

УДК 681.78

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА ЭРОЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

Ахмеров А.Х. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Васильев А.С.

(Университет ИТМО)

В работе рассматриваются принципы построения и функционирования основных узлов оптико-электронного комплекса эрозионного контроля, предназначенного для оценки степени эрозионного износа лопаток паровой турбины на закрытом цилиндре. Представлена общая структура комплекса и порядок формирования, преобразования и передачи информации между его ключевыми компонентами.

**Введение.** Паровые турбины представляют собой основу современной энергетики и являются источником более половины всей электроэнергии в России. Износ лопаток паровых турбин может вызвать их облом, который может привести к выходу всей турбины из строя и аварийным ситуациям, представляющим опасность для обслуживающего персонала. Контроль износа лопаток паровых турбин производится большим количеством разнообразных методов, однако единственным средством диагностики на валоповоротном устройстве при закрытом цилиндре является метод видеоэндоскопирования.

Метод видеоэндоскопирования заключается во введении видеоэндоскопа внутрь турбины через специальные технологические каналы, получении изображений лопаток и последующей оценке степени износа. На сегодняшний день метод видеоэндоскопирования является лишь вспомогательным, так как не позволяет принять решение о необходимости ремонта или ее отсутствии. Это связано с неопределенностью позиционирования видеоэндоскопа в турбине, и отсутствием средств обработки изображений, которые могли бы обеспечить воспроизводимое автоматическое измерение дефектов лопатки.

Таким образом, возрастает актуальность создания оптико-электронного комплекса эрозионного контроля лопаток паровых турбин, позволяющего провести диагностику на закрытом цилиндре в автоматическом режиме и принять решение о необходимости ремонта без демонтажа корпуса.

**Основная часть.** Проведенные ранее исследования позволяют сформировать общую структуру комплекса эрозионного контроля. Ключевым узлом комплекса является многоканальный видеоэндоскоп, при помощи которого осуществляется получение изображений. Многоканальная реализация позволяет избежать перепозиционирования устройства съёмки во время диагностики, снижая погрешность измерений и ускоряя процедуру осмотра.

Для получения полных изображений контролируемой поверхности применяется метод разноракурсного комплексирования, основанный на сопоставлении опорных точек исходных снимков, соответствующих одним и тем же точкам пространства. При этом, для функционирования алгоритмов комплексирования необходимо, чтобы поля зрения соседних камер многоканального видеоэндоскопа имели по меньшей мере 30% пересечения полей зрения.

Во время диагностики турбина постоянно вращается при помощи валоповоротного устройства. Поэтому, процесс получения изображений контролируется устройством синхронизации, состоящим из датчика нулевого положения и датчика угла поворота. Двухкомпонентная структура устройства синхронизации позволяет измерять абсолютную угловую координату и запускать процесс съёмки при угловых положениях, выявленных в процессе калибровки.

Для первичной калибровки угловых положений лопаток предлагается применить корреляционный метод. Сначала в качестве эталонного снимка оператором или автоматически

выбирается изображение, полученное при помощи многоканального видеоэндоскопа, на котором лопатка находится в предпочтительном положении (как можно ближе к центру кадра). В режиме непрерывной съёмки регистрируются изображения за один оборот турбины, маркированные угловыми координатами устройства синхронизации. Для каждого из полученных снимков подсчитывается коэффициент корреляции с эталонным изображением. Лопатки имеют высокий уровень сходства между собой, поэтому коэффициент корреляции изображений будет в первую очередь определяться положением лопатки в кадре. Таким образом, угловые координаты, соответствующие максимальным значениям коэффициента корреляции, могут быть записаны как угловые позиции для регистрации изображений.

Согласование работы многоканального видеоэндоскопа, устройства синхронизации, а также передача полученных данных на устройство обработки осуществляется посредством блока сопряжения. Через блок сопряжения также может обеспечиваться электропитание многоканального видеоэндоскопа и устройства синхронизации.

Устройство обработки принимает данные, от блока сопряжения, а именно, изображения от каналов многоканального видеоэндоскопа и угловые координаты, при которых они были получены. Маркировка снимков угловыми координатами позволяет идентифицировать каждую лопатку, попадающую в кадр, тем самым обеспечивая возможность оценки динамики износа и прогнозирования оптимального срока замены лопаток. Для каждой серии снимков автоматически осуществляется разноракурсное комплексирование, измерение хорды лопатки, а также поиск и измерение поверхностных дефектов.

**Выводы.** Результаты исследований позволили сформировать общую структуру оптико-электронного комплекса эрозионного контроля лопаток паровых турбин, состоящую из многоканального видеоэндоскопа, устройства синхронизации, блока сопряжения и устройства обработки.