



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105470997 B

(45)授权公告日 2018.07.17

(21)申请号 201410447575.8

(22)申请日 2014.09.03

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105470997 A

(43)申请公布日 2016.04.06

(73)专利权人 特变电工新疆新能源股份有限公司

地址 830011 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市高新技术开发区长春南路399号

专利权人 中国电力科学研究院

(72)发明人 张湑 王静 张梅 汪婷婷

李光辉 孙艳霞 郝木凯

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 罗建民 邓伯英

(51)Int.Cl.

H02J 3/46(2006.01)

(56)对比文件

CN 102664401 A,2012.09.12,

CN 102104251 A,2011.06.22,

CN 102882206 A,2013.01.16,

CN 103236718 A,2013.08.07,

CN 102904288 A,2013.01.30,

CN 102916486 A,2013.02.06,

审查员 孔舒红

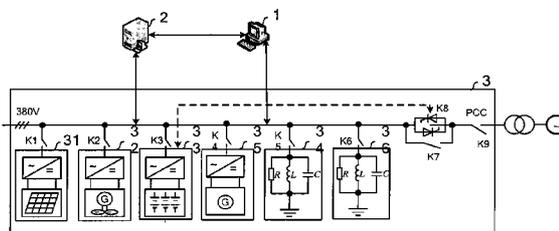
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

一种微电网控制系统

(57)摘要

本发明提供一种微电网控制系统,包括:能量管理系统、检测系统和微电网系统,微电网系统包括:光伏发电单元、风力发电单元、储能单元和重要负荷,检测系统用于检测储能单元的剩余电量SOC、光伏发电单元的光伏并网逆变器运行有功功率 $P_{PV}(t)$ 、风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 和重要负荷有功功率 $P_{L1}(t)$,还包括微燃机发电单元,当微电网系统孤网运行时,若光伏发电单元和风力发电单元出力不足,可以启动微燃机发电单元,用以为负荷提供电力供应,可以减小储能单元的蓄电池的储能容量,从而减少环境污染,降低微电网建设和运维成本,提高微电网孤网运行的可靠性。



1. 一种微电网控制系统,包括:能量管理系统、检测系统和微电网系统,微电网系统包括:光伏发电单元、风力发电单元、储能单元和重要负荷,检测系统用于检测储能单元的剩余电量SOC、光伏发电单元的光伏并网逆变器运行有功功率 $P_{PV}(t)$ 、风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 和重要负荷有功功率 $P_{11}(t)$,其特征在于,所述微电网系统还包括微燃机发电单元;

能量管理系统用于,当微电网系统孤网运行时,接收检测系统发送的SOC检测值、 $P_{11}(t)$ 、 $P_{PV}(t)$ 和 $P_{WP}(t)$,将SOC检测值与预设的SOC上限 SOC_{max} 和SOC下限 SOC_{min} 相比较,并计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和;以及,根据比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和以及 $P_{11}(t)$,控制微燃机发电单元启动,或者,根据比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和、 $P_{11}(t)$ 和预设的储能单元的PCS额定有功功率 P_{LSmax} ,控制微燃机发电单元启动。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述微电网系统还包括一般可控负荷;

所述能量管理系统具体用于,当判断出SOC检测值小于或等于 SOC_{min} 时,切除一般可控负荷,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,则控制微燃机发电单元启动;当判断出SOC检测值大于 SOC_{min} 且小于 SOC_{max} 时,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,则计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差,则控制微燃机发电单元启动。

3. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述微电网系统还包括一般可控负荷;

所述能量管理系统还用于,根据所述比较结果控制微燃机发电单元关闭,或者,根据所述比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和、 $P_{11}(t)$ 和预设的一般可控负荷额定有功功率 P_{12max} ,控制微燃机发电单元关闭。

4. 如权利要求3所述的系统,其特征在于,所述能量管理系统具体用于,当判断出SOC检测值大于或等于 SOC_{max} 时,控制微燃机发电单元关闭,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$,则控制部分一般可控负荷投入所述微电网系统;当判断出SOC检测值大于 SOC_{min} 且小于 SOC_{max} ,且所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$ 时,计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,则控制微燃机发电单元关闭,并控制部分一般可控负荷投入所述微电网系统。

5. 如权利要求4所述的系统,其特征在于,所述能量管理系统还用于,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,则计算 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述计算 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,则控制全部一般可控负荷投入所述微电网系统。

6. 如权利要求5所述的系统,其特征在于,所述能量管理系统还用于,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,则降低风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 。

7. 如权利要求1-6任一项所述的系统,其特征在于,所述检测系统还用于,当微电网系统并网运行时,检测公共连接点PCC点有功功率 $P_{PCC}(t)$ 和微燃机发电单元的微燃机运行有功功率 $P_{DG}(t)$;

所述能量管理系统还用于,当微电网系统并网运行时,接收检测系统发送的 $P_{PCC}(t)$ 和 $P_{DG}(t)$,并根据 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_{DG}(t)$ 和预设的PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} ,控制微燃机发电单元关闭。

8.如权利要求7所述的系统,其特征在于,所述能量管理系统具体用于,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,当 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} 时,判断 $P_{DG}(t)$ 是否大于0,若 $P_{DG}(t)$ 大于0,则控制微燃机发电单元关闭。

9.如权利要求8所述的系统,其特征在于,所述检测系统还用于,检测储能单元并网功率 $P_b(t)$;

所述能量管理系统还用于,在控制微燃机发电单元关闭之后,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} ,则调节储能单元并网功率 $P_b(t)$,并将 $P_b(t)$ 与设置的充电状态下的储能单元额定功率 $-P_{Cnet}(t)$ 相比较,若 $P_b(t)$ 小于 $-P_{Cnet}(t)$,则控制储能单元以额定功率运行,将光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$ 降低至0,并将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} ,则将风力发电单元并网功率 $P_w(t)$ 降低至0。

10.如权利要求8所述的系统,其特征在于,所述检测系统还用于,检测储能单元并网功率 $P_b(t)$ 和风力发电单元并网功率 $P_w(t)$;

所述能量管理系统还用于,当微电网系统并网运行时,接收检测系统发送的 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_w(t)$ 和 $P_b(t)$,并根据 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_w(t)$ 、 $P_b(t)$ 、预设的PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 和设置的放电状态下的储能单元额定功率 $P_{Cnet}(t)$,控制微燃机发电单元启动。

11.如权利要求10所述的系统,其特征在于,所述能量管理系统具体用于,当 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} 时,若判断出 $P_w(t)$ 为0,则控制风力发电单元启动,并判断风力发电单元是否处于MPPT模式,若是,则将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则判断光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$ 是否为0,若是,则启动光伏发电单元,并判断光伏发电单元是否处于MPPT模式,若是,则将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则调节储能单元并网功率 $P_b(t)$,并将 $P_b(t)$ 与设置的放电状态下的储能单元额定功率 $P_{Cnet}(t)$ 相比较,若 $P_b(t)$ 大于 $P_{Cnet}(t)$,则控制储能单元以 $P_{Cnet}(t)$ 运行,并控制微燃机发电单元启动。

一种微电网控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及微电网运行控制技术领域,具体涉及一种微电网控制系统。

背景技术

[0002] 光伏发电、风力发电等可再生能源发电技术得到了广泛的关注和应用,在一些小城镇、牧区、海岛等有用电需求但不便于大规模电网建设的地区,可再生能源的应用对于降低建设成本,实现节能减排有重要意义。为了充分利用可再生能源,采用微电网技术将分布式能源和负荷联接起来,既实现了可再生能源的就地利用,降低损耗,又实现了区域内电能的合理调度,提高了用电可靠性。微电网也称微网,是一组分布式电源、负荷、储能系统和控制装置构成的系统,微电网是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统,既可以与外部电网并网运行,也可以孤立运行。

[0003] 微电网孤网运行时,由于缺乏大电网提供的容量支持,因此首要任务就是建立稳定可靠的电压和频率参考。由于微电网中光伏和风能等可再生能源以及负荷都具有波动性和不确定性,因此,需要对能量波动进行平衡。目前,通常使用大容量的储能单元来实现这一功能,在可再生能源发电量大于负荷的需求时,将电能储存起来;当可再生能源发电量小于负荷的需求时,储能单元向微电网放电,以补充负荷所需的电量。

[0004] 目前,常用的储能单元通常采用化学的储能电池(即蓄电池)实现,例如,铅酸电池、锂离子电池、铁电池等,但这些化学储能方法存在环境污染大、使用寿命短、运维成本高以及安全性差等问题。目前,在微电网孤网运行时,为减小可再生能源以及负荷突变时对电网的冲击,保证可再生能源发电不足时的电力供应,往往需要增加蓄电池的储能容量,这使得微电网建设和运维成本增加,相应的,储能容量越大的蓄电池也对生态环境造成的影响也就越严重。

[0005] 因此,亟需一种微电网控制方案,以解决上述技术问题。

发明内容

[0006] 本发明针对现有技术中存在的上述不足,提供一种微电网控制系统,用以解决微电网孤网运行时,微电网建设、运维成本高,对生态环境影响大的问题。

[0007] 本发明为解决上述技术问题,采用如下技术方案:

[0008] 本发明提供一种微电网控制系统,包括:能量管理系统、检测系统和微电网系统,微电网系统包括:光伏发电单元、风力发电单元、储能单元和重要负荷,检测系统用于检测储能单元的剩余电量SOC、光伏发电单元的光伏并网逆变器运行有功功率 $P_{PV}(t)$ 、风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 和重要负荷有功功率 $P_{IL}(t)$,所述微电网系统还包括微燃机发电单元;

[0009] 能量管理系统用于,当微电网系统孤网运行时,接收检测系统发送的SOC检测值、 $P_{IL}(t)$ 、 $P_{PV}(t)$ 和 $P_{WP}(t)$,将SOC检测值与预设的SOC上限 SOC_{max} 和SOC下限 SOC_{min} 相比较,并计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和;以及,根据比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和以及 $P_{IL}(t)$,控制微燃机发

电单元启动,或者,根据比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和、 $P_{11}(t)$ 和预设的储能单元的PCS额定有功功率 P_{LSmax} ,控制微燃机发电单元启动。

[0010] 进一步的,所述微电网系统还包括一般可控负荷;

[0011] 所述能量管理系统具体用于,当判断出SOC检测值小于或等于 SOC_{min} 时,切除一般可控负荷,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,则控制微燃机发电单元启动;当判断出SOC检测值大于 SOC_{min} 且小于 SOC_{max} 时,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,则计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差,则控制微燃机发电单元启动。

[0012] 进一步的,所述微电网系统还包括一般可控负荷;

[0013] 所述能量管理系统还用于,根据所述比较结果控制微燃机发电单元关闭,或者,根据所述比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和、 $P_{11}(t)$ 和预设的一般可控负荷额定有功功率 P_{12max} ,控制微燃机发电单元关闭。

[0014] 优选的,所述能量管理系统具体用于,当判断出SOC检测值大于或等于 SOC_{max} 时,控制微燃机发电单元关闭,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$,则控制部分一般可控负荷投入所述微电网系统;当判断出SOC检测值大于 SOC_{min} 且小于 SOC_{max} ,且所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$ 时,计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,则控制微燃机发电单元关闭,并控制部分一般可控负荷投入所述微电网系统。

[0015] 进一步的,所述能量管理系统还用于,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,则计算 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,并将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述计算 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,则控制全部一般可控负荷投入所述微电网系统。

[0016] 进一步的,所述能量管理系统还用于,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,则降低风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 。

[0017] 进一步的,所述检测系统还用于,当微电网系统并网运行时,检测公共连接点PCC点有功功率 $P_{PCC}(t)$ 和微燃机发电单元的微燃机运行有功功率 $P_{DG}(t)$;

[0018] 所述能量管理系统还用于,当微电网系统并网运行时,接收检测系统发送的 $P_{PCC}(t)$ 和 $P_{DG}(t)$,并根据 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_{DG}(t)$ 和预设的PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} ,控制微燃机发电单元关闭。

[0019] 优选的,所述能量管理系统具体用于,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,当 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} 时,判断 $P_{DG}(t)$ 是否大于0,若 $P_{DG}(t)$ 大于0,则控制微燃机发电单元关闭。

[0020] 进一步的,所述检测系统还用于,检测储能单元并网功率 $P_b(t)$;

[0021] 所述能量管理系统还用于,在控制微燃机发电单元关闭之后,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} ,则调节储能单元并网功率 $P_b(t)$,并将 $P_b(t)$ 与设置的充电状态下的储能单元额定功率 $-P_{Cnet}(t)$ 相比较,若 $P_b(t)$ 小于 $-P_{Cnet}(t)$,则控制储能单元以额定功率运行,将光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$ 降低至0,并将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,若 P_{PCC}

(t) 大于或等于 P_{PCCmax} ,则将风力发电单元并网功率 $P_W(t)$ 降低至0。

[0022] 进一步的,所述检测系统还用于,检测储能单元并网功率 $P_b(t)$ 和风力发电单元并网功率 $P_W(t)$;

[0023] 所述能量管理系统还用于,当微电网系统并网运行时,接收检测系统发送的 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_W(t)$ 和 $P_b(t)$,并根据 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_W(t)$ 、 $P_b(t)$ 、预设的PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 和设置的放电状态下的储能单元额定功率 $P_{Cnet}(t)$,控制微燃机发电单元启动。

[0024] 优选的,所述能量管理系统具体用于,当 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} 时,若判断出 $P_W(t)$ 为0,则控制风力发电单元启动,并判断风力发电单元是否处于MPPT模式,若是,则将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则判断光伏发电单元并网功率 $P_V(t)$ 是否为0,若是,则启动光伏发电单元,并判断光伏发电单元是否处于MPPT模式,若是,则将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则调节储能单元并网功率 $P_b(t)$,并将 $P_b(t)$ 与设置的放电状态下的储能单元额定功率 $P_{Cnet}(t)$ 相比较,若 $P_b(t)$ 大于 $P_{Cnet}(t)$,则控制储能单元以 $P_{Cnet}(t)$ 运行,并控制微燃机发电单元启动。

[0025] 本发明通过在微电网系统中设置微燃机发电单元,微电网系统孤网运行时,若光伏发电单元和风力发电单元出力不足,可以启动微燃机发电单元,用以为负荷提供电力供应,可以减小储能单元的蓄电池的储能容量,从而减少环境污染,降低微电网建设和运维成本,提高微电网孤网运行的可靠性。

附图说明

[0026] 图1为本发明实施例提供的微电网控制系统的系统结构图;

[0027] 图2为本发明实施例提供的微电网孤网运行控制流程1的示意图;

[0028] 图3为本发明实施例提供的微电网孤网运行控制流程2的示意图;

[0029] 图4为本发明实施例提供的微电网孤网运行控制流程3的示意图;

[0030] 图5为本发明实施例提供的微电网并网运行控制流程4的示意图;

[0031] 图6为本发明实施例提供的微电网并网运行控制流程5的示意图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,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的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] 本发明通过在微电网系统中设置微燃机发电单元,对储能单元和微燃机发电单元之间的关系进行协调,即根据光伏发电单元、风力发电单元和负荷的有功功率以及储能单元的剩余电量的变化,控制微燃机发电单元的运行状态和输出功率,以减小储能单元的储能容量。

[0034] 图1为本发明实施例提供的微电网控制系统的系统架构示意图,如图1所示,该微电网控制系统包括:能量管理系统1、检测系统2和微电网系统3,微电网系统3包括:光伏发电单元31、风力发电单元32、储能单元33和重要负荷34,检测系统2用于检测储能单元33的剩余电量SOC、光伏发电单元31的光伏并网逆变器运行有功功率 $P_{PV}(t)$ 、风力发电单元32的

风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 和重要负荷有功功率 $P_{I1}(t)$,所述微电网系统3还包括微燃机发电单元35。优选的,微电网系统3还可以包括一般可控负荷36,相应的,检测系统2还用于检测一般可控负荷有功功率 $P_{I2}(t)$ 。

[0035] 本发明的微电网控制系统为交流母线系统,光伏发电单元31、风力发电单元32、储能单元33、微燃机发电单元35等电源接入同一根380V交流母线,且重要负荷34和一般可控负荷36也接入同一根380V交流母线,微电网系统3可以通过并网柜(图中未绘示)与大电网连接。

[0036] 由于微燃机具有启动快、噪音小、可控性好等特点,在天然气供应充足的地区,微燃机可作为可靠的后备电源。也就是说,光伏发电单元31、风力发电单元32、储能单元33和微燃机发电单元35均可作为微电网系统3的电源,为重要负荷和/或一般可控负荷供电。其中,储能单元33在微电网系统3功率波动较大时,可以快速输出或吸收功率以保持微电网系统稳定,微燃机发电单元35可以在光伏发电单元31和风力发电单元32输出不足时提供长期的电力支持。

[0037] 微电网系统3可以孤网运行,也可以与大电网并网运行,微电网系统3利用储能双向变流器PCS实现离并网的无缝切换,以及对电源或负荷突变时的波动进行平抑。

[0038] 能量管理系统1内可以预设有以下参数:

[0039] 1、储能单元的剩余电量上限 SOC_{max} 和储能单元的剩余电量下限 SOC_{min} ;

[0040] 2、储能单元的PCS额定有功功率 P_{LSmax} ;

[0041] 3、一般可控负荷额定有功功率 P_{I2max} ;

[0042] 4、PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} 和PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 。

[0043] 以下分别对微电网孤网运行时和并网运行时,微电网控制系统的控制过程分别进行说明。

[0044] 微电网孤网运行时,并网开关K9断开,微电网系统3内的光伏发电单元31和风力发电单元32均以最大功率运行模式发电,微电网系统的功率缺额由PCS平衡,微燃机处于备用电源状态。

[0045] 能量管理系统1接收到检测系统2发送的SOC检测值后,将SOC检测值分别与 SOC_{min} 和 SOC_{max} 相比较,若SOC检测值小于或等于 SOC_{min} ,则执行控制流程1(控制流程1在后续再详细说明),若SOC检测值大于 SOC_{min} 且小于 SOC_{max} ,则执行控制流程2(控制流程2在后续再详细说明),若SOC检测值大于或等于 SOC_{max} ,执行控制流程3(控制流程3在后续再详细说明)。

[0046] 当微电网系统3孤网运行时,能量管理系统1能够接收检测系统2发送的SOC检测值、 $P_{I1}(t)$ 、 $P_{PV}(t)$ 和 $P_{WP}(t)$,将SOC检测值与预设的SOC上限 SOC_{max} 和SOC下限 SOC_{min} 相比较,并计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和;以及,根据比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和以及 $P_{I1}(t)$,控制微燃机发电单元35启动。

[0047] 以下结合图2和图1,详细说明控制流程1。如图2所示,在微电网孤网运行过程中,当能量管理系统1判断出SOC检测值小于或等于 SOC_{min} 时,执行控制流程1,该控制流程1包括以下步骤:

[0048] 步骤201,切除一般可控负荷。

[0049] 具体的,当能量管理系统1判断出SOC检测值小于或等于 SOC_{min} 时,说明此时储能单元33的剩余电量过低,为了保证重要负荷34的正常工作,能量管理系统1控制切除一般可控

负荷36,以使储能单元33不再为一般可控负荷36供电。

[0050] 步骤202,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和。

[0051] 具体的,能量管理系统1根据检测系统2发送的光伏发电单元的光伏并网逆变器运行有功功率 $P_{PV}(t)$ 和风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和。

[0052] 步骤203,将 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,则执行步骤204,否则,保持当前各电源和负荷的状态不变。

[0053] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,说明此时光伏发电单元31与风力发电单元32的输出功率之和已无法满足重要负荷,储能单元33处于放电状态,因此,需要其他电源提供电力,则启动微燃机发电单元(即执行步骤204)。

[0054] 若能量管理系统1判断出 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于 $P_{11}(t)$,说明此时储能单元33处于充电状态,则能量管理系统1保持当前各电源(即光伏发电单元和风力发电单元)和负荷(即重要负荷34和一般可控负荷36)的状态不变,以使储能单元33充电运行。

[0055] 步骤204,控制微燃机发电单元启动。

[0056] 具体的,能量管理系统1控制微燃机启动,从而启动微燃机发电单元35并网运行。

[0057] 当微电网系统3孤网运行时,能量管理系统1能够接收检测系统2发送的SOC检测值、 $P_{11}(t)$ 、 $P_{PV}(t)$ 和 $P_{WP}(t)$,将SOC检测值与预设的SOC上限 SOC_{max} 和SOC下限 SOC_{min} 相比较,并计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和,根据比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和、 $P_{11}(t)$ 和预设的储能单元的PCS额定有功功率 P_{LSmax} ,控制微燃机发电单元35启动。以及,根据所述比较结果、 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和、 $P_{11}(t)$ 和预设的一般可控负荷额定有功功率 P_{12max} ,控制微燃机发电单元35关闭。

[0058] 以下结合图3和图1,详细说明控制流程2。如图3所示,在微电网孤网运行过程中,当能量管理系统1判断出SOC检测值大于 SOC_{min} 且小于 SOC_{max} 时,执行控制流程2,该控制流程2包括以下步骤:

[0059] 步骤301,计算 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和。

[0060] 步骤302,将 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,则执行步骤303,否则,执行步骤306。

[0061] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和已无法满足重要负荷34的需求,则储能单元33放电,以实现微电网系统功率平衡,能量管理系统1进一步判断储能单元33以全功率放电时是否能够满足重要负荷34的需求(即执行步骤303)。

[0062] 若能量管理系统1判断出 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和可以满足重要负荷34的需求,则可以进一步判断是否满足重要负荷34的需求与一般可控负荷36的需求,即执行步骤307及后续步骤。

[0063] 步骤303,计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差。

[0064] 步骤304,将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差相比较,若 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差,则执行步骤305,否则,保持当前各电源和负荷的状态不变。

[0065] 具体的,若能量管理系统1判断出所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax}

之差,说明此时储能单元33以全功率放电也无法满足重要负荷34的需求,因此,为了实现微电网系统3的功率平衡,需要启动微燃机发电单元35(即执行步骤305)。

[0066] 若能量管理系统1判断出所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{LSmax} 之差,说明此时储能单元33以全功率放电可以满足重要负荷34的需求,则保持当前各电源和负荷的状态不变,以维持微电网系统3的功率平衡。

[0067] 步骤305,控制微燃机发电单元启动。

[0068] 步骤306,计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和。

[0069] 具体的,当能量管理系统1判断出 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$ 时,计算 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和。

[0070] 步骤307,将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,则执行步骤308,否则,执行步骤309。

[0071] 具体的,若能量管理系统1判断出所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和无法同时满足重要负荷34的需求及一般可控负荷36的需求,则可以关闭微燃机发电单元35,并控制部分一般可控负荷36投入所述微电网系统3(即执行步骤308)。

[0072] 若能量管理系统1判断出所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 与 P_{12max} 之和,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和可以同时满足重要负荷34的需求及一般可控负荷36的需求,则可以进一步判断当前储能单元33是否已达到额定功率,用以调节各电源或负荷的使用(即执行步骤309及后续步骤)。

[0073] 步骤308,控制微燃机发电单元关闭,并控制部分一般可控负荷投入所述微电网系统。

[0074] 具体的,当光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和无法同时满足重要负荷34的需求及一般可控负荷36的需求时,能量管理系统1关闭微燃机发电单元35,并将部分一般可控负荷投入微电网系统3,这样可以尽量减少微燃机发电单元35的运行时间,适用于因环境或能源的约束,对微燃机运行时间有限制的场合。

[0075] 步骤309,计算 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和。

[0076] 步骤310,将所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和与所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和相比较,若所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,则执行步骤311,否则,执行步骤312。

[0077] 具体的,若能量管理系统1判断出所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和小于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和可以同时满足重要负荷34的需求及一般可控负荷36的需求,但储能单元33未达到额定功率,则控制全部一般可控负荷36投入所述微电网系统3(即执行步骤311)。

[0078] 若能量管理系统1判断出所述 $P_{PV}(t)$ 与 $P_{WP}(t)$ 之和大于或等于所述 $P_{11}(t)$ 、 P_{12max} 和 P_{LSmax} 之和,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和可以同时满足重要负荷34的需求及一般可控负荷36的需求,但储能单元33已达到额定功率,则可以降低风力发电单元32的输出功率(即执行步骤312)。

[0079] 步骤311,控制全部一般可控负荷投入所述微电网系统。

[0080] 步骤312,降低风力发电单元的风机并网逆变器运行有功功率 $P_{WP}(t)$ 。

[0081] 所述能量管理系统1还可以根据所述SOC检测值与 SOC_{max} 和 SOC_{min} 的比较结果控制微燃机发电单元关闭。

[0082] 以下结合图4和图1,详细说明控制流程3。如图4所示,在微电网孤网运行过程中,当能量管理系统1判断出SOC检测值大于或等于 SOC_{max} 时,执行控制流程3,该控制流程3包括以下步骤:

[0083] 步骤401,控制微燃机发电单元关闭。

[0084] 当能量管理系统1判断出储能单元33当前的剩余电量达到或超过剩余电量的上限时,为了减少微燃机的运行时间,则控制微燃机发电单元35关闭。

[0085] 步骤402,计算 $P_{pv}(t)$ 与 $P_{wp}(t)$ 之和。

[0086] 步骤403,将所述 $P_{pv}(t)$ 与 $P_{wp}(t)$ 之和与 $P_{11}(t)$ 相比较,若所述 $P_{pv}(t)$ 与 $P_{wp}(t)$ 之和大于 $P_{11}(t)$,则执行步骤404,否则,保持当前各电源和负荷的状态不变。

[0087] 具体的,若能量管理系统1判断出所述 $P_{pv}(t)$ 与 $P_{wp}(t)$ 之和大于或等于 $P_{11}(t)$,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和可以满足重要负荷34的需求,储能单元33处于充电状态,则能量管理系统1可以投入部分一般可控负荷36(即执行步骤404)。

[0088] 若能量管理系统1判断出 $P_{pv}(t)$ 与 $P_{wp}(t)$ 之和小于 $P_{11}(t)$,说明此时光伏发电单元31的输出功率与风力发电单元32的输出功率之和无法满足重要负荷34的需求,储能单元33处于放电状态,而当前的储能单元33的剩余电量较多(即SOC检测值大于或等于 SOC_{max}),则能量管理系统1可以保持微电网系统3的各电源(即光伏发电单元31和风力发电单元32)和负荷(即重要负荷34和一般可控负荷36)当前的状态不变,以使储能单元33放电运行。

[0089] 步骤404,控制部分一般可控负荷投入所述微电网系统。

[0090] 通过上述控制流程可以看出,当微电网为孤网运行时,微燃机发电单元35处于热备用状态。当光伏发电单元31和风力发电单元32的输出功率之和不能满足重要负荷34的需求时,首先由储能单元33放电,为负荷提供电力。当储能单元33的剩余电量低于剩余电量下限时,控制微燃机发电单元35启动,使微燃机发电单元35的输出功率等于重要负荷功率与储能单元33的充电功率之和,从而既给储能单元33充电,又为重要负荷34提供所需电力。

[0091] 当储能单元33的电量达到剩余电量上限时,关闭微燃机发电单元35,由储能单元33为负荷提供电力。

[0092] 当光伏发电单元31和风力发电单元32的输出功率之和大于负荷的需求,且储能单元33已达到额定功率时,降低风力发电单元32的输出功率。

[0093] 本发明通过在微电网系统中设置微燃机发电单元,微电网系统孤网运行时,若光伏发电单元和风力发电单元出力不足,可以启动微燃机发电单元,用以为负荷提供电力供应,可以减小储能单元的蓄电池的储能容量,从而减少环境污染,降低微电网建设和运维成本,提高微电网孤网运行的可靠性。

[0094] 在微电网系统并网运行模式下,微电网电压和频率可以由主电网来保障,以下分别从有功-频率控制以及无功-电压控制两个方面对微电网系统并网运行的控制过程进行详细说明。

[0095] 微电网系统并网运行时,微电网与大电网之间存在有功功率交换,并且该功率方向为双向流向,为保证微电网安全接入运行,需要根据当地配电网具体情况,设定微电网与

大电网交换功率的上下限值(微电网与大电网交换功率的上下限值即为PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} 和PCC点有功功率下限 P_{PCCmin}),微电网需在上述 P_{PCCmax} 和 P_{PCCmin} 之间的交换功率范围内运行。

[0096] 当微电网并网运行时,大电网正常运行,旁路开关K7闭合,并网开关K9闭合,此时微电网系统3内的光伏发电单元31、风力发电单元32均以最大功率输出。检测系统2实时检测公共连接点PCC点有功功率 $P_{PCC}(t)$,能量管理系统1接收到检测系统2发送的 $P_{PCC}(t)$ 后,将 $P_{PCC}(t)$ 分别与PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} 和PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} ,则执行控制流程4(控制流程4在后续再详细说明),若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则执行控制流程5(控制流程5在后续再详细说明)。

[0097] 进一步的,检测系统2还用于,检测公共连接点PCC点有功功率 $P_{PCC}(t)$ 和微燃机发电单元的微燃机运行有功功率 $P_{DG}(t)$ 。能量管理系统1还用于,接收检测系统2发送的 $P_{PCC}(t)$ 和 $P_{DG}(t)$,并根据 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_{DG}(t)$ 和预设的PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} ,控制微燃机发电单元关闭。检测系统2还用于检测储能单元并网功率 $P_b(t)$,能量管理系统1还用于,根据当前的 $P_{PCC}(t)$ 调节微电网系统3中各电源的运行状态。

[0098] 以下结合图5和图1,详细说明控制流程4。如图5所示,在微电网并网运行过程中,当能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} 时,执行控制流程4,该控制流程4包括以下步骤:

[0099] 步骤501,判断微燃机发电单元的微燃机运行有功功率 $P_{DG}(t)$ 是否大于0,若 $P_{DG}(t)$ 大于0,则执行步骤502,否则,执行步骤504。

[0100] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_{DG}(t)$ 大于0,说明当前微燃机发电单元35处于运行状态,则需要关闭微燃机发电单元35,以降低 $P_{PCC}(t)$ (即执行步骤502)。

[0101] 若能量管理系统1判断出 $P_{DG}(t)$ 不大于0,也就是说 $P_{DG}(t)$ 等于0,说明当前微燃机发电单元35处于关闭状态,则需要进一步调节储能单元并网功率 $P_b(t)$,以降低 $P_{PCC}(t)$ (即执行步骤504)。

[0102] 步骤502,控制微燃机发电单元关闭。

[0103] 步骤503,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} ,则执行步骤504,否则,将 $P_{PCC}(t)$ 与PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 相比较,当 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} 时,执行控制流程5。

[0104] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} ,说明在关闭微燃机发电单元35之后,PCC点有功功率 $P_{PCC}(t)$ 仍然过高,则需要进一步调节储能单元并网功率 $P_b(t)$,以降低 $P_{PCC}(t)$ (即执行步骤504)。

[0105] 若能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 小于 P_{PCCmax} ,说明当前PCC点有功功率低于PCC点有功功率上限,则将 $P_{PCC}(t)$ 与PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则执行控制流程5。

[0106] 步骤504,调节储能单元并网功率 $P_b(t)$ 。

[0107] 具体的,能量管理系统1可以根据PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} 、重要负荷有功功率 $P_{I1}(t)$ 、一般可控负荷有功功率 $P_{I2}(t)$ 、光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$ 和风力发电单元并网功率 $P_w(t)$ 调节储能单元并网功率 $P_b(t)$ 。

[0108] 步骤505,将 $P_b(t)$ 与设置的充电状态下的储能单元额定功率 $-P_{Cnet}(t)$ 相比较,若

$P_b(t)$ 小于 $-P_{Cnet}(t)$, 则执行步骤506, 否则, 保持当前各电源和负荷的状态不变。

[0109] 具体的, 若能量管理系统1判断出 $P_b(t)$ 小于 $-P_{Cnet}(t)$, 说明此时(充电状态下)储能单元并网功率超出了储能单元额定功率, 则控制储能单元33以额定功率运行, 并进一步降低光伏并网功率 $P_v(t)$ (即执行步骤506-508)。

[0110] 若能量管理系统1判断出 $P_b(t)$ 大于或等于 $-P_{Cnet}(t)$, 说明此时(充电状态下)储能单元并网功率并未超出储能单元额定功率, 则保持当前各电源和负荷的状态不变。

[0111] 步骤506, 控制储能单元以额定功率运行。

[0112] 具体的, 能量管理系统1令 $P_b(t)$ 等于 $-P_{Cnet}(t)$ 。

[0113] 步骤507-508, 将光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$ 降低至0。

[0114] 具体的, 能量管理系统1逐步下调光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$, 直至将其降至0。

[0115] 步骤509, 将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmax} 相比较, 若 $P_{PCC}(t)$ 大于或等于 P_{PCCmax} , 则执行步骤510, 否则, 将 $P_{PCC}(t)$ 与 PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 相比较, 当 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} 时, 执行控制流程5。

[0116] 具体的, 能量管理系统1在将光伏发电单元并网功率 $P_v(t)$ 降至为0之后, 再判断当前的 $P_{PCC}(t)$ 是否仍大于或等于 PCC点有功功率上限 P_{PCCmax} , 若是, 则进一步限制风电发电单元并网功率(即执行步骤510-511)。

[0117] 若 $P_{PCC}(t)$ 小于 P_{PCCmax} , 说明当前 PCC点有功功率低于 PCC点有功功率上限, 则将 $P_{PCC}(t)$ 与 PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 相比较, 在 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} 时, 执行控制流程5。

[0118] 步骤510-511, 将风力发电单元并网功率 $P_w(t)$ 降低至0。

[0119] 具体的, 能量管理系统1逐步下调风力发电单元并网功率 $P_w(t)$, 直至将其降至0。

[0120] 进一步的, 检测系统2还用于, 检测储能单元并网功率 $P_b(t)$ 和风力发电单元并网功率 $P_w(t)$ 。能量管理系统1还用于, 当微电网系统并网运行时, 接收检测系统2发送的 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_w(t)$ 和 $P_b(t)$, 并根据 $P_{PCC}(t)$ 、 $P_w(t)$ 、 $P_b(t)$ 、预设的 PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 和设置的放电状态下的储能单元额定功率 $P_{Cnet}(t)$, 控制微燃机发电单元35启动。

[0121] 以下结合图6和图1, 详细说明控制流程5。如图6所示, 在微电网并网运行过程中, 当能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} 时, 执行控制流程5, 该控制流程5包括以下步骤:

[0122] 步骤601, 判断 $P_w(t)$ 是否为0, 若 $P_w(t)$ 等于0, 则执行步骤602, 否则, 执行步骤603。

[0123] 具体的, 若能量管理系统1判断出 $P_w(t)$ 为0, 说明此时风力发电单元31处于关闭状态, 则启动风力发电单元31, 以提高 $P_{PCC}(t)$ (即执行步骤602)。

[0124] 若能量管理系统1判断出 $P_w(t)$ 不为0, 说明此时风力发电单元31处于运行状态, 则进一步判断风力发电单元32是否以最大输出功率模式运行(即执行步骤603)。

[0125] 步骤602, 控制风力发电单元启动。

[0126] 步骤603, 判断风力发电单元是否处于MPPT(最大功率点跟踪)模式, 若是, 则执行步骤605, 否则, 执行步骤604。

[0127] 具体的, 若能量管理系统1判断出风力发电单元32处于MPPT模式, 则再次判断当前的 PCC点有功功率是否仍低于或等于 PCC点有功功率下限(即执行步骤605)。

[0128] 若能量管理系统1判断出风力发电单元32未处于MPPT模式, 则控制风力发电单元32以MPPT模式运行(即执行步骤604)。

- [0129] 步骤604,控制风力发电单元以MPPT模式运行。
- [0130] 步骤605,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则执行步骤606,否则,保持当前各电源和负荷的状态不变。
- [0131] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,说明即使风力发电单元32以最大输出功率运行,当前的PCC点有功功率仍然过低,则进一步判断光伏发电单元的状态(即执行步骤606)。
- [0132] 若能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 大于 P_{PCCmin} ,说明在控制风力发电单元32以MPPT模式运行之后,当前的PCC点有功功率已高于PCC点有功功率下限,则保持当前各电源和负荷的状态不变。
- [0133] 步骤606,判断光伏发电单元并网功率 $P_V(t)$ 是否为0,若 $P_V(t)$ 等于0,则执行步骤607,否则,执行步骤608。
- [0134] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_V(t)$ 等于0,说明当前光伏发电单元31处于关闭状态,则启动光伏发电单元31,以提高PCC点有功功率(即执行步骤607)。
- [0135] 若能量管理系统1判断出 $P_V(t)$ 不等于0,说明当前光伏发电单元31处于运行状态,则进一步判断光伏发电单元31是否以最大输出功率模式运行(即执行步骤608)。
- [0136] 步骤607,控制光伏发电单元启动。
- [0137] 步骤608,判断光伏发电单元是否处于MPPT模式,若是,则执行步骤610,否则,执行步骤609。
- [0138] 具体的,若能量管理系统1判断出光伏发电单元31处于MPPT模式,则再次判断当前的PCC点有功功率是否仍低于或等于PCC点有功功率下限(即执行步骤610)。
- [0139] 若能量管理系统1判断出光伏发电单元31未处于MPPT模式,则控制光伏发电单元31以MPPT模式运行(即执行步骤609)。
- [0140] 步骤609,控制光伏发电单元以MPPT模式运行。
- [0141] 步骤610,将 $P_{PCC}(t)$ 与 P_{PCCmin} 相比较,若 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,则执行步骤611,否则,保持当前各电源和负荷的状态不变。
- [0142] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 小于或等于 P_{PCCmin} ,说明即使风力发电单元32和光伏发电单元31均以最大输出功率运行,当前的PCC点有功功率仍然过低,则进一步调节储能单元并网功率 $P_b(t)$ (即执行步骤611)。
- [0143] 若能量管理系统1判断出 $P_{PCC}(t)$ 大于 P_{PCCmin} ,说明在控制风力发电单元32和光伏发电单元31均以MPPT模式运行之后,当前的PCC点有功功率已高于PCC点有功功率下限,则保持当前各电源和负荷的状态不变。
- [0144] 步骤611,调节储能单元并网功率 $P_b(t)$ 。
- [0145] 具体的,能量管理系统1可以根据PCC点有功功率下限 P_{PCCmin} 、重要负荷有功功率 $P_{11}(t)$ 、一般可控负荷有功功率 $P_{12}(t)$ 、光伏发电单元并网功率 $P_V(t)$ 和风力发电单元并网功率 $P_W(t)$ 调节储能单元并网功率 $P_b(t)$ 。
- [0146] 步骤612,将 $P_b(t)$ 与设置的放电状态下的储能单元额定功率 $P_{Cnet}(t)$ 相比较,若 $P_b(t)$ 大于 $P_{Cnet}(t)$,则执行步骤613,否则,保持当前各电源和负荷的状态不变。
- [0147] 具体的,若能量管理系统1判断出 $P_b(t)$ 大于 $P_{Cnet}(t)$,说明此时(放电状态下)储能单元并网功率超出了储能单元额定功率,则控制储能单元33以额定功率运行,并进一步启

动微燃机发电单元(即执行步骤613)。

[0148] 若能量管理系统1判断出 $P_b(t)$ 小于或等于 $P_{Cnet}(t)$,说明此时(放电状态下)储能单元并网功率并未超出储能单元额定功率,则保持当前各电源和负荷的状态不变。

[0149] 613,控制储能单元以 $P_{Cnet}(t)$ 运行,并控制微燃机发电单元启动。

[0150] 以下对无功-电压控制过程进行详细说明。

[0151] 微电网并网运行时,PCC点的无功功率会对PCC点的电压产生影响,为了保证微电网安全接入大电网,需要对PCC点的无功-电压进行控制,优选的,可以采用定功率因数控制方式进行控制。

[0152] 定功率因数控制方式是指,在微电网并网运行过程中,有功功率运行在上下限值之间。则在此区间内,PCC点的功率因数保持在设定值内运行,若能量管理系统设置PCC点功率因数为 $\cos(\phi)$,且此时PCC点的有功功率为 $P_{PCC}(t)$ 。

[0153] 能量管理系统1计算储能系统无功功率 $Q_b(t)$,并将计算出的储能系统无功功率 $Q_b(t)$ 发送给储能单元33,以控制储能单元33根据该储能系统无功功率 $Q_b(t)$ 进行调节。

[0154] 若 $\cos(\phi) > 0$,微电网系统内的无功电源为储能系统,储能系统无功功率 $Q_b(t)$ 可以根据公式(1)计算获得:

$$[0155] \quad Q_b(t) = Q_{PCC}(t) = \sqrt{\left(\frac{P_{PCC}(t)}{\cos(\phi)}\right)^2 - P_{PCC}^2(t)} \quad (1)$$

[0156] 其中, $Q_b(t)$ 为储能系统无功功率; $Q_{PCC}(t)$ 为PCC点无功功率; $P_{PCC}(t)$ 为PCC点有功功率。

[0157] 若 $\cos(\phi) < 0$,微电网系统内的无功电源为储能系统,储能系统无功功率 $Q_b(t)$ 可以根据公式(2)计算获得:

$$[0158] \quad Q_b(t) = Q_{PCC}(t) = -\sqrt{\left(\frac{P_{PCC}(t)}{\cos(\phi)}\right)^2 - P_{PCC}^2(t)} \quad (2)$$

[0159] 其中, $Q_b(t)$ 为储能系统无功功率; $Q_{PCC}(t)$ 为PCC点无功功率; $P_{PCC}(t)$ 为PCC点有功功率。

[0160] 微电网系统除了前述的并网运行模式和孤网运行模式之外,还包括以下几种运行状态:并网模式切换为孤网模式、孤网模式切换为并网模式以及黑启动模式。黑启动是指整个系统因故障停运后,系统全部停电(不排除孤立小电网仍维持运行),处于全“黑”状态,不依赖别的网络帮助,通过系统中具有自启动能力的发电机组启动,带动无自启动能力的发电机组,逐渐扩大系统恢复范围,最终实现整个系统的恢复。

[0161] 微电网系统在并网运行模式和孤网运行模式下的工作过程如前所述,在此不再赘述,以下分别对并网模式切换为孤网模式、孤网模式切换为并网模式、黑启动模式下的工作过程分别进行详细说明。

[0162] 并网模式向孤网模式切换时,断开并网开关K9,模拟电网断电,此时首先通过PCS识别大电网的运行状态,当通过PCS检测到大电网处于故障状态时,PCS控制其PCC点配套的静态开关K8断开,同时PCS的工作模式从P-Q控制模式(电压和频率跟随电网控制模式)自动平滑切换到V/f控制模式(基于下垂特性的电压/频率控制模式)。在切换过程中,其他电源的运行状态不变,从而实现微电网系统从并网模式切换到孤网模式。

[0163] 孤网模式向并网模式切换时,闭合并网开关K9,模拟电网状态恢复正常,此时通过PCS自动识别技术检测到电网状态恢复正常后,PCS检测静态开关K8两侧的电压幅值、频率及相角的同期条件,同时根据偏差不断控制自身输出的V和f信号,进而实现微电网独立系统与电网实现同期。当二者满足同期条件后,PCS控制静态开关K8闭合,同时PCS的运行模式从V/f模式自动平滑切换到P-Q模式,完成微电网孤网转并网的切换模式。

[0164] 黑启动时,并网开关K9断开,同时,微电网系统中所有电源以及负荷均与母线断开,要求微电网具备黑启动能力。微电网系统处于全黑状态时,为了保护设备,先将断路器全部断开,再按照一定的程序进行黑启动,因此通过断开断路器来模拟微电网处于全黑状态,所有电源和负荷全部脱离。即确认所有的配电开关K1-K6处于断开状态,然后首先启动储能单元33,使其运行在V/f模式,建立孤网运行的电压和频率基准值,当系统运行达到稳态后,再陆续接入系统内的其他电源和负荷,最终实现微电网的黑启动。

[0165] 本发明利用储能双向变流器实现微电网离并网的无缝切换,并利用微燃机较高的可靠性和易控制性的特点,使之成为微电网的能量提供单元,既提高了微电网供电可靠性,又可以有效减小储能单元的电池容量,从而减少废旧电池对环境污染,降低了投资运行成本,使多种新能源综合利用,提高了微电网系统的适应性。微燃机发电单元从冷备用状态进入满负荷状态大约需要15分钟,考虑平抑电网冲击的需要,储能单元只要满足微电网满负荷运行大约2至4小时,就可以保证微电网系统的功率需求,配合微燃机发电单元就可以满足微电网孤网状态的长时间稳定运行。

[0166] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

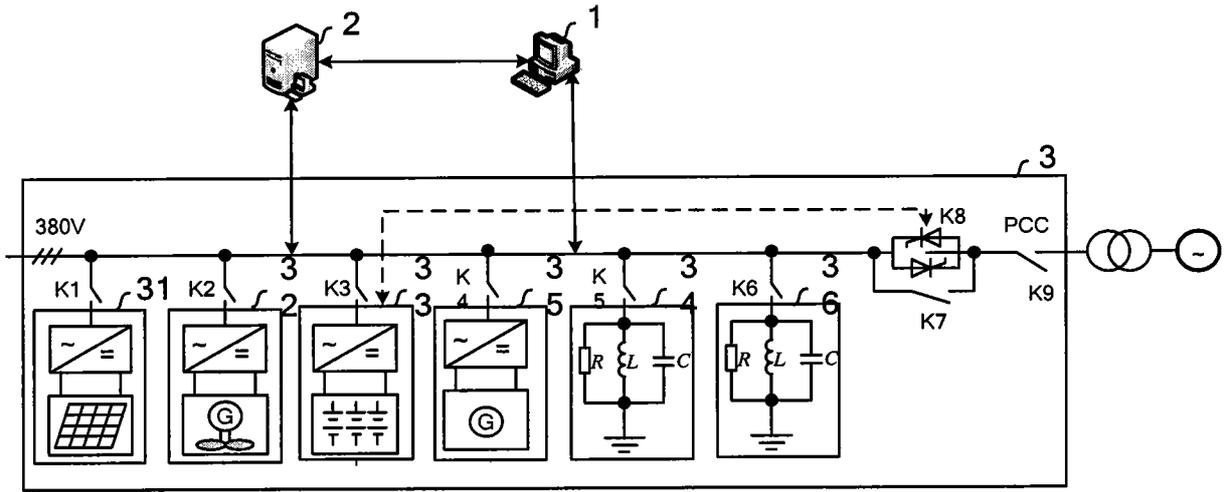


图1

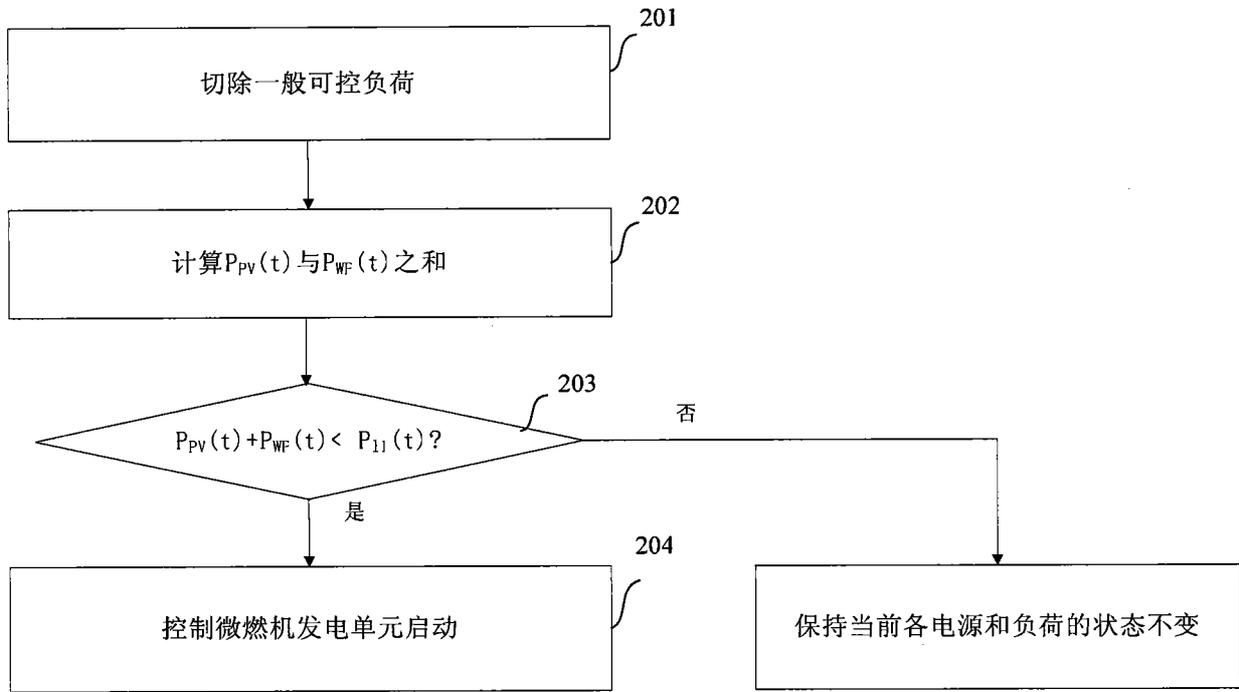


图2

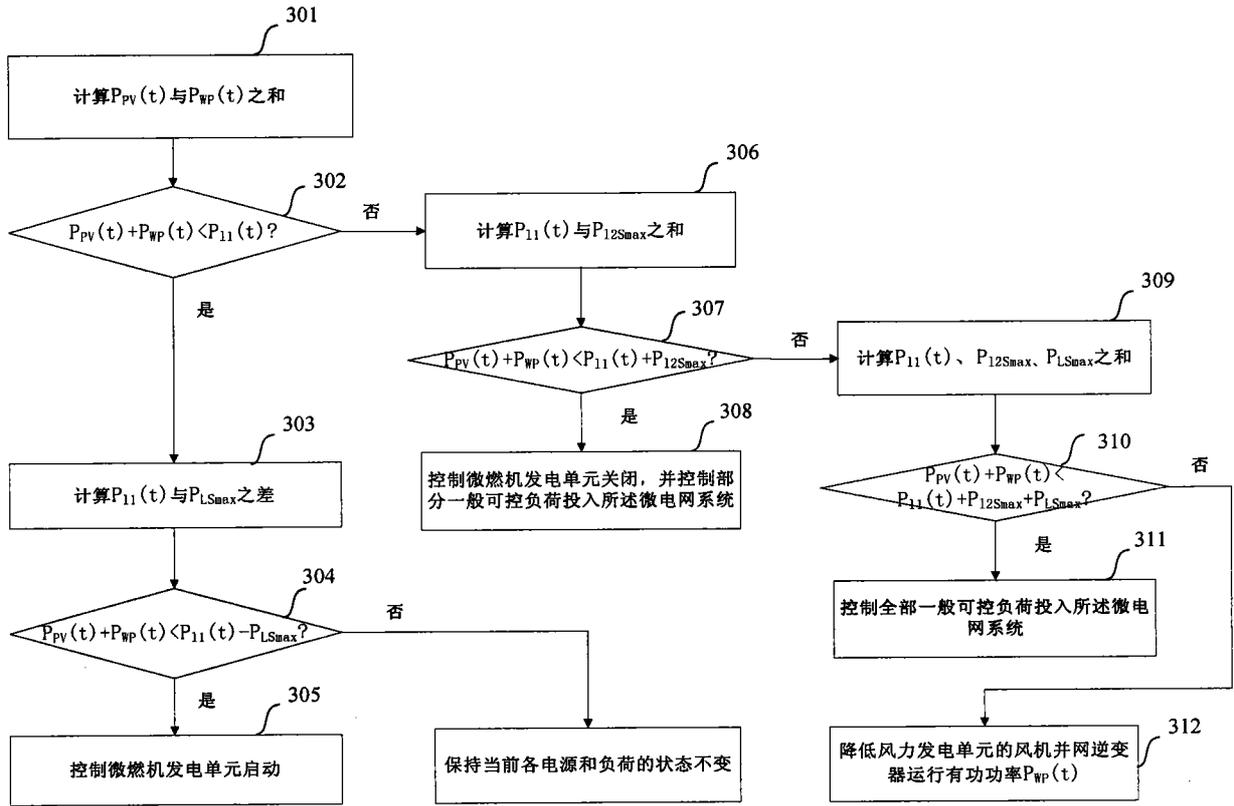


图3

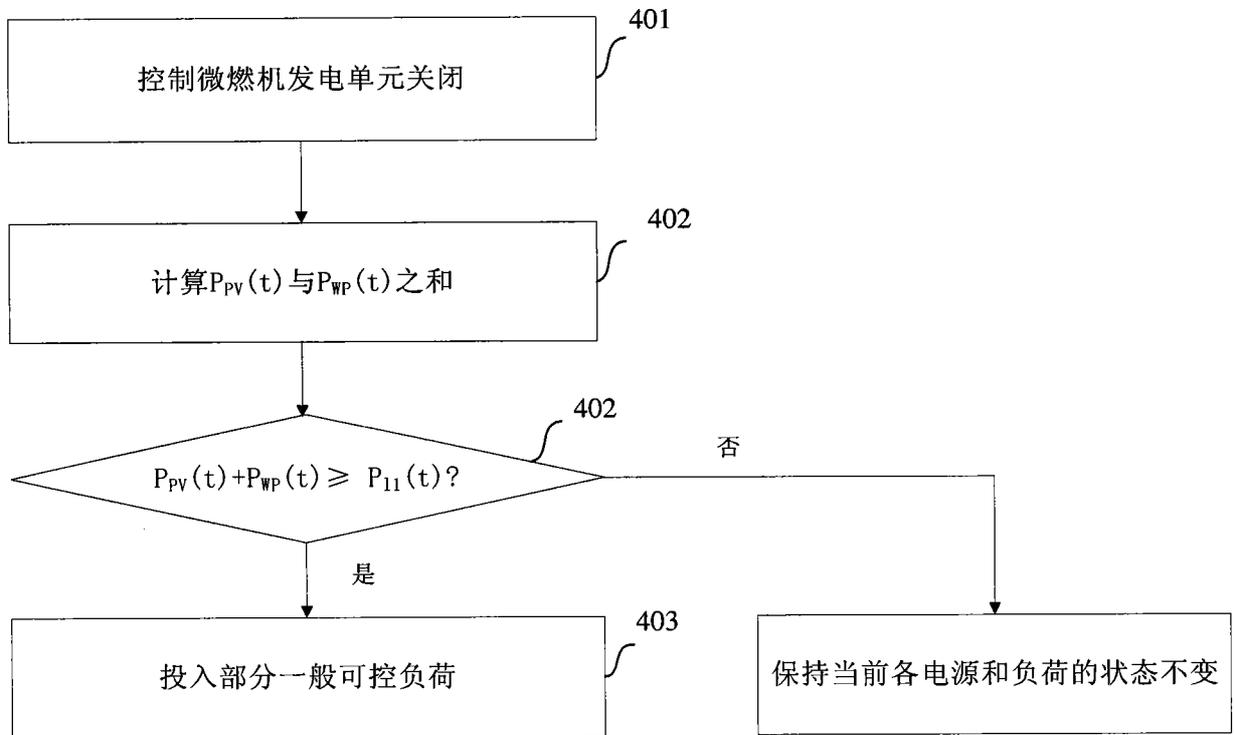


图4

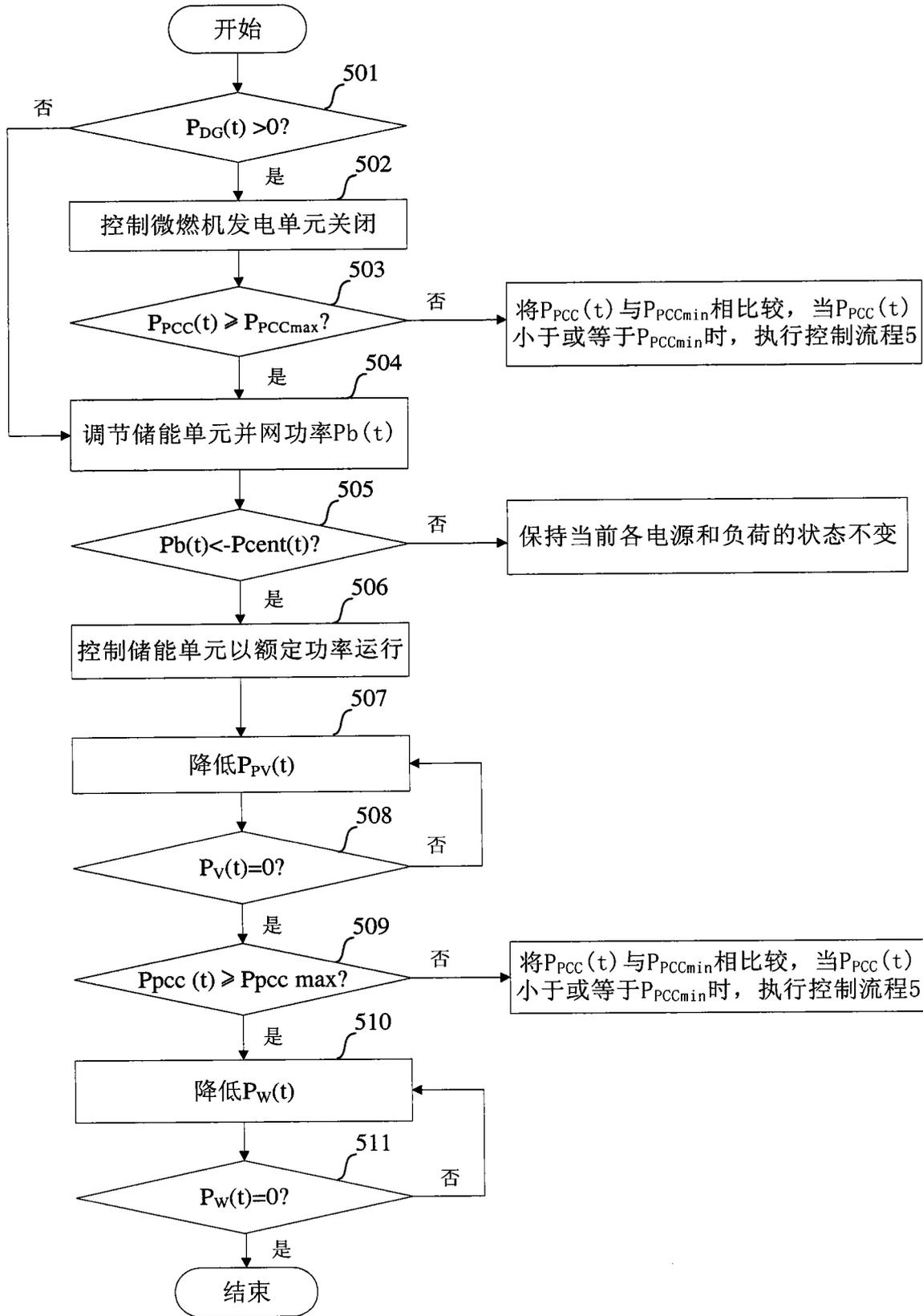


图5

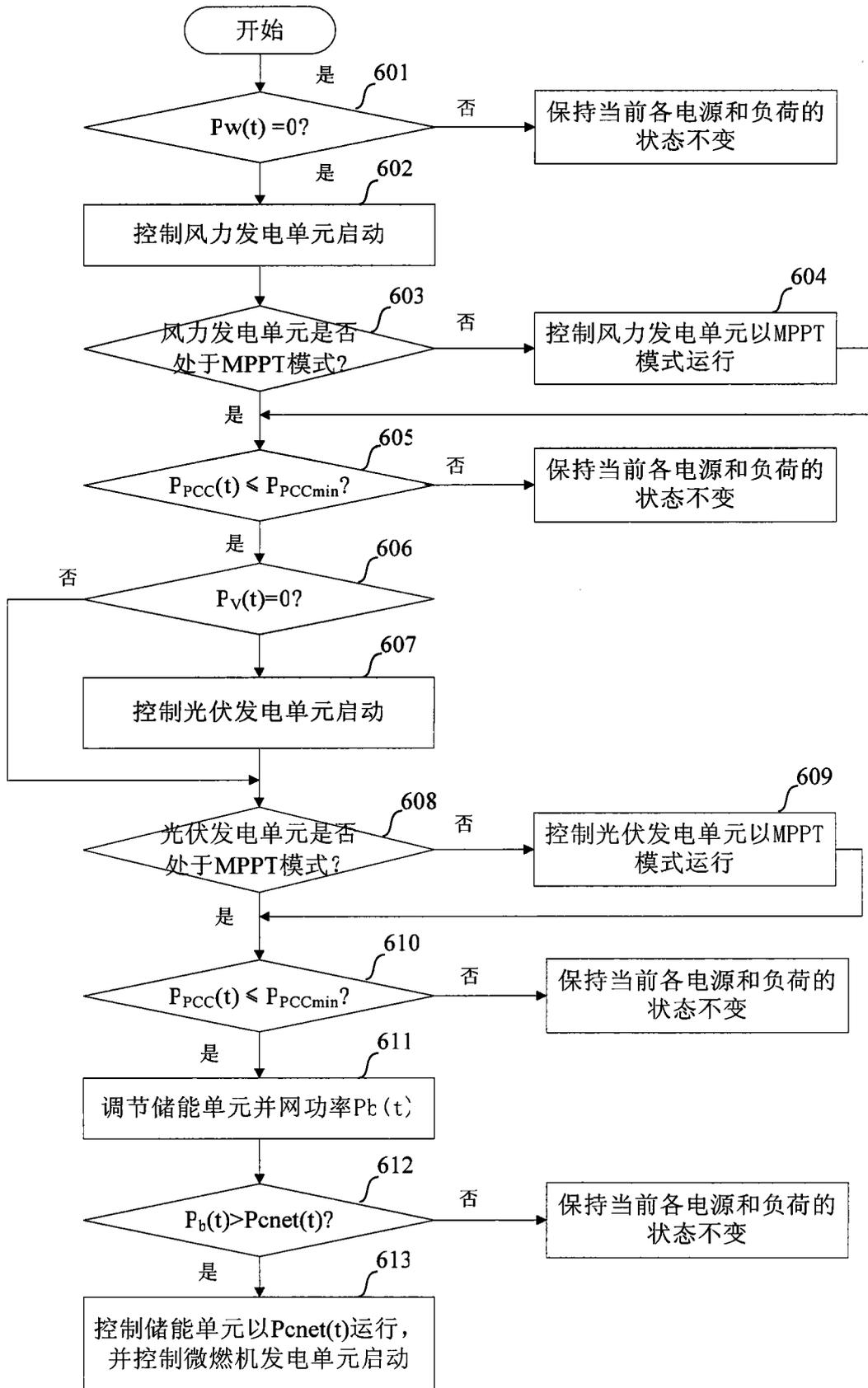


图6