

центральной осью датчика и нормалью восстановленной к контролируемой поверхности представлена на рис. 3.

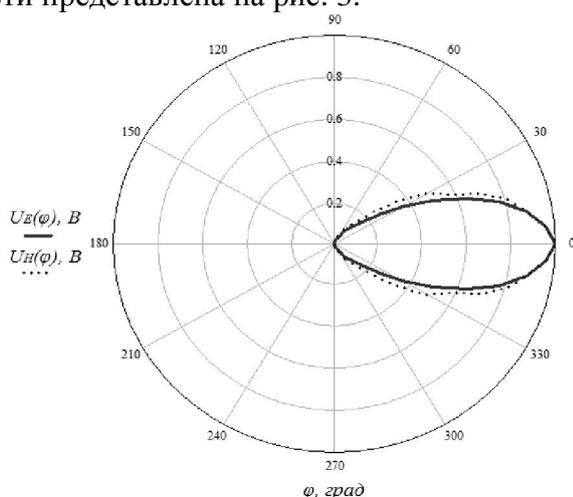


Рис. 3. Зависимость амплитуды доплеровского сигнала от угла между центральной осью датчика и нормалью, восстановленной к контролируемой поверхности

Анализ графиков показывает, что при изменении угла между осью датчика и нормалью, восстановленной к контролируемой поверхности в пределах от 0 до 10 градусов, амплитуда выходного сигнала уменьшается не более, чем на 10%. На основании экспериментальных данных получены количественные оценки приведённой погрешности определения параметров.

Библиографический список

1. Данилин А.И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. 218с.
2. Данилин А.И., Грецков А.А. Особенности математического моделирования доплеровского преобразователя для определения параметров перемещений лопаток энергоагрегатов. / Известия СНЦ РАН, т.15, №6(3), 2013. С. 654-659.

УДК 531.767

ДЕМОДУЛЯЦИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДОПЛЕРОВСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ЕГО БЕСКОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2016 А.И. Данилин, А.А. Грецков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DEMODULATION DOPPLER OUTPUT CONVERTER WITH ITS INTERACTION WITH CONTACTLESS SURFACE OF THE BLADE OF GAS TURBINE ENGINES

Danilin A.I., Gretskov A.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article describes the demodulation of the Doppler displacement transducer output signal at its non-contact with the surface of a gas turbine engine blades. The way of determining the amplitude, frequency and instantaneous phase of a gas turbine engine blade oscillation.

Применение доплеровских преобразователей перемещений элементов вращающихся узлов энергоагрегатов требует использования специальных методов демодуляции информационного сигнала. Это обусловлено тем, что лопатка находится в активной зоне датчика короткий промежуток времени, который во много раз меньше периода колебаний лопатки, что делает затруднительным определение скорости лопатки классическим методом [1]. Данная задача может быть решена с помощью использования статистического накопления и обработки информационного сигнала, который подра-

зумевает, что в процессе накопления информации лопатка пройдет мимо датчика хотя бы один раз в фазах, соответствующих экстремальным значениям измеряемого параметра.

На рис. 1 приведён выходной сигнал доплеровского первичного преобразователя. Если торец лопатки во время колебательного движения проходит положение равновесия, то автодинный сигнал будет двухполярным и симметричным относительно момента времени, когда центр торца лопатки проходит через ось датчика. В этот момент времени расстояние от датчика до поверхности торца

равно установочному зазору r_0 , а начальная фаза лопатки φ_k равна 0 или π , в зависимости от направления движения лопатки. Факт симметрии автодинного импульса может быть установлен в случае, если пиковые значения двухполярного импульса равны по модулю.

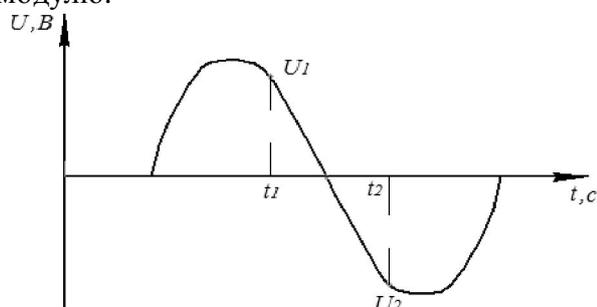


Рис. 1. График автодинного сигнала при прохождении лопаткой положения равновесия

Тогда для соответствующего зазора максимальное значение вершины импульса U_{max} соответствует максимальному значению расстояния r_{max} до поверхности контролируемой лопатки в процессе её движения, а минимальное значение вершины импульса U_{min} соответствует минимальному значению расстояния r_{min} до поверхности контролируемой лопатки, как показано на рис. 2.

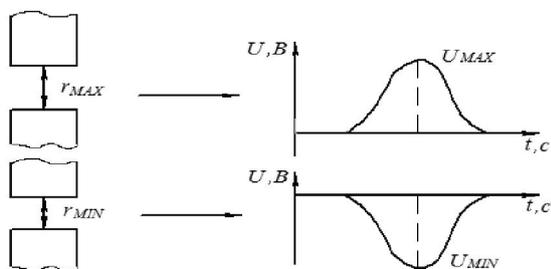


Рис. 2. Графики автодинного сигнала при максимальном отклонении лопатки от положения равновесия

Таким образом, амплитуда колебаний поверхности лопатки определяется по формуле:

$$A_k = \frac{r_{MAX} - r_{MIN}}{2}.$$

Фазы колебаний лопаток в момент прохождения торца лопатки над датчиком определяются следующим образом. По представленному выше способу находятся амплитуда колебаний лопатки A_k и напряжение вершины импульса U_i , которому соответствует расстояние r_i до контролируемой поверхности торца. Расстояние до лопатки в

тот момент, когда она проходит положение равновесия определяется по формуле:

$$r_p = \frac{A_{MAX} + A_{MIN}}{2}.$$

В этом случае фаза лопатки в момент времени прохождения над датчиком определяется выражением:

$$\varphi_i = \arcsin\left(\frac{r_i - r_p}{A_k}\right).$$

Для определения частоты колебания лопаток методом статистического накопления выбирается момент времени, когда лопатка в процессе колебаний проходит положение равновесия (рис. 1). В этом случае автодинный импульс будет двухполярным и будет описываться выражением:

$$U(t) = F(t) \cdot \sin\left(\frac{4\pi r_0}{\lambda} + \frac{4\pi A_k \sin(\omega_k t)}{\lambda}\right), \quad (1)$$

где $F(t)$ - огибающая автодинного сигнала, λ - длина волны зондирующего излучения, ω_k - частота колебаний лопатки;

Установочный зазор между датчиком и торцом лопатки выбирается таким образом, чтобы он был кратен длине волны излучения. В этом случае выражение (1) можно упростить:

$$U(t) = F(t) \cdot \sin\left(\frac{4\pi A_k \sin(\omega_k t)}{\lambda}\right). \quad (2)$$

Поскольку лопатка в процессе колебаний проходит положение равновесия, её аргумент близок к нулю и выражение (2) принимает вид:

$$U(t) \approx \frac{4\pi F(t) A_k \omega_k t}{\lambda}.$$

Частота колебаний лопатки определится выражением:

$$\omega_k \approx \frac{\lambda(U(t_2) - U(t_1))}{4\pi A_k [t_2 F(t_2) - t_1 F(t_1)]},$$

где t_1, t_2 - моменты времени, когда автодинный сигнал достигает экстремальных значений.

Библиографический список

1. Данилин А.И., Грецков А.А. Особенности математического моделирования доплеровского преобразователя для определения параметров перемещений лопаток энергоагрегатов. / Известия СНЦ РАН, т.15, №6(3), 2013. С. 654-659.