

2. Контроль акселерометров систем автоматизированного мониторинга с использованием частотно-временных параметров сигнала / В. Н. Рябцев [и др.] // Не разрушающий контроль и диагностика. – 2025. – № 1. – С. 41–46.

3. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / П. А. Витязь [и др.]; под общ. ред. П. А. Витязя, К. А. Солнцева. – Мн.: Беларус. наука, 2011. – 283 с.

4. Using wavelet analysis to study structures and properties of structural materials / M. L. Kheifetz [et al.] // Non-linear Phenomena in Complex Systems. – 2023. – Vol. 26, № 4. – P. 385–392.

5. Воробьев, В. И. Теория и практика вейвлет-преобразования / В. И. Воробьев, В. Г. Грибунин. – СПб.: Изд-во ВУС, 1999. – 208 с.

УДК 629.7.054.07

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ГИРОСКОП НА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Шейников А. А.¹, Суходолов Ю. В.²

¹Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Волоконно-оптические гироскопы широко применяются в авиационных бесплатформенных инерциальных навигационных системах летательных аппаратов военного назначения. Для повышения эффективности боевого применения малых ударных беспилотных летательных аппаратов возникла необходимость существенного удешевления конструкции датчиков пилотажно-навигационных параметров полета. В процессе исследований разработан волоконно-оптический гироскоп на телекоммуникационных элементах, отличающийся существенным снижением цены (на 77 %) при небольшом снижении точности (20 %) относительно классических волоконно-оптических гироскопов. Проведено моделирование работы предлагаемого измерительного прибора.

Ключевые слова: волоконно-оптический гироскоп, телекоммуникационные элементы, навигационная система беспилотного летательного аппарата.

FIBER OPTICAL GYROSCOPE ON TELECOMMUNICATION ELEMENTS

Sheinikov A. A.¹, Sukhodolov YU. V.²

¹Educational institution «Military Academy of the Republic of Belarus»

²Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

Abstract. Currently, fiber-optic gyroscopes are widely used in aviation strapdown inertial navigation systems of military aircraft. From the point of view of the effectiveness of the combat use of small attack unmanned aerial vehicles, there is currently a need to significantly reduce the cost of the design of flight navigation parameters sensors. In the process of research, a fiber-optic gyroscope based on telecommunication elements was developed, characterized by a significant reduction in price (by 77 %) with a slight decrease in accuracy (20 %) relative to classic fiber-optic gyroscopes. The operation of the proposed measuring device was simulated.

Keywords: fiber optic gyroscope, telecommunication elements, navigation system of unmanned aerial vehicle.

Адрес для переписки: Шейников А. А., пр. Независимости, 220, г. Минск 220057, Республика Беларусь
e-mail: af.varb.ao@gmail.com

Передовые волоконно-оптические гироскопы (ВОГ) имеют характеристики, соответствующие требованиям к точности навигации (около 0,05 °/ч) для пилотируемых воздушных судов и тяжелых беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Причем применение ВОГ (средняя масса ВОГ составляет около 0,7 кг) позволяет повысить показатель точность/масса для бортового навигационного оборудования (НО) по сравнению с лазерными гироскопами. Следует также учитывать, что в отличие от последних в ВОГ в качестве излучателей могут использоваться светодиоды, что существенно уменьшает стоимость прибора (цена ВОГ с лазерным излучателем составляет от 15 000 \$, цена ВОГ с суперлюминесцентным диодным излучателем составляет около 7000 \$). Кроме того, появляется воз-

можность полного отказа от использования сигналов спутниковой коррекции, что актуально для военных БЛА. Так, средний БЛА (до 500 кг), оснащенный ВОГ с удовлетворительными характеристиками (скорость дрейфа 0,1 °/ч), при скорости 130 км/ч в полете с максимальной продолжительностью (5 ч, 650 км) на скорости 130 км/ч отклонится от заданного маршрута на 3 км. Наибольшей точности ВОГ (0,001 °/ч) добились американские фирмы Northrop Grumman и Honeywell (при такой точности ВОГ, отклонение БЛА, с учетом рассмотренных выше начальных условий, составит около 32 м). При этом, ведущее российское предприятие «Физоптика» освоило производство ВОГ класса точности менее 1 °/ч [1] (стоимость ВОГ с точностью 0,8 °/ч составляет 1000 \$). Анализ текущих военных кон-

фликтов показывает все возрастающее значение малых БЛА (МБЛА) (масса до 10 кг) на поле боя, особенно в тактической глубине до 30 км. В настоящее время речь идет о массовом применении МБЛА в составе роя. В таких условиях на первое место выходит цена БЛА и, соответственно, цена его бортового оборудования. Снижение цены ВОГ, при этом, возможно за счет некоторого снижения его точности с учетом относительно небольшого тактического радиуса действия МБЛА. Авторами предлагается конструкция простого ВОГ, собранного на основе стандартных телекоммуникационных элементов (ТЭ): медиаконвертора (МК), оптических разветвителей (ОР), оптоволоконных кабелей (ОВК) и витой пары. В качестве генератора и измерителя электрических импульсов предлагается широко распространенная отладочная плата Arduino Uno. Работа ВОГ на ТЭ организована следующим образом (рисунок 1).

Arduino через МК формирует оптический сигнал, который далее поступает на ОР. Разветвитель делит исходный сигнал на два встречных пучка, которые направляются в длинные катушки ОВК. Световые волны проходят по встречным путям и затем поступают на оптический смеситель, где складываются. На выходе формируется результирующий сигнал, который преобразуется МК обратно в электрический и подается на Arduino. В Arduino полученный сигнал интерпретируется в значение угловой скорости вращения. Главная особенность представленного ВОГ заключается в том, что он собран из доступных ТЭ, массово представленных на рынке. Благодаря такому подходу удалось реализовать модель ВОГ без специализированных фотодетекторов и лазерных источников, что делает конструкцию ВОГ относительно дешевой (230 \$). Также следует отметить простоту сборки и модульность конструкции. ТЭ имеют стандартизованные разъемы (RJ-45, SC), их легко соединять без юстировки. В то же время классический ВОГ требует прецизионной сварки оптоволокна и сложной настройки оптической схемы. Использование МК и Arduino позволяет сразу работать с цифровыми сигналами и легко интегрировать гироскоп в НО БЛА. При этом в классических ВОГ необходимо наличие отдельных блоков электроники для обработки сигнала. Кроме этого, в таких ВОГ конструкция фиксирована. Что касается телеком-ВОГ, то в нем можно менять длину ОВК, тип ОР, параметры источников сигналов прямо «на коленке», проверяя, как это влияет на чувствительность прибора. На рисунке 2 представлены результаты моделирования телеком-ВОГ при разной длине волны и площади витков ОВК.

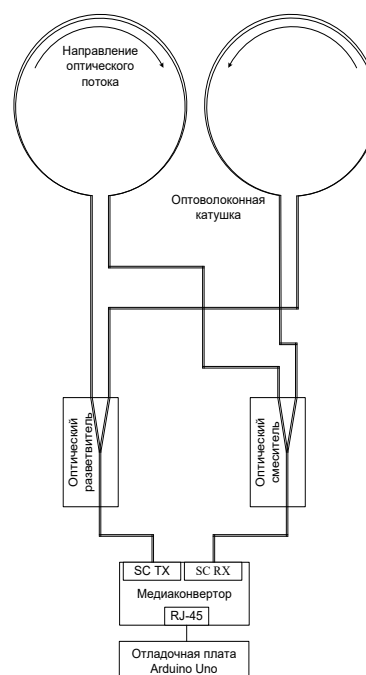


Рисунок 1 – Основные методы диагностики состояния электрических машин

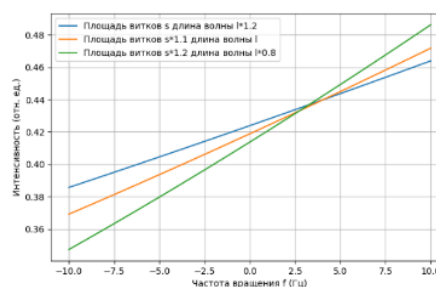


Рисунок 2 – Основные методы диагностики состояния электрических машин

Для объективности следует отметить, что точность у телеком-ВОГ (1 %/ч) ниже, чем у классического ВОГ. МК не дают когерентного излучения высокой стабильности, что снижает качество интерференции, а температура и шумы сильнее влияют на выходной сигнал. Однако, эти недостатки с лихвой перекрываются низкой ценой и технологичностью прибора.

Литература

- Олехнович, Р. О. Пути создания волоконно-оптического гироскопа повышенной точности: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.01 / Р. О. Олехнович. – СПб., 2010. – 115 с.
- Сущенко, О. А. Обзор современного состояния волоконно-оптических датчиков угловой скорости и тенденции их развития / О. А. Сущенко, В. В. Пальчик // Электроника и системы управления – 2011. – № 3(29). – С. 74–84.