Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

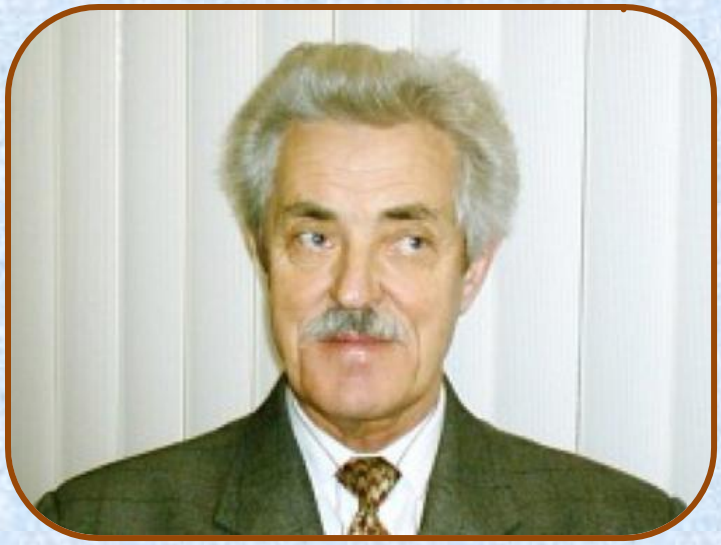
Зональная научная библиотека имени В. А. Артисевич

представляют виртуальную выставку

Артур Вениаминович Хохлов

к 85-летию со дня рождения учёного

Саратов
2021



Артур Вениаминович Хохлов - доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики физического факультета СГУ.

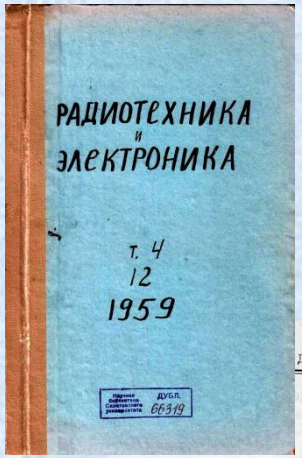
А. В. Хохлов окончил Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского в 1959 году. Защитил кандидатскую (1967) и докторскую (1993) диссертации.

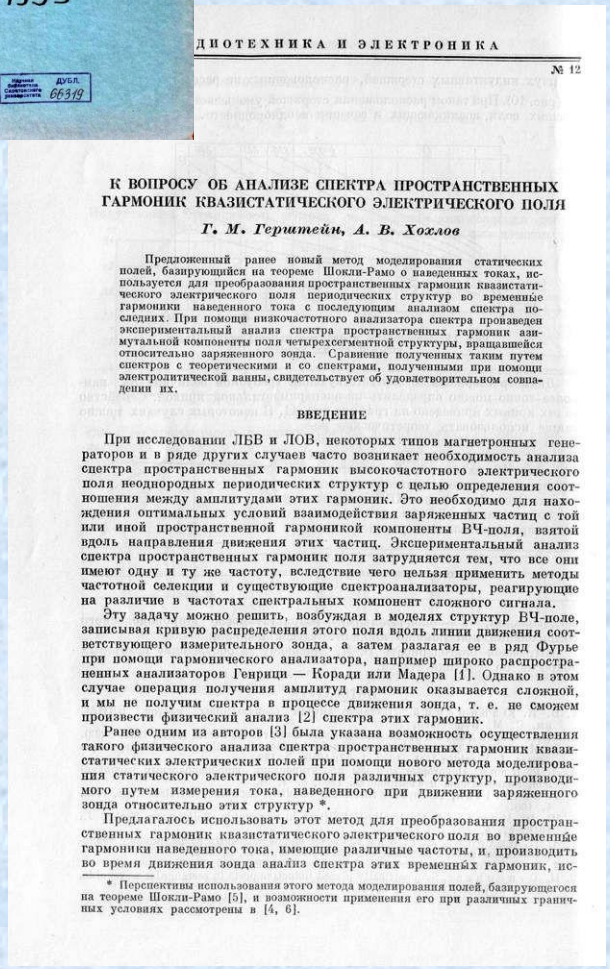
На момент защиты докторской диссертации А. В. Хохлов имел 67 публикаций в отечественных и зарубежных изданиях, 10 патентов на изобретения.

А. В. Хохлов – инициатор радиоастрономических наблюдений в Саратовском университете. Им создано новое направление – радиополяризационные исследования солнечной активности на малых радиотелескопах. Круг научных интересов профессора А. В. Хохлова – радиоэлектроника, солнечная радиофизика и радиоастрономия, радиополяриметрия, СВЧ и КВЧ-радиофизика и измерительная техника, системо- и схемотехника.

Артур Вениаминович Хохлов является руководителем Группы радиофизического эксперимента в Международном институте нелинейной динамики.

На выставке представлены избранные работы учёного (в хронологическом порядке) из фондов и электронных ресурсов ЗНБ СГУ.





ДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

№ 12

К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИЗЕ СПЕКТРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ГАРМОНИК КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Г. М. Герштейн, А. В. Хохлов

Предложенный ранее новый метод моделирования статических полей, базирующийся на теореме Шокли-Рамо о наведенных токах, используется для преобразования пространственных гармоник квазистатического электрического поля периодических структур во временные гармоники наведенного тока с последующим анализом спектра последних. При помощи низкочастотного анализатора спектра произведен экспериментальный анализ спектра пространственных гармоник азимутальной компоненты поля четырехсегментной структуры, вращавшейся относительно заряженного зонда. Сравнение полученных таким путем спектров с теоретическими и со спектрами, полученными при помощи электролитической ванны, свидетельствует об удовлетворительном совпадении их.

ВВЕДЕНИЕ

При исследовании ЛБВ и ЛОВ, некоторых типов магнетронных генераторов и в ряде других случаев часто возникает необходимость анализа спектра пространственных гармоник высокочастотного электрического поля неоднородных периодических структур с целью определения соотношения между амплитудами этих гармоник. Это необходимо для нахождения оптимальных условий взаимодействия заряженных частиц с той или иной пространственной гармоникой компоненты ВЧ-поля, взятой вдоль направления движения этих частиц. Экспериментальный анализ спектра пространственных гармоник поля затрудняется тем, что все они имеют одну и ту же частоту, вследствие чего нельзя применить методы частотной селекции и существующие спектроанализаторы, реагирующие на различие в частотах спектральных компонент сложного сигнала.

Эту задачу можно решить, возбуждая в моделях структур ВЧ-поле, записывая кривую распределения этого поля вдоль линии движения соответствующего измерительного зонда, а затем разлагая ее в ряд Фурье при помощи гармонического анализатора, например широко распространенных анализаторов Генрици — Коради или Мадера [1]. Однако в этом случае операция получения амплитуд гармоник оказывается сложной, и мы не получим спектра в процессе движения зонда, т. е. не сможем произвести физический анализ [2] спектра этих гармоник.

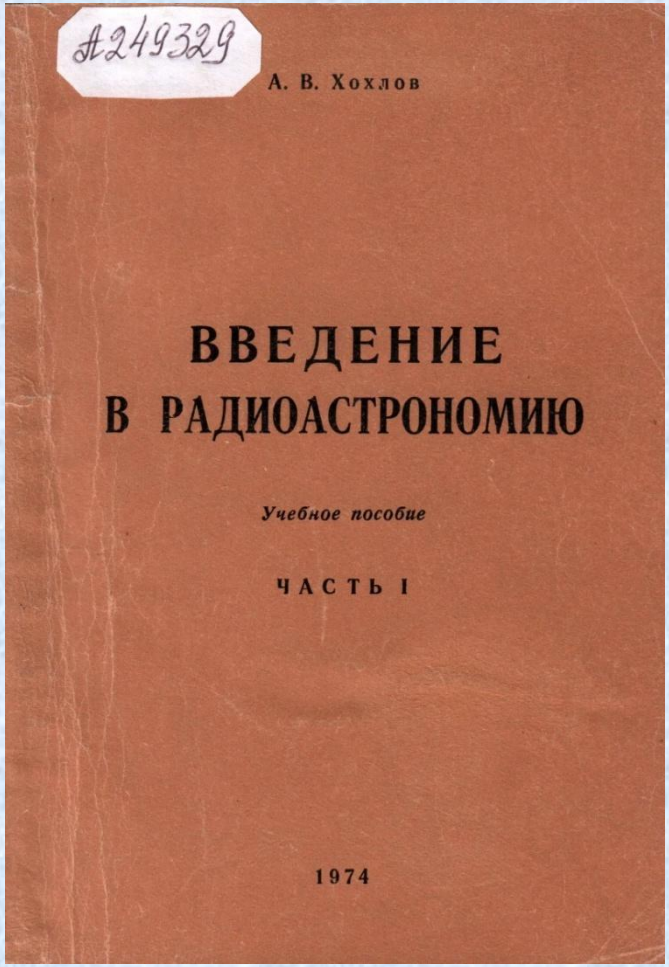
Ранее одним из авторов [3] была указана возможность осуществления такого физического анализа спектра пространственных гармоник квазистатических электрических полей при помощи нового метода моделирования статического электрического поля различных структур, производимого путем измерения тока, наведенного при движении заряженного зонда относительно этих структур *.

Предлагалось использовать этот метод для преобразования пространственных гармоник квазистатического электрического поля во временны́е гармоники наведенного тока, имеющие различные частоты, и, производить во время движения зонда анализ спектра этих временны́х гармоник, ис-

* Перспективы использования этого метода моделирования полей, базирующегося на теореме Шокли-Рамо [5], и возможности применения его при различных граничных условиях рассмотрены в [4, 6].

Герштейн, Г. М. К вопросу об анализе спектра пространственных гармоник квазистатистического электрического поля / Г. М. Герштейн, А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Радиотехника и электроника. – 1959. – Том 4, вып. 12. – С. 2040-2046.

Предложенный ранее новый метод моделирования статических полей, базирующийся на теореме Шокли-Рамо о наведённых токах, используется для преобразования пространственных гармоник квазистатистического электрического поля периодических структур во временные гармоники наведённого тока с последующим анализом спектра последних. При помощи низкочастотного анализатора спектра произведен экспериментальный анализ спектра пространственных гармоник азимутальной компоненты поля четырёхсегментной структуры, вращавшейся относительно заряженного зонда. Сравнение полученных таким путём спектров с теоретическими и со спектрами, полученными при помощи электролитической ванны, свидетельствует об удовлетворительном совпадении их.



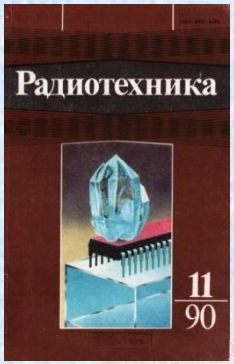
А249329

Хохлов, А. В. Введение в радио-астрономию : учебное пособие. Часть 1 / А. В. Хохлов. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1974. – 137, [1] с. : ил. – Текст : непосредственный.

Учебное пособие представляет собой часть курса лекций для студентов-радиофизиков СГУ. Предполагается, что читатель знаком с основными астрономическими и астрофизическими понятиями в объеме вузовского курса общей астрономии.

В главе первой изложены радиоастрономические характеристики поля космического излучения; во второй – принципы измерения характеристик космического излучения радиофизическими методами; в третьей рассмотрена поляризация космических радиоволн.

К каждой главе дана библиография.



621.396.67:621.371

Измерение параметров Стокса частично поляризованных волн дифференциальным модуляционным методом

А. В. Хохлов

Показана возможность измерения параметров Стокса частично поляризованной волны дифференциальным модуляционным методом при переключении режимов разложения в устройстве, состоящем из турникетного соединения волноводов и волноводного *E*-тройника.

Электромагнитные волны, используемые в радиолокации, связи и радиоастрономии, обычно частично поляризованы. Статистический анализ поляризационной структуры таких волн в общем случае затруднителен и связан с определением многомерных функций распределения [1]. Во многих случаях электромагнитное поле можно считать эргодическим и квазистационарным. Поляризация этих полей хорошо описывается четырьмя параметрами Стокса, из которых один (I) равен полному потоку излучения, т. е. содержит мощность как поляризованных, так и неполяризованных составляющих, а остальные три (Q, U, V) характеризуют пространственную структуру полностью поляризованной компоненты. Одно из возможных представлений параметров Q, U, V основано на разложении электромагнитной волны одновременно в трех ортогональных базисах: $Q = E_x^2 - E_y^2$, $U = E_{45}^2 - E_{-45}^2$, $V = E_R^2 - E_L^2$, где E_x^2, E_y^2, E_{45}^2, E_{-45}^2, E_R^2 и E_L^2 — соответственно мощности (волновое сопротивление среды принято равным единице) составляющих волны, линейно поляризованных вдоль осей Ox и Oy выбранной системы координат, под углами 45 и $-45°$ к оси Ox, а также поляризованных по правому R и левому L кругам. Для частично поляризованных волн $I^2 \geqslant Q^2 + U^2 + V^2$, степень поляризации $d = \sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}/I$ и все четыре параметра Стокса независимы (знак равенства соответствует полностью поляризованной волне, $d = 1$).

Измерение параметров Стокса эргодических частично поляризованных волн осуществляется корреляционными и модуляционными методами, причем последние предпочтительны, так как не связаны с трудоемкой фазовой обработкой сигналов. Модуляционные методы используют периодическую фазовую задержку или поглощение, различное для ортогональных компонент, и не всегда позволяют измерить все четыре параметра Стокса [2]. Наиболее широко используется поляризационный метод, в котором модуляция осуществляется вращением фазосдвигающей секции круглого волновода [3, 4]. Разработаны и реализованы различные модификации метода, но его основные недостатоки не преодолены. При вращении волноводной секции трудно обеспечить хорошее соединение в волноводном тракте. Возрастают потери энергии и шумовая температура радиополяриметра, падает точность измерений. Кроме того для обработки сигналов берется сложная система настроенных на кратные частоты резонансных фильтров и фазовых детекторов, что практически исключает применение микропроцессорных средств или микроЭВМ.

Хохлов, А. В. Измерение параметров Стокса частично поляризованных волн дифференциальным модуляционным методом / А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Радиотехника. – 1990. – № 11. – С. 65-68. – Библиогр.: с. 68 (6 назв.). – ISSN 0033-8486.

Показана возможность измерения параметров Стокса частично поляризованной волны дифференциальным модуляционным методом при переключении режимов разложения в устройстве, состоящем из турникетного соединения волноводов и волнового Е-тройника.

© ПТЭ № 4, 1990

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МОДУЛЯЦИОННЫЙ РАДИОПОЛЯРИМЕТР ПОЛНОСТЬЮ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ВОЛН ТРЕХСАНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

БОРИСОВ В. В., ЕПИФАНОВА О. В., ХОХЛОВ А. В.

Описана методика измерения параметров Стокса полностью поляризованной волны 3-см диапазона дифференциальным модуляционным поляриметром. Его сверхвысокочастотная часть состоит из турникетного волноводного разделителя поляризаций с электрически управляемой длиной короткозамкнутых плеч и кольцевого модулятора — разделителя измерительных каналов, а в низкочастотную часть входят два генератора прямоугольных импульсов с кратной частотой повторения, два усилителя и три канала синхронной обработки сигналов, каждый из которых содержит синхронный фильтр, синхронный детектор и усилитель постоянного тока с блоком интегрирования. Коэффициент стоячей волны на входе радиополяриметра 1,07, чувствительность — 0,7 К, точность измерения параметра Стокса I — 0,3%, параметров U и V — 0,8%.

Поляризация электромагнитного излучения в общем случае описывается четырьмя параметрами Стокса [1]. Первый параметр I равен полной мощности волны, а три других связаны с различными поляризованными составляющими:

$$Q = E_x^2 - E_y^2,\ U = E_{45}^2 - E_{-45}^2,\ V = E_R^2 - E_L^2,$$

где $E_x^2, E_y^2, E_{45}^2, E_{-45}^2, E_R^2, E_L^2$ — соответственно мощности составляющих волны, линейно поляризованных горизонтально, вертикально, под углами +45° и —45° относительно выбранной системы координат, поляризованных по правому (R) и левому (L) кругу. Для полностью поляризованной волны неполяризованная составляющая отсутствует и $I^2 = Q^2 + U^2 + V^2$, т. е. из четырех параметров Стокса независимы только три [1]. В литературе описаны различные модуляционные радиополяриметры, позволяющие одновременно измерять все три параметра Стокса полностью поляризованной волны и основанные на периодической фазовой задержке или поглощении, различном для ортогональных компонент [2].

В данной работе описана методика измерения параметров Стокса полностью поляризованной волны с помощью простого модуляционного турникетного радиополяриметра [3]. Основным элементом радиополяриметра является турникетное соединение [4] — симметричное сочленение четырех прямоугольных волноводов с волной H_{10}, образующих крестообразное соединение в H-плоскости, и круглого волновода с волной H_{11}, перпендикулярного плоскости креста (рис. 1, *а*). Турникетное соединение при закорачивании двух противолежащих волноводов креста на расстояниях, отличающихся на $\Lambda/4$, где Λ — длина волны в прямоугольном волноводе, раскладывает электромагнитную волну на ортогонально поляризованные составляющие. Если длина одного из короткозамкнутых волноводов равна четному, а другого — нечетному числу $\Lambda/4$, то волна раскладывается на две линейно поляризованные составляющие, имеющие позиционные углы +45° и —45° относительно осей креста. Если же длины короткозамкнутых плеч кратны нечетному числу $\Lambda/8$ и отличаются по длине на $\Lambda/4$, то электромагнитная волна раскладывается на две поляризованные по кругу составляющие. Так как длины волноводов турникетного преобразователя поляризации, анализирующего волны, поляризованные по кругу, отличаются на $\Lambda/8$ от соответствующих длин тех же

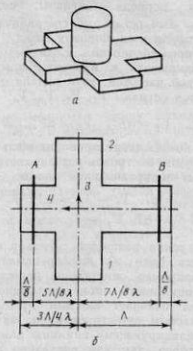
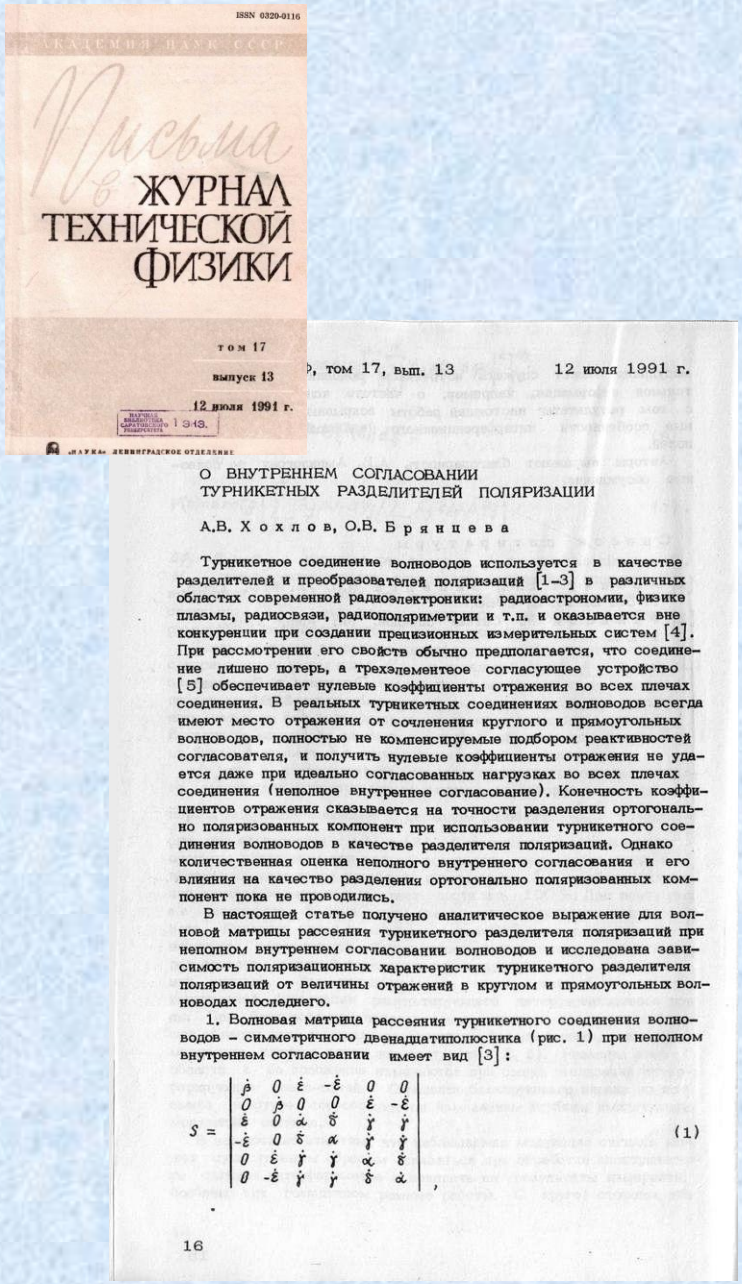


Рис. 1. Турникетный разделитель поляризации с переключением длин короткозамкнутых плеч

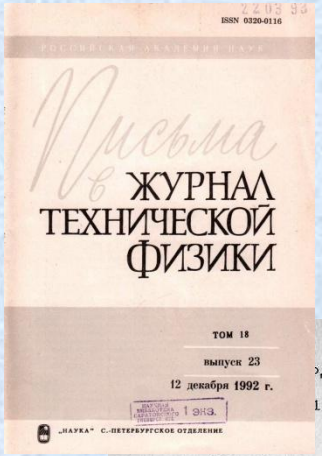
Борисов, В. В. Дифференциальный модуляционный радиополяриметр полностью поляризованных волн трехсантиметрового диапазона / В. В. Борисов, О. В. Епифанова, А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Приборы и техника эксперимента. – 1990. – № 4. – С. 129-132 : 3 рис. – Библиогр. : с. 131-132. – ISSN 0032-8162.

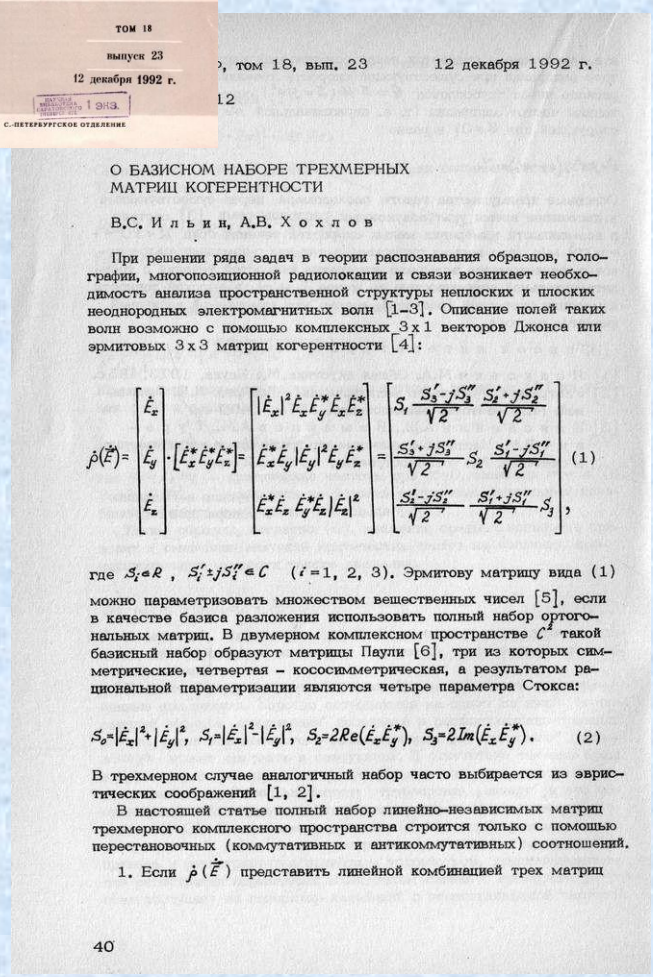
Описана методика измерения параметров Стокса полностью поляризованной волны 3-см диапазона дифференциальным модуляционным поляриметром. Его сверхвысокочастотная часть состоит из турникетного волноводного разделителя поляризаций с электрически управляемой длиной короткозамкнутых плеч и кольцевого модулятора – разделителя измерительных каналов, а в низкочастотную часть входят два генератора прямоугольных импульсов с краткой частотой повторения, два усилителя и три канала синхронной обработки сигналов, каждый из которых содержит синхронный фильтр, синхронный детектор и усилитель постоянного тока с блоком интегрирования.



Хохлов, А. В. О внутреннем согласовании турникетных разделителей поляризации / А. В. Хохлов, О. В. Брянцева. – Текст : непосредственный // Письма в Журнал технической физики. – 1991. – Т. 17, вып. 13. – С. 16-20. – Библиогр. : с. 20 (7 назв.). – ISSN 0320-0116.

Получено аналитическое выражение для волновой матрицы рассеяния турникетного разделителя поляризаций при неполном внутреннем согласовании волноводов и исследована зависимость поляризационных характеристик турникетного разделителя поляризации от величины отражений в круглом и прямоугольных волноводах последнего.





, том 18, вып. 23 12 декабря 1992 г.

12

О БАЗИСНОМ НАБОРЕ ТРЕХМЕРНЫХ
МАТРИЦ КОГЕРЕНТНОСТИ

В.С. Ильин, А.В. Хохлов

При решении ряда задач в теории распознавания образов, голографии, многопозиционной радиолокации и связи возникает необходимость анализа пространственной структуры неплоских и плоских неоднородных электромагнитных волн [1–3]. Описание полей таких волн возможно с помощью комплексных 3x1 векторов Джонса или эрмитовых 3x3 матриц когерентности [4]:

$$\hat{\rho}(\vec{\dot{E}}) = \begin{bmatrix} \dot{E}_x \\ \dot{E}_y \\ \dot{E}_z \end{bmatrix} \cdot \left[\dot{E}_x^* \dot{E}_y^* \dot{E}_z^*\right] = \begin{bmatrix} |\dot{E}_x|^2 & \dot{E}_x \dot{E}_y^* & \dot{E}_x \dot{E}_z^* \\ \dot{E}_x^* \dot{E}_y & |\dot{E}_y|^2 & \dot{E}_y \dot{E}_z^* \\ \dot{E}_x^* \dot{E}_z & \dot{E}_y^* \dot{E}_z & |\dot{E}_z|^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 & \frac{S_3' - jS_3''}{\sqrt{2}} & \frac{S_2' + jS_2''}{\sqrt{2}} \\ \frac{S_3' + jS_3''}{\sqrt{2}} & S_2 & \frac{S_1' - jS_1''}{\sqrt{2}} \\ \frac{S_2' - jS_2''}{\sqrt{2}} & \frac{S_1' + jS_1''}{\sqrt{2}} & S_3 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $S_i \in R$, $S_i' + jS_i'' \in C$ $(i = 1, 2, 3)$. Эрмитову матрицу вида (1) можно параметризовать множеством вещественных чисел [5], если в качестве базиса разложения использовать полный набор ортогональных матриц. В двумерном комплексном пространстве C^2 такой базисный набор образуют матрицы Паули [6], три из которых симметрические, четвертая – кососимметрическая, а результатом рациональной параметризации являются четыре параметра Стокса:

$$S_0 = |\dot{E}_x|^2 + |\dot{E}_y|^2, \; S_1 = |\dot{E}_x|^2 - |\dot{E}_y|^2, \; S_2 = 2Re(\dot{E}_x \dot{E}_y^*), \; S_3 = 2Im(\dot{E}_x \dot{E}_y^*). \quad (2)$$

В трехмерном случае аналогичный набор часто выбирается из эвристических соображений [1, 2].

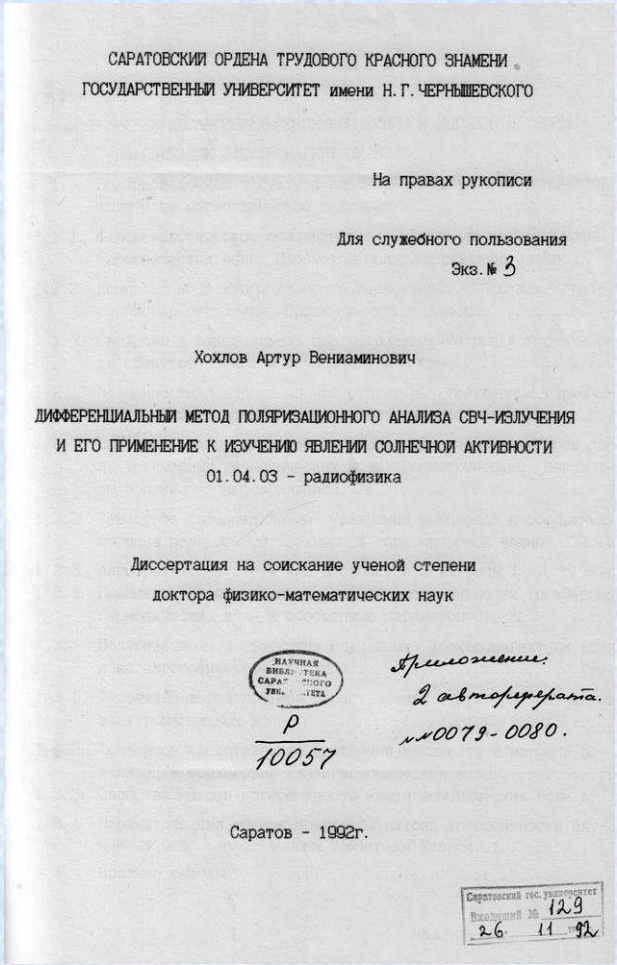
В настоящей статье полный набор линейно-независимых матриц трехмерного комплексного пространства строится только с помощью перестановочных (коммутативных и антикоммутативных) соотношений.

1. Если $\hat{\rho}(\vec{\dot{E}})$ представить линейной комбинацией трех матриц

40

Ильин, В. С. О базисном наборе трехмерных матриц когерентности / В. С. Ильин, А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Письма в Журнал технической физики. – 1992. – Т. 18, вып. 23. – С. 40-43. – ISSN 0320-0116.

В настоящей статье полный набор линейно-независимых матриц трехмерного комплексного пространства строится только с помощью перестановочных (коммутативных и антикоммутативных) соотношений. Рассмотрение всех возможных перестановочных соотношений совместно с операциями циклирования позволяет в принципе построить полный набор базисных матриц, используя одну из кососимметрических базисных матриц. Это обстоятельство может явиться мощным конструктивным средством для построения базисных наборов эрмитовых матриц более высоких порядков.



САРАТОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

На правах рукописи

Для служебного пользования
Экз. № 3

Хохлов Артур Вениаминович

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО АНАЛИЗА СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ
И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ИЗУЧЕНИЮ ЯВЛЕНИЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
01.04.03 - радиофизика

Диссертация на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Р
10057

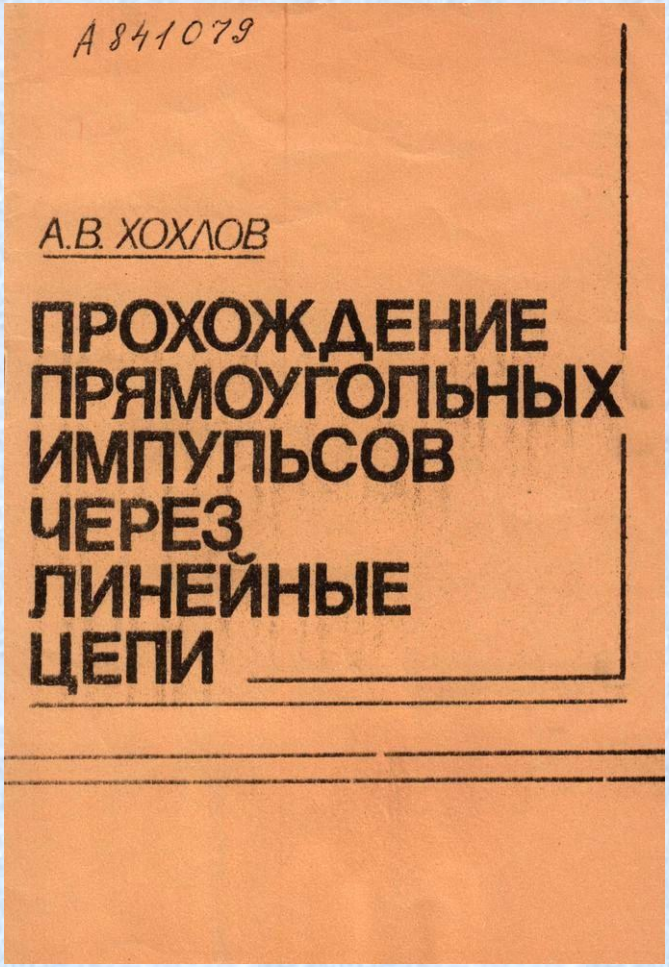
Приложение:
2 автореферата.
№0079-0080.

Саратов - 1992г.

Саратовский гос. университет
Входящий № 129
26. 11 92

Хохлов, А. В. Дифференциальный метод поляризационного анализа СВЧ-излучения и его применение к изучению явлений солнечной активности : специальность 01.04.03 – радиофизика : диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Хохлов Артур Вениаминович ; Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов, 1992. – 423 с. – Текст : непосредственный.

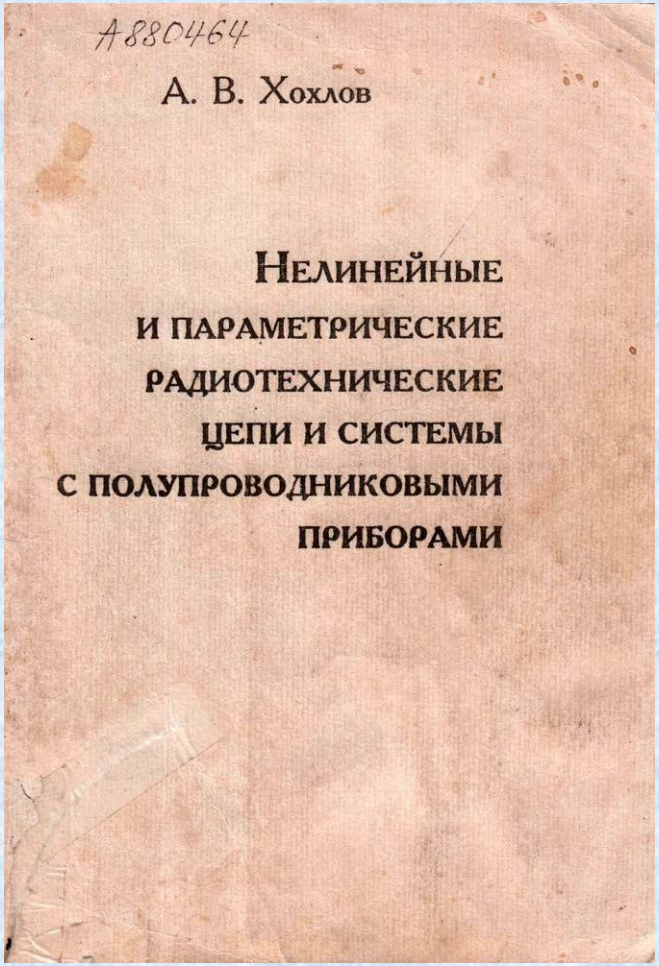
Диссертационная работа содержит комплекс исследований, посвящённых развитию теории поляризации, методологии поляризационного анализа радиоволн СВЧ и КВЧ диапазонов, обоснованию дифференциального модуляционного метода полного поляризационного анализа и программно-аналитического метода автоматического наведения и укрепления антеннами малых радиотелескопов, разработке, исследованию и созданию комплекса приборов для автоматических радиополяризационных измерений и регулярных радиополя-ризационных наблюдений солнечной активности.



A841079, A841081, A880466

Хохлов, А. В. Прохождение прямоугольных импульсов через линейные цепи : лабораторная работа / А. В. Хохлов. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1992. – 24 с. – ISBN 5-292-01468-0. – Текст : непосредственный.

В работе исследуется воздействие прямоугольных импульсов на RC-, RL- и RCL-цепи. Для этого снимаются осциллограммы с отдельных элементов цепи при различных соотношениях между длительностью импульсов и постоянной времени цепи.

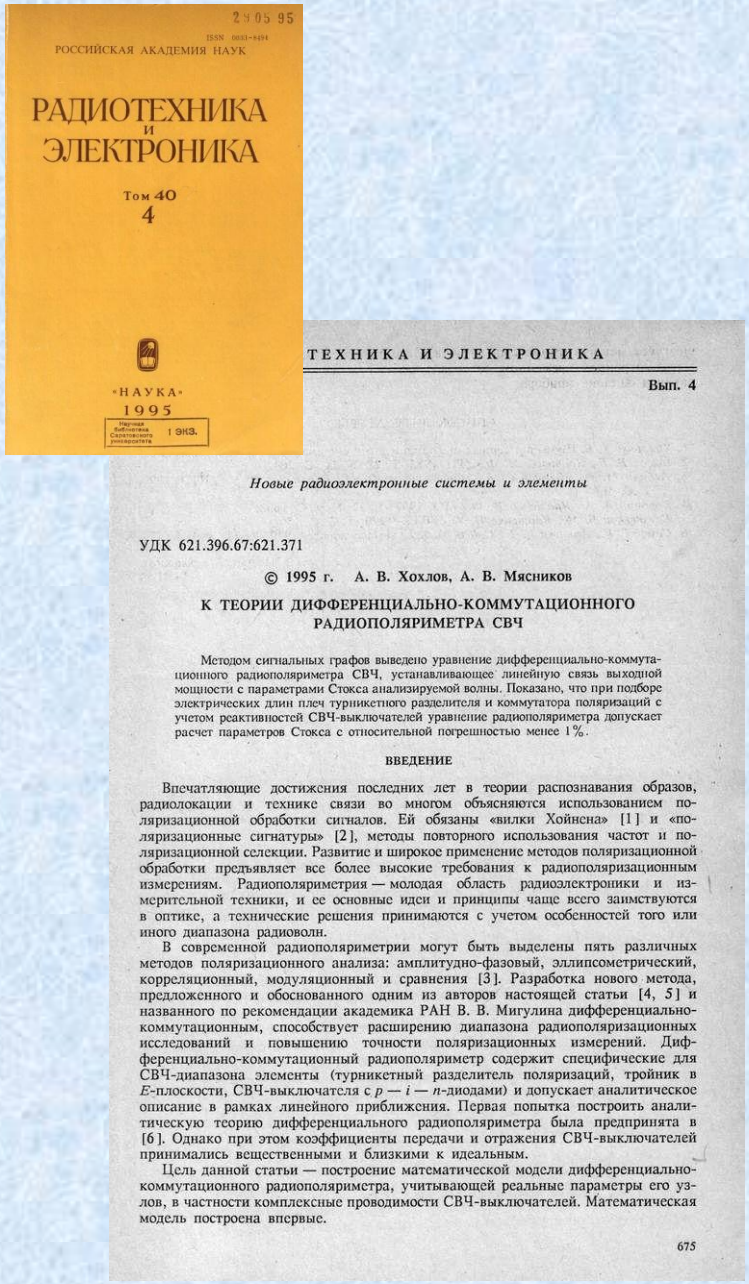


А880464

Хохлов, А. В. Нелинейные и параметрические радиотехнические цепи и системы с полупроводниковыми приборами : учебное пособие по курсу «Теоретические основы радиотехники». Часть 1 / А. В. Хохлов. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1994. – 127, [1] с. : ил. – ISBN 5-292-01854-6. – Текст : непосредственный.

Учебное пособие содержит систематическое изложение методов преобразования сигналов и их спектров в нелинейных и параметрических радиотехнических цепях с полупроводниковыми приборами.

Проведен краткий анализ физических процессов в полупроводниках, описаны принципы действия и свойства основных классов полупроводниковых приборов. Рассмотрены источники нелинейности характеристик полупроводниковых диодов с p-n-переходами и барьерами Шотки, варикапов, туннельных, обращенных, лавинно-пролетных диодов, диодов Ганна, биполярных транзисторов и униполярных транзисторов с p-n-переходом и изолированным затвором.



2905 95

ISSN 0033-8494

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

РАДИОТЕХНИКА
И
ЭЛЕКТРОНИКА

Том 40
4

«НАУКА»
1995

Научная библиотека Саратовского университета 1 ЭКЗ.

ТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Вып. 4

Новые радиоэлектронные системы и элементы

УДК 621.396.67:621.371

© 1995 г. А. В. Хохлов, А. В. Мясников

К ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-КОММУТАЦИОННОГО РАДИОПОЛЯРИМЕТРА СВЧ

Методом сигнальных графов выведено уравнение дифференциально-коммутационного радиополяриметра СВЧ, устанавливающее линейную связь выходной мощности с параметрами Стокса анализируемой волны. Показано, что при подборе электрических длин плеч турникетного разделителя и коммутатора поляризаций с учетом реактивностей СВЧ-выключателей уравнение радиополяриметра допускает расчет параметров Стокса с относительной погрешностью менее 1%.

ВВЕДЕНИЕ

Впечатляющие достижения последних лет в теории распознавания образов, радиолокации и технике связи во многом объясняются использованием поляризационной обработки сигналов. Ей обязаны «вилки Хойнсна» [1] и «поляризационные сигнатуры» [2], методы повторного использования частот и поляризационной селекции. Развитие и широкое применение методов поляризационной обработки предъявляет все более высокие требования к радиополяризационным измерениям. Радиополяриметрия — молодая область радиоэлектроники и измерительной техники, и ее основные идеи и принципы чаще всего заимствуются в оптике, а технические решения принимаются с учетом особенностей того или иного диапазона радиоволн.

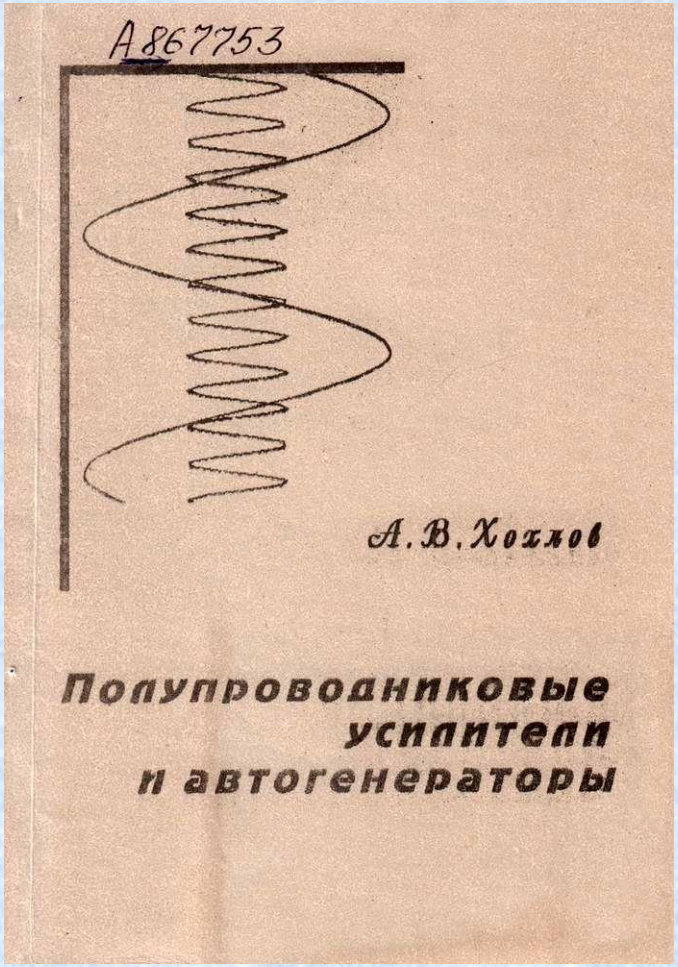
В современной радиополяриметрии могут быть выделены пять различных методов поляризационного анализа: амплитудно-фазовый, эллипсометрический, корреляционный, модуляционный и сравнения [3]. Разработка нового метода, предложенного и обоснованного одним из авторов настоящей статьи [4, 5] и названного по рекомендации академика РАН В. В. Мигулина дифференциально-коммутационным, способствует расширению диапазона радиополяризационных исследований и повышению точности поляризационных измерений. Дифференциально-коммутационный радиополяриметр содержит специфические для СВЧ-диапазона элементы (турникетный разделитель поляризаций, тройник в E-плоскости, СВЧ-выключателя с p — i — n-диодами) и допускает аналитическое описание в рамках линейного приближения. Первая попытка построить аналитическую теорию дифференциального радиополяриметра была предпринята в [6]. Однако при этом коэффициенты передачи и отражения СВЧ-выключателей принимались вещественными и близкими к идеальным.

Цель данной статьи — построение математической модели дифференциально-коммутационного радиополяриметра, учитывающей реальные параметры его узлов, в частности комплексные проводимости СВЧ-выключателей. Математическая модель построена впервые.

675

Хохлов, А. В. К теории дифференциально-коммутационного радиополяриметра СВЧ / А. В. Хохлов, А. В. Мясников. – Текст : непосредственный // Радиотехника и электроника. – 1995. – Том 40, вып. 4. – С. 675-684. – ISSN 0033-8494.

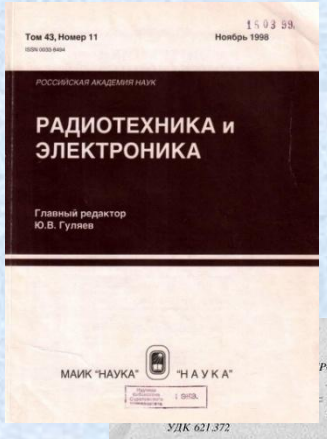
Методом сигнальных графов выведено уравнение дифференциально-коммутационного радиополяриметра СВЧ, устанавливающее линейную связь выходной мощности с параметрами Стокса анализируемой волны. Показано, что при подборе электрических длин плеч турникетного разделителя и коммутатора поляризаций с учетом реактивностей СВЧ-выключателей уравнение радиополяриметра допускает расчет параметров Стокса с относительной погрешностью менее 1%.

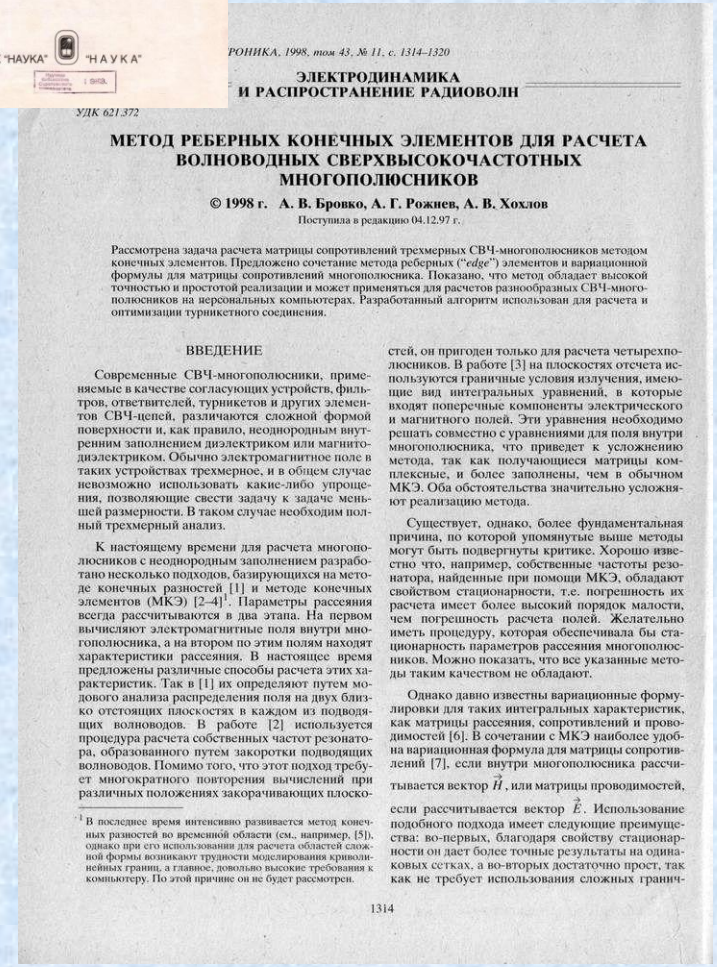


А867753, А867754, А867755, А880465

Хохлов, А. В. Полупроводниковые усилители и автогенераторы : учебное пособие для физических специальностей вузов / А. В. Хохлов. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1997. – 191 с. : ил. – Библиогр. – ISBN 5-292-02051-6. – Текст : непосредственный.

Пособие содержит последовательное изложение физических принципов усиления и генерирования электрических сигналов, а также методологию построения усилителей и генераторов на полупроводниковых приборах и интегральных микросхемах. Описаны закономерности формирования частотных характеристик усилителей с помощью цепей обратной связи и принципы генерирования гармонических, релаксационных, хаотических колебаний. При анализе радиотехнических автогенераторов использованы элементы теории колебаний и нелинейной динамики. Рассмотрены явление параметрического резонанса, параметрическая генерация и усиление электромагнитных колебаний.





РОНИКА, 1998, том 43, № 11, с. 1314–1320

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА
И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

УДК 621.372

МЕТОД РЕБЕРНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОЛНОВОДНЫХ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МНОГОПОЛЮСНИКОВ

© 1998 г. А. В. Бровко, А. Г. Рожнев, А. В. Хохлов

Поступила в редакцию 04.12.97 г.

Рассмотрена задача расчета матрицы сопротивлений трехмерных СВЧ-многополюсников методом конечных элементов. Предложено сочетание метода реберных (“*edge*”) элементов и вариационной формулы для матрицы сопротивлений многополюсника. Показано, что метод обладает высокой точностью и простотой реализации и может применяться для расчетов разнообразных СВЧ-многополюсников на персональных компьютерах. Разработанный алгоритм использован для расчета и оптимизации турникетного соединения.

ВВЕДЕНИЕ

Современные СВЧ-многополюсники, применяемые в качестве согласующих устройств, фильтров, ответвителей, турникетов и других элементов СВЧ-цепей, различаются сложной формой поверхности и, как правило, неоднородным внутренним заполнением диэлектриком или магнитодиэлектриком. Обычно электромагнитное поле в таких устройствах трехмерное, и в общем случае невозможно использовать какие-либо упрощения, позволяющие свести задачу к задаче меньшей размерности. В таком случае необходим полный трехмерный анализ.

К настоящему времени для расчета многополюсников с неоднородным заполнением разработано несколько подходов, базирующихся на методе конечных разностей [1] и методе конечных элементов (МКЭ) [2–4][1]. Параметры рассеяния всегда рассчитываются в два этапа. На первом вычисляют электромагнитные поля внутри многополюсника, а на втором по этим полям находят характеристики рассеяния. В настоящее время предложены различные способы расчета этих характеристик. Так в [1] их определяют путем модового анализа распределения поля на двух близко отстоящих плоскостях в каждом из подводящих волноводов. В работе [2] используется процедура расчета собственных частот резонатора, образованного путем закоротки подводящих волноводов. Помимо того, что этот подход требует многократного повторения вычислений при различных положениях закорачивающих плоскостей, он пригоден только для расчета четырехполюсников. В работе [3] на плоскостях отсечета используются граничные условия излучения, имеющие вид интегральных уравнений, в которые входят поперечные компоненты электрического и магнитного полей. Эти уравнения необходимо решать совместно с уравнениями для поля внутри многополюсника, что приведет к усложнению метода, так как получающиеся матрицы комплексные, и более заполнены, чем в обычном МКЭ. Оба обстоятельства значительно усложняют реализацию метода.

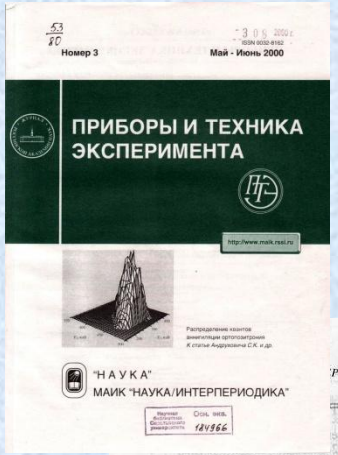
Существует, однако, более фундаментальная причина, по которой упомянутые выше методы могут быть подвергнуты критике. Хорошо известно что, например, собственные частоты резонатора, найденные при помощи МКЭ, обладают свойством стационарности, т.е. погрешность их расчета имеет более высокий порядок малости, чем погрешность расчета полей. Желательно иметь процедуру, которая обеспечивала бы стационарность параметров рассеяния многополюсников. Можно показать, что все указанные методы таким качеством не обладают.

Однако давно известны вариационные формулировки для таких интегральных характеристик, как матрицы рассеяния, сопротивлений и проводимостей [6]. В сочетании с МКЭ наиболее удобна вариационная формула для матрицы сопротивлений [7], если внутри многополюсника рассчитывается вектор $\vec{H}$, или матрицы проводимостей, если рассчитывается вектор $\vec{E}$. Использование подобного подхода имеет следующие преимущества: во-первых, благодаря свойству стационарности он дает более точные результаты на одинаковых сетках, а во-вторых достаточно прост, так как не требует использования сложных гранич-

[1] В последнее время интенсивно развивается метод конечных разностей во временной области (см., например, [5]), однако при его использовании для расчета областей сложной формы возникают трудности моделирования криволинейных границ, а главное, довольно высокие требования к компьютеру. По этой причине он не будет рассмотрен.

Бровко, А. В. Метод реберных конечных элементов для расчета волноводных сверхвысокочастотных многополюсников / А. В. Бровко, А. Г. Рожнев, А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Радиотехника и электроника. – 1998. – Т. 43, № 11. – С. 1314-1320 : 5 рис. – Библиогр. : с. 1326 (14 назв.). – ISSN 0033-8494.

Рассмотрена задача расчета матрицы сопротивлений трехмерных СВЧ-многополюсников методом конечных элементов. Предложено сочетание метода реберных элементов и вариационной формулы для матрицы сопротивлений многополюсника. Показано, что метод обладает высокой точностью и простотой реализации и может применяться для расчетов разнообразных СВЧ-многополюсников на персональных компьютерах. Разработанный алгоритм использован для расчета и оптимизации турникетного соединения.



ЭКСПЕРИМЕНТА, 2000, № 3, с. 88–97

ЭЛЕКТРОНИКА
И РАДИОТЕХНИКА

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-КОММУТАЦИОННЫЕ РАДИОПОЛЯРИМЕТРЫ С.В.Ч.- И К.В.Ч.-ДИАПАЗОНОВ. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕАЛИЗАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

© 2000 г. А. В. Хохлов, А. В. Бровко

Саратовский госуниверситет
Россия, 410026, Саратов, ул. Астраханская, 83

Поступила в редакцию 19.05.98 г.
После доработки 31.05.99 г.

Описаны основные узлы двухканального прецизионного радиополяриметра (д.к.р.п.) полностью поляризованных волн с автоматической компенсацией систематических погрешностей измерений, позволившей снизить относительную погрешность измерения параметров Стокса до 0.2%, и радиополяризационного комплекса, составленного из прецизионного д.к.р.п. к.в.ч.-диапазона (частота 35.2 ГГц) и микро-э.в.м., предназначенного для измерения параметров Стокса слабо поляризованного излучения с относительной погрешностью ~1%. Приборы обладают высокой скоростью поляризационного анализа и допускают квазиодновременное измерение параметров Стокса полностью или частично поляризованного излучения с.в.ч.- и к.в.ч.-диапазонов. Рассмотрены характеристики прецизионных д.к.р.п. и проанализированы основные факторы, ограничивающие точность поляризационных измерений.

Поляризационный анализ электромагнитного излучения сверхвысоких (с.в.ч.) и крайне высоких (к.в.ч.) частот в последние годы все успешнее используется в различных областях радиоэлектроники и измерительной техники [1–3]. Одновременное (или почти одновременное) измерение четырех независимых параметров излучения вместо одного (интенсивности) существенно увеличивает информацию об объекте и позволяет получать качественно новые результаты в радиоастрономии, радиолокации, связи, в частности, космической [1, 4–6]. В России и за рубежом интенсивно разрабатываются и используются различные методы поляризационного анализа [3–8].

Развитие радиополяризационных исследований дало толчок возникновению и развитию пассивной радиолокации, анализирующей структуру целей по их собственному радиоизлучению, а также побудило физиков и радиоинженеров заняться "поляризационным распознаванием" объектов естественного и искусственного происхождения, в том числе биологических [1, 2, 6]. Однако степень поляризации собственного излучения обычно мала (<1%) и поляризационное распознавание объектов вызывает значительные трудности [6].

Анализ структуры слабо поляризованных волн заключается в измерении малых сигналов, отвечающих за поляризацию, в присутствии существенно большего сигнала, соответствующего неполяризованной части волны. В Саратовском университете разработан дифференциально-коммутационный метод [9–11], предназначенный для измерения структуры слабо поляризованных волн с.в.ч.- и к.в.ч.-диапазонов.

Настоящая статья посвящена описанию двух устройств – прецизионного дифференциально-коммутационного радиополяриметра (д.к.р.п.) с.в.ч.-диапазона с компенсацией систематических погрешностей и измерительного радиополяризационного комплекса с прецизионным д.к.р.п. к.в.ч.-диапазона.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И СТРУКТУРА С.В.Ч.-ЧАСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ Д.К.Р.П.

Дифференциально-коммутационный метод радиополяриметрии [9] основан на измерении трех параметров Стокса, отвечающих за пространственную структуру поляризованной части волны, в разностной форме

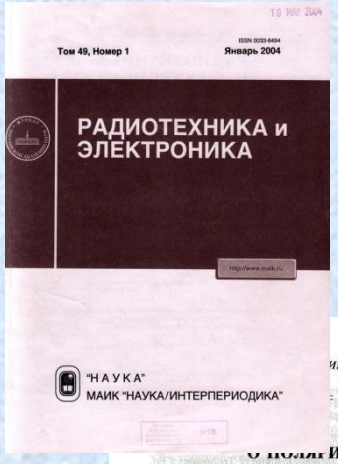
$$Q = E_X^2 - E_Y^2, \quad U = E_{45}^2 - E_{-45}^2, \quad V = E_R^2 - E_L^2, \quad (1)$$

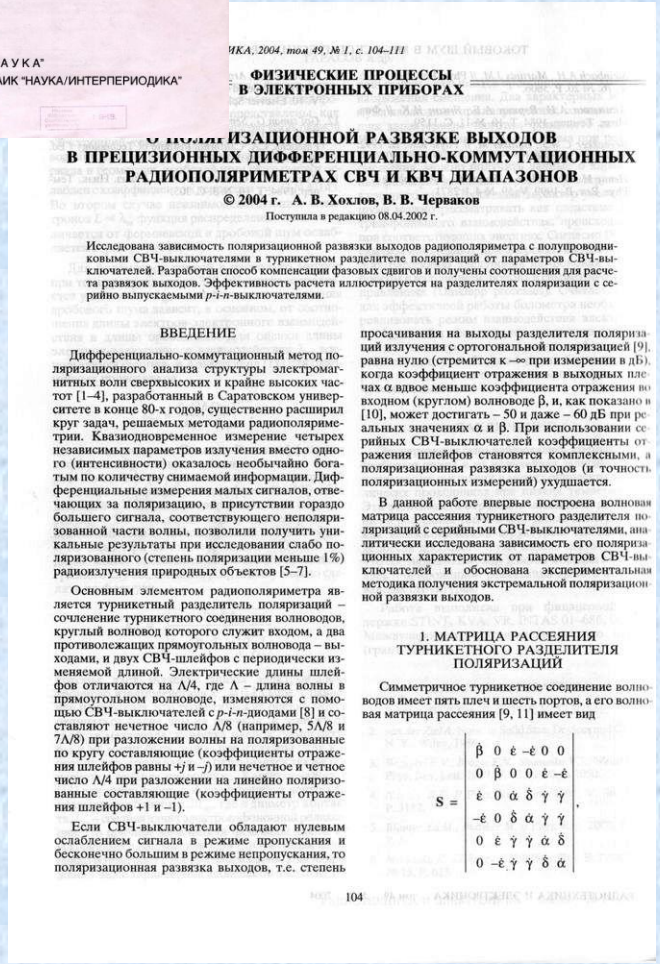
где $E_X^2, E_Y^2, E_{45}^2, E_{-45}^2, E_R^2, E_L^2$ – мощности составляющих поля, линейно поляризованных вдоль осей $0X$ и $0Y$ декартовой системы координат, под углами 45° и –45° к оси $0X$, правосторонне (R) и левосторонне (L) поляризованных по кругу (характеристическое сопротивление среды принято равным единице).

При этом четвертый параметр Стокса I, характеризующий полную мощность излучения,

Хохлов, А. В. Прецизионные дифференциально-коммутационные радиополяриметры свч- и квч- диапазонов. Практические реализации и перспективы использования / А. В. Хохлов, А. В. Бровко. – Текст : непосредственный // Приборы и техника эксперимента. – 2000. – № 3. – С. 88-97. – ISSN 0032-8162.

Описаны основные узлы двухканального прецизионного радиополяриметра (д.к.р.п.) полностью поляризованных волн с автоматической компенсацией систематических погрешностей измерений, позволившей снизить относительную погрешность измерения параметров Стокса до 0,2%, и радиополяризационного комплекса, составленного из прецизионного д.к.р.п. к.в.ч.-диапазона (частота 35.2 ГГц) и микро-э.в.м., предназначенного для измерения параметров Стокса слабо поляризованного излучения с относительной погрешностью ~ 1%.





ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ

О ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ РАЗВЯЗКЕ ВЫХОДОВ В ПРЕЦИЗИОННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-КОММУТАЦИОННЫХ РАДИОПОЛЯРИМЕТРАХ СВЧ И КВЧ ДИАПАЗОНОВ

© 2004 г. А. В. Хохлов, В. В. Черваков

Поступила в редакцию 08.04.2002 г.

Исследована зависимость поляризационной развязки выходов радиополяриметра с полупроводниковыми СВЧ-выключателями в турникетном разделителе поляризаций от параметров СВЧ-выключателей. Разработан способ компенсации фазовых сдвигов и получены соотношения для расчета развязок выходов. Эффективность расчета иллюстрируется на разделителях поляризации с серийно выпускаемыми *p-i-n*-выключателями.

ВВЕДЕНИЕ

Дифференциально-коммутационный метод поляризационного анализа структуры электромагнитных волн сверхвысоких и крайне высоких частот [1–4], разработанный в Саратовском университете в конце 80-х годов, существенно расширил круг задач, решаемых методами радиополяриметрии. Квазиодновременное измерение четырех независимых параметров излучения вместо одного (интенсивности) оказалось необычайно богатым по количеству снимаемой информации. Дифференциальные измерения малых сигналов, отвечающих за поляризацию, в присутствии гораздо большего сигнала, соответствующего неполяризованной части волны, позволили получить уникальные результаты при исследовании слабо поляризованного (степень поляризации меньше 1%) радиоизлучения природных объектов [5–7].

Основным элементом радиополяриметра является турникетный разделитель поляризаций – сочленение турникетного соединения волноводов, круглый волновод которого служит входом, а два противолежащих прямоугольных волновода – выходами, и двух СВЧ-шлейфов с периодически изменяемой длиной. Электрические длины шлейфов отличаются на $\Lambda/4$, где Λ – длина волны в прямоугольном волноводе, изменяются с помощью СВЧ-выключателей с *p-i-n*-диодами [8] и составляют нечетное число $\Lambda/8$ (например, $5\Lambda/8$ и $7\Lambda/8$) при разложении волны на поляризованные по кругу составляющие (коэффициенты отражения шлейфов равны $+j$ и $-j$) или нечетное и четное число $\Lambda/4$ при разложении на линейно поляризованные составляющие (коэффициенты отражения шлейфов +1 и –1).

Если СВЧ-выключатели обладают нулевым ослаблением сигнала в режиме пропускания и бесконечно большим в режиме непропускания, то поляризационная развязка выходов, т.е. степень просачивания на выходы разделителя поляризаций излучения с ортогональной поляризацией [9], равна нулю (стремится к $-\infty$ при измерении в дБ), когда коэффициент отражения в выходных плечах α вдвое меньше коэффициента отражения во входном (круглом) волноводе β, и, как показано в [10], может достигать – 50 и даже – 60 дБ при реальных значениях α и β. При использовании серийных СВЧ-выключателей коэффициенты отражения шлейфов становятся комплексными, а поляризационная развязка выходов (и точность поляризационных измерений) ухудшается.

В данной работе впервые построена волновая матрица рассеяния турникетного разделителя поляризаций с серийными СВЧ-выключателями, аналитически исследована зависимость его поляризационных характеристик от параметров СВЧ-выключателей и обоснована экспериментальная методика получения экстремальной поляризационной развязки выходов.

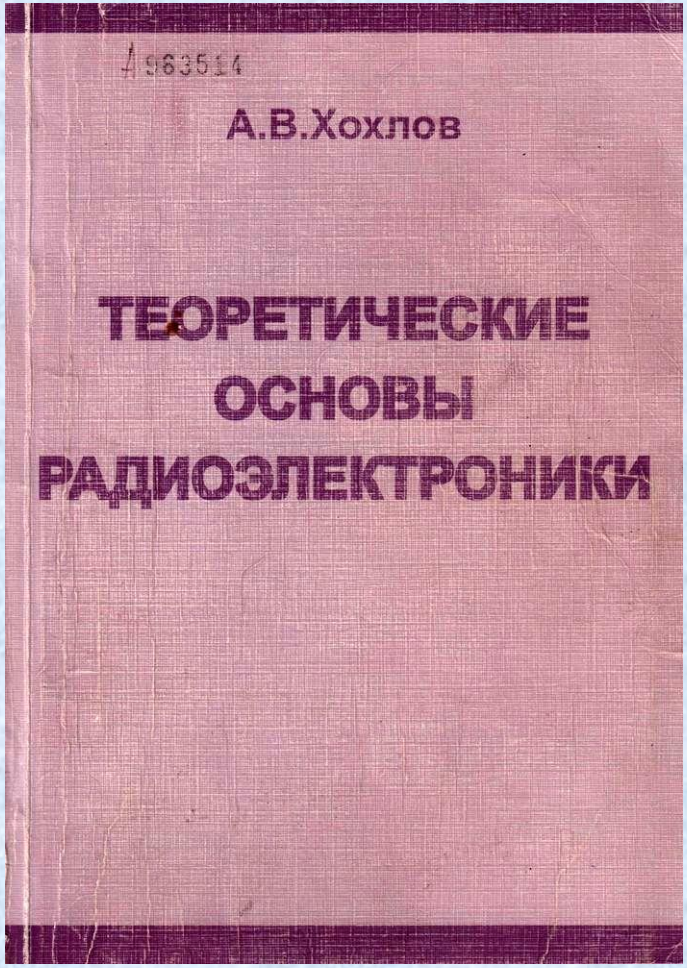
1. МАТРИЦА РАССЕЯНИЯ ТУРНИКЕТНОГО РАЗДЕЛИТЕЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИЙ

Симметричное турникетное соединение волноводов имеет пять плеч и шесть портов, а его волновая матрица рассеяния [9, 11] имеет вид

$$S = \begin{vmatrix} \dot{\beta} & 0 & \dot{\varepsilon} & -\dot{\varepsilon} & 0 & 0 \\ 0 & \dot{\beta} & 0 & 0 & \dot{\varepsilon} & -\dot{\varepsilon} \\ \dot{\varepsilon} & 0 & \dot{\alpha} & \dot{\delta} & \dot{\gamma} & \dot{\gamma} \\ -\dot{\varepsilon} & 0 & \dot{\delta} & \dot{\alpha} & \dot{\gamma} & \dot{\gamma} \\ 0 & \dot{\varepsilon} & \dot{\gamma} & \dot{\gamma} & \dot{\alpha} & \dot{\delta} \\ 0 & -\dot{\varepsilon} & \dot{\gamma} & \dot{\gamma} & \dot{\delta} & \dot{\alpha} \end{vmatrix},$$

Хохлов, А. В. О поляризационной развязке выходов в прецизионных дифференциально-коммутационных радиополяриметрах свч- и квч-диапазонов / А. В. Хохлов, В. В. Черваков. – Текст : непосредственный // Радиотехника и электроника. – 2004. – Т. 49, № 1. – С. 104-111. – ISSN 0033-8494. – Имеется электронная версия публикации: https://elibrary.ru/download/elibrary_17644963_33136880.PDF (дата обращения: 26.08.2021).

Исследована зависимость поляризационной развязки выходов радиополяриметра с полупроводниковыми СВЧ-выключателями в турникетном разделителе поляризаций от параметров СВЧ-выключателей. Разработан способ компенсации фазовых сдвигов и получены соотношения для расчета развязок выходов. Эффективность расчета иллюстрируется на разделителях поляризации с серийно выпускаемыми p-i-n-выключателями.

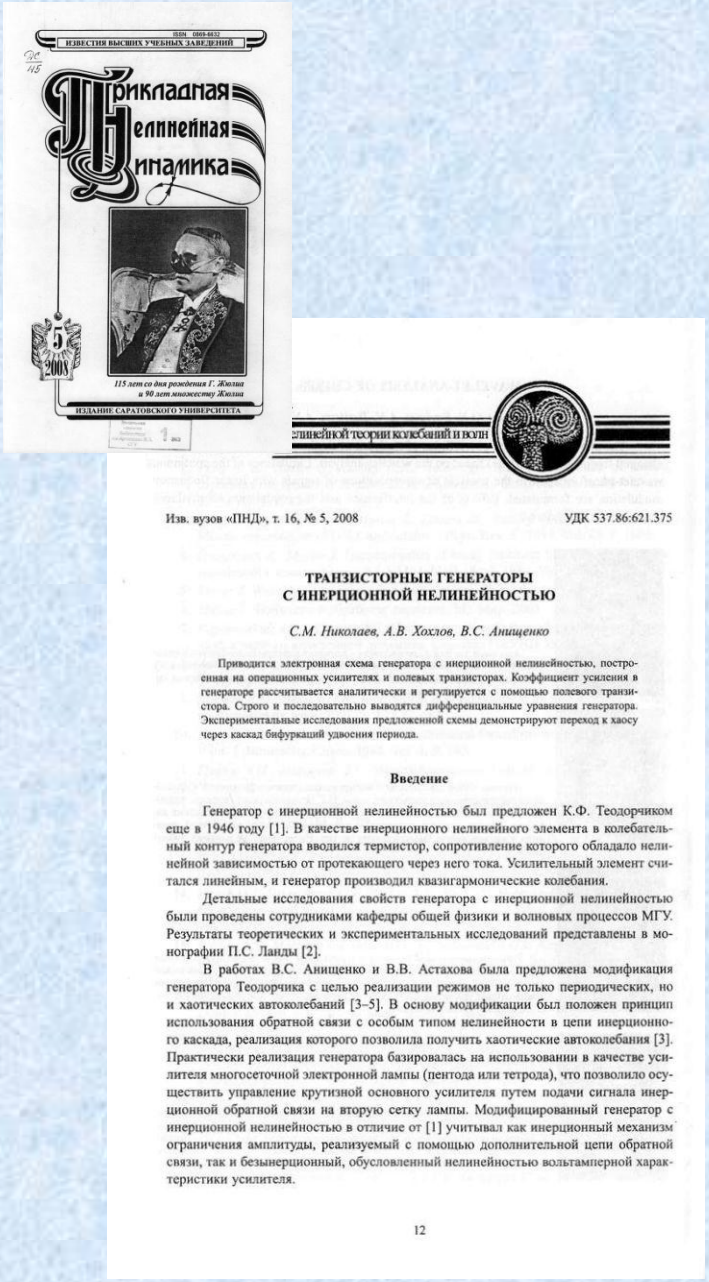


А963510, А963511, А963512, А963513, А963514

Хохлов, А. В. Теоретические основы радиоэлектроники : учебное пособие для студентов физических факультетов, факультетов нелинейных процессов и факультетов нано- и биомедицинских технологий / А. В. Хохлов. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2005. – 295, [1] с. : ил. – Библиогр.: с. 290 (16 назв.). – ISBN 5-292-03435-5. – Текст : непосредственный.

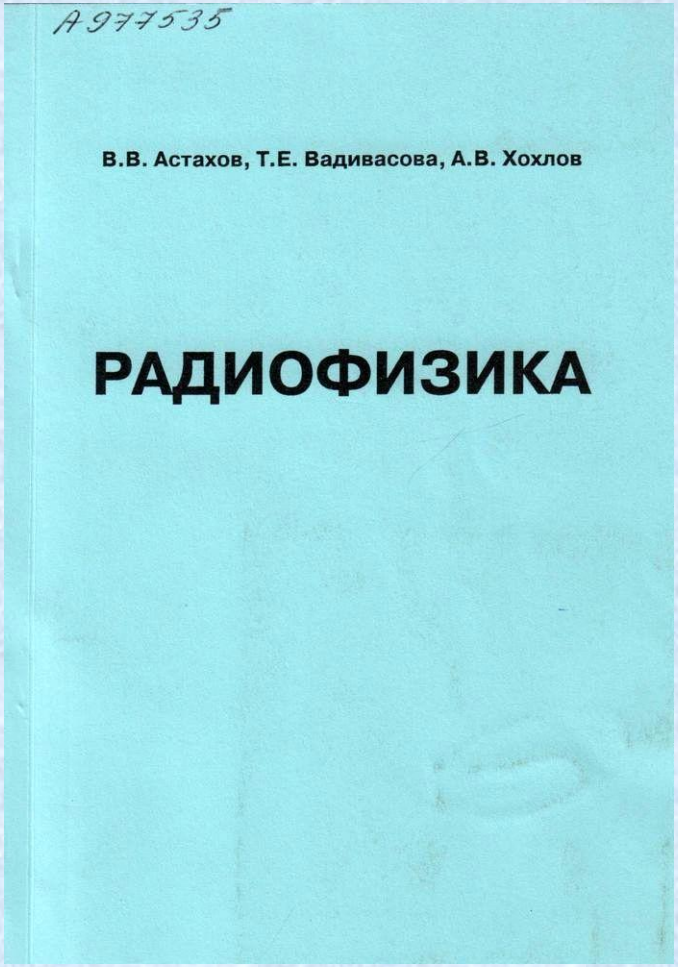
Рассматриваются методы представления и математические модели детерминированных радиотехнических сигналов, методы описания и расчёта радиоэлектронных систем. Анализируются физические процессы, протекающие в инерционных, резонансных и связанных системах с сосредоточенными параметрами.

Для студентов университета, обучающихся по физическим специальностям, а также для аспирантов, научных работников и инженеров, специализирующихся на разработке и создании радиоэлектронных систем.



Николаев, С. М. Транзисторные генераторы с инерционной нелинейностью / С. М. Николаев, А. В. Хохлов, В. С. Анищенко. – DOI: 10.18500/0869-6632-2008-16-5-12-20. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2008. – Т. 16, № 5. – С. 12-20. – ISSN 0869-6632. – Имеется электронная версия публикации: https://elibrary.ru/download/elibrary_23274304_80027902.pdf (дата обращения: 26.08.2021).

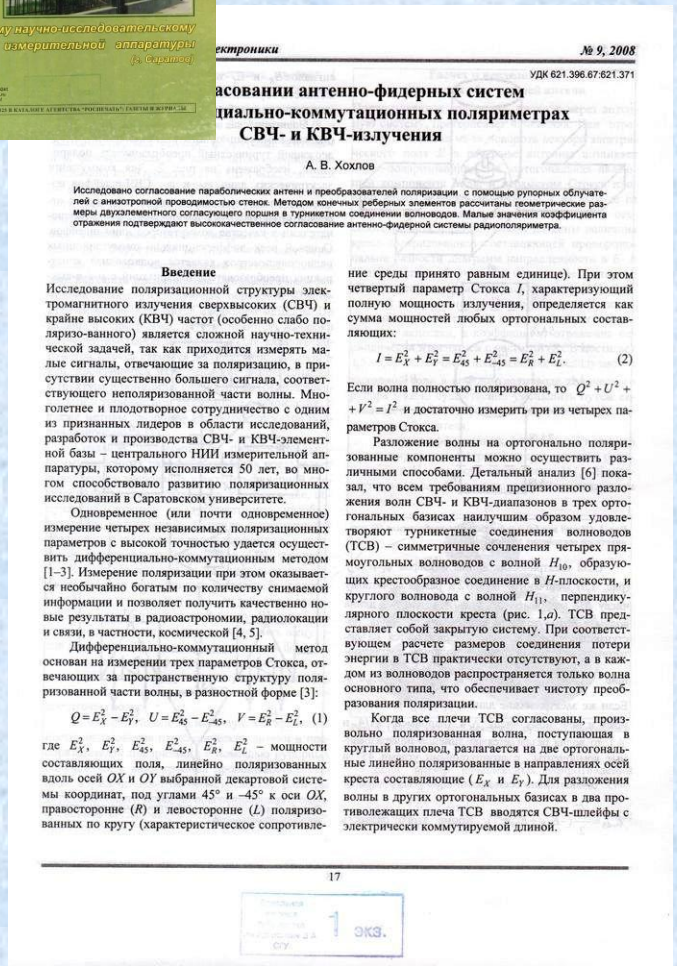
Приводится электронная схема генератора с инерционной нелинейностью, построенная на операционных усилителях и полевых транзисторах. Коэффициент усиления в генераторе рассчитывается аналитически и регулируется с помощью полевого транзистора. Строго и последовательно выводятся дифференциальные уравнения генератора. Экспериментальные исследования предложенной схемы демонстрируют переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода.



А977535, А977536, А977537, А978097

Астахов, В. В. Радиофизика. Задачи и упражнения : учебное пособие для студентов физического факультета и факультета нелинейных процессов / В. В. Астахов, Т. Е. Вадивасова, А. В. Хохлов. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2008. – 187, [1] с. : рис. – Библиогр. в конце разд. – ISBN 978-5-292-03781-1. – Текст : непосредственный.

Учебное пособие содержит задачи по курсам «Основы радиоэлектроники», «Теория колебаний» и «Статистическая радиофизика», читаемым студентам, обучающимся по специальности 013800 «Радиофизика и электроника». В каждую часть включены теоретические сведения, необходимые для решения задач, задачи и упражнения, примеры решения некоторых задач, ответы к большинству задач и общий список литературы. Содержание пособия соответствует программам курсов. Задачи апробированы на семинарских занятиях со студентами физического факультета и факультета нелинейных процессов.



...ектроники № 9, 2008

УДК 621.396.67:621.371

...асовании антенно-фидерных систем
...иально-коммутационных поляриметрах
СВЧ- и КВЧ-излучения

А. В. Хохлов

Исследовано согласование параболических антенн и преобразователей поляризации с помощью рупорных облучателей с анизотропной проводимостью стенок. Методом конечных реберных элементов рассчитаны геометрические размеры двухэлементного согласующего поршня в турникетном соединении волноводов. Малые значения коэффициента отражения подтверждают высококачественное согласование антенно-фидерной системы радиополяриметра.

Введение

Исследование поляризационной структуры электромагнитного излучения сверхвысоких (СВЧ) и крайне высоких (КВЧ) частот (особенно слабо поляризо-ванного) является сложной научно-технической задачей, так как приходится измерять малые сигналы, отвечающие за поляризацию, в присутствии существенно большего сигнала, соответствующего неполяризованной части волны. Многолетнее и плодотворное сотрудничество с одним из признанных лидеров в области исследований, разработок и производства СВЧ- и КВЧ-элементной базы – центрального НИИ измерительной аппаратуры, которому исполняется 50 лет, во многом способствовало развитию поляризационных исследований в Саратовском университете.

Одновременное (или почти одновременное) измерение четырех независимых поляризационных параметров с высокой точностью удается осуществить дифференциально-коммутационным методом [1–3]. Измерение поляризации при этом оказывается необычайно богатым по количеству снимаемой информации и позволяет получить качественно новые результаты в радиоастрономии, радиолокации и связи, в частности, космической [4, 5].

Дифференциально-коммутационный метод основан на измерении трех параметров Стокса, отвечающих за пространственную структуру поляризованной части волны, в разностной форме [3]:

$$Q = E_X^2 - E_Y^2, \quad U = E_{45}^2 - E_{-45}^2, \quad V = E_R^2 - E_L^2, \quad (1)$$

где E_X^2, E_Y^2, E_{45}^2, E_{-45}^2, E_R^2, E_L^2 – мощности составляющих поля, линейно поляризованных вдоль осей OX и OY выбранной декартовой системы координат, под углами 45° и –45° к оси OX, правосторонне (R) и левосторонне (L) поляризованных по кругу (характеристическое сопротивление среды принято равным единице). При этом четвертый параметр Стокса I, характеризующий полную мощность излучения, определяется как сумма мощностей любых ортогональных составляющих:

$$I = E_X^2 + E_Y^2 = E_{45}^2 + E_{-45}^2 = E_R^2 + E_L^2. \quad (2)$$

Если волна полностью поляризована, то $Q^2 + U^2 + V^2 = I^2$ и достаточно измерить три из четырех параметров Стокса.

Разложение волны на ортогонально поляризованные компоненты можно осуществить различными способами. Детальный анализ [6] показал, что всем требованиям прецизионного разложения волн СВЧ- и КВЧ-диапазонов в трех ортогональных базисах наилучшим образом удовлетворяют турникетные соединения волноводов (ТСВ) – симметричные сочленения четырех прямоугольных волноводов с волной H_{10}, образующих крестообразное соединение в H-плоскости, и круглого волновода с волной H_{11}, перпендикулярного плоскости креста (рис. 1,*а*). ТСВ представляет собой закрытую систему. При соответствующем расчете размеров соединения потери энергии в ТСВ практически отсутствуют, а в каждом из волноводов распространяется только волна основного типа, что обеспечивает чистоту преобразования поляризации.

Когда все плечи ТСВ согласованы, произвольно поляризованная волна, поступающая в круглый волновод, разлагается на две ортогональные линейно поляризованные в направлениях осей креста составляющие (E_X и E_Y). Для разложения волны в других ортогональных базисах в два противолежащих плеча ТСВ вводятся СВЧ-шлейфы с электрически коммутируемой длиной.

17

1 экз.

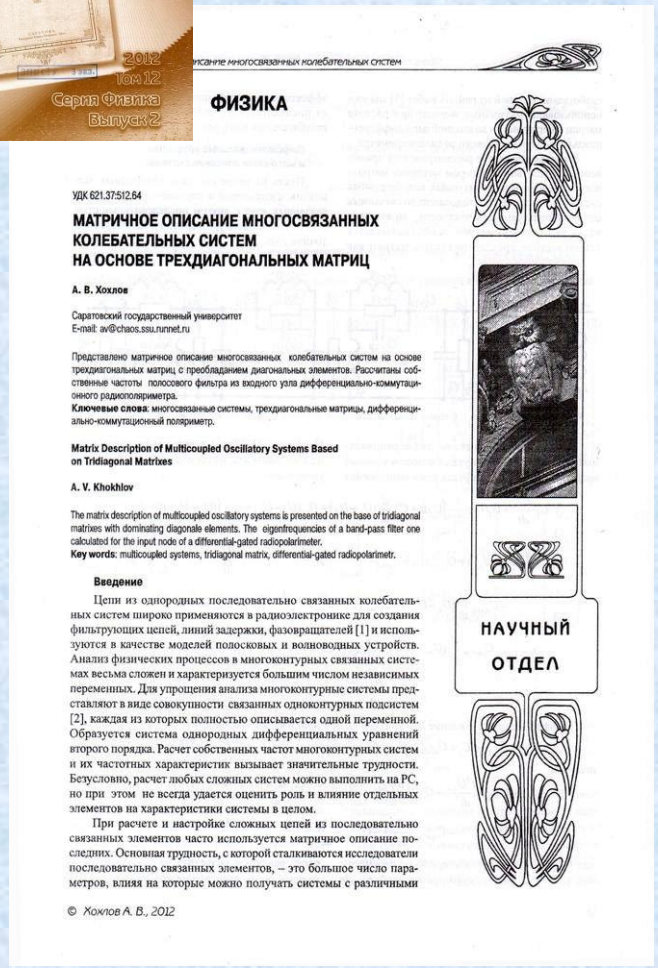
Хохлов, А. В. О согласовании антенно-фидер-ных систем в дифференциально-коммута-ционных поляриметрах свч- и квч-излучения / А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Успехи современной радиоэлектроники. – 2008. – № 9. – С. 17-24. – ISSN 2070-0784.

Исследовано согласование параболических антенн и преобразователей поляризации с помощью рупорных облучателей с анизотропной проводимостью стенок. Методом конечных реберных элементов рассчитаны геомет-рические размеры двухэлементного согла-сующего поршня в турникетном соединении волноводов. Малые значения коэффициента отражения подтверждают высококачественное согласование антенно-фидерной системы радиополяриметра.

А987861, А987862, А987863

Хохлов, А. В. Сигналы. Методы описания, модели, информационные возможности : учебное пособие для студентов физических специальностей / А. В. Хохлов, Т. Е. Вадивасова, А. В. Шабунин ; под редакцией В. С. Анищенко. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2011. – 254, [2] с. : ил. – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-292-04061-3. – Текст : непосредственный.

В книге описаны методы представления детерминированных, случайных, цифровых и модулированных радиотехнических сигналов. Рассмотрены линейные пространства сигналов, детерминированные и случайные процессы, поля и волны, методы дискретизации и квантования аналоговых сигналов, дискретное и быстрое преобразование Фурье. Наряду с классическими методами амплитудной, частотной и фазовой модуляции анализируются случайная и цифровая модуляция сигналов.



ФИЗИКА

УДК 621.37:512.64

МАТРИЧНОЕ ОПИСАНИЕ МНОГОСВЯЗАННЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТРЕХДИАГОНАЛЬНЫХ МАТРИЦ

А. В. Хохлов

Саратовский государственный университет
E-mail: av@chaos.ssu.runnet.ru

Представлено матричное описание многосвязанных колебательных систем на основе трехдиагональных матриц с преобладанием диагональных элементов. Рассчитаны собственные частоты полосового фильтра из входного узла дифференциально-коммутационного радиополяриметра.

Ключевые слова: многосвязанные системы, трехдиагональные матрицы, дифференциально-коммутационный поляриметр.

Matrix Description of Multicoupled Oscillatory Systems Based on Tridiagonal Matrixes

A. V. Khokhlov

The matrix description of multicoupled oscillatory systems is presented on the base of tridiagonal matrixes with dominating diagonale elements. The eigenfrequencies of a band-pass filter one calculated for the input node of a differential-gated radiopolarimeter.

Key words: multicoupled systems, tridiagonal matrix, differential-gated radiopolarimetr.

Введение

Цепи из однородных последовательно связанных колебательных систем широко применяются в радиоэлектронике для создания фильтрующих цепей, линий задержки, фазовращателей [1] и используются в качестве моделей полосковых и волноводных устройств. Анализ физических процессов в многоконтурных связанных системах весьма сложен и характеризуется большим числом независимых переменных. Для упрощения анализа многоконтурные системы представляют в виде совокупности связанных одноконтурных подсистем [2], каждая из которых полностью описывается одной переменной. Образуется система однородных дифференциальных уравнений второго порядка. Расчет собственных частот многоконтурных систем и их частотных характеристик вызывает значительные трудности. Безусловно, расчет любых сложных систем можно выполнить на PC, но при этом не всегда удается оценить роль и влияние отдельных элементов на характеристики системы в целом.

При расчете и настройке сложных цепей из последовательно связанных элементов часто используется матричное описание последних. Основная трудность, с которой сталкиваются исследователи последовательно связанных элементов, – это большое число параметров, влияя на которые можно получать системы с различными

© Хохлов А. В., 2012

НАУЧНЫЙ ОТДЕЛ

Хохлов, А. В. Матричное описание многосвязанных колебательных систем на основе трехдиагональных матриц / А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. – 2012. – Т. 12, вып. 2. – С. 3-8. – Библиогр.: с. 7 (9 назв.). – ISSN 2542-193X. – ISSN 1817-3020. – Имеется электронная версия публикации: https://cyberleninka.ru/article/v/matrichnoe-opisanie-mnogosvyazannyh-kolebatelnyh-sistem-na-osnove-trehdiagonalnyh-matrits (дата обращения: 07.03.2018) .

Представлено матричное описание многосвязанных колебательных систем на основе трёхдиагональных матриц с преобладанием диагональных элементов. Рассчитаны собственные частоты полосового фильтра из входного узла дифференциально-коммутационного радиополяриметра.

argent, W.E. Lamb // Laser Physics. Addison-Wesley, Mass.,1974
n Mechanics of One- and Two-Electron Atoms / H. Bethe, E.Salpeter. N.Y.:

етическая физика Т. 3. Квантовая механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц.

14. Schiesser W. E. The Numerical Method of Lines: Integration of Partial Differential Equations / W. E. Schiesser. San Diego: Academic Press, 1991.

Мельников Леонид Аркадьевич –
доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Приборостроение» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина

Leonid A. Melnikov –
Dr. Sc., Professor
Head: Department of Instrumentation Engineering
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Рябинина Мария Викторовна –
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Приборостроение» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А. Гагарина

Maria V. Ryabinina –
Ph. D., Associate Professor
Department of Instrumentation Engineering
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Статья поступила в редакцию 12.11.14, принята к опубликованию 25.12.14

УДК 621.396.67:621.371

А.В. Хохлов

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЧ-ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-КОММУТАЦИОННЫХ РАДИОПОЛЯРИМЕТРАХ

Рассматриваются особенности переключения поляризационных состояний в дифференциально-коммутационных поляриметрах и устройство систем управления СВЧ-выключателями. Показано, что при синхронизации режимов переключения и подборе параметров p-i-n-диодов и цепей обратной связи в устройствах управления выключателями точность измерений можно увеличить почти вдвое.

СВЧ-выключатели, дифференциально-коммутационный радиополяриметр, *p-i-n*-диод, системы управления, собственные частоты

A.V. Khokhlov

MICROWAVE SWITCHES CONTROL SYSTEMS IN DIFFERENTIAL-GATED RADIOPOLARIMETERS

The paper examines the features of the polarization state switching in differential-gated polarimeters, and the device for the microwave switches control systems. It is shown that when the switching modes are synchronised and the parameters of the p-i-n-diodes and feedback are appropriately selected in the control systems, the measurement accuracy doubles.

Microwave switches, differential-gated radiopolarimeter, *p-i-n*-diod, control systems, eigenfrequencies

Измерения поляризационной структуры излучения сверхвысоких (СВЧ) и крайне высоких частот (особенно слабо поляризованного) представляют сложную научно-техническую задачу и широко используются в радиоэлектронике и измерительной технике, так как одновременное или квазиодновременное измерение четырех независимых параметров обеспечивает существенное увеличение получаемой информации по сравнению с традиционным использованием только интенсивности радиоизлучения. Развитие радиополяризационных исследований инициировало возникновение и развитие пассивной радиолокации, определяющей структуру целей по собственному радиоизлучению, а также способствовало появлению

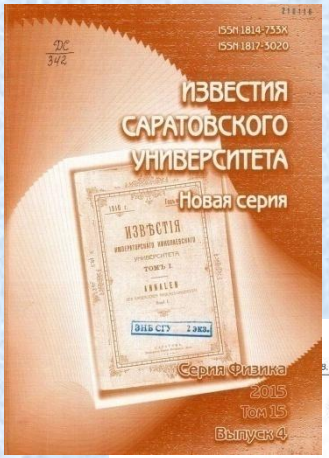
Хохлов, А. В. Системы управления СВЧ-выключателями в дифференциально-коммутационных радиополяриметрах / А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2014. – № 4 (77). – С. 66-76. – Библиогр.: с. 75-76 (9 назв.). – ISSN 1999-8341. – Имеется электронная версия публикации: http://lib.sstu.ru/open/vestniki/2014/4_77_2014.pdf (дата обращения: 15.08.2018) .

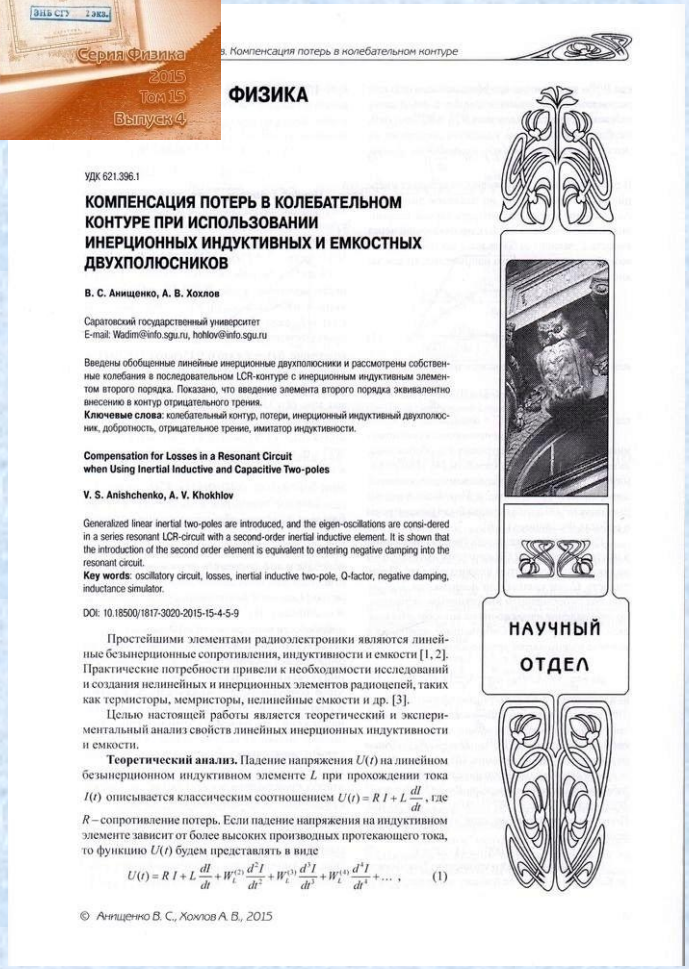
Рассматриваются особенности переключения поляризационных состояний в дифференциально-коммутационных поляриметрах и устройство систем управления СВЧ-выключателями. Показано, что при синхронизации режимов переключения и подборе параметров p-n-i-диодов и цепей обратной связи в устройствах управления выключателями точность измерений можно увеличить почти вдвое.

А991176, А991177, А991178

Хохлов, А. В. Элементная база радиоэлектроники. Тенденции и перспективы развития : учебное пособие для студентов физических специальностей / А. В. Хохлов, Т. Е. Вадивасова, А. В. Шабунин ; под редакцией В. С. Анищенко. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2014. – 319, [1] с. : ил. – Библиогр. в конце глав. – ISBN 978-5-292-04235-8. – Текст : непосредственный.

Рассмотрены дискретные и интегральные элементы радиоэлектроники, их классификация и физические принципы функционирования, а также основные типы волноведущих систем, используемых в радиоэлектронике. Обсуждаются перспективы дальнейшей микроминиатюризации радиоустройств и использования квантовых эффектов для создания принципиально новых наноэлектронных полупроводниковых приборов. Отдельная глава пособия посвящена описанию флуктуаций и шумов в радиоустройствах.





ФИЗИКА

УДК 621.396.1

КОМПЕНСАЦИЯ ПОТЕРЬ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНЕРЦИОННЫХ ИНДУКТИВНЫХ И ЕМКОСТНЫХ ДВУХПОЛЮСНИКОВ

В. С. Анищенко, А. В. Хохлов

Саратовский государственный университет
E-mail: Wadim@info.sgu.ru, hohlov@info.sgu.ru

Введены обобщенные линейные инерционные двухполюсники и рассмотрены собственные колебания в последовательном LCR-контуре с инерционным индуктивным элементом второго порядка. Показано, что введение элемента второго порядка эквивалентно внесению в контур отрицательного трения.

Ключевые слова: колебательный контур, потери, инерционный индуктивный двухполюсник, добротность, отрицательное трение, имитатор индуктивности.

Compensation for Losses in a Resonant Circuit when Using Inertial Inductive and Capacitive Two-poles

V. S. Anishchenko, A. V. Khokhlov

Generalized linear inertial two-poles are introduced, and the eigen-oscillations are consi-dered in a series resonant LCR-circuit with a second-order inertial inductive element. It is shown that the introduction of the second order element is equivalent to entering negative damping into the resonant circuit.

Key words: oscillatory circuit, losses, inertial inductive two-pole, Q-factor, negative damping, inductance simulator.

DOI: 10.18500/1817-3020-2015-15-4-5-9

НАУЧНЫЙ ОТДЕЛ

Простейшими элементами радиоэлектроники являются линейные безынерционные сопротивления, индуктивности и емкости [1, 2]. Практические потребности привели к необходимости исследований и создания нелинейных и инерционных элементов радиоцепей, таких как термисторы, мемисторы, нелинейные емкости и др. [3].

Целью настоящей работы является теоретический и экспериментальный анализ свойств линейных инерционных индуктивности и емкости.

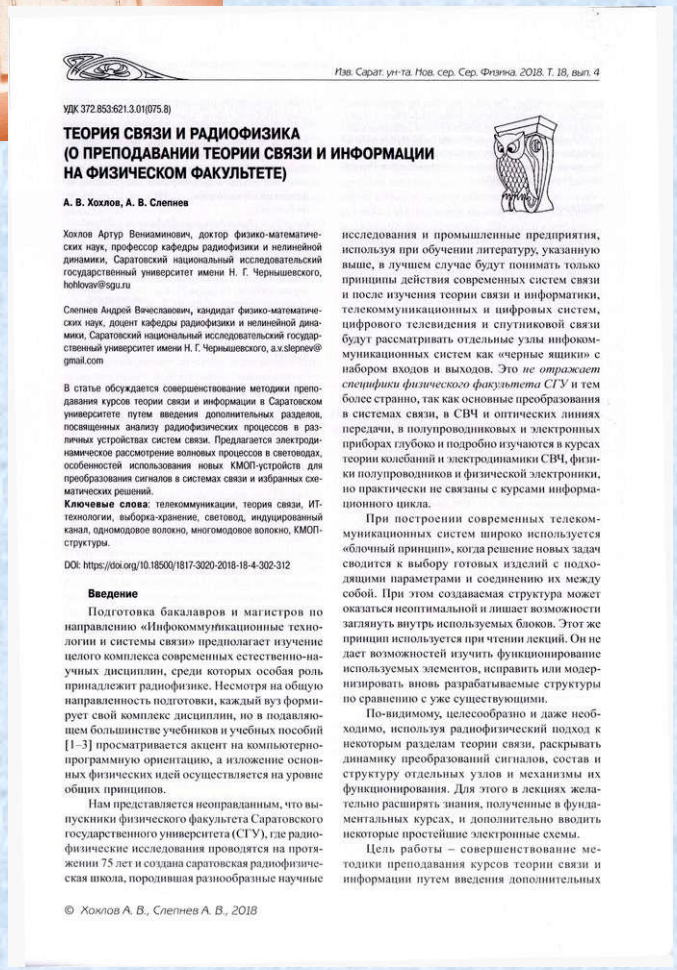
Теоретический анализ. Падение напряжения $U(t)$ на линейном безынерционном индуктивном элементе L при прохождении тока $I(t)$ описывается классическим соотношением $U(t) = R\,I + L\frac{dI}{dt}$, где R – сопротивление потерь. Если падение напряжения на индуктивном элементе зависит от более высоких производных протекающего тока, то функцию $U(t)$ будем представлять в виде

$$U(t) = R\,I + L\frac{dI}{dt} + W_L^{(2)}\frac{d^2I}{dt^2} + W_L^{(3)}\frac{d^3I}{dt^3} + W_L^{(4)}\frac{d^4I}{dt^4} + \dots, \qquad (1)$$

© Анищенко В. С., Хохлов А. В., 2015

Анищенко, В. С. Компенсация потерь в колебательном контуре при использовании инерционных индуктивных и емкостных двухполюсников / В. С. Анищенко, А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. – 2015. – Т. 15, вып. 4. – С. 5-9 : рис. – Библиогр.: с. 9 (7 назв.). – ISSN 1814-733X. – ISSN 1817-3020. – Имеется электронная версия публикации: http://fizika.sgu.ru/sites/fizika.sgu.ru/files/4-2015_fizika.5-9.pdf (дата обращения: 17.11.2016)..

Введены обобщённые линейные инерционные двухполосники и рассмотрены собственные колебания в последовательном LCR-контуре с инерционным индуктивным элементом второго порядка. Показано, что введение элемента второго порядка эквивалентно внесению в контур отрицательного трения.



Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. 2018. Т. 18, вып. 4

УДК 372.853:621.3.01(075.8)

ТЕОРИЯ СВЯЗИ И РАДИОФИЗИКА (О ПРЕПОДАВАНИИ ТЕОРИИ СВЯЗИ И ИНФОРМАЦИИ НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ)

А. В. Хохлов, А. В. Слепнев

Хохлов Артур Вениаминович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, hohlovav@sgu.ru

Слепнев Андрей Вячеславович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиофизики и нелинейной динамики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, a.v.slepnev@gmail.com

В статье обсуждается совершенствование методики преподавания курсов теории связи и информации в Саратовском университете путем введения дополнительных разделов, посвященных анализу радиофизических процессов в различных устройствах систем связи. Предлагается электродинамическое рассмотрение волновых процессов в световодах, особенностей использования новых КМОП-устройств для преобразования сигналов в системах связи и избранных схематических решений.

Ключевые слова: телекоммуникации, теория связи, ИТ-технологии, выборка-хранение, световод, индуцированный канал, одномодовое волокно, многомодовое волокно, КМОП-структуры.

DOI: https://doi.org/10.18500/1817-3020-2018-18-4-302-312

Введение

Подготовка бакалавров и магистров по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» предполагает изучение целого комплекса современных естественно-научных дисциплин, среди которых особая роль принадлежит радиофизике. Несмотря на общую направленность подготовки, каждый вуз формирует свой комплекс дисциплин, но в подавляющем большинстве учебников и учебных пособий [1–3] просматривается акцент на компьютерно-программную ориентацию, а изложение основных физических идей осуществляется на уровне общих принципов.

Нам представляется неоправданным, что выпускники физического факультета Саратовского государственного университета (СГУ), где радиофизические исследования проводятся на протяжении 75 лет и создана саратовская радиофизическая школа, породившая разнообразные научные исследования и промышленные предприятия, используя при обучении литературу, указанную выше, в лучшем случае будут понимать только принципы действия современных систем связи и после изучения теории связи и информатики, телекоммуникационных и цифровых систем, цифрового телевидения и спутниковой связи будут рассматривать отдельные узлы инфокоммуникационных систем как «черные ящики» с набором входов и выходов. Это *не отражает специфики физического факультета СГУ* и тем более странно, так как основные преобразования в системах связи, в СВЧ и оптических линиях передачи, в полупроводниковых и электронных приборах глубоко и подробно изучаются в курсах теории колебаний и электродинамики СВЧ, физики полупроводников и физической электроники, но практически не связаны с курсами информационного цикла.

При построении современных телекоммуникационных систем широко используется «блочный принцип», когда решение новых задач сводится к выбору готовых изделий с подходящими параметрами и соединению их между собой. При этом создаваемая структура может оказаться неоптимальной и лишает возможности заглянуть внутрь используемых блоков. Этот же принцип используется при чтении лекций. Он не дает возможностей изучить функционирование используемых элементов, исправить или модернизировать вновь разрабатываемые структуры по сравнению с уже существующими.

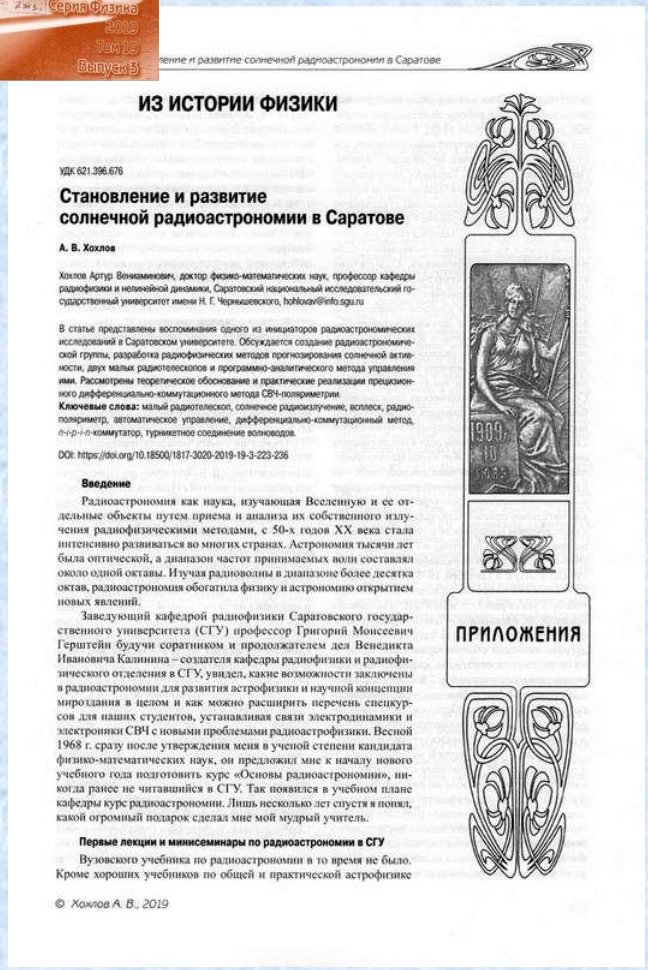
По-видимому, целесообразно и даже необходимо, используя радиофизический подход к некоторым разделам теории связи, раскрывать динамику преобразований сигналов, состав и структуру отдельных узлов и механизмы их функционирования. Для этого в лекциях желательно расширять знания, полученные в фундаментальных курсах, и дополнительно вводить некоторые простейшие электронные схемы.

Цель работы – совершенствование методики преподавания курсов теории связи и информации путем введения дополнительных

© Хохлов А. В., Слепнев А. В., 2018

Хохлов, А. В. Теория связи и радиофизика (о преподавании теории связи и информации на физическом факультете) / А. В. Хохлов, А. В. Слепнев. - DOI 10.18500/1817-3020-2018-18-4-302-312. – Текст : непосредственный // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. – 2018. – Т. 18, вып. 4. – С. 302-312. – Библиогр.: с. 310-311 (16 назв.). – ISSN 1817-3020. – ISSN 2542-193X. – Имеется электронная версия публикации: https://fizika.sgu.ru/ru/articles/teoriya-svyazi-i-radiofizika-o-prepo-davanii-teorii-svyazi-i-informacii-na-fiziche-skom (дата обращения: 07.06.2021) .

В статье обсуждается совершенствование методики преподавания курсов теории связи в информации в Саратовском университете путем введения дополнительных разделов, посвященных анализу радиофизических процессов в различных устройствах систем связи. Предлагается электродинамическое рассмотрение волновых процессов в световодах, особенностей использования новых КМОП-устройств для преобразования сигналов в системах связи и избранных схематических решений.



ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

УДК 621.396.676

Становление и развитие солнечной радиоастрономии в Саратове

А. В. Хохлов

Хохлов Артур Вениаминович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, hohlovav@info.sgu.ru

В статье представлены воспоминания одного из инициаторов радиоастрономических исследований в Саратовском университете. Обсуждается создание радиоастрономической группы, разработка радиофизических методов прогнозирования солнечной активности, двух малых радиотелескопов и программно-аналитического метода управления ими. Рассмотрены теоретическое обоснование и практические реализации прецизионного дифференциально-коммутационного метода СВЧ-поляриметрии.

Ключевые слова: малый радиотелескоп, солнечное радиоизлучение, всплеск, радиополяриметр, автоматическое управление, дифференциально-коммутационный метод, *n-i-p-i-n*-коммутатор, гурникетное соединение волноводов.

DOI: https://doi.org/10.18500/1817-3020-2019-19-3-223-236

ПРИЛОЖЕНИЯ

Введение

Радиоастрономия как наука, изучающая Вселенную и ее отдельные объекты путем приема и анализа их собственного излучения радиофизическими методами, с 50-х годов XX века стала интенсивно развиваться во многих странах. Астрономия тысячи лет была оптической, а диапазон частот принимаемых волн составлял около одной октавы. Изучая радиоволны в диапазоне более десятка октав, радиоастрономия обогатила физику и астрономию открытием новых явлений.

Заведующий кафедрой радиофизики Саратовского государственного университета (СГУ) профессор Григорий Моисеевич Гершгейн будучи соратником и продолжателем дел Венедикта Ивановича Калинина – создателя кафедры радиофизики и радиофизического отделения в СГУ, увидел, какие возможности заключены в радиоастрономии для развития астрофизики и научной концепции мироздания в целом и как можно расширить перечень спецкурсов для наших студентов, устанавливая связи электродинамики и электроники СВЧ с новыми проблемами радиоастрофизики. Весной 1968 г. сразу после утверждения меня в ученой степени кандидата физико-математических наук, он предложил мне к началу нового учебного года подготовить курс «Основы радиоастрономии», никогда ранее не читавшийся в СГУ. Так появился в учебном плане кафедры курс радиоастрономии. Лишь несколько лет спустя я понял, какой огромный подарок сделал мне мой мудрый учитель.

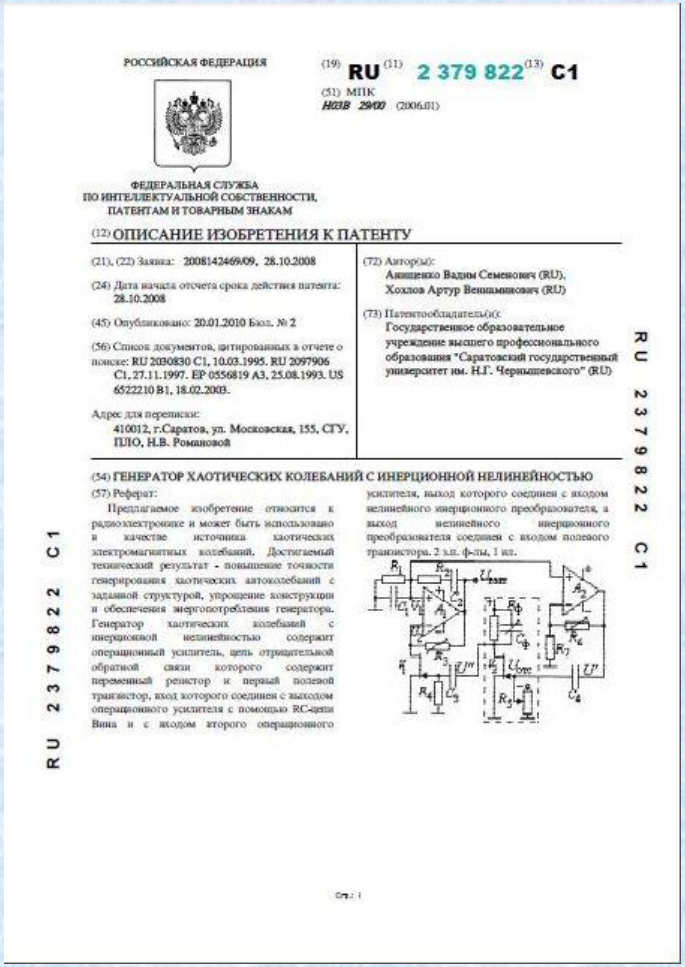
Первые лекции и минисеминары по радиоастрономии в СГУ

Вузовского учебника по радиоастрономии в то время не было. Кроме хороших учебников по общей и практической астрофизике

© Хохлов А. В., 2019

Хохлов, А. В. Становление и развитие солнечной радиоастрономии в Саратове / А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 223-236. – ISSN 1817-3020. – ISSN 2542-193X. – Имеется электронная версия публикации: https://elibrary.ru/item.asp?id=39289670 (дата обращения: 26.08.2021).

В статье представлены воспоминания одного из инициаторов радиоастрономических исследований в Саратовском университете. Обсуждается создание радиоастрономической группы, разработка радиофизических методов прогнозирования солнечной активности, двух малых радиотелескопов и программно-аналитического метода управления ими. Рассмотрены теоретическое обоснование и практические реализации прецизионного дифференциально-коммутационного метода СВЧ-поляриметрии.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 379 822** (13) **C1**

(51) МПК
H03B 29/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008142469/09, 28.10.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.10.2008

(45) Опубликовано: 20.01.2010 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2030830 C1, 10.03.1995. RU 2097906 C1, 27.11.1997. EP 0556819 A3, 25.08.1993. US 6522210 B1, 18.02.2003.

Адрес для переписки:
410012, г.Саратов, ул. Московская, 155, СГУ, ПЛО, Н.В. Романовой

(72) Автор(ы):
Анищенко Вадим Семенович (RU),
Хохлов Артур Вениаминович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского" (RU)

RU 2379822 C1

(54) ГЕНЕРАТОР ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ С ИНЕРЦИОННОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

(57) Реферат:

Предлагаемое изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано в качестве источника хаотических электромагнитных колебаний. Достигаемый технический результат - повышение точности генерирования хаотических автоколебаний с заданной структурой, упрощение конструкции и обеспечения энергопотребления генератора. Генератор хаотических колебаний с инерционной нелинейностью содержит операционный усилитель, цепь отрицательной обратной связи которого содержит переменный резистор и первый полевой транзистор, вход которого соединен с выходом операционного усилителя с помощью RC-цепи Вина и с входом второго операционного усилителя, выход которого соединен с входом нелинейного инерционного преобразователя, а выход нелинейного инерционного преобразователя соединен с входом полевого транзистора. 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2379822 C1

Стр. 1

Патент RU 2379822 C1, МПК H03B 29/00 (2006.01). Генератор хаотических колебаний с инерционной нелинейностью : № 2008142469/09 : заявл. 28.10.2008 : опубл. 20.01.2008 / Анищенко В. С., Хохлов А. В. ; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского». – 6 с. : ил. – Текст : электронный. – URL: https://elibrary.-ru/download/elibrary_37462345_61120431.pdf . (дата обращения: 26.08.2021).

Предлагаемое изобретение относится к радиоэлектронике и может быть использовано в качестве источника хаотических электромагнитных колебаний. Достигаемый технический результат - повышение точности генерирования хаотических автоколебаний с заданной структурой, упрощение конструкции и обеспечения энергопотребления генератора.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 598 330** (13) **C2**

(51) МПК
H03H 7/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015102526/08, 27.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.01.2015

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.01.2015

(43) Дата публикации заявки: 20.08.2016 Бюл. № 23

(45) Опубликовано: 20.09.2016 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1317647 A1, 15.06.1987. GB 2365235 A, 13.02.2002. US 3990025 A, 02.11.1976. SU 1073885 A, 15.02.1984. DE 3009118 A1, 17.09.1981. WO 9940716 A2, 12.08.1999.

Адрес для переписки:
410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, СГУ, ЦПУ, Терентьеву А.С.

(72) Автор(ы):
Хохлов Артур Вениаминович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского" (RU)

RU 2598330 C2

(54) **ИМИТАТОР ДВУХПОЛЮСНИКА ВЫСШЕГО (К-ГО) ПОРЯДКА**

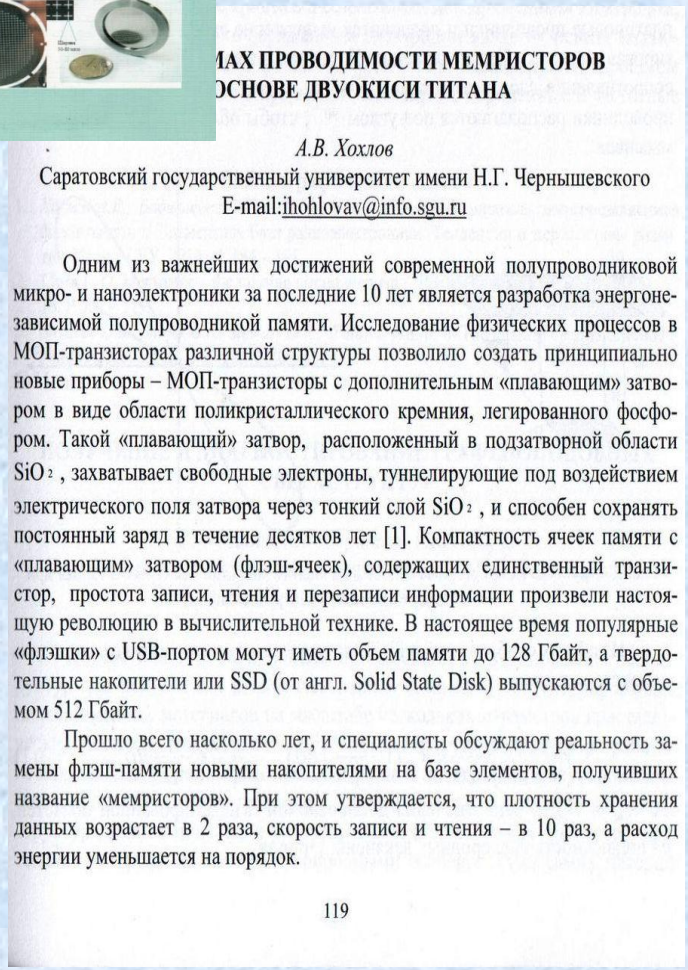
(57) Реферат:

Изобретение относится к радиоэлектронике и связи и может быть использовано при создании активных RC-фильтров, а также в устройствах импульсной техники и автоматического управления для регулирования и компенсации переходных процессов. Технический результат заключается в увеличении точности задания емкостных, индуктивных и резистивных полных выходных сопротивлений двухполюсников высшего (9-го) порядка при имитации. Имитатор двухполюсника порядка k содержит k операционных усилителей с входными цепями из двух последовательно соединенных комплексных сопротивлений, а также необходимые связи между ними. 4 ил. 1 табл.

RU 2598330 C2

Патент RU 2598330 C2, МПК H03H 7/00 (2006.01). Имитатор двухполюсника высшего (к-го) порядка : № 2015102526/08 : заявка 27.01.2015 : опубл. 20.09.2016 / Хохлов А. В. ; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского». – 7 с. : 4 ил. + 1 табл. – Текст : электронный. – URL: https://elibrary.ru-/item.asp?id=37840648. (дата обращения: 26.08.2021).

Изобретение относится к радиоэлектронике и связи и может быть использовано при создании активных RC-фильтров, а также в устройствах импульсной техники и автоматического управления для регулирования и компенсации переходных процессов. Технический результат заключается в увеличении точности задания емкостных, индуктивных и резистивных полных выходных сопротивлений двухполюсников высшего (9-го) порядка при имитации.



МАХ ПРОВОДИМОСТИ МЕМРИСТОРОВ
ОСНОВЕ ДВУОКИСИ ТИТАНА

А.В. Хохлов
Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского
E-mail:ihohlovav@info.sgu.ru

Одним из важнейших достижений современной полупроводниковой микро- и наноэлектроники за последние 10 лет является разработка энергонезависимой полупроводникой памяти. Исследование физических процессов в МОП-транзисторах различной структуры позволило создать принципиально новые приборы – МОП-транзисторы с дополнительным «плавающим» затвором в виде области поликристаллического кремния, легированного фосфором. Такой «плавающий» затвор, расположенный в подзатворной области SiO_2, захватывает свободные электроны, туннелирующие под воздействием электрического поля затвора через тонкий слой SiO_2, и способен сохранять постоянный заряд в течение десятков лет [1]. Компактность ячеек памяти с «плавающим» затвором (флэш-ячеек), содержащих единственный транзистор, простота записи, чтения и перезаписи информации произвели настоящую революцию в вычислительной технике. В настоящее время популярные «флэшки» с USB-портом могут иметь объем памяти до 128 Гбайт, а твердотельные накопители или SSD (от англ. Solid State Disk) выпускаются с объемом 512 Гбайт.

Прошло всего насколько лет, и специалисты обсуждают реальность замены флэш-памяти новыми накопителями на базе элементов, получивших название «мемристоров». При этом утверждается, что плотность хранения данных возрастает в 2 раза, скорость записи и чтения – в 10 раз, а расход энергии уменьшается на порядок.

A990527

Хохлов, А. В. О механизмах проводимости мемристоров на основе двуокиси титана / А. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами : материалы Всероссийской научной школы-семинара / под редакцией Д. А. Усанова. – Саратов : Саратовский источник, 2014. – С. 119-121. – Библиогр. : с. 121. – ISBN 978-5-91879-422-7.

Рассматривается возможное влияние барьеров Шоттки на проводимость мемристорных структур и строятся зонные структуры соответствующих переходов. Показано, что барьеры Шоттки наиболее существенны на границе кристалла с положительно заряженным электродом, а переход с отрицательно заряженным электродом является невыпрямляющим. С позиций физики твердого тела анализируются процессы записи, чтения и стирания информации, исследуются временные и частотные характеристики.

За представленными на выставке изданиями приглашаем в Зональную научную библиотеку имени В. А. Артисевич СГУ (ул. Университетская, 42)

© Салькова, Е. Б., виртуальная выставка, 2021