

ЛАЗЕР, КАК ВАЖНЕЙШИЙ ИНСТРУМЕНТ БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Крупенин В. Л.
ИМАШ РАН
Москва, Россия

THE LASER, AS THE MAIN TOOL OF CONTACTLESS MEASUREMENTS

Krupenin V.L.
IMASh RAS
Moscow, Russia

Современные способы научных и прикладных измерений все чаще обращаются к бесконтактным методам. Измерения строятся не благодаря непосредственному контакту, каких – либо датчиков с исследуемым объектом, а используя тонкие физические эффекты и современную аппаратуру. Среди важнейших инструментов здесь служат лазеры.

1. Весьма эффективные бесконтактные лазерные измерители скорости, работают, используя эффект Доплера, заключающийся в изменении длины волны, наблюдаемом при движении источника волн относительно их приемника. При удалении источника от приемника длина волны любой природы — световой, звуковой и т. д. — возрастает на величину, пропорциональную относительной скорости движения источника, при приближении длина волны — уменьшается. Когда монохроматический луч света отражается от колеблющегося объекта, то длина отраженной электромагнитной волны отличается от длины падающей волны. Появляющийся сдвиг пропорционален искомой скорости. Если объект уходит от источника, то длина волны возрастает, при возвращении объекта — падает. Таким образом, отраженный свет модулируется частотой Доплера, которая определяется измеряемой скоростью.

Распространены приборы, в которых свет дает маломощный (не более двух милливатт) гелий-неоновый лазер, устанавливаемый на расстоянии до 80 см от объекта. Испускаемый луч минует фильтр и расщепляется на два. В качестве расщепителей используют, например, полупрозрачные зеркала. Один из двух лучей после прохождения через фильтр действует на исследуемую поверхность; другой (опорный) через зеркало, одну подвижную и одну неподвижную призмы, а также цилиндрическую линзу посылается на вращающийся диск. Затем оба луча отражаются, встречаются, смешиваются и попадают в фотодетектор, электрический сигнал которого обрабатывает компьютер, выделяющий доплеровскую частоту и, следовательно, вызывающий электрическое напряжение, пропорциональное ее мгновенному значению. Введение вращающегося диска дает постоянный сдвиг частоты и служит для упрощения определения знака искомой скорости, что облегчает калибровку прибора.

2. Бесконтактные методы начинают внедряться все более активно. Рассмотрим, например, тензодатчики. Патентован бесконтактный анализатор напряжений,

использующий в своей работе эффекты Доплера и термоэластичности (изменение температуры объекта при изменении значений механических напряжений). Луч гелий-неонового лазера проходит по поверхности вибрирующей контролируемой детали, и на мониторе предстает цветная карта распределения вибронапряжений. При этом получается картина «в целом». При проведении традиционного тензометрирования для получения такой картины потребовалось весьма значительное число обычных тензодатчиков. Лазерные бесконтактные методы нахождения полей напряжений не требуют особой подготовки исследуемых поверхностей, они работают и с составными, и со сварными конструкциями. Материал объекта не играет для них большой роли.

3. В основе большинства бесконтактных лазерных методов лежит принцип сканирования измеряемого объекта. Один из важнейших методов сканирования — оптико-механический, дающий возможность получать при посредстве механических приспособлений относительно небольшие частоты движения луча (диапазон — от единиц до тысяч герц), а именно такие частоты в ряде случаев оказываются особенно важными.

Эффективный метод оптико-механического сканирования достигают, используя так называемые резонансные виброударные сканаторы, разработанные в лаборатории вибротехнических систем ИМАШ РАН. Виброударные сканаторы обеспечивают равномерность движения отраженного луча по исследуемым поверхностям, стабильность амплитуды, возможность получения достаточно высоких частот сканирования при малых энергетических затратах (это обстоятельство связано с рядом нетривиальных результатов теории нелинейных колебаний). Сканирующие лучи лазера достаточно легко осуществляют, например, контроль линейных размеров изделий или осуществляют особо точное наведение инструмента.

Виброударные сканаторы эффективно работают и с другими источниками излучения, например с ультразвуком. Если в качестве сканирующего элемента выбрать излучатель сфокусированных ультразвуковых волн, измерительные бесконтактные системы можно устанавливать и в условиях полной непрозрачности: качество их работы все равно останется высоким.