



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103645404 B

(45) 授权公告日 2016.03.23

(21) 申请号 201310696196.8

CN 101257209 A, 2008.09.03,

(22) 申请日 2013.12.16

TW 201326832 A1, 2013.07.01,

A. M. Massoud1 等. Harmonic

(73) 专利权人 辽宁工业大学

distortion-based island detection technique

地址 121001 辽宁省锦州市古塔区士英街
169号

for inverter-based distributed generation.

《IET Renewable Power Generation》. 2009, 第3

(72) 发明人 霍春宝 李金懋

卷 493-507.

(74) 专利代理机构 北京远大卓悦知识产权代理
事务所(普通合伙) 11369

审查员 李露曦

代理人 贺持绥

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006.01)

H02J 3/38(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102222932 A, 2011.10.19,

KR 10-2008-0043088 A, 2008.05.16,

CN 102290802 A, 2011.12.21,

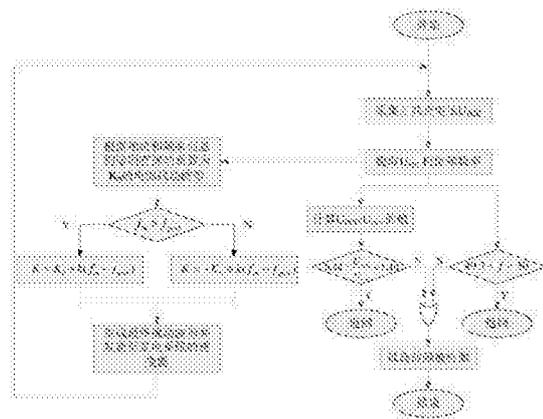
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种微电网孤岛检测方法和检测系统

(57) 摘要

一种微电网孤岛检测方法,在微电网和主电网的公共连接点处安装植入改进主动频率偏移法的设备节点;设定电压和频率的阈值,实时向系统注入扰动系数为 K_0 的扰动电流,同时检测公共连接点的电压 U_{PCC} 和频率 f ,当 U_{PCC} 或频率 f 超出阈值,则孤岛发生;若没有超出阈值进行下一步判别,比较电路比较注入电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} 的大小,确定所带负载性质;根据所带负载性质计算施加正反馈时的扰动系数 K ,进而生成最终的扰动信号;通过 PWM 驱动模块向分布式发电系统的逆变器发送扰动信号,当因孤岛现象发生,导致频率和公共连接点电压的变化触发过/欠频率、过/欠电压检测时,使并网断路器断开,逆变器停止向负载供电,直到电网恢复正常。



1. 一种微电网孤岛检测方法,其特征在于:

步骤一、采集到的公共连接点电压 U_{pcc} 和获取的电压相位 ωt 和频率 f ;

步骤二、在微电网中注入扰动电流 $i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) \mp K_0 I & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) \pm K_0 I & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$ 其中, K_0 被定

义为扰动系数, ωt 是电压相位, I 是电流;

步骤三、比较电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} ;

当 $f_{in} > f_{grid}$ 时,认为带感性或阻性负载,正反馈扰动系数 $K = K_0 + k(f_{in} - f_{grid})$;用 K 替换

K_0 代入扰动电流公式 $i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) - KI & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) + KI & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$,生成最终扰动电流,注入

电网;

当 $f_{in} < f_{grid}$ 时,认为带容性负载,正反馈扰动系数 $K = -K_0 + k(f_{in} - f_{grid})$;用 K 替换 K_0 代

入扰动电流公式 $i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) + KI & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) - KI & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$,生成最终扰动电流,注入电

网;其中 k 为频率正反馈增益,是预设参数;

步骤四、再次采集公共连接点电压 U_{pcc} 和频率 f ;若 $U_{pcc}/U_{nom} < 88\%$ 或 $U_{pcc}/U_{nom} > 110\%$,则 U_{pcc} 超出电压阈值;或者,电压 U_{pcc} 的频率 $f < 49.3\text{Hz}$ 或 $f > 50.5\text{Hz}$,则 f 超出阈值;上述 U_{pcc} 超出电压阈值或者 f 超出阈值的情况均说明孤岛现象发生;其中, U_{nom} 为系统额定电压。

2. 根据权利要求 1 所述的微电网孤岛检测方法,其特征在于: k 值由从出现孤岛现象到断路器关断的时间来确定。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的微电网孤岛检测方法,其特征在于:还包括步骤五、并网断路器断开,逆变器停止向负载供电。

4. 一种微电网孤岛检测系统,其特征在于:包括:

采集模块,通过传感器对公共连接点的电压 U_{pcc} 进行采集,采集后的电压信号经调理电路处理,由锁相环电路获取 U_{pcc} 的频率 f 以及电压相位 ωt 形成输出信号;

PWM 驱动模块,向分布式发电系统的逆变器发送如权利要求 1 所述的扰动电流,并驱动逆变器输出相应的扰动电流;

孤岛检测模块,通过比较电路比较注入电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} 的大小,确定所带负载性质;计算正反馈扰动系数 K ,生成最终的扰动电流;

采集模块将输出信号发送给孤岛检测模块,PWM 驱动模块接收孤岛检测模块的所述最终的扰动电流的信号。

5. 根据权利要求 4 所述的微电网孤岛检测系统,其特征在于:所述的锁相环电路包括

DSP 芯片。

一种微电网孤岛检测方法和检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及微电网控制和保护领域,更具体而言,涉及一种基于改进 AFD 的微电网孤岛检测新方法。

背景技术

[0002] 微电网中的各种分布式发电和储能装置的使用不仅实现了节能减排,也极大的推动了我国的可持续发展战略。孤岛效应是微电网的关键技术,孤岛现象的出现不仅可能会对逆变系统和用电设备造成损坏,还会对电力检修人员造成危险。

[0003] 中国专利申请号 201210319516.3,涉及一种微电网快速孤岛检测方法,用于采用 PQ 解耦控制策略的逆变型分布式电源,能够快速实现微电网孤岛检测,但是,该方法会造成谐波污染,在孤岛检测的准确性、有效性和全面性还有所欠缺。

[0004] 现有技术中,孤岛检测的方法很多,主要分为被动法、主动法和基于通信的方法三大类。被动法是通过直接检测公共连接点的电压和并网电流等电气状态和指标,来判断孤岛现象发生的。该方法具有原理简单、容易实现和检测速度快的特点,但是被动法通常具有比较大的检测盲区,应用具有局限性,通常与主动法结合使用。主动法是通过给并网电流中引入特定的干扰信号,打破孤岛运行下逆变系统和负载之间的平衡,使公共连接点电压幅值或频率超出阈值范围,从而检测出孤岛现象的发生。主动法可以有效地减小检测盲区,提高检测的准确性。但是由于引入周期性扰动信号,会给电网造成一定的谐波污染。且当主动法应用于多个 DG 时,若扰动信号不同步,则会降低其有效性。基于通信的方法采用远程通信的手段,通过检测电网侧的电网故障或电网供电中断情况,向 DG 发送故障信号,使断路器采取必要的措施。该方法不存在检测盲区,但会增加设备成本,实际应用难度很大。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种微电网孤岛现象的方法,该方法检测盲区小,在同时存在多个分布式电源的情况下仍可以有效检测出孤岛现象。

[0006] 一种微电网孤岛检测方法,步骤一、采集到的公共连接点电压 U_{pcc} 和获取的电压相位 ωt 和频率 f ;

[0007] 步骤二、在微电网中注入扰动电流 $i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) \pm K_0 I & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) \pm K_0 I & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$ 其中, K_0

被定义为扰动系数, ωt 是电压相位, I 是电流;

[0008] 步骤三、比较电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} ;

[0009] 当 $f_{in} > f_{grid}$ 时,认为带感性或阻性负载,正反馈扰动系数 $K = K_0 + k(f_{in} - f_{grid})$;用

K 替换 K_0 代入扰动电流公式
$$i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) - KI & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) + KI & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}, \text{生成最终扰动电}$$

流,注入电网;

[0010] 当 $f_{in} < f_{grid}$ 时,认为带容性负载,正反馈扰动系数 $K = -K_0 + k(f_{in} - f_{grid})$;用 K 替换

K_0 代入扰动电流公式
$$i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) + KI & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) - KI & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}, \text{生成最终扰动电流,注}$$

入电网;其中 k 为频率正反馈增益,是预设参数;

[0011] 步骤四、再次采集公共连接点电压 U_{PCC} 和频率 f;若 $U_{PCC}/U_{nom} < 88\%$ 或 $U_{PCC}/U_{nom} > 110\%$,则 U_{PCC} 超出电压阈值;或者,电压 U_{PCC} 的频率 $f < 49.3\text{Hz}$ 或 $f > 50.5\text{Hz}$,则 f 超出阈值;说明孤岛现象发生;其中, U_{nom} 为系统额定电压。

[0012] 作为进一步优选, k 值由从出现孤岛现象到断路器关断的时间来确定。

[0013] 作为进一步优选,还包括步骤五、并网断路器断开,逆变器停止向负载供电。

[0014] 一种微电网孤岛检测系统,采集模块,通过传感器对公共连接点的电压 U_{PCC} 进行采集,采集后的电压信号经调理电路处理,由锁相环电路获取 U_{PCC} 的频率 f 以及相位 ωt ;

[0015] PWM 驱动模块,向分布式发电系统的逆变器发送如权利要求 1 所述的扰动电流,并驱动逆变器输出相应的扰动电流;

[0016] 孤岛检测模块,通过比较电路比较注入电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} 的大小,确定所带负载性质;计算正反馈扰动系数 K,生成最终的扰动电流;

[0017] 采集模块将信号发送给孤岛检测模块,PWM 驱动模块接收孤岛检测模块的信号。

[0018] 作为进一步优选,所述的锁相环电路包括 DSP 芯片。

[0019] 有益效果:本发明通过对逆变型分布式电源 (IGBT) 输出的控制,提出了一种能快速检测微电网孤岛现象发生的新方案,该方法检测盲区小;总谐波失真相同的情况下,拥有更好的检测效果。微电网并网运行时,通过采用电网电压前馈控制策略,抑制了电网的瞬时扰动对并网电流的影响,改善了系统的控制效果。

[0020] 当微电网发生非计划孤岛时,系统频率会向负载的固有频率变化。通过判断负载性质,施加一个带正反馈的扰动,可使电压或频率快速超出阈值,从而快速检测出孤岛现象。

附图说明

[0021] 图 1 是微电网孤岛现象分析结构示意图。

[0022] 图 2 是传统主动频率偏移法孤岛检测波形。

[0023] 图 3 是改进 AFD 控制策略的孤岛检测波形(扰动施加在二、四象限)。

[0024] 图 4 是判断负载性质并施加正反馈的改进 AFD 微电网孤岛检测方法流程图。

[0025] 图 5 是微电网孤岛检测系统拓扑结构示意图。

[0026] 图 6 是基于改进 AFD 的微电网孤岛检测方法总体框图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术方案进行详细说明。

[0028] 本发明通过采用改进的 AFD 控制策略,使扰动对电流波形产生相对较小的总谐波失真,且与传统的 AFD 相比改善了检测盲区。提高了微电网系统在非计划孤岛现象发生时的安全性和可靠性。

[0029] 本发明方法采用了主动法与被动法相结合的检测方法进行并网逆变器的孤岛检测,且主要利用主动检测法中的主动频率偏移法(Active Frequency Drift,简称 AFD)。通过控制逆变器的输出电流,引入一个小的突变量扰动,使基波分量产生必要的相角偏移。逆变器并网运行时,公共连接点(PCC)的电压由电网电压所钳位,即使引入电流扰动也不会改变连接点的电压,逆变器输出频率与电网频率相同,输出电流与电网电压保持同相位。当电网发生故障时,如果逆变器额定输出功率与本地负载功率相匹配,形成孤岛,此时基于改进 AFD 的孤岛检测方法,首先会通过比较注入电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} 的大小情况,确定所带负载性质;然后,施加扰动使扰动系数 K_0 形成正反馈,从而导致公共连接点电压和输出电流频率的变化,当电压或频率超出设定的阈值时,触发过/欠电压或过/欠频率孤岛检测被动检测法,孤岛现象被检出,逆变器与本地负载的连接被切断。

[0030] 本发明适用于各种分布式电源,下面仅以光伏系统为例来示范性说明本发明。

[0031] 国际标准 IEEE Std929-2000 中规定,分布式电源和逆变器孤岛检测系统主电路结构示意图为图 1。本发明基于一种改进 AFD 的微电网孤岛检测新方法包括:

[0032] 对光伏发电系统公共连接点的电压 U_{PCC} 进行采集,提取其相位、频率信息。对逆变器的输出信号进行滤波处理后接入电网及本地负载。

[0033] 根据公共连接点电压 U_{PCC} 的频率 f 和相位信息 ωt ,采用函数的构建方法,获得改进 AFD 扰动曲线,生成扰动信号,并向光伏发电系统发送信号。值得说明的是,孤岛检测是一个实时进行的连续过程,根据自动控制理论,实际系统中既有输入信号作用,又存在扰动信号。系统前一时刻采集的电压信号和该信号的相位、频率信息,在生成改进 AFD 扰动信号后再次发送给逆变器,然后在下一次采集到的是受扰动的电压信号和该信号的相位、频率。循环往复,实时进行检测。

[0034] 对采集到的公共连接点电压 U_{PCC} 和从中获取的电压频率 f 进行判断:若采集到的当前电压 $U_{PCC}/U_{nom} < 88\%$ 或 $U_{PCC}/U_{nom} > 110\%$ (其中, U_{nom} 为系统额定电压),则 U_{PCC} 超出电压阈值(过/欠电压检测),或公共连接点电压 U_{PCC} 的频率 $f < 49.3\text{Hz}$ 或 $f > 50.5\text{Hz}$,则 f 超出阈值(过/欠频检测),说明系统处于孤岛运行状态,模块输出控制信号,使逆变系统停止工作,切断断路器,实现孤岛保护。

[0035] 设定公共连接点 U_{PCC} 的电压阈值为 $[0.88U_{nom}, 1.10U_{nom}]$,频率阈值为 $[49.3\text{Hz}, 50.5\text{Hz}]$ 。如图 2 所示,对传统的 AFD 孤岛检测波形进行第一步改进,以扰动施加在第二、四象限为例,改进后的 AFD 孤岛检测波形如图 3 所示。

[0036] 改进的 AFD 扰动电流的数学表达式是:

$$[0037] \quad i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) \pm K_0 I & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) \pm K_0 I & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases} \quad \text{公式 (1)}$$

[0038] 其中, K_0 被定义为扰动系数, ωt 是相位, I 是电流。

[0039] 实时为逆变器发送扰动系数为 K 扰动信号。系统正常运行时, 由于大电网的钳位作用, 逆变器输出电流与电网电压保持同相位, 逆变器输出频率与电网频率相同。

[0040] 通过注入扰动信号后, 比较电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} 的大小情况, 确定所带负载性质: 当 $f_{in} > f_{grid}$ 时, 认为带感性或阻性负载, 扰动系数经正反馈作用后, $K = K_0 + k(f_{in} - f_{grid})$ 公式 (2);

$$[0041] \quad \text{当负载性质为感性或阻性时, } i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) - KI & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) + KI & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases} \quad \text{当 } f_{in}$$

$< f_{grid}$ 时, 认为带容性负载, 扰动系数经正反馈作用后, $K = -K_0 + k(f_{in} - f_{grid})$ 公式 (3);

$$[0042] \quad \text{当负载性质为容性时, } i(t) = \begin{cases} I \sin(\omega t) & 0 \leq \omega t < \pi/2 \\ I \sin(\omega t) + KI & \pi/2 \leq \omega t < \pi \\ I \sin(\omega t) & \pi \leq \omega t < 3\pi/2 \\ I \sin(\omega t) - KI & 3\pi/2 \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$$

[0043] 在正反馈扰动的作用下, 频率、电压发生快速变化, 直至触发过 / 欠频或过 / 欠压保护。其中, 电网电压频率 f_{grid} , 通常为 50Hz; f_{in} 是电网电流频率; f_{is} 为并网标准中规定的孤岛检测电网电压频率界限; K_0 为初始扰动值; k 为频率正反馈增益, 是预设参数。图 4 为此过程的流程图。本实施例扰动作用在二、四象限, 作为一种优选, 扰动也可以作用在一、三象限。

[0044] 作为一种优选, 可以考虑 k 值的设定由需要的检测时间 (从出现孤岛现象到断路器关断的时间) 来确定。 k 值的大小决定着扰动波形的受扰动程度, k 值越大, 扰动越大, 更加容易检测出孤岛现象, 检测时间越短。作为一种优选, K_0 值影响逆变器输出电流的总谐波失真量 (国际标准规定 THD 最大值不能超过 5%), K_0 值的选择应该在符合逆变器输出电流谐波含量要求以内。

[0045] 再次采集公共连接点电压 U_{pcc} 和从中获取的电压相位和频率 f 进行判断: 若采集到的当前电压 $U_{pcc}/U_{nom} < 88\%$ 或 $U_{pcc}/U_{nom} > 110\%$, 则 U_{pcc} 超出电压阈值 (过 / 欠电压检测), 或公共连接点电压 U_{pcc} 的频率 $f < 49.3\text{Hz}$ 或 $f > 50.5\text{Hz}$, 则 f 超出阈值 (过 / 欠频检测), 说明系统处于孤岛运行状态, 模块输出控制信号, 使逆变系统停止工作, 切断断路器, 实现孤岛保护。

[0046] 如图 5 所示, 本发明一种基于改进 AFD 的微电网孤岛检测系统包括: 采集模块、孤岛检测模块以及 PWM 驱动模块。采集模块由传感器、调理电路和锁相环组成, 其作用是通过传感器对公共连接点的电压 U_{pcc} 进行采集, 采集后的电压信号经调理电路处理, 由锁相环电路提取 U_{pcc} 的频率 f 以及相位 ωt 。锁相环作用通过数字信号处理 (DSP) 实现。孤岛检测

模块的输入信号由锁相环的输出信号提供。首先,根据公式(1)计算出初始扰动下,即传统AFD经第一步改进后的扰动波形,实时为系统提供扰动系数为 K_0 的扰动;当孤岛现象发生时,通过比较电路比较注入电网电流频率 f_{in} 和正常情况下电网电压频率 f_{grid} 的大小,确定所带负载性质;最后,根据公式(2)、(3)计算施加正反馈时的扰动系数 K ,进而生成最终的扰动信号。PWM驱动模块向光伏发电系统的逆变器发送扰动信号,并驱动逆变器输出相应的电流。实时检测相关数据,当因孤岛现象发生,导致频率和公共连接点电压的变化触发过/欠频率、过/欠电压检测时,使并网断路器断开,逆变器停止向负载供电,直到电网恢复正常。PWM驱动模块由PWM电路实现。

[0047] 本发明一种基于改进AFD的微电网孤岛检测方法的总体框图如图6所示,展示了孤岛现象发生后系统相应的全过程。

[0048] 进行孤岛检测时,设定频率阈值和电压阈值,将公共点电压 U_{pcc} 与电压阈值进行比较,倘若超出阈值;或者,测量PCC点电压频率 f ,其值与频率阈值进行比较,若超出阈值;则直接判定为孤岛现象发生,本轮孤岛检测结束。

[0049] 与现有技术相比,提出了一种微电网孤岛检测方法。首先,本发明方法采用了主动法与被动法相结合的检测方法,不但很大程度上减小检测盲区,且能快速、准确的进行孤岛检测,控制简单;其次,根据孤岛现象发生时频率的变化,确定所带负载性质,施加不同的带正反馈扰动,使频率快速变化直至超出允许范围;为了抑制扰动给并网电流带来的影响,得到较好的抑制扰动的效果,本发明采用了电压前馈控制策略。简化系统控制结构的同时,还改善了系统的控制效果。最后,根据当前采样的公共点电压信号,采用构建函数的方法获得改进AFD扰动曲线,在此过程中,CPU所占内存小,便于嵌入式系统的开发。

[0050] 需要声明的是,以上实施方式仅用于说明本发明的实际应用性,不应解释为对本发明保护范围的限定。本领域的普通技术人员应当理解,对其进行的关于细节和形式的各种修改、同等替代或改进,均应落在本发明的保护范围以内。

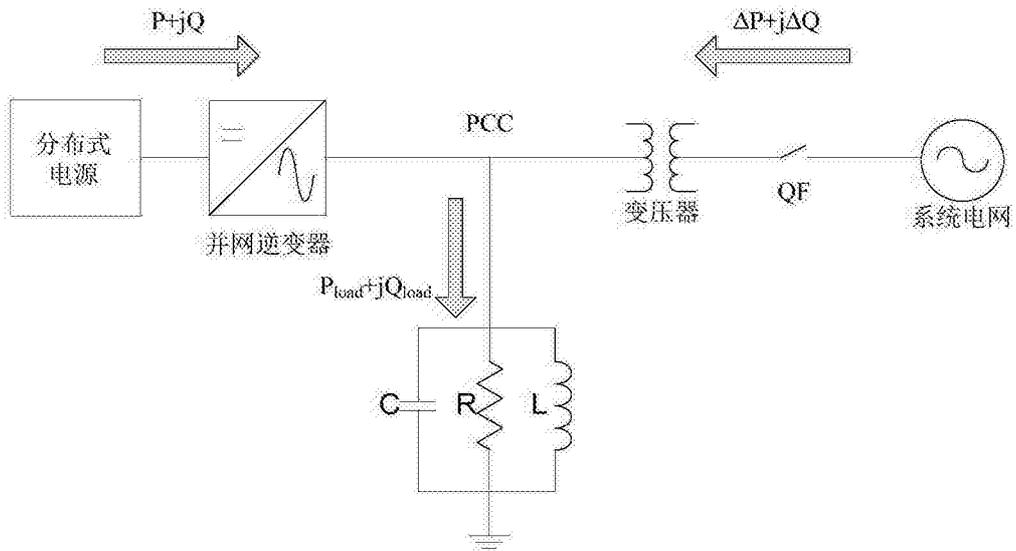


图 1

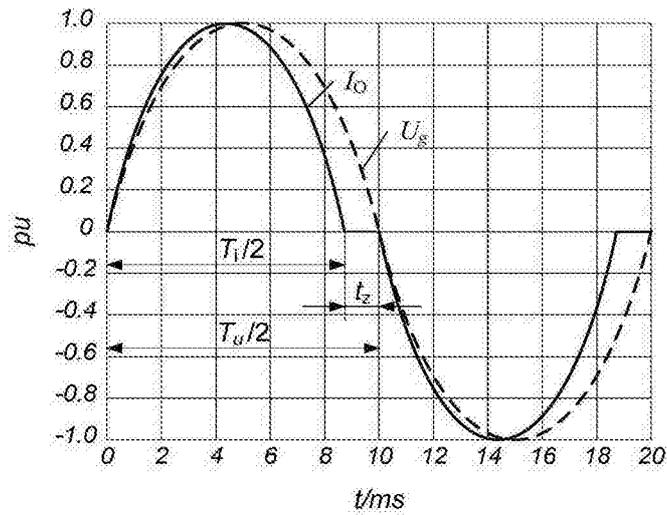


图 2

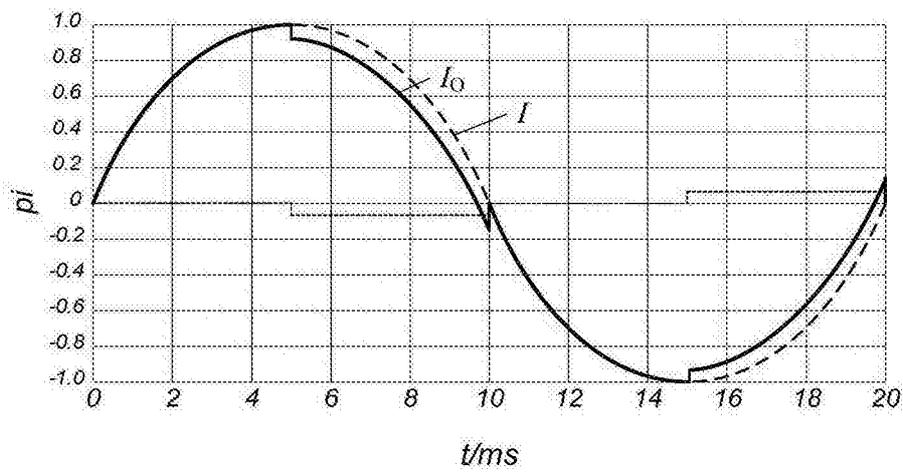


图 3

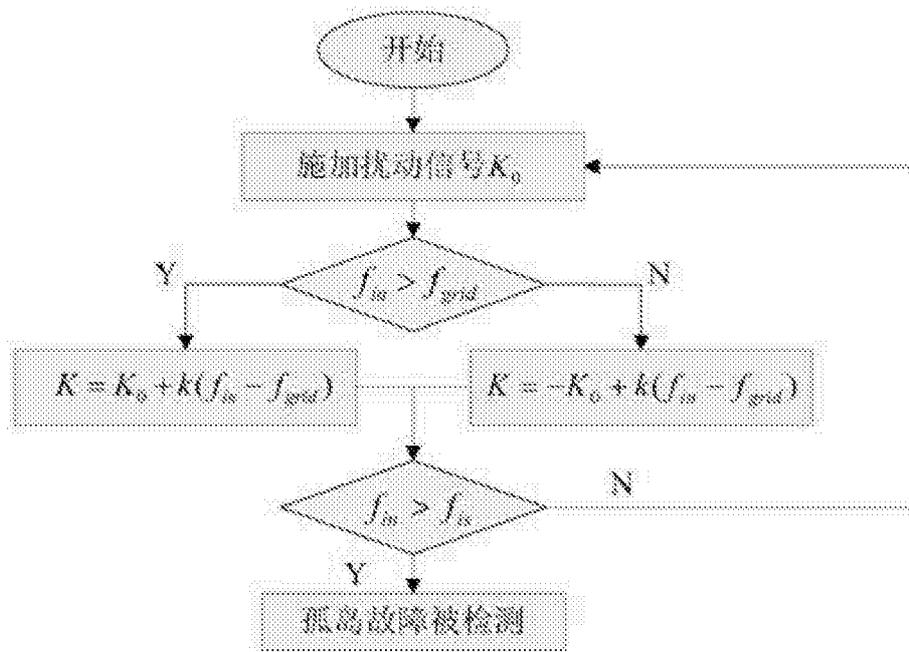


图 4

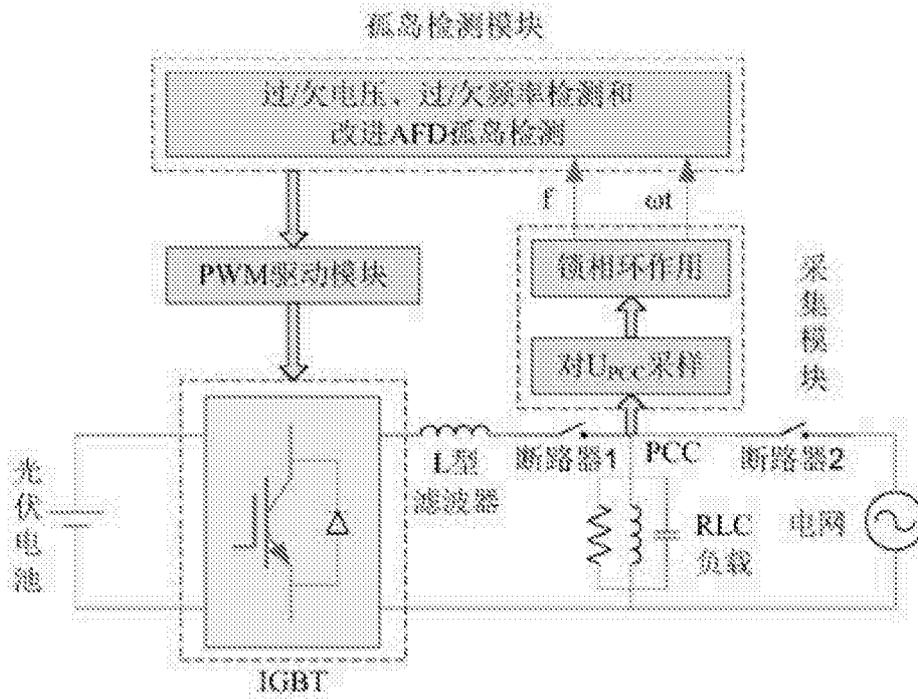


图 5

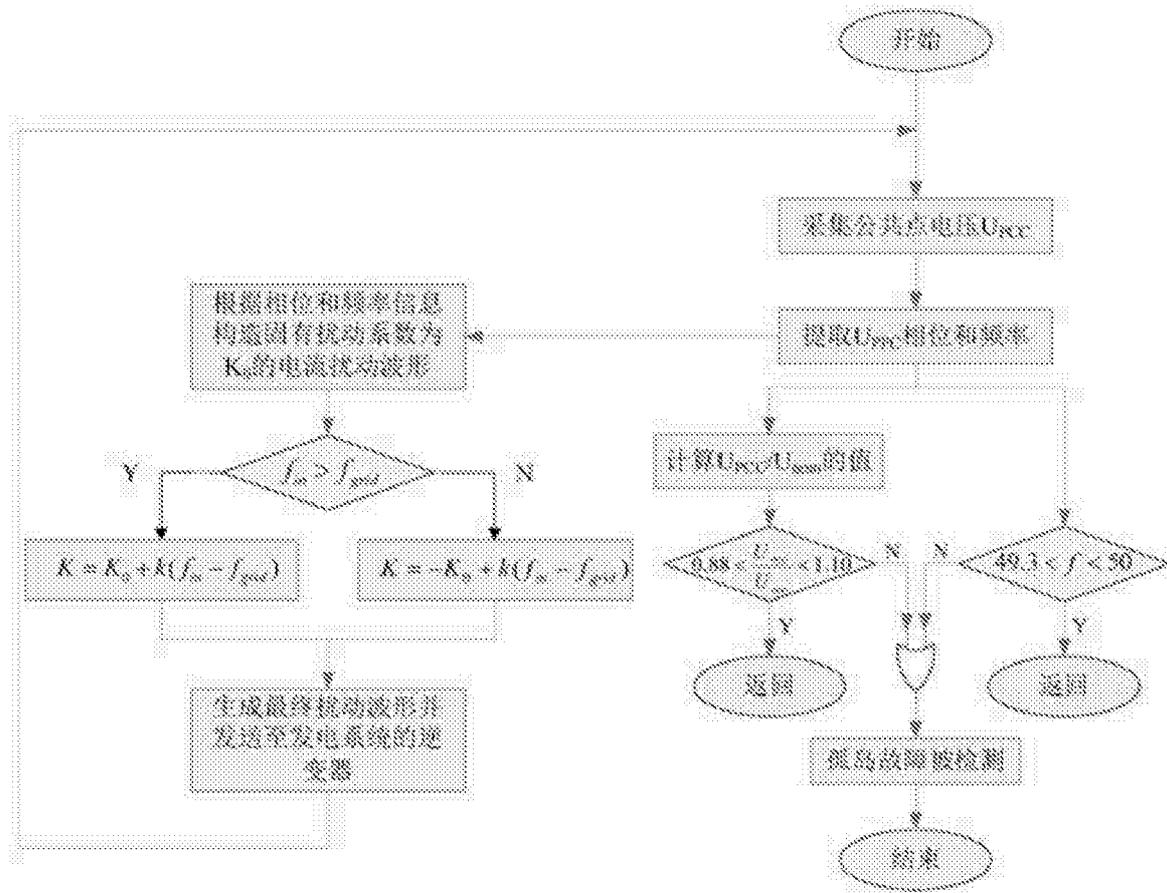


图 6