

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ОПТОВОЛОКНУ**

A. O. ШИМАНОВСКИЙ, B. V. КОЗАЧЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях традиционные методы передачи электроэнергии, основанные на использовании металлических проводников, не всегда оказываются эффективными, например, при значительных электромагнитных помехах. В связи с этим приобретает значение поиск альтернативных решений, способных удовлетворить растущие требования к энергетической инфраструктуре. Оптоволоконные кабели обеспечивают достаточную пропускную способность, устойчивость к электромагнитным помехам, безопасность на взрыво- и пожароопасном производстве, невысокие потери и компактные размеры, что позволяет передавать энергию на большие расстояния с высокой эффективностью, гарантируя при этом надежность работы системы.

Анализ исследований в рассматриваемой области показывает, что существует значительное число публикаций, посвященных передаче электроэнергии по оптоволокну Power-over-Fiber (PoF) [1]. Данная технология перспективна, например, для питания удаленных устройств в телекоммуникационных сетях, включая инфраструктуру 5G, где требуется частое размещение антенн для обеспечения высокой скорости передачи данных [2].

На рисунке 1 представлена используемая в настоящее время общая схема передачи электроэнергии по оптоволокну [3]. Из генератора 1 произвольных сигналов выходит модулированный сигнал и накладывается на электрический, который производит источник 2 питания, после чего поступает на лазерный диод 3, где формируется сигнал лазера. По оптическому волокну 4 он попадает в фотоэлектрическую ячейку 5, где формируется электрический сигнал. Сигнал модуляции проходит блок 6 развязки и попадает на контроллер 8 сигнала. В свою очередь электрический сигнал после блока развязки попадает сразу к потребителю 9.

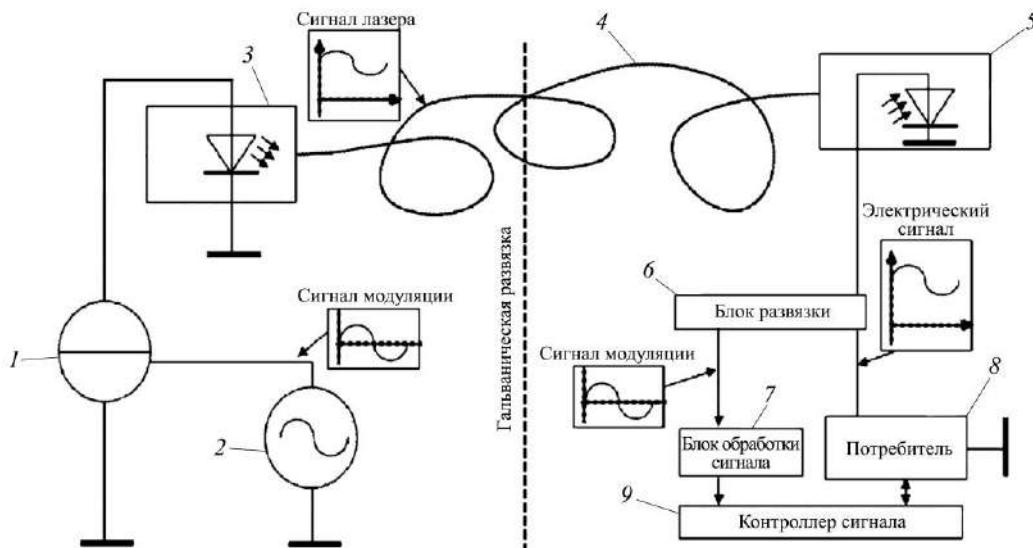


Рисунок 1 – Схема передачи электроэнергии по оптоволокну

Выполненный анализ показал, что оптическое волокно благодаря явлению полного внутреннего отражения и низким потерям может быть использовано в системах электроснабжения. Для дальних линий с высоким качеством передачи предпочтительны одномодовые волокна, обладающие низким затуханием ( $\sim 0,2$  дБ/км), для локальных систем с высокими мощностями – многомодовые, компоненты которых более дешевы. Лазерные диоды и фотогальванические преобразователи обеспечивают эффективное преобразование электроэнергии в свет и обратно, но требуют тщательного выбора характеристик, исходя из требуемой мощности передачи энергии и эффективности процесса.

К основным техническим характеристикам системы PoF относятся мощность, напряжение и дальность. Максимальная мощность ограничивается возможностями преобразования оптической энергии в электрическую. Современные PoF-системы позволяют передавать от нескольких ватт до десятков ватт на расстояния до 10 км [2]. Напряжение формируется на стороне приёмника и зависит от схемы преобразования и конструкции фотоэлектрического преобразователя. Для обеспечения безопасности и совместимости с электроникой используются низковольтные цепи (до 48 В). Дальность передачи ограничивается затуханием в оптическом волокне и эффективностью преобразования сигнала. Для одномодовых волокон и лазерных диодов дальность может достигать более километра, для многомодовых – сотни метров.

В настоящее время разработаны централизованная и децентрализованная архитектуры систем передачи электроэнергии по оптоволокну [4]. Централизованная предполагает наличие одного мощного оптического источника энергии (лазерного диода или массива лазеров), который подает световой сигнал по оптическому волокну к нескольким приемным устройствам. Такая схема позволяет обеспечить питание группы удаленных потребителей от единого центра, что упрощает управление системой, но требует высококачественного оборудования. При децентрализованной архитектуре применяются несколько независимых передатчиков, которые расположены ближе к потребителям, что позволяет повысить надежность системы, снизить потери при распределении и гибко масштабировать сеть. Однако в этом случае требуется большее количество компонентов и усложненная синхронизация. Выбор архитектуры зависит от конкретных условий эксплуатации: расстояний, количества и типа питаемых устройств, требований к надежности и стоимости.

В качестве примера возможного практического использования системы передачи электроэнергии по оптоволокну на основе существующих компонентов осуществлен подбор оборудования для обеспечения работы видеокамеры скрытого наблюдения. В качестве лазерного источника сигнала принят прибор LSM-010, который обладает регулировкой уровня мощности, автономной системой питания и простым управлением. Для оптической линии выбран кабель TVTPVCLC. Для преобразования оптического сигнала в электрический использован фотовольтаический преобразователь YCH-H003. Объектом потребления энергии является IP Видеокамера Wisent SNB06003. Распределительное устройство – кросс оптический стоечный 1U.

Таким образом, технология передачи электроэнергии по оптоволокну обладает значительным потенциалом для широкого применения. Для выхода на массовый рынок и расширения функциональных возможностей требуются дальнейшие комплексные исследования и инженерные разработки.

#### Список литературы

- 1 Matsuura, M. Recent advancement in Power-over-Fiber technologies / M. Matsuura // Photonics. – 2021. – Vol. 8, is. 8. – Article 335. – P. 1–14.
- 2 Перспективы применения технологии Power-over-Fiber / А. А. Гаркушин, В. В. Криштоп, В. А. Максименко [и др.] // Прикладная фотоника. – 2023. – Т. 10, № 1. – С. 46–67.
- 3 Patent US 2021/0409116 A1, IPC H04B 10/25 (2006.01), H04B 10/54 (2006.01), H04B 10/69 (2006.01), H04B 10/67 (2006.01). Power-over-fiber system and method for operating a power-over-fiber system : filing date 30.06.2020 : publ. date 30.12.2021 / R. Krimmer, A. Ziegler ; applicant Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. – 11 p.
- 4 Patent US 2025/0060547 A1, IPC G02B 6/44 (2006.01), G02B 6/38 (2006.01), G02B 6/42 (2006.01), H01B 11/22 (2006.01), H04L 12/10 (2006.01), H05K 5 / 02 (2006.01). Power and optical fiber interface : filing date 21.06.2024 : publ. date 20.02.2025 / T. P. Huegerich [et al.] ; applicant Commscope technologies LLC. – 20 p.