

③

新能源, 1994, 16(2), 20~23

20~23 潮汐能利用新方法——水力离子气体发电

左 然 TM615

(清华大学工程力学系, 北京 100084)

A

摘要 本文探讨了一种新的潮汐发电方式——水力离子气体发电, 即先将潮汐能转换为压缩空气能, 然后用此压缩空气推动带电离子克服电场力做功, 从而将气体动能转换为电能。文章重点探讨离子气体发电装置及其存在的问题, 并提出了解决的方法。

1 引言

潮汐能正在与太阳能、风能、氢能等新能源一起, 作为无污染的取之不尽的能源受到人们重视。目前的潮汐发电站, 均利用传统的水轮机发电, 难以适应潮汐的一些特点, 使其应用受到限制。例如, 水轮机最佳工作状态要求高水头, 但潮汐水头通常不超过10m, 潮汐有间歇性, 造成发电不均衡和储能困难; 建造庞大的拦水坝和水轮机房需要大量的一次性投资等。这些问题使潮汐能难以同火力、水力等能源相竞争, 目前全球潮汐能仍处于待开发的状态。

人们正在探索潮汐能的开发利用新方法, 水力气动法(hydropneumatic)^[1,2]和潮汐-磁流体法(tidal-MHD)^[1]都属于这类新方法, 前者是利用一种特殊的双向气室-重力门机构将潮汐动能转换为压缩空气, 然后用此压缩空气推动空气透平, 带动传统发电机发电。这种方法适合潮汐低水头, 并可将压缩空气贮存起来, 在潮汐能处于低谷时继续提供能源。但此法采用空气透平和传统发电机, 效率不高, 而且投资大。后一种方法利用海水的弱导电性, 让海水在潮汐作用下进入具有强磁场的管道, 在洛伦兹力作用下, 产生电流输出。此法具有结构简单、无高温、无运动部件等优点, 但由于要强磁场(特斯拉量级), 需用超导磁铁才能实现, 所以有

待超导技术取得突破, 才有可能实用化。

本文介绍的这种水力离子气体发电, 是一种新型潮汐能发电方法, 其发电原理如图1所示。它是首先利用前述的水力气动法产生压缩空气, 然后让压缩空气通过一个渐缩管, 获得高速气流。渐缩管末端装有电极, 在较高电压下, 空气部分电离。高速气流与此电离空气相遇, 正负离子分离, 从而产生电流输出。这种方法利用了水力气动法, 储能容易, 适宜潮汐发电, 而且发电装置没有任何运动部件、无高温、不需要电磁铁、结构非常简单, 因此对于开发利用潮汐能具有极大的潜力。

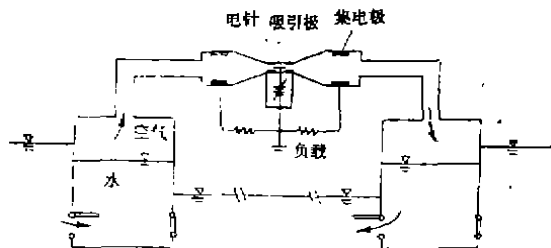


图1 水力离子气体发电原理图

左侧腔室进水后, 气体被压缩; 右侧腔室排水后, 迫使气体由左向右运动, 推动单级离子克服电场力做功, 潮汐能转换成电能。

2 离子气体发电法及其存在的问题

这种水力离子气体发电可分为两步。第一步是把潮汐能转换为压缩空气能, 这在技术上较易实现^[1,2]; 第二步是把压缩空气能

转换为电能,这是离子气体发电法的关键,这里将做较为详细的论述。

离子气体发电起源于60年代初的美国^[3-5],国外称为电动气体(EGD)发电,本文称为EGD发电。由于这种发电靠的是带电离子与气体的相互作用,故称为离子气体发电更为合适。如图1,中性气体在差压作用下流过装有针状电极和吸引极的腔室,在高电压作用下,电极周围产生电晕,即靠近电极的气体被电离。正离子和电子分布在以针状电极为圆心的不同半径内。中性气体在流动中与离子发生碰撞。碰撞后,正离子获得动能,从而随气体一起运动;电子则由于质量极小、迁移率极大,不会与中性分子发生能量交换。这样,正负离子在气体碰撞后发生分离,正离子克服电场力作用后进入集电极,同时做功,从而气流的动能直接转换为电能。

在EGD发电机中,静止管道取代了传统透平中的巨大转子,固定于管道中的电极取代了传统发电机中的旋转磁极和线圈,所以安装、操作、维修都非常简单。因此,EGD法从60年代初问世就受到广泛重视,美国、欧洲、日本先后对此进行了大量的研究^[3-7],我国清华大学、机械工业部机电研究所等亦曾在70年代中期开展了研究。由于EGD与水力气动法结合具有很大优势,美国东北大学机械工程系目前正与电子工程系合作开展这方面的研究。

但到目前为止,EGD方法仍然停留在理论上和实验室里,在实际应用时作为发电

方式碰到了很大的困难,其原因主要是:

①当正离子与中性气体分子碰撞而向集电极运动时,受到集电极正电场的排斥,有反向运动趋势。设气流速度为 u ,正离子迁移率为 k ,轴向电场强度为 E_x ,则离子的绝对速度 U 可以表示为:

$$U = u - kE_x$$

显然,如果 k 值较大,当 E_x 大到一定程度时, U 可以减小为零,从而不能达到发电的目的。

②在正离子向集电极运动过程中,正离子之间发生相互排斥。由高斯定理可知,管道中存在一个由管心指向管壁的径向电场 E_r ,一部分正离子在此电场作用下,在到达集电极之前就会沉淀在管壁上。这就降低了输出功率,而且易使吸引极与集电极短路。

③推动离子做功的高速气体,都来自高温燃烧气体,因此对材料的耐高温、耐腐蚀性能有很高的要求,并耗费了矿物能源。

④单级EGD发电管的输出功率很低,理论分析和实验测试其最大输出功率只有瓦数量级^[4]。为获得有实用价值的电力输出,必须将多级EGD发电管串并联,从而大大增加了结构的复杂性和造价。

3 改进的方法

对EGD发电存在的上述问题,已做过大量研究,寻求解决办法。作者在前人研究的基础上,结合水力离子气体发电的特点,对EGD存在的问题,提出了如下改进方法。

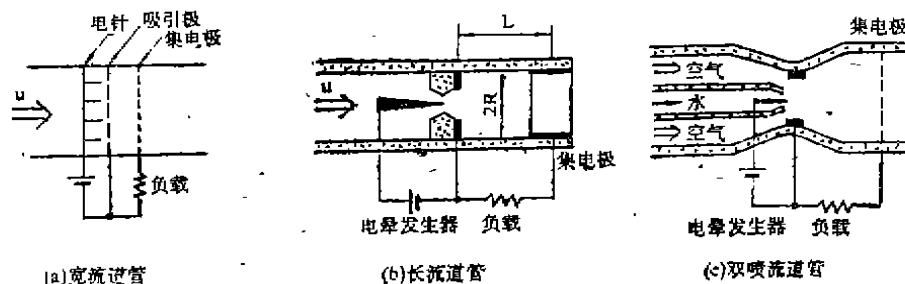


图2 EGD发电管的设计

①为了减小离子的迁移率,通常在气体中掺入杂质粒子(如尘粒、冷凝液滴等),增大带电粒子的质量,从而减小其迁移率。对于水力离子气体发电,可以直接利用气体的高速运动产生压差,吸引海水呈雾状喷出,如图2(C)。水雾将以离子为核心形成带电液滴,则迁移率大大降低。

②EGD发电管通常可以设计成宽流道、长流道和双喷流道三种(图2)。对于宽流道发电管,粒子在管壁上的淀积最小,但受平行电极间空气击穿电压的限制^[8],每级最大压力降仅为:

$$\Delta P_{\max, \text{宽}} = \epsilon_0 E_b^2 / 2 \approx 4 \times 10^{-4} \text{ atm} \quad (1)$$

式中, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, 是空气介电常数; $E_b = 3 \times 10^6 \text{ V/m}$, 是空气击穿场强。

对于长流道发电管,每级最大压力降为:

$$\Delta P_{\max, \text{长}} = 2Le_0 E_s E_r / R \quad (2)$$

由于针状电极与电介质壁面相邻,故 E_r 可以取得很大,使空气不致击穿。另外,可以选择 $2L/R > 1$,这样就大大提高了每级最大压力降。不过,长流道发电管的壁面离子淀积严重。

双喷流道发电管兼有以上两种流道发电管的优点,离子流被气流束缚在管道中部,减小了管壁离子淀积。

③水力离子气体发电利用了EGD发电不需要高温气体的优点,同时有水力气动法提供便宜的压缩空气源,故能应用于落差较小(3~10m)的潮汐发电和河流发电。

④单级发电管出力小是EGD发电实用化的最大困难,而将成千上万个EGD发电管连接起来显然不合理。为了解决这个问题,试考虑EGD发电管的平均功率密度

$$P = JE_s$$

这里, $J = en_i U$, n_i 是离子浓度, e 是电子电荷。所以,

$$P = en_i E_s (u - kE_s)$$

可见,要增大 P ,必须增大 n_i 和 u ,减小 k 。当 $E_{s\text{最大}} = u/2k$ 时, P 达到极大。由于 u 和 k

分别受源压力和介质的限制,故最有效的方法是提高电离度 n_i 。为此,有三种方法:一是摩擦生电,使一部分动能消耗在使气体电离上,但此法不足以获得要求的电离度,还要结合外电场的作用;二是采用多级电离器,使一级发电管产生多级的效果;三是利用气体击穿时的雪崩效应。迄今设计的EGD发电管,都避免气体被击穿。分析表明,气体轴向电场强度必须限制在击穿场强之内,否则发电机会短路,失去发电作用。但在径向上,气体击穿不会影响EGD发电,而击穿后电离度的迅速增大会大大提高功率密度,并且改变了EGD发电固有的高电压、小电流性质,大大提高单级管的功率输出。在这个过程中,为避免气体击穿时能耗迅速增大,可以利用气体击穿时电压、电流的变化关系控制负载电压,使能量消耗尽可能地小。

4 结束语

潮汐发电可以采用水力离子气体发电这种新方式实现。通过双向气室-重力门结构将潮汐能转换为压缩空气能,冲击带电单向离子,克服电场力做功,实现潮汐能向电能的转换。这种发电方式的关键在于改进EGD发电管。

致谢 本项研究曾得到美国东北大学A.M. Gorlov教授的鼓励和资助,在此表示感谢!

参考文献

- [1] Gorlov A M, Zuo Ran: Some Novel Concepts in Approach to Harnessing Tidal Power, Proc Int Conf on Ocean Energy Recovery, Hans-Jurgen Krack, New York, 1989.
- [2] Gorlov A M, A New Opportunity for Hydro, Using Air Turbines for Generating Electricity, Hydro Rev, 1992, 9.
- [3] Kahn B, Gourdin M C, Electrogasdynamic Power Generation, AIAA Journal, 1964, 2, 8.
- [4] Wafsh E M, Electrogasdynamic E-

④

新能源, 1994, 16(2), 23~27

23~27 用于通信电源的TDK太阳能电池供电控制器

陈 隆 正 TM914.4

(云南半导体器件厂, 昆明 650033)

A 摘要 本文分析了通信电源对太阳能电池供电控制器的基本要求, 简要介绍了TDK控制器主要电路原理, 并采用元器件应力分析法, 预计了控制器的可靠性,

太阳能电池供电系统作为一种安全可靠的新型能源, 非常适用于无电地区的通信台站。随着太阳能电池材料、结构和制造工艺的不断改进, 配套系统的逐步完善, 太阳能电池发电成本大幅度下降。各种高性能、低功耗通信设备的陆续问世也为太阳能电池通信电源的推广创造了良好的条件。

在太阳能电池通信系统中, 控制器是联系太阳能电池、蓄电池、备用电源和通信设备的纽带, 是保证通信系统正常工作的关键设备, 其性能直接影响通信电源的供电质量和蓄电池寿命, 甚至影响通信的畅通。

云南半导体器件厂从1987年开始研制用于通信电源的太阳能电池供电控制器, 经过多年的探索和实践, 控制器性能逐渐完善, 可靠性提高, 越来越多地应用于电力、邮电和军队等通信部门。TDK控制器的适用功率从最初的数百W_p, 发展到目前的12kW_p。仅西藏邮电部门近两年就订购我厂TDK控制器23台。安装在山西雁门关的TDK10kW_p控制器已用于山西省数字微波干线工程, 并通过省级验收。在广东珠海桂山岛上的12

kW_p TDK控制器已投入为香港、澳门间的移动通信服务。

1 通信电源对太阳能电池供电控制器的基本要求

①为了确保通信畅通, 控制器工作必须可靠, 其可靠性指标应超过通信设备的可靠性^[1] (地面战术通信设备MTBF大约为1500~2500h, 移动通信设备MTBF约为2000h左右^[2])。

②在太阳能电池供电系统中均采用太阳能电池与蓄电池并联供电方式, 在阳光充足时, 太阳能电池通过控制器对蓄电池充电和对通信设备供电。当阳光减弱或无阳光时, 能通过控制器接通备用电源, 或让蓄电池组单独对负载供电, 从而保证通信电源不中断^[3]。由于在通信电源中广泛使用的铅酸蓄电池抗过充电和过放电能力较弱, 控制器应能避免蓄电池出现过充电和过放电^[4]。

③太阳能电池通信电源系统适用于无人值守台站, 因此控制器应具有遥信报警功能,

ergy Conversion, IEEE Spectrum, 1967, 5.

[5] Lawson M I, Ohain H V. Electrophoretic Fluid Dynamic Energy Conversion: Present Status and Research Areas. ASME J Eng for Power, 1971, 93A.

[6] McCluskey F, Atten P. Entrainment of an Injected Unipolar Space Charge

by a Forced Flow in a Rectangular Channel, J Electrostatics, 1984, 15.

[7] Sato M. Study of the Optimal Process to EHD Power Generation. Elect Eng in Japan, 1991, 11:2.

(原稿1993年11月30日收到)