



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109638895 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201910103383.8

(22)申请日 2019.02.01

(71)申请人 阳光电源股份有限公司

地址 230088 安徽省合肥市高新区习友路  
1699号

(72)发明人 王晓飞 曹伟 余勇

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王宝筠

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

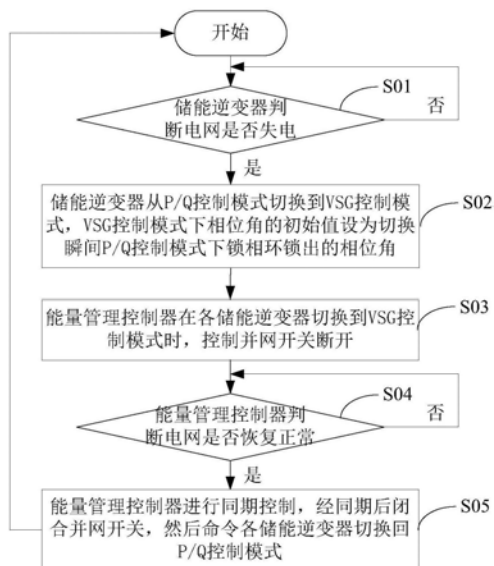
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种储能逆变器并/离网切换控制方法和微网系统

(57)摘要

本申请公开了一种储能逆变器并/离网切换控制方法和微网系统,该方法应用于多台储能逆变器并联的微网系统,微网母线通过并网开关接入电网母线,该方法包括:储能逆变器判断电网是否失电,若是,储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角;微网系统中的能量管理控制器在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开;所述能量管理控制器判断电网是否恢复正常,若是,所述能量管理控制器进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式。本申请实现了储能逆变器并网转离网的无缝切换。



CN 109638895 A

1. 一种储能逆变器并/离网切换控制方法,其特征在于,应用于微网系统,微网系统中的多台储能逆变器并联接入微网母线,微网母线通过并网开关接入电网母线,所述方法包括:

储能逆变器判断电网是否失电,若是,储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角;

微网系统中的能量管理控制器在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开;

所述能量管理控制器判断电网是否恢复正常,若是,所述能量管理控制器进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式。

2. 根据权利要求1所述的储能逆变器并/离网切换控制方法,其特征在于,所述储能逆变器判断电网是否失电,包括:

储能逆变器在检测到电网母线电压的下降值和/或电网频率的下降值超过相应的阈值时,判定电网失电。

3. 根据权利要求1所述的储能逆变器并/离网切换控制方法,其特征在于,所述能量管理控制器进行同期控制,包括:

所述能量管理控制器将电网参数下发给各储能逆变器,命令各储能逆变器将自身输出参数调整到与电网同步。

4. 根据权利要求1所述的储能逆变器并/离网切换控制方法,其特征在于,所述命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式之前,还包括:

命令各储能逆变器先过渡到待机状态。

5. 一种微网系统,其特征在于,所述微网系统中的多台储能逆变器并联接入微网母线,微网母线通过并网开关接入电网母线,所述微网系统中的能量管理控制器与各储能逆变器之间建立有通信连接;

其中,所述储能逆变器用于判断电网是否失电,若是,储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角;

所述能量管理控制器用于在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开;以及判断电网是否恢复正常,若是,进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式。

6. 根据权利要求5所述的微网系统,其特征在于,储能逆变器具体用于在检测到电网母线电压的下降值和/或电网频率的下降值超过相应的阈值时,判定电网失电。

7. 根据权利要求5所述的微网系统,其特征在于,所述能量管理控制器具体用于将电网参数下发给各储能逆变器,命令各储能逆变器将自身输出参数调整到与电网同步,实现同期控制。

8. 根据权利要求5所述的微网系统,其特征在于,所述能量管理控制器在命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式之前,还用于命令各储能逆变器先过渡到待机状态。

9. 根据权利要求5所述的微网系统,其特征在于,所述并网开关为同步开关。

10. 根据权利要求5所述的微网系统,其特征在于,所述能量管理控制器与各储能逆变器之间的通信连接方式为CAN总线通信。

## 一种储能逆变器并/离网切换控制方法和微网系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,更具体地说,涉及一种储能逆变器并/离网切换控制方法、能量管理控制器和微网系统。

### 背景技术

[0002] 在如图1所示的微网系统中,多台储能逆变器并联组网,微网母线通过并网开关S1接入电网母线。为了保证微网系统高效稳定地运行,微网系统通常由能量管理控制器(图1中未示出)进行智能控制和自动调度决策。

[0003] 图1中的储能逆变器具有并网和离网两种状态,在电网运行正常时,并网开关S1保持闭合,各储能逆变器并网运行,协同电网为本地负载供电;当电网失电时,并网开关S1断开,各储能逆变器离网运行,独立为本地负载供电,直到电网恢复正常且同期条件满足时再闭合并网开关S1切换回并网运行。

[0004] 而为了保证并网转离网过程中本地负载的供电质量不受影响,就需要实现并网转离网的无缝切换。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种储能逆变器并/离网切换控制方法和微网系统,以实现储能逆变器并网转离网的无缝切换。

[0006] 一种储能逆变器并/离网切换控制方法,应用于微网系统,微网系统中的多台储能逆变器并联接入微网母线,微网母线通过并网开关接入电网母线,所述方法包括:

[0007] 储能逆变器判断电网是否失电,若是,储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角;

[0008] 微网系统中的能量管理控制器在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开;

[0009] 所述能量管理控制器判断电网是否恢复正常,若是,所述能量管理控制器进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式。

[0010] 可选的,所述储能逆变器判断电网是否失电,包括:

[0011] 储能逆变器在检测到电网母线电压的下降值和/或电网频率的下降值超过相应的阈值时,判定电网失电。

[0012] 可选的,所述能量管理控制器进行同期控制,包括:

[0013] 所述能量管理控制器将电网参数下发给各储能逆变器,命令各储能逆变器将自身输出参数调整到与电网同步。

[0014] 可选的,所述命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式之前,还包括:

[0015] 命令各储能逆变器先过渡到待机状态。

[0016] 一种微网系统,所述微网系统中的多台储能逆变器并联接入微网母线,微网母线通过并网开关接入电网母线,所述微网系统中的能量管理控制器与各储能逆变器之间建立

有通信连接；

[0017] 其中，所述储能逆变器用于判断电网是否失电，若是，储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式，VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角；

[0018] 所述能量管理控制器用于在各储能逆变器切换到VSG控制模式时，控制并网开关断开；以及判断电网是否恢复正常，若是，进行同期控制，经同期后闭合并网开关，然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式。

[0019] 可选的，储能逆变器具体用于在检测到电网母线电压的下降值和/或电网频率的下降值超过相应的阈值时，判定电网失电。

[0020] 可选的，所述能量管理控制器具体用于将电网参数下发给各储能逆变器，命令各储能逆变器将自身输出参数调整到与电网同步，实现同期控制。

[0021] 可选的，所述能量管理控制器在命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式之前，还用于命令各储能逆变器先过渡到待机状态。

[0022] 可选的，所述并网开关为同步开关。

[0023] 可选的，所述能量管理控制器与各储能逆变器之间的通信连接方式为CAN总线通信。

[0024] 从上述的技术方案可以看出，本发明让各储能逆变器在并网状态下采用P/Q控制模式、离网状态下采用VSG控制模式；在并网转离网瞬间，本发明将PQ控制模式下锁相环锁出的相位角赋值给VSG控制模式下的相位角，作为其初始值，以保持切换瞬间相位角不会突变，这样就不会产生电流、电压的瞬时过冲，实现了并网转离网的无缝切换。

## 附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为现有技术公开的一种微网系统结构示意图；

[0027] 图2为本发明实施例公开的一种储能逆变器并/离网切换控制方法流程图；

[0028] 图3为现有技术公开的一种P/Q控制方框图；

[0029] 图4为现有技术公开的一种VSG控制方框图；

[0030] 图5为本发明实施例公开的一种VSG控制方框图；

[0031] 图6为本发明实施例公开的又一种储能逆变器并/离网切换控制方法流程图。

## 具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0033] 参见图2，本发明实施例公开了一种储能逆变器并/离网切换控制方法，以实现微

网系统中多台储能逆变器并网转离网的无缝切换。

[0034] 所述微网系统的结构如下:所述微网系统中包含能量管理柜、多个电池以及多台储能逆变器,每台储能逆变器的直流侧各自接入一个所述电池,所有储能逆变器的交流侧并联接入微网母线。

[0035] 所述能量管理柜中包含有并网开关(一般采用同步开关)和能量管理控制器,微网母线通过所述并网开关接入电网母线,电网运行正常时,所述并网开关闭合,各储能逆变器并网运行,电网失电时,所述并网开关断开,各储能逆变器离网运行,直到电网恢复正常且同期条件满足时再闭合所述并网开关切换回并网运行。整个微网系统由所述能量管理控制器进行智能控制和自动调度决策,以保证微网系统高效稳定地运行,例如所述能量管理控制器用于检测电网运行数据、控制所述并网开关的开关动作以及指示各储能逆变器在并网时采用哪种控制模式等。

[0036] 所述能量管理控制器与各储能逆变器之间进行通信的方式包括但不限于CAN(Controllor Area Network,控制器局域网络)总线通信、Wi-Fi(Wireless Fidelity,无线保真)通信等。考虑到通信的安全可靠性,现场一般采用CAN总线通信。

[0037] 所述储能逆变器并/离网切换控制方法具体包括如下步骤S01~步骤S05:

[0038] 步骤S01:储能逆变器判断电网是否失电,若是,进入步骤S02,若否,返回步骤S01。

[0039] 步骤S02:储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角,之后进入步骤S03。

[0040] 步骤S03:能量管理控制器在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开。

[0041] 具体的,储能逆变器现有的控制模式有P/Q(有功/无功功率)控制模式、V/F(电压/频率)控制模式、VSG(Virtual Synchronous Generator,虚拟同步发电机)控制模式等,其不同控制模式下的特征如下:

[0042] 储能逆变器采用P/Q控制模式并网运行时,由电网对微网系统提供母线电压和频率支撑,储能逆变器输出的有功功率和无功功率大小可控,均可以按照设定值输出,从而精准响应系统功率调度,实现输出功率的恒定与限额。这期间,储能逆变器通过检测电网运行数据的变化可以主动判断出电网是否失电,例如:由于电网失电时,电网母线电压和频率会瞬间降低,因此当储能逆变器检测到电网母线电压的下降值和/或电网频率的下降值超过相应的阈值时,就能判断出电网失电,电网失电检测成本不高。

[0043] 多台储能逆变器并联运行于VF控制模式时,一般是主从控制,即一台储能逆变器作为主机,其余储能逆变器作为从机,主机运行电压环,从机接收主机的电压环输出作为自身的电流环指令,主从控制方法复杂,而且由于各储能逆变器之间还需要建立通信连接,通信成本较高。

[0044] 储能逆变器采用VSG控制模式并网运行时,由于VSG的电压源特性很难检测到电网失电,目前基本都是需要外配昂贵的电力检测装置实现电网失电检测;另外,VSG特性导致储能逆变器并网运行时输出功率会随着电网母线电压和电网频率波动,难以在削峰填谷或峰谷电价的场合下维持稳定的电流或功率输出。

[0045] 本发明实施例结合储能逆变器在不同控制模式下的特性,让各储能逆变器在并网状态下采用P/Q控制模式、离网状态下采用VSG控制模式,这样每个储能逆变器都能在主动

检测到电网失电时自行切换到VSG控制模式,就能够在低成本(电网失电检测成本低、无需外配昂贵的电力检测装置;各储能逆变器之间无需建立通信连接、通信成本低)下保证储能逆变器并网运行时输出功率的恒定与限额。

[0046] 同时,为保证并网转离网的无缝切换,本发明实施例将并网转离网瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角赋值给VSG控制模式下的相位角,作为其初始值,以保持切换瞬间相位角不会突变,这样就不会产生电流、电压的瞬时过冲,实现了并网转离网的无缝切换。

[0047] 为了更清楚的描述对VSG控制模式下的相位角赋初始值的过程,下面结合VSG控制方框图进行说明。

[0048] 现有的P/Q控制方框图如图3所示:

[0049] 将有功功率指令值 $P_{ref}$ 、无功功率指令值 $Q_{ref}$ 、有功功率实际值P和无功功率实际值Q输入功率外环控制环节,得到三相电流d、q轴分量的指令值 $i_{dref}$ 、 $i_{qref}$ ;

[0050] 将三相电压采样值 $u_{ok}$ 输入锁相环得到相位角 $\theta_g$ ;将 $\theta_g$ 与三相电流采样值 $i_{ok}$ 输入dq坐标变换环节,得到三相电流d、q轴分量的实际值 $i_d$ 、 $i_q$ ;

[0051] 将 $i_{dref}$ 、 $i_{qref}$ 、 $i_d$ 、 $i_q$ 输入电流内环控制(例如电流内环PI控制)环节,输出量再经过SVPWM(Space Vector Pulse Width Modulation,空间矢量脉宽调制)控制环节完成转换输出。

[0052] 现有的VSG控制方框图如图4所示:

[0053] 三相电压电流采样值 $u_{ok}$ 、 $i_{ok}$ 经过P/Q功率计算转换成有功功率实际值P和无功功率实际值Q;

[0054] 额定电网频率 $\omega_0$ 与电网频率实际值 $\omega$ 经过传递函数 $P_{droop} = \frac{1}{m}(\omega_0 - \omega)$ 转换成 $P_{droop}$ ,实现一次调频模拟,其中m为虚拟的一次调频下垂系数;虚拟二次调频有功功率指令值 $P_{ref}$ 与 $P_{droop}$ 经过传递函数 $P_m = P_{ref} + P_{droop}$ 转换成虚拟等效的输入机械功率 $P_m$ ,实现二次调频模拟; $P_m$ 与有功功率实际值P经过传递函数 $\Delta\omega = \frac{P_m - P}{J\omega_0 s}$ 转换成 $\Delta\omega$ ,实现虚拟惯性模拟;

$\Delta\omega$ 与额定电网频率 $\omega_0$ 经过传递函数 $\theta_{ref} = \frac{1}{s}(\omega_0 + \omega)$ 转换成相位角指令值 $\theta_{ref}$ ;

[0055] Q、无功功率指令值 $Q_{ref}$ 和额定电压 $U_0$ 经过传递函数 $U_{ref} = U_0 + n(Q_{ref} - Q)$ 转换成电压指令值 $U_{ref}$ ,实现调压功能,其中n为无功下垂系数;

[0056] 最后,将 $U_{ref}$ 与 $\theta_{ref}$ 作为输入量,经过参考电压生成、dq坐标变换、电压环控制(例如电压环PI控制)、电流环控制(例如电流环PI控制)、SVPWM控制等一系列环节完成转换输出。

[0057] 而本发明实施例公开的VSG控制方框图如图5所示:

[0058] 图5是在图4的基础上增加了一个角度切换环节,具体为将 $u_{ok}$ 输入锁相环得到相位角 $\theta_g$ ,在P/Q控制模式切VSG控制模式的瞬间将 $\theta_g$ 作为 $\theta_{ref}$ 的初始值进行计算,等切换到VSG控制模式后再按照VSG自身计算得到的 $\theta_{ref}$ 进行计算,这样就保证了相位角平滑过渡,不会突变,也就保证了电流、电压不会突变,实现了并网转离网的无缝切换。

[0059] 步骤S04:能量管理控制器判断电网是否恢复正常,若是,进入步骤S05,若否,返回步骤S03。

[0060] 步骤S05:能量管理控制器进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储

能逆变器切换回P/Q控制模式。

[0061] 具体的,能量管理控制器进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式的具体过程可以是:将电网参数(包括电网电压频率、幅值和相位)下发给各储能逆变器,命令各储能逆变器将自身输出参数调整到与电网同步,之后控制并网开关闭合,然后再切换到P/Q控制模式下并网运行,完成离网到并网的切换。

[0062] 并网转离网瞬间要保证本地负载的供电质量不受影响,所以并网转离网瞬间要求无缝切换,不能产生电流、电压的瞬时过冲现象,而离网转并网时则无无缝切换要求。

[0063] 此外,为了避免离网转并网时直接切换到P/Q模式可能会导致过流,本发明实施例推荐在同期、并网后,先过渡到待机状态,然后再切换到P/Q控制模式下并网运行。对应的储能逆变器并/离网切换控制方法如图6所示,具体包括如下步骤S11~步骤S15。

[0064] 步骤S11:储能逆变器判断电网是否失电,若是,进入步骤S12,若否,返回步骤S11。

[0065] 步骤S12:储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角,之后进入步骤S13。

[0066] 步骤S13:能量管理控制器在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开。

[0067] 步骤S14:能量管理控制器判断电网是否恢复正常,若是,进入步骤S15,若否,返回步骤S13。

[0068] 步骤S15:能量管理控制器进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器先过渡到待机状态,然后再切换到P/Q控制模式。

[0069] 综合以上描述可以看出,本发明实施例让各储能逆变器在并网状态下采用P/Q控制模式、离网状态下采用VSG控制模式;在并网转离网瞬间,本发明实施例将切换瞬间PQ控制模式下锁相环锁出的相位角赋值给VSG控制模式下的相位角,作为其初始值,以保持切换瞬间相位角不会突变,从而实现了并网转离网的无缝切换。

[0070] 与上述方法实施例相对应的,本发明实施例还公开了一种微网系统,所述微网系统中的多台储能逆变器并联接入微网母线,微网母线通过并网开关接入电网母线,所述微网系统中的能量管理控制器与各储能逆变器之间建立有通信连接;

[0071] 其中,所述储能逆变器用于判断电网是否失电,若是,储能逆变器从P/Q控制模式切换到VSG控制模式,VSG控制模式下相位角的初始值设为切换瞬间P/Q控制模式下锁相环锁出的相位角;

[0072] 所述能量管理控制器用于在各储能逆变器切换到VSG控制模式时,控制并网开关断开;以及判断电网是否恢复正常,若是,进行同期控制,经同期后闭合并网开关,然后命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式。

[0073] 可选的,所述储能逆变器具体用于在检测到电网母线电压的下降值和/或电网频率的下降值超过相应的阈值时,判定电网失电。

[0074] 可选的,所述能量管理控制器具体用于将电网参数下发给各储能逆变器,命令各储能逆变器将自身输出参数调整到与电网同步,实现同期控制。

[0075] 可选的,所述能量管理控制器在命令各储能逆变器切换回P/Q控制模式之前,还用于命令各储能逆变器先过渡到待机状态。

[0076] 可选的,所述并网开关采用同步开关。

[0077] 可选的,所述能量管理控制器与各储能逆变器之间的通信连接方式包括但不限于CAN(Controllor Area Network,控制器局域网)总线通信、Wi-Fi(Wireless Fidelity,无线保真)通信等,考虑到通信可靠性,本发明实施例推荐采用CAN总线通信。

[0078] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0079] 在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0080] 专业人员还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0081] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0082] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明实施例的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明实施例将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。



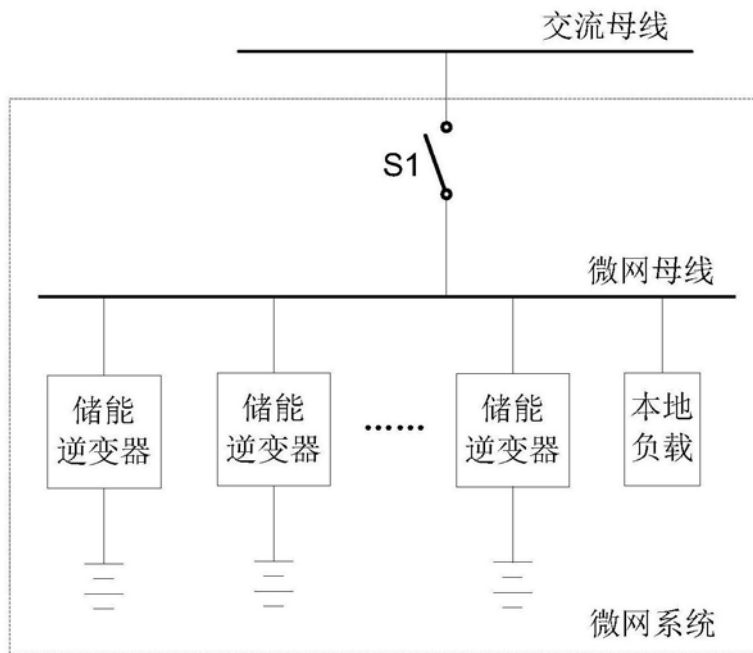


图1

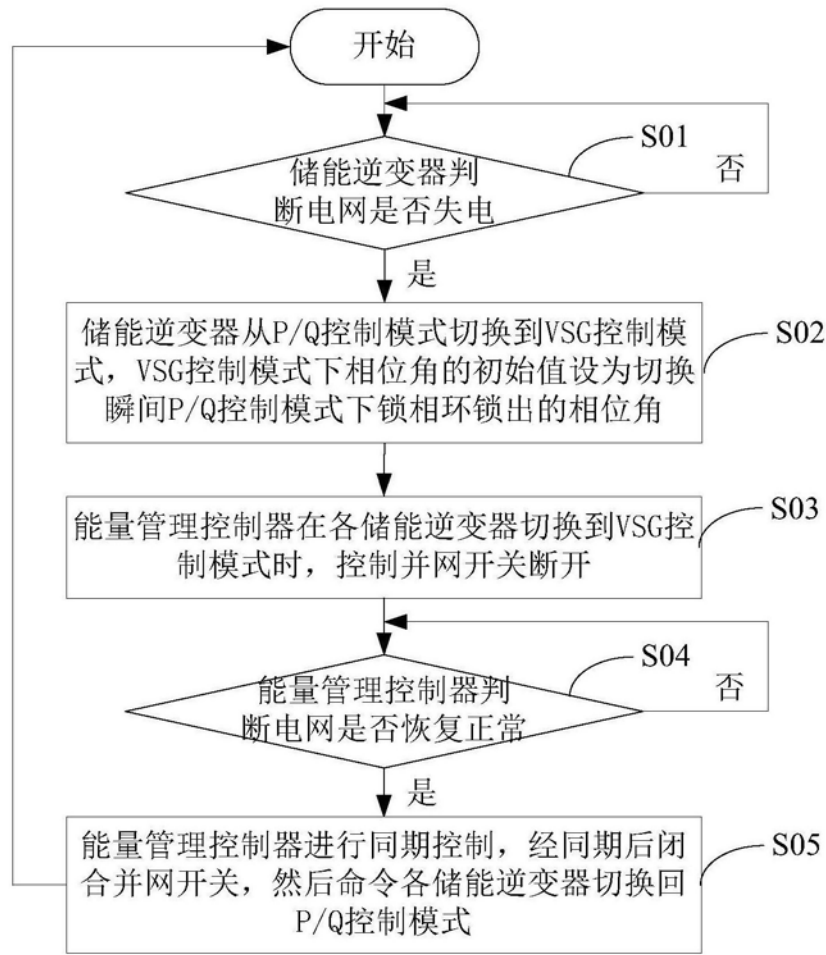


图2

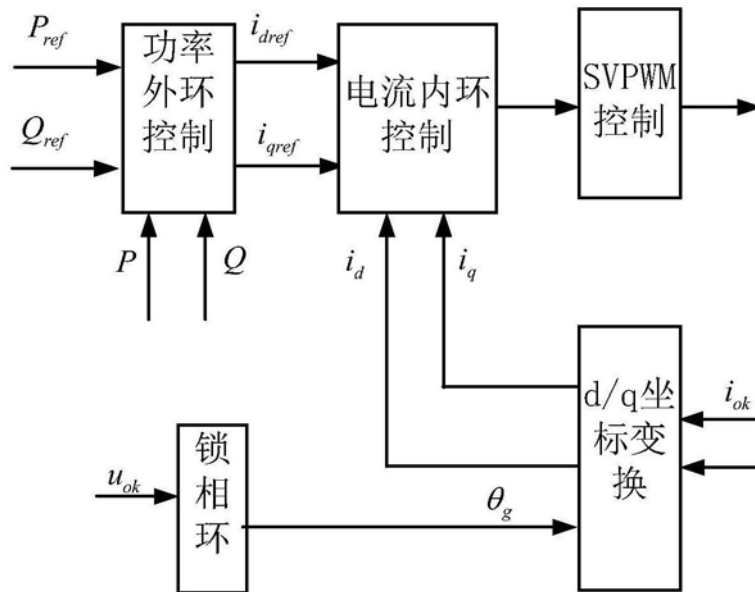


图3

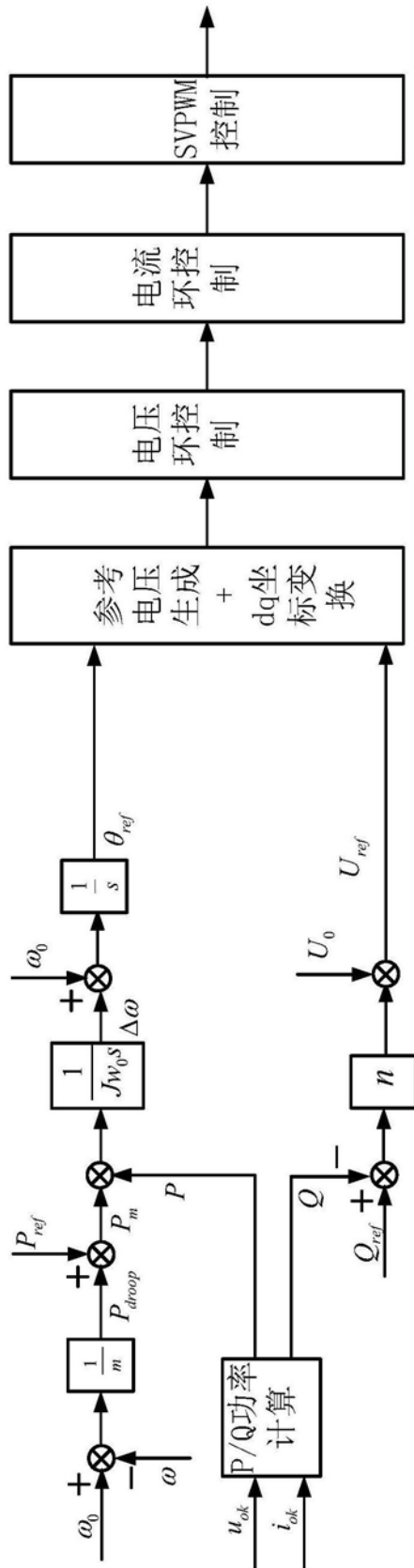


图4

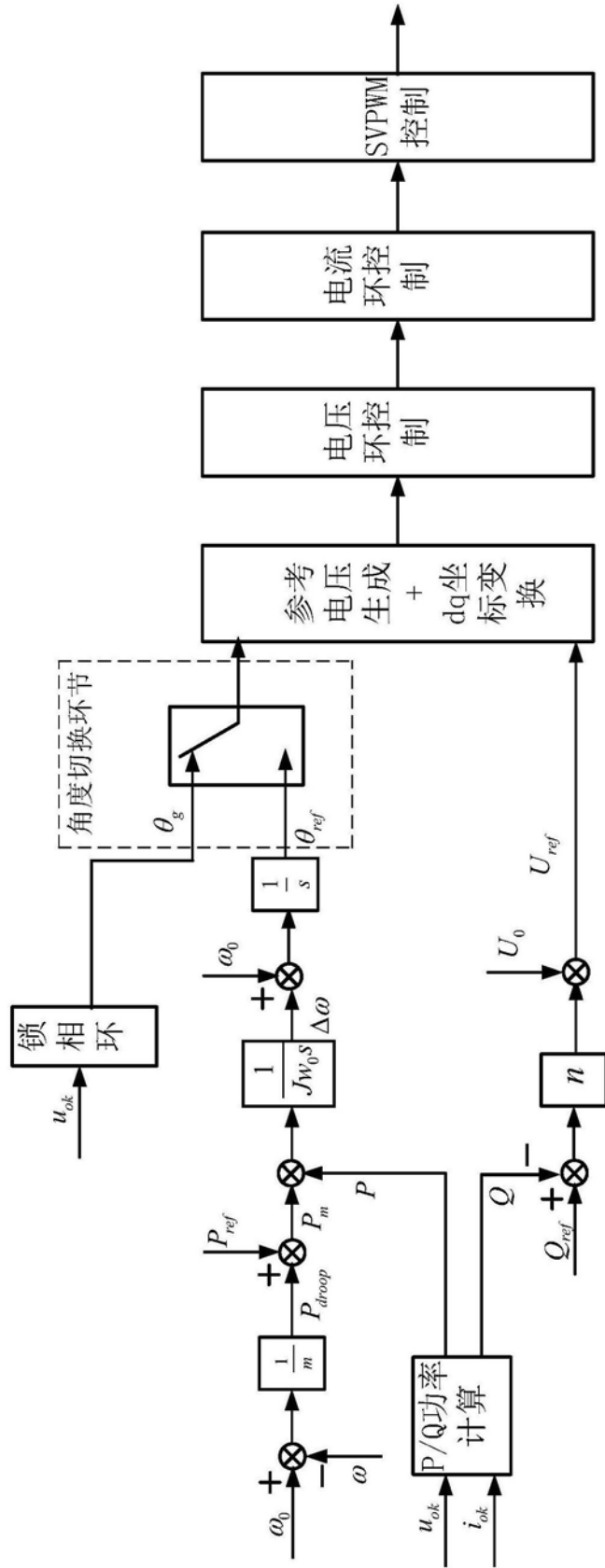


图5

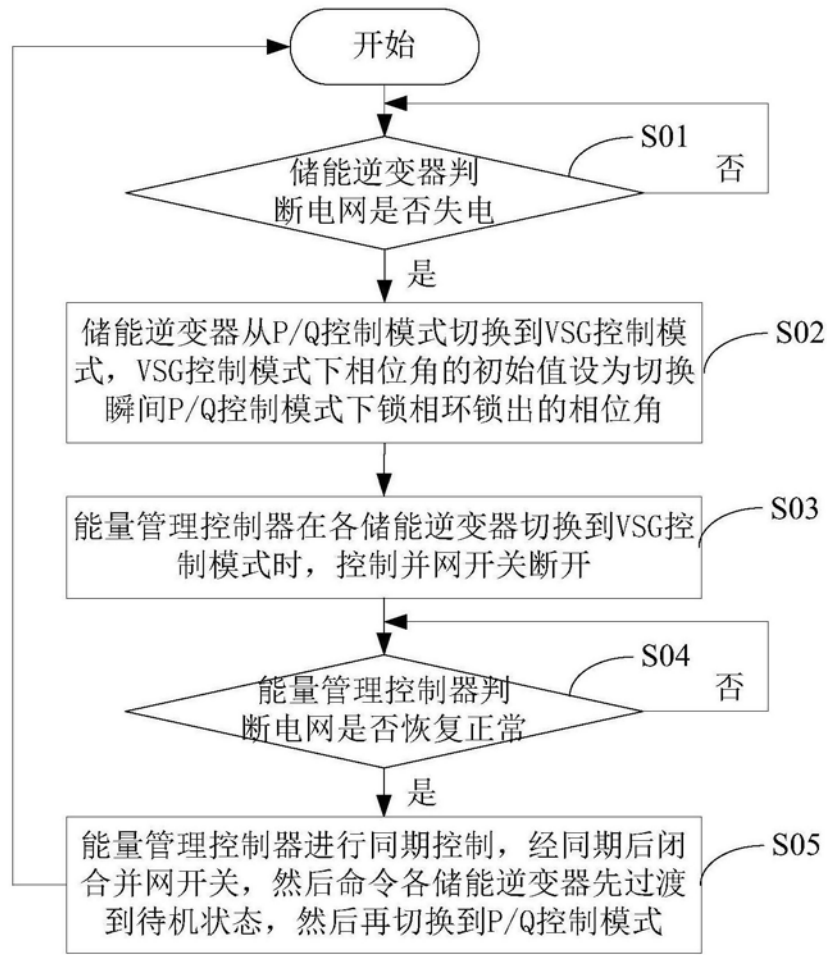


图6