

# 一种通用潮流能发电装置远程监控系统的设计与实现

张其利, 何隆英, 赵 阳, 孙 超, 张雪明, 郭景富

(东北师范大学, 吉林省先进能源开发与应用创新重点实验室, 长春 130024)

**摘 要:** 为保证潮流能发电装置的稳定性与可靠性需配备实时或准实时监控系统, 该文针对潮流能发电装置原理及实际工作情况, 设计一种远程实时监控系统, 通过该系统可实时监测潮流能发电装置运行过程中的各项基本参数, 从而有效判断发电装置的工作状态。监控系统前端通过读取智能仪表实现数据采集, 采用 GPRS 模块实现远程数据传输; 监控系统后台使用 PostgreSQL 数据库实现数据存储。另外, 使用 LabVIEW 软件设计人机界面, 通过调用后台服务器数据可清晰直观地监测整个潮流能发电装置的运行情况。实际测试和应用表明, 该监控系统能够可靠地把现场数据实时传输到后台数据库服务器中, 验证该系统可作为监控潮流能发电装置工作状态的有效手段。

**关键词:** 潮流能电站; 电力参数检测; 无线通讯; 分布式数据库; 人机界面

**中图分类号:** TK01<sup>+</sup>2; P742 **文献标识码:** A

## 0 引 言

海洋可再生能源因其蕴藏量丰富近年来备受关注, 潮流能则因其可预见的规律性成为海洋可再生能源利用的热点, 各种潮流能发电装置层出不穷<sup>[1,2]</sup>。目前国内研制的潮流能发电装置大多独立运行, 离散分布在无人区或无专业人员看守的区域, 因此给了解设备运行状况及设备的维护带来不便<sup>[3]</sup>。由于潮流能发电装置是利用潮汐或海流作为动力的来源, 其电力输出本身就具有一定的周期性和波动性。为保证潮流能发电装置的稳定性与可靠性, 需实时了解发电装置的各项参数, 其中包括发电机的输出电力参数、发电机的转数、蓄电池组的荷电状态、发电机组的累积电功等, 并及时排除系统的潜在隐患。远程监控系统作为潮流能发电装置的辅助系统, 对于保障潮流能发电装置的可靠运行具有重要意义<sup>[4]</sup>。

目前潮流能发电装置的远程监控系统大多由发电装置的研制单位自行设计, 其前端数据采集、数据通信链路和数据存储方式各不相同, 很多潮流能发电装置甚至未安装远程监控系统, 无法保证发

电系统的长期稳定运行<sup>[5]</sup>。一些安装了远程监控系统的潮流能发电装置大多采用搭建无线电台的方式进行监控数据的传输, 监控数据采用文本文件或 Excel 表格进行数据存储<sup>[6,7]</sup>。采用自行设计的电路进行数据采集, 无法保证采集数据的通用性和标准性, 缺乏说服力。而一些使用无线电台进行数据通讯的监控系统, 通信时需要收发双方固定在同一个频率上, 数据传输的稳定性、可靠性均存在一定问题<sup>[8,9]</sup>, 并且数据传输距离也有一定限制。监控数据采用文本格式或 Excel 表格存储数据会造成数据查询、分析和管理的不便, 一旦文件损坏, 甚至会造成数据永久性丢失<sup>[10-12]</sup>。

针对上述潮流能发电装置远程监控普遍存在的问题, 本文设计一种通用型潮流能发电装置远程监控系统。监控系统前端通过读取标准电力仪表获得发电系统电力参数; 系统通信部分以 GPRS 信号为通信链路, 信号覆盖范围广、数据传输速度快。监控系统后台数据存储采用标准数据库服务器作为监测数据储存介质, 方便用户直接查询实时数据或使用数据分析软件调用数据。数据库服务器配置成 raid1 或 raid5 模式, 具有数据自动备份功

收稿日期: 2016-08-12

基金项目: 国家海洋能专项资金(GHME2016YY03); 吉林省科技厅项目(20170204080GX); 吉林省发改委省级产业创新专项资金(2016C059); 吉林省教育厅项目(吉教科合字[2016]508号)

通信作者: 郭景富(1968—), 男, 博士、教授, 主要从事海洋环境监测方面的研究。guojf217@nenu.edu.cn

能,即使硬盘损坏也能从备份数据中进行恢复,可增强系统的可靠性。使用 LabVIEW 软件设计人机界面,包括图象、图表、数字 3 种显示方式,可增强监控数据的可视化程度,并利用颜色区分监控数据,减轻工作人员的工作压力。

## 1 系统设计

### 1.1 潮流能发电装置

潮流能发电装置一般由透平、发电机、储能电池组、逆变器等组成。其中透平将海流的平动动能转换成叶轮旋转动能,并驱动发电机转动,海流发电机一般输出三相交流电。由于潮流的周期性变化使得发电机输出的电压和频率会随着潮流的变化出现波动,因而无法直接供用户使用,一般采用蓄电池组进行能量储存,再由逆变器将蓄电池组输出的直流电逆变成交流电供用户使用。由于发电机输出的是交流电,利用蓄电池进行电能的存储还需要三相整流电路将交流电变换为直流电,为保证蓄电池组的工作寿命,需要了解电池组的充电和放电电流,掌握蓄电池组的荷电状态,并由充放电控制电路根据荷电状态对电池组的充放电进行控制,在电池组满电时启动泄荷电路,在电池组严重欠电时切断电池组与逆变器的连接,防止电池组因过充和过放而损坏。本设计采用的潮流能发电装置如图 1 所示。

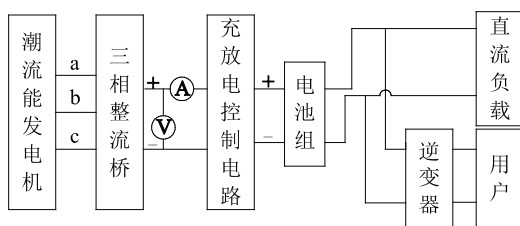


图 1 潮流能发电装置

Fig. 1 Tidal current energy conversion

### 1.2 监控系统总体方案设计

根据上述潮流能发电装置的组成结构,可确定需要监测的内容包括海流发电机输出的电压、电流、频率、功率、累积发电量等参数以及储能电池组的端电压、充电电流、输出的电流、泄荷负载的电流等参数。对这些参数的远程监测包括:1)参数的获取;2)远程数据的传输;3)监测数据的存储;4)监测数据的访问与查看。监测参数通过智能电力仪表

和数据采集系统取得。远程数据通信拟采用目前成熟的 GPRS 网络。移动的基站采用小区制,覆盖范围几公里,而联通采用大区制,可覆盖几十公里。一般情况下,不是太偏远的海岛均可覆盖到,可在确定系统通信方案前通过查看手机信号的强弱来判断是否可采用这种方案。距离大陆过远的区域可采用卫星通信的方案。监测数据的存储通过具有固定 IP 地址的服务器采用 PostgreSQL 数据库来实现。数据的监测采用 LabVIEW 通过开放数据库连接(open database connectivity, ODBC)等方式访问和查看潮流能发电装置的实时运行数据和状态。监控系统总体结构流程如图 2 所示。

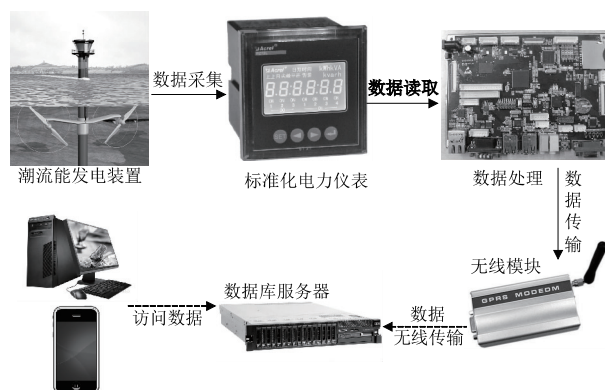


图 2 系统结构流程图

Fig. 2 System structure flow chart

## 2 监控系统实现

### 2.1 数据采集

前端数据采集可分为交流参数和直流参数。交流参数测量采用 LU-192 系列智能电力监测仪。该智能电力监控仪表支持国际标准 MODBUS-RTU 协议,可对电网中的电压、电流、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、频率、电能等常用电参数进行测量。直流参数测量采用 HY195 系列直流电压电流表,同样支持国际标准 MODBUS-RTU 协议。

前端处理器与各个电力仪表之间通过 RS-485 连接。在使用各仪表之前,需设置自身的访问地址,前端处理器通过各个地址访问仪表,并使用 MODBUS-RTU 协议读取上述仪表的参数完成前端数据采集。以 HY195 系列直流电力仪表为例,通过 04 功能码可实现对仪表读取:

主机请求:地址 + 命令 + 数据地址 + 数据长

度+CRC 校验

1byte+1byte+2byte+2byte+2byte

从机响应:地址+命令+数据长度+数据信息+CRC 校验

1byte+1byte+1byte+nbyte+2byte

对直流电流表的读取的命令帧:

地址	命令	起始地址	寄存器数	校验码
01H	04H	00H,00H	00H,02H	71H,CBH

电表的应答帧:

地址	命令	长度	数据段	校验码
01H	04H	04H	11H,94H,00H,03H	FFH,55H

其中数据段中的数据包括电流值的整数和幂次 2 部分。示例中 11H 和 94H 是电流数据的高位  $D_H$  和低位  $D_L$ ; 00H 和 03H 为幂次的高位  $m_H$  和低位  $m_L$ 。由此可得到该表显示的电流数据如式(1)所示。

$$I = \frac{D_H \times 256 + D_L}{10^{m_H \times 256 + m_L}}$$

$$= (11H \times 256 + 94H) / 10^3$$
$$= 4.500(A)$$

(1)

依同样的方法,可读取其他仪表的数据。数据采集系统的工作流程如图 3 所示。

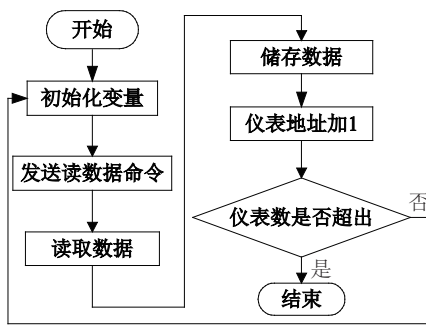


图3 数据采集系统流程图  
Fig. 3 Flow chart of data acquisition system

## 2.2 远程数据传输

潮流能发电装置的监测是一个长期的过程,要求在无人值守的情况下,监测的数据能准确无误的保存下来。而监测的长期性要求尽量降低设备的功耗,以及需存储大量的监测数据。为解决这些问题,利用现成的公共无线网络-GSM 网络作为数据传输的通道,采用低功耗的嵌入式设备作为数据采集传输的控制中心,将监测数据通过公共无线网络

发送到数据库服务器中。

实际应用中,选用 ARM 芯片 S3C6410 做为数据采集控制器和通讯控制器。选用 SIM300 作为通信模块,该模块内置 TCP/IP 协议,直接利用 GPRS 服务与终端建立连接、传输数据,给设计带来很大方便。SIM300 模块的待机模式下的工作电流很小,从而降低了系统的功耗。

ARM 板通过串口接收海上发电装置的实时数据,并进行数据整合和奇偶校验,最后将数据按照自定义数据格式进行处理。自定义的数据格式如图 4 所示。

数据库存储表的名称	SC+数据1+D+数据2+E+数据3+...+数据n+Z	回车符换行符
-----------	------------------------------	--------

图4 数据字符串帧格式

Fig. 4 Frame format of string data

例如“aa1SC25.2D25.2E25.2F25.2Z/n/r/0”表示数据存到数据库中以 aa1 命名的表中,SC 表示数据起始位,字母 D、E、F 依次表示数据的顺序,Z 表示这一组数据的结束符。ARM 板将数据按照自定义数据字符串格式处理好之后,通过 AT 指令控制 GPRS 模块将数据发送到数据库服务器端。

## 2.3 数据库服务器

远程数据库服务器作为潮流能发电装置监测数据的储存媒介,是整个远程监控系统的数据中心。服务器负责把数据采集系统采集到的数据完整地储存在数据库中,以供开发人员或管理者使用。数据远程传输与数据库服务器连接如图 5 所示。考虑到潮流能发电装置需长时间运行和监测数据量庞大的特点,实际应用中选择关系型数据库管理软件 PostgreSQL 实现数据存储。采用数据库方式存储数据具有方便其他软件直接调用数据的优势,为数据的进一步分析带来便利。PostgreSQL 采用的是多用户多进程的客户端/服务器体系结构(Client/Server 简称 C/S),拥有先进数据库的许多特点,例如复杂查询、触发器、视图、事务完整性等,具有很强的实时数据处理能力,适合服务器实时处理大量的数据更新。

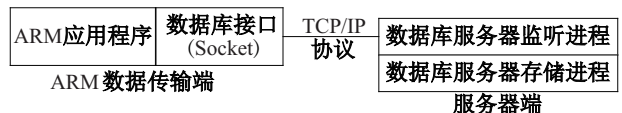


图5 数据远程传输与数据库服务器连接示意图  
Fig. 5 Connection diagram of remote data transmission system and database serve



### 2.3.1 远程服务器与数据采集端的数据通信与数据存储

为保证远程数据库服务器存储数据的可靠性和稳定性,本文以 Linux 操作系统为平台,采用固定 IP 地址连接到互联网上。数据采集端作为客户端向远程数据存储服务器发送数据。具体通信流程如图 6 所示。

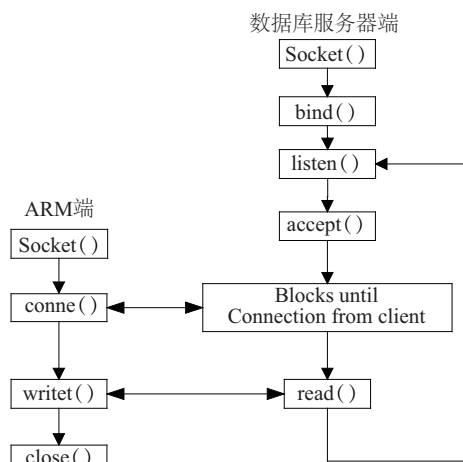


图 6 数据库服务器通信流程

Fig. 6 Flow chart of database server communication

数据库服务器开始调用 Socket() 函数创建一个接收数据的套接字,再调用 bind() 函数将套接字与数据库服务器固定 IP 地址进行绑定,最后服务器端通过 listen() 函数做好监听服务请求准备。ARM 端数据传输作为客户端,首先建立 Socket() 创建套接字,然后调用 connect() 向数据库服务器发送连接请求。连接成功后,客户端和服务端调用 write() 和 read() 实现发送和接收数据。服务器端接收到远程传输系统发送来的潮流能发电机的实时数据后,需要将其存入到数据库事先建好的表中。数据的存储是通过 PostgreSQL 提供的 C 语言编程的访问接口——Libpq 例程库实现的。服务器程序首先通过调用 Libpq 库中的连接函数 PQconnectdb() 建立与数据库的连接。PQconnectdb() 通过提取字符串参数建立连接,参数包括数据库名、主机地址、用户名和验证口令。之后使用 PQexec() 函数向数据库提交 SQL 插入数据命令,实现数据的存储。

### 2.3.2 远程数据访问

本例中,远程数据的访问可采用 2 种方式:

1) 通过数据库管理软件在 PC 上直接查看远程数

据,比如 PostgreSQL 软件自身提供的 pgAdmin 客户端以及第三方客户端程序 Navicat for PostgreSQL 等;2) 可自己设计用户界面建立连接从而远程访问数据库。使用 Navicat for PostgreSQL 访问数据库的结果如图 7 所示。








文件(F) 编辑(E) 视图(V) 工具(T) 帮助(H)						
       不限制						
	ts	timestamp v	ac_u1 numeric(8,2)	ac_a1 numeric(8,2)	ac_f1 numeric(8,2)	
19808	2015-08-18	17.10	0.47	50.00		
19809	2015-08-18	18.60	1.03	50.00		
19810	2015-08-18	16.60	0.42	50.00		
19811	2015-08-18	17.10	0.46	50.00		
19812	2015-08-18	19.00	1.24	50.00		
19813	2015-08-18	18.00	0.74	50.00		
19814	2015-08-18	18.40	0.67	50.00		
19815	2015-08-18	16.60	0.24	50.00		
19816	2015-08-18	17.30	0.59	50.00		

图 7 数据库中的监测数据

Fig. 7 Monitoring data in database

如图 7 所示为数据库中数据表的一部分,完整的数据表包括的数据内容为每台发电机的线电压、相电流、频率、电功率等。在使用 LabVIEW 软件设计监控界面时,首先考虑到本套潮流能发电系统的实际运行情况,即本套潮流能发电系统包括两台潮流能发电机,每台发电机的线电压、相电流、频率、电功率均需单独设计一个小界面进行实时监控;其次关于负载端的监控也尤为重要,包括负载端的端电压和充电电流。采用 LabVIEW 软件通过 Windows ODBC 直接访问数据库服务器,通过 LabVIEW 设计的界面可方便、直观地监测潮流能发电装置的实时运行状态,实现监控数据的可视化,其中一台发电机的线电压和相电流实时监测结果如图 8 所示。

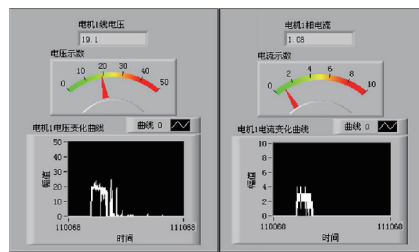


图 8 LabVIEW 实时数据观测界面

Fig. 8 Observation interface of LabVIEW real-time data

监控界面使用虚拟电表分别观测 2 台电机的线电压、相电流、频率和电功率,使用颜色渐变的方式来指示数据,从而减轻工作人员长时间观测数字的疲劳感,用一个单独界面实时监测负载两端的状

态。并利用小窗口模式显示各个实时数据的曲线图,曲线图可方便、直观地体现发电设备长时间的运行状态,从而使工作人员能够了解发电装置一段时间内的工作状态,对装置进行系统化的分析。

根据数据库中实时数据绘制潮流能发电装置的实时功率图如图9所示,功率图数据采样时间为11:19~14:57,数据的采样间隔为40 s。由于2台发电机的制造工艺相同,在相同工作情况下的发电功率曲线基本一致,2台发电机的输出功率为0~200 W,符合实际情况。

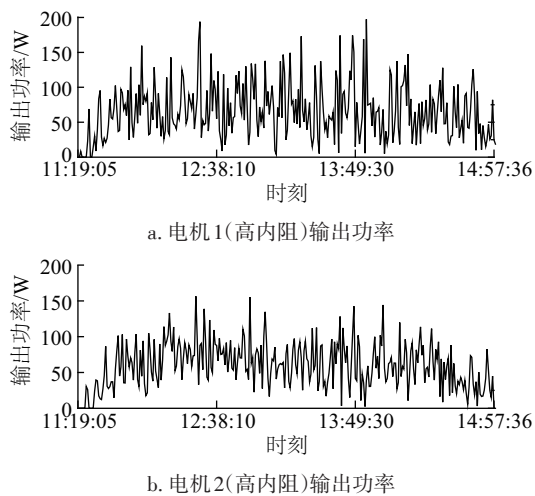


图9 海上发电装置输出功率曲线图

Fig. 9 Curves of electricity generator output power

### 3 结 论

本文设计一种应用于离网型潮流能发电装置的远距离数据实时监控系统。该系统采用数据库服务器进行数据储存,方便其他软件直接调用和分析数据,实现了在PC机上直接查看潮流能发电装置的实时状态。相比于传统模式,本套实时监控系統有以下特点:

1)采用数据库服务器改善了数据存储方式,并便于查看;

2)采用ARM和SIM300模块组成的数据传输系统功耗低、数据处理与传输速度快;

3)可使用移动设备(例如手机)随时随地访问数据库服务器,进而实时监控潮流能发电设备的运行状态,为设备的运行维护提供重要的依据和支撑。实际应用表明这套远程数据实时监控系統提高了潮流能发电装置运行的可靠性。

### [参考文献]

- [1] 戴庆忠. 潮流能发电及潮流能发电装置[J]. 东方电机, 2010, (2): 51—66.
- [1] Dai Qingzhong. Power generation and power flow power generation device[J]. Dongfang Electrical Machine, 2010, (2): 51—66.
- [2] 施伟勇, 王传崑, 沈家法. 中国的海洋能资源及其开发前景展望[J]. 太阳能学报, 2011, 32(6): 913—923.
- [2] Shi Weiyong, Wang Chuankun, Shen Jiafa. Utilization and prospect of ocean energy resource in China[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2011, 32(6): 913—923.
- [3] 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.
- [3] You Yage, Li Wei, Liu Weimin, et al. Development status and perspective of marine energy conversion systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(14): 1—12.
- [4] 张 毅. 实时数据无线监控系统的研究及应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [4] Zhang Yi. Application and research on real-time data wireless monitor system [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005.
- [5] 张 亮, 尚景宏, 张之阳, 等. 潮流能研究现状 2015——水动力学[J]. 水利发电学报, 2016, 35(2): 1—15.
- [5] Zhang Liang, Shang Jinhong, Zhang Zhiyang, et al. Tidal current energy update 2015 - Hydrodynamics[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2016, 35(2): 1—15.
- [6] 王志平, 程韬波. 基于GPRS的远程无线监控系统的数据中心设计[J]. 工业控制计算机, 2005, 18(3): 3—11.
- [6] Wang Zhiping, Cheng Taobo. The date center serve design of monitor and control system which based on GPRS[J]. Industrial Control Computer, 2005, 18(3): 3—11.
- [7] 陈 琦, 丁天怀, 李 成, 等. 基于GPRS/GSM的低功耗无线远程测控终端设计[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2009, 49(2): 223—225.
- [7] Chen Qi, Ding Tianhuai, Li Cheng, et al. Low-power wireless remote terminal design based on GPRS/GSM [J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2009, 49(2): 223—225.

- [8] 郑红梅, 王有杰, 陈 科, 等. 塔机群无线远程安全监控系统设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(5): 520—527.
- [8] Zheng Hongmei, Wang Youjie, Chen Ke, et al. Design of wireless remote security monitoring system for tower crane fleet [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2014, 28(5): 520—527.
- [9] 梁海河, 孟昭林, 张春晖, 等. 综合气象观测运行监控系统[J]. 气象, 2011, 37(10): 1292—1300.
- [9] Liang Haihe, Meng Zhaolin, Zhang Chunhui, et al. The integrated meteorological observation operational and monitoring system [J]. Meteorological Monthly, 2011, 37(10): 1292—1300.
- [10] 郭荣祥, 陈树树. 基于 ARM 处理器与 GPRS 技术的水厂监控系统[J]. 微型机与应用, 2010, 29(19): 66—69.
- [10] Guo Rongxiang, Chen Shushu. Design of monitoring system for water works based on ARM and GPRS [J]. Microcomputer & its Applications, 2010, 29(19): 66—69.
- [11] 於益军, 雷为民, 单茂华, 等. 风光储联合发电监控系统功能设计与应用[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(20): 32—38.
- [11] Yu Yijun, Lei Weimin, Shan Maohua, et al. Design and application of supervision and control system for wind-photovoltaic-battery power plants [J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(20): 32—38.
- [12] 张 猛, 房俊龙, 韩 雨. 基于 ZigBee 和 Internet 的温室群环境远程监控系统设计[J]. 农业工程学报, 2013, 29(增1): 171—176.
- [12] Zhang Meng, Fang Junlong, Han Yu. Design on remote monitoring and control system for greenhouse group based on ZigBee and Internet [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(Supp 1): 171—176.

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GENERAL REMOTE MONITORING SYSTEM FOR TIDAL CURRENT ENERGY POWER GENERATION DEVICE

Zhang Qili, He Longying, Zhao Yang, Sun Chao, Zhang Xueming, Guo Jingfu

(Northeast Normal University, Key Laboratory of Advanced Energy Development and Application Innovation of Jilin Province, Changchun 130024, China)

**Abstract:** Tidal current energy conversion system needs equipping with real-time or quasi real-time monitoring system to ensure system stability and reliability. A kind of remote real-time monitoring system is designed based on the principle and practical operation of tidal current energy power generation system. The various basic parameters during the operation of the tidal energy power generation device can be monitored in real time through the system; thereby the working state of the power generation device can be effectively determined. The front end of the monitoring system can collect data by reading the intelligent instrument, GPRS module is used to achieve remote data transmission; the background of the monitoring system uses PostgreSQL database to implement data storage. In addition, LabVIEW software is used to design human-computer interface, the operation of the entire tidal energy power generation device can be clearly and intuitively monitored by calling the background server data. The actual test and application show that the monitoring system can reliably transmit the field data to background database server. It is proved that the system can be used as an effective means to monitor the working state of the tidal current energy power generation device.

**Keywords:** tidal current energy power plant; power parameter detection; wireless communication; distributed database; human-computer interface