



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107769233 A

(43)申请公布日 2018.03.06

(21)申请号 201711165298.1

(22)申请日 2017.11.21

(71)申请人 清华大学

地址 100000 北京市海淀区清华园

(72)发明人 梅生伟 陈来军 卢强 薛小代

(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 王戈

(51)Int.Cl.

H02J 3/28(2006.01)

H02J 3/48(2006.01)

H02J 3/50(2006.01)

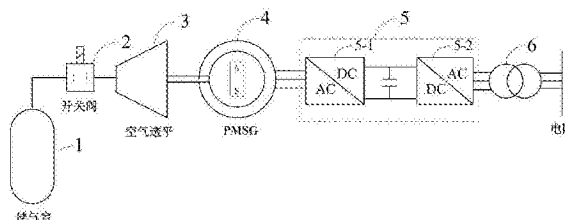
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种小容量压缩空气储能装置及其并网方法

(57)摘要

本发明公开了一种小容量压缩空气储能装置及其并网方法。所述装置包括：储气室、开关阀、空气透平、多个不同的检测装置、发电机、背靠背双脉宽调制变流器及变压器；所述开关阀设于所述储气室与所述空气透平之间；所述多个不同的检测装置设于所述空气透平的进口处；所述多个不同的检测装置包括温度传感器、压力传感器以及空气流量监测装置；所述发电机与所述空气透平同轴连接；所述背靠背双脉宽调制变流器设于所述发电机与所述变压器之间，用于控制所述空气透平转速和并网功率；所述变压器与电网相连接。采用本发明所提供的小容量压缩空气储能装置及其并网方法能够实现灵活并网。



1. 一种小容量压缩空气储能装置,其特征在于,包括:储气室、开关阀、空气透平、多个不同的检测装置、发电机、背靠背双脉宽调制变流器及变压器;

所述开关阀设于所述储气室与所述空气透平之间;所述多个不同的检测装置设于所述空气透平的进口处;所述多个不同的检测装置包括温度传感器、压力传感器以及空气流量监测装置;

所述发电机与所述空气透平同轴连接;

所述背靠背双脉宽调制变流器设于所述发电机与所述变压器之间,用于控制所述空气透平转速和并网功率;

所述变压器与电网相连接。

2. 根据权利要求1所述的储能装置,其特征在于:所述背靠背双脉宽调制变流器包括机侧变流器和网侧变流器;

所述机侧变流器与所述发电机相连接,用于控制所述发电机转速以控制所述空气透平的输出功率;

所述网侧变流器与所述变压器相连接,所述网侧变流器采用双环控制结构,所述双环控制结构包括外环控制器和内环控制器;

所述外环控制器用于稳定直流电压;

所述内环控制器用于调节并网时的有功电流和无功电流。

3. 一种小容量压缩空气储能装置的并网方法,其特征在于,所述并网方法应用于一种小容量压缩空气储能装置,所述储能装置包括:

储气室、开关阀、空气透平、多个不同的检测装置、发电机、背靠背双脉宽调制变流器及变压器;

所述开关阀设于所述储气室与所述空气透平之间;所述多个不同的检测装置设于所述空气透平的进口处;所述多个不同的检测装置包括温度传感器、压力传感器以及空气流量监测装置;

所述发电机与所述空气透平同轴连接;

所述背靠背双脉宽调制变流器设于所述发电机与所述变压器之间,用于控制所述空气透平转速和并网功率;

所述变压器与电网相连接;

所述并网方法包括:

获取所述空气透平的进口处的空气透平特征;所述空气透平特征包括温度、压力以及空气流量;

根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系;

根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速;

根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动;所述最优转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

4. 根据权利要求3所述的并网方法,其特征在于,所述根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系,具体包括:

获取所述空气透平的失速转矩以及空载转速;

根据所述失速转矩、所述空载转速以及所述压力确定所述机械功率-转速关系。

5. 根据权利要求4所述的并网方法,其特征在于,所述根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速,具体包括:

对所述机械功率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大功率输出条件的第一压力-最优转速关系;

获取所述空气透平的进口压力表;

根据所述进口压力表,将所述压力带入所述第一压力-最优转速关系,得到第一最优参考转速。

6. 根据权利要求3所述的并网方法,其特征在于,所述根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速,具体包括:

获取空气膨胀功率;

根据所述机械功率-转速关系以及所述空气膨胀功率计算得到效率-转速关系;

对所述效率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大效率输出条件的第二压力-最优转速关系;

根据所述第二压力-最优转速关系,经过所述机侧变流器内的比例-积分调节器得到第二最优参考转速。

7. 根据权利要求1所述的并网方法,其特征在于,所述根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动,具体包括:

获取所述发电机输出的实际转速;

判断所述实际转速与所述最优参考转速的差值是否在预设范围内,得到第一判断结果;所述最优参考转速包括第一最优参考转速和第二最优参考转速;

当所述第一判断结果表示为所述实际转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内,确定所述实际转速为最优转速;

当所述第一判断结果表示为所述实际转速与所述最优参考转速的差值未在预设范围内,调整所述实际转速,直到所述实际转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

8. 一种小容量压缩空气储能装置的并网系统,其特征在于,包括:

空气透平特征获取模块,用于获取所述空气透平的进口处的空气透平特征;所述空气透平特征包括温度、压力以及空气流量;

机械功率-转速关系确定模块,用于根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系;

最优参考转速确定模块,用于根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速;

最优转速确定模块,用于根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动;所述最优转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

9. 根据权利要求8所述的并网系统,其特征在于,所述机械功率-转速关系确定模块,具体包括:

转矩及转速获取单元,用于获取所述空气透平的失速转矩以及空载转速;

机械功率-转速关系确定单元,用于根据所述失速转矩、所述空载转速以及所述压力确定所述机械功率-转速关系。

10. 根据权利要求9所述的并网系统,其特征在于,所述最优参考转速确定模块,具体包括:

第一压力-最优转速关系计算单元,用于对所述机械功率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大功率输出条件的第一压力-最优转速关系;

进口压力表获取单元,用于获取所述空气透平的进口压力表;

第一最优参考转速计算单元,用于根据所述进口压力表,将所述压力带入所述第一压力-最优转速关系,计算得到第一最优参考转速。

一种小容量压缩空气储能装置及其并网方法

技术领域

[0001] 本发明涉及压缩空气储能技术领域,特别是涉及一种小容量压缩空气储能装置及其并网方法。

背景技术

[0002] 压缩空气储能(Compressed Air Energy Storage, CAES)系统具有选址灵活、使用寿命长、响应速度快、环境友好的优点,是一种很有前途的能源存储方式。压缩空气储能装置利用低谷电、弃风电、弃光电驱动压缩机压缩空气并将高压空气储存在储气室中;释能阶段,高压空气膨胀做功,由空气透平带动发电机对外输出电能。传统千瓦级压缩空气储能装置采用的空气透平转速每分钟可达数万转,空气透平轴系与发电机轴系通过机械减速器相连,由于空气透平的转速与常规同步发电机的转速之间存在巨大差异,导致连接空气透平轴和发电机轴的减速器存在故障率高、稳定性差和机械损耗等缺陷,使得传统压缩空气储能装置容易发生故障,从而导致压缩空气储能装置存在工作效率低且安全性差的问题;此外,由于传统的压缩空气储能装置无法控制发电机的转速,因此,无法与电网灵活并网。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种小容量压缩空气储能装置及其并网方法,以解决传统的压缩空气储能装置工作效率低且无法灵活并网的问题。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0005] 一种小容量压缩空气储能装置,包括:储气室、开关阀、空气透平、多个不同的检测装置、发电机、背靠背双脉宽调制变流器及变压器;

[0006] 所述开关阀设于所述储气室与所述空气透平之间;所述多个不同的检测装置设于所述空气透平的进口处;所述多个不同的检测装置包括温度传感器、压力传感器以及空气流量监测装置;

[0007] 所述发电机与所述空气透平同轴连接;

[0008] 所述背靠背双脉宽调制变流器设于所述发电机与所述变压器之间,用于控制所述空气透平转速和并网功率;

[0009] 所述变压器与电网相连接。

[0010] 可选的,所述背靠背双脉宽调制变流器包括机侧变流器和网侧变流器;

[0011] 所述机侧变流器与所述发电机相连接,用于控制所述发电机转速以控制所述空气透平的输出功率;

[0012] 所述网侧变流器与所述变压器相连接,所述网侧变流器采用双环控制结构,所述双环控制结构包括外环控制器和内环控制器;

[0013] 所述外环控制器用于稳定直流电压;

[0014] 所述内环控制器用于调节并网时的有功电流和无功电流。

[0015] 一种小容量压缩空气储能装置的并网方法,所述并网方法应用于一种小容量压缩

空气储能装置,所述储能装置包括:

[0016] 储气室、开关阀、空气透平、多个不同的检测装置、发电机、背靠背双脉宽调制变流器及变压器;

[0017] 所述开关阀设于所述储气室与所述空气透平之间;所述多个不同的检测装置设于所述空气透平的进口处;所述多个不同的检测装置包括温度传感器、压力传感器以及空气流量监测装置;

[0018] 所述发电机与所述空气透平同轴连接;

[0019] 所述背靠背双脉宽调制变流器设于所述发电机与所述变压器之间,用于控制所述空气透平转速和并网功率;

[0020] 所述变压器与电网相连接;

[0021] 所述并网方法包括:

[0022] 获取所述空气透平的进口处的空气透平特征;所述空气透平特征包括温度、压力以及空气流量;

[0023] 根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系;

[0024] 根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速;

[0025] 根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动;所述最优转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

[0026] 可选的,所述根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系,具体包括:

[0027] 获取所述空气透平的失速转矩以及空载转速;

[0028] 根据所述失速转矩、所述空载转速以及所述压力确定所述机械功率-转速关系。

[0029] 可选的,所述根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速,具体包括:

[0030] 对所述机械功率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大功率输出条件的第一压力-最优转速关系;

[0031] 获取所述空气透平的进口压力表;

[0032] 根据所述进口压力表,将所述压力带入所述第一压力-最优转速关系,得到第一最优参考转速。

[0033] 可选的,所述根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速,具体包括:

[0034] 获取空气膨胀功率;

[0035] 根据所述机械功率-转速关系以及所述空气膨胀功率计算得到效率-转速关系;

[0036] 对所述效率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大效率输出条件的第二压力-最优转速关系;

[0037] 根据所述第二压力-最优转速关系,经过所述机侧变流器内的比例-积分调节器得到第二最优参考转速。

[0038] 可选的,所述根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动,具体包括:

[0039] 获取所述发电机输出的实际转速;

[0040] 判断所述实际转速与所述最优参考转速的差值是否在预设范围内,得到第一判断结果;所述最优参考转速包括第一最优参考转速和第二最优参考转速;

[0041] 当所述第一判断结果表示为所述实际转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内,确定所述实际转速为最优转速;

[0042] 当所述第一判断结果表示为所述实际转速与所述最优参考转速的差值未在预设范围内,调整所述实际转速,直到所述实际转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

[0043] 一种小容量压缩空气储能装置的并网系统,包括:

[0044] 空气透平特征获取模块,用于获取所述空气透平的进口处的空气透平特征;所述空气透平特征包括温度、压力以及空气流量;

[0045] 机械功率-转速关系确定模块,用于根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系;

[0046] 最优参考转速确定模块,用于根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速;

[0047] 最优转速确定模块,用于根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动;所述最优转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

[0048] 可选的,所述机械功率-转速关系确定模块,具体包括:

[0049] 转矩及转速获取单元,用于获取所述空气透平的失速转矩以及空载转速;

[0050] 机械功率-转速关系确定单元,用于根据所述失速转矩、所述空载转速以及所述压力确定所述机械功率-转速关系。

[0051] 可选的,所述最优参考转速确定模块,具体包括:

[0052] 第一压力-最优转速关系计算单元,用于对所述机械功率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大功率输出条件的第一压力-最优转速关系;

[0053] 进口压力表获取单元,用于获取所述空气透平的进口压力表;

[0054] 第一最优参考转速计算单元,用于根据所述进口压力表,将所述压力带入所述第一压力-最优转速关系,计算得到第一最优参考转速。

[0055] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:本发明公开了一种小容量压缩空气储能装置,空气透平直接驱动发电机,省去了传动系统中的减速器,空气透平和发电机同轴转动,使得空气透平的转速与发电机的转速相同,从而提高了压缩空气储能装置的工作效率;此外,发电机经过变流装置接入交流系统,变流装置能够对发电机的有功功率和无功功率分别进行解耦控制以控制发电机的转速,从而能够灵活地向电网注入有功功率和无功功率。

[0056] 本发明公开的小容量压缩空气储能装置的并网方法,通过根据空气透平的进口温度、压力、空气流量调整发电机转速,使得发电机以最优转速转动,从而实现压缩空气透平的最大功率或者最大效率输出,提高了小容量压缩空气储能装置的工作效率。

附图说明

[0057] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0058] 图1为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置结构图;

[0059] 图2为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的并网方法流程图;

[0060] 图3为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的最优转速控制器原理图；

[0061] 图4为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的并网系统结构图。

具体实施方式

[0062] 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。

[0063] 本发明的目的是提供一种小容量压缩空气储能装置及其并网方法，能够提高压缩空气储能装置的工作效率，实现灵活并网。

[0064] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0065] 图1为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置结构图，如图1所示，一种小容量压缩空气储能装置，包括：储气室1、开关阀2、空气透平3、多个不同的检测装置、发电机4、背靠背双脉宽调制变流器5及变压器6；

[0066] 所述开关阀2设于所述储气室1与所述空气透平之间；所述多个不同的检测装置设于所述空气透平的进口处；所述多个不同的检测装置包括温度传感器、压力传感器以及空气流量监测装置；所述储气室1与所述空气透平之间没有压力调节装置，可以认为在释能阶段空气透平3的进口压力是连续变化的；所述发电机4与所述空气透平3同轴连接；两者转速相同；所述发电机4可以为永磁同步发电机4；所述背靠背双脉宽调制变流器5设于所述发电机4与所述变压器6之间，用于控制所述空气透平3的转速及并网功率；所述变压器6与电网相连接；检测装置还包括速度传感器，速度传感器安装在发电机轴端部，用于检测发电机4的转速。

[0067] 所述背靠背双脉宽调制变流器5包括机侧变流器5-1和网侧变流器5-2；所述机侧变流器与所述网侧变流器通过直流侧相连接；所述机侧变流器与所述发电机4相连接，用于控制所述发电机4转速以控制所述空气透平3的输出功率；所述网侧变流器与所述变压器6相连接，所述网侧变流器采用双环控制结构，所述双环控制结构包括外环控制器和内环控制器；所述外环控制器用于稳定直流电压；所述内环控制器用于调节并网时的有功电流和无功电流。

[0068] 所述机侧变流器可以控制发电转速，进一步可以实现对空气透平3的最大功率或最大效率控制；所述网侧变流器采用双环控制结构，其中，外环控制器用于体现不同的控制目标，本发明中电压外环用于稳定直流电压，同时产生电流的参考信号；电流内环动态响应快，主要用于精确、快速的电流调节，内环控制的实质是将有功功率和无功功率解耦后分别进行控制，因此网侧变流器可以通过对有功电流和无功电流的快速调节实现小容量压缩空气储能系统的灵活并网。

[0069] 采用本发明所提供的小容量压缩空气储能装置，能够实现直流稳压输出，提高工作效率，且可以实现灵活并网。

[0070] 图2为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的并网方法流程图，如图2所示，一种小容量压缩空气储能装置的并网方法，

[0071] 步骤201:获取所述空气透平的进口处的空气透平特征;所述空气透平特征包括温度、压力以及空气流量。

[0072] 步骤202:根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系。

[0073] 所述根据所述空气透平特征确定所述空气透平的机械功率-转速关系,具体包括:

获取所述空气透平的失速转矩以及空载转速;利用公式 $P_m = T_0(p_i) \left(\omega_r - \frac{\omega_r^2}{\omega_0(p_i)} \right)$ 确定所述机械功率-转速关系,其中, T_0 为失速转矩, ω_0 为空载转速, ω_r 为最优转速, P_m 为空气透平的机械功率,二者均为与进口压力 p_i 强相关的物理量。

[0074] 步骤203:根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速。

[0075] 当需要满足最大功率输出最优转速时,通过空气透平的机械功率 P_m 对转速 ω_r 求偏导数,并令偏导数为零,便可求解出满足最大功率输出条件的第一压力-最优转速关系:

[0076] $\omega_r = \frac{\omega_0(p_i)}{2}$; 获取所述空气透平的进口压力表;根据所述进口压力表,将所述压力带入所述第一压力-最优转速关系,得到第一最优参考转速。

[0077] 当需要满足最大效率输出最优转速时,获取空气膨胀功率;根据所述机械功率-转

速关系以及所述空气膨胀功率计算得到效率-转速关系 $\eta = \frac{T_0(p_i) \left(\omega_r - \frac{\omega_r^2}{\omega_0(p_i)} \right)}{\frac{\gamma-1}{\gamma} p_i V_i \left(\frac{1}{\pi^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} - 1 \right)}$; 其中, γ 为

等熵指数, π 为膨胀比, V_i 为做功消耗的空气量;对所述效率-转速关系求偏导数,计算得到满

足最大效率输出条件的第二压力-最优转速关系 $\frac{d\eta}{d\omega_r} = \frac{T_0(p_i) \left(1 - \frac{2\omega_r}{\omega_0(p_i)} \right)}{\frac{\gamma-1}{\gamma} p_i V_i \left(\frac{1}{\pi^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} - 1 \right)} = K_1 (1 - K_2 \omega_r)$;

其中, $K_1 = \frac{T_0(p_i)}{\frac{\gamma-1}{\gamma} p_i V_i \left(\frac{1}{\pi^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} - 1 \right)}$, $K_2 = \frac{2}{\omega_0(p_i)}$; 获取所述空气透平的进口压力表;根据所述

进口压力表,将所述压力带入所述第二压力-最优转速关系,计算得到第二最优参考转速。

[0078] 步骤204:根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动;所述最优转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

[0079] 所述步骤204具体包括:获取所述发电机输出的实际转速;判断所述实际转速与所述最优参考转速的差值是否在预设范围内,若是,确定所述实际转速为最优转速;若否,调整所述实际转速,直到所述实际转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

[0080] 当需要满足最大功率输出时,发电机输出的实际转速与第一最优参考转速进行比较,调整实际转速,使得实际转速与第一最优参考转速的差值在预设范围内。

[0081] 当需要满足最大效率输出时,发电机输出的实际转速与第二最优参考转速进行比

较,调整实际转速,使得实际转速与第二最优参考转速的差值在预设范围内。

[0082] 本发明采用爬山算法跟踪实际转速,具体方法为:

[0083] 步骤1:根据空气透平的进口压力查表确定满足最大功率输出的最优转速,设定扰动转速步长 $\Delta \omega_r$ 、转速上界 ω_{r_max} 和转速下界 ω_{r_min} 并初始化透平转速 $\omega_r(k-1) = \omega_{r0}$;

[0084] 步骤2:量测变流器直流侧电压 $V_{dc}(k-1)$ 和直流侧电流 $I_{dc}(k-1)$,并计算直流侧功率 $P(k-1) = V_{dc}(k-1) \cdot I_{dc}(k-1)$;

[0085] 步骤3:施加转速扰动 $\omega_r(k) = \omega_r(k-1) + \Delta \omega_r$;

[0086] 步骤4:重新量测变流器直流侧电压 $V_{dc}(k)$ 和直流侧电流 $I_{dc}(k)$,并计算直流侧功率 $P(k) = V_{dc}(k) \cdot I_{dc}(k)$;

[0087] 步骤5:若 $P(k) \geq P(k-1)$,则执行步骤6,否则执行步骤9;

[0088] 步骤6:增大空气透平转速 $\omega_r(k+1) = \omega_r(k) + \Delta \omega_r$;

[0089] 步骤7:若 $\omega_r(k+1) > \omega_{r_max}$,则执行步骤8,否则执行步骤12;

[0090] 步骤8:令 $\omega_r(k+1) = \omega_{r_max}$,跳转执行步骤12;

[0091] 步骤9:减小空气透平转速 $\omega_r(k+1) = \omega_r(k) - \Delta \omega_r$;

[0092] 步骤10:若 $\omega_r(k+1) < \omega_{r_min}$,则执行步骤11,否则执行步骤12;

[0093] 步骤11:令 $\omega_r(k+1) = \omega_{r_min}$;

[0094] 步骤12:重新量测变流器直流侧电压 $V_{dc}(k+1)$ 和直流侧电流 $I_{dc}(k+1)$,并计算直流侧功率 $P(k+1) = V_{dc}(k+1) \cdot I_{dc}(k+1)$;

[0095] 步骤13:若 $P(k+1) \geq P(k)$,则执行步骤6,否则执行步骤9。

[0096] 在具体执行时,当透平转速接近最优转速时减小扰动转速步长,以降低爬山算法引起的在最优转速附近功率扰动。

[0097] 由于空气透平的效率与透平进口压力和空气流量存在强耦合关系,满足最大效率输出条件的最优转速可由如下复频域关系确定:

[0098] $sE(s) = K_1U(s) - K_1K_2\omega_r(s)$

[0099] 满足最大效率输出条件的最优转速参考值可根据上式经比例-积分调节器(PI调节器)得到,比例-积分调节器是一种线性控制器,它根据给定值(0)与实际输出值(效率对转速的导数)构成控制偏差,将偏差的比例和积分通过线性组合构成控制量,对被控对象进行控制,控制结果是使实际输出值跟踪给定值

[0100] 通过以上步骤即可生成最优转速参考信号,通过转速闭环控制即可使发电机转速跟踪最优转速,从而实现空气透平的最大功率或最大效率输出。

[0101] 图3为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的最优转速控制器原理图,如图3所示,通过选择最大功率模式或最大效率模式,采用本发明所提供的并网方法,能够根据实际需求,调整发电机的实际转速,使得发电机按照最大效率或最大功率的最优转速输出,实现灵活并网。

[0102] 图4为本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的并网系统结构图,如图4所示,一种小容量压缩空气储能装置的并网系统,包括:

[0103] 空气透平特征获取模块401,用于获取所述空气透平的进口处的空气透平特征;所述空气透平特征包括温度、压力以及空气流量;

[0104] 机械功率-转速关系确定模块402,用于根据所述空气透平特征确定所述空气透平

的机械功率-转速关系。

[0105] 所述机械功率-转速关系确定模块402,具体包括:转矩及转速获取单元,用于获取所述空气透平的失速转矩以及空载转速;机械功率-转速关系确定单元,用于根据所述失速转矩、所述空载转速以及所述压力确定所述机械功率-转速关系。

[0106] 最优参考转速确定模块403,用于根据所述机械功率-转速关系确定最优参考转速。

[0107] 所述最优参考转速确定模块403,具体包括:第一压力-最优转速关系计算单元,用于对所述机械功率-转速关系求偏导数,计算得到满足最大功率输出条件的第一压力-最优转速关系;进口压力表获取单元,用于获取所述空气透平的进口压力表;第一最优参考转速计算单元,用于根据所述进口压力表,将所述压力带入所述第一压力-最优转速关系,计算得到第一最优参考转速。

[0108] 最优转速确定模块404,用于根据所述最优参考转速,利用爬山算法控制所述发电机以最优转速转动;所述最优转速与所述最优参考转速的差值在预设范围内。

[0109] 采用本发明所提供的小容量压缩空气储能装置的并网系统,能够控制发电机的转速及注入电网有功功率和无功功率,从而实现灵活并网。

[0110] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0111] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

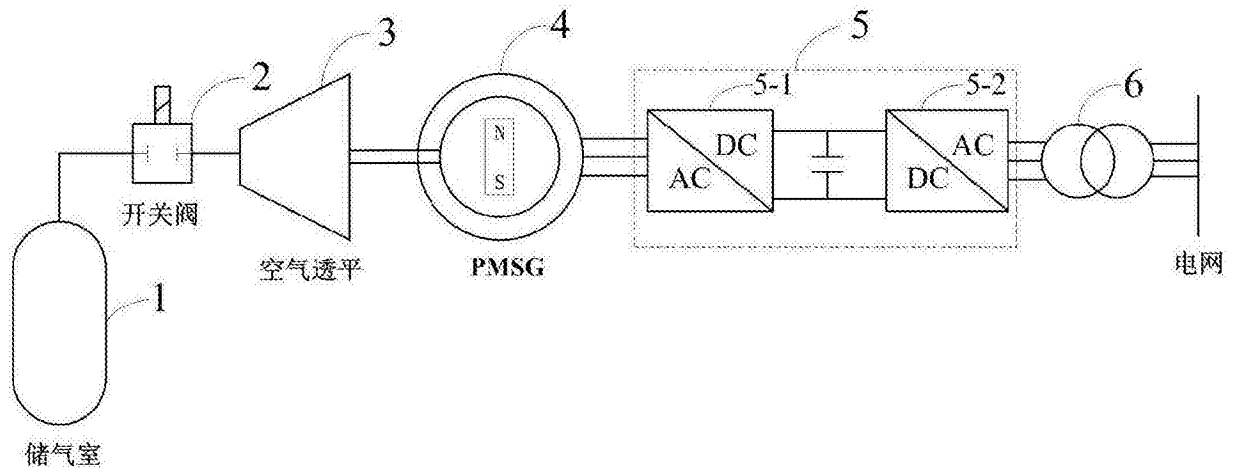


图1

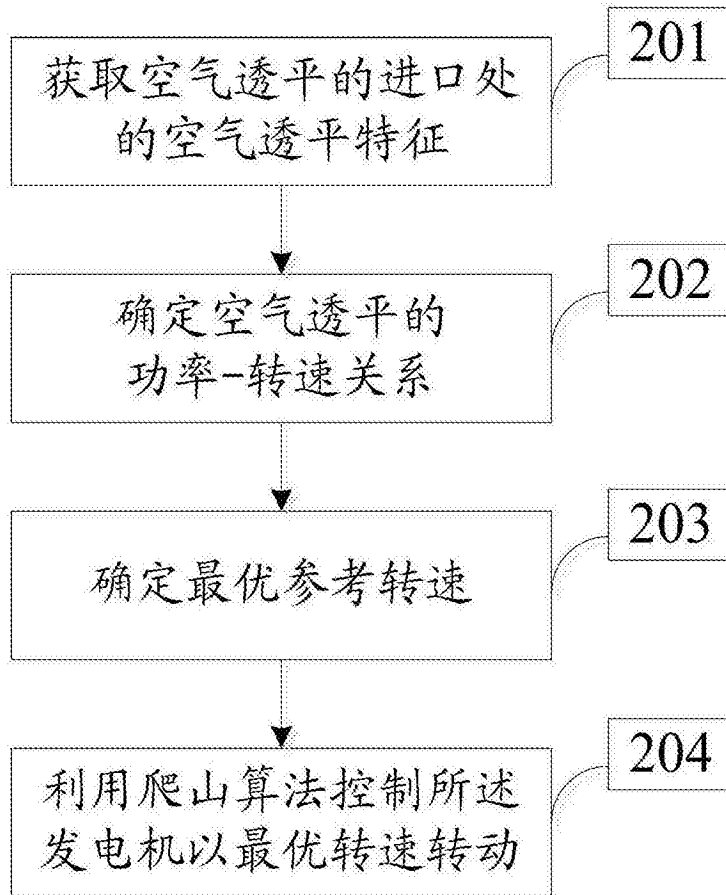


图2

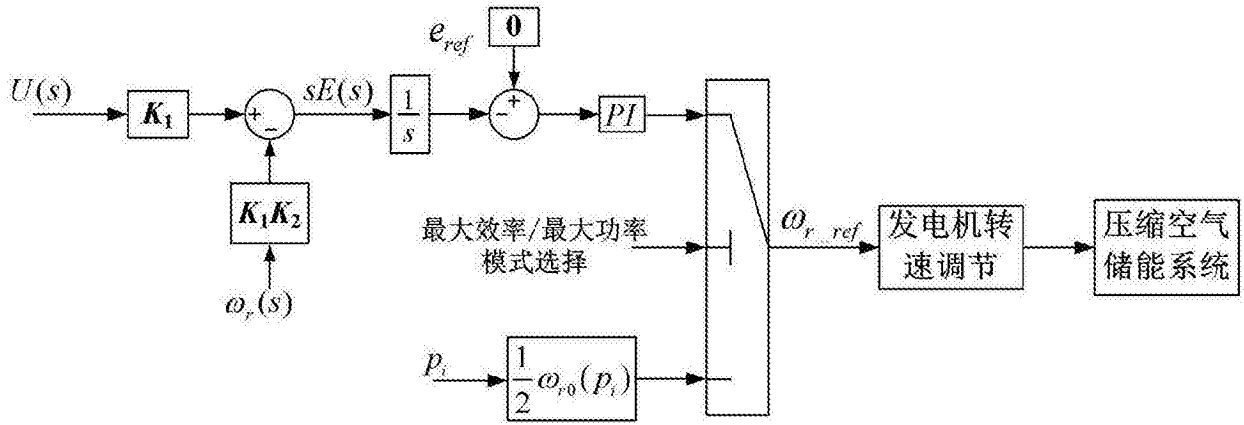


图3

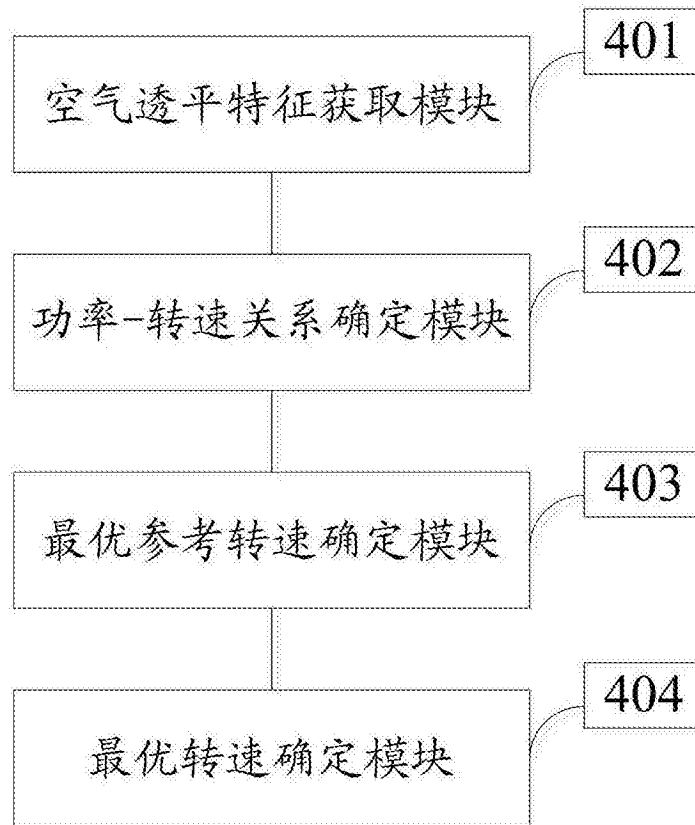


图4