

**С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 1811-1858

№ 2 (2020)

Павлодар

Смайлов Н. К., Көшкінбаев С. Ж., Кошкинбаева М. Ж., Адыбаев Ж. Б. Оптикалық қуатты трансформаторлардың функционалдық мүмкіндіктерін зерттеу және оптикалық ток пен кернеу трансформаторларын математикалық модельдеу	394
Сүлейменов И. Э., Байпақбаева С. Т., Копишев Э. Е., Евстифеев В. Н., Мун Г. А. Дезинфекция және ауаны тазартуға арналған радиотехникалық жүйелердің скалярлық теориясы	402
Таткеева Г. Г., Марковский В. П., Утегулов А. Б., Кошкин И. В., Байзакова М. Б. Кернеуі 1000В дейінгі оқшауланған бейтарап желілерде симметриялы режимдер кезінде жанасу кернеуін анықтау әдісі	418
Таткеева Г. Г., Утегулов А. Б., Марковский В. П., Кошкин И. В., Ромазанов О. М. 1000 В-тан жоғары дауыспен симметриялық желінде тігінді дауысы тиісін анықтау әдісін дамыту	425
Умышев Д. Р., Достияров А. М., Дуйсенбек Ж. С., Яманбекова А. К., Мусаева Ж. К. Бұрыштық тұрақтандырғыштар тобының жану процестеріне отын берудің әртүрлі нұсқаларын эксперименттік зерттеу	431
Файз Н. С., Сатаев М. И., Азимов А. М., Бердалиева А. А., Никонов О. Я. Жоғарғы кернеулі электр желілерінде электр өрісінің канцерогендік қаупі	448
Федянин В. Я., Умурзакова А. Д., Жумагажинов А. Т. Биогаз өндірісінде ультрадыбыстық технологияларды қолдану тиімділігі	461
Хамзина Б. Е., Мендыбаев С. А., Наурызбаев К. К., Сағындық Ә. Б. Сир Carbon бағдарламасында сымсыз желіні үлгілеу	468
Хамзина Ш. Ш., Хлущевская О. А., Сулейменов О. Павлодар қаласында нөсерлі кәріз жүйесін жетілдіру	477
Хацевский В. Ф., Хацевский К. В., Гоненко Т. В. Кенді қалпына келтіретін электр пештерін пайдалану кезінде энергияны үнемдеу	484
Швец О. Я., Баталова М. Е. Эстетикалық стоматологиядағы тіс түсін таңдаудың автоматтандырылған жүйесі	492
Авторларға арналған ережелер	503
Жарияланым этикасы	509

СОДЕРЖАНИЕ

Абишев К. К., Итыбаева Г. Т., Касенов А. Ж., Мусина Ж. К., Таскарина А. Ж. Повышение ресурсо-энергоэффективности основных узлов элеватора ...	15
Айбульдинов Е. К., Петров М. С., Салихов Р. М., Бектурганов Н. С., Набиев М. А. Технология переработки горючих сланцев, низкосортных углей и твердых бытовых отходов с получением синтетической нефти, газа, кокса и энергии	26
Алдамжаров К. Б., Кошеков К. Т., Пирманов И. А. Исследование роботов-манипуляторов с адаптивным алгоритмом управления	37
Амиров А. Ж., Динмухаммедулы Д. Короткая петля обратной связи для соло-кодинга	43
Балабаев О. Т., Саржанов Д. К., Абишев К. К., Молдабаев Б. Г., Жексенбаев Е. С. Исследование напряженно-деформированного состояния крепежных узлов пластин конвейера	52
Балгабеков Т. К., Айдарбек Ә. О. Кошмаганбетова А. С., Байгузина Г. Н. Газодинамические процессы в дизелях и исследовательские работы по улучшению их характеристик	59
Бартенев А. И., Султангузин И. А., Яворовский Ю. В., Алимгазин А. Ш., Калякин И. Д. Применение абсорбционных трансформаторов теплоты для повышения энергетической и экологической эффективности работы теплоэлектроцентрали	71
Бергузинов А. Н., Аскербеков С. К., Толенова А. У. Исследование влияния толщины тонких пленок TiN на механические характеристики	80
Брейдо И. В., Булатбаева Ю. Ф., Оразгалеева Г. Д. Анализ суточного профиля нагрузок металлургического производства для определения исходных данных прогнозирующей модели	88
Глазырин А. И., Глазырин С. А., Достияров А. М., Ержанов К. Ш., Айдымбаева Ж. А., Беспяева М. С. Снижение выбросов оксидов серы на ТЭС за счет утилизации сточных вод	98
Глазырин С. А., Глазырин А. И., Достияров А. М., Ержанов К. Ш., Айдымбаева Ж. А., Беспяева М. С., Советай К. Ж., Асанова Д. С. Снижение экологического воздействия биоэнергетических установок на окружающую среду	110

Глуценко Т., Бедыч Т.	
Стабилизация мощности ветроэнергетических установок	118
Достияров А. М., Садыкова С. Б., Яманбекова А. К., Картджанов Н. Р.	
Изотермическое исследование влияния угла закрутки входного потока на интенсивность турбулентности	127
Достияров А. М., Умышев Д. Р., Достиярова А. М., Катранова Г. С.	
Влияние различных вариантов подачи газа на процессы горения за удобообтекаемыми профилями	139
Елубай М. А., Бухарбаев С. К.	
Рациональное использования отходов предприятий энергетики в качестве сырья и материала	147
Елубай М. А., Оразбекулы Е., Айткалиева Г. С.	
Неионогенные поверхностно-активные вещества на основе возобновляемого сырья	152
Есмаханова Л. Н., Жанкуанышев М. К., Марковский В. П., Утегулов А. Б., Кошкин И. В.	
Внедрение SCADA-системы в технологические процессы пищевой промышленности	159
Жумагулов М. Г., Глазырин С. А., Глазырин А. И., Ержанов К. Ш., Глазырина Н. С., Ажикенов К. С.	
Теплоснабжение административно-бытового корпуса ТОО «KSP STEEL» за счет вторичных тепловых энергоресурсов	168
Инютин С. П., Нургалиев С. С., Джапарова Г. А., Айнагулова А. С.	
Качество энергоэффективного оборудования для систем освещения, вопросы фотобиологической безопасности и маркировки светотехнической продукции	175
Исабеков Д. Д., Талипов О. М.	
Максимальная токовая защита электроустановок, подключенных к ячейкам комплектных распределительных устройств	188
Исаев В. Л., Камарова С. Н., Абильдинова С. К.	
Опорный конспект «Ситовый анализ угля» по методологии активного освоения для системных опорных знаний	193
Исаева Ж. Р., Шоланов К. С.	
Система генерирования электрической энергии поплавающей волновой электростанции	205
Искаков Р. М., Мулдашева М. Г.	
Массо- и теплоперенос в сушильно-измельчающем аппарате	214
Krocze P., Cieřlik J., Болатова А. Б., Усербаев М. Т.	
Кинематический анализ хирургического робота Robin heart vision	222
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Пшембай Н. Н., Толегенов С., Иманбек С., Даниленко С.	
Концепция интеллектуального энергоснабжения	233
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Пшембай Н. Н., Толегенов С.	
Энергосберегающие технологии в жилищно коммунальном комплексе	240

Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Акуев А. М., Самуратов Е. К., Аманкелді Н. І.	
Термодинамически-диаграммный анализ системы Fe-V-Si-Al	255
Келаманов Б. С., Сариев О. Р., Әбдірашит А. М., Орынбаев Б. М., Аманкелді Н. І.	
Моделирование и анализ термодинамических процессов в системах Fe-Si-Al и Fe-V-Al	264
Кисмерешкин В. П., Риттер Е. С., Риттер Д. В.	
Исследование эффективности системы резонансных вибраторов для равномерного распределения поля волны E_{00}	272
Клецель М. Я., Маширапов Б. Е., Талипов О. М.	
Магнитные поля в комплектных трёхфазных токопроводах	279
Кошеков К. Т., Анаятова Р. К., Кислов А. П.	
Пути снижения отрицательного влияния человеческого фактора на безопасность полетов	286
Куанышев М. К., Мурзагалиев А. Ж., Сембаев Н. С., Ахметов С. И.	
Математическое моделирование процессов изношенности подшипников сгорания двигателя внутреннего сгорания	300
Макатов Е. К., Актаева А. У., Хан С. И., Қалман Г., Шонашева А. К.	
Социальные сети как угроза информационной безопасности	310
Мельников В. Ю., Кибартене Ю. В., Кибартас В. В.	
Средства и системы обеспечения пусковых свойств синхронных электродвигателей основных насосных агрегатов магистральных нефтепроводов	321
Мехтиева А. Д., Югай В. В., Алькина А. Д., Есенжолов У. С., Нешина Е. Г.	
Двигатель с внешним подводом теплоты для привода поршневого насоса систем орошения	332
Муканов А. Т., Амриев Р. А., Елубай М. А.	
Роль применения концепции бережливого производства «Lean Six Sigma» в операционной эффективности установки вакуумной перегонки мазута на ТОО «ПНХЗ»	344
Никифоров А. С., Приходько Е. В., Кинжибекова А. К., Нуркина Ш. М.	
Анализ экономической эффективности внедрения рациональных режимов разогрева высокотемпературных агрегатов	351
Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Асаинова Д. К.	
Способ построения токовых защит на базе магнитной системы токового реле РТ-40	357
Нукешев С., Скрынник Б., Ахметов Е., Тлеумбетов К., Косатбекова Д.	
Разработка универсальной системы управления и контроля дифференциацией внесения удобрений	364
Сапарходжаев Н. П., Абдисамат М. А.	
Информационная система созданная для решения проблемы туризма	377

**В. П. Кисмерешкин¹, Е. С. Риттер²,
Д. В. Риттер³**

¹д.т.н., профессор, Радиотехнический факультет, Омский государственный технический университет, г. Омск, 644000, Российская федерация;

²докторант PhD, преподаватель, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан;

³к.т.н., доцент, Факультет инженерии и цифровых технологий, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск, 150000, Республика Казахстан
e-mail: dritter@mail.ru; maslova_nata2008@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ РЕЗОНАНСНЫХ ВИБРАТОРОВ ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ ВОЛНЫ E_{00}

В статье представлены результаты исследования поля волны E_{00} в режиме переизлучения. Переизлучение волны E_{00} осуществляется группой соосных с проводом волновода резонансных вибраторов. Приведены данные экспериментальных исследований распределения поля вдоль однопроводной линии передачи, работающей в различных режимах. Показана возможность повышения эффективности переизлученного поля и его регулировки. В соответствии с этим, в статье приводятся схемы размещения резонансных вибраторов относительно друг друга.

Ключевые слова: антенная решетка, однопроводная линия, распределение поля, переизлучатель, резонансный вибратор.

ВВЕДЕНИЕ

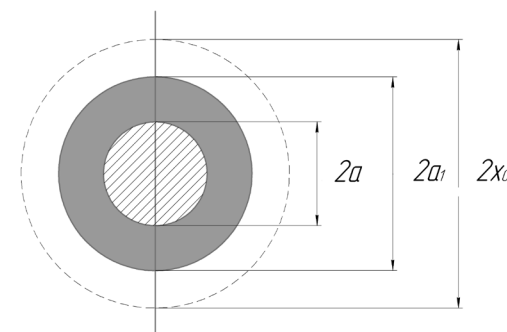
Распределение энергии по элементам антенной решетки играет важную роль в формировании диаграммы направленности антенной решетки. В большинстве случаев для обеспечения требуемого распределения энергии по элементам антенной решетки необходима сложная система делителей

энергии и согласования фаз. Такая система усложняет конструкцию и стоимость изделия.

Антенна, изготовленная по технологии однопроводной линии передачи, имеет ряд преимуществ в распределении энергии в многоэтажных антенных решетках, формировании требуемых амплитудно-фазовых распределений поля вдоль апертуры антенны.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим структуру поля однопроводной линии передачи [1]. Поле однопроводной линии передачи представляет собой поверхностную волну E_{00} . Наиболее часто используют конструкцию в виде провода с диэлектрическим покрытием (рисунок 1) составляющие поля имеют вид:



a – радиус провода; a_1 – радиус диэлектрического покрытия;
 x_0 – граничный радиус.

Рисунок 1 – Провод с диэлектрическим покрытием

В диэлектрическом слое при $a < r < a_1$ составляющие поля E_{00} имеет вид:

$$E_z = A \frac{ih_i}{\omega \epsilon_a} \left[H_0(h_i r) - \frac{H_0^{(1)}(h_i a)}{H_0^{(2)}(h_i a)} H_1^{(2)}(h_i r) \right] e^{-\gamma z}, \quad (1)$$

$$E_r = A \frac{i\gamma}{\omega \epsilon_a} \left[H_0(h_i r) - \frac{H_0^{(1)}(h_i a)}{H_0^{(2)}(h_i a)} H_1^{(2)}(h_i r) \right] e^{-\gamma z}, \quad (2)$$

$$H_\phi = A \left[H_0(h_i r) - \frac{H_0^{(1)}(h_i a)}{H_0^{(2)}(h_i a)} H_1^{(2)}(h_i r) \right] e^{-\gamma z}, \quad (3)$$

Во внешнем пространстве при $r > a_1$ составляющие поля описывают выражениями:

$$E_z = B \frac{h}{\omega \epsilon_0} H_0^{(1)}(hr) e^{-\gamma z}, \quad (4)$$

$$E_r = B \frac{h}{\omega \epsilon_0} H_1^{(1)}(hr) e^{-\gamma z}, \quad (5)$$

$$H_\varphi = B H_1^{(1)}(hr) e^{-\gamma z}, \quad (6)$$

где $H_n^{(1)}$ – функция Ганкеля 1-го рода n -го порядка; γ – постоянная распространения; r – текущий радиус.

$$\frac{W_r}{W_H} = 1 - e^{-\frac{2(r-a_1)}{x_0}} = 1 - e^{-\frac{2x}{x_0}} \quad (7)$$

$$x = r - a_1 \quad (8)$$

где W_r – энергия электромагнитного поля вокруг провода в пространстве радиуса r ; W_H – общая энергия вокруг провода.

Величина x_0 характеризует радиус цилиндра, в котором сосредоточена энергия волны E_{00} . Относительно граничного радиуса установлено что:

1 для проводов с диэлектрическим покрытием радиус концентрации энергии x_0 значительно меньше, чем для проводов без покрытия;

2 при повышении частоты и постоянной толщине покрытия, x_0 уменьшается;

3 при увеличении толщины диэлектрического слоя и неизменном диаметре провода x_0 несколько уменьшайся. Однако при значительном увеличении размеров провода x_0 увеличивается не значительно.

Как известно, для преобразования типа волны однопроводной линии передачи необходимо в поле волны E_{00} поместить резонансный вибратор [2]. Вибраторы могут иметь различную форму, например, цилиндрическую, спиралевидную и другие. В качестве вибраторов могут выступать металлические неоднородности, закрепленные в поле волны E_{00} параллельно или перпендикулярно оси однопроводной линии передачи.

Цилиндрический вибратор (рисунок 2) представляет собой трубку, непосредственно надетую на провод однопроводной линии передачи. Такой вибратор будет переизлучать энергию во всех направлениях.



L – длина вибратора; R – радиус размещения вибратора

Рисунок 2 – Цилиндрический вибратор

Распределение энергии по вибраторам описывается выражением:

$$P_0 = P_0 k_1 + (P_0 - P_0 k_1) k_2 + (P_0 - P_0 k_1 - (P_0 - P_0 k_1) k_2) k_3 + \dots + \delta, \quad (9)$$

где P_0 – энергия, подводимая к однопроводной линии передачи; k_n – коэффициент связи; δ – оставшаяся энергия в однопроводной линии передачи.

Из уравнения (9) видно, что максимум энергии излучается первым вибратором, а минимум – последним. При разработке антенн по технологии однопроводной линии передачи ставилась задача достижения равномерного распределения амплитуды поля вдоль апертуры антенны. Для этого необходимо менять коэффициент связи. Коэффициент связи цилиндрического вибратора с проводом однопроводной линии передачи зависит от радиуса провода, на котором он размещен, от длины вибратора. Установлено, что чем меньше радиус и длиннее вибратор, тем больше коэффициент связи k .

Фазовое распределение будет зависеть только от расстояния L (рисунок 3), на котором вибраторы размещены относительно друг друга. Чтобы все вибраторы имели одинаковую фазу, расстояния между их центрами должны быть равными длине волны $L = \lambda$ (рисунок 3).

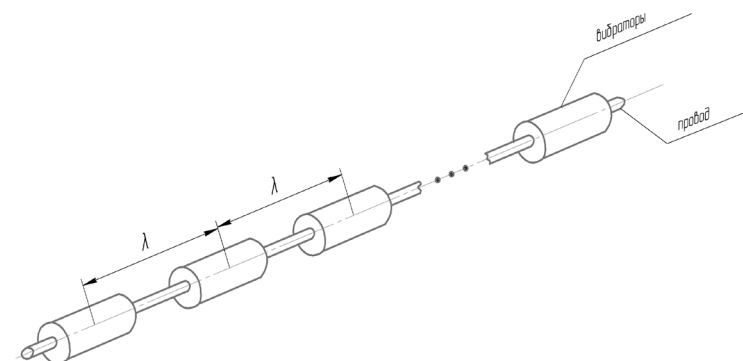
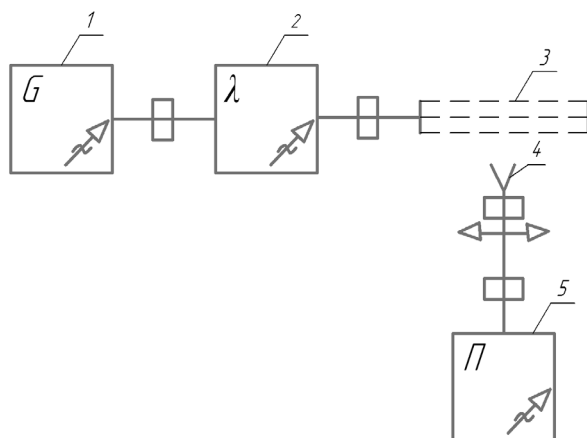


Рисунок 3 – Размещение вибраторов относительно друг друга

Измерение распределения амплитуды поля вибраторов вдоль однопроводной линии передачи производилось по схеме, изображённой на рисунке 4.



1 – генератор, 2 – волномер, 3 – исследуемая антенна,
4 – рупорная антенна, 5 – приемник.

Рисунок 4 – Блок-схема установки
для проведения измерения амплитуды поля

Рупорная антенна, принимающая поле исследуемой антенной решетки, перемещается вдоль исследуемой антенны на расстоянии $0,5\lambda$. По результатам измерений амплитуды поля вдоль излучателей антенной решетки построен график (рисунок 5).

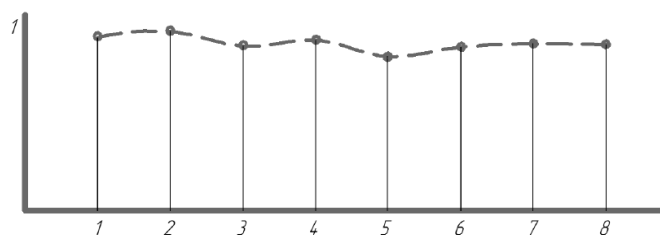


Рисунок 5 – Распределение энергии по излучателям антенны

Таким образом, получено распределение поля волны E_{00} по резонансным вибраторам близкое к равномерному. Неравномерности распределения обусловлены несовершенством изготовления антенны.

ВЫВОДЫ

В результате выполнения экспериментов с группой переизлучающих вибраторов соосных с проводом волновода были достигнуты следующие результаты:

- неравномерность распределения поля без переизлучающих вибраторов составила в режиме ± 22 дБ;
- неравномерность распределения поля с одним переизлучающим вибратором составила ± 9 дБ;
- неравномерность распределения поля с двумя переизлучающими вибраторами составила 7 дБ.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н. Вибраторная решетка // Патент № 2190907.

2. Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н. Моделирование линейной антенной решетки на основе однопроводной линии передачи // Приборы и техника эксперимента – 1996.

4 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н. Всенаправленная антенная решетка на основе открытого волновода // Проектирование и технология электронных средств – 2004. – № 4. – С. 12–15.

5 Кисмерешкин, В. П., Лобова, Г. Н., Риттер, Д. В., Дударев, А. В. О системе распределения энергии при облучении поверхностей // Электроника и радиотехника. – 2013. – № 6 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rusnauka.com/9_NND_2012/Tecnic/6_105400.doc.htm

Материал поступил в редакцию 04.06.20.

В. П. Кисмерешкин¹, Е. С. Риттер², Н. В. Зыкова³, Д. В. Риттер⁴

E_{00} толқын өрісін біркелкі бөлу үшін резонансты дірілдеткіш жүресінің тиімділігін зерттеу

¹Радиотехника факультеті,

Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Омбы қ., 644000, Ресей Федерациясы;

^{2,3,4}Инженерлік және сандық технологиялар факультеті,

М. Қозыбаев атындағы

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,

Петропавл қ., 150000, Қазақстан Республикасы.

Материал 04.06.20 баспаға түсті.