

человека. Многоэтажный дом является жилым, поэтому монтаж будет осуществляться укладкой проводов под плинтус и выводением их к электрическим щиткам. Блоки коммутации системы располагаются в электрических щитках дома, их связь с основным узлом осуществляется по общему электрическому каналу дома. Опять же, выбор структурной схемы не будет влиять на эти решения. Надежность системы определяется надежностью контактов и надежностью самих блоков коммутации. Если число контактов остается неизменным при выборе структурной схемы, то увеличение количества коммутаторов снижает надежность системы в целом. Поэтому при прочих равных условиях преимущество отдается системе с меньшим количеством блоков коммутации.

Таким образом, ключевым моментом, определяющим технико-экономические характеристики системы, является грамотное распределение коммутаторов и определение их оптимальной емкости. Вычисление оптимальной структуры системы происходит путем минимизации целевой функции 1:

$$C_{\Sigma} = k \cdot C_{r,m} + \sum L_{л.с.пер} \cdot (C_{1м.л.с} + C_{1м.л.с.монт}) + C_{\gamma} \quad (1)$$

где  $k$  – количество аналоговых коммутаторов, используемых в системе;  $C_{r,m}$  – стоимость генератора тока;  $\sum L_{л.с.пер}$  – суммарная длина переменной составляющей всех абонентских линий связи;  $C_{1м.л.с}$  – стоимость одного метра абонентской линии связи;  $C_{1м.л.с.монт}$  – стоимость монтажа переменной составляющей линии связи;  $C_{\gamma}$  – стоимость единицы мощности тепловой энергии в результате погрешности измерения.

Внедрение систем СТИ в городе позволит их объединять в единую общегородскую сеть. Такие системы позволят получать и анализировать данные по потребляемым энергоресурсам микрорайона или района, создавая общую картину теплоснабжения города в целом.

## ВИБРОДИАГНОСТИКА ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

П.Е. Юдин, Н.И. Лиманова, И.А. Лиманов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

### 1. Особенности применения вибродиагностики на поршневых двигателях

Вибрационная диагностика, как и другие методы технической диагностики, решает задачи поиска неисправностей и оценки технического

состояния исследуемого объекта. Практически все поршневые машины относятся к оборудованию возвратно-поступательного действия. При этом каждый полный цикл работы такого оборудования включает в себя несколько временных фаз (интервалов), физические процессы в которых существенно отличаются. Например, это впуск рабочей смеси в цилиндр, ее горение, выпуск отработанных газов в двигателе внутреннего сгорания. На вибрационную картину работы поршневого двигателя накладываются специфические импульсные воздействия от работы системы газораспределения, а также динамическая неуравновешенность механической системы при перемещении масс (шатунно-поршневая группа, рабочая смесь). Не менее сложные вибрационные процессы происходят в поршневых компрессорах, особенно многоступенчатых. Все это приводит к тому, что большинство методов проведения измерений и алгоритмы диагностики, применяемые для оборудования непрерывного действия, например, насосов, вентиляторов, мало пригодны для поршневых машин. Необходимы другие подходы, учитывающие специфику возникновения вибрационных процессов в машинах возвратно-поступательного действия.

Необходимо определиться с частотным диапазоном вибродатчиков, которые необходимо использовать при диагностике поршневых машин. Значение верхней границы регистрируемых частот обычно определяется размерами и массой элементов конструкции диагностируемого оборудования. В данном случае для поршневых машин большая часть собственных резонансных частот элементов компрессора находится в диапазоне от сотен Герц до нескольких килоГерц, что определяется массой и размерами элементов компрессоров. Отсюда следует, что для диагностики состояния поршневых машин следует применять обычные вибродатчики. Граничная частота в 5 килоГерц вполне достаточна для диагностики.

Более сложным вопросом является выбор нижней граничной частоты регистрации вибросигналов. Рабочая частота вращения роторов поршневых компрессоров составляет, обычно, единицы Герц, поэтому ряд специалистов, занимающихся диагностикой ПМ, утверждает, что необходимо применять низкочастотные вибродатчики с нижней граничной частотой в доли Герца. На самом деле это утверждение ошибочно. В первую очередь определимся с тем, что регистрирует вибродатчик, установленный на компрессоре, что же является существенным для проведения диагностики. В основном это динамические удары при изменении направления движения масс, удары в механизме газораспределения, вибрационные процессы при прохождении через клапаны рабочего газа и т. д. Особенно четко нужно понимать то, что регистрируется, в основном, не столько сам удар, сколько его затухающий "отклик" в тех или иных элементах компрессора. Под словом "отклик" мы понимаем свободные резонансные колебания в элементах после динамического удара. Мы уже отмечали выше, что собственные резонансные

частоты элементов компрессора составляют минимум сотни Герц. Поэтому логичным является заключение, что нижняя граничная частота вибродатчиков для диагностики поршневых компрессоров должна быть не выше этого значения. Следовательно, для диагностики поршневых машин пригодны любые датчики (в вопросе ограничения нижней граничной частоты)

Для проведения корректного диагностирования поршневых машин по вибросигналам необходимо жестко синхронизировать сигналы с положением коленчатого вала и знать фазовую диаграмму работы оборудования. Это необходимо делать для того, чтобы точно выделять в полном исходном сигнале временные зоны, соответствующие тем или иным фазам работы оборудования. Например, если проводится диагностика состояния выпускного клапана первого цилиндра, то из всего сигнала необходимо выделить и использовать только тот участок времени, когда именно этот клапан находится в открытом состоянии. Нет необходимости подробно пояснять, что ошибка в определении этого интервала времени может привести к получению полностью недостоверного диагностического заключения.

Наиболее точно синхронизировать вибросигналы с положением коленчатого вала можно, если использовать фазовый отметчик той или иной конструкции. Для некоторых типов поршневых машин удастся достаточно хорошо синхронизировать сигналы без использования отметчика, по некоторым характерным ударам, четко выделяемым на графиках. В любом случае, заниматься диагностикой поршневых машин нельзя, пока не будет известна фазовая диаграмма работы с точностью до нескольких угловых градусов. Если центробежный насос можно, с приемлемой достоверностью, диагностировать без подробного знания конструкции, то для поршневых машин это не проходит.

Вопрос длительности непрерывной регистрации вибросигналов также является очень важным. Это объясняется тем, что для диагностики того или иного элемента конструкции из общего графика вибрационных процессов берется абсолютно конкретный временной участок, соответствующий данной фазе работы поршневой машины. Для реализации достоверной диагностики необходимо иметь "зарегистрированными" не менее 2 - 3-х полных циклов работы оборудования. Только в этом случае можно быть уверенным, что процесс является повторяющимся и пригодным для диагностики. Для тихоходных поршневых машин это время бывает достаточно существенным. Например, при частоте вращения коленчатого вала в 300 оборотов в минуту три оборота вала занимают половину секунды. Если мы приняли решение, что верхняя граничная частота вибрации составляет 5 килоГерц, то получаемое количество отсчетов вибрации в каждом канале, за половину секунды, составит более 6000. Значит, имеет

значение спектральное разрешение прибора, так как количество отсчетов в сигнале имеет прямую связь с максимальным количеством линий в спектре.

Средства вибрационного контроля и диагностики могут быть эффективно применены для анализа состояния поршневых машин возвратно-поступательного действия только с использованием специфических приборов и алгоритмов виброконтроля.

## 2. Электромагнитный измеритель амплитуды вибраций

Прибор ИАВ предназначен для измерения амплитуды вибраций поверхностей из стали и ее сплавов. В комплект прибора входит регистрирующее устройство и выносной датчик [1]. Датчик представляет собой измерительную катушку  $L_3$ , которая вместе с К.З. витком (экраном) помещается в ферромагнитный сердечник Б6. Сердечник заключен в латунный патрон, который соединяется с микрометром. Датчик устанавливается на отдельной штанге вблизи колеблющейся поверхности.

Структурная схема регистрирующего устройства ИАВ дана на рис.1. С блока питания (БП) на транзисторах стабилизированное напряжение – 12В подается на все каскады прибора.

Задающий генератор (ЗГ), собранный на транзисторе по трехточечной схеме, питает катушку преобразователя частотой  $0,1 \div 5,0$  кГц, стабилизированной кварцем. Амплитуда высокочастотного напряжения может достигать величины  $8 \div 30$ В в зависимости от точки включения транзистора в контур усилителя мощности (УМ). Эмиттерный повторитель (ЭП) служит для согласования входного и выходного сопротивлений упомянутых каскадов. Контур усилителя мощности (УМ) настраивается в резонанс на частоту задающего генератора. Через емкость энергия подается на датчик, который настроен в резонанс с помощью подстроечного конденсатора.

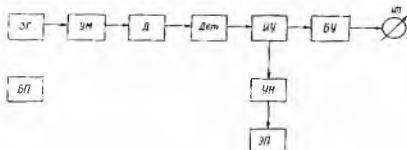


Рис. 1. Структурная схема электромагнитного измерителя амплитуды вибраций (ИАВ)

Колблющаяся поверхность тела в поле датчика изменяет его параметры, что вызывает модуляцию высокочастотного напряжения. После детектирования низкочастотное напряжение подается на измерительный усилитель (ИУ). С выхода измерительного усилителя напряжение подается на балансный усилитель (БУ).

С нагрузки эмиттерного повторителя (ЭП) переменное напряжение, пропорциональное амплитуде вибраций, подается на шлейфовый осциллограф ШО типа Н700. В диагональ балансного усилителя (БУ) включен измерительный прибор ИП типа М265, который позволяет осуществлять визуальный контроль за амплитудой вибраций.

Общий вид прибора ИАВ с датчиком приведен на рис. 2.

Основные технические данные прибора ИАВ:

Максимальная амплитуда вибрации - 1 мм

Погрешность -  $\pm 5\%$

Параметры питающей сети: 200в, 50гц

Потребляемая мощность - 50вт

Габаритные размеры : 250×160×160мм

Масса - 4,5кг.

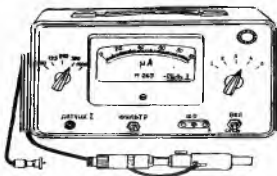


Рис. 2. Общий вид прибора ИАВ

Прибор внедрен для поиска неисправностей и оценки технического состояния поршневых двигателей.

#### Список использованных источников

1. Лиманов И. А. Электромагнитные преобразователи перемещений с распределёнными параметрами. М.-Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 57с.