



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102270854 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 31

(21) 申请号 201110224393. 0

(22) 申请日 2011. 08. 05

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路 2 号

(72) 发明人 马静 米超 王玉慧 叶东华  
许冬 彭明法 王增平

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 黄家俊

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006. 01)

G01R 31/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101609981 A, 2009. 12. 23, 全文.

CN 101834431 A, 2010. 09. 15, 全文.

US 7275002 B2, 2007. 09. 25, 全文.

郭小强等. 光伏并网发电系统孤岛检测

技术. 《电工技术学报》. 2007, 第 22 卷 (第 4 期), 157-162.

程启明等. 分布式发电并网系统中孤岛检测方法的综述研究. 《电力系统保护与控制》. 2011, 第 39 卷 (第 6 期), 147-154.

审查员 李炜

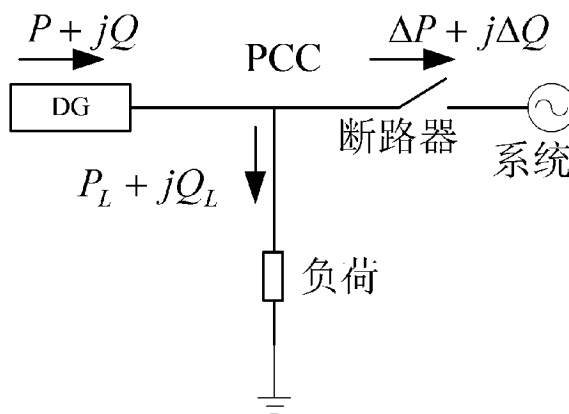
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法

(57) 摘要

本发明公开了分布式发电系统技术领域中的一种基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法。本发明在分布式发电系统并网控制原理的基础上加入电压谐波畸变率正反馈回路,利用滑动数据窗计算微网电压谐波畸变率 H 曲线与时间轴包围的面积 S,并根据面积 S 的大小判断是否发生孤岛。本方法原理简单,不破坏电能质量,能在 IEEE Std. 1547 标准中所定义的最恶劣情况下快速有效的检测出孤岛,适用于各种类型的断路情况,并且不受伪孤岛的干扰,具有良好的工程实用性。



1. 基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是该方法包括以下步骤:

步骤 1:利用滑动数据窗计算微网电压谐波畸变率 H 曲线与时间轴包围的面积 S;

步骤 2:根据面积 S 的值来判断是否发生孤岛;

a: 当面积 S 的值小于等于最小阈值  $\varepsilon_1$  时,则孤岛未发生;

b: 当面积 S 的值大于最小阈值  $\varepsilon_1$ ,且在之后的指定时间内,面积 S 的值不大于最大阈值  $\varepsilon_2$  时,则孤岛发生;

c: 当面积 S 的值大于最小阈值  $\varepsilon_1$ ,且在之后的指定时间内,面积 S 的值大于最大阈值  $\varepsilon_2$  时,则伪孤岛发生。

2. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述滑动数据窗的长度为 20 毫秒。

3. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述指定时间为 20 毫秒。

4. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述微网电压谐波畸变率 H 的计算公式为:

$$H = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}}{U_1} = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{U_k}{U_1}\right)^2} \times 100\%$$

其中:

H 为微网电压谐波畸变率;

$U_k$  为各次电压谐波的幅值;

$U_1$  为电压基波幅值。

5. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述最小阈值  $\varepsilon_1$  的取值为 0.3。

6. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述最大阈值  $\varepsilon_2$  的取值为 10。

7. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述孤岛未发生时微网电流的表达式为:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I_m + KHU_m) \cos(\omega t) \\ (I_m + KHU_m) \cos(\omega t - 120^\circ) \\ (I_m + KHU_m) \cos(\omega t + 120^\circ) \end{bmatrix}$$

其中:

$i_a$  为微网并网运行时输出的 a 相电流;

$i_b$  为微网并网运行时输出的 b 相电流;

$i_c$  为微网并网运行时输出的 c 相电流;

$I_m$  为逆变器输出电流的幅值;

K 为正反馈系数;

$U_m$  为电网电压的幅值;

$\omega$  为角频率；

H 为微网电压谐波畸变率。

8. 根据权利要求 1 所述的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是所述孤岛发生时微网电压的表达式为:

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_a i_a \\ Z_b i_b \\ Z_c i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |Z|(I_m + KHU_m)\cos(\omega t + \phi_z) \\ |Z|(I_m + KHU_m)\cos(\omega t - 120^\circ + \phi_z) \\ |Z|(I_m + KHU_m)\cos(\omega t + 120^\circ + \phi_z) \end{bmatrix}$$

其中:

$u_a$  为孤岛发生时的 a 相电压;

$u_b$  为孤岛发生时的 b 相电压;

$u_c$  为孤岛发生时的 c 相电压;

$Z_a$  为 a 相等值阻抗;

$Z_b$  为 b 相等值阻抗;

$Z_c$  为 c 相等值阻抗;

$i_a$  为微网并网运行时输出的 a 相电流;

$i_b$  为微网并网运行时输出的 b 相电流;

$i_c$  为微网并网运行时输出的 c 相电流;

$I_m$  为逆变器输出电流的幅值;

K 为正反馈系数;

H 为微网电压谐波畸变率;

$U_m$  为电网电压的幅值;

$\omega$  为角频率;

$\phi_z$  为各相等值阻抗的阻抗角;

$$|Z| = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2};$$

L 为等效串联电感;

R 为等效串联电阻;

C 为等效串联电容。

## 基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于分布式发电系统技术领域,尤其涉及一种基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法。

### 背景技术

[0002] 孤岛检测是微电网灵活控制的关键问题之一。它是指在电网发生故障情况下,并网运行的分布式发电系统(distributed generation, DG)与电网断开,并与周围负载形成的一个微型自给供电网络。由于分布式发电系统在并网运行与孤岛运行情况下所采用的控制模式不同,只有快速准确的检测出孤岛运行状态,才能实现分布式发电系统控制模式的顺利切换,因此,孤岛检测具有十分重要的现实意义。

[0003] 目前,孤岛检测方法可分为被动检测法、主动检测法、开关状态检测法三类:

[0004] (1) 被动检测法包括:过电压/欠电压、过频/欠频、相位突变检测法、电压谐波检测法等,此类方法的优点是实现简单,缺点是当发生孤岛后公共耦合点电压处于非检测区内时,存在无法识别问题。

[0005] (2) 主动检测法包括:主动频率偏移法、滑模方式频率偏移法、带正反馈的主动频率偏移法、自动相位偏移法等,这类方法通过加入不同的干扰信号打破了孤岛运行状态下微网运行的平衡,使公共点电压或频率超出阈值范围,从而检测出孤岛,此类方法检测精度高,检测盲区(non-detection zone, NDZ)小,但会降低逆变器输出的电能质量,大都具有破坏性。

[0006] (3) 开关状态检测法,即利用电力线载波通信(power line carrier communication, PLCC)和系统监控数据采集(supervisor control and data acquisition, SCADA)等通信手段来检测孤岛,该类方法检测检测盲区较小,但由于花费较高,设计复杂,未在DG中得到广泛应用。

### 发明内容

[0007] 针对上述背景技术中提到的现有孤岛检测方法存在破坏性、识别能力差等不足,本发明提出了一种基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法。

[0008] 本发明的技术方案是,基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,其特征是该方法包括以下步骤:

[0009] 步骤1:利用滑动数据窗计算微网电压谐波畸变率H曲线与时间轴包围的面积S;

[0010] 步骤2:根据面积S的定值大小判断是否发生孤岛;

[0011] 步骤1:利用滑动数据窗计算微网电压谐波畸变率H曲线与时间轴包围的面积S

[0012] 步骤2:根据面积S的值来判断是否发生孤岛;

[0013] a:当面积S的值小于等于最小阈值 $\varepsilon_1$ 时,则孤岛未发生;

[0014] b:当面积S的值大于最小阈值 $\varepsilon_1$ ,且在之后的指定时间内,面积S的值不大于最大阈值 $\varepsilon_2$ 时,则孤岛发生;

[0015]  $c$  :当面积  $S$  的值大于最小阈值  $\varepsilon_1$ ,且在之后的指定时间内,面积  $S$  的值大于最大阈值  $\varepsilon_2$  时,则伪孤岛发生。

[0016] 所述滑动数据窗的长度为 20 毫秒。

[0017] 所述指定时间为 20 毫秒。

[0018] 所述微网电压谐波畸变率  $H$  的计算公式为 :

$$[0019] \quad H = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}}{U_1} = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{U_k}{U_1}\right)^2} \times 100\%$$

[0020] 其中 :

[0021]  $H$  为微网电压谐波畸变率 ;

[0022]  $U_k$  为各次电压谐波的幅值 ;

[0023]  $U_1$  为电压基波幅值。

[0024] 所述最小阈值  $\varepsilon_1$  的取值为 0.3。

[0025] 所述最大阈值  $\varepsilon_2$  的取值为 10。

[0026] 所述孤岛未发生时微网电流的表达式为 :

[0027]

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I_m + KHU_m) \cos(\omega t) \\ (I_m + KHU_m) \cos(\omega t - 120^\circ) \\ (I_m + KHU_m) \cos(\omega t + 120^\circ) \end{bmatrix}$$

[0028] 其中 :

[0029]  $i_a$  为微网并网运行时输出的 a 相电流 ;

[0030]  $i_b$  为微网并网运行时输出的 b 相电流 ;

[0031]  $i_c$  为微网并网运行时输出的 c 相电流 ;

[0032]  $I_m$  为输出电流的幅值 ;

[0033]  $K$  为正反馈系数 ;

[0034]  $U_m$  为电网电压的幅值 ;

[0035]  $\omega$  为角频率。

[0036] 所述孤岛发生时微网电压的表达式为 :

[0037]

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_a i_a \\ Z_b i_b \\ Z_c i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |Z|(I_m + KHU_m) \cos(\omega t + \phi_z) \\ |Z|(I_m + KHU_m) \cos(\omega t - 120^\circ + \phi_z) \\ |Z|(I_m + KHU_m) \cos(\omega t + 120^\circ + \phi_z) \end{bmatrix}$$

[0038] 其中 :

[0039]  $u_a$  为孤岛发生时的 a 相电压 ;

[0040]  $u_b$  为孤岛发生时的 b 相电压 ;

[0041]  $u_c$  为孤岛发生时的 c 相电压 ;

[0042]  $Z_a$  为 a 相等值阻抗 ;

- [0043]  $Z_b$  为 b 相等值阻抗；
- [0044]  $Z_c$  为 c 相等值阻抗；
- [0045]  $U_m$  为电网电压的幅值；
- [0046]  $\phi_z$  为各相等值阻抗的阻抗角；
- [0047] L 为等效串联电感；
- [0048] R 为等效串联电阻；
- [0049] C 为等效串联电容。
- [0050] 本发明利用电压谐波畸变率提出了孤岛检测的方法,主要有以下优点:
- [0051] (1) 能在 IEEE Std. 1547 标准中所定义的最恶劣情况下快速有效的检测出孤岛；
- [0052] (2) 孤岛检测成功时,微电网的电压幅值和频率均能维持在允许范围内,电能质量未遭受破坏,便于微网由并网控制模式向孤岛控制模式的平滑切换,因此具有非破坏性和无盲区的特点；
- [0053] (3) 不仅适用于三相断路的孤岛检测情况,同时对于单相断路和两相断路的情况同样适用；
- [0054] (4) 对于伪孤岛现象不会出现误判。
- [0055] 该方法原理简单,适用范围广,在各种故障条件及其他恶劣情况下均能有效地检测出孤岛,且不受伪孤岛的影响,能够满足现场的应用要求,具有工程实际意义。

#### 附图说明

- [0056] 图 1 为本发明的主电路系统示意图；
- [0057] 图 2 为电压谐波畸变率的积分求和示意图；
- [0058] 图 3 为三相断路对称故障下发生孤岛,应用本发明的孤岛检测各特征量波形图；
- [0059] 图 a 为电网电压波形图；图 b 为谐波畸变率曲线图；图 c 为谐波畸变率曲线与时间轴包围面积曲线图；图 d 为逆变器输出电流波形图；图 e 为微网频率曲线图；图 f 为微网电压幅值曲线图；
- [0060] 图 4 为非对称故障下发生孤岛,应用本发明的孤岛检测谐波畸变率曲线图和时间轴包围面积曲线图；
- [0061] 图 a 为单相断路情况下谐波畸变率曲线与时间轴包围面积曲线图；图 b) 为两相断路情况下谐波畸变率曲线与时间轴包围面积曲线图；
- [0062] 图 5 为伪孤岛情况下,应用本发明的孤岛检测各特征量波形图；
- [0063] 图 a 为电网电压波形图；图 b 为谐波畸变率曲线图；图 c 为谐波畸变率曲线与时间轴包围面积曲线图。

#### 具体实施方式

[0064] 下面结合附图,对优选实施例作详细说明。应该强调的是,下述说明仅仅是示例性的,而不是为了限制本发明的范围及其应用。

[0065] 微电网并网运行时,由于微网电压与频率由大电网决定,电压谐波畸变率正反馈回路不会影响逆变器输出电流频率,并网控制器依然能正常运行,且在并网运行情况下电压谐波畸变率  $H$  很小,正反馈回路对逆变器输出电流影响不大,电能质量不会遭受破坏。而

当孤岛发生后,逆变器控制模式未发生改变,微网电压将通过正反馈回路与逆变器输出电流相互作用,使电压谐波畸变率H增大。本方法在分布式发电系统并网控制原理的基础上,加入电压谐波畸变率正反馈回路,通过对谐波畸变率与时间轴包围面积进行分析,即可检测出孤岛。具体步骤如下:

[0066] 首先,利用 20 毫秒的滑动数据窗,计算微网电压谐波畸变率 H 曲线与时间轴包围的面积 S。

[0067] 设定的最小阈值  $\varepsilon_1$  取为 0.3,最大阈值  $\varepsilon_2$  取为 10。

[0068] 然后,根据面积 S 大小判断是否发生孤岛,判据如下:

[0069] (1) 当面积 S 小的值于等于最小阈值  $\varepsilon_1$  时,则孤岛未发生;

[0070] (2) 当面积 S 的值大于最小阈值  $\varepsilon_1$ ,且在超过最小阈  $\varepsilon_1$  值后 20 毫秒内面积 S 的值不大于最大阈值  $\varepsilon_2$  时,则孤岛发生;

[0071] (3) 当面积 S 的值大于最小阈值  $\varepsilon_1$ ,且在超过最小阈值  $\varepsilon_1$  后 20 毫秒内面积 S 的值大于最大阈值  $\varepsilon_2$  时,则判定孤岛未发生,出现的为伪孤岛。

[0072] 电压谐波畸变率 H 的计算公式为:

$$[0073] \quad H = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}}{U_1} = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{U_k}{U_1}\right)^2} \times 100\%$$

[0074] 其中:

[0075] H 为电压谐波畸变率;

[0076]  $U_k$  为各次电压谐波的幅值,  $k = 2, 3, \dots, \infty$ ;

[0077]  $U_1$  为电压基波幅值。

[0078] 微电网并网运行时,如式 (1) 所示,微网电压与频率由大电网决定,引入电压谐波畸变率正反馈回路,不会影响逆变器输出电流频率,并网控制器依然能正常运行,并且三相电流相位依然为理想条件下互差  $120^\circ$ 。我国国家标准 GB/T14549-93 规定:0.38KV 电压等级下电网电压正弦波总谐波畸变率不得超过 5%。因此,在微网正常并网运行情况下,式 (1) 中电压谐波畸变率 H 很小,正反馈回路对逆变器输出电流影响不大,电能质量不会遭受破坏。

[0079]

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I_m + KHU_m) \cos(\omega t) \\ (I_m + KHU_m) \cos(\omega t - 120^\circ) \\ (I_m + KHU_m) \cos(\omega t + 120^\circ) \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0080] 其中:

[0081]  $i_a$  为微网并网运行时输出的 a 相电流;

[0082]  $i_b$  为微网并网运行时输出的 b 相电流;

[0083]  $i_c$  为微网并网运行时输出的 c 相电流;

[0084]  $I_m$  为输出电流的幅值;

[0085] K 为正反馈系数;

[0086]  $U_m$  为电网电压的幅值;

[0087]  $\omega$  为角频率。

[0088] 当发生孤岛运行时,微网电压的表达式如式 (2) 所示:

[0089]

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_a i_a \\ Z_b i_b \\ Z_c i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |Z|(I_m + KHU_m) \cos(\omega t + \phi_z) \\ |Z|(I_m + KHU_m) \cos(\omega t - 120^\circ + \phi_z) \\ |Z|(I_m + KHU_m) \cos(\omega t + 120^\circ + \phi_z) \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0090] 其中:

[0091]  $u_a$  为孤岛发生时的 a 相电压;

[0092]  $u_b$  为孤岛发生时的 b 相电压;

[0093]  $u_c$  为孤岛发生时的 c 相电压;

[0094]  $Z_a$  为 a 相等值阻抗,  $Z(s) = RLs / (RLCs^2 + Ls + R)$ ,  $|Z| = 1 / \sqrt{(\frac{1}{R})^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}$ ;

[0095]  $Z_b$  为 b 相等值阻抗;

[0096]  $Z_c$  为 c 相等值阻抗;

[0097]  $U_m$  为电网电压的幅值;

[0098]  $\phi_z$  为各相等值阻抗的阻抗角,  $\angle \phi_z = \arctan(R(1 - \omega^2 LC) / (\omega L))$ ;

[0099] L 为等效串联电感;

[0100] R 为等效串联电阻;

[0101] C 为等效串联电容。

[0102] 孤岛发生后,逆变器控制模式未发生改变,依然为恒功率控制,且无调压措施,由式 (2) 可知,微网电压将通过正反馈回路与逆变器输出电流相互作用,从而使电压谐波畸变率 H 增大。但是电压谐波畸变率 H 不可能无限增大,仍要满足国家标准对它的要求。

[0103] 本发明提出基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法,结合附图,以下给出实施例的详细说明和具体的操作过程:

[0104] 针对本发明,在一台采用 TI 公司 DSPTMS320F240 做主控芯片的逆变电源上进行实验。如图 1 所示,逆变电源主电路为三相逆变电路,直流输入电压为 800V,输出并网电流指令为 0.11kA,本地负载为阻性负载 ( $R = 2.904 \Omega$ ,  $L = 3.698\text{mH}$ ,  $C = 2740.2 \mu\text{F}$ ), LC 滤波器电路参数为  $L_f = 0.6\text{mH}$ ,  $C_f = 1500 \mu\text{F}$ ,系统通过变压器接入 220V 的市电网。

[0105] 图 2 所示为电压谐波畸变率的积分求和示意图,数据窗长度为 20 毫秒。谐波畸变率与时间轴包围面积的最小阈值  $\varepsilon_1$  取为 0.3,最大阈值  $\varepsilon_2$  取为 10。我国国家标准 GB/T 14549-93 规定:0.38KV 电压等级下电网电压正弦波总谐波畸变率不得超过 5%。在微网正常并网运行情况下,式 (1) 中的微网电压谐波畸变率 H 很小,正反馈回路对逆变器输出电流、电能质量、微网电压、频率等影响不大。孤岛发生后,逆变器控制模式未发生改变,依然为恒功率控制,且无调压措施,微网电压将通过正反馈回路与逆变器输出电流相互作用,使微网电压谐波畸变率 H 增大。同时,孤岛运行时的微网电压谐波畸变率 H 不可能无限增大,仍能满足国家标准对它的要求。通过对各种运行状况下电压谐波畸变率与时间轴包围的面积大小进行分析,判断当前系统是否发生孤岛。

[0106] 如图 1 所示,系统仿真开始时,微电网并网运行,采用恒功率控制模式。在 0.5 秒时



刻将三相断路器断开,应用本发明进行检测,各特征量的仿真波形图如图3所示:图3a为电网电压波形;图3b所示为谐波畸变率的变化曲线图,在0.5秒时刻,微网与电网断开,进入孤岛运行状态,向本地负荷供电。0.5秒后,由于正反馈回路的存在,电压谐波畸变率H有大幅增加,但仍处于最大允许值5%范围内,电压质量未遭受破坏;图3c所示为谐波畸变率与时间轴包围面积的曲线图。伴随着谐波畸变率的增加,S在0.5秒后也呈现出上升的趋势,并在0.54秒时刻超过最小阈值,且在超过最小阈值20毫秒内,未超过最大阈值,因此判定为发生孤岛,与设定的条件一直,孤岛检测成功;图3d给出了逆变器输出电流波形,从图中可以看出,微网并网运行时输出电流波形基本不受正反馈回路的影响,微网可以稳定运行,在孤岛检测成功之后,微网停止逆变器工作。在孤岛检测过程中,微网频率与电压幅值分别如图3e和3f所示,由图可知,两者均处于国家标准GB/T 14549-93规定的正常运行范围,本方法可以实现非破坏性和无盲区检测。

[0107] 图4为非对称故障下,应用本发明的孤岛检测谐波畸变率曲线图和时间轴包围面积曲线图。其中,图4a为单相断路情况下,微网电压谐波畸变率H曲线与时间轴包围面积曲线图;图4b为两相断路情况下,微网电压谐波畸变率H曲线与时间轴包围面积曲线图。由图4可以看出,在微网与主网之间联络线上公共连接点(point of common coupling,PCC)处断路器出现一相或者两相断开这两种情况,与三相断路器断开情况类似,0.5秒断开后,孤岛检测谐波畸变率曲线与时间轴包围面积S也呈现出上升的趋势,并超出最小阈值,且在超出最小阈值20毫秒内,未超过最大阈值,成功检测出孤岛。这就表明本方法能够实现非全相运行情况下的孤岛检测。

[0108] 对于风力发电系统,当电网发生故障比如电压降落,风力发电系统需要保持与电网连接,维持并网状态,只有当故障严重时才允许脱离大电网。特别地,当风电机组端电压有效值突然降低到额定电压的15%,要求风电机组能维持运行0.625秒。因此,要求孤岛检测中排除类似这种伪孤岛的干扰。图5所示的为伪孤岛情况下,应用本发明进行检测,得到的各特征量波形图。图5a为电网电压波形图,如图所示,0.5秒时刻,微网电压突然降低到额定值的15%,微网仍然与系统侧连接,出现伪孤岛现象。此时微网电压仍受电网电压控制,频率与电网侧电压一致。这种情况下,电压谐波畸变率在0.5秒时刻后的极短时间内,快速超出最大允许值5%,如图5b所示。同时,面积S也在超出最小阈值的20毫秒内快速超出最大阈值,如图5c所示,由此可以判断并非真正发生孤岛,准确排除了伪孤岛的干扰。

[0109] 图3~图5表明本发明所提供的基于电压谐波畸变率正反馈的孤岛检测方法在电压和频率均处于正常范围的情况下,可快速有效地检测出孤岛的发生,在电网单相及两相断路情况下仍然有效,且不受伪孤岛问题的影响。能够实现非破坏性无盲区孤岛检测,原理简单,具有良好的工程实用性。

[0110] 该方法原理简单,适用范围广,在各种故障条件及其他恶劣情况下均能有效地检测出孤岛,且不受伪孤岛的影响,能够满足现场的应用要求,具有工程实际意义。

[0111] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

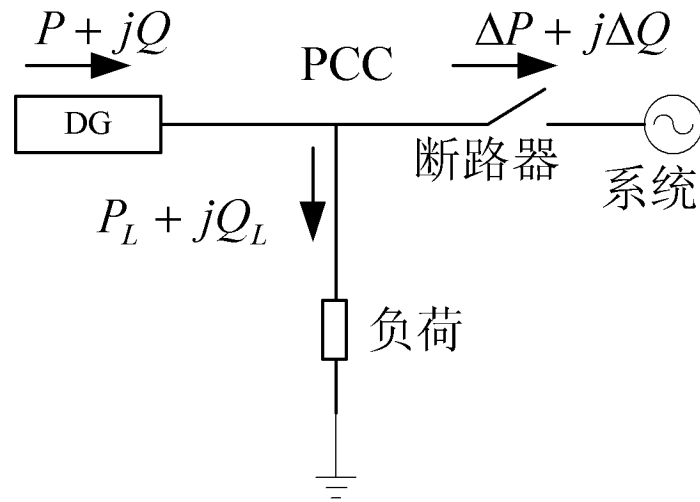


图 1

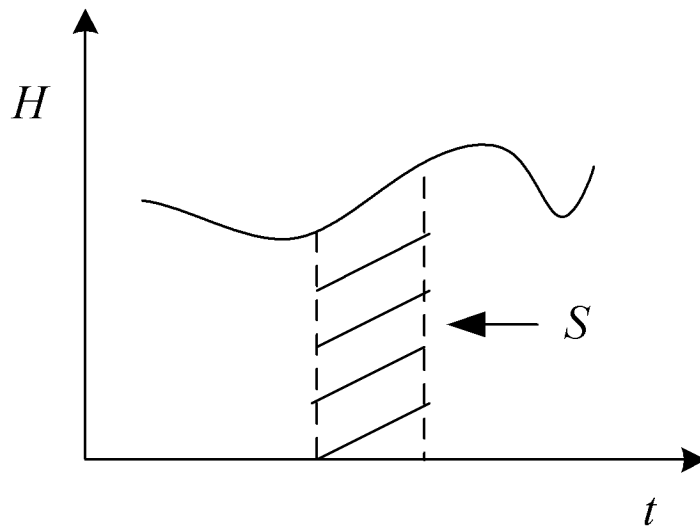


图 2

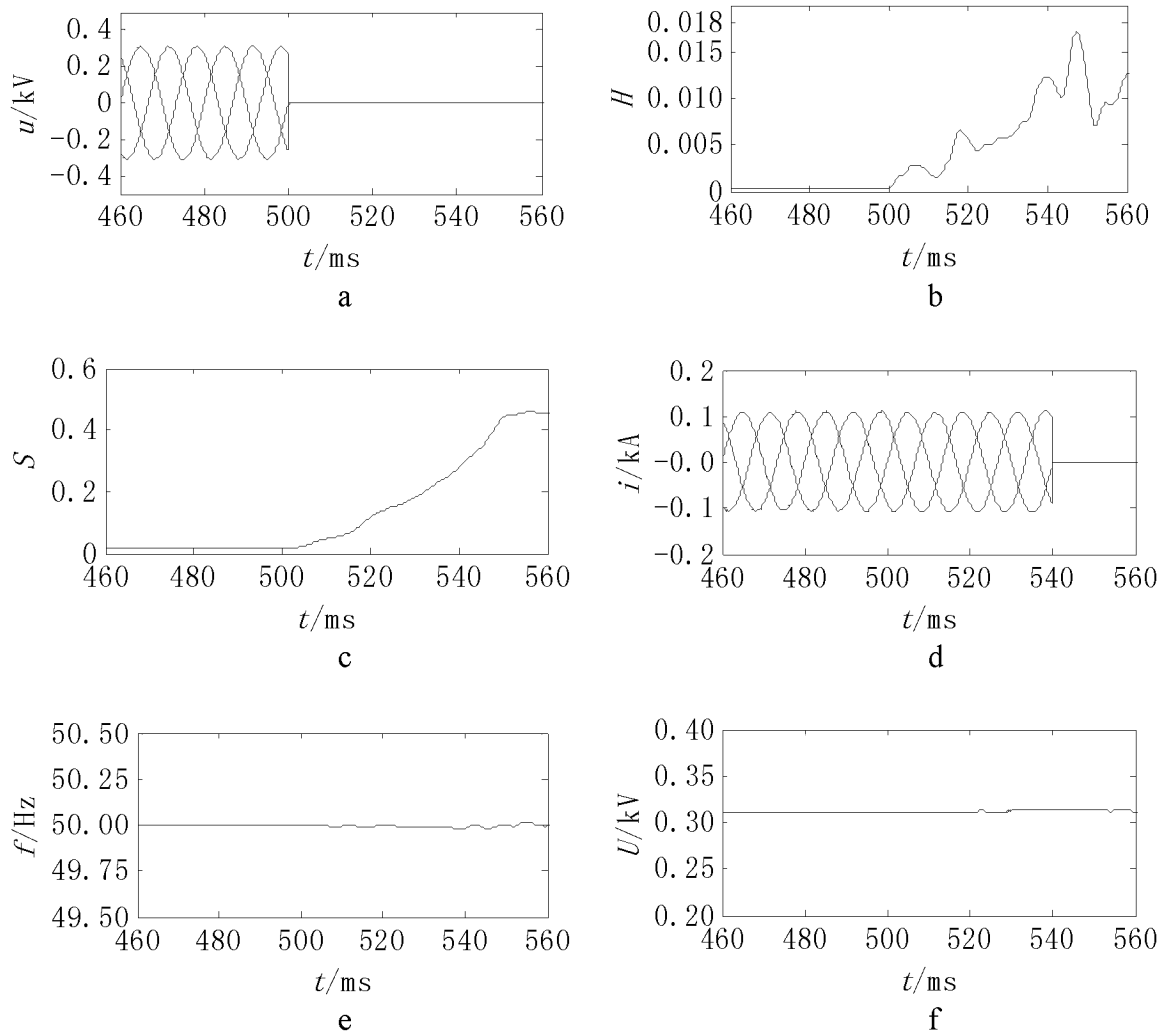


图 3

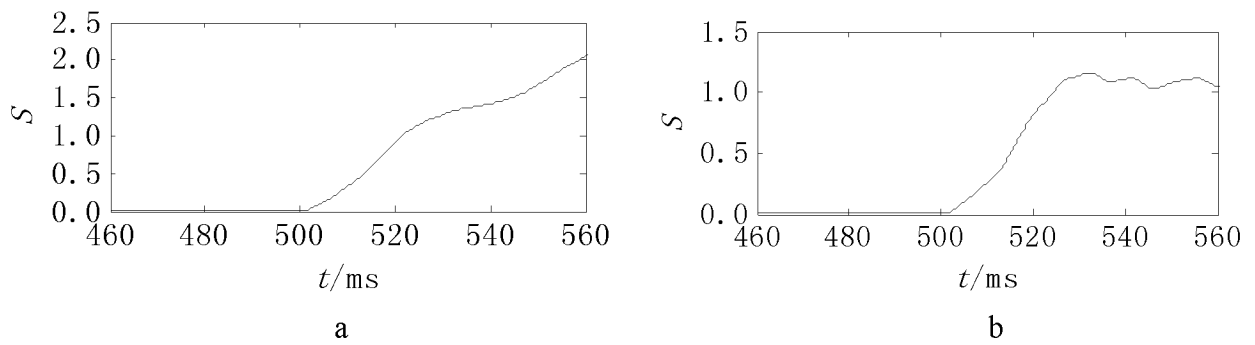


图 4

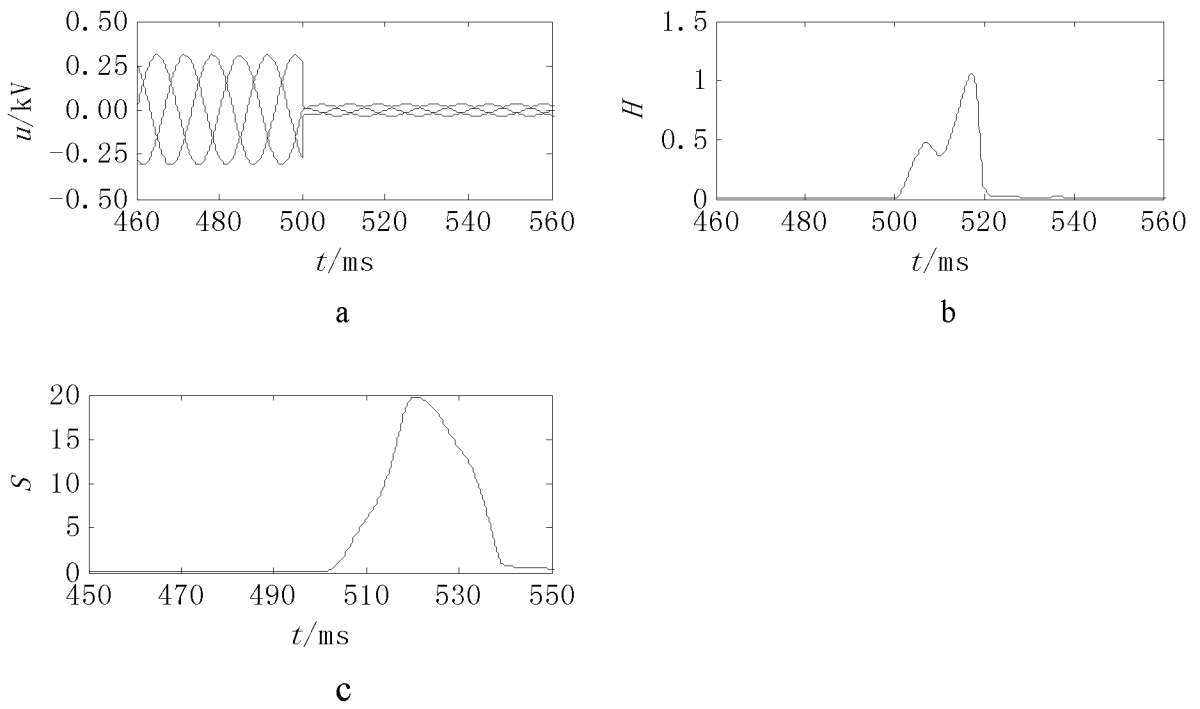


图 5