

Литература

1. Шibaкин, Р. С. Функциональные платформы для освоения месторождений мелководного шельфа / Р. С. Шibaкин, С. И. Шibaкин // Газовая пром-сть. – 2013. – № 2 (686). – С. 66–69.
2. Филиппова, О. В. Освоение континентального шельфа – важная задача для России / О. В. Филиппова // Газовая пром-сть. – 2014. – № 2 (702). – С. 76–77.
3. Шумовский, С. А. Перспективы освоения нового маршрута транспортировки углеводородов за счет создания нефтяного и газового терминалов на архипелаге Новая Земля / С. А. Шумовский // Георесурсы, геознергетика, геополитика. – Режим доступа: http://oilgasjournal.ru/vol_4/shumovski.html/. – Дата доступа: 10.02.2014.
4. Туренко, Б. Г. Методические аспекты сравнения использования эффективных систем транспортировки нефти, газа, нефтегазопродуктов / Б. Г. Туренко, В. А. Хамнаев // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2020. – № 3 (32). – С. 389–393.
5. Организационная и региональная структура нефтяной промышленности России / Л. В. Эдер [и др.] // Эколог. вестн. России. – 2013. – № 7. – С. 10–15.
6. Нефтегазовый комплекс России как основа формирования доходов государства / Л. В. Эдер [и др.] // Эколог. вестн. России. – 2013. – № 10. – С. 4–9.

УДК 621.65.03

**ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ
НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ****А. М. Панфилов**

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрена актуальность проведения технического диагностирования насосного оборудования, представлен опыт проведения вибродиагностирования данного оборудования.

Контроль работоспособности насосных агрегатов осуществляется при проведении диагностических контролей (оперативного, планового, непланового) по параметрическим и виброакустическим критериям, а также по техническому состоянию отдельных узлов и деталей, насосов, находящихся в эксплуатации. По результатам диагностических контролей принимается решение о выводе насосов в ремонт (текущий, средний или капитальный) или их дальнейшей эксплуатации. Спектральная характеристика вибрации и ее интенсивность определяются типом насоса и режимов его работы [1].

Насосное оборудование нашло широкое применение в разных сферах деятельности, в процессе эксплуатации насосного агрегата его техническое состояние меняется вследствие износа деталей и узлов, накопления повреждений, и в результате – отказ и остановка, вызванные аварийным выходом из строя насоса в целом. Такие остановки приводят к повышенному объему ремонтных работ, сокращению общего срока службы машины, повреждению базовых поверхностей, восстановление которых в условиях эксплуатации не предоставляется возможным. В результате износа растут все виды потерь – гидравлические, объемные, механические, что ведет к снижению полного КПД и всех его составляющих, а также к деформации характеристик насосных агрегатов [1].

Рассмотрим несколько примеров вибродиагностирования насосного оборудования предприятий Гомельской области с помощью виброакустического измерительного комплекса под руководством профессора Н. В. Грунтовича.

На насосной станции КЖУП «Уником» города Жлобина был установлен новый насос фирмы ООО «Элком» РХ4-300.0-4 Channel (Papantonatossa) мощностью 95 кВт. После нескольких пусков насоса произошло его повреждение. Первое повреждение рабочего колеса насоса РХ4-300.0-4 КНС-2 КЖУП «Уником» произошло из-за ослабления крепления рабочего колеса крепежным болтом (незначительное самооткручивание данного болта). При замене вала и рабочего колеса ситуация повторилась и произошло второе повреждение рабочего колеса и вала. Фирма-продавец ООО «Элком», занимавшаяся установкой насоса и проводившая его ремонт, дала заключение, что повреждение насоса на КНС-2 произошло из-за гидроудара в область насоса, т. е. из-за неправильной его эксплуатации. Специалисты КНС-2 КЖУП «Уником» не согласились с таким заключением фирмы продавца и решили осуществить вибродиагностирование насосного оборудования с помощью специалистов в этой предметной области.

При ознакомлении с оборудованием КНС-2 научно-исследовательская группа (д-р техн. наук, профессор Н. В. Грунтович, студент энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого А. М. Панфилов) приняла решение выполнить виброакустическое диагностирование насоса-улитки Hidrostal мощностью 75 кВт, установленного взамен насосного агрегата РХ4-300.0-4 Channel ($Q = 900 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 25 \text{ м}$; $P_{\text{ном}} = 95 \text{ кВт}$) для трех возможных режимов работы [1, с. 143]:

- 1 режим: параллельная работа двух насосных агрегатов;
- 2 режим: параллельная работа трех насосных агрегатов;
- 3 режим: последовательное отключение параллельно работающих насосов.

В данном случае снятие виброакустических характеристик трех возможных режимов работы позволит либо подтвердить, либо опровергнуть возникновение обратных гидроударов насосного оборудования. Границы зон вибрационного состояния насосного оборудования для анализа спектров вибрации принимались в соответствии с [2, с. 17]. По результатам работы вибродиагностирования насосного оборудования на примере предприятия КЖУП «Уником» было сделано следующее заключение:

1. В низкочастотной области вибрации 6–12 Гц насоса-улитки увеличение вибрации не выявлено.

2. При установленной и постоянной мощности электродвигателей насосных агрегатов и наличии обратных клапанов на напорных трубопроводах возникновение гидроударов исключается, в том числе и многократных кратковременных обратных гидроударов.

3. Вибрация насосного агрегата Hidrostal (75 кВт), установленного вместо насосного агрегата РХ4-300.0-4 Channel (95 кВт) при различных режимах работы КНС-2 (различная комбинация включения насосных агрегатов), оставалась неизменной и минимальной – 72–74 дБ по виброускорению.

4. Причиной повреждения насосного агрегата РХ4-300.0-4 Channel (Papantonatossa) является только конструктивный недостаток данного насоса – самораскручивание болта крепления рабочего колеса во время работы.

Еще одно вибродиагностирование питательного насоса было выполнено на Гомельской ТЭЦ-1. На насосах были установлены датчики, и при помощи многоканального компьютерного виброакустического измерительного комплекса получены следующие результаты.

Результаты исследования снятия вибрации питательного насоса на частоте до 500 Гц [1, с. 130] следующие: из анализа спектров вибрации в точках 1–2 и 5–6 (рис. 1) было выявлено: увеличение вибрации на частоте 100 Гц с вероятностью 0,9 обусловлено магнитной несимметрией фазного напряжения или несимметрией омического сопротивления обмоток. Учитывая разницу вибрации на частоте 25 и 50 Гц, можно сказать о том, что присутствует незначительная неравномерность зазора между статором и ротором.

По спектрам вибрации в точках 1–2 определено, что вибрация в точке 1 обусловлена нарушением балансировки со стороны подшипника. По спектрам в точках 8–10 выявлено: нарушение балансировки ротора из-за неравномерного износа рабочего колеса ($f = 50$ Гц), лопастная пульсация рабочей жидкости ($f = 350$ Гц).

Результаты снятия вибрации питательного насоса на частоте до 5000 Гц: в точках 5–6 (рис. 2) на частотах в диапазоне 1100–1200 Гц было выявлено ослабление обмотки статора. В точках 2–3 на частоте свыше 4000 Гц выявлен процесс зарождения микрораковин, причем в точке 2 процесс зарождения развивается быстрее, чем в точке 3.

Результаты снятия вибрации питательного насоса на частоте до 10000 Гц: по спектрам вибрации 7–8 (рис. 3) на частотах от 6000 до 10000 Гц вибрация в точке 8 выше на 10 дБ свидетельствует о том, что на насосе в точке 8 идет больший износ поверхности рабочего колеса; по рис. 2 на частоте свыше 4000 Гц – вибрация железа.

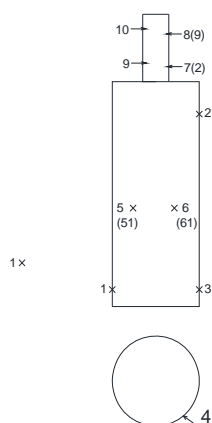


Рис. 1. Схема размещения вибродатчика на двигателе насоса (вид сверху)

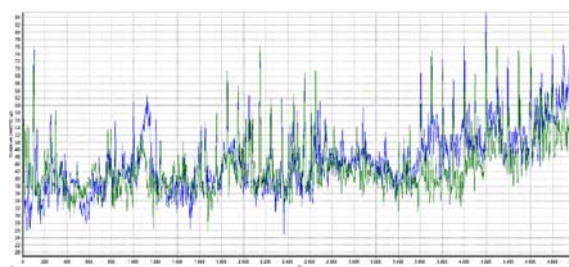


Рис. 2. Сравнение спектров амплитуд в точках 5 и 6 до 5000 Гц (5 – зеленый, 6 – синий)

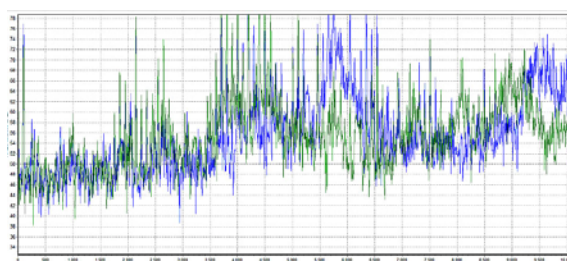


Рис. 3. Сравнение спектров амплитуд в точках 7 и 8 до 10000 Гц (7 – зеленый, 8 – синий)

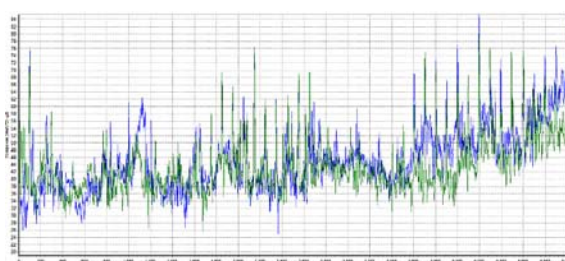


Рис. 4. Сравнение спектров амплитуд в точках 51 и 61 до 10000 Гц (51 – зеленый, 61 – синий)

Проведенные исследования насосного агрегата показали, что при вибрации в диапазоне частот от 5 до 500 Гц состояние машины находится в удовлетворительном состоянии и требует систематического контроля за оборудованием, а при работе машины в диапазоне частот 600–10000 Гц были выявлены более серьезные дефекты, требующие профилактического ремонта насосного оборудования и его систематического контроля.

Использование одного лишь метода вибродиагностирования для оценки технического состояния электрических машин может быть и недостаточно. Только использование данного метода в комплексе с методом диагностирования изоляции дает полную картину о состоянии электрической машины. Но все же периодический контроль вибраций позволяет сократить число аварийных остановок насосов. Если Вы хотите быть уверенными в своем работающем насосном оборудовании, то периодически необходимо проводить его диагностику для оценки его состояния.

Литература

1. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учеб. пособие / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое изд. ; М. : ИНФА–М, 2013. – 271 с. : ил. – (Высш. образование: Бакалавриат.)
2. ГОСТ 32106–2013. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. Condition monitoring and diagnostics of machines. Hazardous equipment monitoring. Vibration generated by rotodynamic pump and compressor units. – Введ. 01.11.2014.

УДК 641.548

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

К. А. Сарыев, Н. А. Алланазаров

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Представлены характеристики программы для проектирования ветряных электростанций, предлагаются методы расчета и анализа. Проведенные расчеты показывают, что данную программу можно широко использовать при разработке ветроэлектрической станции.

Обеспечение потребителей электрической энергией с помощью возобновляемых источников энергии, в частности, при преобразовании ветровой энергии в электрическую степень пуска и эксплуатаций ветровых электростанций подбираются в зависимости от сложных факторов. Одним из важнейших факторов является энергетический потенциал ветровых ресурсов и изменение их по времени, а также необходимость потребления энергии и мощности, где намечается строительство станции. Кроме того, предъявляемые требования к надежности электроснабжения и технико-экономическим показателям системы являются важными факторами.

Развитие системы цифрового образования предусматривает создание и распространение технологических инноваций в этой сфере, ускорение технологического развития учебных заведений, а также создание необходимой электронной базы данных для всех уровней образования и их доступ к сети Интернет [1]. Развитие цифрового образования – это современная система управления, позволяющая обеспечить высокое качество работы в научно-производственных центрах. Достигнутые цели