

液压传动浮力摆式半物理试验

刘涛滔

东北大学应用物理学, 沈阳

摘要 | 将液压传动应用于波浪能转换装置, 并提高能量转换稳定性及转换效率是波浪能开发的热点。文中介绍了基于液压传动的独立浮力摆式波浪能发电系统的结构及工作原理, 分析了通过蓄能器、负载控制及变量液压马达排量控制提高系统能量俘获效率及能量输出稳定性的原理。在联合仿真环境下建立了系统整机模型进行计算机仿真, 然后进行了半物理试验仿真。计算机和半物理试验仿真的结果表明, 基于所述调控原理的浮力摆式波浪能发电系统的能量转换效率及能量输出稳定性得到了提高, 验证了调控原理的正确性。

关键词 | 液压传动; 波浪能; 浮力摆; 蓄能稳压; 排量控制; 负载控制; 半物理试验

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

近几十年来, 波浪能发电技术取得了迅速发展, 各国科技工作者开发了各种波浪能发电系统, 部分已经建成试验电站。中国海岸线长, 但波浪能流密度较小, 摆式波浪能装置转换效率较高。因此, 利用其发电有助于海洋开发和海防建设, 有助于解决能源问题。摆式波浪能发电技术最早是由日本室兰工业大学提出的, 其原理是将摆体作为一级能量转换机构, 在波浪作用下摆体随着

作者简介: 刘涛滔, 东北大学应用物理学, 硕士。

文章引用: 刘涛滔. 液压传动浮力摆式半物理试验 [J]. 现代物理进展, 2021, 3(2): 24-28.

<https://doi.org/10.35534/amp.0302008c>

波浪摆动,将波浪能转换成摆体的动能。液压装置与摆体相连,将摆体的动能转换成液压装置的液压能进而带动发电机发电。英国爱丁堡大学将液压传动应用到海蛇号波浪能转换装置并进行了小型样机的实验室试验。文献对基于液压传动的振荡浮子式波浪能转换装置的控制策略进行了研究。目前,用液压传动特点平缓输出捕能装置吸收的不稳定波浪能以及提高能量转换效率是波浪能发电亟待解决的重要问题。设计并制造了基于液压传动的双行程浮力摆式波浪能发电装置试验样机,在此基础上本文对液压传动环节能量稳定输出、电气环节恒频运行的调控原理以及通过排量控制调节系统动力输出装置阻尼值提高能量转换效率的方法进行了研究,对波浪能转换装置进行了整体仿真,并搭建试验平台对发电装置进行了半物理仿真试验研究。

2 系统组成及控制原理

2.1 系统组成

从功能上看,系统由以下几部分组成:①由倒置摆、沉重底板等构成的机械部分;②由液压缸、溢流阀、单向阀、蓄能器及变量液压马达等组成的液压子系统;③由三相永磁同步发电机、整流器、直流变换器、蓄电池及卸荷负载等组成的电气子系统;④由可编程逻辑控制器、上位机监控系统、传感器及驱动电路等组成的测控子系统。系统中机械子系统及液压缸放置在水下,其余部分放置在水面以上。从能量转换的角度看,浮力摆式波浪能发电装置所捕获的波浪能共经历4次能量形式的转换。首先,机械部分浮力摆捕获波浪能,将其转换为机械能并作用到液压子系统,液压缸将摆体运动的机械能转换为液压能,液压油通过软管输出,流经蓄能器后输出到变量液压马达,变量液压马达将液压能转换为机械能,驱动发电机发电,从而实现机械能至电能的转换。

液压系统环节包含2个回路,一个是采用液压缸实现能量传递的闭式主回路,另一个是补油回路。变量液压马达入口连接主回路,出口连接辅助回路,两回路均有蓄能器,液压原理见附录A。

2.2 控制原理

双行程浮力摆式波浪能发电系统中, 液压力子系统的主回路和辅助回路分别采用了大容量蓄能器, 吸收波浪能输入中的能量波动再将其释放, 平缓波况变化引起的能量冲击, 使变量液压马达输出较为平稳, 进而实现能量的稳定输出。

对独立运行的波浪能发电系统来说, 由于有直流变换电路及蓄电池组, 发电机的频率并非严格要求控制在 50 Hz。但从发电机的角度考虑, 工作在额定转速下效率更高。同时, 通过电气手段将发电机转速维持在一个目标转速, 在波浪突变时有较短的响应时间, 稳定发电频率的同时起到保护电机及马达的作用。将目标转速设定为发电机的额定转速, 控制器根据转速偏差调节负载大小, 改变发电机转速, 从而实现发电机的恒频输出控制。如上所述, 蓄能器的作用使得系统的压力变化缓慢。如果变量液压马达定排量运行, 当作用在浮力摆上的波浪能输入过大时, 可能会使系统内部压力过大, 导致系统溢流, 浮力摆捕获的能量将损失, 降低了能量转换效率; 在波浪能输入较小时, 又可能出现蓄能器蓄能稳压作用不明显的情况。俘获效率定义为平均吸收功率与单位宽度范围内入射波浪功率之比, 可用来评价波浪能发电装置的水动力性能。

2.3 仿真结果

当系统未采用任何控制手段时, 系统压力波动范围为 0 ~ 15 MPa, 波动周期与系统输入周期相符。在一个波浪周期中, 双行程浮力摆式波浪能发电系统两边液压缸各工作半个周期, 因此每半个波浪周期会出现一个系统压力峰值。利用蓄能器实现液压力子系统的蓄能稳压方案中, 在液压力子系统中采用大容量蓄能器, 在仿真程序中合理设置其参数进行仿真, 采用同样的系统输入, 系统压力波动情况如图 4 中虚线所示。系统压力在 2.5 s 左右上升, 此时液压力子系统处于初始状态, 在 2 个周期后系统压力基本稳定在预设定压力。当系统采用定排量定负载时, 排量及负载的取值会得到不同输出。采用蓄能稳压及负载控制的情况下, 仿真对比了定排量与排量控制时的系统运行情况。

当波浪输入偏小, 变量液压马达排量设定为 60 mL/r, 发电机转速出现了较大波动, 即使在负载控制的情况下, 最高转速和最低转速差仍超过 150 r/min,

如图6(a)所示。当采用排量控制时,发电机转速在300 r/min附近波动,幅度小于4 r/min。可知当变量液压马达排量一定时,面对不同的波浪能输入,系统可能无法保持能量稳定输出或输出效率较低,而采用排量控制的情况下,系统转换波浪能的效率更高,输出更为稳定。

3 半物理试验研究

在浮力摆式波浪能发电装置的研究中,进行下海试验成本昂贵且风险极大。因此,设计了半物理仿真平台进行实物验证,有助于波浪能发电装置的进一步研究。侧,通过铰接机构与浮力摆和支座相连。试验中采用了液压泵站驱动第3个液压缸作为主动液压缸,模拟波浪能输入,带动浮力摆来回摆动。半物理试验中对样机进行了一系列测试。因设备问题,实际系统采用的输入较难控制,其所施加的力相对于仿真中的输入较小且波形无法达到计算机仿真中的稳定性及连续性,每半个波浪周期都要暂停然后换向,所以系统压力值和功率值出现间断。但从每个波浪周期的角度看,系统压力值上升并且在后半周期趋于稳定,其变化趋势与仿真结果相同。

4 结语

本文介绍了基于液压传动的双行程浮力摆式波浪能发电装置的工作原理,针对波浪能波动的能量输入,分析并通过仿真验证了通过大容量蓄能器稳定和控制液压能传输,通过排量控制技术提高能量捕获效率,以及通过负载控制技术调节发电机转速,提高波浪能到电能的能量转换效率及稳定性的方法。通过计算机仿真试验发现,基于上述调控原理的波浪能发电装置在规则波情况下具有较为理想的控制效果,在真实系统上通过半物理试验验证了系统设计及调控原理的可行性,为系统的进一步优化及下海试验提供了参考。

参考文献

- [1] 游亚戈,李伟,刘伟民,等.海洋能发电技术的发展现状与前景[J].电力系统自动化,2010,34(14):1-12.

- [2] 张大海. 浮力摆式波浪能发电装置关键技术研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [3] 吴必军, 游亚戈, 马玉久, 等. 波浪能独立稳定发电自动控制系统 [J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (24) : 75-79.

Semi-physical Test of Buoyancy Pendulum in Hydraulic Transmission

Liu Taotao

Applied Physics, Northeastern University, Shenyang

Abstract: Applying hydraulic transmission to wave energy conversion device and improving the stability and efficiency of energy conversion are the hot points of wave energy development Points. In this paper, the structure and working principle of an independent buoyancy pendulum wave power generation system based on hydraulic transmission are introduced Energy, load control and variable hydraulic motor displacement control to improve the system energy capture efficiency and energy output stability of the principle. In the united The model of the whole system was built and the simulation was carried out. Computers and half-things The simulation results show that the energy conversion efficiency and energy transmission of the buoyancy tilting wave power generation system based on the control principle The stability of the output is improved, which verifies the correctness of the control principle.

Key words: Hydraulic transmission; Wave energy; Buoyancy is placed; Energy storage and pressure stabilization; Displacement control; Load control; Semi-physical test