

стоимости электроэнергии до установки АСЭМ. Срок службы аккумуляторов в таком режиме составит 3–5 лет. Срок окупаемости системы энергетического менеджмента на базе других типов аккумуляторов не рассчитывался. И вполне возможно, что существует такой тип аккумуляторов, который позволяет сделать подобную систему окупаемой. Во всяком случае, наименьший срок окупаемости будет достигнут в том случае, если энергия, запасенная в аккумуляторах, не превышает потребляемой электроприемниками в период максимума нагрузок энергосистемы с учетом потерь.

Литература

1. Астахов, Ю. Н. Накопители энергии в электрических системах : учеб. пособие для электроэнергет. специальностей вузов / Ю. Н. Астахов, В. А. Веников, А. Г. Тер-Газарян. – М. : Высш. шк., 1989. – 159 с. : ил.
2. Смоленцев, Н. И. Накопители энергии в локальных электрических сетях / Н. И. Смоленцев // Ползунов. вестн. – 2013. – № 4.
3. Серебренников, Б. С. Повышение энергетической эффективности технологических процессов промышленных предприятий / Б. С. Серебренников, Е. Г. Петрова // Энергосбережение. – 2013. – № 1.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НАСОСА РХ4 КЖУП «УНИКОМ» г. ЖЛОБИНА

А. М. Панфилов

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

Научный руководитель Н. В. Грунтович

Для электрических машин широкое распространение во всем мире получили методы контроля, *базирующиеся на измерении параметров вибрации*. Связано это с тем, что при появлении, каких-либо факторов, вызывающих отклонения от нормального состояния работы механизма, мы наблюдаем реакцию на их воздействия по изменению соответствующих вибрационных параметров, которые в силу своей высокой информативности и чувствительности отражают происходящие с механизмом перемены.

Целью работы является выявление дефектов и предупреждение отказов электрооборудования с помощью вибродиагностики, отслеживание информации о состоянии оборудования, а также мониторинг и получение информации о дефекте еще на стадии закупки оборудования.

Характеристика объекта: предприятие КЖУП «Уником» осуществляет подъем, очистку и распределение питьевой воды по городу и району, сбор и очистку сточных вод, эксплуатацию и обслуживание водопроводных и канализационных сетей, сетей энергоснабжения и автоматики коммунальных объектов и т. д.

КНС-2 КЖУП «Уником» имела в своем составе пять насосных агрегатов разных производителей. У насоса фирмы РХ4–300.0–4 Channel ($Q = 900 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H = 25 \text{ м}$; $P_{\text{ном}} = 95 \text{ кВт}$) 29.01.2019 г. произошло первое повреждение рабочего колеса насоса из-за самооткручивания болта крепления рабочего колеса. После замены вала и рабочего колеса ситуация повторилась и 11.04.2019 г. произошло второе повреждение рабочего колеса и вала (рис. 1).



Рис. 1. Повреждения вала электродвигателя крыльчаткой насоса

Предприятие обратилось к поставщику данного насоса, и по мнению специалистов фирмы-продавца ООО «Элком», занимавшихся установкой и ремонтом насоса РХ4–300.0–4 Channel, повреждение рабочего колеса и вала насоса произошло *из-за гидроудара в область этого насоса*. Фирма-продавец отказалась возмещать убытки нерабочего насоса. Предприятие КЖУП «Уником» обратилось к профессору Н. В. Грунтовичу с просьбой произвести техническое диагностирование системы КНС-2.

В настоящее время вместо вышедшего из строя насосного агрегата РХ4–300.0–4 Channel мощностью 95 кВт на КНС-2 установлен насос Hidrostal мощностью 75 кВт.

Принято было решение измерить виброакустические характеристики насоса-улитки Hidrostal мощностью 75 кВт, установленного взамен насосного агрегата РХ4–300.0–4 Channel для трех возможных режимов работы:

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

В данном случае снятие виброакустических характеристик трех возможных режимов работы позволит либо подтвердить, либо опровергнуть возникновение обратных гидроударов. Фотографии с места проведения экспериментов 11.10.2019 г. и 17.10.2019 г.



Рис. 2. Регистрация виброакустических характеристик насосных агрегатов

Снятие виброакустических характеристик производилось с использованием многоканального компьютерного виброакустического диагностического измерительного комплекса. Границы зон вибрационного состояния насосного оборудования для анализа спектров вибрации принимались в соответствии с ГОСТ 32106–2013 «Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов» (см. таблицу).

**Значения границ зон вибрационного состояния для оборудования
(представлен фрагмент таблицы)**

Параметр	Границы зон	Критерий 1						Критерий 2
		Насос			Электродвигатель			
		Мощность, кВт			Высота оси вала, мм			
		< 50	< 200	≥ 200	≤ 132	≤ 225	≤ 400	
v, мм/с	A/B	2,8	4,1	5,4	2,8	4,5	7,1	–
	B/C	6,3	8,7	11,2	4,5	7,1	11,2	1,5 мм/с/ч
	C/D	8,7	11,2	14,1	7,1	11,2	18	3 мм/с/ч

Как видно из таблицы, предельное значение виброскорости нового насосного оборудования (граница зоны A/B) мощностью менее 200 кВт составляет 4,1 мм/с, что соответствует виброускорению 78,5 дБ. По полученным виброхарактеристикам для различных режимов работы насосных агрегатов были получены следующие результаты:

- при параллельной работе двух насосных агрегатов максимальное виброускорение составило 72 дБ, или виброскорость – 1,9 мм/с (рис. 3);
- при параллельной работе трех насосных агрегатов максимальное виброускорение составило 74 дБ, или виброскорость – 2,4 мм/с (рис. 4);
- при последовательном отключении параллельно работающих насосов вибрация насоса не изменялась, что свидетельствует об отсутствии влияния изменения состава насосных агрегатов на вибрацию каждого из них.

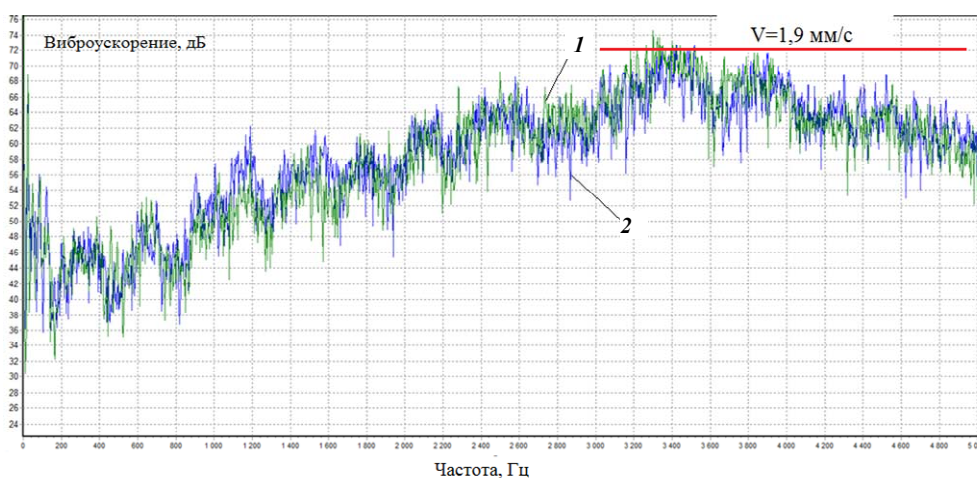


Рис. 3. Работа одного насоса 1 и двух параллельных насосов 2

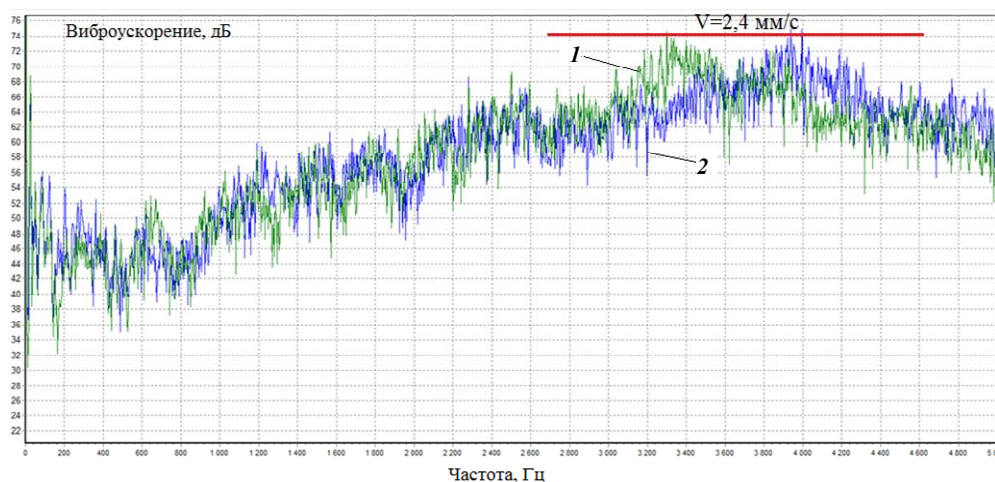


Рис. 4. Работа одного насоса 1 и трех параллельных насосов 2

Как показали расследования поставок насосных агрегатов в Республике Беларусь, дефекты с самооткручиванием крепежного болта крыльчатки насоса были на водоканалах Гомеля, Солигорска, Витебска.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

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

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

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

4. Установлено, что специалисты КЖУП «Уником» не виноваты в повреждении насосного агрегата РХ4–300.0–4 Channel. Выявленные дефекты насосного агрегата являются виной изготовителя (производителя), продавца (поставщика) и данные повреждения являются гарантийным случаем.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ С НЕПОЛНЫМ ВКЛЮЧЕНИЕМ ИНДУКТИВНОГО ИЛИ ЕМКОСТНОГО ЭЛЕМЕНТА

Ф. В. Белокузов, К. С. Колесникович

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

Научный руководитель Л. Г. Бычкова

На практике широко применяются колебательные контуры с неполным включением реактивного элемента – с неполным включением индуктивности и с неполным включением емкости (рис. 1).