

Micro-Grid System Islanding Detection Method

Tiezhou Wu¹, Linzhang Wu², Xiaopo Mao¹, Yuan Wang¹

¹Hubei University of Technology School of Electrical & Electronic Engineer, WuHan, China

²Jing Chu Institute of Technology, JingMen, China

wtc315@163.com

Abstract: The islanding effect is one of important problems should be resolved in micro-grid system. Traditional passive islanding detection method has the problem of oversized Non-Detection Zone (NDZ). This article proposes an islanding detection method with the changeable interference active islanding detection technique, which can examine effectively the occurrence of the islanding and decrease the size of the Non-Detection Zone.

Keywords: Micro-grid; Islanding Detection; NDZ; Changeable Interference Active Islanding Detection Technique

微网系统中孤岛检测方法的研究

吴铁洲¹, 毛晓坡¹, 吴麟章², 王 远¹

¹湖北工业大学电气与电子工程学院, 武汉, 中国, 430068

²荆楚理工学院, 荆门, 中国, 448000

wtc315@163.com

摘 要: 孤岛效应是微网系统要解决的重要的问题之一, 传统的被动式孤岛检测存在盲区 (Non-Detection Zone, NDZ) 过大的问题, 本文采用变干扰式主动孤岛检测方法, 即有效检测孤岛的发生, 又减少了 NDZ。

关键词: 微网; 孤岛检测; 盲区 (NDZ); 变干扰式主动孤岛检测

1 引言

未来常规能源枯竭, 新兴能源将取代常规能源成为人类发展的动力, 太阳能以及其他形式的能源、负载和蓄电池组成很多分散的微网系统^[1], 大电网将涵盖火电、水电、核电和各个微网系统, 孤岛检测是微网系统必须的保护功能。目前常用的被动式检测孤岛检测方法存在一些问题, 比如在进行孤岛检测时盲区过大^[2]。这些问题会给电网带来安全隐患。本文提出变干扰式主动检测方法, 该方法是对输出电压和频率施加变动干扰进行的孤岛检测方法, 在控制干扰幅度和保证快速检测的基础上, 即检测了孤岛的发生, 又保证了电能质量, 缩小了检测盲区。

2 孤岛现象及被动式孤岛检测方法分析

孤岛现象即公用电网失去电压时, 微网系统没有和大电网脱离, 依然对本地重要负载和大电网提供电能。孤岛现象产生时, 微网系统要能及时判断

出来, 并切离电网, 以防下面危害的出现^[3]: ①微网系统失去参考信号, 系统输出 U、I、F 不稳定, 损坏负载器件; ②微网系统保持供电, 使得维修人员的安全受到危害; ③微网系统和公用电网若是三相连接, 会发生缺相现象, 影响三相负载; ④若公用电网恢复供电, 可能由于电压相位不同步, 产生很大的冲击电流, 损害设备。

孤岛效应检测与防治是微网系统必须考虑的重要环节。目前常用的被动式检测方法有如下几种^[4]: ①相位突变检测法: 当电网断电时, 微网系统输出电能和负载不一致, 从而输出电压和负载电流产生相位差, 相位由负载内容而发生改变, 经检测相位判断孤岛的发生; ②谐波检测法: 电网断电时, 微网系统发出的 I 可能在变压器产生失真 U 波形, 原因是微网系统输出 U 中含谐波, 通过检测谐波成分来判断电网是否断电; ③电压与频率的保护继电器检测法: 一般微网系统均会安装欠压 (过压) 继电器和欠频 (过频) 继电器, 这些是最基本的保护装

置, 当电网断电时, 微网系统的输出功率和负载功率不一致, 导致电压和频率超过或低于规定范围, 继电器切断电网, 但是, 一致时, 继电器便检测不出, 不能起到保护作用。以电压与频率的保护继电器检测方法为例, 其孤岛检测原理如图 1。可以看出, 当电网断电, 公共点电压 U 在区间 (210v,230v) 和频率 F 在区间 (49.5HZ, 50.5HZ) 时, 该方法不能检测出孤岛存在。

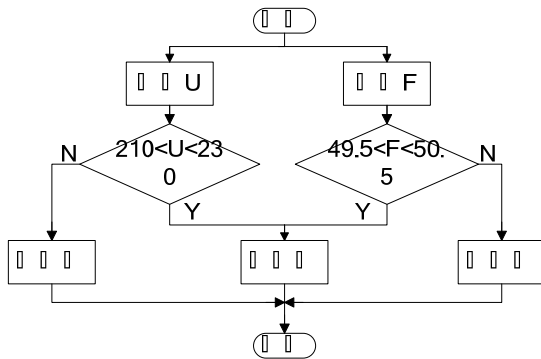


Figure 1. Voltage and frequency protection relay assay principle diagram

图 1. 电压与频率的保护继电器检测法原理框图

3 变干扰式主动检测方法

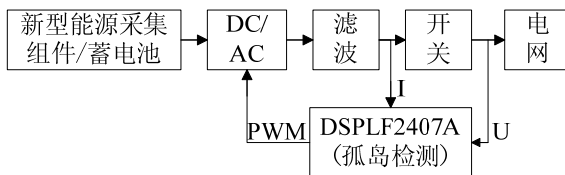


Figure 2. The islanding detection of micro-grid circuit diagram

图 2. 具有孤岛检测的微网发电电路框图

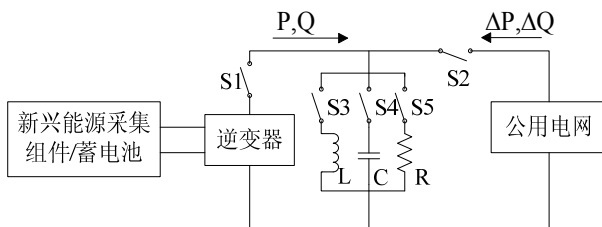


Figure 3. Islanding effect circuit testing

图 3. 孤岛效应电路测试图

被动式主要判断依据是公用电网的 U 和 F 是否超出规定范围, 当微网系统输出功率和本地负载功率一致时, 若公用电网断电, 则被动式检测不出孤岛的发生^[5]。变干扰式主动检测采取的方法是逆变器主动对微网系统的 U 和 F 施加干扰, 监测公用电网的变化。图 2 为具有孤岛检测的微网发电电路框图, 图 3 为孤岛效应电路测试图, 其中 L 、 C 、 R 为本地负载。

在图 2 的逆变装置中有锁相环, 主动对公共点的 U 和 F 施加干扰, 从而比上周期的 U 和 F 稍高或低, 若电网没有断电, 电网 U 和 F 控制公共点 U 和 F , 然而断电时, 公共点的 U 和 F 受到干扰而偏离, 到达一定值时便识别出孤岛。图 4 为变干扰式主动检测原理框图, 可以看出, 该方法可以有效检测公共点电压 U 在区间 (210v,230v) 和频率 F 在区间 (49.5Hz,50.5Hz) 电网断电与否。当电网断电时, 令

$$U_t = U_{t-1} + kD \quad (1)$$

$$F_t = F_{t-1} + k'D' \quad (2)$$

其中, U_t 为此时的电压, U_{t-1} 为前一周电压, F_t 为此时频率, F_{t-1} 为前一时频率, D, D' 分别为某一定值, K, K' 分别为变值, 当图 3 中电网断电的一瞬间, 逆变器失去参考电压和频率, 在过零点将不能保持同步, 由公式 (1) 和 (2) 知, 干扰将逐渐增大, 幅度受 K, D, K', D' 同时控制, 直到系统检测出孤岛的发生, $S2$ 断开, 图 5 为变动式主动检测模型。

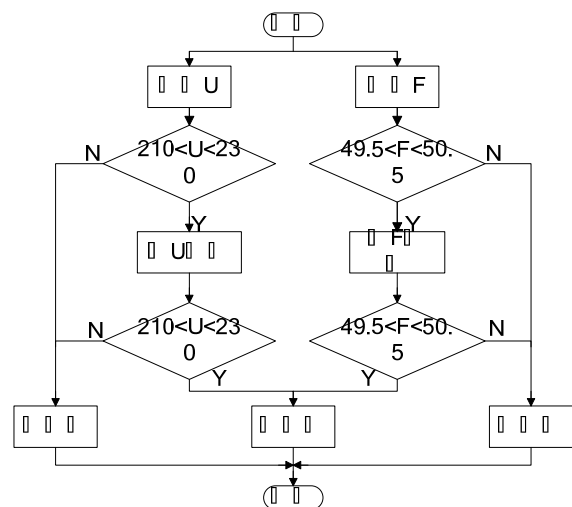


Figure 4. Changeable Interference Active Islanding Detection

Technique of active principle diagram

图 4. 变干扰式主动检测原理框图

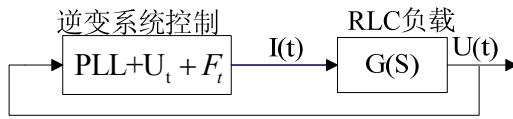


Figure 5. Changeable Interference Active Islanding Detection

Technique detection model

图 5. 变干扰式主动检测模型

4 NDZ 分析

盲区 (NDZ) 的定义为: 电网有功功率和无功功率的失去配合的区间^[6]。即

$$(U/U_{\max})^2 - 1 \leq \frac{\Delta P}{P} \leq (U/U_{\min})^2 - 1 \quad (3)$$

$$Q_f \cdot [1 - (F/F_{\min})^2] \leq \frac{\Delta Q}{Q} \leq Q_f \cdot [1 - (F/F_{\max})^2] \quad (4)$$

$U_{\max}$ 和 $U_{\min}$ 是电网规定的电压的最大值和最小值, $F_{\min}$ 和 $F_{\max}$ 是电网规定的频率的最小值和最大值, Q_f 为电网的品质因数, ΔP 和 ΔQ 是电网的有功和无功功率, P 和 Q 是微网的有功和无功功率, 又

$$\Delta P = \frac{U^2}{R} \quad (5)$$

$$\Delta Q = \frac{U^2}{2\pi \cdot F \cdot L} \quad (6)$$

$$\Delta Q = \frac{U^2}{2\pi \cdot F \cdot C} \quad (7)$$

ΔP 和电压 U 有关, ΔQ 和频率 F 有关, R 、 L 、 C 是本地负载的电阻、电感、电容。因此通过不断的改变微网系统的电压 U 和频率 F , 当 U 或者 F 超出范围时, 即可判断孤岛发生, 而当孤岛没有发生时, 逆变器通过过零保持器使微网始终与电网的 U 和 F 一致。

IEC 草案中规定品质因数为 $Q_f=0.65$, 中国的市电电压为 $U=220\text{v}$, 频率为 $F=50\text{Hz}$, 令品质因数为 $Q_f=0.65$, $U=220\text{v}$, $F=50\text{Hz}$, NDZ 有:

其中 $U_{\max}=230\text{v}$, $U_{\min}=210\text{v}$, $F_{\min}=49.5\text{Hz}$, $F_{\max}=50.5\text{Hz}$, 则

$$-8.51\% \leq \frac{\Delta P}{P} \leq 9.75\% \quad (8)$$

$$-1.32\% \leq \frac{\Delta Q}{Q} \leq 1.28\% \quad (9)$$

因此, 被动式的电压与频率的保护继电器检测法的 NDZ 为 (8) 和 (9) 失去配合的区间。当采用变干扰式主动检测时, 即使公网断电时检测到公共点电压 U 在区间 (210v, 230v) 和频率 F 在区间 (49.5Hz, 50.5Hz), 通过对电压 U 和频率 F 施加不断变化的干扰, 可以检测出孤岛发生, 切断电网。

5 实验与结论

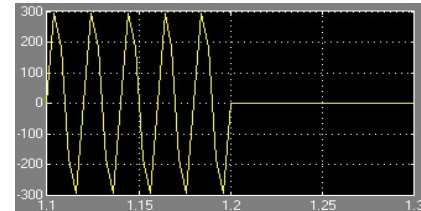


Figure 6. power generation simulation diagram

图 6. 电网发电仿真图

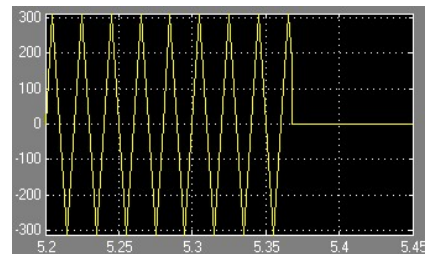


Figure 7. voltage and frequency protection relay detection simulation diagram

图 7. 电压与频率的保护继电器检测仿真图

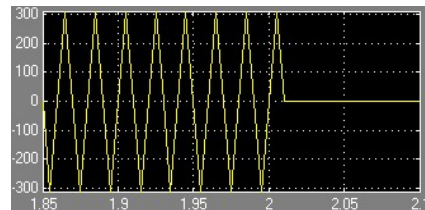


Figure 8 Changeable Interference Active Islanding Detection Technique simulation diagram

图 8 变干扰式孤岛检测仿真图

据 GB/T19939-2005 微网系统并网技术要求, 防孤岛效应保护应在 2s 内动作, 微网系统和电网隔离。为验证变干扰式主动检测方法的有效性, 建立相应模型, 选取逆变器相关参数为直流电压 $U=420\text{V}$, IGBT 模块为 2MBI75UA-120, 使用 MATLAB7.1 软件对微网系统及其孤岛检测进行建模和仿真。电网发电仿真结果如图 6, 采用被动式孤岛检测方法的电压与频率的保护继电器检测仿真结果如图 7, 采用变干扰式孤岛检测方法仿真结果如图 8。

通过仿真结果可以看出, 当电网断电时, 被动式电压与频率的保护继电器检测法在电网断电后 2s 内, 微网系统并没有停止工作 (4s 后才停止工作), 而采用变干扰式孤岛检测法的微网系统, 在电网断电后规定的时间 2s 内断电, 实验结果验证了该方法的有效性, 在保证电能质量的基础上, 具有快速简单的优点, 满足孤岛检测的要求。

6 结束语

微网系统发电将成为一个趋势, 孤岛效应的研究受到很大重视, 在微网中需要被动式和主动式都要采用, 本文在一定的主动干扰下, 减小了盲区, 缩短了检测到孤岛现象发生的时间, 实验和理论分析表明该方法适合于微网系统中孤岛现象检测。变

干扰式主动检测的不足之处是, 主动干扰不能过大, 否则会对电网产生一定影响, 此外当电网突然加入或减少某一负载, 导致电网的电压和频率急剧变化, 使微网系统误认为电网断电, 与电网断开, 因此如何消除这种误判是今后研究的一个方向。

References (参考文献)

- [1] Wu Tiezhou, Mao Xiaopo, Xiang Jianfeng. Micro-grid solar power system islanding detection [J]. Journal of hubei university of technology, 2010, 1, P19-21 (Ch). 吴铁洲, 毛晓坡, 向剑锋. 太阳能微网发电系统的孤岛检测方法研究[J]. 湖北工业大学学报, 2010, 1: p19-21.
- [2] Hung G K, Chang C. C., Chen C L. Automatic phase-shift method for islanding detection of grid-connected photovoltaic inverters [M]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2003, 18(1): 169-173.
- [3] Smith G A, Onions P A. Predicting islanding operation of grid connected PV inverters [J]. IEE Proc.-Electr. Power Application, 2000, 147(1): 1-6.
- [4] Ropp M. Evaluation of islanding detection methods for photovoltaic utility interactive power systems [M]. Report IEA PVPS, T5, 2002. 9.
- [5] Ye Zhihong. Evaluation of anti-islanding schemes based on non detection zone concept[C]. IEEE Trans on power electronics. 2004, 19(5): 1171-1176.
- [6] Sun Huili, Luiz A.C.Lopes, Luo Zhixiang. Analysis and comparison of islanding detection methods using a new load parameter space [M]. In: The 3Mh Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Busan, Korea: 2004. 1172-1177.