



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102588194 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210065498. 0

(22) 申请日 2012. 03. 13

(71) 申请人 东华大学

地址 201620 上海市松江区松江新城人民北路 2999 号

(72) 发明人 李征 蔡旭 钱坤

(74) 专利代理机构 上海泰能知识产权代理事务所 31233

代理人 宋纓 孙健

(51) Int. Cl.

F03B 13/06 (2006. 01)

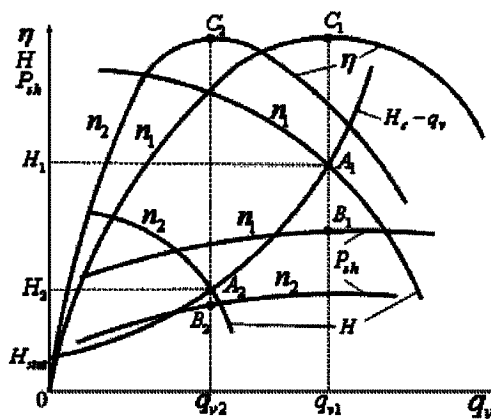
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵配比方法

(57) 摘要

本发明涉及一种随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法, 包括以下步骤: (1) 确定随机波动能源的输出功率变化范围, 确定最大输出功率为 p_{max} ; (2) 选择水泵的额定功率为随机波动能源的输出功率中最大输出功率的一半, 将选出的水泵作为第一泵组; (3) 选择水泵的额定功率为上一步骤中能够覆盖的波动范围的下限的一半, 将选出的水泵作为第二泵组; (4) 重复选择水泵的额定功率为上一步骤中能够覆盖的波动范围的下限的一半直到能够所选择的水泵能够覆盖最小的输出功率 p_0 。本发明可以使水泵保持运行在最大效率点附近, 提高系统的效率。



1. 一种随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(1) 确定随机波动能源的输出功率变化范围, 确定最大输出功率为 p_{\max} ;

(2) 选择水泵的额定功率为随机波动能源的输出功率中最大输出功率的一半, 即 $\frac{1}{2}p_{\max}$, 将选出的水泵作为第一泵组, 得到能够覆盖的波动范围为 $\left[\frac{1}{4}p_{\max}, p_{\max}\right]$;

(3) 选择水泵的额定功率为上一步骤中能够覆盖的波动范围的下限的一半, 即 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}p_{\max}$, 将选出的水泵作为第二泵组, 得到能够覆盖的波动范围为 $\left[\frac{1}{16}p_{\max}, \frac{1}{4}p_{\max}\right]$;

(4) 重复选择水泵的额定功率为上一步骤中能够覆盖的波动范围的下限的一半直到能够所选择的水泵能够覆盖最小的输出功率 p_0 。

2. 根据权利要求 1 所述的随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法, 其特征在于, 所述第一泵组和第二泵组均为两个相同的水泵共管并联而成。

3. 根据权利要求 1 所述的随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法, 其特征在于, 所述的随机波动能源为风能或太阳能。

随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵配比方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电气技术领域中的随机波动能源 - 抽水蓄能系统,特别是涉及一种随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵配比方法。

背景技术

[0002] 风电和太阳能发电的随机性和波动性给接入的电网的安全稳定运行带来了挑战。为了保证电网按照要求稳定的运行,在将随机波动的新能源接入到电网中时必须采用适当的控制方法。利用储能装置进行缓冲,减少可再生能源的波动性是最有效的解决方案。其中抽水蓄能由于其技术成熟,在有地理条件的地区成为了储能的首选。抽水蓄能可以接于大电网作为系统调峰使用,也可接于波动电能入网口,水泵变速运行以直接平滑可再生能源的电能波动减小对系统的影响。还可以将抽水蓄能直接与波动的可再生能源连接,将波动电能转化成常规的水电,接入电网或给区域供电,以这种方式进一步提高电力生产中可再生能源的利用比例。

[0003] 截至目前,国内外已经对风电 - 抽水储能技术作了大量的研究,也发表了很多的论文,然而针对大容量风能(兆瓦级以上)与抽水蓄能组成独立系统的研究几乎没有,也未见研究波动风能与抽水水泵的配比论文。现有研究的小容量风机 - 水泵都是单机对单泵的系统,很多都将重点放在了其中变换器的控制设计上,研究系统运行的可行性。以及如何提高变压器、整流器、逆变器等功率变换的效率。另外,在抽水储能领域的专利技术也很少,如审定公告日为 2007 年 10 月 31 日,公开号为 CN200968261Y 的中国专利“风力抽水储能发电装置”,采用的是气压水泵而非现在常用的电动水泵;如审定公告日为 2010 年 2 月 24 日,公开号为 CN101656423A 的中国专利“光风水互补式抽水蓄能发电调峰装置”主要是从系统的角度提出了一种调峰方案;如审定公告日为 2007 年 6 月 20 日,公开号为 CN1982703A 的中国专利“组合风力发电和抽水蓄能水力发电系统的系统和方法”也是从系统的角度提出了一种风力发电和水泵抽水蓄能水力发电相结合的系统配置方案,对于如何使用水泵来覆盖风能的变化并没有说明,只是简单的提到采用一台变速泵抽水储能。

[0004] 虽然抽水储能技术现在已经比较成熟了,但是与接入电网的抽水蓄能系统不同,风能的波动性和间歇性使水泵无法保持在额定的工作点运行,需要变速运行。受水泵调速运行效率和范围的限制,大范围的功率波动会带来水泵运行的低效率并且当波动电能较小时难免会停止工作,造成能量丢弃。因此,泵的合理组合及与波动电能的配比对于提高整个系统的运行效率和系统效益有着至关重要的作用。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法,可以使水泵保持运行在最大效率点附近,提高系统的效率。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提供一种随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法,包括以下步骤:

- [0007] (1) 确定随机波动能源的输出功率变化范围,确定最大输出功率为 p_{\max} ;
- [0008] (2) 选择水泵的额定功率为随机波动能源的输出功率中最大输出功率的一半,即 $\frac{1}{2}p_{\max}$,将选出的水泵作为第一泵组,得到能够覆盖的波动范围为 $\left[\frac{1}{4}p_{\max}, p_{\max}\right]$;
- [0009] (3) 选择水泵的额定功率为上一步骤中能够覆盖的波动范围的下限的一半,即 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}p_{\max}$,将选出的水泵作为第二泵组,得到能够覆盖的波动范围为 $\left[\frac{1}{16}p_{\max}, \frac{1}{4}p_{\max}\right]$;
- [0010] (4) 重复选择水泵的额定功率为上一步骤中能够覆盖的波动范围的下限的一半直到能够所选择的水泵能够覆盖最小的输出功率 p_0 。
- [0011] 所述第一泵组和第二泵组均为两个相同的水泵共管并联而成。
- [0012] 所述的随机波动能源为风能或太阳能。
- [0013] 有益效果
- [0014] 由于采用了上述的技术方案,本发明与现有技术相比,具有以下优点和积极效果:采用本发明的方法后,水泵的工作效率得到提高,可始终在最大效率点附近运行,而且水泵运行能够覆盖的电能波动范围大大增加。同时在一定程度上也增强了整个系统的故障承受能力,即当某台或者某组水泵因故障停止工作后可以切换到其它的功率相当的泵组继续工作。

附图说明

- [0015] 图 1 是本发明实施例中泵与管路的特性曲线图 ;
- [0016] 图 2 是本发明随机波动能源 - 抽水蓄能系统的结构示意图 ;
- [0017] 图 3 是本发明随机波动能源 - 抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法示意图。

具体实施方式

[0018] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0019] 本发明提出一种随机波动能源(如风能)-抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法,可以使水泵保持运行在最大效率点附近,提高系统的效率。根据实际的波动能源(如风能、太阳能)情况运用该方法合理的配置水泵可以将波动能源的利用率提高到最高,甚至可以将其全部覆盖,从而增加波动能源的利用率。

[0020] 如图 1 所示,为离心水泵和管路的特性曲线图。从管路-流量特性曲线 H_c-q_v 可以看出,对于一定的管路系统(尺寸和材料等都相同)来说,流量与扬程成正比,通过的流量越多,阻力越大,需要外界提供的能量也越多。对水泵而言,其主要特性曲线有三条:扬程-流量特性曲线、效率-流量特性曲线、轴功率-流量特性曲线。从泵-流量特性曲线 $H-q_v$ 可以看出,当转速一定时泵的每一流量 q_v 都对应一个扬程 H ,并且它们是成反比的;泵的效率对应一定流量有一段高效率区,且额定值附近效率最高;泵的轴功率与流量成正比

关系。当转速改变时,三条曲线都会发生变化。一般近似认为:流量 q_v 与转速 n 成正比;扬程 H 与转速的平方 n^2 成正比;泵的输入功率 p_{sh} 与转速的立方 n^3 成正比。由于泵的实际运行工作点是由泵的特性曲线和管路的特性曲线的交点所确定的,因此,当转速 n 变化时, $H-q_v$ 曲线就会和 H_c-q_v 曲线有一个新的交点,即新的运行点,此时流量和扬程也会改变。根据相关原理,如果泵的转速在额定值附近降速变化范围很小,即小于其额定转速的 20%,那么泵的效率下降也非常小;因而水泵在这个范围内的调速运行可以保证使其工作在高效率区。此外,泵并联后的总流量等于并联各泵流量之和,且并联后的扬程与并联运行的各泵的扬程相等,因而在扬程一定的条件下,泵并联运行可以增加系统的抽水量。

[0021] 如图 2 所示,为本发明随机波动能源-抽水蓄能系统的结构示意图。所述的随机波动能源-抽水蓄能系统主要包括随机波动能源(如风能、太阳能)、输电装置、数字切换开关、泵组、管道、下水库和上水库等。其中输电装置包括升压变压器、降压变压器、变换器和输电线等;泵组包括多组不同额定功率等级的并联运行的水泵。该系统中随机波动能源产生电能经输电装置和数字切换开关传送到相应功率等级并联运行的水泵,然后水泵将下水库(地势较低处)的水抽到上水库(地势较高处),从而达到抽水储能的目的。不同于传统抽水蓄能系统之处是抽水系统由 2-3 组泵组组成,其中每组为两个相同的泵共管并联运行,不同组水泵的额定功率等级不同。根据上面介绍的泵和管路的特性以及实际的随机波动能源情况,合理的配置泵组,运行中,根据输入功率的大小,切换泵的启停,可以使水泵保持运行在最大效率点附近,尽可能提高系统的总流量,同时泵的输入功率可以覆盖间歇性波动能源的全部波动范围,从而提高波动能源的利用率。此外,在充分利用波动能源的同时,保证泵的规格数最少,便于运行管理。

[0022] 如图 3 所示,为本发明随机波动能源-抽水蓄能系统中波动电能与水泵的配比方法示意图,在此以 5 台 2MW 风机为例详细说明波动电能与水泵的配比方法,该方法也适用于其它随机波动能源(如太阳能或风光组合)。图中横坐标为风速,纵坐标为对应的风机的总输出功率;以波动电源的一个上升波段为例,其中 p_0 为风机的切入功率,即波动电源的最小输出功率,此处最大输出功率为 10MW。1#、2#、3#、4#、5# 为水泵的编号,1、2 号泵为相同的两个大功率泵,组成第一组;3、4 号泵组成第二组;5 号泵为第三组。水泵组数的确定不仅要保证水泵的数量和型号数最少,也要使系统最大范围的覆盖随机波动能源。各组泵的规格选择方法如下:

[0023] (1) 确定风场的输出功率变化范围,最大功率 p_{max} 和最小功率 p_{min} 。

[0024] (2) 可以选择水泵的额定功率为 $\frac{1}{2}p_{max}$,而由前面的分析可知 80% 的转速对应的水泵的功率大约为其额定功率的 50%,所以额定功率为 $\frac{1}{2}p_{max}$ 的水泵能够覆盖的风电波动范围

为 $\left[\frac{1}{4}p_{max}, p_{max} \right]$ 。因此,对于 5 台 2MW 的风机我们可以选择 2 台 5MW 的水泵(1# 和 2#) 作为第一组泵调速运行。在 5 至 10MW 输入功率时两泵并联调速运行,5 至 2.5MW 时一台泵单独调速运行(如图示)。它们能够保持高效率运行的功率范围为 2.5MW 到 10MW。

[0025] (3) 选择额定功率为 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}p_{max}$,即 $\frac{1}{8}p_{max}$ 的 2 台水泵作为第二组泵,它们能够保持

高效率运行的功率范围为 $\left[\frac{1}{16}P_{\max}, \frac{1}{4}P_{\max}\right]$ 。因此,对于 5 台 2MW 的风机我们可以选择 2 台 1.25MW 的水泵 (3# 和 4#) 作为第二组泵调速运行,它们能够保持高效率运行的功率范围为 [0.625MW, 2.5MW]。

[0026] (4) 重复以上步骤,直到所选择的水泵能够覆盖最小的风机输出功率 p_0 。图中 p_0 大约为 0.3MW,所以第 3 组泵只需要一台额定功率大约为 0.625MW 的水泵 (5#) 调速运行就可以覆盖全部风电了。

[0027] 这样选择泵组的结果,可以使得抽水系统通过泵的调速控制和切换运行满足波动能源条件下的工作要求。最大限度的利用波动的可再生能源。

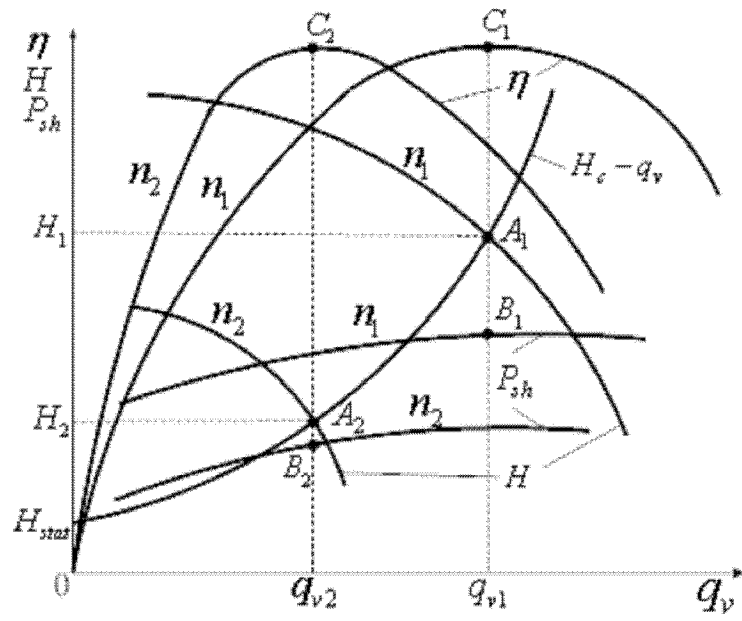


图 1

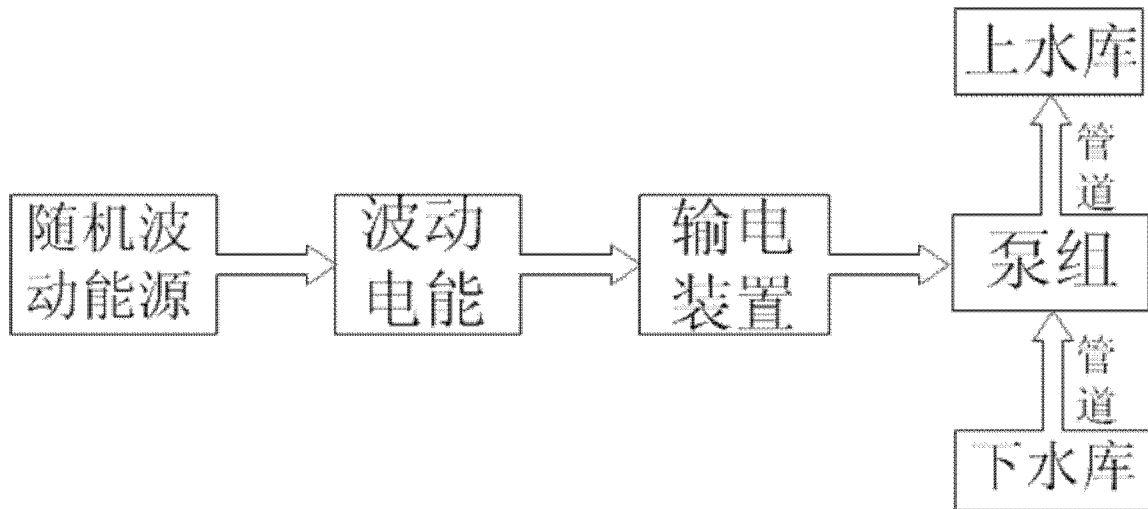


图 2

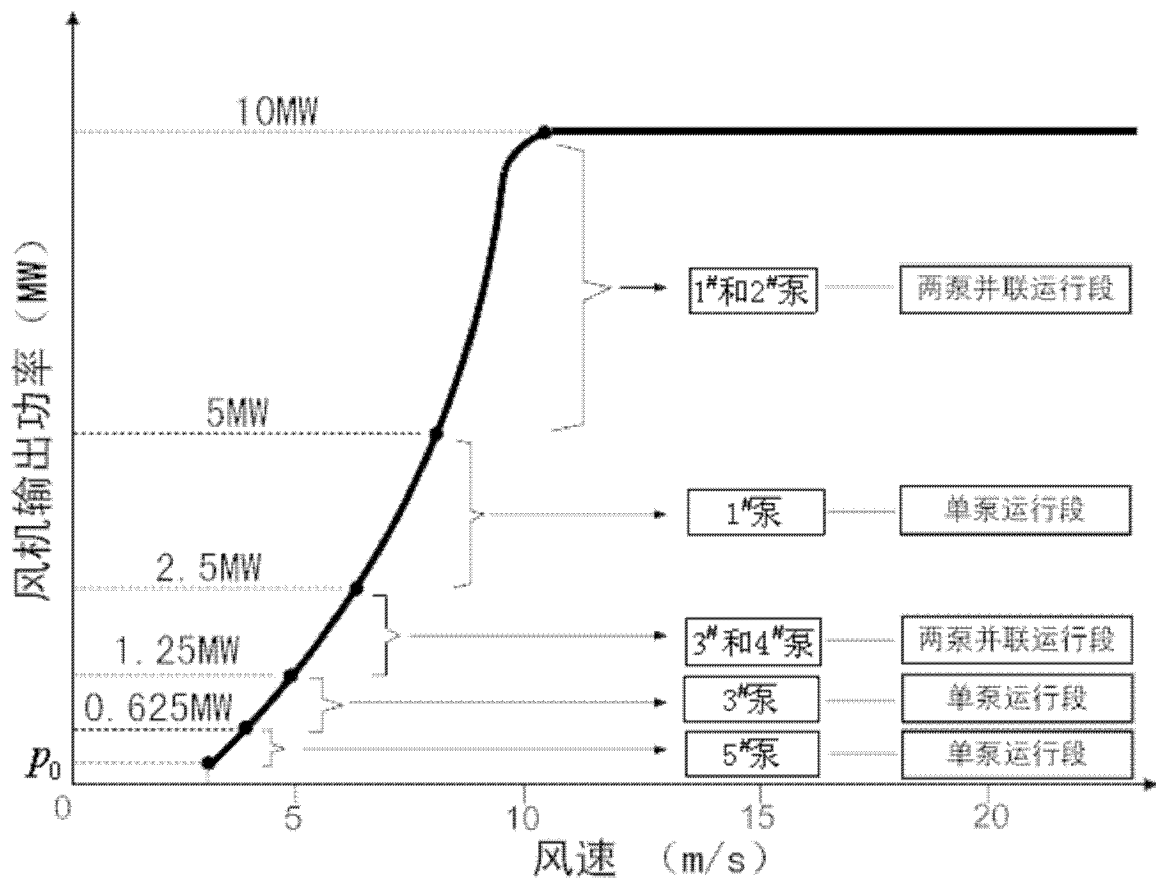


图 3