

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВАЛОПРОВОДА ТУРБОАГРЕГАТА

Дмитрий Александрович Паротькин

Студент 4 курса,

кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: О.В. Умманова,

ассистент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»

Обнаружение дефекта на валу в начале его развития существенно сокращают стоимость ремонта и повышают надежность работы, именно поэтому разработано и разрабатывается множество методов неразрушающего контроля позволяющего обнаруживать эти дефекты.

После проведения исследования существующих методов контроля состояния валопровода турбоагрегата, были изучены самые основные: вибродиагностические методы, метод магнитной памяти металла, ультразвуковые методы, фазохронометрический метод.

После рассмотрения вышеуказанных методов контроля, был выбран виброакустический метод функциональной диагностики, так как он считается наиболее распространенный и достоверный. Оборудование для контроля имеет не большую стоимость, и самое главное, его производят отечественные предприятия.

Вибродиагностика - техническая диагностика, основанная на измерении и анализе параметров вибрации объекта диагностирования.

Этот метод необходим для того, чтобы следить за состоянием оборудования не останавливая работу оборудования и не прерывая производственный процесс. Любая вибрация является колебаниями и представляет собой совокупность различных частот. Если замерить и изучить амплитуды этих частот, то можно узнать, в каком состоянии находится оборудование. Разумеется, для сбора подобной информации нужна специальная высокочувствительная аппаратура.

Выбор измеряемых параметров

Выбор диагностических параметров вибрации зависит от типов исследуемых механизмов, амплитудного и частотного диапазона измеряемых колебаний.

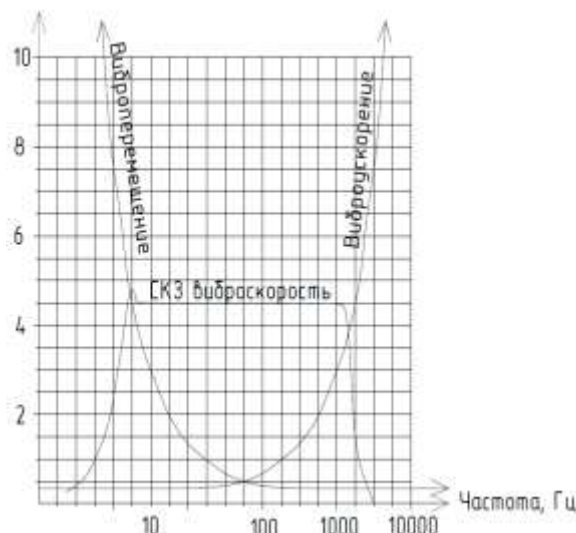


Рис. 1. Частотные характеристики виброскорости, виброперемещения и виброускорения[7]

В низкочастотном диапазоне чаще измеряют параметры виброперемещения, и виброскорости. Так как у нас заданная частота 50 Гц измеряемыми параметрами были выбраны виброскорость и виброперемещение. Теперь для контроля этих параметров подберем соответствующие датчики.

Для контроля виброперемещения подберем соответствующий датчик. Вихретоковые датчики предназначены для бесконтактного измерения вибрации перемещения и частоты вращения электропроводящих объектов. Для контроля параметра был выбран вихретоковый датчик ДВТ10В х компании “Эталорос”, так как он удовлетворяет заданным характеристикам точности и является отечественным.

Для контроля виброскорости, был выбран индуктивный датчик ММ-0002 компании Brüel & Kjær, так как обладает достаточной точностью и данная фирма является надежным и опытным производителем.

Индуктивные датчики служат для бесконтактного получения информации о перемещениях рабочих органов машин, механизмов, роботов и т.п. и преобразования этой информации в электрический сигнал.

Индуктивный датчик распознает и соответственно реагирует на все токопроводящие предметы. Индуктивный датчик является бесконтактным, не требует механического воздействия, работает бесконтактно за счет изменения электромагнитного поля.

Для установки датчиков была выбрана схема с двумя датчиками виброперемещения и двумя датчиками виброскорости для уменьшения шумов которые оказывают большое влияние на результаты измерений.

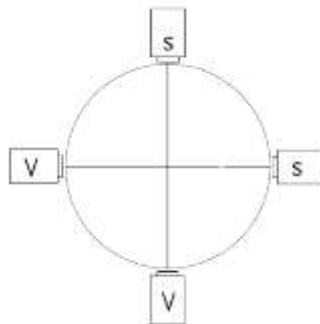


Рис. 2. - Схема установки датчиков

Если измерять только виброперемещение, шумы будут оказывать большое влияние, но если совместно с датчиками виброперемещения поставить датчики виброскорости, суммарные «полезные сигналы», снимаемые с датчиков будут значительно превышать помехи.

По ГОСТ ИСО 10817-1-2002: «Для определения общей траектории движения вала и его среднего положения во времени рекомендуется применять два датчика, расположенных под углом 90° друг к другу в одной плоскости измерений»

Для того, чтобы получить достоверную и наиболее полную информацию о состоянии вала в процессе его вращения необходимо установить по 2 датчика виброперемещения и виброскорости.

Расчет погрешностей измерительного канала

После того как была определена эффективность установки по два датчика для измерения параметров виброперемещения и виброскорости, проведем расчет измерительного канала.



Рис. 3.- Блок – схема измерительного канала

Измерительный канал, состоит из четырех датчиков, герметичного кабеля, двух усилителей, двух аналого – цифровых преобразователей, коррелятора и вычислительного центра (компьютера).

При расчете результирующей погрешности канала каждой из составляющих погрешности необходимо приписать соответствующий закон распределения, найти среднеквадратическое отклонение (с.к.о.) и разделить погрешности на аддитивные и мультипликативные.

Установка питается от сети 220 В через стабилизатор напряжения с коэффициентом стабилизации $K = 25$. Нестабильность напряжения питания приводит к смещению нуля на $\varphi_{vy} = 0.1\%/10V$. Влияние температуры приводит к смещению нуля усилителя на $\varphi_{\theta y} = +0.2\%/10K$. После усилителя измерительная информация идет в блок АЦП. Изменение температуры вызывает смещение его нуля на $\varphi_{\theta ацп} = -0.1\%/10K$. Затем с двух АЦП сигнал информация отправляется в блок коррелятора, смещение нуля которого от изменения температуры выглядит так: $\varphi_{\theta к} = +0.1\%/10K$.

Датчики вместе со всей измерительной аппаратурой установлены в рабочем цехе, где температура колеблется от $18^{\circ}C$ до $24^{\circ}C$.

Таблица 1 Расчет результатов СКО для звеньев измерительного канала

Вид погрешности	Закон распределения	$\sigma, \%$	k	k	ε
1. Вихретоковый датчик					
1.1 Основная погрешность	равномерный	3,26	1,730	0,745	1,8
1.2 Погрешность от температур	равномерный	2,44	1,730	0,745	1,8
1.3 Погрешность от напряжения сети	треугольный	0,1155	2,020	0,650	2,4
2. Индуктивный датчик					
2.1 Основная погрешность	равномерный	4,063	1,730	0,745	1,8
2.2 Погрешность от температур	равномерный	6,532	1,730	0,745	1,8
2.3 Погрешность от напряжения сети	треугольный	0,1155	2,020	0,650	2,4
3. Усилитель					
3.1 Погрешность коэффициента усиления при изменении напряжения питания	треугольный	0,0578	2,020	0,650	2,4
3.2 Погрешность смещения нуля усилителя при колебаниях температуры	равномерный	0,049	1,730	0,745	1,8
4. АЦП					
4.1 Основная погрешность	равномерный	0,065	1,730	0,745	1,8
4.2 Погрешности смещения нуля при колебаниях температуры	равномерный	-0,025	1,730	0,745	1,8
5. Коррелятор					
5.1 Основная погрешность	равномерный	0,069	1,730	0,745	1,8
5.2 Погрешности смещения нуля при колебаниях температуры	равномерный	0,017	1,730	0,745	1,8
Итоговая погрешность аддитивных составляющих	равномерный	9,013	1,730	0,745	1,8
Итоговая погрешность мультипликативных составляющих	треугольный	0,288	2,020	0,650	2,4

Погрешность измерительного канала определяется как:

$$\gamma(x) = 0.201 - 0.013 \frac{x}{x_k}$$

Частотный метод контроля

Виброакустические методы диагностики возникновения трещин не обладают должной точностью, в то время как процессы деградации наблюдаются в 3-4 знаке и дальше. Необходимо обращать внимание состояние самого материала.

Для диагностики возникновения и развития трещин предполагается использование частотного метода. Через валопровод можно пропускать ток малых величин и фиксировать изменение частоты при наличии дефектов.[8]

На экспериментальной установке состоящая из медной рамки, осциллографа и генератора (рисунок 6) был проведен эксперимент по определению влияния величины дефекта на амплитуду сигнала.



Рис. 4.- Общий вид экспериментальной установки.

В эксперименте применялись приборы фирмы Tektronix, а именно генератор и осциллограф рисунок 7.



Рис. 5.– Приборы, применяемые в эксперименте.

С помощью генератора импульсов на рамку подавался сигнал частотой 25 МГц амплитудой 10 вольт. Данная амплитуда выбрана для устранения потерь полезного сигнала вызванных шумом.

Для исследования влияния дефекта на снимаемый сигнал, было проведено 5 серий состоящих из 7 измерений. Данные снимались при помощи осциллографа который вычисляет значения 2500 точек и переводит их в таблицу, записывая на flash- накопитель для последующей обработки.

Первая серии состоящая из семи замеров были проведены на первоначальной рамке, в которую не вносились дополнительные дефекты $r=0$.

Последующие серии серия замеров были проведены на первоначальной рамке в которой был внесен дефект в виде разреза порядков $r=0,1d$, $r=0,3d$, $r=0,5d$, $r=0,7d$.

Синий $r=0$; Красный $r=0.1d$; Зеленый $r=0.3d$; фиолетовый $r=0.5d$; голубой $r=0.7d$

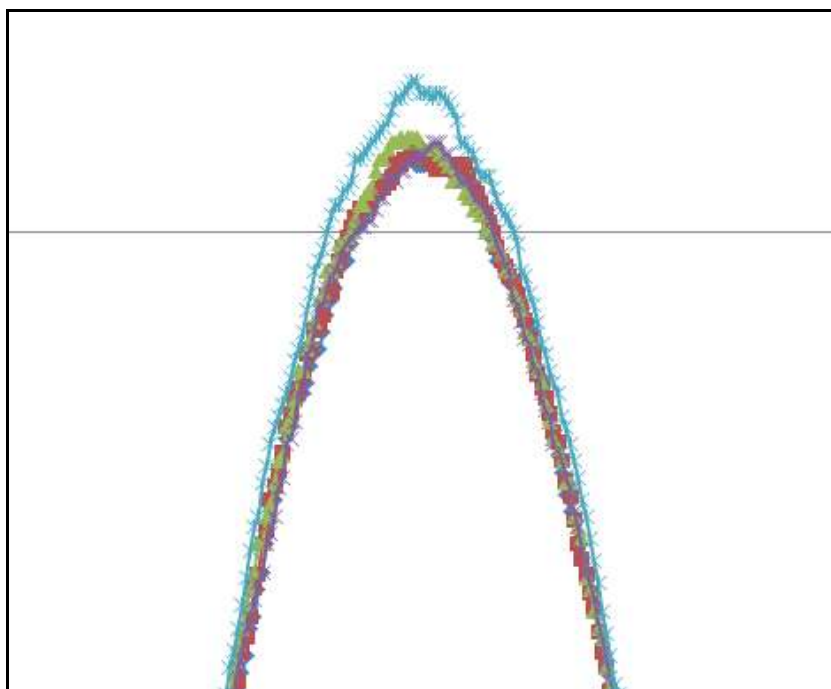


Рис. 6.-Первый пик увеличено ,при наложении сигналов

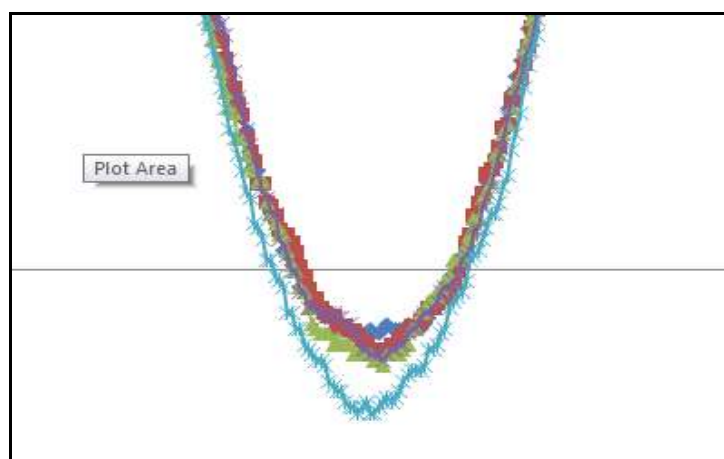


Рис. 7.- Второй пик увеличено ,при наложении сигналов

При показе только изначального состояния $r=0$ (синий график),и состояния критический запил $r=0.7d$ (красный график)

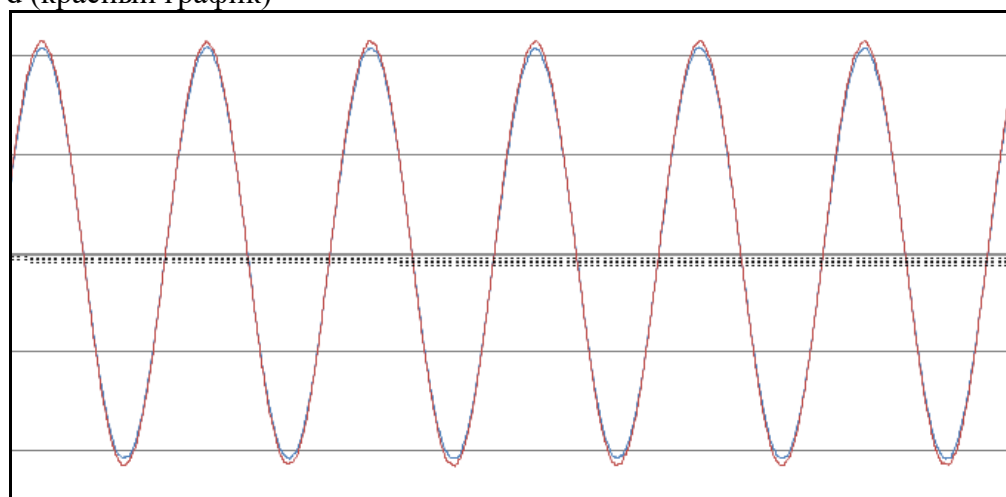


Рис. 8.- Вид осциллограммы надпил $r=0.7d$ и $r=0$



Рис. 9. - Первый и третий пик увеличено.

Таким образом из проведенного опыта делаем вывод ,что при увеличении размера дефекта снижается амплитуда сигнала. Применение этого способа представляется довольно перспективным в будущем. Планируется применить выкладки, которые получились в эксперименте с рамкой при исследовании вала на образование трещин. На данный момент достигнута чувствительность метода порядка 1 миллиметра, но в дальнейшем планируется достигнуть чувствительности в долях миллиметра.

Выводы

В работе были исследованы существующие методы контроля состояния валопровода турбоагрегата. На основе рассмотренных методов был разработан свой метод контроля состояния валопровода. Измеряемыми параметрами были выбраны виброскорость и виброперемещения. В работе подробно описано преимущество выбранной схемы с двумя датчиками виброскорости и двумя датчиками виброперемещения. Так же была рассчитана суммарная погрешность измерительного канала. Данный метод представляется перспективным и требует дальнейшего изучения. В рамках эксперимента была доказана целесообразность применения метода контроля, основанного на влиянии величины дефекта на амплитуду сигнала.

Литература

1. Земельман М.А. Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 198 с.
2. Новицкий П.В., Зograf И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1991 г – 302
3. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. Москва издательство Техносфера, 2005-592 с.
4. ГОСТ ИСО 10816 – 1 – 97 «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях. Часть 1. Общие требования»
5. ГОСТ ИСО 7919 – 1 – 2002 «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования»
6. ГОСТ Р ИСО 13373-1-2009 «Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 1. Общие методы»
7. Грабатур Ю.О. Вибродиагностика насосного агрегата х1 32-20-200 в процессе эксплуатации // Сборник Всероссийская научно-техническая конференция студентов “Студенческая весна 2015”
8. Уманова О.В. Регистрация образования трещин частотным методом// Сборник конференции “Будущее машиностроения”,2015