

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.2 - С.387-390

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТУРБОАГРЕГАТА**

*Манапова Н.М.*

*Магистр педагогических наук, преподаватель кафедры  
«Радиотехника, электроника и телекоммуникации»  
НАО «Казахский агротехнический университет им. Сакена  
Сейфуллина»,  
г.Нур-Султан, Казахстан*

Ключевые слова: диагностика, турбоагрегат, трансформатор.

**АННОТАЦИЯ:** В данной статье рассматривается разработка интеллектуальной системы диагностики технического состояния турбоагрегата. Изложены вопросы организации ремонта паровых турбин энергетических блоков ТЭЦ. Описаны технология и рабочие приемы проведения экспресс-испытаний, позволяющих с минимальными затратами времени и ресурсов произвести оценку технического состояния турбоагрегата.

Своевременная диагностика электродвигателей повышает надежность их функционирования. В результате проведения диагностических работ появляется информация о соответствии, или несоответствии, состояния оборудования относительно норм. Так же, при наличии несоответствия, указываются вид, место, а в некоторых случаях и причина возникновения дефекта.

Поскольку электродвигатели, применяемые в различных сферах деятельности человека, разнообразны как по характеристикам, так и по конструкции, то и методов и средств диагностирования существует большое количество. Для измерения и контроля количественных и качественных характеристик электроприводов применяются средства, отличающиеся друг от друга принципами взаимодействия с приводом, представлением выходных данных, формой обработки сигналов и рядом других признаков.

Аппаратная часть средств диагностирования представляет собой определенные приборы, стенды, пульта, а так же компьютеризированные устройства. Аппаратуру можно встроить в электродвигатель. Чаще всего в качестве встроенной диагностической аппаратуры выступают амперметры, вольтметры, частотомеры, а так же световые и звуковые оповещательные устройства.

Внешняя диагностическая аппаратура подключается к приводу только в процессе регистрации данных. В качестве такой аппаратуры выступают комбинированные приборы, тестеры, осциллографы, мобильные измерительные комплексы.

К специализированным средствам относят такие приборы, которые работают с оборудованием определенного типа, либо являющиеся универсальными. Универсальные средства диагностирования сложны с технической точки зрения, имеют множество разнородных датчиков и строятся, как правило, на основе компьютерной техники.

Поскольку при диагностике всё больше применяется компьютеризированной и микроконтроллерной техники, то необходимо наличие и специализированного программного обеспечения. Такие программные средства записаны в диагностические приборы и системы, позволяют выполнять программную обработку диагностических данных, конвертировать, сохранять и передавать информацию, в том числе и на центральный диспетчерский пульт. В сочетании с аппаратной частью программное обеспечение образуют программно-аппаратные средства диагностики.

Помимо ручного управления диагностическими средствами, возможна их автоматизация. В случае автоматизации работы системы диагностики участие персонала требуется только для подключения и выбора режима диагностирования [1]. К автоматизированным средствам диагностики относятся сигнатурные и логические анализаторы.

Обработка диагностических сигналов может производиться как в аналоговой форме, так и в цифровой. Как следствие, готовые данные так же могут быть представлены в аналоговой и цифровой форме.

Если диагностическая система только снимает текущие данные с электропривода, то такая система является пассивной. Если же информация получается после воздействия на электродвигатель определенными формами и видами сигналов, то такая система является активной. Как правило, активные системы воздействуют на диагностируемое оборудование не постоянно, а с некоторой периодичностью, тогда как пассивные системы могут снимать данные непрерывно.

Экологические вопросы способствовали выработке электроэнергии с использованием возобновляемых источников энергии. Это привело, среди различных возможных решений, к распространению ветряных электростанций для производства энергии ветра [2].

Наиболее перспективными и востребованными средствами диагностики на сегодняшний день являются микропроцессорные и компьютеризированные приборы. Благодаря постепенной микроминиатюризации электронных средств, всё большее применение находят встраиваемые микропроцессорные программно-аппаратные средства.

Наилучшие результаты при диагностировании электродвигателей были получены с помощью виброакустической диагностики [3][4].

В проводимом исследовании было принято решение контроль и мониторинг оборудования проводить на основе обработки виброакустических данных, получаемых с датчиков, которые устанавливаются непосредственно на электродвигатель, а так же основание и обвязку.

Метод анализа и обработки диагностических сигналов был реализован в виде компьютерного прибора. Разработанный прибор, благодаря применению элементов искусственного интеллекта, работает в режимах «обучения» и «измерения», что позволяет встраивать его в существующие системы контроля, мониторинга и диагностики с расширенным спектром оборудования.

Результатом регистрации виброакустических сигналов, генерируемых каким-либо технологическим оборудованием, являются сигналы сложной формы. Выделить из таких диагностических сигналов полезную информацию, используя существующие методы обработки диагностических сигналов, достаточно сложно [5, с. 22].

Поскольку основное влияние на изменение экономичности турбоустановки оказывает состояние проточной части турбины, в качестве основного раздела программы необходимо предусмотреть проведение опытов на конденсационном режиме с полностью отключенной системой регенерации, что исключает влияние отдельных элементов тепловой схемы и режимных параметров на уровень экономичности и, следовательно, позволяет выявить влияние лишь собственно турбины. Действительно, при наличии в каждом из последовательно проведенных испытаний с полностью включенной регенерацией расхождений между измеренными расходами свежего пара и питательной воды и при различных параметрах работы отдельных регенеративных подогревателей будет невозможно корректно сопоставить результаты испытаний между собой и однозначно определить снижение мощности установки, обусловленное лишь состоянием проточной части (износом уплотнений, заносом, повреждениями лопаточных аппаратов, не плотностями стыков диафрагм и т.д.) и конденсатора.

Учитывая, что в экономике системы доминирует влияние потребления тепловой энергии, оптимизация конфигурации системы ориентируется на анализ потребления тепловой энергии. Тщательный и интенсивный анализ фокусируется на оптимальной конфигурации системы при различном количестве турбоагрегатов и различной температуре обратной воды [6].

На значение относительно-внутреннего КПД цилиндра турбины влияют в основном следующие факторы:

- характеристика системы парораспределения (давление за регулируемыми клапанами, потери при их полном открытии, значения "перекрыш");
- давление по проточной части;
- состояние лопаточного аппарата и протечки через над бандажные и диафрагменные уплотнения, разъемы диафрагм и цилиндров.

Однако, если влияние двух первых факторов на изменение значения КПД в период между последовательными испытаниями может быть хотя бы приблизительно оценено с помощью  $I-S$  диаграммы, то способы непосредственного контроля внутрицилиндровых протечек отсутствуют и об изменении их значения приходится судить лишь по результатам косвенных измерений температуры за контролируемым отсеком турбины.

Так как температура пара, протекающего через внутренние уплотнения, существенно выше температуры пара, проходящего через сопловой и лопаточный аппараты, то при одинаковых условиях с увеличением зазоров в уплотнениях в период эксплуатации температура пара и, следовательно, энтропия, на выходе из цилиндра будут превышать исходные значения на всё большую величину. При этом соответственно будут снижаться относительно - внутренние КПД турбин ЦВД и ЦСД, рассчитанные по параметрам пара, измеренным до и после цилиндра.

При включенной регенерации, когда часть высокотемпературных протечек в лопаточном аппарате сбрасывается в соответствующие подогреватели, температура пара после цилиндра будет меньше, чем в случае без регенерации, а значение относительно внутреннего КПД будет больше аналогичных значений, полученных в опытах с отключенной регенерацией. Исходя из этого, по значению расхождений относительно-внутренних КПД, полученных в опытах с включенной и отключенной регенерацией во времени, можно судить об изменении "плотности" проточной части соответствующего цилиндра турбины.

Таким образом, как показывает анализ результатов многочисленных испытаний и ремонтов турбин разных типов, наиболее существенными причинами снижения относительно-внутренних КПД турбин являются:

- повышенное дросселирование в системе парораспределения;
- увеличение зазоров в проточной части по сравнению с расчетными значениями;
- несоответствие размеров и формы проходных сечений расчетным;
- занос проточной части, влияющий как на величину профильных потерь, так и в ряде случаев на расход пара;
- повреждение лопаточных аппаратов и других элементов проточной части.

В связи с тем, что период ремонтных работ строго ограничен по времени, очень важно перед вскрытием турбины иметь более полную информацию о состоянии турбоагрегата, о характере и местонахождении повреждений, что позволит до вскрытия выяснить возможную потребность в соответствующих запасных комплектах соплового и лопаточного аппаратов, уплотнительных сегментов, гребней и т.д. Это даст возможность значительно сократить сроки ремонта и раньше ввести агрегат в работу, т.е. приступить ТЭЦ к выработке тепловой и электрической энергии.

## Выводы

1. Тщательно проводимые с соблюдением всех рекомендаций и

соответствующей периодичностью ЭИ при сравнительно небольших затратах и трудоемкости помогают своевременно обнаружить дефекты в техническом состоянии турбоагрегата и его элементов, влияющие на уровень экономичности.

2. Для получения надежных и сопоставимых между собой результатов при проведении последовательных испытаний необходимо соблюдать два основных условия: полная идентичность тепловой схемы и режимных параметров и применение одних и тех же регулярно поверяемых измерительных приборов и датчиков рекомендуемого класса точности.

3. Признаком практически любого сколько-нибудь заметного дефекта проточной части турбины является отклонение от нормы давления пара в одной или нескольких ступенях. Учитывая относительную простоту измерений, контроль давления по ступеням следует осуществлять постоянно в целях своевременной фиксации отклонений от нормы.

4. ЭИ позволяют существенно сократить сроки ремонта турбоагрегатов и снизить затраты на его проведение.

5. Операции ЭИ следует проводить в процессе эксплуатации, их можно выполнять силами персонала ТЭЦ без привлечения сторонних организаций.

#### Список использованной литературы:

1. Брякин И.В., Бочкарев И.В., Келебаев К.К. Диагностика параметров электрических машин переменного тока. «Электротехнические системы и комплексы». Магнитогорск: МГТУ им. Г.И.Носова, 2017, стр. 38-44

2. [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=8&SID=F1PXU7GNQs4s7PyOZTx&page=1&doc=1](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=8&SID=F1PXU7GNQs4s7PyOZTx&page=1&doc=1)

3. Koshekov K.T., Kaslievkin A.A., Latypov S.I., Savostina G.V., Kosliekov A.K., Klikhslin Y.N., Sofina N.N. An Intelligent System for Vibrodiagnostics of Oil and Gas Equipment. Russian Journal of Nondestructive Testing. 2018. Vol. 54. No. 4, pp. 249-259.

4. Koshekov K.T., Kaslievkin A.A., Latypov S.I., Savostina G.V., Kosliekov A.K., Klikhslin Y.N., Sofina N.N. An Intelligent System for Vibrodiagnostics of Oil and Gas Equipment. Russian Journal of Nondestructive Testing. 2018. Vol. 54. No. 4, pp. 249-259.

5. Кошеков К.Т., Кликушин Ю.Н. Теоретические основы идентификационных измерений и преобразований сигналов: монография. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing & Co.KG, 2011. 171 с.

6. [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=8&SID=D25kfHsCKf58Hlog3D1&page=1&doc=5](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=8&SID=D25kfHsCKf58Hlog3D1&page=1&doc=5)