

СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ

Лахно В.И., Зворский В.И., Приёмко А.А.

Последние десятилетия расширение измерительных приложений лазеров не знало спада. Однако успешное решение практических задач не ознаменовано аналогичными успехами в теории. Одной из причин слабого прогресса в построении теории лазерных измерений является отсутствие понимания существенных особенностей как лазера, так и устройств на его основе. Это прежде всего медленное формирование представления о системе самого лазера. Сейчас никто в этом не сомневается [1], но стереотип упрощённых представлений продолжает господствовать [2]. Сложности и противоречия реализации лазерных измерителей могут быть до конца поняты и разрешены только в рамках системного подхода.

В предлагаемой работе продемонстрированы результаты приложения системных принципов к лазерным измерителям. Выбор в качестве определяющего системного показателя структуры позволил логически последовательно рассмотреть все системные аспекты лазерных измерений. Структуру лазерных измерителей отличают прежде всего неоднородность, избыточность, совместимость, управляемость, многомерность и многофункциональность. Эти особенности обусловили трудности и теоретического, и практического плана. Проведённое исследование включало следующие этапы: анализ обобщённой функциональной схемы лазерных измерений, системные принципы создания лазерных измерителей и описание примеров.

ОБОБЩЕННАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА.

Для анализа основных функций, реализуемых в лазерном из-

мерителе, воспользуемся обобщённой структурной схемой лазерного измерителя [3], включающей лазер, пространственно-спектрально-временной преобразователь (ПСВП), атмосферный канал, объект измерений, оптический приёмник и устройство обработки. С каждым из названных обобщённых элементов структуры связаны определённые наборы функциональных преобразований.

Лазер формирует излучение с требуемыми характеристиками с учётом конструктивно-эксплуатационных показателей [3]. В передающей части ПСВП получают лазерное излучение с требуемыми временными, пространственными и пространственно-временными характеристиками. Распространение излучения на трассе "излучатель-объект" сопровождается ослаблением, рассеянием и другими механизмами потерь в атмосферном канале. Аналогичные процессы сопровождают распространение излучения на трассе "объект-оптический приёмник". Измерительное взаимодействие "лазерное излучение-объект" в каждом лазерном измерителе реализует определённый алгоритм формирования лазерного измерительного сигнала в зависимости от используемого оптико-физического эффекта. Измерительные преобразования лазерного сигнала в приёмной части ПСВП связаны со спектральной и пространственной фильтрацией, преобразованиями в приёмной оптике и дополнительными преобразованиями для обеспечения возможности извлечения информации оптическим приёмником [3]. При анализе преобразования лазерного измерительного сигнала в оптическом приёмнике необходимо учитывать степень когерентности лазерного излучения, размерно-геометрические характеристики, характер чувствительности. Измерительные преобразования после оптического приёмника связаны с усилением, обработкой, коррекцией, фильтрацией радиосигнала.

СИСТЕМНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ.

Лазерные измерители – пример реализации косвенных измерений и основной причины составного характера структуры измерительных преобразований. Создание лазерного измерителя связано с разрешением противоречий, характерных для рассмотренной структуры функциональных преобразований. Выделим группы противоречий формирования лазерного измерительного сигнала, окружающих условий и оптического приёма. Практическая полезность выделенных противоречий несомненна, в особенности, если конкретные противоречия могут быть сформулированы аналитически. Подобное не всегда возможно, поэтому более привычными представляются рабочие характеристики, построенные для определённых пределов измерения параметров, или соответствующие системы неравенств.

Теория систем [4] позволяет сформулировать системные принципы создания лазерных измерителей. Выделим принципы формирования структуры, управления структурой и реализации структуры. Формирование структуры учитывает её физическую неоднородность и включает декомпозицию на физически реализуемые блоки, агрегирование отдельных декомпозированных элементов в новые блоки, преобразования сигналов в требуемый вид, согласование, использование принципов многовариантности в виде различных вариантов соединения элементов структуры и, наконец, появления принципов гибридизации и ассоциативности.

Управление структурой измерительных преобразований происходит на основе принципов инвариантности, адаптивности и программируемости характеристик с учётом условий баланса, передачи и приёма. Управление структурой лазерных измерителей – одна из реальных возможностей достижения требуемого.

уровня технико-эксплуатационных показателей. При этом должны последовательно использоваться операции декомпозиции и интеграции. Декомпозиция позволяет получить возможные и реальные разбиения структуры на элементы соответствующего уровня (элемент, функциональный узел, подсистема и т.п.). Затем в соответствии с принципами структурной интеграции формируется структура. Структурная интеграция использует принципы инвариантности, адаптивности, программируемости характеристик, многовариантности, гибридизации и ассоциативности.

Реализация структуры лазерного измерителя основана на единстве конструкции, технологии, элементной базы и эксплуатации.

НЕОДНОРОДНОСТЬ СТРУКТУРЫ.

Структурная неоднородность – принципиальная особенность информационных систем лазерного диапазона и связана не только со спецификой косвенных измерений, оказывает влияние и переход от одномерных измерений к двумерным, трёхмерным, проявляют себя различные аспекты совместимости: и функциональной, и энергетической, и сигнальной, и спектральной, и временной, и пространственной, и пространственно-временной. Всё это необходимо учитывать при создании лазерных измерителей.

Неоднородность структуры приводит к интересным последствиям, которые могут быть обнаружены при анализе различных современных структурных образований на основе комплексирования, функционального совмещения, использования свойств инвариантности и адаптивности, программируемости характеристик.

Анализ подобных систем показывает, что всё многообразие вариантов сводится к двум возможностям – созданию гибридов и

созданию ассоциаций. Наиболее известные гибриды – это устройства и системы, реализуемые в результате сопряжения компьютерными средствами, т.е. известные измерительно-вычислительные системы [5]. Ассоциации – это различные объединения элементов и устройств для достижения общей цели. Примером лазерных измерительных ассоциаций могут быть лазерные интерферометры и лазерные триангуляторы. Использование измерительных ассоциаций позволяет упростить решение ряда контрольно-измерительных задач, перейти к картинной логике, полнее использовать потенциальные возможности лазерных измерительных взаимодействий, повысить быстродействие за счёт многоканальности, повысить точность измерений за счёт избыточности.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Промышленное применение лазеров. / Под ред. Г.Кёбнера. Пер. с англ. А.Л.Смирнова; Под ред. И.В.Зуева. – М.: Машиностроение, 1988, – 280с.
2. David W.Manthey, Keith N.Knapp, Daeyong Lee Calibration of a laser range-finding coordinate-measuring machine. Optical Engineering / October 1994 / vol. 33, N 10, p.3372-3380&
3. Данилин Н.С., Лахно В.И. Лазерные датчики в системах неразрушающего контроля. МО СССР, 1974, 206с.
4. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1990, –544с.
5. Хофманн Д. Измерительно-вычислительные системы обеспечения качества. Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1991, – 272с.