

2. Frank B. Gross Smart Antennas for Wireless Communications: With MATLAB / Frank B. Gross - New York: McGraw-Hill Professional, 2005. — 288 p.

Пешков Илья Владимирович, к. ф.-м. н., доцент, ilvpeshko@gmail.com.

Жигулин Владимир Александрович, магистрант, ЕГУ им. И.А. Бунина, obi4n@yandex.ru.

УДК 620.179.18

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОВОЛНОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВАЛА РОТОРА ТУРБОАГРЕГАТА

А.А. Грецов, У.В. Бояркина, В.С. Федорова, А.О. Елизаров
«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Одной из важных задач диагностики технического состояния турбоагрегата является контроль параметров крутильных колебаний вала ротора. Перспективным направлением решения данной задачи является использование радиоволновых преобразователей [1] в совокупности с отражателями специальной формы, нанесенными на контролируемую поверхность. Применение таких отражателей позволяет повысить информативность сигнала на выходе радиоволнового преобразователя.

Для определения параметров крутильных колебаний вала в корпусе турбоагрегата устанавливается радиоволновый преобразователь, радиально к поверхности вала, на которой формируются цилиндрические метки. При взаимодействии меток с радиоволновым преобразователем величина напряжения на его выходе изменяется пропорционально расстоянию от приемно-передающего элемента до поверхности метки. По сравнению с меткой на основе отражателя с плоской поверхностью, поверхность метки цилиндрической формы имеет большую диаграмму рассеивания отраженного излучения, что позволяет зарегистрировать несколько периодов информационного сигнала.

Для уменьшения уровня препарирования корпуса турбоагрегата применяются радиоволновые преобразователи в автодинном исполнении, совмещающие в себе одновременно функции передатчика, приемника отраженного от метки излучения и преобразователя полезного сигнала [2]. Выходной сигнал автодинного преобразователя описывается выражением:

$$U(t) = U_M \cos\left(\frac{4\pi l(t)}{\lambda}\right), \quad (1)$$

где U_M – амплитуда автодинного сигнала; $l(t)$ – расстояние между контролируемой поверхностью и приемно-передающим элементом

радиоволнового преобразователя; λ - длина волны зондирующего излучения.

При вращении вала цилиндрическая метка находится в зоне взаимодействия с преобразователем ограниченный промежуток времени, чем обусловлена форма информационного сигнала в виде модулированного по частоте колоколообразного импульса. Характерными точками в траектории движения цилиндрической метки являются точки расстояние от которых до центра излучения первичного преобразователя кратны половине длине волны зондирующего излучения, как видно из выражения (1). В этих точках функция, описывающая информационный сигнал, имеет перегиб, а сами точки являются локальными минимумами или максимумами, как показано на рисунке 1.

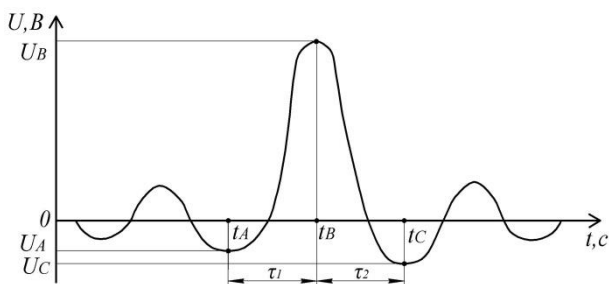


Рисунок 1 – Информационный сигнал радиоволнового преобразователя

В процессе вращения вала траектория движения цилиндрической метки в зоне взаимодействия радиоволнового преобразователя проходит через характерные точки A , B и C , геометрическая связь которых представлена на рисунке 2. Расстояние от точки B до центра излучения первичного преобразователя I минимально и равно установочному зазору ξ , т. е. $IB = \xi$. Расстояние от точки A до центра излучения первичного преобразователя I кратно половине длины волны зондирующего излучения, т. е. $IA = l = n\lambda/2$. Аналогично, расстояние от точки C до центра излучения первичного I равно половине длины волны зондирующего излучения, т. е. $IC = l = n\lambda/2$.

Угол поворота вала при переходе метки из положения A в положение B определяется выражением:

$$\Psi(t) = \arccos \left(\frac{R^2 + (\xi + R_1 + R)^2 - (l(t) + R_1)^2}{2R(\xi + R_1 + R)} \right),$$

где $l(t)$ – расстояние, пройденное зондирующим лучом от приемно-передающего элемента преобразователя до поверхности метки; R – радиус

вала турбоагрегата; R_1 – радиус цилиндрической метки на валу турбоагрегата.

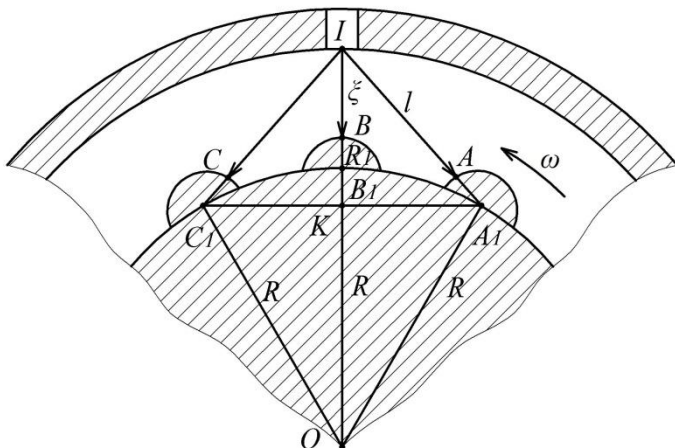


Рисунок 2 - Траектория движения цилиндрической метки

Таким образом, определяемая мгновенная фаза поворота вала турбоагрегата определяется геометрическими размерами вала, размерами оборотной метки, величины расстояния между радиоволновым преобразователем и оборотной меткой.

Мгновенная частота вращения вала определяется выражением:

$$\omega(t) = \frac{d\Psi(t)}{dt} = \frac{\Psi(t)}{\tau_1},$$

где τ_1 – время между вершинами импульсов A и B .

Анализируя отклонение мгновенной частоты вращения ротора от частоты вращения определяемой штатными датчиками можно определить амплитуду и частоту крутильных колебаний вала.

Список использованных источников

1. Грецов, А.А. Применение радиоволновых преобразователей для контроля параметров колебаний ротора турбоагрегата / А.А. Грецов, У.В. Бояркина, С.В. Жуков, Д.И. Шайдуллина // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы конференции (г. Самара, 19-22 апреля 2022 г.). – Самара: ООО «Артель», 2022. – С. 24-25.

2. Данилин, А. И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами / А. И. Данилин. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. – 218 с.

Грецков Андрей Александрович, к.т.н., доцент кафедры радиотехники, greckov1989@rambler.ru

Бояркина Ульяна Викторовна, к.т.н., доцент каф. радиотехники, uvbojarkina@yandex.ru

Федорова Виктория Сергеевна, студент гр. 6462-110301D, victorika.vs@gmail.com.

Елизаров Антон Олегович, студент гр. 6461-110501D, antonelizarovinbox.ru@gmail.com.

УДК 531.781.2(079.4)

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С.А. Данилин, Т.А. Васюткин, А.Ж. Чернявский
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Среди задач измерения и контроля геометрических размеров разнообразных изделий машиностроения особое место занимает определение параметров формы криволинейных поверхностей трехмерных объектов. В качестве примера таких изделий можно привести цилиндрические поверхности различных роторных машин, кривошипно-шатунные и внутренние поверхности цилиндров ДВС, дорожки качения шариковых подшипников, сложные криволинейные поверхности лопаток турбоагрегатов и многие другие.

Форма поверхности или ее общий геометрический облик, обычно, оценивается набором профилей, полученных в результате сечения криволинейной поверхности плоскостями. В соответствии с формулировками ГОСТ 24642 81 – профиль поверхности это линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью. Количественно профиль оценивается расстоянием от конкретной точки линии профиля до некоторой базовой плоскости или линии.

В настоящее время высокоточный контроль формы криволинейных поверхностей среднеразмерных деталей производится, в основном, дорогостоящими координатно-измерительными машинами (КИМ). КИМ реализует контактный метод измерений и позволяет производить выборочный контроль геометрии сложнопрофильных изделий, т.к. измерение одного изделия может занимать продолжительное время. Таким образом, контактные методы измерений, реализованные в щуповых системах оборудования с ЧПУ, а также универсальных и специализированных лабораторных средствах измерений имеют относительно низкую производительность. Но при этом необходимо отметить имеющиеся попытки увеличения производительности и точности контактных методов контроля и измерений за счет использования методик