

# ЛИНЕАЛИРИЗАЦИЯ ЗАВИСМОСТИ УГОЛ–НАПРЯЖЕНИЕ ДАТЧИКОВ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕЗОНАНСНЫХ УГЛОВЫХ ФИЛЬТРОВ

Стреляев С.И., Туманова Л.А., Хурхулу Ю.С.

Тульский государственный университет

Проблема измерения угловых перемещений различных объектов является одной из наиболее трудно решаемых во многих областях измерительной техники. Решение этой проблемы значительно усложняется при наличии линейных поступательных перемещений объекта, в случае быстротекущих процессов, большом частотном и динамическом диапазонах измеряемого параметра.

Существующие методы измерения угловых перемещений можно классифицировать по различным признакам:

- по наложению механических связей на измеряемый объект на контактные и бесконтактные;
- по типу применяемого первичного преобразователя (датчика) на реостатные, емкостные, индуктивные, с использованием квантовой магнитометрии, оптические и т. д.;
- по принципу преобразования "угол– выходной сигнал " и т. д.

По оценкам специалистов, система для измерения угловых колебаний должна удовлетворять совокупности следующих требований:

- диапазон измеряемых угловых колебаний, рад..... $34 \cdot 10^{-3}$ ;
- относительная точность измерения, %.....0,2;
- величина линейных перемещений в направлении оси канала, не более, мм.....400;
- величина линейных перемещений в направлении, перпендикулярном оси канала, не более, мм..... $\pm 50$ ;
- диапазон измеряемых частот, Гц .....0.....5000;
- величина линейных ускорений, g, не более .....500;
- интенсивность акустической волны, дБ, не более.....160;
- интервал рабочих температур, °С.....-40...+45;
- масса датчика, устанавливаемая на объекте, г .....до 100;
- система должна обеспечивать работу в составе АСКИО.

Анализ работ, опубликованных в печати, показал, что ни один из методов не удовлетворяет совокупности требований, предъявляемых к измерительным системам.

Основная трудность при реализации таких систем заключается в отсутствии датчиков угловых колебаний, некритичных к линейным перемещениям. Появление оптических квантовых генераторов (лазеров) позволило разработать лазерные измерительные системы, разрешение которых, во многих случаях, удовлетворяло требованиям, предъявляемым к углоизмерительным установкам. Нерешенным оставался вопрос критичности систем к линейным перемещениям, которые, в большинстве случаев, сопровождают угловые. Решение этой задачи стало возможным с разработкой принципиально новых углоизбирательных элементов когерентной оптики– резонансных угловых фильтров (РУФ), представляющих слоистую электромагнитную структуру, простейшей моделью которой является плоский резонансный слой. Такие структуры обладают как частотной, так и угловой избирательностью.

Необходимым требованиям при разработке первичных преобразователей является стабильность его характеристик или возможность однозначного учета изменений его параметров. Оценки нестабильности характеристик преобразователя при изменении температуры и в течение времени показали возможность компенсации изменений параметров в процессе эксплуатации. Показано, что при использовании определенных материалов температурные изменения полосы пропускания и угловых координат максимумов меньше допустимых для конкретной системы. При выполнении резонатора РУФ в виде воздушного зазора между стеклянными обкладками возможен учет температурных изменений характеристик преобразователя.

Зависимость выходного параметра (мощности прошедшего пучка оптического излучения)  $P_{\text{вых}}$  от угла  $\alpha$  между оптической осью преобразователя и фронтом волны носит резко нелинейный, но монотонно изменяющийся характер, что усложняет процесс обработки результатов измерений. Применение цифрового метода кодирования зависимости  $P_{\text{вых}}=f(\alpha)$  позволило реализовать простую измерительную систему без использования ПК, которая может быть использовано как самостоятельное устройство, так и в составе АСНИ и АСКИО в качестве низовой.

Принцип линеализации заключается в том, что на измерительном стенде снимается зависимость выходного напряжения фотопреобразователя датчика от угла рассогласования. После преобразования аналогового сигнала в цифровой он используется в качестве адресного для репрограммируемого ПЗУ. Данные представляют соответствующий угол рассогласования, выраженный в цифровой форме. В процессе измерений каждому значению напряжения ставится в соответствие записанная величина угла рассогласования. Информация может быть считана любым способом.

Разработанная система обеспечила следующие параметры:

- диапазон измеряемых углов, рад..... $25 \cdot 10^{-3}$ ;
- относительная точность измерений, % .....0.3;
- величина продольных перемещений:
- в осевой плоскости, мм .....до 400;
- в плоскости, перпендикулярной осевой, мм ..... $\pm 50$ ;
- диапазон регистрируемых частот, Гц .....0...5000;
- величина линейных ускорений, g .....до 500;
- интенсивность звуковой волны, дБ .....160;
- рабочий интервал температур, °С ..... $\pm 45$ ;
- время подготовки к испытаниям на изделии, мин.....3...5;
- регистрация результатов измерений– визуально, на ленте, в виде таблицы.

Использование лазерного излучения видимого диапазона сократило время настройки системы до нескольких минут. Применение ПЭВМ для обработки результатов измерений позволяет использовать разработанную систему в составе различных САПР и АСКИО.

По своим параметрам система измерения угловых перемещений находится на уровне лучших мировых образцов, а по совокупности многих параметров не имеет аналогов.

Внедрение системы в практику на территории Тульского региона позволило сократить сроки разработки изделий, повысить объективность контроля состояний промышленных зданий и сооружений.