

УДК 531.7.08

ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЧ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ВЕНЦА ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Неверов В. В., Жуков С. В., Данилин А. И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время ведётся разработка бесконтактного метода контроля рабочего состояния зубчатого колеса, основанного на обработке в реальном времени отраженного от зубцов колеса зондирующего потока, путём сравнения его с эталонным сигналом, полученным в начале эксплуатации зубчатого колеса. Данный метод позволяет получать информацию непосредственно о степени изношенности зубца [1].

На основе проведённых опытов было выяснено, что зондирующий отражённый сигнал после детектирования будет иметь форму колоколообразного импульса. В процессе разработки метода появилась необходимость в разработке математической модели процесса взаимодействия зондирующего потока и объекта исследования, т.е. зубчатого колеса. Процесс разработки математической модели можно условно разбить на несколько этапов, характеризующих её усложнение с целью улучшения метрологических характеристик полученных результатов. Первый этап – модель на плоскости, второй этап – пространственная модель.

Первый этап – построение модели в двумерной системе координат. Учитываются только законы геометрической оптики.

Упрощённая модель зубца – трапеция. Упрощённая модель излучателя – отрезок, каждая точка которого одновременно является и излучателем, и приёмником. Изменяя положение излучателя относительно зубчатого колеса, можно наблюдать изменение выходного сигнала и таким образом выбрать оптимальное расположение датчика относительно контролируемого зубчатого колеса. Механизм взаимодействия датчика с исследуемой поверхностью проиллюстрирован на рисунке 1.

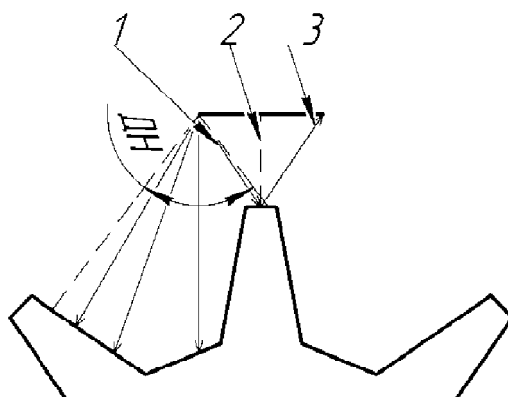


Рис. 1. Механизм взаимодействия

Из каждой точки излучения датчика в пределах линейного угла, определяемого диаграммой направленности, выходят лучи с определённым угловым шагом, заданным заранее. Для учёта диаграммы направленности датчика используется весовой коэффициент для каждого луча. Весовой коэффициент уменьшается с увеличением угла падения относительно нормали датчика. На рисунке это показано на примере луча 1. Затем исследуются и определяются точки пересечения лучей с исследуемой поверхностью. Из точек пересечения восстанавливаются прямые, перпендикулярные исследуемой поверхности (нормали). На рисунке – это перпендикуляр 2 для луча 1.

После этого строятся отражённые лучи с углами отражения, равными углам падения относительно восстановленных к поверхности нормалей, заданные весовые коэффициенты применяются и для отраженных лучей. Затем вычисляются точки пересечения отражённых лучей и поверхности датчика. Для каждого отражённого луча, пересекающегося с отрезком-излучателем, в соответствии с его точкой пересечения присваивается определённый весовой коэффициент. Полученные весовые коэффициенты от отражённых лучей суммируются и запоминаются. Происходит поворот функций, описывающих зубчатое колесо относительно его центра на определённый шаг, заданный заранее, и операции с лучами повторяются заново. На основании количества пересечений отражённых лучей с поверхностью датчика строится отражённый сигнал. Построение математической модели в двухмерной системе координат необходимо для упрощения построения полноценной модели в пространстве.

Второй этап – построение модели в трёхмерной системе координат. Датчик и исследуемый объект изображены условно на рисунке 2.

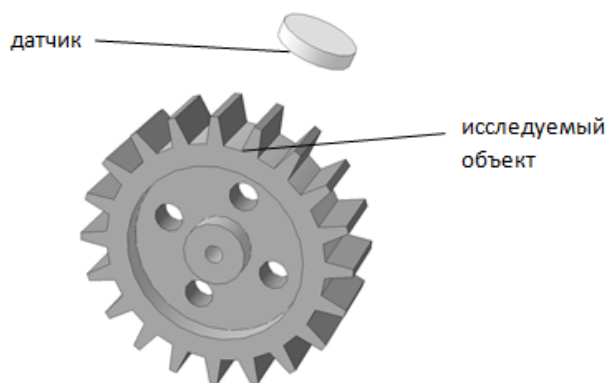


Рис. 2. Общий вид системы

Здесь датчик из отрезка трансформируется в круг. Зубец колеса представляет собой трапециевидный параллелепипед. Область излучения датчика разбивается прямоугольной сеткой на фрагменты с определённым шагом, заданным заранее. Из каждого фрагмента строятся лучи с определённым угловым шагом, заданным заранее. Для учёта диаграммы направленности датчика используется весовой коэффициент для группы лучей, имеющих одинаковый телесный угол. Весовой коэффициент уменьшается обратно пропорционально увеличению телесного угла относительно нормали. Для построения взаимодействия лучей с зубчатым колесом в пространстве используются результаты, полученные для модели на плоскости, с внесением соответствующих изменений для возможности их применения в пространственной модели.

Построение математической модели позволяет создать теоретическое обоснование для исследования результатов практического эксперимента, обосновать оптимальное взаимное расположение датчика и исследуемого зубчатого колеса, учесть влияние свойств среды между датчиком и исследуемым объектом.

Библиографический список

1. Данилин, А. И. Способы оценки рабочего состояния зубчатых колес энергонагруженных редукторных систем [Текст]/ А. И. Данилин, В. В. Неверов// Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции – СГАУ. – Самара. – 2014. – С. 138.