



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102830307 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 19

(21) 申请号 201210294475. 7

(22) 申请日 2012. 08. 17

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路 28 号

(72) 发明人 张浩 郝越峰 马西奎

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 徐文权

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006. 01)

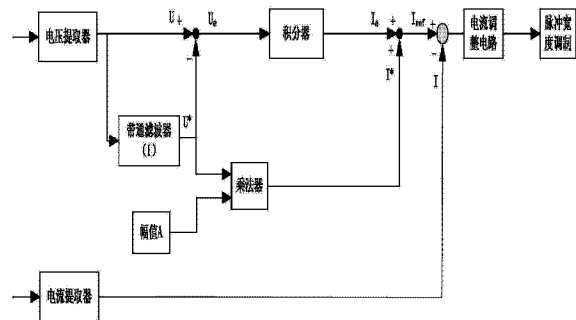
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法,其利用关系式 $i = \frac{1}{L} \int u dt$ 来扩大误差信号产生的作用,并以正反馈的形式对并网逆变器的输出电流进行扰动,以达到孤岛检测的目的,式中 i 代表对输出电流的扰动电流信号; u 代表误差电压信号。本发明直接在正反馈环节加入积分器,形成虚拟电感,使得 PCC 处电压不管出于哪种负载形式,都能迅速作出变化,大大减小了检测盲区。本发明只是在反馈环节处加入了虚拟电感,并不涉及很复杂的算法,所以,利于工程实现。



1. 一种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法,其特征在于,利用关系式 $i = \frac{1}{L} \int u dt$ 来扩大误差信号产生的作用,并以正反馈的形式对并网逆变器的输出电流进行扰动,以达到孤岛检测的目的;式中 i 代表对输出电流的扰动电流信号, u 代表误差电压信号, L 为电感值, t 为时间。

2. 根据权利要求 1 所述的基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 通过电压提取器提取负荷端电压,记为 U , 通过电流提取器提取负荷端电流,记为 I ;

2) U 经过中心频率为工频的带通滤波器,得到电压信号 U^* , 将得到的电压信号 U^* 与提取到的电压信号 U 经过减法器,获得误差电压信号,即谐波信号 U_e ; 让误差电压信号 U_e 经过积分器,得到扰动电流信号 I_e ;

3) 将通过带通滤波器后得到的电压信号与幅值 A 通过乘法器,获得与电网电压幅值相同的电流信号 I^* ; 然后将 I^* 与扰动电流信号 I_e 通过加法器,获得并网逆变器输出电流参考信号 I_{ref} ;

4) 将提取到的逆变器输出电流 I 与参考电流信号 I_{ref} 经过减法器,产生电流控制信号 I_c ; 将 I_c 通过电流调整电路来改善系统的稳定性能,最后通过 PWM 发生器,进而控制并网逆变器输出电流。

3. 根据权利要求 2 所述的基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法,在步骤 3) 中,所述幅值 A 由负载阻抗值决定; 获得与电网电压幅值相同的电流信号 I^* 是通过电压信号 U^* 获得的, 则, 由公式 $I = \frac{U}{|Z|}$ 可知, $I^* = \frac{1}{|Z|} U^*$, 所以, A 取 $\frac{1}{|Z|}$; $|Z|$ 为阻抗。

一种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于发电系统技术领域,涉及一种分布式并网发电系统,尤其涉及一种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法。

背景技术

[0002] 目前,全世界大部分的电力负荷是由大电网提供的。但是随着人们对电能质量和供电可靠性的要求越来越高,大型电网也逐渐凸现出其脆弱的一面。尤其近些年来世界范围内接连发生几次大面积停电事故,其缺陷充分暴露出来。

[0003] (1) 在大规模电网互联的模式中,其任何一点发生故障所产生的扰动,就会对整个电网产生巨大影响,甚至会导致整个电网的崩溃,造成灾难性后果。

[0004] (2) 由于大电网惯性很大,不能灵活的跟踪电力负荷变化。

[0005] (3) 对于偏远地区不能进行理想的供电。例如:某些地区离电力系统较远,而且人口稀少,但是要建设配电系统投资较大,成本很高。或者一些地区自然条件恶劣,根本无法架设线路。

[0006] 另一方面,随着一次能源的枯竭,环境的恶化,人们越来越关注生态环境的保护和可再生新能源的发展。这样,促使了分布式发电技术成为了新的研究热点。

[0007] 但是,分布式并网发电在满足人们用电需求的同时,也给电网带来了诸多安全隐患与事故,其中由孤岛所引起的安全问题也尤为突出。所谓孤岛效应,就是指当电网由于某种原因中断供电时,光伏并网发电系统仍然向周围的负载供电,从而形成一个电力公司无法控制的自给供电的孤岛(见图1)。这样,孤岛一旦形成后,就会对电力设备和人员造成巨大危害,所以要避免孤岛效应的产生。国内外相关组织已经规定,并网发电系统必须具备孤岛检测能力。因此,已成为分布式并网发电系统不可缺少的关键环节。

[0008] 目前,基本的孤岛检测方法有两大类:主动孤岛检测和被动孤岛检测。被动孤岛检测方法主要是通过观察公共耦合点(PCC)处得电压、频率以及相位的变化来判断有无孤岛产生。但这种方法有很大的局限性,即此法只能检测当分布式电源的输出功率与孤岛负载需求相差很大时,PCC点处得电压、频率和相位变化。如果分布式电源的输出功率与孤岛负载需求相差不大时,用此法检测,将会出现检测盲区(NDZ)。主动检测法则是通过在逆变器的控制信号中加入很小的电压、电流或相位扰动信号,并网运行时,由于受到大电网钳制,扰动信号作用很小;而当孤岛发生后,扰动信号所产生的作用就会很明显,然后通过检测PCC点的系统响应,来判断有无孤岛发生。由于主动扰动法打破了分布式发电系统输出与负荷之间的平衡关系,检测盲区很小,从而弥补了被动检测方法的不足。因而,主动检测法在分布式发电并网发电系统中得到了广泛应用。主动检测法主要有三类:幅值偏移法,频率偏移法和相位偏移法。常用的有:Sandia电压偏移法(SVS)、主动移频法(AFD)以及转差频率漂移法(SMS)。Sandia电压偏移法(SVS)就是对PCC点电压幅值引入正反馈,孤岛发生时,利用PCC点电压微小的变化引起并网逆变器输出电流的剧变,从而又导致PCC点电压发生变化,这样一直循环下去直至PCC点电压超出检测门槛值,孤岛被检测出来。但是,

这种算法复杂,不易于工程实现。主动移频法(AFD)和 Sandia 频率偏移法(SFS)都是通过改变逆变器输出电流的角频率对 PCC 点电压频率产生扰动,并网运行时电压保持在工频稳定,而孤岛运行时 PCC 点电压受逆变器输出电流频率的影响发生变化,超出阈值时,则认为产生了孤岛。但是,主动移频法的缺点显而易见:当主动移频(AFD)造成的相位差恰好与负载的阻抗角在工频或工频附近时相等时,孤岛将不能被检测出。并且,在多 DG 的情况下,一定要使逆变器的频率偏移方向一致,否则会相互影响,导致检测失败。而转差频率法(SMS)也需要对逆变器输出电流的相位不停地进行修正,因此对电能质量的影响较大。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测算法以保证在孤岛发生时有效、快速地检测出孤岛现象,并能有效避免由于逆变器输出功率与负载功率发生匹配时所造成的检测盲区。

[0010] 本发明的目的是通过以下技术方案来解决的:

[0011] 这种基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法,利用关系式 $i = \frac{1}{L} \int u dt$ 来扩大误差信号产生的作用,并以正反馈的形式对并网逆变器的输出电流进行扰动,以达到孤岛检测的目的;式中 i 代表对输出电流的扰动电流信号, u 代表误差电压信号, L 为电感值, t 为时间。

[0012] 进一步的,以上方法以下步骤:

[0013] 1) 通过电压提取器提取负荷端电压,记为 U , 通过电流提取器提取负荷端电流,记为 I ;

[0014] 2) U 经过中心频率为工频的带通滤波器,得到电压信号 U^* , 将得到的电压信号 U^* 与提取到的电压信号 U 经过减法器,获得误差电压信号,即谐波信号 U_e ; 让误差电压信号 U_e 经过积分器,得到扰动电流信号 I_e ;

[0015] 3) 将通过带通滤波器后得到的电压信号与幅值 A 通过乘法器,获得与电网电压幅值相同的电流信号 I^* ; 然后将 I^* 与扰动电流信号 I_e 通过加法器,获得并网逆变器输出电流参考信号 I_{ref} ;

[0016] 4) 将提取到的逆变器输出电流 I 与参考电流信号 I_{ref} 经过减法器,产生电流控制信号 I_c ; 将 I_c 通过电流调整电路来改善系统的稳定性能,最后通过 PWM 发生器,进而控制并网逆变器输出电流。

[0017] 进一步,上述步骤 3) 中,所述幅值 A 由负载阻抗值决定; 获得与电网电压幅值相同的电流信号 I^* 是通过电压信号 U^* 获得的, 则, 由公式 $I = \frac{U}{|Z|}$ 可知, $I^* = \frac{1}{|Z|} U^*$, 所以, A 取 $\frac{1}{|Z|}$; $|Z|$ 为阻抗。

[0018] 本发明具有以下有益效果:

[0019] (1) 本发明基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方法直接在正反馈环节加入积分器, 形成虚拟电感, 使得 PCC 处电压不管出于哪种负载形式, 都能迅速作出变化, 大大减小了检测盲区。

[0020] (2) 本发明只是在反馈环节处加入了虚拟电感, 并不涉及很复杂的算法, 所以, 利

于工程实现。

附图说明

[0021] 图 1 为孤岛发生后分布式发电供电状态图；

[0022] 图 2 为本发明虚拟电感孤岛检测控制框图；

[0023] 图 3 为本发明虚拟电感孤岛检测法阻性负载孤岛发生前后 PCC 处电压频率与幅值的变化；

[0024] 图 4 为本发明虚拟电感孤岛检测法感性负载孤岛发生前后 PCC 处电压频率与幅值的变化；

[0025] 图 5 为本发明虚拟电感孤岛检测法容性负载孤岛发生前后 PCC 处电压频率与幅值的变化。

具体实施方式

[0026] 本发明基于虚拟电感的正反馈孤岛检测方是利用关系式 $i = \frac{1}{L} \int u dt$ 来扩大误差信号产生的作用,并以正反馈的形式对并网逆变器的输出电流进行扰动,以达到孤岛检测的目的,式中 i 代表对输出电流的扰动电流信号; u 代表误差电压信号。

[0027] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述：

[0028] 本发明方法主要是通过对并网逆变器输出电流的频率及幅值进行扰动,使得孤岛发生后 PCC 处电压频率及幅值发生变化直至确定孤岛发生。

[0029] 具体控制流程如附图 2 所示。

[0030] (1) 通过电压提取器提取负荷端(即 PCC 处)电压,记为 U , 通过电流提取器提取负荷端(即 PCC 处)电流,记为 I 。

[0031] (2) U 经过中心频率为工频的带通滤波器,得到电压信号 U^* , 将得到的电压信号 U^* 与提取到的电压信号 U 经过减法器,获得误差电压信号,即谐波信号 U_e 。让误差电压信号 U_e 经过积分器,得到扰动电流信号 I_e 。

[0032] (3) 将通过带通滤波器后得到的电压信号 U^* 与幅值 A 通过乘法器,获得与电网电压幅值相同的电流信号 I^* 。然后将 I^* 与 I_e 通过加法器,获得并网逆变器输出电流参考信号 I_{ref} 。所述幅值 A 由负载阻抗值决定;获得与电网电压幅值相同的电流信号 I^* 是通过电压信号 U^* 获得的,则,由公式 $I = \frac{U}{|Z|}$ 可知, $I^* = \frac{1}{|Z|} U^*$, 所以, A 取 $\frac{1}{|Z|}$; $|Z|$ 为阻抗。

[0033] (4) 将提取到得逆变器输出电流 I 与参考电流信号 I_{ref} 经过减法器,产生电流控制信号 I_c 。将 I_c 通过电流调整电路来改善系统的稳定性能,最后通过 PWM 发生器,进而控制并网逆变器输出电流。

[0034] 以上参数选取范围如下：

[0035] 虚拟电感孤岛检测法中涉及如下参数:带通滤波器中心频率 f_0 , 幅值 A , 品质因数 Q_f 。

[0036] 一般工程上参数选取范围具体要求如下：

[0037] f_0 一般取当地工频电压频率,国内为 50Hz。

[0038] A 一般由负载阻抗值与并网电压值共同决定。

[0039] 为品质因数,一般满足 $Q_f \leq 2.5$ 。

[0040] 下面通过 Matlab 软件对本发明的孤岛检测法进行仿真验证。具体仿真参数如下:并网逆变系统额定输出功率为 7.5kW;电网电压有效值为 220V;电网频率 f_{grid} =带通滤波器中心频率 $f_0=50\text{Hz}$ 。

[0041] 实施例 1

[0042] 对于并联 RLC 负载,若其谐振频率等于电网电压频率,即为阻性负载,则有 $R = 3\ \Omega$, $L = 4\text{mH}$, $C = 2535.6\ \mu\text{F}$,并网开关在 0.2 秒时断开。此时,虚拟电感孤岛检测法在孤岛发生前后 PCC 处电压与频率的变化如附图 3 所示。

[0043] 实施例 2

[0044] 若并联 RLC 负载在电网电压频率处为感性负载,即 $f_0 > f_{grid}$,选取负载的参数为: $R=3\ \Omega$, $L=4\text{mH}$, $C=2000\ \mu\text{F}$,并网开关在 0.2 秒时断开。此时,虚拟电感孤岛检测法在孤岛发生前后 PCC 处电压与频率的变化如附图 4 所示。

[0045] 实施例 3

[0046] 若并联 RLC 负载在电网电压频率处为容性负载,即 $f_0 < f_{grid}$,选取负载的参数为: $R=3\ \Omega$, $L=4\text{mH}$, $C=3000\ \mu\text{F}$,并网开关在 0.2 秒时断开。此时虚拟电感孤岛检测法在孤岛发生前后 PCC 处电压频率的变化如附图 5 所示。

[0047] 由以上仿真结果分析可知,一旦孤岛发生后,PCC 处电压幅值及频率将发生很大变化,且本发明所提出的检测法在孤岛发生后的下一个周期内即可检测出孤岛发生。此外即使负载特性发生变化时,也能快速、准确的检测孤岛。因此,与现有技术相比,本文所提出的检测方法不仅大大减小了检测盲区,而且它保证在最恶劣条件下孤岛发生时快速、准确的检测出孤岛,确保系统运行安全。

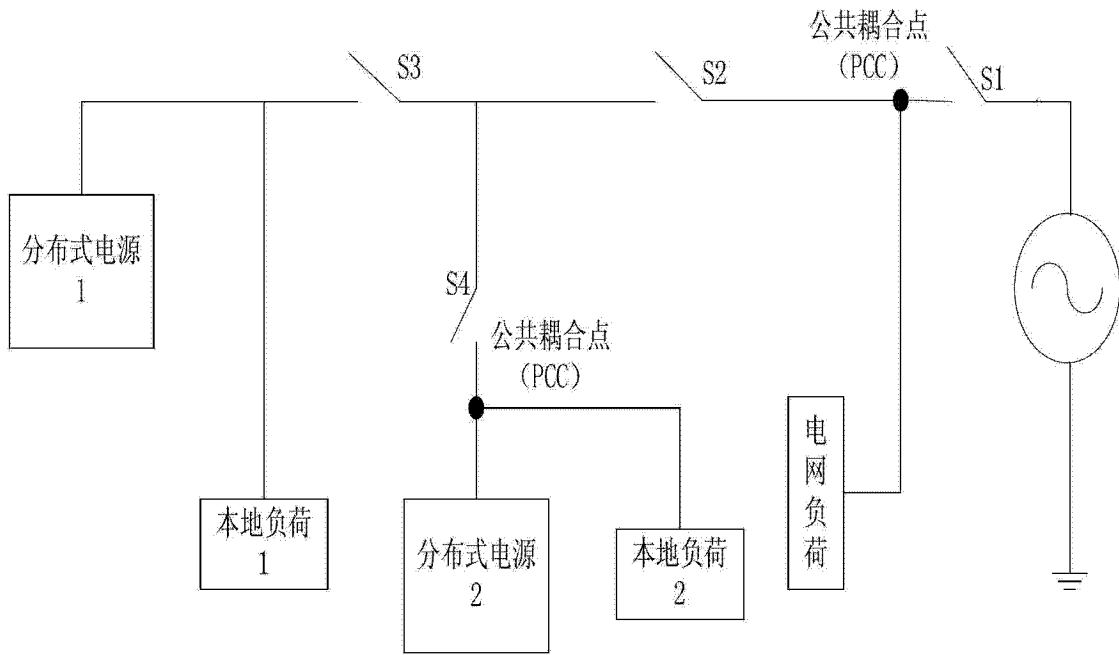


图 1

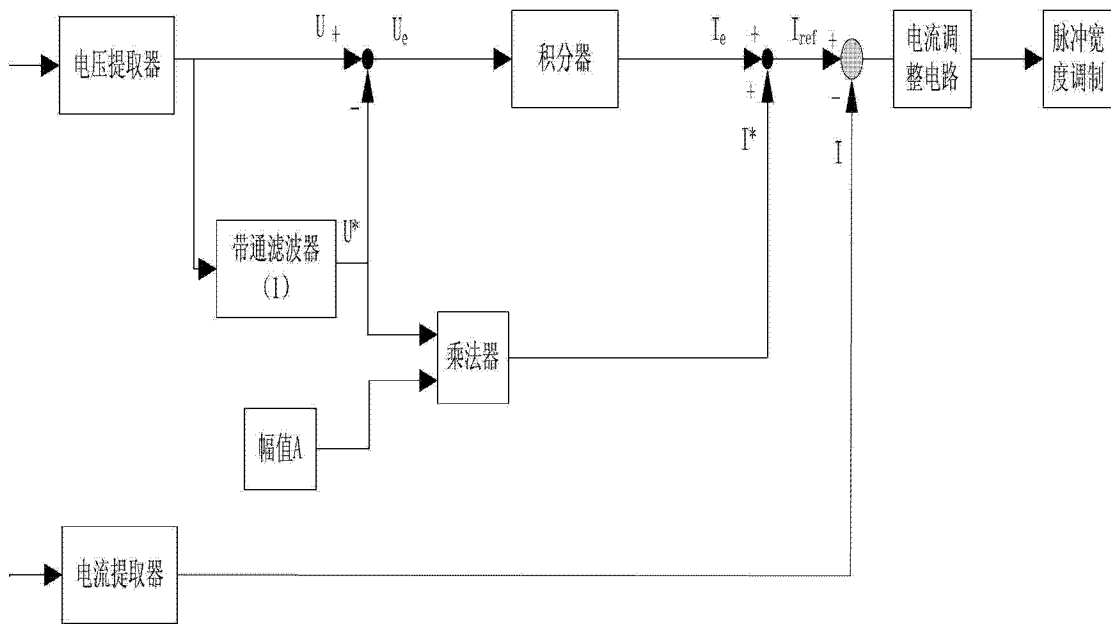


图 2

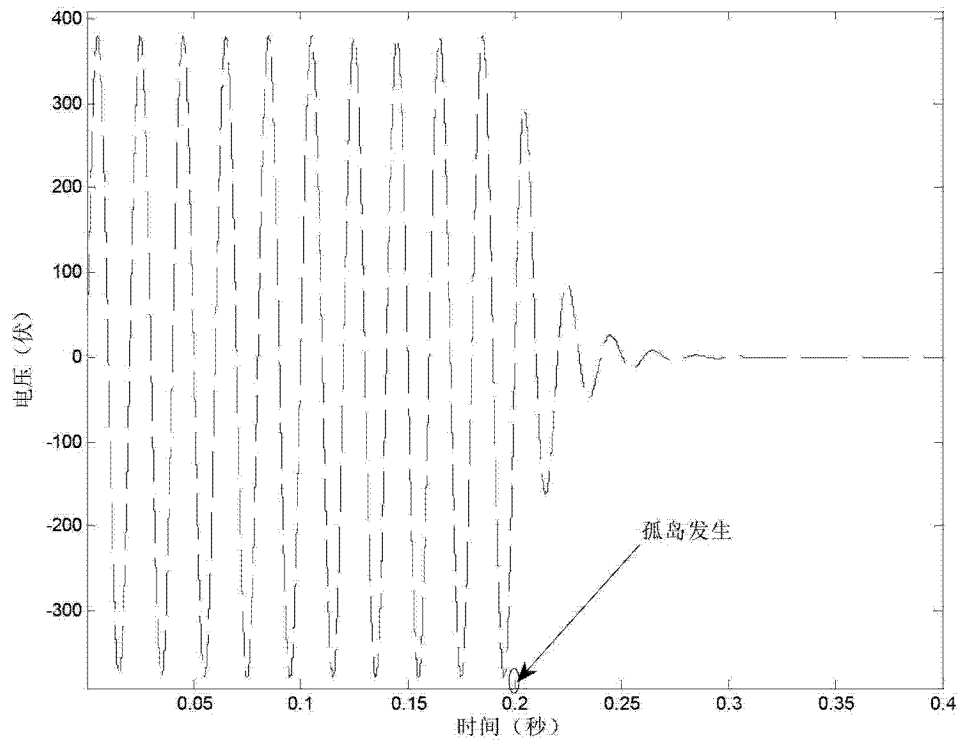


图 3

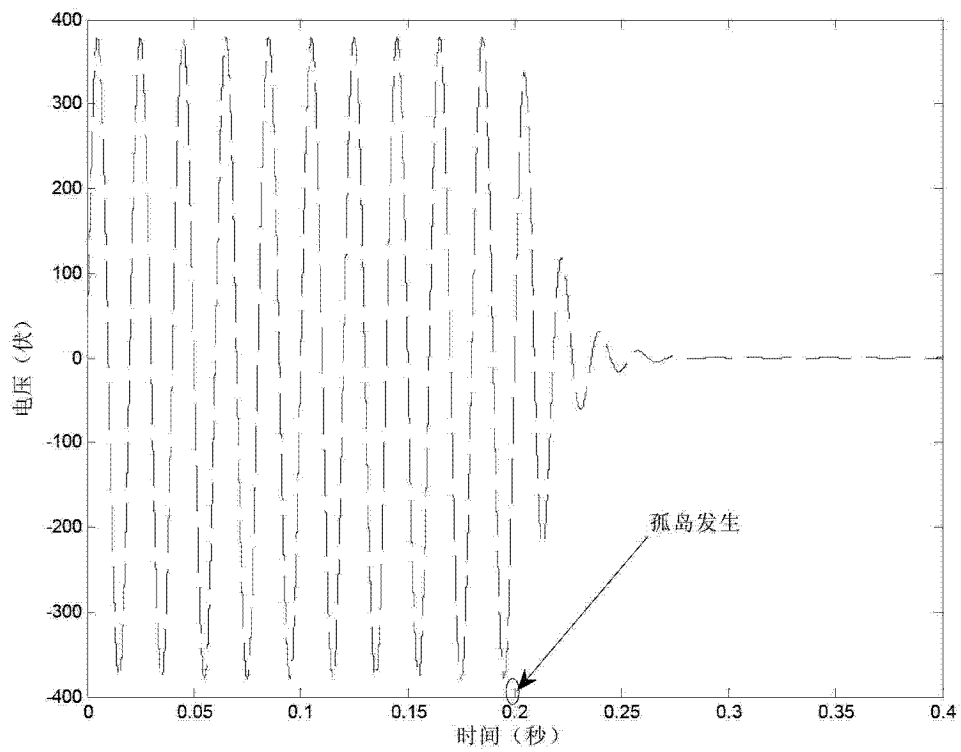


图 4

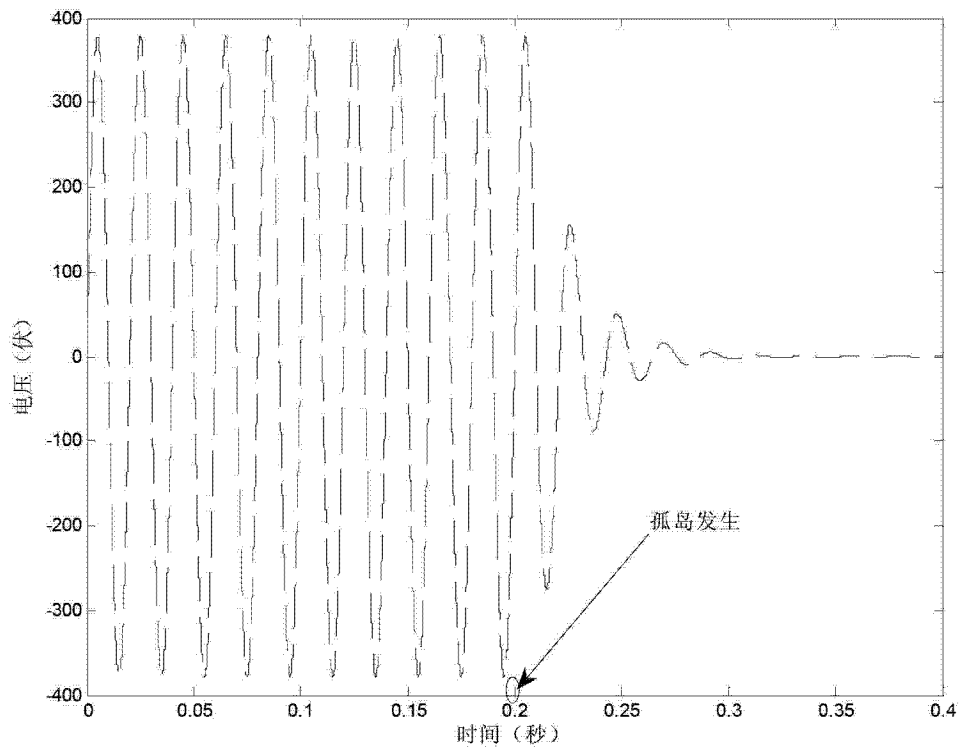


图 5