

文章编号: 1674-0262(2010)04-0065-05

光伏电站功率控制孤岛检测方法

杨建勋

(无锡市广播电视大学 机电系, 江苏 无锡 214011)

关键词: 光伏电站、并网逆变器, 孤岛检测

摘要: 光伏电站的并网运行虽然在目前国内的应用还不广泛, 但这是必然的趋势。孤岛检测是光伏电站并网首先须解决的问题。介绍了一种基于有功功率扰动的主动式孤岛检测方法, 通过不断检测公共连接点 PCC 的电压来判断是否处于孤岛运行中。方法简单实用。

中图分类号: TM621.3 文献标志码: A

1 何谓孤岛现象

随着太阳能电池等新能源的广泛使用, 逆变型分布式电站在电网输配电中也变得越来越普遍。而根据 IEEE 光伏发电并网技术规定^[1]及光伏系统并网技术要求^[2]的相关要求, 逆变型电站并网输送电能需要各种完善的保护措施。其中对于防止孤岛也有明确规定。

所谓孤岛现象是指: 当电网供电因故障或停电维修时, 光伏电站仍保持对失电电网中的一部分线路继续供电的状态, 从而形成由光伏电站并网发电系统和周围的负载组成的一个自给供电的孤岛, 如图 1 所示。

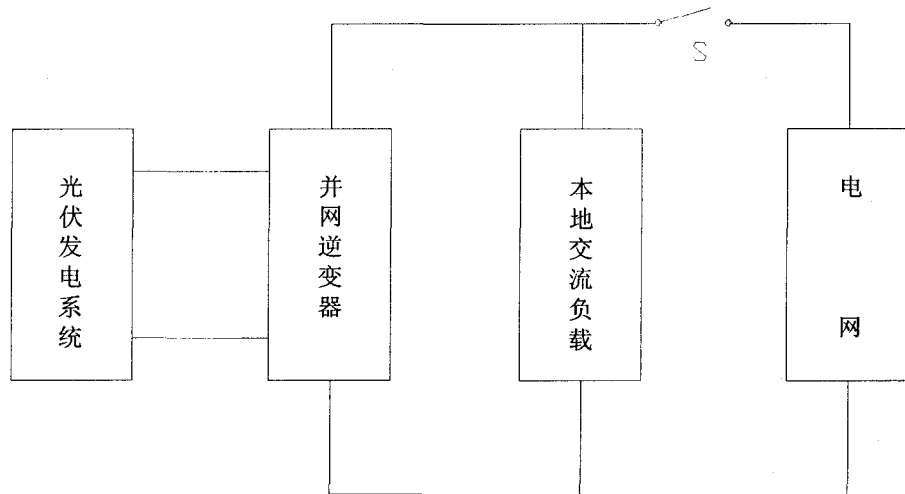


图 1 孤岛现象模型图

孤岛现象发生时, 由于系统供电状态未知, 将造成以下不利影响: (1)可能危及电网线路维护人员和用户的生命安全; (2)干扰电网的正常合闸; (3)电网不能控制孤岛中的电压和频率, 从而损坏配电设备和用户设备。因此对于一个并网系统必须具备快速检测孤岛且立即断开与电网连接的能力。

2 防孤岛保护检测基本原理

反孤岛 (anti-islanding) 的基本点和关键点是电网的断电检测。
逆变器并网的等效电路如图 2 所示:

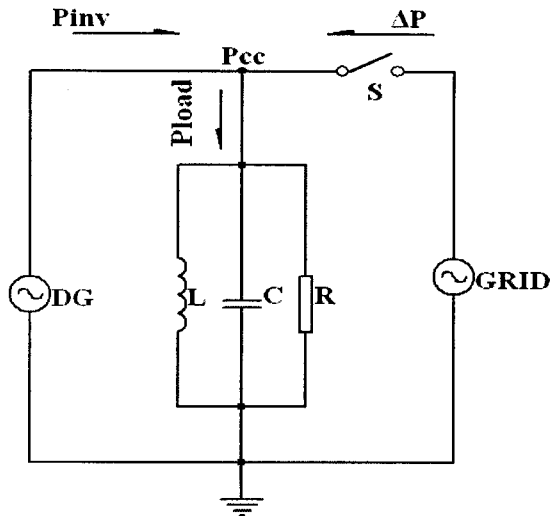


图 2 孤岛现象等效电路

其中分布式光伏发电系统通过并网逆变器 DG 连接到交流负载, 并通过并网开关 S 与大电网 GRID 并网, 交流负载采用 RLC 并联方式表示。

设并网逆变器 DG 的输出功率为 S_{inv} , 则有:

$$S_{inv} = P_{inv} + jQ_{inv} \quad (1)$$

其中: P_{inv} 和 Q_{inv} 分别为逆变器输出的有功功率和无功功率。

交流负载所消耗的功率为 S_{load} , 则有:

$$S_{load} = P_{load} + jQ_{load} \quad (2)$$

其中: P_{load} 和 Q_{load} 分别为从公共连接点 Pcc 流入负载的有功功率和无功功率。

$$\text{则: } \Delta P = P_{load} - P_{inv} \quad (3)$$

$$\Delta Q = Q_{load} - Q_{inv} \quad (4)$$

其中 ΔP , ΔQ 分别为从电网流入交流负载的有功功率和无功功率。当 ΔP 为正时表示电网向交流负载输出有功功率, 当 ΔP 为负表示并网逆变器向电网输出有功功率; 同理, 当 ΔQ 为正时表示电网向交流负载输出无功功率, 当 ΔQ 为负表示并网逆变器向电网输出无功功率;

又: 交流负载消耗的有功功率是端电压的函数, 计为:

$$P_{load} = \frac{P_{vcc}^2}{R} \quad (5)$$

交流负载消耗的无功功率是端电压和频率的函数, 计为:

$$Q_{load} = V_{Pcc}^2 \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \right) = \frac{V_{Pcc}^2}{2\pi f L} \left(1 - \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right) \quad (6)$$

其中, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 为谐振频率, L 是负载的电感, C 为负载电容。

当出现孤岛时, 则只有并网逆变器给交流负载供电, 则加在交流负载两端的有功功率变为 P_{inv} , 无功功率为 Q_{inv} 。从上面的分析可知:

- 1) 当孤岛出现时, 如果 ΔP 不等于 0, 公共连接点 P_{CC} 的电压将发生突变, 通过测量 P_{CC} 点的电压变化可以判断是否发生孤岛效应;
- 2) 当孤岛出现时, 如果 ΔQ 不等于 0, 公共连接点 P_{CC} 电压相位将发生突变, 导致逆变器控制系统电压频率发生变化, 通过测量 P_{CC} 点的频率变化可以判断是否发生孤岛效应;
- 3) 当孤岛出现时, 如果 $\Delta P=0$ 并且 $\Delta Q=0$ 时, P_{CC} 点电压和频率将不发生变化, 从而产生检测盲区。

3 孤岛检测方法

孤岛检测技术在并网逆变器侧主要可分为主动式检测和被动式检测。根据光伏系统并网技术要求^[2]的相关要求, 光伏电站的孤岛保护必须同时具备主动式和被动式两种中各一种保护措施。

3.1 被动式检测

当孤岛产生前, 若 ΔP 不等于 0, 则: $P_{inv} \neq P_{load}$

而当孤岛产生后, GRID 不再提供功率, 则使 $P_{inv} = P'_{load}$

即交流负载所得到的有功功率将发生改变。而由式<5>可知, P_{CC} 点的电压将发生改变。

同理可知, 若 ΔQ 不等于 0, 交流负载所得到的无功功率将发生改变。则由式<6>可知, P_{CC} 点的频率将发生改变。

一般并网逆变器都会装有过压保护(OVR)、欠压保护(UVR)、过频保护(OFR)、欠频保护(UFR)四种保护电路, 如果 P_{CC} 点的电压或频率改变超出以上四种保护电路任一保护范围, 即启动保护, 将并网逆变系统切离电网。

3.2 主动式检测

当孤岛现象发生时, 若公共连接点 P_{CC} 的电压或频率的变化没有超出逆变器自身所设置的过压、欠压、过频和欠频保护的范围内, 则逆变器不会将并网系统切离电网。这时就会产生被动式检测盲区, 此时必须用主动式检测方法。

主动式检测方法是通过主动对逆变器输出进行主动干扰。若没有发生孤岛现象, 由于受电网的钳位, 主动扰动不会造成公共连接点 P_{CC} 的电压或频率的变化。而如果发生孤岛现象时, 主动扰动将造成公共连接点 P_{CC} 的电压或频率的变化。即使在输出功率与负载功率平衡状态下, 也会通过扰动破坏系统平衡, 造成系统电压、频率明显变动, 从而确定孤岛产生。主动式检测有多种方式, 本文主要讨论其中的正反馈功率调整的主动检测方法。

通过在并网系统中定期设置干扰并检测来进行主动式孤岛检测。首先, 在确认系统处于并网运行状态时, 检测出公共连接点 P_{CC} 的电压作为基准电压; 然后, 定期检测 P_{CC} 点的电压值, 让此电压值与基准电压进行比较, 若两者基本相等, 则可判断系统为正常运行, 电网在正常工作状态。若两者不相等, 则有可能产生了孤岛现象, 但是还须作进一步的确认。

进一步的确定采用正反馈的方式, 即当定期检测出的电压值小于基准电压值时, 通过减小逆变器的输出有功功率 P_{inv} , 若电网正常工作, 则当逆变器输出有功功率减小时, 由式(3)可知, 逆变器的减小的有功功率将由电网补充, 而交流负载上所得到的有功功率 P_{load} 将保持不变, 则 P_{CC} 点的电压 V_{PCC} 将保持不变。若此时处于孤岛中, 则交流负载上得到的有功功率全部来自于逆变器, 故 P_{load} 将减小, 则 P_{CC} 点的电压 V_{PCC} 也将随之降低。所以, 只须检测出当时的 P_{CC} 点的电压值与正常运行时的电压值进行比较, 孤岛将被检测出。

当定期检测出的电压值大于基准电压值时, 通过增加逆变器的输出有功功率 P_{inv} , 若电网正常工作, 则当逆变器输出有功功率增加时, 由式(3)可知, 逆变器增加的有功功率将补充电网提供的有功功率, 而交流负载上所得到的有功功率 P_{load} 将保持不变, 则 P_{CC} 点的电压 V_{PCC} 将保持不变。若此时处于孤岛中, 则交流负载上得到的有功功率全部来自于逆变器, 因 P_{inv} 增加, 使交流负载上得到的功率 P_{load} 也将增加, 则

P_{CC} 点的电压 V_{PCC} 也将升高。所以, 只须检测出当时的 P_{CC} 点的电压值与正常运行时的电压值进行比较。孤岛亦将被检测出。具体的程序流程图见图 3。

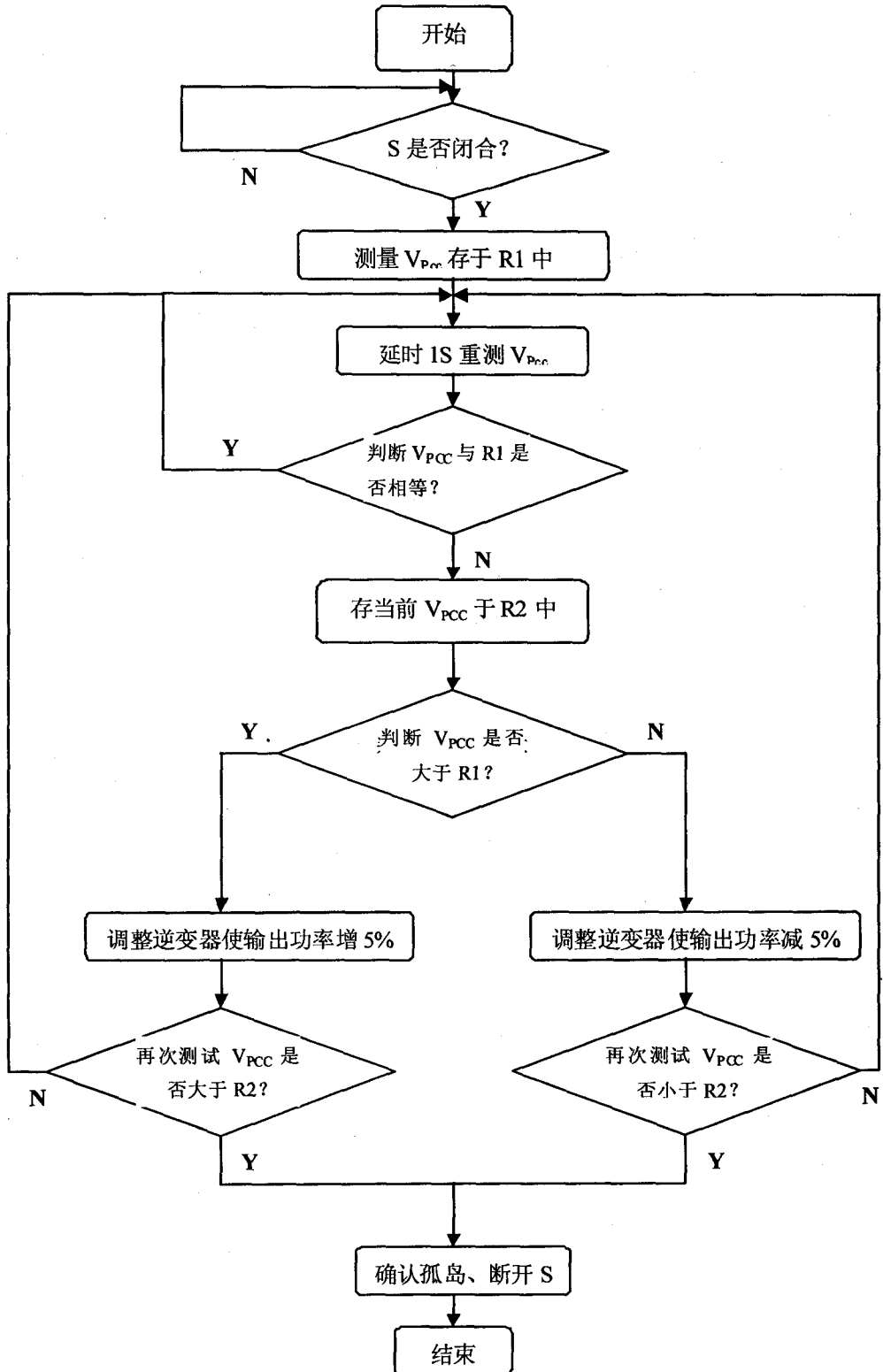


图 3 程序流程图

3.3 检测盲区处理

当逆变器输出功率与交流负载功率相等或非常接近时,即 ΔP 约等于 0 时,如果此时发生孤岛现象时,公共点电压 V_{PCC} 将基本没有变化,则系统将不会做增减扰动的主动检测工作,此时将产生检测盲区。针对此种情况可以在程序中增加定期加入扰动的方法来尽可能消除盲区,如可以每一小时作一次增加输出有功功率的扰动作主动检测来判断是否有孤岛产生。一般情况,交流负载随着用电设备的运行状态的不断变化,交流负载功率与逆变器输出功率也不会长时间保持在一个平衡状态中,即 ΔP 也不会一直保持为 0 的状态下工作,系统的不平衡时间远多于平衡时间,故采用定期进行主动增加扰动的方式可最大限度的减小检测盲区。当然,孤岛检测不论是采用哪种方式都无法完全消除检测盲区,本文的方法也只是尽可能减小检测盲区。

4 总结

本文提出了通过被动检测与主动检测相结合的光伏电站并网孤岛检测方法,被动检测通过逆变器中所带的过压、欠压、过频和欠频保护来实现,主动检测是通过对输出有功功率进行正反馈控制,观察公用连接点 P_{CC} 的电压的变化是否随输出有功功率的变化而变化,来判断系统是否在孤岛现象时运行,这种方法能有效缩小孤岛的检测盲区。

参考文献:

- [1] IEEE std929-2000, IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic(PV) Systems[S], Institute of Electronics Engineers, Inc, NewYork, USA, 2000.
- [2] GB/T 19939-2005 光伏系统并网技术要求[S].
- [3]刘方锐,康勇,张宇. 光伏并网逆变器的孤岛检测技术[J]. 电力科学与技术学报,2009.3.
- [4] 鹿婷,段善旭,康勇. 逆变器并网的孤岛检测方法[J]. 通信电源技术,2006.5

A Method of Islanding Detection for PV Grid-connected Converters

YANG Jian -xun

(College of Electrical and Mechanical Engineering, Wuxi Radio And TV University, Wuxi Jiangsu 214011,China)

Key words: PV ; grid-connected converter; islanding detection

Abstract: Although PV grid-connected converters are not using popularly in China now, But this is a trend. Islanding detection is an essential problem for PV grid-connected converters. This paper introduces an islanding detection method based on power controlling. To detect the point of common coupling voltage to determine the islanding. This method is simple and practical.