

**П.М. Марченко (4 курс, каф. КЭ), В.А. Парфенов, к.т.н., доц.**

## **ВОПРОСЫ РЕГИСТРАЦИИ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ЛАЗЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

**ABSTRACT:** It is necessary to detect the diffused light in the tasks of laser tomography. The error sources of quadrature phase detection scheme are discussed in this paper. The experimental results verify the conclusions of numerical analysis.

В настоящее время активно разрабатываются вопросы лазерной томографии. При этом значительное внимание уделяется поиску оптимальных алгоритмов реконструкции распределения плотности тканей по результатам регистрации рассеянного излучения. Показано, что эта операция может быть осуществлена при наличии информации о сдвиге фазы высокочастотной компоненты рассеянного излучения по отношению к фазе модуляции падающего на объект излучения (обычно это излучение лазера), а также уровне ослабления этой компоненты интенсивности по сравнению с постоянной составляющей.

Реально о возможностях этого направления в науке и технике можно будет говорить лишь при постановке всесторонних экспериментальных исследований. Ключевым моментом таких исследований является регистрация указанных сигналов с хорошим отношением сигнал/шум.

Согласно теоретическим представлениям частота модуляции должна выбираться как можно выше и уж во, всяком случае, никак не ниже 50 МГц. При этом допустимая мощность излучения, направляемая на биологические объекты не должна превышать по величине 50 - 80 мВт. Ввиду резкого роста ослабления сигнала рассеяния с частотой рассчитывать на использование частот модуляции существенно выше 100 МГц не приходится. Для реальных объектов требуемые уровни регистрируемых сигналов уже при этой частоте лежат в диапазоне 1...10 пиковатт. Можно добавить, что проведение измерений на высоких частотах, особенно фазовых, само по себе, представляет значительную сложность.

Доклад посвящен рассмотрению особенностей регистрации сигналов рассеяния при реализации схемы с квадратурным фазовым детектированием сигнала.

Показано, что для регистрации оптических сигналов указанного уровня требуется существенно ограничивать полосу принимаемых сигналов. При этом обычные методы измерения фазы не могут быть использованы. Фазовое детектирование позволяет сузить полосу регистрации. В случае его реализации измерение фазы возможно лишь при одновременном наличии двух каналов, опорные сигналы в которых сдвинуты на  $90^\circ$ , или, другими словами, при квадратурном детектировании сигнала.

Численный анализ ограничений, присущих данной методике, показал, что при ее реализации необходимо учитывать влияние на результат измерений наличия возможного отклонения сдвига фаз в каналах от  $90^\circ$ . Практически выставить его значение точнее нескольких градусов довольно сложно. Уменьшить же влияние этого фактора на результат измерений, как показал анализ, возможно лишь при приближении фазы измеряемого сигнала к фазе опорного сигнала в одном из каналов. Тангенс измеряемого угла в этой ситуации должен быть близким к 0.

Другой, не менее важной, причиной ошибок измерения является различие в передаточных характеристиках фазовых детекторов. Роль этого фактора возрастает с уменьшением уровня детектируемого сигнала. Так, например, при наличии разности в величине выходных сигналов в 1 мВ (при наличии сдвига фаз в  $45^\circ$  продетектированные сигналы должны быть одинаковыми), начиная с уровня сигналов 20 мВ и ниже, должно наблюдаться резкое увеличение отклонения регистрируемого угла от фактического ( $1^\circ$  и

выше). Реально можно обеспечить идентичность характеристик детекторов на уровне не хуже 1%, но на близком к максимальному сигнале (2000 мВ). При слабых сигналах следует учитывать также дискретность цифровых индикаторов, которая в этом диапазоне измерений составляет 1 мВ и будет проявляться аналогичным образом. Большие по величине различия в каналах приведут к росту уровня сигналов, начиная с которого следует ожидать роста ошибок измерений выше допустимых.

Отсюда следует практический вывод о необходимости проведения в ходе настройки измерительной системы дополнительного тестирования аппаратуры по этому фактору. Сделать это можно, установив первоначально с помощью фазовращателя сдвиг фаз в каналах на  $45^\circ$ , последовательным уменьшением уровня входного сигнала. При в ходе измерений зависимости, аналогичной по характеру расчетной, можно говорить о наличие обсуждаемого фактора, после чего следует выбрать по величине максимально допустимой ошибки минимально допустимый уровень измеряемых сигналов. В приведенном примере он составляет десятки милливольт. При использовании четырехразрядного индикатора динамический диапазон допустимых сигналов будет занимать интервал 100 мВ ... 2 В. Для регистрации предельно слабых сигналов (сигнал равен шуму) требуемое усиление в системе должно обеспечивать уровень шумовой составляющей (без сигнала) на уровне нижней границы регистрации.

Выделенные факторы анализировались при экспериментальной проверке собранного по данной схеме макета измерительного блока для регистрации рассеяного излучения. Результаты измерений подтвердили выводы представленного в докладе анализа.