

УДК 621.315

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Максим Андреевич Бабошин

студент

maksbaboshin2@gmail.com

Алла Борисовна Лыкова

студент

lukovaalla3@gmail.com

Андрей Юрьевич Астапов

кандидат технических наук, доцент

astapow_a@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В данной статье проводится анализ существующих беспроводных технологий передачи энергии. Особенно актуально этот вопрос является в условиях удаленности, агрессивных сред и невозможности проведения линии традиционными способами. Именно поэтому важность развития беспроводных технологий в наше время носит перспективный характер.

Ключевые слова: технология, индукция, лазер, ультразвук, беспроводная передача энергии, радиоволна, микроволны, приемник, ток, источник, электрификация.

Беспроводная передача энергии стала новой областью развития электроники и робототехники. Пускай эта технология не является абсолютно новой и уже плотно укоренилась в нашей жизни, но в беспроводных системах передачи энергии открываются новые горизонты и возможности, о которых пойдет речь в этой статье.

Технологии беспроводной передачи энергии широко распространились во всех сферах и отраслях промышленности. Их основное преимущество – мобильность в передаче данных и отсутствие дополнительных элементов (проводов) увеличивают потребность в их развитии [1].

Рассмотрим основные виды беспроводной передачи и разберем их преимуществам и недостатки.

Наиболее полно получила свое распространение индукционная передача энергии. Её используют в различных областях промышленности: от зарядных устройств для электроники до медицинских имплантов и электромобилей. Принцип работы индукции заключается в работе двух катушек и выпрямителя. На передающую катушку подают переменный ток, что заставляет ее генерировать переменное магнитное поле. После чего принимающая катушка, попадающая в поле действия переменного магнитного поля, начинает индуцировать электрической переменный ток. Это вызвано силами электромагнитной индукции. Принимающая катушка, с помощью выпрямителя преобразует переменный ток в постоянный для сглаживания колебаний и его дальнейшего использования в качестве зарядного устройства [2, 4-5].

Преимущества индукционной передачи энергии заключается в отсутствии открытых контактов, что, несомненно, положительно сказывается на безопасности и защите от поражения электрическим током. Отличительной особенной этой технологии выступает возможность создания герметичных оболочек, что особенно важно в тяжёлых климатических условиях или агрессивных средах [11].

Довольно существенным минусом является ограниченность передачи на расстояния, так как с увеличением дальности сигнал сильно теряет в скорости и качестве передачи энергии. Плюсом ко всему сказанному стоит отметить важность выравнивания катушек параллельно друг другу для обеспечения эффективной передачи мощности. Так, если бы катушки располагались перпендикулярно друг другу, то магнитная связь равнялась бы нулю.

Беспроводная передача энергии методом электромагнитной индукции показана на рисунке 1 [3-4].

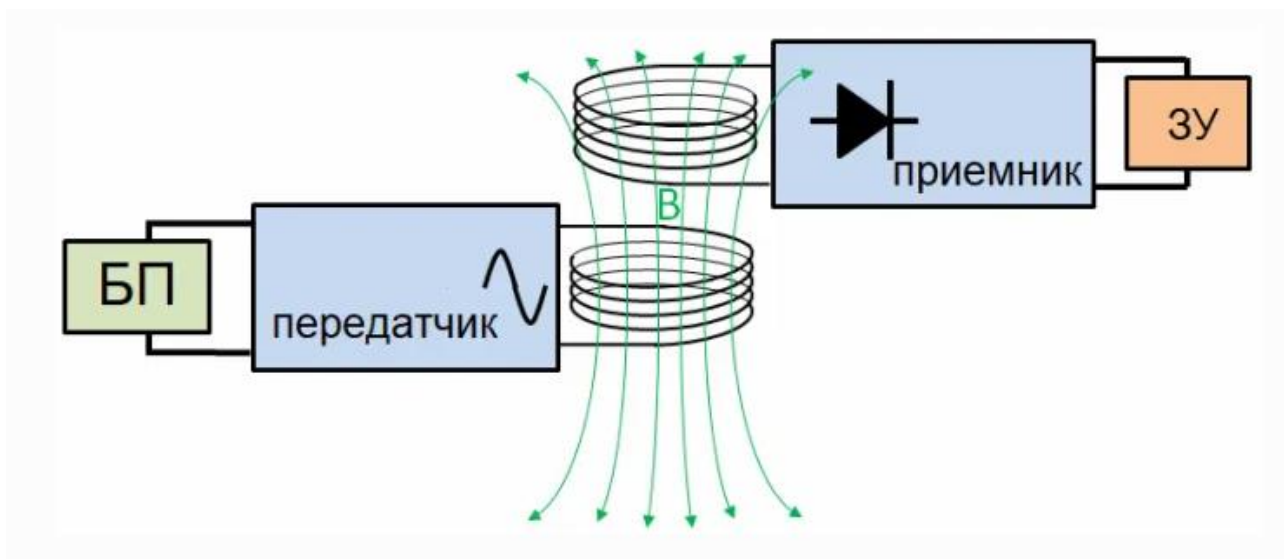


Рисунок 1 - Беспроводная передача энергии методом электромагнитной индукции.

Другой, довольно распространенной технологий беспроводной передачи энергии является радиоволновая схема. Принцип передачи энергии с помощью радиоволн напоминает индукционный способ и базируется на электромагнитных волнах. В качестве «доставщика» энергии выступают радиоволны различной частоты, которые передают энергию от передатчика к приемнику.

С помощью передатчика происходит преобразование электрической энергии сигнала в радиоволну, который передает эти волны в сторону с приемником. В свою очередь, оснащенный антеннами и схемами для принятия сигнала, приемник преобразовывает их в электрическую энергию, которую можно использовать для различных нужд. Стоит отметить, что работа радиоволнового метода основана на использовании различных частот, от

низких (LF) до микроволновых (GHz). Все зависит от задачи и дальности передачи энергии [1, 5, 11].

Из преимуществ радиоволновой технологии можно выделить её работу на больших расстояниях, что одновременно с этим является и минусом, так как эффективность передачи с увеличением дальности падает. С другой стороны, данное преимущество можно применять в тех местах, где нельзя проложить линию электропередач проводным способом или в местах удаленного доступа к устройствам.

В качестве примера можно привести беспроводные зарядки для телефонов и ноутбуков, так как радиоволновой метод подразумевает гибкость и удобство пользования, а, соответственно, может автоматически подстраиваться под положения приемника, поддерживая сильный сигнал за счет использования различных частот. При этом радиоволновой метод может вызывать помехи в работе других электронных устройств, что требует минимизации вреда за счет внедрения защитных технологий [3, 6].

Схема радиоволнового метода беспроводной передачи энергии показан на рисунке 2 [4].

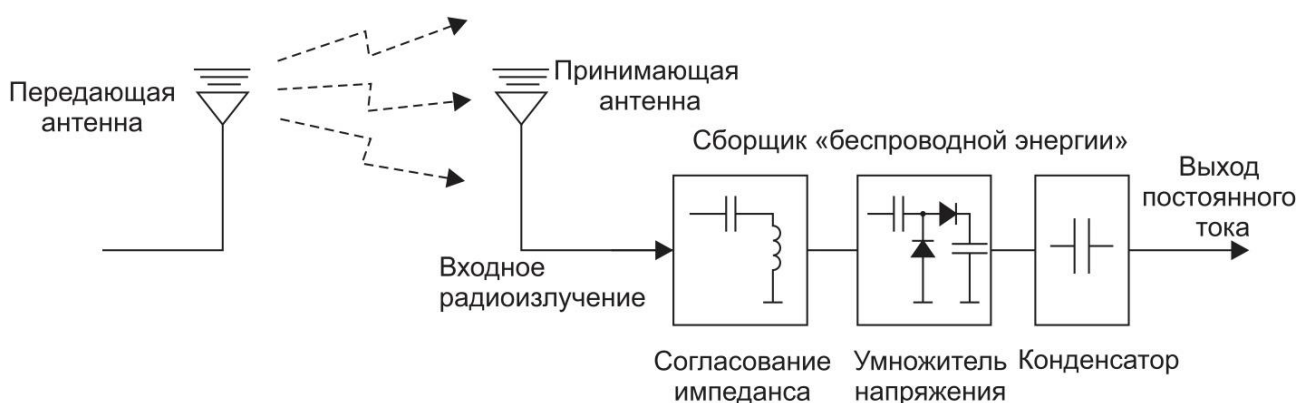


Рисунок 2 – Радиоволновой метод беспроводной передачи энергии.

Ультразвуковой способ передачи энергии основан на работе высокочастотных звуковых волн, которые способны передавать энергию между устройствами. Принцип работы схож с другими методами передачи энергии. В данном случае для преобразования электрической энергии в механические колебания применяются ультразвуковые преобразователи. Данные колебания

способны проходить на небольшие расстояния (до нескольких метров), но при этом передаваться через различные не твердые среды – воздух, жидкость. Затем полученную механические колебания приемник конвертирует в электрическую энергию [5, 7, 11].

Ультразвуковая передача энергии нашла свое применение в медицинских технологиях, а именно в беспроводной зарядке встроенных имплантов, чтобы не прибегать к замене батарей через хирургическое вмешательство. Также ультразвук используется в качестве зарядного устройства для небольших электронных деталей.

Главным преимуществом ультразвука является точная фокусировка передаваемой энергии на необходимом устройстве. Это вызвано высокой направленностью ультразвуковых волн. Именно эта особенность открыла широкий спектр возможностей в медицинской сфере, где ультразвуковая передача энергии не влияет на работы других электронных устройств и не вызывает помехи.

Из минусов ультразвуковой передачи энергии можно выделить ограниченность прохождения ультразвуковых волн через некоторые материалы и невозможность функционирования при прохождении через твердые материалы и среды. Помимо этого, важно точно выравнять между собой передатчик и приемник для эффективной работы и передачи энергии [6-7].

На рисунке 3 показана схема передачи энергии с помощью ультразвуковых волн [4, 6].



Рисунок 3 – Схема передачи энергии с помощью ультразвуковых волн.

Пожалуй, одной из передовых и инновационных технологий стала микроволновая передача энергии. В качестве способа передаваемой электрической энергии выступают микроволны.

Для питания различного рода электронных устройств используются электромагнитные волны, диапазон частот которых варьируется в пределах от 300 МГц до 300 ГГц. Технология подразумевает преобразование электрической энергии в микроволновое излучение, которое передается по воздуху от источника к источнику, и, затем, преобразуется обратно в электрическую с помощью приемной антенны [3, 8].

Характерной особенностью данного метода передачи энергии заключается в дальности передачи. Микроволновое излучение способно транслироваться на большие расстояния, чем и нашло свое применение в космической индустрии и энергетике. В космосе, собираемую солнечную энергию передают с помощью орбитальных солнечных станций к Земле. При этом сохраняется высокая эффективность работы данного способа.

Проблематикой передачи микроволновой энергии можно считать точную настройку между передающей и принимающей антенной, благо современные технологии точного наведения и стабилизации антенн в космическом пространстве ощутимо увеличивают точность передачи энергии.

Микроволновая передача энергии экономически выгодная инвестиция, где требуется постройка дорогой инфраструктуры, прокладка проводных линий электропередач или питания нефтяных станций.

Однако, использование микроволновой энергии носит экологически небезопасный характер, так как микроволновое излучение негативно влияет на жизнедеятельность живых организмов, то ее использование возможно только при условии соблюдения всех норм безопасности и разработки стандартов и технологий обеспечения уровня защиты [8-9, 11].

Развитие энергетики и других отраслей с помощью микроволновой передачи энергии меняет подход к привычному пониманию работы и питания электроники и открывает новые возможности ее использования.

На рисунке 4 показана схема передачи беспроводной микроволновой энергии [5].

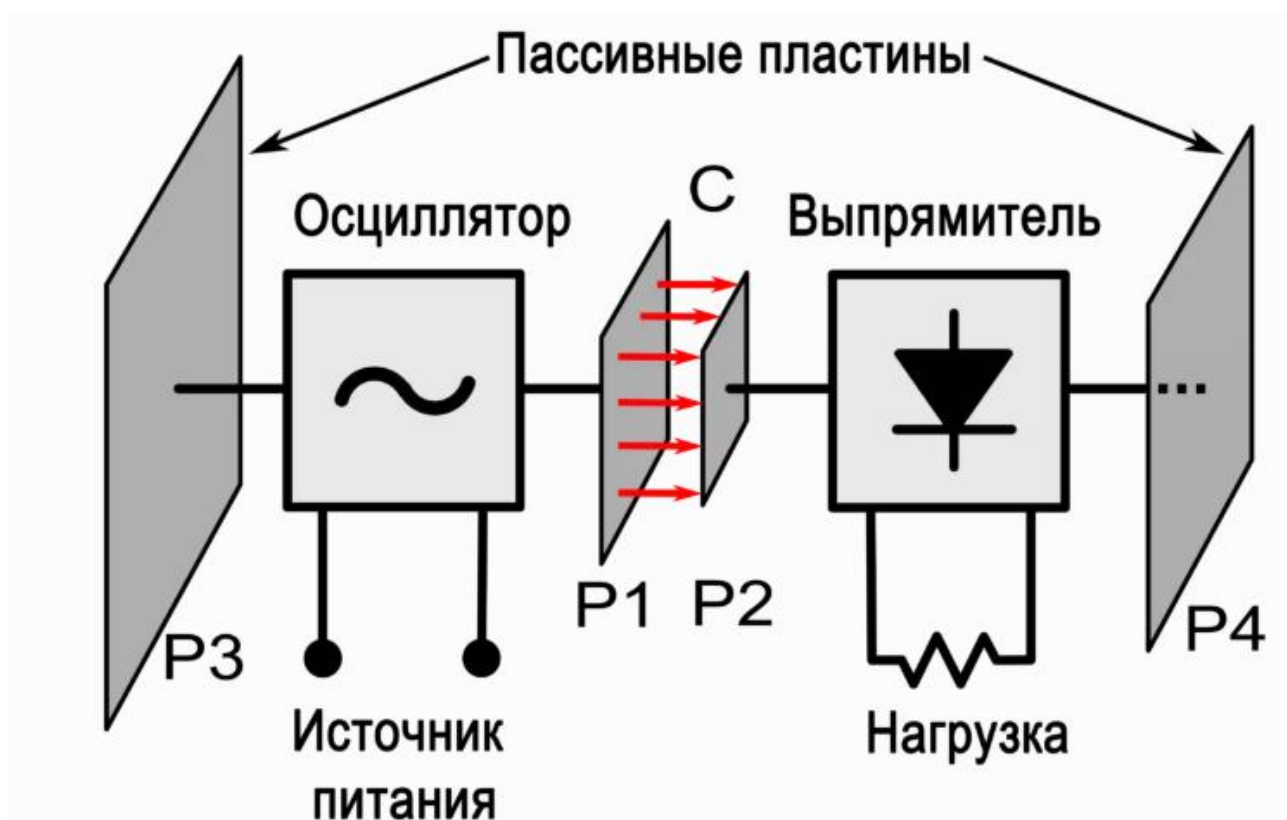


Рисунок 4 – Передача микроволновой энергии беспроводным способом.

Высокотехнологичным методом передачи энергии принято считать лазерную передачу. Возможность передавать энергии без проводов в данном случае обуславливается преобразованием электричества в свет с помощью

передатчика. Лазерный луч направляется в сторону приемника, а затем с помощью фотоэлементов и преобразователей конвертируется из энергии света в электрическую энергию. Эффективность данного метода подтверждается на больших расстояниях, но требует точного выравнивания и обеспечения повышенной безопасности [6, 9, 11].

Широкая область применения лазерной передачи энергии охватывает многие отрасли промышленности от космической до наземных систем энергоснабжения и связана не только передачей энергии на большие расстояния, но и доставки информации без потерь качества.

Как уже отмечалось выше, лазерная передача энергии требует точного выравнивания между передатчиком и приемником, что требует точной настройки оборудования. Иначе сигнал может теряться или вовсе пропасть. В данном случае на помощь приходят системы наведения и стабилизации, которые решают описанные проблемы.

Более серьезной проблемой лазерной передачи являются вопросы безопасности метода. Излучение, идущее от лазера высокой мощности, составляет угрозу для животного мира и здоровью людей, в том числе сильным повреждением глаз. При работе лазера необходимо соблюдать меры безопасности: установку защитных экранов и систему аварийного отключения, если на пути работы лазера появляется посторонний объект [1-2, 8].

Помимо этого, на работу лазера могут оказывать влияние климатические явления и осадки, такие как дождь, туман или выпадения снега. Они влияют на работу лазера поглощая его действие или снижая эффективность. Проводится работа в данном направлении с разработкой адаптивных оптических систем и лазеров, которые испускают различные длины волн.

Лазерная передача энергии нашла свое применение в медицинской отрасли – в питании имплантов и других электронных устройств внутри тела, что снижает риск попадания инфекции при хирургических вмешательствах.

На рисунке 5 показана схема передачи энергии с помощью лазера в космическом пространстве [9-10].

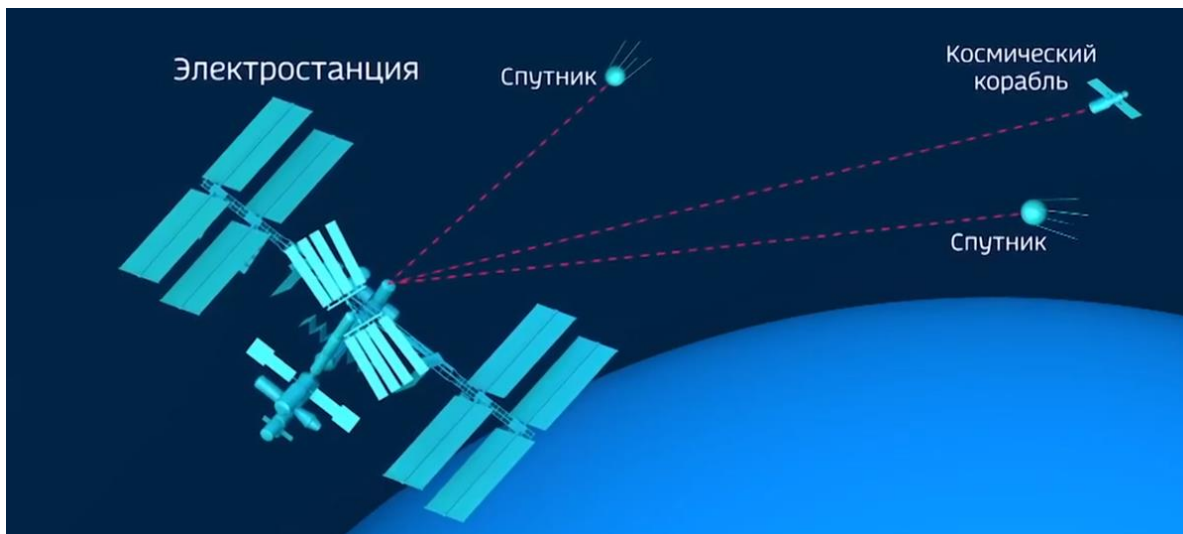


Рисунок 5 – Схема передачи энергии в космическом пространстве.

В заключении отметим, что на данном этапе перечисленные выше технологии постоянно совершенствуются и модернизируются. Разрабатывается перспектива их применения в других областях за счет увеличения дальности, силы сигнала и его проходимости, при соблюдении с ключевыми аспектами безопасности для здоровья и жизни, людей и животных [10].

Список литературы:

1. Андреев А. Н., Петров М. В. Беспроводные системы передачи электроэнергии: современное состояние и перспективы развития // Электротехника и электроэнергетика. 2023. № 4. С. 25-34.
2. Васильев Д. С. Технологии беспроводной передачи энергии: учебное пособие / М.: ИНФРА-М. 2023. С. 284.
3. Воронов П. А. Инновационные методы беспроводной электрификации промышленных объектов // Промышленная энергетика. 2023. № 3. С. 18-25.
4. ГОСТ Р 59368.1-2023. Системы беспроводной передачи энергии. Часть 1. Общие требования безопасности. М.: Стандартинформ. 2023. С. 98.

5. Калинин В. Н. Беспроводные технологии в системах электроснабжения: монография / М.: Энергоатомиздат. 2023. С. 412.

6. Кудрин Б. И., Петров С. В. Беспроводная передача энергии: теоретические основы и практическое применение / М.: Академия. 2023. С. 386.

7. Мамошин, Р. Р. Системы беспроводной передачи энергии: учебное пособие / СПб.: Лань. 2023. С. 296.

8. Новиков А. Н. Беспроводные технологии в современной энергетике // Электротехника и энергетика. 2023. № 4. С. 78-85.

9. Петров С. В. Беспроводные системы электроснабжения: проектирование и внедрение / М.: Энергопрогресс. 2023. С. 324.

10. Сорокин К. И., Найденов А. А., Астапов А. Ю. Инновационные подходы в развитии энергоснабжения АПК в России // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.

UDC 621.315

WIRELESS ELECTRIFICATION TECHNOLOGIES

Maxim An. Baboshin

student

maksbaboshin2@gmail.com

Alla B. Lykova

student

lukovaalla3@gmail.com

Andrey Yu. Astapov

candidate of technical sciences, associate professor

astapow_a@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. This article analyzes the existing wireless energy transmission technologies. This issue is especially relevant in conditions of remoteness, aggressive environments and the inability to draw a line using traditional methods. That is why the importance of developing wireless technologies in our time is promising.

Keywords: technology, induction, laser, ultrasound, wireless energy transmission, radio wave, microwaves, receiver, current, source, electrification.

Статья поступила в редакцию 24.10.2025; одобрена после рецензирования 20.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 24.10.2025; approved after reviewing 20.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.