

船载卫星天线伺服系统仿真设计

The Design Of Servo System Of Shipborne Satellite Antenna

(机械工程学院)陶可妍 靳英卫 闫英敏

TAO KEYAN JIN YINGWEI YAN YINGMIN

摘要:为了实现船只在海上航行时卫星天线平台的稳定工作,设计了方位轴伺服控制系统。天线系统主要由无刷直流电机、天线组、GPS 定位系统、航向角传感器、角度编码器和角速率传感器(即陀螺仪)等组成。根据系统工作原理,以一个自由度为例,通过角度环和角速度环的双闭环动态设计实现系统;最后,利用 MATLAB 语言进行仿真实验。结果系统的超调量和跟随性能良好,能满足设计要求。在实际应用中,可以扩展到三个自由度,用于在船舶以及其他外界波动较大的场合,以实现工作平台的稳定。

关键词:方位角;天线伺服系统;直流无刷电机;MATLAB/SIMULINK 仿真

中图分类号:TP11

文献标识码:A

Abstract:In order to realize the steady work of the satellite while the ship sailing at sea, have designed the servo control system of the azimuth axle. The system is compose of Brush-less DC Motor, an aerial, GPS navigation system, heading angle sensor, angle encoder and sensor of speed of angle (namely gyroscope), etc. Used the working principle of system, as one freedom of motion for example, through the dynamic design of the double closed loop that compose of the angle loop and the angle speed loop to realize steady work of system. Finally, utilize MATLAB language to carry on digital emulation. The result is the overshoot and follow performance of the system are good, so could meet designing requirement. In practical application, can expand to three freedom of motion in ship and other occasion such as big fluctuating.

Key words:Azimuth, Aerial servo-control system, Brush-less DC motor (BLDCM), MATLAB/SIMULINK emulation

1 引言

所谓自动对星就是将卫星天线的主波束中心对准要与之通信的卫星,建立通信信道的过程。将船只在航行时产生的摇摆分解成横摇(船只横向的摇摆)、纵摇(船只前后的摇摆)、艏摇(船只航向的变化)和升沉,在舰船移动时卫星天线跟踪系统的平台基准线会在方位、俯仰和横滚三个方向上发生偏移,船载伺服设备最重要的特性是能够隔离船只的摇摆。对于地球同步卫星来讲,只要地球站位置确定之后,调节天线的俯仰角和方位角就可以完成对星,在此基础上再调整馈源极化方向就可以使天线系统达到最佳状态。

本文以一个自由度为例,在分析方位轴伺服原理的基础上,设计出的一套基于无刷直流电机的伺服跟踪系统。最后,利用 MATLAB 语言进行仿真实验,结果表明,该模型与实际跟踪情况相符,在设计实际电路时具有的一定的参考性与可行性,能满足设计要求。在实际应用中,可以扩展到三个自由度,用于在船舶以及其他外界波动较大的场合,以实现工作平台的稳定。

2 天线伺服系统工作原理

2.1 系统总体框图

如图 1 所示,系统主要由电机伺服系统、天线座、GPS 定位系统、电子罗盘、角度编码器、角速率传感器(即陀螺仪)等组成。系统采用了依靠自身惯性元件陀螺来实现三轴稳定的策略。同时,为克服仅仅靠陀螺自身稳定难以满足卫星通信对跟踪精度

要求的问题,采取了在陀螺稳定的基础上配以水平仪实时校正和馈源电平信号步进跟踪来达到高精度稳定跟踪目标卫星的目的。另外,单片机作为控制计算机,负责接收用户输入信息,完成与 GPS 接收机、天线姿态传感器、通信设备等直接的通信,从中获取地理位置、天线实际姿态等信息,然后通过对电机控制器发送命令驱动电机完成对星。

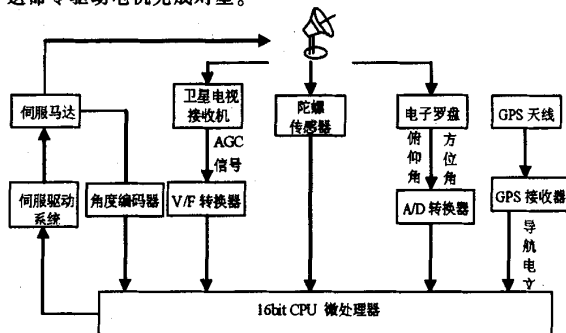


图 1 天线伺服系统总体框图

2.2 方位角寻星计算

控制器通过读取 GPS 接收机的输出信息提取出船只的航向信息以及所处经、纬度信息,作为计算天线方位角的部分输入参数,计算出船只相对于卫星的理论角度位置坐标,再求出天线的实际指向角度与理论对星角度之差,根据误差引导天线转动,对准卫星。

行驶中,车船的航向角(H),地理坐标下的对星方位角(AZ)和车船面坐标下的天线指向角(B)之间的关系如图 2 所示。图中,天线指向角 $\beta = AZ - H$ 。因此,车船在行驶中,只要保证了天线的

陶可妍: 硕士

基金项目:总后科研项目资助(编号不公开)

指向角等于 β , 或者误差不大于某一固定值, 就能够保证正常的通信。

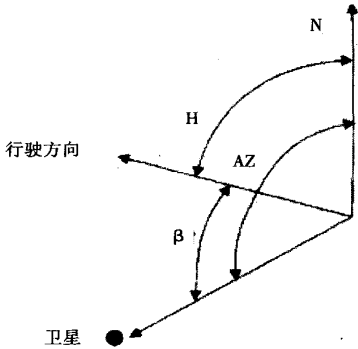


图2 车船与卫星相对平面位置示意图

实际应用中由于对方位的判断是依据磁北信息, 而磁北与真北之间的磁偏角随时间和地理位置会有一定变化, 可以根据地磁图采用划区查表的方法获得。

3 MATLAB 仿真及其结果

伺服系统的总体框图如图3所示, 由角度环和角速度环组成的双闭环回路组成。系统主要采用无刷直流力矩电机(BDCM)构成系统驱动装置。

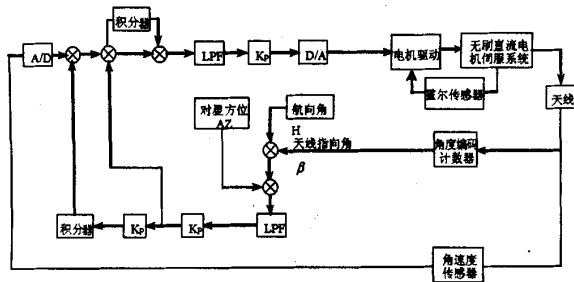
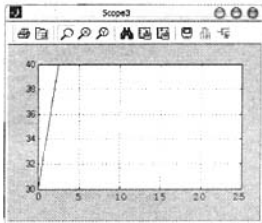
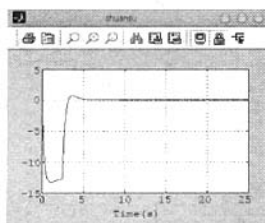


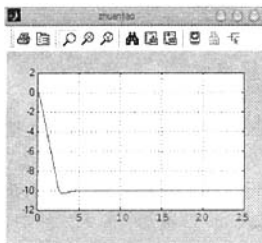
图3 方位角伺服系统总体框图



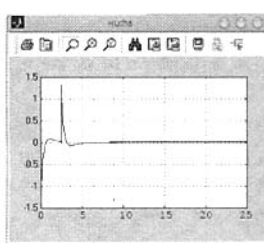
4.1 航向角输入



4.2 电机转速



4.3 电机转角



4.4 角度误差

图4 系统仿真曲线

根据图3建立天线方位角伺服系统的仿真模型, 并进行仿

真实验。由于电脑仿真的实际需要, 假设船只的航向角变化是: 0时刻为 30° , 并以 20% 的比例斜度增长长度数, 在达到 40° 时不再增长。天线方位角指向恒为 60° , 如图 4.1 所示。系统采样频率为 0.1s, 仿真时间 25s。电机转速、电机转角以及角速率跟踪误差如图 4 所示。(注: 电机转速和转角的正负与正反转相关)。

由图 4 可知, 在船只航向变化时, 电机转速逐渐变快以跟踪卫星; 在跟踪到信号后转速、转角和误差值均开始变小; 直到在船只航向不变后, 电机转速趋于零, 电机的转角趋于一个固定值, 误差趋于零。这说明该仿真系统可以真实地模拟出船载卫星天线伺服系统的工作状态, 具有一定的可行性与参考性。

4 结束语

本文通过 MATLAB/Simulink 仿真实现了 k_a 波段卫星船载天线在无专用仪器和专业人员的条件下的全自动准确对星, 对于提高船载卫星工作时效性, 推动船载卫星信号接收的推广应用具有较为重要的意义。

本文作者创新点:

1) 本文利用了专业电气仿真软件 MATLAB/Simulink 对系统进行建模仿真。Simulink 中的电力系统仿真模块集 PSB 提供了类似系统建模的方式进行模型绘制, 该仿真软件可以通过对系统中具体元件各种指标参数的设置, 使建立的系统模型更加接近真实的电路, 仿真过程中可以通过二维视图直观的反映系统运行过程中的各个元件的状态和各种信号的变化情况, 从而可以方便的调整控制参数。利用仿真可以指导实际硬件电路设计中器件的选择和软件设计中控制算法参数的选定;

2) 在分析系统总体方案的基础上, 对系统中各个组成模块进行了详细的原理分析, 选择适合的元器件构建了此伺服系统。

参考文献

- [1] 刘胜. 现代伺服系统设计[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2001.
- [2] 邓国扬, 盛义发. 基于 MATLAB/SIMULINK 的电力电子系统的建模与仿真. 南华大学学报, 2003, (1)
- [3] 刘大杰等编著. 全球定位系统(GPS)的原理与数据处理[M]. 上海: 同济大学出版社, 1996.
- [4] 刘晓兰, 孔金生, 陈铁军, 丁华飞. 基于 MATLAB 的“电力电子技术”软件实验系统[J]. 微计算机信息, 2006, 9-2: 300-302.
- [5] Yilin Zhao. Vehicle Location and Navigation Systems. Artech House Inc., Boston, London, 2001.

作者简介: 陶可妍(1978-), 女, 石家庄军械工程学院学生, 硕士, 主要从事电力系统计算机仿真。

Biography: Tao Ke-yan (1978-), Gender, Hebei, Ordnance Engineering College, Research area is emulation of electric power.

(050003 河北石家庄 军械工程学院 电气工程系) 陶可妍 靳英卫 闫英敏

(Dept. of Electric Power Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China) Tao KeYan

Jin YingWei Yan YingMin

通讯地址: (050003 河北 石家庄 军械工程学院 电气控制教研室) 陶可妍

(收稿日期: 2007.8.23) (修稿日期: 2007.10.25)

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>