

## ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ТРУДНОПРОХОДИМОЙ МЕСТНОСТИ

*Бастрыкин К.В., магистрант группы 8Э-81 кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул), e-mail: [kiryamobile@mail.ru](mailto:kiryamobile@mail.ru);*

*Попов А.Н. – к.т.н., доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул), e-mail: [oleandr78@mail.ru](mailto:oleandr78@mail.ru)*

**Аннотация:** СВЧ-передача электричества является довольно перспективным инновационным направлением в электроэнергетики. На данный момент электроэнергия от источника энергии до потребителя передается с помощью воздушных или кабельных линий электропередачи. Однако осуществление передачи электрической энергии с помощью традиционных способов передачи связано со значительными экономическими затратами на проективные, строительство линий электропередачи, их ремонт и обслуживание. В данной статье уделено внимание применению СВЧ-передачи электроэнергии как основного способа передачи электроэнергии в труднопроходимой местности, где применение традиционных способов передачи электрической энергии ограничено либо невозможно. Анализ преимуществ и недостатков данного способа передачи электроэнергии при должном внимании может стать мощным толчком к применению данной технологии на современном рынке передачи электрической энергии.

**Ключевые слова:** СВЧ-передача электроэнергии, магнетрон, эффективность передачи электроэнергии, способы передачи электроэнергии, электроэнергетика, ренктенна, частота передачи микроволновой энергии.

## APPLICATION OF MICROWAVE ELECTRIC ENERGY IN CONDITIONS OF DIFFICULTABLE TERRAIN

*Bastrykin K.V.,  
Popov A.N.*

**Abstract:** Microwave transmission of electricity is a fairly promising innovative direction in the power industry. At the moment, electricity from the energy source to the consumer is transmitted through overhead or cable power lines. However, the implementation of the transmission of electric energy using traditional methods of transmission is associated with significant economic costs for projective, construction of power lines, their repair and maintenance. This article focuses on the use of microwave transmission of electricity as the main method of transmission of electricity in hard-to-reach areas, where the use of conventional methods of transmission of electricity is limited or impossible. Analysis of the advantages and disadvantages of this method of transmission of electricity

with sufficient attention can be a powerful impetus to the use of this technology in the modern market for the transmission of electricity.

**Keywords:** microwave transmission of electricity, magnetron, efficiency of transmission of electricity, methods of transmission of electricity, electricity, renntenna, the transmission frequency of microwave energy.

**Введение.** На данный момент российская электроэнергетическая отрасль по примеру коллег из-за рубежа довольно активно стала развиваться в инновационном плане. Но, не смотря на этот факт, технологии передачи электрической энергии до сих пор консервативны. А именно, электроэнергия от источника до потребителя передаётся по средством кабельных или воздушных линий электропередачи.

В некоторых случаях применение данных способов передачи электроэнергии целесообразно, однако в условиях труднопроходимой скалистой либо болотистой местности использование традиционных способов передачи электроэнергии как правило трудноосуществимо, либо вообще невозможно. В таких случаях необходимо найти другое инженерное решение данной проблемы. Таким решением будет являться применение в качестве способа передачи электроэнергии СВЧ-передачи, для осуществления которой не требуется наличие физически связанных потребителя и источника электрической энергии.

Таким образом, **целью исследования** является анализ эффективности применения системы СВЧ – передачи электроэнергии в условиях труднопроходимой местности. А также сравнение экономических затрат на внедрение данной системы с затратами, связанными с вводом в работу традиционных систем передачи электроэнергии.

Предлагаемое для внедрения СВЧ-система передачи электроэнергии состоит из принимающей микроволновое излучение ренктенны и устройства для передачи излучения через пространство- излучателя или, как его иногда называют, микроволнового передатчика. Ренктенна в свою очередь состоит из антенны и выпрямительной схемы. В качестве излучателя как правило используется магнетрон, позволяющий в разы повысить эффективность микроволновой передачи.

Несомненно, имеются и недостатки использования СВЧ-передачи электроэнергии. К ним можно отнести необходимость точной настройки системы микроволновой передачи, включающей подбор нужного диапазона частот излучения энергии.

Согласно зарубежным исследованиям беспроводной передачи электроэнергии с помощью использования магнетрона в качестве излучателя микроволновой энергии были достигнуты значения эффективности передачи энергии свыше 90% за счет применения определённой частоты передачи микроволн. Наиболее эффективной для передачи микроволн являются частота в 2,45 ГГц при использовании которой эффективность передачи электроэнергии достигает 92,5 % [4, с. 13].

Наиболее эффективные частоты для передачи микроволн, а также расчетная и измеренная опытным путём эффективность передачи приведены в таблице 1 [4, с. 13].

Таблица 1– Таблица измеренной и рассчитанной эффективности различных частот

Частота (ГГц)	Измеренная эффективность (%)	Расчетная эффективность (%)
2,45	92,5	90,5
5,8	82	78,3
8,51	62,5	66,2

Эффективность передачи микроволн зависит также и от степени эффективности работы принимающей ренктенны, ведь именно от неё зависит процесс преобразования микроволн в постоянный ток. Поэтому важно подобрать передатчик, а также фильтры, диоды и схему

выпрямителя таким образом, чтобы потери энергии при преобразовании были минимальные [1, с. 9].

Одним из преимуществ применения системы СВЧ-передачи электрической энергии, согласно зарубежным исследованиям, является то, что система масштабируема. Поэтому в настоящее время ведутся зарубежные разработки СВЧ-систем больших масштабов, предназначенных для передачи энергии на расстояние околоземного пространства по системе земля – спутник – земля [2, с. 6].

Разберем вопрос использования СВЧ-передачи электрической энергии с точки зрения экономики. Для этого нам необходимо будет посчитать финансовые средства, необходимые для внедрения данной технологии и сравнить их с денежными вложениями необходимыми для реализации схожих по протяженности традиционных систем передачи энергии.

Выберем расстояние с приемлемым КПД передачи СВЧ-энергии. Оно, согласно [2, с. 7], будет составлять 3 км и КПД передачи будет равняться 80 %.

Для передачи электроэнергии на расстояние 3 км по средством СВЧ-передачи потребуется магнетрон на 1000 кВт.

По расценкам приведенным в [2, с. 7] магнетрон на 1000 кВт будет стоить порядка 7600 долларов США, а антенна для приема микроволновой энергии – 18000 долларов США, что переводя в рубли согласно курса ЦБ РФ на 23.05.2019 (1 доллар США=64 рубля) суммарно будет составлять 1638400.

Теперь рассчитаем капиталовложения необходимые для реализации способов передачи энергии по средством воздушных и кабельных линий электропередачи. Выберем линии электропередачи с учетом протяженности на номинальное напряжение 10 кВ. Для воздушной линии электропередачи выберем провод СИП-3 сечением 70 мм<sup>2</sup>. Его стоимость, согласно рыночным расценкам, будет равна  $3 \cdot 700\,000 = 2\,100\,000$  рублей [5, с. 8]. Для кабельной линии электропередачи выберем кабель (ААБЛУ 3х120) с ценой  $3 \cdot 1\,300\,000 = 3\,900\,000$  рублей [5, с. 8].

Как мы видим выгода от внедрения систем СВЧ-передачи электроэнергии очевидна. Однако, КПД воздушной линии электропередачи при передаче электроэнергии на расстояние 3 км будет составлять 90%, тогда как для СВЧ систем этот показатель равен 80%. Поэтому необходимо сравнить окупаемость внедрения этих двух способов передачи электроэнергии.

Сравнение проведем с помощью применения метода чистого дисконтированного дохода, приняв за стоимость 1 кВт·ч электроэнергии 3,99 руб. [3, с. 1].

Графический расчет окупаемости передачи электроэнергии с помощью воздушной линии электропередачи и с помощью СВЧ-передачи представлен на рисунке 1. Согласно нему можно заметить, что использование воздушной линии электропередачи покрывает экономическую выгоду от внедрения системы СВЧ-передачи электрической энергии за 11 лет.

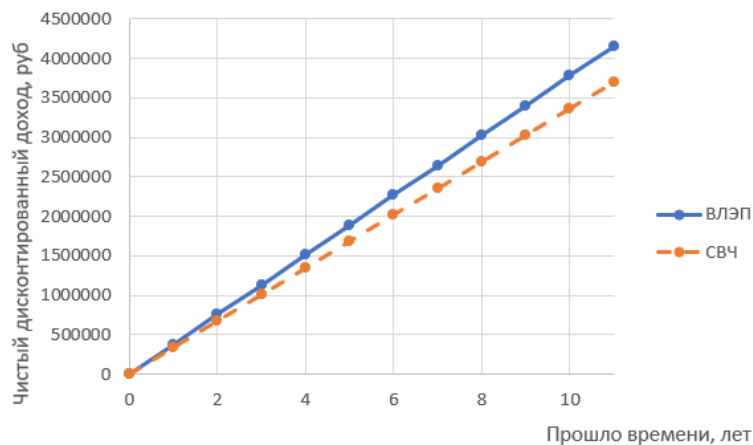


Рисунок 1 – Сравнение СВЧ-передачи электроэнергии и передачи электроэнергии с использованием ЛЭП методом чистого дисконтированного дохода

В **заключении** можно сделать вывод, что применение СВЧ-передачи электроэнергии в условиях труднопроходимой местности является конкурентоспособным способом передачи электроэнергии, наряду с существующими способами. Недостатком её является более низкий показатель КПД, а достоинством – экономическая выгода от внедрения.

**Список использованных источников:**

1. Бастрыкин, К. В., Попов, А. Н. Применение СВЧ-передачи электроэнергии как инновационного направления развития электроэнергетики [Текст] // Горизонты образования: труды XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь-2019». –Барнаул, 2019. – № 21. – С. 9-10 - Режим доступа: [http://edu.secna.ru/media/f/epp\\_tez\\_2019\\_.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/epp_tez_2019_.pdf) . –Загл. с экрана
2. Вивчарь, П. А., Воронцова, Г. В., Лыхманова, В. И. Инновационное развитие российской энергетики и применение СВЧ-передачи электричества [Текст]// SCI-ARTICLE.RU – 2018. – №56. – С. 6-9 - Режим доступа: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1524166906>. –Загл. с экрана
3. Решение управления по тарифам от 04.12.2018 №364 «Об установлении цен (тарифов) на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей на территории Алтайского края на 2019 год» [Электронный ресурс].– С. 1 - Режим доступа : <https://altaitarif22.ru/info/news/news/v-altayskom-krae-ustanovleny-tarify-na-elektroenergiyu-dlya-naseleniya-i-priravnennykh-k-nemu-potreb/> – Загл. с экрана.
4. Саввин, В. Л. Микроволновая передача энергии - современное состояние, проблемы и перспективы [Текст] // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2008. – № 2. – С. 13-16. – Режим доступа: <http://naukarus.com/mikrovolnovaya-peredacha-energii-sovremennoe-sostoyanie-problemy-i-perspektivy> –Загл. с экрана
5. СТО 56947007-29.240.014-2008 «Укрупненные показатели стоимости сооружения (реконструкции) подстанций 35-750 кВ и линий электропередачи напряжением 6, 10 –750 кВ» [Электронный ресурс].– С. 8 - Режим доступа : <http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.014-2008.pdf> – Загл. с экрана.