

Отзыв официального оппонента

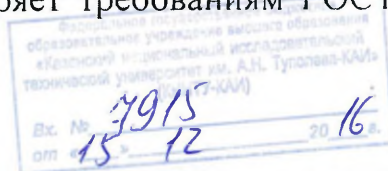
на диссертационную работу Кузнецова Артёма Анатольевича
«МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК
ИЗНОСА И ТЕМПЕРАТУРЫ ЩЁТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.11.13 - «Приборы и методы контроля природной среды,
веществ, материалов и изделий»

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Кузнецова А. А. посвящена разработке усовершенствованных волоконно-оптических датчиков температуры и износа щеток электрических машин на основе брэгговских решеток. Актуальность данной темы обусловлена бурным развитием волоконных технологий и прогрессу в области создания волоконно-оптических датчиков различных физических параметров сред, в частности температуры. Перспективы применения волоконно-оптических датчиков в электрических машинах связаны с их компактностью и невосприимчивостью к электромагнитным помехам, а также возможностью одновременного контроля нескольких параметров.

Датчики на брэгговских решетках являются одним из наиболее важных типов волоконно-оптических датчиков благодаря возможности записи решетки датчика в самом волокне, мультиплексированию нескольких датчиков на одной волоконной линии и одновременному измерению нескольких физических параметров. Также брэгговские решетки отличаются простотой изготовления и гибкостью в выборе измеряемых физических параметров, обладают чувствительностью к различным параметрам окружающей среды.

Автором показано, что в настоящее время остро стоит задача контроля рабочих параметров элементов электрических машин, в частности щеточно-коллекторного узла. Особого внимания заслуживает контроль износа щеток и их температуры. Своевременная сигнализация достижения предельных величин износа и температуры позволяет повысить безотказность эксплуатации оборудования. Сравнительный анализ, проведенный автором, показал, что существующие решения по контролю износа и температуры не удовлетворяют ряду требований (точности измерения, функциональности и стоимости датчика) и поэтому не получили широкого распространения на практике. В связи с этим показано, что целесообразным является разработка волоконно-оптического датчика для одновременного контроля износа и температуры щетки, точность которого удовлетворяет требованиям ГОСТ,



датчик имеет более высокую надежность и меньшую стоимость, по сравнению с существующими аналогами. На решение данной актуальной научно-технической задачи и направлено данное исследование.

Общая характеристика и структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложения.

Проведенный в первой главе сравнительный анализ существующих методов и средств контроля износа и температуры щеток электрических машин определил пути для улучшения их характеристик, связанных с использованием в качестве чувствительного элемента брэгговских решеток и структур на их основе.

Предложены волоконные датчики износа щеток электрических машин на основе оптического волокна, вклеенного в щетку, в котором записана одна или несколько брэгговских решеток. Проведено моделирование влияния износа щеток на спектры отражения волоконной структуры. Рассчитаны изменения амплитуды и ширины брэгговского пика отражения при уменьшении размеров щетки в процессе работы двигателя.

Исследована возможность применения для контроля износа щеток решеток с π -сдвигом, которые отличаются наличием узкого провала в центре спектра отражения, а также интерферометров с двумя брэгговскими решетками, разнесенными на некоторое расстояние друг от друга, спектры отражения которых содержат несколько интерференционных пиков. Проведено моделирование спектрального отклика волокна с четырьмя последовательно записанными брэгговскими решетками при износе.

Рассмотрен механизм измерения температуры в щетке двигателя с помощью волоконно-оптического брэгговского датчика. Рассчитаны спектры отражения брэгговских структур (одиночной решетки, решетки с π -сдвигом, серии решеток) при различных распределениях температуры в щетке. Показано, что центральная длина волны пика отражения и ширина пика могут служить для одновременного определения двух параметров щетки.

Описана и промоделирована схема опроса волоконной брэгговской решетки в щетке, включающая в себя две опорные решетки. Установлена зависимость сигналов с опорных решеток от износа щетки и влияние температуры на эту зависимость. Проведено экспериментальное исследование возможности применения волоконно-оптических брэгговских решеток для контроля износа щеток на примере электродвигателя. Определены пути дальнейших исследований.

Новизна полученных результатов, степень их обоснованности и достоверности

Результаты, полученные в диссертационной работе Кузнецова А. А., отличаются научной и практической новизной, связанной с разработкой и апробацией нового метода одновременного контроля износа и температуры щеток электрических машин, основанного на использовании в качестве чувствительного элемента брэгговской решетки. Показано, что разработанное техническое решение имеет улучшенные метрологические и технико-экономические характеристики, по сравнению с существующими методами контроля указанных параметров.

Обоснованность и достоверность полученных результатов определяется, в том числе, и высокой степенью их апробации.

Значимость результатов для науки и практики

Представленная диссертационная работа имеет выраженную практическую направленность, а полученные результаты наглядно демонстрируют возможность реализации усовершенствованного волоконно-оптического датчика износа и температуры щеток электрических машин.

Доказательством этому служат разработанные и апробированные:

- математические модели процесса контроля износа и температуры, в основу которых положены измерительные преобразования «износ – длина брэгговской структуры» и «температура – брэгговская длина волны»;
- опытный образец щетки электродвигателя со встроенным разработанным волоконно-оптическим датчиком износа;
- устройство опроса датчика износа и температуры, принцип действия которого основан на методе сравнения мощностей.

Кроме этого, в работе разработаны практические рекомендации по построению сенсорной сети транспортного средства, состоящей из большого числа одновременно опрашиваемых датчиков.

Оценка диссертации по ее завершенности, стилю и языку изложения

Диссертация Кузнецова А. А. является завершенной самостоятельной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне. Работа написана грамотным техническим языком, стилистические ошибки встречаются редко. Изложение материалов исследования сопровождается достаточным иллюстрирующим материалом, включающим в себя рисунки, таблицы, графики и фотографии. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Публикации

Основные положения исследования отражены в 23 научных работах, 3 из которых являются публикациями в рецензируемых журналах перечня ВАК по специальности 05.11.13, 5 работ в журналах, входящих в базу данных Scopus, 3 работы в журналах перечня ВАК по смежным специальностям, 3 статьи в журналах, индексируемых в РИНЦ, 6 статей, опубликованных в трудах всероссийских и международных конференций, 3 патента РФ.

Апробация и внедрение результатов работы

Представленная диссертация отличается высокой степенью апробации полученных результатов. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 6 всероссийских и международных конференциях. В приложении к диссертации представлены акты внедрения результатов в научно-исследовательский и учебный процесс КНИТУ-КАИ, а также в научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую деятельность ООО «ИРЗ ТЭК» (г. Ижевск).

Замечания по диссертационной работе

1. Разделы «Основные направления исследований», «Научная новизна», «Основные положения, выносимые на защиту» содержат дословные повторы текста с заменой одного слова «износ» на «температура». Предпочтительнее было бы вместо пар одинаковых абзацев в одном абзаце написать «износ и температура».

2. На всех графиках в диссертации коэффициент отражения приводится в относительных единицах. По отношению к какой величине в тексте не указывается, поэтому сравнение различных графиков становится затруднительным. Коэффициент отражения сам по себе уже есть отношение, поэтому лучше приводить его абсолютное значение.

3. В формуле 2.10 (стр. 60) и в определении величин, входящих в нее, содержатся ошибки.

4. В работе утверждается, что решетки с фазовым сдвигом позволяют в 2 раза увеличить длину контролируемого участка по сравнению с обычной решеткой, а использование интерферометра позволяют увеличить длину еще в 1,5 раза. В действительности длина контролируемого участка увеличивается в первом случае просто за счет увеличения длины решетки в 2 раза, а во втором случае за счет включения нечувствительного участка интерферометра без решетки.

5. В работе исследовался температурный отклик волоконной решеткой, клеенной в щетку двигателя, при этом не учитывалась деформация решетки в результате теплового расширения самой щетки, коэффициент теплового расширения которой на порядок выше коэффициента теплового расширения кварца волокна.

6. При описании тепловой модели щетки непонятно откуда появились формулы 3.11 (стр. 98) и 3.12 (стр. 99), и почему разнородные тепловые сопротивления R_2 , R_3 , R_4 , R_5 оказались равны друг другу. Результаты моделирования представлены на рис. 3.20 (стр. 102) в зависимости от времени, однако изначально используемая модель была стационарной без зависимости от времени.

7. Зависимости на рисунке 4.5 (стр. 112) приведены непонятно для каких температур. Если для $T = -60$ °С и $T = 120$ °С, то они, действительно, должны совпадать. Однако для решетки полной длины максимальное отличие характеристик должно наблюдаться между $T = 30$ °С и $T \approx 100$ °С и составлять величину порядка 7%, а не 2%, как на рисунке.

Отмеченные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы и не влияют на общую положительную оценку проведенного исследования.

Соответствие работы паспорту научной специальности

Диссертационная работа Кузнецова А. А. в полной мере соответствует паспорту специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» по пунктам:

- «научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» – автором впервые предложено использование волоконных брэгговских решеток для одновременного контроля износа и температуры щеток электрических машин; разработанное техническое решение отличается улучшенными метрологическими и технико-экономическими характеристиками; новизна полученных результатов подтверждена публикациями в российских и зарубежных изданиях, а также патентами РФ;

- «разработка, внедрение и испытания приборов, средств и систем контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, имеющих лучшие характеристики по сравнению с прототипами» – разработанное автором техническое решение внедрено в научно-исследовательскую и учебную деятельность КНИТУ-КАИ, результаты исследования применялись в НИР и НИОКР совместно ООО «ИРЗ ТЭК» (г. Ижевск), что подтверждено соответствующими актами внедрения.

СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

по диссертации Кузнецова Артема Анатольевича

на тему «Мультипликативный волоконно-оптический датчик износа и температуры щеток электрических машин»

по специальности 05.11.13 - Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

на соискание ученой степени кандидата технических наук

1.	Фамилия Имя Отчество	Иванов Олег Витальевич
2.	Гражданство	Российская Федерация
3.	Ученая степень (с указанием шифра специальности, по которой защищена диссертация)	доктор физико-математических наук по специальности 01.04.05 –Оптика
4.	Ученое звание	нет
5.	Место основной работы с указанием подразделения, должности и рабочего телефона	Ведущий научный сотрудник Ульяновского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Тел.: (8422) 44-29-96
6.	Адрес места основной работы с указанием индекса	432011, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 48/2
7.	Адрес электронной почты	olegivvit@yandex.ru

Публикаций в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

Вид публикации	Название публикации	Выходные данные
Монография	Оболочечные моды волоконных световодов и длиннопериодные волоконные решетки	Иванов О.В., Никитов С.А., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 252 с. - ISBN 978-5-9221-1393-9
Статья ВАК	Fiber-optic bend sensor based on double cladding fiber	Ivanov O.V., Chertoriyskiy A.A., Journal of Sensors, vol. 2015, Article ID 726793, 6 pages, 2015. doi: 10.1155/2015/726793

Статья ВАК	Fiber structure based on a depressed inner cladding fiber for bend, refractive index and temperature sensing	Ivanov O.V., Zlodeev I.V., Measurement Science and Technology, 2014, V.25, 015201 (8pp)
Статья ВАК	Волоконная структура на основе отрезка волокна с двойной оболочкой как датчик температуры и натяжения	Злодеев И.В., Иванов О.В., Известия Самарского научного центра РАН, 2013, т. 15, N4(5), с. 978-981
Статья ВАК	Спектры пропускания структуры на основе отрезка волокна с двойной оболочкой при изгибе	Злодеев И.В., Иванов О.В., Квантовая электроника, 2013, Т.43, N6, с. 535-541
Статья ВАК	Исследование спектров пропускания длиннопериодных волоконных решеток под воздействием высоких температур	Беринцев А.В., Злодеев И.В., Иванов О.В., Новиков С.Г., Известия Самарского научного центра РАН, 2012, Т. 14, в.4, с. 1081-1085
Статья ВАК	Исследование применения волоконных структур на основе отрезка волокна с двойной оболочкой в качестве датчиков изгиба и показателя преломления	Злодеев И.В., Иванов О.В., Известия Самарского научного центра РАН, 2012, Т. 14, в.4, с. 1068-1073
Статья ВАК	Взаимодействие мод в волоконной структуре на основе отрезка волокна с двойной оболочкой	Злодеев И.В., Иванов О.В., Известия Самарского научного центра РАН, 2012, Т. 14, в.4, с. 1000-1004
Статья ВАК	Investigation of the mechanisms of formation of long-period gratings arc-induced in pure-silica-core fibres	Rego G., Ivanov O.V., Opt. Comm., 2011, V. 284, N8, p. 2137-2140
Статья ВАК	Investigation of the long-term stability of arc-induced gratings heat treated at high temperatures	Rego G., Caldas P., Ivanov O., Santos J.L., Opt. Comm., 2011, V. 284, N 1, p. 169-171

Верно

Директор УФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН,
д.т.н., проф. Сергеев В.А.



(Handwritten signature)
(подпись)

12 2016 г.
(дата)