

Список использованных источников

1. J. Clavijo et al. Observation of significant differences between electromagnetic and acoustic emissions during fracture processes: A study on rocks under compression loading// 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1386.
2. Шибков А.А. и др. Электромагнитная эмиссия при развитии макроскопически неустойчивой пластической деформации металла // Физика твердого тела, 2016, том 58, вып. 1/ – <http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/42603>.
3. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н. Мультисенсорная система для исследования дефектности диэлектрических материалов // Контроль. Диагностика. - 2011 - №. 11 - С. 17-20.
4. Ефимов М.Е., Волков А.В., Литвинов Е.В. Метод контроля деформаций композитных конструкционных элементов с помощью волоконно-оптического датчика акустической эмиссии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18. № 2. С. 212–219.
5. Леонович Г.И., Олешкевич С.В. Гибридные датчики на волоконно-оптических брэгговских решетках / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 18, № 4(7), 2016, с. 1340-1345.

УДК 620.179.18

ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТОВ

Е.Е. Дудкина, У.В. Бояркина, А.А. Грецков, Е.Ю. Власова, С.В. Семёнов
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара

При эксплуатации турбоагрегатов возникает необходимость в контроле параметров колебаний лопаток, с целью предотвращения аварийных ситуаций. Важным параметром, требующим особого контроля, является форма колебаний лопаток, так как опасные формы колебаний могут привести к потере устойчивости лопаточного колеса. Перспективным направлением решения данной задачи является использование радиоволнового автодинного преобразователя реализующего дискретно-фазовый метод, основанный на статистическом накоплении информации и анализе экстремальных значений автодинного сигнала [1].

Реализация дискретно-фазового метода определения формы изгибных колебаний лопаток осуществляется следующим образом. В корпусе турбоагрегата над траекторией прохождения торцов лопаток устанавливается радиоволновый автодинный преобразователь перемещений, как показано на рисунке 1, формирующий поток зондирующего излучения на торцы контролируемых лопаток [2]. Отраженный от торца контролируемой лопатки сигнал поступает на

приемно-передающий элемент (ППЭ) первичного преобразователя воздействует на активный элемент автодина. В результате на выходе автодинного преобразователя формируется импульсный сигнал, амплитуда которого зависит от зазора между торцом лопатки и ППЭ первичного преобразователя. Зависимость амплитуды выходного сигнала автодина от зазора между торцом контролируемой лопатки и ППЭ представлена на рисунке 2.

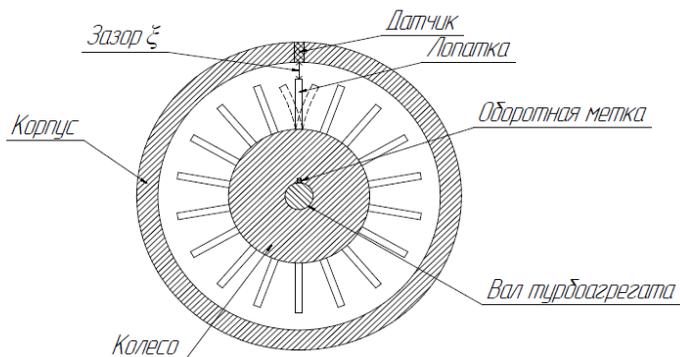


Рисунок 1 – Расположение первичного преобразователя в корпусе турбоагрегата

Определение зазора между торцом и ППЭ осуществляется на линейном участке зависимости автодинного сигнала от зазора между ППЭ и торцом лопатки. В случае, когда лопатка не подвергается деформационному воздействию зазор между ППЭ и торцом контролируемой лопатки будет минимальным. Если лопатка подвергается деформационному воздействию, зазор будет увеличиваться, и в случае максимального отклонения лопатки от продольной оси зазор будет максимальным. Изменение величины зазора ведет к пропорциональным изменениям амплитуды автодинного импульса.

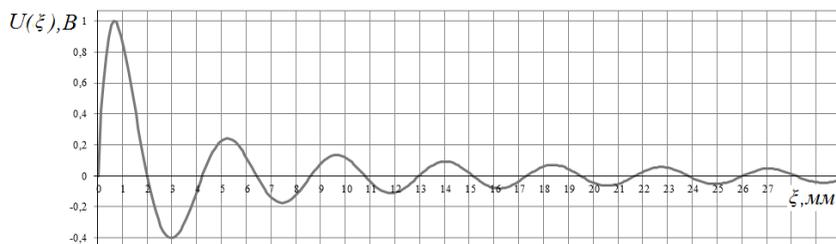


Рисунок 2– Зависимость амплитуды выходного сигнала автодина от зазора между торцом контролируемой лопатки

При взаимодействии первичного преобразователя с изогнутой лопаткой происходит смещение периферийного автодинного импульса по оси времени относительно оборотного импульса, по сравнению с откликом, полученным от недеформированной лопатки, как показано на рисунке 3.

Измеряя временной интервал τ между импульсом оборотной метки U_{OP} и импульсом периферийного преобразователя $U_{ПП}$ можно определить, в какой фазе колебания находится лопатка в данный момент времени. В процессе статистического накопления информации хотя бы раз будут зафиксированы интервалы времени τ_{\min} и τ_{\max} , соответствующие двум экстремальным значениям изгиба лопатки. Максимальное значение измеренного интервала времени τ_{\max} соответствует отклонению лопатки в направлении, противоположном оборотной метки на x_{\max} , минимальное значение измеренного интервала времени τ_{\min} соответствует отклонению лопатки в направлении оборотной метки на x_{\min} .

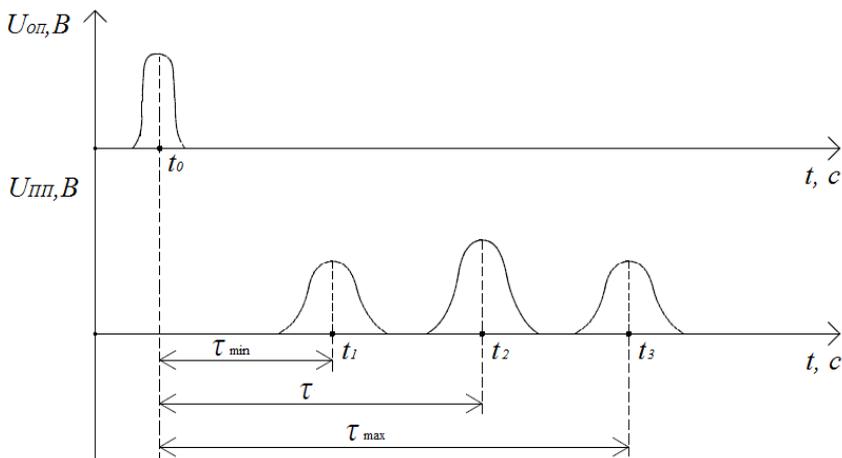


Рисунок 3– Временной интервал между оборотным и периферийным импульсами

Амплитуда колебаний лопатки может быть определена по формуле:

$$A = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} .$$

Для определения формы колебаний необходимо найти соотношение амплитуды колебаний к длине лопатки. В первом приближении можно считать, что лопатка не изменяет длину в процессе деформаций. Воспользовавшись уравнением изгибной линии лопатки, можно определить характерные зазоры при изгибе лопатки по различным формам колебаний:

$$\int_0^{1-\Delta\xi} \left(1 + \left(\frac{dq(z)}{dz} \right)^2 \right) dz = 1,$$

где $q(z)$ - уравнение изгибной линии,

$\Delta\xi$ - относительная величина увеличения зазора.

Измеряя с помощью радиоволнового канала величину зазора в моменты, соответствующие экстремальным значениям изгиба лопатки, и сравнивая с расчётными значениями, можно судить о форме колебаний лопатки.

Список использованных источников

1. Заблоцкий, И.Е. Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин [Текст] / И.Е. Заблоцкий, Ю.А. Коростелев, Р.А. Шипов. – М.: «Машиностроение», 1977. - 160 с.

2. Данилин, А.И. Схемотехнические особенности получения автодинного сигнала в преобразователях параметров перемещений элементов вращающихся узлов турбоагрегатов / А.И. Данилин, А.А. Грецов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева. – 2014. – №2(44). – С. 30-34.

УДК 531.781.2 (088.8)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АППРОКСИМАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА ВИХРЕТОКОВОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ГАУССОВЫМ ИМПУЛЬСОМ

А.Ж. Чернявский, С.А. Данилин, Е.Е. Дудкина

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

Ключевые слова: турбоагрегат, диагностика, аппроксимация, гауссовый импульс.

Основной безопасной эксплуатации турбоагрегатов является увеличение надежности и ресурса лопаток турбоагрегатов – газотурбинных двигателей (ГТД) и паровых турбин, что обуславливает потребность в информации об их фактическом состоянии в нагруженном состоянии.

Среди известных методов и средства диагностики и контроля деформационного состояния лопаток эксплуатируемых турбоагрегатов [1–5] выделяется бесконтактный дискретно-фазовый метод (ДФМ), позволяющий определять индивидуальное состояние и параметры перемещений каждой лопатки рабочего колеса турбоагрегата.

В классических реализациях ДФМ измеряют временные интервалы между моментами прохождения лопаток относительно нескольких