

## ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК ИННОВАЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Бастрыкин К. В – студент группы 8Э-81, Попов А. Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время российская энергетика по примеру зарубежных стран взяла курс на инновационное развитие, однако, несмотря на это, технологии передачи электроэнергии на данный момент достаточно консервативны. Электроэнергия от источника энергии до потребителя передается с помощью воздушных или кабельных линий электропередачи.

Иногда применение данных видов передачи электроэнергии экономически целесообразно и их довольно просто реализовать на практике. Однако, в условиях труднопроходимой скалистой либо болотистой местности реализация данных способов передачи электроэнергии, либо невозможна, либо экономически не выгодна. Применение же такого способа передачи электроэнергии как СВЧ-передача позволяет решить данную проблему, потому что для передачи СВЧ-сигнала не требуется физической связи между источником электроэнергии и потребителем.

Данная система передачи энергии представляет собой принимающую ренктанну и устройство для передачи микроволнового излучения через пространство. Ренктанна состоит из антенны и выпрямительной схемы. В качестве микроволнового передатчика используют магнетрон, который позволяет добиться наибольшей эффективности СВЧ-передачи.

Согласно зарубежным исследованиям беспроводной передачи электроэнергии с помощью использования магнетрона были достигнуты значения эффективности передачи СВЧ-энергии свыше 90%. Это было достигнуто с помощью применения определённой частоты передачи энергии. Наиболее эффективные для передачи микроволн являются частоты в 2,45 ГГц (эффективность достигает 92,5 %), 5,8 ГГц (эффективность до 82 %) и 8,51 ГГц (эффективность до 62,5 %) [1].

Эффективность передачи микроволн зависит также и от степени эффективности работы, принимающей ренктанны, 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.

Кроме того, следует отметить, что данная система передачи энергии достаточно масштабируема, то есть система может быть сконструирована таким образом, чтобы передавать больше энергии. Поэтому на данный момент за рубежом ведутся разработки СВЧ-систем, которые могут быть использованы для передачи энергии солнечного света со спутников на Землю, что в последствии сможет заменить традиционные способы передачи энергии [1].

Использование СВЧ-передачи имеет также и ряд недостатков. К ним можно отнести необходимость точного подбора параметров системы, соблюдение определённых частот передачи микроволн и учёт параметров среды, через которую передаются микроволны. Кроме того, замечено, что, если между приёмником и передатчиком имеется прямая видимость, то эффективность передачи, даже при несоблюдении ряда необходимых условий для СВЧ-передачи, может достигать 75-80%. Это правило действует также и в другую сторону. При соблюдении всех правил СВЧ-передачи, но не имея прямой видимости между приёмником и передатчиком эффективность передачи может снизиться вплоть до 55-60%. Для соблюдения условий прямой видимости применяют системы передачи, состоящий из множества ренктанн и магнетронов, представляющие собой совокупность множества отдельных простых СВЧ-подсистем [1].

Теперь рассмотрим вопрос внедрения технологии СВЧ-передачи с экономической точки зрения. Сравним СВЧ-передачу с традиционными способами передачи энергии.

Так как в качестве микроволнового передатчика как правило используют магнетрон мощность которого может достигать 1000 кВт, то и передачу электроэнергии мы будем рассматривать для 1000 кВт. Расстояние, при котором будет достигаться наибольшая эффективность передачи энергии, согласно [2], будет составлять порядка 3 км.

Рассчитаем экономические затраты от внедрения системы СВЧ-передачи энергии. Магнетрон на 1000 кВт стоит 7600 долларов США, что, переводя в рубли (согласно курса ЦБ РФ на 23.03.2019 1 доллар США = 64 рубля) будет составлять 486400 рублей. Рентанна для приёма микроволн будет стоить 18 тысяч долларов США, что при переводе в рубли будет составлять 1152000 рублей. То есть суммарные капиталовложения будут составлять 1638400 рублей [2].

Рассчитаем теперь стоимость внедрения воздушной и кабельной линий электропередачи. Стоимость строительства 3 километров воздушной линии электропередачи напряжением 10 кВ без учета стоимости монтажных работ согласно существующим расценкам составляет  $3 \cdot 700\,000 = 2\,100\,000$  рублей [3]. Стоимость же 3 км кабельной линии электропередачи на напряжение 10 кВ (ААБЛУ 3х120) будет составлять  $3 \cdot 1\,300\,000 = 3\,900\,000$  рублей [3]. Если учесть стоимость монтажных работ, то данная цифра станет значительно больше.

Теперь сравним окупаемость применения данных способов передачи электроэнергии.

Применение реальных систем СВЧ-передачи энергии с использованием магнетрона мощностью 1000 кВт на расстояние до 3 км показывает КПД 80% [2]. У ЛЭП эта величина составляет порядка 90%. Расчет чистого дисконтированного дохода показал, что при стоимости электроэнергии 3,99 руб. за 1 кВт $\cdot$ ч, согласно [4], воздушная линия электропередачи покрывает экономический эффект СВЧ-линии за 11 лет. Окупаемость же внедрения кабельной линии электропередачи займёт еще большей времени.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение СВЧ-передачи электроэнергии является довольно конкурентоспособным способом передачи электроэнергии. Кроме дешевизны реализации данный вид передачи энергии также имеет ряд уникальных преимуществ: простота передачи электроэнергии в труднодоступной скалистой либо болотистой местности, а также способность передачи энергии на движущиеся объекты (при условии, что они будут находиться в пределах прямой видимости и не дальше, чем радиус действия установки), что в будущем позволит более широко использовать данный вид передачи энергии.

#### Список использованных источников:

1. Тетельбаум, С. И. О беспроводной передаче электроэнергии на большие расстояния с помощью радиоволн [Текст] // Электричество. – 2005. – № 5. – С. 43-46.
2. Костенко, А. А. Квазиоптика: исторические предпосылки и современные тенденции развития [Текст] // Радиофизика и радиоастрономия. – 2000. – т. 5, № 3. – С. 231.
3. 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]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <http://www.fskees.ru/upload/docs/56947007-29.240.014-2008.pdf>
4. 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]. – Загл. с экрана. – Режим доступа : <https://altaitarif22.ru/info/news/news/v-altayskom-krae-ustanovleny-tarify-naelektroenergiju-dlya-naseleniya-i-priravnennykh-k-nemu-potreb/>