

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ДАТЧИКА УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИ НАСТРАИВОМОГО ГИРОСКОПА

Дружинин К. П.

Научный руководитель: Белянин Л. Н., доцент, к.т.н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kosaknekon@mail.ru

GENERATOR OF THE POWER SUPPLY SYSTEM FOR A TWO-COMPONENT SENSOR OF ANGULAR SPEEDS BASED ON A DYNAMICALLY TUNED GYROSCOPE

Druzhinin K. P.

Scientific Supervisor: Associate Prof., PhD Belyanin L. N.
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050
E-mail: kosaknekon@mail.ru

В статье рассматривается структурная схема и принцип работы задающего генератора системы питания двухкомпонентного датчика угловых скоростей на основе динамически настраиваемого гироскопа. Датчик является составной частью наземного прибора ориентации системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна. Предлагается вариант ее модернизации.

In this the article deals with the block diagram and the operating principle of the generator of the power supply system of a two-component angular velocity sensor, based on a dynamically tuned gyroscope. The sensor is an integral part of the ground instrument for orienting the orientation and navigation system of the mining combine. A variant of its modernization is proposed.

Введение

В настоящее время вопрос ориентации и навигации подвижных объектов уже довольно подробно изучен. Существует множество решений для определения координат объекта в пространстве, но не все эти решения подходят для определения координат объектов, находящихся в подземном пространстве. Подземная система ориентации и навигации необходима для повышения производительности и качества выполнения работ при строительстве штреков и тоннелей. Используемые в настоящее время для этих целей системы крайне сложны, неудобны в эксплуатации и требуют почти постоянного присутствия специалиста – маркшейдера. На кафедре точного приборостроения Национального исследовательского Томского политехнического университета разрабатывается система ориентации и навигации горнопроходческого комбайна [1]. Система состоит из трех приборов: наземного прибора ориентации, который крепится на кровлю штрека; подвижного прибора ориентации, крепящегося на корпус горнопроходческого комбайна и вычислителя, который представляет из себя переносной персональный компьютер, выполненный во взрывобезопасном корпусе. Вычислитель находится в руках у оператора, связан с подвижным и наземным приборами ориентации по Wi-Fi, вычисляет все необходимые параметры и отображает их. Определяющим в системе является наземный прибор ориентации, его предполагается выполнить на принципе системы аналитического гироскопирования [2], построенной на основе двухкомпонентного датчика угловых скоростей (ДУС) и двух акселерометров. Основу ДУС составляет динамически настраиваемый гироскоп (ДНГ). Используемый ДНГ требует для своего функционирования определенного набора электрических напряжений [3], обеспечить которыми должна система питания.

Генератор должен вырабатывать: два напряжения прямоугольной формы частотой 480 Гц, сдвинутых друг относительно друга по фазе на 90 градусов, для питания гидродвигателя; два гальванически развязанных друг от друга синусоидальных напряжения 2,5 В частотой 19,2 кГц для питания обмоток возбуждения датчиков угла гироскопа и акселерометров; опорное напряжение прямоугольной формы частотой 19,2 кГц и амплитудой 10 В для обеспечения работы демодуляторов. Все вышеперечисленные напряжения

должны быть стабилизированы и по частоте, и по амплитуде. Кроме того, амплитуда напряжений для питания гидродвигателя должна в момент запуска и в течение 80 секунд составлять 19 В, после чего уменьшаться до 11 В.

Структура задающего генератора

На кафедре точного приборостроения Томского политехнического университета был разработан инклинометр [4], в котором была применена данная схема [5]. Она представляет из себя задающий генератор, работающий на кварцевом резонаторе с тактовой частотой 1,92 МГц. Далее прямоугольные импульсы от задающего генератора подаются на делитель частоты, построенный на двоичных счётчиках. С делителя частоты прямоугольные импульсы частотой 19,2 кГц поступают на формирователь синуса, а импульсы с частотой 480 Гц и сдвинутые по фазе относительно друг друга на 90 градусов поступают на усилители мощности, которые в свою очередь питают гидродвигатель ДНГ. С формирователя синуса синусоидальное напряжение поступает на трансформатор, со вторичных обмоток которого снимаются синусоидальные напряжения амплитудой 2,5 В и частотой 19,2 кГц для питания датчиков угла. Кроме того, с отдельной обмотки трансформатора снимается напряжение, которое в дальнейшем используется в схеме стабилизации амплитуды этих синусоидальных напряжений. Напряжение, снимаемое еще с одной обмотки указанного трансформатора, используется для формирования напряжения прямоугольной формы, обеспечивающее работу демодуляторов ДУС.

Формирователь синуса

Для формирования синусоидального напряжения из напряжения прямоугольной формы применены последовательно включенные интегратор и двухсторонний нелинейный ограничитель. Фрагмент принципиальной электрической схемы формирователя представлен на Рисунке 1.

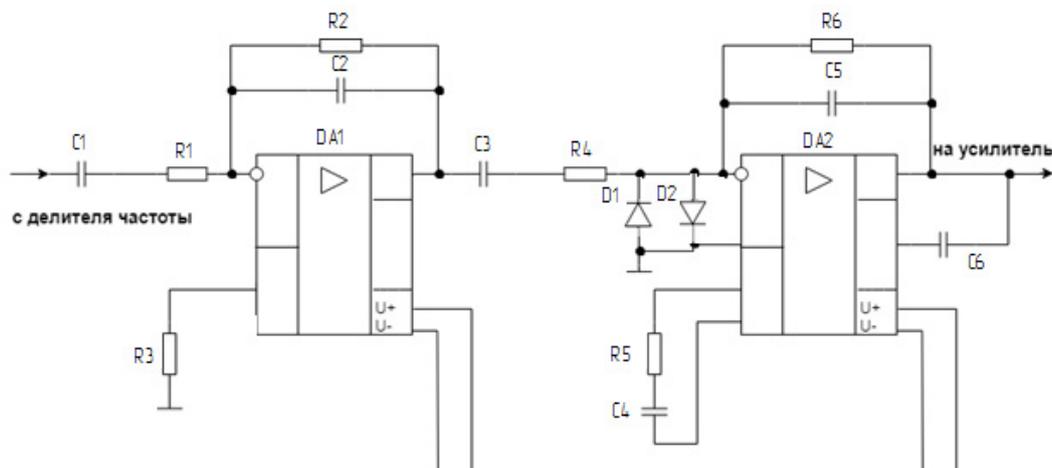


Рис. 1. Фрагмент принципиальной схемы формирователя синуса

На вход формирователя синуса через переходную емкость C1 поступают прямоугольные импульсы частотой 19,2 кГц. Данное напряжение преобразуется в напряжение треугольной формы посредством интегратора, собранного на операционном усилителе DA1. Включение в цепь обратной связи усилителя DA1 резистора R2 параллельно конденсатору C2 уменьшает величину постоянной составляющей выходного напряжения, вызванного дрейфом нуля операционного усилителя. Тем не менее, правильный подбор посто-

янной времени этого звена обеспечивает качественное интегрирование входного сигнала прямоугольной формы, частотой 19,2 кГц. Далее напряжение треугольной формы поступает на двухсторонний нелинейный ограничитель, включающий в себя два диода D1, D2 и резистор R4. Из-за нелинейности вольтамперной характеристики диодов и принципа их включения треугольное напряжение преобразуется в квазисинусоидальное и далее поступает на усилитель DA2. Далее напряжение поступает на первичную обмотку входного трансформатора. Цепочка R5, C4, а так же конденсатор C6 служат для частотной коррекции усилителя DA2.

Модернизированная структурная схема

С целью улучшения массо-габаритных и стоимостных показателей была предложена новая схема задающего генератора, представленная на Рисунке 2.



Рис. 2. Модернизированная структурная схема задающего генератора

В данной схеме предлагается использовать микроконтроллер, тактовая частота которого стабилизирована с помощью кварцевого резонатора [6]. С выходов микроконтроллера будут сниматься напряжения прямоугольной формы с частотой 19,2 кГц, два прямоугольных напряжения со сдвигом фаз на 90 градусов и частотой 480 Гц. При этом формирователь синуса предлагается оставить прежним. Стабилизация напряжения 2,5 В 19,2 кГц осуществляется с помощью цепи отрицательной обратной связи, включающей выпрямитель, источник опорного напряжения, усилитель и схему автоматической регулировки усиления. Последняя входит в состав формирователя синуса. На сегодняшний день проведена модернизация схемы с использованием микроконтроллера STM32F103C8T6 фирмы STMicroelectronics, с рабочей частотой 72 МГц и объемом Flash памяти 64 Кбайт [7]. В результате был получен весь набор необходимых напряжений.

Заключение: Представленная модернизированная схема имеет ряд преимуществ: меньшие массо-габаритные характеристики, меньшее энергопотребление. Недостатком данной схемы является, ограниченный (не выше 100 градусов по Цельсию) диапазон температур окружающей среды, который, тем не менее, не является препятствием для использования генератора в условиях шахты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарский Т. С. Особенности конструкции автоматического прибора системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна / Т. С. Пожарский; науч. рук. Л. Н. Белянин // Инженерия для освоения космоса: сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного форума с международным участием, г. Томск, 12— 14 апреля 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — С. 153-158.

2. Баженов А.В. Радионавигационные системы/ Учебное пособие/ А.В. Баженов, Г.И. Захаренко, А.Н. Бережнов, К.Ю. Савченко/ Под ред. А.В. Баженова – Ставрополь: СВВАИУ (ВИ) , 2007. – 202с.
3. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. – Ч. 1: Одноканальные инерциальные навигационные системы /Л.М. Селиванова, Е.В. Шевцова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 46 с.
4. Пожарский Т. С. Анализ требований к конструкции наземного гироскопического прибора системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fultext/c/2015/C22/034.pdf>.(12.03.2018).
5. Lingemann et al., 2005 K. Lingemann, A. Nüchter, J. Hertzberg, H. Surmann High-speed laser localization for mobile robots Robotics and Autonomous Systems, 51 (2005), pp. 275— 296.
6. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Том 2. / Пер. с англ. под ред.И. И. Шагурина и С.Б. Лужанского - М.: Постмаркет, 2001. — 488 с.
7. Белов А.Б. Конструирование устройств на микроконтроллерах / Наука и Техника, 2005. — 255 с.