



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102983593 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 04

(21) 申请号 201210569296. X

CN 102403735 A, 2012. 04. 04, 全文.

(22) 申请日 2012. 12. 25

CN 102684215 A, 2012. 09. 19, 全文.

(73) 专利权人 中国东方电气集团有限公司

审查员 何剑

地址 610036 四川省成都市金牛区蜀汉路  
333 号

(72) 发明人 田军 唐健 舒军 肖文静  
刘征宇 刘静波 于海坤 边晓光  
王多平 吴小田

(74) 专利代理机构 成都天嘉专利事务所 (普通  
合伙) 51211

代理人 方强

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102055368 A, 2011. 05. 11, 全文.

CN 102170134 A, 2011. 08. 31, 全文.

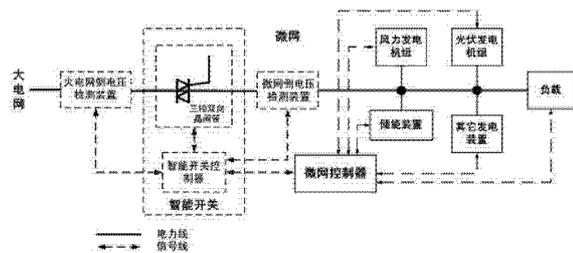
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于智能开关的微网无缝切换控制方法

(57) 摘要

本发明属于分布式发电微网系统的技术领域, 涉及基于智能开关的微网无缝切换控制方法: 当从孤岛模式向并网模式切换时, 智能开关检测大电网与微网电压相位、幅值, 微网电压与大电网电压差值进入并网容许范围内, 则判断微网满足并网条件, 立即闭合开关; 当并网模式向孤岛模式切换时, 为了不影响微网系统内负荷的正常运行, 智能开关锁存切换过程前 4-5 个周波的大电网电压相位、幅值, 作为微网孤岛模式下运行的初始电压, 这使得微网电压与并网时的电压连贯输出, 不会出现电压突变; 本发明能根据大电网和微网的运行状态, 可以使采用主从控制策略的微网系统在并网模式与孤岛模式之间无缝切换。



1. 基于智能开关的微网无缝切换控制方法,其特征在于:

当从孤岛模式向并网模式切换时,微网运行在孤岛模式,通过智能开关时刻监测大电网,得到大电网处于正常状态的电压参数,并将大电网参数发送给微网控制器;再通过智能开关检测微网的电压参数,将微网的电压参数与大电网正常状态的电压参数进行比较,得到微网的电压参数与大电网正常状态的电压参数的差值,并将差值发送给微网控制器;根据差值,微网控制器调节微网的电压输出,当微网与大电网的电压参数差值进入并网容许范围内,智能开关判断微网满足并网条件并立即关闭,微网控制器则控制微网的主变流器从孤岛模式下的恒压恒频控制切换为恒功率控制,微网进入并网运行模式,完成微网系统从孤岛模式到并网模式的无缝切换;

当微网从并网模式向孤岛模式切换时,微网运行在并网模式,智能开关锁存准备进行切换前4~5个周波的大电网的电压参数,将锁存得到的电压参数作为微网在孤岛模式下运行的初始电压参数,可以使得微网电压与并网时的电压连贯输出,然后微网控制器控制微网的主变流器从并网模式下的恒功率控制切换为恒压恒频控制,微网进入孤岛运行模式,完成微网系统从并网模式到孤岛模式的无缝切换;

所述智能开关设置于大电网和微网之间,智能开关包括大电网侧电压检测装置、微网侧电压检测装置、三相双向晶闸管、智能开关控制器,其中:

大电网侧电压检测装置与大电网的交流母线连接,大电网侧电压检测装置用于检测大电网的电压参数,并把检测得到的大电网的电压参数传入智能开关控制器;

微网侧电压检测装置与微网的交流母线连接,微网侧电压检测装置用于检测微网的电压参数,并把检测得到的电压参数传入智能开关控制器;

三相双向晶闸管连接于大电网侧电压检测装置和微网侧电压检测装置之间,每一相双向晶闸管对应交流母线的A、B、C相中的一相,作为微网与大电网的交流母线PCC点开关,三相双向晶闸管选择满足大电网与微网电压、电流等级的常规三相双向晶闸管;

智能开关控制器用于接收大电网侧电压检测装置、微网侧电压检测装置传入的电压参数,并判断是否满足并网条件;如果符合并网条件,则控制三相双向晶闸管处于闭合状态实现并网以及锁存切换前大电网电压;如果不符合并网条件,则控制三相双向晶闸管处于断开状态。

2. 根据权利要求1所述的微网无缝切换控制方法,其特征在于:所述电压参数包括三相电压的幅值、相位、频率。

3. 根据权利要求1所述的微网无缝切换控制方法,其特征在于:所述4~5个周波为0.08-0.1s。

4. 根据权利要求1所述的微网无缝切换控制方法,其特征在于:所述智能开关控制器包括检测模块、控制模块、通信模块,检测模块通过接收检测装置传入的大电网与微网的电压参数,然后传给控制模块,通过控制模块判断是否满足并网条件以及锁存切换过程前大电网电压参数,控制模块和通信模块连接,通信模块与微网控制器连接,等待微网控制器指令或自动控制,驱动三相双向晶闸管动作。

5. 根据权利要求4所述的微网无缝切换控制方法,其特征在于微网并网切换的具体流程如下:

当微网运行在孤岛模式时,智能开关时刻监测大电网状态,通过大电网侧检测装置将

大电网电压的幅值、相位的检测信号传入给检测模块,检测模块根据检测信号判断大电网电压的参数是否满足国家电网标准,如果满足,则判断大电网正常;

然后,控制模块将大电网电压正常的信号通过通信模块传递至微网控制器,同时,通过控制模块判断微网是否满足并网条件;

当微网不满足并网条件时,微网控制器调节微网本身的电压使得微网电压与大电网电压的幅值、相位逼近至吻合,以满足并网条件,然后将满足并网条件状态的信息传递至微网控制器,等待微网控制器指令;

微网控制器发出指令,通过控制模块驱动三相双向晶闸管闭合实现并网,最后将并网状态传递至微网控制器。

6. 根据权利要求 4 所述的微网无缝切换控制方法,其特征在于离网过程的具体流程如下:

微网控制器实时检测开关状态,当电网故障或人为需要断网时,智能开关控制器驱动三相双向晶闸管动作,三相双向晶闸管作为并网开关处于断开状态;

智能开关锁存切换过程前 4-5 个周波的大电网的电压参数;

切换过程后,微网输出电压以切换过程前 4-5 个周波的大电网电压参数为初始相位和标准幅值。

## 基于智能开关的微网无缝切换控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于分布式发电微网系统的技术领域,涉及基于智能开关的微网无缝切换控制方法。

### 背景技术

[0002] 随着国民经济的发展,电力需求迅速增长,电网规模不断扩大,分布式发电(Distributed Generation, DG)可以提供传统的电力系统无可比拟的可靠性和经济性,具有污染少、可靠性高、能源利用效率高等优点,同时分布式电源位置灵活、分散的特点极好地适应了分散电力需求和资源分布,延缓了输、配电网升级换代所需的巨额投资,它与大电网互为备用也使供电可靠性得以改善。尽管分布式电源优点突出,但本身存在诸多问题,如分布式电源单机接入成本高、控制困难、对大电网的冲击,当电力系统发生故障时,分布式电源必须马上退出运行等,这就大大限制了分布式电源的充分发挥,也间接限制了对新能源的利用。为了降低 DG 带来的不利影响,同时发挥 DG 积极的辅助作用,一个较好的解决方法就是把 DG 和负荷一起作为配电子系统——微网(Microgrid)。

[0003] 微网是指由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统,是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统。微网是分布式发电的重要形式之一,微网既可以通过配电网与大型电力网并联运行,形成一个大型电网与小型电网的联合运行系统(并网运行模式),也可以独立地为当地负荷提供电力需求(孤岛运行模式),以及这两种模式之间的相互切换。

[0004] 在微网系统中,PCC(point of common coupling)是指微网系统与大电网的连结点,微网智能开关就是在 PCC 点能够自主的进行开关动作,从而实现微网系统在并网与孤岛模式之间相互切换,智能开关由检测装置、三相双向晶闸管、控制器等组成。

[0005] 现有的微网系统在两种模式相互切换时,并网开关动作存在以下缺点:

[0006] (1)当微网系统从孤岛模式切换至并网模式时,并网开关的冲击电流大,容易损坏并网开关;

[0007] (2)当微网系统从孤岛模式切换至并网模式时,与大电网的协调性较差,容易造成保护装置的误动作;

[0008] (3)当微网系统从并网模式切换至孤岛模式时,微网系统中电源电压有较大突变,影响负荷供电;

[0009] (4)当微网系统从并网模式切换至孤岛模式时,与微网系统的协调性较差,容易造成保护装置的误动作。

### 发明内容

[0010] 本发明的目的是结合我国微网系统的现状,为了达到微网系统在并网模式与孤岛模式之间无缝切换,提出一种基于智能开关的微网无缝切换控制方法,通过此方法,可以使采用主从控制策略的微网系统在并网模式与孤岛模式之间无缝切换,不会在切换过程中出

现停止现象,也不会损坏开关,会发生不必要的误动作。

[0011] 本发明采取如下技术方案:

[0012] 基于智能开关的微网无缝切换控制方法,其特征在于:

[0013] 当从孤岛模式向并网模式切换时,微网运行在孤岛模式,通过智能开关时刻监测大电网,得到大电网处于正常状态的电压参数,并将大电网参数发送给微网控制器;再通过智能开关检测微网的电压参数,将微网的电压参数与大电网正常状态的电压参数进行比较,得到微网的电压参数与大电网正常状态的电压参数的差值,并将差值发送给微网控制器;根据差值,微网控制器调节微网的电压输出,当微网与大电网的电压参数差值进入并网容许范围内,智能开关判断微网满足并网条件并立即关闭,微网控制器则控制微网的主变流器从孤岛模式下的恒压恒频控制(V/F控制)切换为恒功率控制(PQ控制),微网进入并网运行模式,完成微网系统从孤岛模式到并网模式的无缝切换;

[0014] 当微网从并网模式向孤岛模式切换时,微网运行在并网模式,当大电网出现故障或人为需要切断时,为了不影响微网系统内负荷的正常运行,智能开关锁存准备进行切换前4~5个周波的大电网的电压参数,将锁存得到的电压参数作为微网在孤岛模式下运行的初始电压参数,可以使得微网电压与并网时的电压连贯输出,不会出现电压突变,然后微网控制器控制微网的主变流器从并网模式下的恒功率控制(PQ控制)切换为恒压恒频控制(V/F控制),微网进入孤岛运行模式,完成微网系统从并网模式到孤岛模式的无缝切换。

[0015] 所述电压参数包括三相电压的幅值、相位、频率。

[0016] 所述4~5个周波为0.08-0.1s。

[0017] 所述智能开关设置于大电网和微网之间,智能开关包括大电网侧电压检测装置、微网侧电压检测装置、三相双向晶闸管、智能开关控制器,其中:

[0018] 大电网侧电压检测装置与大电网的交流母线连接,大电网侧电压检测装置用于检测大电网的电压参数,并把检测得到的大电网的电压参数传入控制器;

[0019] 微网侧电压检测装置与微网的交流母线连接,微网侧电压检测装置用于检测微网的电压参数,并把检测得到的电压参数传入控制器;

[0020] 三相双向晶闸管连接于大电网侧电压检测装置和微网侧电压检测装置之间,每一相双向晶闸管对应交流母线的A、B、C相,作为微网与大电网的交流母线PCC点开关,三相双向晶闸管选择满足大电网与微网电压、电流等级的常规三相双向晶闸管;

[0021] 智能开关控制器用于接收大电网侧电压检测装置、微网侧电压检测装置传入的电压参数,并判断是否满足并网条件;如果符合并网条件,则控制三相双向晶闸管处于闭合状态实现并网以及锁存切换前大电网电压;如果不符合并网条件,则控制三相双向晶闸管处于断开状态。

[0022] 所述智能开关控制器包括检测模块、控制模块、通信模块,检测模块通过接收检测装置传入的大电网与微网的电压参数,然后传给控制模块,通过控制模块判断是否满足并网条件以及锁存切换过程前大电网电压参数,控制模块和通信模块连接,通信模块与微网控制器连接,等待微网控制器指令或自动控制,驱动三相双向晶闸管动作;控制器支持多种标准的通信规约、接口(RS232、RS485、以太网等多种标准接口,CAN、MODBUS、103、104等多种标准规约)。

[0023] 本发明实现微网并网切换的具体流程如下:

[0024] 当微网运行在孤岛模式时,智能开关时刻监测大电网状态,通过大电网侧检测装置将大电网电压的幅值、相位的检测信号传入给检测模块,检测模块根据检测信号判断大电网电压的参数是否满足国家电网标准,如果满足,则判断大电网正常;

[0025] 然后,控制模块将大电网电压正常的信号通过通信模块传递至微网控制器,同时,通过控制模块判断微网是否满足并网条件;

[0026] 当微网不满足并网条件时,微网控制器调节微网本身的电压使得微网电压与大电网电压的幅值、相位逼近至吻合,以满足并网条件,然后将满足并网条件状态的信息传递至微网控制器,等待微网控制器指令;

[0027] 微网控制器发出指令,通过控制模块驱动三相双向晶闸管闭合实现并网,最后将并网状态传递至微网控制器。

[0028] 本发明实现离网过程的具体流程如下:

[0029] 微网控制器实时检测开关状态,当电网故障或人为需要断网时,智能开关控制器驱动三相双向晶闸管动作,三相双向晶闸管作为并网开关处于断开状态;

[0030] 智能开关锁存切换过程前 4-5 个周波的大电网的电压参数;

[0031] 切换过程后,微网输出电压以切换过程前 4-5 个周波的大电网电压参数为初始相位和标准幅值。

[0032] 本发明的有益效果如下:

[0033] 本发明能根据大电网和微网的运行状态,可以使采用主从控制策略的微网系统在并网模式与孤岛模式之间无缝切换;当微网系统从孤岛模式切换至并网模式时,检测大电网与微网电压相位、幅值,微网电压与大电网电压差值进入并网容许范围内,则判断微网满足并网条件,立即闭合智能开关,此时与大电网的协调性较好,智能开关受到的冲击电流小,智能开关不易被损坏;当并网模式向孤岛模式切换时,与微网系统的协调性较好,为了不影响微网系统内负荷的正常运行,可以锁存切换过程前 4-5 个周波(0.08-0.1s)的大电网电压相位、幅值,作为微网孤岛模式下运行的初始电压,这使得微网电压与并网时的电压连贯输出,不会出现电压突变。

## 附图说明

[0034] 图 1 是本发明实现的系统结构示意图;

[0035] 图 2 是本发明的智能开关的结构示意图;

[0036] 图 3 是本发明实现微网系统通过智能开关并网切换的流程图;

[0037] 图 4 是本发明实现微网系统通过微网控制器并网切换的流程图;

[0038] 图 5 是本发明实现微网系统通过智能开关离网切换的流程图;

[0039] 图 6 是本发明实现微网系统通过微网控制器离网切换的流程图。

## 具体实施方式

[0040] 基于智能开关的微网系统结构如图 1 所示,微网系统一般是由风力发电机组、光伏发电机组、储能装置、其它发电装置、负载,以及微网控制器组成,微网系统通过智能开关连接至大电网。

[0041] 如图 2 所示,所述智能开关设置于大电网和微网之间,智能开关包括大电网侧电

压检测装置、微网侧电压检测装置、三相双向晶闸管、智能开关控制器,其中:

[0042] 大电网侧电压检测装置与大电网的交流母线连接,大电网侧电压检测装置用于检测大电网的电压参数,并把检测得到的大电网的电压参数传入控制器;

[0043] 微网侧电压检测装置与微网的交流母线连接,微网侧电压检测装置用于检测微网的电压参数,并把检测得到的电压参数传入控制器;

[0044] 三相双向晶闸管连接于大电网侧电压检测装置和微网侧电压检测装置之间,每一相双向晶闸管对应交流母线的A、B、C相,作为微网与大电网的交流母线PCC点开关,三相双向晶闸管选择满足大电网与微网电压、电流等级的常规三相双向晶闸管;

[0045] 智能开关控制器用于接收大电网侧电压检测装置、微网侧电压检测装置传入的电压参数,并判断是否满足并网条件;如果符合并网条件,则控制三相双向晶闸管处于闭合状态实现并网以及锁存切换前大电网电压;如果不符合并网条件,则控制三相双向晶闸管处于断开状态。

[0046] 所述智能开关控制器包括检测模块、控制模块、通信模块,检测模块通过接收检测装置传入的大电网与微网的电压参数,然后传给控制模块,通过控制模块判断是否满足并网条件以及锁存切换过程前大电网电压参数,控制模块和通信模块连接,通信模块与微网控制器连接,等待微网控制器指令或自动控制,驱动三相双向晶闸管动作;控制器支持多种标准的通信规约、接口(RS232、RS485、以太网等多种标准接口,CAN、MODBUS、103、104等多种标准规约)。

[0047] 微网常见的控制策略分为:恒功率控制、下垂控制和恒压恒频控制。恒功率控制(PQ控制)是使分布式电源输出的有功功率和无功功率等于其参考功率;下垂控制(Droop控制)利用分布式电源输出有功功率与频率呈线性关系而无功功率与电压幅值成线性关系的原理而进行控制;恒压恒频控制(V/f控制),其原理为不管分布式电源输出功率如何变化,其输出电压的幅值和频率一直维持不变。通过上述控制策略,微网运行可分为:主从控制模式、对等控制模式、分层控制模式。主从控制模式,当微网处于孤岛运行模式时,其中一个分布式电源(DG)(或储能装置)采取恒压恒频控制(V/f控制),用于向微网中的其它分布式电源提供电压和频率参考,称为主控制单元(主变流器),而其它分布式电源则采用恒功率控制(PQ控制)。

[0048] 当微网系统运行在并网模式下时,微网中的所有DG均运行在PQ控制策略;当微网系统运行在孤岛模式下时,主控制单元运行在V/f控制策略,其它单元运行在PQ控制策略,在微网系统中,一般选取储能装置为主控制单元。

[0049] 微网运行模式进行切换时,大电网正常、故障的信息是微网模式切换的首要问题。微网从孤岛运行模式切换到并网运行模式,当大电网正常时,微网模式切换才能进行,调节微网输出电压的幅值、相位,使其逐步与大电网电压逼近,直至满足并网条件,通过微网控制器控制智能开关闭合,完成并网切换。规定:

[0050]

$$G = \begin{cases} 0, & \text{大电网故障;} \\ 1, & \text{大电网正常;} \end{cases}$$

[0051] 开关状态是微网运行模式切换所参考的信息量之一,规定:

[0052]

$$S = \begin{cases} 0, & \text{开关断开;} \\ 1, & \text{开关闭合;} \end{cases}$$

[0053] 当微网从孤岛运行模式切换到并网运行模式时,调节微网输出电压的幅值、相位,使其逐步与大电网电压逼近,并判断是否满足并网条件,因此智能开关还需要将微网是否满足并网条件的信息发送至微网控制器,以用于微网电压的调节,规定:

[0054]

$$N = \begin{cases} 0, & \text{不满足并网条件;} \\ 1, & \text{满足并网条件;} \end{cases}$$

[0055] 当微网模式切换时,主控制单元的控制策略需进行切换,规定:

[0056]

$$C = \begin{cases} 0, & \text{主单位运行在V/F控制;} \\ 1, & \text{主单位运行在PQ控制;} \end{cases}$$

[0057] 智能开关与微网控制器传递的信息如表 1 所示:

[0058] 表1

[0059]

数字量含义	电网故障	电网正常		电网正常
数字量状态	开关断开	开关断开 (微网电压调节)		开关闭合
G (大电网状态)	0	1		1
S (开关状态)	0	0		1
N (并网条件)		0	1	1
C (主控制单元控制策略)		0	0	1

[0060] 1. 微网系统并网切换过程

[0061] 当微网运行在孤岛模式时,智能开关时刻监测大电网状态,通过检测装置,得到大电网电压的幅值、相位,并对其进行判断,当其进入一定范围时,判断大电网正常,通过智能开关将大电网电压正常状态 ( $G=1$ ,  $S=0$ ) 传递至微网控制器,在采用主从控制的微网系统中,储能装置(主控制单元)采用的是 V/F 控制策略;同时,智能开关检测微网电压的幅值、相位,判断是否满足并网条件,微网控制器调节微网输出电压,当微网满足并网条件时,将满足并网条件状态 ( $N=1$ ) 传递至微网控制器,智能开关闭合,将并网状态 ( $G=1$ ,  $S=1$ ) 传递至微网控制器,微网控制器控制主变流器从孤岛模式下的恒压恒频控制(V/F 控制) 切换为恒功率控制(PQ 控制),微网进入并网运行模式,实现了微网系统无缝并网切换。

[0062] 在实际系统中,微网孤岛模式下运行的电压标准与大电网一致,这样有利于系统之间的切换。在一般系统中,电压频率为 50Hz。在实际应用中,判断微网电压有效值进入大电网电压有效值的 90%-110% 时,即认为微网电压满足幅值要求;当微网电压相位与大电网

电压相位差值在  $\pm 0.01\text{rad}$ , 即  $0.573^\circ$  范围内波动时, 即认为电压相位匹配; 微网电压幅值、相位满足要求时, 即为满足并网条件。

[0063] 当微网满足并网条件时, 智能开关就向微网控制器发送 ( $N=1$ ) 信息, 微网控制下发智能开关闭合指令, 晶闸管闭合。

[0064] 微网系统并网过程如图 3-4 所示, 其控制流程:

[0065] (1) 实时判断大电网是否正常;

[0066] (2) 若大电网正常, 向微网控制器发送大电网电压正常状态 ( $G=1$   $S=0$ ) 信息;

[0067] (3) 检测微网输出电压信息, 调节微网输出电网幅值、相位, 直至微网电压满足并网条件, 向微网控制器发送 ( $N=1$ ) 信息;

[0068] (4) 智能开关闭合, 将并网状态 ( $G=1$   $S=1$ ) 信息发送至微网控制器, 微网控制器控制主变流器从孤岛模式下的恒压恒频控制 (V/F 控制) 切换为恒功率控制 (PQ 控制), 微网进入并网运行模式。

[0069] 对于智能开关和微网控制器, 其切换过程的流程图如图 3、4 所示。

[0070] 2. 微网系统离网切换过程

[0071] 当大电网出现故障或人为需要切断时, 为了不影响微网系统内负荷的正常运行, 智能开关锁存切换过程前 4~5 个周波 (0.08~0.1s) 的大电网电压相位、幅值, 作为微网孤岛模式下运行的初始电压, 这使得微网电压与并网时的电压连贯输出, 不会出现电压突变。

[0072] 微网系统离网过程如图 5-6 所示, 其控制流程:

[0073] (1) 智能开关实时检测大电网状态, 当大电网故障或人为需要断网时, 智能开关断开, 并锁存切换过程前 4~5 个周波 (0.08~0.1s) 的大电网电压相位、幅值;

[0074] (2) 微网控制器控制主变流器从并网模式下的恒功率控制 (PQ 控制) 切换为恒压恒频控制 (V/F 控制);

[0075] (3) 切换过程后, 微网输出电压以切换过程前 4~5 个周波 (0.08~0.1s) 的大电网电压相位、幅值为初始相位和标准幅值, 这样使得切换过程中, 微网电压与并网时的电压连贯输出, 不会出现相位突变, 从而实现了微网系统离网的无缝切换;

[0076] 对于智能开关和微网控制器, 其切换过程的流程图如图 5-6 中所示。

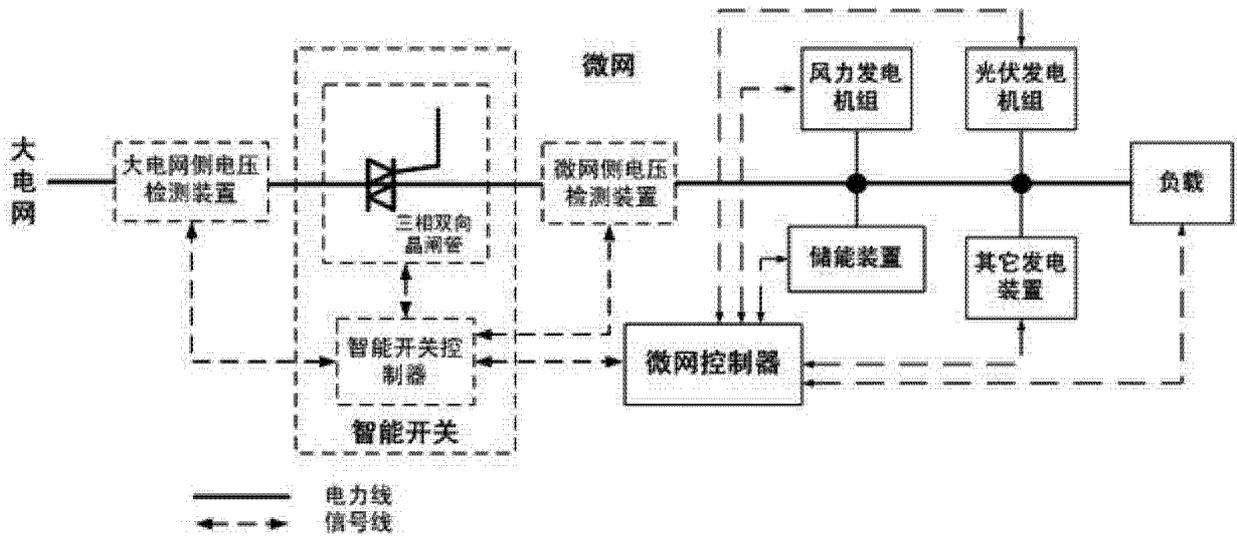


图 1

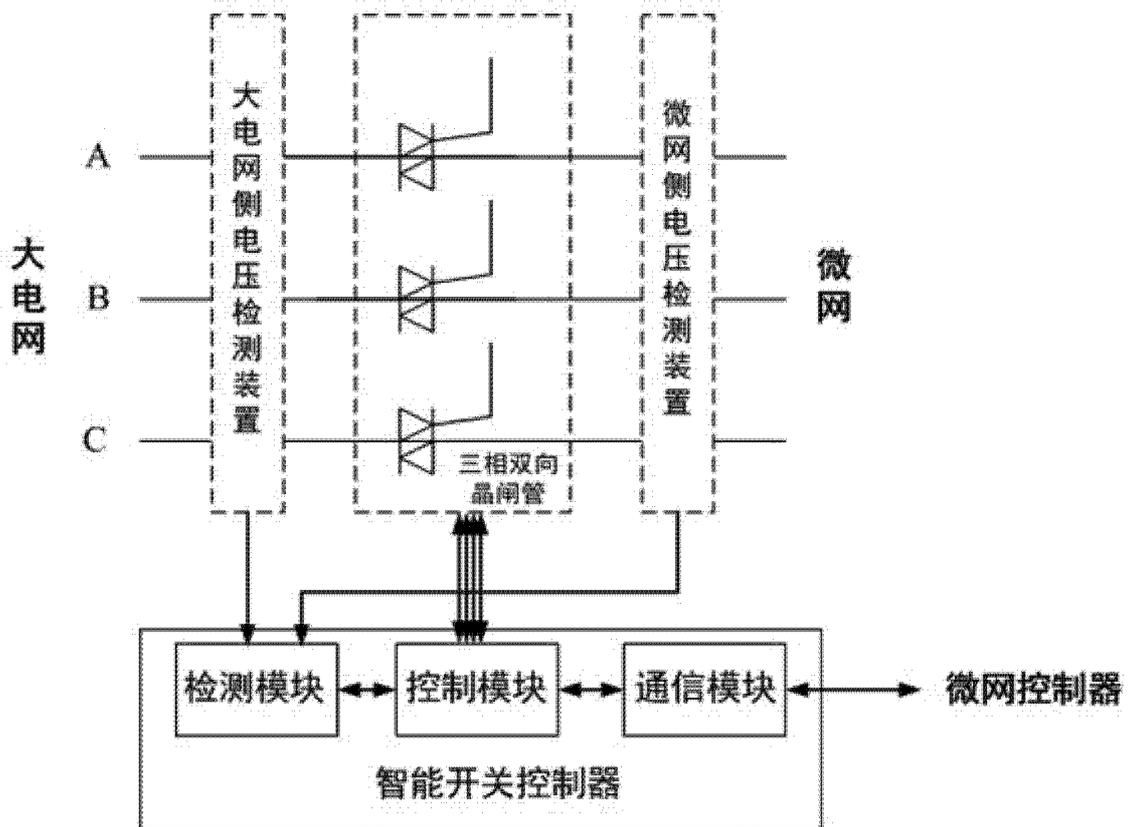


图 2

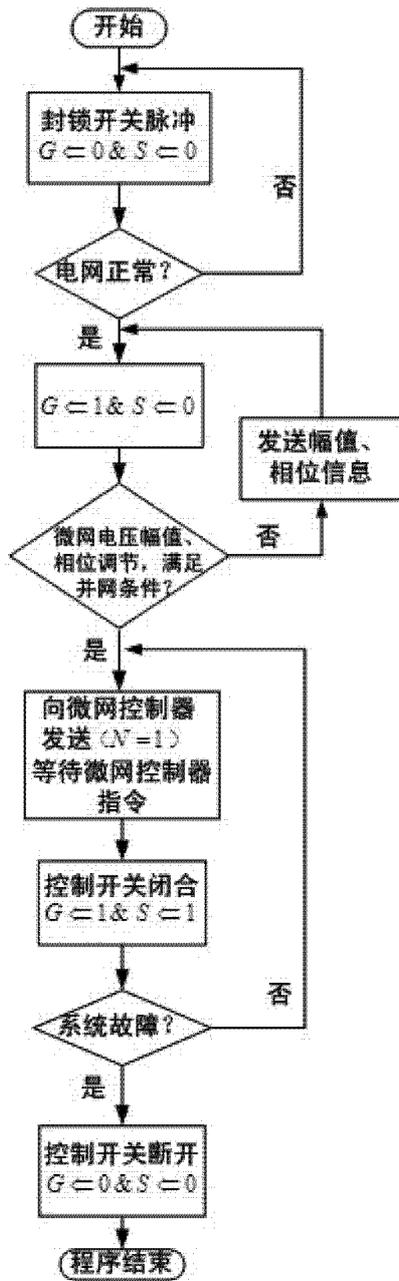


图 3

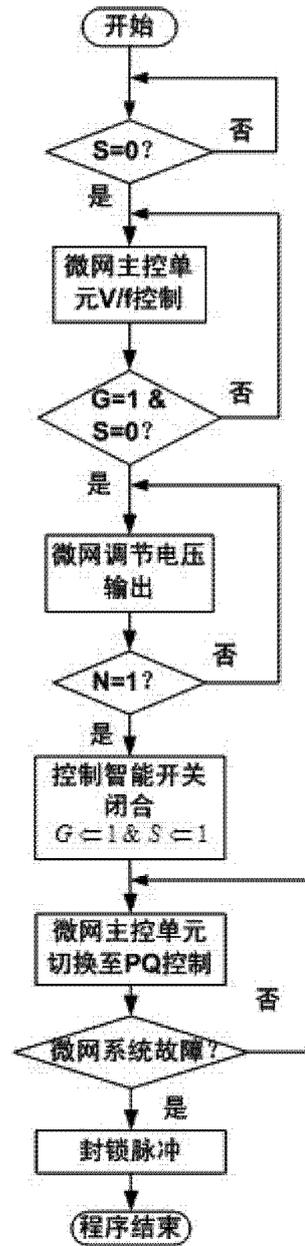


图 4

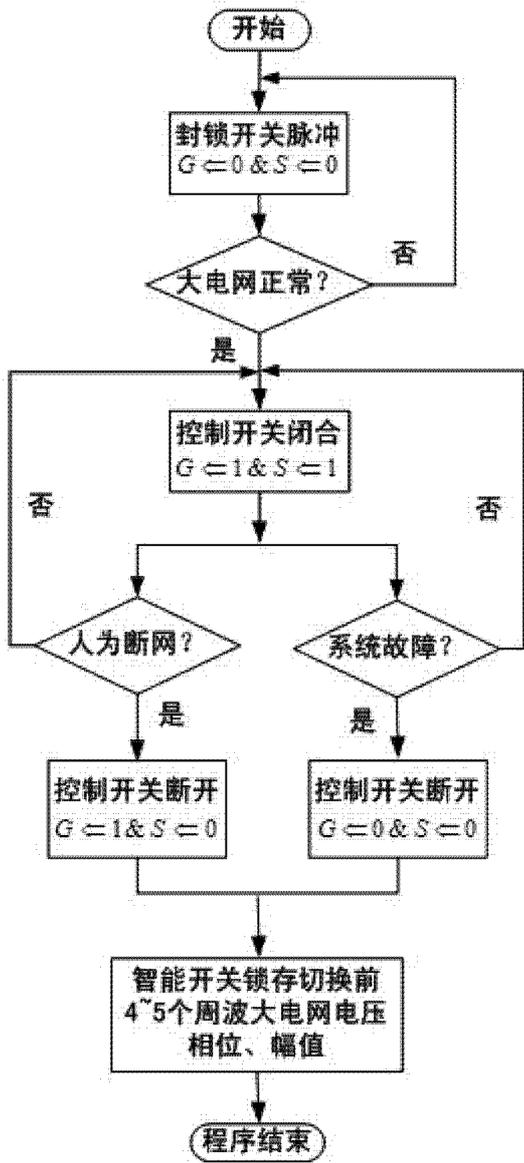


图 5

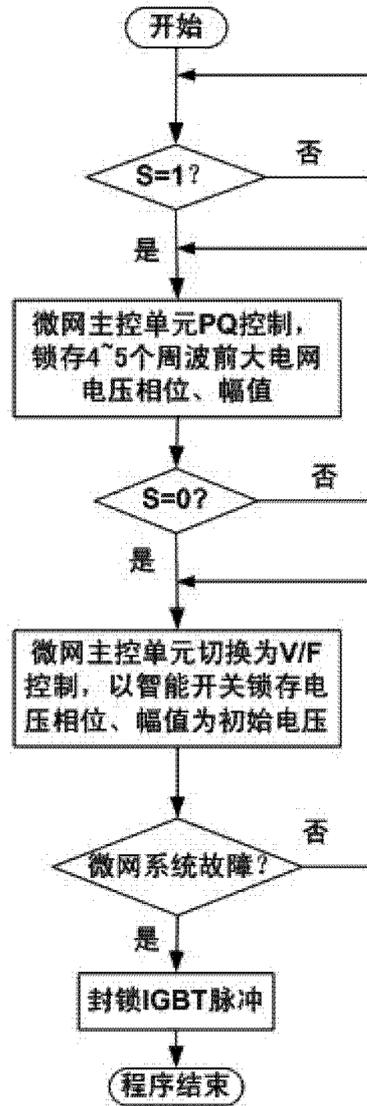


图 6