

# АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПО ОДНОМОДОВОМУ ОПТИЧЕСКОМУ ВОЛОКНУ

Р. А. Федоров, А. Л. Чиж, С. А. Малышев

БГУ, Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Использование оптоволокну для приема/передачи информации от различных датчиков или удаленных приемопередающих модулей требует также прокладки медного кабеля для обеспечения их электропитания. Различные исследования стоимостных параметров таких систем показали, что эта технология дороже передачи электропитания по металлическим кабелям, но в некоторых приложениях ее применение может быть оправдано. Например:

- в системах с повышенным уровнем электромагнитных помех (различные измерители электромагнитного излучения и мониторинг линий электропередач);
- в системах с агрессивными и взрывоопасными средами (топливные измерительные системы, подземные исследования, картографирование и мониторинг сейсмической активности), где требуется обеспечить пожаро- и взрывобезопасность от искрения контактов и необходимо защищать металлические проводники от взаимодействия с компонентами среды.
- в системах передачи электропитания по оптоволокну в медицинском диагностическом оборудовании при осуществлении различного рода исследований, где используют зондирование организма человека.
- для обеспечения электропитанием распределенных датчиков в бортовой аппаратуре, при этом достигается значительное улучшение массогабаритных характеристик.
- в различных системах, где технологически нет места для прокладки дополнительного кабеля питания, или его прокладка связана с большими материальными затратами (оборудование в шахтах, видеокамеры наблюдения).

Преимуществами использования оптоволокну для передачи электропитания в приложениях, приведенных выше, являются:

- невосприимчивость к электромагнитным помехам,
- высокая стойкость к агрессивной окружающей среде (низкой

химическая активность оксида кремния  $\text{SiO}_2$ , из которого производят оптоволокно),

- возможность функционирования во взрывоопасной среде и при высоких температурах и давлении,
- требование полной электрической изоляции,
- малые весогабаритные показатели.

## 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ

Впервые технологию передачи электропитания применили в 1978 году сотрудники Bell Telephone Laboratories (США) для питания звуковой сигнализации. В 1999 году впервые было продемонстрировано применения системы передачи электропитания по оптоволокну для медицинского диагностического оборудования, измеряющего биоэлектрический потенциал человека (рис. 1). Обеспечивается 53 мВт электрической мощности с эффективностью порядка 9% [3].

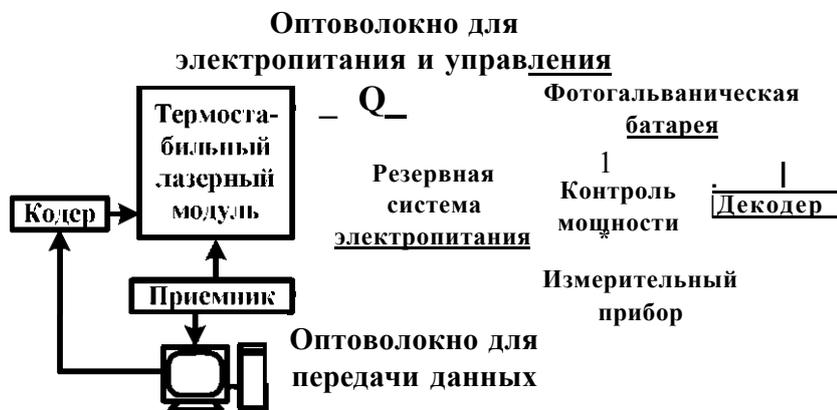


Рис. 1. Применение системы передачи питания по оптоволокну в диагностике

В 2000 году в NTT Photonics Laboratories (Япония) была разработана система передачи электропитания по волоконно-оптическому кабелю, обеспечивающая электрическую мощность 2 Вт при напряжении 5 В (рис. 2) [4]. В качестве оптического источника, преобразующего электрическую энергию в оптическую, использовался AlGaAs/GaAs лазерный диод с длиной волны генерации 808 нм, максимальной мощностью оптического излучения 3 Вт и эффективностью 11%. Для передачи электропитания использовалось многомодовое оптоволокно длиной 200 м и с диаметром сердцевины 200 мкм. Для преобразования оптической мощности в электрическую использовалась фотогальваническая батарея из шести GaAs *p-i-n* фотодиодов, имеющая

эффективность 31 %. Для передачи 2 Вт понадобилось 5 фотогальванических батарей и, соответственно, 5 оптических волокон, по каждому из которых передавалось 400 мВт оптической мощности. Суммарная эффективность всей системы составила 3 %.



Рис. 2. Система передачи электропитания по оптоволокну для питания удаленного модуля производства NTT Photonics Laboratories (Япония)

В 2001 году данная система передачи электропитания по оптоволокну была использована в системе измерений характеристик беззвонной камеры для обеспечения электрической энергией излучающего элемента, при этом дополнительное оптоволокну использовалась для передачи измерительного СВЧ сигнала [7] (рис. 3). Применение технологии передачи электропитания по оптоволокну позволило решить проблему сильных искажений, вносимых в результаты измерений металлическими кабелями питания. В настоящее время существует два коммерческих предложения по системам передачи электропитания по оптическому волокну. Фирма RLH Industries (США) предлагает систему передачи электропитания с двумя многомодовым волоконно-оптическими кабелями диаметром 62,5 мкм, при этом система потребляет 45 Вт электрической мощности и обеспечивает выходную электрическую мощность до 600 мВт (используется 2 волокна). Эффективность системы составляет величину менее 2 %.

Промышленные разработки системы передачи электропитания по оптоволокну фирмы JDSU (США) [6] используют для передачи оптической мощности на расстояния до 500 м многомодовое волокно с

диаметром сердцевины 62,5 или 100 мкм. Линейка лазерных диодов создает излучение мощностью до 5 Вт на длине волны 850 нм, которое преобразуется фотогальванической батареей размером 2x2 мм<sup>2</sup> на основе GaAs фотодиодов с эффективностью 50%. Для передачи электропитания на расстояния до 10 км используется одномодовое волокно и фотогальваническая батарея размером 2x2 мм на основе InGaAs/InP фотодиодов с эффективностью 25 %. Внешний вид системы передачи электропитания по оптоволокну представлен на рисунке 4.

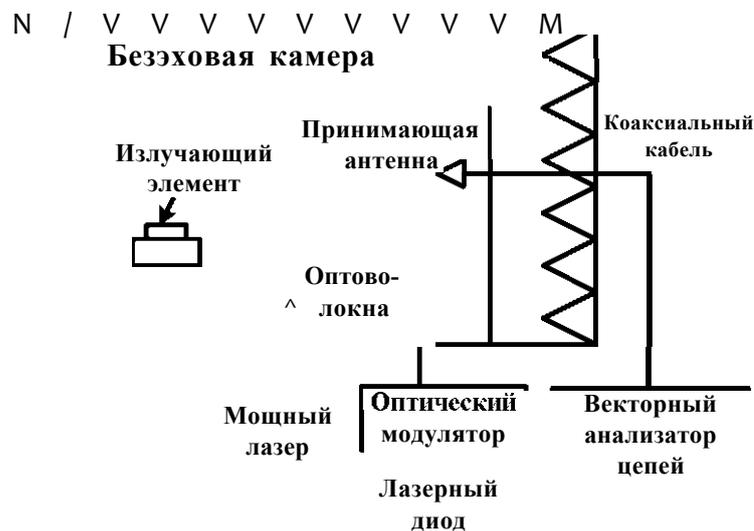


Рис. 3. Система питания системы измерений характеристик безэховой камеры для обеспечения электрической энергией излучающего элемента

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ

Разработанная система передачи электропитания по оптоволокну состоит из инжекционного InGaAsP/InP лазера Фабри-Перо с оптоволоконным выводом, длиной волны генерации 1300 нм и выходной мощностью оптического излучения до 1 Вт, двух стандартных мультиплексоров 1300/1550 с разделением по длине волны, одномодового стандартного оптоволокну типа SMF-28e и фотогальванической батареи на основе *p-i-n* гетероструктур InGaAs/InP диаметром 2 мм, состыкованной с многомодовым оптоволокну. Важной частью системы является преобразователь оптической энергии (фотогальваническая батарея). В эксперименте использовалось два вида преобразователей и было собрано два различных варианта схемы преобразования лазер — оптоволокну — фотогальваническая батарея. В первом варианте использован лазер с резонатором Фабри-Перо,

стандартное одномодовое волокно Corning SMF-28e и кремниевый pin-фотодиод). Во втором варианте использован DFB-лазер, это же оптоволокно и InGaAsP/InP pin-фотодиод.

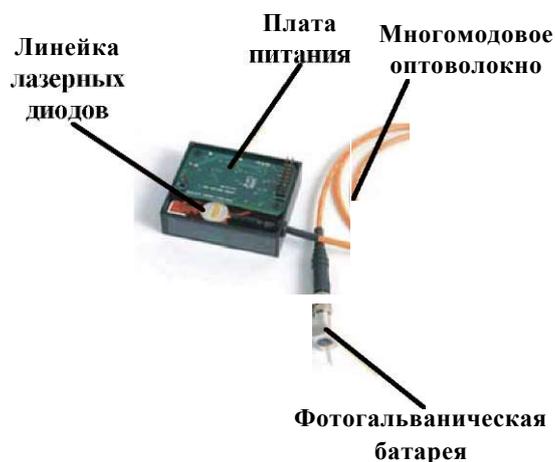


Рис.4. Система передачи электропитания по оптоволокну фирмы JDSU (США)

Система обеспечивает электрическую мощность до 300 мВт с эффективностью преобразования оптической мощности в электрическую 40 %. Передаваемая электрическая мощность системы при расстояниях до 1 км ограничена эффективностью и критической мощностью излучения для фотогальванической батареи, а в случае передачи электропитания на расстояния свыше 10 км - предельной мощностью оптического излучения одномодового оптоволокна вследствие рамановского рассеяния.

#### Литература

1. Арагвал, Г. Нелинейная волоконная оптика: Пер. с англ. - М. : Мир, 1996. - 323 с.
2. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи: 3-е издание, дополненное. М. : Техносфера, 2006. 496 с.
3. Design of an optical power supply for biopotential measurement systems / M. F. Hajer, A.C. VanRijn, C.A. Grimbergen // 21-st Annual Conf. Engineering in Medicine and Biology and Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Soc. BMES/EMBS Conference. October, 1999. Vol. 2. P. 845.
4. A stable 2 W supply optical-powering system / T. Yasui, J. Ohwaki, M. Mino, T. Sakai // Photovoltaic Specialists Conference, 2000. Conference Record of the Twenty-Eighth IEEE. 2000. P. 1614-1617.
5. New imitated equipment with optical powering system for evaluating anechoic chamber characteristics/ T. Nango, T. Kawashina, J. Ohwaki, M. Tokuda // IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC). 2001. Vol. 1. P. 274-279.
6. Werthen, J. G. Powering Next Generation Networks by Laser Light over Fiber, Optical Fiber communication // National Fiber Optic Engineers Conference. 2008. OFC/NFOEC 2008. Conference on 24-28 February, 2008. P. 1-3.