



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104953620 B

(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201510394020.6

(22)申请日 2015.07.07

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104953620 A

(43)申请公布日 2015.09.30

(73)专利权人 河北工业大学

地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8号河北工业大学东院330#

(72)发明人 李练兵 马欲晓 姚春明 王泽伟 张佳 唐会莉

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务所(普通合伙) 12210

代理人 胡安朋 付长杰

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

(56)对比文件

CN 103066621 A,2013.04.24,说明书第0006-0016段,第0055-0074段及附图1和3.

US 9007038 B2,2015.04.14,全文.

CN 204835551 U,2015.12.02,权利要求1-3.

审查员 郭丽雅

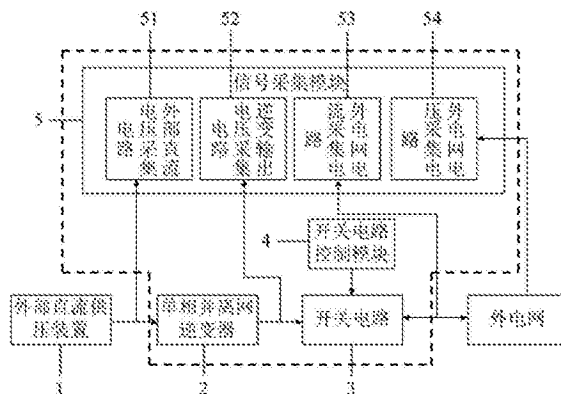
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种单相并离网逆变器系统及其控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种单相并离网逆变器系统及其控制方法,该逆变器系统包括单相并离网逆变器、开关电路、开关电路控制模块和信号采集模块,所述信号采集模块包括外部直流电压采集电路、逆变输出电压采集电路、外电网电流采集电路和外电网输出电压采集电路;所述单相并离网逆变器的输入端与外部直流供压装置的输出端连接,单相并离网逆变器的输出端与开关电路的输入端连接,开关电路控制模块的输出端与开关电路连接,开关电路的输出端与外电网双向连接;所述外部直流电压采集电路与外部直流供压装置连接,逆变输出电压采集电路与单相并离网逆变器的输出端连接,外电网电流采集电路与开关电路的输出端连接,外电网输出电压采集电路与外电网连接。



1. 一种单相并离网逆变器系统,其特征在于:该逆变器系统包括单相并离网逆变器、开关电路、开关电路控制模块和信号采集模块,所述信号采集模块包括外部直流电压采集电路、逆变输出电压采集电路、外电网电流采集电路和外电网输出电压采集电路;所述单相并离网逆变器的输入端与外部直流供压装置的输出端连接,单相并离网逆变器的输出端与开关电路的输入端连接,开关电路控制模块的输出端与开关电路连接,开关电路的输出端与外电网双向连接;所述外部直流电压采集电路与外部直流供压装置连接,逆变输出电压采集电路与单相并离网逆变器的输出端连接,外电网电流采集电路与开关电路的输出端连接,外电网输出电压采集电路与外电网连接,所述开关电路控制模块中存有孤岛模式和并网模式切换程序、孤岛检测程序、电压前馈程序、相位同步程序和双闭环反馈控制程序,其中开关电路采用固态继电器构成;

所述开关电路的电路构成是:包括两个端子即J1和J2,电流传感器M1,四个贴片电阻即R1、R2、R3和R4,压敏电阻R5,两个电解电容即E1和E2,贴片电容C1,两个固态继电器U1和U2及保险管F1;所述四个贴片电阻中的R1和R3的阻值为 $100\ \Omega$,所述四个贴片电阻中的R2和R4的阻值为 $500\ \Omega$,R5为型号为MYG14K681的压敏电阻,端子J1为逆变输出电压输出端,J1的H1引脚与电流传感器M1的S1、S2、S3引脚相连,电流传感器M1的S8引脚与SGND相连,电流传感器M1的S9引脚同时与贴片电容C1的一端和+5V相连,贴片电容C1的另一端与SGND相连,电流传感器M1的S7引脚 out 为外电网电流输出,电流传感器M1的S4、S5、S6引脚同时与固态继电器U1的A3引脚相连,固态继电器U1的A1引脚与贴片电阻R2的一端、电解电容E1的正极相连,贴片电阻R2的另一端、电解电容E1的负极同时与贴片电阻R1的一端相连,贴片电阻R1的另一端与开关电路控制信号 $relay$ 相连,固态继电器U1的A2引脚接24V直流电压,固态继电器U1的A4引脚和保险管F1串联后与端子J2的K1引脚相连,J2为外电网输出电压输出端,同时压敏电阻R5一端与固态继电器U1的A4引脚连接,另一端与端子J2的K2引脚、固态继电器U2的B4引脚相连;固态继电器U2的B1引脚与贴片电阻R4一端连接,贴片电阻R4的另一端与贴片电阻R3的一端相连,贴片电阻R3的另一端与开关电路控制信号 $relay$ 相连,电解电容E2的负极与固态继电器U2的B1引脚连接,电解电容E2的正极与贴片电阻R4的另一端连接,固态继电器U2的B2引脚接24V直流电压,固态继电器U2的B3引脚与端子J1的H2引脚相连;其中,开关电路控制信号 $relay$ 为开关电路控制模块给出的同时控制开关电路中的两个固态继电器U1和U2的开关状态的控制信号。

2. 根据权利要求1所述的单相并离网逆变器系统,其特征在于:所述开关电路控制模块中存有孤岛模式和并网模式切换程序是:首先,定义并初始化各个控制参数,接着初始状态设定为孤岛模式,然后判断外电网是否正常,如果不正常,则继续判断外电网是否正常;如果正常,则开关电路中的固态继电器吸合切换到并网模式,然后继续判断外电网是否正常,如果正常,则开关电路中的固态继电器吸合切换到并网模式,然后返回上一步骤的判断外电网是否正常,如果不正常,则开关电路中的固态继电器断开切换到孤岛模式,然后返回上一步骤的判断外电网是否正常。

3. 根据权利要求1所述的单相并离网逆变器系统,其特征在于:所述开关电路控制模块采用TMS320F2808芯片。

4. 权利要求1所述的一种单相并离网逆变器系统的控制方法,其特征在于该控制方法的具体步骤是:

第一步、同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值与相位：

从孤岛模式切换到并网模式时，要确保逆变输出电压和外电网输出电压同幅同相；

(1) 同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值：

在一个电压周期20ms内，逆变输出电压的采集步数为400步，通过逆变输出电压采集电路采集逆变输出电压从第90步到第110步之间的电压幅值并求和，然后取其平均值作为采集到的逆变输出电压峰值；外电网电压采集电路采集到的外电网电压理论峰值为314V，如果逆变输出电压采集电路采集到的逆变输出电压峰值在312V到316V之间的误差范围内，即可判断逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值相等，即逆变输出电压和外电网输出电压幅值同步；如果逆变输出电压采集电路采集到的逆变输出电压峰值小于312V或者大于316V，即可判断逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值不相等，即逆变输出电压和外电网输出电压幅值没有达到同步，然后在开关电路控制模块中的电压前馈程序中以2为单位逐渐增加或减小电压前馈系数，以使外电网电压采集电路采集到的逆变输出电压相应增大或减小，直至外电网电压采集电路采集到的逆变输出电压峰值在312V到316V之间的误差范围内；

(2) 同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的相位：

外电网输出电压采集电路时刻检测外电网输出电压，当捕捉到外电网输出电压的上升沿时，在开关电路控制模块中的相位同步程序中计算逆变输出电压和外电网输出电压的相位差，即逆变输出电压和外电网输出电压的步数差，如果步数差大于1，则在开关电路控制模块中的相位同步程序中将实时步数减2；如果步数差小于1，则在开关电路控制模块中的相位同步程序中将实时步数加2，然后再在外电网电压采集电路捕捉到外电网的下一个上升沿的时刻时，在开关电路控制模块中的相位同步程序中重新计算逆变输出电压和外电网输出电压的步数差，直至逆变输出电压和外电网输出电压的步数差为0或1，此时即可判断逆变输出电压的相位和外电网输出电压的相位同步；

第二步、通过混合孤岛检测方法进行孤岛检测：

经过第一步同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值后，由并网模式切换到孤岛模式之前，先采用快速检测方法进行孤岛检测，即在一个电压周期20ms内，电压的采集步数为400步，当逆变输出电压采集电路检测到4个连续瞬时电压幅值与设定的相应时刻的参考电压幅值之差大于10V或者小于-10V时，即可判断电网掉电，判断电网掉电后，直接确定是否使单相并网逆变器从并网模式切换到孤岛模式；如果使用快速检测方法没有判断出电网掉电，再应用过/欠电压检测和过/欠频率检测作为孤岛检测方法，判断单相并网逆变器是否进入孤岛，从而确定是否使单相并网逆变器从并网模式切换到孤岛模式；

第三步、基于双闭环反馈控制程序实现负载电压和负载电流的平滑切换：

在孤岛模式切换到并网模式时，需要经过第一步确保逆变输出电压和外电网输出电压同幅同相后进行负载电压和负载电流的平滑切换；在并网模式切换到孤岛模式时需要通过第二步进行孤岛检测后，再进行负载电压和负载电流的平滑切换；

在混合电压电流模式控制结构的基础上采用了包含负载电流内环和负载电压外环的双闭环反馈控制程序，实现负载电压和负载电流的平滑切换，在孤岛模式和并网模式切换的过程中，采用混合电压电流模式控制，即在孤岛模式时，单相并网逆变器被当成一个电压源，采用电压模式控制结构；在并网模式下，单相并网逆变器被当成一个电流源，采用

电流模式控制结构；

第四步、孤岛模式和并网模式的相互切换：

(1) 孤岛模式到并网模式的切换的实现：

经过第一步实现逆变输出电压和外电网输出电压的幅值与相位的同步和第三步实现负载电压和负载电流的平滑切换后，通过开关电路控制模块输出低电平，即开关电路控制信号relay为低电平，从而控制开关电路中的固态继电器U1和U2的闭合，完成孤岛模式到并网模式的切换；

(2) 并网模式到孤岛模式的切换的实现：

通过第二步的混合孤岛检测方法进行孤岛检测，当单相并离网逆变器系统满足进入孤岛模式的条件时，即通过快速检测方法判断电网掉电后，使单相并离网逆变器从并网模式切换到孤岛模式，或再由过/欠电压检测和过/欠频率检测作为孤岛检测方法，判断单相并离网逆变器进入孤岛，确定使单相并离网逆变器从并网模式切换到孤岛模式；再经过第三步实现负载电压和负载电流的平滑切换后，开关电路控制模块输出高电平，即开关电路控制信号relay为高电平，从而控制开关电路中的固态继电器U1和U2的断开，完成并网模式到孤岛模式的切换。

一种单相并离网逆变器系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明的技术方案涉及一种并离网逆变器系统及其控制方法,具体地说是一种单相并离网逆变器系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 并离网逆变器的关键技术之一是孤岛模式和并网模式的相互切换。在正常工作模式下,微电网与大电网并联运行,当大电网发生故障或者电能质量达不到要求时,逆变器装置通过隔离装置与电网隔离孤岛运行。当电网故障消除以后,逆变器装置重新与外电网同步,实现并网运行。

[0003] 目前,针对分布式发电系统运行模式切换的控制结构有三种控制模式:电压模式控制、间接电流模式控制和混合电压电流模式控制。电压控制模式,即无论是对于孤岛模式还是对于并网模式,逆变器始终被当成一个电压源,因此在运行模式的切换过程中负载电压质量较好,但是存在有功功率外环,所以系统的动态性能会变差。间接电流模式控制,是指一直对负载电压进行控制,并且对电网电流峰值进行反馈控制,该控制方法使得负载电压质量较好,但是动态性能较差,且实现也比较复杂。混合电压电流模式控制是指,在孤岛模式时,逆变器被当成一个电压源,采用电压模式控制结构,在并网模式下,逆变器被当成一个电流源,采用电流模式控制,因为该方法直接对电压或电流瞬时值进行控制,所以具有良好的动态性能,但是切换过程中负载电压质量较差。

[0004] 另外,并网开关器件通常采用双向晶闸管,由于双向晶闸管的控制信号及开关电路的延时,必然存在切换暂态过程。并且当驱动负载为感性时,要加RC吸收回路来控制尖峰电压,但由于RC吸收回路本身会向负载漏电,使得晶闸管不能完全关断,如果负载很轻,甚至可能出现负载直接工作的可能,使其不受双向晶闸管控制。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明拟解决的技术问题是,提供一种单相并离网逆变器系统及其控制方法。该逆变器系统的模式切换开关器件用固态继电器代替了双向晶闸管,实现了控制端与负载端的隔离,输入端用微小的控制信号,就能直接驱动大电流负载,并且无机械触电,寿命长、无噪音、抗震动,在过零点断开,拉弧干扰小,导通速度快,切换操作方便快捷,固态继电器的固定位置可以随实际需要而定,实现了孤岛模式/并网模式切换。该控制方法采用基于混合电压电流控制模式的双闭环反馈控制程序,该控制方法能够准确快速实现逆变输出电压和外电网输出电压的幅值和相位的同步,能够实现孤岛模式和并网模式切换过程中负载电压和负载电流的平滑过渡,克服了现有电压控制模式技术在切换过程中系统的动态性能会变差和负载电压质量较差的缺陷。

[0006] 本发明解决所述逆变器系统技术问题所采用的技术方案是:提供一种单相并离网逆变器系统,其特征在于该逆变器系统包括单相并离网逆变器、开关电路、开关电路控制模块和信号采集模块,所述信号采集模块包括外部直流电压采集电路、逆变输出电压采集电

路、外电网电流采集电路和外电网输出电压采集电路；所述单相并离网逆变器的输入端与外部直流供压装置的输出端连接，单相并离网逆变器的输出端与开关电路的输入端连接，开关电路控制模块的输出端与开关电路连接，开关电路的输出端与外电网双向连接；所述外部直流电压采集电路与外部直流供压装置连接，逆变输出电压采集电路与单相并离网逆变器的输出端连接，外电网电流采集电路与开关电路的输出端连接，外电网输出电压采集电路与外电网连接，所述开关电路控制模块中存有孤岛模式和并网模式切换程序、孤岛检测程序、电压前馈程序、相位同步程序和双闭环反馈控制程序，其中开关电路采用固态继电器构成。

[0007] 上述单相并离网逆变器系统，所述开关电路的电路构成是：包括两个端子即J1和J2，电流传感器M1，四个贴片电阻即R1、R2、R3和R4，压敏电阻R5，两个电解电容即E1和E2，贴片电容C1，两个固态继电器U1和U2及保险管F1；所述四个贴片电阻中的R1和R3的阻值为100Ω，所述四个贴片电阻中的R2和R4的阻值为500Ω，R5为型号为MYG14K681的压敏电阻，端子J1为逆变输出电压输出端，J1的H1引脚与电流传感器M1的S1、S2、S3引脚相连，电流传感器M1的S8引脚与SGND相连，电流传感器M1的S9引脚同时与贴片电容C1的一端和+5V相连，贴片电容C1的另一端与SGND相连，电流传感器M1的S7引脚out为外电网电流输出，电流传感器M1的S4、S5、S6引脚同时与固态继电器U1的A3引脚相连，固态继电器U1的A1引脚与贴片电阻R2的一端、电解电容E1的正极相连，贴片电阻R2的另一端、电解电容E1的负极同时与贴片电阻R1的一端相连，贴片电阻R1的另一端与开关电路控制信号relay相连，固态继电器U1的A2引脚接24V直流电压，固态继电器U1的A4引脚和保险管F1串联后与端子J2的K1引脚相连，J2为外电网输出电压输出端，同时压敏电阻R5一端与固态继电器U1的A4引脚连接，另一端与端子J2的K2引脚、固态继电器U2的B4引脚相连；固态继电器U2的B1引脚与贴片电阻R4一端连接，贴片电阻R4的另一端与贴片电阻R3的一端相连，贴片电阻R3的另一端与开关电路控制信号relay相连，电解电容E2的负极与固态继电器U2的B1引脚连接，电解电容E2的正极与贴片电阻R4的另一端连接，固态继电器U2的B2引脚接24V直流电压，固态继电器U2的B3引脚与端子J1的H2引脚相连；其中，开关电路控制信号relay为开关电路控制模块给出的同时控制开关电路中的两个固态继电器U1和U2的开关状态的控制信号。

[0008] 上述单相并离网逆变器系统，所述开关电路控制模块中存有孤岛模式和并网模式切换程序是：开始→定义并初始化各个控制参数→初始状态设定为孤岛模式→外电网是否正常？否返回外电网是否正常？；是开关电路中的固态继电器吸合切换到并网模式→外电网是否正常？是开关电路中的固态继电器吸合切换到并网模式→返回上一步骤的外电网是否正常？；否开关电路中的固态继电器断开切换到孤岛模式→返回上一步骤的外电网是否正常？。

[0009] 上述单相并离网逆变器系统，所述开关电路控制模块采用TMS320F2808芯片。

[0010] 一种单相并离网逆变器系统的控制方法，该控制方法应用上述单相并离网逆变器系统，其特征在于该控制方法的具体步骤是：

[0011] 第一步、同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值与相位：

[0012] 从孤岛模式切换到并网模式时，要确保逆变输出电压和外电网输出电压同幅同相；

[0013] (1) 同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值：

[0014] 在一个电压周期20ms内,逆变输出电压的采集步数为400步,通过逆变输出电压采集电路采集逆变输出从第90步到第110步之间的电压幅值并求和,然后取其平均值作为采集到的逆变输出电压峰值;外电网电压采集电路采集到的外电网电压理论峰值为314V,如果逆变输出电压采集电路采集到的逆变输出电压峰值在312V到316V之间的误差范围内,即可判断逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值相等,即逆变输出电压和外电网输出电压幅值同步;如果逆变输出电压采集电路采集到的逆变输出电压峰值小于312V或者大于316V,即可判断逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值不相等,即逆变输出电压和外电网输出电压幅值没有达到同步,然后在开关电路控制模块中的电压前馈程序中以2为单位逐渐增加或减小电压前馈系数,以使外电网电压采集电路采集到的逆变输出电压相应增大或减小,直至外电网电压采集电路采集到的逆变输出电压峰值在312V到316V之间的误差范围内;

[0015] (2) 同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的相位:

[0016] 外电网输出电压采集电路时刻检测外电网输出电压,当捕捉到外电网输出电压的上升沿时,在开关电路控制模块中的相位同步程序中计算逆变输出电压和外电网输出电压的相位差,即逆变输出电压和外电网输出电压的步数差,如果步数差大于1,则在开关电路控制模块中的相位同步程序中将实时步数减2;如果步数差小于1,则在开关电路控制模块中的相位同步程序中将实时步数加2,然后再在外电网电压采集电路捕捉到外电网的下一个上升沿的时刻,在开关电路控制模块中的相位同步程序中重新计算逆变输出电压和外电网输出电压的步数差,直至逆变输出电压和外电网输出电压的步数差为0或1,此时即可判断逆变输出电压的相位和外电网输出电压的相位同步;

[0017] 第二步、通过混合孤岛检测方法进行孤岛检测:

[0018] 经过第一步同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值后,由并网模式切换到孤岛模式之前,先采用快速检测方法进行孤岛检测,即在一个电压周期20ms内,电压的采集步数为400步,当逆变输出电压采集电路检测到4个连续瞬时电压幅值与设定的相应时刻的参考电压幅值之差大于10V或者小于-10V时,即可判断电网掉电,判断电网掉电后,直接确定是否使单相并离网逆变器从并网模式切换到孤岛模式;如果使用快速检测方法没有判断出电网掉电,再应用过/欠电压检测和过/欠频率检测作为孤岛检测方法,判断单相并离网逆变器是否进入孤岛,从而确定是否使单相并离网逆变器从并网模式切换到孤岛模式;

[0019] 第三步、基于双闭环反馈控制程序实现负载电压和负载电流的平滑切换:

[0020] 在孤岛模式切换到并网模式时,需要经过第一步确保逆变输出电压和外电网输出电压同幅同相后进行负载电压和负载电流的平滑切换;在并网模式切换到孤岛模式时需要通过第二步进行孤岛检测后,再进行负载电压和负载电流的平滑切换;

[0021] 在混合电压电流模式控制结构的基础上采用了包含负载电流内环和负载电压外环的双闭环反馈控制程序,实现负载电压和负载电流的平滑切换,在孤岛/并网模式切换的过程中,采用混合电压电流模式控制结构,即在孤岛模式时,单相并离网逆变器被当成一个电压源,采用电压模式控制结构;在并网模式下,单相并离网逆变器被当成一个电流源,采用电流模式控制结构;

[0022] 第四步、孤岛模式和并网模式的相互切换:

[0023] (1) 孤岛模式到并网模式的切换的实现:

[0024] 经过第三步实现负载电压和负载电流的平滑切换后,通过开关电路控制模块输出低电平,即开关电路控制信号relay为低电平,从而控制开关电路中的固态继电器U1和U2的闭合,完成孤岛模式到并网模式的切换;

[0025] (2) 并网模式到孤岛模式的切换的实现:

[0026] 通过第二步的混合孤岛检测方法进行孤岛检测,当单相并离网逆变器系统满足进入孤岛模式的条件时,即通过快速检测方法判断电网掉电后,使单相并离网逆变器从并网模式切换到孤岛模式,或再由过/欠电压检测和过/欠频率检测作为孤岛检测方法,判断单相并离网逆变器进入孤岛,确定使单相并离网逆变器从并网模式切换到孤岛模式;再经过第三步实现负载电压和负载电流的平滑切换后,开关电路控制模块输出高电平,即开关电路控制信号relay为高电平,从而控制开关电路中的固态继电器U1和U2的断开,完成并网模式到孤岛模式的切换。

[0027] 本发明单相并离网逆变器系统及其控制方法具有以下有益效果:

[0028] (1) 本发明增加了内电网和外电网的开关电路,能够迅速完成孤岛模式和并网模式的切换动作,克服双向晶闸管作为模式切换状态开关晶闸管不能完全关断的问题。固态继电器用隔离器件实现了控制端与负载端的隔离,输入端用微小的控制信号,达到直接驱动大电流负载。无机械触电,寿命长、无噪音、抗震动,在过零点断开,拉弧干扰小,导通速度快。固定位置可以随需要而定。克服了双向晶闸管驱动感性负载时,要加RC吸收回路来控制尖峰电压,RC吸收回路本身会向负载漏电,使得晶闸管不能完全关断的问题。

[0029] (2) 本发明能够准确快速实现逆变输出电压和外电网输出电压的幅值和相位的同步。本发明通过调节并判断逆变输出电压峰值来实现逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值的同步,通过以2为单位逐步增加或减小实时步数来实现逆变输出电压相位和外电网输出电压相位的同步。

[0030] (3) 本发明应用过/欠电压检测和过/欠频率检测作为孤岛检测方法,并在该孤岛检测方法之前,加入了快速检测方法,提高了检测速度。

[0031] (4) 本发明能够同时实现负载电压和负载电流的平滑切换,克服了传统方法只能保证负载电压平滑切换的缺点。本发明采用基于混合电压电流控制模式的双闭环反馈控制模式。当从并网模式切换到孤岛模式时,在孤岛发生前,电压外环起不到调节的作用,当孤岛发生后,电压外环自动投入运行,对负载电压进行调节,使得负载电压质量在切换过程中得到改善。当从孤岛模式切换到并网模式时,电压外环失去调节作用,电流内环开始投入工作进行调节,使得负载电流质量在切换过程中得到改善。

[0032] (5) 本发明简单实用,易于普及和推广。

附图说明

[0033] 图1本发明单相并离网逆变器系统的结构示意框图;

[0034] 图2本发明单相并离网逆变器系统的开关电路的电路构成图;

[0035] 图3本发明单相并离网逆变器系统中开关电路控制模块中存有的孤岛模式和并网模式切换程序的流程示意图。

[0036] 图中,1.外部直流供压装置,2.单相并离网逆变器,3.开关电路,4.开关电路控制模块、5.信号采集模块,51.外部直流电压采集电路,52.逆变输出电压采集电路,53.外电网

电流采集电路,54.外电网输出电压采集电路。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图及实施例进一步详细叙述本发明,但并不以此作为对本发明权利要求保护范围的限制。

[0038] 图1所示实施例表明,虚线框内的本发明单相并离网逆变器系统包括单相并离网逆变器2、开关电路3、开关电路控制模块4和信号采集模块5,所述信号采集模块包括外部直流电压采集电路51、逆变输出电压采集电路52、外电网电流采集电路53和外电网输出电压采集电路54;所述单相并离网逆变器2的输入端与外部直流供压装置1的输出端连接,单相并离网逆变器2的输出端与开关电路3的输入端连接,开关电路控制模块4的输出端与开关电路3连接,开关电路3的输出端与外电网双向连接;所述外部直流电压采集电路51与外部直流供压装置1连接,逆变输出电压采集电路52与单相并离网逆变器2的输出端连接,外电网电流采集电路53与开关电路3的输出端连接,外电网输出电压采集电路54与外电网连接,所述开关电路控制模块4中存有孤岛/并网模式切换程序、孤岛检测程序、电压前馈程序、相位同步程序和双闭环反馈控制程序,其中开关电路采用固态继电器构成。

[0039] 图2所示实施例表明,本发明单相并离网逆变器系统的开关电路3的电路构成是:包括两个端子即J1和J2,电流传感器M1,四个贴片电阻即R1、R2、R3和R4,压敏电阻R5,两个电解电容即E1和E2,贴片电容C1,两个固态继电器U1和U2及保险管F1;所述四个贴片电阻中的R1和R3的阻值为 $100\ \Omega$,所述四个贴片电阻中的R2和R4的阻值为 $500\ \Omega$,R5为型号为MYG14K681的压敏电阻,端子J1为逆变输出电压输出端,J1的H1引脚与电流传感器M1的S1、S2、S3引脚相连,电流传感器M1的S8引脚与SGND相连,电流传感器M1的S9引脚同时与贴片电容C1的一端和+5V相连,贴片电容C1的另一端与SGND相连,电流传感器M1的S7引脚out为外电网电流输出,电流传感器M1的S4、S5、S6引脚同时与固态继电器U1的A3引脚相连,固态继电器U1的A1引脚与贴片电阻R2的一端、电解电容E1的正极相连,贴片电阻R2的另一端、电解电容E1的负极同时与贴片电阻R1的一端相连,贴片电阻R1的另一端与开关电路控制信号relay相连,固态继电器U1的A2引脚接24V直流电压,固态继电器U1的A4引脚和保险管F1串联后与端子J2的K1引脚相连,J2为外电网输出电压输出端,同时压敏电阻R5一端与固态继电器U1的A4引脚连接,另一端与端子J2的K2引脚、固态继电器U2的B4引脚相连;固态继电器U2的B1引脚与贴片电阻R4一端连接,贴片电阻R4的另一端与贴片电阻R3的一端相连,贴片电阻R3的另一端与开关电路控制信号relay相连,电解电容E2的负极与固态继电器U2的B1引脚连接,电解电容E2的正极与贴片电阻R4的另一端连接,固态继电器U2的B2引脚接24V直流电压,固态继电器U2的B3引脚与端子J1的H2引脚相连;其中,开关电路控制信号relay为开关电路控制模块4给出的同时控制开关电路3中的两个固态继电器U1和U2的开关状态的控制信号。

[0040] 图2所示开关电路的工作原理是:固态继电器U2和U1均是直流24V控制继电器,当开关电路控制信号relay为低电平时,同时控制固态继电器U2和U1吸合,当开关电路控制信号relay为高电平时,同时控制固态继电器U2和U1断开。在该并离网逆变器系统中,J1为逆变输出电压端子,J2为外电网输出电压输出端子,开关电路控制模块4采用TMS320F2808芯片,输出低电平relay,控制闭合开关电路中的固态继电器U2和U1,完成孤岛模式到并网模

式的切换;开关电路控制模块输出高电平到relay,控制断开开关电路中的固态继电器U2和U1,完成并网模式到离网模式的切换。

[0041] 图3所示实施例表明,本发明单相并离网逆变器系统的开关电路控制模块4中存有的孤岛模式和并网模式切换程序的流程是:开始→定义并初始化各个控制参数→初始状态设定为孤岛模式→外电网是否正常?查返回外电网是否正常?;是开关电路中的固态继电器吸合切换到并网模式→外电网是否正常?是开关电路中的固态继电器吸合切换到并网模式→返回上一步骤的外电网是否正常?;查开关电路中的固态继电器断开切换到孤岛模式→返回上一步骤的外电网是否正常?。

[0042] 实施例

[0043] 本实施例的单相并离网逆变器系统包括单相并离网逆变器2、开关电路3、开关电路控制模块4和信号采集模块5,所述信号采集模块包括外部直流电压采集电路51、逆变输出电压采集电路52、外电网电流采集电路53和外电网输出电压采集电路54;所述单相并离网逆变器2的输入端与外部直流供压装置1的输出端连接,单相并离网逆变器2的输出端与开关电路3的输入端连接,开关电路控制模块4的输出端与开关电路3连接,开关电路3的输出端与外电网双向连接;所述外部直流电压采集电路51与外部直流供压装置1连接,逆变输出电压采集电路52与单相并离网逆变器2的输出端连接,外电网电流采集电路53与开关电路3的输出端连接,外电网输出电压采集电路54与外电网连接,所述开关电路控制模块4中存有孤岛模式和并网模式切换程序、孤岛检测程序、电压前馈程序、相位同步程序和双闭环反馈控制程序,其中开关电路采用固态继电器构成。

[0044] 本实施例的单相并离网逆变器系统的控制方法的具体步骤是:

[0045] 第一步、同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值与相位:

[0046] 从孤岛模式切换到并网模式时,要确保逆变输出电压和外电网输出电压同幅同相;

[0047] (1) 同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值:

[0048] 在一个电压周期20ms内,逆变输出电压的采集步数为400步,理论上第100步为逆变输出电压峰值,通过逆变输出电压采集电路52采集逆变输出从第90步(包括第90步)到第110步(包括第110步)之间的电压幅值并求和,然后取其平均值作为采集到的逆变输出电压峰值;因为我国市电单相电压理论峰值为314V,即外电网电压采集电路54采集到的外电网电压理论峰值为314V,如果逆变输出电压采集电路52采集到的逆变输出电压峰值在312V(包括312V)到316V(包括316V)之间的误差范围内,即可判断逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值相等,即逆变输出电压和外电网输出电压幅值同步;如果逆变输出电压采集电路52采集到的逆变输出电压峰值小于312V(不包括312V)或者大于316V(不包括316V),即可判断逆变输出电压幅值和外电网输出电压幅值不相等,即逆变输出电压和外电网输出电压幅值没有达到同步,然后在开关电路控制模块中的电压前馈程序中以2为单位逐渐增加或减小电压前馈系数,以使外电网电压采集电路54采集到的逆变输出电压相应增大或减小,直至外电网电压采集电路54采集到的逆变输出电压峰值在312V(包括312V)到316V(包括316V)之间的误差范围内。

[0049] (2) 同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的相位:

[0050] 外电网输出电压采集电路54时刻检测外电网输出电压,当捕捉到外电网输出电压

的上升沿时,在开关电路控制模块中的相位同步程序中计算逆变输出电压和外电网输出电压的相位差,即逆变输出电压和外电网输出电压的步数差,如果步数差大于1,则在开关电路控制模块中的相位同步程序中将实时步数减2;如果步数差小于1,则在开关电路控制模块中的相位同步程序中将实时步数加2,然后再在外电网电压采集电路54捕捉到外电网的下一个上升沿的时刻时,在开关电路控制模块中的相位同步程序中重新计算逆变输出电压和外电网输出电压的步数差,直至逆变输出电压和外电网输出电压的步数差为0或1,此时即可判断逆变输出电压的相位和外电网输出电压的相位同步。

[0051] 第二步、通过混合孤岛检测方法进行孤岛检测:

[0052] 经过第一步同步控制逆变输出电压和外电网输出电压的幅值后,由并网模式切换到孤岛模式之前,先采用快速检测方法进行孤岛检测,即在一个电压周期20ms内,电压的采集步数为400步,当逆变输出电压采集电路52检测到4个连续瞬时电压幅值与设定的相应时刻的参考电压幅值之差大于10V或者小于-10V时,即可判断电网掉电,判断电网掉电后,直接确定是否使单相并离网逆变器2从并网模式切换到孤岛模式;如果使用快速检测方法没有判断出电网掉电,再应用过/欠电压检测(即过压或欠压检测)和过/欠频率检测(即过频或欠频检测)作为孤岛检测方法,判断单相并离网逆变器2是否进入孤岛,从而确定是否使单相并离网逆变器2从并网模式切换到孤岛模式。该混合方法能够在常规的孤岛检测方法检测之前首先进行快速检测,提高快速性。

[0053] 第三步、基于双闭环反馈控制程序实现负载电压和负载电流的平滑切换:

[0054] 在孤岛模式切换到并网模式时,需要经过第一步确保逆变输出电压和外电网输出电压同幅同相后进行负载电压和负载电流的平滑切换;在并网模式切换到孤岛模式时需要通过第二步进行孤岛检测后,再进行负载电压和负载电流的平滑切换;

[0055] 在孤岛模式和并网模式切换的过程中,采用混合电压电流模式控制结构,即在孤岛模式时,单相并离网逆变器2被当成一个电压源,采用电压模式控制结构;在并网模式下,单相并离网逆变器2被当成一个电流源,采用电流模式控制结构,因为该方法直接对电压或电流瞬时值进行控制,所以具有良好的动态性能。本发明在混合电压电流模式控制结构的基础上采用了包含负载电流内环和负载电压外环的双闭环反馈控制程序,实现负载电压和负载电流的平滑切换。其中,负载电流为外电网电流采集电路53采集的外电网电流,即电流传感器M1的S7引脚out,负载电压为逆变输出电压采集电路52采集的逆变输出电压,将负载电流和负载电压作为反馈量在开关电路控制模块4中的双闭环反馈控制程序中实现。

[0056] 下面结合不同的切换模式介绍本实施例的基于混合电压电流控制模式的双闭环反馈控制程序:

[0057] 当从并网模式切换到孤岛模式时,在孤岛发生前,电压外环起不到调节的作用,当孤岛发生后,电压外环自动投入运行,对负载电压进行调节;当从孤岛模式切换到并网模式时,电压外环失去调节作用,电流内环开始投入工作进行调节。

[0058] 本实施例的基于混合电压电流控制模式的双闭环反馈控制模式能够起到如下效果:从并网模式切换到孤岛模式时,负载电压质量能够改到改善;从孤岛模式切换到并网模式时,负载电流质量能够得到改善。

[0059] 第四步、孤岛模式和并网模式的相互切换:

[0060] (1) 孤岛模式到并网模式的切换的实现

[0061] 经过第三步实现负载电压和负载电流的平滑切换后,通过开关电路控制模块4输出低电平,即图2中的relay为低电平,从而控制开关电路3中的固态继电器U1和U2的闭合,完成孤岛模式到并网模式的切换。

[0062] (2) 并网模式到孤岛模式的切换的实现

[0063] 通过第二步的混合孤岛检测方法进行孤岛检测,当单相并网逆变器系统满足进入孤岛模式的条件时,即通过快速检测方法判断电网掉电后,使单相并网逆变器2从并网模式切换到孤岛模式,或再由过/欠电压检测和过/欠频率检测作为孤岛检测方法,判断单相并网逆变器2进入孤岛,确定使单相并网逆变器2从并网模式切换到孤岛模式;再经过第三步实现负载电压和负载电流的平滑切换后,开关电路控制模块4输出高电平,即图2中的relay为高电平,从而控制开关电路中的固态继电器U1和U2的断开,完成并网模式到孤岛模式的切换。

[0064] 本实施例增加了内电网和外电网的开关电路,在从孤岛模式切换到并网模式前,通过第一步实现逆变输出电压和外电网输出电压的幅值和相位的同步,在从并网模式切换到孤岛模式前通过第二步进行孤岛检测,然后开关电路控制模块4控制开关电路3中的固态继电器U1和U2的闭合和断开,从而实现孤岛模式和并网模式的相互切换。

[0065] 本发明中开关电路控制模块4中存有的孤岛检测程序、电压前馈程序和相位同步程序均为公知技术。

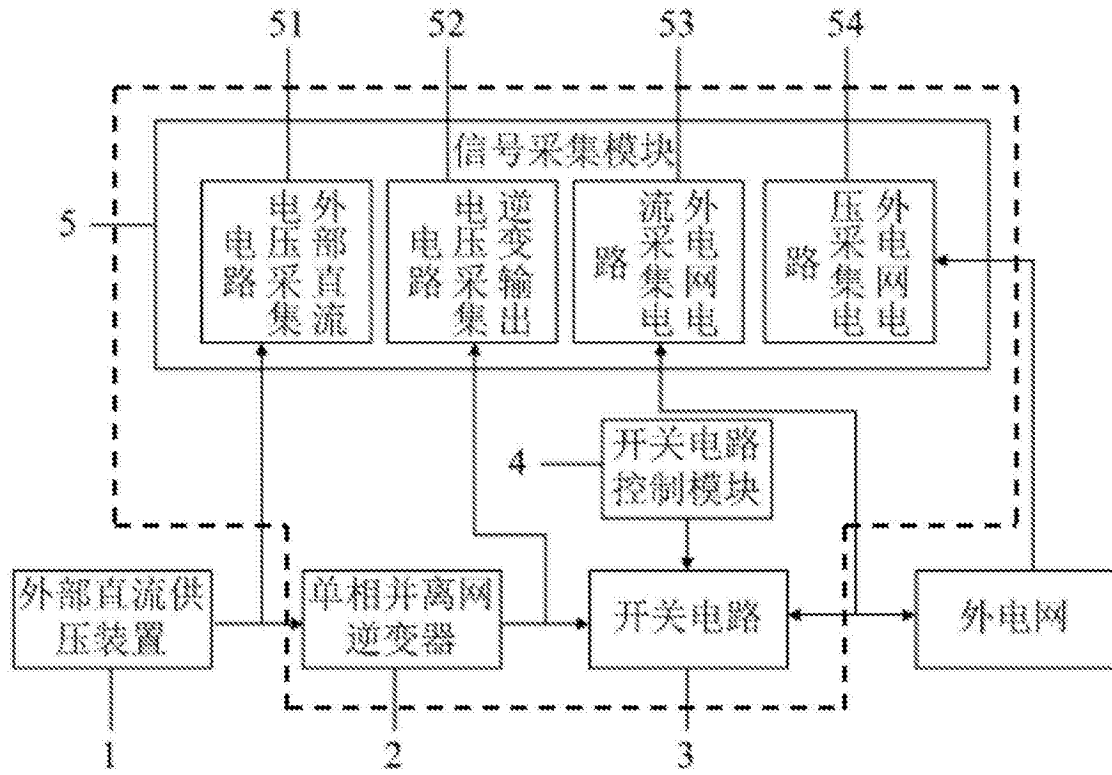


图1

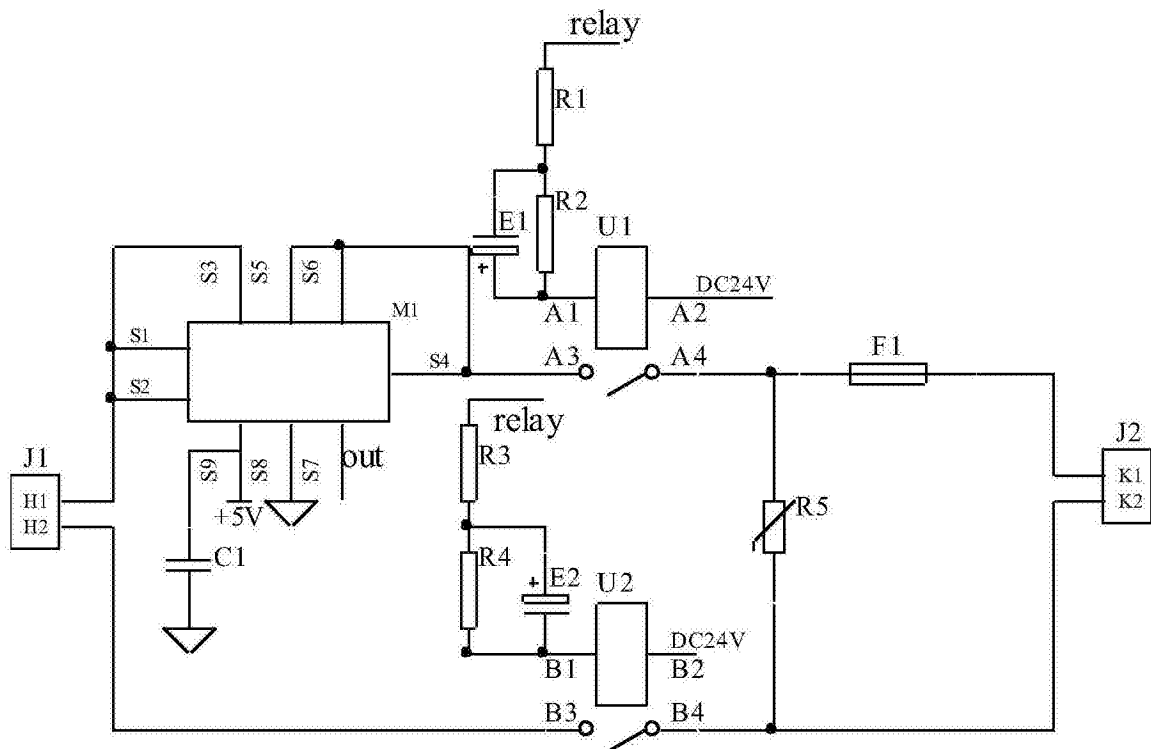


图2

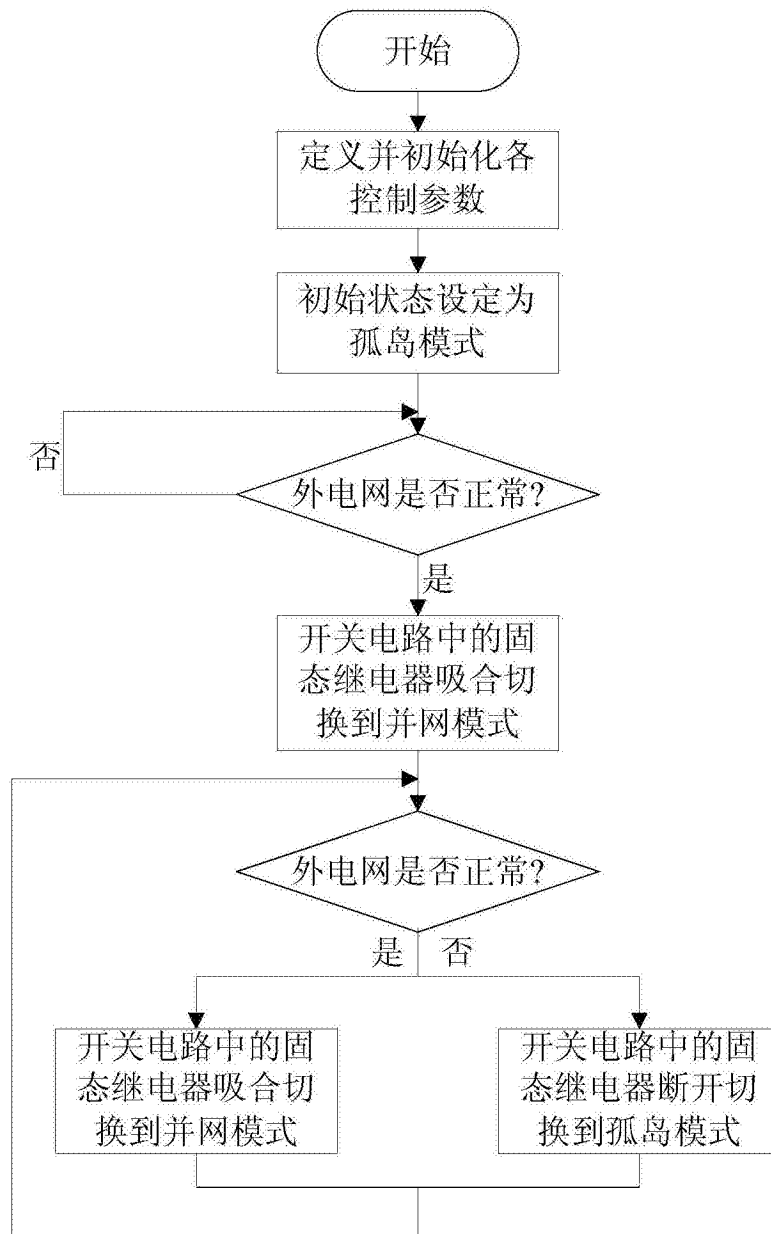


图3