

МОДЕРНИЗАЦИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РАДИОЧАСТОТНОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Стрелков¹ А.И., Жилин² Е.И., Коротков³ В.В., Карнаух³ В.В.

¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ФОЭТ, тел (057) 702-14-84;

² Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба,
61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79;

³ ОАО «Специальное конструкторское бюро радиотехнических приборов»
ДП ГАХК «Топаз»,
83012, Донецк, ул Соколиная, 1а
E-mail: zhei@ukr.net

Questions of increasing of dynamic range and frequency exactness of radio signals acoustic-optical spectrum analyzers are considered. Are got New mate mathematical models of optical signals in acoustics-optical devices jointly taking into account wave and corpuscular properties of optical radiation, as well as nonlinear of photon-phonon interaction with the light diffraction on ultrasound of high intensity. It is shown, that the application of new methods of optical signals treatment being based on the got mathematical models allows increasing frequency exactness and dynamic range of considered class of devices. The application of developed methods of optical signals treatment in the existent acoustics-optical spectrum analyzers will allow increasing of their use efficiency in the process of the radio frequency monitoring.

Введение. Состояние радиочастотного ресурса Украины характеризуется высокой интенсивностью его использования в широком диапазоне частот различными категориями пользователей. Обширное применение радиотехнологий в сфере телекоммуникационных услуг, а так же конверсионные изменения таблицы распределения радиочастот специальных и общих пользователей (по данным Национальной комиссии по вопросам регулирования связи) ведет к стабильному увеличению числа пользователей радиочастотами и является причиной существующего дефицита свободных полос частот. Остро стоит вопрос об эффективности использования радиочастотного ресурса Украины. Обеспечение максимально эффективного использования радиочастотного ресурса Украины основывается на четком разграничении полос частот с соблюдением интересов всех категорий пользователей и осуществлении строгого государственного надзора в этой сфере. Радиочастотный мониторинг выступает как практическая процедура государственного надзора за использованием радиочастотного ресурса, а задача совершенствования технических средств радиочастотного мониторинга приобретает особую актуальность.

Одной из задач радиочастотного мониторинга является получение, обобщение и анализ параметров сигналов, формируемых радиотехническими устройствами и излучаемых в соответствующих диапазонах радиочастот. Применение для решения данной задачи акустооптических методов спектрального анализа позволяет, в отличие от других методов (фильтровых, дисперсионно-временных, корреляционно-временных и др.), проводить панорамное обнаружение радиосигналов в широком частотном диапазоне в реальном масштабе времени. Однако акустооптическим анализаторам спектра радиосигналов (АОАС РС) присущ и ряд недостатков, существенно снижающих эффективность их использования для радиочастотного мониторинга в сложной сигнально-помеховой обстановке. К числу последних можно отнести низкую частотную точность (точность отсчета частоты, разрешающую способность по частоте) АОАС РС, относительно небольшой динамический диапазон при одновременной обработке РС различной интенсивности, а так же ряд других эффектов возникающих при обработке сигналов малой длительности и большой интенсивности.

Таким образом, проводимые исследования преследовали цель – улучшение точностных и динамических характеристик данного класса устройств, повышение эффективности их использования в процессе радиочастотного мониторинга. Достижение поставленной цели осуществлялось путем решения научно-технической задачи - оптимизации методов обработки оптических сигналов АОАС РС и базировалось на разработке и внедрении новых методов обра-

ботки сигналов совместно учитывающих волновую и корпускулярную физическую природу оптического излучения. Соответственно цели и задачи исследований, объектом исследований являлись процессы акустооптического взаимодействия, регистрации и обработки оптических сигналов в АОАС РС, предметом - методы обработки оптических сигналов в АОАС.

Описание исследований. Точность отсчета частоты РС и разрешающая способность являются смежными характеристиками рассматриваемого класса акустооптических приборов спектрального анализа РС. В практике проектирования и построения акустооптических и в частности оптических устройств спектрального анализа разрешающая способность и точность отсчета частоты определяются параметрами аппаратной функции, формируемой данными устройствами в фокальной плоскости, и при дискретной пространственной регистрации сигнала - размерами элементов фотоприемников. Для характеристики прибора используется понятие критерия Рэлея, для определения которого рассматривается случай воздействия на вход акустооптического преобразователя (АОП) двух гармонических сигналов разнесенных по частоте. В этом случае в фокальной плоскости устройства формируется два оптических сигнала, распределение интенсивности каждого из которых вдоль плоскости фотоприемника описывается аппаратной функцией. Согласно рассматриваемому критерию, предел разрешения двух сигналов в дифракционно-ограниченной оптической системе достигается, если максимум нулевого порядка одного сигнала, совпадает с минимумом первого порядка второго. Таким образом, предел разрешения по критерию Рэлея определяется самим прибором, а именно обратно пропорционален ширине его аппаратной функции.

Анализ рассмотренного выше критерия разрешения показывает, что он, по существу, ориентирован на качественные наблюдения. Величина разрешающей способности, полученная на основании такого определения, не соответствует современным требованиям к измерительной технике. В свою очередь, точность регистрации выходных сигналов в идеальных условиях эксперимента определяется флуктуационными процессами в аппаратуре. Поэтому непреодолимым является лишь флуктуационный предел разрешения, обусловленный объективными физическими явлениями (дискретность заряда, квантовая природа оптического излучения и т.д.).

Построенные подобным образом размышления будут справедливы и относительно задач регистрации (обнаружения) РС малой длительности, когда спектр РС формируемый АОП в фокальной плоскости «размазывается» по площади фотокатода приемника. При этом интенсивность оптического излучения резко уменьшается, что приводит к ухудшению отношения сигнал/шум и условных вероятностных характеристик обнаружения. В этом случае, задача обнаружения слабых оптических сигналов на фоне аддитивной помехи и собственных квантовых шумов может быть так же успешно решена при условии применения специальных методов обработки учитывающих квантовую корпускулярную природу оптического излучения и свойствами аппаратной функции АОП. Применение методов обнаружения слабых сигналов так же может быть полезно и при одновременной регистрации нескольких сигналов разной интенсивности.

В качестве теоретической основы для разработки процедур оптимальной обработки оптических сигналов АОАС были использованы математические модели сигналов и процессов, протекающих в АОАС при анализе спектральных характеристик РС, в частности модель фотон-фононного и фонон-фононного взаимодействия. Данные модели разработаны на основе совместного использования основных положений волновой и корпускулярной теории света, статистической теории случайных потоков и позволяют учесть статистические характеристики анализируемых сигналов и вероятностный характер их преобразования. Использование новых математических моделей требует усовершенствования алгоритмов статистической обработки сигналов АОАС и модернизации используемых технических средств формирования, преобразования и регистрации оптических сигналов с учетом нелинейности процессов дифракции света на ультразвуковых волнах большой интенсивности.

Выводы. Таким образом, частотная точность и динамический диапазон АОАС, выбор параметров фотоприемных устройств которых, основывался на принципах рэлеевского разрешения и волновой теории света, может быть существенно улучшены путем оптимизации процедур регистрации и обработки оптических сигналов с учетом их статистических свойств и свойств их ультразвукового дифракционного преобразования.