



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102163849 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201110059831. 2

CN 101917014 A, 2010. 12. 15, 说明书第 8-19 段以及图 1-2.

(22) 申请日 2011. 03. 11

Katsuhisa Yoshimoto, et al.. New Control Method for Regulating State-of-Charge of a Battery in Hybrid Wind Power/Battery Energy Storage System. 《Power Systems Conference and Exposition》. 2006, 1246-1247.

(73) 专利权人 中国电力科学研究院
地址 100192 北京市海淀区清河小营东路 15 号

专利权人 国家电网公司

(72) 发明人 李相俊 惠东 闫涛 来小康

审查员 常晓

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02J 3/32 (2006. 01)

H02J 3/38 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101976845 A, 2011. 02. 16, 全文.

CN 101917023 A, 2010. 12. 15, 全文.

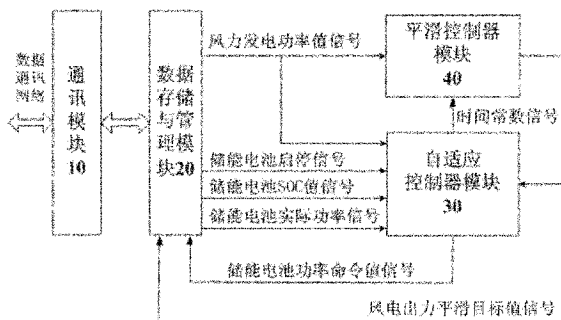
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法,该方法包括以下步骤:A、读取数据;B、基于平滑控制器模块对风电出力进行滤波,计算出风电出力平滑目标值;C、基于自适应控制器模块实时调节步骤B中的所述的平滑控制器模块的时间常数及储能电池功率命令值;D:将步骤B计算出的风电出力平滑目标值及步骤C计算出的储能电池功率命令值的数据输出;本发明通过工控机和通信平台,完成对风电出力平滑、储能电池的SOC在线监控、滤波器时间常数自适应修正、储能电池功率值及风电平滑目标功率值自适应修正等功能,从而实现了上风储混合发电系统中风电平滑效果及储能电池管理的便捷、有效的控制。



1. 基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法,其特征在于,所述方法包括下述步骤:

A、读取数据;

B、基于平滑控制器模块对风电出力进行滤波,计算出风电出力平滑目标值;

C、基于自适应控制器模块实时调节步骤B中的所述的平滑控制器模块的时间常数及储能电池功率命令值;

D、将步骤B计算出的风电出力平滑目标值及步骤C计算出的时间常数及储能电池功率命令值的数据输出;

所述步骤A中,所述读取数据是读取风力发电机及储能电池运行的相关数据;

所述步骤B中,根据通讯模块读取的风电出力值,首先确定风电出力一阶滤波器的初始值,即通过实时监测储能电池并网运行时风力发电机的运行状态及出力,实时更新所述风电出力一阶滤波器的初始值;然后,基于所述风电出力一阶滤波器的初始值和由自适应控制器模块输出的时间常数值作为判断依据,对风电出力信号进行变时间常数的一阶滤波,从而计算出风电出力平滑目标值;

所述步骤C中,将步骤B中计算出的风电出力平滑目标值和风电出力实际值做差,并将此差值作为储能电池功率命令值;将储能电池SOC值作为自适应控制器模块的反馈输入量,反馈到所述自适应控制器模块的输入端,并结合储能电池实际功率值,储能电池启停信号及风电出力平滑目标值,调节储能电池功率命令值;

所述步骤D中,将步骤C计算出的储能电池功率命令值及步骤B计算出的风电出力平滑目标值发送给通过通讯模块输出的外部系统,以执行对储能电池的功率控制,实现对风电出力的平滑功能。

2. 如权利要求1所述的基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法,其特征在于,所述步骤B中,用于风电出力平滑控制器模块的时间常数是基于步骤C中的自适应控制器实时给定的最优值及时更新的。

3. 如权利要求1所述的基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法,其特征在于:当判断出储能电池处于过充电或过放电状态时,自适应控制器模块将基于下列式

子实时修正所述储能电池功率命令值: $\Delta P_{BESS} = A\gamma P_{BESS}^{Target}$,其中:A:自适应控制器输出的

目标功率值修正系数; γ :基于荷电状态反馈值的自适应控制器修正系数; P_{BESS}^{Target} :一阶滤波后的储能电池功率目标值。

4. 如权利要求1所述的基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法,其特征在于,结合储能电池荷电状态,储能电池实际功率值,储能电池启停信号及风电出力平滑目标值输入信号,所述自适应控制器模块及时确定当前的最优滤波时间常数,并发送给所述平滑控制器模块。

基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风电出力输出平滑及电池储能系统的监控方法,具体讲涉及一种适用于风/储混合发电系统的基于电池荷电状态(State Of Charge, SOC)反馈的风电出力平滑方法,尤其涉及基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法。

背景技术

[0002] 由于风能的不确定性和不稳定性等特点,风电产生功率的瞬时上升或跌落将造成输出功率不平稳,使得风电并网功率随之不断波动。而且,随着风力发电在电网中所占比例不断增加,风电输出功率的平滑控制越来越受到关注。

[0003] 随着电池及其集成技术的不断发展,应用储能电池系统去平滑风电输出逐渐成为了一种可行方案。通过合理控制连接在储能设备上的双向变流器,高效实现储能系统的充放电,能在很大程度上解决由于风电随机性、间歇性及波动性等带来的风电输出功率不稳定问题,以满足风力发电的平滑输出要求,并有效解决由于风电波动给电网频率波动带来的电能质量等问题。风/储混合发电系统本质上是一种多能源系统,如何协调各个电源系统的工作,是混合发电系统研发上一个关键问题。从电池的角度来说,过度的充电和过度的放电都会对电池的寿命造成影响。因此,监控好电池荷电状态,并将电池的荷电状态控制在一定范围内是必要的。而且,在风/储混合发电系统中,如果没有合理有效的控制策略去监控储能电池的剩余电量,则会增加不必要的电池容量和使用成本。

[0004] 储能电池可根据风电输出功率的平滑要求和储能电池剩余容量 SOC,对风电输出功率进行波动平滑。因此,有必要开展风/储混合发电系统的研究并提出相关控制方法。

发明内容

[0005] 针对上述问题,本发明的目的在于提供一种在实际工程应用上易于实现和掌握的风电出力在线平滑方法,可以满足风储混合发电系统的风电出力平滑及电池 SOC 实时监控的要求。

[0006] 本发明的目的是用下述技术方案实现的:

[0007] 基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法,其改进之处在于,所述方法包括下述步骤:

[0008] A、读取数据;

[0009] B、基于平滑控制器模块对风电出力进行滤波,计算出风电出力平滑目标值;

[0010] C、基于自适应控制器模块实时调节步骤 B 中的所述的平滑控制器模块的时间常数及储能电池功率命令值;

[0011] D、将步骤 B 计算出的风电出力平滑目标值及步骤 C 计算出的时间常数及储能电池功率命令值的数据输出。

[0012] 本发明提供的一种优选的技术方案是:所述步骤 A 中,所述读取数据是读取风力发电机及储能电池运行的相关数据。

[0013] 本发明提供的第二优选的技术方案是：所述步骤 B 中，根据通讯模块读取的风电出力值，首先确定风电出力一阶滤波器的初始值，即通过实时监测储能电池并网运行时风力发电机的运行状态及出力，实时更新所述风电出力一阶滤波器的初始值；然后，基于所述风电出力一阶滤波器的初始值和由自适应控制器模块输出的时间常数值作为判断依据，对风电出力信号进行变时间常数的一阶滤波，从而计算出风电出力平滑目标值。

[0014] 本发明提供的第三优选的技术方案是：所述步骤 C 中，将步骤 B 中计算出的风电出力平滑目标值和风电出力实际值做差，并将此差值作为储能电池功率命令值；将储能电池 SOC 值作为自适应控制器模块的反馈输入量，反馈到所述自适应控制器模块的输入端，并结合储能电池实际功率值，储能电池启停信号及风电出力平滑目标值，调节储能电池功率命令值。

[0015] 本发明提供的第四优选的技术方案是：所述步骤 D 中，将步骤 C 计算出的储能电池功率命令值及步骤 B 计算出的风电出力平滑目标值发送给通过通讯模块输出的外部系统，以执行对储能电池的功率控制，实现对风电出力的平滑功能。

[0016] 本发明提供的第五优选的技术方案是：所述步骤 B 中，用于风电出力平滑控制器模块的时间常数是基于步骤 C 中的自适应控制器实时给定的最优值及时更新的。

[0017] 本发明提供的第六优选的技术方案是：当判断出储能电池处于过充电或过放电状态时，自适应控制器模块将基于下列式子实时修正所述储能电池功率命令值：

$$\Delta P_{BESS} = \Delta \gamma P_{BESS}^{target}$$

[0018] 本发明提供的第七优选的技术方案是：结合储能电池荷电状态，储能电池实际功率值，储能电池启停信号及风电出力平滑目标值输入信号，所述自适应控制器模块及时确定当前的最优滤波时间常数，并发送给所述平滑控制器模块。

[0019] 与现有技术相比，本发明达到的有益效果是：

[0020] 本发明提供了基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法，该方法主要是结合 SOC 反馈值以及变时间常数的一阶滤波法，并基于自适应控制器模块对储能电池的 SOC 值及风电平滑功率进行在线监控和修正；本发明提供的基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法具有在线平滑风电出力，在线实时监控储能电池 SOC 值等功能，从而实现了平滑风电出力的同时，也实现了与风电联合并网发电用储能电池管理的便捷、有效的控制。

附图说明

[0021] 图 1 是风储混合发电系统示意图；

[0022] 图 2 是本发明风电出力平滑法的实施框图；

[0023] 图 3 是本发明提供的风电出力曲线；

[0024] 图 4 是某 200kW 储能电池系统实测结果；

[0025] 图 5 是储能电池系统的 SOC 变化曲线。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0027] 图 1 是风储混合发电系统示意图；风储混合发电系统包括风力发电系统、电池储能系统、双向变流器和电网；风力发电系统分别和双向变流器与电网连接；电池储能系统与双向变流器连接。

[0028] 图 2 是本发明风电出力平滑法的实施框图，如图 2 所示，本发明是通过设置在工控机中的通讯模块 10、数据存储与管理模块 20、平滑控制器模块 30 及自适应控制器模块 40 实现的。通讯模块 10 负责接收风电及储能电池相关运行数据，以及向监控平台发送风电出力平滑目标值和储能单元的功率命令值，监控平台设置在通讯模块左侧，与通讯模块连接，实现监测和控制通讯模块的作用。

[0029] 数据存储与管理模块 20 用于存储和管理风力发电相关数据及储能电池运行时的实时数据和历史数据；而且负责将计算出的风电出力平滑目标值及储能电池功率命令值按事先设定的协议赋值给相关接口变量，供电池储能系统监控平台调用。

[0030] 平滑控制器模块 30 包括可变时间常数的一阶滤波器；该平滑控制器基于实时的实际风电功率值以及自适应控制器模块中确定的滤波时间常数值，实时确定风电出力的平滑值。

[0031] 自适应控制器模块 40 用于在线修正储能系统的功率命令值以及平滑控制器模块 30 的一阶滤波时间常数。

[0032] 本发明提供的基于储能电池荷电状态反馈的风电出力自适应平滑方法，该方法包括下述步骤：

[0033] 步骤一：读取风力发电机及储能系统运行的相关数据；

[0034] 步骤二：首先，根据通讯模块读取的风电出力值，实时监测风电出力变化，及时完成对风电出力一阶滤波初始值的计算功能；通过实时监测储能系统并网运行时风力发电机的运行状态及出力，及时计算风电出力一阶滤波初始值，以避免由于一阶滤波初始值选取不当而导致储能系统功率补偿不合理，使储能电池充放电深度过大；然后，基于此风电出力一阶滤波初始值和由自适应控制器模块输出的时间常数值作为判断依据，计算出风电出力平滑目标值，实现对风电出力信号的变时间常数的一阶滤波功能；

[0035] 步骤三：将步骤二中计算出的风电出力平滑目标值和风电出力实际值做差值，并将此差值作为储能系统的储能电池功率命令值，同时将 SOC 值作为平滑控制器的反馈输入量，反馈到平滑控制器模块的输入端，并结合储能电池实际功率值，储能电池启停信号及风电出力平滑目标值等，调节储能电池功率命令值；

[0036] 步骤四：将步骤三计算出的储能电池功率命令值及步骤二计算出的风电出力平滑目标值发送给监控平台，以执行对储能电池的功率控制，实现对风电出力的平滑功能。

[0037] 当判断出储能电池处于过充电或过放电状态时，自适应控制器将基于下式实时修正储能电池功率命令值。

$$[0038] \quad \Delta P_{BESS} = A\gamma P_{BESS}^{Target}$$

[0039] 式中，

[0040] A 自适应控制器输出的目标功率值修正系数；

[0041] γ 基于荷电状态反馈值的自适应控制器修正系数；

[0042] P_{BESS}^{Target} 一阶滤波后的储能电池功率目标值。

[0043] 在步骤三中,所述储能电池功率命令值的计算公式为:

$$[0044] \quad P_{BESS}^{cmd} = P_{BESS}^{target} + \Delta P_{BESS} \quad (1)$$

$$[0045] \quad P_{BESS}^{target} = \frac{-sT_{WP}}{1+sT_{WP}} P_{WP} \quad (2)$$

[0046] 式中,

[0047] ΔP_{BESS} 与 SOC 反馈值相关的功率修正值;

[0048] P_{BESS}^{target} 一阶滤波后的储能电池功率目标值;

[0049] P_{WP} 风电实际出力值;

[0050] T_{WP} 平滑滤波时间常数值。

[0051] 上式 (1) 中的储能系统充放电功率的自适应修正量 ΔP_{BESS} 由下式 (3)-(5) 来确定。即先基于一阶平滑控制器平滑风电输出功率的同时,通过自适应控制器实时监控储能电池荷电状态 (SOC);当 SOC 超出我们所设定的范围时,本发明提出的自适应控制器将根据当前反馈的 SOC 值,储能电池实际功率值,储能电池启停信号及风电出力平滑目标值来实时调节 ΔP_{BESS} 。通过这种方式来在线修正储能电池的目标功率值,使储能系统工作在我们所期待的 SOC 范围内。

$$[0052] \quad \Delta P_{BESS} = A\gamma P_{BESS}^{target} \quad (3)$$

$$[0053] \quad \gamma = \frac{SOC_{ref} - SOC}{(SOC^{max} - SOC^{min})/2} \quad (4)$$

$$[0054] \quad SOC_{ref} = \begin{cases} 0.3 & \text{if } SOC < 0.2 \\ 0.7 & \text{if } SOC > 0.8 \\ SOC & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

[0055] 式中,

[0056] A 自适应控制器输出的目标功率值修正系数;

[0057] γ 基于荷电状态反馈值的自适应控制器修正系数;

[0058] SOC_{ref} 自适应控制器的参考荷电状态值。

[0059] 本发明用到的风电出力曲线如图 3 所示,即储能电池并网时的初始风电输出功率为 0。

[0060] 从储能电池的应用侧考虑,在初始 SOC 为 $SOC_{ini}=25\%$ 的条件下进行了本发明方法的实验测试验证。风电出力平滑的一阶滤波时间常数均设为 $T_{WP}=300$ 秒。基于上述风电出力的平滑结果如图 4 所示。储能电池系统的 SOC 变化曲线如图 5 所示;如图 4 和 5 所示,应用本发明方法可有效实现风电出力平滑的同时,自适应有效地控制储能电池 SOC 在我们所设定的范围之内。

[0061] 由此,本发明实现了在线存储风力发电及储能电池运行相关数据,在线实时平滑风电出力同时,有效监控储能电池 SOC 值等功能。

[0062] 最后应该说明的是:结合上述实施例仅说明本发明的技术方案而非对其限制。所属领域的普通技术人员应当理解到:本领域技术人员可以对本发明的具体实施方式进行修

改或者等同替换,但这些修改或变更均在申请待批的权利要求保护范围之内。

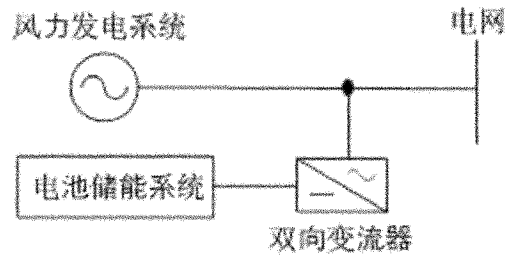


图 1

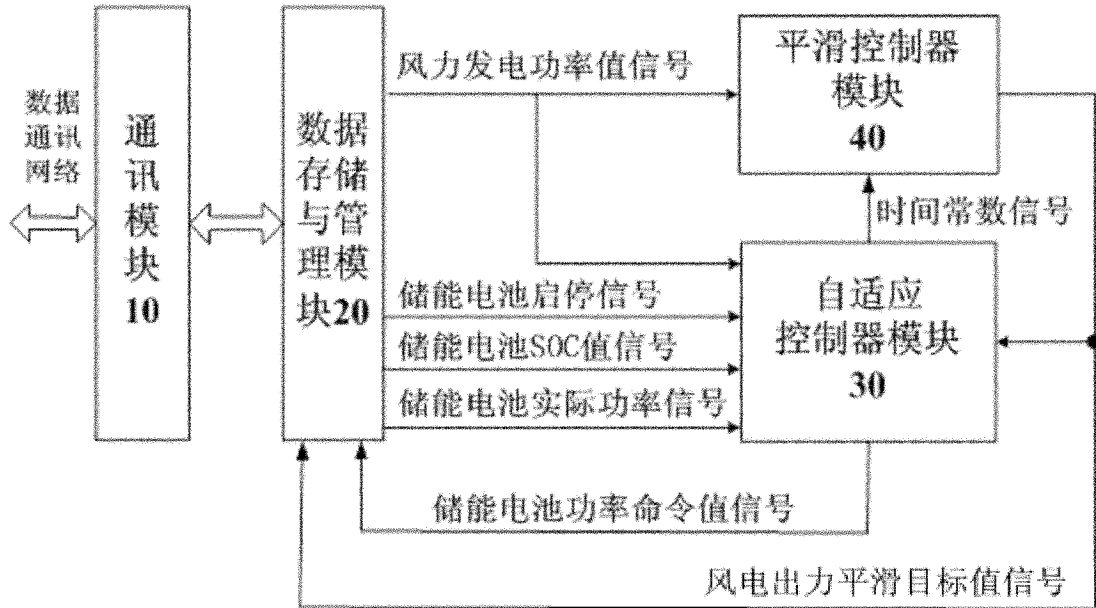


图 2

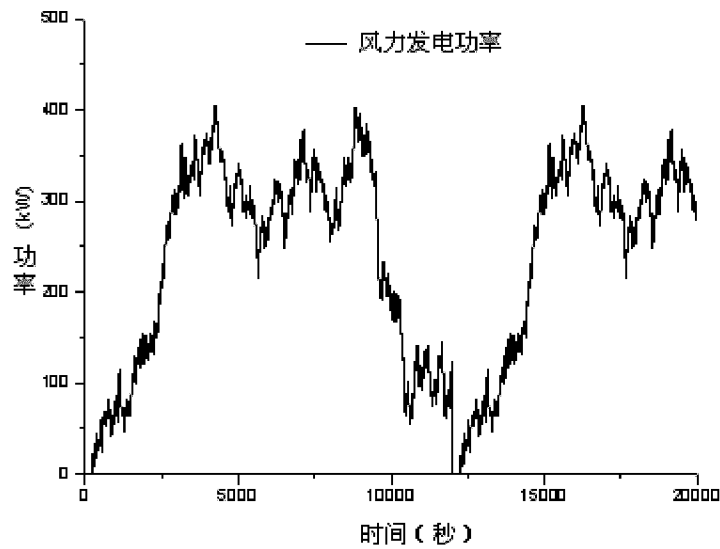


图 3

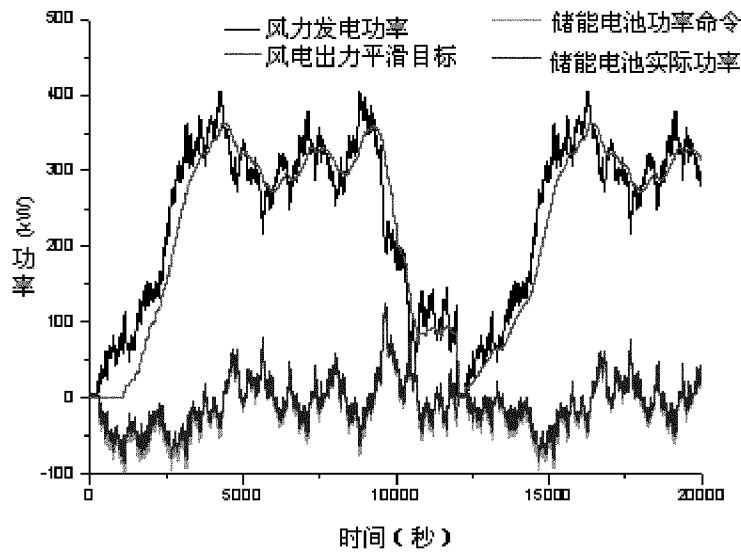


图 4

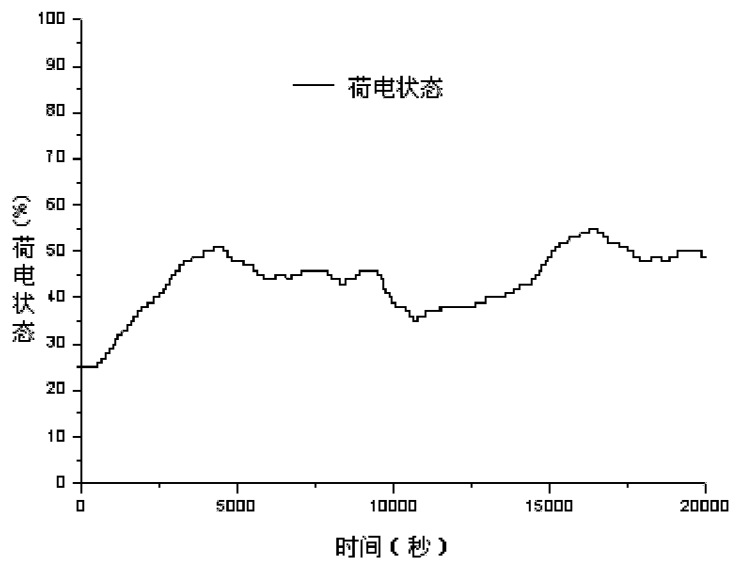


图 5