

50X1-HUM

Page Denied

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ИМ. А. С. ПОПОВА**

FOR OFFICIAL USE ONLY

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ,
посвященная столетию со дня
рождения великого русского ученого
изобретателя радио
АЛЕКСАНДРА СТЕПАНОВИЧА
ПОПОВА**

АННОТАЦИИ К ДОКЛАДАМ

FOR OFFICIAL USE ONLY

МОСКВА — 1959

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ИМ. А. С. ПОПОВА

STAT



НАУЧНАЯ СЕССИЯ,
посвященная столетию со дня
рождения великого русского ученого
изобретателя радио
*АЛЕКСАНДРА СТЕПАНОВИЧА
ПОПОВА*

АННОТАЦИИ К ДОКЛАДАМ

STAT

МОСКВА — 1959



СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные заседания	3
Секция теории информации	7
Секция антенных устройств	22
Секция полупроводниковых приборов	34
Секция приемных устройств	46
Секция проводной связи	50
Секция телевидения	61
Секция электроники	76
Секция радионизмерений	88
Секция общей радиотехники	100
Секция передающих устройств	113
Секция распространения радиоволн	117
Секция электронной микроскопии	127
Секция радиовещания, электроакустики и звукозаписи	130
Секция электронно-вычислительной техники	137
Секция ферритовых устройств СВЧ	147

Редактор *Н. Я. Аренберг*
 Формат 60×92/16
 Г-50454

Техн редактор *Б. В. Смуров*
 Объем 9,5 п. л.
 Зак. 1285

Типография изд-ва „Советское радио“

ПЛЕНАРНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ



STAT

ВЛИЯНИЕ ФЛЮКТУАЦИОННЫХ ПОМЕХ НА ТОЧНОСТЬ
 ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ РАДИОТЕХНИЧЕСКИМИ
 МЕТОДАМИ ⁽²⁾

А. Н. ЩУКИН

Излагаются в обобщенном виде вопросы влияния флюктуационных помех на точность определения угловых координат и дальности при различных технических методах решения этих задач. Рассматривается влияние на точность определения координат тепловых флюктуаций, флюктуаций сигнала от самого объекта, а также от окружающего фона.

Приводятся соображения об оценке вероятности нахождения объекта в данном объеме пространства, исходя из объема разрешающей способности измерительных устройств, их эквивалентной ширины полосы частот и уровня флюктуационных помех.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ В МЕДИЦИНЕ
 И БИОЛОГИИ ⁽¹⁾

В. В. ПАРИН

Рассматриваются основные направления и перспективы использования методов и приборов радиотехники в медицине для распознавания, лечения и предупреждения заболеваний. Подчеркивается острая необходимость резкого расширения работ по внедрению современных достижений радиоэлектроники, телеметрии, автоматки, импульсной техники, электронных вычислительных машин во все объекты медицины и биологии.

Обсуждаются задачи секции по применению радиоэлектроники в медицине и биологии при НТОРиЭ, которые должны объединить творческие усилия армии радиолюбителей, инженеров и врачей, научных работников различных специальностей для более быстрого развития и наиболее эффективно-



STAT

го использования медицинской радиоэлектроники, содействуя решению важных задач, поставленных перед отечественной медицинской и биологией в текущем семилетии.

К ТЕОРИИ КАНАЛОВ РАДИОСВЯЗИ СО СЛУЧАЙНО ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ПАРАМЕТРАМИ

В. И. СИФОРОВ

Каналы связи со случайными изменениями параметров классифицируются на каналы первого и второго рода по их пропускной способности при низком уровне аддитивных помех. Вводятся понятия о собственной пропускной способности и условной пропускной способности канала. Доказывается, что при медленных случайных изменениях параметров многолучевого канала пропускная способность понижается не более чем на 17% при любом отношении сигнала к шуму.

Найдено условие получения высокой пропускной способности канала с многолучевым распространением волн при низком уровне аддитивных помех. Доказывается, что если общая ширина полосы частотных спектров всех случайно изменяющихся параметров многолучевого канала меньше его полосы пропускания частот, то при неограниченном понижении уровня аддитивных помех пропускная способность канала неограниченно возрастает.

Определяется нижняя граница пропускной способности канала со случайными изменениями поглощения при одновременном действии аддитивных помех. Показывается, что однолучевые каналы со случайным изменением поглощения имеют весьма высокую собственную пропускную способность.

ПРОБЛЕМА СИНТЕЗА АНТЕННЫ

А. А. ПИСТОЛЬКОРС

После краткого обзора основных работ, посвященных данной проблеме, излагаются результаты, полученные советскими учеными за последние годы.

Рассматриваются три метода синтеза антенны: метод парциальных диаграмм, метод собственных функций и метод интеграла Фурье.

4

Обсуждается вопрос о регулировании распределения поля в раскрыве антенны за счет варьирования фазовой диаграммой направленности при заданной амплитудной диаграмме. Излагаются основные результаты разработки методики расчета антенны, обеспечивающего оптимальные соотношения между различными параметрами ее диаграммы направленности, например между шириной диаграммы и уровнем боковых лепестков.

В заключение кратко характеризуются основные направления дальнейших исследований

НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ ФЕРРИТОВОГО ГЕНЕРАТОРА

А. Л. МИКАЭЛЯН

В настоящее время много внимания уделяется вопросам теории параметрических усилителей и генераторов сверхвысоких частот, использующих ферриты. Линеарная теория генераторов была предложена Сулом.

Рассматриваются вопросы нелинейной теории, которая позволяет установить не только условия возбуждения параметрических колебаний, но и вычислить амплитуду колебаний в установившемся режиме. Приводятся результаты расчета резонансных кривых для генератора электромагнитного типа и устанавливается аналогия явлений в рассматриваемом случае и хорошо изученных явлений в механике и радиотехнике.

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И РЕАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПЛОСКОСТНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Э. И. АДИРОВИЧ

Рассматриваются реактивные свойства транзисторов, обуславливающие переходные и частотно-фазовые зависимости, которые определяются релаксационными электронными процессами, протекающими в р—п-переходах и в областях квазинейтральности. Проблема теории нестационарных процессов в транзисторах представляет собой часть общей кинетической проблемы о характеристических временах релаксации в полупроводниках. Специфической особенностью этой проблемы для транзисторов является влияние отдельного

5

STAT

p - n -перехода и взаимодействия между двумя p - n -переходами на характеристические времена электронной кинетики. С этих общих теоретических позиций проводится рассмотрение переходных, частотных и фазовых характеристик коэффициента передачи эмиттер—коллектор α , эффективности эмиттера γ , эффективности базы β , а также проводимостей Y_3 , Y_6 и Y_k .

Выясняется физическая природа различных реактивностей (емкостный и индуктивный эффекты) и устанавливаются условия изменения типа реактивности транзистора. Показано, что наряду с процессами диффузии и рекомбинации, обуславливающими прямую связь в транзисторах, определяющую роль в переходных и частотных свойствах играет обратное полевое влияние коллекторного p - n -перехода на эмиттерный p - n -переход. Находятся точные и аппроксимативные выражения характеристик и проведено электрическое моделирование электронных процессов в транзисторах при разных условиях и разных значениях параметров.

СЕКЦИЯ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

О КОДИРОВАНИИ ТЕЛЕГРАММ РАВНОМЕРНЫМИ КОРРЕКТИРУЮЩИМИ КОДАМИ

В. И. СИФОРОВ, Л. Ф. БОРОДИН

Рассматривается вопрос о замене текста телеграмм или его отдельной части пятибуквенным кодовым знаком, представляющим собой комбинацию равномерного корректирующего кода. Приводятся количественные соотношения для расчета экономического выигрыша при переходе к кодированной связи. Описывается метод построения таблиц для получения кодовых знаков, отличающихся в двух и трех буквах. Указывается простой способ коррекции ошибок. Рассматривается вопрос о построении корректирующих кодов с двумя контрольными символами. Найдено выражение, позволяющее определить число информационных символов при различных основаниях кода.

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛОВ СВЯЗИ МЕТОДОМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЛЕКСИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ

Г. Г. БЕЛОНОВ, В. И. ГРИГОРЬЕВ, Р. Г. КОТОВ,
Р. Н. НОВИКОВ, Б. И. РАССАДИН

Рассматривается возможность дальнейшего повышения эффективности существующих каналов связи за счет устранения избыточности сообщения, обусловленной статистическими свойствами языка, путем перехода с побуквенного на словарное (лексическое) кодирование. Описываются два варианта лексического кодирования (по основам слов и окончаниям и по словоформам), блок-схема и принцип действия кодирующего

устройства, а также приводятся статистические данные и расчеты в обоснование данного метода.

Полученные единые кодовые комбинации передаются в линию, а на приемном конце производится их автоматическое декодирование в слова.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СХЕМ ГАРМОНИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

А. М. ПОЛЫКОВСКИЙ

Рассматриваются результаты проведенного анализа различных вариантов схем кодирования речи и основные преимущества схем импульсного кодирования, которые заключаются в возможности достижения большой точности работы устройств при использовании менее сложных средств.

Предлагается схема кодирования с помощью импульсных функций, позволяющая в значительной степени устранить ошибки за счет несовершенства умножающих устройств и ошибок гармонического анализа. В приемной части этой схемы с помощью периодических фильтров и матричных схем создаются частотные характеристики вида $\frac{\sin x}{x}$. Суммарная частотная

характеристика в этом случае аппроксимируется импульсным рядом Фурье. Амплитудой каждого члена ряда управляет непосредственно напряжение соответствующего фильтра устройства частотного анализа передающей стороны. Таким образом, в схеме устраняются промежуточные вычисления, могущие быть источником дополнительных ошибок, и упрощаются требования к умножающим устройствам, в качестве которых можно использовать обычные усилители с регулируемым коэффициентом усиления.

Предлагается способ расчета схемы гармонического синтеза по временным характеристикам, который позволяет реализовать особое свойство уха и, таким образом, упростить схему передающей части устройства за счет уменьшения числа фильтров, используемых в устройстве частотного анализа.

ИСПЫТАНИЯ, ДЕМОНСТРАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СХЕМ ГАРМОНИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ РЕЧИ

В. Е. МУРАВЬЕВ

Рассматриваются вопросы, связанные с изучением системы гармонического кодирования речи. Работа этой системы основана на разложении огибающей мгновенного спектра речи в ряд Фурье и последующем синтезе на приемной стороне частотной характеристики некоторого четырехполюсника, управляемого этими коэффициентами.

Приводятся схемные решения отдельных узлов анализатора и синтезатора. Демонстрируется записанная на пленку синтезированная речь, огибающая спектра которой восстанавливается с различной точностью (от одной до пяти гармоник) с выделением основного тона, а также без него («монотонная» и «шепотная» речь).

Рассматриваются вопросы дальнейшего совершенствования системы: использование разложения огибающей спектра только в синусный или косинусный ряд, синтез на втором периоде разложения огибающей спектра, синтез с неравномерной точностью по оси частот и т. д.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ СИММЕТРИЧНЫХ КАНАЛОВ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРИ НЕОГРАНИЧЕННОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ

Л. М. ФИНК

Рассматривается асимптотическое поведение пропускной способности каналов связи в присутствии нормального белого шума, при неограниченном расширении полосы частот, используемой для передачи сигнала. В канале с постоянными параметрами, при отсутствии каких-либо ограничений на способ кодирования, эта пропускная способность, выраженная в натуральных единицах, равна отношению мощности сигнала к спектральной плотности шума.

При наложении дополнительных ограничений на способ кодирования (например, при использовании бинарных кодов, либо многопозиционных ортогональных кодов), пропускная способность оказывается меньше, чем при идеальном кодировании.

Полученные выражения для вероятностей ошибок в каналах с переменными параметрами позволяют при определенных

ограничениях, наложенных на способ кодирования, вычислить пропускную способность таких каналов с неограниченной полосой частот. Вычисления проводятся для канала с флюктуирующей фазой и для канала с гладкими релеевскими затуханиями. Полученные значения пропускной способности каналов с переменными параметрами составляют от 10 до 73% пропускной способности канала с постоянными параметрами, при одинаковых ограничениях, наложенных на способ кодирования.

О СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ ПО СИММЕТРИЧНЫМ КАНАЛАМ

Л. Ф. БОРОДИН

Приводятся выражения для пропускной способности симметричных каналов. Указывается графический метод определения максимального значения пропускной способности каналов, получаемого за счет введения интервала стирания. Рассматривается вопрос о скорости передачи сообщений по симметричному стирающему каналу.

Получено выражение, позволяющее определить оптимальное число символов в кодовой комбинации.

Показывается, что оптимальный код стирающего канала при достаточно большом числе символов в кодовой комбинации позволяет передавать сообщения по стирающему каналу с наперед заданной недостаточностью и скоростью, близкой к пропускной способности канала.

Показывается, что кодами, близкими по своим свойствам к оптимальным кодам стирающего канала, являются коды, у которых контрольные символы представляют собой вычеты по модулю a всевозможных сумм всех информационных символов.

О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОЛУЧЕВЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Б. С. ЦЫБАКОВ

Исследуется пропускная способность многолучевых каналов связи при гауссовских аддитивных шумах. Приводятся простые выражения для пропускных способностей каналов в случае равномерно спектральной плотности шумов. Полученные соотношения дают возможность вычислять пропускные способности средневолновых, коротковолновых и УКВ каналов связи.

10

К ТЕОРИИ КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОДОВ

Ю. М. МАРТЫНОВ

Рассматривается проблема повышения достоверности принятой информации при передаче дискретной информации по каналам связи. Одним из способов решения этой проблемы является применение корректирующих кодов, позволяющих обнаруживать и исправлять ошибки, возникающие при передаче информации о сообщении по каналу.

Коррекция ошибок возможна в том случае, если при кодировании сообщений вводится некоторая избыточная информация, т. е. количество информации, которое передается по каналу, превышает величину, необходимую для того, чтобы получить нужные сведения о сообщении. Обычно эта избыточная информация представляет собой данные о структуре сигнала, с помощью которого передается сообщение.

Основным вопросом перекодирования, т. е. перехода от одного кода к другому, является синтез корректирующего кода.

Доказывается теорема о достоверности принятой информации, на основании которой решается поставленная задача. В результате получена формула, связывающая длину кодового слова в корректирующем коде с числом информационных элементов в этом слове и числом достоверно исправляемых ошибок.

Исследуется зависимость избыточности корректирующих кодов от длины кодового слова. Показывается, что для систематических корректирующих кодов избыточность весьма близка к минимально необходимой, а при некоторых значениях длины кодового слова равна ей.

Предлагается методика определения оптимальной в смысле помехозащищенности избыточности. Приводится пример определения оптимальной избыточности для канала с флюктуационной помехой с вероятностью искажения элементарного импульса.

МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А. Е. БАШАРИНОВ, Б. С. ФЛЕЙШМАН,
Г. С. ТЫСЛЯЦКИЙ

Рассматривается структура алгоритма последовательного анализа при многоальтернативном выборе. Указываются осо-

11

бенности последовательного анализа в многоканальных системах с двухальтернативным выбором. Приводятся оценки средней длительности анализа в оптимальной двухпороговой системе. Определяется влияние числа каналов на эффективность последовательного анализа.

О ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ОДНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ

Б. Н. МИТЯШЕВ

Рассматривается влияние флюктуационной помехи при определении временного положения импульсных сигналов с помощью временного дискриминатора, в котором сигнал пропускается через ограничительный каскад, модулируется по линейному закону и затем интегрируется. Этот способ позволяет осуществлять автоматическое слежение за сигналами, имеющими очень малую частоту повторения.

Вычислены средняя квадратичная временная ошибка и наибольшее допустимое отношение помехи к сигналу на входе детектора. Показывается, что, устанавливая должным образом уровень ограничения, можно высокую точность при малом уровне помех сочетать с высокой граничной помехоустойчивостью. Схему можно усовершенствовать, вводя нормализацию импульсов после ограничителя. Теоретические данные подтверждаются экспериментально.

На основании полученных данных обсуждаются вопросы реализации предельной точности и наибольшей граничной помехоустойчивости при определении временного положения импульсных сигналов.

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Г. А. СЕРГЕЕВ

Рассматривается методика оптимальной обработки дискретно фиксируемых экспериментальных данных, используемых для корреляционного анализа. Предлагается формула для расчета оптимального числа экспериментальных точек, дающая возможность осуществить контроль статистической обработки дан-

ных, подчиняющихся закону больших чисел в ограниченной области. Анализируются данные экспериментальной проверки предлагаемой методики

О ПОРОГОВЫХ СИГНАЛАХ ПРИ НЕКОГЕРЕНТНОМ НАКОПЛЕНИИ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ВЕСОВОЙ ФУНКЦИЕЙ

Ю. С. ЛЕЗИН

Для обнаружения последовательностей импульсных сигналов на фоне гауссова шума можно использовать некогерентное накопительное устройство с экспоненциальной весовой функцией. Оно представляет собой совокупность некогерентного (амплитудного) детектора и суммирующего устройства, цепь обратной связи которого составлена из линии задержки на время T , равное квази-периоду ожидаемого импульсного сигнала, и устройства с коэффициентом передачи m , величина которого меньше единицы.

Сравнение пороговых сигналов при квадратичном и когерентном накоплении с экспоненциальной весовой функцией последовательности импульсных сигналов с неизвестной начальной фазой показало, что при большом числе импульсов в последовательности замена когерентного накопления квадратичным эквивалентна проигрышу в помехоустойчивости, равному 4 дБ при $m = 0,9$ и 5 дБ при $m = 0,95$.

Эти результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ

В. Е. МУРАВЬЕВ

Рассматриваются некоторые способы анализа огибающей мгновенного спектра сигналов, исключающие ошибки, возникающие при проведении обычного параллельного анализа и позволяющие упростить схемы анализаторов. Приводятся результаты теоретического изучения анализа с помощью «бегающей щели», анализа энергетического спектра с помощью функции корреляции и анализа с помощью гармонических функций.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЕМНИКА С КОНЕЧНЫМ ВРЕМЕНЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ. СЛУЧАЙ ПРОСТЕЙ- ШЕГО ПОТОКА МЕШАЮЩИХ СИГНАЛОВ

Г. А. МЕДВЕДЕВ

Рассматривается наличие в приемнике конечного времени восстановления, которое уменьшает вероятность приема полезных сигналов, однако число принятых мешающих сигналов уменьшается по той же самой причине еще в большей степени; это и определяет преимущество рассматриваемых приемников. Относительно простое доказательство этого утверждения может быть проведено для случая, когда мешающие сигналы являются простейшим потоком импульсов.

Анализируется вероятность приема полезных и мешающих импульсов для случаев большого и малого времени восстановления.

Вычисляется среднее число мешающих импульсов, принятых в течение периода, при этом необходимо учитывать влияние процесса приема в предыдущем периоде. Вводится функция $F_n(z)$, являющаяся вероятностью того, что в интервале времени длительностью z приемником было принято n импульсов при условии, что в начальный момент этого интервала приемник был подключен к линии связи. Функции $F_n(z)$ и $p(t)$ полностью определяют среднее число принятых мешающих импульсов. Находится конкретное выражение для рассматриваемого случая простейшего потока мешающих импульсов.

Приводится оценка помехоустойчивости для большого и малого времени восстановления.

Рассматривается задача о приемнике с конечным временем восстановления, которая адекватна задаче об однолинейной системе с потерями и стандартным временем обслуживания, т. е. задаче теории массового обслуживания.

НАРАСТАЮЩАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ПАКЕТА ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

А. Е. БАШАРИНОВ

Рассматривается нарастающая вероятность обнаружения сигнала в системах передачи с обратной связью при трех способах обработки. обнаружение по способу наибольшего правдоподобия, обнаружение при двухпороговом последовательном анализе и обнаружение по способу повторных отметок.

14

Приводятся рекуррентные формулы для расчета нарастающей вероятности обнаружения при типовых критериях повторных меток и соотношения для определения средней частоты ложных срабатываний.

В качестве примеров приводятся результаты расчетов нарастающей вероятности обнаружения в системах оптимальной обработки и в системах обнаружения по повторным отметкам.

ИДЕАЛЬНОЕ РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО НЕОРТО- ГОНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Л. И. ФИЛИППОВ

Рассматривается «идеальный» радиоприем ансамбля неортогональных сигналов при наличии флюктуационных помех. Идеальным называется приемник, реализующий потенциальную помехоустойчивость.

Предлагается задача определения вероятности правильного получения неортогональных сигналов, которая сводится к вычислению одновременного выполнения неравенств для взаимозависимых случайных величин. Неортогональность сигналов приводит к понижению помехоустойчивости радиоприема. Приводится сравнение потенциальной помехоустойчивости при ортогональных и неортогональных сигналах.

СТАЦИОНАРНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СТАТИСТИЧЕСКОЙ РАДИОФИЗИКЕ

Я. И. ХУРГИН

Под стационарным импульсным процессом понимается последовательность импульсов, появляющихся в случайные моменты времени; форма импульсов зависит от некоторого числа случайных параметров, вероятностные характеристики процесса не зависят от начала отсчета времени. Во многих задачах, связанных с генерацией и передачей импульсных сигналов при учете флюктуаций, мы имеем дело с подобными стационарными импульсными процессами.

В теории стационарных импульсных процессов исходной характеристикой является функция распределения интервалов между импульсами. Имея в виду применение теории для реше-

15

ния вопросов статистической радиофизики, мы выделяем процессы с независимыми интервалами и процессы с конечносвязанными интервалами.

Изучаются спектральные свойства процессов с независимыми интервалами и процессов с конечносвязанными интервалами. Приводятся формулы для спектральной плотности в случае, когда форма импульсов зависит от двух случайных параметров—амплитуды и длительности. Рассматривается ряд примеров.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ФАЗ КОЛЕБАНИЙ В СОВОКУПНОСТИ ФЛЮКТУИРУЮЩЕГО СИГНАЛА, ШУМОВ И КОРРЕЛИРОВАННОЙ ШУМОВОЙ ПОМЕХИ

М. С. АЛЕКСАНДРОВ

Рассматривается решение задачи о прохождении флюктуирующего напряжения сигнала и коррелированных шумов через нелинейную систему, имеющую свойства ограничителя. Найдены законы распределения вероятностей разности фаз результирующих колебаний в дифференциальной и интегральной формах. Показано, что при наличии шумовых помех среднее значение разности фаз результирующих колебаний отличается от разности фаз исходных сигналов.

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕМЫ КОНСТРУКТИВНОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО КАНАЛА С НУЛЕВОЙ ПАМЯТЬЮ

Б. С. ФЛЕЙШМАН

Обобщаются результаты, полученные автором, содержащиеся в докладе «Построение оптимального в смысле Шеннона кода в простейшем случае бинарного канала с шумами», доложенного на предыдущей сессии. Доказывается ряд теорем, необходимых при построении аналогичного кода для канала с произвольным конечным входным и выходным алфавитом. Действия шумов в рассматриваемом канале с нулевой памятью описываются прямоугольной Марковской матрицей P . Производится верхняя оценка числа выходных цепочек, в которых вероятность перехода любой входной цепочки стре-

16

мится к нулю с ростом ее длины. На основании этой оценки выводятся достаточные условия различимости совокупности входных цепочек. Для доказательства теорем используется комбинаторный анализ. При этом устанавливается основное соотношение между производящими функциями входных и выходных цепочек. Вырисовываются очертания конструктивной теории информации, которая в отличие от существующей теории не только указывает предельные возможности борьбы с шумами, но дает способы осуществления этих возможностей — алгоритмы построения оптимальных кодов. С математической точки зрения статически развитая теория оказывается теорией оптимального выбора между экспоненциально растущим с объемом выборки числом гипотез.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОТЕРЬ СООБЩЕНИЯ В ТРАНСПОРТИРОВАННЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ С ЯВНЫМИ ПОТЕРЯМИ

О. С. ШИЛОВ

Приводится уравнение определения вероятности потерь сообщения для неравнодоступного включения в случае конечного числа источников, создающих нагрузку. Выводится приближенная формула для определения множителей этого уравнения для случая транспортированного включения. Сопоставляются расчетные данные с данными экспериментальных измерений.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ЛИНЕЙНОГО КОДИРОВАНИЯ

Р. Р. ВАРШАМОВ

Рассматривается линейный метод кодирования. Приводится ряд теорем, касающихся некоторых проблемных вопросов теории линейного кодирования.

Предлагается конструктивный метод построения кодирующего преобразования и декодирующих устройств, гарантирующих максимальную достоверность правильного приема передаваемых сообщений, для различных типов каналов с различным вероятностным распределением помех.

Изучается поведение функции $Q_{m,x}(h, m)$ — максимальной средней вероятности правильного приема при линейном методе кодирования, где m и h — размерность соответственно переда-

2—1285

17

ваемого сообщения и кодированного сигнала. Исследуется функция $g_n(d)$ — максимальное число кодовых комбинаций длиной в n знаков, любые две из которых отличаются друг от друга не менее чем на заданное число d позиций для фиксированных n и h , стремящихся к бесконечности.

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ С ФАЗОВО-РАЗНОСТНОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

Н. П. БОБРОВ

Рассматриваются возможные системы передачи дискретных сигналов с фазово-разностной манипуляцией (ФРМ) и ее отличие от фазовой манипуляции (ФМ), а также различные способы приема ФРМ сигналов. Вводится сравнительный критерий оценки ФРМ систем — «фазовая устойчивость», и приводятся данные о помехозащищенности некоторых ФРМ систем.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРИЕМНИК СИГНАЛОВ С НЕИЗВЕСТНЫМ МОМЕНТОМ ПРИХОДА

И. М. ТЕПЛЯКОВ

Рассматривается прием импульсов сигналов, могущих содержать различное количество элементарных импульсов длительностью τ . Оптимальный приемник состоит из системы фильтров, оптимальных соответственно для каждого из импульсов длительностью $\tau, 2\tau, \dots, n\tau$, вычитающих устройств и порогов.

СВЕТ КАК КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Г. И. РУКМАН, Г. М. ХАПЛАНОВ

Рассмотрены перспективы применения светового канала для передачи больших количеств информации и принципы устройств для осуществления такого канала.

О КВАНТОВЫХ ФЛЮКТУАЦИЯХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ

Г. И. РУКМАН, Г. М. ХАПЛАНОВ

Рассматривается вопрос о связи пропускной способности канала с интенсивностью сигналов. Указаны предельные оценки, определяющие возможную дальность передачи и приема информации.

НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ «ВАЛ—КОД»

А. А. СЫЧЕВ

Дается определение преобразователя как устройства, производящего операцию $y = f(x), \delta_{\text{кв}}$. Рассматривается кодовая маска как один из способов определения функции преобразования. Анализируются достоинства и недостатки электромагнитных преобразователей, использующих кодовую маску. Обсуждаются возможности повышения надежности работы путем преобразования маски, фиксации считывающих элементов $\sqrt{\quad}$ — связи, выбора подходящих считывающих элементов.

Приводятся несколько вариантов преобразователей угла в код для кодирования с большой точностью, с нулевой ошибкой считывания на границе кодов и грубым изготовленным кодовой маски, не требующей точной установки считывающих элементов.

ГРУППОВАЯ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ СИГНАЛОВ И ЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

В. Н. МАРЫЧЕВ

Излагается сущность метода групповой передачи элементарных сигналов. Приводится простейший пример осуществления групповой передачи элементарных сигналов. Сформулированы основные принципиальные преимущества групповой передачи по сравнению со способом последовательной передачи элементарных сигналов в условиях воздействия на канал свя-

зи импульсных помех. Описываются результаты теоретического исследования процесса разделения и измерения элементарных сигналов групповой системы для случая канала связи с помехами. Дана оценка выигрышу по мощности, который может быть получен при переходе от последовательной передачи элементарных сигналов к групповой передаче. Указывается на принципиальную и практическую возможность значительного повышения помехозащищенности системы передачи элементарных сигналов при использовании группового метода, без сокращения пропускной способности канала связи. Устанавливаются возможные области применения систем связи, основанных на групповой передаче элементарных сигналов.

ВОПРОСЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ЗАМИРАНИЯХ

Д. Д. КЛОВСКИЙ

Рассматриваются вопросы потенциальной помехоустойчивости при передаче дискретного количества сигналов, учете флюктуационной помехи и замираний сигнала, когда амплитуда принятого колебания распределена по обобщенному закону Релея. Указываются критерии приема на «идеальный» приемник при гладких и селективных замираниях.

Приводятся различные варианты схем, реализующих наиболее критерии приема, и определяется вероятность правильного приема на «идеальный» приемник

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ДВУКРАТНОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

Б. М. ПЕВЗНЕР

Рассматриваются некоторые методы двукратной передачи сигналов, в частности квадратурная модуляция, двусторонняя модуляция, передача по методу «сумма—разность», передача на двух несущих и др. В качестве параметров для оценки этих методов выбираются эффективность использования канала связи и помехоустойчивость. Рассчитываются таблицы значений указанных параметров.

Дается сравнительная оценка рассмотренных методов и намечаются целесообразные области их применения. Показывается, что лучшим методом по рассмотренным параметрам для передачи по видеоканалу является двусторонняя модуляция поднесущей, а для передачи по радиоканалу — квадратурная модуляция несущей, но в случаях, когда заданы жесткие нормы на перекрестные искажения, следует предпочитать методы, основанные на частотной селекции сигналов.

Обсуждается вопрос о сохранении времени передачи каждого из сигналов. Показано, что при всех рассмотренных методах, кроме одного варианта двусторонней модуляции, каждый из сигналов передается непрерывно.

О ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КООРДИНАТНО-КОДОВОГО МЕТОДА ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СООБЩЕНИЙ

И. И. ЦУККЕРМАН

Рассматривается сравнение числа искаженных элементов изображения при заданном числе искаженных кодовых знаков и заданной статистике изображений для случаев телевизионной передачи координатно-кодовым методом и обычным методом. Приводится влияние декорреляции на помехоустойчивость при передаче по координатно-кодовому методу. Сделана оценка влияния помех при передаче сигнала окончания строки. Обсуждаются также принципы одновременной передачи телевизионных сообщений и возможности использования этих принципов в координатно-кодовой системе с целью уменьшения искажений вследствие многолучевого приема.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЕМНИКА ПО СХЕМЕ ШОУ

И. М. ТЕПЛЯКОВ

Рассматривается построение кривых вероятности правильного приема импульсов сигнала для различного отношения полос пропускания широкополосного и узкополосного фильтров при заданной вероятности превышения шумом порога в отсутствии сигнала. Показывается, что при большом отношении полос (более 50) широкополосного и узкополосного фильтров помехоустойчивость приемника по схеме ШОУ приближается к помехоустойчивости линейного приемника

СЕКЦИЯ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ АНТЕНН ДЛЯ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И УКВ ВЕЩАНИЯ

В. Д. КУЗНЕЦОВ

Рассматриваются применяемые в настоящее время типы антенн. Дается критика принятых в настоящее время решений антенной системы телецентров. Анализируются возможности повышения эффективности антенн. Предлагаются новые решения антенной системы телецентров. Рассматривается новая схема питания телевизионных антенн с помощью направленных ответвителей.

АНТЕННО-ВОЛНОВОДНЫЙ ТРАКТ ДЛЯ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ РАССЕЯНИЕ РАДИОВОЛН В ТРОПОСФЕРЕ

А. М. МОДЕЛЬ, Е. А. АНФИЛОВ

Излагаются результаты разработки антенно-волноводного тракта для радиорелейных линий, использующих рассеяние радиоволн в тропосфере. Рабочий диапазон волн 30—40 см. Усиление антенн 43—45 дБ. Антенны используются одновременно для приема и передачи. Разделение приемного и передающего трактов осуществляется путем использования различных поляризаций. Антенна представляет собой часть поверхности параболоида вращения, облучаемого рупором. Зеркало несимметричное, облучатель расположен вне зоны отраженного от зеркала поля. В качестве питающих линий используются прямоугольные волноводы сечением 220×104 мм. Для совмещения приемного и передающего трактов используется поляризационный селектор.

АНТЕННА ДЛЯ ЛИНИЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ИОНОСФЕРНОГО РАССЕЯНИЯ

В. К. ПАРАМОНОВ

Приводятся результаты теоретического и экспериментального исследования электрических параметров высокочастотной днапазонной антенны с низким уровнем побочного излучения и управляемой диаграммой направленности.

Рассматривается антенна, которая представляет собой комбинацию парабола-цилиндрического зеркала и линейного облучателя. Последний выполняется в виде цепочки вибраторов с уголковым рефлектором и располагается непосредственно у земли так, чтобы ее поверхность служила гранью рефлектора облучателя.

ДИАПАЗОННАЯ СИНФАЗНАЯ АНТЕННА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

Л. К. ОЛИФИН

Рассматривается многоэлементная синфазная коротковолновая антенна с активным рефлектором. Антенна работает на волнах кратных 1:2 без перестройки рефлектора. Приводятся данные по направленным свойствам, коэффициенту полезного действия, коэффициенту усиления и по согласованию антенны с питающим фидером. На оптимальной волне коэффициент усиления антенны равен 80.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВОДОВ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ

А. А. МЕТРИКИН

Приводятся результаты экспериментального исследования волноводных трактов круглого сечения для радиорелейных линий связи. Исследования проводятся в диапазоне частот 3400—3900 Мгц. Рассматриваются результаты исследования затухания энергии, согласования, отражения от фланцевых соединений, коэффициента эллиптичности поля, поворота плоскости поляризации и паразитной волны.

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ДИАГРАММУ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧАТЕЛЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ

В. И. АНДРИАНОВ, Л. Д. БАХРАХ, И. Е. ВЕШНИКОВА

Ставится вопрос о возможности применения приближенных методов расчета (геометрическая и волновая оптика) к определению диаграммы направленности излучателя, расположенного у поверхности конечного металлического конуса, с образующей много большей длины волны.

В связи с этим рассматривается строгое решение задачи дифракции плоской волны, падающей по оси симметрии на металлический конус конечных размеров. Проводится оценка асимптотического решения для острых конусов. Вычисленные значения дифракционного поля в точках расположения излучателя (расстояние излучателя от вершины конуса много больше длины волны) показывают, что можно использовать приближенные методы расчета диаграммы направленности. Сравнение с экспериментальными данными подтверждает правильность выбранных методов расчета.

О ВЛИЯНИИ ПЛОСКОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КЛИНА НА ДИАГРАММУ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ

В. А. КАПЛУН

Рассматривается задача о влиянии бесконечного плоского полого диэлектрического клина на диаграмму направленности антенны, расположенной внутри этого клина. Полученные результаты могут, в частности, быть использованы при проектировании современных антенных обтекателей, имеющих вид острого конуса, а также в ряде других случаев. При решении указанной задачи используется принцип эквивалентности.

Приводится метод нахождения поля в точках, совпадающих с раскрытием антенны, а также определения амплитуды на внутренней поверхности клина. При решении задачи не учитывается тонкая структура поля вблизи ребра клина, так как не учитывается краевой эффект, что при удалении антенны от этого ребра на много длин волн не вносит больших ошибок. Выводятся выражения для диаграммы направленности системы «антенна-клин» при различных положениях антенны относительно клина. В заключение приводятся экспериментальные результаты, показывающие достаточно хорошее совпадение с расчетными данными.

24

НЕКОТОРЫЕ СЛУЧАИ РАССЕЯНИЯ РАДНОВОЛИН МНОГОУГОЛЬНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Б. П. МАЛИНОВСКИЙ

Рассматривается в приближениях Френеля-Кирхгофа рассеяние металлической пластиной трапециoidalной формы, клинообразной и шестиугольной пластины и более сложной формы.

Сравниваются результаты, полученные опытным путем, с теоретическими, которые, как и следовало ожидать, совпадают в пределах углов падения (считаемых от нормали) от 0 до 25—30°. Результат не изменяется при увеличении размеров пластины. Это является следствием того, что влияние края не могло быть учтено. Показывается, что в характеристике рассеяния ромбической пластиной практически будет иметь место один главный лепесток.

ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ПЛОСКОСТИ С ПЕРЕМЕННЫМ ПОВЕРХНОСТНЫМ ИМПЕДАНСОМ

И. В. ГУЗЕЕВ

Рассмотрена задача о дифракции двумерных поверхностных волн на плоскости с произвольным одномерным распределением импеданса. Сформулировано общее интегральное уравнение задачи. В качестве примера приложения развитого метода рассмотрена задача о дифракции поверхностных волн на одиночной симметричной неоднородности специальной формы.

Приводятся данные расчета диаграмм направленности, коэффициентов прохождения, отражения и излучения для неоднородностей с различными параметрами Q_0 , ΔQ , γ .

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ПЛОСКИМИ АНТЕННАМИ

М. Д. ХАСКИНД

Рассматривается проводящая плоскость, покрытая диэлектрической пленкой, и исследуется возбуждаемое заданными источниками электромагнитное поле над этой плоскостью. Для решения задачи принимаются упрощенные граничные условия на поверхности диэлектрического покрытия и развивается метод определения полного волнового поля, при помощи которого в простой форме производится выделение поверхностных волн. Общий метод применяется к анализу возбуждения поверхностных волн электрическим и магнитным диполями.

К ВОПРОСУ О ВОЗБУЖДЕНИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ

В. И. ТАЛАНОВ

Рассматривается задача о возбуждении открытым концом волновода поверхностных электромагнитных волн над диэлектрической пластинкой, помещенной на идеально проводящей плоскости и продолженной внутрь возбуждающего волновода. Строгое решение получено методом интегральных уравнений в случае, когда система в целом экранирована сверху второй идеально проводящей плоскостью.

Приводятся общие формулы для полей отраженных и трансформированных волн и их применение. Дается пример расчета модуля коэффициента отражения основной волны в возбуждающем волноводе и коэффициента трансформации энергии этой волны в энергию поверхностной волны над диэлектрической пластинкой при конкретных параметрах системы.

СИНТЕЗ ЛИНЕЙКИ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С НЕМЕХАНИЧЕСКИМ КАЧЕНИЕМ ЛУЧА

О. Г. ВЕНДИК

Применение антенн с немеханическим качением луча требует создания новых расчетных методов.

26

Рассматривается синтез линейки, который состоит в том, что при заданных свойствах отдельных излучателей и их расположении, находится распределение комплексных амплитуд токов I_i в излучателях и их изменение при качении диаграммы.

Анализируя полученные решения уравнений, можно установить число излучателей, распределение и пределы необходимых изменений амплитуд и фаз токов в них для получения заданной диаграммы направленности и требуемого угла качения.

ФОКУСИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ДИФРАКЦИОННЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

Г. Х. ФРИДМАН

Рассматриваются отражающие свойства дифракционных отражателей в виде решеток. Выводятся основные соотношения для расчета дифракционного отражателя, формирующего лучок параллельных дифракционных лучей, при облучении его цилиндрической волной.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ АНТЕННЫ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

А. Н. ЧИЖОВ

Анализируется новый метод определения КНД в дальней зоне любых антенн СВЧ по нескольким измерениям на малых расстояниях в зоне Френеля. Показывается возможность определения КНД на расстояниях, в 7—8 раз меньших обычных по измерениям в трех точках. Оцениваются возможные погрешности, предлагается способ их определения и последующей коррекции результатов расчета КНД.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА
АНТЕННЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА ЛИНИЯХ,
ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЯВЛЕНИЕ РАССЕЯНИЯ
РАДИОВОЛН В ТРОПОСФЕРЕ**

Б. С. НАДЕНЕНКО, И. А. ГУСЯТИНСКИЙ

Рассматривается влияние условий распространения на антенну, работающую на линии с использованием явления рассеяния радиоволн в тропосфере, которое сводится к уменьшению коэффициента усиления и к изменению диаграмм направленности.

Исследуется влияние некогерентности поля в раскрыве антенны на коэффициент усиления приемной антенны параболического типа.

**АНТЕННА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ПРИЕМА СРЕДНИХ
ВОЛН**

С. П. БЕЛОУСОВ

Излагаются результаты теоретического и экспериментального исследования однопроводной антенны бегущей волны в диапазоне волн 200—2000 м. Приводятся данные, характеризующие фазовую скорость распространения, погонное затухание, диаграммы направленности, коэффициент усиления и коэффициент направленного действия однопроводной антенны бегущей волны при различных высотах подвеса, длинах антенны и различных свойствах почвы.

Сообщаются методика расчета многопроводной антенны бегущей волны и результаты расчета двухпроводной антенны бегущей волны.

**СИСТЕМА МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СЛОЖНЫХ КОРОТКОВОЛНОВЫХ АНТЕНН**

В. Д. КУЗНЕЦОВ, А. И. БЕРКОВИЧ

Приводятся основные данные разработанной системы многократного использования антенн типа ЗБС и синфазных антенн. Система состоит из усилительных устройств и фазовра-

щателей и позволяет вести на одну антенну одновременный прием с различными диаграммами направленности в диапазоне коротких волн.

**ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА КОНЦЕ
СПИРАЛЬНОЙ ЛИНИИ**

П. С. МИКАЗАН

Рассматривается решение следующих задач:

- 1) дифракция на открытом конце спирального волновода;
- 2) дифракция на стыке сплошного круглого и спирального волноводов в случае падения поверхностной волны со стороны последнего;
- 3) дифракция при падении волны со стороны сплошного волновода.

Задачи сведены к функциональным уравнениям, которые решены методом факторизации. Получены формулы и произведены расчеты для коэффициентов отражения прохождения и характеристик излучения.

**РАСЧЕТ МНОГОКАНАЛЬНОГО ВОЛНОВОДНОГО
ДЕЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ**

В. С. ИЛЬИН

Рассматривается вариационный метод расчета многоканального волноводного делителя мощности, выполненного конструктивно в виде «скачкообразного» разделения основного волновода на ряд отдельных волноводов

**О СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ
КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ВОЛНЫ В СЛУЧАЙНО
НЕОДНОРОДНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ**

В. И. БЕСПАЛОВ

Рассматривается уравнение для плотности вероятности модуля коэффициента отражения $\Psi(\rho)$ в линиях передачи большой длины с малыми неоднородностями. Из решения этого уравнения, полученного для линии, согласованной на выходе, следует, что при $\rho^2 \ll 0,1$ функция плотности вероятности с высокой степенью точности совпадает с релейской. При больших значениях ρ^2 различие этих функций становится существенным.

Анализируется поведение коэффициента отражения в диапазоне частот. Показывается, что относительная величина области частот, в которой коэффициент отражения находится в интервале $\Gamma, \Gamma + \Delta\Gamma$ стремится к величине, пропорциональной $\Psi(\Gamma)\Delta\Gamma$, если изменение электрической длины линии в рассматриваемом диапазоне частот стремится к бесконечности.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАПАЗОННЫХ СВОЙСТВ
Ш-ВОЛНОВОДА**

Б. В. СЕСТРОРЕЦКИЙ, А. А. РОМАНОВ

Рассматривается Ш-волновод (волновод с двумя продольными выступами) как один тип широкополосной передающей линии. Емкостные выступы используются для расширения полосы частот между критическими частотами волн H_{10} и H_{20} . Проведен расчет критических частот основной волны H_{10} и ближайших высших типов волн H_{20}, H_{30} Ш-волновода. Результаты расчета представлены в виде серии графиков, дающих полную картину зависимости критических частот Ш-волновода от его геометрии. Экспериментальное исследование критических частот Ш-волновода подтверждает в пределах погрешностей расчетов и измерений правильность теоретических расчетов.

**СКАЛЯРНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ
УРАВНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В
НЕОРТОГОНАЛЬНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЕ
КООРДИНАТ, МЕТРИКА КОТОРОЙ НЕ ЗАВИСИТ ОТ
ОДНОЙ КООРДИНАТЫ**

Н. А. КУЗЬМИН

Получены уравнения для определения потенциалов ψ и $\bar{\psi}$ и сформулированы краевые условия. Система дифференциальных уравнений для определения потенциалов является системой дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными несамосопряженного типа. Краевые условия на поверхности с идеальной проводимостью являются очень простыми (в одном случае сама функция ψ обращается в нуль, в другом нормальная производная $\bar{\psi}$ обращается в нуль).

Введенные потенциалы позволяют решить ряд новых задач распространения электромагнитных волн вдоль искривленных поверхностей в пространстве.

**ОПТИМАЛЬНАЯ ФОРМА ИЗГИБА ВОЛНОВОДА В
УСЛОВИЯХ МНГОВОЛНОВОСТИ**

Н. П. КЕРЖЕНЦЕВА

В многоволновых волноводах изгиб является источником значительных потерь на преобразование в нежелательные типы волн. Решается задача уменьшения этих потерь путем выбора наиболее рациональной формы изгиба. Для нахождения амплитуд паразитных волн, возникающих в изгибе произвольной формы, используется метод поперечных сечений. Найден оптимальный закон изменения кривизны, обеспечивающий наименьшие амплитуды паразитных волн в максимальной полосе частот при заданной длине изгиба. Исследована зависимость полных потерь в таком изгибе от параметров волновода. Приводится расчет изгиба оптимальной формы и полных потерь в нем для волны H_{10} в гофрированном волноводе и спиральном волноводе в металлической оболочке.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВНОГО
ВОЗБУДИТЕЛЯ ВОЛНЫ H_{01} В ВОЛНОВОДЕ КРУГЛОГО
СЕЧЕНИЯ**

Ю. М. ИСАЕНКО

Исследуется одноканальный преобразователь волны H_{10} прямоугольного волновода в волну H_{01} круглого волновода. Дается расчет основных параметров преобразователя. Найдены коэффициенты связи волны H_{01} с каждой из возникающих паразитных волн, которые удается свести к сравнительно простым инженерным формулам. Проанализирован процесс возникновения паразитных волн в разных точках преобразователя. Найдено, что наиболее интенсивная передача энергии от волны H_{01} к паразитной волне происходит возле сечения, в котором фазовые скорости паразитной волны и волны H_{01} равны. Найдены омические потери волны H_{01} в преобразователе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ПОЛЯ ПОСЛЕ ВОЛНОВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ,
СОДЕРЖАЩИХ КРИТИЧЕСКОЕ СЕЧЕНИЕ**

Р. Б. ВАГАНОВ

Излагается экспериментальный метод исследования и измерения паразитных волн, возникающих в волноводных переходах в многоволновых системах в результате искажения первичной падающей на переход волны. Метод основан на использовании резонанса на паразитных волнах. Рассчитан коэффициент отражения от системы, образованной переходом, включающим критическое сечение для паразитной волны, многоволновой линией и отражающим поршнем. Дается описание измерительной установки. В результате измерения определяется тип паразитной волны, взаимная ориентация паразитных волн и коэффициент преобразования, характеризующий степень перерождения первичной волны в данном переходе. Приводятся результаты измерений преобразования волны H_{11} в волну E_{11} на конусах в диапазоне волн 3,0—3,5 см.

**ДИСПЕРСИОННЫЕ СВОЙСТВА И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ
РЕЗОНАНС СПИРАЛЬНОГО ВОЛНОВОДА,
ПОМЕЩЕННОГО В МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ
СРЕДУ**

В. П. ШЕСТОПАЛОВ

Получены с помощью граничных условий, учитывающих периодичность спирали, дисперсионные уравнения для спирального волновода (случай узких лент и широких щелей или широких лент и узких щелей), помещенного в магнитоэлектрическую среду (среда непосредственно примыкает к спирали или между спиралью и средой существует зазор), а также исследованы условия возникновения пространственного резонанса в таких системах.

Подробно рассмотрены замедления в системах в зависимости от частоты при различных значениях диэлектрических и магнитных проницаемостей и взаимного расположения спирали и магнитоэлектрика. Построены графики запрещенных зон спирального волновода, помещенного в магнитоэлектрик.

СЕКЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

НОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

А. А. МАСЛОВ

Рассматривается роль полупроводниковых приборов самого различного назначения в развитии всех отраслей радиоэлектроники.

В настоящее время отечественная полупроводниковая промышленность располагает широкой номенклатурой полупроводниковых приборов, вследствие чего наблюдается все растущее применение их в различных радиотехнических устройствах.

Проводятся опытные лабораторные образцы полупроводниковых приборов на частоты генерирования 600 — 800 Мгц (германиевые), на 100 — 200 Мгц (кремниевые), маломощные с напряжением коллектора до 200 в, а также ряд других новых приборов. Созданы кремниевые выпрямители с напряжением до 1,5 кв.

Ведутся работы по дальнейшему улучшению качества отдельных электрических характеристик, а также работы, связанные с организацией более массового выпуска полупроводниковых приборов.

Излагаются направления развития полупроводниковых приборов: создание высоконадежных полупроводниковых приборов, создание стабильных полупроводниковых приборов, приборов для импульсной, а также счетно-решающей техники.

Рассматривается дальнейшее развитие исследовательских работ, которые будут вестись также с целью расширения пределов по электрическим и температурным характеристикам, в частности, по частоте, температуре, мощности, напряжению и т. д.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРИБОР НА БАЗЕ КРЕМНИЯ

Р. Е. СМОЛЯНСКИЙ, М. И. ЛУКАЧЕВИЧ

Рассматривается полупроводниковый прибор, который собирается на базе монокристаллического кремния и представляет собой многослойную структуру. Благодаря наличию отрицательного сопротивления на прямой ветви вольтамперной характеристики прибор обладает тиратронным эффектом и представляет собой целую триггерную схему, что позволяет его применять в качестве самовозбуждающегося генератора пилообразных импульсов, в качестве различных модификаций генераторов, запускаемых внешним прямоугольным импульсом, элемента памяти в счетно-решающих устройствах и т. д.

РАБОТА ДРЕЙФОВОГО ТРИОДА ПРИ БОЛЬШОМ СИГНАЛЕ

Т. М. АГАХАНИЯН, Л. Н. ПАТРИКЕЕВ

Излагаются основные положения метода анализа работы дрейфового триода при большом сигнале. Анализ основан на использовании почти линейной зависимости между неравновесными зарядами неосновных носителей вблизи переходов и токами через переходы.

Иллюстрируется метод анализа работы триода при большом сигнале на примере ключевой схемы на дрейфовом триоде, включенном по схеме с общим эмиттером. Метод, основанный на использовании зависимости между зарядами и токами, применим и для анализа работы диффузионных триодов.

ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ЗАПИРАНИЯ ГЕРМАНИЕВЫХ ПЛОСКОСТНЫХ ДИОДОВ ПРИ БОЛЬШИХ ТОКАХ

Ю. К. БАРСУКОВ

Излагается исследование зависимости длительности первой стадии переходного процесса запираания, проводимости базового слоя и диффузионного напряжения на диоде от величины прямого тока при токах 0,1—13 а для плоскостных диодов.

дов ДГ-Ц. При заданном отношении обратного и прямого токов длительность первой стадии переходного процесса изменяется примерно как $I_{пр}^{-0.6}$. Проводимость базового слоя изменяется примерно как $I_{пр}^{0.6}$. Совокупность этих результатов указывает на замедленный рост избыточной концентрации носителей с током.

Рассматривается рост диффузионного напряжения на диоде, который составляет 110 мВ на декаду прямого тока, что указывает на наличие антизапорного слоя в области тылового контакта диода.

Замедленный рост избыточной концентрации носителей с током объясняется наличием инжекции носителей в сильно примесную область диода и начинается при повышении прямым током некоторой критической величины. Проведенный расчет находится в хорошем качественном согласии с экспериментальными результатами.

Приводится уменьшение инерционности диодов с ростом прямого тока, которое может быть использовано для создания малоинерционных импульсных диодов, работающих при повышенных плотностях тока.

ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ДИОДЕ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ЧЕРЕЗ НЕГО В ПРЯМОМ НАПРАВЛЕНИИ ИМПУЛЬСОВ ТОКА МАЛОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Ф. Е. ПАШУКАНИС

Рассматривается схема замещения диода, содержащая индуктивность, для случая, когда через полупроводниковый диод в прямом направлении пропускаются прямоугольные импульсы тока длительностью меньше 1 мксек. Характер схемы замещения объясняется на основе представления диода в виде последовательного соединения двух нелинейных элементов: электронно-дырочного перехода и объема полупроводника.

Приводится полученная экспериментальная зависимость мгновенного сопротивления диода при произвольной форме импульса тока от величины заряда, протекающего через диод. Экспериментальные данные могут быть аппроксимированы зависимостью, полученной на основе предположения о пропорциональной связи между проводимостью диода и величиной средней концентрации неосновных носителей заряда в объеме полупроводника.

36

ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ ПРИ БОЛЬШИХ СИГНАЛАХ

Л. С. БЕРМАН

Рассматриваются расчеты переходных процессов, которые произведены путем численного интегрирования диффузионного уравнения с учетом падения напряжения на нелинейном сопротивлении материала базы. Метод разработан применительно к сплавным триодам средних частот. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными для синусоидального и импульсного входного сигнала не превышает погрешности эксперимента. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с расчетами, проведенными квазилинейным методом.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛОСКОСТНОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ТРИОДА В СХЕМЕ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОИДАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ БОЛЬШОМ УРОВНЕ СИГНАЛА

Л. Д. ЗАРХИ

Рассматриваются метод и результаты измерения средних параметров эквивалентной «гибридной» П-схемы полупроводникового плоскостного триода (ППТ). На основании малосигнальной теории работы ППТ получены аналитические выражения для параметров этой эквивалентной схемы. В результате сравнения результатов расчета и измерения в расчетные формулы введен эмпирический коэффициент, учитывающий особенности работы триода при большом уровне сигнала. Приводятся аналитические выражения, аппроксимирующие зависимость параметров эквивалентной «гибридной» П-схемы от уровня сигнала и питающих напряжений. Показывается, что если напряжения на входе и выходе триода синусоидальны при большом уровне сигнала, то эквивалентная «гибридная» П-схема ППТ обладает рядом существенных достоинств по сравнению с другими эквивалентными схемами ППТ.

ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ДВУХ-ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

М. А. БЕРГ

Рассматривается возможность изготовления полупроводникового двухэлектродного прибора, вольтамперная характеристика которого имеет отрицательное сопротивление, что значительно упрощает схемное решение ряда радиотехнических устройств. На основании качественного анализа вида вольтамперной характеристики с отрицательным сопротивлением выведены условия его появления в различных полупроводниковых структурах. Дается подробный анализ некоторых из них.

Приводятся сведения по технологии изготовления лабораторного образца полупроводникового двухэлектродного прибора с отрицательным сопротивлением.

На основе анализа аналитического выражения для вольтамперной характеристики $p-n-p$ структуры при двухэлектродном включении показывается, что для появления отрицательного наклона существенное значение имеет вид зависимости коэффициента α от тока. Приводятся экспериментальные данные о влиянии различных примесей и геометрии переходов на вид зависимости α , форму вольтамперной характеристики и напряжения переброса. Приводятся данные полученных лабораторных образцов, вольтамперные характеристики которых напоминают характеристику тиратрона.

Двухэлектродные приборы просты в изготовлении и имеют некоторые преимущества при использовании их в генераторных и импульсных схемах по сравнению с многоэлектродными полупроводниковыми приборами. Малое время переключения порядка $0,1-0,3$ мксек говорит о перспективности применения их в вычислительных цифровых машинах.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМАХ

С. А. ГАРЯИНОВ

Рассматривается возможность изготовления двухэлектродного полупроводникового прибора, вольтамперная характеристика которого имеет отрицательное сопротивление.

Приводятся результаты исследования работы двухэлектродных полупроводниковых приборов с отрицательным со-

противлением в схемах генератора линейно изменяющегося напряжения, генератора синусоидального напряжения, в спусковой схеме, в схеме триггера и в ряде других схем.

ДИНАМИЧЕСКИЙ ТРИГГЕР НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ТРИОДЕ

В. И. ГЕВОРКЯН

Рассматриваются некоторые вопросы построения динамического триггера с линией задержки на полупроводниковом триоде. Выясняется влияние соотношения входных и выходных сопротивлений, уровней напряжений и токов, а также формы импульсов на устойчивость триггера.

Приводятся экспериментальные данные по динамическому триггеру, выполненному на триоде П-403 на частоту 1 МГц.

ФРОНТЫ ВЫХОДНЫХ ИМПУЛЬСОВ В КЛЮЧЕ НА ПЛОСКОСТНОМ ТРИОДЕ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ ЕМКОСТИ КОЛЛЕКТОРА

Б. Н. КОНОНОВ

Проводится расчет фронтов выходных импульсов в транзисторном ключе с общим эмиттером с учетом зависимости емкости коллектора от напряжения.

Рассматривается средняя расчетная емкость коллектора, полученная в результате анализа переходных процессов, которая при большом управляющем токе базы близка к интегральному среднему значению емкости в соответствующем диапазоне напряжения коллектора, а для сплавных триодов в полтора-два раза превышает дифференциальную емкость коллектора при напряжении источника питания.

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В. И. САМОИЛЕНКО

Рассматривается влияние саморазогрева и ионизации в коллекторном переходе на свойства транзисторов.

Показывается, что статические коллекторные характеристики могут иметь отрицательный наклон, аналогично с термисторами. Эти статические характеристики не могут служить для определения основных параметров транзисторов, т. е. коэффициента усиления тока и дифференциального коллекторного сопротивления из-за влияния саморазогрева. Приводится теоретическая оценка этого влияния и экспериментальное подтверждение полученных теоретических соотношений.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДОВ ДРЕЙФОВОГО ТИПА

В. И. ВЕРТОГРАДОВ

Рассматривается влияние температуры на параметры дрейфовых триодов, находящихся широкое применение в высоко-частотных и импульсных схемах. Приводятся аналитические зависимости параметров дрейфовых триодов от температуры и излагаются результаты анализа влияния характеристик исходного германия, режима изготовления и конструкции триода на температурные зависимости параметров.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ УСИЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Ю. Р. НОСОВ, Б. Н. ХАЗАНОВ

Рассматривается связь коэффициента усиления с параметрами триода и зависимость его от температуры. Излагаются полученные условия, выполнение которых обеспечивает темпе-

ратурную стабильность усилителя напряжения. Приводятся конкретные способы осуществления этих условий для всех промышленных типов германиевых и кремниевых триодов

О ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ СПЛАВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДОВ ОТ ТОКА ЭМИТТЕРА

М. А. АБДЮХАНОВ

Приводятся результаты измерения различных параметров полупроводниковых триодов в зависимости от тока эмиттера при изменении его в широких пределах.

Рассматриваются экспериментальные данные, которые показывают, что граничная частота усиления по току $f_{гр}$ сначала растет с ростом тока эмиттера, при некотором его значении достигает максимума и затем медленно спадает. Обнаружено, что при малых токах эмиттера рост частоты $f_{гр}$ с ростом тока эмиттера вызван в основном ослаблением шунтирующего влияния статической емкости эмиттерного перехода, получена формула, позволяющая учесть влияние этой емкости на $f_{гр}$. При больших токах эмиттера причина спада $f_{гр}$ с ростом тока, при больших уровнях инжекции зависит от влияния сопротивления материала базовой области электронному току базы и неплоскопараллельной модели реальных триодов. Получены расчетные формулы, количественные оценки дали хорошее согласие с экспериментом.

Анализ физики работы полупроводниковых триодов при больших уровнях инжекции и проведенные измерения показали, что характер выходной проводимости в схеме с заземленной базой, ее частотная зависимость существенно отличаются от малосигнальных. Если при малых уровнях инжекции выходная проводимость определяется в основном утечкой и статической емкостью коллектора, то при больших уровнях инжекции они практически не играют роли, а выходная проводимость определяется модуляцией толщины базового слоя

СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ТРИОДЕ ПРИ БОЛЬШОМ СИГНАЛЕ

Г. Н. БЕРЕСТОВСКИЙ

Рассматриваются некоторые решения основного дифференциального уравнения триода, связывающего входной и выходной токи.

Показывается, что длительность переходного процесса для схемы включения триода с общим эмиттером существенно зависит от величины входного тока, уменьшаясь во много раз с ростом I_0 . При этом форма переднего фронта остается близкой к экспоненциальной, а форма заднего приближается к гиперболической. Длительность заднего фронта (по уровню 0,37) всегда превышает длительность переднего (по уровню 0,63). При больших токах отношение длительностей порядка 2. Зависимость длительности переднего фронта от I_0 хорошо согласуется с экспериментальной зависимостью. Реальная же длительность заднего фронта всегда больше теоретической. Экспериментально снятые формы того и другого фронтов с точностью 2—5% совпадают с расчетными.

Показывается, что отличие теоретических зависимостей от экспериментальных связано в основном с влиянием радиального поля в области базы. Последнее приводит к изменению распределения дырок в базе с изменением сигнала. Метод же заряда, использованный при выводе основного уравнения, справедлив лишь, когда характер распределения дырок в базе не зависит от величины токов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ СПУСКОВОЙ СХЕМЫ НА ПЛОСКОСТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ ПРИ СЧЕТНОМ ЗАПУСКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ТРИОДОВ

Т. Н. ЯСТРЕБЦЕВА, В. Н. КУРИЛЬЧИК

Рассматриваются особенности работы спусковой схемы на полупроводниковых триодах со счетным запуском при изменении амплитуды и длительности запускающего сигнала, а также параметров триодов (коэффициента усиления по току, частотных свойств, нулевого тока коллектора).

Проводится теоретический анализ процессов, протекающих в спусковой схеме при переходе ее из одного положения рав-

42

новесия в другое, объясняется наличие областей неустойчивой работы пересчетной схемы при изменении амплитуды и длительности запускающего сигнала.

Указывается зависимость областей неустойчивой работы схемы от частотных и усилительных свойств триодов и параметров схемы.

Исследована зависимость устойчивости работы схемы от изменения величины начальных токов коллекторов триодов.

Проводится оценка длительности импульса, коэффициента усиления по току и нулевого тока коллектора, при которых обеспечивается надежная работа спусковой схемы в больших пределах изменения амплитуды и длительности запускающих импульсов при оптимальных значениях переходных емкостей

РАСЧЕТ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА НА ТРАНЗИСТОРАХ

А. Ю. ГОРДОНОВ

Рассматривается развитие теории и разработанная методика номографического расчета усилительного каскада на транзисторах в частотном диапазоне до 2—3 см на малом сигнале с произвольным генератором сигнала на входе и активной нагрузкой на выходе.

Проводится экспериментальное исследование усилительного каскада на плоскостном транзисторе, результаты которого совпадают с теорией. Установленное согласно показывает возможность инженерного расчета усилительного каскада на транзисторе на малом сигнале с помощью разработанной методики.

О ВЛИЯНИИ РЕЖИМА НАСЫЩЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ НА РАБОТУ ИМПУЛЬСНЫХ СХЕМ

В. А. КУЗЬМИН

Рассматривается влияние режима насыщения на работу мультивибратора на двух плоскостных триодах и блокинг-генератора, собранного по схеме с общим эмиттером. Расчеты

43

проведены на основе уравнения непрерывности для полного заряда дырок в базе. Дается решение этого уравнения для произвольной формы тока базы.

Рассчитывается «задержка» регенеративного процесса в схеме мультивибратора, обусловленная рассасыванием неосновных носителей заряда из базы запирающегося триода. Показывается, что в большинстве случаев длительность переднего фронта импульса на коллекторе открывающегося триода определяется временем «задержки». Получено выражение для длительности плоских частей импульсов с учетом влияния режима насыщения.

Рассматривается процесс формирования импульса в блокинг-генераторе, собранном по схеме с общим эмиттером. Формирование вершины импульса происходит полностью в области насыщения. Дается расчет длительности импульса блокинг-генератора.

ОБ ОБЪЕМНОМ ЗАРЯДЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ В БАЗОВОЙ ОБЛАСТИ СПЛАВНОГО ТРИОДА

Ю. М. АЗЬЯН, К. Я. СЕНАТОРОВ, С. М. ЧУДИНОВ

Сообщается, что вследствие полученного несовпадения выводов теории с результатами эксперимента проведено обсуждение известной постановки задачи о движении носителей тока в базе триода. Предлагается отличная от известной физическая постановка задачи, в которой отсутствует требование электрической нейтральности в каждой точке базы.

Приводится приближенное решение задачи о распределении носителей тока и концентрации электрического поля в базе для стационарного случая и не очень высоких уровнях инжекции. Обсуждается экспериментальная зависимость критической частоты триода от уровня инжекции в свете представлений о распределении поля в базе, вытекающих из теоретического анализа.

ВЛИЯНИЕ МОДУЛЯЦИИ ТОЛЩИНЫ БАЗЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВНОГО ТРИОДА

К. С. РЖЕВКИН

Проводится анализ влияния модуляции толщины базы на частотные и переходные характеристики полупроводникового триода в схеме с общей базой, на выходе которого включена нагрузка. Для вычисления указанных характеристик для малых уровней инжекции проводится решение диффузионного уравнения с нелинейным краевым условием у коллектора.

Получены ограничения на величину сопротивления нагрузки, при выполнении которых можно пренебречь поправками в токе коллектора, связанными с модуляцией толщины базы, и для практических расчетов схем с нагрузкой пользоваться теорией Шокли.

Учтено влияние статической емкости коллектора на модуляцию толщины базы, а также интегрирующее действие этой емкости.

Оценка критериев для максимально допустимых сопротивлений нагрузки показывает, что для используемых на практике значений (1—20 ком) эффекты, связанные с модуляцией толщины базы, не вносят заметных искажений в характеристики транзистора.

Показано, что интегрирующее действие емкости коллектора проявляется гораздо более сильно, нежели эффекты, связанные с модуляцией толщины базы.

НЕКОТОРЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ТРИОДА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЭФФЕКТОМ МОДУЛЯЦИИ ТОЛЩИНЫ БАЗЫ

Л. Н. КАПЦОВ

Показано, что зависимость среднего значения емкости коллекторного перехода от амплитуды колебаний напряжения на коллекторе существенно влияет на вид колебательных характеристик плоскостного полупроводникового триода и обуславливает изменение наклона этих характеристик с ростом частоты колебаний.

СЕКЦИЯ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ ПРИ ТРОПОСФЕРНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ РАДИОВОЛН

М. Г. ГОЛУБЦОВ, Л. Т. РЕМИЗОВ, Л. С. ТЮФЯКИН

Описывается приемное устройство, предназначенное для одновременного приема трех синусоидальных сигналов 30-см диапазона, отличающихся по частоте, но формирующихся в общем источнике. Частоты двух сигналов имеют между собой дискретно изменяемый интервал и используются для определения взаимной корреляции вариаций уровней этих сигналов. Это измерение связано с определенным эффективным частотной полосой канала при тропосферном распространении радиоволн. Частота третьего сигнала имеет неизменное среднее значение относительно первых двух. Приемник содержит три отдельных узкополосных канала; частотная полоса фильтрации каждого канала близка по ширине к значению удвоенной ширины спектра флюктуаций огибающей сигнала, обусловленных замираниями

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕДЫСКАЖЕНИЙ СИГНАЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ

Ю. Н. БАБАНОВ

Рассматриваются результаты экспериментальной проверки одного из способов осуществления групповой передачи элементарных сигналов—метода фазовых предискажений (идея групповой передачи была предложена впервые в 1938 г. Д. В. Агеевым)

Показывается, что система связи, при которой в передатчике модулирующий сигнал получает фазовые предискажения, а в приемнике эти искажения после детектирования сигнала компенсируются (метод фазовых предискажений), обладает

более высокой помехоустойчивостью по отношению к импульсным помехам, чем обычные системы связи.

Приводятся экспериментальные данные, показывающие, что практически выполненные системы связи с использованием фазовых предискажений сигнала имеют в десятки и сотни раз (в зависимости от вида импульсных помех) большую помехоустойчивость, чем обычные системы связи

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДЕТЕКТОРА В САНТИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

В. В. РОГОЗИН

Предлагается метод исследования кристаллического детектора в волноводной конструкции, представляющей собой детекторную головку. Метод дает возможность определить все параметры детектора без его разборки. Производится расчет детекторной головки, использующий теорию тонких антенн в волноводе. Получено условие настройки детекторной головки, исходя из которого можно найти полное сопротивление детектора.

Параметры кристаллического детектора определяются из найденного полного сопротивления для принятой эквивалентной схемы. С помощью разработанного метода измеряются параметры кристаллических детекторов типа ДГП и ДГС. Величины параметров достаточно близко совпадают с данными, полученными другими методами.

О ПРИНЦИПАХ КОНСТРУИРОВАНИЯ МНОГОКАСКАДНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ С КОРРЕКЦИЕЙ

В. П. ШАШЕРИН

Рассматривается вопрос о способах подбора коэффициентов усиления и параметров коррекции каскадов многокаскадного усилителя на сопротивлениях для получения оптимальных характеристик (амплитудно-частотной, фазово-частотной, переходной) всего усилителя. Показывается несправедливость встречающегося в литературе утверждения о том, что для получения наилучших характеристик многокаскадного

усилителя нужно его составлять из каскадов с одинаковыми характеристиками. Лучшее решение этого вопроса получается в том случае, если при заданном коэффициенте усиления всего усилителя в части каскадов задать усиление меньше среднего и эти каскады по высокой частоте перекорректировать, а в другой части каскадов задать коэффициент усиления больше среднего и эти каскады некорректировать.

**ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
ДИНАМИЧЕСКИХ ЕМКОСТЕЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
УСИЛИТЕЛЯ С КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТЬЮ В
ЦЕПИ КАТОДА И С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ИНДУКТИВНОЙ
КОРРЕКЦИЕЙ В АНОДНОЙ ЦЕПИ**

И. А. СУСЛОВ, Д. И. СВИРЯКИН

Предлагается методика расчета характеристик рассматриваемого усилителя с учетом временных изменений анодной нагрузки. Показывается, что пренебрежение указанными изменениями приводит к большим ошибкам при определении оптимальных параметров коррекции и соответствующих им искажений.

**КОРРЕКЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ ФРОНТОВ ИМПУЛЬСА В
ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯХ ПЛОСКОСТНЫХ ТРИОДОВ (ПТ)**

И. И. ПУСТЫНСКИЙ

Анализируется коррекция искажений фронтов импульса в видеоусилителях на ПТ с помощью КС-противосвязи.

Приводятся формулы для инженерного расчета элементов схемы. Расчеты проверены экспериментально.

**УБ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ ВЕЩАТЕЛЬНЫХ
ПРИЕМНИКОВ В ДИАПАЗОНЕ УКВ STAT**

Б. И. САВИЦКИЙ

Показывается, что массовые отечественные вещательные приемники в диапазоне УКВ имеют недостаточную избирательность, ограничивающую возможность создания в СССР многопрограммной УКВ ЧМ сети высококачественного вещания. Представляется необходимым проектировать в выделенном частотном диапазоне четырехпрограммную УКВ ЧМ сеть, рассчитываемую на работу в ней приемников с повышенной избирательностью.

Доказывается, что полосы пропускания выпускавшихся ранее отечественных вещательных приемников (в диапазоне УКВ) неоправданно широки. За счет сужения полосы пропускания есть реальная возможность повысить избирательность приемников.

**МЕТОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ ПОЛОСЫ
ПРОПУСКАНИЯ МАЛОКОНТУРНЫХ ПОЛОСОВЫХ
ФИЛЬТРОВ**

Г. И. ЛЕВИТАН, О. И. ВОСТРЯКОВ

Дается сравнение ряда методов регулировки полосы пропускания полосовых фильтров (ПФ) и устанавливаются пределы расстройки первого и последнего контуров 3- и 5-контурного фильтра с характеристикой избирательности, предложенной Чебышевым.

STAT

СЕКЦИЯ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

ЭЛЕКТРОННАЯ АТС НА 10 НОМЕРОВ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

В. В. ШТАГЕР

Рассматриваются схемы, принцип действия и конструкция, а также некоторые сведения об опытной эксплуатации электронной АТС на 10 номеров, построенной на базе пространственного разделения разговорных каналов.

Станция рассчитана на подключение 10 абонентских линий, причем один из этих выходов используется для связи внутренних абонентов ЭАТС-10 с учрежденческой или городской районной АТС.

К станции подключаются обычные телефонные аппараты, снабженные приставками для обеспечения приема фонического вызова.

Схема управления построена по статическому принципу (на триггерах), а разговорный тракт—по принципу электронного координатного соединителя.

Питание станции осуществляется от батарей 12 в при токе питания 300 ма.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БЕСКОНТАКТНОЙ КОММУТАЦИИ В ЦЕПЯХ УПРАВЛЕНИЯ КООРДИНАТНЫМИ АТС

Г. А. НОВИКОВ

Рассматриваются возможности использования элементов бесконтактной коммутации (полупроводниковых диодов и триодов) в устройствах управления координатных АТС. На примере конкретных скелетных построений и схем группирования АТС больших емкостей рассматриваются варианты блок-схем управления, производится их технико-экономическое сравнение и выбор оптимальной схемы управления.

50

Рассматриваются основные решения по реализации процессов искания, работа подключающих устройств и устройств непосредственного воздействия на магниты МКС.

АНАЛИЗ БЕСКОНТАКТНЫХ СХЕМ ПРОБЫ ПРИ СВОБОДНОМ И ВЫНУЖДЕННОМ ИСКАНИИ ДЛЯ МЕХАНОЭЛЕКТРОННЫХ МТС

О. Н. ИВАНОВА

Производится анализ различных схем пробы при свободном и вынужденном искании на бесконтактных полупроводниковых элементах для механоэлектронных АТС. Приводятся некоторые данные разработанных схем.

НЕКОТОРЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ АТС

М. П. ПОКРАСС

Рассматриваются системы с пространственным разделением шнуров. Выясняется возможность существования, помимо общеизвестных систем с пассивными контактами, систем с активными контактами. Дается классификация этих новых систем и определяются некоторые принципы их построения.

АНАЛИЗ БЕСКОНТАКТНЫХ СПОСОБОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ РСЛК К РЕГИСТРАМ

В. А. ГРИНКЕВИЧ, З. С. КОХАНОВА

Излагаются возможные способы бесконтактного подключения соединительных линий к регистрам. Приводятся блок-схемы различных вариантов подключения регистров, а также результаты экспериментальных исследований некоторых разработанных схем.

4*

**О МЕТОДАХ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ
СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ДВУХКАСКАДНЫХ ТЕЛЕФОННЫХ
СХЕМ**

Г. П. БАШАРИН

Выводятся системы уравнений состояния для двухкаскадных телефонных схем, действующих в режиме свободного искания. Рассматриваются случаи последовательного и случайного занятия свободных соединительных путей несимметричной нагрузки. Описывается алгоритм обращения клеточных квазижобневых матриц систем уравнений состояния. Обсуждаются возможности численного решения систем уравнений состояния методом последовательных приближений при помощи цифровых электронных вычислительных машин.

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ
КОММУТАЦИИ В АППАРАТУРЕ КРР**

Г. З. МАКСИМОВ

Приводятся соображения о целесообразности перевода комплектов управления аппаратуры КРР-30/60 на бесконтактные элементы. Сообщаются результаты исследований бесконтактного комплекта управления, разработанного коллективом кафедры телефонии НЭИС.

**НОВАЯ СИСТЕМА УПЛОТНЕНИЯ ЦЕПЕЙ ВНУТРИ-
РАЙОННОЙ СВЯЗИ**

К. П. ЕГОРОВ

Рассматривается новая система уплотнения, предназначенная для работы по кабелям внутрирайонной связи. Система распадается на две: двухканальная система типа К-2 и одноканальная—типа К-1. Двухканальная система построена на базе аппаратуры КРР. Одноканальная система представляет собой двухполосную систему, заменяющую канал тональной частоты и отличающуюся от него большими удобствами в ча-

сти наладки и эксплуатации. Схема аппаратуры построена целиком на полупроводниковых приборах.

В конструктивном отношении аппаратура максимально приближена к системе КРР.

**МАГНИСТРИКЦИОННЫЕ ФИЛЬТРЫ ДЛЯ МНОГО-
КАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДАЛЬНЕЙ СВЯЗИ**

С. С. КОГАН

Рассматриваются новые магнестриксционные оксиферы, позволяющие конструировать магнестриксционные фильтры, которые по своим характеристикам подобны широко применяемым кварцевым фильтрам в многоканальной дальней связи.

Приводятся расчет магнестриксционных фильтров по заданным собственным и рабочим параметрам и результаты экспериментальных исследований таких фильтров.

**НЕЛИНЕЙНЫЕ ПОМЕХИ В МЕЖДУГОРОДНОМ
КАНАЛЕ КОАКСИАЛЬНОГО КАБЕЛЯ ПРИ СОВМЕСТНОЙ
ПЕРЕДАЧЕ ТЕЛЕФОННЫХ И ТЕЛЕВИЗИОННЫХ
СИГНАЛОВ**

А. К. ОКСМАН

Рассматривается совместное усиление сигналов многоканальной телефонии и телевидения в линейных усилителях, которое приводит к появлению множества различных помех как по мощности, так и по визуальному и акустическому эффекту. Эти помехи могут привести к появлению сеток на передаваемых изображениях переменных по амплитуде и частоте тонов и прерывистых тонов в телефонных каналах, а также к появлению «нелинейного шума» во всех каналах.

Приводятся результаты исследования помех и устанавливаются основные группы помех, определяющих требования к допустимой нелинейности усилителей канала

СИНТЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ПО РАБОЧИМ ПАРАМЕТРАМ

А. Ф. УФЕЛЬМАН

Приводятся результаты работы по созданию обобщенного инженерного метода расчета фильтров по рабочим параметрам. По-новому рассматривается задача наилучшей аппроксимации характеристического затухания с помощью рациональных функций Чебышева вместо иррациональных функций Кауэра.

Излагается метод представления рациональных функций Чебышева с помощью фильтра сравнения на всей плоскости комплексной частоты. Найден новый способ определения нулей дроби Чебышева по фазовой характеристике фильтра сравнения. Применение дроби Чебышева имеет большое практическое значение, так как она дает наиболее экономичное решение.

Устанавливается общая закономерность расположения корней характеристического полинома фильтра в плоскости комплексной частоты.

Предлагаемый метод значительно сокращает объем вычислительной работы по расчету фильтров.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СХЕМЫ В СИСТЕМАХ УПЛОТНЕНИЯ ВНУТРИРАЙОННОЙ СВЯЗИ

И. В. СУХОДОЕВ

Рассматривается аппаратура К-1 и К-2, выполненная целиком на полупроводниковых триодах с широким использованием малогабаритных деталей, которые требуют применения специальных мер стабилизации. Создание специальных режимов по постоянному току способствует получению низкого уровня собственных шумов в групповых усилителях.

Совокупное применение полупроводниковых триодов и малогабаритных деталей открывает новые пути конструирования аппаратуры проводной связи (в том числе построения электрических схем).

О ВЛИЯНИИ ЧАСТОТНЫХ НЕСТАБИЛЬНОСТЕЙ НА КАНАЛЫ ТОНАЛЬНОГО ТЕЛЕГРАФИРОВАНИЯ С ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Н. Н. ЕТРУХИН

Рассматривается влияние неустойчивости рабочих частот и неустойчивости частотных характеристик фильтров и дискриминатора на искажения сигналов в канале тонального телеграфирования с частотной модуляцией. Это рассмотрение произведено как для каналов с устройствами автоматического устранения преобладания, так и для каналов без таких устройств. Анализ произведен при наличии в канале гармонической помехи.

Показывается, что при использовании устройств устранения преобладания возникает необходимость в расширении линейного участка дискриминатора, а это можно делать без ущерба для качества канала.

ВЛИЯНИЕ ЧЕРЕЗ ТРЕТЬИ ЦЕПИ, ВЫЗЫВАЕМОЕ КОНСТРУКТИВНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ЛИНИИ

П. К. АКУЛЬШИН

Рассматривается, что влияние через третьи цепи в значительной степени зависит от конструктивных неоднородностей линии и схемы скрещивания цепей. С уменьшением шага скрещивания влияние уменьшается, однако до известного предела, обусловленного величиной допустимых неоднородностей.

Показывается, что минимальное влияние, вызываемое конструктивными неоднородностями линии, будет тогда, когда в схеме скрещивания каждой цепи входит только один индекс.

Наличие вторых, третьих и вообще старших индексов увеличивает точки этого вида влияния и тем больше, чем больше величина произведения гиперболических тангенсов, соответствующих этим старшим индексам.

ВЛИЯНИЕ РАДИОСТАНЦИЙ НА ЦЕПИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

А. Д. АПАНАСЕНКО

Излагается краткое содержание математического аппарата, рекомендуемого для определения напряжения и токов, возникающих в однопроводных и двухпроводных цепях воздушных линий. Рассматривается участок линии с постоянным профилем и неизменной ориентацией относительно мешающей радиостанции, а также краткое содержание мер защиты каналов связи от влияния радиостанций.

Приводится математическое обоснование экспериментальных схем, применяемых для определения влияния вертикальной составляющей напряженности поля на цепи связи; математический аппарат для расчета линии с меняющейся ориентацией относительно мешающей радиостанции и линии со скрещенными двухпроводными цепями. Предлагаются полученные расчетные формулы и их физическая интерпретация.

ЗАВИСИМОСТЬ ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПЕЙ ОТ СХЕМЫ СКРЕЩИВАНИЯ

Н. П. ВОЛНОВА

Рассматривается возможное минимальное изменение схемы скрещивания цепей, которое нужно осуществить, чтобы цепь была пригодна к уплотнению. Решить подобную задачу невозможно без исследования причин возникновения пик в характеристике рабочего затухания и их зависимости от схем скрещивания.

Сопоставляются формулы, принятые в инструкции по скрещиванию телефонных цепей с экспериментальными данными и расчетными формулами. Приводятся новые более точные формулы.

О ЗНАКАХ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИММЕТРИЧНЫХ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ, В ЧАСТНОСТИ СОДЕРЖАЩИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Э. В. ЗЕЛЯХ

Рассматриваются характеристические параметры четырехполусников и необходимый предварительный выбор знаков

параметров. Определенному знаку характеристического сопротивления соответствует определенный знак характеристической постоянной передачи и наоборот.

Указывается два способа выбора знаков характеристических параметров: а) аналитический способ, основанный на использовании формулы, связывающей между собой характеристическое сопротивление, характеристическую постоянную передачи и однозначную величину типа сопротивления холостого хода или короткого замыкания целого четырехполусника или его половины, или любого из сопротивлений перегиба четырехполусника; б) графический способ, основанный на рассмотрении взаимного расположения на комплексной плоскости векторов характеристического сопротивления и какой-либо из перечисленных в предыдущем пункте однозначных величин.

Эти способы можно распространить на знаки характеристических параметров несимметричных четырехполусников и активных четырехполусников.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕВОДУ НА ТЕЛЕОБСЛУЖИВАНИЕ ПИТАЕМЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ КАБЕЛЬНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

А. В. ШЕРЕМЕТЬЕВ

Рассматривается система телемеханизации магистральных кабельных линий связи, предусматривающая автоматизацию и перевод на телеобслуживание питаемых усилительных пунктов существующих магистралей симметричного кабеля. Система предназначается для магистралей с кабелем без специальных сигнальных жил, оборудованных аппаратурой К-24. Система разработана в двух вариантах—с резервированием и без резервирования промежуточных усилителей.

МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ СВЯЗИ И РАДИОФИКАЦИИ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОРАХ

И. И. ЖАДЬКО

Рассматривается разработанный рациональный, экономически эффективный состав механизированной колонны, а также

ремонтных комплектов на автомобиле ГАЗ-63А и мотоцикле М-72 для механизации строительства и ремонта на воздушных линиях связи. Опыт эксплуатации показал вполне удовлетворительную производительность и работоспособность разработанных средств механизации. Ориентировочная экономия от внедрения механизированного способа ведения линейных работ с деревянными опорами составляет 30—40% по трудоемкости и 20—30% по стоимости. Приводится возрастание эффективности механизации при ведении работ с железобетонными опорами

ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕЛЕГРАФНЫЙ АППАРАТ

Б. П. ТЕРЕНТЬЕВ, К. Е. ВОЛКОВИЦКИИ

Рассматривается схема и конструкция телеграфного буквопечатающего аппарата, в котором все основные операции по формированию импульсов при передаче и дешифрированию импульсов при приеме производятся схемой, работающей в основном на ферритовых кольцах с прямоугольной петлей гистерезиса и транзисторах.

Приводятся параметры аппарата, работающего по стартопному принципу и имеющего 2 регистра, скорость работы 380 и 600 знаков в минуту, очень высокую исправляющую способность, малый вес, бесшумность при работе и экономичность питания.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ДАТЧИКИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Э. Б. МИНКИН, В. И. КИРСАНОВ

Рассматривается электронный датчик измерительных сигналов вида 1:1, используемый при регулировке и настройке каналов тонального телеграфирования, выполненный на полупроводниковых триодах типа П4. Датчик рассчитан для работы на фиксированных скоростях телеграфирования 50 и 75 бод.

Рассматривается также электронный датчик измерительных комбинаций, выполненный как электромеханическое устройство с большим количеством контактирующих кулачков и пружинок.

Рассматривается датчик измерительных комбинаций, выполненный на полупроводниковых приборах и ферритовых то-

рах с прямоугольной петлей гистерезиса. Обладая достаточно простой схемой, подобный датчик, благодаря отсутствию перемещающихся деталей, обладает большой надежностью работы и точностью формируемого сигнала.

О ЗАКОНАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИИ ТЕЛЕГРАФНЫХ ПОСЫЛОК ПРИ СИНХРОННОЙ И СТАРТСТОПНОЙ ПЕРЕДАЧЕ ИХ ПО КАНАЛАМ ТОНАЛЬНОГО ТЕЛЕГРАФИРОВАНИЯ

Г. А. ЕМЕЛЬЯНОВ

Рассматривается вопрос о законах распределения смещений характеристических моментов модуляции (восстановления) при передаче телеграфных посылок по каналам тонального телеграфирования.

Приводится минимально необходимое время измерения последовательности телеграфных посылок для определения параметров распределения при заданной надежности и точности оценок и при различных испытательных телеграфных комбинациях, а также законы суммирования искажений телеграфных посылок при последовательном соединении каналов без регенеративных трансляций при синхронном и стартопном методе их передачи и приема.

Показывается, что найденные соотношения могут быть использованы для агнорного определения надежности телеграфной связи, а также при разработке приборов предупредительного контроля

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ФОТОТЕЛЕГРАФИРОВАНИИ

А. С. ЮХНЕВИЧ

Рассматривается повышение коэффициента использования канала связи при фототелеграфировании за счет существенных резервов обмена боковых полос и несущей частоты. Комбинированное использование амплитудной и частотной модуляции позволяет по одному и тому же каналу производить две независимые передачи без снижения скорости фототелеграфирования за счет уплотнения динамического диапазона канала

связи. Анализируется схема устройства уплотнения канала связи, характер и величина возможных искажений изображений на приеме для рассматриваемого способа уплотнения. Показывается возможность и целесообразность уплотнения телефонного канала связи для целей фототелеграфирования.

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕЛЕГРАФНОГО УПЛОТНЕНИЯ

В. И. КИРСАНОВ

Рассматриваются основные способы, позволяющие согласовать без нарастания скорости стартопные и синхронные циклы передачи, и основные требования к узлам систем комбинированного уплотнения.

СЕКЦИЯ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

ТЕЛЕВИЗОР НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

В. Г. КОЛЬЦОВ, А. С. АНГЕЛОВ

Рассматриваются особенности применения транзисторов в телевизионных приемниках. Создан телевизор, в котором все каскады выполнены на транзисторах. Единственным вакуумным элементом является электродная трубка. В телевизоре имеется 30 транзисторов. Мощность, потребляемая телевизором, около 15 вт при напряжении питания 12 в. Размер изображения 360 × 270 мм получается на кинескопе 43ЛК6Б. Качественные показатели телевизора соответствуют ГОСТ на ламповые телевизоры.

ВЫХОДНОЙ КАСКАД ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАЗВЕРТКИ

Ю. И. СЕРЕБРЯКОВ

Рассматривается работа выходного каскада с трансформаторным выходом. Показывается зависимость формы анодного тока от характера нагрузки. Приводятся расчетные соотношения для определения коэффициента трансформации, напряжения источника питания, индуктивности трансформатора и т. д.

Разбирается линеаризация пилообразных импульсов с помощью обратной связи, в цепи которой имеется потенциометр с частотно-зависимым коэффициентом передачи в пределах рабочей полосы частот выходного каскада

АНАЛИЗ СХЕМ АМПЛИТУДНОЙ СЕЛЕКЦИИ

А. Я. КОРНИЕНКО

Проводится анализ существующих схем амплитудных селекторов телевизионных приемников. Приводятся основные расчетные формулы. Дается оценка помехоустойчивости рассматриваемых схем в отношении импульсных помех.

Рассматриваются новые схемы амплитудных селекторов. Показывается, что применение изменяемой постоянной времени цепи автоматического смещения позволяет значительно улучшить качественные показатели амплитудных селекторов и повысить их помехоустойчивость в отношении импульсных помех.

ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ ТИПА КВАДРАТИЧНЫЙ СИНУС

В. И. ЕРЕМИН, О. В. ЕВНЕВИЧ-ЧЕКАН

Рассматривается генератор импульсов типа квадратичный синус, который предназначен для исследования переходных характеристик телевизионных устройств в области средних (от 15 кГц и выше) и высоких (до 12 МГц) видеочастот. Сигнал на выходе генератора состоит из строчного синхронимпульса отрицательной полярности длительностью 0,16 или 0,08 мксек (для проверки переходной характеристики в полосе частот до 6 и 12 МГц) и прямоугольного импульса длительностью 26 мксек.

Приводится отличие метода испытания трактов синус-квадратичными импульсами от применяемого ранее метода испытания с помощью прямоугольных импульсов

ВОПРОСЫ ЗАПИСИ С ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК МЕТОДАМИ ФОТОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОФОТОГРАФИИ

В. П. ЮРЧЕНКО, Ю. Е. КАРПЕНКО, Л. В. АФАНАСЬЕВА

Рассматриваются особенности электронно-лучевой трубки как модулятора света и различные методы записи изображе-

ний с экранов электронно-лучевых трубок. Показывается влияние послесвечения люминофора экрана трубки на величину эффективной экспозиции. Приводятся результаты опытов по записи фототелеграфных изображений с экрана электронно-лучевой трубки на фотобумагу повышенной чувствительности. Оценивается влияние скорости развертки на качество изображения при фотографической записи. Обосновывается возможность применения электрофотографии.

В заключение приводятся результаты опытов по электрофотографической записи неподвижных изображений с экрана электронно-лучевой трубки

НОВАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕКИНОПРОЕКЦИИ И ВИДЕОЗАПИСИ

А. А. ГОЛЬДИН, Д. А. ТАРАНЕЦ

Проводится попытка классифицировать существующие системы телекинопроекции и видеозаписи. Выбирается наиболее перспективное, по мнению авторов, направление для разработок. Рассматривается предложенная авторами новая система, которая может быть использована для черно-белой и цветной телекинопроекции по способу бегущего луча или для видеозаписи на кинолентку.

В системе применяется плавное движение пленки и оптическая схема без подвижных элементов, отличающаяся простотой и высокой эффективностью.

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРИТОВ С ППГ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ В СХЕМЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИНХРОГЕНЕРАТОРА

Э. А. ДЕМИН, Л. А. ЧИНЕНКОВ, Б. П. ЩЕРБАКОВ

Рассматриваются варианты схем телевизионного синхрогенератора с использованием ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ) и полупроводников в схемах деления частоты и формирования всех видов выходных импульсов. Указывается, что благодаря применению ферритов и полупроводников в синхрогенераторе удалось снизить количество ламп до семи, значительно уменьшить габариты аппаратуры и потребление электроэнергии, а также повысить ее надежность.

ВЛИЯНИЕ ШУМОВ НА РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ В ВЕЩАТЕЛЬНОМ ТЕЛЕВИДЕНИИ

С. Б. ГУРЕВИЧ, В. И. СОКОЛОВ

Приводятся расчетные и экспериментальные данные, характеризующие видимость штрихов разных размеров в шумах различного спектрального состава. На основе расчетных данных оцениваются возможности улучшения качества изображения путем применения апертурной коррекции.

Оценивается влияние структуры шумов на видимость штрихов в шумах, а также допустимое усиление высоких частот с помощью апертурной коррекции, при которой может быть достигнуто увеличение разрешающей способности.

Приводятся экспериментальные данные, характеризующие видимость в шумах средних и крупных деталей, которые сравниваются с данными, имеющимися в отечественной и зарубежной литературе. Оценивается рациональность применения апертурной коррекции при передаче границ средних и крупных деталей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕДАЮЩИХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ТРУБОК ПО ДВУМ ТОЧКАМ АПЕРТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

М. В. АНТИПИН

Трудность измерения продольной разрешающей способности передающих телевизионных трубок заключается в трудности определения нижней ветви апертурной характеристики трубки. Известные способы не обеспечивают удовлетворительной точности измерений вследствие малого отношения сигнала к шуму в видеосигнале, соответствующего наиболее мелким деталям испытательной таблицы.

Для повышения точности измерений при снятии апертурной характеристики предлагается новый объективный способ определения размаха видеосигнала с помощью стрелочной индикации.

В качестве критерия разрешающей способности берется отношение размаха видеосигнала к уровню шумов. Разрешающая способность определяется той точкой апертурной характеристики, которой соответствует предельно малое, но достаточное отношение сигнала к шуму для образования различного «средним» глазом телевизионного изображения вертикальных линий испытательной таблицы.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЛИНЕЙНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КАНАЛА

Н. Г. ДЕРЮГИН

Сообщается о приборе, позволяющем достаточно быстро и точно измерять отклонения амплитудной характеристики от линейной, а также контролировать более сложные формы амплитудных характеристик, определяемых «гамма» коррекцией. Наличие такого прибора на телевизионных центрах упрощает эксплуатационную проверку работы электронных ламп. Он также может быть использован для снятия модуляционных характеристик приемных трубок и для измерения дифференциальной фазы телевизионного тракта.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ТРАКТА ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ ТЕЛЕЦЕНТРА

М. О. ГЛИКЛИХ, М. И. ЦИКЛИС, В. С. КАЛАБИН,
В. И. МОРОЗОВСКИЙ

Рассматривается момент введения испытательного сигнала на вход линейного усилителя видеотракта. Испытательный сигнал, вводимый на вход линейного усилителя, должен иметь тот же размах, что и видеосигнал, т. е. 1 в от уровня гашения до уровня белого. Приводится схема введения испытательного сигнала в одну из последних строк вертикального гасящего импульса.

Далее приводится блок-схема испытательного сигнала и схема выделения испытательного сигнала. Анализируются виды испытательного сигнала. Производится контроль переходной характеристики тракта, контроль высокочастотной области полосы пропускания тракта, контроль частотной характеристики тракта, контроль градиентной характеристики тракта, контроль возможных отражений по наличию повторных всплесков синусквадратичного импульса.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕВИДЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, НАУКЕ И ТЕХНИКЕ В СССР

В. С. ПОЛОНИК

В настоящее время телевидение применяется в науке, технике и почти во всех отраслях промышленности, в медицине, биологии, астрономии, рентгенографии и т. д.

Разработанная аппаратура промышленного телевидения на видиконе и суперортиконе отвечает техническим требованиям, предъявляемым к современным установкам этого типа и дает возможность обеспечить основные потребности нашего народного хозяйства.

Три установки на видиконе (ПТУ-ОМ1, ПТУ-2М и ПТУ-4) и одна на суперортиконе (ПТУ-5) завоевали на выставке в Брюсселе высшую премию «Гран-При».

Серийно выпускаемые промышленные телевизионные установки ПТУ-ОМ и ПТУ-3 не могут удовлетворять ряду специальных требований. Поэтому необходимо провести разработки новых телевизионных установок: стереотелевизионной, промышленной установки цветного телевидения, видеотелефона, рентгенотелевизионной установки, телевизионного микроскопа, установки для наблюдательной астрономии и др.

Особое внимание необходимо уделить разработке применения телевизионных методов, при которых на выходе телевизионной системы получается не изображение, а какая-либо кривая, серия импульсов, показания счетчиков, командные сигналы и т. п.

РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО И ЗВУКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

Н. Е. КОДЕСС

Показывается разрозненность схемных и конструктивных решений. Приводятся основные технические требования к новому оборудованию. Выясняются все виды аппаратуры в зависимости от программных, экономических и других факторов. Объясняются принципы подхода к разработке унифицированного оборудования. Дается общее описание вновь разработанной аппаратуры телевизионных центров передвижных станций, оконечных аппаратных и т. д.

66

В заключение излагаются технико-экономические показатели унифицированного оборудования и основные факторы, определившие повышение качества передаваемого изображения.

ПРОЦЕССЫ НАКОПЛЕНИЯ И КОММУТАЦИИ В ВИДИКОНЕ В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ

Р. Е. БЫКОВ, С. Б. ГУРЕВИЧ

Приводятся экспериментальные и теоретические данные, характеризующие особенности накопления и коммутации в видиконе при изменении освещенности на слое. На основании этих данных приводится дальнейший анализ факторов, влияющих на инерционность видикона. Из проведенных экспериментов следует, что в установившемся режиме потенциал элемента в процессе накопления изменяется по закону, близкому к экспоненциальному. В переходном режиме, при изменении освещенности от меньшей к большей, к концу периода накопления эффективность накопления увеличивается, а при изменении освещенности от большей к меньшей — уменьшается. Расчетные характеристики накопления согласуются с экспериментальными кривыми.

Доказывается, что увеличение полной инерционности, происходящее при уменьшении освещенности, получается не только за счет увеличивающейся фотоэлектрической составляющей, но и за счет увеличивающейся при этом коммутационной составляющей инерционности.

СТУДИЙНАЯ КАМЕРА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В. А. БУЛДАКОВ

Описывается основное отличие отечественной камеры от американской камеры ТК-41, которое заключается в применении другой оптики. Приводится оптическая схема камеры. На ее выходе получаются три видеосигнала, соответствующие трем основным цветам: красному, синему, зеленому. Сообщаются основные электрические показатели камеры и приводится ее блок-схема.

Для гашения обратного хода луча имеется схема формирования гасящих импульсов. В случае выхода из строя размер-

5*

67

ток предусмотрена защита, запирающая ток луча передающих трубок.

Студийная камера цветного телевидения с ноября 1957 г. участвует в демонстрациях экспериментальных передач цветного телевидения, во время которых камера работала в нормальных эксплуатационных условиях.

В частности, 2 июня 1958 г. камера участвовала в демонстрации для 100 делегатов XI комиссии МККР.

АППАРАТУРА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ДЛЯ МОСКОВСКОГО ТЕЛЕЦЕНТРА

В. И. БАЛЕТОВ

Рассматриваются задачи создания опытной станции цветного телевидения и дается выбранная для опытного вещания система цветного телевидения, полностью совместимая со стандартом черно-белого телевидения (ГОСТ 7845—55). Это обеспечивает возможность хорошего приема цветных программ на черно-белые приемники.

Приводится система, рассчитанная на вещание в любом диапазоне волн. Помехоустойчивость для совместимого приема не хуже, чем для стандартной системы черно-белого телевидения. Помехоустойчивость при приеме цветного изображения теоретически наилучшая из всех существующих совместимых систем, но требует исследования в процессе опытной эксплуатации. Система даст хорошее качество цветного изображения. Сигналы выбранной системы цветного телевидения могут быть переданы по междугородным линиям связи, предназначенным для передачи стандартных сигналов черно-белого телевидения.

Описываются технические параметры системы, состав оборудования цветного телевидения на Московском опытном цветном телецентре. Дается краткое описание блок-схемы приемника цветного телевидения, унификация разработанной аппаратуры и основные характеристики приемника

СОВМЕСТИМОСТЬ СИСТЕМ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ В ОДНОЙ ПОДНЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЕ, ВЫПОЛНЕННЫХ ДЛЯ СТАНДАРТОВ ОИР и МККР

В. И. ЕФИМКИН

Показываются возможные методы обмена цветными телевизионными программами, обсуждаются их преимущества и недостатки. Подробно рассматривается метод обмена цветными программами при одинаковой поднесущей частоте в системах ЦТ разных стандартов (совместимость систем ЦТ) и в другом способе кодирования цветной информации. Дается методика расчета величины искажений для переходов между любыми цветами.

В заключение приводятся результаты экспериментальной работы.

ОБЩИЙ КОМПЛЕКС ИЗМЕРЕНИЙ В МЕЖДУГОРОДНЫХ КАНАЛАХ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

О. В. ЕВНЕВИЧ-ЧЕКАН

Рассматриваются требования, предъявляемые к настройке тракта передачи и к линиям дальней связи при передаче по ним цветного телевидения. Излагаются результаты разработок приборов и аппаратуры для настройки тракта, для измерения искажений цветного изображения и шумов и для снятия характеристик линий дальней связи. Предварительные нормы на каналы дальней связи могут быть разработаны в дальнейшем по мере накопления данных измерений.

КОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЕКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Л. Н. ШВЕРНИК, Д. Д. СУДРАВСКИЙ

Рассматривается домашний проекционный приемник цветного телевидения, в котором используются три зеркальные оптические системы Шмидта, обладающие меньшими потерями света и искажениями по сравнению с линзовыми объекти-

вами. Кинескопы имеют красный, зеленый и синий цвета свечения люминофоров. Экран изготовлен из пластмассы, имеет коэффициент направленности 8 и размеры 48 × 36 см. Электрическая часть состоит из: блока питания; блока разверток; блока сходимости, который обеспечивает точное совмещение красного, зеленого и синего изображений на проекционном экране; блока видеоусилителя, который усиливает до необходимой величины сигналы, снимаемые с матричных схем. Для кинескопов красного и синего свечения в видеосигнал замещается корректирующий сигнал для выравнивания яркости по полю. Блоки цветности и высокой частоты аналогичны соответствующим блокам в приемниках с трехцветным кинескопом. Максимальная яркость экрана равна примерно 60 нит. В проекционном устройстве среднего экрана изображение проектируется с помощью оптических систем Шмидта на отражательный экран размером 120 × 90 см, который имеет коэффициент направленности 8. Электрические блоки этого устройства такие же, как и в домашнем проекционном приемнике цветного телевидения. Яркость экрана равна примерно 10—12 нит. Четкость цветного изображения на экранах обоих приемников в центре 550 линий, на краях 400 линий.

Гарантируемый срок службы кинескопов красного 300 ч, синего и зеленого 500 ч. Диаметр экрана кинескопа 6 см, колбы и прожектор аналогичны кинескопу БЛК1Б, применяемому в черно-белом телевидении.

ВЫБОР БЕЛОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ЭКРАНА

А. Н. ИСАЕВ

Рассматривается выбор равносигнального белого цвета свечения экрана для системы цветного телевидения и белого цвета свечения черно-белых кинескопов.

Излагаются результаты экспериментов, произведенных на оптической установке при наличии изображения, по выбору наиболее предпочтительного белого цвета.

КОРРЕКЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ ЦВЕТОВ В ЦВЕТНОМ ТЕЛЕВИЗИОННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ КИНОФИЛЬМОВ

А. Г. БУРЯКОВ, В. М. ЗУСМАНОВИЧ

В докладе излагаются сведения о типовых искажениях цветов в цветных кинопозитивах и цветном телевизионном изображении. Приводятся основные принципы, позволяющие применить коррекцию результирующего цветного изображения при передаче цветного кинофильма по телевидению. Даются уравнения пересчета сигналов, позволяющие применить на практике в аппаратуре цветного телевидения указанную коррекцию.

В заключение приводится электрическая схема блока коррекции и результаты эксперимента.

ИЗМЕРЕНИЕ ФЛЮКТУАЦИОННЫХ ПОМЕХ В ТЕЛЕВИДЕНИИ

М. И. КРИВОШЕЕВ

Рассматриваются вопросы измерения флюктуационных помех как в видеосигналах, так и при непосредственном наблюдении их на телевизионном изображении. Анализируются недостатки существующих способов измерения. Указывается, что измерение помех в видеосигналах с учетом их визуального восприятия может производиться при включении взвешивающего фильтра в состав измерительных приборов. Дается физическая трактовка весовой функции. Проводится сравнение весовой функции, полученной теоретически, с экспериментальными и устанавливаются условия для выбора параметров взвешивающего фильтра. Приводятся полученные формулы для расчета затуханий, вносимых взвешивающим фильтром для нескольких типов помех с характерными формами функций спектральной плотности. Анализируются причины, которые препятствуют использованию взвешивающего фильтра при существующих способах измерения отношения сигнала к помехе. Рассматриваются предложенные автором новые принципы построения измерительных устройств, основанные на разделении спектров испытательного сигнала и помехи, которые позволили значительно повысить точность измерения отношения сигнала к помехе, а также практически использовать взвешивающий фильтр. Это нововведение дало возможность измерять искомое отношение в нормальном режиме работы аппаратуры с учетом визуального проявления помех, практически независимых от их спектра.

Для измерения флюктуационных помех при непосредственном наблюдении их на экране приемной трубки предлагается к импульсам, создающим подвижное поле сравнения, примешивать сигналы, имитирующие помехи. Показано, что мешающее действие помех с отличающимися спектрами может имитироваться эталонной помехой с равномерным спектром с полосой частот порядка 6 МГц при сравнительно небольшой погрешности таких измерений (10—20%).

Показано, что измерительное устройство, создающее импульсы подвижного поля сравнения совместно с осциллографом и взвешивающим фильтром, может также использоваться для измерения отношения размаха сигнала к взвешенной помехе.

Приводятся результаты экспериментальной проверки, а также практического использования предложенных способов и измерительных устройств

О ПРИМЕНЕНИИ ФАЗОВОГО МЕТОДА СИНХРОНИЗАЦИИ В ВЕЩАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В. Л. ХАВКИН

Указывается, что при создании вещательных систем цветного телевидения необходимо обеспечить жесткую связь между поднесущей частотой и частотами разложения, которая осуществляется в настоящее время с помощью частотного (непосредственного) метода. «Привязка» частоты строк к питающей сети невозможна.

Для выполнения условия перемерения спектров частота поднесущей должна быть выбрана нечетной кратной половинной строчной частоте.

Рассматривается фазовый метод, состоящий в том, что поднесущая частота и частоты разложения связаны только по фазе, причем «привязка» по фазе осуществляется к заднему фронту строчного синхронизирующего импульса. Приводится практическое осуществление метода, которое состоит в ударной синхронизации генератора поднесущей частоты строчными импульсами с переменной длительностью. Формирование строчных импульсов с переменной длительностью необходимо для создания фазовых скачков поднесущей на двух одинаковых строках в смежных кадрах для ее визуальной компенсации.

72

Дается принципиальная схема для осуществления фазового метода, отличающаяся от подобных схем высокой стабильностью работы и простотой настройки, и указываются возможности его применения

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОТРИОДОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МАЛЫХ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ

С. Д. РОДКЕВИЧ

Приводятся результаты исследования фототриодов, выполненных на базе известной технологии изготовления триодов типа П-6. Приводятся также результаты исследования фотоэлектрических, частотных и шумовых характеристик при включении фототриодов в схему со «связанной» базой.

Определяются значения отношения фоточувствительности по напряжению к шуму при различных режимах работы. Представлены результаты исследования, полученные при применении фототриодов для некоторых технических целей. Оцениваются перспективы их практического использования.

ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНЫЕ МАГНИТНЫЕ ЛИНЗЫ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ТРУБОК

М Г МАРКОВИЧ, И И ЦУККЕРМАН

Рассматриваются электронно-оптические принципы действия четырехполюсных магнитных линз. Указываются два типа конструкции четырехполюсных линз для телевизионных трубок. Рассматриваются методы для технического расчета четырехполюсных магнитных линз обоих типов. Даются экспериментально проверенные формулы для фокусного расстояния поперечного увеличения и длины штриха в зависимости от основных габаритов линзы и числа ампер-витков. Обсуждаются возможности применения четырехполюсных линз для устранения различности строчной структуры в однострочных телевизионных системах.

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ПЕРЕДАЮЩАЯ ТРУБКА СУПЕРОРТИКОН С ПАМЯТЬЮ

Б. В. КРУССЕР

Рассматривается возможность значительного увеличения дальности передачи изображений как одной из основных проблем телевизионной техники.

Возможное решение указанной проблемы состоит в сужении полосы частот телевизионных сигналов путем увеличения времени передачи каждого кадра за счет использования передающих трубок с «памятью».

Дается аналитическое исследование формулы видеосигнала, генерируемого суперорбитиком, которое подтверждается экспериментальным исследованием трубки.

Приводятся дополнительные особенности работы трубки в малокадровой системе с экспозицией, равной времени кадра, а также недостатки, нарушающие ее работу.

Описывается передающая трубка с «памятью». Она может быть использована в трех различных режимах, при работе в которых на сигнал трубки влияет термоток, понижающий глубину потенциального рельефа на мишени. Трубка генерирует сигнал пониженной величины по сравнению с той, которая получается при постоянном освещении фотокатода.

Трубки с «памятью» могут быть использованы как в установках малокадрового телевидения, так и в тех случаях, когда с целью увеличения чувствительности системы допустимо значительное увеличение времени накопления заряда.

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ШТРИХОВЫЕ ТРУБКИ НА ПЕРЕДАЮЩЕМ И ПРИЕМНОМ КОНЦАХ

Ч. Г. ПОСТАРНАК

Рассматриваются телевизионные системы, предназначенные для передачи цветных, объемных или цветообъемных изображений, в которых на передающем и приемном концах используются штриховые трубки. Указывается, что применяемые передающие телевизионные трубки, которые имеют штриховую структуру цветофильтров, поляризаторов или участков поверхности фотокатода, чувствительных к пужным областям спектра, обладают на выходе таким сигналом, объем которого имеет особую структуру.

74

Приводятся требования к каналу связи для передачи указанного объема сигнала. Анализируются условия, при которых на приемном конце происходит преобразование объема телевизионного сигнала в объем изображения (понятие о котором дается) при использовании приемного устройства со штриховой структурой экрана.

УСИЛИТЕЛИ ДЛЯ ДВУХСИГНАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

И. Н. КРАСИЛЬНИКОВ

В настоящее время, по сообщениям зарубежной печати, для создания цветного изображения применяются многосигнальные видиконы. При использовании многосигнальных трубок их выходы оказываются соединенными через большую емкость связи, что затрудняет создание предварительных усилителей с высокоомным входом.

Исследования показали, что, применяя соответствующие схемы разделения, можно произвести разделение сигналов на выходе усилителя с точностью до 2—4% при емкости связи до 2000 пф и в полосе усиливаемых частот до 6 Мгц.

Теоретическим путем найдено, а затем подтверждено экспериментально, что отношение сигнала к шуму на выходе многоканального усилителя убывает обратно пропорционально емкости связи в передающей трубке. Вследствие малых отношений сигнала к шуму на выходе многоканальных предварительных усилителей их применение ограничивается случаем, когда емкость связи передающей трубки относительно невелика (300—400 пф).

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

НОВЫЕ ОПТИКО-РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

Г. И. РУКМАН, Г. М. ХАПЛАНОВ

Рассматриваются физические явления, позволяющие создать безынерционные управляющие элементы для управления интенсивностью световых потоков с помощью радионизлучений. Обсуждаются некоторые перспективы применения в СВЧ радиоэлектронике подобных оптико-радиофизических устройств, основанных на оптических способах создания неравновесных состояний в квантовых системах.

ПЕРСПЕКТИВЫ СНИЖЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ СВЧ

В. А. АФНАСЬЕВ

Рассматривается снижение коэффициента шума усилителей квантового, параметрического и обычного электронно-лучевого типов. Качественно оцениваются возможности снижения коэффициента шума параметрических усилителей на полупроводниках и электронно-лучевых усилителей.

Показывается, что при использовании свободных электронов принципиально возможно снизить коэффициент шума до такой величины, дальнейшее уменьшение которой нерационально из-за предельной чувствительности приемных устройств. Приводится сравнение эксплуатационных и технических характеристик указанных трех типов усилителей для определения областей наиболее целесообразного использования каждого из них.

Указывается принципиальная физическая возможность повысить чувствительность приемников СВЧ выше уровня, устанавливаемого современной теорией предельной чувствительности.

О МЕХАНИЗМЕ РАБОТЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ СВЧ, В КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СТАТ ПОТОКИ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

М. Б. ГОЛАНТ, А. С. ТАГЕР

Рассматривается механизм работы параметрических усилителей, в которых используются потоки свободных электронов. Проводится сравнение новых параметрических приборов с широко применяемыми усилителями СВЧ. Определяются условия, при которых электронные параметрические усилители будут иметь низкий коэффициент шума. С этой точки зрения оцениваются различные варианты параметрических усилителей.

О ПРЕДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРАХ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Э. О. СААКОВ

Рассматриваются наиболее перспективные типы мощных электронных приборов миллиметрового диапазона, использующие бегущие и стоячие волны с предельными значениями основных параметров максимальной удельной (на единицу объема резонансной системы) мощностью, электронным и электрическим к.п.д., максимальной напряженностью электрического поля, плотностью групп электронов, диапазоном рабочих частот. Анализ параметров показывает, что приборы с бегущей волной обладают рядом преимуществ. Решающим преимуществом следует признать слабую зависимость к.п.д. от величины и плотности электронного потока.

Указывается, что приборы с плоскими открытыми резонансными системами и плоскими потоками способны выдать практически любую заданную мощность при допустимой плотности тока и достаточно простой конструкции. Разбор возможностей улучшения параметров позволяет установить рациональность использования динамических полей и периодической вариации фазовой скорости.

Приводятся предварительные результаты экспериментальной проверки образцов мощных ламп миллиметрового диапазона, использующих открытые резонансные системы.

О МЕТОДЕ ЧАСТИЦЫ В ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

А. Д. ВЛАСОВ

Исследование электронных пучков с заметным собственным пространственным зарядом, фокусируемых продольным магнитным полем, обычно основывается на методе граничной частицы. Составляют и решают уравнение движения электрона, находящегося на внешней границе (поверхности) пучка. Траектории электронов внутри пучка предполагаются подобными траектории граничного электрона.

Рассматриваются условия равновесия частиц в электронном пучке. Между тем, должна быть обеспечена также и устойчивость рассматриваемого равновесного состояния.

Произведенное исследование показывает неустойчивость электронного пучка с граничными частицами в упомянутом простейшем случае. В действительности в этом случае образуется пучок иной структуры, в котором траектории электронов не совпадают с внешней поверхностью пучка, и последнюю надо рассматривать лишь как огибающую траекторий электронов.

Таким образом, концепция граничной частицы не всегда приводит к правильным результатам.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Г. А. ЗЕЙТЛЕНКО

Излагается взаимодействие электронного потока с электрическим полем. В результате взаимодействия во внешней цепи протекает наведенный ток, характеризуемый так называемым коэффициентом электронного взаимодействия или просто коэффициентом взаимодействия. Коэффициент взаимодействия определяется при движении электронного потока в электрическом поле, переменная составляющая которого много меньше постоянной. Рассматривается общий случай движения, причем решение найдено в виде сходящегося ряда. Исследованы случаи торможения предварительно ускоренных потоков (клистроны, магнетроны) и одновременных ускоряемых и тормозимых. Приводится уравнение коэффициента взаимодействия, благодаря которому выясняется роль переменной составляющей поля.

МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ СВЧ ГЕНЕРАТОРОВ НЕРЕЗОНАНСНОГО ТИПА

М. Б. ГОЛАНТ

Излагается способ расчета электронно-лучевых СВЧ генераторов нерезонансного типа (с длительным взаимодействием), позволяющий относительно просто определять их основные параметры: пусковой ток, выходную мощность, к.п.д. Расчет ведется в приближении малого сигнала с учетом влияния пространственного заряда и потерь в системе на параметры генератора. Приводится расчет параметров ЛОВ. Погрешность результатов расчета пускового тока и к.п.д. по сравнению с ранее проводившимся более строгим расчетом этого генератора в приближении малого сигнала составляет около 10%.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ЗАМЕДЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ПРИ НАЛИЧИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Л. Н. ЛОШАКОВ, Ю. Н. ПЧЕЛЬНИКОВ

Рассматривается новый метод нахождения коэффициентов алгебраического уравнения, определяющего постоянные распространения в замедляющих линиях при наличии электронного пучка. Приводятся конкретные примеры, иллюстрирующие и подтверждающие предложенную методику расчета.

О ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАТОРНОЙ СИСТЕМЫ МАГНЕТРОНА ПОСРЕДСТВОМ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ РЕЗОНАТОРОВ

А. И. ТЕРЕЩЕНКО, В. А. КОРОБКИН

Исследуется зависимость свойств резонаторной системы магнетрона от формы резонаторов. Обсуждаются достоинства и недостатки общепринятых форм резонаторов шелевого, щель-отверстие и лопаточного. Путем модификации этих

форм и предельных переходов получены некоторые новые формы резонаторов, для которых также произведен сравнительный анализ. Для анодных блоков с резонаторами эллиптической и каплевидной формы приводятся экспериментальные данные, сопоставляемые с данными для щелевых лопаточных резонаторов и резонаторов со щель-отверстием.

Дается вывод о перспективности резонатора каплевидной формы в случае его применения как без связей, так и со связями.

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ФЛЮКТУАЦИИ В МАГНЕТРОНЕ

М. И. КУЗНЕЦОВ, Л. В. РОДЫГИН

Рассматривается качественная теория возникновения флюктуационных токов, некогерентно возбуждающих собственные колебания пространственного заряда. Теория находится в хорошем качественном соответствии с экспериментальными данными.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛЮКТУАЦИЙ В МАГНЕТРОНЕ

М. И. КУЗНЕЦОВ, М. И. БЕРБАСОВ, В. Е. НЕЧАЕВ

Устанавливается, что спектральная плотность азимутального тока имеет максимумы вблизи частот, соответствующих пороговому соотношению Хартри, в то время как спектр полного тока в цепи анод—катод имеет максимум на частоте, близкой к циклотронной. В результате измерений получены основные закономерности, которым подчиняется распределение энергии флюктуации по спектру, и зависимость интенсивности флюктуаций от режима работы и геометрии лампы. Из экспериментальных исследований с внешним возбуждением собственных колебаний (типа вращающейся волны) было найдено, что собственные частоты совпадают с частотами максимумов интенсивности флюктуаций.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ТРАЕКТОГРАФ ДЛЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

И. М. БЛЕЙВАС, Я. И. МЕСТЕЧКИН, В. Б. ХОМИЧ

Рассматривается разработанный автомат для вычерчивания траекторий заряженных частиц, движущихся в скрещенных статическом, электрическом и постоянном магнитном полях, а также для построения силовых и эквипотенциальных линий. Автомат включает счетно-решающую стойку с пультом управления, стойку питания и функциональный блок, освоенный на применении электролитической ванны. Дифференциальные уравнения движения заряженных частиц решаются в декартовой системе координат с помощью электронных интеграторов постоянного тока. Траектории электронов, эквипотенциальные и силовые линии вычерчиваются с погрешностью, не превышающей 1—2%. Время, затрачиваемое на вычерчивание одной траектории, составляет 1—2 мин.

Приводятся разработанные приставки, позволяющие вычерчивать траектории в квазистационарном электрическом поле, зависящем от времени, в однородном или неоднородном аксиально-симметричном магнитном поле, позволяют учитывать релятивистское изменение массы частицы при скоростях, близких к скорости света, записывать скорости частицы вдоль траектории.

ЗАМЕДЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА В ВИДЕ «СПИРАЛЬНОЙ КАНАВКИ» ДЛЯ ЛБВ

Д. И. ВОСКРЕСЕНСКИЙ, Р. А. ГРАНОВСКАЯ

Рассматривается замедляющая система в виде спирально-свернутого в плоскости H прямоугольного волновода без внутренней боковой стенки, названная «спиральной канавкой». Даются приближенная теория распространения электромагнитных волн, методы расчета фазовой скорости и сопротивления связи такой системы. Приводятся экспериментальная дисперсионная кривая и результаты «холодных» измерений сопротивления связи для одного из образцов системы. Сравниваются электродинамические свойства «спиральной канавки» со свойствами других замедляющих систем (спираль, диафрагмированный круглый волновод).

Приводятся соображения по вопросу использования «спиральной канавки» в мощных усилительных ЛБВ.

ОТКЛОНЯЮЩАЯ СИСТЕМА С БЕГУЩЕЙ ВОЛНОЙ

С. Г. КОНСТАНТИНОВ

Рассматриваются вопросы по определению некоторых параметров электронно-лучевых трубок с бегущей волной, предназначенных для исследования быстротекущих процессов в области сверхвысоких частот, а также дана методика расчета по определению коэффициента отражения спиральной отклоняющей системы с помощью электронного луча. Данная методика расчета может оказать помощь при разработке и изготовлении отклоняющих систем с бегущей волной, а также при предварительной проверке их на измерительной линии для определения параметров отклоняющего устройства.

Приводятся опытные и расчетные данные экспериментального образца трубки с бегущей волной, которые дают вполне приемлемое совпадение полученных результатов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИБОРОВ СВЧ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

И. М. БЛЕЙВАС, И. И. ГАЛИЦКАЯ, И. Н. КАЛЬВИНА,
Я. И. МЕСТЕЧКИН

На автомате для построения траекторий заряженных частиц исследован вопрос взаимодействия электронов с СВЧ полем плоского зазора пролетного клистрона в режиме больших амплитуд с учетом релятивистского изменения массы электрона. Исследования проводились для статистических углов пролета $\pi/2$ и $\pi/4$ и начальных скоростей электронов, равных 0,2с, 0,6с и 0,8с. Установлены режимы, обеспечивающие работу зазора с максимальным к.п.д. Исследовано взаимодействие электронного потока с СВЧ полем бессеточного зазора резонатора многоконтурного клистрона с учетом продольного магнитного поля и радиального расталкивания под действием постоянной составляющей пространственного заряда при коэффициенте использования $\alpha = 0,3-0,5$.

Рассматриваются вопросы взаимодействия электронов с СВЧ полем ЛОВ типа «М». Получены траектории движения электронов в пространстве взаимодействия ЛОВ типа «М».

Приводится методика работы на автомате при решении задач СВЧ электроники.

ЗАМЕДЛЯЮЩАЯ ЦЕПЬ ТИПА ФИЛЬТРА ДЛЯ МОЩНЫХ ЛАМП С БЕГУЩЕЙ ВОЛНОЙ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Г. А. МАЧУЛКА, Е. Д. НАУМЕНКО

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований замедляющей цепи типа фильтра, составленного из сосредоточенных реактивностей, которая обеспечивает перекрытие широкой полосы частот с малой дисперсией, малыми изменениями волнового сопротивления и сопротивлении связи (которое при этом имеет достаточно высокое значение). Данная система пригодна для использования в мощных лампах с бегущей волной дециметрового диапазона

К ТЕОРИИ ФЕРРИТОВОГО УСИЛИТЕЛЯ

В. П. ТЫЧИНСКИЙ

С помощью метода малых возмущений получено уравнение Магье для амплитуд высокочастотных колебаний в резонаторе, частично заполненном ферритом, и волноводе.

Квадратичные члены уравнения намагниченности приводят к периодическому изменению параметров системы под воздействием интенсивного поля возбуждения. Вычислены компоненты тензора третьего ранга для квадратичных членов, получена рекуррентная формула для высших членов магнитного момента. Значения пороговых полей согласуются с работами Сула

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРРИТОВОГО УСИЛИТЕЛЯ

В. П. ТЫЧИНСКИЙ, Ю. Т. ДЕРКАЧ, В. В. КАРНЕЦКИЙ

Рассматривается работа ферритового усилителя СВЧ в электромагнитном режиме. Описана схема экспериментальной установки, методика настройки усилителя, индикация усиления и генерации. Исследуется новый эффект, заключающийся в том, что насыщение основного резонанса феррита не приводит к быстрому «замораживанию» угла процесса. Это позволяет снизить требования, предъявляемые к ферритовому элементу устройства

Приводятся значения величины усиления (около 30 дБ) и рабочей мощности возбуждения, которую удалось снизить с 10—15 квт до 2—3 квт.

Предлагается схема для исследования фазовых характеристик усилителя. Полученные результаты согласуются с данными, опубликованными другими авторами, и подтверждают параметрический принцип работы ферритового усилителя.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕРРИТОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

А. Л. МИКАЭЛЯН, Н. З. ШВАРЦ

Рассматриваются некоторые результаты экспериментального исследования ферритового усилителя электромагнитного типа, предложенного Сулом. Исследована зависимость коэффициента усиления от различных факторов (мощности подкачки, постоянного магнитного поля, фазовых соотношений между сигналом и подкачкой). Приводится зависимость мощности генерируемых колебаний от мощности подкачки. Устанавливается соответствие между обычными параметрически регенерированными системами и ферритовыми усилителями.

К ТЕОРИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УСИЛЕНИЯ В ВОЛНОВОДНЫХ СИСТЕМАХ

А. С. ТАГЕР

Приводятся исследования закономерности усиления в волноводных системах с периодически изменяющимися параметрами. Выведены общие выражения для коэффициента усиления при различных соотношениях частот и постоянных пространств усиленного сигнала и волн «накачки». Рассматривается параметрическое усиление в электронном потоке. Дается анализ широкополосности и фазовых соотношений в электронных параметрических усилителях СВЧ.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛНОВОДА ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ С ПЕРИОДИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ТРАЕКТОРИЯМИ

Г. Н. РАПОПОРТ

Излагается теория усиления слабых сигналов при взаимодействии незамедленной волны типа Е с одним или несколькими спиральными электронными пучками, оси которых параллельны оси волновода. Для эффективного взаимодействия требуется определенное соответствие шага спирали и длины волны.

Приводятся результаты обобщения теории возбуждения волноводов для электронных пучков с периодически изменяющимися траекториями. Влияние объемного заряда не учитывалось.

Приводится полученное характеристическое уравнение и рассматривается зависимость усиления от тока пучка и его геометрии. Доказывается, что усиление возрастает при уменьшении шага спирали. При тех же токах пучка и скоростях электронов усиление в фазохронном приборе ниже, чем в типовой ЛБВ. Однако при тех же средних плотностях тока усиление и мощность в фазохронном приборе могут быть выше, чем в ЛБВ.

ОБ УПРАВЛЕНИИ ЧАСТОТОЙ ТРИОДНОГО ГЕНЕРАТОРА

С. Г. АФАНАСОВ

Предлагается анализ триода как системы, электронный поток которой вносит в колебательный контур отрицательную активную компоненту проводимости, а также и значительную реактивную компоненту.

Показывается, что при соответствующем выборе фазы обратной связи, когда условие оптимального взаимодействия электронного потока с высокочастотным полем выполняется при больших отрицательных напряжениях на сетке лампы, можно осуществить управление реактивной компонентой проводимости путем изменения времени пролета электронов в промежутке сетка—катод триода. Электронная добротность системы при таком управлении потоком сохраняется постоянной, что позволяет получать частотную модуляцию, не сопровождающуюся паразитной амплитудной модуляцией.

Приводятся результаты, полученные при исследовании генераторов, работающих в диапазоне частот от 150 до 2000 Мгц.

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ШУМЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

А. И. ЧИКИН

Приводятся результаты измерений низкочастотных спектров (1—200 гц) шумов радиоламп металлической и пальчиковой серий, в том числе ламп с повышенной крутизной, ламп с катодной сеткой вторично-эмиссионных ламп и ламп с вольфрамовым катодом.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ АНОДНО-СЕТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫПУКЛЫХ ФОРМ В МНОГОСЕТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМПАХ

М. С. АРАЛОВ

Рассматриваются свойства и характеристики приемно-усилительных пентодов двойного управления в режиме, когда между экранной и защитной сетками образуется за счет отрицательного потенциала на защитной сетке глубокий минимум потенциала. При этом пентод приобретает следующие свойства: токораспределение между экранной сеткой и анодом зависит от плотности тока (напряжения на управляющей сетке), попадающего в пространство экранная—защитная сетки, а в анодно-сеточной характеристике образуется область максимума и «падающий» участок.

Приводится исследование работы пентода в динамическом режиме, т. е. при включении активных сопротивлений в цепи анода и экранной сетки. Получены характеристики симметричной и несимметричной форм, а также отвечающие таким функциональным зависимостям как $\sin x$, $\sin^2 x$ $y^2 = 2px$. Характеристики выпуклых форм образуются в широком диапазоне напряжений на аноде, экранной и защитной сетках, а также и при различных значениях сопротивлений в цепях анода и экранной сетки и могут иметь различные параметры. Произведено исследование восьми типов пентодов (6Ж4, 6Ж2П, 6Ж9П, 6Ж10П, 6П9, 6П15П, 6Ж7 и ГУ-50), у которых вне зависимости от их конструкции и данных были получены ха-

рактеристики выпуклых форм различных видов и с различными параметрами. Установлена также повторяемость характеристик выпуклых форм при смене ламп в устойчивость работы ламп в новом режиме.

ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ ДЕТЕКТОР СВЧ КОЛЕБАНИИ

Г. Д. ЛОБОВ

Рассматривается теоретически одна из возможных гипотез, объясняющих механизм детектирования В основе рассмотрения лежит тот факт, что при наложении СВЧ поля на газовый разряд, изменяется энергия электронов. Изменение энергии электронов может привести к изменению некоторых параметров газового разряда, что в конечном счете скажется на величине постоянной составляющей разрядного тока через трубку.

Приводятся расчеты коэффициента передачи детектора, чувствительности детектора и полосы пропускаемых частот. Определяются зависимости параметров детектора от рода и давления газа, разрядного тока, приложенной мощности и частоты сигнала. Даются выводы теории экспериментально проверенные в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн.

СЕКЦИЯ РАДИОИЗМЕРЕНИЙ

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ
КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ЭТАЛОНОВ ЧАСТОТЫ**

А. Г. СМАГИН

Предлагается новый метод повышения стабильности кварцевых генераторов для эталонов частоты при погружении кварцевых резонаторов в баллон с жидким гелием.

Проводятся предварительные исследования, которые показывают, что добротность кварцевого резонатора при комнатной температуре составляет $\sim 4 \cdot 10^6$, а при температуре жидкого гелия $\sim 86 \cdot 10^6$. Расчеты показывают, что старение разработанных нами кварцевых торондов может иметь величину $\sim 1 \cdot 10^{-12}$ при температуре жидкого гелия. Возможно осуществлять термостатирование кварцевых резонаторов при температуре $4,2^\circ \text{K}$ с точностью, не превышающей $\pm 0,001^\circ$, в случае автоматического регулирования давления

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ КВАРЦЕВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРМЕ БРУСКОВ ДО НЕСКОЛЬКИХ
МИЛЛИОНОВ**

И В ГРИНЕНКО

Рассматривается необходимость существенного повышения добротности кварцевых элементов, используемых в схемах кварцевых эталонов частоты для повышения стабильности частоты и времени.

Приводится анализ возможных методов повышения добротности, показывающий, что за счет более чистой обработки поверхности кристалла и применения усовершенствованных конструкций кварцедержателя и электродов можно значительно повысить добротность кварцевых элементов.

Излагаются результаты исследований, которые показывают, что добротность кварцевых элементов с кристаллами в виде брусков была повышена с $2 \cdot 10^5$ до нескольких миллионов

**О ВЫРОЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ И ДУБЛЕТНОМ
РАСЩЕПЛЕНИИ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПЬЕЗО-
РЕЗОНАТОРОВ**

Б. А. ФИНАГИН

Приводятся экспериментальные данные исследования дублетного расщепления многих собственных частот колебаний пьезопластинок. Показывается, что дублетное расщепление собственных частот для различных резонансов имеет различную величину и сопровождается поворотом на некоторый угол фигуры колебания, соответствующей данному резонансу

Доказывается, что дублетное расщепление собственных частот является результатом снятия вырождения под влиянием появления малого возмущения (некоторой анизотропии свойств или граничных условий) у некоторых видов колебаний, являющихся вырожденными

Делаются некоторые практические выводы о влиянии дублетного расщепления собственных частот пьезорезонаторов на их работу при использовании пьезорезонаторов, например, в радиотехнике, в оплотехнике, в ультразвуке

**ИЗМЕРЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ ОБЪЕМНЫХ
РЕЗОНАТОРОВ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ**

К. В. ХОДАТАИВ

Рассматривается метод измерения добротности резонаторов, основанный на сравнении исследуемого резонатора с эталонной цепочкой RC по величине частотных искажений, вносимых этими цепями соответственно в высокочастотный импульс и его огибающую.

Показывается, что при соблюдении определенных условий величина связи генератора с резонатором и форма воздействующего ВЧ импульса на результат измерения не влияют

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ МОЛЕКУЛЯРНОГО ГЕНЕРАТОРА МЕТОДАМИ СЛУЖБЫ ВРЕМЕНИ

А Я ЛЕПКИН

Рассматривается молекулярный эталон, состоящий из двух молекулярных генераторов на пучке молекул аммиака, непрерывно идущих кварцевых часов и системы сравнения частот. Погрешность воспроизведения абсолютного значения частоты молекулярного эталона определяется погрешностью метода настройки молекулярного генератора и оценивается в $\pm 3 \cdot 10^{-10}$.

Проводятся определения значения частоты молекулярного генератора в системах астрономического времени ЦТ-1 и ЦТ-2. Отклонения частот кварцевых генераторов изготовленного эталона ежедневно передаются в Москву для использования во всесоюзной службе времени.

Определяется значение частоты молекулярного генератора в системах астрономического времени, которые позволяют судить о неравномерности вращения Земли

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ НИЗКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ

Г А. БОГДАНОВА

Рассматривается, от каких факторов зависит стабильность частоты низкочастотного LC-генератора на кристаллическом триоде. Показывается, что стабильность частоты генератора на кристаллическом триоде определяется в основном установившимся режимом колебаний, а также зависит от выбора режима по постоянному току.

Обосновывается выбор режима, приводится расчет схем и данные измерений. Указывается возможность и других способов стабилизации.

НОВЫЕ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

А Г. ПОКРОВСКИЙ

Рассматриваются новые радиоизмерительные приборы общего применения, созданные за последнее время, в том числе: измерители напряжения и мощности; приборы для измерения в трактах СВЧ; импульсные измерительные приборы и осциллографы; измерительные приемники; генераторы сигналов; анализаторы спектра сигналов и другие.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ НА ЧАСТОТАХ ДО 300 Мгц

В. Р ЛОПАНЬ

Рассматривается амперметр, представляющий соединение вакуумного электродинамического амперметра с короткозамкнутым свободно колеблющимся кольцом и фотоамперметра с вакуумными радиальными лампами. Частотный диапазон амперметра 1—300 Мгц, пределы измерения 100 ма—10 а, погрешность не превышает $\pm 0,5\%$ от измеряемой величины. Как по конструктивным особенностям, так и по метрологическим характеристикам рассматриваемый амперметр в значительной мере отличается от ранее разработанных амперметров этого же типа.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДИОДНЫХ ВОЛЬТМЕТРОВ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ДО 1000 Мгц

А М. ФЕДОРОВ, Б Е РАБИНОВИЧ

Рассматриваются высокочастотные погрешности образцового диодного компенсационного вольтметра типа ОКВ-2 с диодом типа 2Д1С при напряжениях 0,1—1 в, которые определялись методом сличения его показаний с показаниями термисторного измерителя напряжения. Полученные экспериментальные значения общей частотной погрешности вольтметра были разделены на две составляющие погрешности пролетную и резонансную.

Приводятся результаты исследования частотной зависимости показаний образцового вольтметра и определение частотных погрешностей вольтметра на частотах до 1000 Мгц.

ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИОДНОГО ВОЛЬТМЕТРА

М. Г. ЛЕВИН

Рассматривается поправка, вычисленная к показаниям диодного вольтметра при измерении импульсов высокочастотного напряжения.

Показывается, что на СВЧ, когда сказывается время пролета электронов между электродами диода, частотная погрешность диодного вольтметра при измерении импульсов ВЧ напряжения отличается от частотной погрешности диодного вольтметра при измерении нечрезвычайно ВЧ напряжения.

ИЗМЕРЕНИЕ АМПЛИТУДЫ КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ

М. И. ГРЯЗНОВ

Приводится оценка систематических погрешностей измерения амплитуды коротких видео- и радиопульсов. Рассматриваются различные варианты схем компенсационных и автокомпенсационных вольтметров и их сравнительная оценка.

УСТАНОВКА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ГСС ПО ВЫХОДНОМУ НАПРЯЖЕНИЮ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 0,1 ДО 1000 Мгц

К. Г. КИРЬЯНОВ

Приводятся краткие характеристики установки для калибровки аттенуаторов в диапазоне частот 0,1—1000 Мгц, описываются характерные особенности работы системы, связанные с работой элементов установки с сигналами ниже уровня шумов.

ОБРАЗЦОВАЯ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В ДИАПАЗОНЕ 0,75—1,8 см

А. И. БРОДСКИЙ, А. Н. АХИЗЕР, В. Н. МАГДА,
А. П. СЕНЬКО

Рассматриваются микрокалориметры, обеспечивающие измерение мощности в диапазоне 7,5—18 мм с погрешностью не более 1,5% при уровнях мощности от 2 до 100 мвт.

Приводятся установки, обеспечивающие проведение поверок измерителей малой мощности по калориметрам с дополнительной погрешностью не более $\pm 2\%$ при уровнях мощности поверяемых приборов от 500 мквт до 5 мвт.

Кроме устройства и результатов исследования калориметров и установок, в докладе кратко излагается технология изготовления волноводных устройств методом гальванопластики

ПЛЕНОЧНЫЕ БОЛОМЕТРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ СВЧ

А. Д. СЕЛИВАНОВСКИЙ, В. А. ЮГОВ,
В. Н. КРАСНОПИСЦЕВ, Ю. А. ДУРАСОВА

В докладе рассматриваются характеристики пленочных болометров и болометрических головок в диапазоне частот 20—40 000 Мгц.

Приводятся данные по технологии изготовления пленочных болометров и конструкции болометрических головок

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАДИОМЕТРА

А. Н. МАЛАХОВ

Рассматриваются вопросы о выборе величины и формы полосы пропускания радиометра, о выборе частоты модуляции, о выборе согласования смесителя с УПЧ, дающих максимальную чувствительность радиометра, а также о распределении усиления между ВЧ и НЧ блоками радиометра.

Показывается, что, принимая несложные специальные меры против фликкер-шума в цепях радиометра, усиление его высокочастотной части можно ограничить величиной 1500—2000

О КОРРЕЛЯЦИОННОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ МАЛЫХ СИГНАЛОВ В ДИАПАЗОНЕ 2—35 МГц

Н. Б. МИХАЙЛОВА

Рассматривается корреляционный измеритель малых шумовых и монохроматических сигналов, работающий в диапазоне частот от 2 до 35 МГц.

Приводятся принципиальная схема и технические характеристики прибора.

МЕТОД КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 12 КГц ДО 25 МГц

В. С. БУЗИНОВ

Рассматривается метод калибровки и поверки измерителей напряженности поля в диапазоне 12 кГц—25 МГц—метод образцового поля, создаваемого рамочной антенной с известными параметрами. Используется электромагнитное поле ближней зоны (зоны индукции). Значение электромагнитного поля, в этом случае, для низких частот определяется формулами постоянного тока. Однако начиная с 10 МГц и выше возникает необходимость введения частотной поправки.

Приводятся расчетные формулы и анализ погрешностей метода, которые показывают, что в диапазоне от 12 кГц до 10 МГц наибольшая возможная погрешность метода калибровки и поверки измерителей напряженности поля не превосходит $\pm 2,5\%$, а в диапазоне 10—25 МГц $\pm 5\%$.

МЕТОД ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИЭЛЕКТРИКОВ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Г. Д. БУРДУН, Е. Б. ЗАЛЬЦМАН, В. Е. ПОЯРКОВА

Описывается образцовая установка для измерения параметров диэлектриков: диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.

Анализируются источники погрешности и находятся оптимальные условия измерения.

ИЗМЕРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СТЕРЖНЕВЫХ ОБРАЗЦОВ В ДИАПАЗОНЕ СВЧ

Ю. Я. ЮРОВ, В. И. ВИНОКУРОВ

Излагаются два метода нахождения входной проводимости закороченного на конце волновода с помещенным в него диэлектрическим стержнем.

а) определялось поле отраженной волны с учетом полей высших типов методом собственных векторных функций. Входная проводимость волновода определялась по найденному коэффициенту отражения;

б) рассматривалось поле основного типа в волноводе. Для учета полей высших типов вводилось допущение, что для стержня справедливы телеграфные уравнения. Ток в стержне определялся путем решения телеграфных уравнений. Решение проводилось с помощью леммы Лоренца.

Указанные методы расчета дали хорошее совпадение с экспериментом и результатами других методов измерения. Построены кривые, позволяющие при измерениях быстро определять значение диэлектрической проницаемости.

Рассмотрены вопросы погрешностей измерений. Рассматривается установка для измерения диэлектрической проницаемости стержневых материалов в диапазоне сантиметровых волн.

ТОЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ КСВН С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВРАЩАТЕЛЯ И ЗОНДОВОЙ ГОЛОВКИ

Л. Н. БРЯНСКИЙ

Показывается, что измеритель КСВН, состоящий из фазовращателя и зондовой головки, может в ряде случаев обеспечить большую точность измерения КСВН, чем измерительная линия.

Приводится анализ погрешностей такого измерителя КСВН и сообщаются результаты исследования измерителей КСВН для диапазонов волн 1,8—1,2 и 1,2—0,75 см

МЕТОДЫ ПОВЕРКИ ВОЛНОВОДНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ДИАПАЗОНЕ 0,75—10,0 см

Л. Н. БРЯНСКИЙ

Рассматриваются два основных метода поверки волноводных измерительных линий: поэлементный и с помощью образцовой нагрузки, конструкции образцовых нагрузок и методы их аттестации. Приводится анализ погрешностей, возникающих при аттестации образцовых нагрузок, и сравнительные данные по обоим методам поверки волноводных измерительных линий.

ПРЯМОПОКАЗЫВАЮЩИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЗАПИСИ ХАРАКТЕРИСТИК СОГЛАСОВАНИЯ

В. Г. ДУБЕНЕЦКИЙ, А. И. КОНЧИЦ

Рассматриваются автоматические прямопоказывающие измерители коэффициентов отражения и КСВИ в 3- и 10-см диапазонах с записью результатов измерения двухкоординатным самописцем.

Приводятся характеристики основных элементов волноводного и коаксиального измерителей. Дается оценка возможных погрешностей измерения различных значений коэффициентов отражений и КСВИ.

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

А. П. КОРНИЛОВ

Рассматриваются новые радиотехнические методы измерений и контроля, основанные на том, что один из параметров фазового датчика изменяется под воздействием малого изменения измеряемой физической величины и вызывает изменение разности фаз двух интерферирующих электрических сигналов. При этом достигается высокая чувствительность и стабильность измерений.

Предлагается созданный на основе разработанного метода прибор, который позволяет измерять малые механические перемещения порядка $2 \cdot 10^{-6}$ мм путем преобразования их в изменения емкости.

Приводится исследование ряда фазовых датчиков, пригодных для измерения неэлектрических величин. В качестве примера рассматриваются Т-образный фильтр низкой частоты и полосовой фильтр, используемые в качестве фазовых датчиков. Показаны возможные пути по увеличению чувствительности и точности измерений.

Предложена и исследована компенсационная система модуляционного типа для измерения неэлектрических величин

Предлагаются макеты приборов

а) электронный кварцевый dilatометр для образцов малых размеров, обеспечивающий получение устойчивых и стабильных показаний на образцах длиной от 0,5 мм при нагреве до 1000°C и при изменении окружающей температуры. При измерениях образцы могут находиться в вакууме или атмосфере защитных газов. Время измерений сократилось до 30 мин при нагреве до 1000°C ;

б) прибор для непрерывного контроля диаметра тонкой (от 20 мк и выше) проволоки (скорость автоматической протяжки 1 м/мин) с автоматической записью на ленте самописца и автоматической регистрацией отклонений от допустимых пределов.

НЕКОТОРЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТУРЫ ДАЛЬНЕЙ СВЯЗИ

И. С. СТИПАКОВ

Рассматриваются принципы работы и данные следующих приборов и устройств, позволяющих частично или полностью автоматизировать измерения ряда параметров в условиях производства: указатели разности уровней для диапазона 0,2—300 кгц и 0,3—10 Мгц с точностью отсчета в 0,002 неп, прибор для измерения магнитной проницаемости в пределах 50—1000 и напряженностях магнитного поля до 1 эрст, нульполуавтомат для контроля телефонных трансформаторов по четырем параметрам, устройство для контроля преобразователей частоты; прибор для разбраковки сопротивлений, индуктивностей и емкостей при частоте в 2,5 Мгц

**ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА СВЧ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ
РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ**

М. В. ФОМИН

Рассматриваются задачи по разработке комплекса СВЧ приборов для радиорелейных линий, дается краткий обзор выполненных разработок и принятых технических решений.

**ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ И
АППАРАТУРНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ
ГРУППОВОГО ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ НА СВЧ
И ВИДЕОЧАСТОТАХ**

А. М. ПРОХОРОВ

Рассматриваются варианты методики измерения группового времени запаздывания (гр. вр. зап-я) в радиорелейных линиях и в системах телевидения. Подчеркивается необходимость измерений гр. вр. зап-я по всем трем частотным трактам радиорелейной линии в виде промежуточных и сквозных частот. Линейные измерения рекомендуется производить без использования обратного канала по видеочастотному тракту.

Приводится имеющаяся аппаратура для измерений гр. вр. зап-я на СВЧ и видеочастотах и ее конструктивные особенности. Излагаются методы измерений, общие принципы построения измерительных приборов и особенности их использования. Указываются причины, ограничивающие точность измерений, и намечаются пути ее повышения.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ
ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

В. М. ШТЕЙН, В. И. БОРИСОВ, Д. А. ПОДБЕРЕЗИН

Предлагается метод измерения временных характеристик, основанный на использовании амплитудно-импульсной или фазо-импульсной модуляции. Показывается преимущество этого метода перед осциллографическим в случае измерения

временных характеристик в большом диапазоне мгновенных значений. Приводятся результаты испытания прибора, использующего новый метод измерения.

**УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАКТОВ И ЗАМЕДЛЯЮЩИХ
СИСТЕМ НАНОСЕКУНДНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ**

А. М. ЧЕРНУШЕНКО

Рассматривается измерение отражений в замедляющих системах и волноводах отдельно от нескольких неоднородностей, расположенных вдоль высокочастотного тракта по направлению движения электромагнитной волны, импульсными радиолокационными методами, позволяющими разделить во времени отражения от отдельных неоднородностей, что создало возможность измерять отражения от каждой из них.

Приводится установка, в качестве индикатора которой применена высокочастотная осциллографическая трубка, не требующая детектирования и преобразования частоты.

**ПРИБОР ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО НАБЛЮДЕНИЯ МОДУЛЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ
В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ**

Н. И. БАБКИН, В. Я. ЛОЗОВОЙ

Приводятся результаты разработки макета прибора, позволяющего наблюдать на экране электронно-лучевой трубки зависимость ослабления от частоты СВЧ сигнала и сравнивать его с заданной величиной. Прибор состоит из клистронного генератора с механической перестройкой частоты, поляризаторного аттенуатора и осциллографического блока. Время перестройки генератора 4 сек.

СЕКЦИЯ ОБЩЕЙ РАДИОТЕХНИКИ

**ОБ ИНТЕГРАЛЬНОМ МЕТОДЕ ОБНАРУЖЕНИЯ
ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА НА ФОНЕ ШУМА**

В. Ф. НЕСТЕРУК

Показывается возможность осуществления обнаружения и измерения средней мощности радиопульса путем статистической обработки структуры заполнения. В результате этого интегрирование сигнала осуществляется накоплением зависящих мгновенных значений.

Доказывается, что интегрирование зависящих значений увеличивает помехоустойчивость. Приводятся расчетные формулы для оценки помехоустойчивости и сравниваются с аналогичными выражениями для других систем приема слабых сигналов.

Доказывается применимость полученных соотношений для случайных процессов, представляемых цепями Маркова.

Приводятся результаты экспериментальных измерений импульсов синусоидального заполнения и импульсов со случайным заполнением

**ПОГРЕШНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В АППАРАТУРЕ
ИМПУЛЬСНО-КОДОВОЙ МОДУЛЯЦИИ**

И А ЛОЗОВОЙ

Рассматривается вопрос об определении числа разрядов кодирующего устройства в зависимости от диапазона уровней кодируемых сигналов.

Излагается вопрос о выборе оптимальной характеристики компрессора. Показано, что компрессор с логарифмической характеристикой обеспечивает лучшее отношение сигнал/шум, чем компрессор с экспериментальной характеристикой. Строится зависимость отношения сигнал/шум при неравномерном квантовании для различных уровней и определяется необходимое число разрядов кодирующего устройства

100

Приводятся различного рода причины, вызывающие погрешности в процессе кодирования. Такими причинами являются: изменение сигнала за время кодирования, неполная балансировка амплитудно-импульсного модулятора, недостаточная фокусировка луча кодирующей трубки и т. п.

Предлагается метод, позволяющий рассчитать мощность дополнительного шума, обусловленного этими причинами. Исходя из расчета мощности дополнительного шума строится зависимость отношения сигнал/шум при наличии погрешностей в процессе кодирования. С помощью этой зависимости определяются допустимые величины погрешностей и технические требования к тем или иным узлам кодирующего устройства.

**К РАСЧЕТУ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ**

Д. Е ВАКМАН

Предлагается асимптотический метод расчета переходных процессов в системах с частотной модуляцией, основанный на принципе стационарной фазы. Получены общие соотношения для широкополосных и узкополосных цепей, приводится физическая интерпретация метода.

**АТОМНО-ЛУЧЕВЫЕ РАДИОСПЕКТРЫ ЩЕЛОЧНЫХ
МЕТАЛЛОВ**

Л. Л. МЯСНИКОВ

Приводятся на основе анализа данных по щелочным металлам характеристики атомно-лучевых магнитных резонансных радиолиний поглощения. Делается попытка систематизации спектральных данных. Рассмотрены, исходя из полуклассической теории, вопросы чувствительности и разрешающей силы радиоспектроскопа с пучками атомов щелочных металлов.

ДВУХРЕЗОНАТОРНЫЕ И МНОГОРЕЗОНАТОРНЫЕ КВАНТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ

В. Б. ШТЕЙНШЛЕЙГЕР, Г. С. МИСЕЖНИКОВ

Рассматриваются двухрезонаторные квантовые усилители с разделенными и связанными резонаторами.

Вычисляются коэффициент усиления, полоса, шумы и стабильность этих усилителей. Показываются преимущества таких схем перед однорезонаторной. Рассматривается также усилитель в виде цепочки связанных резонаторов.

К ВОПРОСУ ОБ ОСНОВОПОЛОЖНИКАХ ПРИНЦИПА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УСИЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Я. М. ТУРОВИЧ

Сообщается, что в современной американской литературе, посвященной параметрическим усилителям, приведены ссылки на работу Релея, являющуюся, по мнению американских авторов, исходной в развитии идеи параметрического усиления электромагнитных колебаний. Работы советских исследователей, выполненные в 20- и 30-х годах текущего столетия, не упоминаются этими авторами.

В целях соблюдения исторической правды и оценки возможностей проникновения принципа параметрического возбуждения и усиления колебаний в современную радиоэлектронику сделана попытка осветить работы действительных основоположников этого принципа.

Приводится краткий разбор основных работ, посвященных этому вопросу, созданных рядом известных ученых.

ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В МНОГО- КОНТУРНЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И ГЕНЕРАТОРАХ С ПОВЫШЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ЧАСТОТЫ

Г. М. УТКИН

Излагаются результаты исследования асинхронных и синхронных полигармонических режимов в системе связанных автогенераторов. Получены условия устойчивости режимов

одновременных колебаний для симметричных и частично симметричных автогенераторов, число которых может быть любым, начиная с двух. С их помощью найдены области значений параметров, соответствующих устойчивым режимам одновременных асинхронных колебаний при различных случаях аппроксимации характеристики анодного тока полиномами третьей и пятой степеней, экспонентой. В последнем случае учитывается безынерционное сеточное автосмещение. Особо рассматривается случай трех взаимно связанных автогенераторов, для которых сумма двух собственных частот близка к третьей собственной частоте или кратна ей. Такая система позволяет получить повышенную стабильность двух генерируемых частот при условии, если третий контур обладает высокой стабильностью и добротностью. При этом неустойчивость первых двух генерируемых частот определяется разностью неустойчивостей соответствующих собственных частот контуров (с учетом их затуханий) и может быть сделана весьма малой. Такая компенсация неустойчивостей может быть сохранена в диапазоне, поэтому рассматриваемую систему можно использовать для диапазонной стабилизации частоты. Обсуждаются результаты теоретического и экспериментального исследования различных вариантов генераторов повышенной стабильности частоты, являющихся частными случаями трех связанных генераторов.

К ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОКОЛЕБАНИЙ

Г. Ш. КЕВАНИШВИЛИ

Выводятся условия, при которых автоколебательная система с одной степенью свободы является устойчивой. Рассматривается несколько примеров.

ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ В ОДНОКОНТУРНОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ УСИЛИТЕЛЕ

М. Е. ГЕРЦЕНШТЕЙН, Б. Е. КИПЕР

Излагается зависимость коэффициента усиления одноконтурного параметрического усилителя от соотношения фазы усиливаемого сигнала частоты Ω и фазы половинной частоты

накачки γ . При условии $2\omega \ll \omega_0$ соотношение фаз остается неизменным и коэффициент усиления не меняется во времени. Для реального сигнала, имеющего конечный спектр $2\omega(t) \neq \gamma$, это приводит к фазовой селективности и искажению усиленного сигнала. Этот эффект исследован как для гармонического сигнала, так и для сигнала более сложной формы.

Доказывается, что при узком спектре сигнала дополнительная модуляция усиленного сигнала не зависит от формы амплитудно-модулированного сигнала. Рассматривается вопрос усиления шумов в параметрическом усилителе.

О СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ В НЕЛИНЕЙНОМ КОНТУРЕ С ЕМКОСТЬЮ $p-n$ ПЕРЕХОДА

В. П. ДЕМИН

Показано, что емкость $p-n$ перехода при перемещениях, соизмеримых с амплитудой колебаний на переходе, является глубоко нелинейным элементом.

Дается вывод полного дифференциального уравнения колебательного контура с этой емкостью.

Приводятся частные случаи решения этого уравнения

О СУЩЕСТВОВАНИИ ПРЕДЕЛЬНОГО ЦИКЛА В НЕКОТОРЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Г. Ш. КЕВАНИШВИЛИ

Доказывается теорема о существовании, единственности и устойчивости предельного цикла для нелинейного уравнения

НОВЫЕ СПОСОБЫ СИНХРОННОЙ МОДУЛЯЦИИ И СИНХРОННОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

А. М. ПОЛЫКОВСКИЙ

Рассматриваются способы синхронной модуляции и синхронного детектирования, отличающиеся от известных спосо-

бов тем, что для осуществления процессов модуляции и процессов детектирования необходимо располагать только одним вспомогательным напряжением, с помощью которого осуществляется синхронная работа переключателей в схемах модуляции и детектирования

МНОГОКАСКАДНЫЕ УМНОЖИТЕЛИ ЧАСТОТЫ

М. Е. ЖАВОТИНСКИЙ, Ю. Л. СВЕРДЛОВ

Рассматриваются при проектировании многокаскадных умножителей частоты три основных вопроса: стабильность фазы умноженного колебания, боковые составляющие в спектре выходного колебания и выходная мощность

Приводится метод расчета, разработанный для многокаскадных умножителей, который позволяет рассчитать умножительный тракт и показать, что главной причиной нестабильности фазы являются флюктуации входной емкости ламп, обусловленные фликкер-эффектом. При этом оказывается, что вопреки распространенному убеждению существенны не только флюктуации первых каскадов, но, в равной мере, флюктуации всех ламп умножительного тракта.

Доказывается экспериментально, что многокаскадный умножитель, построенный по новой схеме, имеет амплитуду боковых составляющих в 10^4 раз меньше, чем в обычной схеме. Характерное отличие новой схемы состоит в том, что наряду с высокими техническими данными все ее элементы и параметры легко определяются по простым формулам.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОСТРОЕНИЯ ОДНОКВАРЦЕВОГО МНОГОЧАСТОТНОГО ВОЗБУДИТЕЛЯ

Ю. Д. ЗОРИЧЕВ

Рассматривается получение высокой стабильности частоты ($2 \cdot 10^{-6}$) с помощью эталонных частот в возбудителе. Очевидно, что при применении небольшого количества серийных кварцевых резонаторов, порядка 10—15 шт., которые в комбинациях дают нужную сетку частот, получить указанную стабильность этих частот затруднительно.

Приводится образование дискретной сетки частот в заданном участке радиодиапазона с помощью одного низкочастот-

ного кварцевого резонатора. Получение рабочей сетки частот в этом возбuditеле основано на принципе прерывистой генерации автогенератора плавного диапазона.

Описывается применение явления прерывистой генерации автогенератора в однокварцевом возбuditеле, что позволяет получить относительно просто большое количество кварцованных частот достаточной амплитуды. Стабильность сетки частот на выходе возбuditеля будет определяться стабильностью частоты низкочастотного кварцевого генератора, который может быть сделан достаточно стабильным при условии термостатирования кварцевого резонатора. Получения высокого ослабления порядка 80—100 db боковых составляющих амплитудно-модулированное напряжение подавалось на автогенератор, который синхронизировался на центральной частоте.

Приводятся экспериментальные данные, которые подтверждают, что для получения высоких степеней ослабления в синхронизируемом автогенераторе необходимо делать полосу синхронизации малой, а расстройку между собственной частотой автогенератора и основной частотой синхронизирующего напряжения равной 0. Однако минимальное значение полосы синхронизации лимитируется нестабильностью частоты автогенератора плавного диапазона.

О КОМБИНАЦИОННЫХ ПРОДУКТАХ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ЧАСТОТЫ

Б. А. ХАНОВ

Рассматривается выделение вредных комбинационных частот на выходе преобразователя частоты, зависимость амплитуд вредных колебаний от вида характеристик нелинейных элементов преобразователя, рабочего режима, схемы преобразователя и ее сбалансированности. Но сама возможность таких колебаний зависит исключительно от соотношения частот и может быть рассчитана элементарными средствами.

Излагается теоретическая сторона вопроса и приводятся вычислительные средства в виде неравенств и двух номограмм, позволяющие оценить возможные комбинации колебаний в преобразователе частоты, когда входной и выходной сигналы представляют не одну частоту (как это обычно рассматривается), а спектральную полосу заданной ширины. Все преобразователи частоты, имеющие относительно широкую полосу преобразуемых частот, должны быть проверены на наличие возможных комбинационных продуктов как с целью учета степени их вредности, так и с целью принятия мер по устранению.

МЕТОД РАЗВЯЗКИ ИНДУКТИВНЫХ СВЯЗЕЙ БЕЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ И ЧИСЛА ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ

Л. Я. ЭГДЕЛЬМАН

Доказывается возможность замены двух индуктивно и электрически связанных обмоток в исследуемой схеме двумя эквивалентными комплексными сопротивлениями. Приводятся основные уравнения схем замещения двух индуктивно и электрически связанных обмоток и метод развязки индуктивных связей без изменения конфигурации и числа элементов схемы.

Рассматриваются параметры схем замещения двух индуктивно связанных и параллельно соединенных обмоток, схемы замещения двух пар индуктивно связанных и последовательно включенных обмоток для токов и напряжений соответственно; схема замещения двух индуктивно и электрически связанных обмоток с различными казанами сопротивлений, в однопроводном режиме передачи токов, схемы замещения трехфазных питающих мостов класса Б в однофазном режиме передачи токов.

Доказывается эффективность применения полученного метода эквивалентности для анализа и расчета схем питающих мостов с индуктивно связанными обмотками, а также для определения параметров обмоток двухобмоточных реле и трансформаторов в различных режимах прохождения переменного тока. Излагается метод измерения комплексных сопротивлений индуктивно связанных обмоток реле.

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ВЫРАВНИВАЮЩИЕ ПАССИВНЫЕ ЦЕПИ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В. Ф. ГОЛЫШКО

Рассматриваются долговременные искажения изменяющиеся во времени в магистральных большой протяженности с аппаратурой удвоения $K_{\text{уд}}=2$ и $K_{\text{уд}}=1800$.

Приводится исследование существующих схем выравнивающих цепей и новых цепей, обладающих рядом преимуществ, предназначенных для устранения этих искажений.

РАСЧЕТ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЛАСТИНЧАТОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА

А. А. БРОИНИКОВ

Рассматриваются исходные данные для расчета колебательной системы пластинчатого электромеханического фильтра.

Дается электрический расчет колебательной системы. Определяются основные параметры неоднородной фильтрующей цепочки по заданной частотной характеристике и вспомогательные величины для конструктивного расчета колебательной системы. Излагается конструктивный расчет колебательной системы пластинчатого фильтра. Приводятся примеры расчета типовых колебательных систем и экспериментальная проверка результатов расчета.

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТОГО МАГНИТОПРОВОДА

Р. Г. ВАРЛАМОВ

Применение пермаллоев для магнитопроводов миниатюрных трансформаторов и некоторых других устройств диктуется желанием уменьшить их габариты.

Одной из причин, препятствующей дальнейшему уменьшению габаритов, является значительное отличие μ сердечника от μ материала, которая определяется экспериментально. Это значение пригодно только для данной толщины и некоторых других геометрических размеров пластин магнитопровода.

Рассматривается пластинчатый магнитопровод в виде многоветвевой разветвленной электрической цепи с источниками м.д.с. и магнитными сопротивлениями материала и зазоров; это позволяет по заданным геометрическим размерам и μ материала вычислить μ сердечника. Полные эквивалентные схемы затруднительны для расчетов. Приводятся допущения, упрощающие эти вычисления.

Сообщаются результаты некоторых расчетов экспериментов.

STAT

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В СИСТЕМАХ С БЕГУЩИМИ ПАРАМЕТРАМИ

С. И. АВЕРКОВ, И. С. СТЕПАНОВ

Рассматривается распространение сигналов в длинной линии без потерь и дисперсии, распределенные параметры L и C которой взаимно пропорционально изменяются по закону бегущей волны. Получено строгое решение задачи в виде суммы двух волн, одна из которых распространяется в одном направлении с волной параметра («прямая волна»), и другая в противоположном, причем величина $\sqrt{\frac{L}{C}}$ сохраняет смысл волнового сопротивления.

Показывается, что в случае достаточной близости скоростей распространения волны параметра и сигнала возможно значительное изменение амплитуды и частоты «прямой» волны даже при относительно медленном изменении параметра

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ КАТАЛОГИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЧ ТРАКТА

А. Л. ФЕЛЬДШТЕЙН, Л. Р. ЯВИЧ

На современном уровне развития техники СВЧ имеется настоятельная необходимость в систематизации, обобщении и табулировании оптимальных решений типовых задач проектирования элементов СВЧ тракта. Составлением таких справочников подводятся итоги теоретической и экспериментальной работы в некоторых областях техники СВЧ и существенно облегчается работа инженера и техника. Указанная работа проделана для трех типов элементов: ступенчатых переходов, плавных переходов, устройств, согласующих в широкой полосе комплексные сопротивления (корректирующие или выравнивающие цепи)

STAT

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ЗАПУСКА ЗАТОРМОЖЕННЫХ РЕЛАКСАТОРОВ

В В ГРИГОРИИ-РЯБОВ

Рассматривается запуск заторможенных релаксаторов импульсами различной длительности и формы

Отмечается наличие двух, а иногда даже и трех зон запуска. В случае опрокидывания релаксатора импульсами с конечной крутизной фронта существует предельное значение этой крутизны. При запуске импульсами большой длительности опрокидывание релаксатора происходит не во время действия фронта импульса, а на срезе импульса.

ВОПРОС ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ РЕЖИМА ДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

А. Г. КОНСТАНТИНОВСКИЙ

Рассматривается предложение об увеличении коэффициента деления одной ступени автоколебательного релаксационного делителя частоты за счет включения стабилизирующего контура и цепи клапанной обратной связи.

Приводятся результаты анализа и эксперимента.

ПРАКТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЕДИНИЦ, ОДНОРОДНАЯ С ГАУССОВОЙ

Л Б СЛЕПЯН

Применяемая в настоящее время система единиц МКСА опирается на формулы, в которых имеются принципиальные недостатки. С другой стороны, система СГС (Гауссова) основана на правильной формулировке законов электромагнитных явлений.

Введение поправочного множителя, имеющего размерность скорости, устраняет недостатки системы МКСА, не требуя ломки единиц и вида формул.

Введение практической Гауссовой системы позволило бы устранить неоднородность практической и физической систем. С метрологической точки зрения потребовались бы поправки порядка 0,07% и уточнение величины «с». Технические приборы не потребовали бы градуировать вновь.

ВОЗДЕЙСТВИЕ СУММЫ СИНУСОИДАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА НЕЛИНЕЙНОЕ СОПРОТНВЛЕНИЕ

Л Т ҚИМ

Предлагается метод определения амплитуд комбинационных составляющих тока, возникающих при воздействии на нелинейное сопротивление напряжения, состоящего из любого числа синусоидальных колебаний. Вольтамперная характеристика этого сопротивления может быть задана произвольной кусочно-ломаной кривой, допускающей разложение в ряд Фурье, т. е. практически любой кривой. Применение метода иллюстрируется на примерах линейно-ломаной и квадратично-ломаной характеристик.

К АППРОКСИМАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Б А ВАРШАВЕР

Указывается метод замены аппроксимирующей функции, содержащей только члены, третий, близкой к ней, в которой также точки отсутствуют. Метод аппроксимации поясняется на примерах.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ УПОРЯДОЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ДЕЦИБЕЛ

Г Г ГИНКИН

Рассматриваются преимущества и недостатки логарифмических систем, приводятся практически используемые логарифмические системы.

рифмические системы с неограниченными и ограниченными точностями, а также двойственность системы децибел (мощности, напряжения) и системы неперов (напряжения, мощности), двойственность обеих систем в связи с использованием фиксированных и плавающих нулевых уровней.

Сообщаются предложения по упорядочению системы децибел и результаты намеченного упорядочения.

Значительная часть работы по упорядочению децибелной системы может быть выполнена в индивидуальном, инициативном порядке без участия регулирующих органов.

СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОНЯТИЙ

Л. К. МИХАЙЛОВСКИЙ

Дается вывод структурных формул электромагнитных понятий и показывается возможность их использования при проведении качественного анализа математических выражений физических явлений. Указывается на ряд преимуществ при использовании структурных формул для качественного анализа вместо формул размерностей электромагнитных величин.

СЕКЦИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

О НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ВОПРОСАХ РАЗВИТИЯ МОЩНЫХ РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

М. С. НЕЙМАН

Анализируются основные общетехнические недостатки современных мощных радиопередатчиков высоких частот. На этой основе намечаются некоторые вероятные направления их будущего развития.

Рассматриваются принципиально возможные методы значительного повышения к.п.д. генераторных и модуляторных устройств и некоторые опубликованные работы, представляющие интерес в этом отношении, а также излагаются пути для резкого снижения габаритов радиопередающих устройств.

Обсуждаются направления работ для устранения многокаскадности генераторных и модуляторных трактов, а также некоторые достигнутые в этом вопросе результаты.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА ИМПУЛЬСНОГО УСИЛИТЕЛЯ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ МОЩНОСТЬЮ 1200 вт С ПРОМЫШЛЕННЫМ * к. п. д. 50%

В. В. МАЛАНОВ, К. П. ПОЛОВ

Излагаются результаты теоретических исследований, позволивших создать инженерный метод расчета импульсного усилителя мощности колебаний звуковой частоты. Указываются трудности применения современных ламп в усилителях такого типа.

Приводится блок-схема разработанного усилителя, формулируются специфические требования, предъявляемые к ее

* Имеется в виду к.п.д. при максимальном уровне сигнала

элементам, и указываются пути их удовлетворения. Рассматриваются принципиальная схема разработанного усилителя и его энергетические и качественные показатели.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПИКОВОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ОДНОПОЛОСНОГО ПЕРЕДАТЧИКА

Б. И. РАССАДИН

Излагаются причины возникновения нелинейных искажений в однополосном передатчике и приводится метод их расчета для случая многоканальной телеграфной работы. Описывается метод повышения эффективности однополосного многоканального передатчика с помощью так называемого «добавителя» и приводятся исходные данные для его расчета. Описывается принцип работы «постоянноточного добавителя», предназначенного для повышения коэффициента полезного действия телефонного однополосного передатчика.

АНАЛИЗ РЕЖИМА РАБОТЫ КАСКАДОВ ПЕРЕДАТЧИКА ПРИ АВТОАНОДНОЙ МОДУЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ РАСЧЕТНЫХ ГРАФИКОВ

Ю. В. БОГОСЛОВСКИЙ

Рассматривается методика расчета каскадов передатчика при автоанодной модуляции с помощью двух заранее подготовленных обобщенных графиков. Первый график $f(p)$ позволяет рассчитывать точки модуляционной характеристики при значениях нижнего угла отсчета 60° — 180° , второй график подготовлен специально для расчета точек при наличии остаточного анодного тока. Методика пригодна для исследования разнообразных вариантов осуществления ААМ. Приводятся анализы режимов наиболее употребительных схем ААМ.

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ГЕНЕРАТОРА С КОНТУРОМ МЕЖДУ АНОДОМ И СЕТКОЙ

Е. П. КОРЧАГИНА

Получены основные уравнения, определяющие поведение генератора в процессе установления.

Рассматриваются переходные процессы при мягкой колебательной характеристике. Показывается, что при заданных параметрах колебательной системы характер установления существенно зависит от формы колебательной характеристики и крутизны характеристики в точке покоя. Выяснено, что при отрицательной локальной крутизне возможны колебания с периодически меняющейся амплитудой и частотой.

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УРОВНЕМ ФОНА РАДИО- ВЕЩАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И УРОВНЕМ ПУЛЬСАЦИЙ ПИТАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ

В. Н. АКСЕНОВ

Приводятся расчеты, позволяющие установить зависимость между уровнем фона наиболее распространенных радиоустройств и уровнем пульсаций напряжений, питающих сеточные и анодные цепи.

Рассматривается ряд каскадов передатчика.

В заключение приводится сводная таблица результатов, из которой видно, что для большинства рассмотренных устройств уровень пульсаций питающих напряжений может быть допущен значительно больший, чем заданный уровень фона, что существенно снижает стоимость фильтров.

ДВУХТАКТНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ ЧАСТОТЫ

С. И. ЕВТЯНОВ

Описываются новые схемы для деления частоты гармонических колебаний, названные двухтактными делителями частоты (ДДЧ). Особенность ДДЧ состоит в том, что они не дают автоколебаний вне полосы синхронизма. ДДЧ содержит

две лампы и контур, их анодные цепи и цепь обратной связи включаются так, что при отсутствии внешней силы действие анодного тока одной лампы компенсируется действием тока другой лампы. При наличии внешней силы с определенной частотой автоколебания поддерживаются за счет комбинационных компонент анодного тока.

Приводится расчет ДДЧ для схем с подачей напряжений внешней силы и обратной связи на разные сетки. Экспериментальная проверка дала хорошее совпадение с расчетом. Представляет интерес, что полоса синхронизма ДДЧ увеличивается с ростом регенерации и с уменьшением затухания контура.

НИЗОВАЯ РАДИОСВЯЗЬ С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Б. П. ТЕРЕНТЬЕВ

Описывается система дуплексной радиосвязи, при этом связь всех абонентов между собой происходит через коммутатор центральной станции. Имеется возможность выхода любого абонента на магистральные линии связи. Каналы радиосвязи не закреплены за абонентами, поэтому число абонентов может в несколько раз превосходить число каналов связи. Каналы радиосвязи отстоят друг от друга на 10 кГц независимо от диапазона радиочастот.

Рассматривается система, которая имеет 10 дуплексных каналов в диапазоне 160-170 МГц. Абонентские станции не содержат кварцев и выполнены в основном на транзисторах.

СЕКЦИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ РАЗНЕСЕННОГО ПРИЕМА ПРИ РАССЕЯННОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ УКВ

А. В. ПРОСИН, В. Ф. ГУБСКИЙ

Исследуется зависимость корреляции принимаемых сигналов при разнесении по частоте и в пространстве от параметров линии связи с дальним тропосферным распространением УКВ и параметров среды распространения.

Устанавливается зависимость функций корреляции разнесенных сигналов от степени анизотропии турбулентных неоднородностей тропосферы, направленности антенн в вертикальной и горизонтальной плоскостях, ориентации осей диаграмм направленности антенн относительно горизонта, расстояния между передатчиком и приемником и ряда других параметров. Найдено, что основное влияние на величину корреляции при пространственном разнесении оказывает направленность антенн в плоскости разноса. При продольном и частотном разнесении направленность антенн в вертикальной плоскости является определяющей для корреляции сигналов.

Полученные результаты позволяют определить расстояния разноса антенн, мощность рассеяния и потери в усилении антенн, а также судить о возможной полосе пропускания тропосферы при использовании остронаправленных антенн.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНЕСЕННОГО ПРИЕМА ПРИ ДАЛЬНОМ ТРОПОСФЕРНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ УКВ

А. В. ПРОСИН, Г. И. СЛОБОДНЮК, И. П. ЛЕВШИНА

Приводятся экспериментальные исследования дальнего тропосферного распространения УКВ на волне 10 см и трассе протяженностью 275 км при пространственно разнесённом приеме и различном усилении антенн.

В результате статистической обработки записей сигналов были получены данные о средней величине множителя ослабления, потерях в усилении антенн, распределении быстрых замираний за небольшие промежутки времени, расстояниях корреляции при двоянном приеме по пространству и времени и ряде других характеристик. Была произведена оценка точности проведенного эксперимента и последующей статистической обработки данных.

О МЕХАНИЗМЕ ПОТЕРЬ УСИЛЕНИЯ УЗКОНАПРАВЛЕННЫХ АНТЕНН ПРИ ДАЛЬНЕМ ТРОПОСФЕРНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ УЛЬТРАКОРОТКИХ РАДИОВОЛН

Б. А. ВВЕДЕНСКИЙ, Н. А. АРМАНД

Рассматривается вопрос о потерях усиления антенн, которые обнаруживаются при дальнем тропосферном распространении УКВ.

Анализируется экспериментальный материал по изучению потерь усиления антенн и выясняется расхождение экспериментальных данных с теоретическими, установленными на основе концепции некогерентного рассеяния радиоволн на турбулентных неоднородностях атмосферы. Исследуется механизм потерь усиления антенн, обусловленный хаотическим распределением фаз и амплитуд принимаемой волны в раскрыве антенны. Показывается, что в среднем указанный механизм не объясняет явления потерь усиления. Вычисляются потери усиления антенн, возникающие за счет флуктуаций углов прихода принимаемой волны.

Устанавливается, что это явление вполне может быть причиной потерь усиления, на что указывают некоторые экспериментальные данные.

МЕТОД ВОЗМУЩЕНИЙ И ЕГО СВЯЗЬ СО СТРОГИМ ДИФРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

А. В. ШАБЕЛЬНИКОВ

Находится связь метода возмущений со строгим дифракционным методом и устанавливаются границы применимости метода возмущений.

Решается задача о распространении плоской электромагнитной волны в среде, диэлектрическая проницаемость которой является функцией координат. Строгим методом рассматривается задача о дифракции плоской электромагнитной волны на шаре, диэлектрическая проницаемость которого мало отличается от диэлектрической проницаемости окружающей среды.

Методом возмущений решается задача о рассеянии плоской электромагнитной волны на диэлектрическом шаре с постоянным и переменным ϵ .

К ТЕОРИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В СРЕДЕ СО СЛУЧАЙНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ НАД ИДЕАЛЬНО ПРОВОДЯЩЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Э. А. КАНЕР, Ф. Г. БАСС

Приводятся исследования статистических характеристик радиоволн, распространяющихся над идеально проводящей плоскостью со случайными флуктуациями диэлектрической постоянной. Находятся средние значения полей, среднеквадратичные флуктуации амплитуды и фазы, вычисляются пространственные корреляционные функции и высотные зависимости для этих величин.

ФЛУКТУАЦИЯ ФАЗОВЫХ ФРОНТОВ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ДЕСЯТИСАНТИМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ РАЗДЕЛА

А. В. МЕНЬ, С. Я. БРАУДЕ, В. И. ГОРБАЧ

Рассматриваются результаты экспериментального исследования флуктуаций фазовых фронтов при распространении над морской поверхностью при небольших подъемах корреспондирующих пунктов. Проведенные длительные измерения при различных метеорологических условиях на трассе фиксированной длины при разных подъемах над поверхностью раздела позволили установить разнообразие основных характеристик фазовых флуктуаций и провести их качественную классификацию, в основу которой была положена высотная зависимость.

Сопоставление проведенных измерений с известными теоретическими работами, развитыми для неограниченной неод-

породной турбулентной среды, показало существенное различие полученных закономерностей с выводами теории. Впервые предложенная в работе интерференционная (отражательная) модель распространения при наличии флюктуаций позволила получить инженерные формулы для расчета амплитудных и фазовых флюктуаций (средних квадратов) и их зависимости от дальности, высоты, длины волны и т. д. Полученные расчетные зависимости хорошо согласуются с экспериментальными данными и позволяют объяснить наблюдавшиеся в опытах аномальные эффекты

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ СИГНАЛА (МЕДЛЕННЫЕ ЗАМИРАНИЯ)

Б. Е. КИНБЕР, М. Ф. БАХАРЕВА, Т. Г. ТУМАХОВИЧ

Рассматриваются полученные формулы и проводится исследование функций распределения для уровня сигнала, обусловленных медленным изменением сложной структуры атмосферы. Для линейного профиля градиента связь уровня сигнала и градиента определяется известными соотношениями для антенны вблизи сферической земли. Для точек наблюдения в области тени и полутени справедливо нормально логарифмическое распределение. Для точек наблюдения в освещенной области функция распределения отлична от нормально логарифмической. Произведен учет нелинейности градиента преломления для ночных и утренних часов.

К ТЕОРИИ ОБРАЗОВАНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В СЛОЕ

Б. Н. ГЕРШМАН, В. П. ДОКУЧАЕВ

Дается краткий обзор существующих теорий образования ионосферных неоднородностей и подчеркиваются трудности, с которыми приходится сталкиваться при построении теории возникновения неоднородностей в слое.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КРУПНЫМИ И МЕЛКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ В СЛОЕ F_2

В. Д. ГУСЕВ, Ю. В. КУШНЕРЕВСКИЙ, С. Ф. МИРКОТАН

Производится сравнение результатов одновременных наблюдений за крупными и мелкими неоднородностями по программе Международного геофизического года.

Закономерности суточного поведения величины и направления скорости дрейфа в ионосфере говорят о существовании единой циркуляции в слое F_2 для мелких и крупных образований. Вместе с тем, отмечаются довольно частые случаи заметных различий. Даются соображения о возможных причинах подобного расхождения.

Приводятся рекомендации по методике наблюдения за движениями неоднородностей в ионосфере

О «РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ» СИСТЕМ, ИЗМЕРЯЮЩИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

В. Д. ГУСЕВ, С. Ф. МИРКОТАН, Ю. В. БЕРЕЗИН,
М. П. КИЯНОВСКИЙ

Рассматривается оценка возможностей измерительной системы, состоящей из трех пунктов наблюдения и ведущей пространственно-разнесенный прием радиосигналов, отраженных от ионосферы. Приводится оценка максимального и минимального размеров неоднородностей, которые могут быть измерены при выбранном размещении пунктов наблюдения. Дается рекомендация по размещению пунктов наблюдения. Предлагаются соображения по оценке точности измерения горизонтальных размеров неоднородностей.

В качестве иллюстраций используются экспериментальные данные по исследованию крупных (47 1000 км) неоднородностей поля F_2 ионосферы

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАЗЫ ВОЛНЫ, ОТРАЖЕННОЙ ОТ ИОНОСФЕРЫ

В. Д. ГУСЕВ, М. Б. ВИНОГРАДОВА, Т. А. ГАЙЛИТ

Анализируется возможность нахождения законов распределения непрерывных случайных процессов по одной экспери-

ментальной записи. Показывается, что точность определения плотности вероятности стационарного случайного процесса зависит от отношения интервала записи T к радиусу корреляции. В том случае, когда непрерывный случайный процесс $f(t)$ может быть представлен в виде суммы медленно меняющейся регулярной функции $\varphi(t)$ и стационарной случайной функции $\psi(t)$ закон распределения $f(t)$ при определенных соотношениях между дисперсией стационарной случайной функции σ_ψ^2 и «дисперсией» регулярной функции совпадает с законом распределения стационарной случайной функции. Результаты используются для определения закона распределения нерегулярной части фазы волны, связанной с неоднородностями ионосферных слоев.

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ИОНОСФЕРЫ

В. Д. ГУСЕВ, Т. А. ГАЙЛИТ

Рассматривается схема автоматического устройства для корреляционного анализа амплитуды отраженного от ионосферы сигнала. Автоматическое устройство позволяет вычислять структурную функцию (однозначно связанную с функцией корреляции) случайного процесса с частотным спектром 0—5 гц. Точность вычисляемой функции 2—3%, время построения одной структурной функции совпадает с временным интервалом, выбираемым для исследования непрерывного случайного процесса. Схема устройства достаточно проста, имеет всего 11 электронных ламп. Отсутствует предварительная запись процесса на фотоленку или магнитную ленту. Предлагаемое устройство может быть применено при исследовании динамики тонкой структуры ионосферы, а также при исследовании любого случайного процесса с низкочастотным спектром

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СВЯЗИ ВЫСОКОШИРОТНЫХ РАДИОТРАСС

В. А. БАРАНУЛЬКО

Рассматривается надежность связи на радиотрассе, которая определяется как разность между вероятностью сущест-

122

вования слоя в точке, контролирующей связь на трассе, и вероятностью появления полярного поглощения в той же точке. Распространение радиоволн на трассе может происходить вследствие отражения радиоволн от различных слоев (контрольные точки которых имеют различные географические координаты и находятся на различных высотах). Произведем расчет надежности связи по различным слоям, определяем для каждого данного часа слой, который обеспечивает наибольшую надежность на трассе, и по этому слою выбираем рабочую частоту, которая является оптимальной как в смысле надежности, так и напряженности поля на трассе. Расчет надежности связи позволяет нам лучше познать механизм распространения радиоволн, установить, от какого из слоев происходит в действительности отражение волн, какой луч, проходящий к приемнику, является основным и, следовательно, каковы должны быть углы антенн в вертикальной плоскости для наиболее эффективного приема и передачи сигналов.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ЛИНИЙ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

Ш. Г. ШЛИОНСКИИ

Излагается способ расчета, позволяющий решать комплекс задач по определению НПЧ, напряженности поля, требуемой мощности передатчика для любых видов связи и технических средств достаточно простым путем. Для расчета целесообразно использовать физически обоснованные и современные данные о напряженности поля сигнала и уровнях атмосферных помех.

ВНЕЗАПНОЕ ЗАТУХАНИЕ КОРОТКИХ РАДИОВОЛН В ИОНОСФЕРЕ. СТАТИСТИКА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВРЕМЯ С 1938 до 1957 гг.

Г. М. БАРТЕНЕВ

Приводятся материалы эксплуатации радиомаршрутов Московского радиоцентра по 24 трассам, в которых изложены причины нарушения радиосвязи во время внезапного поглощения мощности в ионосфере. Найдены корреляционные соотношения между продолжительностью нарушения связи и протяженностью маршрута, геоширотой месторасположения, частотой, на которой работает радиомаршрут. Даются рекомендации, обеспечивающие бесперебойность связи

МЕТОДЫ БЕЗЫМПУЛЬСНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ СЛОЕВ ИОНОСФЕРЫ

В. Е. КАШПРОВСКИЙ

В целях организации наблюдений слоя E и в связи с отсутствием специальных ионосферных станций с нижним пределом диапазона частот, лежащим ниже $0,5 \text{ МГц}$, предлагаются методы наблюдения слоя E с помощью компарирования ряда радиовещательных станций, работающих в диапазоне $1,0—0,2 \text{ МГц}$ и расположенных в зоне ближнего фединга относительно места наблюдения.

Путем гармонического анализа получаемых записей поля устанавливаются частотные компоненты фединга и исходя из геометрии многоскачкового распространения определяются скорости изменения высот отражающего слоя, высоты этого слоя и наличие неоднородностей в определенных участках областей отражения. Для уточнения высот наблюдаемого слоя предлагается снять частотные характеристики всего тракта (передатчик—эфир—приемник) и по наблюдению селективного фединга на определенных частотах определить высоты отражающего слоя более точным способом.

ИОНОСФЕРНАЯ СТАНЦИЯ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ С МЕХАНИЧЕСКИМ СОПРЯЖЕНИЕМ НАСТРОЕК ПЕРЕДАТЧИКА И ПРИЕМНИКА

Г. В. ВАСИЛЬЕВ, Ю. В. КУШНЕРОВСКИЙ

Рассматривается одноручечная ионосферная станция ручного управления с механическим сопряжением настроек задающего генератора передатчика и приемника (установленная в Мурманской области), предназначенная для вертикального зондирования ионосферы и, в частности, для измерения поглощения и ветров в ионосфере. Диапазон частот станции $0,5—16,0 \text{ МГц}$, мощность излучения $30—50 \text{ кВт}$ в импульсе длительностью порядка 100 мксек .

Измерения ветров в ионосфере показали наличие преимущественного направления движения к западу с небольшим отклонением к югу при наиболее вероятной скорости порядка 80 м/сек .

Система одноручечной настройки позволяет использовать передатчик одновременно для излучения нескольких частот.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛУННЫХ ПРИЛИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ИОНОСФЕРЕ

В. А. ЗАГУЛЯЕВА

Проводятся вычисления лунных приливных движений по данным пяти ионосферных станций Советского Союза, расположенных в Ашхабаде, Москве, Ленинграде, Томске, Иркутске.

По данным ионосферной станции г. Ашхабада получены амплитуды и фазы приливных вариаций критических частот слоев E , F , F_2 , а также минимальные действующие высоты слоя F_2 . По данным других станций получены амплитуды и фазы приливных вариаций критических частот слоя F_2 .

Рассматриваются результаты и даются предположения о движении ионизированных масс, вызванных приливными силами.

СПОРАДИЧЕСКИЙ СЛОЙ E ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА СТАНЦИЯХ СОВЕТСКОГО СОЮЗА ЗА ПЕРИОД МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА

Н. И. ПОТАПОВА

Приводится обработка данных слоя E_s , проведенная в соответствии с классификацией, предложенной Специальной комиссией Международного геофизического года (СКМГГ). Выделены типы E_s , наиболее часто встречающиеся на среднеширотных станциях. Проведено разделение отражений от слоя E_s со слабой и сильной ионизациями. Получен суточный и сезонный ход вероятности появления E_s различных типов для среднеширотных станций.

Рассматриваются особенности слоя E_s на высокоширотных станциях и его типы, наблюдающиеся во время ионосферных возмущений в полярных сияниях.

ОТРАЖЕНИЕ РАДИОВОЛН МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ОТ СЛОЯ СНЕГА

И. С. ЗИНИЧЕНКО, А. Я. УСИЧКОВ

Излагаются результаты измерения коэффициентов отражения радиоволн $31,9$, $13,6$, $8,5$, $6,7$ и $4,4 \text{ мм}$ от слоя снега.

В описываемых измерениях применялась методика определения отражений от снега в свободном пространстве. Коэффициенты отражения радиоволн измерялись в широком интервале углов падения с точностью 3—5%. Для измерения отражательной способности применялся снег различной структуры и плотности. Измерение отражения указанных радиоволн от слоя снега показало сильную зависимость коэффициентов отражения от длины волны и аномально малое отражение для наиболее коротких волн. Объясняется резко выраженная зависимость коэффициента отражения от длины волны.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАЛЬНОГО ПРИЕМА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И ДРУГИХ СИГНАЛОВ НА УКВ

П. М. ТРИФОНОВ

Приводятся краткие характеристики основных теорий по дальнему распространению УКВ и аппаратура для исследований: антенные системы, усилители, телеприемная аппаратура, измерители поля УКВ и т. п.

Дается методика измерений. Рассматриваются результаты исследований радиоприема в различных телевизионных волновых каналах: нулевой, первый, третий, четвертый и пятый (отечественных и зарубежных телецентров), а также результаты расчетов некоторых трасс тропосферного и ионосферного рассеяния для различных отечественных и зарубежных телецентров.

Предлагаются экспериментальные данные и теоретические расчеты, характеристика искажений, прогнозы и т. п.

ДАЛЬНИЙ И СВЕРХДАЛЬНИЙ ПРИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

И Ф ГРАЧЕВ

Рассматриваются материалы наблюдений за прохождением телевизионных сигналов на дальних и сверхдальних расстояниях в период Международного геофизического года на территории ЭССР.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП УЭМВ-100

П. А. СТОЯНОВ, В. В. ПОЛИВАНОВ

Рассматривается микроскоп УЭМВ-100 I класса (разрешающая способность 10—15 Å, увеличение до 150 000 раз, ускоряющее напряжение 100 кВ). Он позволяет исследовать объекты в светлом и темном поле, получать стереоснимки, снимать электроннограммы на просвет и на отражение, осуществлять микродифракционные исследования, а также получать изображения в отраженных лучах от массовых объектов. За счет применения 2-линзового конденсора в микроскопе снижен фон и увеличена контрастность изображения, а также осуществлена возможность наблюдения нестойких по отношению к электронам объектов.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР ЭНЕРГИИ НА 75 кВ И НЕКОТОРЫЕ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

А. Н. КАБАНОВ, Ю. И. КУШНИР

Создан высокоразрешающий универсальный электростатический анализатор энергий, удовлетворяющий требованиям широкого круга исследователей, занятых изучением физики твердого тела, элементарных процессов рассеяния заряженных частиц и т. д. Анализатор позволяет измерять потери энергии электронов или ионов лития, ускоренных до значений 20—80 кВ в диапазоне 100—120 эВ с разрешением лучше чем 0,5 эВ.

Излагаются первые опыты по измерению потерь энергии электронов 75 кВ, прошедших сквозь тонкие пленки различных веществ и газов, а также потерь энергии отраженных электронов. Обсуждаются результаты измерений потерь энергии 75 кВ ионов лития в различных атомарных и молекулярных газах.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП-ЭЛЕКТРОНОГРАФ С
УСКОРЯЮЩИМ НАПРЯЖЕНИЕМ 400 кВ И
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
ПОВЫШЕННЫХ СКОРОСТЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВА**

Н. М. ПОПОВ

Рассматривается микроскоп-электронограф с повышенной скоростью электронов, который позволяет решать многие вопросы, совершенно недоступные для обычных низковольтных приборов. Были исследованы внутренние структуры ряда крупных бактерий и показана возможность применения для этого метода микродифракции, получены монокристаллические электронограммы ряда дисперсных минералов (каолинит и др.), показана возможность микродифракционных исследований некоторых полимерных веществ, встречающихся в живых тканях (ДНК, полифосфаты), проведен опыт исследования на просвет фольги некоторых металлов (в том числе сталей), причем определялись форма и размеры блоков с количественными определениями угловых дезориентаций, а также обнаруживались дислокации.

Исследовались различные виды сажи, причем были получены микроэлектронограммы, характеризующие структуру и внутреннюю мозаику отдельных частиц. Разрешающая способность прибора 20 А, диаметр области микродифракции 0,05 м, разрешение электрограммы 0,001 эв.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО
МИКРОСКОПА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В
АТМОСФЕРЕ ГАЗОВ И ВО ВЛАЖНОМ СОСТОЯНИИ**

И. Г. СТОЯНОВА

Приводится созданная аппаратура и метод исследования, позволяющие устранить в электронном микроскопе влияние вакуума и термическое действие электронов на объект, а также значительно снизить действие электронов на объект, как источника ионизирующей радиации.

Рассматривается электронный микроскоп УЭМВ-100, снабженный специальной линзой объектива и коммутационной системой, с помощью которого можно непосредственно наблюдать объекты, находящиеся в газовой среде, процесс химической реакции между газообразной и твердой фазами, а также объекты во влажном состоянии, в том числе биологические

128

Исследование таких объектов можно проводить в светлом и темном поле, а также получать дифракционную и микродифракционную картину.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ И
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

З Я. БЕРЕСТНЕВА

Указывается, что одновременное применение электронной микроскопии и электронографии дает возможность наблюдать картину возникновения коллоидных частиц, включая всю картину перехода от образующихся вначале аморфных частиц к конечным кристаллическим частицам. Совместное применение тех же методов дает возможность наблюдать как отдельные молекулы высокомолекулярных соединений, так и структуры, возникающие при взаимодействии этих молекул, в частности, проследить все стадии кристаллизации полимеров. Рассматривается в общем виде совместное применение электронной микроскопии и электронографии, которое дает возможность проследить за процессами упорядочения, приводящими к образованию коллоидных систем и высокополимеров.

**ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРНЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ В МЕТАЛЛАХ И
СПЛАВАХ**

Ю А. СКАКОВ

Дается общая характеристика основных дефектов структуры реальных кристаллов и их влияния на свойства. Подробно рассматриваются методы и результаты электронно-микроскопических исследований мозаичной структуры металлов. Обсуждаются результаты применения метода отпечатков. Наибольшее внимание уделяется непосредственным наблюдениям мозаичной структуры и дислокаций в металлах с помощью просвечивающего электронного микроскопа. Сопоставляются результаты рентгенографических и электронно-микроскопических определений мозаичной структуры.

9-1285

**СЕКЦИЯ РАДИОВЕЩАНИЯ, ЭЛЕКТРОАКУСТИКИ
И ЗВУКОЗАПИСИ**

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ
СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ РЕЧИ**

Б. А. ШВАРЦ

Рассматриваются факторы, определяющие плотность звуковой энергии в помещении, и влияние акустической обратной связи на устойчивость работы установок усиления речи.

Приводятся схемы и результаты испытаний трех экспериментальных громкоговорящих установок, предназначенных для повышения устойчивости работы звукоусиления: установки с усилением, автоматически регулируемым неслышимым пилот-сигналом, установки с автоматическим уменьшением избыточного усиления импульсом автоколебаний, установленным по его спектральной характеристике, и установки с беспроводным каналом связи между легким переносным микрофоном и стационарным усилителем, питающим громкоговорители.

Рассматриваются параметры демонстрируемой аппаратуры.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ
МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ СТАТИСТИЧЕСКИХ
СИГНАЛОВ**

Г. С. ГЕНЗЕЛЬ

Дается краткое описание прибора для исследования распределения во времени мгновенных значений статистических сигналов и приводятся основные результаты экспериментального исследования временных статистических свойств различных вещательных сигналов.

Рассматривается зависимость распределения уровней от распределения мгновенных значений исследуемого сигнала. Показывается отклонение распределения уровней сигналов от нормального закона распределения на ряде примеров исследованных программ.

130

ТЕКУЩАЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

В. В. ФУРДУЕВ, С. И. КРЕЧМЕР

Экспериментальное исследование функций текущей автокорреляции речевого сигнала приводит к установлению тех статистических характеристик речи, которые определяют интерференционные эффекты, наблюдаемые при сложении сигнала с его запаздывающим повторением. - плотность вероятности и интегральный закон распределения мгновенных значений автокорреляции при разных запаздываниях.

Исследование среднеквадратичных значений функций текущей автокорреляции позволяет определить коэффициент и интервал когерентности речевого сигнала.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРАВИЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ
ДВИЖЕНИЯ КАЖУЩЕГОСЯ ИСТОЧНИКА ЗВУКА ПРИ
СТЕРЕОФОНИЧЕСКОМ И ПСЕВДОСТЕРЕОФОНИЧЕСКОМ
ПРОИЗВЕДЕНИЯХ**

В. С. МАНЬКОВСКИЙ

Рассматривается зависимость искажений в передаче движения кажущегося источника звука по глубине и по фронту от расстояния между исполнителем и линией микрофонов, от угла поворота и различного взаимного размещения микрофонов. Даются некоторые рекомендации по выбору оптимальных с точки зрения названных искажений условий работы с микрофонами.

Определяется математически закономерность, которая должна соблюдаться при изменении уровней сигналов в каналах псевдостереофонической системы для того, чтобы свести искажения по глубине и по фронту до минимума.

**СТЕРЕОФОНИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ ШИРОКОФОРМАТНЫХ
КИНОФИЛЬМОВ**

М. З. ВЫСОЦКИЙ

Приводится краткое описание новой отечественной системы широкоформатного кинематографа с пространственным звуко-

9

131

воспроизведением и «эффектом участия», близким к «кинопанораме, достигаемым более простыми техническими средствами. Система основана на использовании одной широкой 70-мм киноплёнки и стереофонического, а также «псевдостереофонического» методов записи на 6—9 каналах магнитным способом.

Рассматриваются некоторые особенности многоканальной звукозаписи широкоформатных кинофильмов: первичная запись, озвучание, запись музыки, перезапись, нанесение магнитных звуковых дорожек и «электрическая печать» совмещенной копии.

Доклад сопровождается демонстрацией экспериментального ролика.

МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ТРАКТОВ В КРУПНЫХ СИСТЕМАХ ПРОВОДНОГО ВЕЩАНИЯ

А. С. ГОЛУБЧИК

Рассматриваются положения о возможности частотной коррекции методом отражения (для линий малой протяженности), о применении системы предсказания (для более длинных линий) и о возможности дополнения этой системы промежуточным подусилителем для дальнейшего увеличения предела корректируемых длин линий. Приводятся также обобщенные материалы по итогам коррекции соединительных линий в Московской городской радиотрансляционной сети. Даются рекомендации по коррекции соединительных линий разной протяженности и выбору типа корректирующих устройств.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ И ЛАМПОВЫЕ КОРРЕКТИРУЮЩИЕ УСИЛИТЕЛИ МГРС ДЛЯ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В. М. ЯЗВИН

Рассматривается построение тракта с промежуточным подусилителем и технические требования, предъявляемые к нему. Дается анализ схем усилителей для промежуточного подусиления, выполненных на лампах и на полупроводниках

132

Дается обзор экспериментальных работ, предшествующих созданию усилителей, с целью получения необходимых технических показателей. Предлагаются рекомендации по расчету и конструированию усилителей.

Приводятся результаты применения усилителей в трактах МГРС.

ПРИБОР ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПРОВОДНОМ ВЕЩАНИИ

В. А. НИЮРЕНБЕРГ

С развитием техники автоматического контроля за работой вещательных установок появилась возможность усовершенствовать и улучшить ранее разработанную систему дистанционных измерений.

В приборе используется метод логометрической оценки отношения измеряемых сигналов, основанный на применении авторегуляторов уровня. Устройство прибора обеспечивает большую точность измерений. В его схеме всего 5 электронных ламп и минимальное количество дополнительных деталей. Размеры прибора значительно уменьшены, стоимость его изготовления существенно сокращена.

ЗВУКОУСИЛИТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

И. Д. НИКИФОРОВ

Рассматривается звукофикация митингов, выступлений артистов на открытых эстрадах и других мероприятий, где применяются подвижные звукоусилительные станции, оборудованные в автомашинах. Наиболее высокий к.п.д. таких установок могут обеспечить усилители, сделанные полностью на полупроводниковых элементах.

Приводятся разработки полупроводниковых усилителей на мощность более 100 вт на базе триодов П-320 и вновь разрабатываемых триодов. Рассматриваются трудности создания усилителей большой мощности.

133

Серьезным вопросом при проектировании усилителей на полупроводниках является вопрос температурной стабилизации и отвода тепла, выделяемого при работе мощными триодами.

Приводятся качественные показатели макетов 25- и 100-ваттных усилителей на полупроводниках

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЛИНЕЙНУЮ СИСТЕМУ ОДНИМ И ДВУМЯ СИНУСОИДАЛЬНЫМИ ТОНАМИ

Н. Н. ПАВЛОВ

Рассматриваются количественные соотношения между величинами нелинейных искажений, измеренными методом интермодуляционным, методом разностного тона и коэффициентом гармоник.

Приводятся сравнительные данные измерений, выполненных рекомендуемыми методами.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ И МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Д. П. ВАСИЛЕВСКИЙ, Р. Р. АРНОЛЬД

Разработанная методика включает не только определение основных параметров записи и воспроизведения, но и исследование отдельных элементов магнитофонов. Особое внимание уделяется вопросам испытания магнитных головок, которые являются основным элементом, определяющим качество записи и воспроизведения.

Методика разработана применительно к аппаратуре, работающей с магнитной лентой шириной 6,25 мм. Однако эта методика может быть использована и для аппаратуры с другими видами магнитных носителей записи.

НАПРАВЛЕНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ ЛЕНТЫ ПРИ ЗАПИСИ ТОРОИДАЛЬНЫМИ ГОЛОВКАМИ

А. А. ВРОБЛЕВСКИЙ, И. И. МЕДНИКОВА

Имеается вопрос о направлении остаточной индукции ленты, намагниченной кольцевой головкой, и о роли продольной и поперечной составляющих поля в процессе намагничивания ленты. Рассматриваются также конфигурация поля головки, коэффициент размагничивания продольной и поперечной составляющих остаточной индукции ленты и механизм намагничивания ленты при наличии высокочастотного смещения

К ТЕОРИИ МАГНИТНЫХ СИГНАЛОГРАММ

В. А. ГЕРАНИН

Вводится новая характеристика магнитной сигналограммы—выходной эффект сигналограммы, которая характеризует отдачу сигналограммы значительно более полно, чем остаточный поток внутри носителя.

Экспериментально доказывается, что распределение намагниченности по толщине ленточного носителя магнитной записи при кольцевой записывающей головке определяется длиной волны записанного колебания и не зависит от частоты сигнала.

Предпринимается попытка установить закон распределения намагниченности по толщине порошкового магнитодиэлектрического ленточного носителя при записи сигнала стандартной кольцевой магнитной головкой

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЯЦИОННЫХ МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

М. В. ЛАУФЕР, О. В. ПОРИЦКИЙ

Рассматриваются основные положения теории модуляции и демодуляции магнитного потока в модуляционных головках. Описывается новая система модуляционной магнитной головки, обеспечивающая высокую отдачу, и датчик положения, использованный в качестве устройства запоминающего размера,

применительно к программному управлению токарно-револьверным станком. Модуляционная головка рассматривается как магнитный усилитель.

Приводятся результаты спектрального анализа выходного напряжения головки, подтверждающие правильность изложенных основных положений теории. Указываются новые возможности применения модуляционной головки в магнитной записи.

ФЕРРОГРАФИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА НЕСКОЛЬКИМИ ОДНОВРЕМЕННО ПРОТЕКАЮЩИМИ ПРОЦЕССАМИ

М. Г. АРУТЮНОВ

Рассматриваются способы феррографического осциллографирования электрических процессов. Показывается, что феррографическая регистрация процессов имеет ряд преимуществ перед другими способами осциллографирования.

Дается обзор конструкций записывающих головок для получения осциллографической записи, а также эскизное решение конструкции для наблюдения за несколькими одновременно протекающими процессами и магнитным фиксированием последних.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОПЫТНОЙ ФЕРРИТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

М. Л. АВРУХ, И. Н. РИКО

Рассматривается схема универсальной цифровой вычислительной машины, которая обладает той спецификой, что в качестве машинной памяти используются устройства параллельного действия, арифметические операции выполняются устройством последовательного действия с отдельными блоками для выполнения различных операций и с внутренней памятью последовательного действия. Принципы программного управления машины позволяют совмещать в одном цикле работы одновременно три операции: выполнение команды, подготовку следующей команды (расшифровку кода операции и модификацию длинного адреса) и отсылку результата предыдущей операции. Набор операций, предусмотренный в машине, позволяет решать широкий круг вычислительных и логических задач.

АРИФМЕТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ФЕРРИТОВОЙ ЦИФРОВОЙ МАШИНЫ ЛЭМ-1

Ю. А. МАХМУДОВ, Я. И. ПОСТЕРНАК

Рассматривается арифметическое устройство, предназначенное для выполнения арифметических и логических операций. Устройство работает на параллельно-последовательном принципе. В отличие от арифметических устройств универсальных электронных цифровых машин в арифметическом устройстве машин ЛЭМ-1 используются отдельные блоки для выполнения операций алгебраического сложения, умножения, деления, сравнения и логических операций, а также специальные регистры для кратковременного запоминания промежу-

точных результатов. Это позволяет применением специальных схем резко сократить время выполнения операций умножения и деления.

ВНЕШНЕЕ УСТРОЙСТВО УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ МАШИНЫ ЛЭМ-1

Ю. А. МАХМУДОВ

Внешнее устройство универсальной цифровой машины ЛЭМ-1 предназначено для ввода исходной информации в машину, вывода результата вычисления, а также для пополнения внутреннего оперативного запоминающего устройства машины новой информацией во время ее работы.

Во внешнее устройство входит устройство ввода, выходное устройство и внешнее запоминающее устройство на магнитной ленте.

О КОНТРОЛЕ ОПЕРАЦИЙ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ ЛЭМ-1

Г. И. КЛЕЙНЕРМАН

Предлагается контролировать операции, производимые цифровой вычислительной машиной, сопоставив каждому «слову» двухрядный «контрольный код», который равен остатку от деления целого двоичного числа $\sum_{i=1}^n a_i 2^{i-1} (-i)^k$ на три. По контрольным кодам компонент операции (и некоторых промежуточных элементов) вырабатывается число, которое при правильной работе машины должно совпасть с контрольным кодом результата операции. При несовпадении этих чисел машина останавливается (обнаруживает сбой).

Подсчитывается вероятность обнаружения сбоев.

ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМИ СТАНКАМИ

Б. В. АНИСИМОВ

Рассматриваются электронные устройства программного управления стойками. Технические требования на деталь представляются в виде чертежа с указанием размеров и допусков. Устройство подготовки информации преобразует данные чертежа в систему команд и сигналов. Устройство отработки информации осуществляет преобразование информации в последовательность движения рабочих органов станка. В некоторых устройствах приходится осуществлять преобразование информации. Приводится схема преобразования кодово-импульсной записи информации в фазовомодулированный код.

ОПЫТ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛЕ НА МАШИНЕ ЛЭМ-1

Г. И. КЛЕЙНЕРМАН

Рассматриваемая программа содержит 198 команд и использует все операции, имеющиеся в машине, кроме деления и выполнения одиночной команды с МОЗУ. Время, необходимое для просчета, меняется в зависимости от типа кристаллической решетки и от числа координационных сфер, влияние атомов которой подлежит учету. Максимальное время непрерывного счета для гранецентрированной решетки при $N = 32\ 000$ составило 3 ч (учитывались атомы, расположенные в первых двух координационных сферах).

О СИНТЕЗЕ ОДНОГО КЛАССА СХЕМ НА ФЕРРИТОТРАНЗИСТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

М. Л. ЦЕТЛИН, Л. М. ШЕХТМАН

Рассматривается схема универсальной ферритотранзисторной ячейки, осуществляющей логическую функцию отрицания импликация с задержкой, приводятся значения основных параметров и исходные данные для технического расчета. Опи-

связываются способы осуществления дизъюнкции. Доказывается возможность реализации на указанных ячейках произвольной логической функции с задержкой, не превышающей двух тактов. Даются методы такой реализации с помощью специальной формы представления функций алгебры логики — g нормальной формы. Излагаются формулы, позволяющие упрощать и преобразовывать схемы. Предлагается метод синтеза схем с обратными связями (испримитивных схем), позволяющий получать схемы непосредственно по матрицам состояний и реакций. Приводятся примеры синтеза схем, употребляемых в цифровых устройствах.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

А. Ю. ГОРДОНОВ, Е. Б. ГОЛЬДШТИК, Е. И. ЗОРКОВ,
В. А. КАЛИХМАН, Г. В. КАТОЛИКОВ

Приводятся данные по схемам элементов для управления постоянным и магнитным оперативным запоминающим устройством цифровой вычислительной машины. Теоретически и экспериментально доказывается возможность создания мощных импульсов малой длительности на низкочастотных транзисторах.

КОМПЛЕКС ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Л. Н. ПАТРИКЕЕВ, Т. М. АГАХАНИЯН, Н. С. БЕЛОВА,
В. А. ГРИБАНОВА, Б. Н. КОНОНОВ, В. И. ЛЕБЕДЕВ,
А. Г. ФИЛИПОВ, Ю. Н. ФОСТ

Приводятся схемы и экспериментальные характеристики комплекса основных элементов цифровой вычислительной машины: триггера, импульсного усилителя, схем совпадений с одним и несколькими потенциальными входами, выполненных на полупроводниковых приборах. Элементы рассчитаны на частоту тактовых импульсов машины (не менее 500 кГц). Испытания элементов показали их надежную работу в диапазоне температур от -60 до $+50^{\circ}\text{C}$ при изменении напряжений источников постоянного и импульсных питаний на $\pm 20\%$.

140

МЕТОД РАСЧЕТА УСТРОЙСТВ НА ФЕРРИТОВЫХ СЕРДЕЧНИКАХ

А. А. КОСАРЕВ

Рассматривается ферритовый сердечник как радиотехнический элемент, основным свойством которого является преобразование тока во входной обмотке в напряжение на выходной обмотке. Вводятся параметры сердечника. Приводится случай, когда в выходные цепи ферритовых сердечников включаются другие сердечники и линейные элементы (сопротивления, индуктивность и емкость). Составляются уравнения цепей для этого случая. Предлагается метод нахождения параметров цепей по заданным условиям работы схемы с помощью полученных уравнений. Иллюстрируется применение метода на нескольких примерах.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ИМПУЛЬСНЫХ СХЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ФЕРРОМАГНИТНЫЕ СЕРДЕЧНИКИ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА

Ю. М. ШАМАЕВ

Рассматриваются на основе теоретических и экспериментальных исследований ферромагнитных сердечников (особенно ферритов) с прямоугольной петлей гистерезиса найденное уравнение динамического равновесия и схема замещения сердечника, описывающие полностью поведение сердечника при произвольной форме воздействующего импульса, перемагничивающего сердечник по любому частному подциклу. Это позволило определить устойчивость частных циклов и аккомодацию при импульсном перемагничивании сердечников, а также при совместном рассмотрении законов Кирхгофа и уравнения динамического равновесия рассчитать переходные и установившиеся режимы в импульсных цепях (быстродействующие магнитные регистры сдвига, магнитные триггеры, клапаны и другие логические элементы быстродействующих цифровых вычислительных машин).

Приводятся результаты исследований влияния температуры и определяется связь между параметрами статических и динамических характеристик сердечников.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ МАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДРОССЕЛЬНОГО ТИПА

И. В. КОРОЛЬКОВ, В. С. ГАВРИЛОВ

Рассматриваются схемы на магнитных элементах с дроссельным принципом работы. Приводятся дроссельные схемы на ферритах (ячейка регистра, логические ячейки «И», «ИЛИ», «Р», «З» и «Т»), работающие на частом цикле.

Даются характеристики устойчивости работы регистра с ячейкой «запрет» в диапазоне частот 200—400 кГц. На частоте 300 кГц предел устойчивости составляет $\pm 20\%$. С увеличением температуры (до $+77^\circ\text{C}$) предел устойчивости не снижается. Приводятся пределы устойчивости и нагрузочные данные логических ячеек и параметры мощной ячейки.

О РАСЧЕТЕ СХЕМ НА БЕЗНАКАЛЬНЫХ ТИРАТРОНАХ

А. А. ГЕНИС

Рассматриваются статические и динамические характеристики безнакальных тиратронов, особенности механизма зажигания разряда в тиратронах с «токовым» и «потенциальным» управлением.

Приводятся общие соображения по расчету схем на тиратронах с холодным катодом (выбор их режима работы, напряжений источников питания, элементов RC-схем и т. д.). Предлагаются основные расчетные соотношения в триггерных схемах на безнакальных тиратронах и методика расчета схем для выполнения основных логических операций. Дается анализ работы релаксационных генераторов на безнакальных тиратронах.

СЧЕТЧИКИ НА ФЕРРОТРАНЗИСТОРНЫХ ЯЧЕЙКАХ

З. И. ЗАВОЛОЛОКИНА

Рассматриваются три основные группы счетчиков. К первой группе относятся счетчики, каждый каскад которых представляет собой комбинацию устройства несовпадения, задержки и запоминающей ячейки. Счетчики второй группы основаны на использовании принципа преобладания одного сигнала

над другим, а элементы задержки здесь не являются принципиально необходимыми. В отличие от первой и второй групп каждый каскад счетчиков третьей группы может иметь несколько устойчивых состояний, что предопределяет их использование в системах счисления с основанием больше двух.

Каждая группа счетчиков иллюстрируется рядом характерных логических схем. Проводится их сравнение по таким характеристикам, как время получения результата счета, сложность электрической и логической схемы, надежность и доступность информации о числе, зафиксированном в счетчике.

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОТАКТНЫХ ФЕРРИТОДИОДНЫХ РЕГИСТРОВ СДВИГА ИМПУЛЬСОВ С КЛЮЧОМ В СХЕМАХ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В. А. МАМЧИЦ

Рассматриваются легко выполнимые основные логические схемы «И», «ИЛИ», «ИЛИ с исключением», «НЕ» и др. На базе логических элементов, работающих по принципу одноктактных ферритодиодных регистров сдвига импульсов с полупроводниковым ключом в цепях разряда конденсаторов, обеспечивающих промежуточное запоминание информации. Созданная логическая аппаратура отличается высокой работоспособностью в сочетании с конструктивной простотой. Результаты экспериментальных исследований, характеризующие надежность аппаратуры при работе в различных режимах, позволяют сделать вывод о целесообразности ее использования в автоматике.

МАГНИТНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И. В. КОРОЛЬКОВ

Рассматривается принцип формирования импульсов тока с помощью насыщенных дросселей, который позволяет просто получить требуемую форму импульсов до частот порядка сотен кГц. Необходимые импульсы формируются от источника переменного (например, синусоидального) напряжения. Сквозность импульсов и ток во время паузы можно изменять

путем подключения различного числа витков дросселей. Испытания магнитных формирователей при нагрузке до 1000 магнитных элементов на частотах 30 и 50 кГц и при меньшей нагрузке на частоте 100 кГц показали целесообразность использования их для питания большого количества магнитных элементов. При одновременном питании нескольких тысяч магнитных элементов можно включать несколько формирователей параллельно к одному мощному источнику синусоидального напряжения.

ТРЕХФАЗНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК ТАКТОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЦВМ НА ФЕРРИТАХ

С. М. ЗАЙДЕЛЬ, В. Д. ВАЙНШТЕЙН

Рассматривается разработанный мощный 3-фазный импульсный источник тактовых сигналов, обеспечивающий работу 5—7 тыс. магнитных ячеек. Основными узлами импульсного источника являются задающий генератор, предварительный усилитель, усилитель мощности и нелинейные преобразователи. Наряду с высокочастотными блоками разработаны блоки питания постоянного тока. Приводятся технические условия на импульсный генератор, параметры схем, результаты эксплуатации генератора.

ЗАПОМИНАЮЩИЕ ТРУБКИ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ МАШИН ДИСКРЕТНОГО СЧЕТА

В. И. ШИПЕР

Приводится быстродействующее запоминающее устройство современных электронных машин дискретного счета с числом операций порядка сотен тысяч в секунду, которое может быть выполнено на запоминающих трубках с барьерной сеткой, работающих в режиме равновесной записи. При работе в режиме равновесной записи, особенно при приближении потенциала облучаемого участка к равновесному потенциалу, в точках мишени, соседних с облучаемой, возникают паразитные сигналы вследствие попадания в них вторичных электронов

144

Рассматривается зависимость надежности прибора от длительности пребывания облучаемой точки при равновесном потенциале, расстояния между точками, расстояния между мишенью и барьерной сеткой, а также вопрос выбора оптимального режима работы прибора в накопителе.

Предлагается разработанная малогабаритная запоминающая трубка, обладающая емкостью информации 4096—8192 элемента при надежности 4096—1024 обращения на один цикл регенерации соответственно. Выходной сигнал трубки порядка 1 мка.

СДВИГАТЕЛЬ НА МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

А. Ф. ХОЛЬШЕВА

Рассматривается предусмотренный отдельный блок, называемый сдвигом. В арифметическом устройстве вычислительной машины для осуществления операции нормализации и сдвигов, а также операции со шкалами.

Приводится схема сдвигателя последовательного действия. Выполнение операций нормализации сдвигов осуществляется за два цикла, причем на любое количество разрядов то 0 до n , где n —число разрядов в числе. Операции со шкалами выполняются за один цикл. Все операции на блоке производятся над мантиссой.

МАГНИТНОЕ ОПЕРАТИВНОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО С МАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Н. И. ГРЯЗНОВ, Л. С. ЛЕВИНСКИЙ, М. А. ЦИБРОВ

Рассматривается уменьшение количества электронных ламп в цепях управления магнитных оперативных запоминающих устройств (МОЗУ). Анализируется работа по созданию магнитного управления. Приводится система выбора адреса с помощью граничных трансформаторов. Излагаются принципы магнитного управления «МОЗУ-1000», схема с «проталкиванием токов», магнитные ключи, магнитный дешифратор, управление дешифратором, магнитные формирователи токов записи. Приводятся результаты опытной эксплуатации устройства МОЗУ-1000 с магнитным управлением в автономном ре-

10—1285

145

жиме работы и его основные параметры. Усилители считывания выполнены на кристаллических триодах. Общее число электронных ламп в цепях управления МОЗУ равно 47 шт.

ДЕСЯТИЧНО-ДВОИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА МАГНИТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С АКТИВНЫМ ФЕРРИТОВЫМ ЗАПОМИНАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Л. Б. ЛЕВИН, Н. Г. ЖЕРЕВЦОВ, Г. Н. БИБИКОВ

Рассматриваются схема работы элемента активного запоминающего устройства и схема активного запоминающего устройства в целом; алгоритмы преобразования и блок-схема преобразователя; устройство магнитного коммутатора; устройство выходного регистра ЗУ; схема выходного устройства.

Дается область применения. Приводятся показатели скорости работы и количество аппаратуры.

МНОГОДорожечная запись иСКОВЫХ КОДОВ НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ

Н. В. ТРУБНИКОВ

Рассматриваются возможности увеличения емкости и скорости работы внешних запоминающих устройств. При магнитной записи информации используются ферромагнитная лента, ферромагнитная проволока либо специальный ферромагнитный барабан. Количество дорожек в различных типах автоматических вычислительных машин определяется особенностями их работы и может быть выполнено от двух до нескольких десятков.

СЕКЦИЯ ФЕРРИТОВЫХ УСТРОЙСТВ СВЧ

КОЛЕБАНИЯ МАЛОЙ ГИРОТРОПНОЙ СФЕРЫ В ПОЛЕ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ

А. ПИСТОЛЬКОРС, СЮИ-ЯНЬ-ШЕНЬ

Теоретически исследуется вопрос о колебаниях малой гиротропной сферы, возбуждаемых падающей плоской волной, распространяющейся в открытом пространстве или в волноводе.

Устанавливается зависимость высоты и ширины резонансной кривой от потерь энергии и типа колебаний, вычисляются амплитуды и фазы отраженных волн. Полученные данные сопоставляются с результатами эксперимента

СМЕШЕНИЕ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ В ФЕРРИТАХ

А. Л. МИКЛАЭЛАН, В. Я. АНТОНЬЯНЦ

Рассматривается воздействие колебаний двух близких частот на намагниченные сферы небольших размеров, изготовленные из монокристаллических и поликристаллических ферритов различных марок. Вычислена амплитуда напряжения разностной частоты, равной 30 Мгц, на нагрузочном контуре и приведены результаты измерений этой величины для сфер диаметром от 0,8 до 2,8 мм. Измеренные и вычисленные значения напряжения разностной частоты для монокристаллических образцов достаточно точно совпадают между собой.

Приводятся результаты исследования цилиндрических образцов ферритов различных марок и наименьшие потери преобразования, полученные в экспериментах, которые составляют 55 дб при мощности гетеродина 50 мвт.

О ФЕРРИТОВЫХ ВЕНТИЛЯХ ПРЕДЕЛЬНОГО ТИПА

А. Л. МИКАЭЛЯН, А. К. СТОЛЯРОВ

Излагаются результаты исследования распространения волн в полосковом и нормальном волноводах, частично заполненных ферритовой средой. Показывается, что в них может существовать ферритовая поверхностная волна, которая в несимметричных случаях может обладать однонаправленными свойствами. Исследуются свойства ферритовой поверхностной волны, ее связь с обычными волнами и выясняются условия, при которых эта волна становится однонаправленной. Приводится расчет затухания волны в ферритовом слое и требования, предъявляемые к параметрам феррита, при которых предельный вентиль будет обладать малыми потерями в прямом направлении. Произведенный эксперимент показал возможность создания предельных вентилях.

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРРИТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

А. Л. МИКАЭЛЯН, И. Г. ТЕЙТЕЛЬБАУМ

Приводятся результаты расчета фазовращателя, представляющего собой прямоугольный волновод с продольно намагниченной ферритовой пластинкой, расположенной вдоль его оси.

Расчет проводится методом теории возмущений для случая, когда пластинка полностью заполняет волновод по высоте. Результаты хорошо согласуются с экспериментом

К ТЕОРИИ УДАРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В НЕЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ

А. В. ГАПОНОВ, Л. А. ОСТРОВСКИЙ, Г. И. ФРЕЙДМАН

Рассматривается распространение электромагнитных волн большой амплитуды в среде, электрические параметры которой зависят от напряженности электрического и магнитного полей (нелинейная среда). Показано, что если нелинейную

связь между векторами индукции и напряженностями электрического и магнитного полей считать функциональной, то в распространяющейся простой волне с течением времени появятся разрывы непрерывности векторов поля. Это указывает на образование ударной электромагнитной волны.

Получены условия, связывающие скорость перемещения разрыва со значениями полей по обе стороны от него. Из этих условий следует, что на разрыве всегда происходит диссипация электромагнитной энергии. Найденные условия вместе с уравнениями Максвелла позволяют проследить за развитием ударных электромагнитных волн, начиная от момента образования скачка.

Найдены выражения для частоты прецессии и для длительности фронта; приводятся оценки мощности высокочастотного излучения.

Рассмотрено влияние омических потерь на условия образования ударной волны. Показана возможность существования стационарных ударных волн в средах с отличной от нуля проводимостью. Приводятся некоторые вопросы строения и взаимодействия ударных электромагнитных волн.

НОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ШИРИНЫ КРИВОЙ ПОГЛОЩЕНИЯ В ФЕРРИТАХ

В. Я. АНТОНЬЯНЦ

Для измерения ширины кривой поглощения используется тот факт, что в области резонанса зависимость поглощения в ферритах от величины намагничивающего поля при постоянной частоте такая же, как и зависимость поглощения от частоты при неизменном намагничивающем поле. Исходя из этого, ширина кривой поглощения определяется как функция частоты, снятая при неизменном намагничивающем поле. Применение этого метода целесообразно при измерении очень узких кривых поглощения (порядка 10 эрст и менее), что представляет особый интерес для исследования монокристаллических ферритов со структурой граната.

К ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ФЕРРИТАХ НА СВЧ

Я. А. МОНОСОВ

Рассматривается вопрос о связанных колебаниях малого гиротропного сфероида вращения на частотах ω_1 и ω_2 в присутствии сигнала подкачки на частоте $\omega_3 = \omega_1 - \omega_2$. Для исследования используется аналогия с выражениями для токов в системе контуров, связанных через периодически меняющиеся параметры. Анализируются выражения для порогового уровня подкачки, вызывающего генерацию колебаний частот ω_1 и ω_2 , коэффициента усиления и ширины полосы пропускания. Определяется ширина области дополнительного поглощения в феррите на частоте ω_3 и указываются типы колебаний ферритового образца, могущие быть использованными для целей создания усилителей и генераторов СВЧ на ферритах.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ФЕРРИТАХ НА СВЧ

Я. А. МОНОСОВ, А. В. ВАШКОВСКИЙ

Проведено экспериментальное исследование нелинейных явлений в монокристаллах феррита с различными намагниченностями насыщения и различной шириной резонансных линий. Исследование производилось при помещении образца феррита в различные точки резонатора

Отмечены точки, в которых пороговый уровень мощности, соответствующий дополнительному поглощению, оказывается очень низким. Впервые экспериментально наблюдалось, что область дополнительного поглощения состоит из отдельных пиков. Исследована зависимость пороговой мощности от диаметра образца.

Приводятся данные по расширению резонансной линии однородной прецессии, качественно подтверждающие теорию Сула. Исследуется спектр собственных колебаний образца на частоте ω при одновременном воздействии на него сигнала большой мощности с частотой $\sim 2\omega$.

РЕЗОНАНСНЫЕ ФЕРРИТОВЫЕ ВЕНТИЛИ

STAT

А. К. СТОЛЯРОВ, А. Л. МИКАЭЛЯН

Сообщаются результаты приближенного теоретического исследования резонансных ферритовых вентилях. Производится сравнение характеристик вентилях различных типов, выясняется влияние дополнительного изотропного слоя на вентиляхные и диапазонные свойства резонансных систем. Рассматривается зависимость диапазонных свойств вентилях от выбора параметров феррита. Приводятся также основные результаты экспериментов, которые подтверждают выводы теории и дополняют ее. В частности установлено, что при определенном выборе размеров и параметров ферритовой пластины удается получить значительный разнос резонансных полей для прямой и обратной волн и тем самым резко усилить вентиляхные свойства системы. При этом вентиляхное отношение может превышать тот предел, который устанавливается приближенной теорией. Предлагается макет резонансного вентилях с вентиляхным отношением 600 на волне 8 см (применительно к радиорелейным линиям связи).

РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ВОЛНОВОДАХ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ПОПЕРЕЧНО НАМАГНИЧЕННУЮ ФЕРРИТОВУЮ ПЛАСТИНКУ

Н. М. КОВТУН

Рассматривается приближенная теория резонансного вентилях на волноводах H-образной и крестообразной формах поперечного сечения. Приводятся результаты анализа влияния величины размеров, положения ферритовой пластинки и частоты сверхвысокочастотных колебаний на прямые и обратные потери. Исследуется зависимость вентиляхного эффекта от высоты суженной части H-волновода. Производится сравнение характеристик резонансных вентилях на прямоугольном H- и крестообразном волноводах.

STAT

[REDACTED]

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕВЗАИМНЫХ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ В КООКСИАЛЬНОЙ ЛИНИИ С ФЕРРИТОМ

М. М. КОБЛОВА, Л. В. МОСКВИНА

Приводится уравнение для постоянной распространения в плоскопараллельном аналоге коаксиальной линии, позволяющее при расчете учесть размеры и параметры коаксиальной линии, феррита и диэлектрика. Проведен расчет взаимных фазовых сдвигов в такой системе и выполнено экспериментальное исследование в 10-см диапазоне волн. Предлагаются результаты, которые могут быть использованы при построении коаксиального фазового вентиля на ферритах

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА КОНЬКОВОГО КООКСИАЛА

М. В. ВАМБЕРСКИЙ

Находятся общие выражения для составляющих электромагнитного поля в коньковом коаксиале (коаксиальная линия с ребром). Решения волнового уравнения выражаются цилиндрическими функциями полуцелого или целого порядка.

Для основного типа волны $TE_{1,0}$ решено трансцендентное уравнение для волнового числа K_c . Приводятся графики для определения критической длины волны и амплитудного коэффициента. Исследованы области круговой поляризации вектора магнитного поля. Произведена оценка использования конькового коаксиала в ферритной технике сверхвысоких частот.

[REDACTED]

STAT

STAT

Научно-техническое общество радиотехники и электросвязи
им. А. С. Попова

STAT

К О Н Ф Е Р Е Н Ц И Я
по применению радиоэлектроники
в медицине и биологии

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

*Посвящается 100-летию со
дня рождения великого русско-
го ученого-изобретателя радио
А. С. Попова*

Москва

STAT

STAT



Научно-техническое общество радиотехники и электросвязи
им. А. С. Попова

К О Н Ф Е Р Е Н Ц И Я
по применению радиоэлектроники
в медицине и биологии

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

*Посвящается 100-летию со дня
рождения великого русского учено-
го-изобретателя радио А. С. Попова*

Москва

1958



STAT

STAT

АКСЕНОВ Б Н., КУЗНЕЦОВ Б А.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ХИРУРГИЧЕСКАЯ ЦВЕТНАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ УСТАНОВКА

Развитие телевизионной техники, естественно, привлекло к себе внимание со стороны хирургов. В послевоенные годы как за рубежом, так и в Советском Союзе проводились многочисленные опыты по использованию телевидения в хирургии, к сожалению, в течение длительного времени не приводившие к положительным результатам. Это можно объяснить явной переоценкой достоинств телевизионной аппаратуры, разработанной для целей широковещания, игнорированием специфических требований хирургии.

Успех установки может быть достигнут только при использовании специально разработанной аппаратуры, ибо все предыдущие опыты, основанные на использовании типовой студийной аппаратуры, не решая задачу в полном объеме, не приводили к положительным результатам.

Аппаратура, монтируемая в операционном помещении, безусловно, не должна создавать каких-либо затруднений для хирурга, проводящего операцию, который не должен менять установленный порядок проведения операции.

Аппаратура должна обеспечивать четкое изображение таких предметов как, например, хирургических игл и ниток, при диаметре снимаемого изображения не менее 300 м.м и при максимально близком воспроизведении цветов окраски оригинала.

Аппаратура должна быть надежной в эксплуатации, отвечать требованиям эксплуатации в операционном помещении и требовать минимального количества обслуживающего персонала.

В соответствии с указанными требованиями институтом был осуществлен макет установки, который с 18 апреля 1958 года находится на эксплуатации в клинике. За это время

 3

STAT

не было ни одного отрицательного отзыва о макете. Наоборот, многие медицинские учреждения, не дожидаясь изготовления опытного образца установки, уже сделали на него свои заявки.

Перечисляя достоинства макета, можно указать на следующие:

а) передающая камера помещена в пространстве над операционным столом, т. е. в наиболее оптимальной точке для съемки изображения. В этом положении она совершенно не ощущается хирургами, которым полностью сохранены привычные условия работы.

б) камера снабжена группой собственных (светильников рефлекторного типа, симметрично расположенных вокруг корпуса камеры. Этот вид освещения операционного стола, по мнению хирургов, оказался более удачным, чем в лампах типа «Сименс», не говоря уже о совершенно неудовлетворительных лампах с люминесцентными трубками. Светильники макета по спектральной характеристике близки к солнечному свету, что позволяет хирургам в привычных условиях легко ориентироваться в изменениях окраски внутренних органов. Сохраняя принцип бестеневого освещения операционного стола при высокой степени освещенности, светильники совершенно свободны от теплового излучения;

в) качество получаемых изображений как по четкости, так и по точности воспроизведения цветов окраски оригинала, может быть охарактеризовано как вполне удовлетворительное. Зрители легко различают границы отдельных органов, видят изменения цвета крови в процессе операции, иглу, нитки и прочие подробности. Точность воспроизведения цветов окраски оригинала совмещается с глубинной четкостью изображения, достигающей до 150 мм;

г) все пункты макета связаны между собой переговорным устройством, что позволяет сопровождать показ изображений пояснениями, а зрителям — задавать вопросы.

д) установка оказалась весьма надежной в эксплуатации. Работая по несколько часов непрерывно, установка не требует за собой наблюдения. Практически для ее обслуживания достаточно иметь одного человека средней технической квалификации.

АКУЛИНИЧЕВ И Г. БАБСКИЙ Е. Б. ГЕЛЬШТЕЙН Г. Г.
ЛАКУНИН И Б., МОСКАЛЕНКО Г. В., ПЕТРОВ Г. М., УШАКОВ Г. М.

НОВЫЙ СПОСОБ ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ—КАРДИОЦИКЛОГРАФИЯ

Для ускорения временного анализа электрокардиограмм в клинических условиях Научно-исследовательским институтом счетного машиностроения Госплана СССР по заданию Института грудной хирургии АМН СССР был разработан новый электронный прибор — анализатор электрической активности сердца (АНЭК).

Основной частью прибора является кардиоциклограф, с помощью которого кривая электрического напряжения, обусловленного электрической активностью сердца, раскладывается на отдельные циклы, причем границами циклов являются верхушки зубцов или же моменты времени, смещенные вправо от зубца на некоторую величину, устанавливаемую оператором.

Полученные циклы электрокардиограммы записываются друг под другом, что, во-первых, дает возможность быстро проанализировать изменения временных ее характеристик, во-вторых, обеспечивает компактную запись процесса в течение больших интервалов времени. Кривая кардиоциклограммы воспроизводится на экране электронно-лучевой трубки с длительным послесвечением и одновременно записывается на обычной осциллографической фотобумаге.

В целях выбора необходимого отведения и усиления входного сигнала, поступающего от пациента, в приборе имеется специальное входное устройство. На экране электронно-лучевой трубки прибора можно проводить наблюдение обычных электрокардиограмм в трех стандартных или трех грудных отведениях.

В докладе приводится блок-схема прибора, объясняется назначение отдельных блоков, описывается их взаимодействие и приводятся основные принципиальные схемы.

Основу схем прибора составляют такие элементы, как электронный операционный усилитель со сложным операторным передаточным коэффициентом, электронные интеграторы, генераторы, сравнивающие устройства и т. п.

Для записи кардиоциклограммы использована оптическая система, проектирующая изображение с экрана электронной трубки на фотобумагу.

Результаты применения кардиоциклографа показали, что он дает возможность с большой степенью наглядности регистрировать колебания сердечного ритма в норме и патологии.

АНАНЬЕВ В. М.

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОСКОП С ДВОЙНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

В разработанных ранее электроэнцефалографах используется принцип электронно-ламповой коммутации, благодаря которому возможно усиление 50 и более сигналов одним общим усилителем.

Однако, несмотря на то, что размеры электроэнцефалографов малы сравнительно с размерами электроэнцефалографов, всегда остается проблема дальнейшего уменьшения размеров установки и упрощения ее обслуживания. Особенно остро эта проблема встает в электроэнцефалографах на несколько сот отведений.

При разработке таких приборов мы пошли по пути использования принципа многократной коммутации, в основе которого лежат комбинации совпадений во времени нескольких коммутирующих импульсов (двух — при двойной коммутации, трех — при тройной и т. д.).

Благодаря этому, с малым общим количеством коммутирующих импульсов удается получить большое число комбинаций импульсов, обеспечивающих пропускание в общий тракт усиления сигналов с большого числа отводящих электродов.

Нами изготовлен макет электроэнцефалографа на 100 отведений, в котором используется принцип двойной коммутации.

В установке имеется два генератора коммутирующих импульсов, работающих синхронно: первый генератор с частотой 200 в секунду (10 импульсов длительностью 450 микросекунд) и второй генератор с частотой 2000 в секунду (10 импульсов длительностью около 25 микросекунд).

Коммутационные лампы также разбиты на два блока: блок входных коммутационных ламп, активируемых первым генератором коммутирующих импульсов, и блок промежуточных коммутационных ламп, активируемых от второго генератора. В результате применения в электроэнцефалографе двойной коммутации число ламп, деталей и ручек управления в блоке коммутации сократилось более чем в два раза.

АМОСОВ Н. М., ЮЩЕНКО Е. Л., ШКАБАРА Е. А.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАГНОЗА СЕРДЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ ХИРУРГИЧЕСКОМУ ЛЕЧЕНИЮ

Создание электронного анализирующего логического устройства, позволяющего с высокой степенью точности диагностировать сердечные заболевания, является необходимым ввиду имеющегося отставания уровня точности диагностики от возросших возможностей современной хирургии сердца.

Разработка электронной машины-диагноста имеет следующие направления: создание новых типов приборов для объективного исследования сердечной деятельности; исследование и обобщение статистических закономерностей по данным, полученным при помощи приборов; создание логических схем диагноза по симптомокомплексам, реализация этих схем с помощью электронной машины.

Важным направлением работ в этой области является привлечение математических методов анализа характеристик сердечной деятельности.

Проведенный спектральный анализ ряда электрокардиограмм позволяет предположить возможность выявления достоверного признака митрального стеноза и митральной недостаточности, который не удалось выявить при статистической обработке большого количества кардиограмм, используя приемы в кардиографии признаки.

Предварительная логическая схема диагноза, разработанная в киевской клинике торакальной хирургии, была математически обработана сотрудниками Вычислительного центра АН УССР и запрограммирована для электронной машины. Логика диагноза построена на основе обобщения опыта предоперационной диагностики сердечных заболеваний, по данным объективного исследования.

В электронную диагностическую машину входят: устройство анализа данных приборов объективного исследования для выявления наличия отдельных признаков заболевания; логическое и вычислительное устройства для синтеза отдельных признаков и определения симптомокомплекса соответствующей болезни путем поиска среди признаков различных заболеваний, хранящихся в памяти машины.

STAT

А. А. ДЖАЛОВА Н. А.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЖИВЫХ СТРУКТУР

Для прижизненного исследования структуры объекта с сохраненной функцией представляет интерес измерение омической и емкостной составляющих импеданса и угла диэлектрических потерь на разных частотах.

Особенности биологического объекта требуют создания специальных измерительных схем. Возможность измерения должна быть обеспечена для очень больших углов потерь и для коротких интервалов времени. Кроме того, электрические параметры объекта сильно зависят от частоты. Уменьшение емкости с увеличением частоты затрудняет расширение рабочего диапазона частот и требует разработки специальных методов измерения.

Перспективно исследование частотной зависимости угла диэлектрических потерь. Для живой структуры обнаруживаются несколько областей аномальной абсорбции — кривая тангенса угла потерь имеет несколько максимумов. Один из максимумов расположен в области низких частот и характеризует макромолекулярную организацию структуры со стороны межмолекулярных связей. Их подвижность требует динамических методов исследования частотной характеристики.

При изучении свойств возбудимых тканей измерения должны проводиться в микроинтервалы времени. Одновременное измерение омической и емкостной составляющих импеданса во время быстрого переходного процесса осуществимо путем совмещения принципа эллиптических фигур (Лиссажу) с импульсным управлением лучом катодной трубки.

Роль электропроводящих свойств объема для функции возбудимых элементов особенно выступает в структурах, где их концентрация велика (структуры головного мозга). Опыты выявляют связь между импедансом коры мозга и характером ее биотоков. Для дальнейшего понимания механизма электрической активности мозга перспективно исследование импеданса между микроэлектродами, введенными в сферу активности одной нервной клетки. Сопротивление между микроэлектродами достигает нескольких десятков мегом и измеряется по тесту на прохождение прямоугольного импульса. Однако, этот тест не отвечает требованию к чувствительности измерения.

Дальнейшее совершенствование методов измерения электрических параметров живой структуры должно позволять проводить измерения:

- нестационарных процессов в микроинтервалах времени;
- локальных сдвигов в микропространстве;
- в направлении расширения диапазона частот.

АКУЛИНИЧЕВ И. Т., БАВКИН Е. Б., ГЕЛЬШТЕЙН Г. Г., ПЕТРОВ Г. М., СКАЧКОВА А. И., УТЭП Н. И., УШАКОВ В. Б.

ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

Новый электронный прибор — синтезатор электрокардиограммы (СИНЭК), разработанный НИИ Счетмашем Госплана СССР, позволяет воспроизводить методом математического моделирования сложный физиологический процесс — электрическую активность сердца. На электронно-лучевом индикаторе (выходном устройстве прибора) можно наблюдать нормальную или патологическую электрокардиограмму для любого из трех стандартных отведений при:

нормальном синусовом ритме, синусовой тахикардии и брадикардии, атриовентрикулярном ритме, синоаурикулярной блокаде, неполной атриовентрикулярной блокаде, полной атриовентрикулярной блокаде, внутрипредсердной блокаде, нарушении внутрижелудочковой проводимости, комбинированных нарушениях функций миокарда. Электрокардиограммы можно получить при различном положении электрической оси сердца.

В основу прибора положена известная теория дифференциальной кривой, являющаяся одной из гипотез, объясняющих генез электрокардиограмм. Кроме этого, даются математические соотношения по теории Эйнтховена, определяющие взаимосвязь электрокардиограмм в трех стандартных отведениях.

В докладе будет приведена блок-схема прибора, состав блоков и функциональные связи между ними в различных режимах работы. Даны принципиальные схемные решения для основных функциональных блоков синтезатора электрокардиограмм: блока автоматизма и проводимости, блоков монофазных кривых правого и левого желудочков, блоков монофазных кривых предсердий, блока суммирования монофазных кривых и электронно-лучевого индикатора.

Основу указанных блоков составляют схемы устройств, широко применяемых в электронных моделирующих установках — операционных усилителей, генераторов нелинейных функций, фантастроных генераторов, мультивибраторов и т. п.

В процессе испытаний прибора в Институте грудной хирургии АМН СССР были получены электрокардиограммы при различных нарушениях ритма, при изменении электрической

9

STAT

оси сердца, при изменении внутрипредсердной, атриовентрикулярной и внутрижелудочковой проводимостей.

Оказалось возможным воспроизвести большинство из описанных в литературе электрокардиограмм в трех стандартных отведениях. При этом выяснены также некоторые слабые места теории дифференциальной кривой.

Прибор может найти применение в педагогических целях для демонстрации различных электрокардиограмм.

Вместе с тем, прибор может быть использован для стимуляции электрическими раздражениями остановившегося сердца. При этом можно подобрать любой ритм раздражений, любую силу и форму кривой отдельного электрического стимула. Могут быть получены стимулы, соответствующие по форме электрическим потенциалам предсердий и желудочков

АКУЛИНИЧЕВ И Т

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОСКОПА В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА

Выпуск первого аппарата с электронно-лучевой трубкой на заводе медицинского приборостроения был связан с определенным производственным и методическим риском. Именно в то время существовало мнение о том, что нам нужен просто кардиоскоп, т. е. прибор, позволяющий видеть электрокардиограмму. Инициаторы выпуска векторкардиоскопа считали, что электрокардиограмму можно видеть и на бумаге чернильнопишущего аппарата, а применение электронно-лучевой трубки обязывало к расширению возможностей метода. Прежде всего, за счет использования векторкардиографии.

Наблюдение одной электрокардиограммы на экране осциллоскопа может решить лишь отдельные вопросы диагностики, например оценку ритма и проводимости, или обеспечить узко целевой контроль сердечной деятельности на операционном столе. Наблюдение векторкардиограммы, синтезирующей в себе показатели нескольких отведений электрической активности сердца и отображающей пространственную динамику ее в течение каждого сердечного цикла, позволяет получить достоверные данные о состоянии структуры миокарда и коронарного кровообращения.

К моменту выпуска векторкардиоскопа была разработана методика записи прекардиальной векторограммы на основе отведений от электродов, установленных в области сердца.

10

Такая методика при сравнении с иностранными дала значительно большую информацию и потому была принята как временный стандарт. Кроме того, для освоения принципа векторографии была сконструирована модель электрического поля, оказавшаяся удобной для проверки всех выпускаемых аппаратов.

В векторэлектрокардиоскопе были применены усилители без переходных емкостей, обеспечивающие высококачественное усиление медленных аperiodических процессов, но эти усилители весьма критичны в наладке и потому законно тревожили организаторов производства.

Наиболее спорным оказался вопрос выбора метода документации исследований. Внутренняя регистрирующая система более удобна, так как обеспечивает производство исследований при любом освещении и даже на открытом воздухе, но она значительно сложнее и, как всякий механический узел прибора, наиболее часто оказывается неисправной. Поэтому было использовано более простое решение — откидная фотокамера

Хирурги используют векторкардиоскоп для непрерывного наблюдения электрокардиограммы у больного во время хирургического вмешательства. Они научились распознавать начальные нарушения сердечной деятельности и предотвращать грозные осложнения на операционном столе

Врачи терапевты применяют векторкардиоскоп с целью быстрой и точной диагностики заболеваний сердца для оценки состояния коронарного кровообращения, а также для определения наличия, локализации и распространения инфаркта. В медицинских журналах опубликовано несколько работ, содержащих высокую оценку векторкардиографии и методики записи прекардиальной векторограммы.

Векторкардиоскоп оказался прибором достаточно удобным в экспериментальной работе, проводимой с целью изыскания новых методов исследования, основанных на использовании всевозможных датчиков. Проф. Бабский Е. Б. разработал оригинальную методику пространственного исследования биоэнергетических показателей сердечной деятельности. Врач Сычев В. В. получил авторское свидетельство на методику векторной сфигмографии

Принцип пространственного — трехмерного исследования биоэлектрических и биоэнергетических процессов методом векторографии требует записи соответствующих проекций одновременно. В связи с этим, современный диагностический прибор должен удовлетворять требованиям многоканальности и трехмерности исследования

В текущем году Государственный комитет по делам изобретений и открытий выдал авторское свидетельство на трех-

11

мерный осциллоскоп Новый диагностический прибор меньше известного векторкардиоскопа по размерам и по весу. Он имеет одну электронно-лучевую трубку и трехканальную усиленную систему. Прибор питается от осветительной сети, имеет высокую помехоустойчивость.

Трехмерный осциллоскоп позволяет наблюдать одновременно три отведения электрокардиограммы, либо комбинировать запись электрокардиограммы, баллистокардиограммы, сфигмограммы и т. п. Поворотом ручки прибора достигается запись на одном экране одновременно трех пространственных проекций векторкардиограммы.

Векторкардиограмма, записанная одновременно в трех ортогональных проекциях, создает полное представление об объеме и, в отличие от стереоскопического эффекта, позволяет дать количественную оценку моментных векторов в направлении трех осей пространственного измерения — $у$, $х$ и z .

В трехмерном осциллокопе запись на фосфоресцирующем экране ведется одним лучом, который с помощью коммутирующего устройства поочередно управляется одним из трех усилителей, отклоняющих луч по вертикали. Электронная коммутация с частотой значительно превышающей высшие частоты исследуемого процесса дает необходимое качество записи и уже используется в некоторых образцах диагностических осциллокопов.

В отличие от известных осциллокопов, имеющих электронную коммутацию по вертикали, в трехмерном осциллокопе применена ортогональная коммутация, т. е. согласованное подключение усилителей к вертикальным и горизонтальным отклоняющим пластинам. В результате такой коммутации луч движется по сторонам прямоугольного треугольника и фиксируется по углам его одновременно тремя усилителями, первым и вторым, первым и третьим, а также вторым и третьим.

Опыт эксплуатации авторского образца трехмерного осциллокопа показывает, что он удобен в работе и позволяет сократить в три раза время, необходимое для полного обследования больного.

Главное достоинство трехмерного осциллокопа состоит в том, что он прост в производстве, не требует сложной многолучевой трубки, а это позволяет выпускать его крупными сериями по низкой стоимости. Следовательно, имеется возможность сделать современный диагностический прибор достоянием врачей широкой сети лечебно-профилактических учреждений.

АРИГОН И. М., МИНКИН Р. Б., РАСПУТИН А. М., СОЛОВЬЕВА Э. А.,
ТАРТАКОВСКИЙ М. Б., КЕДРОВ А. А.

НОВЫЙ МЕТОД КЛИНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ (ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ЗУБЦОВ ЖЕЛУДОЧКОВОГО КОМПЛЕКСА)

Достоверность регистрации биоэлектрической активности сердца до настоящего времени ограничивается рядом факторов, из которых наиболее существенными являются:

- а) большая инерционность применяемых обычно в ЭКГ зеркальных гальванометров, не позволяющая записывать процессы с частотой более 200 $гц$,
- б) малая скорость движения фотобумаги (38—40 $мм/сек$ в результате чего процессы с частотой более 150 $гц$ не могут быть графически зарегистрированы в виде отдельных зубцов,
- в) относительно узкая полоса пропускания электрокардиографических усилителей (даже в лучших аппаратах усилители срезают частоты более 200 $гц$).
- г) представление, существующее со времен классических исследований Эйнтховена, проведенных посредством струнных гальванометров о том, что частотная характеристика электрических процессов в сердце располагается в пределах от 0,5 до 100 $гц$.

В связи с появлением аппаратов, где в качестве индикаторного устройства используется электронно-лучевая трубка, появилась возможность ликвидации указанных ограничений. Выпускаемый в настоящее время отечественный аппарат ВЕКС-1, в котором применен усилитель постоянного тока, позволяет без искажения регистрировать процессы с частотой от 0 до 500 $гц$ при достаточной степени усиления и достаточно быстрой развертке изображения. Таким образом, дальнейшее совершенствование ЭКГ аппаратуры позволяет в настоящее время исследовать высокочастотный спектр электрических процессов сердца. Исследования такого рода проводятся за рубежом, начиная с 1952 года.

Наши наблюдения, проведенные на 50 здоровых и 250 сердечных больных, показали, что при расширении частотной характеристики ЭКГ тракта до 500 $гц$ на электрокардиограмме наблюдаются:

- а) увеличение отдельных зубцов комплекса QRS,
- б) появление новых зубцов, которые при обычной широте диапазона до 125 $гц$ не выявлялись;
- в) выявление деформаций и изменений формы отдельных зубцов комплекса QRS;
- г) исчезновение смещения сегмента ST относительно изоэлектрической линии, когда оно бывает вызвано наличием

незаписанных зубцов при обычной ширине полосы усилителя электрокардиографа

Эти новые элементы кривой имеют существенное диагностическое значение. Увеличение амплитуды зубцов у здоровых людей и больных происходит различно. Наибольшая степень возрастания амплитуды зубцов комплекса наблюдается при гипертрофии желудочков в той стадии, когда еще не резко выражены дистрофические процессы, связанные с гипертрофией. По мере того как эти процессы нарастают, падает степень увеличения зубцов на высоких частотах. При больших дистрофических и, особенно дегенеративных изменениях миокарда нарастание высокочастотных составляющих электрокардиограммы почти вовсе отсутствует. Таким образом, частотный анализ позволяет на основании изучения комплекса QRS устанавливать наличие гипертрофии отделов сердца, а сопоставление электрокардиограммы с данными клинического обследования, дающими указание на гипертрофию отделов сердца, позволяет говорить о присоединении к процессу гипертрофии дистрофических изменений.

Появление новых зубцов на кривой имеет особо большое значение, так как позволяет выявлять расстройства внутрижелудочковой проводимости, что дает основание предполагать новые возможности в диагностике местных внутрижелудочковых блокад и, следовательно, в диагностике кардиосклероза. Кроме того, выявление зубца R не регистрируемого на обычной кривой, ликвидирует трудности в дифференциации между зубцами Q и S, что зачастую оказывается решающим фактором при диагностике инфаркта миокарда.

Известно, что у части здоровых людей наблюдается смещение сегмента ST относительно изоэлектрической линии. До настоящего времени принято было считать, что это вызывается суперпозицией сегмента и волны Ta. Наши наблюдения показывают, что такое же смещение может быть обусловлено тем, что при обычной широте полосы усилителя не записываются зубцы комплекса QRS, предшествующие сегменту ST. Наличие таких не записавшихся зубцов и создает графическое впечатление смещенного сегмента ST. Частотный анализ в подобных случаях позволяет легко дифференцировать нормальную электрокардиографическую картину от патологической.

Проведенные наблюдения с несомненностью указывают на большую диагностическую ценность расширения частотной характеристики электрокардиографического тракта. Представляется целесообразным не только использование широкополосных усилителей постоянного тока, но и создание специальных анализаторов, позволяющих наблюдать рост амплитуды зубцов комплекса QRS при расширении полосы частот электрокардиографического тракта.

БАБСКИЙ Е. Б., КАРПМАН В. Л., ПЕТРОВ Г. М., СКАЧКОВ А. И.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОННЫХ (ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИХ) УСТРОЙСТВ

На современном этапе развития физиологии все большее значение приобретает исследование скорости и ускорения процессов, протекающих в различных органах и системах человеческого организма. Наряду с этим, часто требуется суждение о суммарном эффекте какого-либо процесса в определенные промежутки времени. До последнего времени такие исследования практически не проводились в связи с трудностями, возникающими при необходимости дифференцировать и интегрировать сложные кривые биологических процессов. Применение электронных математических машин для этих целей открывает широкие перспективы в физиологии и клинике.

По заданию лаборатории Клинической физиологии Института нормальной и патологической физиологии АМН СССР в НИИ Счетмаше был разработан прибор, позволяющий получать 1-ю и 2-ю производные от изучаемого процесса, а также его интегральную кривую. Прибор построен на базе типовых операционных усилителей, применяемых в электронных моделирующих устройствах. Основу операционных усилителей составляет усилитель постоянного тока типа УПТ-4А, выпускаемый промышленностью. Блок-схема операционного усилителя состоит из УПТ-4А (с большим коэффициентом усиления), охваченного глубокой обратной связью. Прибор состоит из 4 таких усилителей и блока питания.

При подаче сигнала на вход прибора с первого усилителя снимается сигнал в обратной полярности, со второго — первая производная и с четвертого — вторая производная сигнала.

Последний усилитель может работать и в режиме интегрирования.

Изучались кривые скорости и ускорения физиологических процессов, их количественная характеристика. В качестве входных сигналов использовались баллистокордиограмма (запись смещений тела, возникающих при работе аппарата кровообращения), динамокардиограмма (кривая изменения момента вертикальных усилий, действующих в грудной клетке), сфигмограмма (кривая артериального пульса), кривые давления в полостях сердца и т. д. Установлены нормальные стандарты производных физиологических процессов. Показана перспективность дифференциальных кривых для диагностики некоторых заболеваний сердца и сосудов.

БЕЛИЦКИЙ Е. Б. и ЯКОБСОН Я. С.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Разработанные современной техникой принципы электрического измерения механических величин, путем преобразования их в изменения электрических параметров специальных устройств — датчиков, имеют широкую область применения в физиологических и клинических исследованиях.

Наибольшее распространение для исследования механических величин в физиологических целях имеют проволочные и ртутно-резиновые датчики омического сопротивления, емкостные, индуктивные, пьезо- и фотоэлектрические датчики. Существенный интерес представляют также датчики в виде электронных ламп с управляемым катодом или анодом (электронно-механические датчики). Хотя некоторые виды датчиков взаимозаменяемы, однако выбор их должен определяться задачей соответствующего физиологического исследования.

Применение принципов электрического измерения механических величин особенно полезно при изучении функций опорно-двигательного аппарата, внешнего дыхания, деятельности сердца и движения крови в сосудах.

В настоящее время разработаны приборы, электрическим путем регистрирующие силу мышц (электродинамографы), утомляемость (электроэргографы), реакции, связанные с стоянием (определение местоположения и перемещения общего центра тяжести тела в трех взаимоперпендикулярных направлениях — статодинамографы и стабиллографы), кинематику и динамику ходьбы (регистрация угловых перемещений отдельных звеньев тела, определение трех составляющих опорных реакций), исследование ускорения общего центра тяжести тела и проч., а также ряд других двигательных реакций, связанных с выполнением трудовых и спортивных движений. С помощью специальных электронных схем (дифференцирующих устройств) или с применением специальных датчиков можно регистрировать скорости и ускорения отдельных точек и звеньев тела.

На основе электрических способов регистрации разработаны методики и приборы для изучения деятельности сердца (баллистокардиография перемещения, скорости и ускорения, динамокардиография, электрокимография), для записи давления крови в сосудах (электроманометрия), для графической регистрации артериального и венозного пульса, для определения кровонаполнения отдельных частей тела (электроплетизмография, реография). Применение этих методик

16

и приборов позволяет вычислять определенные количественные показатели, характеризующие сердечную деятельность и состояние сосудов, что имеет большое значение для решения физиологических проблем и для диагностики ряда заболеваний.

БЕЛИЦКИЙ Г. Ю., ЗИЛЬБЕРМАН Н. Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИВЫХ ТКАНЕЙ

Изучение электрических характеристик возбудимых тканей (импеданс, емкость, диэлектрическая постоянная, временные константы биоэлектрических процессов) имеет, помимо очевидного теоретического интереса, значение для ряда практических вопросов биологии и медицины. Как известно, физические изменения, вызываемые электрическим стимулом в ткани, предшествуют ее возбуждению и, достигнув пороговой интенсивности, становятся пусковым механизмом этого физиологического процесса. Последнее делает возможной объективную физическую оценку уровня возбудимости ткани. Вместе с тем, сами биоэлектрические характеристики, поскольку они претерпевают значительные изменения в условиях патологии, могут служить показателем того или иного функционального состояния ткани, что имеет несомненное диагностическое значение.

Обусловленный электрическим стимулом переход ткани в иное энергетическое состояние требует конечного времени, в течение которого достигается новый уровень ионного и метаболического равновесия. Таким образом, в ткани имеет место переходный электрический процесс, который может быть исследован путем наблюдения изменяющегося во времени напряжения на ткани при ее стимуляции током или — наблюдения проводимого тканью тока при стимуляции напряжением.

В качестве стимулятора был поэтому использован генератор импульсов с весьма малым внутренним сопротивлением для снятия переходных характеристик тока и с весьма большим внутренним сопротивлением для снятия переходных характеристик напряжения. Эти требования были обеспечены применением усилителя мощности на выходе стимулятора охваченного глубокой отрицательной обратной связью по напряжению или по току, в зависимости от режима стимуляции.

2 1190

17

Генератор вырабатывает прямоугольные или пилообразные импульсы с независимо регулируемым частотами следования (от 0,1 до 30 000 $\mu\text{ц}$), длительностью импульсов (от 2 $\mu\text{сек}$ до 2 сек) и величиной импульсов (до 250 в или 25 ма).

Наблюдение переходных характеристик может быть осуществлено с помощью катодно-лучевого осциллографа с фото-регистрацией. Однако в связи с необходимостью быстро и удобно производить многократные измерения, практическим задачам исследования более отвечает прибор с непосредственным отсчетом по стрелочному индикатору. Поэтому был сконструирован измеритель переходных характеристик, позволяющий измерить «мгновенное» (длительность измерения 2 $\mu\text{сек}$) значение тока или напряжения в заданный момент переходного процесса. Исследуемый сигнал, усиленный широкополосным усилителем постоянного тока, подводится к нормально запертому ламповому ключу, преграждающему путь сигналу, к пиковому вольтметру. Отпирание ключа производит фантастическая схема временной задержки. Пиковый вольтметр построен по двухступенной схеме с накопительными конденсаторами. Время реакции пикового вольтметра не превышает 2 $\mu\text{сек}$, данные измерения с точностью 2% сохраняются несколько минут. Дополнительное интегрирующее устройство позволяет измерять количество электричества, протекающее через ткань при воздействии одиночного стимула.

С помощью описанной установки в опытах на ряде биологических объектов (кожа человека, изолированные мышцы и нервы холоднокровных, растительные ткани) было показано, что живая ткань представляет собой в электрическом отношении нелинейную реактивную систему, все параметры которой зависят от величины стимула. Иначе говоря, тканевая емкость и сопротивление — временные показатели не являются постоянными величинами и поэтому не могут, вопреки распространенному мнению, рассматриваться как физические константы живой ткани.

Понятие таких, т. е. постоянных показателей обнаружили, что вследствие нелинейной зависимости между величиной электрического стимула, с одной стороны, и максимальными величинами потенциала и заряда ткани, с другой, последние перестают нарастать при увеличении электрического стимула до определенного значения. Эти предельные величины потенциала и заряда ткани могут рассматриваться как электрические константы, характеризующие данную ткань в данном ее состоянии. Эти константы в условиях ряда экспериментальных воздействий и патологии изменяются закономерным образом, что позволяет пользоваться ими в диагностических целях.

БОНГАРД М М

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА

Имеется много фактов, говорящих о том, что каналы связи, передающие сигналы от палочек и колбочек сетчатки в мозг, не являются полностью независимыми друг от друга.

Мы почти ничего не знаем о механизме этого взаимодействия, в то же время большое число результатов взаимодействия уже изучено. Нам кажется, что моделирование результатов может помочь понять механизмы.

Сетчатка является совокупностью большого числа нервных клеток и по происхождению и по структуре, близкой к мозгу. Поэтому выяснение законов взаимодействия клеток сетчатки может облегчить решение более общей задачи о законах взаимодействия больших совокупностей нервных клеток. Для исследования же сетчатка гораздо более доступна, чем мозг.

Изготовлена одноканальная модель цветного зрения с одним полупроводниковым фотоэлементом на входе. При этом используется различная инерционность фотоэлемента при освещении его светом с различной длиной волны.

Модель включает декодирующее устройство (мозг), но не учитывает взаимодействие каналов связи.

Представляется целесообразным в дальнейшем построении многоканальной модели с взаимодействием каналов.

БАЙНРИБ Е А

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ В ХИРУРГИИ

Современные направления применения радиоэлектроники в хирургии (диатермокоагуляция и высокочастотное разделение тканей (электронож и т. п.); аппаратура для воздействия на биофизиологическое состояние органов (электростимуляторы, дефибрилляторы и т. п.), аппаратура для электронаркоза и электроанестезии, аппаратура для измерения физиологических параметров во время хирургической операции (электроманометры, оксигеметры, рН-метры и т. п.), устройства для автоматического управления хирургическими аппаратами (гипотермия и т. п.).

Современные радиоэлектронные аппараты в хирургии (краткая техническая и медицинская характеристики): аппараты для зондирования сердца, аппараты для электросна и

электронаркоза, для диатермокоагуляции, для искусственного кровообращения, аппараты для измерения кровяного давления и пульса косвенным методом, устройства для связи между больным и медицинским персоналом.

Развитие существующих направлений применения радиоэлектроники в хирургии. Ограниченность функциональных возможностей и технические недостатки существующих аппаратов, вытекающие отсюда задачи их дальнейшего усовершенствования и развития в соответствии с современными достижениями в радиоэлектронике и медицине — приводятся примеры, характеризующие указанные недостатки и указываются пути их преодоления.

Развитие новых направлений применения радиоэлектроники в хирургии: применение аппаратуры для управления хирургическими аппаратами по биотокам мозга и сердца (АИК, гипотермия), создание малогабаритных и надежных датчиков для регистрации физиологических функций во время хирургической операции (давления крови, звуков сердца и т. п.), использование телевидения для наблюдения во внутренних полых органах с помощью миниатюрных передающих устройств, совмещение телевидения с рентгеном, применение ультразвука в хирургических целях; создание кибернетических устройств для диагностики хирургических заболеваний.

ВОДОЛАЗСКИЙ Л А

ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОГРАФИИ

Перед отечественной физиологией труда стоит важная задача, заключающаяся в использовании закономерностей приспособления жизненных функций рабочего к условиям трудовой деятельности для повышения его работоспособности и предупреждения отрицательных последствий производственного утомления.

Электрографическая методика (запись биотоков сердца, мышц, мозга) отвечает основным требованиям, предъявляемым к производственным методикам физиологами труда, но применение ее затруднялось из-за наличия ряда помех.

Регистрация электрокардиограмм рабочего в процессе труда на производстве, например в горячих цехах, помогла

20

бы в решении вопроса о рациональном режиме труда и отдыха рабочих регистрация биотоков мышц позволила бы подойти к вопросу получения объективных показателей производственного утомления, например судить о рациональности рабочей позы.

Запись биотоков мозга позволила бы объективно судить, например, о наступлении дремотного состояния у рабочих, занятых монотонным трудом.

В лаборатории физиологии труда Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР в течение последних лет велась разработка методики регистрации электромограмм и электрокардиограмм рабочего в процессе труда на производстве.

В результате этой работы была создана методика, позволяющая вполне удовлетворительно вести регистрацию ЭМГ и ЭКГ рабочего в процессе труда при холодной обработке металла и при других работах с аналогичными помехами.

Аппаратура, применяемая для производственных электрографических исследований следующая:

- а) двухканальный дифференциальный усилитель биоэлектрических потенциалов, имеющий три каскада;
- б) шлейфный осциллограф «МГО-2»;
- в) интегратор биотоков мышц;
- г) измеритель величины междуэлектродного сопротивления.

Применение электрографической методики на производстве имеет широкие перспективы.

Для регистрации биотоков мышц необходимы многоканальные установки (8—10 каналов), снабженные многоканальными интеграторами биотоков. Установки эти должны быть небольших габаритов, иметь малый вес и быть весьма надежными в работе.

При регистрациях электрокардиограмм необходимо иметь также многоканальную установку для записи ЭКГ в 3-х отведениях.

В некоторых случаях, когда рабочий не имеет фиксированного рабочего места, необходимо применять радиотелеметрические установки для дистанционной регистрации биоэлектрической активности рабочего.

Физиологии труда должна быть оказана эффективная помощь по вопросу разработки, а также изготовления электронной аппаратуры.

ГЕТМАН Ф. Ф.

ПОРТАТИВНЫЙ АРТЕРИОПЬЕЗОГРАФ

Гармонический анализ кривой артериопьезограммы, проведенной впервые нами, показывает, что она является следствием интерференции периодических колебаний, которые зависят от состояния сердечно-сосудистой системы и многих других факторов еще мало изученных. Благодаря этому, неодинаковое действие отдельных составляющих волн приводит к суммарному виду артериопьезограммы, кажущейся на первый взгляд простой, которая записывается в диапазоне частот от 0,7 до 20 гц.

Из этого следует, что для регистрации артериопьезограммы можно пользоваться любой электрокардиографической аппаратурой, электрические параметры которой вполне соответствуют этому требованию.

Артериопьезограмма, полученная с различных сосудов, одновременно показывает, что между пульсовыми колебаниями и колебанием биопотенциалов сердца, а также фоно-механокардиограммой существует определенный фазовый сдвиг или запаздывание, которое является динамическим и зависящим от многих факторов, в том числе и от уплотнения стенок сосудов, длины пробега пульсовой волны и т. п. Запаздывание это также отчетливо регистрируется портативным артериопьезографом, по предложенному нами методу. Смещения артериопьезограммы и электрокардиограммы для определения скорости распространения пульсовой волны.

Однако практика показывает, что одновременная регистрация пульсовой волны и электрокардиограммы без дополнительного приспособления к электрокардиографу (пьезоприставка) не получается, ввиду различия импеданса цепей отведения пациента и пьезокристалла. Сконструированная нами пьезоприставка к электрокардиографу состоит из трех потенциометров, соединенных в смешанную цепь таким образом, что влияние импеданса цепи пациента на цепь пьезокристалла устраняется и таким образом достигается одновременная запись двух физиологических феноменов.

Полученные данные артериопьезографии следует рассматривать в комплексе с другими методами исследования больного.

ГАБЕЛОВА Н. А.

ИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИВОГО ОРГАНИЗМА
(задачи и пути радиотехнического решения)

Прижизненные исследования с применением обычной радиоизмерительной аппаратуры осуществимы только при выраженной избирательности накопления введенного вещества в исследуемой области, например иода в щитовидной железе.

При отсутствии отчетливой избирательности поглощения введенного меченого вещества прижизненные исследования с помощью обычной аппаратуры не дают четких результатов, особенно, если ставится задача сравнения небольших или кратковременных различий в интенсивности гамма-излучения, исходящего из соседних участков тела или из одного и того же участка в различные моменты времени.

Эта задача может быть решена при помощи нелинейного метода регистрации.

Принцип нелинейной регистрации гамма-излучения при прижизненных исследованиях был впервые осуществлен по методу случайных совпадений в двух счетчиках. При этом была получена квадратичная зависимость эффекта от интенсивности гамма-излучения. Следующим этапом было создание прибора, действующего на том же принципе, но уже с одним счетчиком.

Недостатком этих приборов была дискретная регистрация импульсов.

Осуществить интегральную нелинейную регистрацию процесса (без увеличения вводимой дозы радиоизотопа) удалось изменением принципа действия прибора. В нелинейно-интегрирующем приборе, получившем название радиографа, нелинейность показаний обеспечивается введением зависимости амплитуды импульсов от частоты их следования. При этом интегральный ток пропорционален квадрату частоты следования импульсов, т. е. квадрату интенсивности гамма-излучения, пронизывающего кристалл люминесцентного счетчика.

В физиологии и в медицине применение нелинейного метода регистрации при изотопных исследованиях особенно плодотворно в том случае, когда обеспечивается непрерывная запись показаний во времени одновременно нескольких участков тела. В соответствии с этим требованием осуществлен восьмиканальный радиограф, который обеспечивает максимальную результативность исследования (примеры применения).

Наряду с приборами, осуществляющими многоканальную нелинейную регистрацию процессов во времени (радиография),

STAT

велика потребность в приборах, регистрирующих пространственную неоднородность распределения -- дающих «карту распределения» изотопа в определенном участке или в целом организме (радиотопография или сканирование)

Введение нелинейного элемента в систему сканирования обеспечивает получение подчеркнуто-контрастной карты распределения

Разработан профилирующий радиограф с радиотехнической схемой, действующей на том же принципе, что и в радиографе. Прибор обеспечивает нелинейную регистрацию интегральной кривой распределения изотопа вдоль исследуемого направления

В приборе, предназначенном для нелинейной регистрации распределения по площади (радиотопографе), предполагается использовать принцип «случайных совпадений в одном счетчике», с дискретной регистрацией заданного числа «совпадающих» импульсов на всем пути сканирования.

Метод радиотопографии содержит в себе и элементы дискретной радиотопографии — при восьмиканальной радиотопографии осуществляется развертка процессов во времени для 8 дискретных точек пространства. Как нерешенную задачу будущего, можно представить себе прибор, который регистрирует подчеркнуто-контрастированную развертку во времени для всех нелинейно сканируемых ячеек пространства. Можно представить такой прибор с экраном, на котором различные участки тела в данный момент времени имеют различную яркость, причем эта яркость по-разному меняется с течением времени

Осуществление такой «радио-хроно-топографии» несомненно обогатило бы отечественную медицину и биологию, обеспечив единство аналитического и синтетического метода исследования.

ИЗБЕВ О Е, МАГРАЧЕВ Я И

АППАРАТ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОПУХОЛЕЙ МОЗГА С ПОМОЩЬЮ ИЗОТОПОВ

Существующая однощупная методика позволяет измерять и регистрировать активность гамма-излучений в отдельных точках, не давая общей картины распределения активности в голове или другой части организма.

Аппаратура, разработанная экспериментальными мастер-

24

скими ИЭМ при двухщупной методике, со схемой совпадений, позволяет автоматически наносить на контурное изображение головы человека распределение активности изотопов в различных точках в виде ступенчатых черточек, расстояние между которыми определяется активностью гамма-излучений изотопов

Ориентация ступенчатых в правом и левом полушариях мозга отмечается дополнительными точками

Двухщупная методика позволяет использовать схему совпадений и амплитудный анализатор, при этом, помимо увеличения контрастности изображения, доза вводимого больному изотопа значительно меньше, чем при однощупной

Аппаратура, разработанная для диагностики опухолей мозга, позволяет локализовать опухоль по однощупной и двухщупной методикам. Двухщупная методика позволяет использовать позитронный излучатель, при котором разрешающая способность установки значительно увеличивается

Регистрирующее устройство состоит из динамического коммутатора напряжений, генератора линейной развертки, коммутатора импульсов и лентопротяжного механизма.

Электронный регистрирующий аппарат позволяет производить запись большого количества различных процессов на широкую бумагу без последующей обработки, при отсутствии подвижных механических регистров или распределительных устройств.

Амплитуда записи любых процессов может быть любой в пределах ширины бумаги. Схема регистрирующего аппарата позволяет одновременно наблюдать на экране электронно-лучевой трубки неограниченное количество процессов.

ГУТЕНМАХЕР Л И

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИЙ ПАМЯТИ

Рассматривается возможность приближенного воспроизведения (моделирования) по конечным результатам некоторых функций памяти с помощью электронных устройств.

С помощью электронных запоминающих устройств имеется принципиальная возможность хранения и воспроизведения информации в объеме, близком к объему информации, доступной человеческой памяти.

25 STAT

Можно электрически моделировать функции как оперативной, так и долговременной памяти.

Можно электрически моделировать хранение и воспроизведение информации по типу ассоциативной памяти.

Переработка хранимой информации в электрических моделях памяти может производиться логическими решающими устройствами по программам, разработанным для решения некоторых задач, встречающихся в процессах умственного труда.

В виде примеров моделирования процесса умственного труда с помощью электрических моделей памяти приведены решения некоторых информационно-логических задач с операциями анализа и синтеза информации.

Электрические модели памяти могут быть использованы для проверки различных гипотез о механизмах человеческой памяти, а в дальнейшем для анализа некоторых нервных и психических заболеваний, сопровождающихся нарушениями памяти.

ГРОССМАН А Я

ГЛАЗНОЙ АППЛАНАЦИОННЫЙ ФОТОЭЛЕКТРОТОНОМЕТР

Принцип действия прибора заключается в измерении фотоэлектрическим методом величины площади тонометрического сплющивания роговицы.

Новый тонометр, сохраняя принципиальные преимущества аппланационной тонометрии по Маклакову, отвечает следующим требованиям:

- а) точности измерения внутриглазного давления,
- б) минимальной продолжительности процесса тонометрии,
- в) возможности производить непрерывно измерение внутриглазного давления на протяжении некоторого времени,
- г) возможности записывать полученные тонометрические данные в виде кривых на фоточувствительном материале.

Аппланационный фотоэлектротометр состоит из следующих основных деталей.

а) свободно перемещающейся в вертикальном направлении трапецевидной призмы полного внутреннего отражения, вес которой равен 5 г (при проведении эластонометрии вес призмы доводится до весов до 7,5; 10; 15 г);

б) оптической системы, позволяющей отбрасывать на основание трапецевидной призмы равномерный и параллельный пучок света;

в) стабилизатора напряжения для питания лампочки осветителя от электросети.

г) реостата, позволяющего регулировать накал для получения заданной величины исходного фототока.

д) фотоэлемента типа ФЭСС-VI с равномерной по фоточувствительности поверхностью;

е) микроамперметра, регистрирующего колебания фототока;

ж) фотозаписывающего устройства для тонографии.

Измерения внутриглазного давления производятся следующим образом: включают лампочку осветителя, реостатом регулируют ее накал таким образом, чтобы микроамперметр, включенный в цепь фотоэлемента, показал заданную величину фототока.

Основание призмы приводят в соприкосновение с роговицей исследуемого глаза и опускают ручку тонометра вниз.

Призма тем самым освобождается и, производя своим весом давление на глаз, приводит к сплющиванию определенного участка роговицы. Вследствие влажности роговицы, часть светового потока выходит за пределы призмы, и, соответственно площади кружка сплющивания, уменьшается фототок. Величина кружка сплющивания роговицы тем меньше, чем выше внутриглазное давление. Следовательно, уменьшение величины фототока, регистрируемого микроамперметром, в момент тонометрии обратно пропорционально величине внутриглазного давления.

Чувствительность прибора обратно пропорциональна площади основания призмы. Наибольшую точность при измерении внутриглазного давления от 15 до 35 мм рт. ст. дает прибор с призмой, диаметр основания которой равен 10 мм. При более высоких уровнях внутриглазного давления целесообразно применение призмы с основанием меньшего диаметра.

Для отбора фотоэлементов, пригодных к использованию в фотоэлектротометре, сконструировано приспособление, позволяющее получать характеристику фоточувствительности отдельных участков поверхности.

Измерение внутриглазного давления фотоэлектротометром в клинических условиях, а также на изолированных глазах, с заданным внутриглазным давлением, показали его высокую чувствительность. Продолжительность однократного измерения не превышает 1—2 сек. Повторные и даже длительные измерения легко переносятся больными, не причиняя им каких-либо неприятных ощущений.

Тонограмма внутриглазного давления, получаемая при длительных измерениях (3 мин) показала, что с помощью электротометра улавливаются пульсовые и дыхательные колебания внутриглазного давления.

При повторении измерений показания совпадали.

ГОРДОН Э. В., КНОРРЕ К. И.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ ПОЛЕЙ

При работе с установками СВЧ лица, находящиеся в помещении, могут подвергаться облучению различной интенсивности.

Гигиеническая оценка условий труда определяется плотностью потока мощности, распределением стоячих волн, направлением распространения волны, их поляризацией на рабочем месте.

В зависимости от производственных условий может обладать тот или иной характер распределения СВЧ поля.

Наиболее распространенными являются условия, которые оцениваются плотностью потока мощности и направлением распространения волны, особенно это имеет место для диапазона сантиметровых волн.

Основные технические требования к измерителю плотности потока мощности: максимальный диапазон измеряемых частот, максимальный диапазон измеряемых мощностей, чувствительность прибора порядка 1 мкВт/см^2 , точность измерения плотности потока мощности не хуже 2 дБ, высокая стабильность показаний, помехоустойчивость относительно воздействия наводок, портативность и удобство эксплуатации.

Основными элементами, определяющими качество прибора, являются: антенна, аттенуатор и измеритель мощности. Сравнительное рассмотрение некоторых типов антенн, аттенуаторов и высокочастотных головок измерителя мощности позволяют сделать выбор оптимальной конструкции прибора для каждого поддиапазона волн.

Широкое использование СВЧ установок в промышленности и возможность гигиенической оценки условий работы обуславливают необходимость разработки типовых приборов для их серийного выпуска.

ГУРЕВИЧ М. Д.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АППАРАТУРА

Ультразвуковые колебания применяются в клинике для лечения различных заболеваний — в фармакологии для приготовления лекарственных эмульсий, при научных исследованиях для гомогенизации тканей, для получения вакцин.

В зарубежной практике применяются ультразвуковые бор-машинки, позволяющие не только сверлить зубы без болевых ощущений, но и производить фасонную обработку зубов.

В хирургии производится исследование по ликвидации опухолей. Исследуются возможности дробления камней в мочевом пузыре и мочеточниках.

В США и в СССР ведутся работы по визуализации внутренних органов и диагностике опухолей с помощью метода ультразвуковой локализации.

В настоящее время для терапии применяются частоты в диапазоне от 400 до 3000 кГц, причем наиболее распространенным диапазоном является 800—1000 кГц.

Проблема дозировки ультразвуковой энергии при облучении пациента до настоящего времени не решена удовлетворительно. В качестве абсолютного дозиметра ультразвука наиболее надежным является дозиметр, измеряющий давление излучения (ультразвуковые «весы»). Такой дозиметр позволяет отрегулировать мощность ультразвука, излучаемую без отражения в воду, заполняющую дозиметр. Приближенно можно считать, что при облучении тканей в неизменном режиме аппарата излучение ультразвуковой энергии остается таким же. Но это очень грубо.

Последние модели ультразвуковых аппаратов снабжаются дозиметрами, встроенными в корпус аппарата. Эти дозиметры представляют собой большей частью электронные вольтметры, измеряющие напряжение на ультразвуковом преобразователе.

При неизменном режиме генератора, параметрах излучателя контуров и его звукового контакта с облучаемой поверхностью, напряжение на излучателе является мерой излучаемой мощности. Возможно также применение высокочастотных ваттметров. Кроме того, некоторые аппараты снабжаются указателями качества звукового контакта излучателя с облучаемой поверхностью. Максимальная мощность ультразвука в существующих аппаратах обычно не превышает 50 вт. Максимальная интенсивность звука при терапии не превышает $2\text{—}2,5 \text{ вт/см}^2$, максимальная площадь излучения обычно не превышает 10 см^2 . Для импульсного облучения используется несколько значений скважности с возможностью регулировки

частоты или длительности импульсов, или того и другого. В качестве пьезопреобразователя большей частью применяется кварц, однако, в последнее время встречаются титанат бария и искусственные кристаллы.

Пьезопреобразователи в виде дисков соответствующей толщины помещаются в специальные металлические контейнеры—ультразвуковые головки, которые в мощных аппаратах охлаждаются проточной водой. Ультразвуковая энергия излучается через так называемый резонатор, который представляет собой металлическую (латунную или алюминиевую) пластину толщиной, кратной полуволне ультразвука. При этом условия пластина является прозрачной для ультразвукового излучения. Генераторы ультразвуковых (терапевтических) аппаратов большей частью собраны по схеме с самовозбуждением, и высокочастотная энергия от генератора к головке подводится гибким кабелем.

КАЛМАНСОН А Э

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА (ЭПР) В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

Метод ЭПР дает возможность:

а) регистрировать весьма малые концентрации неспаренных электронов в исследуемых образцах (до 10^{-12} моля свободных радикалов); б) производить оценку количества имеющихся в образце неспаренных электронов, в) обусловленная наличием в образцах ядерных магнитных моментов сверхтонкая структура спектров ЭПР позволяет делать важные выводы о строении свободных радикалов; г) ширина линий ЭПР позволяет оценивать время жизни неспаренных электронов в возбужденном состоянии, определять степень их взаимодействия друг с другом и с окружающими атомами и молекулами.

Спектры ЭПР исследуются в специальных радиоспектрографах, представляющих собой сложный комплекс электронных приборов.

Важнейшими составными частями установки ЭПР, собранной в Лаборатории анизотропных структур АН СССР, являются

а) мощный электромагнит (до 4000 гауссов) с высокой однородностью поля и электронным устройством, плавно регулирующим напряженность поля; б) генератор сантиметровых волн, волноводный тракт со специальным разрезным объемным резонатором, в который помещается испытуемый образец; в) узкополосный усилитель сигнала на 975 кГц с фазовым детектором; г) система автоподстройки квантронна по рабочему резонатору; д) генератор ВЧ модуляции сигнала ЭПР на 975 кГц; е) регистрирующее устройство: электронный осциллограф и самопишущий потенциометр.

Чувствительность данной установки находится на уровне лучших зарубежных, а по удобству в работе, устойчивости от всех видов помех и компактности она выгодно отличается от других схем. Несмотря на большое количество работ, использующих метод ЭПР в физике и химии, число таких работ в биологии пока еще очень мало. Объясняется это как сложностью методики, так и слабым знакомством широких кругов биологов с возможностями и преимуществами метода ЭПР. К настоящему времени уже выполнены первые исследования спектров ЭПР свободных радикалов семиксионного типа, являющихся промежуточными продуктами в окислительно-восстановительных ферментативных реакциях живых систем.

Наиболее интенсивно проводятся исследования свободных радикалов, возникающих в результате действия ионизирующего излучения на различные биологические объекты: аминокислоты, пептиды, белки, ткани.

В СССР подобные исследования впервые были начаты под руководством д-ра хим. наук Л. А. Блюменфельда и в настоящее время интенсивно развиваются. На основании анализа спектров ЭПР ферментативных систем, а также спектров ЭПР, облученных нативных и денатурированных белков и тканей Л. А. Блюменфельдом успешно развивается гипотеза о наличии полупроводниковых свойств у нативных белков, обусловленных высоко упорядоченной сеткой сопряженных водородных связей, образующих «каналы» или «нити» проводимости в белковой молекуле.

Эта гипотеза позволяет по-новому подходить к таким важнейшим проблемам, как природа ферментативного катализа, механизм мышечного сокращения, природа первого возбуждения, а также к механизмам развития лучевых поражений.

Большой интерес представляют исследования фотохимических процессов в биологии, особенно изучение механизма фотосинтеза в растениях. Метод ЭПР позволил регистрировать первичные процессы фотосинтеза при непосредственном

освещении зеленых листьев, помещаемых в резонатор радио спектрографа.

Метод ЭПР позволит подойти к решению такой важной и сложной проблемы биологии, как проблема миграции энергии в живых системах

КАЛЬФА С. Ф., ВУРГАФТ М. Б.

ПУТИ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ

Среди заболеваний глаз, которые приводят к слепоте, первое место занимает глаукома. Поэтому раннее выявление глаукомы, позволяющее успешно бороться с тяжелыми последствиями этого заболевания, является важной задачей офтальмологии.

Единственно достоверным признаком глаукомы и основной причиной падения зрения при этом заболевании является нарушение регуляции внутриглазного давления и повышение его уровня.

Поэтому исследование внутриглазного давления является необходимым для раннего выявления глаукомы, для наблюдения за течением болезни и для определения эффективности применяемых лечебных мероприятий.

Клиническое исследование внутриглазного давления долгое время было весьма примитивным и проводилось пальцевым ощупыванием глаза. Такое исследование, естественно, не могло дать точного представления о высоте внутриглазного давления.

Впервые клинически пригодный и точный метод тонометрии глаза был предложен А. Н. Маклаковым в 1884 году.

Заслуги А. Н. Маклакова в разработке тонометрии глаза следующие: он предложил производить тонометрию не на склере, как это проводилось всеми до него, а на роговице, являющейся наиболее тонкой и маловарьирующей по толщине и по радиусу кривизны частью наружной оболочки глаза, что резко повысило точность измерения внутриглазного давления; он предложил также использовать при тонометрии принцип уплотнения (апplanation), вместо применявшегося до него принципа вдавления (импрессии) оболочек глаза.

32

Аппланационный тонометр А. Н. Маклакова является весьма простым инструментом, легко поддающимся выверке и неизменяющимся в дальнейшем при работе. Это обеспечивает постоянство его показаний.

С. Ф. Кальфа в своих исследованиях (1926—1936) установил, что аппланационные тонометры, в момент их представления к глазу, повышают исходное внутриглазное давление и ввел новое понятие — тонометрическое давление.

Метод эластотонометрии оказался очень ценным для ранней диагностики глаукомы и при изучении патогенеза этого заболевания.

В Советском Союзе аппланационная тоно- и эластотонометрия являются общепринятыми и единственно применяемыми методами измерения внутриглазного давления.

В настоящее время к тонометрии глаза предъявляется ряд новых требований: возможность обеспечения массовых исследований внутриглазного давления, для раннего выявления глаукомы, возможность получать данные о состоянии внутриглазного давления и его изменениях на протяжении некоторого промежутка времени (3—5 мин) непрерывно.

В свете этих новых требований выявились некоторые недостатки тонометрии по А. Н. Маклакову и эластотонометрии по Филатову—Кальфа, а именно: необходимость пользоваться краской, которая при повторных многократных исследованиях может иногда, импрегнируя роговицу, приводить к раздражению глаза; кропотливость исследования, затрудняющая проведение массовых измерений внутриглазного давления, невозможность получить данные о состоянии внутриглазного давления непрерывно в течение определенного промежутка времени.

Эти обстоятельства побудили проф. С. Ф. Кальфа организовать разработку нового тонометра, который, сохраняя основные преимущества аппланационной тонометрии по А. Н. Маклакову, был бы лишен вышеуказанных недостатков. Для разрешения этой задачи профессором С. Ф. Кальфа были привлечены инженер-физик А. Я. Гроссман и кандидат медицинских наук М. Б. Вургафт.

Основной особенностью предложенного нами прибора «Фотоэлектротометр» является примененный в нем фотоэлектрический способ измерения площади тонометрического уплотнения роговицы.

Первый образец аппланационного фотоэлектротометра был изготовлен в лаборатории физики Одесского электротехнического института связи А. Я. Гроссманом. Клинические испытания прибора показали его высокую чувствительность. С его помощью можно улавливать и записывать на фотопленку пульсовые и дыхательные колебания внутриглазного давления.—1199

33

ния, а также фиксировать снижение внутриглазного давления при непрерывном пребывании тонометра на глазу в течение 3—5 мин.

В настоящее время надо перейти к производственному освоению нового тонометра.

КОЖЕВНИКОВ В А

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СЛАБЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОТВЕТОВ МОЗГА.

В целом ряде случаев достоверное обнаружение и измерение электрических реакций мозга, возникающих в ответ на различного рода внешние раздражения, может быть произведено только с помощью методов «приема слабых сигналов». В случае ответов, имеющих импульсную форму («локальные ответы» коры, ответы по ходу нервных путей и т. д.) особенно эффективным приемом является получение функции взаимной корреляции между наблюдаемыми потенциалами и моментами подачи раздражений. При этом улучшение отношения сигнала к шуму, практически достигаемое в физиологическом эксперименте с помощью разработанных фотоэлектрических устройств, превышает 20 дБ (Физиологический журнал СССР, 1958, том 44, стр. 801).

В разработанных фотоэлектрических устройствах с помощью электронно-лучевой трубки при яркостной модуляции регистрируются лежащие рядом на фотопленке строчки, каждая из которых начинается точно в момент подачи раздражения. Соответствующие фазы электрического ответа, модулирующие яркость луча и более или менее точно повторяющиеся с каждым раздражением, располагаются в определенных местах по оси времени. В случае ритмически наносимых раздражений используется устройство, состоящее из схемы ждущей развертки и схемы, вырабатывающей медленно возрастающее напряжение для вертикального сдвига луча.

Примененный способ регистрации отличается тем, что наряду с определением функции взаимной корреляции (путем фотометрирования снимка), сохраняется возможность оценивать динамику и вариабильность отдельных измерений.

Для случаев неритмической подачи раздражений разра-

34

ботана (совместно с В. И. Сороко) схема, в которой ступенчатое смещение строчек осуществляется с помощью электро-механической релейной схемы, служащей также для включения раздражителей. Модуляция яркости луча осуществляется на несущей частоте, что позволяет регистрировать медленные изменения и постоянную составляющую сигнала.

Для случаев цифрового представления данных, осуществляемого основными узлами разработанного ранее анализатора биопотенциалов, эффективным приемом обнаружения слабо выраженных реакций является определение так называемой «обратной вероятности».

Эксперименты показывают возможность использования данного критерия в электрофизиологии (Физиологический журнал СССР, 1957, том 13, стр. 983), однако процедура расчета отличается значительной трудоемкостью.

Для производства расчета разработана схема полуавтоматического электромеханического устройства. В устройстве с помощью системы шаговых искателей производится сложение логарифмов отношений вероятностей для двух статистических распределений. Последние заранее вводятся с помощью переключателей (21 ступень), экспериментальные данные (подразделяемые на 11 классов) вводятся с помощью кнопок. На выходе устройства указывается логарифм вероятности для введенных опытных данных, принадлежащих к распределению, характеризующему случай наличия реакции и к распределению, характеризующему случай отсутствия реакции.

Ставится вопрос о разработке полностью автоматической системы, работающей во время эксперимента и указывающей на достаточность или недостаточность полученных в опыте данных.

КОБЛЕНЦ МИШКЕ А И

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАФИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЗВУКОВ СЕРДЦА

Фонокардиографии (ФКГ) называется инструментальный метод графического представления звуковых колебаний, возникающих при работе сердца.

Исследование звуков сердца дает наиболее полное представление о динамике сердечной деятельности и ее нарушениях. Основным методом изучения звуков сердца является выслушивание (аускультация). Субъективный характер этого

35

метода, ограниченность возможностей слуха в анализе временных отношений вызвали к жизни фонокардиографию. Последняя позволяет дополнить аускультативные впечатления зрительными, представляет в распоряжение исследователя материалы документального характера.

Амплитуда важных в диагностическом отношении высокочастотных шумов сердца значительно меньше амплитуды низкочастотных «тонов сердца» и колебаний грудной клетки дозвуковой частоты. Необходимым условием для регистрации этих шумов явилось отсечение низкочастотных составляющих.

Для уточнения аускультативных данных применяют аппараты с «характеристикой слуха». Частотная характеристика чувствительности таких аппаратов приблизительно соответствует ходу пороговой кривой слухового восприятия.

Распределение по частотам энергии звуков сердца существенно меняется в течение исследования и неодинаково у разных лиц. Запись с одной какой-либо характеристикой не обеспечивает достаточно полного представления всех элементов мелодии сердца. Современные схемы предусматривают регистрацию с несколькими частотными характеристиками.

Собственный опыт применения обеих наиболее распространенных схем — американской (Раппопорт и Спрэг, 1941 г.) и немецкой (Маас и Вебер, 1952 г.) убеждает в преимуществах последней.

Отказ от фильтров «с характеристикой слуха» следует признать преждевременным. Такая характеристика необходима для рассчитанного на широкое применение аппарата с одним фонокардиографическим каналом. Запись «с характеристикой слуха» облегчает освоение врачами фонокардиографического метода и использование ФКГ в педагогических целях.

Ни один из предложенных для ФКГ микрофонов не удовлетворяет полностью предъявляемым к ним требованиям. Наиболее надежным и удобным из имевшихся в нашем распоряжении микрофонов явился динамический микрофон с воздушной передачей. Слишком большая опорная поверхность в ряде случаев затрудняла фиксацию этого микрофона на грудной клетке и ограничивала возможность точной локализации звуков сердца.

Применение аппаратов с различными частотными характеристиками и микрофонами затрудняет получение сравнимых результатов.

Задачей исследователей являются поиски решений, обеспечивающих стандартизацию фонокардиографов, в первую очередь, по линии микрофона и способа его фиксации.

Выдвигается для обсуждения вопрос о возможности но-

вых решений, позволяющих расширить диапазон чувствительности при фиксированной степени усиления. Весьма полезными, в частности, могут явиться аппараты, представляющие амплитуды звуковых колебаний в логарифмическом масштабе

КУПРИЯНОВ П А

ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОМЕТОДОВ В ХИРУРГИИ

Одним из перспективных применений радиоэлектроники в хирургии является телевидение. Очень скромно поставленный опыт по передаче изображений микроскопных препаратов при помощи цветного телевидения привел к весьма обнадеживающим результатам. На экранах телевизоров многочисленные зрители видели детали препарата, измеряемые в натуре долями микрометра, причем при сохранении цветов их окраски. Это создает новые возможности использования микроскопа в медицине.

Столь же благоприятные результаты были получены и при совмещении работы телевидения с рентгеновским аппаратом.

Известно, что подобные работы проводятся во многих медицинских и научных учреждениях, но по инициативе отдельных энтузиастов. Разумеется, в таких условиях получение удовлетворительных результатов достигается с большим трудом. Нужно, чтобы за решение этих вопросов явились с необходимой серьезностью и немедленно. Медицинские учреждения нужны цветные телевизионные микроскопные установки с применением источников поляризованного света, источников инфракрасных и ультрафиолетовых лучей. Специалисты утверждают, что эта задача хотя и сложна, но посильна нашей технике.

Не касаясь прочих отраслей медицинских наук, необходимо указать еще и на такие нужды хирургии. Со времен Пирогова глубина наркоза контролируется клиническими признаками, по которым можно судить о состоянии больного: по изменению размеров зрачка больного, по частоте дыхания и кровяному давлению и т. п. В настоящее время и процесс и рецептура наркотизации резко изменились. Сегодня самостоятельное дыхание у больного, находящегося под наркозом, исключается; кровяное давление умышленно снижается, а зрачки глаз, под влиянием новых видов медикаментов, пере-

стают реагировать на изменение состояния больного во время операции. Короче говоря, теряется возможность постоянного наблюдения за больным во время наркоза. Специалисты электронной техники должны разработать такую аппаратуру, которая могла бы информировать о состоянии больного в течение всей операции. Хирургии нужен чувствительный прибор, регистрирующий кровяное давление больного в процессе всей операции, избавляющий хирургов от необходимости вести счет частоты пульса по секундомеру, сообщающий о содержании кислорода и углекислоты не только в крови, но и во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

В настоящее время хирурги лечат почти все врожденные и не менее 50% приобретенных пороков сердца, в то же время хирургия не имеет возможности производить перманентно записи токов сердца во время операций, так как имеющиеся типы электрокардиографов недостаточно чувствительны к токам сердца, но зато весьма чувствительны к посторонним токам и шумам.

Необходимо использовать новые направления теоретической радиотехники, например, теории информации для изучения и записи токов мозга у больных, находящихся под наркозом. Нужно создать прибор, автоматически регулирующий подачу эфира при наркозе и необходимых лекарств на основании биотоков, отводимых от головного мозга наркотизируемого, источником информации для чего послужит электроэнцефалограф. Например, указание о снижении количества эфира или кислорода в кровяном русле ниже некоторого уровня должно автоматически увеличивать подачу эфира или кислорода в организм и т. д. Естественно, что таким же путем следует автоматизировать введение больному и других веществ. Желательно сочетать информацию, даваемую электроэнцефалографом с показаниями определения pH крови, сфигмографа, оксигемографа, электрокардиографа, электролитов в крови и пр. Известно, что в технике давно созданы чувствительные следящие системы, способные реагировать на малейшие изменения тока или напряжения.

В своем сообщении я не перечислил, конечно, всех потребностей хирургии. Констатируя факт разрыва между потребностями медицины и возможностями электроники, следует признать, что это произошло из-за отсутствия должного контакта между двумя отраслями наук. Следует добиться того, чтобы наша конференция нашла меры и средства постоянной взаимной информации, иначе мы в медицине отстанем, причем совершенно неоправданно. Мы не можем ориентироваться только на энтузиазм отдельных лиц, ибо несмотря на всю их инициативу, энергию, изобретательность, они не имеют средств для методического изучения поставленных задач и условий для их решения. Решением проблем, связанных со

38

скорейшим внедрением новейшей электронной техники в медицину, должны заниматься не отдельные группы, а может быть институты. Мы горды тем, что благодаря заботам Коммунистической партии и Советского правительства, мы имеем самую разветвленную в мире сеть бесплатных лечебных учреждений. Мы горды тем, что на каждого советского врача приходится меньшее количество населения, чем в передовых капиталистических странах. Мы горды тем, что у нас полностью ликвидированы многие виды болезней. Мы хотим быть убеждены в том, что сотрудничество медицины с различными отраслями техники, а в особенности с электроникой, приведет к дальнейшему развитию новых областей и разделов медицины, в частности хирургии, перед которой в последнее десятилетие встали совершенно конкретные новые задачи, например в хирургии сердца, успешное разрешение которых сейчас уже представляется совершенно реальным.

ЛИВЕНСОН А Р

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

В физиотерапии используется энергия электромагнитных колебаний широкого спектра частот — от десятков килогерц до тысячи мегагерц. Рабочая часть электромагнитных колебаний и их форма определяются особенностями соответствующей медицинской методики.

Искровые аппараты для местной дарсонвализации. Сильно затухающие высокочастотные колебания создают широкий спектр радиопомех, что вызвало снятие с производства этих аппаратов.

Необходима разработка электронно-ламповых аппаратов, удовлетворяющих нормам предельно допустимых промышленных радиопомех.

Аппараты для терапевтической диатермии. Трехкаскадные ламповые генераторы с кварцевой стабилизацией частоты ($1625 \pm 0,8$ кГц).

Переменная связь терапевтического контура с генератором обеспечивает передачу в нагрузку максимальной мощности при различных величинах нагрузки и в то же время обеспечивает плавную регулировку мощности.

• 39

Аппарат для индуктотермии. Трехкаскадный ламповый генератор с кварцевой стабилизацией частоты ($13,56 \pm 0,007$ МГц). Связь анодного контура с терапевтическим постоянная. Необходимость разработки специальных электродов в том числе и внутриполостных для прогрева различных частей тела.

В связи с выделением более широкой полосы частот (14—14,1 МГц) имеется возможность упрощения схемы аппарата.

Аппараты для УВЧ терапии. Однокаскадные и двухкаскадные ламповые генераторы, работающие на частоте 39 ± 1 МГц.

Технические трудности создания высокоэффективных экономичных аппаратов. Постоянная связь терапевтического контура с генератором затрудняет получение хорошей передачи мощности в различные нагрузки. Методы автоматической подстройки в резонанс терапевтического контура. Необходимость создания инженерных методов расчета генераторов с режимом работы, изменяющимся от холодного хода максимальной нагрузки.

Аппараты для импульсной УВЧ терапии. Аппарат для микроволновой терапии. Магнетронный генератор, работающий на частоте 2375 МГц в режиме непрерывного генерирования. Регулировка мощности изменением анодного тока.

Необходимость разработки специального малогабаритного постоянного магнита из высококачественного материала для создания переносного аппарата.

Аппаратура для импульсной микроволновой терапии (для исследовательских работ). Дозиметрия при проведении физиотерапевтических процедур. Недостаточность имеющихся методов дозиметрии. Необходимость разработки новых методов и аппаратов для дозиметрии, обеспечивающих контроль и измерение поглощаемой объектом мощности.

Технические требования, предъявляемые к физиотерапевтическим аппаратам. Компенсация изменений напряжения питающей сети. Автоматика. Техника безопасности.

Необходимость увеличения исследовательских и конструкторских работ в области высокочастотной физиотерапевтической аппаратуры.

ЛИВЕНЦЕВ И М

ИМПУЛЬСНЫЕ ТОКИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ В ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ

Для диагностических и лечебных целей в настоящее время применяется преимущественно импульсный ток. Существенное значение при этом имеет длительность, частота и форма импульсов (особенно крутизна нарастания фронта), а также последовательность и общее количество импульсов при одновременной посылке. Все эти параметры импульсного тока соответствуют определенным физиологическим характеристикам возбудимости ткани (полезному времени, лабильности и др.). Изменение этих параметров вызывает соответственно изменение реакции ткани на раздражение, особенно при различных формах ее поражения. Это явление используется при электродиагностике и электротерапии заболеваний нервной и мышечной систем организма.

В значительной степени изучены реакции здоровых и пораженных нервных стволов и мышц на переменный ток низкой частоты, индукционный ток, прерывистый постоянный ток (импульсы прямоугольной формы), прямолинейно возрастающие различной частоты и длительности импульсы, экспоненциально-возрастающие импульсы в области низких частот. Соответствующая электронно-ламповая аппаратура, использующая элементарные радиотехнические схемы, имеет широкое применение на практике.

Изучаются и частично используются на практике амплитудная и частотная модуляции импульсного тока, изменение формы импульсов (крутизна нарастания фронта) и т. п. Это требует применения более сложных радиотехнических схем. Необходима разработка универсальных генераторов импульсного тока, которые обеспечивали бы возможность исследований в широком диапазоне изменения параметров импульсного тока, а не только в отдельных узких интервалах, как это имеет место в настоящее время. Необходима разработка доступных в широкой практике способов визуального контроля и измерения параметров импульсного тока при подобных исследованиях.

За границей применяются импульсные токи, отличающиеся чередованием (токи Бернара) или наложением (интерференц-токи) импульсов с различным ритмом, образованием, в тканях индукционных вращающихся токов (роторштром) и т. д. Необходимо создать аппаратуру, которая позволила бы изучить действие подобных токов на организм, а также поставить более широкое исследование действия на организм токами с непериодическим ритмом, которые дают возможность преду-

предить образование в тканях процессов адаптации к действию раздражителя

Изучается возможность использования действия на организм токами, воспроизводящими характер биопотенциалов, генерируемых различными органами: сердцем, головным мозгом и др. Для этого необходимо создание соответствующих усилителей и генераторов.

Вообще необходимо создание генераторов, воспроизводящих токи любой заданной наперед периодической или аperiodической формы

Электрическим током можно воздействовать также на процессы возбуждения и торможения в центральной нервной системе (электронаркоз и электросон). Подобным образом можно изменить реактивность организма на действие тех или иных болезнетворных факторов. Электросон вошел в лечебную практику. Электронаркоз осуществлен пока только в эксперименте. Необходимо продолжать исследования в этом направлении.

ЛИБЕРМАН Е А

РОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В НЕРВНОЙ ПРОВОДИМОСТИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРВНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Нервный импульс между перехватами Ранвье является импульсом электрического тока, распространяющегося по коаксиальной линии. Параметры этой линии и методы их измерения.

Перехваты Ранвье служат для регенерации этого электрического, первого импульса. Генератор электрического импульса расположен в мембране перехвата.

Ионная мембранная теория генерации первого импульса и роль Na и K. Трудности теории, генерация импульса в безнатриевых растворах, два стабильных состояния мембраны.

Метод фиксации потенциала для изучения работы нервного генератора электрического тока, Быстрые колебания мембранного тока. Способ проверки Na-теории.

Модель первого волокна на полупроводниковых элементах. Полупроводниковая гипотеза генерации первого импульса, экспериментальные данные о влиянии магнитного поля. Более точные опыты на одиночных перехватах не обнаружили влияния магнитного поля на порог возбуждения.

42

Факты в пользу электрической передачи первого импульса через синапс аксон у ракообразных. Синапс-детектор. Неуниверсальность этого механизма. Химический передатчик в других синапсах.

Некоторая «универсальная» радиотехническая аппаратура, нужная для дальнейших исследований.

ЛИВШИЦ Б Н

РЕГИСТРИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА В ЭЛЕКТРОМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЕ

Регистраторы с оптической записью на фотобумагу широко известны и применяются в различных областях науки и техники. Для применения в диагностической аппаратуре разработан гальванометр электромагнитной системы, обладающий высокой чувствительностью по току (до 200 мк/мм) при полосе регистрируемых частот до 1000 гц. Основной недостаток — необходимость проявления записи.

Существующая сейчас фотобумага с непосредственным потемнением требует слишком сложных осветителей, потребляющих большую мощность.

Электрография, видимо, перспективна, но пока метод не достаточно разработан.

Записи чернильной струей и управляемым шлейфом («Миниграф») или другими методами пока не дали результатов, пригодных для внедрения в массовое производство.

Необходимость в ряде случаев получить непосредственно видимую запись привела к разработке быстродействующих самописцев чернильного типа.

Система не шлейфовая, однако сравнительно слабые требования к точности воспроизведения (допускается погрешность до 5%) позволили сконструировать регистратор для частот от 0 до 120 гц, достаточной для целей кардиографии и энцефалографии. Такой самописец используется в разработанных кардиографе и энцефалографе с чернильной записью.

Существуют возможности улучшения параметров самописцев чернильного типа за счет применения новых ферромагнитных сплавов, материала перьев и улучшения конструкции и технологии.

ЛОСЕВ В Д., СОКРУТ В И., СЕМЕНОВСКИЙ А И

НЕКОТОРЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Создание электронных приборов для объективного диагностирования сердечных болезней связано с проблемой построения диагностической машины и необходимостью уточнения диапазона перед оперативным вмешательством на сердце.

В Вычислительном центре АН УССР разработаны следующие приборы: электрокардиоанометр, фонокардиограф и электрокимограф.

Электрокардиоанометр предназначен для записи давлений в полостях сердца и крупных сосудов. В нем применен тензометрический датчик давления, электронный усилитель, стабилизированный источник питания. Прибор позволяет производить записи давления, как методом пункции, так и методом зондирования, а также эзофагограммы.

Разработанный аппарат для записи звуковых колебаний сердца позволяет одновременно с тонами и шумами регистрировать низкочастотную составляющую колебательных движений, сопровождающих сердечную деятельность.

Электрокимограф является переносным медицинским прибором и работает в качестве приставки к рентгеновскому аппарату, предназначен для записи колебаний сердца — электрокимограмм.

Одновременно с записью электрокимограмм прибор позволяет записывать на ту же пленку электрокардиограммы. В приборе применен в качестве датчика фотоумножитель ФЭУ-19, электронный усилитель, стабилизированный источник питания.

Разработанные приборы имеют малые габариты, простое управление, высокую надежность в работе.

Аппаратура в течение года проходила испытания и опытную эксплуатацию в киевской клинике торакальной хирургии, в настоящее время успешно эксплуатируется.

МАВРОДИАНН В Г., АКУЛИНИЧЕВ И Т.

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ

Бурное развитие радиоэлектроники и все расширяющееся ее применение в различных областях народного хозяйства, особенно, в биологии и медицине для научных исследований, профилактики, диагностики и физиотерапевтического лечения заболеваний, для лабораторных исследований и теледизнирования.

Специальное научное оборудование для биологии: широкодиапазонные генераторы низких, высоких и сверхвысоких частот; измерители мощности потока электромагнитной энергии, генераторы всевозможных импульсных токов, в частности генераторы, способные создавать ток любой наперед заданной формы, электронные милли- и микросекундомеры; многоканальные осциллографы, усилители постоянного тока, микровольтметры, фотометры и различные радиоизмерительные приборы, предназначенные для измерения неэлектрических величин.

Радиоэлектронная аппаратура для профилактики заболеваний:

а) аппаратура для дозиметрии радиоактивных, рентгеновских, ультрафиолетовых, световых и инфракрасных излучений и высокочастотных полей;

б) перспективы снижения мощности потока рентгеновских лучей при просвечивании за счет применения фотоэлектронных умножителей, электронно-оптических преобразователей и методов телевидения, а также возможность замены рентгеновского просвечивания ультра звуковым, при использовании допустимых доз ультразвука;

в) ионо-аэро-терапия как средство профилактики заболеваний;

г) поиски новых путей использования радиоэлектроники для целей профилактики.

Диагностическая радиоэлектронная аппаратура и перспективы ее развития:

а) усилительная и осциллографическая техника и ее использование при исследовании биотоков, виды записи, электронно-лучевые трубки с цветными, белыми и многоцветными экранами, с коротким и длительным послесвечением, с одной и несколькими электронными пушками, ждущие развертки, усилители постоянного тока, балансные схемы усилителей, борьба с помехами;

б) фотоэлементы, фотосопротивления, фотоэлектронные умножители, электронно-оптические преобразователи, электрон

по-оптические модуляторы, всевозможные малонерционные газосветные лампы (неоновые, аргонные, ртутные и др) и их использование в сочетании с оптикой в приборах для исследований органов зрения и зрительных восприятий,

в) термосопротивления, термопары, полупроводниковые приборы и их использование для измерения температуры кожи и ее потоотделения,

г) импульсные схемы и их использование в диагностике нервно-мышечного аппарата,

д) генераторы и усилители звуковой частоты, микрофоны, ларингофоны, телефоны-наушники в диагностике слуха и голоса;

е) всевозможные датчики: пьезоэлектрические, фотоэлектрические, тензометрические, фоноэлектрические, термоэлектрические и другие, их использование в баллистокордиографии, пульсоксиметрии, фонографии, аускультации, перкуссии, оксигеметрии и других видах диагностики внутренних органов.

Роль электронных счетных машин дискретных и моделирующих в медицинской диагностике

Лечебная радиоэлектронная аппаратура. Возможности радиоэлектроники по созданию токов и полей от постоянного до переменных сверхвысоких частот, а также импульсных токов практически любой формы. Исследование воздействия на организм сверхвысококачественных и импульсных токов и полей, а также ультразвуковых механических колебаний.

Разработка методов воздействия на организм (и отдельные органы) импульсными токами и токами по форме близкими к биотокам.

Радиоэлектронные приборы для лабораторных медицинских исследований:

а) расширение использования уже существующих приборов таких как электронный микроскоп, измерители рН, флуориметры, колориметры, влагомеры, измерители проводимости электролитов, фореграммометры и т. д.,

б) конструирование новых приборов, например, счетчиков кровяных телец, электронных полярографов, полупроводниковых холодильников и столиков для микрометров, электронных спектрометров и т. д.

Использование радиоэлектроники для протезирования:

а) аппаратура для компенсации потери слуха;

б) аппаратура для компенсации потери зрения,

в) аппаратура, использующая биотоки для управления механическими протезами;

г) приборы типа «искусственное сердце», «искусственное легкое» и «искусственная почка».

Основные задачи в деле внедрения радиоэлектроники в медицину и биологию:

а) необходимо резко увеличить фронт научно-исследовательских работ по изысканию новых областей использования радиоэлектроники в медицине и биологии,

б) необходимо укрепить существующие конструкторские организации и улучшить качество опытно-конструкторских работ путем использования конструкторского опыта радиотехнической промышленности;

в) надо увеличить количество специализированных заводов, занимающихся производством радиоэлектронной медицинской аппаратуры.

МИШИН Л И

ТЕХНИКА ЭЛЕКТРОГАСТРОГРАФИИ

При электрогастрографическом исследовании производится регистрация переменных биопотенциалов перистальтической деятельности желудка. Важно отметить, что отведение биопотенциалов при этом производится с поверхности тела.

Частотный и амплитудный спектры биопотенциалов желудка достаточно широки. Помимо потенциалов, обусловленных перистальтическими сокращениями, имеется большое количество компонентов, лежащих выше и ниже по шкале частот, нежели перистальтические потенциалы. Наиболее низкочастотные компоненты имеют период порядка нескольких часов, высокочастотные компоненты имеют период доли секунд.

При изучении моторной деятельности желудка необходимо усилить и зарегистрировать без искажения компоненты, которые обусловлены только моторикой. Это условие налагает довольно жесткие требования на форму частотной характеристики усилительно-регистрирующего устройства.

При необходимости изучения биопотенциалов, характеризующих другие виды деятельности желудка, необходимо обеспечить соответствующую фильтрацию нежелательных компонентов.

Амплитуда переменных биопотенциалов также меняется в широких пределах от единиц милливольт до десятков милливольт, в зависимости от характера и степени нарушения функций желудочно-кишечного тракта. Поскольку спектр биопотенциалов желудка лежит в области инфранизких частот, усилительные устройства, предназначенные для усиления этих

STAT

биопотенциалов, должны иметь весьма большие постоянные времена, приближаясь по своим параметрам к усилителям постоянного тока.

Необходимость осуществления большой постоянной времени при сравнительно высокой чувствительности налагает весьма жесткие требования на стабильность источника питания и качество применяемых радиодеталей.

При регистрации электрогастрограммы мешающими компонентами являются не только нежелательные частотные компоненты, обусловленные деятельностью желудка, но и биопотенциалы, обусловленные деятельностью других органов (кишечника, сердца, мышц и т. д.). При этом следует отметить, что некоторые из этих компонентов лежат сравнительно близко на шкале частот с регистрируемыми колебаниями и могут превышать по амплитуде рабочие колебания в несколько раз.

Помимо помех, обусловленных биологическими причинами, имеются помехи, не связанные с деятельностью организма. Одним из источников таких помех являются гальванические и поляризационные ЭДС, возникающие в местах соприкосновения электродов, снимающих потенциалы с тела пациента, с кожей. Величина этих ЭДС может превышать полезный сигнал в несколько тысяч раз. Большое значение имеют также помехи, обусловленные наводками на тело пациента со стороны осветительной и силовой сети переменного тока. Борьба с помехами в усилительной биоточной аппаратуре осложняется необходимостью осуществления высокоомных входных цепей. Весьма жесткие требования к стабильности источников питания электрогастрографических усилителей заставляют применять промоздкие схемы блоков питания. В особенности это относится к блокам питания цепей накала первых ламп усилителя. Отсутствие стабильных ламп с высокоомным накалом, а также отсутствие надежно работающих схем стабилизаторов низких напряжений при больших токах, пока ограничивает возможности увеличения чувствительности и повышения надежности работы биоусилителей с большой постоянной времени.

Существенное значение имеет также качество деталей, применяемых в электрогастрографических усилителях. Идентичность по параметрам и стабильность ламп, применяемых в первых каскадах усиления, обычно бывает ниже требуемой. Низкочастотные флуктуации анодного тока, обусловленные различными причинами, а также дрейф позволяют применять весьма ограниченное количество типов ламп, доступных производящим организациям.

Значительные величины утечек конденсаторов, применяемых в схемах, а также отсутствие качественных малогабаритных конденсаторов осложняют конструктивное выполнение портативных моделей аппаратов

48

Во ВНИИМИ и О в настоящее время закончена разработка портативной модели электрогастрографа с питанием от сети переменного тока. В усилителе применена дифференциальная схема. Стабилизация анодного питания осуществлена с помощью электронного стабилизатора с дополнительной стабилизирующей цепочкой в анодной цепи первой лампы, играющей одновременно роль развязки.

Стабилизация напряжения накала осуществляется с помощью феррорезонансного стабилизатора и барретера, включаемого на стабильной стороне. Параллельно нити накала 1-й лампы включена малогабаритная аккумуляторная батарея, работающая в буферном режиме.

В настоящее время ведутся работы по построению схем усилителей с большой постоянной времени, построенных на принципе преобразования

МИНКИН Р. Б., ТАРТАКОВСКИЙ М. Б., КЕДРОВ А. А.
ГЕВВИНА М. В., ГРИНГОФ Р. Н., ЛЬВОВ А. М., РУСАКОВ Г. В.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФОНОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО ТРАКТА И ВЛИЯНИЕ ЭТИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА КЛИНИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ ФОНОКАРДИОГРАММЫ

Фонокардиография, как метод клинического исследования, позволяет расширить возможности диагностической информации, получаемой посредством аускультации. Однако, широкому внедрению фонокардиографии в клиническую практику препятствует отсутствие единой методики обследования больных. Следствием этого является несопоставимость результатов исследований, проведенных различными авторами. Настоящее исследование предпринято с целью выявления влияния отдельных элементов приборного тракта фонокардиографа на вид фонокардиограммы и количество содержащейся в ней полезной информации.

На ряде сердечных больных и практически здоровых лиц было проверено влияние основных элементов фонокардиографа (микрофона, усилителя, регистрирующей системы) на вид и ценность фонокардиограмм.

Исследованию и сопоставлению были подвергнуты 4 типа микрофонов

4-1190

STAT

Контактный кристаллический микрофон с чувствительным пьезоэлементом, работающим на скручивание (разработан СКТБ «Биофизприбор», Минздрав СССР)

Контактный кристаллический микрофон с чувствительным элементом, работающим на продольное сжатие (разработан фирмой «Атлас»).

Кристаллический микрофон инерционного типа (разработан фирмой «Девис»)

Микрофон воздушной проводимости динамического типа (разработан ВНИИМИ и О)

Кроме того было сопоставлено два фонокардиографических усилителя

Фонокардиографическая приставка типа ФКП-1, разработанная ВНИИМИ и О.

Фонокардиограф типа ФК-01, разработанный СКТБ «Биофизприбор» Было проверено также влияние частотной характеристики системы регистрации на вид и диагностическую ценность фонокардиограмм

Графический и медицинский анализ полученных фонокардиограмм позволяет сделать выводы о степени влияния каждого из трех основных элементов фонокардиографического тракта на ценность фонокардиограмм, а также сформулировать некоторые требования к этим элементам

МЕЩЕРСКИЙ Р М

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее широко распространенным методом исследования электрической активности мозга является регистрация так называемой классической или хронологической ЭЭГ. При этом получают кривую, на которой разность потенциалов является функцией времени. В связи с этим главным направлением в развитии нейрофизиологических электронных приборов является создание совершенных электроэнцефалографов. При этом ставятся следующие задачи: увеличение числа каналов, повышение коэффициента дискриминации, повышение верхнего частотного предела чернильной регистрации, переход от чернильной к другим видам регистрации (например, термической), замена оконечных каскадов усилителей одним большим усилителем с электронной коммутацией сигналов

50

В настоящее время выделился в самостоятельное направление микроэлектродный метод исследования отдельных нейронов центральной нервной системы. Одной из основных задач при развитии этого метода является создание катодных повторителей с небольшим сеточным током (порядка 10^{-11} — 10^{-12} А) и компенсацией емкости входа, а также соответствующей регистрацией аппаратуры

При общепринятом визуальном методе анализа из хронологической ЭЭГ извлекается редко более 0,01% содержащейся в ней информации. Причиной этому является то, что такие важные параметры конфигурация электрического поля мозга (в трех измерениях пространства), частотный спектр и фазовые соотношения волн ЭЭГ (в разных точках мозга) не получают непосредственного и ясного отображения на обычной ЭЭГ. В связи с этим значительное развитие получили способы извлечения дополнительной информации о биологической деятельности мозга. В развитии этих способов можно отметить следующие основные направления: частотный анализ, корреляционный анализ, количественный анализ, межфазный анализ, векторный метод, топоскопический метод и метод выявления вызванных потенциалов, замаскированных фоновой активностью

МОСКАЛЕНКО Ю М

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ (ЭЛЕКТРОПЛЕТИЗМОГРАФИЯ)

К этим методам относится сверхчастотная электроплетизмография, которая позволяет осуществлять бесконтактную регистрацию кровополнения глуболежащих органов человека и животных.

Принцип сверхвысокочастотной электроплетизмографии основан на том, что в диапазоне сверхвысоких частот тело человека и животных является полупрозрачным для энергии электромагнитного поля, так как мнимая составляющая диэлектрической проницаемости живых тканей меньше ее вещественной части. Величина поглощения энергии электромагнитного поля зависит от количественного соотношения между кровью и плотными клеточными тканями организма, по-

4*

51

сколько электрические параметры крови и прочих тканей различны. Анализ частотных зависимостей физических характеристик взаимодействия энергии электромагнитного поля с тканями живых организмов — коэффициентов поглощения и отражения радиоволн, разности между электрическими параметрами крови и остальных тканей организма, а также относительного биологического действия радиоволн, — определяет частотные границы данного метода в пределах от 400 до 900 Мгц. Испытания сверхвысокочастотного электроплетизмографа показали его пригодность для регистрации в клинических условиях изменения кровонаполнения сердца, головного мозга, а также вентиляционного объема легких.

Особенности волноводного распространения сверхвысоких частот позволяют создать метод регистрации изменения органов животных (отдельные части изолированного сердца лягушки, ее скелетная и гладкая мускулатура и т. д.)

Для осуществления регистрации изменения объема, исследуемый объект помещается через отверстие в широкой стенке волновода в максимум электрического поля. Теоретический анализ этого метода сводится к расчету поглощающего объемного аттенуатора. Метод регистрации изменения объема изолированных органов обладает высокой чувствительностью

МЕЛКУМОВА Г Г

ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ pH ТКАНЕЙ В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ

Определение активной концентрации водородных ионов pH живых тканей имеет важнейшее значение как для физиологических, так и для патофизиологических исследований

Только с открытием электрометрического метода исследования появилась возможность прижизненного определения pH тканей. Однако, несмотря на важность вопроса, эта возможность до сих пор полностью не реализована. Причиной этому являются методические трудности. Электроды, предложенные в свое время различными авторами — водородный, хингидронный, сурьмяный и ряд других — обладают существенными недостатками и дают большие погрешности в работе.

52

Наилучшие возможности для определения pH дают стеклянные электроды, на что было указано в 1932 году Фейтлинским и др. Высокое внутреннее сопротивление стекла и ничтожно малая величина возникающего потенциала требуют применения при работе со стеклянными электродами специальных измерительных электронных устройств, рассчитанных на очень высокое входное сопротивление. С этим обстоятельством, а также с отсутствием соответствующих электродов связано то, что в отечественной литературе этот важный вопрос не подвергся сколько-нибудь глубокой разработке.

Нами были изготовлены стеклянные игольчатые электроды двух типов, пригодные для введения в различные ткани живого организма. Один из них основан на принципе покрытия металлической (платиновой) иглы пленкой из специального стекла, второй — является капилляром из того же стекла, заполненным ртутью. Эти электроды удобны в обращении, не страдают от наличия в тканях окисляющих и восстанавливающих веществ, потенциал их устанавливается быстро, что позволяет наблюдать изменения pH прижизненно при различных патологических процессах в динамике.

Для проведения измерений с этими электродами очень удобен непосредственно показывающий электрический аппарат, рассчитанный на большое входное сопротивление (100 Мом), что дает возможность использовать сравнительно толстостенные электроды.

Однако, для более широкого применения в биологических и медицинских исследованиях электрометрического определения pH в живых тканях, необходимо, помимо разработки новой системы электродов, создание еще более чувствительных электронных приборов, способных улавливать минимальные сдвиги в электрических потенциалах.

Построение измерительной цепи и проведение опыта требует ряда методических приемов. При аккуратной работе и соблюдении некоторых обязательных условий прижизненное измерение pH тканей производится достаточно точно. С помощью этого метода нами проведено определение pH в нормальных и патологически измененных тканях (в частности, мышцы и подкожной клетчатке).

МИНИКИИ Д. И

ХАРАКТЕРИСТИКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОДАВЛЕНИЯ СИММЕТРИЧНЫХ ПОМЕХ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Биоэлектрические напряжения характеризуются малыми амплитудами (милливольты - микровольты) и частотным спектром, лежащим в диапазоне промышленных электрических помех. Поэтому основной особенностью построения схем биоэлектрических усилителей является требование избирательного усиления полезного сигнала и подавления наводимого в одинаковой фазе на оба отводящих электрода напряжения помех.

В настоящее время для подобных усилителей применяются дифференциальные симметричные схемы каскадов с большим сопротивлением в общей катодной цепи, в качестве которого используется динамическое сопротивление пентода. Дальнейшим развитием этого способа являются симметричные схемы последовательного баланса, дающие наибольшее отношение полезного сигнала к помехе. Имеются также схемы дифференциальных усилителей, где сравнение напряжений производится в одной лампе, что освобождает от необходимости точного подбора парных ламп.

Для оценки качества дифференциальных усилителей различными авторами были введены коэффициенты «дискриминации» (Джонсон, 1947), «режекции», «передачи» (Атри, Клейн), «симметрии» (Кожевников и Сороко) и т. д., причем численные значения этих величин сильно расходятся.

Проведенные исследования показывают, что для характеристики качества работы отдельных дифференциальных каскадов полезно рассмотрение двух величин:

- коэффициент режекции (или дискриминации), представляющий отношение усиления каскада без учета и с учетом отрицательной обратной связи на катодном сопротивлении. Этот коэффициент увеличивается при последовательном соединении нескольких дифференциальных каскадов;
- коэффициент симметрии, показывающий степень подбора парных ламп симметричного каскада. Он дает отношение величин симметричного и несимметричного сигнала на выходе при одинаковом разнофазном напряжении на входе каскада. Поскольку в дальнейшем разнофазный сигнал не различается последующими каскадами, этот коэффициент определяется первым каскадом.

Качество работы многокаскадного дифференциального усилителя можно характеризовать коэффициентом подавления

54

помех, зависящим некоторым образом от обоих упомянутых выше коэффициентов.

Были исследованы различные схемы дифференциальных усилителей с точки зрения использования их для клинико-физиологических экспериментов и диагностики. Поскольку напряжения помех в реальных условиях не бывают абсолютно одинаковыми, большие коэффициенты подавления помех могут быть реализованы лишь при дополнительном балансировании помех на входе усилителя.

ОБРОСОВ А И

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ В ФИЗИОТЕРАПИИ

Современные электrolечебные и электродиагностические аппараты отечественного производства переведены на электронные схемы. Однако, огромные возможности электроники для улучшения качества аппаратов и полного соответствия их современным медицинским требованиям и техническим условиям далеко не исчерпаны. Электроника еще очень несмело используется для создания конструкций новых современных типов аппаратов для электродиагностики и электротерапии.

Применение современных средств электроники могло бы иметь в области физиотерапевтической аппаратуры следующие основные направления.

- В области импульсных токов
 - создание лечебных аппаратов импульсных токов в диапазоне частот от 1 до 10 000 гц с интерференцией по низкой частоте в широком диапазоне (примерно от 1 до 100 гц),
 - создание лечебных аппаратов импульсных токов постоянного и переменного направления с диапазонной модуляцией по частоте в пределах от 1 до 100 гц,
 - создание лечебных аппаратов импульсных токов, позволяющих модулировать механическое давление на ткани и сосуды тела в ритме физиологических процессов, например, в соответствии с ритмом работы сердца, дыхания, биотоков тканей и органов,
 - создание аппаратов, позволяющих воспроизводить вторяющиеся одиночные импульсы или серии импульсов (заданной формы, продолжительности, частоты и последовательности), или токи, модулированные биопотенциалами мышца, сердца, мозга (эксперимент).

55

Б. В области электромагнитных колебаний высоких частот создание генераторов электромагнитных колебаний в диапазоне коротких волн (13,6 МГц) с возможностью воздействия электромагнитным полем на участки тела с поверхностью различной конфигурации и с площадью от 10 до 600 см²; выходная мощность до 200 вт с регулировкой ее в пределах 10—200 вт;

то же с мощностью до 100 вт, портативных, с регулировкой ее в пределах 0—100 вт.

создание генераторов сантиметровых и дециметровых волн с плавным перекрытием диапазона от 1 до 10 см и от 11 до 70 см, с возможностью регулирования выходной мощности от 10 до 150 вт, режим генерации непрерывный;

то же с импульсным режимом генерации, с возможностью изменять параметры импульсного режима по амплитуде, длительности импульсов и пауз и по частоте повторения импульсов, а также изменять мощность колебаний в возможных по условиям техники пределах (экспериментальная аппаратура);

создание генераторов импульсного электрического поля ультравысокой частоты (300—30 МГц) с возможностью изменения амплитуды, длительности импульса и паузы, частоты повторения импульсов и мощности колебаний в допустимых техникой пределах (экспериментальная аппаратура);

создание генераторов миллиметровых волн на разную частоту диапазона с возможностью регулировать мощность в пределах 0—100% (экспериментальная аппаратура);

создание генераторов сантиметровых волн с возможностью модулирования их биопотенциалами тела человека (эксперимент);

разработка аппаратов для терапии ультразвуковыми колебаниями в диапазоне 800—3000 кГц, работающих в непрерывном и в импульсном режимах (с соотношением импульса к паузе от 1:10 до 5:10), с плотностью потока мощности от 0,1 до 2,5 вт/см²;

создание аппаратуры для физиопротективных воздействий.

1) групповых и индивидуальных аэроионизационных устройств с выходом отрицательных или положительных (по выбору) ионов от 10 000 до 8 000 000 ионов/см³;

аэроионизационных устройств в сочетании с электрическим полем высокого напряжения (до 60 кВ);

гидроионизационных устройств;

устройств для насыщения отрицательными ионами в пределах 10—20 000 ионов/см³ воздуха общественных помещений (столовых, зрительных залов, классных комнат и пр.);

устройств для создания в помещениях искусственного климата (регулируемое давление, влажность, температура,

движение воздуха, его смена, состояние ионизации, освещенности видимыми лучами с включением ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в пределах показателей солнечного спектра на уровне земли).

2) ламп солнечного света для группового (с мощностью порядка 1—3 кв) и индивидуального (до 500 вт) пользования;

3) аппаратов для электрона индивидуального пользования (простейшей конструкции)

В. В области дозиметрии

разработка высокочастотных ваттметров для измерения поглощаемой телом пациента мощности (энергии) при процедурах индуктотермии, УВЧ-терапии и микроволновой терапии — соответственно в непрерывном и в импульсном режимах;

разработка дозиметрии ультрафиолетовых лучей для применения в условиях практики УФ-облучений интегральным потоком и коротковолновой частью УФ-спектра (предусматривается необходимость установления индивидуальных доз облучения непосредственно перед лечебной процедурой);

разработка практически пригодных для использования в лечебных кабинетах дозиметров инфракрасных излучений;

разработка пригодных для практической работы счетчиков ионов воздуха (легких, средних и тяжелых) при различной его влажности (в пределах существующей в природных условиях);

Г. В области защитных мероприятий в физиотерапии

разработка оборудования физиотерапевтической аппаратуры надежными помехозащитными устройствами, обеспечить возможность широкой эксплуатации аппаратуры в лечебных кабинетах без экранных устройств, в палатах и на дому у больных;

разработка предельно дешевых и доступных для эксплуатации в лечебных кабинетах экранных кабин;

разработка средств и способов эффективной защиты помещений физиотерапевтических кабинетов от излучения за их пределы генерируемых высокочастотными медицинскими генераторами электромагнитных колебаний (должны быть приняты во внимание требования практической доступности экранной защиты, приемлемости их в лечебных кабинетах и предельно низкой стоимости недефицитных материалов);

разработка средств эффективной защиты эксплуатируемой в лечебных учреждениях аппаратуры измерительной и диагностической от влияния на нее электромагнитных колебаний различных внешних источников

ОРЛОВ В В

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕЕ ПО ПРИНЦИПУ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ

Предлагаемый способ заключается в автоматическом поддержании давления в сфигмоманометрической манжете на уровне систолического давления крови.

Прибор, работающий по указанному принципу, состоит из пневматической манжеты и электронного устройства, обеспечивающего, во-первых, возможность использования пульсовых колебаний малой мощности для управления электромагнитным клапаном и, во-вторых, позволяющего устранить передачу быстрых повышений давления в манжете в момент открытия клапана на капсулу, воспринимающую пульсовые колебания давления. Первое условие осуществляется путем использования тириatronного реле, а второе — путем размыкания цепи реле на строго определенный промежуток времени. Для этого служит вторая лампа, на сетку которой в момент открытия клапана подается отрицательное напряжение. Продолжительность запаривания лампы регулируется с помощью изменения постоянной времени разряда конденсатора, включенного в цепь сетки.

Одновременное определение систолического давления по способу Короткова показало, что при максимальной чувствительности воспринимающей капсулы прибор дает несколько завышенные величины. Понижив чувствительность капсулы, можно добиться точного совпадения величин, получаемых обоими методами.

Ограничения в применении прибора обусловлены значительной инертностью измерения, а также невозможностью длительной регистрации вследствие анемии конечности. Прибор может быть использован в тех клинических и физиологических исследованиях, в которых применение прямых способов регистрации затруднено или нежелательно.

ОСТЕРМАН Д А

ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ РЕЖЕКЦИИ

Разработан двухканальный предусилитель для регистрации потенциалов действия нервов. Прибор отличается весьма высоким коэффициентом ослабления синфазного сигнала (сетевых наводок). В первоначальном варианте при подаче регистрируемых напряжений непосредственно на сетки выходных ламп усилителя, этот коэффициент (коэффициент режекции) удалось довести до 10^6 без специального подбора ламп.

Высокий коэффициент режекции достигнут, в основном, за счет применения (в симметричном входном каскаде усилителя) особого включения триодов, использования динамического сопротивления в качестве общей катодной нагрузки, и введением отрицательной обратной связи по уровню сигнала внутри каскада. Два последующих каскада выполнены по обычной балансной схеме. Выходное напряжение с катодного повторителя подается на промышленный электронный двухлучевой осциллограф типа ОК-17М. Коэффициент усиления предусилителя 15 тысяч, остальное усиление идет за счет усилителя осциллографа, где осуществляется и регулировка общего коэффициента усиления до чувствительности порядка 4 мВ по экрану на 1 мкс на входе предусилителя. Полоса пропускания последнего равномерна в пределах от 20 гц до 8 кГц. Уровень шумов обычный для триодов 5 мкВ эфф.

Питание прибора от сети переменного тока. В отдельном блоке питания расположены электронные стабилизаторы высокого напряжения, выпрямитель и фильтр питания накала ламп первого каскада. Там же помещается каскад усиления мощности, откуда усиленное напряжение выходного сигнала подается для целей контроля на слух на отдельно располагаемый динамик.

Вместе с осциллографом и киноаппаратом вся установка может быть легко перенесена по частям одним человеком.

ПАРИН В В

ЗАДАЧИ, ВЫДВИГАЕМЫЕ МЕДИЦИНОЙ И БИОЛОГИЕЙ ПЕРЕД РАДИОЭЛЕКТРОНИКОЙ

Введение

Внедрение электроники в экспериментальную и клиническую медицину имело огромное значение для развития медицинской науки. Основные достижения, связанные с этим техническим перевооружением, следующие.

а) повышение тонкости и точности изучения уже известных ранее явлений и закономерностей, что в ряде случаев и привело к принципиально новым выводам;

б) завоевание новых областей исследования (электроэнцефалография, исследования функций одиночного нервного волокна, отдельного рецептора, нервной клетки и ее частей и т. д.);

в) создание возможностей электрического измерения и регистрации ряда неэлектрических величин (применение разнообразных датчиков), что обеспечило синхронную запись и сопоставление во времени ряда показателей физиологических функций;

г) создание ряда принципиально новых методов исследования и лечения (векторография, импедансная плетизмография, оксиметрия и оксиграфия, денсиметрия, баллистокардиография, лечебное применение ультразвука, токов ультравысокой частоты и т. д.);

д) разработка способов автоматического анализа сложных веществ и колебательных процессов (электроэнцефалограммы, фонокардиограммы, электромиограммы и т. д.);

е) перспективы применения в экспериментальной и клинической медицине разнообразных моделирующих устройств, а также счетно-решающих машин.

Применения электроники в медицине весьма многообразны. Мы рассмотрим лишь некоторые направления, относящиеся к наиболее важным проблемам экспериментальной и клинической медицины.

Применение электроники в физиологии и экспериментальной медицине.

А. Приборы для нанесения раздражений (стимуляторы) с развитием электроники стало возможным создание импульсов тока любой точно известной формы и длительности (сравнение с баллистическим реотомом Вейсса—Лапика, с маятниками Кейс—Люкаса и др.), любой последовательности импульсов, длительности интервалов, плавных изменений вольтажа и т. д.

60

STAT

Представляют большой интерес оптические и акустические стимуляторы для целей электроэнцефалографического исследования, управляемые колебаниями ЭЭГ.

Б. Исследование биоэлектрических явлений. Старый арсенал электрофизиологии — зеркальный гальванометр, капиллярный электрометр, струнный гальванометр — в настоящее время заменяется разнообразными регистрирующими приборами (фоторегистрация, чернильная и чернильно-струйная запись, тепловая регистрация, запись на чувствительной к ультрафиолетовым лучам бумаге и т. д.) В сочетании с электронноламповыми усилителями современные регистрирующие приборы обеспечивают запись во всем (практически необходимом) диапазоне частот и амплитуд колебаний.

В результате этого, имеется значительное расширение возможностей исследования: одновременная запись электрокардиограммы, электроэнцефалограммы, электромиограммы во многих отведениях, в сочетании с микроманипулятором и стереотаксическими приборами производится запись биотоков с отдельных нервных клеток и частей их, изучение биоэлектрической активности строго определенных областей мозга; развиваются методы множественных отведений, облегчающих изучение пространственного распределения биоэлектрической активности мозга — топокоспия и электроэнцефалоскопия.

В. Электрические измерения неэлектрических величин. Современная техника делает возможным преобразование любых биофизических или биохимических величин в электрические, тем самым позволяет производить измерения и регистрацию различных физиологических процессов на электрографических приборах. Широкое распространение получают пьезоэлектрические, тензометрические, емкостные, электромагнитные, фотоэлектрические и другие преобразователи (датчики) для измерения температуры, давления, пульсовых толчков и других биомеханических явлений, в оксиметрии и электрокалориметрии, а также для измерения рН в циркулирующей крови.

Применение электроники в клинической медицине

А Диагностика

Радиоэлектроника обеспечила развитие новых направлений и методов диагностики.

а) широкое применение многоканальных приборов для одновременной комплексной регистрации различных физиологических функций организма; б) кинофонокардиография, в) электромагнетрия в сочетании с катетеризацией сердца, г) баллистокардиография, гемодинамокардиография; д) реография (импедансная плетизмография); е) ультразвуковая визуализация сердца и других органов; ж) исследование

STAT

большого в естественных условиях быта и труда (передача измерений физиологических функций по радио)

Б Рентгенология.

Большие перспективы открываются в связи с применением электронных приборов в рентгенотехнике К ним относятся:

а) вторично-электронные умножители для повышения яркости и контрастности изображения, что позволит понизить мощность рентгеновского облучения,

б) биоэлектрическое управление включающими устройствами с целью регистрации заданных фаз периодических процессов,

в) сочетание с телевидением и передача изображений на расстояние

В Протезное дело

Совершенно новые принципы позволяют осуществить радиоэлектроника в протезном деле. Так, преобразования световых сигналов в звуковые и тактильные дают возможность частично компенсировать недостаток оптического анализатора у слепых Разрабатываются способы биоэлектрического управления протезами.

Г. Хирургия

Уже сейчас в хирургии с успехом применяются диатермокоагуляция, высокочастотное разрезание тканей, методы электронаркоза и электроанестезии, различные приборы вспомогательного значения и пр.

Д. Физиотерапия.

Пожалуй, наиболее широко используется радиоэлектроника в современной физиотерапии. Генераторы колебаний любой формы от самых низких до сверхвысоких частот, дозиметры и приборы автоматического отпуска процедур и многие другие приборы должны шире внедряться в практику лечения в наших клиниках и больницах.

З а к л ю ч е н и е

Залог новых успехов медицины — в тесном сотрудничестве с техникой. Необходимо шире использовать современные технические возможности: телеметрию, полупроводники, новые регистрирующие приборы, автоматизацию и электронно-вычислительные машины

Несмотря на некоторые успехи в развитии электромедицинских приборов, необходимо отметить наше количественное и качественное отставание по сравнению с зарубежными странами и с развитием электроники в других отраслях науки и техники в СССР.

Имеется огромный разрыв во времени между конструированием опытных экземпляров и серийным выпуском. Есть

превосходные уникальные аппараты, и, вместе с тем, продолжается промышленный выпуск давно устаревших моделей.

Следует повысить техническую грамотность научных работников — медиков Усилить инженерно-технический персонал в медицинских научно-исследовательских институтах и лечебных учреждениях, устранить разницу в оплате инженеров в медицинских и технических исследовательских институтах

Нужно приветствовать создание секции Медицинской электроники Общества имени А. С. Попова В будущем необходимо чаще ставить доклады по новым приборам, методам исследования и лечения, систематически созывать конференции, подобные настоящей, активно участвовать в работе международной ассоциации

ПРЕСМАН А. С.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛН В ФИЗИОТЕРАПИИ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В послевоенные годы в физиотерапии все более широко используются микроволны Иностранные авторы считают, что биологическое действие микроволн сводится к преобразованию их энергии в тепловую (за счет релаксационных колебаний дипольных молекул воды, содержащейся в тканях, и индуцирования в тканях ионных токов) Тепловая концепция биологического действия микроволн и определила основные параметры выпускаемых за рубежом микроволновых генераторов для физиотерапии В этих аппаратах используются магнетроны, генерирующие волны 12,25 см с выходной мощностью 150—200 вт. Для облучения пациентов чаще применяются дипольные антенны с полусферическими или угловыми отражателями Интенсивность облучений дозируется только в относительных величинах — по выходной мощности генератора и расстоянию от облучателя до облучаемого участка тела Подобного же типа генератор для микроволновой терапии разработан в последнее время во ВНИИМ и О

Проведенные в СССР экспериментальные и клинические наблюдения показали, что облучение микроволнами малых интенсивностей, недостаточных еще для возникновения теплового эффекта (ниже 10—12 мвт/см²), оказывает заметное действие на организм человека, главным образом на его нервную систему Особый интерес для физиотерапии представляют импульсные и соответствующим образом модулированные мик

роволны, так как первые попытки применения импульсных волн показали возможность эффективного лечения некоторых заболеваний. Исходя из этих данных, необходимо разработать генераторы импульсных и модулированных микроволн. Однако, определение основных параметров таких генераторов возможно только на основе экспериментальных исследований адекватного диапазона волн, длительности и частоты импульсов, формы модуляционных кривых и т. д. Для проведения таких исследований необходимы специальные широкодиапазонные генераторы с регулируемой выходной мощностью и возможностью модуляции от внешнего источника.

Одной из важнейших и сложных задач микроволновой терапии является разработка методов и средств дозиметрии. Относительная дозиметрия, применяемая за рубежом, не удовлетворяет требованиям физиотерапии. Необходимо разработать методы дозирования энергии микроволн, поглощаемой в тканях тела пациента. Для реализации этих методов необходимы некоторые приборы (плавные аттенуаторы на мощность до 100—200 вт, направленный ответитель на эти же мощности и др.). Необходимо разработать также методы и приборы для дозирования амплитудных значений импульсных и модулированных микроволн в достаточно широком диапазоне изменений параметров.

Следует значительно расширить исследования биофизического механизма действия микроволн, что весьма важно для более эффективного применения микроволн не только в физиотерапии, но и для диагностики. Необходимо продолжать и расширять исследования электрических свойств тканей в диапазоне микроволн, возможности резонансного поглощения микроволн в тканях, влияния микроволн на ионные процессы в организме, на процессы гидратации белковых молекул и т. д. Для проведения этих исследований необходима специальная аппаратура — широкодиапазонный радиоспектроскоп, измеритель диэлектрических параметров тканей и др.

ПОЛЯНЦЕВ В А

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОЙ ГРАФИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ СЕКРЕТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Методика регистрации секретины слюны или секретов других желез занимает существенное место в физиологическом эксперименте. Существующие методы регистрации либо не

64

дают возможности графически регистрировать процесс, либо сравнительно грубы, так как единицей регистрации является капля.

Нами была предпринята попытка разработать методику, которая позволяла бы графически регистрировать на ленте кимографа как динамику процесса, так и количественную его сторону даже в тех случаях, когда количество секрета за единицу времени чрезвычайно мало (0,1 мл за 1 мин).

В результате проделанной работы, мы остановились на фотокалориметрическом методе регистрации. Суть предлагаемой методики заключается в следующем: проток железы соединяется жидкостной системой с резервуаром с краской, последний соединен непосредственно с фотодатчиком, через который постоянно протекает вода или другая бесцветная жидкость; секрет железы выталкивает в этот датчик раствор краски в объеме равном выделенному секрету, краска смешивается в датчике с бесцветной жидкостью и окрашивает ее пропорционально количеству поступающей краски. Прекращение секрета ведет к прекращению поступления краски в датчик, и протекающая жидкость вновь становится бесцветной. Изменение интенсивности секрета как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения соответственно изменяет окраску протекающей через датчик жидкости. Изменение окраски протекающей через датчик жидкости регистрирует фотоэлемент. Сигнал фотоэлемента усиливается и подается на пишущий прибор.

Описываемая методика позволяет регистрировать в виде непрерывного графика секрецию желез даже в тех случаях, когда величина секрета очень невелика (0,1—0,2 см³ в 1 мин).

ПОЛИВОДА А И

ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ТЕХНИКА В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

Исходя из нашего опыта экспериментальных исследований, анализа патентов отечественной и зарубежной литературы — можно говорить о двух основных направлениях применения видеотехники в медицине и биологии.

Первое направление применения видеотехники принципиально не отличается от применения таковой в практике вещательного и промышленного применения телевидения.

5—1190

65

Примерами могут служить применение камерных каналов для аудиторных демонстраций передачи операций в хирургии и других областях медицины, наблюдение труднодоступных участков (полостей и органов внутри живых организмов); передача микронизображений (телевизионная микроскопия, при которой используются как передающие трубки, так и схемы с «бегущим лучом»)

Упомянутые схемы используются для передачи черно-белого и цветного изображения

Второе направление применения видеотехники в биологии и медицине, в котором проводились наши исследования (выделенные нами в некоторой мере условно), принципиально отличается от применения видеотехники в области промышленного и вещательного телевидения. В данном случае речь идет об использовании физических свойств видеоустройства: а) спектральных свойств фотокатодов, или светочувствительных элементов, б) свойств накопления мозаики или мишени передающей трубки; в) свойств видеосигнала

Для изучения возможности применения этих принципов в области биологии и медицины, нами заново был разработан ряд схем, а также был испробован ряд стандартных схем с передающими трубками.

Также были испробованы схемы с «бегущим лучом» и механическими развертками. Были изучены схемы: с передающими трубками с магнитным отклонением типа «суперортикон» (ЛИ-17), «видикон» (ЛИ-18), разработанных нами электровакуумных трубок и промышленных трубок с магнитным отклонением в комбинации с фотоумножителями ФЭУ-19, ФЭУ-25, ФЭУ-11, ФЭУ-18, а также схемы с механическими развертками (с фотоумножителями ФЭУ-19, ФЭУ-11, ФЭУ-18).

Мы предлагаем использовать схемы, основанные на вышеупомянутых принципах, для следующих целей:

а) изучения спектральных свойств клеток и внутриклеточных организмов в целях микроцитофотометрии и получения изображения микропрепаратов в области гистохимии и биохимии с применением различных участков спектра видимого и ультрафиолетового излучения (напр при изучении внутриклеточной локализации нуклеиновых кислот, хлорофилла, люминесценции при реакции клеток и тканевых культур на различные воздействия в цитофизиологических, биофизических и др. исследованиях).

Для этих целей рационально применять схемы с механической разверткой или с «бегущим лучом», с фотоумножителями в комбинации с широкополосным осциллографом, синхронизированным со строкой развертки, на вертикальный вход которого подается видеосигнал;

б) «усиления и контрастирования» теневых изображений

об

при рентгенокопии пациентов в диагностических и других целях, что снижает, по самым осторожным подсчетам, вредную дозу ионизирующего излучения.

Мы установили, что для этих целей можно применить схемы с «суперортикон» при определенных, установленных нами режимах накопления мишени.

в) подсчет частиц, в том числе эритроцитов и лейкоцитов, а также анализ их размеров и формы. Нами разработан и испробован ряд импульсных устройств и передающих схем

РАБИНОВИЧ И Э

УСИЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

В данном докладе представлена только электромедицинская аппаратура, служащая для записи биопотенциалов сердца и мозга с целью диагностики.

Электрокардиограф (ЭКГ) служит для исследования биопотенциалов сердца и состоит из входного устройства, обычно симметричного усилителя, регистратора и блока питания. В настоящее время установились требования к ЭКГ:

а) максимальная чувствительность — 10 мм отклонения регистратора при входном сигнале 1 мВ.

б) постоянная времени не меньше 1,5 сек.

в) в пределах 90 гц неравномерность частотной характеристики должна быть линейной с точностью +5—10%.

г) амплитудная характеристика должна быть линейна в пределах отклонения регистратора 15 мм с точностью ±5%.

д) запись электрокардиограммы должна производиться без заметного влияния сетевых наводок на запись в обычной незэкранированной комнате. Для этой цели в усилитель питания сигнала так, чтобы коэффициент усиления при этом был бы меньше, чем по противофазному в 2000 раз.

е) при питании ЭКГ от сети переменного тока необходимо обеспечить коэффициент стабилизации напряжения питания цепей накалов входных ламп не меньше 15, коэффициент стабилизации напряжения цепей анодов входных ламп не меньше 300.

По способу записи ЭКГ бывают.

а) с фотозаписью,

б) с непосредственной записью (тепловая и чернильная)
Электрэнцефалограф служит для записи биопотенциалов мозга как для диагностики в условиях клиники, так и для определения глубины наркоза в условиях операционной.

В настоящее время установились требования к электроэнцефалографам:

а) максимальная чувствительность — 1 мм отклонения регистратора при 2 мкв входного сигнала.

б) частотная характеристика линейна в пределах 0,3 85 гц с отклонением, не превышающим $\pm 10\%$.

в) питание полностью от сети переменного тока;

г) запись электроэнцефалограммы должна производиться без экранировки исследуемого, без заметного влияния сетевых наводок на запись.

Для этой цели в усилителях предусмотрено:

1) уменьшение коэффициента усиления по синфазному сигналу по сравнению с противофазным в 20 тыс. раз;

2) подавление сетевой наводки путем введения лампового фильтра с полосой подавления 3—5 гц с коэффициентом подавления не меньше чем в 100 раз.

Для устойчивой работы электроэнцефалографа без заметного влияния быстродействующих изменений напряжения сети, необходимо иметь стабилизатор напряжения питания цепей накалов ламп входных каскадов усилителей с коэффициентом стабилизации не меньше 300.

Для уменьшения связи между каналами усиления во многоканальных энцефалографических установках, цепи анодов ламп каскадов предварительного усиления питаются от электронного стабилизатора, а развязка по каскадам обеспечивается газовыми стабилизаторами

ТАБАРОВСКИИ И К

АППАРАТУРА ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОЙ И УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

Электростимулирующую аппаратуру можно разделить на две группы:

а) клиническую,

б) экспериментально-универсальную.

Клинической аппаратуре, ввиду конкретности ее целевого применения, предъявляются требования портативности, на-

дежности в работе, простоты в эксплуатации и малой стоимости.

Универсальная стимулирующая аппаратура должна сокращать время опыта, позволять проводить исследования по сложной комплексной методике и обеспечивать всесторонний контроль параметров вырабатываемых стимулирующих напряжений.

Для клинической диагностики применяется следующая аппаратура серийных выпусков

а) КЭД — аппарат классической электродиагностики обеспечивает определение гальванической возбудимости и титанической (предельной) электровозбудимости при частоте повторения импульсов тока 100 гц и длительности 1 мсек,

б) ЭИ — электроимпульсатор позволяет определять основные параметры электровозбудимости гальваническую возбудимость, хронаксию и лабильность;

в) ИСЭ — импульсный электронный стимулятор, аналогичен ЭИ

Для терапевтических целей применяется следующая аппаратура

а) АСМ — аппарат для стимуляции поврежденных мышц методом тренировки,

б) ЭСД — электронный стимулятор дыхания для восстановления нарушенной дыхательной функции организма.

Терапевтическая аппаратура отличается от диагностической меньшими требованиями к точности дозировки параметров тока и наличием дополнительных узкоспецифических электрических характеристик, необходимость в которых определяется назначением данного терапевтического метода.

Экспериментальная аппаратура для универсальной стимуляции в настоящее время не выпускается серийно промышленностью, а изготавливается в единичных экземплярах или малыми партиями отдельными экспериментальными заводами и мастерскими при различных научно-исследовательских и проектных организациях

Из применяемой в настоящее время аппаратуры можно отметить:

а) УС-1 — универсальный стимулятор, предназначенный для экспериментальных работ в области центральной нервной суммации;

б) ГРАХ-1 — упрощенный универсальный стимулятор, дающий возможность наряду с определением трех основных параметров электровозбудимости также определять аккомодационные свойства возбудимости тканей, а также простейшие элементы суммации.

Генератор разных форм тока (ГРФ) обеспечивает выполнение наиболее широкого комплекса технических требований,

предъявляемых к универсальным стимуляторам, которые заключаются в следующем:

а) генерирование импульсов, форма которых изменяется в широких пределах; б) широкий диапазон регулировки частоты посылок импульсов; в) получение серии импульсов как одиночных, так и периодически повторяющихся через определенный, регулируемый интервал времени; г) в пределах серии — модуляция частоты повторения и амплитуды импульсов по любому желаемому закону.

Все это обеспечивает возможность проведения широкого комплекса электрофизиологических экспериментов.

Решение данной технической задачи представляет некоторый технический интерес.

ФРАНК Г. М. ГУТЕНМАХЕР Л. И.

ЭЛЕКТРОННЫЙ СЧЕТНЫЙ АНАЛИЗАТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ МИКРОСТРУКТУР И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Большое практическое значение для диагностики имеет автоматизация счета и анализа по любым желаемым критериям структурных элементов тканей, клеток, форменных элементов крови, микроорганизмов и т. д. Помимо чисто технического облегчения чрезвычайно трудоемкой процедуры анализа и счета, возможность автоматического построения кривых статического распределения исследуемых элементов по различным задаваемым параметрам открывает совершенно новые перспективы перед морфологией в диагностике и научных исследованиях.

Автоматическое получение кривой распределения лишь по размерам эритроцитов уже позволило по-новому выявлять функциональные сдвиги, отражающиеся на картине крови.

В настоящее время осуществляется попытка универсального решения этого вопроса. Разрабатываемый электронный счетный анализатор биологических микроструктур (АМС) предназначается для количественного и качественного (по многим признакам) автоматического анализа различных микроскопических объектов, находящихся в заданном поле, с автоматическим переходом на любое заданное число полей.

Анализатор (АМС) будет состоять из следующих частей.

а) устройства развертки изображения, которое может быть

70

представлено диапозитивом, негативом, пленкой, рисунком или непосредственно микроскопическим препаратом, проектируемым через микроскоп.

б) анализаторов микрообъектов, отличающихся определенными заданными признаками;

в) электронного счетного устройства для подсчета микрообъектов по заданной системе (по классам).

Анализатор (АМС) проектируется, в частности, для определения качественных и количественных показателей форменных элементов крови, что сможет быть использовано для массового статистического анализа большого числа проб. В этом случае имеется в виду автоматическое определение формулы крови, в устройстве развертки и в анализаторе предусматривается учет геометрии и цвета анализируемых элементов.

Высокая производительность автоматического цитологического анализа крови позволит для каждого показателя увеличить число подсчитываемых клеток на несколько порядков, что повысит качество и точность анализа, а самое главное, приведет к постановке диагностики по картинам крови на совершенно новый уровень, выявляя ранее недоступные для анализа детали.

Анализатор может заменить большое количество медперсонала при необходимости массовых обследований населения.

Анализатор (АМС) может быть использован во всех случаях, когда требуется исследование качественного и количественного состава популяций различных микроскопических объектов. Доступной явится автоматическая статистическая обработка картин гистологических препаратов, препаратов с микробными клетками, негативов с электронно-микроскопически получаемыми ультраструктурами.

ХАЮТИН В. И.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНОТРОНОВ В МЕДИЦИНЕ И ФИЗИОЛОГИИ

Среди датчиков, используемых для измерения биомеханических процессов, особенно выделяются электронно-механические датчики (механотроны), обладающие при малых габаритах очень высокой чувствительностью. По данным зарубежной литературы наиболее широко используется одна из разновидностей механотронов — «вибротрон» (RCA5734), представляющий миниатюрный триод (25×6 мм; вес 1,75 г) с внешним управлением положения анода. Чувствительность

71

датчика I в при отклонении внешнего стержня анода на 3,6 мк, собственная частота около 12 кгц.

На основе электронного датчика RCA5734 созданы многочисленные клиничко-физиологические и диагностические приборы, в числе которых: а) электронный манометр для прямого измерения артериального и венозного давления; б) электронный манометр для непрерывного измерения артериального давления косвенным методом («метод спавшейся артерии»), в) сфигмограф для объективной регистрации венозного и артериального пульса, г) пальцевой плетисмограф высокой чувствительности, д) фонокардиограф для объективного измерения звуковых явлений, сопровождающих работу сердца, в том числе в инфразвуковой полосе, е) расходомеры маятникового и дифференциально-манометрического типа для измерения объемной скорости кровотока в крупных сосудах и минутной отдачи сердца; ж) пневмотахограф для измерения скорости движения воздуха при дыхании и минутной вентиляции, и ряд других.

В практике зарубежных исследовательских лабораторий механотроны стали повседневым орудием, применяемым для самых разнообразных целей, как например: измерение веса сердца (при быстрых изменениях проницаемости сосудов), силы и скорости сокращения одиночных мышечных волокон, мышц внутреннего уха животных, гидравлического сопротивления кровеносных сосудов, ускорений в исследованиях по авиационной физиологии, объективной оценки дрожи при поражениях нервной системы и т. п.

Высокая чувствительность механотронов позволяет в ряде случаев применять их без промежуточного усиления, или использовать в качестве усилительных и регистрирующих устройств стандартную аппаратуру (электрокардиографы, электроэнцефалографы, технические катодные и магнитоэлектрические осциллографы).

Это является серьезным преимуществом механотронов, как и применение однотипного малогабаритного датчика для измерения весьма различных биомеханических параметров.

Необходимо быстрее освоение и выпуск промышленностью механотронов, перспективных электронных приборов с весьма широкой областью применения в клинической и теоретической медицине.

ПОДАВЛЕНИЕ РАДИОПОМЕХ ОТ ЭЛЕКТРОМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

I. Положение с радиопомехами от высокочастотной медаппаратуры

Основные частоты хирургической и терапевтической аппаратуры — 1,625 Мгц; 1,9 Мгц, 13,56 Мгц, 39 Мгц

Нормы помех на основных частотах

1,625 и 1,9 Мгц — 2000 мкв

13,56 Мгц — 800 мкв

39,00 Мгц — 2000 мкв

на гармониках — 20 ÷ 50 мкв

II. Методы борьбы с помехами

а) Подавление помех в каждом аппарате
Преимущества такого подавления: мобильность установок, простота оборудования физикабинета и отсутствие необходимости в специалистах по экранированию кабинетов.

Недостаток: невозможность полного подавления помех от основных частот аппаратов на месте возникновения помех.

б) Подавление помех с помощью экранировки помещений.

Преимущества: возможность подавления помех на гармониках и на основных частотах, возможности применения любой аппаратуры; простота устройства аппаратуры (без помехоподавляющих устройств).

Недостатки: невозможность устранения помех от переносной аппаратуры, сложность оборудования новых кабинетов, затрудненность доступа в экранированное помещение и наблюдения за происходящим внутри.

III. Меры подавления помех, применяемые в медицинской промышленности

При подавлении помех от каждого аппарата
Гармоники:

Заземление средней точки емкостной ветви контура двухтактного каскада; электростатическое экранирование внутренней части цепи пациента; электростатическое экранирование катушки связи или заземление средней точки индуктивной ветви контура с обеспечением условий сохранения симметрии в режиме ламп; использование блокировочного конденсатора в схеме последовательного питания для компенсации одной из гармоник; устранение излучения с монтажа,

соотношения излучения с монтажа и с проводов пациента для различных частот; экранирование, фильтрация

Нечетные гармоники.

возникновение печетных гармоник в среде, окружающей аппарат, при очень большом поле основной частоты

Проблема, для исследования которой необходимо участие АН СССР.

Основная частота

симметрирование цепи пациента

Устранение синфазных токов в цепи пациента Экранирование внутренней части цепи пациента Электростатическое экранирование катушки связи (или заземление индуктивной ветви контура) с соблюдением условий сохранения симметрии режима ламп двухтактного каскада.

Новый способ -- симметрирование полей проводов пациента путем искусственного увеличения внутреннего сопротивления аппарата синфазным токам -- задача, для решения которой желательно участие специалистов, хорошо владеющих теорией поля

Результаты применения перечисленных способов подавления основной частоты

Дальнейший путь совершенствования нового способа -- увеличение качества компенсаторных катушек, уменьшение емкости монтажа, стабилизация частоты.

Особенности конструкций экранирующих кабин медицинского назначения

IV. Единственный путь эффективного подавления помех

Ни экранирование, ни индивидуальная «защита» не дают полного эффекта сами по себе.

Полное устранение помех от основной частоты индивидуально в каждом аппарате принципиально невозможно, особенно в УВЧ.

В масштабе страны должна проводиться следующая техническая политика в деле борьбы с помехами линейчатого спектра:

а) устранение гармоник главным образом на месте их возникновения (АН СССР должна выяснить минимально достижимый уровень на нечетных гармониках для каждой из основных частот, с учетом применения нового способа подавления основной частоты и с учетом напряжения ВЧ на электродах);

б) устранение помех от основных частот, главным образом, на месте приема.

Это позволяет отказаться от систематического применения экранированных помещений

ШУВАТОВ Л П

ПРИМЕНЕНИЕ МИНИАТЮРНОЙ РАДИОТЕЛЕ- МЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

В современных условиях клиническая и исследовательская практика делает проблему записи физиологических функций по радио весьма актуальной. В ряде случаев (мощное и длительное облучение подопытного, полет человека или животного на большой высоте, поведение подопытного при значительных нагрузках и свободных движениях во время спортивных упражнений и др.) возможность наблюдать физиологическое состояние объекта на расстоянии, с минимальным вмешательством в условия опыта, является решающим условием успеха.

Показана возможность обеспечить регистрацию по радио пульса, температуры тела, энцефалограммы, биотоков мышц, дыхания, степени насыщения крови кислородом и др. Аппаратура сконструирована, изготовлена автором и применяется в некоторых научных учреждениях (например, в институте педиатрии Министерства здравоохранения РСФСР). Вес многоканальной передающей системы не превышает 500 г.

ШЕРБАКОВ Н М, БОЛОТОВ Б В

АППАРАТ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНА «ЭМ—ОПНИ»

Распространяющаяся в клинической практике электросонная терапия направляет мысль на конструкцию аппаратов, которыми можно было бы пользоваться в любой сельской больнице и даже в домашней обстановке. Выпускаемые промышленностью (завод ЭМА) аппараты пока еще дороги и работа с ними может производиться только в условиях стационара.

Нами сконструирован малогабаритный магнитный аппарат для электросна, который может работать без переключения как от сети напряжением 127 в переменного тока, так и от сети 220 в. Выходное напряжение при этом изменяется всего на 10%. При небольших колебаниях тока практически сила тока не меняется. Поэтому аппарат не требует специальных стабилизаторов. Конструкция аппарата настолько упрощена, что неисправности в нем могут быть только в исключительных случаях и при этом ток на пациента не попадает.

В основу конструкции аппарата взята частота 100 колебаний в секунду, колокольная форма импульса длительностью 1—3 мсек. на уровне его полвысоты и небольшая гальваническая составляющая. Выбор этих параметров диктовался тем, что, по мнению Н. М. Щербакова, ведущими факторами в электросонной терапии являются: а) электротонические влияния, наблюдающиеся и при обычной гальванизации; б) нормализация ритмики импульсаций в центральной нервной системе путем усвоения ритмики подаваемых импульсов, в) охранительное торможение (является необязательным, потому что терапевтический эффект получается и в случаях, когда больные не спят)

Форма тока с уменьшенным нарастанием градиента дает не меньший терапевтический эффект, чем прямоугольная (В. А. Гиляровский) и трапециевидная (Д. В. Афанасьев), но более физиологична, приближаясь к форме биотоков коры мозга у человека при нервной деятельности

Аппараты, дающие постоянную частоту импульсов — 100 импульсов в секунду — установлены в клиниках Одесского психоневрологического диспансера и в Андреево-Ивановской районной больнице. Терапевтическая их ценность не уступает эффекту от аппаратов других конструкций

Технические данные аппарата.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока 110—220 в без переключения напряжения.

Потребляемая мощность сети при напряжении 220 в около 6 вт, а при напряжении сети 110 в — около 1 вт

Частота следования импульсов — 50 и 100 гц.

Форма импульса — колокольная.

Длительность импульса, измеренная на уровне полвысоты, при напряжении сети 120 в — 2 мсек, а при напряжении сети 220 в — 1 мсек.

Максимальное напряжение импульса равно 40 в

Может обеспечить включение до 6 пациентов.

Вес прибора до 600 г.

Сделанные 10 экспериментальных аппаратов прошли предварительное клиническое испытание и показали хороший терапевтический эффект, не уступающий аппаратам, выпускаемым нашей промышленностью

ПЕЛЬПИНЕР И Г. РОЗЕНБЕРГ Л. Д.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН

Применение ультразвука в биологии и медицине развивается по двум независимым линиям. Прежде всего ультразвук служит средством контроля состояния среды (в данном случае ткани), в которой он распространяется. Наблюдая изменение скорости и поглощения ультразвука, можно обнаруживать очень тонкие физико-химические сдвиги в исследуемых тканях. Ультразвук также позволяет определить однородность исследуемой ткани и установить формы и границы неоднородных включений, под это понятие могут быть отнесены как инородные тела, так и границы между двумя соседними тканями, опухоли и др.

Все применения этого направления характеризуются отсутствием какого бы то ни было воздействия со стороны ультразвука на свойства и нормальное функционирование изучаемых тканей.

Для применений второго направления характерным является воздействие ультразвука на те или иные ткани или их участки. В этом случае применяются большие интенсивности, вызывающие требуемую физиологическую реакцию. Из основных разветвлений этого направления следует отметить ультразвуковую терапию и «безножовую хирургию», последняя характеризуется возможностью поражения внутренних тканей без разрушения внешних. Избирательное воздействие в этих случаях может быть осуществлено как в силу селективного поглощения ультразвуковых волн различными тканями, так и применением физических методов управления ультразвуковыми пучками (напр., фокусировки и т. д.)

Необходимой предпосылкой для развития первого направления является знание акустических параметров тканей, органов и других биологических сред. Зная скорость распространения звука в той или иной ткани, можно вычислить коэффициент адиабатической сжимаемости, что, в свою очередь, позволяет установить степень сольватации или гидратации, эти данные имеют самостоятельный интерес для биохимии белка и белковых комплексов. С другой стороны, можно ожидать, что такая методика будет полезна при изучении процессов набухания ткани, отечности, атрофии и т. д. Изучение вопросов поглощения ультразвуковой энергии связано не только с определением глубины проникновения, что очень существенно как в терапии, так и в диагностике, но и с выяснением особенностей молекулярной структуры различных биологических

систем. Так например, установлено, что коэффициент поглощения животных тканей растет линейно с повышенном частоты, кроме костной ткани, где он возрастает квадратично; для некоторых тканей установлена анизотропия поглощения.

Различные акустических параметров разных тканей позволяет изучение их макроструктур при помощи наблюдения над проходящими и отраженными ультразвуковыми сигналами. Кроме того, изучение особенностей отраженных сигналов позволяет дифференцировать нормальную ткань от патологической, точно определять наличие и локализацию инородных тел и патологических очагов в разных органах и тканях. Быстродействие ультразвуковых методов позволяет изучать кинематику движения отдельных органов и получать точные количественные данные, характеризующие их движение. Сюда относится изучение кишечной перистальтики, исследование колебаний отдельных участков сердечной мышцы в нормальном и патологическом состоянии и т. д.

Большие перспективы открываются введением метода ультразвуковых изображений, который может быть осуществлен в двухмерном и трехмерном вариантах как при помощи сканирующих биолокаторов, так и посредством звуковых фокусирующих систем с последующим преобразованием звуковых изображений в видимые.

Особенно следует отметить применение ультразвуковых методов для изучения закономерностей кровообращения, определения мгновенных и средних скоростей движения крови в крупных кровеносных сосудах.

ЭСКИН В Я

АДЕКВАТНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ХРОНОКСИМЕТР С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Методика оптической адекватометрии заключается в исследовании зрительного аппарата при помощи световых импульсов, дозируемых по силе и длительности их действия.

В разработанной автором конструкции адекватного оптического хроноксиметра в качестве дозирующего устройства используется электронно-оптический затвор (ячейка Керра).

Формирование высоковольтных импульсов, необходимых для управления ячейкой Керра, производится в высоковольтном импульсном генераторе, в качестве которого используется запертый блокинг-генератор с высоковольтным выпрямителем.

78

Управление блокинг-генератором производится двумя мультивибраторами, один из которых — с одним устойчивым состоянием — задает длительность импульсов, а другой — с самовозбуждением — задает частоту следования импульсов. При отключенном мультивибраторе, задающем частоту, имеется возможность подавать на ячейку Керра одиночные импульсы регулируемой длительности.

Параметры прибора длительность импульсов от 0,1 до 200 мсек перекрывается пятью диапазонами.

Частота следования импульсов от 0,3 до 10 000 имп/сек.

Прибор обладает более широкими возможностями, чем аналогичные приборы с механическими затворами.

ЭФРУССИ М М

АУДИОМЕТРЫ И СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ

Наиболее важным результатом аудиометрического исследования слуха является возможность диагностики локализации поражений органа слуха, в том числе и ранней диагностики, представляющей особую ценность. Кроме этого, аудиометрическое исследование позволяет оценить эффективность того или иного вида лечения, динамику изменения слуха по времени. Аудиометрия является очень ценным помощником при выборе профессии и при подборе слуховых аппаратов, она просто незаменима при всякого рода массовых обследованиях остроты слуха.

Любой аудиометр состоит из четырех основных элементов источника сигнала, усилителя, аттенюатора и звукоизлучателя. В зависимости от характера сигнала (тон или речь) аудиометры делятся на тональные и речевые, причем не представляет трудностей объединение их функций в одном приборе.

Современный аудиометр позволяет измерять пороги слышимости синусоидальных тонов чаще всего в диапазоне частот от 64—128 гц до 8192—10000 гц, изменяемых либо плавно, либо скачками. Интенсивность любого тона изменяется ступенями по 5 дб; нулевое положение аттенюатора соответствует среднему нормальному порогу слышимости.

Максимальные интенсивности звука (максимально измеряемые потери слуха) составляют по воздушной проводимости 105—110 дб на средних частотах, с уменьшением приблизительно на 30—60 дб для низших и верхних частот диа-

79

пазона. Для костной проводимости эти цифры составляют, соответственно, 65—80 дБ и 30—40 дБ.

Максимальная интенсивность речевого сигнала приблизительно соответствует максимальной интенсивности тона по воздушной проводимости, т. е. 105—110 дБ.

Тональные аудиометры, получившие наибольшее распространение, начали применяться в двадцатых годах; речевые аудиометры получают все большее распространение в последние годы. Сравнительно новым является принцип полуавтоматического аудиометра Бекеша.

В Советском Союзе промышленный выпуск аудиометров был начат в 1949 г. на заводе ЭМА (тогда Минздрава СССР). Эти аудиометры содержали конструктивные и производственные дефекты и завод, ввиду наличия рекламаций, не нашел лучшего выхода как прекратить с 1953 г. их производство. В 1955—1956 гг. «Биофизприбор» разработал конструкцию аудиометра, который должен выпускаться на одном из заводов, однако этот аудиометр представляет собой усложненную, а поэтому дорогую модель, предназначенную для клинических целей, и не способную решить задачи широкого внедрения аудиометрии в практику. Необходимо, чтобы радиотехническая промышленность и, может быть, тот же завод ЭМА немедленно приступили к организации производства простых и доброкачественных аудиометров.

Слуховые аппараты, представляющие миниатюрный микрофонный усилитель, являются примером самого массового применения электроники в медицине. Считают, что потребность в слуховых аппаратах разна потребности в очках

Любой слуховой аппарат состоит из четырех основных элементов: микрофона, усилителя, телефона воздушной или костной проводимости, источника питания.

К настоящему времени во всех выпускаемых слуховых аппаратах используют в усилительной части полупроводниковые триоды с 3—4 каскадами усиления. В связи с этим, наряду с пьезоэлектрическими микрофонами, стали широко применяться электромагнитные микрофоны. В качестве источника питания, кроме сухих элементов, стали широко использоваться миниатюрные никель-кадмиевые аккумуляторы.

Наибольшее распространение получило конструктивное оформление слуховых аппаратов в виде портсигаров разных размеров и очков; последнюю конструкцию следует признать наиболее удачной. В очковой конструкции собственно слуховой аппарат помещается в одно, реже обонх, заушниках несколько увеличенного объема.

Современный слуховой аппарат развивает максимальное акустическое усиление до 60—65 дБ в области частот 2—4 кГц с резким падением на более высоких частотах и плав-

80

ным понижением к низшим частотам. Большинство слуховых аппаратов содержат регулятор тембра, которым можно снизить усиление на крайних частотах. Несмотря на важность снижения нелинейных искажений в слуховых аппаратах, они достигают при полной мощности 30% КПД полупроводникового слухового аппарата около 25%.

В Советском Союзе слуховые аппараты выпускаются с 1935 года; в последние годы производство их расширилось, в связи с чем организован самостоятельный завод слуховых аппаратов (з-д Минсобеса РСФСР).

Из полупроводниковых слуховых аппаратов завод выпускает аппарат «Кристалл» с 1956 г. и аппарат в очковой оправе с самого конца 1958 г.

Выпускаемые заводом слуховые аппараты весьма значительно отстают от уровня техники этой аппаратуры как по ассортименту аппаратов, так и, в особенности, по их качественным показателям.

Поскольку слуховой аппарат является нормальным радио-техническим прибором, качество которого сильно зависит от выпускаемых радиопромышленностью полупроводников и других радиодеталей и материалов необходимо и завод слуховых аппаратов передать в радиопромышленность Мос-облсовнархоза Минздраву СССР, являющемуся основным производителем почти всех выпускаемых заводом слуховых аппаратов, необходимо занять более активную позицию в отношении качества и ассортимента реализуемых им слуховых аппаратов.

ЯСНОГОРОДСКИМ В Г

ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ТЕРАПИИ

В настоящее время для лечебных целей используются следующие методы высокочастотной терапии

1. Ток Д'Арсонваля импульсные сильно затухающие колебания высокой частоты 150—300 кГц

2. Диатермия использование токов высокой частоты (1—1,5 МГц), сравнительно небольшого напряжения (100—200 в) и значительной силы тока (1—3 А) для прогревания тканей или их коагуляции. Метод облагает рядом существенных недостатков, из-за чего выходит из употребления

3. Индуктотермия или коротковолновая диатермия - использование с лечебной целью воздействия магнитного поля высокой частоты (13,5 МГц). Метод безопаснее и значитель-

6 - 1190

81

но удобнее контактной диатермии, в ближайшее время должен полностью ее заменить. Для этого необходимо:

а) разработать аппараты небольшой мощности порядка 200 вт — стационарные и 100 вт — портативные (в настоящее время имеются аппараты только большой мощности — 350 вт),

б) разработать электроды, которые позволяли бы проводить воздействие не только на обширные, но и на ограниченные участки тела площадью до 10 см², так как диаметр самого малого аппликатора (плоской катушки), выпускаемого сейчас, составляет 20 см;

в) необходимо разработать объективную дозиметрию. В настоящее время мы можем измерять мощность, отдаваемую аппаратом, но не можем определять количество энергии, поглощаемое тканями, так как часть энергии рассеивается в окружающее пространство.

4. Электрическое поле ультравысокой частоты (э. п. УВЧ):

а) ввиду того, что при воздействии этим фактором между поверхностью тела и конденсаторными пластинами в большинстве случаев создается воздушный зазор до 3 см с каждой стороны, проблема дозиметрии, т. е. измерения количества энергии, поглощаемой тканями организма, до настоящего времени не решена и является задачей первоочередной важности;

б) для исследовательских работ необходимо создать генератор э. п. УВЧ, в котором можно было бы менять частоту от 30 до 300 Мгц.

в) в настоящее время с лечебной целью используется э. п. УВЧ, модулированное в виде отдельных мощных импульсов со сравнительно большими паузами между ними. Импульсное э. п. УВЧ вызывает со стороны организма совершенно иные реакции, чем непрерывное э. п. УВЧ. Для более детального изучения реакций организма на ответ на воздействие этого фактора и для изучения возможности более широкого применения его в клинике, необходимо разработать импульсный генератор э. п. УВЧ, который позволял бы в широких пределах менять как длительность импульса, так и частоту модуляции.

Следует отметить, что ограничения, введенные у нас для работы с высокочастотной аппаратурой, слишком строгие и сильно ограничивают возможности работы с этой аппаратурой. Достаточно сказать, что даже на выделенных для медицинских целей частотах разрешается работать только в экранируемых кабинетах, чего нет ни в какой другой стране. Кабины же, изготовленные из латунной сетки, очень дороги, поэтому необходимо изыскивать возможности другой, более дешевой и в то же время эффективной экранировки.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
Аксенов Б Н и др Специальная хирургическая цветная телевизионная установка	4
Акулиничев И Т и др Новый способ временного анализа электрокардиограмм—кардиоциклография	5
Анапьев В М Электроэнцефалоскоп с двойной коммутацией	6
Амосов Н М и др Автоматизация диагноза сердечных заболеваний, подлежащих хирургическому лечению	7
Аладжалова Н А Измерение электрических параметров при исследовании живых структур	8
Акулиничев И Т и др Электронное устройство для моделирования электрической активности сердца	9
Акулиничев И Т Применение электронного осциллоскопа в диагностике заболеваний сердца	10
Арригон И М и др Новый метод клинической оценки электрокардиограммы (частотный анализ зубцов желудочкового комплекса)	13
Бабский Е Б и др Применение автоматически действующих электронных (дифференцирующих) устройств	15
Бабский Е Б и др Применение принципов электрического измерения механических величин в физиологических исследованиях	16
Белицкий Г Ю и др Исследование переходных характеристик живых тканей	17
Бонгард М М Моделирование функций сетчатки глаза	19
Вайриб Е А Применение радиоэлектроники в хирургии	19
Водолазский Л А Электронная аппаратура в производственной электрографии	20
Гегман Ф Ф Портативный артериальноезограф	22
Габелова Н А Изотопные методы исследования живого организма	23
Гузев О Е и др Аппарат для диагностики опухолей мозга с помощью изотопов	24
Гутенмахер Л И Электрическое моделирование некоторых функций памяти	25
Гроссман А Я Глазной апланационный фотоэлектроннометр	26
Гордон З В и др Методы измерения параметров СВЧ полей	28
Гуревич М Д Ультразвуковая медицинская аппаратура	29
Калмансон А Э Применение метода электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) в биологии и медицине	30
Кальфа С Ф и др Пути развития и современное состояние инструментального измерения внутриглазного давления	32
Кожвинков В А Некоторые технические приемы обнаружения слабых электрических ответов мозга	34
Кобленц-Мишке А И Некоторые проблемы графической регистрации звуков сердца	35
Кунриянов П А Задачи применения радиометодов в хирургии	37
Ливенсон А Р Высокая частотная физиотерапевтическая аппаратура	39
Личинцев Н М Импульсные токи высокой частоты в физиологии и герани	41
Либерман Е А Роль электрического тока в нервной проводимости и радиотехнические методы исследования нервного возбуждения	42
Лившиц Б Н Регистрирующие устройства в электрофизиологической диагностической аппаратуре	43
Лосев В Д и др Некоторые приборы для объективного исследования сердечной деятельности	44

Мавродиди В. Г. и др. Современные возможности радио электроники для решения задач медицины и биологии	45
Мишин Л. Н. Техника электрогастрографии	47
Мишкин Р. Б. и др. Сравнительная оценка различных элементов фонокардиографического тракта и влияние этих элементов на клиническую ценность фонокардиограммы	49
Мещерский Р. М. Основные направления в развитии электро- энцефалографических методов исследования	50
Москаленко Ю. М. Применение электромагнитных полей сверх- высоких частот для клинических и физиологических целей (электростимуляция)	51
Мелкумова Г. Г. Электрометрический метод определения рН тканей в живом организме	52
Меницкий Д. Н. Характеристика коэффициентов подавления симметричных помех в дифференциальных усилителях био- электрических потенциалов	53
Обросов А. Н. Основные направления в развитии применения электроники в физиотерапии	55
Орлов В. В. Устройство для регистрации артериального давле- ния, работающее по принципу следящей системы	58
Остерман Л. А. Предусилитель для нейрофизиологических исследований с высоким коэффициентом режекции	59
Парин В. В. Задачи, выдвигаемые медициной и биологией перед радиоэлектроникой	60
Пресман А. С. Применение микроволн в физиотерапии и био- логических исследованиях	63
Потяицев В. А. Метод непрерывной графической регистрации секреторных процессов с фотоэлектрическим преобразова- телем	64
Полывода А. И. Телевизионная техника в медицине и биологии	65
Рабинович Н. Э. Усилительная техника в области электрокар- диографии и электроэнцефалографии	67
Габаровский И. К. Аппаратура для клинической и универ- сальной электростимуляции	68
Франк Г. М. и др. Электронный счетный анализатор биологи- ческих микроструктур и перспективы его применения	70
Хлютин В. М. Применение механотронов в медицине и физио- логии	71
Шнишкин Л. С. Подавление радиопомех от электро медицинской аппаратуры	73
Шувапов Л. П. Применение миниатюрной радиотелеметрической аппаратуры для регистрации некоторых физиологических функций	75
Щербатов Н. М. и др. Аппарат для электрона «ЭМ-ОПН1»	77
Эльцинер И. Е. и др. Физические и технические основы приме- нения ультразвуковых волн	77
Эскин В. Я. Адаптивный оптический хронометр с электрон- ным управлением	78
Эфрусси М. М. Аудиометры и слуховые аппараты	79
Ягородский В. Г. Требования к аппаратуре для высо- кочастотной терапии	81

Редактор Коломыцев С. И.

Т-12247

К печати 24/XII-58 г.

Объем 5,25 п. л.

Тираж 800

Заказ 1190

Тип ЦБНТИ Москва, 1-я ул. Машиностроения, д. 3а.

STAT

STAT

STAT

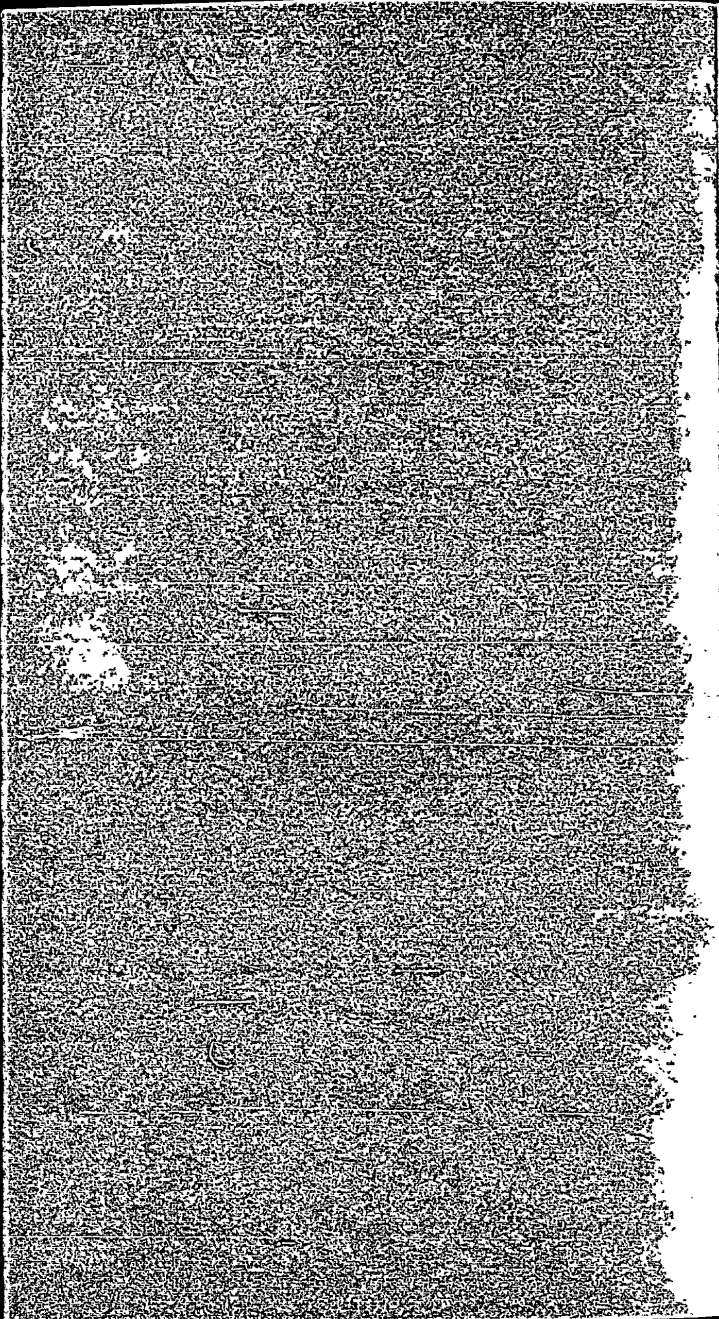

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОСВЯЗИ имени А. С. ПОПОВА

СБОРНИК ТРУДОВ

Выпуск II

МОСКВА — 1958

 STAT



STAT

3. Д. Слепая, Класс двоичных сигнальных алфавитов. Сборник «Теория передачи сообщений». ИЛ, 1957.
4. П. Элайес, Кодирование для двух каналов с шумами. Сборник «Теория передачи сообщений». ИЛ, 1957.
5. Д. А. Хаффмен, Синтез линейных многотактных кодирующих схем, Сборник «Теория передачи сообщений». ИЛ, 1957.
6. Л. Я. Окунев, Краткий курс теории чисел. Учпедгиз, 1956.
7. И. М. Виноградов, Основы теории чисел. ОГИЗ Гостехиздат, 1944.
8. Л. Ф. Бородин, Е. Н. Зотова, Параметры систем передачи дискретных сообщений. Научные доклады высшей школы, «Радиотехника и электроника», 1958, № 1



STAT

НАКОПЛЕНИЕ ШУМОВ И ЗАМИРАНИЯ В МАГИСТРАЛЬНЫХ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЯХ

В. И. Сифоров

Установлены количественные соотношения, связывающие отношение шума к сигналу на выходе линии с параметрами ее отдельных звеньев. Доказано, что при наличии релейского закона распределения вероятностей напряженности поля сигнала на каждом участке линии закон распределения отношения шума к сигналу на выходе линии отличается от нормального. Дан общий метод определения закона распределения вероятностей отношения шума к сигналу на выходе линии. Этот метод применен для разыскания закона распределения отношения шума к сигналу на выходе линии применительно к релейскому и гамма-распределению напряженности поля на каждом участке линии.

§ 1. Введение.

Качественные показатели магистральной радиорелейной линии, содержащей большое количество приемно-передающих промежуточных радиостанций, в значительной мере зависят от уровня шумов, вносимых приемными устройствами этих станций, и от характера изменения напряженности поля полезного сигнала на всех ее участках.

При передаче полезных сигналов от одной промежуточной станции к другой происходит накопление шумов, в результате чего отношение уровня шумов к уровню полезного сигнала возрастает при перемещении вдоль линии от ее начала к ее концу.

Обусловленные условиями распространения радиоволн в тропосфере колебания напряженности поля полезных сигналов в конце каждого участка линии также накапливаются при движении вдоль нее по определенным статистическим законам.

В результате падения (замирания) напряженности поля полезных сигналов на одном или одновременно на нескольких участках линии и накопления шумов при движении вдоль нее отношение шумов к полезным сигналам на ее выходе может

152

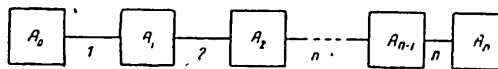
STAT

превысить допустимые пределы. В этих случаях происходит нарушение нормальной работы линии.

В настоящей работе поставлена задача выявить основные законы накопления шумов и замираний в магистральных радиорелейных линиях. Иначе говоря, здесь делается попытка найти основные соотношения, связывающие статистические свойства линии в целом со статистическими свойствами ее отдельных звеньев в отношении шумов и замираний. Эти соотношения, как нам представляется, будут полезны при расчете и проектировании линий. Их использование, в частности, позволит так выбрать все элементы линии, чтобы вероятность нарушения ее нормальной работы вследствие одновременного действия шумов и замираний не превосходила допустимой величины.

§ 2. Зависимость отношения шума к сигналу на выходе линии от параметров ее отдельных звеньев.

На фиг. 1 представлена блок-схема радиорелейной линии. Здесь A_0 и A_n — оконечные, а A_1, A_2, \dots, A_{n-1} — промежуточные станции. Пусть через линию передается гармоническое



Фиг. 1.

колебание сверхвысокой частоты без модуляции. Обозначим действующие значения напряженности поля в конце 1-го, 2-го, ... n -го участков соответственно через $E_{c1}, E_{c2}, \dots, E_{cn}$.

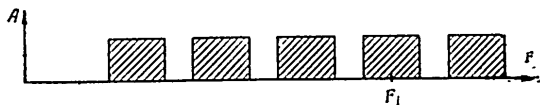
На фиг. 2 показан частотный спектр первичных сигналов для случая, когда через линию передается большое число телефонных разговоров. Каждому каналу передачи соответствует свой участок в этом спектре первичных сигналов. На оконечной станции A_0 колебания сверхвысокой частоты модулируются по частоте представленными на фиг. 2 первичными сигналами. На оконечной станции A_n в результате ограничения по амплитуде и частотного детектирования приходящие колебания сверхвысокой частоты преобразуются в первичные сигналы, которые при помощи полосовых фильтров разделяются по отдельным каналам.

Возьмем какой-либо из каналов в спектре первичных сигналов, например, канал со средней частотой F_p (фиг. 2). Рассмотрим процессы, происходящие на промежуточных стан-

153

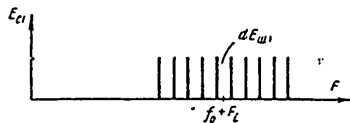
STAT

циях A_1, A_2, \dots, A_{n-1} . Обозначим через $E_{ш1}, E_{ш2}, \dots, E_{шn}$ действующие значения эквивалентных напряженностей поля шумов соответственно на входе станций A_1, A_2, \dots, A_n . Вели-



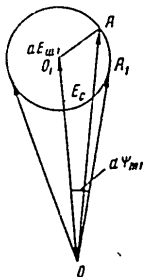
Фиг. 2.

чины $E_{ш1}, E_{ш2}, \dots, E_{шn}$ отображают собой шумы, возникающие соответственно в приемных устройствах станций A_1, A_2, \dots, A_n вследствие имеющихся в них электрических флуктуаций. Они получают в результате пересчета уровня этих шумов на эквивалентную напряженность поля.



Фиг. 3.

На фиг. 3 показаны частотные спектры сигнала и шумов на входе станции A_1 , т. е. в конце первого участка линии. Здесь E_{c1} — напряженность поля полезного сигнала с частотой f_0 при отсутствии полезной модуляции. Шумы на этой диаграмме представлены в виде совокупности большого числа гармонических колебаний, расположенных вблизи частоты $f_0 + F_c$.



Фиг. 4.

Обозначим через $dE_{ш1}$ действующее значение какой-либо одной из шумовых составляющих. Эта составляющая, складываясь с полезным сигналом E_{c1} , вызывает паразитную амплитудную и частотную модуляцию.

На фиг. 4 изображена векторная диаграмма, иллюстрирующая наложение шумовой составляющей $dE_{ш1}$ на полезный сигнал E_{c1} . Здесь вектор шумовой составляющей вращается относительно точки O_1 с частотой, равной разности частот шумовой составляющей и сигнала.

Результирующий вектор OA будет качаться вокруг вектора сигнала OO_1 . Так как $dE_{ш1} \ll E_{c1}$, то амплитуда угла качания вектора OA будет:

$$d\psi_{m1} = \frac{dE_{ш1}}{E_{c1}}$$

а действующее значение этого угла будет равно

$$\frac{dE_{ш1}}{\sqrt{2} E_{c1}}$$

Суммируя квадраты действующих значений углов качания вектора OA , вызванных всеми шумовыми составляющими данного канала, получим квадрат действующего значения этого угла качания в виде

$$\psi_1^2 = \sum \left(\frac{dE_{ш1}}{\sqrt{2} E_{c1}} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{E_{ш1}^2}{E_{c1}^2}, \quad (1)$$

так как

$$\sum (dE_{ш1})^2 = E_{ш1}^2.$$

Полагая, что на станции A_1 имеется ограничитель по амплитуде, получим на ее выходе колебания, модулированные только по частоте с углом качания вектора, выражающимся формулой (1).

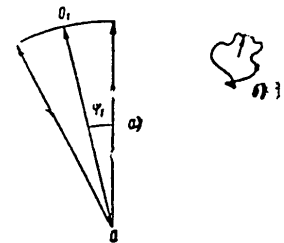
На фиг. 5а изображена векторная диаграмма напряженности поля на выходе станции A_2 , а на фиг. 5б — векторная диаграмма шумов станции A_2 , пересчитанных на эквивалентную напряженность поля.

Квадрат действующего значения угла качания вектора напряженности поля на входе станции A_2 , обусловленного шумами этой станции, при отсутствии паразитной частотной модуляции приходящего поля будет выражаться формулой

$$\psi_2^2 = \frac{1}{2} \frac{E_{ш2}^2}{E_{c2}^2}, \quad (2)$$

которая получена из формулы (1) путем замены E_{c1} на E_{c2} и $E_{ш1}$ на $E_{ш2}$.

Полагая $\psi_1 \ll 1$ и $\psi_2 \ll 1$, можем считать, что квадрат действующего угла качания вектора напряженности поля ψ_2^2 на



Фиг. 5.

ьходе станции A_2 , обусловленного совместным действием шумов станций A_1 и A_2 , будет

$$\varphi_2^2 = \psi_1^2 + \psi_2^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{E_{ш1}^2}{E_{с1}^2} + \frac{E_{ш2}^2}{E_{с2}^2} \right).$$

Аналогично квадрат действующего угла качания вектора напряженности поля φ_n^2 на входе станции A_n , обусловленного совместным действием шумов всех станций A_1, A_2, \dots, A_n , будет

$$\varphi_n^2 = \sum_{k=1}^n \psi_k^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \frac{E_{шk}^2}{E_{сk}^2}. \quad (3)$$

Обозначим через θ действующее значение индекса модуляции полезного сигнала в рассматриваемом канале. Так как индекс модуляции, равный отношению частотного отклонения Δf к частоте модуляции F_1 , представляет собой не что иное, как угол качания вектора, обусловленного полезной модуляцией, то отношение шума к сигналу на выходе линии по напряжению будет равно $\frac{\varphi_n}{\theta}$, а по мощности

$$s = \left(\frac{u}{c} \right)_{\text{вых. по мощности}} = \frac{\varphi_n^2}{\theta^2},$$

или, принимая во внимание соотношение (3),

$$s = \frac{1}{2 \theta^2} \sum_{k=1}^n \frac{E_{шk}^2}{E_{сk}^2} = \frac{1}{2 \theta^2} \sum \frac{P_{шk}}{P_{сk}}, \quad (4)$$

где $P_{шk}$ и $P_{сk}$ — соответственно мощности шумов и сигнала на входе станции A_k .

В частности, когда все станции одинаковы, величину $P_{шk}$ в формуле (4) можно вынести за знак суммирования и мы будем иметь

$$s = \frac{P_{шk}}{2 \theta^2} \sum_{k=1}^n \frac{1}{P_{сk}}. \quad (5)$$

Эта формула показывает, что интересующее нас отношение s шума к сигналу по мощности на выходе всей линии пропорционально сумме обратных мощностей $\frac{1}{P_{сk}}$ на входе всех

STAT

станций линии. Каждая из этих величин является случайной. Знание закона распределения вероятностей суммы $\sum \frac{1}{P_{сk}}$ дает возможность определить, в течение какого процента времени отношение s шума к сигналу на выходе линии превосходит допустимое значение.

§ 3. Соотношение между функциями распределения вероятностей напряженностей поля сигнала и обратных мощностей.

Найдем это соотношение применительно к какому-либо одному участку линии. Представим обратную мощность сигнала в виде

$$\frac{1}{P_c} = \frac{b}{a^2}, \quad (6)$$

где $a = \frac{E_m}{E_{m0}}$ — представляет собой отношение напряженности поля полезного сигнала к наимвероятнейшей напряженности поля этого сигнала, а b — коэффициент пропорциональности.

Положим

$$y = \frac{1}{\sigma^2}. \quad (7)$$

Легко видеть, что величина y в некотором масштабе изображает отношение шума к сигналу, отнесенное к одному участку линии.

Обозначим через $p_E(x)$ плотность вероятности величины α . Из теории вероятностей [1] известно, что плотность вероятности $p(y)$ величины y , связанной с величиной α функциональной зависимостью $y = f(\alpha)$, выражается формулой

$$p(y) = \left[\frac{p_E(\alpha)}{f'(\alpha)} \right]_{\alpha=f(y)}, \quad (8)$$

где $\alpha = \Phi(y)$ — функция, обратная к функции $y = f(\alpha)$.

Функция $F(y)$ распределения величины y связана с плотностью вероятности $p(y)$ известным соотношением

$$F(y) = \int_0^y p(z) dz. \quad (9)$$

Эта функция представляет собой вероятность того, что величина $\frac{1}{\alpha^2}$ будет принимать значения, не превосходящие y .

STAT

Для случая, когда напряженность поля подчиняется закону Релея, что соответствует наложению большого количества колебаний со случайным сдвигом по фазе на входе радиорелейной станции, будем иметь

$$p_E(\alpha) = \alpha e^{-\frac{1}{2}\alpha^2}. \quad (10)$$

Подставляя это соотношение в формулы (8) и (9) и принимая во внимание формулу (7), получим

$$p(y) = \frac{1}{2y^2} e^{-\frac{1}{2y}}. \quad (11)$$

$$F(y) = \int_0^y \frac{1}{2z^2} e^{-\frac{1}{2z}} dz. \quad (12)$$

§ 4. О применении предельной теоремы Ляпунова для разыскания функции распределения отношения шума к сигналу на выходе линии.

Согласно теореме Ляпунова [2], если для последовательности взаимно независимых случайных величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ можно подобрать такое положительное число $\delta > 0$, что при

$$\frac{1}{B_n^{2+\delta}} \sum_{k=1}^n M |\xi_k - a_k|^{2+\delta} \rightarrow 0, \quad (13)$$

то при $n \rightarrow \infty$ равномерно по x

$$P \left\{ \frac{1}{B_n} \sum_{k=1}^n (\xi_k - a_k) < x \right\} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (14)$$

Здесь a_k — математическое ожидание случайной величины ξ_k , $B_n = D \sum_{k=1}^n \xi_k$ — сумма дисперсий этих величин, а M — знак математического ожидания.

Таким образом, при соблюдении условия (13) сумма случайных величин подчиняется нормальному закону распределения вероятностей.

В рассматриваемом нами случае величина $y = \frac{1}{\alpha^2}$, изображающая в некотором масштабе отношение шума к сигналу, отнесенное к одному участку линии, имеет плотность вероятности $p(y)$ и функцию распределения вероятностей $F(y)$, выражающиеся соответственно формулами (11) и (12). Математическое ожидание величины y будет

$$My = \int_0^{\infty} y p(y) dy.$$

Подставляя сюда вместо $p(y)$ развернутое выражение этой функции согласно (11), получим

$$My = \int_0^{\infty} \frac{1}{2y} e^{-\frac{1}{2y}} dy,$$

или

$$My = \int_0^{y_1} \frac{1}{2y} e^{-\frac{1}{2y}} dy + \int_{y_1}^{\infty} \frac{1}{2y} e^{-\frac{1}{2y}} dy.$$

При достаточно больших значениях y_1 можно считать

$$e^{-\frac{1}{2y_1}} \approx 1,$$

и второй интеграл будет

$$\int_{y_1}^{\infty} \frac{1}{2y} e^{-\frac{1}{2y}} dy \approx \int_{y_1}^{\infty} \frac{1}{2y} dy = \frac{1}{2} [\ln y]_{y_1}^{\infty} = \infty.$$

Отсюда следует, что величина y не имеет математического ожидания. Поэтому теорема Ляпунова неприменима к интересующей нас задаче разыскания функции распределения суммы величин y на всех участках линии или, что то же самое, к задаче разыскания закона распределения вероятностей отношения шума к сигналу на выходе линии.

§ 5. Общий метод определения функции распределения отношения шума к сигналу на выходе линии.

Согласно (5) отношение шума к сигналу по мощности на выходе линии пропорционально сумме обратных мощностей

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{P_{ck}}.$$

Так как в соответствии с формулой (6)

$$\frac{1}{P_{ck}} = \frac{b}{\alpha_k^2},$$

то интересующее нас отношение сигнала к шуму будет пропорционально сумме

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{\alpha_k^2}. \quad (15)$$

Таким образом, задача о разыскании закона распределения вероятностей отношения шума к сигналу по мощности на выходе линии сводится к задаче определения функции распределения вероятностей суммы (15). Для решения этой последней задачи воспользуемся известным из теории вероятностей методом характеристических функций.

В соответствии с общим определением [2] характеристическая функция $f_k(t)$ случайной величины $\frac{1}{\alpha_k^2}$ выражается интегралом

$$f_k(t) = \int_0^{\infty} e^{ity} dF_k(y), \quad (16)$$

где $F_k(y) = F_k\left(\frac{1}{\alpha_k^2}\right)$ — функция распределения величины $\frac{1}{\alpha_k^2}$.

Из теории вероятностей известно, что характеристическая функция суммы независимых случайных величин равна произведению их характеристических функций [2]. Поэтому характеристическая функция суммы (15) будет

$$\varphi(t) = \prod_{k=1}^n f_k(t). \quad (17)$$

Если все участки линии одинаковы, то $f_k(t) = f(t)$, $F_k(y) = F(y)$ и характеристическая функция суммы (15) будет

$$\varphi(t) = [f(t)]^n, \quad (18)$$

где согласно (16)

$$f(t) = \int_0^{\infty} e^{ity} dF(y). \quad (19)$$

Найдя функцию $\varphi(t)$ и пользуясь доказываемой в теории вероятностей формулой обращения [2], найдем функцию $\Phi(x)$ распределения вероятностей суммы (15) в виде:

$$\Phi(x) = \frac{1}{2\pi} \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \lim_{t \rightarrow \infty} \int_{-\epsilon}^{+\epsilon} \frac{e^{-itz} - e^{-itx}}{it} \varphi(t) dt. \quad (20)$$

Эта формула и позволяет в общем виде решить задачу о разыскании закона распределения вероятностей отношения шума к сигналу на выходе линии.

§ 6. Функция распределения отношения шума к сигналу на выходе линии для распределения поля на каждом участке по закону Релея.

В рассматриваемом случае согласно (11) и (12)

$$dF(y) = p(y) dy,$$

где

$$p(y) = \frac{1}{2y^2} e^{-\frac{1}{2y}}.$$

Подставляя эти соотношения в формулу (19), найдем характеристическую функцию $f(t)$ для каждого участка линии в виде

$$f(t) = \int_0^{\infty} e^{ity} \frac{1}{2y^2} \cdot e^{-\frac{1}{2y}} dy,$$

или

$$f(t) = \int_0^{\infty} \frac{1}{2y^2} e^{-\frac{1}{2y}} \cos ty dy + i \int_0^{\infty} \frac{1}{2y^2} e^{-\frac{1}{2y}} \sin ty dy. \quad (21)$$

Можно показать, что при

$$t \ll 1 \quad (22)$$

приближенно справедливы соотношения

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{2y^2} e^{-\frac{1}{2y}} \cos ty dy = 1 - \frac{\pi}{4} t, \quad (23)$$

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{2y^2} e^{-\frac{1}{2y}} \sin ty dy = \frac{t}{2} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2} \right), \quad (24)$$

где $C = 0,577 \dots$ есть постоянная Эйлера.

Подставляя эти соотношения в формулу (21), найдем характеристическую функцию $f(t)$ в виде

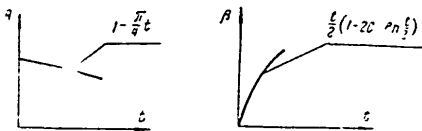
$$f(t) = \left(1 - \frac{\pi}{4} t\right) + i \frac{t}{2} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2}\right). \quad (25)$$

Модуль и аргумент этой функции с точностью до малых высших порядков будут

$$A = |f(t)| = \sqrt{\left(1 - \frac{\pi}{4} t\right)^2 + \frac{t^2}{4} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2}\right)^2} \approx 1 - \frac{\pi}{4} t$$

$$\beta \approx \operatorname{tg} \beta = \frac{\frac{t}{2} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2}\right)}{1 - \frac{\pi}{4} t} \approx \frac{t}{2} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2}\right) \quad (26)$$

На фиг. 6 изображены графически зависимости модуля A и аргумента β от переменной t .



Фиг. 6.

Представляя характеристическую функцию $f(t)$ в виде

$$f(t) = A e^{i\beta}$$

и принимая во внимание (18), найдем характеристическую функцию $\varphi(t)$ для всей линии

$$\varphi(t) = A^n e^{i\beta n}.$$

Подставляя сюда вместо A и β их развернутые выражения согласно (26), будем иметь

$$\varphi(t) = \left(1 - \frac{\pi}{4} t\right)^n e^{i \frac{nt}{2} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2}\right)}.$$

162

STAT

При достаточно больших значениях n

$$\left(1 - \frac{\pi}{4} t\right)^n = \left(1 - \frac{\frac{\pi n t}{4}}{n}\right)^n \approx e^{-\frac{\pi n t}{4}}.$$

Поэтому

$$\varphi(t) = e^{-\frac{\pi}{4} n t + i \frac{nt}{2} \left(1 - 2C - \ln \frac{t}{2}\right)}. \quad (27)$$

Подставляя это соотношение в формулу (20), после преобразований найдем функцию $\Phi(x)$ распределения вероятностей суммы (15) в виде

$$\Phi(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{\pi}{4} n t}}{t} \sin \left[x t + \frac{n t}{2} \left(2C - 1 + \ln \frac{t}{2}\right) \right] dt. \quad (28)$$

Формула (28) и решает поставленную задачу. Она позволяет определить вероятность того, что отношение шума к сигналу на выходе линии с учетом накопления шумов и колебаний поля на всех участках линии не будет превышать заданного значения x .

Положив в формуле (28) $n = 100$ и произведя вычисления, получим при $x = 5500$ $\Phi(x) = 0,9905$.

Это значит, что при $n = 100$ примерно только 1% всего времени интересующая нас сумма (15) будет больше 5500.

Дифференцируя соотношение (28) по x , найдем плотность вероятности суммы (15) в виде

$$q(x) = \frac{d\Phi(x)}{dx} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} e^{-\frac{\pi}{4} n t} \cos \left[x t + \frac{n t}{2} \left(2C - 1 + \ln \frac{t}{2}\right) \right] dt. \quad (29)$$

Анализ полученных формул (28) и (29), справедливых при наличии релевского распределения вероятностей напряженности поля на каждом участке, показывает, что наименьшее отношение шума к сигналу на выходе линии с ростом числа участков растет несколько быстрее, чем по закону прямой пропорциональности числу участков. Кроме того, оказывается, что ширина кривой плотности вероятности отношения шума к сигналу для всей линии растет приблизительно прямо пропорционально числу участков.

11*

163

STAT

Сравнивая эти закономерности с закономерностями, получаемыми при нормальном распределении вероятностей отношения шума к сигналу, мы видим, что при релейском законе распределения поля на каждом участке накопление шумов и дальнейшее ослабление поля происходит в более значительной степени, чем при других распределениях, обеспечивающих нормальный закон распределения отношения шума к сигналу для всей линии.

Положительной особенностью релейского распределения является и обстоятельство, что согласно (10) в области малых амплитуд поля плотность вероятности $p(a)$ изменяется прямо пропорционально a^k при уменьшении амплитуды поля вероятность убывает слишком медленно.

Это приводит к тому, что отдельные члены суммы (15) довольно часто принимают весьма большие значения, ухудшающие отношение шума к сигналу в конце линии.

§ 7. Об отношении шума к сигналу на выходе линии при гамма-распределении на каждом участке

В работах японских ученых Сабура Матсuo и Фумно Икегами [9] приводится закон распределения вероятностей мощности принадлежащего поля на выходе каждой станции, при котором плотность вероятности мощности выражается формулой

$$\gamma(P) = \frac{k^{k-1}}{\Gamma(k-1)} P^{k-1} e^{-kP}, \quad (30)$$

где P — мощность поля, k — параметр, а Γ — знак гамма-функции.

Полагая

$$y = f(P) = \frac{1}{P}$$

и пользуясь формулой, аналогичной соотношению (8), найдем плотность вероятности $p(y)$ обратной мощности $\frac{1}{P}$ в виде

$$p(y) = \left[\frac{\gamma(P)}{f'(P)} \right]_{P=f(y)}$$

где $P = \Phi(y)$ — функция, обратная к функции

$$y = f(P) \left(\tau \text{ е. } P = \frac{1}{y} \right).$$

После преобразований получим

$$p(y) = \frac{a_k}{y^{k+2}} e^{-\frac{k}{y}}, \quad (31)$$

где

$$a_k = \frac{k^{k+1}}{\Gamma(k+1)}. \quad (32)$$

Обозначим через ξ случайную величину, обратную мощности P . Математическое ожидание величины ξ будет

$$M\xi = \int_0^{\infty} y p(y) dy.$$

Подставляя сюда вместо плотности вероятности $p(y)$ ее развернутое выражение (31), после преобразований получим

$$M\xi = 1 \text{ при } k \geq 2. \quad (33)$$

Математическое ожидание величины ξ^2 будет

$$M\xi^2 = \int_0^{\infty} y^2 p(y) dy,$$

или после подстановки сюда соотношения (31) и интегрирования

$$M\xi^2 = \frac{k}{k-1} \text{ при } k \geq 2.$$

Поскольку дисперсия величины ξ , как известно из теории вероятностей [2], равна

$$D\xi = M\xi^2 - (M\xi)^2,$$

то

$$D\xi = \frac{1}{k-1} \text{ при } k \geq 2. \quad (34)$$

Предполагая, что на каждом участке линии имеет место гамма-распределение (31) плотности вероятности обратной мощности и обозначая по-прежнему число участков через n , воспользуемся формулой (14) теоремы Ляпунова

Полагая в этой формуле согласно (34)

$$B_n^2 = D \sum_{k=1}^n \xi_k = \sum_{k=1}^n D \xi_k = \frac{n}{k-1}.$$

и согласно (33)

$$\sum_{k=1}^n M \xi_k = n, \quad (35)$$

получим

$$\text{Вер} \left\{ \left| \sqrt{\frac{k-1}{n}} \left(\sum_{k=1}^n \xi_k - n \right) \right| < x \right\} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-x}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

При $x = 2,33$ правая часть этого соотношения равна 0,99. Поэтому вероятность стоящего в фигурных скобках неравенства или, что то же самое, неравенства

$$\frac{\sum_{k=1}^n \xi_k}{n} < 1 + \frac{2,33}{\sqrt{n(k-1)}}, \quad (36)$$

будет равна 0,99.

Выражение, стоящее в левой части неравенства (36), представляет собой отношение суммы обратных мощностей сигнала на всех участках линии к среднему значению суммы этих обратных мощностей [см. формулу (35)].

Принимая во внимание формулы (4) и (5), можем в соответствии с этим положением представить формулу (36) в виде

$$\frac{\left(\frac{P_w}{P_c} \right)}{\left(\frac{P_w}{P_c} \right)_0} < 1 + \frac{2,33}{\sqrt{n(k-1)}}, \quad (37)$$

где $\left(\frac{P_w}{P_c} \right)$ есть отношение шума к сигналу на выходе линии по мощности, превышение которого имеет место 1% всего времени, а $\left(\frac{P_w}{P_c} \right)_0$ есть среднее значение отношения шума к сигналу по мощности также на выходе линии.

Формула (37) позволяет весьма быстро определить интересные нас закономерности накопления шумов и колебаний поля в радиорелейных линиях при наличии гамма-распределения уровня сигналов на каждом участке линии.

166

Полагая в формуле (37), например, $n = 100$ и $k = 2$, получим

$$\frac{P_w}{P_c} < 1,23 \left(\frac{P_w}{P_c} \right)_0.$$

Это значит, что в данном случае отношение шума к сигналу на выходе линии будет превышать свое среднее значение более чем в 1,23 раза в течение лишь 1% всего времени.

Формула (37), как видно из ее вывода, справедлива при $k \geq 2$. При $k < 1$ она теряет силу. Вопрос о применимости формулы (37) при $1 < k < 2$ требует дополнительного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Фрай, Теория вероятностей для инженеров ГТТИ, 1931, стр. 122
2. Б. В. Гнедко, Курс теории вероятностей Гостехиздат, 1950
3. S. Matsuo, F. Ikegami Distribution Funktion of Micro Wave Field Intensity Electr. Communic. Laboratory, Tokyo, Japan, August 1953, p. 23

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ШУМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РАДИО- РЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ С ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯ- ЦИЕЙ ВСЛЕДСТВИЕ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРА- НЕНИЯ РАДИОВОЛН ИЛИ НЕСОГЛАСОВАННОСТЕЙ И НЕОДНОРОДНОСТЕЙ АНТЕННЫХ ФИДЕРОВ

А. В. Просин

Целью данной работы является исследование искажений многоканального сигнала, обусловленных как отражениями энергии от концов фидера вследствие несогласованности с нагрузками, так и отражениями энергии от многих точек вдоль рассогласованного фидера. На основе корреляционного анализа получены расчетные формулы для определения психометрической мощности перекрестных шумов, возникающих в отдельных телефонных каналах радиорелейной линии связи с частотным уплотнением и частотной модуляцией из-за отражений энергии от концов фидера и от его внутренних неоднородностей. Полученные выражения можно также использовать и для расчета перекрестных шумов, возникающих вследствие многолучевого распространения радиоволн. В этом последнем случае формулы справедливы для двухлучевого распространения—при различных соотношениях амплитуд прямой и отраженной волн для многолучевого распространения—при интенсивности отраженных лучей, малых по сравнению с интенсивностью основного луча. На основании проведенных исследований даны практические рекомендации для уменьшения перекрестных шумов.

§ 1. Введение.

В магистральных радиорелейных линиях связи с частотной модуляцией антенны обычно устанавливают на мачтовых или башенных опорах. Для обеспечения прямой видимости высота подвеса антенны в зависимости от рельефа местности может колебаться от нескольких метров до 70—80 м. Приемно-передающая аппаратура в большинстве случаев размещается в специальных зданиях небольшого размера, расположенных в основании мачт или башен. Канализация электромагнитной энергии от передатчика к антенне и от антенны к приемнику осуществляется по высокочастотным фидерным линиям пере-

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОСВЯЗИ имени А. С. ПОПОВА



STAT

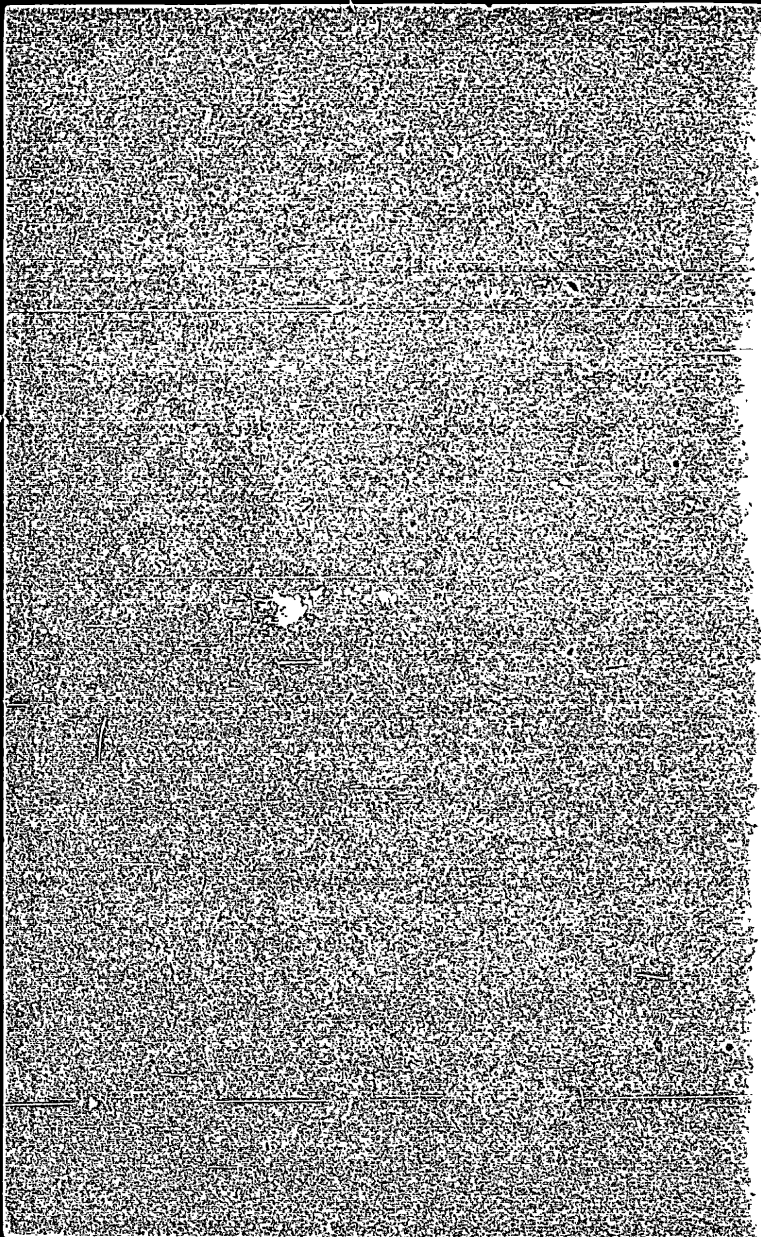
СБОРНИК ТРУДОВ

Выпуск II

МОСКВА — 1958



STAT



[Redacted]

STAT

вать оптимальные значения полос фильтров, определяющих избирательность.

Границы допустимой фильтрации значительно могут быть сужены при искусственном гашении нестационарных процессов на выходе фильтров по окончании действия импульса сигнала — путем мгновенного освобождения фильтров от запасенной в них энергии. На этом принципе основываются, например, так называемые интегральные методы приема на линиях радиотелеграфной связи. При достаточно узких полосах интегрирующих фильтров указаны методы, обеспечивающие превышения соответствующие линейному интегрированию сигнала и помехи.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 В. И. Бунимович, Флюктуационные процессы в радиоприемных устройствах, Советское радио, 1951
- 2 В. И. Сифоров, О влиянии помех на прием импульсных сигналов, «Радиотехника», № 1, 1946
- 3 В. А. Котельников, Проблемы помехоустойчивой радиосвязи, Радиотехнический сборник, Госэнергоиздат, 1947
- 4 Н. Л. Теплов, К оценке помехоустойчивости методов радиоприема, основанных на усреднении функций сигнала и помехи (принята к опубликованию в журнале «Радиотехника»)

[Redacted]

STAT

К ТЕОРИИ КАНАЛОВ РАДИОСВЯЗИ С МНОГОЛУЧЕВЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЕМ

В. И. Сифоров

Каналы связи со случайными изменениями параметров классифицируются на каналы первого и второго рода по их пропускной способности при низком уровне аддитивных помех. Введены понятия о собственной пропускной способности и условной пропускной способности канала. Доказано, что при медленных случайных изменениях параметров многолучевого канала пропускная способность понижается не более чем на 17% при любом отношении сигнала к шуму.

Найдено условие получения высокой пропускной способности канала с многолучевым распространением волн при низком уровне аддитивных помех. Доказано, что если общая ширина полосы частотных спектров всех случайно изменяющихся параметров многолучевого канала меньше его полосы пропускания частот, то при неограниченном понижении уровня аддитивных помех его пропускная способность неограниченно возрастает.

Определена нижняя граница пропускной способности канала со случайными изменениями поглощения при одновременном действии аддитивных помех. Показано, что однолучевые каналы со случайным изменением поглощения имеют весьма высокую собственную пропускную способность.

Введение.

Одной из важнейших проблем техники связи является проблема повышения пропускной способности каналов связи. Ее разрешению посвящено большое количество работ. Классическими исследованиями Котельникова [1], [2], Шеннона [3], [4], Колмогорова [5], Элайса [6], Фейнштейна [7] и многих других ученых развита теория помехоустойчивости и пропускной способности каналов связи.

Однако многие важные и трудные проблемы общей теории помехоустойчивости и пропускной способности еще не разрешены. Одной из них является проблема пропускной способности каналов связи со случайными изменениями параметров.

56

В каналах радиосвязи, основанных на использовании дальнего тропосферного и ионосферного распространения ультракоротких волн, а также в обычных коротковолновых радиоканалах, применяемых для магистральной связи, имеют место случайные изменения параметров. Влияние этих флуктуаций выражается в том, что посылаемые радиопередатчиком сигналы модулируются по амплитуде и фазе по случайному закону во времени. Кроме того, как известно, в подобных каналах радиосвязи имеет место многолучевое распространение радиоволн, причем каждый луч подвергается как случайным амплитудным изменениям, так и случайным изменениям времени его распространения. Такого рода флуктуации понижают пропускную способность каналов связи.

В последнее время появились ряд работ, посвященных проблеме повышения помехоустойчивости и пропускной способности каналов радиосвязи со случайными изменениями параметров. К этим работам относятся исследования Овсеевича и Пинскера [8], посвященные оценке пропускной способности однолучевых каналов связи со случайно изменяющимся коэффициентом передачи напряжения, исследования Прайса и Грина [9], в которых дается описание и результаты испытаний системы связи «Rake», предназначенной для повышения помехоустойчивости каналов связи с многолучевым распространением, работы Сифорова [10], [11], посвященные анализу пропускной способности каналов радиосвязи со случайно изменяющимися параметрами, и ряд других.

Следует, однако отметить, что построение теории помехоустойчивости и пропускной способности каналов связи со случайно изменяющимися параметрами, и в частности, создание теории помехоустойчивости и пропускной способности каналов связи с многолучевым распространением, находится еще в начальной стадии.

В настоящей работе излагаются некоторые результаты проведенных автором исследований пропускной способности каналов радиосвязи с многолучевым распространением волн.

§ 1. Классификация каналов связи и их параметры.

Каналы связи со случайными изменениями параметров можно классифицировать по различным признакам. Одним из таких признаков является количество лучей при распространении волн от входа к выходу канала.

В однолучевых каналах связи распространение волн происходит одним лучом, который, вообще говоря, может подвергаться случайным флуктуациям поглощения и времени распространения.

57

В *многолучевых* каналах связи распространение волн от входа к выходу канала происходит несколькими лучами, причем каждый из этих лучей может также подвергаться случайным изменениям поглощения и времени распространения. Многолучевые каналы различаются по количеству лучей. Возможны двухлучевые, трехлучевые, а также k -лучевые каналы, где k —любое целое число.

Множество разнообразных каналов связи со случайными изменениями параметров можно расположить в порядке возрастающей их сложности. Простейшим из них является однолучевой канал, в котором поглощение луча является случайной функцией времени. Оценка пропускной способности такого канала связи дана в работе Овсевича и Пинскера [8].

Следующим в порядке возрастания сложности является однолучевой канал, в котором время распространения волны от входа к выходу изменяется по случайному закону. Далее следует однолучевой канал, поглощение и время распространения волн в котором изменяются по статистически независимым или связанным случайным законам во времени.

Среди двухлучевых каналов существуют каналы, в которых один луч не подвергается никаким изменениям, а другой испытывает случайные изменения поглощения или случайные изменения времени распространения. Возможны такие каналы, где при неизменном первом луче второй луч подвержен как случайным изменениям поглощения, так и времени распространения, совершающимся независимо или коррелированно. Наконец, возможны двухлучевые каналы со случайными изменениями: времени распространения волн каждого луча или с одновременными статистически независимыми или зависимыми случайными изменениями как поглощения, так и времени распространения того и другого луча.

Аналогично трехлучевые и вообще многолучевые каналы можно расположить в порядке их возрастающей сложности.

Нам представляется, что наряду с исследованием пропускной способности и помехоустойчивости многолучевых каналов в общем виде, целесообразно дать анализ отдельных частных видов приведенных выше каналов. Некоторые из этих видов исследуются в данной работе.

Классификацию каналов связи со случайными изменениями параметров целесообразно производить не только по их структуре в смысле количества лучей и характера случайных изменений каждого луча, но также и по их свойствам и, прежде всего, по какому важнейшему показателю как пропускная способность.

Мы полагаем, что наряду с общим понятием пропускной способности по Шеннону [3] целесообразно ввести еще ряд

параметров, более полно характеризующих канал связи со случайными изменениями его свойств.

Важнейшим из таких понятий является *собственная пропускная способность* канала, под которой мы будем понимать предел, к которому стремится пропускная способность, когда мощность передаваемого через него полезного сигнала неограниченно возрастает.

Иначе говоря, собственная пропускная способность канала связи представляет собою наибольшую возможную его пропускную способность, которую можно получить при использовании достаточно большой мощности полезного сигнала и наилучшем его кодировании.

В обычных каналах с постоянными параметрами и аддитивно действующими помехами пропускная способность неограниченно возрастает при возрастании мощности полезных сигналов. Это положение непосредственно следует из формулы Шеннона для пропускной способности

$$C = \Delta f \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right), \quad (1)$$

где Δf — полоса частот канала, P_c — мощность полезного сигнала, а $P_{ш}$ — мощность аддитивно накладывающегося флуктуационного шума. В самом деле, при $P_c \rightarrow \infty$ и постоянных значениях Δf и $P_{ш}$ величина C неограниченно возрастает.

В каналах со случайно изменяющимися параметрами, как это доказывается ниже, при неограниченном возрастании мощности полезного сигнала пропускная способность может либо неограниченно возрастать, либо стремиться к определенному пределу в зависимости от типа канала и его структуры.

Условимся каналы со случайными изменениями параметров, в которых пропускная способность при неограниченном возрастании мощности полезных сигналов также неограниченно возрастает, называть *каналами первого рода*, а каналы, в которых при тех же условиях пропускная способность стремится к определенному пределу, — *каналами второго рода*. Ниже мы найдем необходимые и достаточные условия принадлежности заданного многолучевого канала к тому или иному роду в этом смысле.

Другое важное понятие, как нам представляется, это *исловная пропускная способность*, под которой мы, вообще говоря, будем разуметь наибольшую возможную скорость передачи информации через данный канал со сколь угодно малой частотой вызванных помехами ошибок при выполнении определенных условий. Так, например, если структура многолучевого канала неизвестна и если в качестве входного сигнала

взять распределение по нормальному закону флюктуации с равномерным распределением мощности по спектру, то мы получим условную пропускную способность C_y , которая будет меньше или в крайнем случае равна пропускной способности по Шеннону

Введенная выше собственная пропускная способность может быть также условной или безусловной. *Безусловная собственная пропускная способность* канала представляет собой наибольшую возможную его пропускную способность, которая получается при самом невыгоднейшем выборе всех определяющих ее величин, т. е. с учетом выбора невыгоднейшего кодирования входного сигнала для нейтрализации многолучевых свойств и неравномерного распределения мощности внутренних помех по спектру, с учетом выбора достаточно большой мощности полезного сигнала и т. д.

Условная собственная пропускная способность канала связи представляет собой его собственную пропускную способность, которая получается при выполнении определенных условий, например, при осуществлении нейтрализации многолучевых свойств канала и применении в качестве входного сигнала нормальных флюктуаций с равномерным распределением мощности по спектру

Параметр

$$\eta_y = \frac{C_y}{C}$$

т. е. отношение условной пропускной способности к безусловной характеризует, в какой мере наложение тех или иных условий влияет на пропускную способность. Если параметр η_y близок к единице, то выполнение поставленных условий не приводит к заметному понижению пропускной способности

§ 2 Пропускная способность при медленных изменениях параметров.

Пропускная способность канала связи с постоянными параметрами при наличии аддитивно накладывающихся флюктуационных помех выражается формулой (1).

Предположим, что в канале имеют место медленные случайные изменения его параметров. Тогда мощность сигнала P_c будет медленно меняющейся функцией времени $P_c(t)$. При таком достаточно медленном изменении мощности P_c всегда можно выбрать промежуток времени Δt , в течение которого мощность P_c остается практически постоянной, 2) путем выбора соответствующего кодирования можно обеспечить скорость передачи информации, достаточно близкую к пропуск-

ной способности C . Поэтому в данном случае мы можем полагать, что через рассматриваемый канал возможна передача информации со скоростью C , выражающейся приблизительно формулой (1) и являющейся медленно меняющейся функцией времени.

Полагая

$$z = \left. \begin{array}{l} \frac{P_c}{P_{c,med}} \\ \frac{P_{c,med}}{P_w} \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где $P_{c,med}$ — средняя мощность сигнала, взятая за весьма большой промежуток времени, формулу (1) можно представить в виде

$$C = \Delta f \log_2(1 + \beta z).$$

При отсутствии случайных изменений параметров канала и наличии в нем средней мощности сигнала $P_{c,med}$ пропускная способность C_0 в соответствии с формулой (1) будет

$$C_0 = \Delta f \log_2(1 + \beta)$$

Составляя отношение $\frac{C}{C_0}$, получим

$$x = \frac{C}{C_0} = \frac{\log_2(1 + \beta z)}{\log_2(1 + \beta)} = \frac{\ln(1 + \beta z)}{\ln(1 + \beta)} = \varphi(z). \quad (3)$$

Обозначим через $p(x)$ плотность распределения вероятностей величины x , которая согласно (3) является функцией случайной величины z .

Математическое ожидание величины x , равное отношению возможной средней скорости C_{med} передачи информации через рассматриваемый канал со случайно изменяющимися параметрами к пропускной способности C_0 , которая может быть получена в канале с постоянными параметрами при той же средней мощности сигнала, будет

$$\eta = \frac{C_{med}}{C_0} = \int_0^{\infty} x p(x) dx = F(\beta). \quad (4)$$

Применим формулы (3) и (4) к каналу связи, в котором передаваемый сигнал расщепляется на большое количество лучей, причем колебательные процессы в каждом луче пот-

вергаются случайным изменениям по фазе, а затем складываются. Как известно распределение вероятностей амплитуды сигнала на выходе такого канала подчиняется закону Релея

Плотность распределения вероятности величины $x = \frac{E_m}{E_{m0}}$, где E_m — случайная амплитуда поля сигнала, а E_{m0} — наименьшая амплитуда этого поля, будет

$$P_E(x) = x e^{-\frac{1}{2}x^2}.$$

Полагая

$$z = f(x) = \frac{1}{2}x^2,$$

где z — величина, пропорциональная мощности полезного сигнала, найдем плотность распределения вероятностей $q(z)$ этой величины z .

В соответствии с известной формулой теории вероятностей будем иметь

$$q(z) = \left[\frac{P_E(x)}{f'(x)} \right]_{x=\Phi^{-1}(z)},$$

где $\Phi^{-1}(z)$ — функция, обратная функции $f(x)$, равная $\sqrt{2z}$.

Подставляя сюда развернутые выражения для функций $P_E(x)$, $f(x)$ и $\Phi^{-1}(z)$, получим

$$q(z) = e^{-z}. \quad (5)$$

Так как математическое ожидание величины z

$$M(z) = \int_0^{\infty} z q(z) dz = \int_0^{\infty} z e^{-z} dz = 1,$$

то эта величина z представляет собой отношение случайной мощности сигнала P_c к средней его мощности $P_{c,med}$, т. е. выражается первой формулой (2).

Плотность распределения вероятностей $p(x)$ величины x [см. формулу (3)] будет

$$p(x) = \left[\frac{q(z)}{\varphi'(z)} \right]_{z=\theta^{-1}(x)},$$

где $\theta^{-1}(x)$ — функция, обратная функции $\varphi(z)$ и равная в соответствии с формулой (3)

$$\theta(x) = \frac{1}{\beta} [e^{x \ln(1+\beta)} - 1].$$

Подставляя в формулу для $p(x)$ развернутые выражения функций $q(z)$ [формула (5)], $\varphi(z)$ [формула (3)] и $\theta^{-1}(x)$, получим

$$p(x) = \frac{\ln(1+\beta)}{\beta} e^{\frac{1}{\beta}} \left[(1+\beta)^x e^{-\frac{1}{\beta}(1+\beta)^x} \right]$$

и, согласно (4), будем иметь

$$\eta = \frac{C_{med}}{C} = \frac{\ln(1+\beta)}{\beta} e^{\frac{1}{\beta}} \int_0^{\infty} x (1+\beta)^x e^{-\frac{1}{\beta}(1+\beta)^x} dx.$$

Вводя подстановку

$$y = \frac{(1+\beta)^x}{\beta},$$

получим

$$\eta = \frac{e^{\frac{1}{\beta}}}{\ln(1+\beta)} \int_{\frac{1}{\beta}}^{\infty} [\ln(\beta y)] e^{-y} dy,$$

или, интегрируя по частям, будем иметь

$$\eta = \frac{e^{\frac{1}{\beta}}}{\ln(1+\beta)} \int_{\frac{1}{\beta}}^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy.$$

Так как

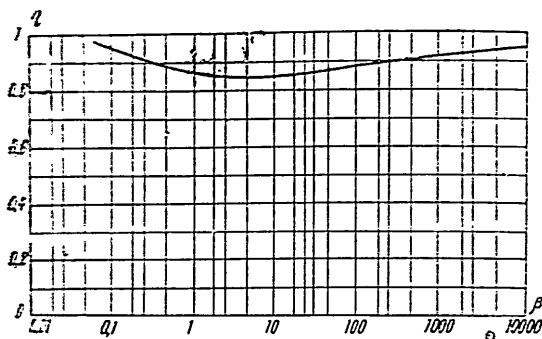
$$\int_{\frac{1}{\beta}}^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy = -Ei\left(-\frac{1}{\beta}\right),$$

то

$$\eta = \frac{C_{med}}{C_0} = -\frac{e^{\frac{1}{\beta}} Ei\left(-\frac{1}{\beta}\right)}{\ln(1+\beta)}. \quad (6)$$

Формула (6) дает возможность вычислить нижний предел пропускной способности C_{med} для рассмотренного канала связи с медленными случайными изменениями параметров, если известны пропускная способность C_0 канала с постоянными параметрами и величина β [см. формулу (2)], равная отношению средней мощности сигнала к мощности помех

На фиг. 1 дана построенная по формуле (6) зависимость коэффициента η от параметра β . Из этого графика видно, что коэффициент η при изменении β от 0 до ∞ сначала убывает от 1 до 0,83, а затем возрастает и стремится к 1. Отсюда



Фиг. 1 Зависимость коэффициента уменьшения пропускной способности от отношения мощности сигнала к помехе.

следует, что нижний предел коэффициента η уменьшения пропускной способности канала с медленными изменениями амплитуды по закону Релея всегда больше 0,83. Иначе говоря, в данном случае пропускная способность канала связи вследствие случайного изменения его параметров понижается не более чем на 17% при любом отношении сигнала к шуму

§ 3. Условия получения высокой пропускной способности.

В настоящем разделе находятся условия, которым должен удовлетворять многолучевой канал связи со случайными изменениями параметров для того, чтобы его пропускная способность была весьма высокой при низком уровне аддитивных помех.

Пусть на входе канала связи со случайными изменениями параметров действует полезный сигнал

$$x = f(t) \quad (7)$$

с частотным спектром, лежащем в полосе частот Δf , равной полосе канала.

64

Согласно теореме Котельникова сигнал $x = f(t)$ за промежуток времени T вполне характеризуется n дискретными его значениями

$$x_1, x_2, \dots, x_n,$$

взятыми в моменты времени

$$t_1, t_2, \dots, t_n,$$

где

$$n = 2T\Delta f. \quad (8)$$

Предполагая, что в канале связи имеет место многолучевое распространение волны, причем каждый луч подвергается случайным изменениям амплитуды и времени распространения, полезный сигнал y на выходе канала при отсутствии аддитивных помех можно представить в виде

$$y = \left[\sum_{i=1}^k \alpha_i f(t - \tau_i) \right]_{\Phi}, \quad (9)$$

где α_i — случайная величина, характеризующая изменение амплитуды i -того луча, τ_i — случайное время распространения i -того луча, k — количество лучей, а индекс Φ указывает на то, что из всех составляющих спектра суммы Σ выделяются лишь те, которые лежат в полосе частот Δf .

Величины α_i и τ_i являются случайными функциями времени. Пусть спектр частот величины α_i лежит в пределах от 0 до $(\Delta_i F)_\alpha$ герц, а величины τ_i — от 0 до $(\Delta_i F)_\tau$ герц.

По теореме Котельникова величина α_i за промежуток времени T вполне характеризуется

$$N_{i\alpha} = 2T(\Delta_i F)_\alpha \quad (10)$$

дискретными ее значениями, а величина τ_i — соответственно

$$N_{i\tau} = 2T(\Delta_i F)_\tau \quad (11)$$

дискретными значениями.

Количество дискретных значений, характеризующих совокупность величин α_i и τ_i , будет

$$N_i = N_{i\alpha} N_{i\tau} = 2T[(\Delta_i F)_\alpha + (\Delta_i F)_\tau], \quad (12)$$

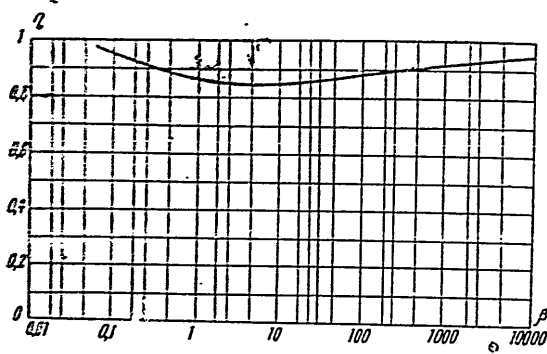
а количество дискретных значений, характеризующих множество величин α_i и τ_i , для всех k -лучей канала будет

$$N_{i\text{общ}} = \sum_{i=1}^k N_i = 2T \sum_{i=1}^k [(\Delta_i F)_\alpha + (\Delta_i F)_\tau]. \quad (13)$$

5 Зак 170

65

На фиг. 1 дана построенная по формуле (6) зависимость коэффициента η от параметра β . Из этого графика видно, что коэффициент η , при изменении β от 0 до ∞ сначала убывает от 1 до 0,83, а затем возрастает и стремится к 1. Отсюда



Фиг. 1. Зависимость коэффициента уменьшения пропускной способности от отношения мощности сигнала к помехе.

следует, что нижний предел коэффициента η уменьшения пропускной способности канала с медленными изменениями амплитуды по закону Релея всегда больше 0,83. Иначе говоря, в данном случае пропускная способность канала связи вследствие случайного изменения его параметров понижается не более чем на 17%, при любом отношении сигнала к шуму.

§ 3. Условия получения высокой пропускной способности.

В настоящем разделе находятся условия, которым должен удовлетворять многолучевой канал связи со случайными изменениями параметров для того, чтобы его пропускная способность была весьма высокой при низком уровне аддитивных помех.

Пусть на входе канала связи со случайными изменениями параметров действует полезный сигнал

$$x = f(t) \quad (7)$$

с частотным спектром, лежащем в полосе частот Δf , равной полосе канала.

64

Согласно теореме Котельникова сигнал $x = f(t)$ за промежуток времени T вполне характеризуется n дискретными его значениями

$$x_1, x_2, \dots, x_n,$$

взятыми в моменты времени

$$t_1, t_2, \dots, t_n,$$

где

$$n = 2T\Delta f. \quad (8)$$

Предполагая, что в канале связи имеет место многолучевое распространение волн, причем каждый луч подвергается случайным изменениям амплитуды и времени распространения, полезный сигнал y на выходе канала при отсутствии аддитивных помех можно представить в виде

$$y = \left[\sum_{i=1}^k a_i f(t - \tau_i) \right]_{\Phi} \quad (9)$$

где a_i — случайная величина, характеризующая изменение амплитуды i -того луча, τ_i — случайное время распространения i -того луча, k — количество лучей, а индекс Φ указывает на то, что из всех составляющих спектра суммы Σ выделяются лишь те, которые лежат в полосе частот Δf .

Величины a_i и τ_i являются случайными функциями времени. Пусть спектр частот величины a_i лежит в пределах от 0 до $(\Delta f)_a$ герц, а величины τ_i — от 0 до $(\Delta f)_\tau$ герц.

По теореме Котельникова величина a_i за промежуток времени T вполне характеризуется

$$N_{ia} = 2T(\Delta f)_a \quad (10)$$

дискретными ее значениями, а величина τ_i — соответственно

$$N_{i\tau} = 2T(\Delta f)_\tau \quad (11)$$

дискретными значениями.

Количество дискретных значений, характеризующих совокупность величин a_i и τ_i , будет

$$N_i = N_{ia} + N_{i\tau} = 2T[(\Delta f)_a + (\Delta f)_\tau], \quad (12)$$

а количество дискретных значений, характеризующих множество величин a_i и τ_i , для всех k -лучей канала будет

$$N_{i\text{общ}} = \sum_{i=1}^k N_i = 2T \sum_{i=1}^k [(\Delta f)_a + (\Delta f)_\tau]. \quad (13)$$

5 Зак. 170

65

STAT

STAT

Рассмотрим составляющую y_i входного сигнала y , обусловленную i -тым лучом

$$y_i = [a_i f(t - \tau_i)]_{\Phi}$$

в моменты времени

$$t_1 - t_0, t_2 - t_0, \dots, t_n - t_0, \quad (14)$$

где $t_0 = \text{const}$.

Выберем величины t_0 и T так, чтобы практически весь выходной сигнал y , обусловленный наложением всех лучей, действовал в течение промежутка времени T , а за его пределами этот сигнал был бы ничтожно мал. Для выполнения этого условия величина T , очевидно, должна быть достаточно велика.

Согласно теореме Котельникова значение функции $f(t - \tau_i)$, взятое в любой из моментов времени (14), однозначно определяется совокупностью n значений x_1, x_2, \dots, x_n .

Так как количество дискретных значений, характеризующих совокупность величин a_i и τ_i , согласно (12), равно N_i , то общее количество дискретных значений, от которых зависит составляющая y_i выходного сигнала, обусловленная i -тым лучом, будет равно $n + N_i$.

Аналогично для j -того луча общее количество дискретных значений, которыми он определяется, будет равно $n + N_j$. Здесь первые n значений те же, что и для i -того луча, а последние N_j значений отличны от соответствующих значений i -того луча.

В соответствии с этим общее количество дискретных значений, от которых зависит выходной сигнал (9), будет равно

$$n + \sum_{i=1}^k N_i = n + \sum_{i=1}^k (N_{ix} + N_{iz}). \quad (15)$$

Предположим, что выполняется неравенство

$$\sum_{i=1}^k N_i < n. \quad (16)$$

Выберем из общего количества n значений входного сигнала (7)

$$n - \sum_{i=1}^k N_i$$

значений для передачи полезной информации, а остальным $\sum_{i=1}^k N_i$ величинам придадим постоянные значения. Будем счи-

тать эти значения известными на выходном конце исследуемого канала связи.

По теореме Котельникова выходной сигнал y [см. формулу (9)] полностью определяется совокупностью n дискретных значений. Каждое из этих значений может быть найдено путем непосредственного или косвенного измерения выходного сигнала. С другой стороны, каждое из этих значений является известной функцией от $n - \sum_{i=1}^k N_i$ неизвестных значений входного

сигнала, избранных для передачи полезной информации, $\sum_{i=1}^k N_i$

известных постоянных значений входного сигнала и $\sum_{i=1}^k N_i$ известных значений, характеризующих случайно изменяющиеся свойства канала связи.

Таким образом, при выполнении неравенства (16) и избранном способе передачи информации мы можем составить n уравнений с n неизвестными, решая которые, получим все $n - \sum_{i=1}^k N_i$ значений входного сигнала, избранных для передачи

полезной информации, и все $\sum_{i=1}^k N_i$ значений, характеризующих случайно изменяющиеся свойства k -лучевого канала.

В пределах выбранной идеализации, заключающейся в принятии ограниченных частотных спектров входного и выходного сигналов, а также случайных изменений параметров канала при точном определении n значений выходного сигнала, в результате решения указанной системы уравнений, мы получим

точные значения всех $n - \sum_{i=1}^k N_i$ величин входного сигнала.

Отсюда следует, что в пределах выбранной идеализации и соблюдении сформулированных выше условий через рассматриваемый канал связи можно передавать неограниченное количество информации. Иначе говоря, пропускная способность канала связи получается бесконечно большой. Такого рода каналы связи мы условимся называть *каналами первого рода*.

Подставляя в неравенство (16), соотношения (8) и (13), получим

$$\sum_{i=1}^k [(\Delta_i F)_x + (\Delta_i F)_z] < \Delta f. \quad (17)$$

Левая часть неравенства (17) представляет собой общую ширину полосы частотных спектров всех статистически независимых случайных изменений параметров многолучевого канала связи, а правая часть — полосу пропускания частот этого канала.

Поэтому, исходя из найденного условия (17), можем считать доказанной следующую теорему:

Т е о р е м а. Если общая ширина полосы частотных спектров статистически независимых случайных изменений амплитуд и длительностей распространения сигналов во всех лучах канала с конечным числом лучей меньше его полосы пропускания частот, то при неограниченном понижении уровня аддитивных помех пропускная способность канала неограниченно возрастает.

Таким образом, в отличие от обычного случая простого аддитивного наложения флюктуационных помех, наличие дополнительных шумовых компонент в спектре передаваемого полезного сигнала, вызванных случайными изменениями параметров, не ограничивает пропускной способности канала. Это объясняется тем, что в данном случае дополнительные шумовые компоненты спектра имеют сильную коррелятивную связь.

Если неравенство (17) не выполняется, т. е.

$$\sum_{i=1}^k |(\Delta_i F)_r + (\Delta_i F)_i| \geq \Delta f \quad (18)$$

или

$$\sum_{i=1}^k N_i > n, \quad (19)$$

то в указанной выше системе из уравнений количество неизвестных будет больше или равно n . Поэтому в данном случае при выделении любого количества значений входного сигнала из общего их числа n для передачи полезной информации значения не могут быть точно определены даже при полном отсутствии аддитивных помех.

Отсюда следует, что при невыполнении неравенства (17) пропускная способность канала стремится к конечной величине, если уровень аддитивных помех неограниченно понижается. Такого рода каналы мы условимся называть каналами второго рода. При выполнении же условия (17), когда пропускная способность стремится к бесконечности при неограниченном понижении уровня аддитивных помех, рассматриваемый канал будет принадлежать к каналам первого рода.

Из изложенного ясно, что неравенство (17) является необходимым и достаточным условием принадлежности исследуемого канала к каналам первого рода.

Если между параметрами a_i и τ_i при $1 < i < k$ существует статистическая связь, то общее количество дискретных значений, характеризующих это множество параметров, будет,

вообще говоря, меньше $\sum_{i=1}^k N_i$ [см формулу (13)]. Исходя из

этого, легко убедиться, что при наличии статистической связи между случайными изменениями параметров канала условие (17), также как и прежде, будет являться достаточным, но перестанет быть необходимым. Иначе говоря, в этом случае при выполнении условия (17) канал связи будет принадлежать к каналам первого рода, а при его невыполнении о принадлежности канала к тому или иному роду нельзя сделать никаких заключений.

Следует отметить, что сделанный выше вывод о неограниченной пропускной способности верен лишь для принятой идеализации об ограниченных частотных спектрах случайных изменений параметров канала и случайных изменений полезного сигнала. При других более близких к действительности идеализациях, учитывающих неограниченность частотных спектров случайных изменений параметров и другие факторы, пропускная способность при неограниченном понижении уровня помех для всех приведенных выше типов каналов оказывается конечной. Однако и здесь для каналов с достаточно медленными случайными изменениями поглощения и времени распространения при не слишком большом количестве лучей пропускная способность получается весьма большой. Она оказывается значительно больше пропускной способности, рассчитанной по обычным формулам для каналов с постоянными параметрами и эквивалентными флюктуационными помехами.

На основе приведенного анализа можно сформулировать следующие основные свойства каналов со случайно изменяющимися параметрами, вытекающие из доказанной выше теоремы и неравенств (17) и (18).

1. Многолучевые каналы связи с достаточно медленными случайными изменениями поглощения и продолжительности распространения волны в каждом луче принадлежат к каналам первого рода, т. е. имеют весьма высокую пропускную способность при низком уровне аддитивных помех.

2. При увеличении скорости изменения параметров канала и увеличении числа его лучей, начиная с некоторого места, имеет место скачкообразное изменение его свойств, заключающееся, в частности, в весьма резком понижении пропускной

способности. В процессе такого рода изменений происходит скачкообразный переход канала первого рода в канал второго рода.

3. При расширении полосы частот многолучевого канала с заданным постоянным числом лучей и заданными скоростями изменений его параметров, начиная с некоторого значения полосы, происходит скачкообразный переход канала второго рода в канал первого рода, что соответствует резкому повышению пропускной способности.

В частности, при соединении двух каналов второго рода с весьма ограниченными пропускными способностями и обладающими полосами пропускания частот $\Delta_1 f$ и $\Delta_2 f$ в общий канал с суммарной полосой $\Delta_1 f + \Delta_2 f$ оказывается возможным получить канал первого рода, обладающий весьма высокой пропускной способностью.

§ 4. Пропускная способность каналов со случайными изменениями поглощения.

В настоящем разделе рассматривается задача об определении нижней границы пропускной способности однолучевого канала связи, в котором поглощение воли является случайной функцией времени при одновременном действии аддитивных флюктуационных помех.

В работе Овсевича и Пинскера [8] дается оценка пропускной способности однолучевого канала со случайно изменяющимся поглощением на основе общего математического выражения Шеннона—Колмогорова [5] для количества информации одного случайного объекта относительно другого.

Здесь дается исследование нижней границы пропускной способности на основе предложенного В. А. Котельниковым способа компенсации случайных изменений поглощения, основанного на выделении части спектра канала для измерения случайных параметров поглощения и использования найденных параметров для компенсации, возникающей в канале паразитной амплитудной модуляции.

На фиг. 2 приведена диаграмма, иллюстрирующая использование частотного спектра исследуемого канала. Здесь Δf — полная полоса частот канала; $\Delta_0 f$ — полоса частот измерительного канала, предназначенного для определения случайных параметров поглощения; $\Delta_r f$ — рабочая полоса частот, в которой расположены составляющие сигнала, несущие полезную информацию; $\Delta_n f$ — полоса частот приемника полезных информационных сигналов; F_1 — наивысшая частота модуляции, вызванной случайными изменениями поглощения; $\Delta_1 f$, $\Delta_2 f$ и $\Delta_3 f$ — защитные полосы частот.

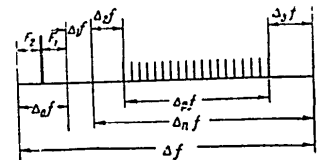
70

Выходной рабочий сигнал y для рассматриваемого канала без нарушения общности можно представить в виде:

$$y = (1 + \alpha)x + \gamma, \quad (20)$$

где x — сигнал на входе канала, α — случайная величина, характеризующая изменения поглощения и γ — аддитивные помехи.

Фиг. 2. Диаграмма, иллюстрирующая использование частотного спектра канала



Все входящие в эту формулу величины являются случайными функциями времени. При этом величины x , α и γ статистически независимы друг от друга и их математические ожидания равны нулю, т. е.

$$M\alpha = Mx = M\gamma = 0. \quad (21)$$

Обозначим сигнал на входе измерительного канала через x_0 , полагая при этом, что он представляет собой гармоническую функцию времени с постоянной амплитудой и частотой, расположенной в средней полосе измерительного канала.

Средние значения квадратов величин x , x_0 и γ , взятые за достаточно большой промежуток времени, т. е. величины $\overline{x^2}$, $\overline{x_0^2}$ и $\overline{\gamma^2}$ в некотором масштабе соответственно выражают мощности полезного сигнала, измерительного сигнала и аддитивных помех.

Предположим, что входящий сигнал измерительного канала подводится к идеальному безынерционному линейному детектору. Тогда при отсутствии аддитивных помех в измерительном канале и при условии, что в частотном спектре случайной величины α не содержится частот, превышающих F_1 , после детектирования мы получим напряжение в некотором масштабе точно равное $1 + \alpha$.

В действительности, вследствие наличия аддитивных помех в измерительном канале, а также из-за того, что в спектре случайной величины α содержится частоты, более высокие, чем F_1 , выходное напряжение детектора будет равно

$$1 + \alpha + \varepsilon,$$

где ε — случайная функция времени

71

Если мощность аддитивных помех мала по сравнению с мощностью измерительного сигнала и почти весь энергетический спектр величины α сосредоточен в диапазоне частот от 0 до F_1 , то величина ϵ будет в среднем много меньше величины α .

Допустим, что обратная величина по отношению к выходному напряжению детектора измерительного канала используется для амплитудной модуляции выходного рабочего сигнала y . Тогда в результате модуляции мы получим сигнал

$$x' = \frac{y}{1 - \alpha + \epsilon} = \frac{(1 + \alpha)x + \gamma}{1 + \alpha + \epsilon}.$$

В частном случае, когда аддитивные помехи отсутствуют и спектр частот величины α не содержит составляющих с частотами, более высокими, чем F_1 , $\gamma = 0$, $\epsilon = 0$ и $x' = x$, т. е. в этом случае применение такого рода модуляции позволяет точно восстановить передаваемый сигнал x , что соответствует бесконечно большой пропускной способности исследуемого канала. Этот вывод находится в согласии с доказанным нами ранее положением о том, что при $F_1 < \Delta f$ рассматриваемый канал относится к каналам первого рода.

Если величины γ и ϵ отличаются от нуля, то погрешность Δ при определении входного сигнала x рассмотренным способом будет

$$\Delta = x' - x = \frac{(1 + \alpha)x + \gamma}{1 + \alpha + \epsilon}.$$

Предполагая, что аддитивные помехи весьма слабы по сравнению с полезными сигналами и мощность всех составляющих с частотами $F > F_1$ в энергетическом спектре величины α весьма мала по сравнению с мощностью полного энергетического спектра этой величины, можем считать в среднем $|\gamma| \ll 1$ и $|\epsilon| \ll 1$.

Разлагая выражение для погрешности Δ в ряд по степеням γ и ϵ и отбрасывая малые величины высших порядков, получим

$$\Delta = -\frac{\epsilon x}{1 + \alpha} + \frac{\gamma}{1 + \alpha}.$$

Так как величины x , α , ϵ и γ статистически независимы и математическое ожидание каждой из них равно нулю, то

$$M \Delta = 0.$$

72

Дисперсия погрешности Δ будет:

$$D \Delta = M(\Delta - M \Delta)^2 = M \Delta^2 = M \left(-\frac{\epsilon x}{1 + \alpha} + \frac{\gamma}{1 + \alpha} \right)^2 \quad \text{STAT}$$

или после преобразований

$$D \Delta = M \left[\frac{\gamma^2 - 2\gamma \epsilon x + \epsilon^2 x^2}{(1 + \alpha)^2} \right].$$

Применяя теоремы о математическом ожидании суммы и произведения случайных величин, имея в виду при этом, что величины $\gamma^2 - 2\gamma \epsilon x + \epsilon^2 x^2$ и $\frac{1}{(1 + \alpha)^2}$ статистически независимы и учитывая соотношение (21), получим

$$D \Delta = K (\bar{\gamma}^2 + \bar{\epsilon}^2 \bar{x}^2), \quad (22)$$

где

$$K = M \left[\frac{1}{(1 + \alpha)^2} \right]. \quad (23)$$

Так как при $|\alpha| < 1$

$$\frac{1}{(1 + \alpha)^2} = 1 - 2\alpha + 3\alpha^2 - 4\alpha^3 + 5\alpha^4 - \dots$$

и $M \alpha = 0$, то

$$K = 1 + 3\alpha^2 - 4\bar{\alpha}^3 + 5\bar{\alpha}^4 - \dots$$

Если выполняется неравенство

$$|\alpha| < \frac{3}{4}, \quad (24)$$

то члены знакопеременного ряда для величины K убывают, и мы можем написать

$$K < K_0,$$

где

$$K_0 = 1 + 3\bar{\alpha}^2. \quad (25)$$

Следовательно, при выполнении условия (24) справедливо соотношение

$$D \Delta < (1 + 3\bar{\alpha}^2)(\bar{\gamma}^2 + \bar{\epsilon}^2 \bar{x}^2). \quad (26)$$

Найдем теперь развернутое выражение для величины $\bar{\alpha}^2$, входящей в формулы (22) и (26) для дисперсии $D \Delta$, исходя

73

STAT

из рассмотрения процессов, происходящих в измерительном канале.

Обозначим через $G(F)$ спектральную плотность величины α . Тогда будем иметь

$$\int_0^{\infty} G(F) dF = \bar{\alpha}^2, \quad (27)$$

где $\bar{\alpha}^2$ представляет собой интенсивность флюктуаций случайной величины α .

Интенсивность флюктуаций для части спектра в области частот от F_1 до ∞ будет

$$\int_{F_1}^{\infty} G(F) dF = \beta \bar{\alpha}^2, \quad (28)$$

где β представляет собой отношение интенсивности флюктуаций компонентов спектра величины α с частотами выше F_1 к интенсивности флюктуаций во всем спектре частот от 0 до ∞ .

Если спектральная плотность изменяется по нормальному закону

$$G = G_0 e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F}{F_0}\right)^2},$$

то

$$\int_0^{\infty} G(F) dF = \sqrt{\frac{\pi}{2}} G_0 F_0,$$

а

$$\int_{F_1}^{\infty} G(F) dF = G_0 F_0 \int_{\frac{F_1}{F_0}}^{\infty} e^{-\frac{1}{2} z^2} dz.$$

Так как при $\frac{F_1}{F_0} \gg 1$

$$\int_{\frac{F_1}{F_0}}^{\infty} e^{-\frac{1}{2} z^2} dz \approx \frac{1}{\left(\frac{F_1}{F_0}\right)} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2},$$

то

$$\int_{F_1}^{\infty} G(F) dF \approx \frac{G_0 F_0^2}{F_1} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2}.$$

Подставляя эти соотношения в (27) и (28), найдем

$$\beta = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{F_0}{F_1} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2}. \quad (29)$$

Эта формула позволяет, зная частоты F_0 и F_1 , вычислить величину β .

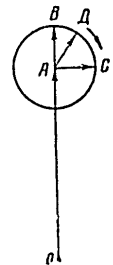
В соответствии с ранее принятыми обозначениями \bar{x}^2 представляет собой в некотором масштабе мощность измерительного сигнала. Мощность аддитивных помех в полосе $\Delta_0 f$ измерительного канала будет равна $\frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{Y}^2$ (см. фиг. 2).

Общая мощность боковых частот, возникающих вследствие модуляции измерительного сигнала случайно изменяющимся во времени поглощением, будет равна $\bar{\alpha}^2 \bar{x}^2$. Часть этой мощности, обусловленная боковыми частотами, лежащими вне полосы $\Delta_0 f$ измерительного канала, будет, очевидно, равна $\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}^2$.

Представим каждую компоненту спектра аддитивных помех в полосе измерительного канала в виде суммы двух составляющих. Первую из них выберем так, чтобы она была синфазна и изменялась бы по величине с частотой, равной разности частот взятой компоненты и полезного измерительного сигнала. Вторая составляющая будет в квадратуре с измерительным сигналом—она будет изменяться по величине с той же самой разностной частотой, но со сдвигом фаз по этой разностной частоте на 90° . Такое разложение соответствует представлению вращающегося с разностной частотой вектора помехи AD в виде суммы двух изменяющихся по своей длине перпендикулярных друг к другу векторов AB и AC со сдвигом фаз в 90° по разностной частоте (фиг. 3).

Квадратурная составляющая не играет практически никакой роли при детектировании, так как она лишь изменяет фазу высокой частоты измерительного сигнала, а синфазная составляющая вызывает паразитную амплитудную модуляцию.

Так как мощности указанных двух составляющих одинаковы, то общая мощность всех синфазных составляющих в



Фиг. 3. Векторная диаграмма, иллюстрирующая разложение вектора помехи на синфазную и квадратурную составляющие.

полосе $\Delta_n f$ будет равна половине ранее найденной мощности, т. е. будет равна

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2.$$

Учитывая изложенное, среднее значение квадрата величины ϵ можно представить так

$$\bar{\epsilon}^2 = \frac{\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2}{\bar{x}_0^2}. \quad (30)$$

Подставляя это выражение для $\bar{\epsilon}^2$ в формулу (22), получим

$$D \Delta = K \left[\bar{\gamma}^2 + \left(\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2 \right) \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2} \right]. \quad (31)$$

Погрешность Δ можно рассматривать как помеху, аддитивно накладывающуюся на полезный рабочий сигнал x . Ее дисперсия $D \Delta$ в некотором масштабе изображает среднюю мощность этой помехи.

Вообще говоря, случайная погрешность Δ и полезный сигнал x являются статистически зависимыми величинами. Их частотные спектры перекрываются лишь частично. Распределение вероятностей погрешности Δ при нормальном гауссовом распределении полезного сигнала x , вообще говоря, отличается от нормального.

Наиболее опасной аддитивной помехой в максимальной мере снижающей пропускную способность канала, является, как известно, помеха статистически независимая от полезного сигнала, с частотным спектром в полосе этого сигнала и распределенная по нормальному гауссовому закону.

Поэтому, если вычислить пропускную способность для этих наиболее тяжелых условий, то истинная пропускная способность исследуемого канала будет больше вычисленной. Иначе говоря, полагая, что имеют место указанные наиболее тяжелые условия и применяя обычную формулу Шеннона

$$C = \Delta_p f \log_2 \left(1 + \frac{P_c'}{P_w'} \right), \quad (32)$$

где P_c' и P_w' — соответственно средние мощности полезного сигнала и помехи, мы найдем нижнюю границу пропускной способности исследуемого канала.

Полагая в (32) $\frac{P_c'}{P_w'} \gg 1$ и подставляя вместо P_c' величину x^2 , а вместо P_w' — величину $D \Delta$, получим нижнюю границу пропускной способности C_H в виде

$$C_H = \Delta_p f \log_2 \left\{ \frac{\bar{x}^2}{K \left[\bar{\gamma}^2 + \left(\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2 \right) \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2} \right]} \right\}. \quad (33)$$

В частном случае, когда аддитивные помехи отсутствуют ($\bar{\gamma}^2 = 0$) формула (33) приобретает вид

$$C_H = \Delta_p f \log_2 \frac{1}{K \beta \bar{\alpha}^2}. \quad (34)$$

Эта формула вместе с (23), (27) и (28) дает возможность вычислить нижний предел собственной пропускной способности исследуемого канала.

Полагая

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}^2 &= x_0^2 = P_c, \\ \bar{x}^2 &= \delta, \\ \bar{x}_0^2 &= \delta, \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

где P_c —общая мощность полезного сигнала, а δ —отношение мощности рабочего сигнала к мощности измерительного сигнала, получим

$$\left. \begin{aligned} x^2 &= \frac{\delta P_c}{1 + \delta}, \\ \bar{x}_0^2 &= \frac{P_c \delta}{1 + \delta}. \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

Вводя обозначения

$$\left. \begin{aligned} \Delta' f &= \Delta_n f + \Delta_0 f, \\ a &= \frac{\Delta_n f}{\Delta' f}, \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

полагая, что P_w — мощность аддитивных шумов в полосе $\Delta' f$, найдем

$$\bar{\gamma}^2 = (1 - a) P_w. \quad (38)$$

полосе $\Delta_0 f$ будет равна половине ранее найденной мощности, т. е. будет равна

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2.$$

Учитывая изложенное, среднее значение квадрата величины $\bar{\varepsilon}^2$ можно представить так

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2}{\bar{x}_0^2}. \quad (30)$$

Подставляя это выражение для $\bar{\varepsilon}^2$ в формулу (22), получим

$$D \Delta = K \left[\bar{\gamma}^2 + \left(\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2 \right) \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2} \right]. \quad (31)$$

Погрешность Δ можно рассматривать как помеху, аддитивно накладывающуюся на полезный рабочий сигнал x . Ее дисперсия $D \Delta$ в некотором масштабе изображает среднюю мощность этой помехи.

Вообще говоря, случайная погрешность Δ и полезный сигнал x являются статистически зависимыми величинами. Их частотные спектры перекрываются лишь частично. Распределение вероятностей погрешности Δ при нормальном гауссовом распределении полезного сигнала x , вообще говоря, отличается от нормального.

Наиболее опасной аддитивной помехой в максимальной мере снижающей пропускную способность канала, является, как известно, помеха статистически независимая от полезного сигнала, с частотным спектром в полосе этого сигнала и распределенная по нормальному гауссовому закону.

Поэтому, если вычислить пропускную способность для этих наиболее тяжелых условий, то истинная пропускная способность исследуемого канала будет больше вычисленной. Иначе говоря, полагая, что имеют место указанные наиболее тяжелые условия и применяя обычную формулу Шеннона

$$C = \Delta_p f \log_2 \left(1 + \frac{P_c'}{P_w'} \right), \quad (32)$$

где P_c' и P_w' — соответственно средние мощности полезного сигнала и помехи, мы найдем нижнюю границу пропускной способности исследуемого канала.

Полагая в (32) $\frac{P_c'}{P_w'} \gg 1$ и подставляя вместо P_c' величину x^2 , а вместо P_w' — величину $D \Delta$, получим нижнюю границу пропускной способности C_H в виде

$$C_H = \Delta_p f \log_2 \left\{ \frac{\bar{x}^2}{K \left[\bar{\gamma}^2 + \left(\beta \bar{\alpha}^2 \bar{x}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{\Delta_0 f}{\Delta_n f} \bar{\gamma}^2 \right) \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2} \right]} \right\}. \quad (33)$$

В частном случае, когда аддитивные помехи отсутствуют ($\bar{\gamma}^2 = 0$) и формула (33) приобретает вид

$$C_H = \Delta_p f \log_2 \frac{1}{K \beta \bar{\alpha}^2}. \quad (34)$$

Эта формула вместе с (23), (27) и (28) дает возможность вычислить нижний предел собственной пропускной способности исследуемого канала

Полагая

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}^2 &= x_0^2 + P_c, \\ \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2} &= \delta, \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

где P_c — общая мощность полезного сигнала, а δ — отношение мощности рабочего сигнала к мощности измерительного сигнала, получим

$$\left. \begin{aligned} x^2 &= \frac{\delta P_c}{1 + \delta}, \\ \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2} &= \frac{P_c}{1 + \delta}. \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

Вводя обозначения

$$\left. \begin{aligned} \Delta' f &= \Delta_n f + \Delta_0 f, \\ a &= \frac{\Delta' f}{\Delta' f}, \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

полагая, что P_w — мощность аддитивных шумов в полосе $\Delta' f$, найдем

$$\bar{\gamma}^2 = (1 - a) P_w. \quad (38)$$

Вводя отношение мощностей

$$b = \frac{P_s}{P_w} \quad (39)$$

и принимая во внимание (36), (37) и (38), формулу (33) можно представить в виде

$$C_H = \Delta_p f \log_2 A, \quad (40)$$

где

$$A = \frac{b \delta}{K \left[(1-a) + \left(1 - \frac{a}{2} + \beta \bar{\alpha}^2 b \right) \delta + \frac{1}{2} a \delta^2 \right]} \quad (41)$$

Найдем максимальное значение величины A при изменении δ . Составляя производную $\frac{dA}{d\delta}$, приравнявая ее нулю и решая получившееся уравнение относительно δ , получим

$$\delta = \sqrt{\frac{2(1-a)}{a}} \quad (42)$$

Подставляя (42) в (41), найдем:

$$A_{max} = \frac{b}{K \left(1 - \frac{a}{2} + \sqrt{2a(1-a)} + \beta \bar{\alpha}^2 b \right)} \quad (43)$$

При $a \ll 1$ формула (43) принимает вид

$$A_{max} \approx \frac{b}{K(1 + \beta \bar{\alpha}^2 b)} \quad (44)$$

Из отношений (40), (43) и (44) видно, что если выполняется неравенство

$$\bar{\alpha}^2 \beta b \ll 1,$$

то случайные изменения поглощения в исследуемом канале связи практически не играют никакой роли и нижняя граница пропускной способности определяется уровнем аддитивных помех. В этом случае

$$C_H = \Delta_p f \log_2 \frac{b}{K \left[1 - \frac{a}{2} + \sqrt{2a(1-a)} \right]} \quad (46)$$

Если же имеет место неравенство

$$\bar{\alpha}^2 \beta b \gg 1,$$

то, наоборот, аддитивные помехи в канале не играют практически никакой роли и нижняя граница пропускной способности определяется флюктуациями поглощения. В этом случае нижняя граница пропускной способности выражается формулой (34).

Найдем теперь нижнюю границу собственной пропускной способности для случая, когда спектральная плотность случайного изменения поглощения изменяется по нормальному закону. Полагая, что каждая из защитных полос $\Delta_1 f$, $\Delta_2 f$ и $\Delta_3 f$ (фиг. 2) равна F_1 , согласно (29) и (34), будем иметь

$$C_H = (\Delta f - 5F_1) \log_2 \left[\sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{K \bar{\alpha}^2} \frac{F_1}{F_0} e^{\frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^2} \right],$$

или

$$C_H = (\Delta f - 5F_1) \left\{ \log_2 \left[\sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \frac{1}{K \bar{\alpha}^2} \cdot \frac{F_1}{F_0} \right] + \frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^2 \log_2 e \right\}.$$

При $\frac{F_1}{F_0} \gg 1$ первый член в фигурных скобках много меньше второго члена. Поэтому

$$C_H \approx \left(\frac{1}{2} \log_2 e \right) \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^2 (\Delta f - 5F_1).$$

Найдем максимальное значение величины C_H при изменении F_1 . Составляя производную $\frac{\partial C_H}{\partial F_1}$, приравнявая ее нулю и решая получившееся уравнение относительно F_1 , получим

$$F_1 = \frac{2}{15} \Delta f.$$

Подставляя это соотношение в формулу для C_H , найдем

$$C_{H_{max}} = 4,26 \cdot 10^{-3} \Delta f \left(\frac{\Delta f}{F_0} \right)^2.$$

Полагая здесь, например, $F_0 = 10$ гц, $\Delta f = 10^4$ гц, получим $C_{П\max} = 4,26 \cdot 10^7$ двоичных единиц в секунду или 4 260 двоичных единиц в секунду на один герц полосы частот канала. Этот пример показывает, что собственная пропускная способность однолучевого канала связи с медленными случайными изменениями поглощения, спектральная плотность которых распределена по нормальному закону, весьма велика.

Следует, однако, отметить, что вследствие ограниченности величины α , определенными пределами (например, $\alpha_1 < 1$), убывание спектральной плотности этой величины с ростом частоты будет более медленным по сравнению с нормальным законом и собственная пропускная способность, поэтому будет менее вычисленной. Но она все же оказывается весьма высокой.

В приведенном выше анализе мы полагали, что нижняя граница пропускной способности исследуемого канала определяется действием аддитивных помех в полосах измерительного и рабочего каналов, а также отбрасыванием боковых частот, отстоящих от несущей частоты измерительного сигнала более, чем на F_1 .

Кроме этих причин, вообще говоря, имеют место еще следующие эффекты: 1) попадание боковых частот информационных сигналов в полосу $\Delta_n f$ измерительного канала, 2) попадание боковых частот измерительного сигнала в полосу $\Delta_n f$ приемного канала информационных сигналов, 3) отбрасывание боковых частот информационных сигналов, расположенных вне полосы $\Delta_n f$.

Следует отметить, что при надлежащем выборе защитных полос $\Delta_1 f$, $\Delta_2 f$ и $\Delta_3 f$ указанные три эффекта оказывают весьма малое влияние на нижнюю границу пропускной способности и ими можно пренебречь.

Для количественного определения степени влияния указанных дополнительных эффектов на нижнюю границу пропускной способности найдем общую мощность боковых частот, возникающих вокруг каждой компоненты информационных сигналов и попадающих в полосу измерительного канала.

Обозначим через \bar{u}^2 мощность полезных информационных сигналов, отнесенную к единице полосы частот. Тогда мощность боковых частот, обусловленных флюктуациями случайного поглощения информационных сигналов в полосе df' (фиг. 4) и попадающих в полосу измерительного канала $\Delta_n f$ будет равна $\frac{1}{2} \beta \alpha^2 \bar{u}^2 df'$, где β определяется из формул (27)

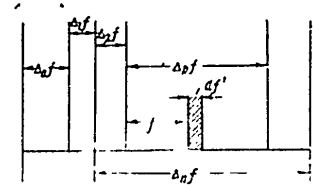
и (28) с заменой в них величины F_1 на $f' + F_2$, где $F_2 = \Delta_1 f + \Delta f$. Общая мощность P_y боковых частот, попадающих в по-

80

лосу измерительного канала $\Delta_n f$ и обусловленных паразитной амплитудной модуляцией всех информационных сигналов, будет

$$P_y = \int_0^{\Delta_n f} \frac{1}{2} \beta (f' + F_2) \bar{\alpha}^2 \bar{u}^2 df' \approx \approx \frac{1}{2} \bar{\alpha} \bar{u}^2 \int_0^{\Delta_n f} \beta (f' + F_2) df'.$$

Фиг. 4. Частотный спектр информационных сигналов.



Согласно (29)

$$\beta (f' + F_2) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{F_0}{f' + F_2} e^{-\left(\frac{f' + F_2}{F_0}\right)^2}.$$

Подставляя это соотношение в формулу для P_y , найдем

$$P_y = \frac{1}{2} \bar{\alpha}^2 \bar{u}^2 \int_0^{\Delta_n f} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{F_0}{f' + F_2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{f' + F_2}{F_0}\right)^2} df' < < \frac{\bar{\alpha}^2 \bar{u}^2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{F_0}{F_2} \int_0^{\Delta_n f} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{f' + F_2}{F_0}\right)^2} df'.$$

Так как

$$\int_0^{\Delta_n f} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{f' + F_2}{F_0}\right)^2} df' = F_0 \int_{\frac{F_2}{F_0}}^{\frac{F_2 + \Delta_n f}{F_0}} e^{-\frac{1}{2} x^2} dx \approx \frac{F_0}{F_2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F_2}{F_0}\right)^2},$$

то

$$P_y < \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \bar{x}^2 \bar{u}^2 \frac{F_0^2}{F_2^2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2}.$$

Мощность P_Φ боковых частот, лежащих вне полосы $\Delta_0 f$ измерительного канала и обусловленных паразитной амплитудной модуляцией измерительного сигнала, как это было показано выше, выражается формулой

$$P_\Phi = \beta (F_1) \bar{x}^2 \bar{x}_0^2.$$

Принимая во внимание, что

$$\bar{u}^2 = \frac{\bar{x}^2}{\Delta_p f},$$

составляя отношение $\frac{P_y}{P_\Phi}$ и учитывая при этом соотношения (29) и (35), получим

$$\frac{P_y}{P_\Phi} < \frac{1}{2} \frac{\delta}{\Delta_p f} \frac{F_1 F_0}{F_2^2} e^{-\left(\frac{F_1 - F_0}{F_0}\right)^2}. \quad (48)$$

Полагая здесь $F_2 = 2F_1$, что соответствует выбору защитных полос $\Delta_1 f = F_1$ и $\Delta_2 f = F_1$, найдем

$$\frac{P_y}{P_\Phi} < \frac{1}{8} \frac{\delta}{\Delta_p f} \frac{F_0^2}{F_1} e^{-\frac{3}{2} \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2}. \quad (49)$$

Подставляя численные значения для величин, входящих в формулу (49), легко убедиться, что даже при относительно небольшом превышении отношения $\frac{F_1}{F_0}$ по сравнению с единицей, удовлетворяется неравенство $\frac{P_y}{P_\Phi} \ll 1$. Это обозначает,

что при указанном выше выборе защитных полос эффектом попадания боковых частот информационных сигналов в полосу измерительного канала можно пренебречь.

Для оценки влияния эффекта попадания боковых частот измерительного сигнала в полосу $\Delta_n f$ приемного канала информационных сигналов найдем отношение мощностей $\frac{P_{y1}}{P_\Delta}$,

82

где P_{y1} — мощность боковых частот измерительного сигнала в полосе $\Delta_n f$, а P_Δ — ранее найденная мощность эквивалентных аддитивных помех, равная $D \Delta$ [формула (31)].

Полагая в формуле (31) $\dot{\gamma}^2 = 0$, что соответствует отсутствию аддитивных помех, получим

$$P_\Delta = K \beta (F_1) \bar{x}^2 \bar{x}^2.$$

Мощность P_{y1} , очевидно, будет

$$P_{y1} = \frac{1}{2} \beta (F_1 + \Delta_1 f) \bar{x}^2 \bar{x}_0^2.$$

Отсюда отношение мощностей

$$\frac{P_{y1}}{P_\Delta} = \frac{1}{2K\delta} \cdot \frac{\beta (F_1 + \Delta_1 f)}{\beta (F_1)}$$

или, принимая во внимание (29), найдем

$$\frac{P_{y1}}{P_\Delta} = \frac{1}{2K\delta} \cdot \frac{F_1}{F_1 + \Delta_1 f} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{F_1 + \Delta_1 f}{F_0}\right)^2 + \frac{1}{2} \frac{F_1^2}{F_0^2}}. \quad (50)$$

Полагая здесь $\Delta_1 f = F_1$, получим

$$\frac{P_{y1}}{P_\Delta} = \frac{1}{4K\delta} e^{-\frac{3}{2} \left(\frac{F_1}{F_0}\right)^2}. \quad (51)$$

Подставляя численные значения для величин, входящих в эту формулу, легко убедиться, что даже при относительно небольших превышениях отношения $\frac{F_1}{F_0}$ по сравнению с единицей, удовлетворяется неравенство $\frac{P_{y1}}{P_\Delta} \ll 1$. Это обозначает, что при указанном выше выборе защитных полос эффектом попадания боковых частот измерительного сигнала в полосу пропускания частот приемного канала информационных сигналов также можно пренебречь.

Для оценки влияния эффекта отбрасывания боковых частот информационных сигналов, расположенных вне полосы $\Delta_n f$, найдем отношение мощностей $\frac{P_{y2}}{P_\Delta}$, где P_{y2} — мощность боковых частот информационных сигналов, лежащих вне полосы $\Delta_n f$.

6*

83

Аналогично ранее выведенному выражению для P_y , при $\Delta_2 f = \Delta_3 f$ будем иметь

$$P_{y2} = \int_0^{\infty} \beta (f' + \Delta_2 f) \bar{\alpha}^2 \bar{u}^2 df'$$

Преобразовывая этот интеграл также как и интеграл для P_y , получим

$$P_{y2} < \int_0^{\infty} \frac{\sqrt{2}}{\pi} \bar{\alpha}^2 \bar{u}^2 \frac{F_0^2}{(\Delta_2 f)^2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta_2 f}{F_1} \right)^2} df'$$

Принимая во внимание, что

$$\bar{u}^2 = \frac{\bar{x}^2}{\Delta_p f},$$

составляя отношение $\frac{P_{y2}}{P_3}$ и учитывая при этом соотношение (29), получим

$$\frac{P_{y2}}{P_3} < \frac{1}{K} \frac{F_1}{\Delta_p f} \left(\frac{F_0}{\Delta_2 f} \right)^2 e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta_2 f}{F_1} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^2}.$$

Полагая здесь $\Delta_2 f = F_1$, найдем

$$\frac{P_{y2}}{P_3} < \frac{F_0^2}{K F_1 \Delta_p f}. \quad (52)$$

Если $F_1 > F_0$ и $\Delta_p f \gg F_0$, то $\frac{P_{y2}}{P_3} \ll 1$. Это обозначает, что при указанном выше выборе защитных полос эффектом отбрасывания боковых частот информационных сигналов, расположенных вне полосы $\Delta_n f$ приемного канала, также можно пренебречь.

Таким образом, ранее найденные формулы (40)–(46) для нижней границы пропускной способности, а также формула (34) для нижней границы собственной пропускной способности исследуемого канала оказываются справедливыми с учетом всех шести рассмотренных эффектов.

Обращаясь к формулам (40) и (43) и принимая во внимание, что с расширением полосы частот $\Delta_3 f$ измерительного канала величина α [формула (37)] возрастает, а величина β [формула (28)] убывает, легко найти зависимость $A_{\max}(a)$,

а следовательно, и $C_{II}(a)$. Исследование этих зависимостей показало, что с расширением полосы частот $\Delta_3 f$ измерительного канала нижняя граница пропускной способности C_{II} сначала возрастает, достигает максимума, а затем убывает. Чем ниже уровень аддитивных помех, т. е. чем больше величина b [формула (39)], тем более широкую полосу измерительного канала необходимо выбирать для получения $C_{II \max}$. При сравнительно высоких уровнях аддитивных помех полоса частот измерительного канала должна выбираться достаточно узкой.

На основании изложенного можно сформулировать следующие основные свойства однолучевых каналов со случайным изменением поглощения.

1. Однолучевые каналы связи со случайным изменением поглощения имеют весьма высокую собственную пропускную способность. Нижняя граница этой пропускной способности [формула (34)] тем выше, чем быстрее убывает спектральная плотность случайных изменений поглощения с ростом частоты. Увеличение скорости изменений флюктуаций поглощения приводит к понижению нижней границы пропускной способности канала.

2. При одновременном действии аддитивных помех и флюктуаций поглощения нижняя граница пропускной способности, вообще говоря, определяется совместным действием этих помех [формулы (40)–(43)]. При выполнении неравенства (45) она определяется аддитивными помехами, а при соблюдении условия (47) — флюктуациями поглощения.

3. Для частичной компенсации вредного влияния флюктуаций поглощения можно использовать выделение части спектра для измерения случайных параметров поглощения. Чем ниже уровень аддитивных помех, тем более широкую полосу измерительного канала необходимо выбирать для получения наиболее высокой скорости передачи информации. При расширении полосы частот измерительного канала необходимо повышать отношение мощностей управляющего и информационного сигналов [формулы (35) и (42)].

4. При надлежащем выборе защитных полос, отделяющих измерительную часть канала от его информационной части, нижняя граница пропускной способности в основном определяется эффектами действия аддитивных помех в измерительном и информационном частях канала, а также отбрасыванием боковых частот, возникающих вследствие паразитной амплитудной модуляции измерительного сигнала и лежащих вне полосы измерительной части канала. Всеми остальными эффектами можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Котельников, О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи. Материалы по радиосвязи к первому Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции связи. Всесоюзный энергетический комитет, 1953, 1-11.
2. В. А. Котельников, Теория потенциальной помехоустойчивости. Госэнергоиздат, 1956.
3. C. E. Shannon and W. Weaver, The Mathematical Theory of Communication, The University of Illinois Press, 1949, 3-89.
4. C. E. Shannon, The Zero Error Capacity of a Noisy Channel, IRE Transactions, vol. IT-2, No. 3, September 1956.
5. А. Н. Колмогоров, Теория передачи информации. М., изд-во АН СССР, 1956.
6. P. Elias, Predictive Coding, IRE Transactions on Information Theory, vol. IT-1, No. 1, 1955.
7. A. Feinstein, A new basic theorem of Information Theory, IRE Transactions, PGIT-4, 1954, p. 2-22.
8. И. А. Овсеевич и М. С. Пинскер, Оценка пропускной способности канала связи, параметры которого являются случайными функциями времени «Радио-техника», 1957, № 10.
9. R. Price and P. E. Green, An Antimultipath Communication System (Rate), Report on XII General Assembly U. R. S. I., Com. VI Boulder, 1957.
10. В. И. Сифоров, О пропускной способности каналов со случайными параметрами на амплитудно-фазовых каналах XII Генеральной ассамблеи Международного радионаучного союза. Документ № 273, Комиссия VI, Боулдер (США), август 1957.
11. В. И. Сифоров, Об условиях получения высокой пропускной способности каналов связи со случайными изменениями параметров Электросвязь, 1958, № 1.

STAT

STAT