

сигналов, но и сократить временные и аппаратные затратами при создании специализированных устройств.

Список использованных источников

1. Щерба А. Программируемые аналоговые схемы Anadigm. Использование виртуальных генераторов сигналов в САПР AnadigmDesigner2 [Текст]/А. Щерба//Компоненты и технологии. -2015 -№ 12. С.12-18.

УДК 531.781.2(079.4)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СИГНАЛА ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ДИСКРЕТНО-ФАЗОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

С.А. Данилин

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

Основным элементом базовой структурной схемы оптоэлектронного дискретно-фазового преобразователя (ОЭДФП) является вращающаяся светопроводящая система с оптической насадкой, выполненная на основе разветвленных световодных V-образных структур. Оптическая насадка позволяет канализировать и направлять поток излучения от передающей части светопроводящей системы на исследуемую поверхность, принимать отраженный от поверхности лопатки поток и с помощью приемной части светопроводящей системы канализировать его к фотоприемнику. Элемент оптической насадки, выполняющий функции излучателя и приемника излучения – приемно-передающий коллектор (ППК).

Отраженный от исследуемой поверхности поток излучения содержит в себе информационные компоненты о параметрах геометрии поверхности лопатки. Поэтому важно разработать математическую модель взаимодействия сформированного оптической насадкой потока излучения с криволинейной поверхностью лопатки, получить количественные оценки информационного сигнала и после его анализа разработать алгоритм функционирования преобразователя геометрии поверхности лопаток ГТД.

На рисунке 1 приведена схема взаимодействия излученного ППК потока с боковой поверхностью P (спинкой) лопатки в терминологических категориях фотометрии и геометрической оптики. Оптическая насадка вращается в плоскости XOY , сканируя сформированным световым потоком поверхность лопатки в некотором конкретном сечении. При работе устройства ось штабика образует с вертикалью параллельной оси OY текущий угол γ .

Освещенность $E(\theta_{inp})$ площадки, наклоненной под углом θ_{inp} , от отдельного луча интенсивностью $J(\theta_{iu})$ индикатрисы излучения:

$$E(\theta_{inp}) = \frac{J(\theta_{iu})}{s_i^2} \cos \theta_{inp}, \text{ где } s_i = s_{iu} + s_{inp}.$$

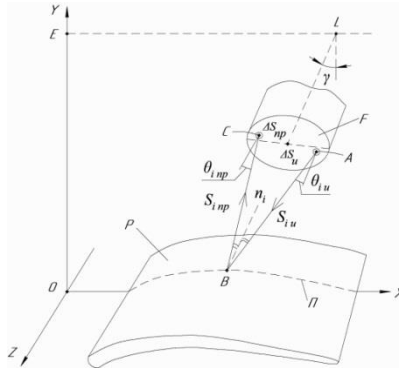


Рисунок 1 – Формализованная схема взаимодействия ППК оптической насадки преобразователя с боковой поверхностью пера лопатки

Индикатриса излучения $J(\theta_u)$ нестационарного излучателя определяется экспериментально с помощью гониофотометров [1]. При разработке общей методики определения принимаемого светового потока использована нормированная индикатриса излучателя, числовые характеристики которой получены экспериментально с помощью гониофотометра с подвижным фотоприемником системы «Smart Systems» и в графическом варианте приведены на рисунке 2.

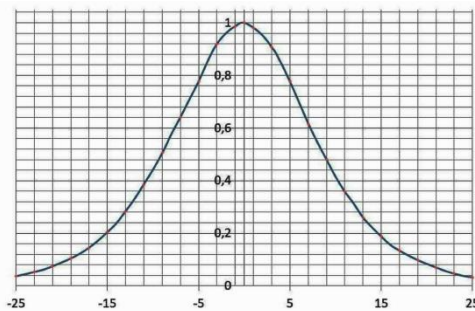


Рисунок 2 – Экспериментальная нормированная индикатриса излучения прямо-передающего коллектора оптической насадки

Для определения светового потока от каждого луча θ_{iu} индикатрисы излучения $J(\theta_u)$, попадающего после отражения на ППК, предлагается воспользоваться моделью, представленной на рисунке 3. В этой модели справа изображены излученный s_{iu} и отраженный и, соответственно, принятый s_{inp} лучи, а слева их проекции на плоскость ППК. Такой подход позволяет упростить нахождение требуемых фотометрических характеристик путём последующего перехода к полярным координатам.

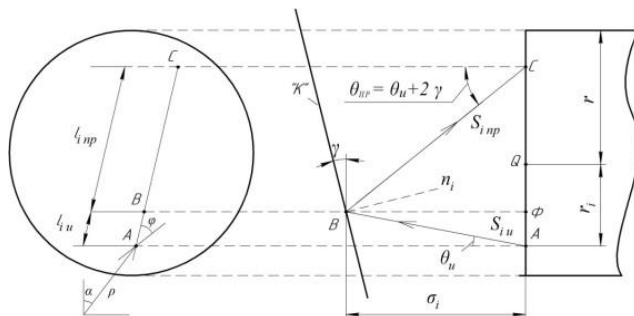


Рисунок 3 – Модель формирования информационного светового потока

Для полной фотометрической характеристики боковой поверхности пара лопатки необходимо использовать пространственную индикатрису рассеяния $T(\theta_{np})$ оптического излучения, отраженного этой поверхностью. Исследования по формированию индикатрисы рассеяния отраженного потока от поверхности лопатки для различных значений ее шероховатости подробно рассмотрены в [2]. Суммарный световой поток всех лучей, излученных одной элементарной излучающей площадкой, и принятый всеми элементарными приемными площадками ППК, можно записать:

$$\Delta\Phi_{np} = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi \int_{l_1(\varphi)}^{l_2(\varphi)} T(\theta_u + 2\gamma) \frac{J(\theta_u)}{s_i^2} \cos(\theta_u + 2\gamma) \eta(\sigma, \theta_u) d\theta_u .$$

Дальнейшее суммирование по всем элементарным излучающим площадкам ППК даст искомый световой поток, попадающий в конечном итоге, на фотоприемник:

$$\Phi_{np} = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha \int_{r_1(\alpha)}^{r_2(\alpha)} \Delta\Phi_{np} r dr .$$

Если в качестве фотоприемника используется полупроводниковая структура, обладающая внутренним фотоэффектом [3], то генерируемый фототок:

$$I_{\phi} \approx 10^6 \frac{\Phi_{np}}{\pi r^2}$$

Список использованных источников

1. Гуревич М. М. Фотометрия (теория, методы и приборы) СПб.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983.

2. Чичигин Б..А. Разработка методов и средств лазерного контроля геометрии лопаток газотурбинных двигателей: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / Чичигин Борис Анатольевич. – Москва, 2007. – 147 с.

Быстров Ю.А. Оптоэлектронные устройства в радиолюбительской практике: Справ. пособие / Ю.А. Быстров, А.П. Гапунов, Г.М. Персианов.- М.: Радио и связь, 1995.160 с.: ил.

УДК 620.179.18

АВТОДИННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ФОРМЫ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТОВ

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

Выявление опасных форм колебаний является важной задачей контроля деформационного состояния лопаток турбоагрегата [1]. Перспективным направлением разработки аппаратуры для контроля форм колебаний лопаток является применение автодинных дискретно-фазовых преобразователей. Принцип действия таких преобразователей основан на статистическом накоплении информации и анализе экстремальных значений информационного сигнала [2]. Преобразователь на основе автодинного модуля, установленный в корпусе турбоагрегата, формирует зондирующее излучение в направлении торца контролируемой лопатки. Излучение, отраженное от торца деформированной лопатки, поступает на приемно-передающий элемент первичного преобразователя, на выходе которого формируется информационный сигнал.

Результатом анализа информационного сигнала преобразователя формы колебаний лопатки является информация об амплитуде изгибных колебаний и зазоре между корпусом турбоагрегата и торцом лопатки. Для определения формы колебаний необходимо определить соотношение