

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Филиал БНТУ “Институт повышения квалификации и переподготовки
кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики
БНТУ”
Кафедра «Метрология и Энергетика»

Куличенков В.П., Саранцев В.В., Чепуркин А.А.

Технические средства контроля виброскорости опор турбоагрегатов ТЭС

Учебно-методическое пособие для слушателей курсов повышения
квалификации энергетиков и студентов энергетического факультета БНТУ

Электронный учебный материал

УДК 621.311.4+621.316.37(075.8)
ББК 31.278я7
Д75

Авторы:
Куличенков В.П., Саранцев В. В., Чепуркин А.А.

Рецензенты:

Карпович С.С., кандидат технических наук,
зав. кафедрой “Новые материалы и
технологии” ИПК и ПК БНТУ

Романенков В.Е., кандидат технических наук,
доцент, вед. науч. сотр. кафедры “Новые
материалы и технологии” ИПК и ПК БНТУ

Учебно-методическое пособие предназначено для курсов повышения квалификации в ИПК и ПК БНТУ и может быть использовано специалистами предприятий ГПО “Белэнерго” и студентами энергетического факультета БНТУ.

Белорусский национальный технический университет,
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел. 2964732
E-mail: rectorat@ipk.by
Регистрационный номер № БНТУ/ИПКиПК-21.2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ ВИБРОСКОРОСТИ. СОСТАВ	4
И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ	4
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРОСКОРОСТИ	14
В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ	14
3 АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	47
ТУРБОАГРЕГАТА «АКТИВ». ИЗМЕРИТЕЛЬ ВИБРАЦИИ	47
(УСТРОЙСТВО) ИП-121	47
4. Прибор «КАСКАД-СИСТЕМА»	55
5 ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ БГУИР	63
6 ТИПЫ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОСТЕНДОВ	67
Список используемой литературы	69

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее важным критерием надежности эксплуатации турбоагрегатов является уровень их вибрации. Повышенная вибрация приводит к преждевременному износу и повреждениям отдельных элементов турбоагрегата, а в некоторых случаях – к авариям. Все это увеличивает сроки капитальных ремонтов и сокращает межремонтные периоды эксплуатации. Существенного сокращения вышеуказанных потерь можно достигнуть путем применения технических средств контроля вибрации, с помощью которых будет обеспечен эксплуатационный контроль и техническая диагностика вибрации, что позволит обеспечить работу турбоагрегатов с минимально возможным уровнем вибрации.

Среди параметров, которые могут быть проанализированы с целью определения технического состояния турбоагрегатов, вибрационные характеристики являются наиболее информативными. Непрерывный контроль механической вибрации позволяет определить причины неисправностей и дает предпосылки для их быстрого и целенаправленного устранения.

В настоящем пособии описаны принципы получения измерительной информации по виброскорости как основному параметру вибрации и на его основе приведены различные современные средства измерений и контроля как локальными приборами, так и системами. Более подробную информацию на системы и устройства можно получить в соответствующих руководствах по эксплуатации.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для курсов повышения квалификации по дисциплине «Системы и приборы для измерений механических параметров турбоагрегатов».

1 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ ВИБРОСКОРОСТИ. СОСТАВ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ

1.1. Количественная оценка амплитуды механических колебаний

Для количественной оценки амплитуд механических колебаний, отображающей их опасность и строгость, можно использовать разные значения. На рисунке 1.1 показаны взаимные отношения двойной амплитуды, пикового значения, среднего значения и среднеквадратического значения колебаний с синусоидальной формой волны.

Двойная амплитуда, отображающая полный размах колебаний, является важным параметром, например, когда смещение механических колебаний детали машины является критическим с точки зрения максимально допустимых механических напряжений и зазоров.

Пиковое значение эффективно именно при оценке кратковременных механических ударов и т. д. Однако, пиковое значение отображает только максимальное значение исследуемых колебаний, а не включает в себе их временное развитие.

Среднее значение (усредненное или абсолютное) отображает временное развитие исследуемых колебаний, но его практическое применение ограничено ввиду того, что оно не имеет непосредственной связи с физической величиной этих колебаний.

Среднеквадратичное значение (СКЗ) является самым важным, так как в нем учитывается временное развитие исследуемых колебаний и оно непосредственно отображает значение, связанное с энергией и, следовательно, разрушающей способностью этих колебаний.

Амплитуды смещения, скорости и ускорения колебаний с синусоидальной формой волны взаимно связаны математическими функциями частоты и времени. Опираясь на результаты измерений и анализа с усреднением во времени, скорость механических колебаний можно определить путем деления их ускорения на пропорциональный частоте фактор, а смещение можно получить аналогично делением ускорения на фактор, пропорциональный возведенной в квадрат частоте. Описанные выше операции автоматически осуществляются электронными интеграторами, встроенными в современных виброизмерительных приборах.

Ускорение, скорость и смещение механических колебаний обычно выражаются в единицах международной системы единиц, соответствующих требованиям рекомендации ИСО 1000 (рисунки 1.2 и 1.3).

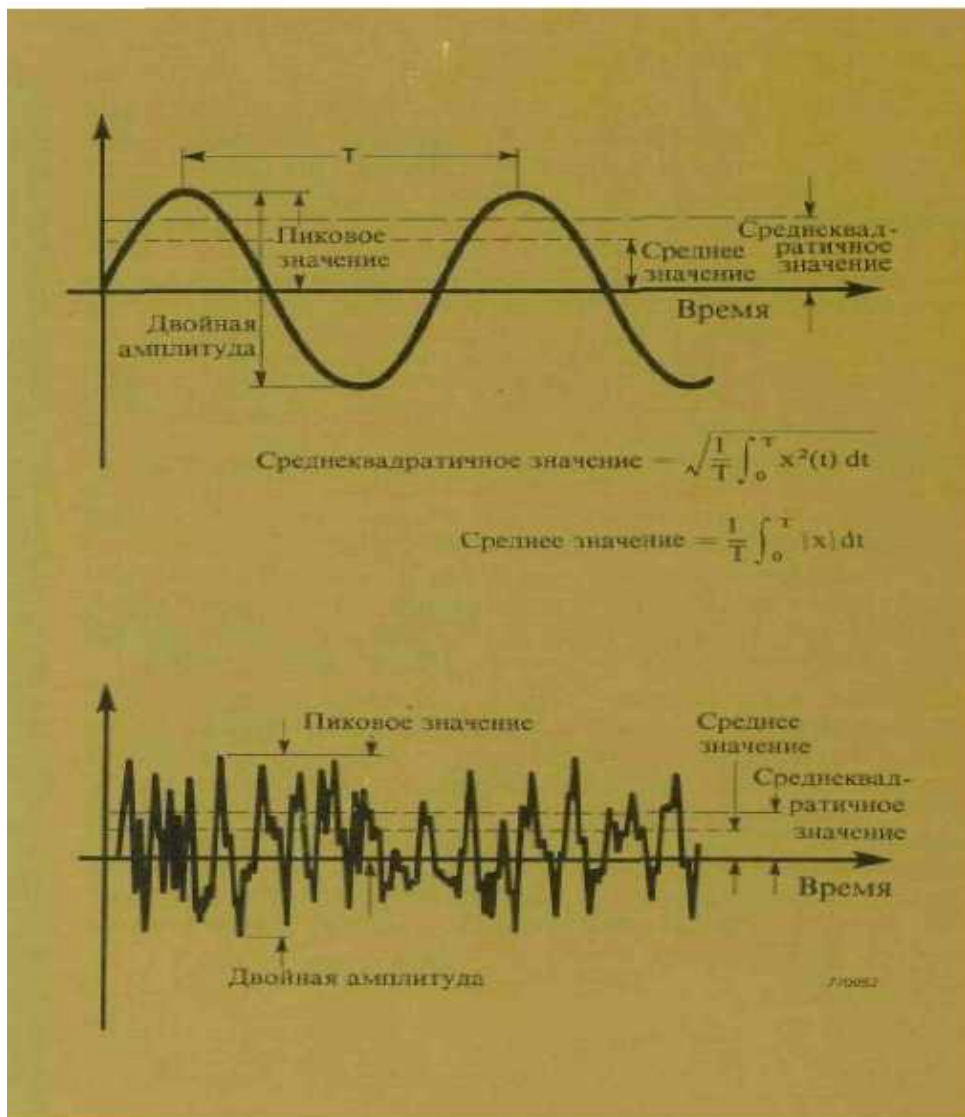


Рисунок 1.1 Графическое изображение механических колебаний

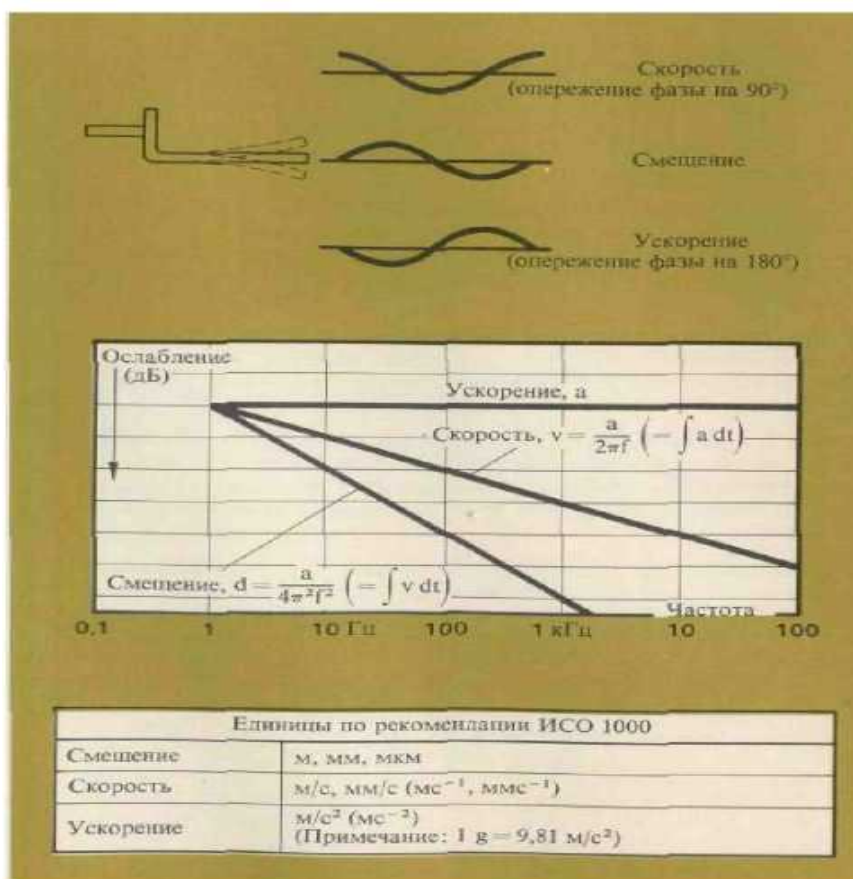


Рисунок 1.2 Единицы измерений механических колебаний

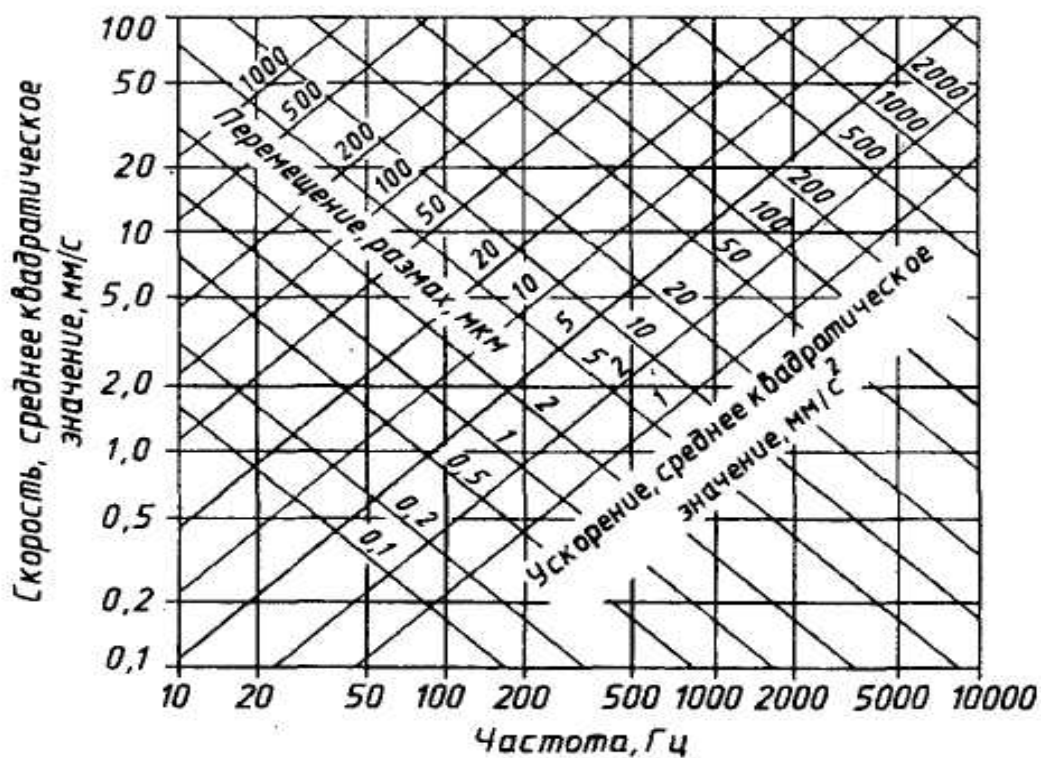


Рисунок 1.3 Графическое соотношение единиц механических колебаний

1.2. Пьезоэлектрический акселерометр

Пьезоэлектрический акселерометр является универсальным вибродатчиком, применяемым во многих областях измерений и анализа механических колебаний. Пьезоэлектрические акселерометры отличаются широкими рабочими частотным и динамическим диапазонами, линейными характеристиками в этих диапазонах, прочной конструкцией, надежностью и стабильностью параметров.

Так как пьезоэлектрические акселерометры являются активными датчиками, генерирующими электрический сигнал, пропорциональный механическим колебаниям, при их эксплуатации не нужен источник питания. Отсутствие движущихся элементов конструкции исключает возможность износа и гарантирует долговечность пьезоэлектрических акселерометров. Отметим, что отдаваемый акселерометром сигнал, пропорциональный ускорению, необходимо интегрировать с целью измерений и анализа скорости и смещения механических колебаний.

Основным элементом пьезоэлектрического акселерометра является диск из пьезоэлектрического материала, в качестве которого используется искусственно поляризованная ферроэлектрическая керамика. Подвергаемый действию силы (при растяжении, сжатии или сдвиге) пьезоэлектрический материал генерирует на своих поверхностях, к которым прикреплены электроды, электрический заряд, пропорциональный возмущающей силе.

Основным параметром акселерометра считается чувствительность. Идеальным являлся бы акселерометр, отдающий электрический сигнал с возможно большей амплитудой. Однако более высокая чувствительность связана с необходимостью увеличения размеров и собственной массы акселерометра. Как правило, чувствительность акселерометра не является критическим параметром, так как современные предусилители рассчитаны на усиление сигналов с малыми амплитудами.

Собственная масса акселерометра становится важным параметром при измерении и анализе механических колебаний легких объектов. Образованная акселерометром дополнительная масса может значительно влиять на амплитуду и частоту измеряемых и анализируемых колебаний.

Считается правилом, что собственная масса акселерометра не должна превышать одну десятую динамической массы объекта, на котором он закреплен.

Рабочий динамический диапазон акселерометра необходимо учитывать при измерении и анализе механических колебаний с очень малыми или очень большими амплитудами ускорения.

Верхний предел рабочего динамического диапазона акселерометра определяется прочностью его конструкции. Характеристика типичного акселерометра общего назначения линейна до области амплитуд механических ударов.

1.3. Рабочий частотный диапазон акселерометров

Энергия механических колебаний, генерируемых механическими системами, обычно сосредоточена в относительно узком диапазоне частоты от 10 до 1000 Гц. Однако измерению и анализу подлежит диапазон с верхним пределом около 10 кГц, так как частота некоторых составляющих механических колебаний могут находиться в области более высоких значений частоты. Следовательно, рабочий частотный диапазон используемого акселерометра должен перекрывать частотный диапазон измеряемых и анализируемых колебаний.

Нижний предел рабочего частотного диапазона акселерометра на практике определяется двумя факторами. Первым из них является нижняя частота среза усилителя, используемого вместе с акселерометром. Нижняя частота среза современных усилителей намного меньше 1 Гц и она не является важной причиной затруднений. Вторым фактором является влияние изменений температуры окружающей среды, к которым чувствительны акселерометры.

Верхний предел рабочего частотного диапазона акселерометра определяется резонансом его системы масса - пружина.

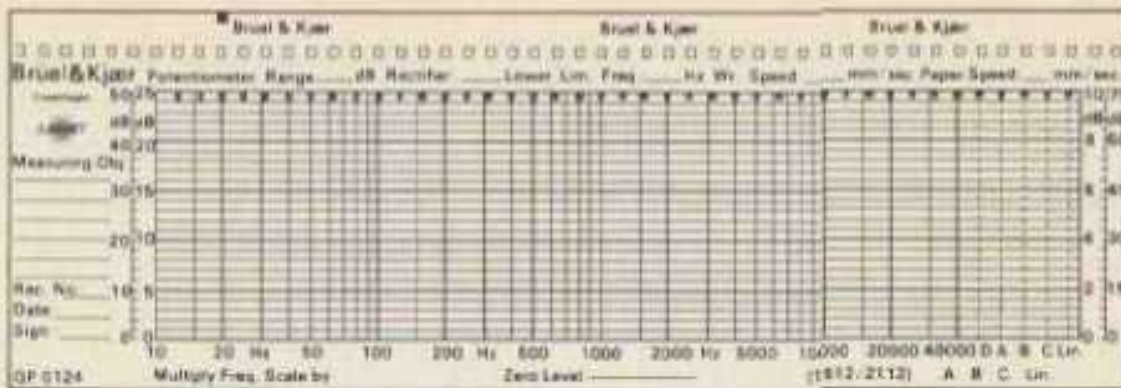
Резонансная частота малогабаритных акселерометров, отличающихся малой собственной массой, доходит до 180 кГц, в то время как резонансная частота акселерометров общего назначения находится в области 20 - 30 кГц.

1.4. Логарифмические шкалы и децибелы

В технической практике часто применяется логарифмическая шкала частоты, обеспечивающая расширение области низких частот и сжатие области высоких частот и, следовательно, идентичное относительное разрешение по частоте. Логарифмической шкале также отдается предпочтение при графическом представлении широкого частотного диапазона на бумаге с относительно небольшими размерами (рисунок 1.4).

Логарифмическая шкала также эффективна при графическом представлении амплитуд механических колебаний, а также возможно применение относительных единиц при сравнении уровней этих колебаний. Наиболее распространенной относительной единицей, относящейся к логарифмической шкале, является децибел (дБ), определяемый отношением определенного и опорного значений соответствующей величины механических колебаний. Отметим, что для вычисления абсолютных значений из уровней в дБ необходимо определение соответствующего опорного значения.

Например, без более подробного разъяснения можно сказать, что один уровень механических колебаний на 10 дБ больше другого уровня. Однако, если сказать, что уровень определенной величины механических колебаний равен 85 дБ, необходимо одновременно определить соответствующее опорное значение.



Отношения амплитуд:

$$N(\text{дБ}) = 20 \log_{10} \left(\frac{a}{a_0} \right)$$

Опорное значение

Число децибелов

Определенное значение

Опорные значения для определения уровней в дБ (ИСО 1683)

Отн. амплитуд	Величина	Определение	Опор. значение
	Уровень ускорения	$L_a = 20 \log_{10}(a/a_0)$ дБ	$a_0 = 10^{-6}$ м/с ²
	Уровень скорости	$L_v = 20 \log_{10}(v/v_0)$ дБ	$v_0 = 10^{-8}$ м/с
	Уровень силы	$L_F = 20 \log_{10}(F/F_0)$ дБ	$F_0 = 10^{-6}$ Н

Рисунок 1.4 Логарифмическая шкала амплитуд колебаний

1.5. Причины применения измерительных преобразователей

Подключение нагрузки (даже с относительно большим импедансом) непосредственно к выходу пьезоэлектрического акселерометра может быть причиной значительного уменьшения его чувствительности и сужения его рабочего частотного диапазона. Чтобы уменьшить до минимума это нежелательное влияние нагрузки, вместе с акселерометром используется измерительный преобразователь. Основной задачей измерительного

преобразователя является преобразование высокого выходного импеданса акселерометра в более низкий импеданс, оптимальный с точки зрения относительно низкого входного импеданса измерительной и анализирующей аппаратуры. При применении измерительных усилителей, анализаторов и электронных вольтметров необходим дополнительный измерительный преобразователь, в то время как виброметры и другие приборы, рассчитанные на совместную эксплуатацию с пьезоэлектрическими акселерометрами, оснащены измерительными преобразователями.

Измерительный преобразователь обеспечивает не только преобразование импеданса, а также усиление и/или формирование отдаваемого акселерометром электрического сигнала. Измерительный преобразователь имеет калиброванный и регулируемый коэффициент усиления и усиливает сигнал до нужного для измерительной, анализирующей или регистрирующей аппаратуры уровня. Измерительный преобразователь имеет внутренние электронные интеграторы для преобразования пропорционального ускорению сигнала в сигналы, пропорциональные скорости и смещению. Измерительные преобразователи могут также быть снабжены внутренними фильтрами, определяющими рабочий частотный диапазон системы в области низких и высоких частот и эффективно подавляющими электрический шум и другие помехи. К особенностям современных измерительных преобразователей можно отнести присутствие индикаторов перегрузки, калибровочных и опорных генераторов, индикаторов состояния и т.п.

1.6. Виброизмерительная аппаратура

Для лабораторных приборов, работающих от сети, характерна высокая точность, надежность и универсальность, в частности, в отношении возможности подробного анализа и обширной обработки данных.

Основная виброизмерительная система содержит акселерометр, предусилитель и измерительный усилитель с возможностью подключения внешних фильтров. Измерительный усилитель и фильтры часто собраны в одном общем корпусе, образуя тем самым частотный анализатор или спектрометр.

Самыми совершенными, особенно с точки зрения высокой рабочей скорости, удобной эксплуатации и большого количества обрабатываемых данных, являются анализаторы, работающие в реальном масштабе времени. Эти анализаторы обеспечивают сверхбыстрый одновременный анализ относительно большого числа частотных полос и выдачу результатов в реальном времени. Результаты анализа отображаются на экране монитора компьютера.

1.7. Нормирование виброскорости турбоагрегатов

Вибрационное состояние турбоагрегата оценивают по результатам измерений среднего квадратического значения (СКЗ) виброскорости опор валопровода в диапазоне частоты от 10 до 1000 Гц, а также в диапазоне частоты от 10 Гц до половины рабочей частоты вращения турбины при контроле низкочастотной составляющей вибрации. Основным нормируемым параметром, по которому определяют продолжительность допустимой работы турбоагрегата в установившемся режиме, является максимальное значение СКЗ по всем точкам и направлениям измерений.

1.8. Средства измерений виброскорости

Измерять и регистрировать параметры вибрации турбоагрегатов следует с помощью стационарных многоканальных средств измерений для непрерывного контроля виброскорости опор валопроводов. Допускается дополнительно контролировать вибрацию турбоагрегатов переносными средствами измерений, в том числе для дублирования измерений, осуществленных стационарными средствами измерений, с целью повышения надежности контроля вибрации. В состав средств измерений входят датчики вибрации, преобразователи сигналов, устройства для считывания и регистрации показаний. Преобразователи сигналов должны содержать детекторы среднего квадратического значения.

Примечание - шкала измерительных приборов, не содержащих детектора среднего квадратического значения, может оказаться градуированной по средним квадратическим значениям, полученным для синусоидального сигнала. Для исключения ошибок необходимо обращать внимание на способ обработки сигнала, реализуемый данными средствами измерений.

Средства измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ ИСО 2954 и обеспечивать измерения среднего квадратического значения виброскорости в диапазоне, по крайней мере, от 0,1 до 11,2 мм/с.

Для контроля низкочастотной вибрации дополнительно используют низкочастотный фильтр с частотой среза, равной половине рабочей частоты вращения турбины, и крутизной спада амплитудно-частотной характеристики не менее 48 дБ/октаву.

1.9. Точки и направления измерений

Вибрацию следует измерять на всех опорах валопровода в трех взаимно перпендикулярных направлениях: вертикальном, горизонтально-поперечном и горизонтально-осевом по отношению к оси вращения валопровода.

По согласованию с заказчиком допускается не проводить измерений горизонтально-осевых составляющих турбоагрегатов мощностью менее 200 МВт.

Горизонтально-поперечные и горизонтально-осевые составляющие вибрации измеряют на уровне, возможно более близком к оси вращения валопровода, посередине опорных подшипников по одну сторону от продольной оси турбоагрегата.

Датчики для измерений горизонтально-поперечной и горизонтально-осевой составляющих вибрации крепят к корпусу подшипника или специальным установочным площадкам, не имеющим резонанса, влияющего на результаты измерений (ориентировочно, в диапазоне частот от 3 до 2500 Гц), и жестко связанным с опорой, в непосредственной близости к горизонтальному разъему.

Вертикальную составляющую вибрации измеряют на верхней части крышки подшипника над серединой его длины.

Нормы вибрации опор валопровода для оценки вибрационного состояния турбоагрегата приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Нормы вибрации опор валопровода

Максимальное среднее квадратическое значение виброскорости, мм/с	Ограничения на эксплуатацию
До 4,5	Без ограничений
Св. 4,5 до 7,1	Не более 30 суток
Св. 7,1 до 11,2	Не более 7 суток
Св. 11,2	Не допускается

Помимо контроля вибрации в установившемся режиме работы проводят измерения нормируемого параметра при неустановившихся режимах работы под нагрузкой. Разнообразие неустановившихся режимов для различных турбоагрегатов не позволяет определить для них единые нормы вибрации.

Однако превышение нормируемым параметром значения 7,1 мм/с можно рассматривать как повод для принятия мер по снижению вибрации, даже если в установившемся режиме это значение не превышает 4,5 мм/с.

Приемка турбоагрегатов в эксплуатацию после монтажа допускается при значениях V_{rms} , не превышающих 2,8 мм/с для вертикальной и поперечной вибрации опор валопровода и 4,5 мм/с для осевой составляющей вибрации; после капитального ремонта - при значениях V_{rms} , не превышающих 4,5 мм/с по всем направлениям измерений.

Система защиты по предельному уровню вибрации должна быть включена постоянно и настроена на отключение турбоагрегата при значении нормируемого параметра 11,2 мм/с не зависимо от режима его работы (установившегося или неустановившегося).

В случае, если при контроле низкочастотной вибрации получены значения, превышающие 0,5 мм/с, должны быть приняты меры по ее снижению.

1.10. «Скачок вибрации»

«Скачок вибрации» происходит:

- при одновременном внезапном и необратимом изменении значений для каких-либо составляющих вибрации двух опор одного ротора;
- двух смежных опор или двух составляющих вибрации одной опоры на 1,0 мм/с и более от любого начального уровня.

Должны быть приняты оперативные меры для выяснения причины такого изменения, которые, при необходимости, могут включать в себя останов турбоагрегата.

При возрастании на сравнимых режимах значения для любого компонента вибрации одной из опор валопровода на 2 мм/с за период до трех суток или его увеличении на 3 мм/с независимо от продолжительности возрастания должны быть приняты оперативные меры для выявления причины, которые, при необходимости, могут включать останов турбоагрегата.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРОСКОРОСТИ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ

2.1. Система «ВЕКТОР-М». Описание и работа измерительного канала СКЗ виброскорости

2.1.1 Назначение

Система мониторинга роторных агрегатов "ИС АСУ ТП «ВЕКТОР-М»" (далее система) предназначена для непрерывного измерения и контроля параметров механического состояния паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин во время их эксплуатации.

Канал измерений СКЗ виброскорости ТМК-002

Диапазоны измерений, мм/с.....0 - 12,0; 0 - 30.

Диапазон частоты, Гц.....10 - 1000.

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики, в диапазонах частоты, %:

10- 20 Гц;.....±2,5;

20- 800 Гц.....±2,0;

800- 1000 Гц.....±2,5.

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерений в нормальных условиях эксплуатации, %:

- по цифровому индикатору.....±2,5;

- по компьютеру.....±2,5;

- по унифицированному токовому выходу.....±3,0.

Пределы допускаемой приведенной погрешности измерений во всем диапазоне рабочих температур, %:

- по цифровому индикатору.....	±3,5;
- по компьютеру.....	±3,5;
- по унифицированному токовому выходу.....	±4,0.
Затухание выше и ниже границы частотного диапазона, не менее 20 дБ на октаву.	
Уставки аварийных уровней.....	3
(три, регулируемые).	
Цифровой интерфейс	RS-485.
Параметры внешних коммутируемых цепей: один нормально разомкнутый контакт на каждую уставку:	
- количество программируемых реле.....	4;
- максимальный ток, А.....	0,25;
- максимальное напряжение, В.....	60.
Параметры выходных унифицированных сигналов постоянного тока:	
- количество токовых выходов.....	2;
- диапазоны изменений тока, мА	0-5; 4-20.
Напряжение питания, В	24 ± 3.
Потребляемый ток не более, А.....	0,6.
Режим работы	непрерывный.

2.1.2 Устройство и работа системы

Система ИС АСУ ТП «ВЕКТОР-М» представляет собой комплект сборочных узлов, выполняющий типовые функции измерения и контроля параметров турбоагрегатов и иного оборудования в стационарных контрольно-сигнальных системах.

Узлы системы имеют стандартные унифицированные выходные сигналы с нормированными метрологическими характеристиками. Это обеспечивает их электрическую совместимость как в составе системы ИС АСУ ТП «ВЕКТОР-М», так и с другими типами средств измерений.

Конструктивное исполнение функциональных узлов системы позволяет собирать системы контроля, различные по назначению, составу и объему контролируемых параметров.

Состав функциональных узлов системы обеспечивает измерение параметров в широком диапазоне значений и рабочих условий применения, имеет широкую номенклатуру типов датчиков-преобразователей, модулей измерительного контроллера и вспомогательных узлов.

Канал измерений СКЗ виброскорости ТМК-002 состоит из модуля ВК-321 измерительного контроллера (рисунок 2.1.1) и датчика-преобразователя ВК-312 (рисунок 2.1.3).

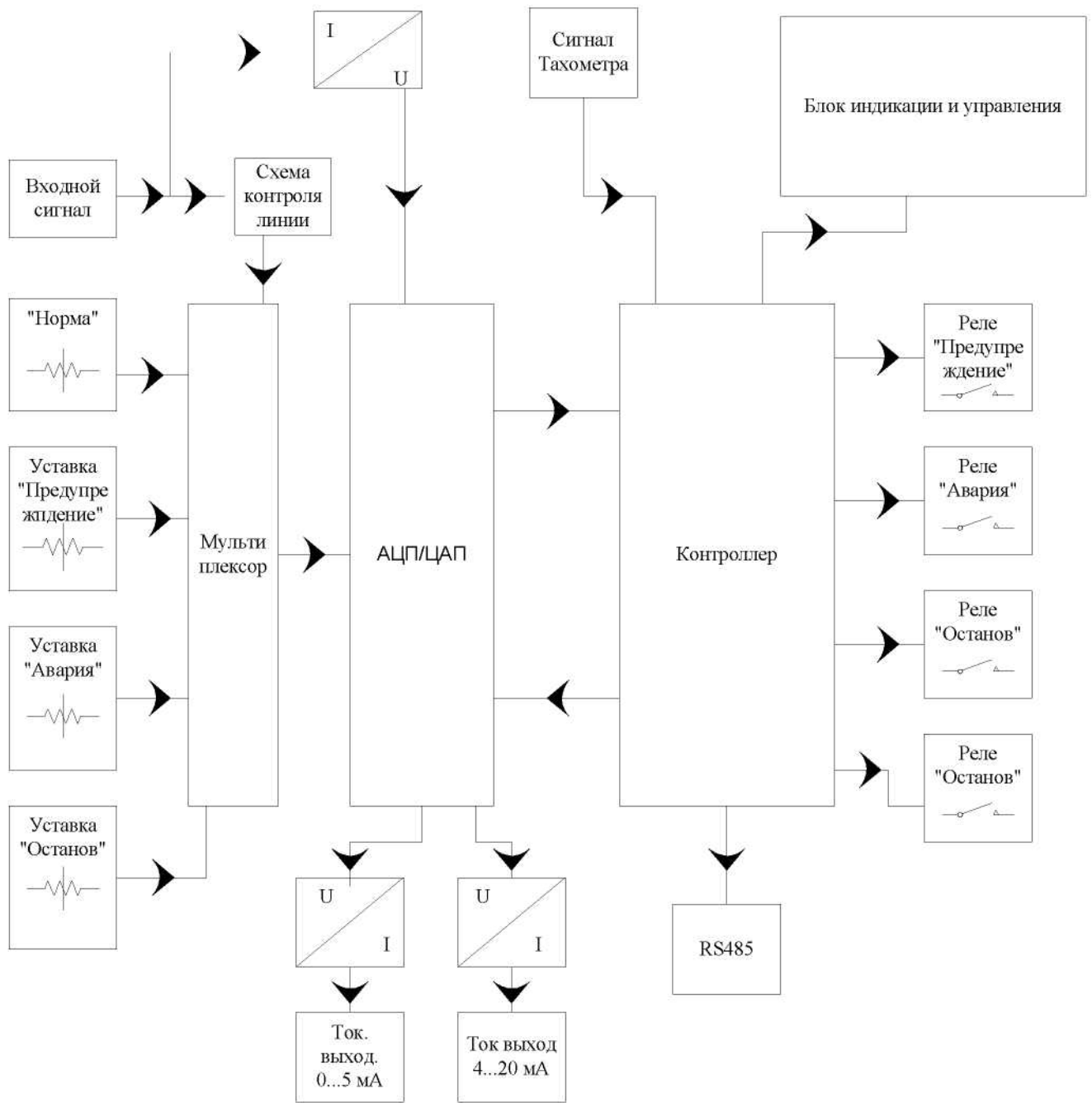


Рисунок 2.1.1. Модуль измерительного контроллера ВК-321

Измерительный контроллер работает следующим образом. Входной сигнал с первичного блока поступает на двухканальный АЦП со встроенным программируемым усилителем на 30 дБ с шагом 3 дБ, что позволяет с запасом перекрыть необходимый динамический диапазон входного сигнала. Один канал АЦП служит для оцифровки вибросигнала на частоте дискретизации 48 кГц, второй - для ввода уставок и контроля линии связи с первичным блоком. Сигнал с АЦП поступает на контроллер (сигнальный процессор), который позволяет:

- на частоте дискретизации АЦП производить цифровую фильтрацию входного сигнала с АЧХ, соответствующей ГОСТ ИСО 2954-97;
- вычислять СКЗ виброскорости с заданным временем интегрирования или перестраиваемым под частоту вращения вала;
- вычислять составляющую низкочастотной вибрации (НЧВ);
- вычислять составляющую высокочастотной вибрации (ВЧВ);
- вычислять спектральные характеристики сигнала;
- формировать команды управления реле сигнализации;
- поддерживать сетевой протокол с вычислительной системой верхнего уровня;
- управление токовыми выходами осуществляется через два независимых ЦАП с возможностью независимого программирования под различные внешние регистрирующие устройства.

Работа с каналом измерений виброскорости

При нормальной работе, когда значение СКЗ виброскорости в пределах нормы - горит зеленый цветовой индикатор «НОРМА».

При достижении значения уставки «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ» загорается желтый цветовой индикатор и происходит срабатывание соответствующего реле.

При достижении значения уставки «АВАРИЯ» загорается соответствующий красный цветовой индикатор и происходит срабатывание соответствующего реле.

При достижении значения уставки «ОСТАНОВ» загорается соответствующий красный цветовой индикатор и происходит срабатывание 2-х соответствующих реле. Индикатор продолжает светиться после уменьшения значения уставки «ОСТАНОВ», а соответствующее реле отключается. Чтобы погасить индикатор необходимо нажать, а потом отжать кнопку «ОСТАНОВ».

Все реле имеют задержку по срабатыванию. Время задержки по срабатыванию настраивается программным путем в соответствии с «Инструкцией по настройке и регулированию».

Назначение органов управления, индикации канала измерения вибрации

Внешний вид лицевой панели и назначение кнопок, регуляторов и индикаторов приведены на рисунке 2.1.2; датчика вибрации канала измерений СКЗ виброскорости - на рисунке 2.1.3.

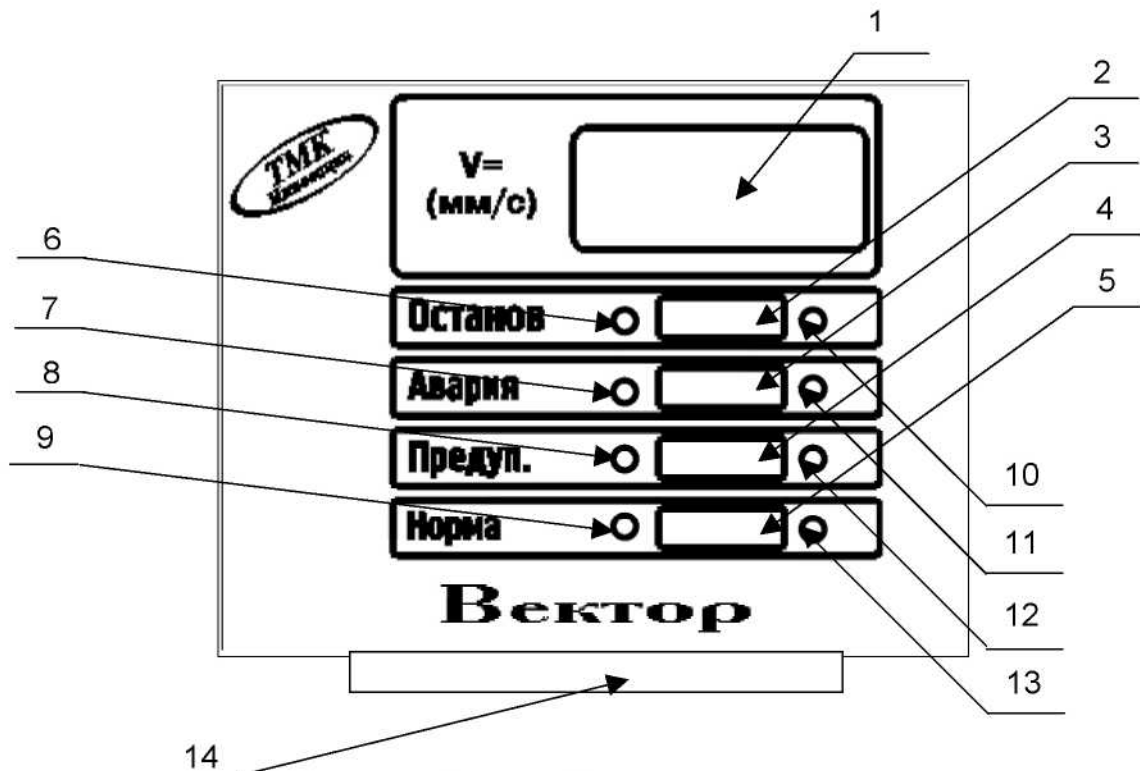


Рисунок 2.1.2 Внешний вид лицевой панели канала измерений СКЗ виброскорости

- 1- цифровой индикатор для отображения значений вибрационных параметров и сигнализации обрыва линий питания и сигнала;
- 2- красный светодиод, светится при превышении уровня уставки «ОСТАНОВ»;
- 3- красный светодиод, светится при превышении уровня уставки «АВАРИЯ».
- 4-желтый светодиод, светится при превышении уровня уставки «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ»;
- 5-зеленый светодиод, светится при нормальном значении СКЗ виброскорости;
- 6-кнопка уставки «ОСТАНОВ», при нажатии уровень уставки отображается на индикаторе;
- 7-кнопка уставки «АВАРИЯ», при нажатии уровень уставки отображается на индикаторе;
- 8-кнопка уставки «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ», при нажатии уровень уставки отображается на индикаторе;
- 9-кнопка включения контрольного сигнала и отключения полезного сигнала;
- 10-подстроечный резистор уровня уставки «ОСТАНОВ»;
- 11-подстроечный резистор уровня уставки «АВАРИЯ»;
- 12-подстроечный резистор уровня уставки «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ»;
- 13-подстроечный резистор уровня контрольного сигнала;
- 14-разъём.

Выставление уставок

Нажать кнопку выставяемой уставки «ОСТАНОВ» и удерживать её.
С помощью подстроенного резистора, соответствующей данной уставке, выставить значение уставки по цифровому индикатору. Отпустить кнопку выставяемой уставки. Аналогично выставить значения остальных уставок. Ниже приводятся значения уставок согласно ГОСТ 25364-97:
Уставка «ОСТАНОВ» - 11,2 мм/с.
Уставка «АВАРИЯ» - 7,1 мм/с.
Уставка «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ» - 4,5 мм/с.

Проверка срабатывания реле

Нажать и удерживать кнопку «НОРМА» на ВК-321.
С помощью подстроечного резистора «НОРМА» по цифровому индикатору выставить значение соответствующей уставки.
Проверить срабатывание и время задержки срабатывания соответствующего реле с помощью омметра и секундомера.
Аналогично проверить срабатывание реле всех уставок.
С помощью подстроечного резистора «НОРМА» по цифровому индикатору выставить значение 0 мм, отпустить кнопку «НОРМА».

Проверка токового выхода

Нажать и удерживать кнопку «Норма» и кнопку «Останов».
С помощью миллиамперметра измерить ток на выходе «Ток 1», затем на выходе «Ток 2».
Убедиться, что ток соответствует верхнему значению шкалы и его значение не превышает допустимой погрешности.
Отпустить кнопки «Норма» и «Останов»

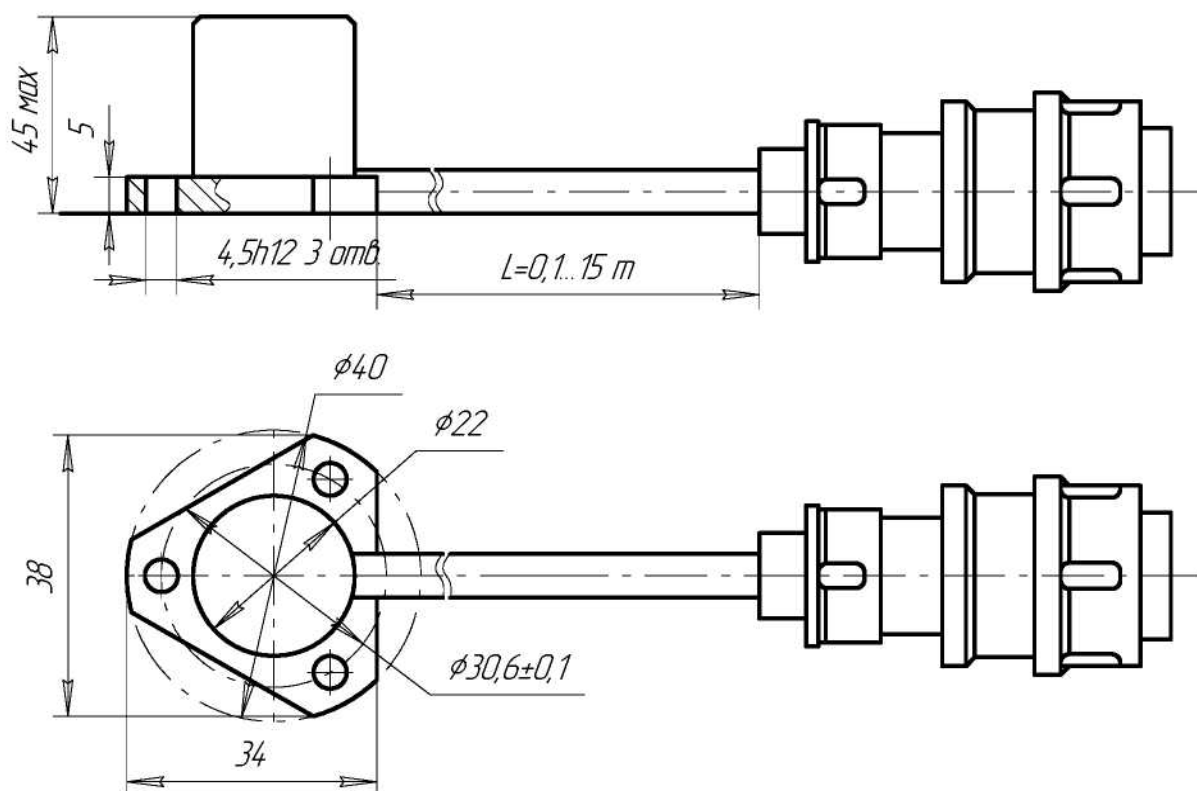


Рисунок 2.1.3 - Датчик вибрации канала измерений СКЗ виброскорости

2.2 Аппаратура «Вибробит 300»

2.2.1 Назначение аппаратуры

Аппаратура «Вибробит 300» предназначена для непрерывного стационарного измерения, контроля, мониторинга параметров механического состояния паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин, смонтированных на подшипниках, во время их эксплуатации.

Аппаратура выполняет измерение среднеквадратического значения (СКЗ) виброскорости опор подшипников, а также относительного виброперемещения вращающихся валов и других узлов.

2.2.2 Устройство и работа аппаратуры

Аппаратура «Вибробит 300» представляет собой комплект сборочных узлов, выполняющих функции измерения и контроля параметров периодических сигналов постоянного и переменного тока или напряжения, частоты импульсных сигналов, в стационарных контрольно-сигнальных и информационно-измерительных системах турбоагрегатов и иного оборудования.

Все узлы аппаратуры имеют стандартные унифицированные выходные сигналы постоянного тока 4-20 мА; дискретные, типа открытый коллектор, а также цифровые интерфейсы RS 485 и CAN 2.0 В.

Наличие стандартизованных интерфейсов управления и унифицированных выходов обеспечивает аппаратуре «Вибробит 300» электрическую и функциональную совместимость с другими типами средств измерений и информационно-измерительных систем.

Конструктивное и функциональное исполнение узлов аппаратуры позволяет собирать различные по назначению, составу и количеству измеряемых параметров системы контроля.

Применение в аппаратуре «Вибробит 300» микроконтроллеров с высокой вычислительной производительностью позволяет выполнять многоканальную цифровую обработку сигналов в режиме реального времени.

2.2.3 Модули контроля СКЗ виброперемещений и виброскорости аппаратуры «Вибробит 300»

Модуль МК21

Модуль МК21 предназначен для измерений абсолютного виброперемещения ротора методом спектрального анализа сигналов датчика в режиме реального времени, выполняет функции защитного отключения оборудования. На первый канал подключается датчик относительного виброперемещение ротора, на второй канал - датчик абсолютного СКЗ виброскорости опоры. Третий и четвертый каналы являются расчетными: в третьем канале вычисляют абсолютное виброперемещение опоры по результатам интегрирования сигнала виброскорости второго канала; в четвертом канале - абсолютное виброперемещение ротора в результате векторного сложения сигнала первого и третьего каналов.

В основе работы модуля лежит высокопроизводительный DSP процессор, позволяющий реализовать большой набор вычисляемых параметров вибрации, обеспечить доступ к результатам измерений и исходным данным по высокоскоростным интерфейсам RS485 и CAN2.0B, организовать удобный интерфейс пользователя, гибко настраиваемую систему внешней предупредительной и аварийной сигнализации. Для защиты оборудования от поломок предусмотрено 12 силовых выходов с ОК, а также 6 аналоговых токовых выходов с возможностью передачи результатов измерений в аналоговом виде с устанавливаемым масштабом.

Предусмотренные последовательные интерфейсы позволяют удаленно управлять, настраивать и вести статистику измерений модуля МК21. На передней панели модуля предусмотрен также диагностический разъем подключения персонального компьютера для настройки и диагностирования модуля.

Модуль МК21 поставляется в двух вариантах исполнения: с ограниченной и расширенной системами индикации и управления.

Все настройки режимов работы МК21 осуществляются с помощью персонального компьютера или специализированного диагностического прибора. Для настройки МК21 с помощью персонального компьютера на компьютере должна быть запущена программа `mk21_setup.exe`. Модуль

МК21 должен быть подключен к RS232 интерфейсу компьютера через плату диагностического интерфейса MC01.

Измеряемые параметры вибрации модулем МК21 по каналам виброперемещения:

- виброперемещение (5 – 500) Гц, 5 Гц - $F/2$, 2 F – 500 Гц;
- виброперемещение $1/2 F$, (1 - 10) F оборотной составляющей;
- фаза (1-10) F -й оборотной составляющей;
- 3 уставки виброперемещения (5 - 500) Гц;
- 1 уставка НЧ СКЗ виброперемещения 5 Гц - $F/2$;

- детектирование скачка амплитуды виброперемещения (5 - 500) Гц, амплитуды 1-й оборотной и ее фазы.

Измеряемые параметры вибрации модуля МК21 по каналу СКЗ виброскорости:

- СКЗ виброскорости (10 - 1000) Гц, 10 Гц - $F/2$, 2 F – 1000 Гц;
- СКЗ виброскорости $1/2 F$, (1 - 10) F оборотной составляющей;
- фаза 1-10-й оборотной составляющей;
- 3 уставки СКЗ виброскорости (10 – 1000) Гц;
- 1 уставка НЧ СКЗ виброскорости 10 Гц- $F/2$;
- детектирование скачка СКЗ виброскорости (10 – 1000) Гц, СКЗ 1-й оборотной и ее фазы.

Дополнительно вычисляются и контролируются следующие параметры:

- постоянный ток датчика и контроль исправности 1-го и 2-го каналов измерений;
- постоянный зазор между датчиком и контролируемой поверхности по первому каналу измерений;
- частота вращения в об/мин.

Измерения параметров вибрации выполняются для всех 4-х каналов синхронно с периодичностью обновления результатов, равной 1с.

Для измерений параметров вибрации в различных режимах работы агрегата предусмотрено два вида быстрого преобразования Фурье (БПФ): для вычислений практически большинства параметров вибрации в стационарном режиме работы агрегата и для вычисления оборотных составляющих амплитуды и фазы.

В модуле МК21 предусмотрено 12 логических выходов ОК с высокой нагрузочной способностью, а также 80 источников сигнализации (16 по каждому каналу (64) и 16 общесистемных). Каждый из 80-ти источников сигнализации представляется в виде логического сигнала, подаваемого на вход программно реализованной логической матрицы. Выходом логической матрицы является 12 независимых силовых ключей ОК.

В модуле МК21 предусмотрено 6 аналоговых токовых выходов с возможностью назначения на выход любого из вычисляемых параметров с настраиваемым масштабом и смещением. Сигнал выхода микропроцессора с широтно импульсной модуляцией (ШИМ) поступает на вход аналогового фильтра с частотой среза 100 Гц. На выходе фильтра формируется аналоговый

сигнал напряжением от 0 до 3.3 В, который подается в схемы токового управляемого стабилизатора.

Модуль МК21 поддерживает три независимых интерфейса управления:

- интерфейс RS485 с частичной реализацией протокола ModBus RTU (достаточной для управления МК21);
- поддержка интерфейса CAN2.0B (только расширенные сообщения);
- ведомый интерфейс SPI для настройки параметров работы МК21 со специализированного прибора или ПК.

Все интерфейсы могут работать параллельно, не мешая работе друг другу.

Модуль МК30

Модуль МК30 предназначен для измерений СКЗ виброскорости (абсолютной вибрации опор подшипников) по четырем независимым каналам методом спектрального анализа с разрешением 1 Гц (таблица 2.2.1). Для измерений общего уровня вибрации и оборотных составляющих одновременно для каждого из каналов измерений выполняется по два БПФ с различной частотой дискретизации сигнала датчика. Дополнительно к основным параметрам в модуле МК30 выполняется расчет параметров вибрации, необходимых для диагностики вибрационного состояния оборудования.

Модуль МК30 предназначен для измерения СКЗ виброскорости методом спектрального анализа сигналов датчика в режиме реального времени, выполняет функции защитного отключения оборудования. В основе работы модуля лежит высокопроизводительный DSP процессор, позволяющий реализовать большой набор вычисляемых параметров вибрации, обеспечить доступ к результатам измерений и исходным данным по высокоскоростным интерфейсам RS485 и CAN2.0B, организовать удобный интерфейс пользователя и гибко настраиваемую систему внешней предупредительной и аварийной сигнализации.

Модуль МК30 рассчитан на подключение до 4-х независимых датчиков виброскорости и двух датчиков синхронизации. Для защиты оборудования предусмотрено 12 силовых выходов с ОК, а также 6 аналоговых токовых выходов с возможностью передачи результатов измерений в аналоговом виде с регулируемым масштабом.

Предусмотренные последовательные интерфейсы позволяют удаленно управлять, настраивать и вести статистику измерений модуля МК30. На передней панели модуля предусмотрен диагностический разъем подключения персонального компьютера для настройки и диагностирования модуля МК30.

Модуль МК30 поставляется в двух вариантах исполнения:

- вариант 'Slim' - ограниченная система индикации, лицевая панель 20 мм; настройка, просмотр измеренных значений и состояние модуля возможно только по цифровым интерфейсам связи;

- вариант 'Full' - расширенная система индикации и управления, лицевая панель 40 мм; на лицевой панели расположен графический ЖКИ 122x32 точек, дополнительные светодиоды индикации и управляющие кнопки.

Все настройки режимов работы МК30 осуществляются с помощью персонального компьютера или специализированного диагностического прибора. Для настройки МК30 с помощью персонального компьютера на компьютере должна быть запущена программа mk30_setup.exe, МК30, а также подключен к RS232 интерфейсу компьютера через плату диагностического интерфейса MC01.

Основные вычисляемые параметры

Постоянный ток датчика.

Общий уровень СКЗ виброскорости (10 – 1000) Гц.

НЧ составляющие СКЗ виброскорости (10-1/2F).

ВЧ составляющие СКЗ виброскорости (2F -1000 Гц).

Дополнительные вычисляемые параметры

Частота вращения ротора (F).

Размах сигнала виброскорости.

Коэффициент формы сигнала виброскорости.

СКЗ оборотных составляющих виброскорости $1\sqrt{2}$, 1 - 10.

Фаза оборотных составляющих виброскорости $1\sqrt{2}$, 1 - 5.

Размах виброперемещения опоры на 1-й оборотной частоте.

Фаза виброперемещения опоры на 1-й оборотной частоте.

Основные функциональные характеристики

Контроль исправности датчика и канала измерений.

Усреднение результатов измерений.

Три независимые уставки по общему уровню СКЗ виброскорости.

Одна уставка по НЧ составляющей СКЗ виброскорости.

Детектирование скачка общего уровня СКЗ виброскорости.

Детектирование скачка 1-й оборотной СКЗ виброскорости и ее фазы.

Один модуль МК30 (рисунок 2.2.1) может контролировать вибрацию одной опоры в трех направлениях (вертикальной, поперечной и осевой), а с помощью четвертого канала измерений контролировать работоспособность измерительного модуля по тестовому нормированному сигналу (генерируют модули логики) защитного отключения.

Таблица 2.2.1 Основные технические характеристики модуля МК30
Основные технические характеристики

Параметр	Значение
Диапазоны измерения СКЗ виброскорости, мм/с	0,4 – 15
Диапазон измерения частоты вращения ротора, об/мин	3 – 12 000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения постоянного сигнала, %: - по цифровому индикатору - по унифицированному сигналу	±0,5 ±1,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения переменного сигнала, %: - по цифровому индикатору - по унифицированному сигналу	±1,0 ±1,0
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерения фазы оборотных составляющих, град., не более	±4,0
Базовая частота измерений, Гц	80 ± 1
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в диапазонах частот, %: - 10 – 25 Гц - 25 – 500 Гц - 500 – 1000 Гц	+2,0; -10,0; ±2,0 +2,0; -10,0
Время обновления показаний и работы логики сигнализации и защиты, с	0,5
<i>Примечание:</i> Остальные характеристики смотрите в таблицах общего описания измерительных модулей.	



Рисунок 2.2.1. Внешний вид модуля МК30

В модуле МК30 предусмотрено 12 логических выходов ОК с высокой нагрузочной способностью, а также 80 источников сигнализации (16 по каждому каналу (64) и 16 общесистемных). Каждый из 80-ти источников сигнализации представляется в виде логического сигнала, подаваемого на вход

программно реализованной логической матрицы. Выходом логической матрицы является 12 независимых силовых ключей ОК.

В модуле МК30 предусмотрено 6 аналоговых токовых выходов с возможностью назначения на выход любого из вычисляемых параметров с настраиваемым масштабом и смещением. Сигнал с ШИМ выхода микропроцессора поступает на вход аналогового фильтра с частотой среза 100 Гц. На выходе фильтра формируется аналоговый сигнал напряжением от 0 до 3.3 В, который подается в схемы токового управляемого стабилизатора.

Модуль МК30 поддерживает три независимых интерфейса управления:

- интерфейс RS485 с частичной реализацией протокола ModBus RTU (достаточной для управления МК30);
- поддержка интерфейса CAN2.0B (только расширенные сообщения);
- ведомый интерфейс SPI для настройки параметров работы МК30 со специализированного прибора или ПК.

Все интерфейсы могут работать параллельно.

2.2.4 Датчики виброскорости ДПЭ22МВ, ДПЭ23МВ, ДПЭ22П, ДПЭ22Ех (рисунок 2.2.2) и ДПЭ23П

Наименование параметра

Диапазоны измерений СКЗ виброскорости (V_e) (от и до включительно), мм/с:

- по выходу постоянного тока..... 0,6 - 12; 0,8 - 15 и 1,5 - 30;
- по выходу переменного тока..... 0,4 - 15; 0,8 - 30;
- диапазон частоты измерений (от и до включительно), Гц: 10 – 1000;

Выходной сигнал (от и до включительно), мА:

- по выходу постоянного тока 4 - 20;
- по выходу переменного тока 1 - 5.

Номинальное значение коэффициента преобразования (K_n), мА. с/мм:

- по выходу постоянного тока $16/V_e$;
- по выходу переменного тока: для диапазона измерения 0-15 мм/с:..0,05;
- для диапазона измерения 0-30 мм/с:.....0,025.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения на базовой частоте, %:

- по выходу постоянного тока..... $\pm 2,5$;
- по выходу переменного тока..... $\pm 2,5$.

Пределы отклонения коэффициента преобразования от номинального значения на базовой частоте, %:

- по выходу постоянного тока..... $\pm 2,5$;
- по выходу переменного тока..... $\pm 2,5$.

Нелинейность амплитудной характеристики на базовой частоте, %..... $\pm 1,0$.

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики, %..... $+1,5; -15,0$

Относительный коэффициент поперечного преобразования на базовой частоте, %, не более..... 5,0.

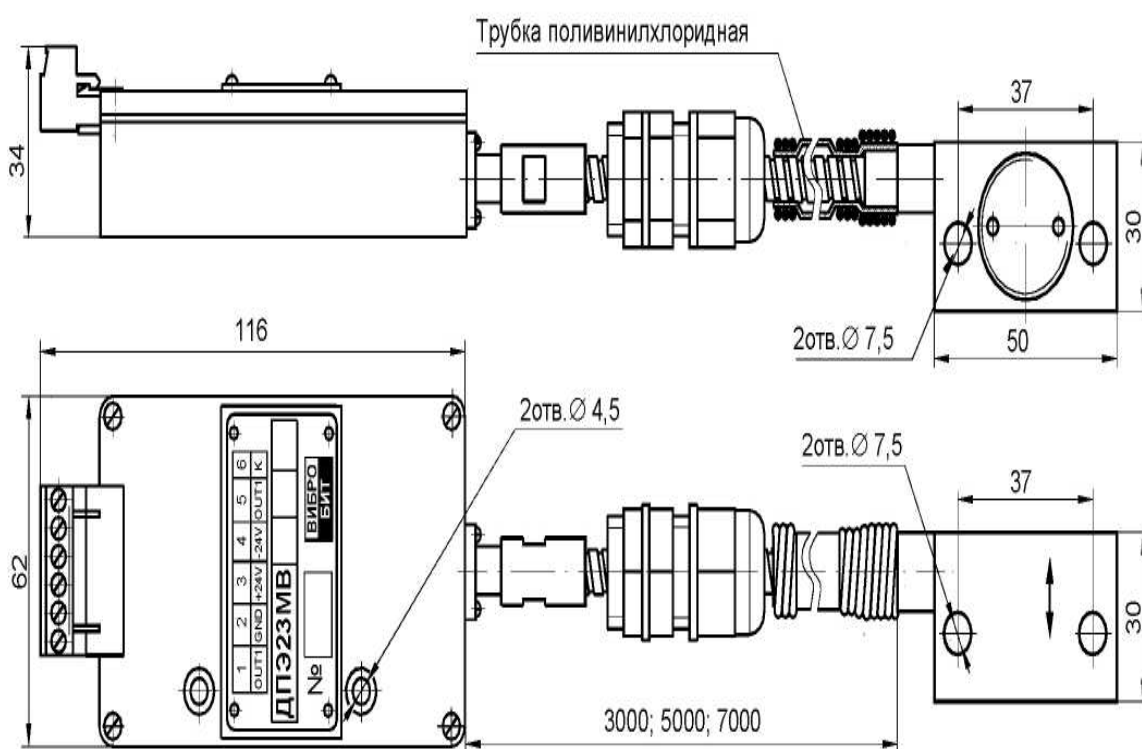
Сопротивление нагрузки, Ом, не более:

- для выходного сигнала 1 - 5 мА.....2000;
- для выходного сигнала 4 - 20 мА.....500.

Диапазон рабочей температуры окружающей среды (от и до включительно.), °С:

- для пьезоэлектрических преобразователей датчиков ДПЭ22МВ, ДПЭ22П.....+5 - +180;
- для пьезоэлектрического преобразователя датчика ДПЭ22Ех.-20 - +180;
- для усилителей датчиков ДПЭ22МВ, ДПЭ22П..... +5 - +70;
- для усилителя датчика ДПЭ22Ех..... -20 - +70.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерений, вызванной изменением температуры окружающей среды от



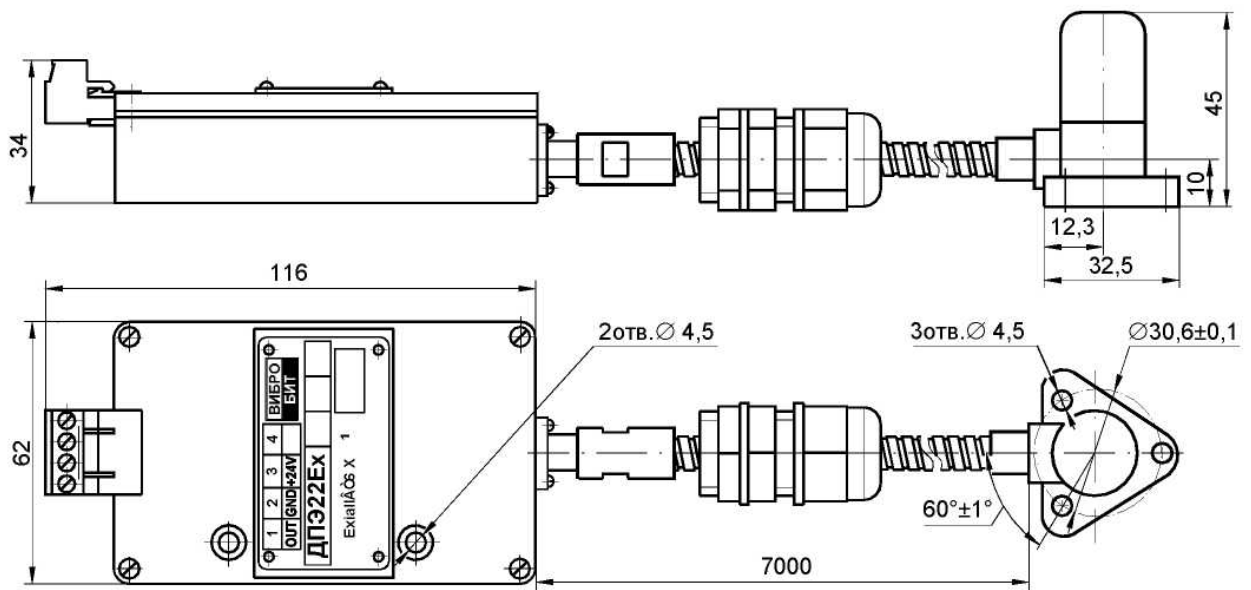


Рисунок 2.2.2. Датчик вибрации ДПЭ22Ех

2.3. Система контроля, управления и диагностики ИТ12, ИТ14

2.3.1 Назначение

Система контроля, управления и диагностики ИТ12, ИТ14 (система) предназначена для измерений параметров абсолютной вибрации опор валопроводов.

2.3.2 Функции

Система выполняет:

- непрерывное измерение СКЗ виброскорости опор валопроводов;
- вычисление спектральных составляющих (амплитуда, частота и фаза) виброскорости в реальном масштабе времени;
- вычисление трендов измеряемых или вычисляемых физических величин;
- сравнение измеренных и вычисленных параметров с пороговыми величинами (предупредительными и аварийными уставками);
- выдача измеренных и вычисленных параметров, а также предупредительных и аварийных сообщений при срабатывании уставок в систему верхнего уровня по протоколу CAN;
- выдача СКЗ виброскорости в виде токового сигнала (4-20) мА;
- выдача сообщений о неисправности канала в систему верхнего уровня по протоколу CAN и/или дискретным выходам;
- выдача дискретных сигналов о срабатывании аварийной и/или предупредительной уставок (опционально).

Структурная схема системы измерений абсолютной вибрации представлена на рисунке 2.3.1, где используются:

- для измерений абсолютной вибрации (по три канала на каждую опору) одноканальные преобразователи вибрационные ИТ14.11.000 с датчиками вибрации ИТ12.35.000, МВ-43 или МВ-44;
- преобразователь тахометрический ИТ14.14.000 с датчиком токовихревым ИТ12.30.000.

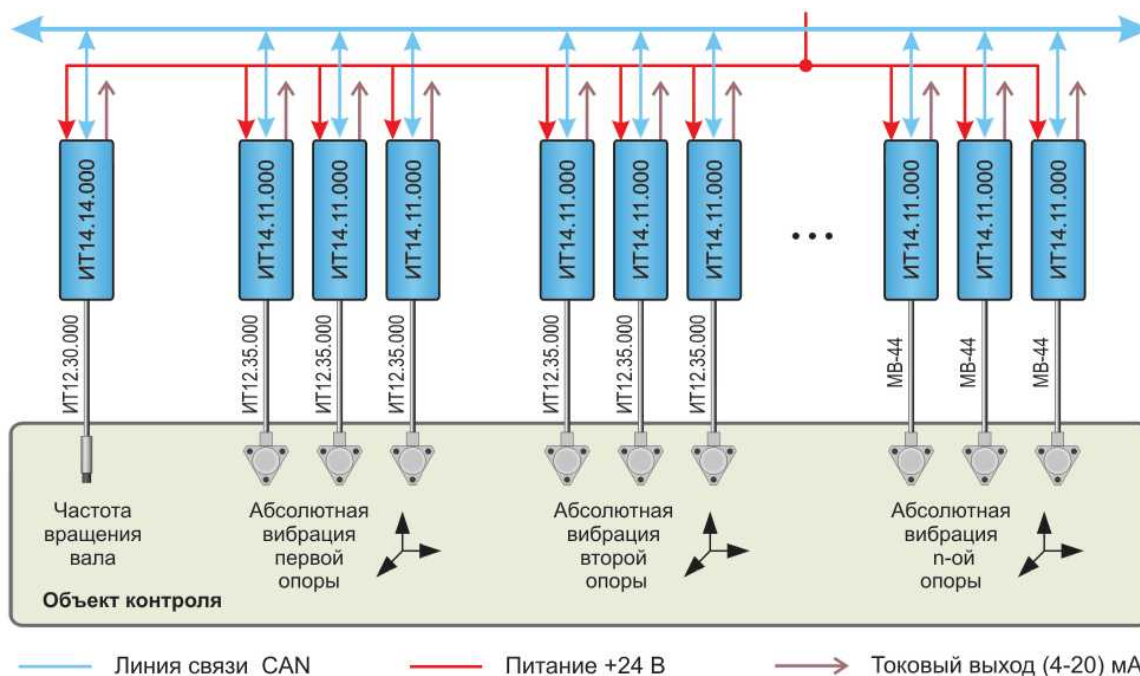


Рисунок 2.3.1. Структурная схема системы измерений абсолютной вибрации

2.3.3 Описание системы

Система измерения абсолютной вибрации состоит из первичных и вторичных преобразователей, а также линий связи.

В качестве первичных преобразователей используются датчики вибрации ИТ12.35.000 (МВ-43, МВ-44), преобразующие вибрацию объекта контроля в электрический сигнал.

Преобразователи вибрационные ИТ14.11.000 (вторичные преобразователи) преобразуют электрический сигнал, получаемый от датчиков, в цифровой или токовый сигнал.

По цифровому каналу в систему верхнего уровня передаются: среднеквадратические значения (СКЗ) и спектральные составляющие параметров виброскорости: амплитуда, частота и фаза (при наличии синхроимпульса от тахометрического преобразователя) по каждой гармонической составляющей; сигнал о срабатывании предупредительных и аварийных уставок; сигнал о неисправности канала и другие измеренные и вычисленные величины.

По токовому каналу выдается значение СКЗ виброскорости.

Для измерений параметров вибрации опор валопроводов на каждой опоре устанавливается по три канала измерений в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях: вертикальной, горизонтально-поперечной и горизонтально-осевой составляющей.

Тахометрический преобразователь ИТ14.14.000 в данной системе предназначен для измерений частоты вращения вала и выдачи в преобразователи вибрационные ИТ14.11.000 синхроимпульсы начала оборота вала для расчета фазы виброскорости.

Вторичные преобразователи размещаются вблизи объекта контроля (не более, чем 10 метров от места установки датчика).

Функции системы

Система выполняет:

- измерение среднего квадратического значения (СКЗ) виброскорости в заданном диапазоне частоты;
- выделение гармонических составляющих синусоидального сигнала (виброскорости), кратных частоте следования синхроимпульсов или принятой по линии связи частоте и определения параметров: амплитуды, частоты и фазы;
- измерение спектра виброскорости в рабочем диапазоне частоты;
- назначение уставок СКЗ виброскорости, а также амплитуды, частоты и фазы выделяемых гармонических составляющих синусоидального сигнала (виброскорости);
- назначение и расчет трендов на измеряемые и вычисляемые параметры;
- определение скачка вибрации по одной гармонической составляющей;
- хранение и выдача в линию связи CAN измеренного значения параметра;
- выдача в линию связи CAN массива мгновенных значений виброскорости для последующей обработки в диагностических целях (опционально);
- выдача в линию CAN и/или по двум дискретным выходам (опционально) сигнала неисправности ПВ и срабатывания предупредительных и аварийных уставок (для ПВ на рис.3);
- выдача токового сигнала 4-20 мА, пропорционального измеренному СКЗ виброскорости.

Дополнительные возможности

Система располагает следующими возможностями:

- вычисления четырех спектров сигнала ("длинные" векторы) в заданном диапазоне частоты от 10 до 1000 Гц и передачи их в архив;
- задавать четыре переменные, настраиваемые на вычисление СКЗ виброскорости в заданном диапазоне частоты от 10 до 1000 Гц;
- задавать три набора переменных ("короткие" векторы), в состав каждого из которых входит пять гармоник (амплитуда, частота, фаза), кратных частоте следования меток по линии синхронизации (внутренний тахометр) или частоте, принятой по линии связи CAN от одного из двух внешних тахометров;
- задавать десять переменных для вычисления трендов, назначаемых на измеряемые и вычисляемые параметры;
- задавать тридцать переменных, сохраняющих значения уставок, назначаемых на измеряемые и вычисляемые параметры;
- задавать переменную исправности измерительного канала;
- задавать скачок вибрации оборотной частоты (изменение на 1 мм/с за 5 с);

- назначать уставки низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости в диапазоне частоты от (10 до $f/2$) Гц, где f - оборотная частота.

2.3.4 Преобразователи вибрационные ИТ12.11.000 и ИТ14.11.000 и датчики вибрации



Рисунок 2.3.2 Преобразователи вибрационные ИТ12.11.000 и ИТ14.11.000

Таблица 2.3.1 Основные характеристики ПВ ИТ14.11.000 измерений СКЗ виброскорости

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	СКЗ виброскорости	амплитуда гармонических составляющих виброскорости
Диапазон измерений, мм/с	от 0,1 до 100,0	от 0,14 до 141,0
Пределы допускаемой основной относительной погрешности в рабочем диапазоне амплитуд, %	$\pm (3,00 + 0,05 \cdot (V_d / V_{изм}))$, где V_d – верхнее значение диапазона измерения СКЗ виброскорости или амплитуды гармонических составляющих виброскорости, мм/с, $V_{изм}$ – измеренное СКЗ виброскорости или значение амплитуды гармонических составляющих виброскорости, мм/с	
Диапазон рабочих частот, Гц	от 10 до 1000	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности в рабочем диапазоне частот, %	± 5	
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении частоты, Гц	–	± 0,1
при измерении по токовому выходу		
Диапазон выходного тока при преобразовании измеренного СКЗ виброскорости в унифицированный токовый сигнал, мА	от 4 до 20	–
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения, мм/с	$\pm 1,1 \sqrt{(0,03 \cdot V_{изм} + 0,0005 \cdot V_d)^2 + (0,005 \cdot V_{д.т})^2}$, где V_d – верхнее значение диапазона измерения СКЗ виброскорости, мм/с, $V_{изм}$ – измеренное СКЗ виброскорости, мм/с, $V_{д.т}$ – разница максимального и минимального значений диапазона измерения СКЗ виброскорости, настроенного на токовый выход, мм/с.	
общие		
Питание, В	от источника постоянного тока напряжением (18 ± 6)	
Потребляемая мощность, Вт	не более 3	

2.3.4.1 Преобразователь вибрационный ИТ12.11.000

Применение

Аналоговый преобразователь вибрационный ИТ12.11.000 (ПВ) (рисунок 2.3.2, таблица 2.3.2) предназначен для измерений и преобразования вибрации контролируемой поверхности в напряжение постоянного тока (или ток), пропорциональные среднему квадратическому значению виброскорости (СКЗ ВСК), и в напряжение переменного тока, пропорциональное мгновенному значению виброскорости (ВСК).

ПВ выполнен по традиционной схеме аналогового дифференциального усилителя заряда со встроенными схемами интегратора, фильтров верхних и низких частот, преобразователем значений виброскорости в напряжение.

В зависимости от условий применения в комплекте с преобразователями ИТ14.11.000 и ИТ12.11.000 могут применяться следующие датчики вибрации:

- вибропреобразователь МВ-43, датчик вибрации ИТ12.35.000 - пьезоэлектрические акселерометры общепромышленного применения;
- вибропреобразователь МВ-44 - высокотемпературный пьезоэлектрический акселерометр.

Одноканальный ПВ состоит из предусилителя вибрационного, смонтированного в пластмассовом корпусе ИТ12.10.100, и одного датчика вибрации (МВ-43, МВ-44 или ИТ12.35.000) с кабелем длиной до 15 метров.

ПВ устанавливается в соединительную коробку или измерительный шкаф.

Степень защиты ПВ от внешних воздействий (пыли, воды и т. п.) по ГОСТ14254:

- корпус ПВ- IP40;
- корпус ПВ при монтаже в соединительной коробке (шкафу) - IP 66 (IP54);
- корпус датчиков -IP 67.

Возможно взрывозащищенное исполнение ПВ с повышенным уровнем надежности против взрыва (при монтаже в соединительной коробке).

Габаритные размеры корпуса ПВ - 127x55x24 мм. Масса ПВ для разных исполнений от 0,5 до 1,5 кг.

Таблица 2.3.2 Основные характеристики ПВ ИТ12.11.000 измерений СКЗ виброскорости

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	СКЗ ВСК	ВСК
Диапазон измерений, мм/с	от 0,1 до 100	от 0,1 до 100
Пределы допускаемой основной относительной погрешности в рабочем диапазоне амплитуд, %	$\pm (3 + 0,05 \cdot (V_{\partial} / V_{изм}))$, где V_{∂} – верхнее значение диапазона измерения виброскорости, мм/с; $V_{изм}$ – измеренное значение виброскорости, мм/с	$\pm (2,5 + 0,02 \cdot (V_{\partial} / V_{изм}))$,
Диапазон рабочих частот, Гц	от $F_{срвч}$ до 1000, где $F_{срвч}$ – 5, 10 или 20 Гц - частота среза фильтра высокой частоты	от 5 до $F_{вч}$ где $F_{вч}$ – верхняя частота рабочего диапазона применяемого датчика вибрации, Гц
Пределы допускаемой основной относительной погрешности в рабочем диапазоне частот, %	не более (-40) – в диапазоне от $F_{срвч}$ до $2F_{срвч}$; не более (-12) – в диапазоне от $2F_{срвч}$ до $4F_{срвч}$; ± 4 – в диапазоне от $4F_{срвч}$ до 500 Гц; ± 6 – в диапазоне от 500 до 700 Гц; не более (-35) – в диапазоне от 700 до 1000 Гц, где $F_{срвч}$ – 5, 10 или 20 Гц - частота среза фильтра высокой частоты	не более (-40) – в диапазоне от 5 до 10 Гц; не более (-12) – в диапазоне от 10 до 20 Гц; ± 4 – в диапазоне от 20 до $0,25F_{вч}$; ± 6 – в диапазоне от $0,25F_{вч}$ до $0,5F_{вч}$; ± 15 – в диапазоне от $0,5F_{вч}$ до $F_{вч}$, где $F_{вч}$ – верхняя частота рабочего диапазона применяемого датчика вибрации, Гц
Коэффициент преобразования, мВ/мм·с ⁻¹	65 ± 10	65 ± 10
Максимальное выходное напряжение	от 0 до $U_{пит}$, где $U_{пит}$ – напряжение питания ПВ, В	$\pm U_{пит}$
	при измерении по токовому выходу	
Диапазон выходного тока, мА	от 4 до 20	–

	СКЗ ВСК	ВСК
	при измерении по токовому выходу	
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности в рабочем диапазоне амплитуд, %	5	–
Коэффициент преобразования, мА/мм·с ⁻¹	0,80 ± 0,05	–
	общие	
Питание, В	от двуполярного источника постоянного тока напряжением $\pm(13,5 \pm 1,5)$	
Потребляемая мощность, Вт	не более 1,5	

2.3.4.2 Датчик электродинамический ИТ12.37.000 - индукционный датчик общепромышленного применения с выходным электрическим сигналом, прямо пропорциональным измеряемой виброскорости.

2.3.4.3 Датчик вибрации ИТ12.35.000

Применение

Датчик вибрации ИТ12.35.000 (рисунок 2.3.3) предназначен для преобразований механических колебаний в электрические сигналы, пропорциональные ускорению колеблющегося объекта. Основные характеристики датчика вибрации приведены в таблице 2.3.2.

Датчик применяется в составе преобразователей вибрационных ИТ12.11.000 и ИТ14.11.000.

Конструктивное исполнение

Датчик состоит из вибропреобразователя и жгута.

Чувствительный элемент вибропреобразователя состоит из блока пьезоэлементов, электрически изолированного от основания вибропреобразователя изоляционными шайбами, и прижатого к нему груза.

Жгут датчика изготовлен из антивибрационного двухпроводного экранированного кабеля, защищенного металлорукавом, и заканчивается токопроводящими жилами и выводом экранирующей оплетки. Экран кабеля электрически изолирован от корпуса вибропреобразователя. Датчик крепится на контролируемой поверхности тремя винтами М4*14.

Степень защиты корпуса датчика с соединительным кабелем от внешних воздействий (пыли, воды и т. п.) по ГОСТ14254 -IP 67.

Датчик имеет уровень защиты "взрывобезопасный" по ГОСТ Р 51330.0-99, обеспеченный видом защиты "специальный" по ГОСТ 22782.3-77 и может устанавливаться во взрывоопасных зонах согласно гл. 7.3 ПУЭ "Электроустановки во взрывоопасных зонах", а также в зонах класса 1 и 2 согласно ГОСТ Р 51330.13-99, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных зонах.

При установке датчика во взрывоопасной зоне не допускаются механические повреждения корпуса и металлорукава датчика.

Масса датчика: без учета кабеля - не более 0,15 кг; с кабелем длиной (10 ±0,2) м – не более 3 кг.



Рисунок 2.3.3 Датчик вибрации ИТ12.35.000

Таблица 2.3.2 Основные характеристики датчика вибрации ИТ12.35.000

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Верхнее значение амплитудного диапазона виброускорения, м/с ²	не менее 2000
Диапазон рабочих частот виброускорения, Гц	от 2 до 7000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении виброускорения, %	не более ± 12
Коэффициент преобразования, пКл/(м·с ⁻²)	5,0 ± 0,5 на базовой частоте (200 ± 20) Гц
Относительный коэффициент поперечного преобразования, %	не более 5
Частота установочного резонанса в осевом направлении, кГц	не менее 23,5
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики датчика в рабочем диапазоне частот относительно базовой частоты 200 Гц, %	не более ± 10
Нелинейность амплитудной характеристики, %	не более ± 4
Электрическое сопротивление изоляции, МОм	не менее 1000

2.4 Система технологического контроля тепловых расширений и вибросостояния энергетических турбоагрегатов на базе аппаратуры «ЛМЗ-97»

Система технологического контроля тепловых расширений и вибросостояния энергетических турбоагрегатов на базе аппаратуры «ЛМЗ-97» (система) выполняет следующие функции:

- оценку вибросостояния подшипниковых опор агрегата;
- передачу измеренных и архивных данных в компьютерную сеть;
- выработку сигналов при достижении параметрами пороговых величин;
- текущие измерения вибрационных и механических параметров с выдачей результатов измерений на дисплей оператора в удобном и компактном виде;
- проверку исправности аппаратуры;
- выдачу предупредительных и, в случае необходимости, аварийных сигналов при превышении заданных оператором уставок;
- формирование аналоговых сигналов тока (4-20) или (0-5) мА, пропорциональных измеренным параметрам;
- отображение векторов гармоник относительного виброперемещения шеек роторов;
- отображение векторов гармоник виброперемещения опор подшипников;
- составление текущей технической документации для оперативного персонала и администрации электростанции по работе оборудования, включая данные по переходным режимам (пуски, остановки), срабатывания сигналов предупреждения и защиты, статистический анализ.

Система включает в себя первичную аппаратуру, принимающую сигналы от объекта измерений и вторичную аппаратуру, выполняющей обработку сигналов

от первичной аппаратуры, а также программное обеспечение, установленное во вторичной аппаратуре, обеспечивающее индикацию, сигнализацию, регистрацию и обработку данных.

На верхнем уровне система содержит: рабочие станции оператора блочного щита управления (БЩУ) и специалистов по диагностике; сетевое оборудование (кабельная сеть, сетевые карты, сетевые разветвители); регистрирующие устройства (принтеры), а также программное обеспечение верхнего уровня.

2.4.1 Первичная аппаратура. Датчики и блоки предварительных усилителей

Выбор мест установки датчиков (рисунок 2.4.1) и блоков предварительных усилителей (рисунок 2.4.2) осуществляется потребителем. Контрольные точки должны выбираться в местах, где вибрационная энергия передается на корпусную часть или другие узлы системы. Для энергетических турбоагрегатов контрольные точки выбираются, как правило, на крышках или фланцах горизонтальных разъемов корпусов подшипников. Достоверность результатов преобразования определяется надежностью установки крепления и контакта датчика с поверхностью в точке измерений.

Измерение вибрации проводится в местах установки датчиков, эти места, а также направления измерений (т.е. ориентация датчиков) регламентируются действующими РТМ - стандартами и Правилами технической эксплуатации.

На каждый канал модуля-монитора ВИБРАЦИЯ ОПОР от преобразователей поступают масштабированные сигналы - сигналы напряжения, пропорциональные мгновенной виброскорости (коэффициент преобразования составляет 50 мВ/мм с⁻¹).

Измеренная среднеквадратическая величина виброскорости ($V_{скз}$) является результатом обработки входного сигнала, содержание этой обработки описывается следующей формулой:

$$V_{скз} = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} [V(t)]^2 dt}, \quad 2.4.1$$

где $V_{скз}$ - среднеквадратическая величина виброскорости за время усреднения Δt , время усреднения устанавливается в приборе таким образом, чтобы обеспечивать допускаемую погрешность измерений;

t - текущее время;

$V(t)$ - мгновенная величина виброскорости (виброскорость как функция времени t).

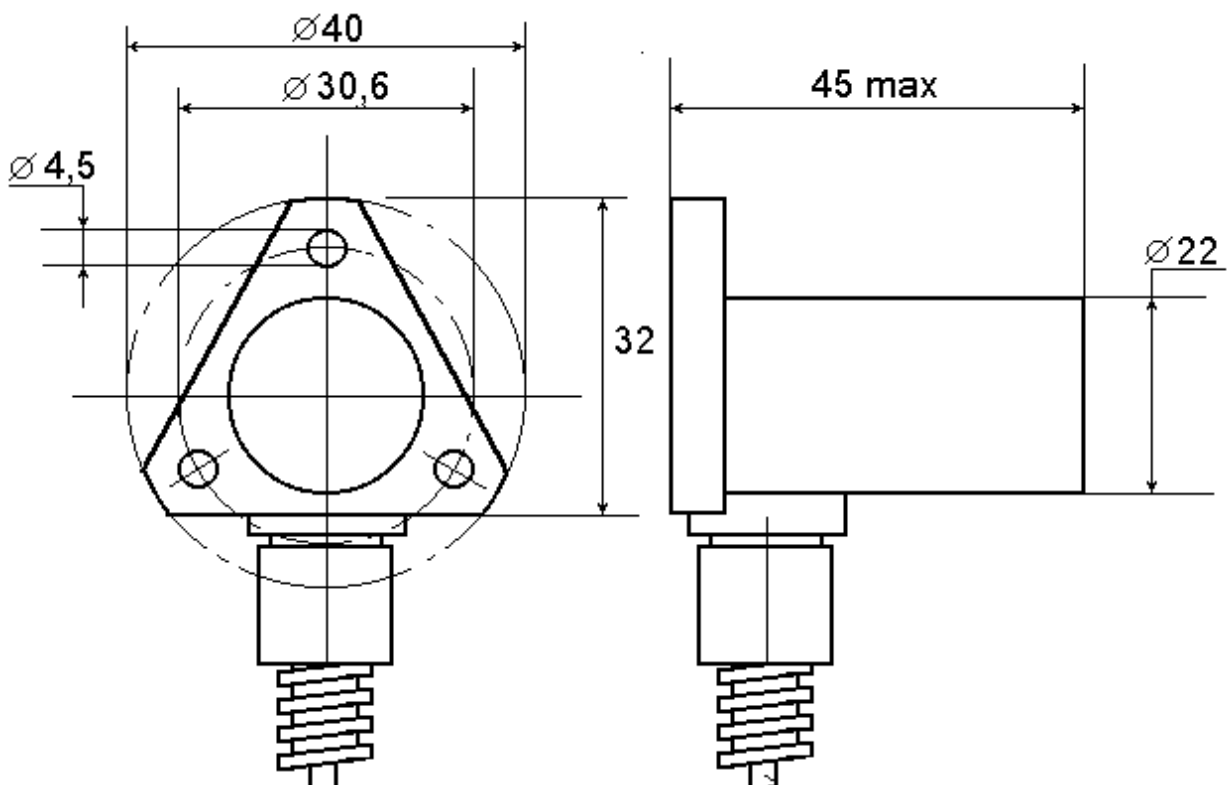


Рисунок 2.4.1 Датчик измерений вибрации

Блок предварительных усилителей (рисунок 2.4.2) должен быть установлен и закреплен в месте, где при работе агрегата температура воздуха не превышает 65°C .

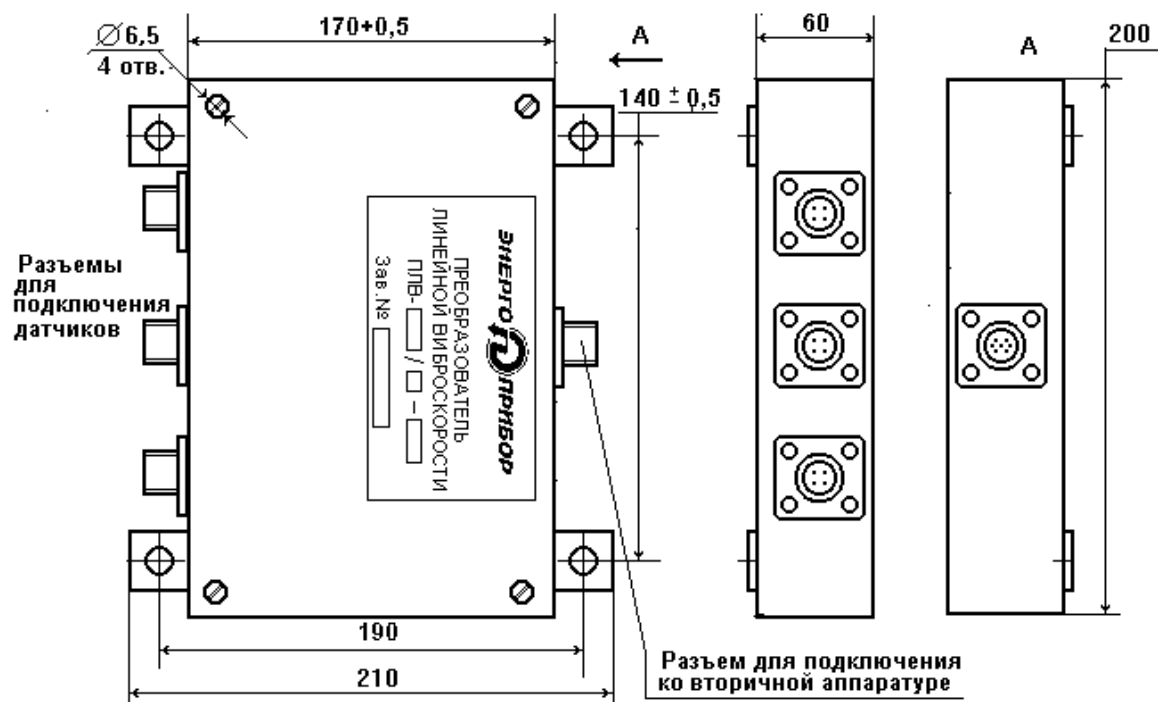


Рисунок 2.4.2 Корпус блока электронного преобразователя ПЛВ-03/3 (измерений вибрации в 3-х направлениях)

2.4.2 Вторичная аппаратура

Вторичная аппаратура - приборы серии ИВВ-03 (03С) – многоканальные, (С-сетевые) и приборы серии ИВ-208 - одноканальные.

По назначению основные исполнения приборов ИВВ-03 (03С) следующие: измеритель вибрации опор; измеритель вибрации вала; измеритель механических величин, а также измеритель вибрации и механических величин (комбинированный).

По конструкции основные исполнения приборов ИВВ-03 (03С) – стационарные и переносные.

Приборы ИВВ-03 построены по блочно-модульному принципу.

Конструктивное размещение вторичной аппаратуры - в корпусе 19 дюймов высотой 3U (132 мм). На передней панели корпуса находятся:

- экран дисплея размером 211x79 мм (разрешение 640x240 точек);
- 10 кнопок управления режимами индицирования и работы;
- 8 (10) модулей-мониторов с передними панелями.

Прибор ИВВ-03 в корпусе 3U - стационарный.

2.4.3 Модули-мониторы

Модули - мониторы предназначены для установки в блок прибора ИВВ-03 (максимальное количество - 10). Каждый модуль комплектуется соответствующим преобразователем.

В каждом модуле-мониторе обеспечивается:

- измерение величины соответствующего параметра;
- выработка и передача в систему автоматики и защиты сигналов о превышении установленных уровней (уставок);
- индикация по уставкам:
- световая - светодиоды на передней панели модуля;
- “сухой контакт” - выдача сигнала на разъем СИГНАЛИЗАЦИЯ прибора.

Кроме того, каждый модуль-монитор производит:

- контроль и индикацию (световую) исправности цепей питания модуля и подключенной первичной аппаратуры;
- передачу питания в первичную аппаратуру.

Все модули-мониторы формируют в каждом канале сигнал тока и выдают его на контакты разъема САМОПИСЕЦ в диапазонах (4...20) или (0-5) мА.

2.4.4 Приборы ИВВ-03С

Приборы ИВВ-03С построены по модульному принципу – каждому измеряемому параметру соответствует свой модуль.

В правом отсеке размещено 8 - 10 модулей-мониторов. Каждый модуль представляет собой схемно и конструктивно законченное устройство.

Модули кассетного исполнения, устанавливаются в прибор со стороны передней панели в определенном порядке. На передней панели модулей размещены светодиоды, которые включаются: при достижении измеренной величины предельно-допустимым нормам – уставкам; при неисправности аппаратуры, а также при исправной работе прибора - нижний (зеленый) светодиод.

2.4.5 Модуль-монитор 02.3 измерений виброскорости опор

Модуль-монитор 02.3 трехканальный предназначен для измерений вибрации опор в 3-х направлениях: вертикальном, осевом и поперечном; работает в комплекте с 3-хканальным преобразователем ПЛВ-03/3, обеспечивает питание 3-х канального преобразователя ПЛВ-03/3:

Основные технические параметры:

- напряжение питания..... $+(16 \pm 1,6)$ В;
- ток потребления, не более 45 мА;
- ток срабатывания защиты от короткого замыкания, не более..... 60 мА;

выполняет следующие измерения в каждом канале, в диапазоне:

- среднеквадратической величины (СКЗ) виброскорости, мм/с 0,1 - 15;
- $\frac{1}{2}$, 1-й и 2-й гармоник виброскорости, мм/с 0,1 - 15;
- фаз 1-й и 2-й гармоник виброскорости, град 0 - 400;
- 1-й и 2-й гармоник виброперемещения, мкм 1 - 300;
- фаз 1-й и 2-й гармоник виброперемещения, град 0 - 400.

Модуль-монитор 02.3 обеспечивает:

- формирование и выдачу 3-х предупредительных сигналов 2-х типов: световых, светодиоды на лицевой панели модуля и «сухой контакт» при достижении контролируемыми параметрами следующих уставок:

АВАРИЯ, больше или равно, мм/с 11,2;

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ 2, больше или равно, мм/с 7,1;

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ 1, больше или равно, мм/с 4,5;

- формирование сигнала тока, пропорционального измеренному параметру в диапазоне измерений, мА 4-20;

- формирование величины параметра выводимого на токовый выход, шкала САМОПИСЦА, мм/с 15.

Модули-мониторы 02.3 установлены в приборе вибрации опор на 2 - 9 местах.

2.4.6 Главное меню

Работа с системой укладывается в режимы, перечисленные в Главном меню (ГМ).

Если в результате действий оператора изменяется режим индицирования, изменяется структура изображения, но при этом принципиально сохраняется структура нижней части изображения (1-ой и 2-ой строки):

1-я строка - назначение и функции кнопок;

2-я - наименование режима индицирования.

На рисунке 2.4.3 показан экран - ГЛАВНОЕ МЕНЮ ПРИБОРА

Аппаратура технологического контроля параметров и защиты энергетических турбоагрегатов		ЛМЗ-97.04С				Измеритель вибрации опор ИВВ-03С/011-042-М0925			
Название	Синхр.	Опора 1	Опора 2	Опора 3	Опора 4	Опора 5	Опора 6	Опора 7	Опора 8
ЯШМИ 402243.007	01.1	02.3	02.3	02.3	02.3	02.3	02.3	02.3	02.3
Зав. номер									
Каналы		В	В	В	В	В	В	В	В
	1	3 П	3 П	3 П	3 П	3 П	3 П	3 П	3 П
Версия 4,050 Н		0	0	0	0	0	0	0	0
	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма
АО "Энергоприбор"					Санкт-Петербург				
21-03-2005	09:35.24	Главное меню							
Справка	Монитор	История	Протокол	Защита			Опции	Защита	

Рисунок 2.4.3 Заставка прибора - режим индицирования (РИ) Главное меню

2.4.7 Таблица параметров

В Таблице параметров перечислены все параметры, которые отражают состояние объекта контроля. Построение Таблицы параметров прибора вибрации опор показано на рисунке 2.4.4.

Частота об/мин 109.9	Опора 1			Опора 2			Опора 3			Опора 4			Опора 5			Опора 6			Опора 7		
	В	П	О	В	П	О	В	П	О	В	П	О	В	П	О	В	П	О	В	П	О
U_CK3, мм/с	6.79	7.36	6.67	6.24	6.80	6.09	7.55	6.20	7.38	6.29	7.46	6.09	6.89	6.78	6.67	7.46	6.70	6.57	7.46	6.70	6.55
U1/2, мм/с	50.0	50.2	50.3	50.0	50.2	50.0	50.2	50.0	50.2	50.0	50.3	50.0	50.2	50.1	50.1	50.3	50.2	50.0	50.3	50.2	50.5
U1, мм/с	50.2	50.1	50.2	50.1	50.2	50.3	50.0	50.3	50.0	50.3	50.0	50.3	50.2	50.0	50.2	50.1	50.0	50.3	50.1	50.0	50.5
Ф_U1, град	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	225
U2, мм/с	50.1	50.1	50.3	50.0	50.2	50.2	50.1	50.2	50.1	50.1	50.2	50.0	50.2	50.0	50.3	50.2	50.1	50.1	50.2	50.1	50.5
Ф_U2, град	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	227	225
2A1, мкм	135	135	135	135	135	135	135	135	135	136	135	136	135	135	135	135	135	135	135	135	135
Ф_A1, град	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	317	315
29-10-2002	15:45.58			Таблица параметров																	
Справка	Вверх	Вниз	Влево	Вправо												Защита	Возврат				

Рисунок 2.4.4 Таблица параметров прибора вибрации опор

В левом столбце таблицы перечислены наименования измеряемых и вычисленных параметров и их размерность.

В верхней строке таблицы указаны места установки модулей мониторов - слева направо от дисплея Опора 1, Опора 2 и т.д. Каждому модулю соответствует свой столбец.

Столбец 3-канального модуля содержит 3 ячейки, разделенные пунктирной линией: В – вертикальное направление, П – поперечное направление, О - осевое.

В ячейки каждого столбца непрерывно, с заданной дискретностью 10 с записывается измеренная или рассчитанная величина параметра.

Две нижние строки таблицы приведены на рисунке 2.4.5.

2.4.8 Подменю Гистограммы

Для просмотра измеренных величин в виде гистограмм необходимо вернуться в меню Монитор и нажать кнопку [Гистогр.].

Выход в меню Монитор производится нажатием кнопки [Возврат].

Вид экрана в подменю Гистограмм вибрации опор приведен на рисунке 2.4.5.

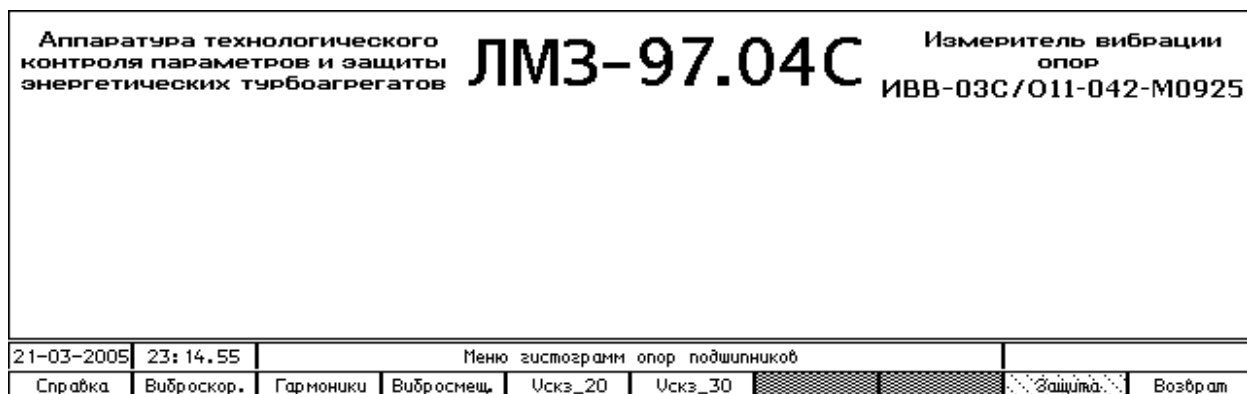


Рисунок 2.4.5 Вид экрана в подменю Гистограмм вибрации опор

В нижней строке, на рисунке 2.4.5 перечислены параметры, которые можно просмотреть в виде гистограмм:

- Виброскор,
- Гармоники,
- Вибросмещение,
- $V_{СКЗ_20}$;
- $V_{СКЗ_30}$.

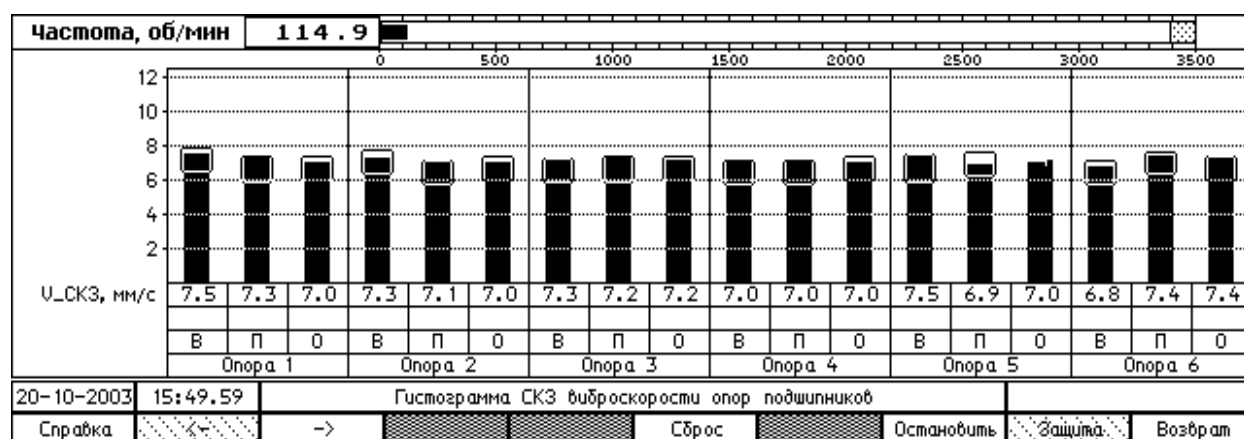


Рисунок 2.4.6 Гистограммы виброскорости

Гистограммы (рисунок 2.4.6) имеют вид столбиков. В верхней строке выводится Частота, об/мин и рядом измеренная величина (об/мин.). По вертикальной оси индицируется $V_{СКЗ}$, мм/с., шкала $V_{СКЗ}$ - 12 мм/с. По нажатию кнопок $V_{СКЗ_20}$ или $V_{СКЗ_30}$ верхний предел шкалы увеличивается и можно наблюдать скачки, достигающие до 20 или 30 мм/с.

Каждый столбик несет информацию о состоянии одной опоры в 3-х направлениях: вертикальном, поперечном и осевом. Каждый столбик имеет наверху окантовку, которая показывает границы изменения параметра. При появлении скачка изменяется размер белого поля верхнего прямоугольника (окантовки).

По нажатию кнопки [Гармоники] на экране прибора индицируются параметры:

- $V^{1/2}$, мм/с – эффективное значение половинной гармоники виброскорости;
- V_1 , мм/с – эффективное значение первой гармоники виброскорости;
- Фаза, град – фаза первой гармоники виброскорости;

V_2 , мм/с – эффективное значение второй гармоники виброскорости.

По нажатию кнопки [Виброперемещение] индицируется гистограмма Размах 1-й гармоники ($2A_1$, мкм) опор подшипников, а внизу приведены данные расчета фазы 1-й гармоники виброперемещения.

При просмотре гистограмм в меню Гармоники на экране размещается только часть опор. Параметры остальных опор можно просмотреть по нажатию кнопок [вправо] или [влево].

2.4.9 Подменю Спектры

Вызов: нажимать кнопку [Возврат] до индицирования меню Монитор; нажать кнопку [Спектры] (рисунок 2.4.7) на экране - меню Спектрограммы виброскорости.

Модуль		Спектры		
Опора 1	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 2	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 3	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 4	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 5	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 6	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 7	Монитор вибрации опор	В	П	0
Опора 8	Монитор вибрации опор	В	П	0
20-10-2003 15:48.26 Меню спектрограмм				
Справка	Вверх	Вниз	Просмотр	Защита
				Возврат

Рисунок 2.4.7 Меню Спектрограммы виброскорости

Спектрограмма Виброскорости

Вызов: установить маркер на интересующую опору и нажать кнопку [Просмотр] на экране – Спектрограммы виброскорости (рисунок 2.4.8).

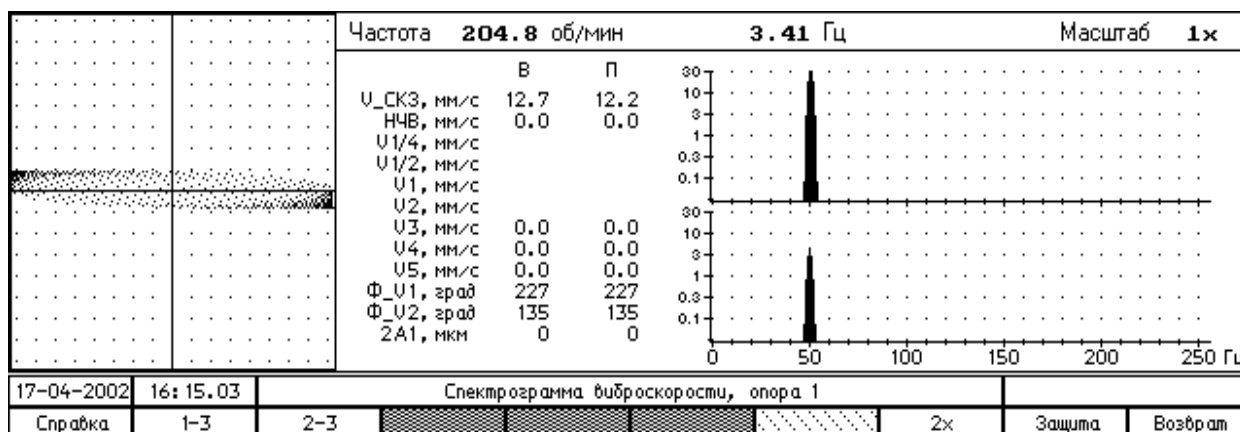


Рисунок 2.4.8 Спектрограмма виброскорости

Спектрограмма виброскорости (рисунок 2.4.8) разделена на три части. В центре экрана индицируется перечень измеряемых параметров, их размерность и измеренные и обработанные величины. Приводятся данные одновременно для двух направлений (вертикального и поперечного). В правой части экрана показаны два графика - результат математической обработки числовых величин, приведенных в центральной

части. Спектрограмма на верхнем графике получена по результатам обработки данных вертикального направления, на нижнем - для поперечного направления.

Предусмотрено увеличение масштаба спектрограмм: 1x, 2x, 4x, 8x и 16x. Установленный масштаб индицируется в верхнем правом углу, изменение масштаба производится кнопками К7 и К8. Спектрограмма обновляется каждые 2 с.

2.4.10 Меню Логика

Для вибрации опор в меню Монитор предусмотрен режим Логика.

Вызов: нажимать кнопку [Возврат] до индицирования меню Монитор; нажать кнопку [Логика]. На экране – меню Логико-аналитическая сигнализация (рисунок 2.4.9).

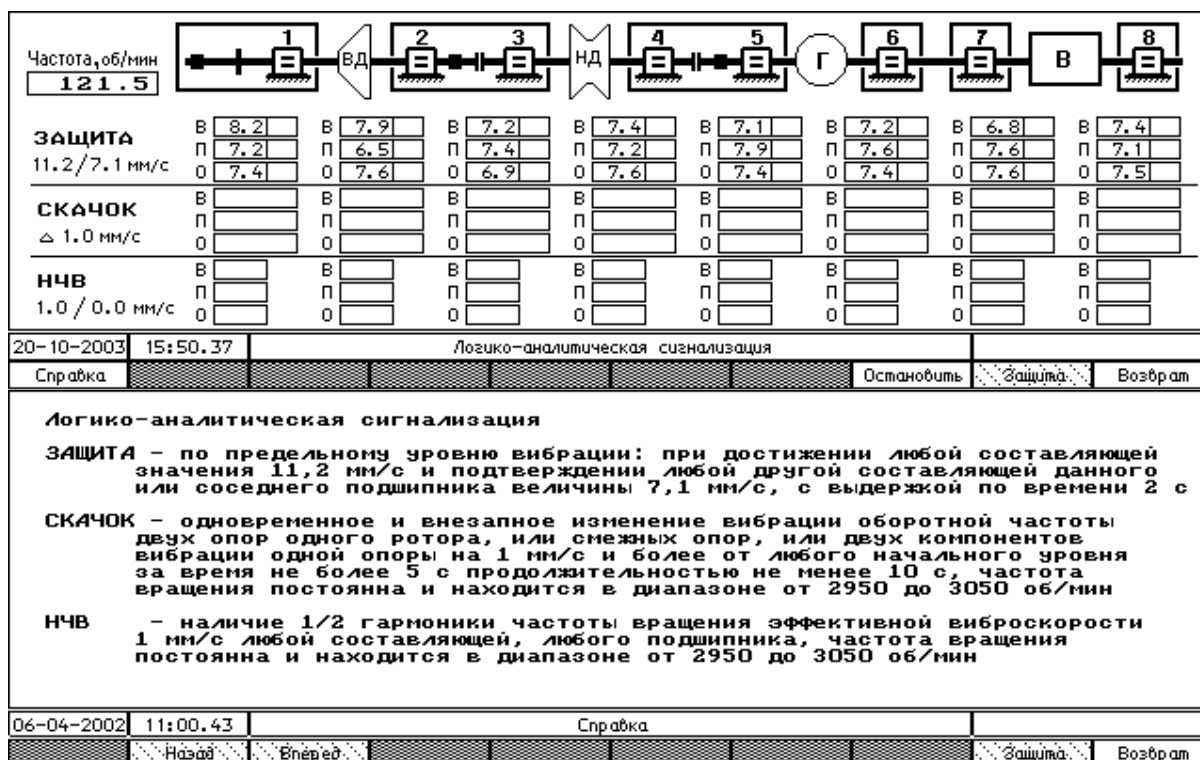


Рисунок 2.4.9 Логико-аналитическая сигнализация

На рисунке 2.4.9 приведена мнемосхема турбоагрегата, под ней расположена таблица, в которую заносятся величины измеренных значений виброскорости на каждой опоре в каждом направлении. Слева индицируется частота вращения и предельные величины, при достижении которых срабатывает Защита. На рисунке 2.4.9 поясняется механизм работы логико-аналитической сигнализации.

2.4.11 Меню Опции

Работа в меню Опции для всех видов приборов идентична, отличие составляет только содержание таблиц.

Вызов таблицы Опции: нажимать кнопку [Возврат] до индицирования на экране Главного меню; нажать кнопку [Опции].

Меню Опции рисунок 2.4.10 содержит следующие подменю:

Уставки;
Тест;
Пароль;
Экран ВКЛ.;
Звук ВКЛ.;
Время;
Защита.

Аппаратура технологического контроля параметров и защиты энергетических турбоагрегатов		ЛМЗ-97.04С		Измеритель вибрации опор ИВВ-03С/011-042-М0925	
АО "Энергоприбор"			Санкт-Петербург		
21-03-2005	09:36.16	Опции			
Справка	Уставки	Аппаратура	Тест	Пароль	Экран ВКЛ.
					Звук ВКЛ.
					Время
					Защита
					Возврат

Рисунок 2.4.10 Меню Опции

В целях увеличения ресурса работы лампы подсветки, предусмотрен режим Гашения экрана, для чего в меню Опции введена кнопка [Экран Вкл].

При включении питания прибора автоматически устанавливается режим Экран Вкл, по нажатию этой кнопки, она меняет свое наименование на Экран Авто – экономичный режим. В экономичном режиме оператор продолжает свою работу с прибором, но если после последнего нажатия любой кнопки проходит более 10 мин, то экран автоматически выключается. Для включения экрана достаточно нажать любую кнопку на панели прибора.

2.4.12 Таблица уставок

Для модуля вибрации опор 02.3 на рисунке 2.4.11 показана Таблица уставок. Вызывается таблица на экран нажатием кнопки [Уставки]

Монитор вибрации опор Место 2 "Опора 1" ЯШМИ 402243.007-02.3 N					
В		П		О	
Название	Значение	Название	Значение	Название	Значение
Текущее значение	9.2	Текущее значение	8.2	Текущее значение	8.4
Авария	11.2	Авария	11.2	Авария	11.2
Предупреждение 2	7.1	Предупреждение 2	7.1	Предупреждение 2	7.1
Предупреждение 1	4.5	Предупреждение 1	4.5	Предупреждение 1	4.5
02-04-2002	10:47.56	Таблица уставок			
Справка	Вверх	Вниз	Влево	Вправо	Изменить
					Тест
					Пароль
					Защита
					Возврат

Рисунок

2.4.11. Таблица уставок

В этом подменю для каждого модуля, установленного в приборе и для каждого направления В, П, О записываются текущие величины значений и

записанные при выпуске с предприятия-изготовителя Уставки: Авария, Предупреждение 2, Предупреждение 1.

В нижней строке таблицы предусмотрены кнопки для вызова на экран любого другого модуля, установленного в приборе. Для всех модулей типа 02.3 форма таблицы одинаковая. Для просмотра таблицы уставок модуля синхронизации достаточно нажать кнопку [Влево].

Таблица уставок аппаратуры выводится на экран из меню Опции по нажатию кнопки [Аппаратура]. Таблица уставок аппаратуры позволяет проверить установку Первичной аппаратуры, в том числе:

установку датчиков – Порог_min;

напряжение питания, поступающее на преобразователи – Питание_max; Питание_min;

наличие метки для обеспечения работы в синхронном режиме - Синхронизация;

минимальный сигнал, поступающий от преобразователей - Датчик_1 (2, 3)

U_max, (min);

предел шкалы самописца – Шкала самописца.

На рисунке 2.4.12 показана таблица уставок аппаратуры для модуля 02.3.

Монитор вибрации опор Место 2 "Опора 1" ЯШМИ 402243.007-02.3 N									
Название уставки		Уставка	Измерено	Название уставки		Уставка	Измерено		
Подача_сигнала, с		2		Датчик_1 U_max, В		9.0			
Отбой_сигнала, с		4		Датчик_1 U_min, В		6.0			
Питание_max, В		18.0		Датчик_2 U_max, В		9.0			
Питание_min, В		12.0		Датчик_2 U_min, В		6.0			
Порог_min_1, мм/с		0.5		Датчик_3 U_max, В		9.0			
Порог_min_2, мм/с		0.5		Датчик_3 U_min, В		6.0			
Порог_min_3, мм/с		0.5		Шкала самописца		20.0			
Синхронизация		1							
28-02-2002	12:23.23	Таблица уставок аппаратуры							
Справка	Вверх	Вниз	Влево	Вправо	Изменить	Пароль	Защита	Возврат	

Рисунок 2.4.12 Таблица уставок аппаратуры для модуля 02.3

Фактическая величина каждого из перечисленных параметров заносится в графу Измерено и должна находиться в пределах величин, записанных в графе Уставки. Если измеренное значение находится вне этих пределов, то ячейка обрамляется дополнительной рамкой, это свидетельствует о том, что первичная аппаратура, установленная на объекте, либо неверно установлена, либо неисправна.

При необходимости, оператор может изменить величины уставок контролируемых параметров. Уставки аппаратуры не могут быть изменены без согласования и разрешения разработчика. Изменение уставок измеряемых (контролируемых) параметров может произвести оператор, который знает Пароль.

2.4.13 Пароль

Паролем закрыты следующие режимы:

Изменить (Уставки, Уставки аппаратуры), Тест.

Ввод пароля может производиться двояко:
из меню Опции нажатием кнопки [Пароль], при этом активизируются все закрытые режимы: Тест, Уставки, Уставки аппаратуры;
из меню Уставки или Уставки аппаратуры, при этом активизируется кнопка [Изменить] в соответствующих подменю.

3 АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ТУРБОАГРЕГАТА «АКТИВ». ИЗМЕРИТЕЛЬ ВИБРАЦИИ

(УСТРОЙСТВО) ИП-121

3.1 Назначение

Измеритель вибрации (устройство) ИП-121 предназначен для измерений среднеквадратического значения виброскорости (далее СКЗ виброскорости) опор подшипников турбоагрегатов в трех направлениях, преобразования виброскорости в унифицированный сигнал постоянного тока, сигнализации при достижении заданного значения виброскорости, сигнализации скачка вибрации. Под скачком понимается одновременное внезапное и необратимое изменение вибрации оборотной частоты двух опор одного ротора, смежных опор или двух составляющих вибрации одной опоры на 1,0 мм/с и более от любого начального уровня. Под внезапным изменением уровня вибрации понимают его изменение за время не более 5 с длительностью не менее 10 с.

Устройство состоит из трех пьезоэлектрических датчиков; одного трехканального преобразователя; блока контроля (блок) и элементов крепления датчиков, преобразователя и блока.

Нормальными условиями применения устройства являются:

- температура окружающего воздуха, °С 20 + 5;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
мм рт.ст. от 630 до 795;
- напряжение питающей сети, В, при частоте 50+ 0,5 Гц 187 -242
с коэффициентом гармоник не более 5%.

Рабочими условиями применения являются:

- датчики - температура окружающей среды, содержащей пары и брызги турбинного масла от +5 °С до +100 °С; относительная влажность до 98% при температуре +35 °С; магнитное поле промышленной частоты напряженностью до 400 А/м;
- преобразователь - температура окружающей среды от +5 °С до +70 °С; относительная влажность до 98% при температуре +35 °С;
- блок - температура окружающей среды от +5 °С до +50 °С; относительная влажность до 80% при температуре +35 °С.

3.2 Технические данные и характеристики устройства

Диапазон измерений СКЗ виброскорости, мм/с 0,2 - 12,0.

Частотный диапазон измерений, Гц 10 - 1000.

Пределы допустимой основной относительной погрешности измерений СКЗ виброскорости на базовой частоте 45 Гц, %:

- по цифровому индикатору ± 3 ;
- по унифицированному сигналу ± 1 .

Предел неравномерности АЧХ в рабочем диапазоне частот, дБ -1,0.

Пределы относительной погрешности срабатывания сигнализации в рабочем диапазоне измерений, % ± 1 .

Относительный коэффициент поперечного преобразования датчика, %, не более ± 2 .

Уровень собственных шумов ниже минимального значения диапазона измерений, дБ, не менее 8.

Пределы дополнительной относительной погрешности изменения СКЗ виброскорости, %, от воздействия:

- температуры ± 6 ;
- относительной влажности $\pm 1,5$.

Диапазоны изменений виброскорости сложной гармонической вибрации при коэффициенте амплитуды 5, мм/с 0,2 ...4 и 0,5... 10.

Пределы дополнительной погрешности измерения СКЗ сложного гармонического сигнала при коэффициенте амплитуды , 5.

Число каналов измерений 3.

Количество устанавливаемых уровней сигнализации на каждый канал 2.

Время срабатывания сигнализации А (авария), с:

с задержкой не более 0,5...10.

Сопrotивление изоляции цепей питания и сигнализации, МОм, не менее

- в нормальных климатических условиях 20;
- в условиях предельной влажности 2.

Электрическая изоляция устройства должна выдерживать в течение одной минуты без пробоя испытательное напряжение, кВ

- в цепях питания 1,5;
- в цепях сигнализации 0,5.

Унифицированный выходной сигнал постоянного тока, мА при нагрузке:

- не более 2 кОм 0...5;
- не более 500 Ом 4...20

Коммутационная возможность исполнительных реле сигнализации и защиты, А:

- при постоянном токе напряжением от 6 до 30В 0,1...2,0;

- при постоянном или переменном токе напряжением от 30 до 220В 0,05...0,1.

Время установления рабочего режима, мин 5.

Питание устройства осуществляется от сети переменного тока 220В 50 Гц.

Потребляемая мощность, ВА, не более 10.

Пределы дополнительной относительной погрешности, вызванной изменением напряжения питания от 187В до 242В, % $\pm 0,5$.

Пределы дополнительной погрешности, вызванной магнитным полем с частотой 50Гц и напряженностью 400А/м на датчики и преобразователи и 80А/м на модули и блоки устройства, % $\pm 1,5$.

Напряжение промышленных радиопомех, дБ., не более:

- на частотах от 0,15 до 0,5 МГц 80;

- на частотах от 0,5 до 2,5 МГц 74;

- на частотах от 25 до 30 МГц 66.

Наработка на отказ (T_o) при вероятности безотказной работы 0,9, час, не менее $7,5 \cdot 10^4$.

Средний срок службы, лет 12.

Габаритные размеры, мм, не более

- блока 100x170x200;

- преобразователя 185x80x50;

- датчика 31x31x50.

Длина кабеля датчика, м $5 \pm 0,1$.

Масса, кг, не более:

- блока 2,5;

- преобразователя 0,5;

- датчика 3;

- комплекта 6.

3.3 Состав устройства

В состав устройства входят основные узлы и детали: блок контроля; один преобразователь; три датчика; элементы монтажа устройства на оборудовании; эксплуатационная документация. Комплектность устройства указана в его формуляре.

Принцип действия. Описание структурной схемы (рисунок 3.1).

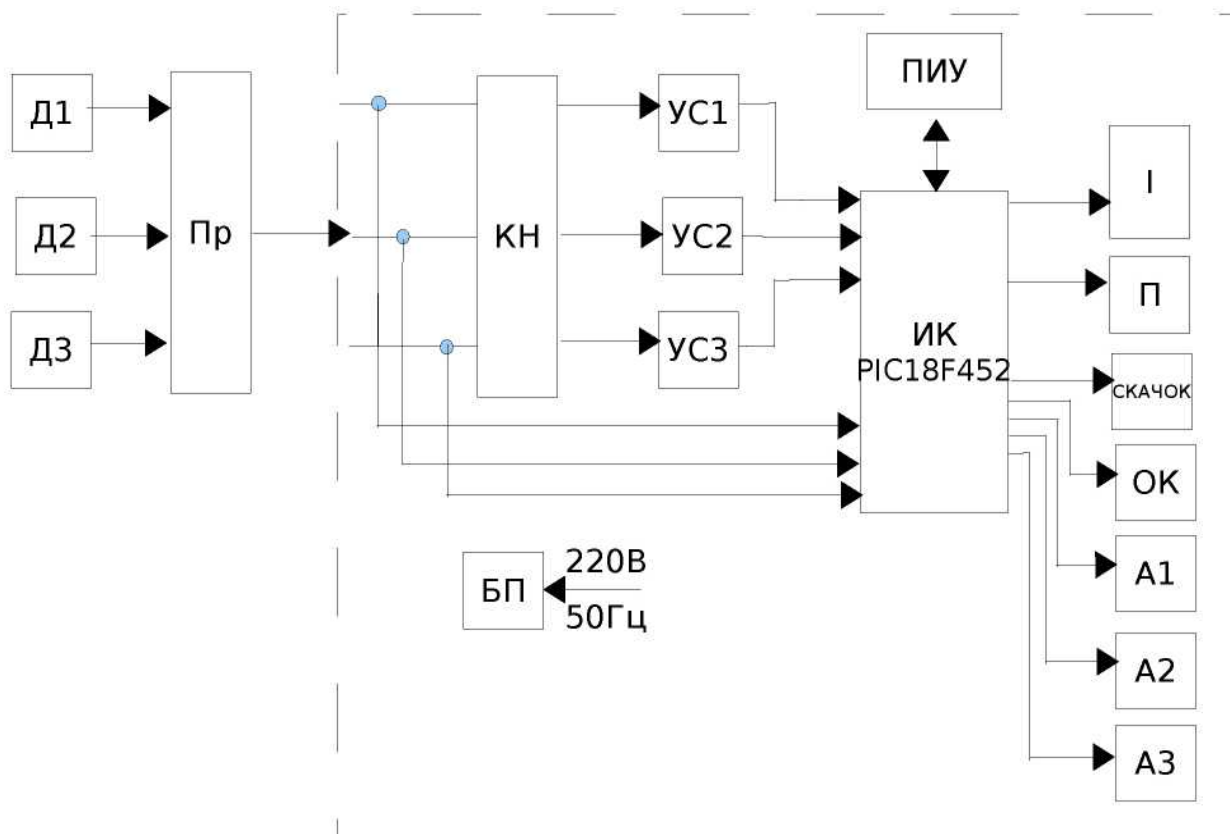


Рисунок 3.1 Структурная схема устройства ИП-121

Устройство содержит следующие функциональные узлы:

Д1, Д2 и Д3 - пьезоэлектрические датчики; ПР – преобразователь; КН - коммутатор напряжения; УС1, УС2 и УС3 - нормирующие усилители; ПИУ - узел индикации и управления; I - преобразователь напряжение – ток; П - реле уставки "ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ"; А1 - реле уставки "АВАРИЯ 1 (А1)"; А2 - реле уставки "АВАРИЯ 2 (А2)"; А3 - реле уставки "АВАРИЯ 3 (А3)"; ОК - реле "ОК"; СКАЧОК - реле "СКАЧОК"; ИК - узел измерений и контроля на базе PIC18F452; БП - блок питания устройства.

Пьезоэлектрический вибропреобразователь (рисунок 3.1) содержит функциональные узлы: три датчика, зарядовые усилители, фильтр верхних и нижних частот (ФВЧ, ФНЧ), интегратор и усилитель.

Механические колебания корпуса датчика создают на пластинах пьезоэлемента электрический заряд, пропорциональный виброускорению, который через согласующий усилитель поступает на фильтр верхних и нижних частот, назначение которых - фильтровать частоты вибрации выше и ниже частоты рабочего диапазона (менее 10 и более 1000 Гц).

Интегратор преобразует напряжение виброускорения в напряжение, пропорциональное виброскорости.

Постоянная составляющая напряжения проходит через интегратор на выход преобразователя и является контрольной величиной. Все неисправности соединительных цепей и функциональных узлов приводят к ее изменению.

Блок контроля состоит из плат: А1 - плата индикации и управления, на которой находятся светодиодные индикаторы для отображения информации, светодиоды режимов и уставок, инфракрасные светодиоды переключения каналов, микропереключатели управления работой прибора;

А2 - плата контроля, на которой расположены коммутатор напряжения КН, нормирующие усилители УС1, УС2 и УС3, преобразователь напряжение-ток I, узел ПК на базе микроконтроллера PIC 18F452;

А3 - плата питания и реле, на которой находятся понижающий трансформатор, стабилизаторы напряжения, микросхема управления реле, реле ОК, СКАЧОК, П, А1, А2 и А3. Работа устройства осуществляется следующим образом: электрические сигналы, пропорциональные виброскорости, поступают на входы блока контроля. Пройдя через коммутатор напряжения КН, они усиливаются и разделяются нормирующими усилителями УС1, УС2 и УС3 на постоянную и переменную составляющие. Далее сигналы поступают на входы узла измерений и контроля ИК, который преобразует переменные составляющие сигналов с помощью встроенных аналого-цифровых преобразователей в двоичный код, а постоянные составляющие использует для анализа соединений электрических цепей: датчики - преобразователь и преобразователь - блок контроля. Если произошел обрыв или короткое замыкание любой из вышеперечисленных электрических цепей, то на индикаторе блока контроля будет высвечиваться одна из надписей СН-1, СН-2, СН-3, указывающая на канал, по которому произошел обрыв или короткое замыкание. Одновременно с этим сработает реле ОК и погаснет зеленый светодиод ОК. Эксплуатация устройства с выключенным светодиодом ОК запрещена.

Узел измерений и контроля ИК преобразует аналоговые сигналы в двоичный код, который математически обрабатывается. ИК является главным устройством вычисления СКЗ виброскорости, отдачи и исполнения команд управления, обмена и хранения информации.

Узел I выполнен на базе цифро-аналогового преобразователя DAC7816. I преобразует десятиразрядный двоичный код в ток постоянного напряжения. Предел изменения 0-5 или 4-20 мА выбирается DIP-переключателями, установленными на плате контроля устройства.

Узел питания БП осуществляет питание устройства от сети переменного тока 220 В 50 Гц.

3.4 Органы управления работой устройства

Внешний вид прибора ИП-121 изображен на рисунке 3.2. На лицевой панели расположены: цифровой светодиодный индикатор; индикация включения реле ОК, П, СКАЧОК, А1, А2, А3; переключатель ВЫБОР/ПАМЯТЬ - включение режима выбора уставок П, А1, А2, А3; включение режима "Проверка", выбор количества используемых каналов; выбор времени задержки срабатывания уставок А1, А2, А3 ; переключатели "плюс", "минус" - выбор значений; переключатель "Сброс скачка"- перевод блока контроля в режим ожидания

скачка и выключения реле СКАЧОК ; сенсорный датчик "Выбор канала" - переключение каналов измерений виброскорости; тумблер ВКЛ - включение и отключение питающего напряжения; предохранители 0,5 А- разрыв цепи питания при перегрузках и неисправностях устройства.



Рисунок 3.2. Внешний вид устройства ИП-121

3.5 Подготовка устройства к эксплуатации

Тумблером ВКЛ включают напряжение питания. В течение 50 с на цифровых индикаторах блока должна высвечиваться надпись пП--, что говорит о его работоспособности.

Далее устройство переключается в режим измерения СКЗ. На индикаторе, показывающем номер канала измерений виброскорости (крайний слева), индицируется цифра 1 (что соответствует первому каналу измерений), а на трех остальных индикаторах отображается значение виброскорости для этого канала. Для переключения каналов применен сенсорный переключатель ВЫБОР КАНАЛА. Чтобы включить канал 2 или 3 необходимо пальцем легко коснуться обоих инфракрасных диодов переключателя и удерживать его приблизительно 2 с. Так производят выбор необходимого канала.

3.6 Установка уровней срабатывания сигнализации

Нажать кнопку ВЫБОР/ ПАМЯТЬ и удерживать ее в течение 3-х с, после чего на цифровых индикаторах появится надпись пП---. Отпустить кнопку, появляется значение уставки, прочитанное из энергонезависимой памяти микроконтроллера. Кнопками "плюс" и "минус" выставить требуемое значение уставки. Нажать кнопку ВЫБОР/ ПАМЯТЬ. На индикаторе появляется символ пППП, это говорит о том, что в память микроконтроллера записано новое значение уставки П. Отпустить кнопку. Устройство возвращается в рабочий режим.

Если необходимо выставить любую другую уставку, нажать кнопку ВЫБОР/ ПАМЯТЬ и удерживать ее. Появляется надпись пП--, далее пА-1, пА-2, пА-3, пПРВ, пСН-, пЗ-- отпустить кнопку на нужной уставке. Выставить значение аналогично П. Отпустив кнопку, при появлении надписи пПРВ устройство переводят в режим ПРОВЕРКА. Кнопками "плюс", "минус" изменяют значение виброскорости в ту или другую сторону, тем самым проверяя правильность срабатывания установленных уставок. Устройство при этом находится в режиме ОК. Для перехода в рабочий режим из ПРОВЕРКИ необходимо еще раз нажать В/П.

Устройство отслеживает появление скачка только в том случае, если включены не менее двух измерительных каналов.

При включении любой из уставок П, А1, А2 и А3 в режиме измерений виброскорости автоматически блокируются все кнопки управления работой устройства. Доступ к управлению закрыт во избежание случайного нажатия на кнопки. При отсутствии режима ОК срабатывание сигнализаций П, А1, А2 и А3, СКАЧОК не происходит.

При включении устройства во избежание ложных срабатываний уставки П, А1, А2 и А3 начинают работать по истечении 10-ти с после исчезновения надписи пП--.

Установка диапазона унифицированного сигнала осуществляется при помощи DIP-переключателей, расположенных на плате контроля.

Устройство ИП-121 выполняет функции контроля и может работать как непрерывно при всех режимах работы оборудования, так и в режиме периодического включения.

Элементы, размещенные на задней панели устройства : разъем Х4 220В 50Гц – присоединение сетевого шнура питания; разъем Х5 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ /ТОКОВЫЕ ВЫХОДЫ- присоединение преобразователя и внешних средств регистрации; разъем Х6 ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ - присоединение внешних цепей сигнализации и защиты; клемма «Земля» - присоединение защитного заземления.

На боковой стенке устройства расположены:

разъем Х1 - присоединение датчика 1 к преобразователю;
разъем Х2 - присоединение датчика 2 к преобразователю;
разъем Х3 - присоединение датчика 3 к преобразователю;
разъем Х7 - присоединение преобразователю 4.

4. Прибор «КАСКАД-СИСТЕМА»

4.1 Назначение

Прибор "КАСКАД-СИСТЕМА" предназначен для непрерывного вибрационного контроля, защиты и вибродиагностики промышленного оборудования. Внешний вид прибора приведен на рисунке 4.4. Прибор может входить в состав автоматизированных систем вибродиагностики турбоагрегатов.

4.2 Состав

Прибор "КАСКАД-СИСТЕМА" состоит из вибропреобразователей ВК-310, ВК-312 и ВК-315А и вторичных блоков вибропреобразователей ВК-320, ВК-320В и ВК-321. Вибропреобразователи и вторичные блоки могут создавать 9 комбинаций соединений.

Прибор в комплекте с вторичными блоками ВК-320 и ВК-321 обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- измерение среднеквадратического значения виброскорости олигармонической вибрации контролируемого объекта с непрерывной индикацией его значения на встроенном цифровом и линейном индикаторах (только для вторичного блока ВК-321);
- индицирование на передней панели состояния превышения предупредительного и аварийного уровней вибрации;
- регулирование уровня срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации;
- запоминание факта срабатывания аварийной сигнализации с последующим ручным сбросом (сброс происходит только на вторичном блоке ВК-321);

- формирование сигнала для управления внешними устройствами защиты при превышении установленных предупредительного и аварийного уровня виброскорости;
- формирование выходных сигналов напряжения и тока, пропорциональных уровню виброскорости контролируемого объекта;
- обеспечение питанием согласующего усилителя вибропреобразователя по искробезопасной цепи;
- индицирование неисправностей (обрыв или короткое замыкание) линий связи с вибропреобразователем;
- осуществление автономного контроля работоспособности блока (только для вторичного блока ВК-321).
- обеспечение питанием согласующего усилителя вибропреобразователя по искробезопасной цепи;
- измерение среднеквадратического значения виброскорости полигармонической вибрации контролируемого объекта с преобразованием в унифицированный выходной токовый сигнал 4-20 мА;
- формирование выходного сигнала напряжения, пропорционального мгновенному значению виброскорости контролируемого объекта.

4.3 Технические данные и характеристики прибора

Технические данные и характеристики прибора приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Технические данные и характеристики прибора
"КАСКАД-СИСТЕМА"

№ n/n	Наименование параметра	Tun		
		BK-310	BK-312	BK-315A
1	Диапазон рабочих частот, Гц	10÷1 000		10÷1000 (5÷20000)*
2	Диапазон измерения СКЗ виброскорости, мм·с ⁻¹	0,1÷30	0,1 ÷ 30 (0,1÷100)*	0,1÷30 (0,1÷100) *
3	Номинальный коэффициент преобразования на базовой частоте 45 Гц, мА /ммс ⁻¹	0,05		
4	Отклонение коэффициента преобразования от номинального значения не более, мА/ммс ⁻¹	±0,0025		
5	Нелинейность амплитудной характеристики в диапазоне СКЗ виброскорости	±6		
6	Неравномерность амплитудно-частотной характеристики в рабочем диапазоне частот 20÷750 не более, %	±10		
7	Неравномерность амплитудно-частотной характеристики на частотах 10 и 1000 Гц не более, %	+10 -20		
8	Диапазон рабочих температур, °С: для вибропреобразователя; для согласующего усилителя	-30÷80 —	-40 ÷ 120 -30÷60	-40 ÷ 250 -30÷60
9	Отклонение коэффициента преобразования, вызванное изменением температуры окружающего воздуха, %/град	0,1	0,05	
10	Относительный коэффициент поперечного преобразования вибропреобразователя не более, %	10	5	
11	Установочный резонанс не менее, кГц	4	24	
12	Напряжение питания, В	5÷30		

4.4 Устройство и принцип работы прибора

Прибор "КАСКАД-СИСТЕМА" представляет собой комплект из вибропреобразователя и вторичного блока, предназначенного для измерений и контроля среднеквадратического значения виброскорости агрегатов и оборудования.

Прибор позволяет автоматически оповещать о превышении предупредительного и аварийного уровней виброскорости и формировать сигналы типа "сухой контакт" в виде замыкания контактов внутренних реле по каждому каналу. Эти сигналы могут быть использованы в системах автоматики для отключения агрегата и/или для включения дополнительной звуковой и/или световой сигнализации.

Пьезоэлектрический преобразователь (рисунки 4.1 и 4.3) вибропреобразователя устанавливается на контролируемом агрегате. Измерение вибрации производится в осевом направлении датчика. Датчик преобразует механические колебания в электрический сигнал. Сигнал поступает на согласующий усилитель (встроенный в вибропреобразователь ВК-310, или выносной, соединенный с вибропреобразователем вибростойким кабелем в металлорукаве для ВК-312 и ВК-315А).

В согласующем усилителе (рисунок 4.1) сигнал поступает на входной усилитель заряда с фильтрами, а затем на интегратор. С выхода интегратора сигнал подается на преобразователь "напряжение-ток".

Параметры этого преобразователя позволяют устанавливать вторичный блок на расстоянии до 1000 м от вибропреобразователя.

Вибропреобразователь соединяется со вторичным блоком двухпроводной линией. Преобразователь "напряжение-ток" модулирует ток в линии связи между вибропреобразователем и вторичным блоком пропорционально мгновенному значению виброскорости. Одновременно по этой линии напряжение питания поступает от вторичного блока к вибропреобразователю. Такая линия связи отличается высокой помехоустойчивостью и отсутствием перекрестного влияния каналов друг друга при прокладке нескольких пар связи в одной оболочке.

Структурная схема вибропреобразователей ВК-312 и ВК-315А (выносной согласующий усилитель) (рис. 2б)

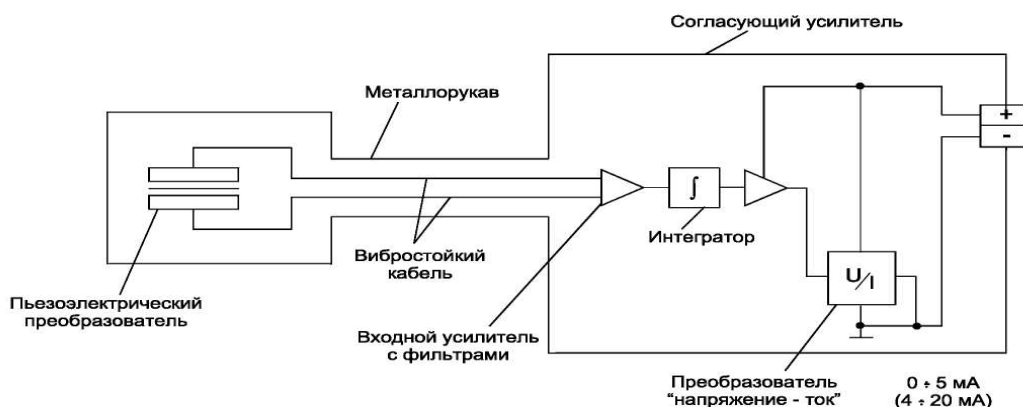


Рисунок 4.1 Структурная схема вибропреобразователя

Входным сигналом вторичного блока (рисунок 4.2) является переменный ток, пропорциональный мгновенному значению виброскорости, который по двухпроводной линии через барьер искрозащиты подается на преобразователь "ток-напряжение".

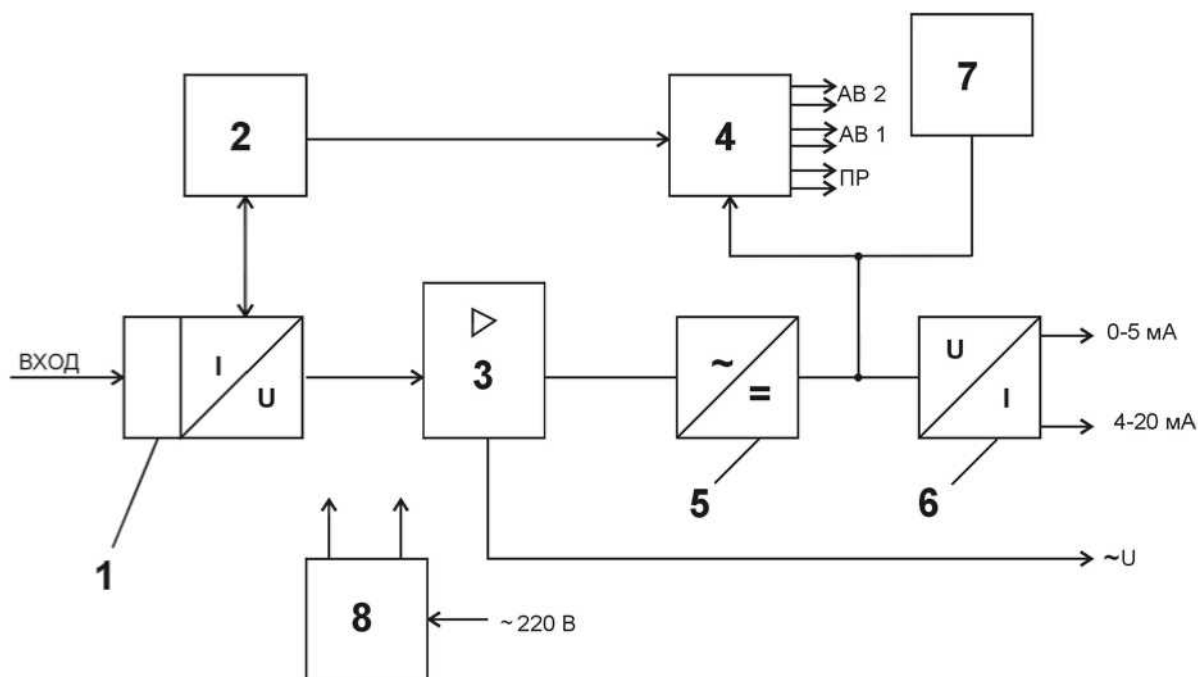
Переменная составляющая напряжения с выхода преобразователя через нормирующий усилитель поступает на детектор средних квадратических значений (СКЗ).

Узел уставок следит за СКЗ виброскорости и обеспечивает замыкание нормально разомкнутых контактов предупредительного и/или аварийного реле при превышении установленных уставок (кроме ВК-320В).

Нормирующий усилитель обеспечивает на выходе переменное напряжение в диапазоне от нуля до трех вольт, пропорциональное измеряемому СКЗ виброскорости.

Выходной преобразователь "напряжение-ток" обеспечивает на выходе постоянный ток, пропорциональный СКЗ виброскорости в диапазонах 0-5 и 4-20 мА у вторичного блока ВК-321 и 4-20 мА у вторичных блоков ВК-320 и ВК-320В.

Блок питания обеспечивает стабилизированным питанием вторичный блок и вибропреобразователь.



Рис

унк 4.2 Структурная схема вторичного блока ВК-321:

1- барьер искрозащиты с преобразователем "ток-напряжение"; 2 - узел контроля и блокировок; 3 - нормирующий усилитель; 4 - узел уставок; 5 - детектор СКЗ; 6 - преобразователь напряжение-ток; 7 - блок индикации; 8 - блок питания.

4.5 Использование по назначению. Подготовка к работе

До начала работы с прибором необходимо выполнить следующие действия:

- установить и соединить узлы прибора;
- подключить прибор к сети питания: 220В/50 Гц - для блоков ВК-321 и ВК-320; 24В (пост) - для блока ВК-320В, при этом на передней панели вторичных блоков ВК-321 и ВК-320 загорится зеленый светодиод 220В;
- убедиться, что значения уставок, указанные в паспорте прибора и выставленные на предприятии-изготовителе, соответствуют требованиям правил технической эксплуатации агрегата.

Установку уровней уставок для вторичных блоков ВК-320 и ВК-321 выполняют в соответствии с правилами, изложенными в соответствующем Руководстве по эксплуатации.

4.6 Техническое обслуживание прибора

Прибор не требует специального технического обслуживания, поэтому после первоначальной установки и проверки, мероприятия по техническому обслуживанию сводятся к периодической проверке креплений вибропреобразователей на контролируемом агрегате, к наблюдению за исправностью и надежному креплению соединительных кабелей.

Вторичный блок ВК-321, представленный на рисунке 4.4, имеет автономную систему контроля, которая позволяет проверить работу схем сигнализации и измерений. Для проведения автономного контроля необходимо отсоединить входные и выходные разъемы блока (Входы, Реле, Выходы), нажать кнопку 8 на лицевой панели и вращая регулятор 7, обозначенный надписью Контроль, убедиться в изменении показаний цифрового индикатора, в изменении сигналов на аналоговых выходах, вспыхивании светодиодов предупредительной и аварийной сигнализации, замыкании контактов предупредительной и аварийной сигнализации при соответствующих показаниях цифрового индикатора. По окончании контроля работоспособности всех названных узлов блока следует уменьшить до минимума контрольный сигнал вращением регулятора Контроль по показаниям цифрового индикатора и отпустить кнопку 8. Только после этого можно подсоединить входной и выходной разъемы блока. Включение контрольного устройства при отключенных выходных разъемах может вызвать ложные срабатывания в системах защиты.

**Вибропреобразователь ВК-312
с выносной электроникой.**



Рисунок 4.3 Вибропреобразователь ВК-312

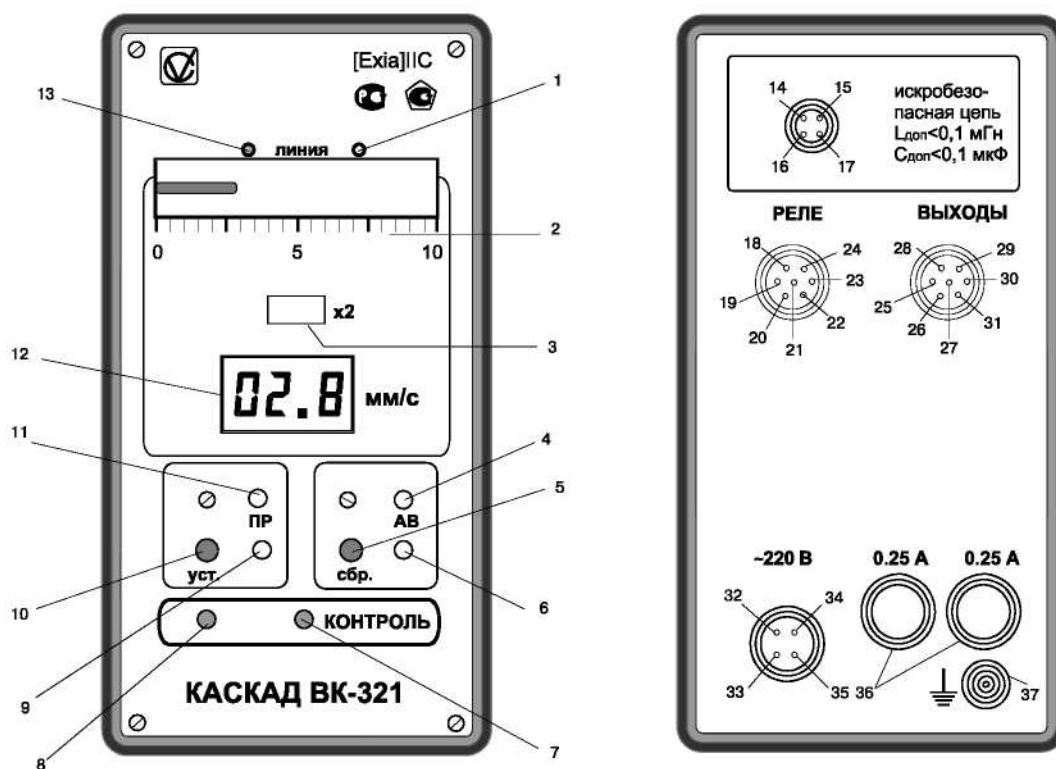


Рисунок 4.4 Внешний вид прибора "КАСКАД-СИСТЕМА":

- 1 - зеленый светодиод, горит при исправной линии связи;
- 2 - аналого-дискретный индикатор значения СКЗ виброскорости;
- 3- переключатель конечного значения шкалы;
- 4 - красный светодиод, мигает при превышении аварийной уставки и горит равномерно если ранее было превышение аварийной уставки;
- 5- кнопка аварийной уставки, при нажатии происходит гашение светодиода, если ранее аварийная уставка была превышена, и уровень аварийной уставки показывается на индикаторах;
- 6- регулятор уровня аварийной уставки;
- 7- регулятор уровня контрольного сигнала;
- 8- кнопка включения контрольного сигнала, при нажатии контрольный сигнал суммируется с полезным сигналом;
- 9 - регулятор уровня предварительной уставки;
- 10- кнопка предварительной уставки, при нажатии предварительная уставка показывается на индикаторах;
- 11 - желтый светодиод, мигает при превышении предварительной уставки;
- 12- цифровой индикатор СКЗ виброскорости;
- 13- красный светодиод, горит при обрыве и коротком замыкании линии связи между ВК-321 и вибропреобразователем;
- 14, 15 - резерв; 16, 17- входы; 18, 19, 20 -резерв;
- 21, 22- нормально разомкнутые контакты аварийной сигнализации;
- 23, 24- нормально разомкнутые контакты предупредительной сигнализации;
- 25-общий;

- 26-выход тока 4-20 мА;
- 27-выход напряжения постоянного тока;
- 28-резерв; 29- общий; 30- выход напряжения переменного тока;
- 31- выход тока 0-5 мА; 32- сеть; 33, 34 -резерв;
- 35- сеть; 36- предохранители; 37- клемма заземления.

5 ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ БГУИР

5.1 Система виброконтроля и защиты серии «Лукомль»

Система виброконтроля и защиты серии «Лукомль» (система) предназначена для непрерывного контроля и электронной регистрации вибрации опор подшипников турбоагрегатов. В состав системы входят:

- виброкомплекты, преобразующие механические колебания вибрации в электрические сигналы напряжения;
- подсистема фазовой синхронизации измерений вибрации, выполняющая функции считывания сигнала фазовой метки положения валопровода на каждом его обороте и передачу данных в блок коллектора;
- коллектор данных, выполняющий необходимые преобразования перед вводом в вибромонитор электрических сигналов, поступающих с выходов виброкомплектов;
- вибромонитор, выполняющий аналого-цифровое преобразование сигналов вибрации и их обработку по соответствующим алгоритмам и отображение текущего вибрационного состояния турбоагрегата;
- система сигнализации и индикации критических состояний контролируемого турбоагрегата, соединенная с вибромонитором, включающая исполнительные компоненты для автоматического отключения турбоагрегата при обнаружении предаварийных ситуаций

Технические характеристики

Система выполняет измерения и отображение среднеквадратичного значения СКЗ:

- виброскорости в полосе частоты, Гц.....10... 1000;
- виброскорости на частоте, Гц.....25, 50, 100, 150 и 200;
- Количество каналов измерений вибрации.....до 33;
- Диапазон измерений СКЗ виброскорости, мм/с.....0,1... 50;
- Нелинейность амплитудной характеристики, %.....5.

Система выполняет дополнительные измерения параметров вибрации для выполнения диагностирования технического состояния турбоагрегата.

Система выполняет функции сигнализации при превышении пороговых уровней вибрации и автоматического защитного отключения при обнаружении предаварийных ситуаций.

5.2 Виброкомплекты серии ВК1-2

Виброкомплекты серии ВК1-2 (вибροкомплекты) предназначены для построения систем виброконтроля и вибродиагностики турбоагрегатов (ВК1-2/1000), вспомогательного оборудования (ВК1-2/500), электроприводов (ВК2-1/200) и тягодутьевого оборудования (ВК1-2/50).

В состав изделия входят два виброизмерительных преобразователя (вибродатчика) типа АВС-054 в защищенном исполнении, соединенных с согласующим устройством типа УВ-2.01. Вибродатчики соединяются с согласующим устройством вибростойким кабелем типа АВКТ длиной 10 м, защищенным металлорукавом.

Технические характеристики комплекта ВК1-2/1000

Виброизмерительный преобразователь соответствует по исполнению группе С4 по ГОСТ 12997-84 и отвечает следующим требованиям прочности и условиям применения:

- коэффициент преобразования канала, мВ·с / м..... $50 \pm 2,5$;
- диапазон измерений СКЗ ускорения, м/с..... $0,1 \dots 50$;
- нелинейность амплитудной характеристики, %.....не более ± 5 ;
- рабочий диапазон частоты, Гц..... $10 \dots 1000$.

Изделие сохраняет работоспособность:

- в диапазоне температуры, °Сот -30 до $+150$;
- при относительной влажности 95 % при температуре, °С..... 35 .

5.3 Портативный прибор контроля вибрации серии КВ-1000

Прибор контроля вибрации (прибор) предназначен для оперативного измерения вибрации механизмов с вращательным принципом действия. Применение прибора не требует специальной квалификации пользователей. Прибор наиболее эффективен для периодического контроля параметров вибрации вспомогательного оборудования турбоагрегатов или других механизмов в тех случаях, когда применение стационарного непрерывного виброконтроля нецелесообразно.

В состав прибора входят:

- первичный датчик, соединенный с измерительным модулем, выполняющий преобразование механических колебаний вибрации в электрические сигналы напряжения;
- измерительный модуль, выполняющий преобразование электрических сигналов в цифровую форму, их обработку и отображение результатов измерений на активном табло;
- зарядное устройство, предназначенное для подзарядки аккумуляторных батарей питания измерительного модуля.

Первичный датчик снабжен магнитным креплением и может устанавливаться на металлические части контролируемых механизмов. Исполнение первичного датчика позволяет применять его в широком

диапазоне температуры и высокой влажности. Измерительный модуль изготавливается в корпусе из специальных сплавов повышенной прочности и не критичен к механическим и термическим ударам при эксплуатации.

Технические характеристики прибора:

- измерение виброскорости в полосе частоты, Гц.....10... 1000;
- измерение виброскорости на частоте, Гц.....25, 50;
- диапазон измерений СКЗ виброскорости, мм/с.....0,1... 20;
- нелинейность амплитудной характеристики, %.....5;
- время непрерывной работы, ч.....4.

5.4 Система технологической сигнализации и защитного отключения турбоагрегатов VGS 2105

Система представляет собой автономный блок, обеспечивающий двунаправленный обмен информацией между системным блоком компьютера КДК «Лукомль-2001» и элементами сигнализации, защитного отключения и органами управления блочных щитов управления турбоагрегатов.

Система выполняет следующие функции:

- индикация состояния системы виброконтроля (виброконтроль включен или остановлен) и режима работы системы виброконтроля (автоматика защит включена или выключена);
- слежение за состоянием системы виброконтроля типа «Лукомль-2001», а именно, исполняется или остановлена программа штатного стационарного виброконтроля;
- управление включением - выключением транспарантов табло щитовой сигнализации в соответствии с управляющими кодами, поступающими от компьютера и отражающими то или иное вибрационное состояние турбоагрегата;
- считывание и передача в компьютер состояния контактных групп органов щитового управления, которые отражают режимы работы турбоагрегата или режим работы системы виброконтроля.

Система подключений:

- подключение к компьютеру (системному блоку КДК) выполняется по интерфейсу RS232 к порту COM1 или COM2; интерфейс подключения предусматривает гальваническую развязку компьютера и устройства VGS 2105; длина кабеля подключения - до 15 м;
- подключение к органам щитовой сигнализации и защитного отключения выполняется через зажимные контакты «под винт» парами проводников следующего назначения: предупредительный уровень «4,5 мм/с»; предупредительный уровень «7,1 мм/с»; аварийный уровень «11,2 мм/с»; «Низкочастотная вибрация»; «Внезапное изменение вибрации»; «Виброконтроль включен»; «Неисправность системы виброконтроля»; «Автоматика защиты включена»; «Защитное отключение турбоагрегата»; «Включение звонковой сигнализации».

5.5 Автономная портативная система оценки вибрационного состояния технических объектов PDM2106

Система оценки вибрационного состояния технических объектов PDM2106 (система) предназначена для контроля вибрации механизмов и агрегатов с вращательным движением.

В состав системы входят: портативный коллектор данных в комплекте с вибродатчиками, рабочая станция на базе компьютера общего назначения в комплекте с программным обеспечением вторичной обработки и анализа виброданных, технологическое программное обеспечение программирования режимов и функций коллектора. Коллектор данных представляет собой малогабаритный блок с автономным питанием, позволяющий осуществлять ввод и запись в энергонезависимую память временных реализаций вибросигналов, отражающих механические колебания объекта в контрольных точках. Коллектор комплектуется тремя вибродатчиками с магнитным или винтовым креплением, которые подключены к блоку коллектора данных с помощью разъемных соединений.

Схема применения:

- подключение коллектора данных к рабочей станции с помощью кабельного соединения, программирование режимов и функций автономной работы;
- отключение от рабочей станции и установка на объекте контроля, включение режима автономной работы по заданной программе, автономное накопление результатов измерений;
- демонтаж коллектора, подключение к компьютеру рабочей станции и перепись накопленных данных в стационарные накопители на жестких дисках;
- проведение вторичной обработки и анализа виброданных с целью выявления зарождающихся дефектов, оценки технического состояния объектов контроля и их диагностики.

Технические характеристики

Частотный диапазон, Гц.....2 - 1000; 2 - 2000; 2 - 5000 и 2 - 10000.

Количество дискретных точек сохраняемой временной реализации вибросигнала может быть задано произвольно. Для целей спектрального анализа и других видов обработки рекомендуется выбирать значение из ряда 1024, 2048 и 4096.

Диапазон измеряемых вибросигналов в единицах виброускорения, m/c^2:0,05 - 300.

Погрешность измерений определяется характеристиками применяемых виброизмерительных преобразователей и не превышает по абсолютной величине, %.....10.

Максимальное количество записываемых временных реализаций объемом 2048 отсчетов.....140.

6 ТИПЫ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРОСТЕНДОВ

Таблица 6.1. Типы и основные технические характеристики вибростендов

№ пп	Наименование характеристик	ВСП-02 ООО «Аналитика-Сервис», г. Ростов-на-Дону, Россия	ВСВ-131 НПО «Спектр», Россия	ВСВ-131М ООО»Пром витех», г. Киев, Украина	ВС-133 г. Зеленоград, Россия	Калибратор 8003	DVC-500-04.3 ООО ТД «Технекон»
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Диапазон частот, Гц	20-1000			10-1000	10-1000	от 2 до 7000
2	Фиксированные частоты воспроизводимой вибрации, Гц	20; 45; 79,6; 103; 159; 315; 800 и 1000	45; 64 и 79,6	45; 64 и 79,6			
3	Пределы воспроизводимой вибрации: виброускорения, м/с ² виброскорости, мм/с виброперемещения, мм	от 1 до 190 от 1 до 190 от 10 до 1900	от 2 до 25 при 45 Гц; от 1 до 17,6 при 64 Гц; от 0,5 до 14,14 при 79,6 Гц	от 1 до 19,99 от 0,5 до 70,7 0,707	от 0,25 до 50 от 0,35 до 100	от 1,0 до 100 от 1,0 до 100 от 1,0 до 1000	441 1500 13
4	Пределы основной относит. погрешности на базовой частоте, %, (плюс-минус)	2,5	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0
5	Пределы основной относит. погрешности на остальных частотах, %, (плюс-минус)	4,5	3,0	3,0		3,0	
6	Пределы дополнительной погрешности, %, (плюс-минус)	0,5			0,5		

Таблица 6.1 (продолжение). Типы и основные технические характеристики вибростендов

7	Напряжение и частота питающей сети, В и Гц	220 и 50	220 и 50	220 и 50	220 и 50	220 и 50	220 и 50
8	Потребляемая мощность, ВА				500		500
9	Максимальная нагрузка, кг	0-0,2 0,2-0,5	1,0	1,0 2,0	вертик. - 1,0 гориз. - 2,5	0,2	1,0
10	Габаритные размеры, мм	446x330x145	240x235x290	226x240x292	270x215x305		250x210x256
11	Масса, кг	15	12	13,2	25	18,2	12

Список используемой литературы

- 1 Измерение и анализ механических колебаний. Информационный листок. Московский Технический Центр Компании Брюль и Кьер.
- 2 Аппаратура и системы контроля энергетического оборудования. Каталоги и руководства по эксплуатации. ООО НПП «Вибробит», г. Ростов-на-Дону, Россия.
- 3 Аппаратура контроля механических параметров турбоагрегата «АКТИВ». Измеритель вибрации ИП-121. Руководство по эксплуатации. НПП «ЭЛЕКСИР», г. Ростов-на-Дону, Россия.
- 4 Система контроля, управления и диагностики ИТ14. Каталоги и руководства по эксплуатации. НПП «Измерительные Технологии», г. Саров Нижегородской обл., Россия.
- 5 Система мониторинга роторных агрегатов «ИС АСУ ТП «ВЕКТОР-М» Руководство по эксплуатации». ООО «ТМК Инновация», г. Москва.
- 6 Система технологического контроля тепловых расширений и вибросостояния энергетических турбоагрегатов на базе аппаратуры «ЛМЗ-97». Руководства по эксплуатации. ЗАО «Энергоприбор», г. Санкт-Петербург.
- 7 Продукция БГУИР. Информационный листок. БГУИР, г. Минск.
- 8 ГОСТ 25364-97. Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений.
- 9 ГОСТ 30296-95. Аппаратура общего назначения для определения основных параметров вибрационных процессов. Общие технические требования.
- 10 ГОСТ 30576-98. Вибрация. Насосы центробежные питательные тепловых электростанций. Нормы вибрации и общие требования к проведению измерений.
- 11 ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования.
- 12 МИ 2070-90. Государственная поверочная схема для средств измерений виброперемещения, виброскорости и виброускорения в диапазоне частот ($3 \cdot 10^{-1} - 2 \cdot 10^4$) Гц.
- 13 МИ 2478-98. Аппаратура виброконтроля. Методика поверки. М., ВНИИМС.
- 14 СО 34.35.105-2002. Методические указания по оснащению техническими средствами технологической защиты при повышении вибрации турбоагрегата. ОАО «Фирма ОРГРЭС», М.