

величин оказался незначительным. В случае движущихся радиомодулей в экспериментах наблюдались заметные замирания во временной области.

Список использованных источников

1. Феер К. Беспроводная цифровая связь: [пер.с англ.] / под.ред. В.И.Журавлёва, М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
2. Рек. МСЭ-R P.1411-5. Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования наружных систем радиосвязи малого радиуса действия и локальных радиосетей в диапазоне частот от 300 МГц до 100 ГГц. – МСЭ, 2009.

УДК 531.7.08

## **ОЦЕНКА ГРАНИЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

А.И. Данилин, В.В. Неверов

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва»

В настоящее время разрабатывается бесконтактный радиоволновой способ определения технического состояния зубчатых колес, основанный на обработке, отражённого от зубцов колеса зондирующего электрического СВЧ сигнала, в реальном времени путём его сравнения с параметрами эталонных сигналов, полученных аналогичным образом в начале эксплуатации колеса. Параметры зондирующего сигнала определяются геометрическими размерами зубцов и технологической конфигурацией зоны контроля. Основным критерием при этом служит получение необходимой точности диагностики состояния зубца[1].

Суть способа определения состояния зубчатого колеса заключается в том, что износ зубца изменяет его геометрические параметры, которые в свою очередь влияют на ту часть, отражённого от исследуемого объекта зондирующего СВЧ сигнала, который попадет на приемо-передающий торец волновода. Изменяющиеся в процессе износа геометрические параметры исследуемого объекта влияют также и на форму информационного сигнала, выделяемого из отражённого зондирующего потока, принятого волноводным датчиком.

Использование в разрабатываемом способе электромагнитного излучения СВЧ диапазона позволяет избавиться от проблемы загрязнения оптически активного окна оптоэлектронных датчиков и увеличивает температурный диапазон работы первичного преобразователя [2]. Так же

излучение СВЧ диапазона может существовать в масляной среде, которая присутствует, например, в редукторных механизмах. Проведенные эксперименты показали что масляной туман не оказывает влияния на выделяемый информационный сигнал из отраженного потока. Это обусловлено тем, что размер масляных капель во много раз меньше длины волны зондирующего СВЧ потока (в проводимых экспериментах использовался генератор на 12 ГГц). Поэтому масляной туман не вызывает помех для зондирующего и отраженного потоков. Исходя из этого, можно заключить, что масляной туман будет оказывать влияние только при использовании зондирующего потока на частотах, близких к оптическому диапазону, т.е. когда длина волны излучения и размер капель становятся соизмеримыми.

Волноводный преобразователь представляет собой круглый волновод, в котором возбуждается волна типа  $E_{01}$ . Применение волны данного типа целесообразно из-за её отличительного свойства, заключающегося в полной круговой симметрии поля. Это позволяет избежать проведения дополнительных операций по настройке первичных преобразователей по взаимной ориентации силовых линий поля  $E$  и зубца шестерни для получения максимальной амплитуды информационного сигнала. Внутри круглый волновод заполняется кварцевым стеклом, что позволяет уменьшить габариты волновода, а так же предотвратить засорение внутреннего объема волновода. Выбор круглого волновода в качестве основы для фидерного тракта СВЧ первичного преобразователя обусловлен тем, что датчики цилиндрической формы проще в установке и юстировке.

Проведенные эксперименты показали, что на информационный сигнал сильное влияние оказывает расстояние между торцом первичного излучателя и поверхностью зубцов контролируемой шестерни. Увеличение этого расстояния больше чем на 5 мм, что соответствует  $2\lambda$  длины волны зондирующего электромагнитного потока, приводило к полному пропаданию информационного сигнала. При проведении экспериментов использовался генератор с мощностью 2мВт. Увеличение расстояния между излучателем и контролируемой поверхностью с одновременным увеличением мощности генератора невозможно из-за того, что при этом увеличится влияние паразитных переотражений зондирующего потока на информационный сигнал. Известно, что коэффициент затухания волны напрямую зависит от её длины волны. Исходя из этого, можно сделать выводы о том, что максимальное расстояние между излучающим торцом волновода и контролируемым объектом напрямую зависит от длины волны зондирующего СВЧ потока. Это нужно учитывать при конструировании автоматизированных систем контроля на основе разрабатываемого метода. Генераторы СВЧ колебаний, применяемые в устройствах определения технического состояния зубчатых колес, должны работать в условиях

значительных вибраций (несколько g), поэтому их конструктивные элементы должны иметь в своем составе дополнительные противовибрационные элементы крепления активных элементов и средств настройки. Кроме того генератор должен быть компактным и иметь небольшой вес, т.к. конструктивные особенности механизма (например редуктора), в составе которого находится контролируемый объект, могут накладывать ограничения на размеры генератора. Для этих целей лучше всего подходят генераторы на полупроводниковых активных элементах с микрополосковыми резонаторными системами. В качестве активных элементов в таких устройства выступают: диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды, биполярные и полевые транзисторы. Внешний вид СВЧ модуля на полевом транзисторе изображен на рисунке 1. Все активные элементы такой конструкции жестко закреплены на ситалловой подложке с помощью пайки, что обеспечивает хорошую виброустойчивость.

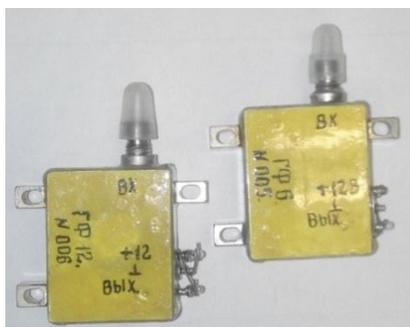


Рисунок 1 - СВЧ модули Самарского НИИ «Экран»

С точки зрения экономической целесообразности стоит отметить, что в настоящее время применение данного способа имеет свои ограничения из-за относительно высокой стоимости генераторных СВЧ модулей. Поэтому имеет смысл использовать системы контроля только для критично важных узлов механизмов, отказ которых может повлечь за собой поломку и длительный простой всего механизма в целом.

В последнее время волноводные первичные преобразователи все чаще заменяют известные классические первичные преобразователи. Поэтому можно ожидать увеличения ассортимента таких первичных преобразователей и генераторов к ним, а так же снижения их стоимости.

#### Список использованных источников

1. Данилин, А.И. Способы оценки рабочего состояния зубчатых колес энергонагруженных редукторных систем [Текст]/ А.И. Данилин, В.В.

Неверов// Актуальные проблемы радиозлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции – СГАУ. – Самара, 2014. с. 138.

2. Данилин А.И., Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами. Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2008.

УДК 621.3.082.5 + 531.781

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ГТД**

У.В. Бояркина, М.С. Попов

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

В процессе работы лопатки газотурбинного двигателя подвержены воздействию переменных во времени нагрузок. Причиной, вызывающей колебания лопаток, является действие аэродинамических сил. Одной из форм колебаний лопаток являются крутильные, которые сопровождаются поворотом её периферийного сечения вокруг точки, находящейся на профиле лопатки. С целью контроля разворота профиля лопатки предложено устройство для определения параметров крутильных колебаний лопаток ГТД, которое позволяет фиксировать изменение углового положения торцов лопаток посредством анализа светового потока, отраженного от специальным образом сформированных отражающих поверхностей на торцах лопаток.

Работу предлагаемого устройства, изображённого на рис.1, можно представить следующим образом. Первичный преобразователь, включающий в себя блоки 5, 6, 7, установлен в корпусе турбоагрегата 4 над траекторией движения торцов лопаток.

При определении деформаций лопаток поток зондирующего излучения от источника 6 с длиной волны  $\lambda$ , обеспечивающей зеркальное и диффузное отражение от соответствующих поверхностей торца лопатки, канализируется при помощи светопроводящей системы (СПС) 5 и излучается в направлении траектории движения отражающих поверхностей 1, 2, 3, сформированных на торцах лопаток колеса. Отражающие свойства сформированной штрихообразной поверхности торца лопатки являются информационными и позволяют после соответствующей обработки принятых отраженных световых потоков судить о параметрах крутильных колебаний лопатки. СПС состоит из двух световодов, вход первого – излучающего световода подключается к источнику излучения, а выход