A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.08.028

船舶分布式智能电力监控系统的研究与开发

夏 伟,谢 坤,阳世荣
(中国舰船研究设计中心,湖北 武汉 430064)

摘要: 针对船舶电力系统智能化低、可靠性差、故障检测能力弱等问题,将传感器、PLC、人机界面技术应用到船舶分布式智能电力监控系统中。对该监控系统的功能和任务进行了分析,建立了管理层、控制层和设备层3个层次之间的关系,提出了平台一体化网络方法。在船舶上对该监控系统进行了实际应用,研究结果表明:该监控系统提高了船舶电力系统的智能化水平、可靠性、故障检测能力,保证了船舶电力系统的安全性、可靠性、优质性和经济性。

关键词: 船舶分布式智能电力监控系统; 传感器; PLC; 人机界面
中图分类号: U665;TP273; TM73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4551(2013)08-1020-05

Development of ship distributed intelligent power monitoring system

XIA Wei, XIE Kun, YANG Shi-rong
(China Ship Development and Design Center, Wuhan 430064, China)

Abstract: In order to solve the problem of low intelligence, poor reliability, weak fault detection capability, large labor intensity strength, the sensor, PLC, human-machine interface technology were applied into ship distributed intelligent power monitoring system. After the analysis of functions and tasks, the relationship between the management, control and device level was established. A platform integrated network method was presented. The monitoring system was applied in kinds of ships. The practical application results show that, the monitoring system can improve the intelligence level, reliability, fault detection capability and reduce the labor intensity strength. It can also ensure the safety, reliability, quality and economy of the ship power system.

Key words: ship distributed intelligent power monitoring system; sensor; PLC; human-machine interface

0 引 言

船舶电力系统是一个复杂的孤立系统,系统组成设备根据功能可以划分为:发电分系统、配电分系统、电力网、用电分系统。随着船舶大型化和自动化程度的提高,越来越多的船用设备需要电能来驱动和控制,使船舶电力系统日趋复杂庞大,电力系统运行与控制的复杂程度也越来越高,各种故障因素都可能导致电力系统的安全问题。传统的船舶电力系统虽然局部的自动化程度在不断地提高,但由于各分系统之间缺乏信息共享,不能构成一个整体,存在着智能化较低、可靠性较差、故障检测能力弱等缺点。

近几年,随着先进的传感技术、通信技术、计算机技术和自动控制技术的飞速发展,船舶的自动化程度越来越高,电力监控系统在经过发展后也愈发成熟。它代替了传统手工记录方式,利用先进的电流/电压/功率、用电高级测量、电力设备温度检测、输电线路状态检测、变电运行感知等传感器装置对船舶电力系统进行信息采集、状态监测、回馈控制。船舶电力监控系统的出现有效地提高了电力系统监控的实时性和运行的可靠性、稳定性,对保证船舶电力系统的安全性、可靠性、优质性和经济性具有深远意义[1-5]。

船舶分布式智能电力监控系统的最终目标是提高智能化水平靠性、故障检测能力,依靠先进的传感技术、通信技术、计算机技术和自动控制技术,达到切实保证船舶电力系统的安全性、可靠性、优质性和经

收稿日期: 2013-05-02
作者简介: 夏 伟(1978-),男,湖北武汉人,高级工程师,主要从事船舶平台信息化、工业控制方面的研究. E-mail:nukeix@qq.com

济性的目的。本研究通过综合分析功能和任务,进行船舶电力监控系统研究与开发,进一步确保船舶电力系统可靠、稳定地运行。该船舶电力监控系统自上而下分为管理层、控制层和设备层3个层次。管理层为设置于中央控制室的综合监控台,控制层为各舱分系统的现场控制箱,设备层为各用电设备控制柜、传感器及执行元件。由管理层、控制层和设备层构建平台一体化网络,为实现船舶电力系统优化使用与决策管理提供条件。

1　系统功能和任务

船舶电力监控系统监视电力系统主要设备运行状态,并集中控制电力系统主要设备,实现电力系统的优化使用和故障诊断,具有智能化程度高、可靠性好、故障检测能力强等特点。该船舶电力监控系统的主要设备包括:综合监控台、发电控制板、配电板、电网监控装置、主机控制板、辅机电控箱、照明控制器等;另外,还安装有先进的电流/电压/功率、用电高级测量、电力设备温度检测、输电线路状态检测、变电运行感知等传感器。

船舶电力监控系统的功能和任务包括:

(1) 电力系统主要设备运行状态的监视。在中央控制室,工作人员能够对电力系统的主要设备状态、网络运行情况、各相关的运行工况、电网的动态趋势等进行全面的监视,通过声、光、色变化有效地区分这些信息的来源、意义和是否有必要采取相应的措施。

(2) 电力系统主要设备的集中控制、操作、调整和参数设定。在集中控制室,工作人员可以对所属电力系统的发电、配电、用电设备进行操作、控制和调整,在需要的时候,还可以在系统提供的人机界面上修改整定系统或设备的运行参数及报警参数。

(3) 实现电力系统的优化使用。在电力监控系统中,工作人员可以进行船舶主机、辅机、照明等用电设备负荷计算分析,实现电力系统优化使用的专家智能决策。

(4) 快速获得电力系统的设备故障信息,并按需要进行报警、记录、打印和归档。由于电力系统的分散性和复杂性,及时获取电力系统运行的异常信息对船舶安全是十分重要。电力监控系统能够在几十毫秒内捕捉各种故障信息,并区分故障性质的不同情况,采用显示、声光报警、记录、打印和归档的方法有效地通知工作人员及时进行处理。

(5) 实现对通信网络和设备的自动监视和管理。电力监控系统是由计算机光纤网络、现场总线组成的网络结构,网络分布延伸至整个船舶,网络系统的安全运行是整个系统安全的关键要素,电力监控系统可以实现对全系统所有网络设备的运行状态监视,并以图示、声音报警的形式报告监视的结果。

(6) 数据库功能,工作人员可以在系统提供的图形查询界面上按需进行查阅。

2　系统组成

船舶电力监控系统主要由控制保护分系统和运行管理分系统组成,其中控制保护分系统的承载实体是各舱分系统的现场控制柜、各用电设备电控箱、传感器及执行元件,运行管理分系统的承载实体是综合监控台。综合监控台通过以太网与各舱分系统的现场控制柜进行通讯,各舱分系统的现场控制柜与各用电设备电控箱、传感器及执行元器件之间以现场总线的形式进行通讯。船舶电力监控系统组成如图1所示。

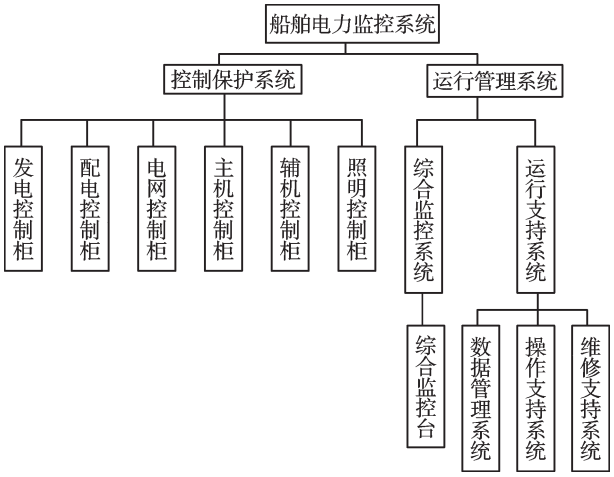

图1　船舶电力监控系统组成示意图

3　系统硬件

根据系统的功能和任务,船舶电力监控系统在逻辑上划分为3个层次,即运行管理层(综合监控台)、控制保护层(各舱分系统的现场控制柜和保护设备)和输入输出层(各用电设备电控箱、传感器及执行元件),并进行有效分离,以实现“管控分离”[6-7]。

运行管理层是人机交互的界面,对各分系统进行管理并下达运行指令,综合监控台是其承载实体。

控制保护层主要由各舱分系统的现场控制柜和保护设备组成,作为现场总线的控制中心,是现场总线数据传输的发起者和控制者,同时还是上层以太网的一个节点,与上层综合监控台进行数据交换。除了具备高速通信能力,现场控制柜还要完成一定的数据处理任务。现场控制柜的可靠性要求很高,由双冗余现场总线接口与以太网接口的PLC组成,并配置操作

界面，PLC组件均采用模块化设计，便于维护和功能拓展。也可考虑由带PCI接口的总线网络适配器与平板工业控制计算机构成，通过计算机主板自带的网卡与以太网相连。

输入/输出层主要用于完成参数测量以及各类执行机构的动作，功能较为单一，主要是数据采集以及与现场控制柜进行数据交换，可由性价比较高的分布式I/O构成。现场测量信号由各传感器采集并经现场总线传送到现场控制柜，现场控制柜对采集的数据进行处理后，再通过以太网传送到综合监控台。同时，控制柜通过以太网接收综合监控台的指令，分析处理后再通过现场总线下传到相应的从站设备，驱动执行机构动作。

以上各层之间仅是逻辑上的划分，部分功能较为集中的设备，其控制保护层和输入/输出层可由一套集成的设备来完成。

此外，为提高安全性，防止在监控过程中断电，系统配置UPS电源，为综合监控台、现场控制柜、分布式I/O和重要设备提供不间断电源。

监控系统各设备之间主要信息的传输通过网络进行，与安全运行密切相关的信息通过现场总线或硬接线的方式来完成。船舶电力监控系统的硬件网络结构如图2所示。

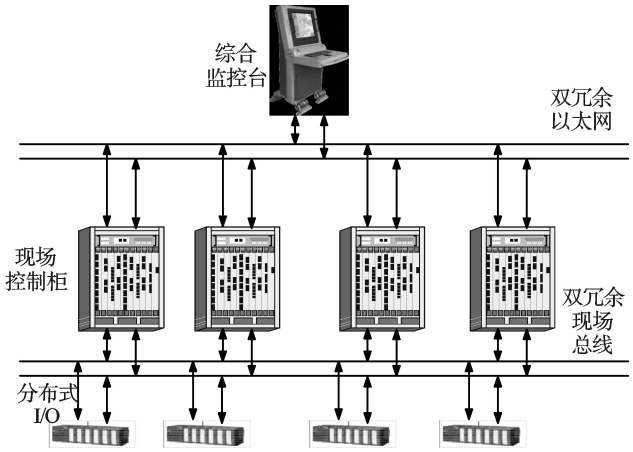

图2 船舶电力监控系统的网络结构图

3.1 综合监控台

综合监控台负责整个监控系统的管理、传感器数据的采集、电力系统优化使用与辅助决策的实时解算，以及电力系统主要设备状态数据的输出。综合监控台由台体、显示单元、操控单元、人机接口计算机、任务处理单元和辅助单元组成，显示单元、操控单元、人机接口计算机、任务处理单元和辅助单元安装在台体上，台体经隔振器减振降噪后固定安装在船体基座结构上。综合监控台的硬件体系结构如图3所示。

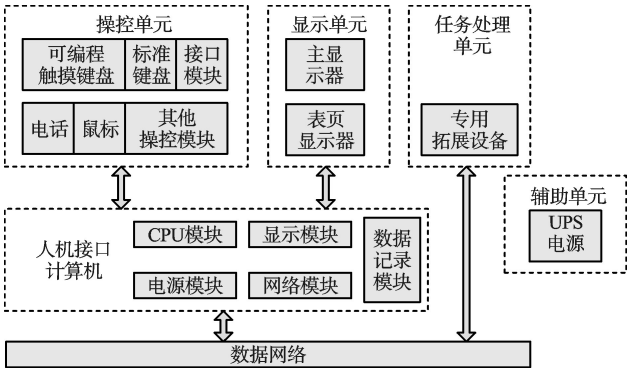

图3 综合监控台的硬件体系结构图

3.2 现场控制柜

现场控制柜负责传感器数据的处理、电力系统主要设备控制。现场控制柜的硬件组态图如图4所示。

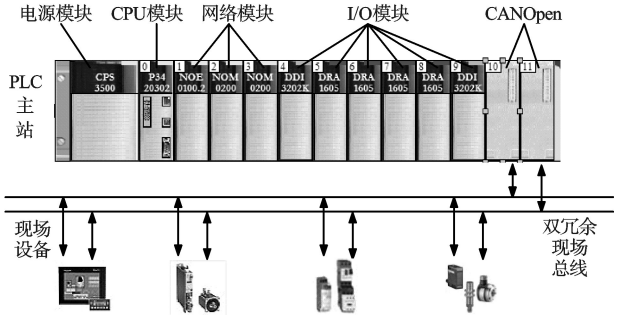

图4 现场控制柜的硬件组态图

现场控制柜采用施耐德的Modicon M340 PLC作为主站，分布式I/O作为从站，由CANOpen总线构成主从结构。主站PLC包括电源模块BMXCPS3500、CPU模块BMXP342030、机架BMXXBP1200、I/O模块，CANOpen总线能够实现与电机变频器、伺服驱动器、编码器和远程I/O等设备的高效兼容，I/O输入模块接收传感器采集的数据（无源触点信号、4 mA~20 mA模拟量信号），I/O输出模块实现对用电设备的控制（无源触点信号）和参数设定（4 mA~20 mA模拟量信号）[8-10]。

3.3 数据采集传感器和电气设备控制箱

传感器负责电力系统主要设备运行状态的采集，并以无源触点信号和4 mA~20 mA模拟量信号的形式传输至分布式I/O。电气设备控制箱接收分布式I/O的无源触点信号和4 mA~20 mA模拟量信号，分别用于控制和参数设定。

发电控制柜接收传感器采集的柴油机转速及发电机转速、电压、电流等模拟量信号和进气阀状态、排气阀状态、报警等无源触点信号，进行采样处理后发送到以太网。同时，综合监控台、发电控制柜可控制柴油机、发电机的启停和应急停车。

配电控制柜分直流配电柜、交流配电柜，主要接

收传感器采集的交流380 V、交流220 V、直流220 V、直流24 V配电柜的输出端电压电流等模拟量信号和各配电柜状态、报警等无源触点信号,进行采样处理后发送到以太网。同时,综合监控台、配电控制柜可控制配电设备、电网断路器的启停和应急停车。

电网控制柜主要接收传感器采集的直流电网电压、电流、功率和交流电网 u 相电流、u 相电流、u 相电流、vw 线电压、wu 线电压、uv 线电压、功率、频率、功率因数等模拟量信号和报警等无源触点信号,进行采样处理后发送到以太网。同时,综合监控台、电网控制柜可控制电网的应急断电。

主机控制柜主要接收传感器采集的交流主推进电机的转速、功率、效率、功率因素等模拟量信号和报警等无源触点信号,进行采样处理后发送到以太网。同时,综合监控台、主机控制柜可控制交流主推进电动机、变频器的启停和应急停车。

辅机控制柜主要接收传感器采集的直流辅机的转速、功率和交流辅机的转速、功率、效率、功率因数等模拟量信号和报警等无源触点信号,进行采样处理后发送到以太网。同时,综合监控台、辅机控制柜可控制辅机、控制箱的启停和应急停车。

照明控制柜主要接收照明状态、报警等无源触点信号,进行采样处理后发送到以太网。同时,综合监控台、照明控制柜可开关并调节照明灯光。

4　系统软件

监控系统的软件包括下位机和上位机两部分。下位机PLC的组态编程在施耐德UnityPro V5.0组态软件上实现;上位机综合显控台的人机界面采用wonderware集成开发平台来开发,任务处理程序采用Tornado开发平台来开发。

4.1　下位机PLC组态软件

PLC组态软件用来完成传感器数据的处理,并将处理结果发送到以太网,同时接收以太网的无源触点信号和4 mA~20 mA模拟量信号,实现电力系统主要设备控制。编程软件采用UnityPro V5.0,它支持全部5种IEC61131-3编程语言,同一项目中的任一代码段均可选择不同的语言编程。

下位机流程如图5所示,分为4个部分:

(1) 初始化,进行必要的参数设置。

(2) 数据采集及处理,对电力系统主要设备的各种运行参数以及状态进行采集和显示,并对异常状态进行报警和处理。

(3) 电力系统主要设备控制,对电力系统主要设备进行控制。

(4) 与上位机综合监控台通讯,上位机、下位机之间采用OPC服务器/客服端的模式相互交换传感器采集数据、控制信号。

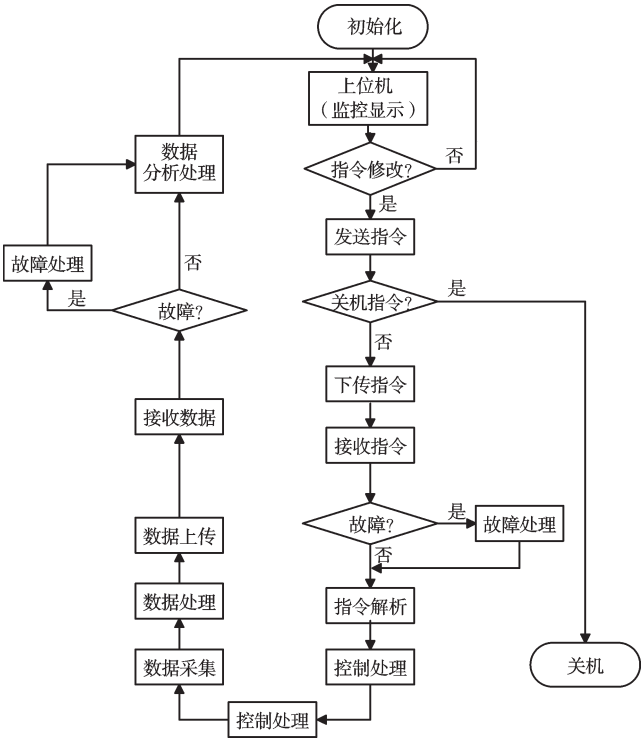

图5　下位机流程图

4.2　上位机人机界面和任务处理软件

人机界面面向船舶电力系统的集中监控和运行管理,信息量大,本研究采用基于Windows平台的Wonderware集成开发平台环境。Wonderware集成开发平台是当前主流的工控软件,应用十分广泛。任务处理单元对实时性、可靠性要求较高,本研究采用应用广泛的Vxworks操作系统和Tornado开发平台。任务处理程序与人机界面程序之间的通信可通过基于CORBA技术规范的中间件实现[11-12]。上位机综合监控台的软件体系结构如图6所示。

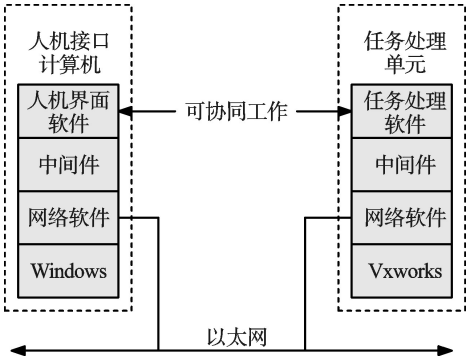

图6　综合显控台的软件体系结构图

为减少硬件设备的种类和数量,充分发挥软件的作用,本研究在综合监控台上运行功能软件实现硬件的功能,从而实现“以软代硬”,进而实现船舶电力监

控系统的功能集成。

5 试验与应用

在以综合监控台、交流电控柜、电机等样机组成的联调试验和某船实际应用中，综合监控台人机界面采用双屏显示。

综合监控台上屏主界面如图7所示，上屏显示电力系统主要设备和主干电路的运行状态，K1~K17的开关显示电力系统主要设备的开关状态，电网实线条颜色的变化显示各主干电路的通断情况。下屏显示电力系统主要设备运行数据及报警信息，主要包括发电、配电、电网、用电4个主模块和若干子界面，实现船舶电力系统的集中监控和运行管理。

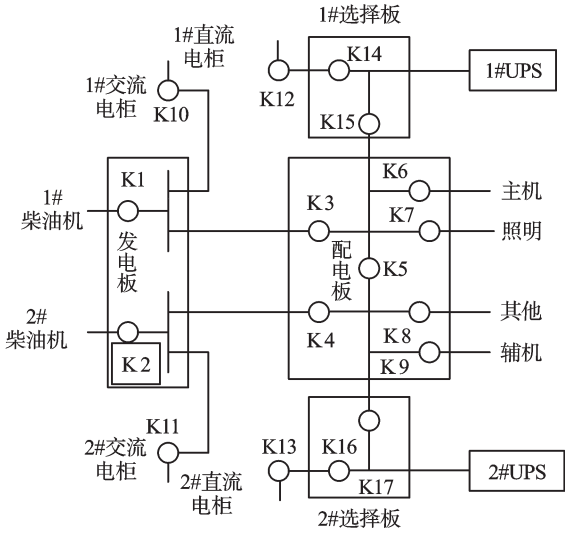

图7 综合监控台上屏主界面

综合监控台经局域网联调试验后在某船实际应用，运行稳定，能够实时显示设备运行数据并对其进行远程控制，从而方便操作人员对电力系统远程控制和管理。

6 结束语

本研究通过综合分析船舶电力监控系统的功能和任务，进行研究与开发，提出自上而下分为管理层、控制层和设备层3个层次的船舶电力监控系统，提高了智能化水平靠性、故障检测能力，为实现船舶电力系统优化使用与决策管理提供了条件，达到了切实保证船舶电力系统的安全性、可靠性、优质性和经济性的目的。

参考文献(References)：

[1] LU Heng-rong. Design on IPNCS of electrical propulsion ship based on real-time ethernet[J]. **Energy Procedia**, 2012,16(C):1707-1713.

[2] DOMÍNGUEZ M, FUERTES J J, ALONSO S, et al. Power monitoring system for university buildings: Architecture and advanced analysis tools[J]. **Energy and Buildings**, 2013, 59(4):152-160.

[3] WANG Jie, FAN Yao-tian. Study on safety monitoring system for submarine power cable on the basis of ais and radar technology [J]. **Physics Procedia**, 2012, 24 (B): 961-965.

[4] 刘军德，盛礼俊，毛亚郎，等. 基于嵌入式B/S模式的机电产品远程监控系统[J]. 机电工程，2012，29(6)：674-677.

[5] 祝 贺. 船舶电力监控系统设计[D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学自动化学院，2009.

[6] DEIHIMI A, MOMENI A. Neural estimation of voltage-sag waveforms of non-monitored sensitive loads at monitored locations in distribution networks considering DGs[J]. **Electric Power Systems Research**, 2012(92):123-137.

[7] WU Chun-ming, CHENG Liang. The monitoring system for the wind power generation based on the wireless sensor network[J]. **Energy Procedia**, 2012, 17(B):1020-1027.

[8] 刘学伟，严思杰，祝恒佳. 基于PROFIBUS的PLC分布式液压同步系统[J]. 机电工程，2012，29(1)：14-18.

[9] 徐媛媛，马炳和. 基于CAN总线的分布式翼面压力测量系统[J]. 机电工程，2012，29(8)：902-906.

[10] 宋蕊辰，庞之洋，李雁飞. 基于PLC和组态王的空压机监控系统设计[J]. 机电工程技术，2012，41(7)：13-15.

[11] 梁昌晶，杜 勇，张文静，等. 基于Wonderware系统平台的油田井站监控系统设计与实现[J]. 测控技术，2012，31(8)：99-101.

[12] CARDIEL I A, GIL R H, SOMOLINOS C C, et al. A SCADA oriented middleware for RFID technology original research article [J]. **Expert Systems with Applications**, 2012, 39(12):11115-11124.

[编辑：李 辉]