

- при наличии АЦП с памятью (с регистрами на выходе), осуществлять работу с однократным использованием датчика концентрации натрия 11;  
проводить диализ, функционально изменяя концентрацию натрия в диализирующей жидкости, соответственно изменяя выходное напряжение источника опорного напряжения 1;
- при установлении уровня логического «0» на выходе генератора тактовых импульсов 7, проводить диализ с использованием диализирующей жидкости нормальной концентрации, содержащейся в ёмкости 31 (без коррекции её концентрации).

#### Список использованных источников

1. Стецюк Е.А., Лебедев С.В. Классический гемодиализ. — М.: Алтин, 1997.— 184 с.
2. Зельдин Е.А. Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной аппаратуре.— Л.: Энергоатомиздат, 1986.— 280 с.

УДК 62-135

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ УСТАНОВКИ И РАСКРУТКИ ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН ОДНИМ БЕСКОНТАКТНЫМ ДАТЧИКОМ

Щёголев В.В., Медников В.А.

Одной из задач при нахождении параметров движения лопаток турбомашин является определение их угловых положений.

В настоящее время существуют способы /1/, которые на основе информации, получаемой с датчиков в дискретные моменты времени, позволяют определять углы установки и раскрутки лопаток рабочего колеса газотурбинного двигателя (ГТД). Однако известные способы /1/ позволяют контролировать углы установки и раскрутки лопаток ГТД только в ограниченном диапазоне и имеют относительно низкую точность измерения. Кроме того, при реализации известных способов определения угловых положений лопаток необходимо использовать несколько датчиков. Например, для применения способа /1, стр. 41/ необходимо использовать три датчика и информацию об угле установки профиля лопатки.

Авторами разработан метод, позволяющий уменьшить количество датчиков, необходимых для определения угловых положений лопаток турбомашин.

Сущность предлагаемого метода поясняется схемой, представленной на рис.1, где обозначены: 1 - лопатка с угловым положением  $\alpha$  в момент начала взаимодействия с вихретоковым преобразователем (ВТП), 2 - лопатка с угловым положением  $\alpha$  в момент окончания взаимодействия с ВТП, 3 - чувствительный элемент (ЧЭ) ВТП,  $V$  - вектор линейной скоро-

сти (ЛС) движения периферийного сечения (ПС) лопатки,  $S$  – длина пути прохождения ПС лопатки, при котором лопатка взаимодействует с ВТП,  $C$  – ширина следа ПС лопатки.

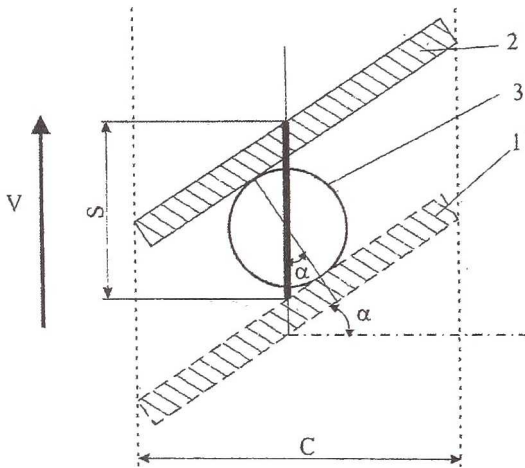


Рисунок 1 – Схема, поясняющая методы определения углов установки и раскрутки лопаток турбомашин одним бесконтактным датчиком

Для определения углового положения лопаток предлагаемым методом предварительно получают зависимость  $S(\alpha)$  длины пути  $S$  взаимодействия ПС лопатки с ВТП от ее углового положения  $\alpha$ . Эту зависимость находят теоретически, или экспериментально. Например, для лопатки с прямоугольным профилем ПС зависимость длины пути  $S$  взаимодействия ПС от ее углового положения в первом приближении можно определить теоретически, в соответствии с расчетной схемой рис. 1., из выражения:

$$S(\alpha) = (d + h) \cdot \sec \alpha \quad (1),$$

где  $d$  – диаметр ВТП,  $h$  – толщина лопатки.

По полученной зависимости  $S(\alpha)$  строят обратную ей зависимость  $\alpha(S)$ . Например, для лопатки с прямоугольным профилем ПС из зависимости (1) получают зависимость:

$$\alpha(S) = \arccos \frac{S}{d + h} \quad (2).$$

Экспериментально зависимость  $\alpha(S)$  можно получить следующим образом: устанавливают лопатку под заданным углом к направлению перемещения, перемещают лопатку, наблюдают за сигналами взаимодействия лопатки с ВТП, отмечают положение лопатки, при котором она начинает взаимодействовать с ВТП, отмечают положение лопатки, при котором ее взаимодействие с ВТП прекращается, измеряют расстояние  $L$  между положениями начала и окончания взаимодействия лопатки с ВТП, вычисля-

ют длину пути  $S$  прохождения ПС лопатки между положениями начала и окончания ее взаимодействия с ВТП с учетом траектории ее движения (например, при движении ПС лопатки в лопаточном венце по окружности длину пути  $S$  вычисляют по формуле:  $S = 2R \cdot \arcsin \frac{L}{2R}$ , где  $R$  - радиаль-

ное расстояние ПС лопатки от оси вращения ротора). Совокупность других пар значений углового положения лопатки  $\alpha$  и длины пути взаимодействия с ВТП  $S$  определяют аналогичным образом задаваясь другими возможными значениями углового положения лопатки. По полученным данным строят искомую зависимость  $\alpha(S)$ .

В процессе работы турбомашин фиксируют значения измеряемых сигналов с ВТП при прохождении лопатками чувствительной зоны ВТП, измеряют длительность импульса  $t_{и}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с ВТП. Кроме того, измеряют линейную скорость движения ПС лопатки  $V$ . Затем вычисляют длину пути  $S$  взаимодействия лопатки с ВТП умножая длительности импульса  $t_{и}$  на линейную скорость движения ПС лопатки  $V$ . Подставляя найденное значение длины пути  $S$  в полученную ранее зависимость  $\alpha=f(S)$  определяют угловое положение лопатки. Например, для лопатки с прямоугольным профилем ПС подставляют найденное значение длины пути  $S$  взаимодействия ПС лопатки с ВТП в зависимость (2).

Диапазон измеряемых углов зависит от положения ВТП относительно центра вращения ПС лопатки, и определяется условием прохождения следа ПС лопатки в зоне чувствительности ВТП.

Также с помощью одного периферийного датчика (ВТП), угловые положения лопаток можно определять на основе измерения скважности импульсов с ВТП без измерения ЛС движения ПС лопатки  $V$ . Для этого в процессе работы турбомашин предлагается измерить период следования импульсов  $T$ , длительность импульса  $t_{и}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с ВТП. Затем вычислить скважность  $Q$  как отношение периода следования импульсов  $T$  к длительности импульса  $t_{и}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с ВТП.

Длину пути  $S$ , при котором лопатка взаимодействует с ВТП можно определить с помощью пропорции: длительность импульса  $t_{и}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с ВТП так относится к периоду следования импульсов  $T$ , как длина пути  $S$ , при котором лопатка взаимодействует с ВТП относится к величине шага между лопатками. Отсюда следует, что длину пути  $S$ , при котором лопатка взаимодействует с ВТП можно определить как произведение длительности импульса  $t_{и}$  на величину шага между лопатками деленное на период следования импульсов  $T$ , т.е. равно отношению величины шага между лопатками к скважности импульсов  $Q$ .

Иначе, путь  $S$  можно определить делением величины шага между лопатками на скважность импульсов  $Q$ .

Угловое положение лопатки определяют, подставляя полученное значение длины пути  $S$  в полученную ранее зависимость  $\alpha=f(S)$ .

Этот вариант позволяет определять угловое положение лопаток без измерения линейной скорости движения ПС лопатки.

Точность определения углового положения лопаток зависит от точности измерения периода следования импульсов  $T$  и длительности импульса  $t_{и}$ , в течение которого лопатка взаимодействует с ВТП, на которые оказывают влияние колебания лопаток турбомашин. Для уменьшения этого влияния при стационарном режиме работы турбомашин скважность импульсов  $Q$  можно вычислять как отношение среднеарифметической величины периодов следования импульсов  $T$  к среднеарифметической величине длительности импульсов  $t_{и}$ , в течение которых лопатка взаимодействует с ВТП, получаемых за несколько предыдущих временных интервалов прохождения лопаток перед ВТП или оборотов ротора турбомашин.

В качестве источников первичной информации вместо ВТП можно применять и другие типы датчиков, например, оптические, выходной сигнал которых зависит от расстояния его чувствительной зоны до ПС лопатки.

Аналитические зависимости определения углов установки и раскрутки лопаток с более сложной формой ПС можно получать аналогично для известной формы ПС по представленной методике, либо экспериментально.

Предлагаемые методы позволяют получать информацию об угловом положении лопаток используя только один периферийный датчик и не используя информацию об угле установки.

#### Список использованных источников

1. Заблочный И.Е., Коростелев Ю.А., Шипов Р.А. Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин. М.: Машиностроение, 1977. – 160 с.

УДК 681.3

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ СТ-601

Репкин И. Е.

В микроэлектронном производстве для монтажа проволочных перемычек в микросборках часто используется установка СТ-601. Она представляет собой полуавтомат, присоединяющий проволочные перемычки методом ультразвуковой сварки в ручном и автоматическом режимах. К сожалению, эксплуатационные характеристики этой установки не удовлетворяют современным требованиям. В данной работе предлагается вари-