(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106208030 B
(45)授权公告日 2019.04.23

(21)申请号 201510228790.3

(22)申请日 2015.05.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106208030 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(73)专利权人 华北电力大学(保定)
地址 071003 河北省保定市永华北大街619号

(72)发明人 朱晓荣 蔡杰

(74)专利代理机构 石家庄君联专利代理事务所(特殊普通合伙) 13125
代理人 高宝新

(51)Int.Cl.
H02J 1/00(2006.01)

(56)对比文件
JP 特开2009-65778 A,2009.03.26,
李和明等.基于功率跟踪优化的双馈风力发电机组虚拟惯性控制技术.《中国电机工程学报》.2012,第32卷(第7期),第32-39页.

审查员 张宁

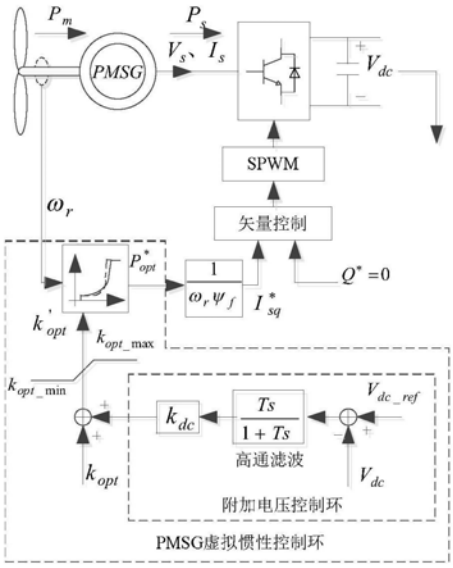
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统

(57)摘要

本发明公开了一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统,所述控制系统为充分发挥风电直流微网中旋转设备的潜在能量,将直流母线电压与永磁直驱风电机组的转速调节联系在一起,利用电力电子控制的快速性,在系统发生扰动时,快速调节PMSG的电磁功率,引起永磁同步电机转子转速的变化,释放或吸收转子中的能量,提高独立直流微网的惯性。本发明虚拟惯性控制策略不仅能够提高直流微电网的电压稳定性,还能改善蓄电池的充放电电流,保护蓄电池,延长蓄电池的使用寿命。



CN 106208030 B

1.一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统,其特征在于,所述控制系统为充分发挥风电直流微电网中旋转设备的潜在能量,将直流微电网的直流电压作为机侧变流器的输入量,根据直流电压误差信号改变最大功率跟踪曲线的比例系数,利用电力电子控制的快速性,在系统发生扰动时,快速调节PMSG的电磁功率,引起永磁同步电机转子转速的变化,释放或吸收转子中的能量,提高系统的惯性;

具体包括:在永磁直驱风电机组机侧变流器运行于最大功率跟踪区间内时,改变最大功率跟踪曲线斜率来释放或吸收系统的惯性,机侧变流器运行于最大功率跟踪区间内时,其功率参考指令p_{opt}^{*}可表示为

$$p_{opt}^{*}=k_{opt}^{'}\omega_{r}^{3}$$

式中,k'_{opt}为修正后的MPPT曲线斜率;ω_r为永磁直驱风机转速标幺值;

所述独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统的附加电压控制环中的高通滤波环节可避免风电机组在电网稳态时参与调节,修正后的MPPT曲线斜率可由下式计算得到:

$k'_{opt}=k_{opt}+k_{dc}\cdot\Delta V_{dc}$

式中k_{opt}为修正前的MPPT曲线斜率;k_{dc}为直流电压控制的比例系数;ΔV_{dc}为直流电压的偏差量。

一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制系统，具体是一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统。

背景技术

[0002] 在能源需求和环境保护双重压力下，国际上已将更多目光投向了既可提高传统能源利用效率又能充分利用各种可再生能源的分布式发电相关技术领域。微网技术是发挥分布式电源效能的有效方式，具有重要的经济意义和社会价值。传统对微电网的研究主要集中在交流微电网上，但是随着大量直流微源的出现，以及负荷侧对直流功率需求的提高，直流微电网逐渐得到了人们的重视。相对于交流微电网来说，直流微电网效率更高，传输能力更强，控制更加简单方便，而且还有效地避免了交流微电网中关于同步和无功调节的难点。

[0003] 对于传统以蓄电池作为储能系统的直流微电网在独立运行时，系统惯性仅仅通过并联在直流母线侧的电容和蓄电池来提供。但是，蓄电池由于其物理特性的限制，响应时间及速度较慢，在系统受到扰动时不能瞬时提供必要的能量，此时，直流母线侧的电容成为唯一提供惯性的元件。考虑到直流母线侧电容的电容值很小，系统惯性的缺乏仍然是待解决的问题。系统惯性缺乏会产生以下几点问题：(1)系统受到扰动时，母线电压瞬时较大地偏移额定值，使得保护动作，引起甩负荷，电源离网等故障；(2)系统负荷突变或负荷电动机突然启动时，蓄电池充放电电流瞬间增大甚至超过蓄电池最大承受电流，导致蓄电池损坏，进一步影响系统稳定性；(3)负荷小范围波动时，蓄电池在短时间之内进行充放电，增加了许多不必要的充放电次数，大大减少了蓄电池使用寿命。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统，以解决上述背景技术中提出的问题。

[0005] 为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

[0006] 一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统，所述控制系统为充分发挥风电直流微电网中旋转设备的潜在能量，将直流微电网的直流电压作为机侧变流器的输入量，根据直流电压误差信号改变最大功率跟踪曲线的比例系数，利用电力电子控制的快速性，在系统发生扰动时，快速调节PMSG的电磁功率，引起永磁同步电机转子转速的变化，释放或吸收转子中的能量，提高系统的惯性。

[0007] 作为本发明进一步的方案：独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统，在永磁直驱风电机组机侧变流器运行于最大功率跟踪区间内时，改变最大功率跟踪曲线斜率来释放或吸收系统的惯性。机侧变流器运行于最大功率跟踪区间内时，其功率参考指令p_{opt}^{*}可表示为

[0008] $$p_{opt}^{*}=k_{opt}^{'}\omega_{r}^{3}$$

[0009] 式中，k'_{opt}为修正后的MPPT曲线斜率；ω_r为永磁直驱风机转速标幺值。

[0010] 作为本发明再进一步的方案：所述独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统的附加电压控制环中的高通滤波环节可避免风电机组在电网稳态时参与调节。修正后的MPPT曲线斜率可由下式计算得到：

[0011] $k'_{opt}=k_{opt}+k_{dc}\cdot\Delta V_{dc}$

[0012] 式中k_{opt}为修正前的MPPT曲线斜率；k_{dc}为直流电压控制的比例系数；ΔV_{dc}为直流电压的偏差量。

[0013] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：虚拟惯性控制能够提高孤岛运行直流微电网的稳定性，不仅能够提高系统的稳定性，还能改善蓄电池的充放电电流，保护蓄电池，起到超级电容器的作用，延长蓄电池的使用寿命。

附图说明

[0014] 图1为独立风储直流微电网中永磁直驱风电机组的虚拟惯性控制示意图。

[0015] 图2为MPPT曲线斜率切换图。

具体实施方式

[0016] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，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。

[0017] 请参阅图1-2，本发明实施例中，一种独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统，所述控制系统为充分发挥风电直流微电网中旋转设备的潜在能量，将直流母线电压与永磁直驱风电机组的转速调节联系在一起，利用电力电子控制的快速性，在系统发生扰动时，快速调节PMSG的电磁功率，引起永磁同步电机转子转速的变化，释放或吸收转子中的能量，提高独立直流微电网的惯性。

[0018] 直流微电网中基于电力电子变流器控制的永磁直驱风电机组对系统转动惯量几乎没有贡献，为充分发挥其旋转动能，本发明将直流母线电压与永磁直驱风电机组的转速调节联系在一起，提出了独立运行直流微电网虚拟惯性控制系统。该系统是在独立直流微电网中风电机组机侧变流器的最大功率跟踪控制策略的基础上，对其进行优化。将直流微电网的直流电压作为机侧变流器的输入量，根据直流电压误差信号改变最大功率跟踪曲线的比例系数，利用电力电子控制的快速性，在系统发生扰动时，快速调节PMSG的电磁功率，引起永磁同步电机转子转速的变化，释放或吸收转子中的能量，提高系统的惯性。

[0019] 在永磁直驱风电机组机侧变流器运行于最大功率跟踪区间内时，改变最大功率跟踪曲线斜率来释放或吸收系统的惯性。机侧变流器运行于最大功率跟踪区间内时，其功率参考指令p^*_{opt}可表示为

[0020] $$p^*_{opt}=k'_{opt}\omega_r^3$$

[0021] 式中，k'_{opt}为修正后的MPPT曲线斜率；ω_r为永磁直驱风机转速标幺值。

[0022] 所述独立风储直流微电网的虚拟惯性控制系统的附加电压控制环中的高通滤波

环节可避免风电机组在电网稳态时参与调节。修正后的MPPT曲线斜率可由下式计算得到：

[0023] $k'_{opt}=k_{opt}+k_{dc}\cdot\Delta V_{dc}$

[0024] 式中k_{opt}为修正前的MPPT曲线斜率；k_{dc}为直流电压控制的比例系数；ΔV_{dc}为直流电压的偏差量。

[0025] 初始时刻PMSG机组运行于最大功率跟踪状态，运行点稳定与最大跟踪曲线上的A点。当直流微电网受到扰动时，电压突然下降，由于扰动初期电压变化较快，MPPT曲线斜率迅速增加至k_{opt_max}，PMSG有功功率也由P_A突变至P_0；此时，发电机输出电磁功率大于风力机捕获的机械功率，转速下降，运行点从O点沿着新功率曲线降至B点。随着直流微电网电压趋于稳定，k'_{opt}由k_{opt_max}逐渐减少至k_{opt}，发电机组输出的功率也重新回到P_{opt}。在此过程中，PMSG输出功率沿着曲线A-O-B-A变化，释放了转子动能，减少了直流电压的突变。同理可分析PMSG机组吸收动能时的运行特性。

[0026] 对于本领域技术人员而言，显然本发明不限于上述示范性实施例的细节，而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下，能够以其他的具体形式实现本发明。因此，无论从哪一点来看，均应将实施例看作是示范性的，而且是非限制性的，本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定，因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0027] 此外，应当理解，虽然本说明书按照实施方式加以描述，但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施例中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

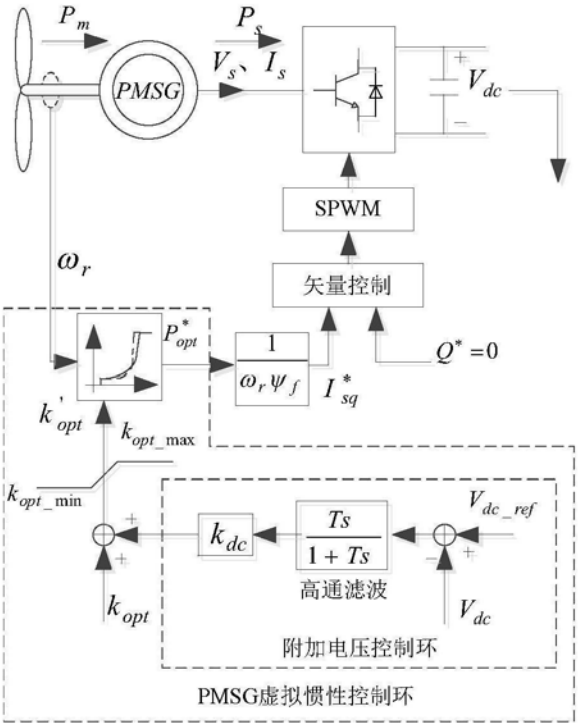

P_m
P_s
V_s、I_s
PMSG
V_{dc}
SPWM
矢量控制
ω_r
P^*_{opt}
$Q^*=0$
$\frac{1}{\omega_r \psi_f}$
I^*_{sq}
k'_{opt}
k_{opt_max}
k_{opt_min}
V_{dc_ref}
k_{dc}
$\frac{Ts}{1+Ts}$
高通滤波
k_{opt}
V_{dc}
附加电压控制环
PMSG虚拟惯性控制环

图1

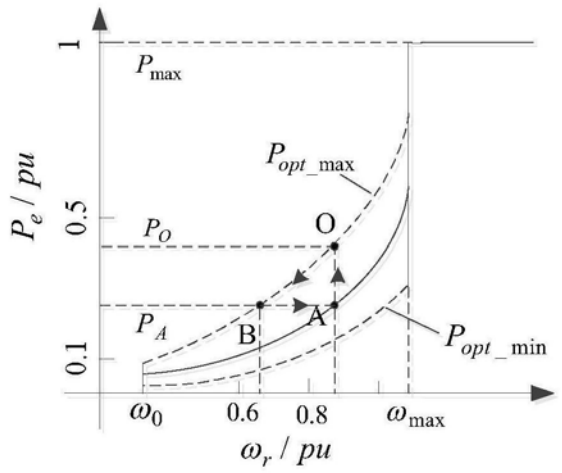

1
0.5
0.1
P_e / pu
P_{max}
P_{opt_max}
P_O
O
P_A
B
A
P_{opt_min}
ω_0
0.6
0.8
ω_{max}
ω_r / pu

图2