

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102510089 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201110381868. 7

(22) 申请日 2011. 11. 25

(73) 专利权人 北京金风科创风电设备有限公司
地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区康定街 19 号

(72) 发明人 舒鹏 谷延辉 张连兵 李达

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286

代理人 王兆庚

(51) Int. Cl.

H02J 3/38 (2006. 01)

H02J 3/28 (2006. 01)

H02J 9/04 (2006. 01)

审查员 蔡健

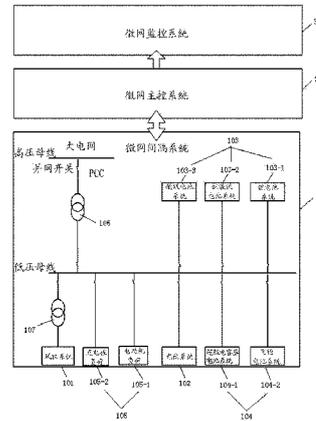
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

风光储微网系统

(57) 摘要

本发明提供一种风光储微网系统, 该风光储微网系统包括微网间隔系统、微网主控系统和微网监控系统, 微网间隔系统包括连接到低压母线的风力发电机、光伏系统、能量型储能元件和功率型储能元件; 在低压母线和大电网的高压母线之间连接有并网变压器, 并网变压器用于将风光储微网提供的电能转换为具有预定电势的电能并输送到大电网; 微网主控系统对微网间隔系统中的各个设备进行协调控制, 执行削峰填谷、功率平滑、孤岛-并网模式切换中的至少一种; 微网监控系统对微网间隔系统中的各个设备进行实时状态监控。



1. 一种风光储微网系统,包括微网间隔系统、微网主控系统和微网监控系统,其特征在于:

微网间隔系统包括连接到低压母线的风力发电机、光伏系统、能量型储能元件和功率型储能元件,在低压母线和大电网的高压母线之间连接有并网变压器,并网变压器用于将风光储微网提供的电能转换为具有预定电势的电能并输送到大电网,

微网主控系统对微网间隔系统中的各个设备进行协调控制,执行削峰填谷、功率平滑、孤岛-并网模式切换中的至少一种,

微网监控系统对微网间隔系统中的各个设备进行实时状态监控,

其中,当大电网正常运行时,风力发电机和光伏系统按照最大功率发电;微网主控系统控制能量型储能元件进行削峰填谷控制,以维持微网潮流平衡;微网主控系统控制功率型储能元件进行功率平滑控制,以提高微网内部电能质量,

其中,按照下面的方式进行功率平滑控制:

在第一预定时间段内采集风力发电机和光伏系统的多个输出功率值;

对所述多个输出功率值进行平滑滤波,获得与所述多个输出功率值一一对应的多个有功期望值;

计算所述多个输出功率值中的每个输出功率值与在所述多个有功期望值中的对应的有功期望值之差,以获得多个功率控制值;

根据功率型储能元件的极限功率来修正所述多个功率控制值,以获得多个修正功率控制值;

根据功率型储能元件的荷电状态来确定功率型储能元件是否能够被充电和/或放电;

在第二预定时间段内根据所述多个修正功率控制值和确定功率型储能元件是否能够被充电和/或放电的结果,控制功率型储能元件进行充电或放电。

2. 根据权利要求1所述的风光储微网系统,其中,微网间隔系统还包括:微网负荷单元,连接到低压母线。

3. 根据权利要求2所述的风光储微网系统,其中,在并网变压器和高压母线之间连接有并网开关,用于控制风光储微网与大电网之间的连接/断开。

4. 根据权利要求3所述的风光储微网系统,其中,当大电网正常供电时,并网开关处于闭合状态,将风光储微网与大电网连接;当大电网发生故障时,并网开关处于断开状态,断开风光储微网与大电网的连接。

5. 根据权利要求1所述的风光储微网系统,其中,按照下面的方式进行削峰填谷控制:统计微网联络线的日平均功率曲线并获得波峰参考值和波谷参考值;

基于波峰参考值和波谷参考值设置削峰阈值和填谷阈值;

如果微网处于并网运行状态,则能量型储能元件根据微网联络线的负荷功率进行削峰填谷控制,

其中,如果微网联络线的负荷功率高于削峰阈值,则高于削峰阈值的负荷功率将被能量型储能元件补偿;如果微网联络线的负荷功率低于填谷阈值,则低于填谷阈值的负荷功率将被能量型储能元件吸收。

6. 根据权利要求4所述的风光储微网系统,其中,当大电网发生故障时,能量型储能元件由微网主控系统进行并网转孤岛模式切换控制,建立低压母线电压和频率,并维持微网

潮流平衡；风力发电机和光伏系统按照最大功率发电。

7. 根据权利要求6所述的风光储微网系统,其中,按照下面的方式进行并网转孤岛模式切换控制:

断开并网开关;

断开用于将微网间隔系统内的负荷接入低压母线的的所有负荷开关;

启动能量型储能元件并使能量型储能元件以恒电压恒频率的方式运行;

当低压母线电压大于或等于预定电压时,闭合微网间隔系统的负荷开关以投入微网间隔系统内的负荷;

投入光伏系统,并使所述光伏系统工作在所述光伏系统输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式;

投入风力发电机,并使所述风力发电机工作在所述风力发电机输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

8. 根据权利要求6所述的风光储微网系统,其中,在大电网故障消失后,微网主控系统进行孤岛转并网模式切换控制,使得微网间隔系统中的各个设备重新在常态工况下运行。

9. 根据权利要求8所述的风光储微网系统,其中,按照下面的方式进行孤岛转并网模式切换控制:

停止运行微网间隔系统内的风力发电机和光伏系统;

断开所有运行的负荷的开关;

闭合并网开关;

判断低压母线电压是否大于预定电压;

如果低压母线电压大于所述预定电压,则闭合所有负荷的开关;

投入能量型储能元件,并使能量型储能元件工作在能量型储能元件输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式;

投入光伏系统,并使光伏系统工作在从光伏系统输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式;

投入风力发电机,并使风力发电机工作在从风力发电机输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

10. 根据权利要求1-9中任一项所述的风光储微网系统,其中,能量型储能元件是锂电池系统、钒液流电池系统、钠硫电池系统中的至少一种。

11. 根据权利要求1-9中任一项所述的风光储微网系统,其中,功率型储能元件是超级电容器电池系统和飞轮储能电池系统中的至少一种。

12. 根据权利要求2-4、6-9中任一项所述的风光储微网系统,其中,微网负荷单元是电动机、充电桩和照明系统中的至少一种。

风光储微网系统

技术领域

[0001] 本发明属于发电领域,涉及一种风光储微网系统。

背景技术

[0002] 随着常规能源的逐渐枯竭以及日益严重的环境污染,可再生能源以及分布式发电(Distributed Generation)技术近年来在世界范围内得到了越来越多的重视和发展。目前,分布式发电一般是指发电功率在数千瓦至 50 兆瓦的小型化、模块化、分散式、布置在用户附近为用户供电的连接到配电系统的小型发电系统。目前已有的研究和实践已表明,将分布式发电供能系统以微型电网(MicroGrid)(简称微网)的形式接入大电网并网运行,与大电网互为支撑,是发挥分布式发电供能系统的效能的最有效方式。

[0003] 作为分布式发电的重要组成形式之一,微网通常是由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷、监控系统、保护系统、电力传输设备等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。因为,微网既可以通过配电网与大型电网并联运行,形成一个大型电网与小型电网的联合运行系统,也可以独立地为当地负荷提供电力需求,其灵活运行模式大大提高了负荷侧的供电可靠性;同时,微网通过单点接入电网,可以减少大量小功率分布式电源接入电网后对传统电网的影响。此外,微网将分散的、不同类型的小型发电源(分布式电源)组合起来供电,能够使小型电源获得更高的利用效率。在大电网正常状态下,微网需要长期稳定运行;而在大电网受到干扰时,微网必须快速脱离大电网,进入并保持于孤岛运行状态,待大电网故障排除后重新自动并网运行。上述功能被概括为:削峰填谷、功率平滑、模式切换等。实现这些功能所需的控制策略,是微网技术的难点,当前正不断开发更优的控制方法和硬件组成。

[0004] 近年来,随着风力发电、太阳能光伏发电等技术的发展,使得可再生能源发电得到了越来越多的利用,将可再生能源发电与微网形式相结合的技术,是复杂度更高、应用前景更广阔的技术,成为了电力系统研究的新领域。

[0005] 目前,现有的微网系统通常由单一种类的分布式电源、负荷、电力传输设备简单组成。分布式电源通常是传统能源的电源类型,例如是以铅酸蓄电池、锂电池组为代表的能量型储能设备,也可配置具有一定容量的燃机。

[0006] 图 1 示出了现有技术的常见的微网拓扑结构。在该微网系统中,微网分布式电源通常为燃机/储能系统,接入母线 BUS1。微网负荷也接入同一母线 BUS1。母线 BUS1 一般为低压交流母线,电压在 220V ~ 35KV 之间,通过变压器与母线 BUS2 相连。母线 BUS2 一般为高压交流母线,可视为大电网,电压在 10KV ~ 220KV 之间。并网开关(例如,断路器)设置在微网和大电网之间的公共连接点(PCC)处。

[0007] 当大电网正常供电时,微网分布式电源停止发电,并网开关处于闭合状态,微网负荷完全由大电网供电;当大电网发生故障时,并网开关处于断开状态,微网分布式电源启动发电,为微网负荷供电。

[0008] 现有技术的微网拓扑结构有如下缺点:

[0009] 1、当微网分布式电源为燃机系统时，燃机基于传统发电机，通过消耗石油化工品（例如柴油等），可以在数百小时内稳定运行。由于燃机系统下电能无法储存，所以无法实现作为微网的控制功能之一的削峰填谷。由于燃机惯性较大，无法实现秒级的联络线功率平滑控制目标。

[0010] 2、当微网分布式电源为储能系统时，由于储能系统的电量有限，所以在在大电网发生故障后无法实现长时间（例如持续数十小时）的孤岛运行。

[0011] 3、现有技术无法在微网内部同时实现兆瓦级风力发电机和太阳能光伏系统的配合应用。

发明内容

[0012] 针对现有技术中存在的上述问题，本发明提供一种风光储微网系统，该风光储微网系统包括微网间隔系统、微网主控系统和微网监控系统，微网间隔系统包括连接到低压母线的风力发电机、光伏系统、能量型储能元件和功率型储能元件；在低压母线和大电网的高压母线之间连接有并网变压器，并网变压器用于将风光储微网提供的电能转换为具有预定电势的电能并输送到大电网；微网主控系统对微网间隔系统中的各个设备进行协调控制，执行削峰填谷、功率平滑、孤岛-并网模式切换中的至少一种；微网监控系统对微网间隔系统中的各个设备进行实时状态监控。

[0013] 微网间隔系统还可包括：微网负荷单元，连接到低压母线。

[0014] 在并网变压器和高压母线之间可连接有并网开关，用于控制风光储微网与大电网之间的连接/断开。

[0015] 当大电网正常供电时，并网开关处于闭合状态，将风光储微网与大电网连接；当大电网发生故障时，并网开关处于断开状态，断开风光储微网与大电网的连接。

[0016] 当大电网正常运行时，风力发电机和光伏系统按照最大功率发电；微网主控系统控制能量型储能元件进行削峰填谷控制，以维持微网潮流平衡；微网主控系统控制功率型储能元件进行功率平滑控制，以提高微网内部电能质量。

[0017] 可按照下面的方式进行削峰填谷控制：统计微网联络线的日平均功率曲线并获得波峰参考值和波谷参考值；基于波峰参考值和波谷参考值设置削峰阈值和填谷阈值；如果微网处于并网运行状态，则能量型储能元件根据微网联络线的负荷功率进行削峰填谷控制，其中，如果微网联络线的负荷功率高于削峰阈值，则高于削峰阈值的负荷功率将被能量型储能元件补偿；如果微网联络线的负荷功率低于填谷阈值，则低于填谷阈值的负荷功率将被能量型储能元件吸收。

[0018] 可按照下面的方式进行功率平滑控制：在第一预定时间段内采集风力发电机和光伏系统的多个输出功率值；对所述多个输出功率值进行平滑滤波，获得与所述多个输出功率值一一对应的多个有功期望值；计算所述多个输出功率值中的每个输出功率值与在所述多个有功期望值中的对应的有功期望值之差，以获得多个功率控制值；根据功率型储能元件的极限功率来修正所述多个功率控制值，以获得多个修正功率控制值；根据功率型储能元件的荷电状态来确定功率型储能元件是否能够被充电和/或放电；在第二预定时间段内根据所述多个修正功率控制值和确定功率型储能元件是否能够被充电和/或放电的结果，控制功率型储能元件进行充电或放电。

[0019] 当大电网发生故障时,能量型储能元件由微网主控系统进行并网转孤岛模式切换控制,建立低压母线电压和频率,并维持微网潮流平衡;风力发电机和光伏系统按照最大功率发电。

[0020] 可按照下面的方式进行并网转孤岛模式切换控制:断开并网开关;断开用于将微网间隔系统内的负荷接入低压母线的的所有负荷开关;启动能量型储能元件并使能量型储能元件以恒电压恒频率的方式运行;当低压母线电压大于或等于预定电压时,闭合微网间隔系统的负荷开关以投入微网间隔系统内的负荷;投入光伏系统,并使所述光伏系统工作在所述光伏系统输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式;投入风力发电机,并使所述风力发电机工作在所述风力发电机输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

[0021] 在大电网故障消失后,微网主控系统进行孤岛转并网模式切换控制,使得微网间隔系统中的各个设备重新在常态工况下运行。

[0022] 可按照下面的方式进行孤岛转并网模式切换控制:停止运行微网间隔系统内的风力发电机和光伏系统;断开所有运行的负荷的开关;闭合并网开关;判断低压母线电压是否大于预定电压;如果低压母线电压大于所述预定电压,则闭合所有负荷的开关;投入能量型储能元件,并使能量型储能元件工作在能量型储能元件输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式;投入光伏系统,并使光伏系统工作在从光伏系统输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式;投入风力发电机,并使风力发电机工作在从风力发电机输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

[0023] 能量型储能元件可以是锂电池系统、钒液流电池系统、钠硫电池系统中的至少一种。

[0024] 功率型储能元件可以是超级电容器电池系统和飞轮储能电池系统中的至少一种。

[0025] 微网负荷单元可以是电动机、充电桩和照明系统中的至少一种。

附图说明

[0026] 通过结合附图,从下面的实施例的描述中,本发明这些和/或其它方面及优点将会变得清楚,并且更易于理解,其中:

[0027] 图 1 示出了现有技术的常见的微网拓扑结构;

[0028] 图 2 是根据本发明示例性实施例的风光储微网系统的结构框图。

具体实施方式

[0029] 下面参照附图来详细描述根据本发明示例性实施例的风光储微网系统。

[0030] 图 2 是根据本发明示例性实施例的风光储微网系统的结构框图。这里,风光储微网系统能够存储由风能和/或光能(太阳能)转换的能量。

[0031] 参照图 2,风光储微网系统包括微网间隔系统 1、微网主控系统 2、微网监控系统 3。

[0032] 微网间隔系统 1 包括风力发电机 101、光伏系统 102、能量型储能元件 103、功率型储能元件 104。风力发电机 101、光伏系统 102、能量型储能元件 103、功率型储能元件 104 均连接到低压母线。

[0033] 微网间隔系统 1 还可包括微网负荷单元 105, 微网负荷单元 105 也连接到低压母线。微网负荷单元 105 可以是电动机 105-1、充电桩 105-2 和照明系统 (未示出) 中的至少一种。应该理解, 本发明不限于此, 微网负荷单元也可以是其它任何消耗电能和设备。

[0034] 风力发电机 101 可以是 2.5 兆瓦永磁直驱式风力发电机, 利用风能发电。光伏系统 102 可以是 0.5 兆瓦太阳能光伏系统, 利用太阳能发电。风力发电机 101 和光伏系统 102 产生的能量可提供给负荷单元 105 以向其供电, 或者可通过低压母线存储在能量型储能元件 103 和 / 或功率型储能元件 104 中以进行削峰填谷、功率平滑等控制。

[0035] 能量型储能元件 103 可以是锂电池系统 103-1、钒液流电池系统 103-2、钠硫电池系统 103-3 中的至少一种。功率型储能元件 104 可以是超级电容器电池系统 104-1 和飞轮储能电池系统 104-2 中的至少一种。

[0036] 微网间隔系统 1 还包括并网变压器 106, 连接在低压母线和大电网的高压母线之间, 用于将风光储微网提供的电能转换为具有预定电势的电能并输送到大电网, 实现风光储微网系统与大电网的并网。可根据实际需要来设置高压母线和低压母线的电压等级, 例如, 高压母线可以是 10KV 等级, 低压母线可以是 400V 等级。

[0037] 在并网变压器 106 和高压母线之间还连接有并网开关 (例如, 可以是断路器), 用于控制风光储微网与大电网之间的连接 / 断开。并网开关可设置在并网变压器 106 和高压母线之间的公共连接点 (PCC) 处。当大电网正常供电时, 风光储微网 (主要是风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102) 可以停止发电也可以进行发电, 并网开关处于闭合状态, 将风光储微网与大电网连接, 微网负荷单元 105 可由大电网供电, 或者也可由风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102 供电; 当大电网发生故障时, 并网开关处于断开状态, 断开风光储微网与大电网的连接, 风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102 为微网负荷单元 105 供电。

[0038] 另外, 在风力发电机 101 和低压母线之间还连接有风机变压器 107, 用于将风力发电机 101 提供的电能转换为具有预定电势的电能, 以适合于负荷单元 105。

[0039] 低压母线可以是低压交流母线或低压直流母线。在低压直流母线的情况下, 需要在并网变压器 106 和低压直流母线之间连接全功率换流器。高压母线可以是高压交流母线。

[0040] 微网主控系统 2 可基于嵌入式设计, 接收微网间隔系统 1 中的各个设备的信号, 对微网间隔系统 1 中的各个设备执行削峰填谷、功率平滑、孤岛 - 并网模式切换中的至少一种, 是风光储微网系统的核心控制中心。微网主控系统 2 还可同时接收来自大电网的信号。

[0041] 微网监控系统 3 对微网间隔系统 1 中的各个设备进行实时状态监控, 并进行数据记录。微网监控系统 3 可将微网间隔系统 1 中的各个设备实时状态提供给微网主控系统 2, 便于微网监控系统 3 对微网间隔系统 1 中的各个设备进行协调控制。

[0042] 下面将描述风光储微网系统的控制操作。

[0043] 当大电网正常运行时, 微网间隔系统 1 中的各个设备都投入运行。具体地, 风力发电机 101 和光伏系统 102 可按照最大功率发电。能量型储能元件 103 存储由风力发电机 101 和光伏系统 102 产生的电能, 并且微网主控系统 2 控制能量型储能元件 103 进行削峰填谷控制, 以维持微网潮流平衡。功率型储能元件 104 存储由风力发电机 101 和光伏系统 102 产生的电能, 并且微网主控系统 2 控制功率型储能元件 104 进行功率平滑控制, 以提高微网内部电能质量。

[0044] 微网负荷单元 105 可由大电网供电,或者也可由风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102 供电,这可取决于微网负荷单元 105 的负荷量。即,当风力发电机 101 和光伏系统 102 提供的电能能够满足微网负荷单元 105 的负荷量时,微网负荷单元 105 可由风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102 供电;当微网负荷单元 105 的负荷量增加,风力发电机 101 和光伏系统 102 提供的电能不能满足微网负荷单元 105 的负荷量时,微网负荷单元 105 可由大电网供电。风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102 产生的未被微网负荷单元 105 消耗的电能可存储在能量型储能元件 103 和 / 或功率型储能元件 104 中,以进行削峰填谷、功率平滑等控制。

[0045] 当大电网发生故障时,微网主控系统 2 进行模式切换控制。具体地,连接在并网变压器 106 和高压母线之间的并网开关断开,从而断开大电网和风光储微网系统之间的连接;能量型储能元件 103 由微网主控系统 2 进行并网转孤岛模式切换控制,建立低压母线电压和频率(在建立低压母线电压和频率之后,可参照该低压母线电压和频率对其他设备进行控制),并维持微网潮流平衡;风力发电机 101 和光伏系统 102 按照最大功率发电;微网负荷单元 105 可由风力发电机 101 和 / 或光伏系统 102 供电。在大电网故障消失后,微网主控系统 2 进行孤岛转并网模式切换控制,使得微网间隔系统 1 中的各个设备重新在常态工况下运行。

[0046] 下面将对削峰填谷控制、功率平滑控制、并网转孤岛模式切换控制、孤岛转并网模式切换控制的具体方式进行详细描述。

[0047] 削峰填谷控制

[0048] 微网通过并网变压器 106 和并网开关接入高压母线,实现与大电网的并网。微网联络线一般定义为微网和大电网之间的线路。在微网联络线的选择中,与微网和大电网连接的高压侧并网开关的位置(如图 1 所示的 PCC 处),为微网联络线功率的采集点。PCC 点可认为是微网联络线的采集点。由于微网的日均负荷曲线呈现了一定的波动,因此可通过调节风力发电机 101 和光伏系统 102 的出力,抵消曲线中的高峰段和低谷段,控制该 PCC 点的功率,使之约等于指定功率值。

[0049] 微网中存在分布式电源(即,风力发电机 101 和光伏系统 102),它们的输出功率具有很高的随机性,例如风力发电受到了间歇性风力的影响,光伏发电受到昼夜、光照强度的影响。微网负荷基本体现出白昼负荷高,夜间负荷低的规律。分布式电源的输出功率相互叠加,导致微网联络线的功率曲线更加具有随机性,波动频繁。

[0050] 削峰填谷控制的具体方式如下:统计微网联络线的日平均功率曲线并获得波峰参考值和波谷参考值;基于波峰参考值和波谷参考值设置削峰阈值和填谷阈值;通过微网联络线和微网低压母线电压监测判断微网是否处于并网运行状态,如果微网处于并网运行状态,则能量型储能元件 103 根据微网联络线的负荷功率进行削峰填谷控制。

[0051] 这里,如果微网联络线的负荷功率高于削峰阈值,则高于该削峰阈值的负荷功率将被能量型储能元件 103 补偿(执行削峰控制,使能量型储能元件 103 输出功率,进入放电状态,补偿高于削峰阈值的负荷功率,降低联络线上的功率消耗);如果微网联络线的负荷功率低于填谷阈值,则低于填谷阈值的负荷功率将被能量型储能元件 103 吸收(执行填谷控制,使能量型储能元件 103 吸收功率,进入充电状态,吸收低于填谷阈值的负荷功率)。这里,需要设计适合微网的削峰触发源和填谷触发源,所述削峰触发源用于触发能量型储能元件 103 对高于该削峰阈值的负荷功率进行补偿,而填谷触发源用于触发

能量型储能元件 103 吸收低于填谷门槛值的负荷功率。其中,所述削峰触发源和填谷触发源可被设计为基于时间的触发或基于功率的触发,也可设计为考虑了时间和功率的复合触发。

[0052] 功率平滑控制

[0053] 风力发电机 101 和光伏系统 102 是输出功率曲线波动剧烈的电源。为了消除风力发电机 101 和光伏系统 102 的功率波动,可采用滤波电路来滤除风力发电机 101 和光伏系统 102 的功率曲线的短期突变量。

[0054] 功率平滑控制的具体方式包括如下步骤:

[0055] 步骤 1:在预定时间段 T1 内以预定频率采集风力发电机 101 和光伏系统 102 的多个输出功率值 P1(该预定频率可被理解为恒定频率或变化的频率)。

[0056] 步骤 2:对采集的多个输出功率值进行平滑滤波,获得与所述多个输出功率值一一对应的多个有功期望值 P2。

[0057] 步骤 3:计算所述多个输出功率值中的每个输出功率值与对应的有功期望值之差,以获得多个功率控制值 P3。

[0058] 步骤 4:根据功率型储能元件 104 的极限功率来修正所述多个功率控制值 P3,获得多个修正功率控制值 P4。

[0059] 具体地说,当功率控制值 P3 大于最大充电功率值(为正值)时,将该功率控制值修正为所述最大充电功率值;当功率控制值 P3 小于最大放电功率值(为负值)时,将该功率控制值修正为所述最大放电功率值;在其他情况下,功率控制值 P3 不变。

[0060] 当修正功率控制值 P4 为正值时,表示对功率型储能元件 104 进行充电,并且充电功率为该功率控制值。当修正功率控制值 P4 为负值时,表示对功率型储能元件 104 进行放电,并且放电功率为该功率控制值。当修正功率控制值 P4 为零时,对功率型储能元件 104 既不充电也不放电。

[0061] 步骤 5:根据功率型储能元件 104 的荷电状态(SOC)来确定功率型储能元件 104 开放了充电态和放电态中的哪些状态。

[0062] 充电态表示能够对功率型储能元件 104 进行充电。放电态表示能够对功率型储能元件 104 进行放电。

[0063] 当功率型储能元件 104 的荷电状态大于第一阈值时,表示功率型储能元件 104 仅开放了放电态,只能够进行放电。

[0064] 当功率型储能元件 104 的荷电状态小于第二阈值时,表示功率型储能元件 104 仅开放了充电态,只能够进行充电。

[0065] 当功率型储能元件 104 的荷电状态小于等于第一阈值并且大于等于第二阈值时,表示功率型储能元件 104 开放了充电态和放电态,能够进行充电和放电。

[0066] 应该理解,第一阈值大于第二阈值。

[0067] 步骤 6:在预定时间段 T1 之后的下一预定时间段 T2 内,按照所述多个修正功率控制值 P4 的时序,根据所述多个修正功率控制值 P4 和确定的状态,控制功率型储能元件 104 进行充电或放电。

[0068] 根据前面对功率控制值和状态的描述可知:在功率型储能元件 104 开放了充电态,并且修正功率控制值 P4 大于零时,控制功率型储能元件 104 进行充电,并且控制功率

型储能元件 104 的输入功率为所述修正功率控制值 P4 ;在功率型储能元件 104 开放了放电态,并且修正功率控制值 P4 小于零时,控制功率型储能元件 104 进行放电,并且控制功率型储能元件 104 的输出功率为所述修正功率控制值 P4。

[0069] 应该理解,每个修正功率控制值 P4 的时序即为与之对应的在步骤 1 采集的输出功率值 P1 的时序。此外,还应理解,在根据一个修正功率控制值 P4 控制功率型储能元件 104 进行放电或充电时,在达到下一个修正功率控制值 P4 的时序之前,放电或充电功率保持不变。

[0070] 当需要在多个预定时间段内进行输出功率控制时,当在所述下一预定时间段 T2 内执行步骤 6 的同时,可同时在所述下一预定时间段 T2 内执行步骤 1,从而在预定时间段 T2 之后的下一预定时间段 T3 控制功率型储能元件 104 进行充放电。这样,针对每个预定时间段重复执行步骤 1-6 来对输出功率进行平滑控制。

[0071] 此外,可能存在需要以预定时长(也可称为评估周期,例如,0.5 分钟到 5 分钟)为周期来对风力发电机 101 和光伏系统 102 的输出功率进行平滑(即,以所述预定时长为单位,抑制风力发电机 101 和光伏系统 102 的输出功率的突变)的情况,此时上述预定时间段(也可称为控制周期)的长度应小于所述预定时长的二分之一。

[0072] 根据上述功率平滑控制方法,尽管输出功率的控制有一定的滞后性,但控制周期仅是评估周期中的一个部分(例如,在两个相邻的控制周期内的输出功率都处于上升突变),因此在整体上仍然可以实现功率的有效平滑。

[0073] 优选地,评估周期的长度为控制周期的长度的整数倍。

[0074] 由于根据功率型储能元件 104 的荷电状态而主动开放充电态和放电态,在充电态下只能吸收功率,在放电态下只能发出功率,因此使功率型储能元件 104 工作于性能更佳的区间,而且不会频繁的在充放电之间切换,从而延长了储能元件的寿命。例如,在对含有 200kW×10s 的超级电容器与 500kW 太阳能光伏发电的风光储微网系统中测试中,当控制周期为 1 秒,评估周期为 60 秒时,最大延长了超级电容器寿命 30 倍。

[0075] 并网转孤岛模式切换控制

[0076] 当大电网发生故障时,微网主控系统 2 需要进行并网转孤岛模式切换控制。

[0077] 并网转孤岛模式切换控制的具体方式包括如下步骤:

[0078] 步骤 1:断开并网开关。

[0079] 步骤 2:断开用于将微网间隔系统内的负荷接入微网低压母线的的所有负荷开关。

[0080] 步骤 3:选择能量型储能元件 103 作为主分布式电源。可根据主分布式电源的荷电状态是否大于预定阈值来确定主分布式电源是否可以工作。例如(但不限于),所述预定阈值可以是 80%。如果主分布式电源的荷电状态大于或等于预定阈值,则该主分布式电源可以工作以建立微网的电压和频率;如果主分布式电源的荷电状态小于预定阈值,则确定该主分布式电源不可以工作。

[0081] 步骤 4,启动能量型储能元件 103 并控制其以恒电压恒频率的方式运行。

[0082] 步骤 5,判断微网的低压母线电压是否大于预定电压以判断微网低压母线电压是否恢复。

[0083] 步骤 6:当判断出微网母线电压恢复时,闭合微网间隔系统的负荷开关,以投入微网间隔系统内的负荷。如果低压母线电压小于预定电压,则终止从并网模式到孤岛模式的

切换。

[0084] 步骤 7:投入光伏系统,并使所述光伏系统工作在所述光伏系统输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式(称为 PQ 控制模式);

[0085] 步骤 8:投入风力发电机,并使所述风力发电机工作在所述风力发电机输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

[0086] 另外,需要注意的是,在整个从并网模式到孤岛模式的模式切换过程中,设计有适当的延时机制以确保暂态的冲击电流最小以及元件之间的环流影响最小。

[0087] 根据本发明的另一示例性实施例,在检测到大电网故障时,立刻停止微网间隔系统内部一切正在运行的设备,断开并网开关,待确认大电网无法继续供电后,从步骤 3 开始操作。

[0088] 另外,当判断出大电网还可以继续供电时,需要分阶段闭合并网开关、投入微网负荷以及光伏系统 102 和风力发电机 101。

[0089] 孤岛转并网模式切换控制

[0090] 微网在孤岛运行时,实时监测大电网的供电线路的电压恢复情况,当判断出大电网故障已经消失,电压恢复稳定一段时间后,将启动孤岛转并网模式切换控制,将按顺序停止运行微网设备,闭合并网开关,再按顺序将微网设备并入到大电网。在此过程中如果发生意外,则启用模式切换安全终止机制,将各设备安全隔离。其中,微网从孤岛模式切换到并网模式的依据是检测到大电网恢复正常供电。此时,微网内的风力发电机 101 和光伏系统 102 首先停止运行而导致微网失压,负荷短时断电,其它分布式电源(能量型储能元件 103 和功率型储能元件 104)在检测到微网并网点失压后停止运行。然后闭合微网并网开关,负荷恢复供电,经过一定时间间隔后,微网内的所有分布式电源重新并网。

[0091] 孤岛转并网模式切换控制的具体方式包括如下步骤:

[0092] 步骤 1:在检测到大电网恢复正常后,停止运行微网间隔系统内的风力发电机 101 和光伏系统 102。

[0093] 步骤 2:断开所有运行的负荷的开关。

[0094] 步骤 3:闭合并网开关。

[0095] 步骤 4:判断微网的低压母线电压是否大于预定电压。

[0096] 步骤 5:如果微网的母线电压大于所述预定电压,则闭合所有负荷的开关。如果低压母线电压小于等于预定电压,则终止从孤岛模式到并网模式的切换。

[0097] 步骤 6:投入能量型储能元件 103,并使能量型储能元件 103 工作在能量型储能元件 103 输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

[0098] 步骤 7:投入光伏系统 102,并使光伏系统 102 工作在从光伏系统 102 输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

[0099] 步骤 8:投入风力发电机 101,并使风力发电机 101 工作在从风力发电机 101 输出的有功功率和无功功率分别等于各自的参考功率的控制模式。

[0100] 根据本发明的另一示例性实施例,在检测到大电网故障消除并且大电网的供电线路电压稳定后,停止微网间隔系统内所有正在运行的设备,断开并网开关,同时手动或自动投入并网开关、微网负荷、微网分布式电源(即,风力发电机 101 和光伏系统 102)。

[0101] 通过采用根据本发明的风光储微网系统及其相关控制操作,可实现以下技术效

果。

[0102] 1、同时利用了风力发电和光伏（太阳能）发电，增加了可再生能源的利用方式，并且提高了可再生能源的利用率，无须刻意限制风力发电和光伏（太阳能）的发电能力，剩余电能可储存入储能元件中。

[0103] 2、风光储微网系统配置了多种能量型储能元件和功率型储能元件，涵盖了现有的主流储能元件和前沿性储能元件，可实现多储能元件之间的相互配合，发展了储能和可再生能源发电相结合的技术，提高了可再生能源发电并网的友好性，例如潮流稳定控制、无功功率平衡、继电保护配合等。

[0104] 3、在微网负荷单元的供电可靠性上有显著提高，在大电网发生故障时，可保障长时间的孤岛运行，微网负荷单元不断电。

[0105] 4、在微网负荷单元的供电电能质量上有显著提高，动态进行低压母线的电压稳定，降低微网谐波含量。

[0106] 5、实现风力发电和光伏发电协调互补控制，可削减日负荷曲线的峰谷差，平滑可再生能源的输出波形。

[0107] 虽然本发明是参照其示例性的实施例被具体描述和显示的，但是本领域的普通技术人员应该理解，在不脱离由权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下，可以对其进行形式和细节的各种改变。

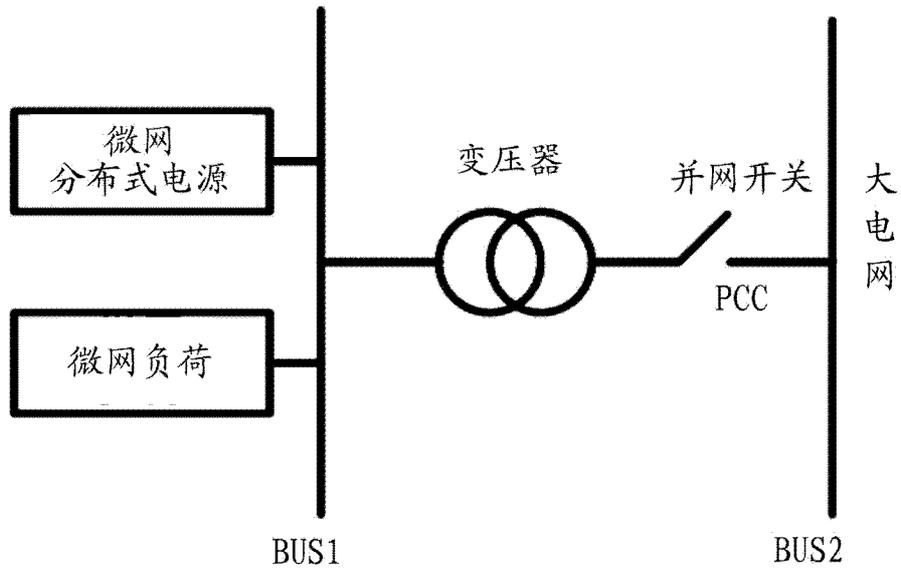


图 1

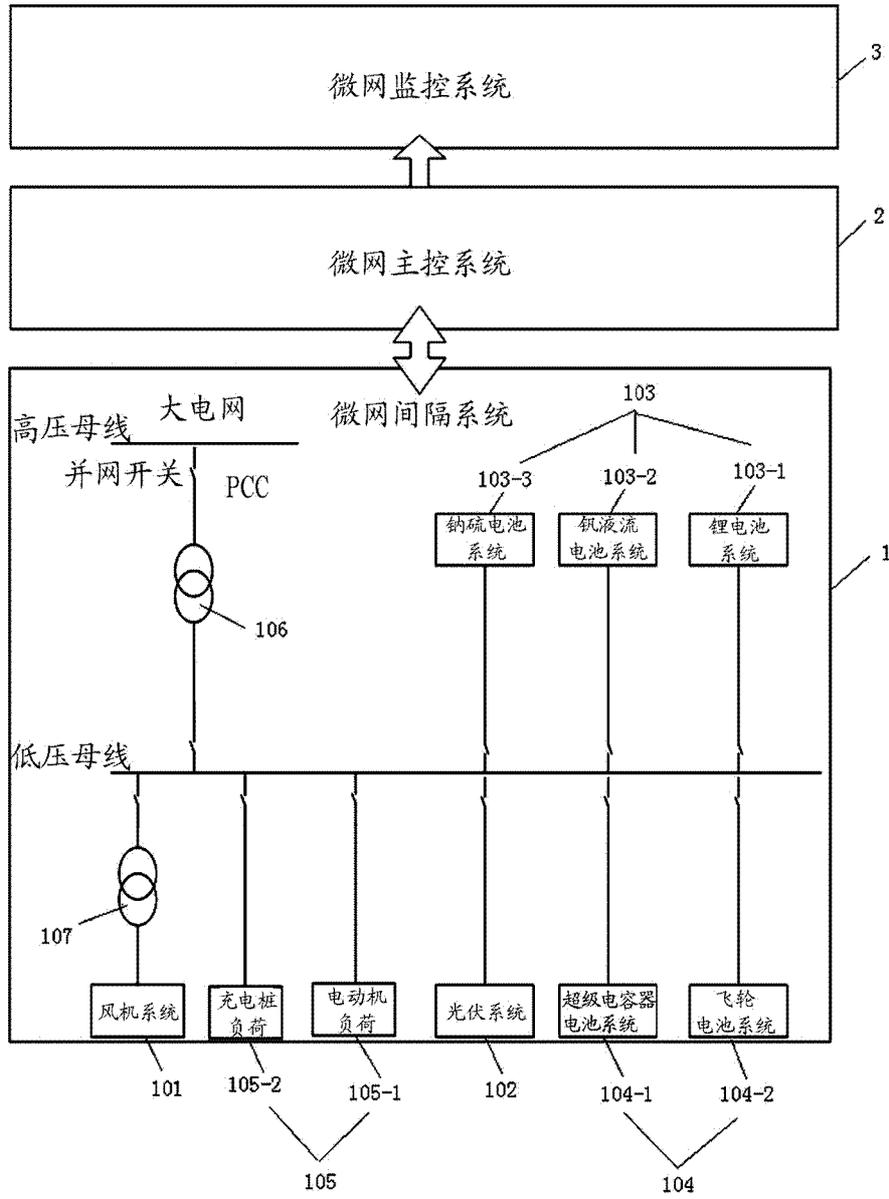


图 2