

光伏系统三相孤岛测试方法

针对目前并网逆变器孤岛检测领域的瞬时无功功率检测方法的不足之处,提出一种基于负序基波提取器的电流检测方法,该方法既不需要锁相环、低通滤波器,也不需要进行 $\alpha\beta$ 坐标变化到 dq 坐标及其反变换,直接利用负序基波提取器就完全可以绕开电网正序基波电压的检测,并对基于负序电流注入的三相孤岛检测的原理以及系统的实现与测试进行分析研究。

胡文平 高 骏 范 辉 王 磊/国网河北省电力公司电力科学研究院

研究意义和应用前景

并网逆变器的孤岛现象是指电网因故中断供电时逆变器仍向电网传输电能,和本地负载形成一个公共电网系统无法控制的自给供电孤岛。

光伏并网发电系统处于孤岛运行状态时会产生严重的后果:电网无法控制孤岛中的电压和频率,若电压和频率超出允许的范围,可能会对用户的设备造成损坏;若负载容量大于光伏发电系统容量,光伏发电系统过载运行,易被烧毁;与光伏发电系统相连的线路仍然带电,对检修人员造成危险,降低电网的安全性;对孤岛进行重合闸操作会导致该线路再次跳闸,还有可能损坏光伏发电系统和其他设备。可见,研究孤岛检测方法及保护措施,将孤岛产生的危害降至最低具有十分重要的现实意义^[1-3]。

试验方案及可行性分析

逆变器系统并网运行结构示意图如

图1所示。三相孤岛检测原理框图如图2所示。

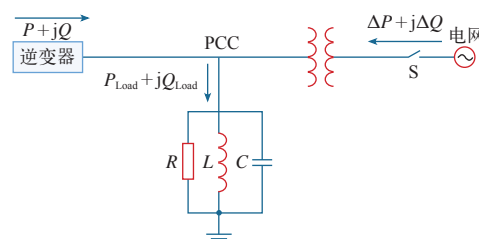


图1 逆变器系统并网运行结构示意图

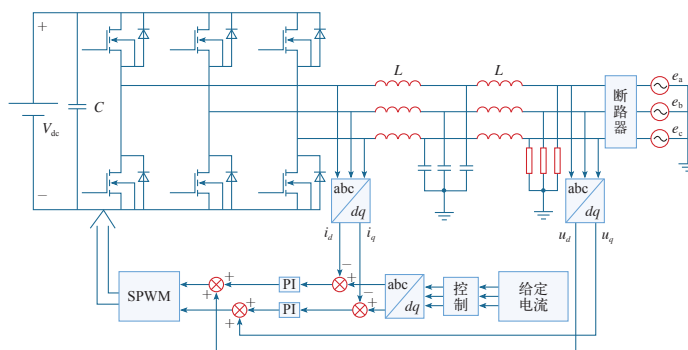


图2 三相孤岛检测原理框图

对于理想系统,由于三相对称,因此负序和零序分量为零,当系统故障时,三相变不对称,这时就能分解出幅值的负序和零序分量。总之,负序基波电流检测对于电能质量监测、控制和继电保护等都起着重要作用,并直接影响到电能质量控制装置、继电保护装置的工作性能。

1. 负序基波电流检测

针对瞬时无功功率理论的检测方法的不足之处,提出一种基于负序基波提取器的负序基波电流检测方法^[1],该方法既不需要锁相环、低通滤波器,也不需要进行 $\alpha\beta$ 坐标变化到 dq 坐标及其反变换^[4]。



胡文平/高级工程师

关键词/Keywords

负序电流检测·
孤岛现象·
三相孤岛检测·

(1) 幅值积分信号的选频特性

正弦信号 $e(t) = A \sin(\omega_1 t + \varphi)$ 的幅值积分为 $y(t) = A \sin(\omega_1 t + \varphi)t$ ，将正弦信号 $e(t)$ 延迟 90° 后可得其辅助信号 $x(t) = A \cos(\omega_1 t + \varphi)$ ，对上述3个信号进行拉普拉斯变换后，有

$$E(s) = \frac{A\omega_1 \cos \varphi}{s^2 + \omega_1^2} + \frac{As \sin \varphi}{s^2 + \omega_1^2} \quad (1)$$

$$X(s) = \frac{As \cos \varphi}{s^2 + \omega_1^2} - \frac{A\omega_1 \sin \varphi}{s^2 + \omega_1^2} \quad (2)$$

$$Y(s) = \frac{s}{s^2 + \omega_1^2} \left(\frac{A\omega_1^2 \cos \varphi}{s^2 + \omega_1^2} + \frac{As \sin \varphi}{s^2 + \omega_1^2} \right) + \frac{s}{s^2 + \omega_1^2} \left(\frac{As \cos \varphi}{s^2 + \omega_1^2} - \frac{A\omega_1 \sin \varphi}{s^2 + \omega_1^2} \right) \quad (3)$$

由式 (1) ~ 式 (3) 可知

$$Y(s) = \frac{s}{s^2 + \omega_1^2} E(s) + \frac{\omega_1}{s^2 + \omega_1^2} X(s) \quad (4)$$

第一种情况：当正弦信号 $e(t)$ 的频率有所偏差时，即

$$e'(t) = A \sin[(\omega_1 + \Delta\omega_1)t + \varphi] \quad (5)$$

$$x'(t) = A \cos[(\omega_1 + \Delta\omega_1)t + \varphi] \quad (6)$$

由式 (5) 和式 (6) 可知

$$\begin{aligned} & \frac{s}{s^2 + \omega_1^2} E'(s) + \frac{\omega_1}{s^2 + \omega_1^2} X'(s) \\ &= L \left\{ A \sin \left[\left(\omega_1 + \frac{\Delta\omega_1}{2} \right) t + \varphi \right] \frac{\sin \frac{\Delta\omega_1}{2} t}{\frac{\Delta\omega_1}{2}} \right\} \quad (7) \end{aligned}$$

当频率偏差足够小时，有： $\sin \frac{\Delta\omega_1}{2} = \frac{\Delta\omega_1}{2}$ 因此，式 (7) 可改写为

$$\frac{s}{s^2 + \omega_1^2} E'(s) + \frac{\omega_1}{s^2 + \omega_1^2} X'(s) = L \left\{ A \sin \left[\left(\omega_1 + \frac{\Delta\omega_1}{2} \right) t + \varphi \right] t \right\} \quad (8)$$

由式 (6) 和式 (8) 可知

$$Y'(s) = L[y'(t)] = \frac{s}{s^2 + \omega_1^2} E'(s) + \frac{\omega_1}{s^2 + \omega_1^2} X'(s) \quad (9)$$

这说明，只要频率偏差 $\Delta\omega_1$ 足够小，式 (4) 在一定的采样误差或电网频率偏移下成立。

第二种情况：当频率偏差 $\Delta\omega_1$ 较大时，有

$$\frac{\sin \frac{\Delta\omega_1}{2}}{\frac{\Delta\omega_1}{2}} = 0 \quad (10)$$

此时，由式 (7) 和 (10) 可知

$$\frac{s}{s^2 + \omega_1^2} E(s) + \frac{\omega_1}{s^2 + \omega_1^2} X(s) = 0 \quad (11)$$

所以，式 (9) 只对于频率偏差 $\Delta\omega_1$ 较小的信号成立；而对于其他频率偏差较大根据式 (4) 的运算可以得到基频正弦信号 $e(t)$ 的幅值积分信号，即式 (4) 的运算具有频率选择性。负序基波电流检测的实现电路如图3所示。

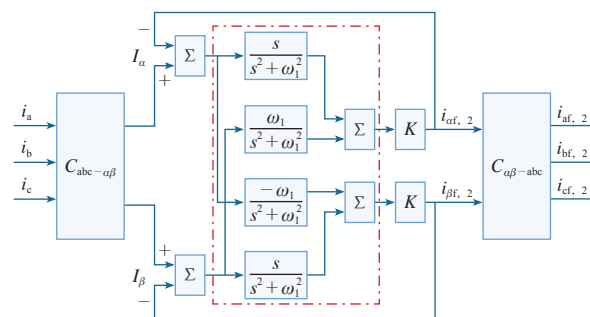


图3 负序基波电流检测的实现

2. 负序基波提取器的实现

传统提供的用于负序基波电流检测的方法大都需要利用电网电压信息，从而要求使用锁相环、低通滤波器，并进行 $\alpha\beta$ 坐标变换到 dq 坐标及其反变换的计算。显然，这大大增加了算法实现的复杂性，影响了算法的实时性。事实上，直接利用负序基波提取器就完全可以绕开电网正序基波电压的检测。负序基波提取器具体的方法为：将采样得到的三相电流信号 i_a 、 i_b 和 i_c 进行 $abc-\alpha\beta$ 坐标变换，将 i_α 、 i_β 作为图3所示负序基波提取器的输入量，得到理想的负序基波电流 $i_{af,2}$ 、 $i_{bf,2}$ ，将 $i_{af,2}$ 、 $i_{bf,2}$ 进行 $\alpha\beta-abc$ 变换，即可得到三相负序基波电流 $i_{af,2}$ 、 $i_{bf,2}$ 和 $i_{cf,2}$ 。

三相孤岛检测方案设计

分布式单元式通过电压逆变器被界定为分布式公共电网。这种方法基于通过对电压逆变器控制注入一个负序分量，定义一个相应的负序电压，在公共节点处作为孤岛检测的信号，公共节

点负序电压的检测和定量是通过信号处理方法进行的,它提供高性能的免噪声干扰和使很小的负序电流的孤岛检测。

结束语

对于多台逆变器的孤岛检测需注意以下两点:

1) 几个分布式电源(DG)并联在同一个公共连接点(PCC)上,在这种情况下,由于每个DG都是与自身孤岛检测平台相对应的,并且每个平台要求的信号和并网的参数,都是由公共节点PCC电压推出的,DG注入的负序分量大约同步,且不能彼此取代。所以,每台DG都能独立地检测出孤岛,不论其他的单元如何。

2) DG单元在对于不同的公共节点PCC时,并不是并行应用于主网络,在这种情况下,鉴于PCC处的网络拓扑、线性配置和电气化隔离,在孤岛发生之后,公共节点PCC处注入的DG单元的负序

电流会彼此相互影响。为了配电馈路,尤其是当DG单元电气化特性接近时,相互影响并不重要。

参考文献

- [1] 廖志凌,刘国海,贾洪平.应用HPF同时检测高次谐波与无功电流方法的讨论[J].电力系统自动化,2002,26(23):67-68.
- [2] 张桂斌,豫政,王广柱.基于空间矢量的基波正序、负序分量及谐波分量的实时检测方法[J].中国电机工程学报,2001,21(10):1-5.
- [3] 孙驰,魏光辉,毕增君.基于同步坐标变换的三相不对称系统的无功与谐波电流的检测[J].中国电机工程学报,2003,23(12):43-48.
- [4] 陈东华,谢少军,周波.用于有源电力滤波器谐波和无功电流检测的一种改进同步参考坐标法[J].中国电机工程学报,2005,25(20):62-67.

(收稿日期:2015-02-10) EA

先进照明灯具
寿命长、节能、环保

集成式测温系统
时时监控系统状态

该系统具有防护等级高、抗震
抗冲击、节能环保、应用温度
范围广泛的特点

预制式零部件
节省安装、维护时间与成本

工业级UPS系统
坚强可靠



Weidmüller

魏德米勒风电照明解决方案 — 高效、可靠、高性价比的完美融合

魏德米勒为全球客户和合作伙伴提供高品质的风电照明解决方案。

魏德米勒风电照明解决方案立足客户的实际需求和产品特性,针对性的提供个性化解决方案,高效、可靠、性价比高。可以为风机内部提供供电和照明一站式解决方案。

您之成功,我们力助

魏德米勒电联接(上海)有限公司

电话: 86 21-22195008 网址: www.weidmueller.com.cn