

ПОВОРОТНЫЙ ВОЛОКОННЫЙ СОЕДИНИТЕЛЬ ДЛЯ СУДОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В судовых информационно-измерительных системах от 30 до 70 % электрических связей могут быть заменены волоконно-оптическими. Учитывая то, что длина информационных кабелей на судах исчисляется несколькими сотнями километров, замена электрических кабелей оптическими позволяет резко сократить объемы кабельных трасс и монтажные затраты, повысить качество и надежность передачи информации.

Активное внедрение волоконной оптики связано с необходимостью адаптации световодных элементов к судовым условиям. К числу таких элементов относятся и соединители участков оптических линий.

Анализ результатов использования на судах традиционных поворотных соединителей показал, что наблюдается явное несоответствие задекларированных и таких реальных характеристик, как уровень привносимых потерь и долговременная стабильность параметров оптического тракта. Причины несоответствия вызваны негативным влиянием эксплуатационных факторов на работу соединителей [1, 2, 3, 4].

Повышенная вибрация и температура вызывают смещение и изменение размеров деталей соединителя и упругости нажимных и фиксирующих элементов. Происходящие изменения индуцируют нарушение геометрии связи световодных элементов. На участках с нарушенной геометрией связи, за счет наличия перехода "стекло-воздух-стекло" возникают френелевские отражения, которые приводят к появлению отраженного в обратном направлении светового потока. Поток обратного отражения приводит к потерям оптической мощности и оказывает отрицательное влияние на высокоскоростные оптические передатчики. Отраженный свет, попадая обратно в резонатор, вызывает сильные искажения передаваемого сигнала [4, 5, 6].

Решение задачи стабильности параметров поворотных соединителей на основе использования новых материалов, повышения уровня технологической культуры и ужесточения допусков на изготовление также оказалось неэффективным.

Известен волоконно-оптический поворотный соединитель [7], обеспечивающий взаимное вращение двух волоконных световодов (рис. 1).

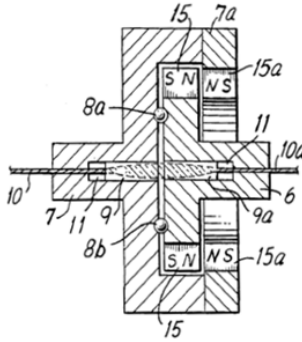


Рис. 1. Волоконно-оптический поворотный соединитель с постоянными магнитами

В соединителе каждый волоконный световод сцентрирован в наконечнике соосно с градиентной линзой и закреплен в устройствах, которые могут вращаться друг относительно друга. Соединитель снабжен механизмом принудительной юстировки на основе магнитов для обеспечения соосности наконечников с градиентными линзами. Предусмотрено изменение направления передаваемых через соединитель световых потоков при помощи зеркал. Взаимное вращение устройств осуществляется при помощи подшипников качения.

К недостаткам соединителя относятся сложность оптической системы формирования и направления передаваемого через соединитель излучения, требующая трудоемкой юстировки в наконечнике оптической оси световода относительно оптической оси градиентной линзы. Не менее трудоемким юстировочным процессом является выставление оптических осей градиентных линз относительно зеркал. В связи с этим оптические потери в соединителе достигают 3 дБ, т.е. теряется половина изначально передаваемой мощности (для сравнения в стационарных разъёмных соединителях потери измеряются величинами, не превышающими 0,1 дБ). Использование в этом соединителе градиентных линз с плоскими рабочими поверхностями, перпендикулярными оптической оси, приводит к значительному обратному рассеянию (-25 дБ), что ухудшает качество информации, передаваемой по линии связи. Применение магнитов может вывести соединитель из строя, если он окажется в зоне действия электромагнитного поля. Конструктивное исполнение этого соединителя не отвечает условиям эксплуатационной надежности и технологической простоты.

В меньшей степени эксплуатационные факторы влияют на характеристики поворотного волоконно-оптического соединителя (рис. 2) [8].

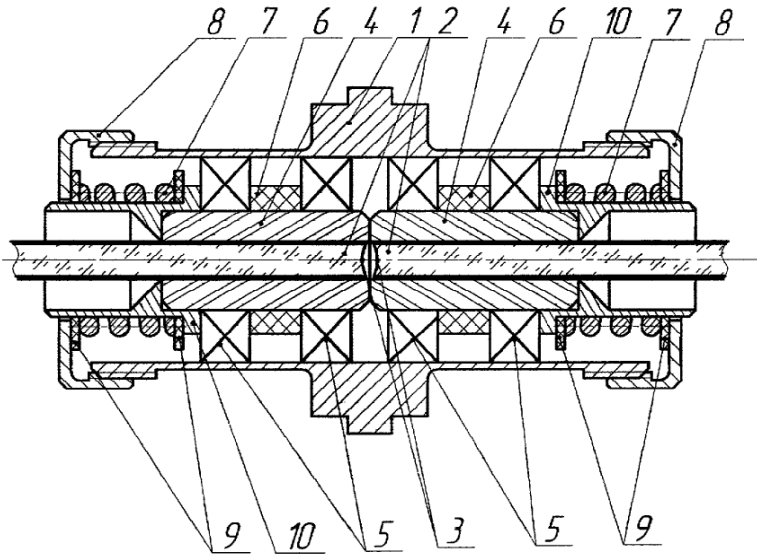


Рис. 2. Волоконно-оптический поворотный соединитель: 1 – корпус соединителя; 2 – волоконные световоды; 3 – сферические поверхности торцов оптических наконечников; 4 – оптические наконечники; 5 – подшипники; 6 – разделительное кольцо; 7 – пружины; 8 – накидные гайки; 9 – прокладки под пружины; 10 – фланец оптического наконечника

Конструктивно соединитель представляет собой единую законченную сборочную единицу, отличающуюся симметрией исполнения. Корпус соединителя выполнен в виде цилиндра из нержавеющей стали Х18Н9Т с внутренним диаметром 7 мм. В корпусе размещено четыре подшипника, каждый из которых имеет внешний диаметр 7 мм, а внутренний диаметр 2,5 мм. Внутри подшипников установлены по плотной посадке оптические наконечники из циркониевой керамики. В корпусе расположены пружины, обеспечивающие контакт наконечников между собой и устранение бокового биения по дорожкам качения внутреннего и внешнего колец подшипников.

В соединителе на точность стыковки сердечников световодов существенно влияют такие параметры подшипников, как радиальное биение внутреннего кольца относительно наружного, боковые биения

по дорожкам качения внутреннего и наружного колец. Боковые биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец устраняются давлением на внутреннее кольцо подшипника пружины. Тем самым пружина решает две задачи: устранение бокового биения по дорожкам качения внутреннего и наружного колец подшипников и обеспечение механического контакта между оптическими наконечниками.

Устройству присущи следующие недостатки, обусловленные применением прижимных пружин:

- создание пружинами аксиальной нагрузки на опорные подшипники, что может нарушить геометрию пары "шар-обойма" подшипника и "световод-световод";

- поступления материалов триботехнических контактов центрирующих втулок в зону оптического контакта световодов;

- невозможность корректировки параметров световодного канала соединителя в случае колебания температуры внешней среды, приводит к искажению уровня информационного сигнала;

- необходимость обработки контактной поверхности световодов с чрезвычайно высоким качеством во избежание создания условий появления паразитной модуляции.

В сложившихся реалиях представилась целесообразной разработка нового схемотехнического решения поворотного соединителя. Новый соединитель позиционировался как конструкция, в которой присутствует возможность корректировки температурных погрешностей нарушения геометрии световодного канала, отсутствует угроза загрязнения зоны оптического контакта световодных элементов и одновременно сохранены высокий уровень эксплуатационной надежности соединителей с жесткой фиксацией. Для решения поставленной задачи предлагается схема соединителя (рис. 3).

Основу соединителя составляет корпус 1, в котором на резьбовом соединении смонтированы центрирующие втулки 2 и 10. Последняя также является внешней обоймой подшипника. С помощью направляющих втулок 4 и 11 первый 5 и второй 15 световоды вводятся и фиксируются с помощью накладных гаек 3 и 14. В корпусе соединителя первый световод образует катушку 6, которая сжата биметаллический разрезной втулкой 8 [9]. Далее, по ходу излучения, первый световод переходит в трубчатую часть 7, которая зафиксирована в корпусе втулкой-фиксатором 9. Коаксиально к трубчатой части расположен второй световод. Такое расположение световодов позволяет реализовать туннельную оптическую связь, менее критичную к нарушениям геометрии связи чем другие виды. Вращения второго световода относительно первого обеспечивает подшипник, состоящий из элементов 10, 11, 12. Для предотвращения загрязнения соединения применено

уплотнение 13. В стандартных условиях эксплуатации катушка сжата разрезной втулкой, создавая заранее учтённое снижение уровня оптического излучения в соединителе.

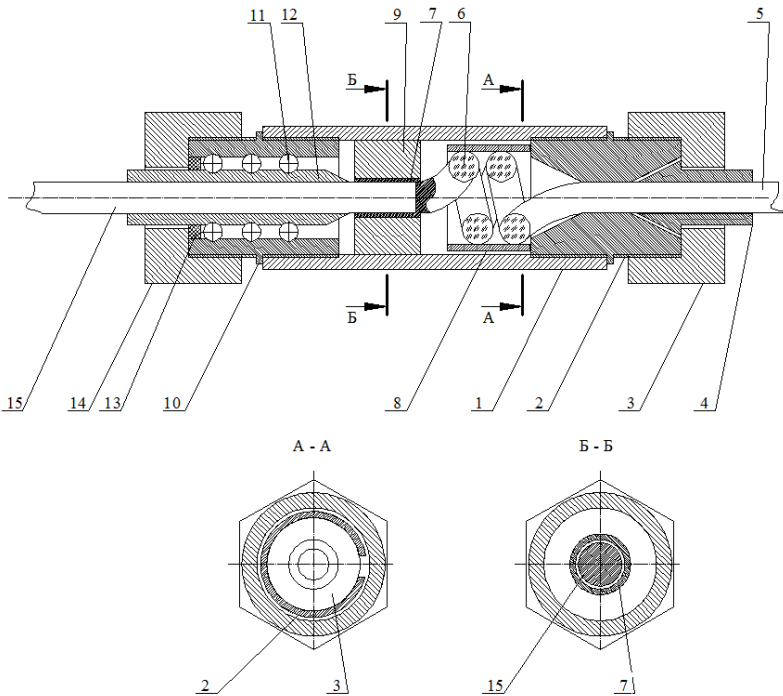


Рис. 3. Волоконно-оптический вращающийся соединитель: 1 – корпус; 2 – центрирующая втулка; 3 – накидная гайка; 4 – направляющая втулка; 5 – первый световод; 6 – катушка; 7 – трубчатая часть первого световода; 8 – биметаллическая разрезная втулка; 9 – втулка-фиксатор; 10 – втулка- внешняя обойма подшипника; 11 – направляющая втулка – внутренняя обойма подшипника; 12 – шарик подшипника; 13 – уплотнение; 14 – накидная гайка; 15 – второй световод

В динамическом режиме, под влиянием роста температуры, геометрия разрезной втулки меняется. Это, в свою очередь, вызывает частичное восстановление условий полного внутреннего отражения света в световоде, из которого образована катушка, и снижение уровня потерь оптического излучения в соединителе в целом. Таким образом, термокорректирующий элемент будет применяться в качестве оптического затвора, чья пропускная способность будет пропорцио-

нальна величине температуры. То есть, снижение интенсивности излучения инициируется нарушением геометрии световодного канала в соединителе вследствие теплового расширения его деталей, будет компенсироваться в световодной катушке.

Кроме того, опорный подшипник соединителя будет применяться в спецификационных условиях.

Как показала экспериментальная проверка макета соединителя, величина коэффициента обратного отражения, при соединении одномодовых волокон, не превышает -26 дБ, что соответствует требованию стандарта на оптические соединители TIA/EIA-568A [5].

Наряду с соответствием оптических характеристик стандарту, конструкция соединителя также отвечает требованиям, предъявляемым к изделиям этого типа в части простоты изготовления, установки, сборки и разборки. Это достигнуто путем широкого использования в разработке деталей соединителей и волоконных датчиков, освоенных промышленностью. Использование в соединителе световодных катушек из германосиликатных или халькогенидных световодов позволит существенно расширить температурный диапазон работы соединителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сандлер, А.К. Повышение помехозащищенности судовых информационно-измерительных систем // Автоматизация судовых технических средств. – Одесса: ОНМА. – 2008. – Вып. 14. – С. 75 - 80.

2. Червяков, В.В., Ларин, Ю.Т. Пассивные компоненты для общекорабельных информационных сетей на основе волоконно-оптической техники. // Фотон-экспресс. – 2006. – № 3. – С. 80 - 85.

3. Пикарников, В.П., Червяков, В.В., Вековищев, В.С. Испытания трасс оптических кабелей на виброустойчивость // Судостроение. – 1989. – № 5. – С. 31 - 32.

4. Гуляев, Ю.В., Меш, М.Я., Проклов, В.В. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. – М.: Радио и связь, 1991. – 150 с.

5. Цуканов, В.Н., Яковлев, М.Я. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство – М.: Инфра - Инженерия, 2014. – 304 с.

6. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.

7. ROTARY JOINT FOR OPTICAL FIBERS/ United States patent number: 4641915, G02B 6/32. Date of Patent: Feb. 10, 1987. Inventors: Kenichi Asakawa, Hachioji; Yuichi Shirasaki, Tokyo; Yoshinao Iwamoto, Fujimi, all of Japan Kokusai Denshindenwa Co., Ltd., Tokyo, Japan. App.

No.: 672,168. Filed: Nov. 16, 1984. Assignee: Related US. Application Data Continuation of Ser. No. 328,516, Dec. 8, 1981.

8. Универсальный волоконно-оптический вращающийся соединитель RU(11) 2 402 051(13) С2 МПК G02B 6/26 (2006.01) G02B 6/36 (2006.01). Авторы: Шабаров В.Т., Сучков В. И., Алимов А. Е., Григорьев В. А. Патентообладатель: ЗАО "МНИТИ" 20.10.2010. Бюл. № 29.

9. Деклараційний патент України № 31701, МПК (2006) G02B 6/00. Волоконно-оптичний з'єднувач / Сандлер А.К.; автор и патентообладатель Сандлер А.К.; заявл. 27.09.2007; опубл. 25.04.2008. Бюл. № 8.