

徐年, 陈飞, 章熙海, 等. 抗震卫星通信地球固定站的设计与研究[J]. 地震工程学报, 2017, 39(增刊): 179-183. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2017.增刊.179
XU Nian, CHEN Fei, ZHANG Xihai, et al. Design and Research Regarding Seismic Fixed Satellite Communication Earth Station [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2017, 39(Supp.): 179-183. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2017.Supp.179

抗震卫星通信地球固定站的设计与研究^①

徐 年, 陈 飞, 章熙海, 肖 飞, 高 飞, 李 伟

(江苏省地震局, 江苏, 南京 210014)

摘要:传统卫星通信固定站在偏离卫星后不具有自动重新对准卫星功能, 以至于在发生地震时会出现地球站天线偏离卫星, 从而导致无法通信。本文主要研究具有抗震特性的天线伺服系统, 在遇到地震时可以及时纠正天线姿态以便重新对准卫星, 从而达到短时间恢复通信目的。

关键词:卫星; 通信; 固定站; 天线伺服系统; 地震

中图分类号: TN91

文献标志码: B

文章编号: 1000-0844(2017)增刊-0179-05

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2017.Supp.0179

Design and Research Regarding Seismic Fixed Satellite Communication Earth Station

XU Nian, CHEN Fei, ZHANG Xihai, XIAO Fei, GAO Fei, LI Wei

(Earthquake Administration of Jiangsu Province, Nanjing 210014, Jiangsu, China)

Abstract: In this paper, we mainly investigate the seismic characteristics of the antenna servo system. When a large earthquake occurs, the antenna deviates from the satellite and the system can automatically correct the antenna attitude to re-align the satellite and resume communication in a short time. To overcome the possible azimuth, we have added two calibration devices to this system: the inclinometer and electronic compass. We fixed the inclinometer at the back of antenna surface along the beam direction. Because its output value is absolute, even in the case of antenna tilt or structural distortion, the accuracy will not be affected. We fixed the electronic compass on the antenna base, and its output value can be set as the reference azimuth angle for normal work. This system can ensure the normal use of the fixed satellite communication earth station following any initial accident, and can thus play a positive role in our emergency rescue ability.

Key words: satellite; communication; fixed station; antenna servo system; earthquake

0 引言

自然灾害是卫星通信的天敌, 恶劣天气环境往往会严重影响通信质量, 甚至中断通信。具有抗震特性的天线伺服系统是本文需要研究的内容。首

先, 各省卫星固定站都是根据《国内卫星通信地球站工程设计规范》挑选质量好、满足工作环境要求的部件。所以本文研究的是抗震卫星通信地球固定站天线伺服控制系统, 该系统不同于一般固定站天线伺

^① 收稿日期: 2016-03-31

作者简介: 徐 年(1982—), 男, 硕士, 江苏南京人, 工程师, 主要从事地震现场应急通信技术和应急值班工作。

E-mail: xunian0215@163.com。

通讯作者: 陈 飞(1973—), 男, 本科, 高级工程师, 现主要从事台站综合管理工作。

服系统,它具有特别设计的对自然灾害承受能力,如果由于地震、台风等重大自然灾害造成底座方位角和俯仰角参考点改变而导致天线偏离目标卫星,天线可自动启动寻星过程,重新对准卫星,便于使地球站快速恢复通信。

为了克服可能发生的方位、俯仰参考点变化,在本系统设计中加入了电子罗盘和倾斜仪两个校准装置:将倾斜仪沿波束方向固定于天线面后侧,因其输出数值具有绝对性,即使在天线倾斜或者结构扭曲情况下,也不影响对星的精度;将电子罗盘固定在天线底座上,正常工作时其输出值可定为方位基准角,

当外力作用下底座移动时,一旦检测出偏北角与方位基准角偏差,系统自动补偿使方位电机正确寻星。从而可以在第一时间内保证卫星通信地球固定站正常使用,这对于提升江苏省地震局应急救援综合能力具有积极作用^[1]。

1 系统功能

本地球站系统按功能可分为以下几个部分:天线分系统、收发分系统、伺服控制分系统和监控分系统。系统组成框图如图 1 所示。

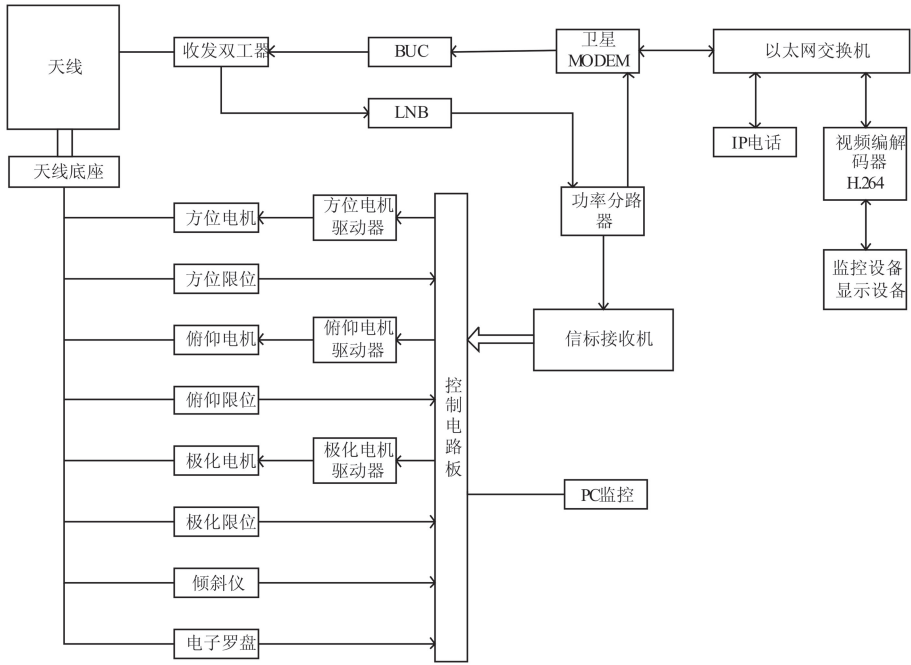


图 1 抗震地球站系统框图

天线伺服系统是本文所需要研究的。天线伺服系统是一个天线指向与跟踪系统。本文设计的天线伺服系统具有在地震灾害后感知天线基座倾斜程度,及时纠正天线姿态角度,使天线快速自动恢复对准目标卫星功能。天线伺服系统由天线伺服控制器、电机及驱动器和一系列传感器组成。

天线伺服系统的传感器包括:倾斜仪、电子罗盘及极化角度传感器。伺服分系统的方位/俯仰电机均采用三相交流异步电动机,极化角度调整采用 24 V 直流电机。前者用于控制天线的波束指向,后者用于天线波束极化角度的调整^[2]。

考虑到抗震卫星通信地球固定站天线伺服控制系统特殊的应用环境,所以对芯片的选择和电路的设计要求较高。硬件电路设计好坏直接影响系统工

作是否稳定可靠,进而影响软件复杂程度和执行效率,对电路板元器件要合理布局布线,以提高系统的稳定性、抗干扰能力和电磁兼容特性。

2 系统硬件设计

2.1 控制系统硬件构成框图

控制系统硬件构成主要包括主控单片机、电源、数据处理电路、电机驱动、故障检测电路和前面板显示控制电路。系统的硬件构成框图如图 2 所示。

2.2 传感器

(1) 电子罗盘

电子罗盘的作用是感知天线底座起始方位角度,检测天线基座是否移动。本系统采用美国 KVH 公司生产 C-100 电子罗盘,它具有体积小、价

格低、性能稳定可靠等特点,专为工业和军事上使用而设计。它采用磁通门技术,航向精度可达到 0.5° 以内,通过其数字接口,可提供地球磁场 X、Y 轴水平分量,其本身采用铝壳封装,内置自动校准软件,可提供对磁场变化而引起误差修正。

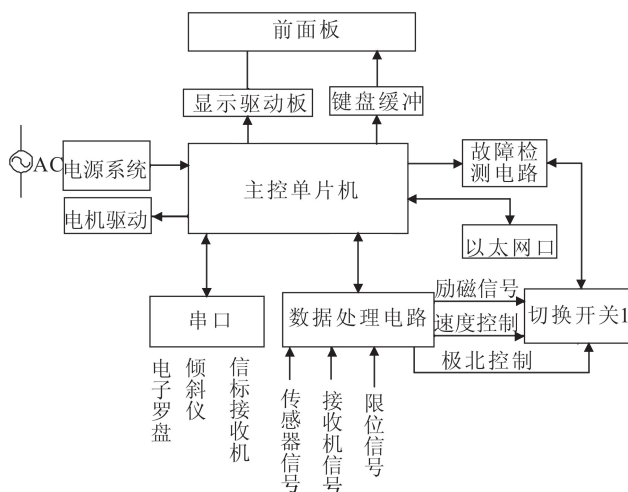


图 2 系统硬件框图

(2) 倾角仪

倾角仪的作用是使天线能在因外力作用导致基座发生倾斜情况下补偿修正倾斜角从而能正确对星。倾斜传感器安装在天线基座面上,和俯仰轴基本平行并固定。本系统采用性能较为稳定的 SANG1000 型号倾角仪。

(3) 角度传感器

单通道旋转变压器作为天线角度检测元件。单通道旋变中的定子、转子铁芯采用高磁导率的铁镍软磁合金片或硅钢片经冲制、绝缘、叠装而成。它们之间的气隙是均匀的,定子铁芯内圆和转子铁芯外圆都有齿槽,在槽内分别嵌入两个轴线在空间互相垂直的分布绕组。

我们采用的单通道旋变型号为 28XZ018 的正余弦旋变,其原边加单相交流电源励磁时,副边两个输出电压分别与转角呈正弦或余弦函数关系。将这些信号经解调运放电路处理,再经 A/D 转换变成数字量。单片机进行反三角函数运算,可算得当前的角度。角度传感器数据处理电路采用芯片 TLE2142,以方位轴为例^[3]。

2.3 电机驱动电路

(1) 电机选择

在系统电源未规定使用单相交流电源或直流电源情况下,且速度方面无特殊高要求时选择交流电机作为主驱动电机是比较合适的。

目前市场上主要有双速和变频调速两种类型的交流电机。双速电机优点是调速效率及可靠性高,但属于有级调速,不能在整个调速范围内保证高效运行。

变频调速适用于负荷变化场所,采用这种方式可以减少电力消耗,达到节能目的。变频调速通过改变电动机的供电频率来实现调速,特点是无级的、连续的且耗电小,是目前交流电动机最好的调速方式。综合比较,我们选择变频调速电机。本系统采用西门子公司生产的三相交流异步电机 1LA7063-4AB11。

(2) 变频器

本系统采用变频器驱动电机。变频驱动是通过改变电动机供电频率来实现调速,是无级的、连续的,是目前交流电动机最好的调速方式。

变频器由整流器、滤波器、功率逆变器组成。由 32 位数字信号处理器实现管理、控制、检测处理及保护。工业用三相 50 Hz 交流电整流成电压高达 500 V 以上的直流电,然后逆变成三相交流电 U、V、W,给交流电机供电。变频器输出电压跟频率成正比关系,频率低时,则输出电压低,频率高时则输出电压高。

变频器的型号为富士 FRN0.4C1S-7C,其散热量小、操作便捷。控制电路的 FWD 和 REV 分别控制电机正传和反转,通过模拟输入的电压大小来控制转速的快慢。模拟输入通过单片机的 D/A 输入。

(3) 驱动电路原理图

系统伺服模块采用闭环控制,通过处理器定时器中断,每隔固定间隔进行旋变数据读取并与目标角度比较,若差值小于允许误差范围,控制器停止电机转动(图 3)。

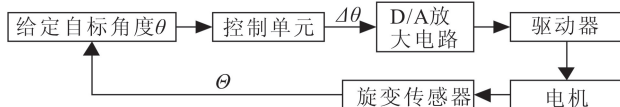


图 3 伺服角度控制原理图

驱动电路原理图如图 4 所示。

驱动电路中光耦合隔离器 PS2081-4 芯片包含一个砷化镓发光二极管和一个 NPN 硅光电晶体管在一个塑料的 SOP 高密度应用,最高耐压 $BV=2\ 500\text{ V r.m.s.}$

MC1413 芯片是一款高耐压、大电流达林顿阵列,它由 7 个达林顿管组成,每一对达林顿都串联一个基极电阻,在 5 V 的工作电压下它能与 TTL 和

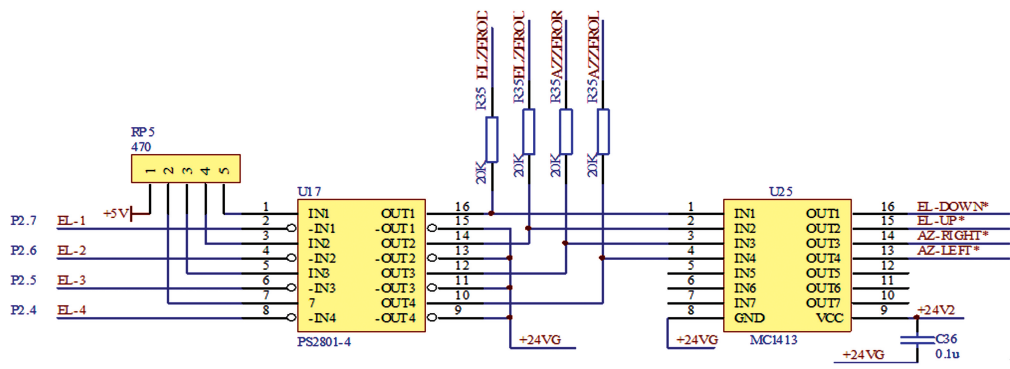


图 4 电机驱动电路图

CMOS 电路直接相连,可以直接处理原先需要标准逻辑缓冲器来处理的数据。其工作电压高、工作电流大,灌电流可达 500 mA,且能够在关态时承受 50 V 的电压,输出还可以在高负载电流并行运行。

3 系统软件设计

3.1 控制系统软件构成

系统控制软件主要由传感器信号采集和数字信号处理模块、模拟信号处理模块,卫星的搜索、跟踪及丢失处理模块、伺服驱动模块、用户交互模块(键盘、显示模块)及故障监控处理模块组成(图 5)。

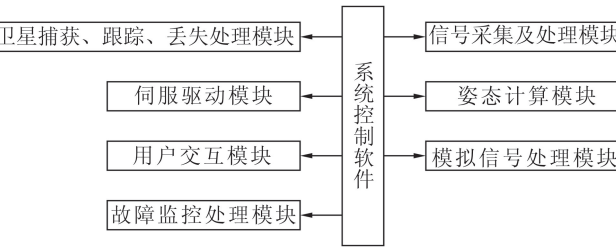


图 5 控制系统软件框图

3.2 分模块设计

(1) 伺服模块设计

伺服模块是本系统设计的核心内容。系统加电后系统初始化各模块,检查外设工作是否正常,包括串口通信是否正常、电机驱动电压大小、倾斜仪和电子罗盘数值是否有偏差等。

本系统软件属于即时响应系统,系统初始化过后,按照既定的任务流水线执行任务。每个任务被分配一个时间段,称作它的时间片,即该进程允许运行的时间。如果在时间片结束时进程还在运行,则 CPU 将被剥夺并分配给另一个任务。如果进程在时间片结束前阻塞或结束,则 CPU 当即进行切换。调度程序所要做的就是维护一张就绪进程列表,当进程用完它的时间片后,它被移到队列的末尾(图

6)。根据 CPU 定时器分配,对风速仪、倾角仪、三轴传感器、卫星信号电平和电机驱动进行任务调度^[4](图 7)。

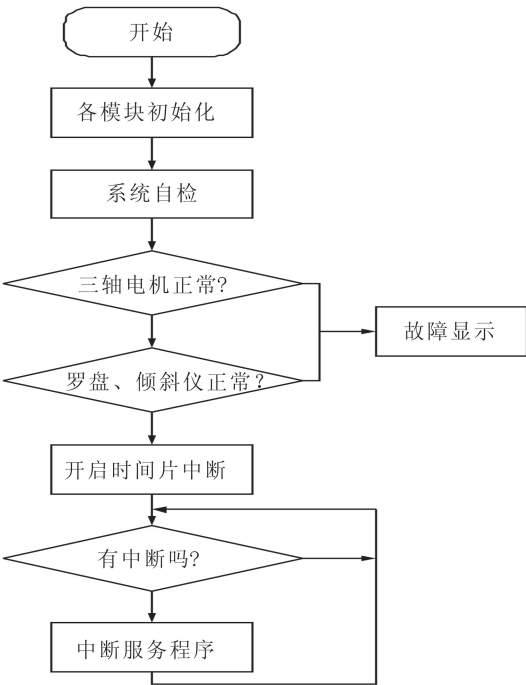


图 6 主程序流程图

(2) PC 监控模块设计

PC 通过串口基于 RS232 通信协议和天线控制器连接,可完成对天线控制器、跟踪接收机和卫星通信终端的监控,实现各类参数设置、工作模式选择和系统状态的监视,控制整个系统。

PC 监控模块是软件开发的主要模块之一,要求功能完善并且性能稳定。本系统监控软件是基于 JAVA 平台的 GUI 开发,软件主界面(图 8)包含了自动对星、手动对星、参数设置、复位、收藏和系统自检等功能。

此外,PC 软件中包含了常用的卫星数据库和全

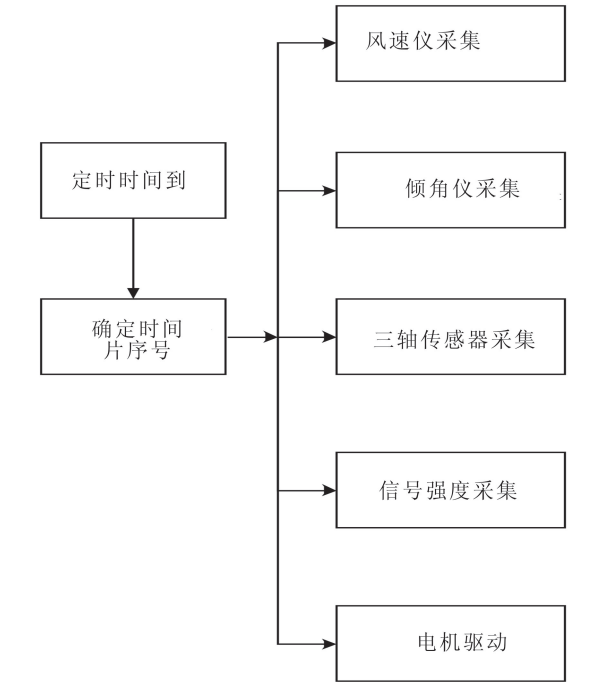


图 7 伺服任务流水线



图 8 监控主界面

国主要城市经纬度数据库。数据库基于微软公司 Microsoft Access 平台的开发,数据库可通过互联网远程更新,也可由本地用户自行添加和修改^[5]。

4 系统应用

2015 年 6 月 2 日晚南京遭遇罕见特大暴风雨,

造成卫星通信天线方位角发生位移,使其接收、发射不了任何信号,造成通信中断。本文研制天线伺服系统根据 GPS 接收机获得的地球站位置参数:南京经、纬度分别为 118.78°和 32.04°,对星方位角、仰角和极化角分别为 173.91°、52.53°和 5.16°。发现卫星天线位置偏移,无需通过人工干预,自动通过倾斜仪和电子罗盘确定天线姿态。伺服系统驱动方位、俯仰电机走到理论角并驱动极化电机使地球站天线极化角与目标卫星天线极化角匹配。卫星天线按照跟踪策略对目标星进行跟踪,直至天线系统接收的信号强度达到最大值,即达到稳定跟踪门限时天线对准卫星,天线伺服系统使电机停止转动,使天线指向保持稳定;当天线受外界因素影响天线指向偏离目标星、接收信号强度低于稳定跟踪门限时,天线重新进行搜索跟踪,保证卫星天线始终对准目标星,使通信系统的接收性能达到最佳。在通信中断不到 10 min 的情况下及时纠正天线姿态以便重新对准卫星,从而在短时间内恢复通信。

5 结束语

本文设计的抗震卫星通信地球固定站可以在卫星通信天线方位角发生位移时及时纠正天线姿态以便重新对准卫星,从而可以在第一时间内保证卫星通信地球固定站正常使用,这对于提升江苏省地震局地震应急救援综合能力具有重要意义。

参考文献

[1] 李杰飞,杨乐,谭颖.地震应急卫星通信系统远端小站的故障诊断与处理[J].震灾防御技术,2014,9(4):944-949.

[2] 井庆丰.微波与卫星通信技术[M].北京:国防工业出版社,2011.

[3] 任镇,吴耘.地震卫星通信网远端小站的故障诊断与处理[J].地震地磁观测与研究,2004,25(2):33-38.

[5] 张毓丰,邓民宪.地震现场应急救援的通信系统设计[J].灾害学,2005(4):111-115.

[4] 张璇,张元生.四川芦山 7.0 级地震卫星热红外异常解析[J].地震工程学报,2013,35(2):272-277.