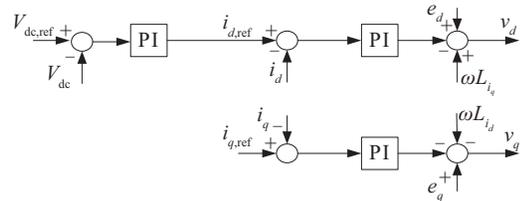


图6 光伏逆变器控制策略框图

Fig. 6 Photovoltaic inverter control strategy

电流分量 i_d 之间的误差经过电流环 PI 调节, 计算光伏并网逆变器输出的 q 轴电压分量 v_q , 改变 $i_{q,ref}$ 以改变光伏并网逆变器输出的无功功率。

3 孤岛故障整定与保护逻辑

根据孤岛故障发生前后公共连接点处电流电压基波分量发生变化, 可监测基波电流、电压, 然后计算孤岛发生前后电压变化量与电流变化量之比, 即综合阻抗。根据综合阻抗在孤岛发生前后的变化情况, 并给定相应的整定值及相应的反孤岛保护逻辑。在并网系统正常运行时, 综合阻抗值基本为零, 理论上当综合阻抗的值大于零时即可判定为孤岛发生, 为防止电网电压和频率的正常波动引起误动作, 保护的门槛值不能设置太低。考虑一定裕度, 在该系统下将其整定值取为 5Ω 。当信号超过门槛值时, 即可认为此时处于孤岛状态, 其整定规则如式(7)所示:

$$\begin{cases} |\Delta Z_a| > Z_{seta} = 5 \Omega \\ |\Delta Z_b| > Z_{setb} = 5 \Omega \\ |\Delta Z_c| > Z_{setc} = 5 \Omega \end{cases} \quad (7)$$

式中, $|\Delta Z_a|$ 、 $|\Delta Z_b|$ 、 $|\Delta Z_c|$ ——综合阻抗 a、b、c 相基波分量值; Z_{seta} 、 Z_{setb} 、 Z_{setc} ——a、b、c 相综合阻抗基波分量的整定值。

根据上述分析, 可构造如图 7 所示的利用综合阻抗基波分量检测孤岛的防孤岛策略动作逻辑图。从图 7 可看出: 当 a、b、c 三相的综合阻抗值中有一相满足整定条件时, 即可以判别孤岛发生。

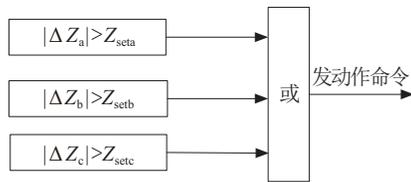


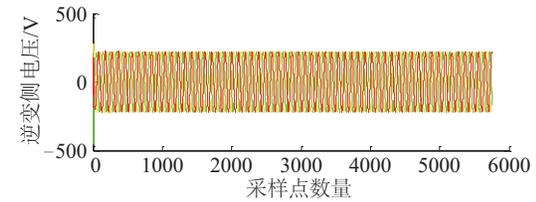
图7 反孤岛策略动作逻辑图

Fig. 7 Logical diagram of anti-islanding strategy action

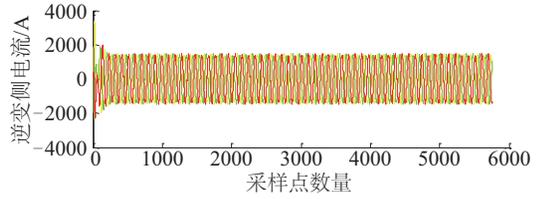
4 仿真分析

在单极式光伏逆变器并网发电系统详细仿真模型中设置参数, 光伏阵列输出电压为 600 V, 逆变器输出线电压为 270 V, 输出电流 1000 A, 输出功率为 470 kW。本地负荷采用电阻/电感/电容(RLC)并联电路(此时孤岛处于最严重的状态), 品质因数取为 1, $R=0.4673 \Omega$, $L=0.001487 \text{ H}$, $C=6812 \mu\text{F}$ 。其中

系统运行时间为 1.2 s, 孤岛发生在 $t=1 \text{ s}$ 时刻, 采样频率为 4.8 kHz, 采样间隔为 208.4444 μs , 截取数据窗为 0.98~1.06 s。系统运行参数如图 8 所示。



a. 光伏并网逆变器输出电压



b. 光伏并网逆变器输出电流

图8 光伏并网逆变器输出电压、输出电流

Fig. 8 Output voltage and current of PV grid-connected inverter

由图 8 可知, 在正常并网运行及孤岛运行时, 系统运行参数基本未发生改变, 说明此时孤岛处于最严重的状态。本文利用 PSCAD 进行电力系统仿真, 利用 Matlab 进行算法仿真, 首先提取基波电压、电流信号, 然后计算综合阻抗的基波分量, 根据该值在孤岛发生前后所表现的差异来判断孤岛是否发生。当此值大于整定值时, 孤岛发生; 反之则判为孤岛未发生。

4.1 三相断路情况下, 综合阻抗基波分量孤岛故障的判别

图 9 为三相断路情况下, a、b、c 三相的综合阻抗基波分量的波形图。由图 9 可看出, 在三相断路情况下, 当正常并网运行时(采样点数量为 0~96), 综合阻抗基波分量值基本为零, 这是由于负载所需功率等于逆变器侧功率, 公共点处电流电压未发生波动。当孤岛故障发生时(采样点为 96 个), 采用滑模数据窗的方法分析, 第 1 个周波内综合阻抗基波分量未发生变化, 故障发生第 2 个周波时(20 ms, 采样点为 192 个), a、b、c 三相综合阻抗基波分量开始逐渐发生变化, 且在该周末产生较大跳跃后趋于零, 表示孤岛状态趋于稳定。在此过程中 a、b、c 三相的基波综合阻抗均大于整定值, 与设定条件一致, 孤岛检测成功。

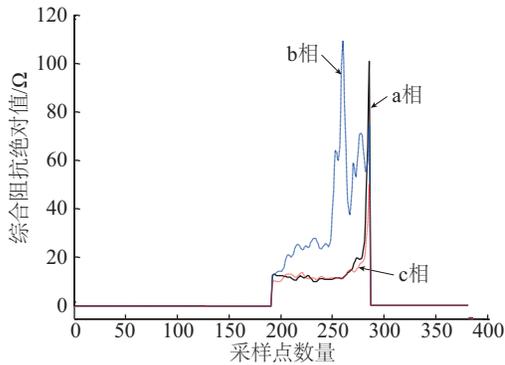


图9 综合阻抗基波波形

Fig. 9 Fault component waveform of integrated impedance fundamental wave

4.2 单相断路情况下,综合阻抗基波分量孤岛故障的判别

图 10 为单相断路情况下, a、b、c 三相的综合阻抗基波分量的波形图。图中实线表示 a 相, 点划线表示 b 相, 虚线表示 c 相。由图 10 可看出, 在 a 相断路情况下, 当正常并网运行时(采样点数量为 0~96), 综合阻抗基波分量基本为零, 与三相断路情况相同。当孤岛故障发生时(采样点为 96 个), 采用滑模数据窗的方法分析, 第 1 个周波内综合阻抗基波分量未发生变化, 故障发生第 2 个周波时(20 ms, 采样点为 192 个), a 相综合阻抗故障分量变化与三相断路情况下 a 相变化相似, 且在该周期末产生较大跳跃后趋于零, 表示孤岛状态趋于稳定。而 b、c 相综合阻抗无较大波动。在此过程中 a、b、c 三相的基波综合阻抗均大于整定值, 与设定条件一致, 孤岛检测成功。

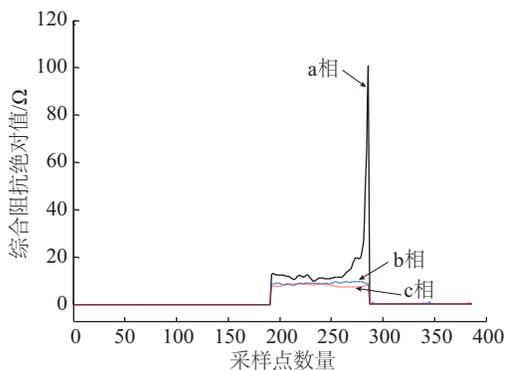


图10 综合阻抗基波分量波形

Fig. 10 Fault component waveform of integrated impedance fundamental wave

4.3 两相断路情况下,综合阻抗基波分量孤岛故障的判别

图 11 为两相断路情况下, a、b、c 三相的综合阻抗基波分量的波形图。图中实线表示 a 相, 点划线表示 b 相, 虚线表示 c 相。由图 11 可看出, 在 b、c 相断路情况下, 当正常并网运行时(采样点数量为 0~96), 综合阻抗基波分量基本为零, 与三相断路情况和单相断路情况相同。当孤岛故障发生时(采样点为 96 个), 采用滑模数据窗的方法分析, 第一个周波内综合阻抗基波分量未发生变化, 故障发生第二个周波时(20 ms, 采样点为 192 个), b、c 相综合阻抗基波分量变化与三相断路情况下 b、c 相变化相似, 且在该周期末产生较大跳跃后趋于零, 表示孤岛状态趋于稳定。在此过程中, a、b、c 三相的基波综合阻抗均大于整定值, 与设定条件一致, 孤岛检测成功。

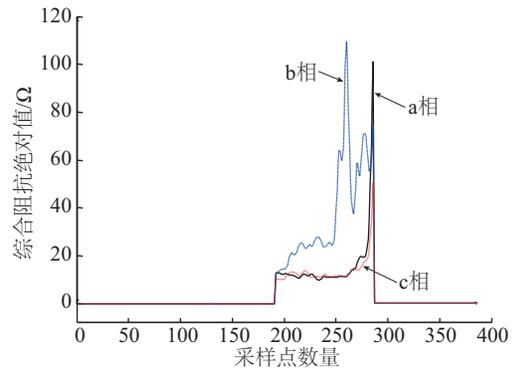


图11 综合阻抗基波分量波形

Fig. 11 Fault component waveform of integrated impedance fundamental wave

综上所述, 综合阻抗基波分量的方法在并网开关三相、单相以及两相断开情况下均可快速有效地检测出孤岛故障。由仿真分析可看出, 孤岛发生 2 个周波后(0.04 s)即可检测出故障。与 IEEE Std.1547^[1] 所允许的最短孤岛检测时间 0.16 s 相比, 该方法具有响应速度快、检测结果准确、检测盲区小的优势。由于无主动法中的信号注入, 所以不会对电能质量造成不良影响等。

5 结 论

1) 提出一种利用综合阻抗基波分量检测孤岛效应的方法, 该方法通过对 50 Hz 的电压、电流信号在正常并网运行和孤岛运行时所表现的差异进行

检测,计算综合阻抗基波分量值,根据该值在孤岛状态发生前后所表现的差异,进而实现孤岛故障状态的检测。

2)该孤岛检测方法能在不对电能质量产生影响的前提下,快速有效地检测出孤岛故障,在并网开关单相以及两相断开情况下仍可进行判别,能有效检测孤岛,具有检测盲区小、对电能质量影响小、响应速度快等优点。

[参考文献]

- [1] IEEE Std 929-2000, 2000, IEEE recommended practice for utility interface of photovoltaic (PV) systems [S].
- [2] Ku Ahmad K N E, Selvaraj J, Rahim N A. A review of the islanding detection methods in grid-connected PV inverters [J]. *Renewable and Sustainable Energy*, 2013, 5(21): 756—766.
- [3] 褚晓丽. 光伏并网中的孤岛效应研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
- [3] Zhu Xiaoli. Study on islanding effect in grid-connected photovoltaic system [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2009.
- [4] Jang Sung-Il, Kim Kwang-Ho. An islanding detection method for distributed generations using voltage unbalance and total harmonic distortion of current [J]. *IEEE Trans on Power Delivery*, 2004, 19(2): 745—752.
- [5] 青桃, 汪颖, 江智军, 等. 光伏发电系统并网点谐波电压波动特征孤岛检测法[J]. *电力系统保护与控制*, 2013, 41(12): 9—14.
- [5] Qing Tao, Wang Ying, Jiang Zhijun, et al. An islanding detection method for photovoltaic power generation system using fluctuation characteristic of point of common coupling harmonic voltage [J]. *Power System Protection and Control*, 2013, 41(12): 9—14.
- [6] 侯梅毅, 高厚磊, 刘炳旭, 等. 基于相位偏移的孤岛检测新方法[J]. *电力自动化设备*, 2009, 29(11): 22—25.
- [6] Hou Meiyi, Gao Houlei, Liu Bingxu, et al. Islanding detection method based on phase shift [J]. *Electric Power Automation Equipment*, 2009, 29(11): 22—25.
- [7] Ye Zhihong, Kolwalkar A, Zhang Yu, et al. Evaluation of anti-islanding schemes based on nondetection zone concept [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2004, 19(5): 1171—1176.
- [8] Ropp M E, Begovic M, Rohatgi A. Prevention of islanding in grid-connected photovoltaic systems [J]. *Progress in Photovoltaics*, 1999, 7(1): 39—59.
- [9] Francesco D M, Marco L, Alberto P. Overview of anti-islanding algorithms for PV systems [A]. *Proceedings of 12th International Conference on Power Electronics and Motion Control Portoroz* [C], Slovenia, 2007.
- [10] 王立乔, 孙孝峰. 分布式发电系统中的光伏发电技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [10] Wang Liqiao, Sun Xiaofeng. Photovoltaic generation technology in distributed generation system [M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [11] 张凯航, 袁越, 傅质馨. 带频率正反馈的无功电流扰动孤岛检测方法[J]. *电力系统及其自动化学报*, 2013, 25(1): 96—101.
- [11] Zhang Kaihang, Yuan Yue, Fu Zhixin. Reactive current disturbance islanding detection method with frequency positive feedback [J]. *Proceedings of the CSU-EPSCA*, 2013, 25(1): 96—101.
- [12] 龚会茹, 易灵芝, 沈建飞, 等. 光伏并网系统中的新型孤岛检测方法[J]. *电力系统及其自动化学报*, 2012, 24(1): 59—65.
- [12] Gong Huiru, Yi Lingzhi, Shen Jianfei, et al. New island detection method of PV grid-connected system [J]. *Proceedings of the CSU-EPSCA*, 2012, 24(1): 59—65.
- [13] 何军, 赵钢. 改进型主动式频率偏移孤岛检测算法分析[J]. *电测与仪表*, 2013, 50(3): 41—44.
- [13] He Jun, Zhao Gang. Analysis of improved AFD for island detection [J]. *Electrical Measurement & Instrumentation*, 2013, 50(3): 41—44.
- [14] 张晓莉, 薛家祥, 崔龙斌, 等. 周期性扰动AFDPF方法在光伏并网系统孤岛检测中的应用[J]. *电子技术应用*, 2012, 38(5): 65—67.
- [14] Zhang Xiaoli, Xue Jiaxiang, Cui Longbin, et al. Application of periodic perturbation AFDPF method in isolation of photovoltaic grid-grid system [J]. *Power Supply Technology and Its Application*, 2012, 38(5): 65—67.
- [15] 周洁. 分布式并网发电系统孤岛检测方法研究 [D]. 南京: 南京邮电大学, 2013.
- [15] Zhou Jie. Research on islanding detection method of distributed grid-connected generation system [D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2013.
- [16] 刘芙蓉. 并网型户用光伏系统的孤岛检测技术研究

- [D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- [16] Liu Furong. Study on island detection technology of grid-connected photovoltaic system [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008.
- [17] 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, 2009.
- [17] Zhang Xing, Cao Renxian. Photovoltaic grid-connected generation and its inverter control [M]. Beijing: China Machine Press, 2009.

A NOVEL ISLANDING DETECTION METHOD BASED ON INTEGRATED IMPEDANCE

Gao Shuping¹, Wang Kaichang¹, Yun Baoji², Song Guobing³, Lou Juan¹

(1. College of Electrical and Control Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Xi'an Xirui Engineering Technology Limited Company, Xi'an 710018, China;

3. School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The grid-connected system of single-pole photovoltaic inverter is taken as the research object, the concept of impedance is expanded, and a passive islanding detection method based on the common coupling point (PCC) comprehensive impedance is proposed. The real-time signals of voltage and current are extracted by fast Fourier transform. By identifying the change state of the comprehensive impedance at the PCC point, the phenomenon of normal and isolated island is distinguished. The simulation results show that the isolated island detection method can quickly and effectively detect the isolated island, and does not affect the output power quality of the inverter.

Keywords: photovoltaic generation; islanding detection; integrated impedance; fault component