



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107681688 B

(45)授权公告日 2020.08.11

(21)申请号 201710855172.0

马红伟 郭宝甫

(22)申请日 2017.09.20

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107681688 A

代理人 陈浩

(43)申请公布日 2018.02.09

(51)Int.Cl.
H02J 3/38(2006.01)

(66)本国优先权数据
201710358830.5 2017.05.19 CN

(56)对比文件
CN 104767219 A, 2015.07.08
余运俊等. 光伏微网主动式孤岛检测方法综述.《电测与仪表》.2014,第51卷(第1期),第22-29页.

(73)专利权人 许继集团有限公司
地址 461000 河南省许昌市许继大道1298号
专利权人 国网宁夏电力公司电力科学研究院
国网宁夏电力公司
国家电网公司
许昌许继软件技术有限公司

王雪等. 基于自适应负序电压正反馈的孤岛检测方法.《电力自动化设备》.2016,第36卷(第12期),第36-42页.

审查员 赵焯

(72)发明人 李瑞生 翟登辉 丁茂生 高峰

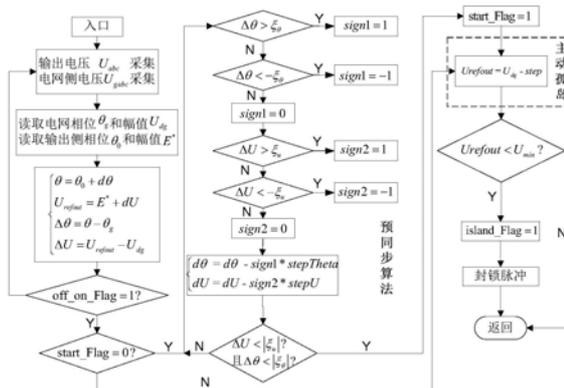
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

具备VSG特征的并网变流器及其孤岛判别方法与装置

(57)摘要

本发明涉及具备VSG特征的并网变流器及其孤岛判别方法与装置,本发明针对采用VSG技术的并网变流器,采用电网侧的电压扰动方法,对电网电压进行小幅度的正向电压扰动或负向电压扰动,并将扰动后的电压作为并网变流器的输出电压给定参考值,当电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值或小于第二电压阈值时,判定发生孤岛。本发明可以快速识别出孤岛现象,并且每次进行扰动的电压很小,不影响对电网系统的稳定性和可靠性。



1. 一种具备VSG特征的并网变流器孤岛判别方法,其特征在于,包括以下步骤:

所述具备VSG特征的并网变流器并网后,对电网侧电压进行持续的正向或负向电压扰动,并将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为所述并网变流器的输出电压给定参考值,检测每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压情况,当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于设定的第一电压阈值时,或当负向电压持续扰动后的电网侧电压小于设定的第二电压阈值时,判定孤岛发生;

所述正向或负向电压扰动为将电网侧电压幅值增加或减少步长step,其中步长step为设定值。

2. 根据权利要求1所述的具备VSG特征的并网变流器孤岛判别方法,其特征在于,当正向或负向电压持续扰动后的电网侧电压恢复到正常运行状态的电压时,判定孤岛没有发生。

3. 根据权利要求1所述的具备VSG特征的并网变流器孤岛判别方法,其特征在于,所述具备VSG特征的并网变流器在并网前,还包括将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行预同步并网调整的步骤。

4. 一种具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置,其特征在于,包括以下单元:

扰动单元:用于所述具备VSG特征的并网变流器在并网后,对电网侧电压进行持续的正向或负向电压扰动,将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为所述并网变流器的输出电压给定参考值;

比较单元:用于比较采集的每次正向电压扰动后的电网侧电压和设定的第一电压阈值,或比较采集的每次负向电压扰动后的电网侧电压和设定的第二电压阈值;

判断单元:用于当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值时,或当负向电压持续扰动后的电网侧电压小于第二电压阈值时,判定孤岛发生;

所述正向或负向电压扰动为将电网侧电压幅值增加或减少步长step,其中步长step为设定值。

5. 根据权利要求4所述的具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置,其特征在于,还包括用于当正向或负向电压持续扰动后的电网侧电压恢复到正常运行状态的电压时,判定孤岛没有发生的单元。

6. 根据权利要求4所述的具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置,其特征在于,还包括用于在将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行预同步并网调整的单元。

7. 一种具备VSG特征的并网变流器,包括变流器主电路和控制系统,其中,控制系统包括励磁控制器,其特征在于,所述控制系统还包括孤岛判别模块,所述孤岛判别模块包括以下单元:

扰动单元:用于所述具备VSG特征的并网变流器在并网后,对电网侧电压进行持续的正向或负向电压扰动,将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为所述并网变流器的输出电压给定参考值;

比较单元:用于比较采集的每次正向电压扰动后的电网侧电压和设定的第一电压阈值,或比较采集的每次负向电压扰动后的电网侧电压和设定的第二电压阈值;

判断单元:用于当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值时,或当负向

电压持续扰动后的电网侧电压小于第二电压阈值时,判定孤岛发生;

所述正向或负向电压扰动为将电网侧电压幅值增加或减少步长step,其中步长step为设定值。

8.根据权利要求7所述的具备VSG特征的并网变流器,其特征在于,所述孤岛判别模块还包括用于当正向或负向电压持续扰动后的电网侧电压恢复到正常运行状态的电压时,判定孤岛没有发生的单元。

9.根据权利要求7所述的具备VSG特征的并网变流器,其特征在于,所述孤岛判别模块还包括用于在所述具备VSG特征的并网变流器在并网前,将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行预同步并网调整的单元。

具备VSG特征的并网变流器及其孤岛判别方法与装置

技术领域

[0001] 本发明属于智能电网技术领域,具体涉及具备VSG特征的并网变流器及其孤岛判别方法与装置。

背景技术

[0002] 随着分布式电源渗透率的不断增加,电力系统中的旋转备用容量及转动惯量相对减少,这对电网的安全稳定运行带来了严峻挑战。近年来,虚拟同步发电机(Virtual Synchronous Generator, VSG)技术成为国内外学者的研究热点。VSG技术本质上就是将并网变流器的控制策略中植入传统同步发电机的下垂特性以及惯性和阻尼特性,进而可以参与电网的调压、调频,避免扰动情况下电压和频率的快速变化及系统振荡,具备了变流器的“电网友好型”特征和组网特性。

[0003] 现有技术中,常规的并网变流器一般采用功率控制或直接电流控制,其主动式孤岛判别基本都是对并网逆变器的输出采用频移、功率扰动或谐波注入等方法,这类检测方法都是针对电流控制型的并网变流器。

[0004] 而基于VSG技术的并网变流器在电网断开后,其仍保持电压源外特性,电压和频率都保持稳定,现有的频移或功率等引入扰动的检测方法因不能打破电网中电压或频率的平衡导致孤岛判别失效,因此需要一种主动孤岛判别方法对具有VSG特征的变流器进行孤岛检测。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种具备VSG特征的并网变流器及其孤岛判别方法与装置,用于解决现有主动孤岛检测技术无法检测出具备VSG特征的并网变流器存在孤岛的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提出一种具备VSG特征的并网变流器孤岛判别方法,包括以下步骤:

[0007] 所述具备VSG特征的并网变流器并网后,对电网侧电压进行持续的正向或负向电压扰动,并将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为所述并网变流器的输出电压给定参考值,检测每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压情况,当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于设定的第一电压阈值时,或当负向电压持续扰动后的电网侧电压小于设定的第二电压阈值时,判定孤岛发生。

[0008] 进一步,当正向或负向电压持续扰动后的电网侧电压恢复到正常运行状态的电压时,判定孤岛没有发生。

[0009] 进一步,所述具备VSG特征的并网变流器在并网前,还包括将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行预同步并网调整的步骤。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明还提出一种具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置,包括以下单元:

[0011] 扰动单元:用于所述具备VSG特征的并网变流器在并网后,对电网侧电压进行持续

的正向或负向电压扰动,将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为所述并网变流器的输出电压给定参考值;

[0012] 比较单元:用于比较采集的每次正向电压扰动后的电网侧电压和设定的第一电压阈值,或比较采集的每次负向电压扰动后的电网侧电压和设定的第二电压阈值;

[0013] 判断单元:用于当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值时,或当负向电压持续扰动后的电网侧电压小于第二电压阈值时,判定孤岛发生。

[0014] 进一步,还包括用于当正向或负向电压持续扰动后的电网侧电压恢复到正常运行状态的电压时,判定孤岛没有发生的单元。

[0015] 进一步,还包括用于在将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行预同步并网调整的单元。

[0016] 为解决上述技术问题,本发明还提出一种具备VSG特征的并网变流器,包括变流器主电路和控制系统,其中,控制系统包括励磁控制器,和孤岛判别模块,该孤岛判别模块包括以下单元:

[0017] 扰动单元:用于所述具备VSG特征的并网变流器在并网后,对电网侧电压进行持续的正向或负向电压扰动,将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为所述并网变流器的输出电压给定参考值;

[0018] 比较单元:用于比较采集的每次正向电压扰动后的电网侧电压和设定的第一电压阈值,或比较采集的每次负向电压扰动后的电网侧电压和设定的第二电压阈值;

[0019] 判断单元:用于当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值时,或当负向电压持续扰动后的电网侧电压小于第二电压阈值时,判定孤岛发生。

[0020] 进一步,所述孤岛判别模块还包括用于当正向或负向电压持续扰动后的电网侧电压恢复到正常运行状态的电压时,判定孤岛没有发生的单元。

[0021] 进一步,所述孤岛判别模块还包括用于在所述具备VSG特征的并网变流器在并网前,将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行预同步并网调整的单元。

[0022] 本发明的有益效果是:本发明针对具备VSG技术的并网变流器,采用电网侧的电压扰动方法,对电网电压进行小幅度的正向电压扰动或负向电压扰动,并将扰动后的电压作为并网变流器的输出电压给定参考值,当电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值或小于第二电压阈值时,判定发生孤岛。本发明可以快速识别出孤岛现象,并且每次进行扰动的电压很小,不影响对电网系统的稳定性和可靠性。

附图说明

[0023] 图1是具备VSG特征的并网变流器接入电网的总体架构图;

[0024] 图2是本发明实施的控制算法框图;

[0025] 图3是本发明主动孤岛判别方法的实现流程图;

[0026] 图4是本发明的孤岛判别方法的仿真图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

[0028] 如图1所示,VSG主要包括变流器主电路与控制系统。其中,变流器主电路为常规的并网逆变器拓扑,包括直流侧电压源(一般为光储或风储等,可视为原动机)、DC/AC变流器等(对应同步发电机的电能转换过程),其中DC/AC变流器包括变流器的变流及滤波环节;控制系统是实现VSG的核心,主要包括控制算法、预同步算法及主动孤岛判别算法。

[0029] 控制算法如图2所示,虚拟励磁控制器和虚拟调速器以及惯性阻尼环节都属于VSG的控制算法,其分别输出电压幅值参考值 E^* 和相位 θ_0 ,经幅值和相位调整单元,将变流器输出侧电压与电网侧电压的相位差和幅值差调整到很小范围内后进行合闸并网,并网后,将电网侧电压和变流器输出侧电压送入主动孤岛判别模块,该模块经过本发明的孤岛判别方法进行孤岛判别后,最后送入电压电流双闭环进行PWM控制。

[0030] 本发明的具备VSG特征的并网变流器孤岛判别方法(即上述控制算法)的流程如图3所示,包括以下步骤:

[0031] 步骤一,初始化相关参数:包括VSG控制算法涉及的额定频率 f_N 、额定电压 E_0 、初始有功功率 P_0 、无功功率 Q_N 以及惯量 J 和阻尼参数 D ,还包括预同步和孤岛判别方法涉及的相位差阈值 ξ_θ 、电压差阈值 ξ_u 、相位调节步长 $step\theta$ 、电压调节步长 $stepU$ 、实际相位差调节量 $d\theta$ 、实际幅值差调节量 dU 、电压最低阈值 U_{min} 以及扰动步长 $step$ 等参数。

[0032] 步骤二,VSG特征的并网变流器在并网前,需要进行预同步,将并网变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差进行调整,具体如下:

[0033] 如图1所示,开关 K_2 闭合, K_1 和 K_3 断开,并网变流器空载运行,采集电网侧的三相电压 U_{gabc} ,变流器输出侧的三相电压 U_{abc} ,经VSG控制算法后获取变流器输出侧的电压给定幅值 E^* 和相位 θ_0 ,读取电网侧电压经锁相环后得到的幅值 U_{dg} 和相位 θ_g ,定义变流器输出侧电压与电网侧电压的幅值差和相位差,计算式为:

$$[0034] \begin{cases} \theta = \theta_0 + d\theta \\ U_{refout} = E^* + dU \\ \Delta\theta = \theta - \theta_g \\ \Delta U = U_{refout} - U_{dg} \end{cases}$$

[0035] 式中, U_{refout} 为对电网进行扰动下VSG的输出电压峰值, ΔU 为变流器输出侧电压和电网侧电压的幅值差, $\Delta\theta$ 为变流器输出侧电压和电网侧电压的相位差, dU 为可调幅值差变量, $d\theta$ 为可调相位差变量,其中 $d\theta$ 和 dU 的初值设定为0, θ 为变流器输出侧电压的相位。

[0036] 如图3所示的预同步算法,比较 $\Delta\theta$ 的绝对值是否小于或等于设定的相位差阈值 ξ_θ , ΔU 的绝对值是否小于或等于设定的电压差阈值 ξ_u ,对实际幅值差调节变量 dU 和实际相位差调节变量 $d\theta$ 进行修正:

$$[0037] \begin{cases} d\theta = d\theta - sign1 * step\theta \\ dU = dU - sign2 * stepU \end{cases}$$

[0038] 式中, $step\theta$ 为相位调节步长, $stepU$ 为电压调节步长, $sign1$ 和 $sign2$ 为修正系数,取值分别为1、-1或0,当 $\Delta\theta > \xi_\theta$ 时, $sign1 = 1$,当 $\Delta\theta < -\xi_\theta$ 时, $sign1 = -1$,当 $|\Delta\theta| \leq \xi_\theta$ 时, $sign1 = 0$;当 $\Delta U > \xi_u$ 时, $sign2 = 1$,当 $\Delta U < -\xi_u$ 时, $sign2 = -1$,当 $|\Delta U| \leq \xi_u$ 时, $sign2 = 0$ 。

[0039] 幅值差调节变量 dU 和相位调节差变量 $d\theta$ 进行不断修正后,当 $\Delta\theta$ 的绝对值小于或

等于设定的相位差阈值 ξ_0 , ΔU 的绝对值小于或等于设定的电压差阈值 ξ_u 时,认为预同步完成,满足合闸并网条件,随时可以闭合并网开关K1,闭合K1后随即实现无冲击并网,然后闭合负载开关K3带载运行。

[0040] 步骤三,变流器并网后的孤岛判别过程为:将电网侧电压幅值 U_{dg} 减小步长step,即进行了一次负扰动(其实也可以进行正向扰动,这里以负扰动作介绍),其中step设置的值非常小(比如设为0.02V或其他很小的值),扰动后的值作为变流器输出侧电压的给定参考值,计算式为:

$$[0041] \quad U_{refout} = U_{dg} - \text{step}$$

[0042] 式中,将电网电压减少step,即进行了一次负向扰动,将扰动后的值作为变流器输出侧电压参考幅值,该扰动不断循环进行,则下一次扰动时,程序继续读取电网电压 U_{dg} ,若电网正常连接,则 U_{dg} 保持不变(即使电网电压存在波动,那么 U_{dg} 也会在正常范围内);若电网断开,由于失去电网支撑,则电网侧三相电压就是变流器输出侧三相电压,其电压幅值 $U_{dg} = U_{refout}$,对 U_{dg} 的循环扰动就会使得 U_{refout} 一直减小,当 U_{refout} 小于电压最低阈值 U_{min} 时,即可判别出孤岛现象。

[0043] 本发明属于一种新的主动孤岛判别方法,针对具备VSG技术的并网变流器,其主动孤岛判别方法是根据将电网电压进行自扰动,扰动的方式既可以是本实施例所提的负向电压的持续扰动,也可以是正向电压的持续扰动,其区别在于:当电网发生孤岛时,施加负向电压扰动方式使电网侧的电压值不断减小,当减小到电压最低阈值 U_{min} 时,判定发生孤岛,而施加正向电压扰动方式则是使电网侧的电压值不断增大,当增大到一个设定的电压阈值时判定发生孤岛;当电网没有发生孤岛时,无论在电网侧电压持续进行负向电压扰动还是正向电压扰动,电网侧的电压终会恢复到正常运行电压。本发明对电网侧进行扰动后的电压值赋予变流器输出电压的给定值,扰动值非常小,对系统稳定性基本没有影响,并且该方法效果显著,可以快速识别出孤岛现象。

[0044] 本发明还分别提出了一种具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置,及一种具备VSG特征的并网变流器。其中,具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置包括以下三个单元:

[0045] 扰动单元:用于具备VSG特征的并网变流器在并网后,对电网侧电压进行持续的正向或负向电压扰动,将每次正向或负向电压扰动后的电网侧电压值作为并网变流器的输出电压给定参考值;

[0046] 比较单元:用于比较采集的每次正向电压扰动后的电网侧电压和设定的第一电压阈值,或比较采集的每次负向电压扰动后的电网侧电压和设定的第二电压阈值;

[0047] 判断单元:用于当正向电压持续扰动后的电网侧电压大于第一电压阈值时,或当负向电压持续扰动后的电网侧电压小于第二电压阈值时,判定孤岛发生。

[0048] 而具备VSG特征的并网变流器即为图1所示VSG中的DC/AC变流器,其硬件结构为现有技术,其控制系统包括励磁控制器、电压电流双闭环及孤岛判别模块,该孤岛判别模块包括的三个单元,与具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置包括的三个单元相同。

[0049] 上述所指的具备VSG特征的并网变流器孤岛判别装置,实际上是基于本发明方法流程的一种计算机解决方案,即一种软件构架,可以应用到VSG的控制系统中,上述装置即为与方法流程相对应的处理进程。同样,具备VSG特征的并网变流器中孤岛判别模块,也是与方法流程相对应的处理进程。由于对上述方法的介绍已经足够清楚完整,而本发明声称

的并网变流器孤岛判别装置和孤岛判别模块实际上是一种软件构架,故不再详细进行描述。

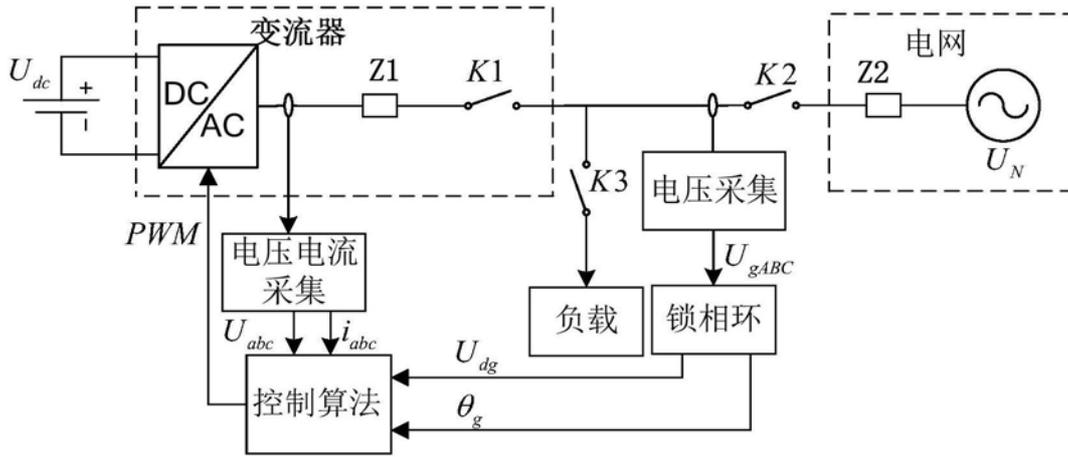


图1

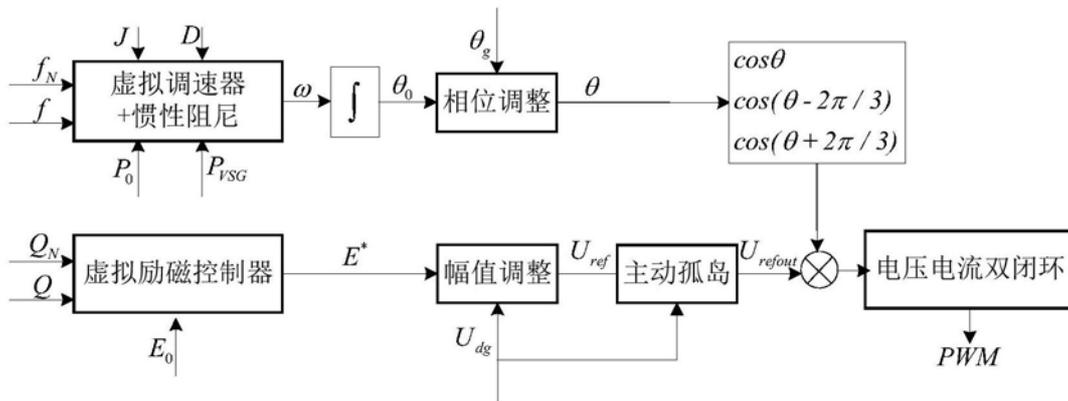


图2

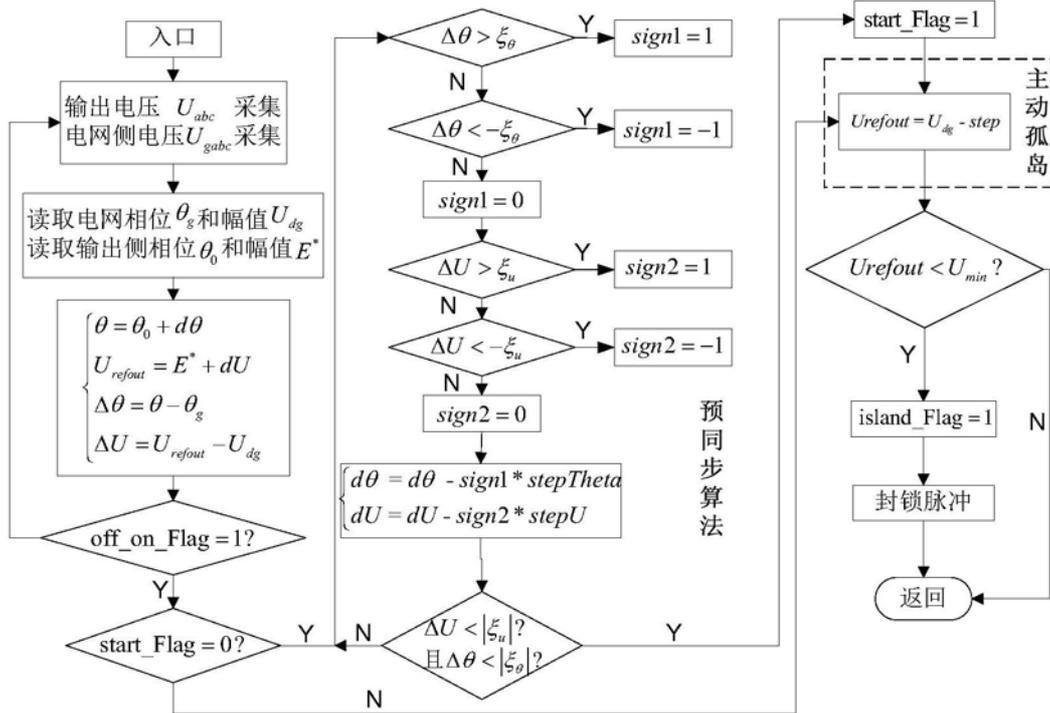


图3

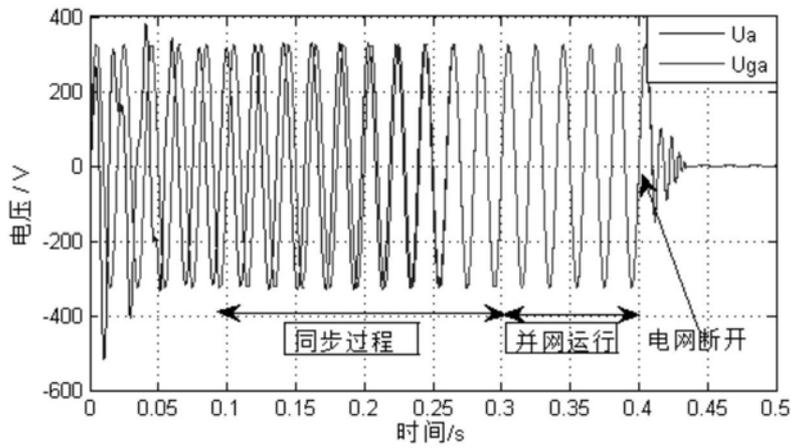


图4