

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 62-971.2, 62-589.1

Сидоркина
Анастасия Владимировна

Разработка и исследование цифрового измерителя углового положения

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 02 Технология и оборудование для
производства полупроводников, материалов и приборов электронной
техники

Научный руководитель

Осипов Анатолий Николаевич

канд. Техн. наук, доцент

Минск, 2019

ВВЕДЕНИЕ

В основе современного процесса проектирования устройств управления лежит использование разнообразной элементной базы, в том числе содержащей различные электрические, электромеханические, пневматические, гидравлические и другие преобразователи.

Датчики являются важными элементами в автоматике. Датчик является основным элементом в системах автоматического управления, получающим и перерабатывающим информацию о текущем состоянии объекта управления. Датчики применяют для измерения параметров технологического процесса; основная функция датчика – преобразование параметра процесса в какой-либо сигнал – электрический, механический, пневматический и др. Являясь связующим звеном между электронной и механической частями приборов, датчики положения стали неотъемлемым элементом оборудования для автоматизации различных процессов.

Измерители углового положения являются важной частью поворотных устройств, как оптических, так и механических, и предназначены для точного позиционирования этих устройств. В основе данных устройств может быть использован широкий ряд физических принципов, которые будут рассмотрены далее в работе в соответствующем разделе. Однако наиболее важным является комплексное сочетание таких характеристик, как простота устройства и точность измерения, применительно к области применения конечного изделия.

Целью данной работы является разработка, изготовление экспериментального образца, а также проведение испытаний устройства цифрового измерителя углового положения. Проектируемый измеритель предназначен для использования в опорно-поворотных устройствах и предназначен для позиционирования антенн радиосвязи. Данный измеритель должен базироваться на работе датчиков и обработке данных с них. Эти и другие аспекты рассматриваются в следующих разделах научной работы.

Задача разработки состоит в проектировании устройства, которое соответствовало бы заявленным требованиям по точности, простоте использования и разработки, надежности работы в широком диапазоне температур, а также имело оптимальные массогабаритные характеристики. В работе будут рассмотрены конструктивные и программные особенности устройства, разработана программа испытаний, проведено моделирование тепловых процессов для оценки работоспособности устройства, а также проведены расчеты на надежность и ремонтпригодность устройства.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью магистерской диссертации является разработка, изготовление экспериментального образца, а также проведение испытаний устройства цифрового измерителя углового положения.

Актуальность темы магистерской диссертации заключается в широком использовании измерителей углового положения в опорно-поворотных платформах и электронно-оптических узлах. В особенности, существует высокая потребность подобных изделий в военной технике и промышленности. Разрабатываемый измеритель является неотъемлемой частью антенн направленного действия, телескопических мачт и других устройств, которые способны перемещаться вокруг своей оси. Исследование измерителя углового положения на работоспособность в широком температурном диапазоне связано с его областью применения, так как устройство должно работать как в помещении, так и на открытом воздухе.

. Разработанное устройство необходимо для корректной работы опорно-поворотных платформ, исследование необходимо для проверки работоспособности устройства в широком диапазоне температур.

Основные задачи работы:

1. Анализ измерителей углового положения, определение преимуществ и недостатков имеющихся устройств, выбор на основе данного анализа метода измерения, используемого в измерителе.
2. Моделирование тепловых процессов при нагреве и охлаждении цифрового измерителя углового положения.
3. Испытание устройства на работоспособность при экстремальных температурных режимах.

Объект исследования: цифровой измеритель углового положения.

Предмет исследования: работоспособность измерителя углового положения и его компонентов в условиях высоких и низких температур ($\pm 40^{\circ}\text{C}$) при низкой и высокой относительной влажности воздуха (25% и 90%).

Структура и объем диссертации: диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, девяти глав, заключения, списка использованных источников. Объем магистерской диссертации составляет 59 страниц, включая 32 иллюстрации, 10 таблиц, библиографический список из 20 наименований, 2 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первичными информационными элементами системы управления любой роботизированной системы являются датчики, служащие для связи объектов управления с вычислительными устройствами. Для контроля точности линейных и угловых перемещений таких систем используются датчики положения – энкодеры – устройства, предназначенные для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота. Устройства с использованием таких датчиков называются цифровыми измерителями углового положения.

В первой главе рассматривается основное понятие датчиков угловых перемещений – энкодеров, которые отличаются по физическим типам измерений, такие как индуктивные (электромагнитные), оптические и магнитные энкодеры. Рассматриваются преимущества и недостатки имеющихся датчиков.

Следующая глава характеризует различные типы измерителей, приводится их краткая характеристика, а также описываются недостатки, которые имеются в устройствах.

Далее объясняется необходимость данной разработки, а также необходимость исследования разрабатываемого устройства. Приводятся возможные варианты решения проблем уже имеющихся датчиков, которые используются в производстве.

Следующим этапом разработки устройства является описание его конструкции, также в главе описан принцип измерения, основанный на расположении датчиков. Приводятся иллюстрации с расположением измерителя в совокупности с валом, передающим движение. Описываются компоненты и материалы, из которых изготовлены составляющие измерителя. Также имеется краткая характеристика схемы электрической принципиальной. Упомянется магнит, который используется для детектирования датчика.

Следующий раздел заключается в составлении программы-методики испытаний изделия на температуроустойчивость. Описано оборудование, при помощи которого должно производиться исследование, приводятся краткие технические характеристики.

Перед проведением испытания было выполнено моделирование в среде SolidWorks Flow Simulation, что описано в следующем разделе. Имеются 3D-изображения картин распределения температур в различных условиях, обозначается максимальная температура нагрева ЭРЭ. Устройство проверяется на срабатывание датчиков, зафиксированы соответствующие

осциллограммы. Далее производится непосредственно исследование, результаты исследования отражены в таблицах.

В результате исследований работоспособности устройства, цифровой измеритель был протестирован в различных климатических условиях. Данные условия соответствуют заявленным требованиям для разработки устройства и его работе как и в помещении, так и на открытом воздухе. Для проверки работоспособности устройства совместно с опорно-поворотным узлом в данном разделе представлена разработанная программная реализация, которая позволяет получать информацию о перемещениях в цифровом виде, обрабатывать ее при помощи микроконтроллера и управлять перемещениями сопряженных изделий с измерителем.

Анализ надежности показал, что исследуемое устройство обладает достаточно высокими показателями безотказности: большим временем безотказной работы, высокой вероятностью безотказной работы и длительной гамма-процентной наработкой до отказа.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что при проектировании изделий подобного назначения необходимо учитывать такие аспекты, как точность, компактность, устойчивость в широком температурном диапазоне, метод измерения перемещений, а также возможность интеграции изделия с сопрягаемыми устройствами, перемещения которых отражаются при помощи цифровых измерителей углового положения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации было разработано и исследовано устройство цифрового измерителя углового положения. В ходе работы были изучены устройства со схожим принципом работы, а также была рассмотрена необходимость данной разработки, был произведен сравнительный анализ имеющихся устройств, выявлены их недостатки.

В работе был рассмотрен конструктивный принцип измерителя, его программная составляющая, которая характеризует устройство высокой точностью получаемых данных. Также была составлена программа–методика испытаний, описано технологическое оборудование, а также описаны и проведены исследования на устойчивость работы электронных компонентов в заданном температурном диапазоне.

Было выполнено моделирование тепловых процессов, которое позволило избежать выхода из строя измерителя во время эксперимента и исключило некорректную работу устройства. Результаты исследований показали, что максимальная температура нагрева ЭРЭ равна 77 °С, что входит в допустимый предел работы и не сказывается на работе устройства. В результате экспериментальных исследований получено, что распределение температур как при нагреве, так и при охлаждении устройства происходит равномерно, средние температуры нагрева компонентов при высоких температурах. Полученные подтверждают стабильную работу устройства при различных климатических условиях.

Расчет на надежность подтверждает то, что измеритель имеет высокую наработку на отказ, равную 112 часов и обладает высокой вероятностью безотказной работы на протяжении 2000 часов, которая равняется 98 процентам.

Программный алгоритм был реализован с использованием синтаксиса языка программирования Си, который приводится в приложении и позволяет обрабатывать данные и на выходе получать достаточно высокую точность измерения. Цель диссертации достигнута, устройство обладает хорошими показателями на устойчивость в температурном диапазоне, что подтверждается экспериментальными данными, хорошо интегрируется в опорно–поворотные узлы, имеет простой и удобный интерфейс.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Сидоркина А.В. Цифровой измеритель углового положения / А.В. Сидоркина, Г.Н. Целуйко // 54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2018 – С. 108.

[2-А] Сидоркина А.В. Устройство измерителя углового положения / А.В. Сидоркина // 55-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2019 – С. 121.

[3-А] Сидоркина А.В. Схемотехнические и программные особенности измерителя углового положения / А.В. Сидоркина // 55-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Сб. докладов. – Мн.:БГУИР, – 2019 – С. 145.