

УДК 614.872.5

АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВИБРАЦИОННОМ СОСТОЯНИИ ПОДШИПНИКА, ПОЛУЧЕННОЙ НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Воробьев Дмитрий Данилович⁽¹⁾, Чичуев Юрий Алексеевич⁽²⁾

*Студент 4 курса⁽¹⁾, студент 4 курса⁽²⁾,
кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Е.В. Тумакова,
старший преподаватель кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»*

В настоящее время в России действует программа развития малой гидроэнергетики, включающая строительство гидроэлектростанций малой и средней мощности [1]. Такие электростанции могут быть расположены в удаленных от крупных населенных пунктов локациях, например в местах добычи полезных ископаемых.

Одним из важнейших параметров, обеспечивающий надежную работу гидроагрегата (ГА), является его вибрационное состояние. Современные системы мониторинга позволяют контролировать функционирование ГА в непрерывном режиме.

Целью работы является обработка измерительной информации о параметрах вибрационного состояния ГА на примере вибрации корпуса подшипника лабораторного стенда для последующей ее передачи по спутниковым каналам связи.

В вибрационной практике используются три величины, описывающие механические колебания:

- вибросмещение – расстояние при движении измерительной точки относительно её нормального положения в состоянии покоя;
- виброскорость – скорость движения измерительной точки;
- виброускорение – скорость движения измерительной точки во времени [2].

Главное различие этих параметров заключается во взаимном фазовом сдвиге их кривых, отображающих зависимость амплитуды от времени. Применение того или иного параметра для определения механических колебаний определяется природой этих колебаний и целями исследования. В гидротурбинах параметр скорости не является основным при исследовании вибраций, следовательно, главная роль в изучении вибраций гидротурбин отводится параметру смещения, т.е. делается акцент на низкочастотные составляющие. По данному параметру производится оценка вибрационного состояния гидроагрегата, и обосновываются нормы допустимых вибраций. Смещение служит также основным параметром при балансировке вращающихся частей агрегата.

Специфическая особенность гидроагрегатов состоит в том, что диапазон основных частот вибрации и возмущающих сил, действующих в агрегате, составляет от 0,5 до 500 Гц.

В качестве параметра для исследования была выбрана вибрация корпуса турбинного подшипника, так как она является одной из важнейших виброхарактеристик ГА. В соответствии с ОСТ 02.02.106–2019 допустимая относительная приведенная погрешность средства измерения для измерения этого параметра не должна превышать 10 % [3].

Измерения проводились на лабораторной установке, состоящей из электродвигателя АД90Л4УЗ ГОСТ 28330–89 с номинальной частотой вращения 1420 Н/м, номинальным моментом 14,8 Н·м и мощностью 2,2 кВт, упругой муфты, приводного вала и роликового радиального подшипника 80-4252ЛМ, установленном в подшипниковом гнезде. Измерения производились виброметром Fluke 805, приложенном к наружному кольцу подшипника, при температуре $(24 \pm 0,8)$ °С и частоте вращения электродвигателя 10 Гц. Измерения производились один раз в 30 секунд. Всего выполнено 30 измерений.

В таблице 1 представлены метрологические и технические характеристики виброметра Fluke 805, в таблице 2 – условия эксплуатации виброметра [4].

Таблица 1 – Метрологические и технические характеристики виброметра

Характеристика	Значение
Диапазон измерения виброускорения (ампл.), м/с^2	от 0,1 до 500
Диапазон рабочих частот, Гц	от 10 до 1000
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении виброускорения на базовой частоте 100 Гц во всем диапазоне рабочих температур, %	± 5
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении виброускорения в диапазоне рабочих частот и во всем диапазоне рабочих температур, %	± 20

Таблица 2 – Условия эксплуатации виброметра

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 20 до 50
Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	не более $241 \times 71 \times 58$
Масса, г	не более 400

Измеренные значения вибросмещения с различным отображением представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения вибросмещения

№	Дата и время (ДД/ММ/ГГ)	Вибросмещение		
		Пик (мкм)	СКЗ (мкм)	Пик-Пик (мкм)
1	4.3.2022 18:05	6,05	4,28	12,10
2	4.3.2022 18:06	4,81	3,40	9,62
3	4.3.2022 18:06	6,77	4,79	13,55
4	4.3.2022 18:07	6,21	4,39	12,42
5	4.3.2022 18:08	4,10	2,90	8,21
6	4.3.2022 18:08	6,52	4,61	13,05

7	4.3.2022 18:09	5,56	3,93	11,11
8	4.3.2022 18:09	6,64	4,70	13,28
9	4.3.2022 18:10	4,50	3,18	9,00
10	4.3.2022 18:10	4,04	2,86	8,09
11	4.3.2022 18:11	6,73	4,76	13,46
12	4.3.2022 18:11	7,04	4,98	14,09
13	4.3.2022 18:12	5,21	3,69	10,42
14	4.3.2022 18:12	6,10	4,31	12,19
15	4.3.2022 18:13	5,09	3,60	10,17
16	4.3.2022 18:13	6,15	4,35	12,31
17	4.3.2022 18:14	8,03	5,68	16,07
18	4.3.2022 18:15	5,38	3,80	10,76
19	4.3.2022 18:15	5,29	3,74	10,59
20	4.3.2022 18:15	6,73	4,76	13,47
21	4.3.2022 18:16	5,17	3,65	10,33
22	4.3.2022 18:17	7,49	5,30	14,99
23	4.3.2022 18:17	4,16	2,94	8,32
24	4.3.2022 18:18	3,86	2,73	7,72
25	4.3.2022 18:18	5,69	4,02	11,37
26	4.3.2022 18:19	4,59	3,25	9,18
27	4.3.2022 18:19	6,59	4,66	13,18
28	4.3.2022 18:19	4,90	3,47	9,81
29	4.3.2022 18:20	6,56	4,64	13,13
30	4.3.2022 18:20	6,74	4,77	13,49

На рисунке 1 представлен график зависимости амплитуды вибросмещения от времени.

Также в работе была выполнена проверка показателей вибросмещения, отображенной разными способами, на принадлежность к законам распределения. Это позволит оценить количество измерительной информации о состоянии турбинного подшипника ГА. Количество измерительной информации как численной меры степени уменьшения неопределенности количественной оценки свойства объекта определяют из возможного разнообразия значений параметров о функционировании объекта путем их измерения.

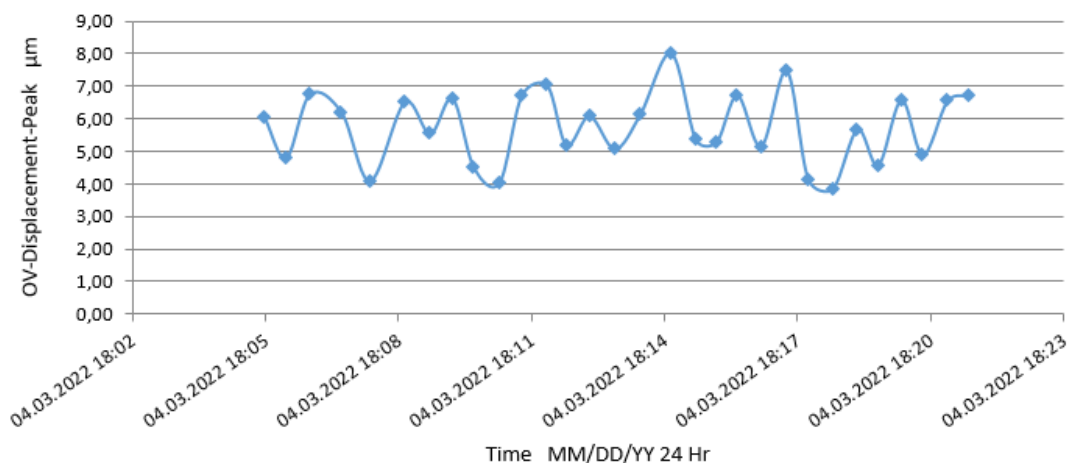


Рисунок 1 – График вибросмещения от времени

В работе проведен анализ вибрационных параметров ГА; проведено измерение в лабораторных условиях значения вибрации корпуса подшипника; приведена проверка измеренных значений на принадлежность к равномерному и нормальному законам распределения; проведен расчет количества измерительной информации.

Литература

1. Министерство энергетики. [Электронный ресурс] URL: <https://minenergo.gov.ru/node/20884>
2. Дьяков А. Ю. Система контроля и автоматической диагностики гидроагрегата: дис... магистр 13.04.02.06 / Дьяков Андрей Юрьевич – М, 2017 – с 26.
3. СТО РусГидро 02.02.106–2019 Гидроагрегаты. Автоматизированный мониторинг и диагностирование. Функциональные и технические требования.
4. Описание типа СИ № 54977–13, приказ 1123 п. 02 от 30.09.2013.