



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110212557 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 16

(21) 申请号 201910339765.0

(22) 申请日 2019.04.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110212557 A

(43) 申请公布日 2019.09.06

(73) 专利权人 中国电力科学研究院有限公司
地址 210003 江苏省南京市鼓楼区南瑞路8号

专利权人 国家电网有限公司
国网上海市电力公司

(72) 发明人 李官军 胡安平 陶以彬 余豪杰
张宇

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

专利代理师 徐国文

(51) Int.Cl.

H02J 3/28 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104218612 A, 2014.12.17

CN 105244907 A, 2016.01.13

审查员 曹玮

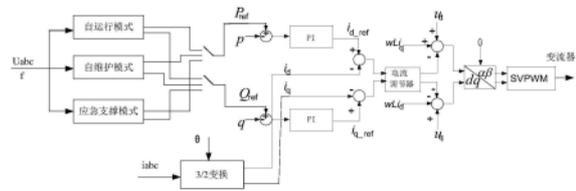
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法,首先获取电网电压信号和电网频率信号、以及分布式储能系统的故障信息,当电网电压和电网频率正常且分布式储能系统无故障时,开机自启动;当电网电压和电网频率越限时,系统进入应急支撑模式;当电网电压和电网频率未越限时,进一步判断分布式储能系统的SOC情况,以此判断进入自运行模式还是自维护模式。本发明通过自动切换储能系统的运行模式,充分发挥储能系统功率四象限可控性,实现分布式储能系统与电网之间的友好互动及提高分布式储能系统的经济性和可靠性。



1. 一种并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法, 分布式储能系统的直流端连接逆变单元的直流输入端, 并通过并网开关连接到电网; 其特征在于:

分布式储能系统的运行模式包括: 自启动模式、自运行模式、应急支撑模式、自恢复模式、自维护模式, 上述分布式储能系统运行控制方法的具体步骤如下:

第一步: 确定分布式储能系统的电网电压、电网频率是否正常, 若正常, 则进入下一步判断; 若不满足并网要求, 则等待;

第二步, 确定分布式储能系统自检是否出现故障, 如果出现连续两次自检故障, 则进入故障停机流程; 若分布式储能系统不是连续故障, 则进入自动回归, 重新进入自启动流程;

第三步, 若分布式储能系统自检无故障, 则故障计数器清零, 进入分布式储能系统开机流程;

第四步, 分布式储能系统开机流程完成, 系统进入待机状态;

第五步, 当检测到电网电压、电网频率正常时, 分布式储能系统按照设定模式进入自运行模式;

第六步, 当检测到电网电压、电网频率异常时, 分布式储能系统进入应急支撑模式, 分布式储能系统依根据自身功率和SOC状态, 主动支撑电网稳定运行;

第七步, 检测分布式储能系统的SOC, 当分布式储能系统的SOC长时间处于过低区间, 则采用自维护模式, 对分布式储能系统进行维护, 提升分布式储能系统寿命和可靠性;

各个模式具体操作内容为:

自启动模式: 分布式储能系统检测无故障, 电网电压、电网频率满足并网要求, 分布式储能系统自动启动开机模式至待机状态;

自运行模式: 当电网电压、电网频率满足并网要求时, 分布式储能系统按设定执行削峰填谷、并网可控、平抑波动等运行状态; 同时自运行模式可以设定一种或多种模式自适应转换;

应急支撑模式: 当电网电压、电网频率偏离正常运行范围时, 分布式储能系统应根据自身能力主动支撑电网安全运行;

自恢复模式: 当电网故障, 导致分布式储能系统故障停机时, 待电网恢复正常后, 分布式储能系统具备自恢复能力; 当分布式储能系统自身故障时, 其具备重合闸功能, 再次自动恢复启动, 如果连续两次出现故障, 则停机待检;

自维护模式: 当系统处于长时间待机状态时, 电池系统自放电导致电压过低, 系统需要采取主动充放电的维护模式;

所述自运行模式、所述自维护模式以及所述应急支撑模式分别输出有功功率和无功功率, 所述有功功率通过第一切换开关与第一PI调节器连接, 所述第一切换开关根据预判结果选择将系统切换为所述自运行模式、所述自维护模式或者所述应急支撑模式; 三个模式输出的无功功率通过第二切换开关与第二PI调节器连接, 所述第二切换开关根据预判结果选择将系统切换为所述自运行模式、所述自维护模式或者所述应急支撑模式。

2. 根据权利要求1所述的并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法, 其特征在于: 所述有功功率作为给定值 P_{ref} , 将有功功率给定值 P_{ref} 和控制系统输出的有功功率 p 之差进行比例积分控制, 以得到逆变单元的有功功率控制量 i_{d-ref} ; 所述无功功率作为给定值 Q_{ref} , 将无功功率给定值 Q_{ref} 和控制系统输出的无功功率 q 之差进行比例积分控制得到逆变

单元的无功功率控制量 i_{q-ref} 。

3. 根据权利要求2所述的并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法,其特征在于:将测量得到的并网电流 i_{abc} 经过3/2坐标变换,得到变换后的电流 i_d 和电流 i_q ,将所述有功功率控制量 i_{d-ref} 与变换后的所述电流 i_d 之差以及所述无功功率控制量 i_{q-ref} 与变换后的所述电流 i_q 之差一起送入电流调节器,同时测量逆变单元的直流电压 U_d ,经dq/ $\alpha\beta$ 坐标变换后分别得到与交流三相分别对应的逆变单元的SVPWM信号。

4. 根据权利要求1所述的并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法,其特征在于:所述逆变单元中的每相逆变桥均包括两个IGBT,第一IGBT的发射极连接第二IGBT的集电极,每个IGBT的栅极与对应相逆变单元的SVPWM信号输出端相连。

一种并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法

技术领域

[0001] 本申请涉及一种并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法,属储能技术领域。

背景技术

[0002] 在储能规模化应用的背景下,储能系统并网对配电网的一次网架结构、自动化控制和管理水平带来了重大挑战。储能系统离网-孤岛运行-并网-并网运行状态切换,并网运行时配电网网架的重构、不同消纳模式的切换,离网孤岛运行时一次网络结构变化等,这些导致了配电网运行的多态性,如何实现电池储能系统或者其他可控资源的灵活有效的控制,实现配电网不同运行状态的平滑切换和稳定运行,是储能系统并网协调控制技术的难点之一。另一方面,电池储能系统的PCS (Power Conversion System) 和BMS (Battery Management System) 系统需要接入通信网,通信交互过程复杂。目前采用的通信规约都是传统的面向传输过程的规约,只保证了数据传输的准确性和安全性,数据缺少明确的含义,不具有自我描述能力,对这些智能电子设备通信和功能配置都需要现场人员进行操作,在已有的配电网自动化系统上进行改造需要很大的人力物力支出,后期的维护成本也很大,怎样简化主动配电网接入大量IED(Intelligent Electronic Device)的流程,实现设备的自描述和互操作是储能系统并网协调控制技术的另一个难点。

[0003] 针对分布式储能规模化应用的发展趋势,本发明拟通过分布式储能电站“即插即用”技术来实现储能接入电网友好、互动控制。即插即用的概念最早来源于网络,是指计算机系统所拥有的自动配置扩展板以及其他设备的能力。后来,即插即用的概念被引入分布式电源领域,基于先进的电力电子技术,形成了对分布式电源即插即用和对等控制的控制思想和设计理念,实现分布式电源并网接口的通用化的标准化。同样,即插即用的思路可以延伸到储能电站中,但是目前国内外的研究都较少,这是分布式储能即插即用实现技术的难点。

发明内容

[0004] 针对当前分布式储能的技术难点,本发明的目的在于克服上述问题,提出一种并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法,解决规模化小容量分布式储能接入难、管理难、调度难的技术难题。

[0005] 本发明通过以下技术方案实现:分布式储能系统的直流端连接逆变单元的直流输入端,并通过并网开关连接到电网。

[0006] 分布式储能系统运行模式主要包括:自启动模式、自运行模式、应急支撑模式、自恢复模式、自维护模式。如图2和图3所示,并网型分布式储能系统的即插即用运行控制方法的具体步骤如下:

[0007] 第一步:确定分布式储能系统的电网电压、电网频率是否正常,若正常,则进入下一步判断;若不满足并网要求,则等待;

[0008] 第二步,确定分布式储能系统自检是否出现故障,如果出现连续两次自检故障,则进入故障停机流程;若分布式储能系统不是连续故障,则进入自动回归,重新进入自启动流程;

[0009] 第三步,若分布式储能系统自检无故障,则故障计数器清零,进入分布式储能系统开机流程;

[0010] 第四步,分布式储能系统开机流程完成,系统进入待机状态;

[0011] 第五步,当检测到电网电压、电网频率正常时,分布式储能系统按照设定模式进入自运行模式;

[0012] 第六步,当检测到电网电压、电网频率异常时,分布式储能系统进入应急支撑模式,分布式储能系统依根据自身功率和SOC状态,主动支撑电网稳定运行;

[0013] 第七步,检测分布式储能系统的SOC,当分布式储能系统的SOC长时间处于过低区间,则采用自维护模式,对分布式储能系统进行维护,提升分布式储能系统寿命和可靠性。

[0014] 其中各个模式具体操作内容为:

[0015] 自启动模式:分布式储能系统检测无故障,电网电压、电网频率满足并网要求,分布式储能系统自动启动开机模式至待机状态;

[0016] 自运行模式:当电网电压、电网频率满足并网要求时,分布式储能系统按设定执行削峰填谷、并网可控、平抑波动等运行状态;同时自运行模式可以设定一种或多种模式自适应转换;

[0017] 应急支撑模式:当电网电压、电网频率偏离正常运行范围时,分布式储能系统应根据自身能力主动支撑电网安全运行;

[0018] 自恢复模式:当电网故障,导致分布式储能系统故障停机时,待电网恢复正常后,分布式储能系统具备自恢复能力;当分布式储能系统自身故障时,其具备重合闸功能,再次自动恢复启动,如果连续两次出现故障,则停机待检;

[0019] 自维护模式:当系统处于长时间待机状态时,电池系统自放电导致电压过低,系统需要采取主动充放电的维护模式。

[0020] 测量逆变单元的电网电压 U_{abc} 和电网频率 f ,并由此判断分布式储能系统进入的工作模式,上述工作模式为自运行模式、自维护模式、应急支撑模式,其中自运行模式相对应的模块有两个输出端,分别为有功功率输出和无功功率输出;自维护模式相对应的模块也具有两个输出端,分别为有功功率输出和无功功率输出,应急支撑模式相对应的模块也具有两个输出端,分别为有功功率输出和无功功率输出。

[0021] 上述三个模块输出的有功功率通过第一切换开关与第一PI调节器连接,上述第一切换开关可根据预判结果选择将系统切换为自运行模式、自维护模式或者应急支撑模式;上述三个模块输出的无功功率通过第二切换开关与第二PI调节器连接,该第二切换开关可根据预判结果选择将系统切换为自运行模式、自维护模式或者应急支撑模式。

[0022] 上述模块输出的有功功率作为给定值 P_{ref} ,将有功功率给定值 P_{ref} 和控制系统输出的有功功率 p 之差进行比例积分控制得到逆变单元的有功功率控制量 i_{d-ref} ;上述模块输出的无功功率作为给定值 Q_{ref} ,将无功功率给定值 Q_{ref} 和控制系统输出的无功功率 q 之差进行比例积分控制得到逆变单元的无功功率控制量 i_{q-ref} 。

[0023] 将并网电流 i_{abc} 经过3/2坐标变换,得到变换后的电流 i_d 和 i_q ,将有功功率控制量

i_{d-ref} 与变换后的电流 i_d 之差以及无功功率控制量 i_{q-ref} 与变换后的电流 i_q 之差一起送入电流调节器,同时测量逆变单元的直流电压 U_d ,经dq/ $\alpha\beta$ 坐标变换后分别得到与交流三相分别对应的逆变单元的SVPWM信号。

[0024] 进一步,所述换相开关单元可以实现将单相负荷在交流电三相间任意切换,其实现方式有多种。

[0025] 本发明具有的优点和积极效果是:

[0026] 本发明提供的即插即用型储能系统控制方法,主要针对目前并网型分布式储能系统规模接入电网的技术瓶颈,即分布式储能系统在电网中应用主要特点是接入点多且分散、通信接入成本高、管理难度大;本发明通过自动切换储能系统的运行模式,充分发挥储能系统功率四象限可控性,实现分布式储能系统与电网之间的友好互动及提高分布式储能系统的经济性和可靠性。

附图说明

[0027] 本发明的下列附图在此作为本发明的一部分用于理解本发明。附图中示出了本发明的实施例及其描述,用来解释本发明的原理。

[0028] 附图中:

[0029] 图1为并网型分布式储能系统的应用示意图。

[0030] 图2为分布式储能系统自启动和自恢复策略流程图。

[0031] 图3为分布式储能系统运行策略流程图。

[0032] 图4为分布式储能系统运行控制原理图。

具体实施方式

[0033] 为了使得本发明的目的、技术方案和优点更为明显,下面将参照附图详细描述根据本发明的示例实施例。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是本发明的全部实施例,应理解,本发明不受这里描述的示例实施例的限制。基于本发明中描述的本发明实施例,本领域技术人员在没有付出创造性劳动的情况下所得到的所有其它实施例都应落入本发明的保护范围之内。

[0034] 本发明通过以下技术方案实现,如图1所示,分布式储能系统的直流端连接逆变单元的直流输入端,并通过并网开关连接到电网。

[0035] 所述逆变单元中的每相逆变桥均包括两个IGBT,第一IGBT的发射极连接第二IGBT的集电极,每个IGBT的栅极与对应相逆变单元的SVPWM信号输出端相连。

[0036] 本发明的分布式储能系统具有多种运行模式,主要包括:自启动模式、自运行模式、应急支撑模式、自恢复模式、自维护模式。如图2和图3所示,并网型分布式储能系统运行控制方法的具体步骤如下:

[0037] 第一步:确定分布式储能系统的电网电压、电网频率是否正常,若正常,则进入下一步判断;若不满足并网要求,则等待;

[0038] 第二步,确定分布式储能系统自检是否出现故障,如果出现连续两次自检故障,则进入故障停机流程;若分布式储能系统不是连续故障,则进入自动回归,重新进入自启动流程;

[0039] 第三步,若分布式储能系统自检无故障,则故障计数器清零,进入分布式储能系统开机流程;

[0040] 第四步,分布式储能系统开机流程完成,系统进入待机状态;

[0041] 第五步,当检测到电网电压、电网频率正常时,分布式储能系统按照设定模式进入自运行模式;

[0042] 第六步,当检测到电网电压、电网频率异常时,分布式储能系统进入应急支撑模式,分布式储能系统依根据自身功率和SOC状态,主动支撑电网稳定运行;

[0043] 第七步,检测分布式储能系统的SOC,当分布式储能系统的SOC长时间处于过低区间,则采用自维护模式,对分布式储能系统进行维护,提升分布式储能系统寿命和可靠性。

[0044] 其中各个模式具体操作内容为:

[0045] 自启动模式:分布式储能系统检测无故障,电网电压、电网频率满足并网要求,分布式储能系统自动启动开机模式至待机状态;

[0046] 自运行模式:当电网电压、电网频率满足并网要求时,分布式储能系统按设定执行削峰填谷、并网可控、平抑波动等运行状态;同时自运行模式可以设定一种或多种模式自适应转换;

[0047] 应急支撑模式:当电网电压、电网频率偏离正常运行范围时,分布式储能系统应根据自身能力主动支撑电网安全运行;

[0048] 自恢复模式:当电网故障,导致分布式储能系统故障停机时,待电网恢复正常后,分布式储能系统具备自恢复能力;当分布式储能系统自身故障时,其具备重合闸功能,再次自动恢复启动,如果连续两次出现故障,则停机待检;

[0049] 自维护模式:当系统处于长时间待机状态时,电池系统自放电导致电压过低,系统需要采取主动充放电的维护模式。

[0050] 下面进一步阐述为实现本发明的具体控制策略。首先获取电网电压信号和电网频率信号、以及分布式储能系统的故障信息,根据电网电压和电网频率是否符合并网条件以及分布式储能系统是否具有故障来控制并网开关的通断,当电网电压和电网频率正常且分布式储能系统无故障时,导通并网开关,开机自启动,进入并网运行;当电网电压和电网频率越限时,系统进入应急支撑模式;当电网电压和电网频率未越限时,进一步判断分布式储能系统的SOC情况,以此判断进入自运行模式还是自维护模式。在自运行模式下,可执行夜晚低电价时对储能单元进行充电控制,白天高电价时对储能单元进行放电控制等的削峰填谷操作。

[0051] 结合图4所示,测量逆变单元的电网电压 U_{abc} 和电网频率 f ,并由此判断分布式储能系统进入的工作模式,上述工作模式为自运行模式、自维护模式、应急支撑模式,其中自运行模式相对应的模块有两个输出端,分别为有功功率输出和无功功率输出;自维护模式相对应的模块也具有两个输出端,分别为有功功率输出和无功功率输出,应急支撑模式相对应的模块也具有两个输出端,分别为有功功率输出和无功功率输出。

[0052] 上述三个模块输出的有功功率通过第一切换开关与第一PI调节器连接,上述第一切换开关可根据预判结果选择将系统切换为自运行模式、自维护模式或者应急支撑模式;上述三个模块输出的无功功率通过第二切换开关与第二PI调节器连接,该第二切换开关可根据预判结果选择将系统切换为自运行模式、自维护模式或者应急支撑模式。

[0053] 上述模块输出的有功功率作为给定值 P_{ref} ,将有功功率给定值 P_{ref} 和控制系统输出的有功功率 p 之差进行比例积分控制得到逆变单元的有功功率控制量 i_{d-ref} ;上述模块输出的无功功率作为给定值 Q_{ref} ,将无功功率给定值 Q_{ref} 和控制系统输出的无功功率 q 之差进行比例积分控制得到逆变单元的无功功率控制量 i_{q-ref} 。

[0054] 将并网电流 i_{abc} 经过3/2坐标变换,得到变换后的电流 i_d 和 i_q ,将有功功率控制量 i_{d-ref} 与变换后的电流 i_d 之差以及无功功率控制量 i_{q-ref} 与变换后的电流 i_q 之差一起送入电流调节器,同时测量逆变单元的直流电压 U_d ,经dq/ $\alpha\beta$ 坐标变换后分别得到与交流三相分别对应的逆变单元的SVPWM信号。

[0055] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式或对具体实施方式的说明,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,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

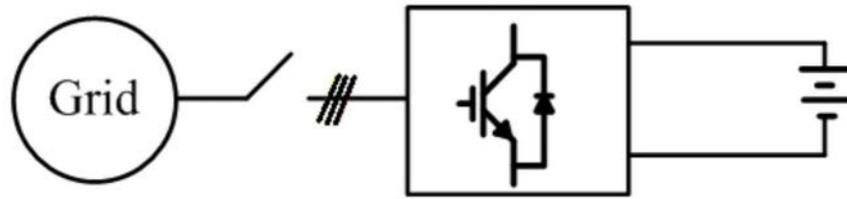


图1

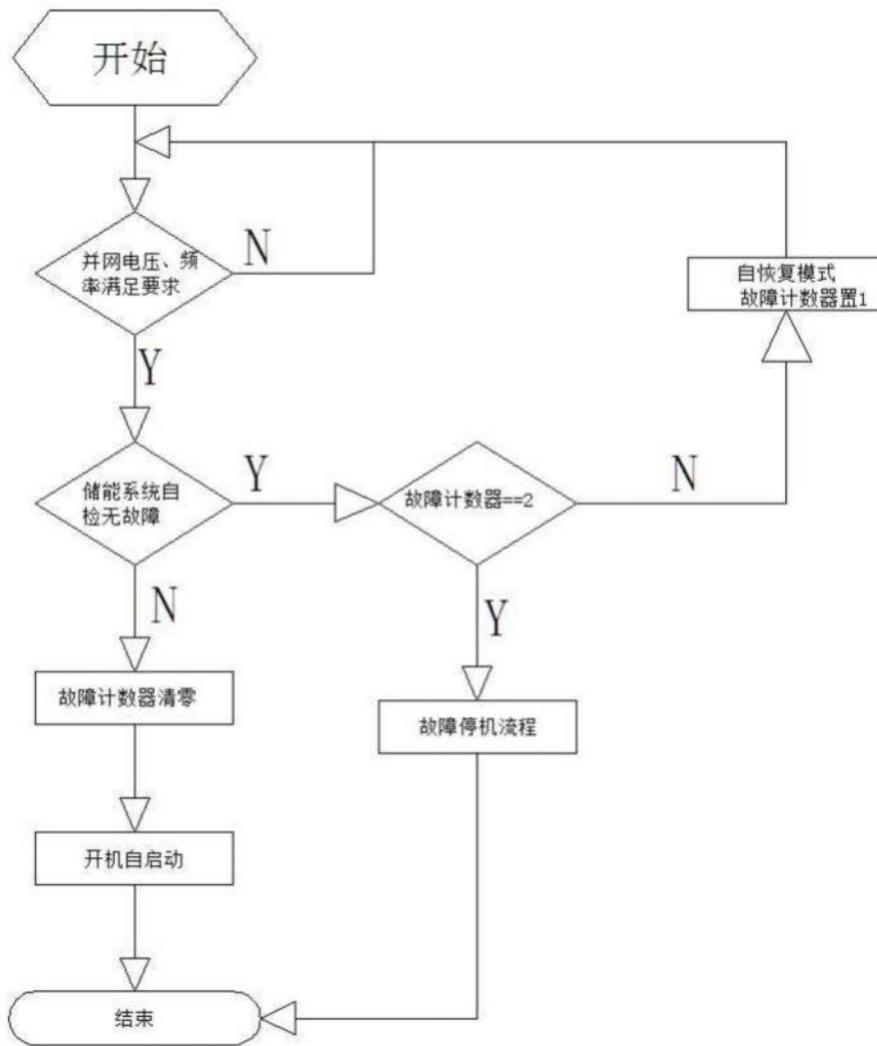


图2

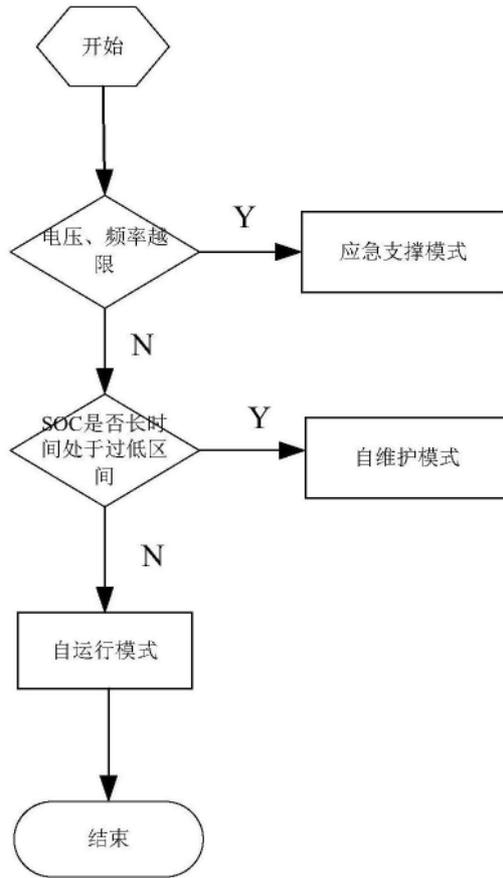


图3

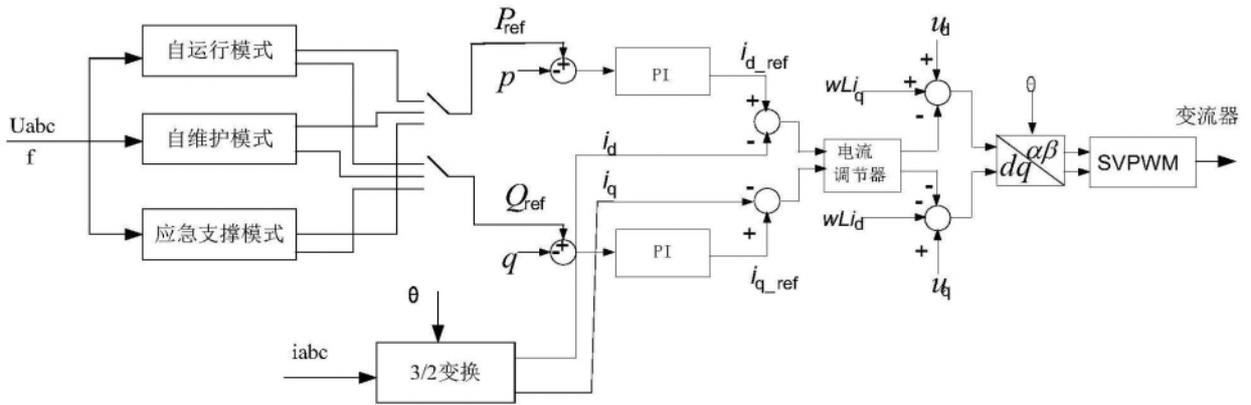


图4