

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ К ТРУДНОДОСТУПНЫМ ОБЪЕКТАМ НА ОСНОВЕ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С ФОКУСИРОВКОЙ ИЗЛУЧЕНИЯ

Аль-Самарай Ш. Ф. А., Гомозов А. В., Грецких Д. В., Шокало В. М.
Харьковский национальный университет радиозлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина
тел.: 057-7021340, e-mail: ortk@kture.kharkov.ua

Аннотация — Проведен анализ влияния электрических и конструктивных параметров передающей подсистемы беспроводной передачи энергии (БПЭ) к труднодоступным наземным объектам на основе многопозиционной системы излучателей (МСИ) с пространственно-фазово-частотной (ПФЧ) фокусировкой одноступенчатых дискретных (ОСД) V -образных многочастотных (МЧ) радиоимпульсов. По результатам математического моделирования поля электромагнитного излучения (ЭМИ), создаваемого МСИ в области заданной в пространстве точки фокусировки, предъявлены требования к значениям максимально допустимых ошибок по расположению координат фазовых центров излучателей, ошибок установки начальных фаз и несущих частот по излучателям в МСИ передающей подсистемы БПЭ. Оценка этих требований проводилась из условия обеспечения передающей подсистемой в точке фокусировки (на ректенне приемной подсистемы БПЭ) не менее 90% максимально достижимого в этой точке значения плотности потока мощности ЭМИ, излучаемого ее МСИ.

I. Введение

Предложенные для реализации в 60-х годах XX века системы БПЭ строились на основе использования передатчиков с однопозиционными антеннами и фокусировки микроволнового луча (для получения высокого КПД) при размещении ректенны в зоне Френеля. Актуальность работ по созданию систем БПЭ как одного из перспективных направлений развития альтернативных источников энергии и результаты исследования таких систем в ХНУРЭ обобщены в [1]. Авторы на МСИ с ПФЧ фокусировкой ЭМИ ОСД V -образных МЧ радиоимпульсов и ректеннах предложили пути реализации систем БПЭ к труднодоступным наземным и горным объектам [2-4]. В них в качестве излучателей МСИ используются РЛС с ФАР и когерентными импульсными излучаемыми сигналами. В этих работах обоснованы требуемые законы ПФЧ управления излучаемых сигналов МСИ, детально описанные в [5], структура и особенности требований к параметрам сфокусированных пространственно-временных импульсов (ПВИ) передающей подсистемы и системы БПЭ в целом. Определены производительность и зоны биологической безопасности этих систем БПЭ. Однако в [2-4] не был проведен статистический анализ и оценка влияния случайных и детерминированных отклонений заданных электрических параметров излучаемых сигналов, конструктивных параметров МСИ предложенных передающих подсистем БПЭ.

II. Статистическая оценка требований по точности установки координат фазовых центров излучателей МСИ, точности установки значений начальных фаз, несущих частот и их дискретности

Математическое моделирование проводилось для МСИ с эффективной базой (апертурой) $L_{эф.}=1000$

м, состоящей из $N=33$ источников излучения с мощностью излучения отдельного источника $P_n=10$ кВт с длиной волны в центральном излучателе $\lambda=0,1$ м. При этом система координат располагалась с началом в центральном излучателе МСИ и осью OZ , направленной по нормали к апертуре МСИ вдоль которой осуществлялась фокусировка ЭМИ. При проведении расчетов создаваемой МСИ плотности потока мощности в заданных точках фокусировки с дальностью Z_f по известным из теории антенн и приведенным в [5] соотношениям вносились равномерно распределенные случайным образом соответствующие ошибки

По результатам математического моделирования, часть которых представлены на рис. 1, проведения оценка максимальных значений ошибок расположения фазовых центров излучателей Δx , Δy , Δz , и ошибок установки начальной фазы $\Delta\phi$ и несущей частоты Δf в каждом источнике излучения при которых уровень математического ожидания нормированной плотности потока мощности излучения МСИ сфокусированных ПВИ в окрестности точки фокусировки изменяется не более чем на 10% при изменении дальности до точки фокусировки от $Z_f=4L_{эф.}$ до $Z_f=24L_{эф.}$.

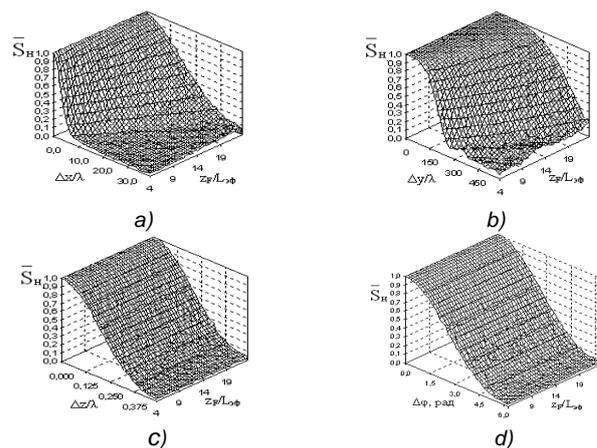


Рис. 1. Зависимость значения S_n излучаемого МСИ от ошибок расположения координат фазовых центров излучателей а) Δx , б) Δy , в) Δz и ошибок установки начальной фазы по излучателям д) $\Delta\phi$ при изменении дальности Z_f .

Fig. 1. Dependencies of S_n value for transmitting MSE on errors of phase emitters centers location co-ordinates а) Δx , б) Δy , в) Δz and on errors of initial phase setting on emitters д) $\Delta\phi$ at Z_f distance changing

III. Заключение

Показано, что возможные отклонения от заданной дискретности установки несущих частот и точности установки начальных фаз излучаемых сигналов, координат фазовых центров излучателей МСИ передающих подсистем БПЭ к труднодоступным наземным объектам предложенных в [2-4], могут существенно повлиять на величину плотности потока мощности ЭМИ в заданной точке фокусировки (на ректенне приемной подсистемы БПЭ). Это в свою очередь существенно повлияет на величину передаваемой системой БПЭ в целом мощности по постоянному току потребителю на объекте. Кроме того, рассмотренные в работе выше возможные электрические и конструктивные отклонения могут существенно повлиять на процессы формирования заданных параметров последовательностей ПВИ. По результатам математического моделирования (Рис. 1) обоснованы требования к максимальным ошибкам при которых плотность потока мощности сфокусированных ПВИ изменяются не более чем на 10%, а именно: по расположению координат фазовых центров излучателей – из условия $\Delta x \leq 1.5\lambda$, $\Delta y \leq \lambda/6$, по установке начальной фазы по излучателям МСИ – из условия $\Delta \varphi \leq \pi/3$ и по точности установки несущей частоты и ее нестабильности – из условия $\Delta f \leq 0.1$. Таким образом, техническая реализация предложенных в [1-3] систем БПЭ при использовании современной цифровой элементной базы возможна, но с достаточно жесткими требованиями к точности обеспечения координат местоположения фазовых центров излучателей в МСИ передающей подсистемы БПЭ по оси OZ (нормали к апертурам ФАР в МСИ).

IV. Список литературы

- [1] Шокало, В. Крупноапертурные антенны-выпрямители систем беспроводной передачи энергии микроволновым лучем [Текст]: моногр. / В. Шокало, А. Лучанинов, А. Рыбалко, Д. Грецих; Мин-во Образования и науки Украины, Харьков. нац. ун-т радиоэл-ки / Под ред. В. М. Шокало. – Х.: Коллегиум, 2006. – 308 с.
- [2] Гомозов, А. В. Возможность реализации системы беспроводной передачи энергии к труднодоступным объектам на многопозиционной системе с фокусировкой излучения и ректенне / А.В. Гомозов, В.М. Шокало, Д.В. Грецих, Ш.Ф.А. Аль-Самарай // Интегрированные информационные радиоэлектронные системы и технологии: сб. науч. тр. 4-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». 18-21 октября 2011 г. Ак-я прикл. радиоэл-ки, Харьков. нац. ун-т радиоэл-ки. – Том I. Часть 1. – Х., 2011. – с. 365-370.
- [3] Гомозов, А. В. Передающая подсистемы беспроводной передачи энергии к труднодоступным объектам на основе многопозиционной системы излучателей с фокусировкой излучения (Часть 1) / А. В. Гомозов, В. И. Гомозов, В. М. Шокало, Д. В. Грецих, Ш. Ф. А. Аль-Самарай // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный науч.-тех. сб., Харьков. нац. ун-т радиоэл-ки. – Вып. 165.– Х., 2011. – с. 112-118.
- [4] Гомозов, А. В. Передающая подсистемы беспроводной передачи энергии к труднодоступным объектам на основе многопозиционной системы излучателей с фокусировкой излучения (Часть 2) [Текст] / А. В. Гомозов, В. И. Гомозов, В. М. Шокало, Д. В. Грецих, Ш. Ф. А. Аль-Самарай // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный науч.-тех. сб., Харьков. нац. ун-т радиоэл-ки. – Вып. 167.– Х., 2011. – с. 18-24.

- [5] Гомозов, А. Фокусировка электромагнитного излучения и ее применение в радиоэлектронных средствах СВЧ [Текст]: моногр. / А. Гомозов, В. Гомозов, Г. Ермаков, С. Титов; Мин-во Образования и науки Украины, Харьков. нац. ун-т радиоэл-ки, Нац. космич. агентство Украины, ОАО «АО науч.-исслед. ин-т радиотехн. измерений» /Под ред. В.И. Гомозова. – Х.: КП «Городская типография», 2011. – 330 с.

STATISTICAL ANALYSIS AND INFLUENCE ESTIMATION OF ELECTRICAL AND STRUCTURAL PARAMETERS OF TRANSMITTING SUBSYSTEM OF WIRELESS POWER TRANSMISSION TO REMOTE OBJECTS BASED ON MULTI-POSITION SYSTEM OF EMITTERS WITH RADIATION FOCUSING

Al-Sammarai Sh. F. A., Gomozov A. V.,
Gretskikh D. V., Shokalo V. M.

Kharkiv National University of Radioelectronics
14, Lenina Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
Ph.: 057-702 1340, e-mail: ortk@kture.kharkov.ua

Abstract — The analysis of influence of electric and structural parameters of transmitting subsystem of wireless power transmission (WPT) to remote ground objects on the basis of the multi-position system of emitters (MSE) with the spatial-phase-frequency focusing of single-stage discrete (SSD) V-type of multifrequency radioimpulses is presented. Requirements to the values of a maximal possible error on the location of emitters' phase centers co-ordinates in MST, errors on setting of initial phases and carrier frequencies on emitters for maximal value of transferrable density power providing in focusing point of rectenna in WPT receiving subsystem are brought.

I. Introduction

In earlier published papers the ways of realization of the WET systems for remote ground and mountain objects based on MSE with space-phase-frequency focusing of electromagnetic pulses single-stage discrete V –type multifrequency radio impulses and rectennas were offered by authors. However, statistical analysis and estimation of influence of casual and determined deviation of preset electrical parameters of transmitting signals, structural parameters of MSEs of the offered transmitting WET subsystems were not performed.

II. Main Part

Mathematical modeling of the field of radiation generated by such MSE's in the surroundings of the set focusing points for the considering MSE's were performed. On calculations results (Fig. 1) is carried out the estimation of maximal values of errors of emitters phase centers location Δx , Δy , Δz , and errors of initial phase setting $\Delta \varphi$ and carrier frequency Δf in every source of transmitting at which the level of the mathematical expectation of the normalized radiation power density of MSE of focused spatial-time pulses (STP) in surrounding of the set point is changing no more than 10% at changing distance to the focusing point.

III. Conclusion

As per results of the mathematical simulation the requirements are created for the maximal errors at which power density of focused SPT's is changing no more than 10%, namely: on emitters phase centers co-ordinates location - from conditions $\Delta x \leq 1.5\lambda$, $\Delta y \leq \lambda/6$, on initial phase setting on the emitters of MSE – from a condition $\Delta \varphi \leq \pi/3$ and on accuracy of setting of carrier frequency and its instability – from a condition $\Delta f \leq 0.1$. Thus, technical realization of the proposed WET systems, when using the modern digital element base, is possible, but with rather strong requirements to accuracy of providing of location co-ordinates of emitters phase centers in MSE on a normal to its aperture.