

# Модернизация системы вибрационного контроля и диагностики турбоагрегата ст. № 3 Калининской АЭС

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

**ВИБРОБИТ**

В статье представлены решения ООО НПП «Вибробит» по автоматизированным системам вибрационной диагностики и мониторинга на примере системы, реализованной для турбоагрегата Калининской АЭС.

ООО НПП «Вибробит», г. Ростов-на-Дону

Основным направлением деятельности ООО НПП «Вибробит» является разработка и производство автоматизированных систем контроля вибрации и механических величин (АСКВМ), информационно-технологических (ИТ) систем, предназначенных для непрерывного стационарного измерения и контроля параметров механического состояния паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин во время их эксплуатации.

В течение 2023 года ООО НПП «Вибробит» выполняло разработку, изготовление и поставку системы вибрационного контроля и диагностики турбоагрегата ст. № 3 (СКВМ ТА) Калининской АЭС по классу безопасности 4Н в соответствии с НП-001-15.

В объем контроля и диагностики СКВМ ТА ст. № 3 входят:

- ▶ турбина К-1000-60/3000 паровая, конденсационная, одновальная, пятицилиндровая (ЦВД + 4 ЦНД) номинальной мощностью 1000 МВт и с частотой вращения ротора 3000 об/мин. Роторы турбины опираются на десять опорных подшипников скольжения, расположенных в шести опорах. Изготовитель паровой турбины К-1000-60/3000 – ОАО «Силовые машины», филиал «ЛМЗ», г. Санкт-Петербург;

- ▶ генератор синхронный трехфазный ТВВ-1000-2У3 закрытый, герметичный, с бесщеточным возбудителем БВД-3400-3000У3 и вспомогательными системами, предназначенный для выработки электроэнергии при непосредственном соединении с паровой турбиной. Изготовитель генера-

тора и возбудителя – ОАО «Силовые машины», филиал «Электросила», г. Санкт-Петербург.

Целями модернизации СКВМ ТА ст. № 3 являются:

- ▶ обеспечение защиты турбоагрегатов в соответствии с алгоритмами защиты;

- ▶ обеспечение сигнализации для оператора на БПУ при превышении уставок технологических параметров;

- ▶ обнаружение дефектов турбоагрегатов на ранней стадии развития, а также определение причин их развития;

- ▶ обеспечение необходимыми данными для выполнения балансировки турбоагрегатов.

Цели модернизации СКВМ ТА ст. № 3 реализуются за счет выполнения комплекса мероприятий:

- ▶ замены морально устаревшего оборудования Compass Classic на современный программно-технический комплекс (ПТК) с техническими характеристиками, соответствующими современным нормативным документам;

- ▶ установки диагностической системы, служащей для обнаружения дефектов турбоагрегатов на ранней стадии развития, а также определения причин их развития, включающей ПО балансировки;

- ▶ установки в СКВМ контроллера обработки сигналов для формирования и выдачи технологической сигнализации;

- ▶ реализации алгоритмов технологических сигнализаций по вибрации с выводом на табло блочного пунк-

та управления (БПУ) обобщенного сигнала «Предупредительная вибрация ТА».

Активное сотрудничество ООО НПП «Вибробит» с производителями турбин – АО «Уральский турбинный завод», АО «Силовые машины», АО «Калужский турбинный завод» и другими – дает возможность построения оптимальных, полностью совместимых систем контроля вибрации СКВМ «Вибробит» с учетом механических и технических характеристик контролируемого оборудования.

Широкая номенклатура продукции и услуг, предоставляемых ООО НПП «Вибробит», позволяет укомплектовать систему стационарного контроля вибрационного состояния оборудования аппаратурой одного производителя. Перечень этих решений включает:

- ▶ датчики, первичные усилители и преобразователи, механизмы установки, аксессуары, проверочные стенды;

- ▶ измерительные и вспомогательные вторичные модули, сервисное оборудование;

- ▶ программно-технический комплекс (ПТК) «Интегрированная система вибрационного мониторинга (ИСВМ) «Вибробит Web.Net.Monitoring»;

- ▶ ПТК «Автоматизированная система вибрационной диагностики (АСВД) «Вибробит Web.Net.Diagnostics»;

- ▶ ПТК «Автоматизированная система динамической балансировки (АСДБ) «Вибробит Web.Net.Balancing».

На основании требований технического задания к СКВМ ТА ст. № 3

Калининской АЭС были определены к применению следующие технические средства:

- ▶ датчики:
  - абсолютной вибрации ДПЭ22МВУ В\*140\*10Ир (подшипники 1–9);

- абсолютной вибрации DV-1/AV 112 (подшипники 10–14);
- частоты вращения ДВТ10/ИП34;
- относительного виброперемещения ДВТ10/ИП34 (подшипники 1–9);

- относительного виброперемещения DS-1/AS141 (подшипники 10–14);
- ▶ аппаратура контрольно-измерительная «Вибробит 500»:
  - модули питания МР540-ACDC60-LP;

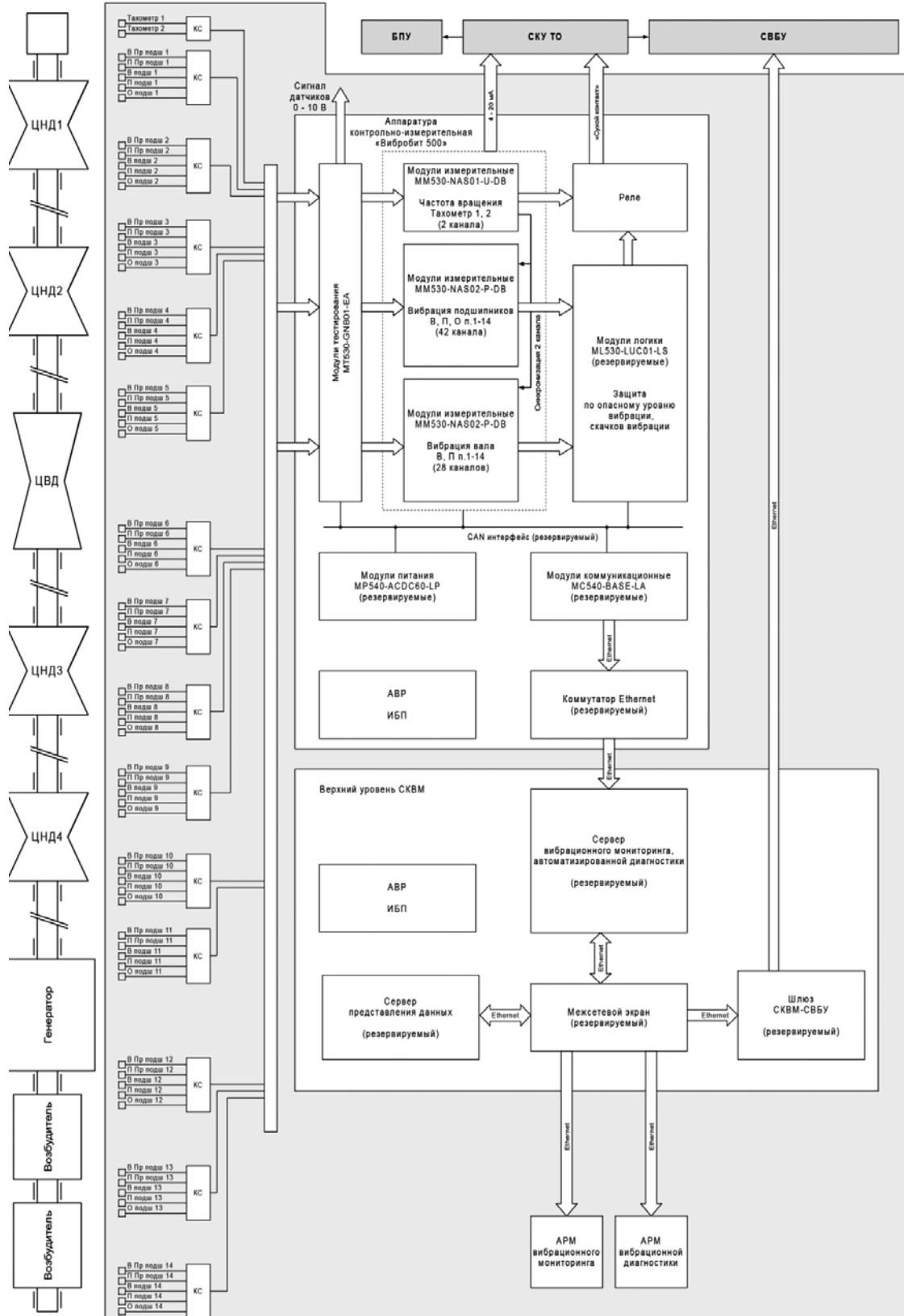


Рис. 1. Структурная схема СКВМ

- модули тестирования MP530-GNB01-EA, MP530-GNI01-EA;
- модули измерительные MM530-NFI01.1-P-DB (частота вращения);
- модули измерительные MM530-NAS02-P-DB (относительная вибрация п. 1–14, абсолютная вибрация п. 1–9);
- модули измерительные MM530-NAI01.2-P-DB (абсолютная вибрация п. 10–14);
- модули логические ML530-LUC01-LS;
- модули коммуникационные MC540-ECAN01-LA;
- ▶ серверное и телекоммуникационное оборудование:
  - промышленные компьютеры;
  - управляемые коммутаторы и маршрутизаторы;
  - компьютеры АРМ оператора;
  - ИБП, автоматические включатели резерва;
- ▶ программное обеспечение:
  - прикладное ПО мониторинга «Вибробит Web.Net.Monitoring»;
  - прикладное ПО балансировки «Вибробит Web.Net.Balancing»;
  - прикладное ПО диагностики «Вибробит Web.Net.Diagnostics»;
  - операционная система Astra Linux.

Структурная схема СКВМ представлена на рис. 1.

#### Датчики и первичные преобразователи

Пьезоэлектрические датчики абсолютной вибрации ДПЭ22МВУ В\*140\*10Ир предназначены для контроля абсолютной вибрации подшипников №№ 1–9, имеют унифицированный выходной сигнал переменного тока от 4 до 20 мА (с постоянной составляющей 12 мА), пропорциональный мгновенному виброускорению в диапазоне частот от 2 до 10 000 Гц. Чувствительный элемент датчика крепится к объекту контроля с помощью трех винтов М4. Рабочий температурный диапазон чувствительного элемента датчика от –40 до +180 °С, внешнего электронного узла – от –40 до +85 °С.

Пьезоэлектрические датчики абсолютной вибрации DV-1 с внешним усилителем AS112 с видом взрывозащиты 0Ex ia IIC предназначены для контроля абсолютной вибрации подшипников №№ 10–14. Выходной сиг-

нал усилителя AS112 стандарта IEPЕ (постоянная составляющая 12 В, размах сигнала 4 В), пропорциональный мгновенному виброускорению в диапазоне частот от 3 до 10 000 Гц. Чувствительный элемент датчика крепится к объекту контроля с помощью трех винтов М4. Рабочий температурный диапазон чувствительного элемента датчика от –40 до +135 °С, внешнего электронного узла – от –40 до +85 °С.

Токовихревые датчики ДВТ10 (металлический цилиндр с резьбой М10) с преобразователем ИП34 предназначены для измерения частоты вращения ротора ТА (формирования фазовой метки) и относительного виброперемещения ротора в подшипниках №№ 1–9. Статический диапазон измерения смещений от 0 до 2 мм, частотный диапазон – от 0 до 500 Гц. Выходным сигналом датчика является ток 4–20 мА, пропорциональный мгновенному относительному расстоянию от чувствительного элемента датчика до контрольной поверхности. Рабочий температурный диапазон чувствительного элемента датчика от –40 до +180 °С, преобразователя ИП34 – от –40 до +70 °С.

Токовихревые датчики DS-1 (металлический цилиндр с резьбой М10) с преобразователем AS141 с видом взрывозащиты 0Ex ia IIC предназначены для измерения относительного виброперемещения ротора в подшипниках №№ 10–14. Статический диапазон измерения смещений от 0 до 2,5 мм, частотный диапазон – от 0 до 1500 Гц. Выходным сигналом датчика является ток 4–20 мА, пропорциональный мгновенному относительному расстоянию от чувствительного элемента датчика до контрольной поверхности. Рабочий температурный диапазон чувствительного элемента датчика от –40 до +135 °С, преобразователя AS141 – от –40 до +85 °С.

В комплект поставки датчиков и первичных преобразователей входят необходимые установочные механизмы и узлы.

#### Контрольно-измерительная аппаратура

В качестве вторичных измерительных преобразователей, выполняющих контрольно-защитные функции и расчет вибрационных параметров, необходимых для автоматизированной вибрационной диагностики, при-

меняется контрольно-измерительная аппаратура «Вибробит 500».

Модули контрольно-измерительной аппаратуры «Вибробит 500» имеют высоту 2U и предназначены для установки в блочные каркасы. Питание модулей осуществляется от источников постоянного тока с выходным напряжением +24 В. Рабочий температурный диапазон модулей от –40 до +70 °С. Все модули поддерживают цифровые интерфейсы связи 2 × RS-485, 2 × CAN2.0B, USB.

Для защиты от изменения параметров работы модулей предусмотрены индивидуальные коды. Контрольные суммы параметров настройки модулей и встроенного ПО доступны для считывания по интерфейсам связи.

Сигналы датчиков от соединительных коробок поступают по кабельным связям на клеммы шкафа, в котором размещаются блочные каркасы контрольно-измерительной аппаратуры «Вибробит 500».

Сигналы тока датчиков проходят через шунтирующие резисторы модуля тестирования MT530-GNB01-LA и поступают на вход измерительных модулей. Модули тестирования предназначены для:

- ▶ формирования сигнала напряжения 0–10 В, пропорционального сигналу датчика 0–20 мА, для подключения внешних измерительных приборов;

- ▶ имитации сигнала датчика для проведения проверки срабатывания предупредительной и аварийной сигнализации, алгоритмов защит и автоматизированной вибрационной диагностики.

Для каналов измерения с сигналами стандарта IEPЕ (измерение абсолютной вибрации опор №№ 10–14) предназначены модули тестирования MT530-GNI01-LA, функции которых аналогичны MT530-GNB01-LA.

Модули тестирования предоставляют возможность ручного управления параметрами имитируемого сигнала датчика (с лицевой панели модуля), а также дистанционного управления для автоматизированной проверки алгоритмов защит, задания сложных форм вибрационного сигнала с целью проверки алгоритмов вибрационной диагностики.

Для блокировки включения режима имитации сигнала датчика в модулях тестирования, как и в СКВМ

в целом, предусмотрен ряд программно-технических и организационных мероприятий.

Измерение частоты вращения ротора осуществляется модулями одноканальными ММ530 NF101.1 P-DB, выполняющими следующие функции:

- ▶ выделение тахометрического сигнала с помощью управляемых компараторов;
- ▶ измерение частоты вращения ротора;
- ▶ детектирование останова ротора;
- ▶ контроль значения (уставки) измеряемой величины;
- ▶ формирование предупредительной и аварийной сигнализации на логических выходах;
- ▶ формирование сигнала тока 4–20 мА, пропорционального измеренной частоте вращения;
- ▶ формирование сигнала синхронизации, передаваемого в измерительные модули для вычисления оборотных составляющих и их фаз;
- ▶ контроль исправности канала измерения;
- ▶ контроль и управление питанием (+24 В) присоединенного датчика;
- ▶ передача результатов измерения и состояния каналов измерения по цифровым интерфейсам связи.

Характеристики измерительного канала (ИК) частоты вращения представлены в табл. 1.

Измерение абсолютной вибрации опор подшипников №№ 1–9 осуществляется с помощью двухканального измерительного модуля ММ530-NAS02-P4-DB, выполняющего следующие функции:

- ▶ интегрирование сигнала виброускорения до сигнала виброскорости;
- ▶ расчет СКЗ виброскорости в установленном диапазоне частот (доступ-

ный диапазон – от 0,5 до 10 000 Гц) методом спектрального анализа;

- ▶ предоставление осциллограмм, спектрограмм по запросу;
- ▶ расчет оборотных составляющих и фаз параметров вибрации;
- ▶ контроль значения (уставки) измеряемой величины;
- ▶ контроль скачка измеряемой величины;
- ▶ формирование предупредительной и аварийной сигнализации на логических выходах;
- ▶ формирование сигнала тока 4–20 мА, пропорционального СКЗ виброскорости, НЧ СКЗ виброскорости;
- ▶ контроль исправности канала измерения;
- ▶ контроль и управление питанием (+24 В) присоединенных датчиков;
- ▶ передача результатов измерения и состояния каналов измерения по цифровым интерфейсам связи.

Для измерения абсолютной вибрации опор подшипников №№ 10–14 применяются модули ММ530-NAI01.2-P4-DB (с функциями, аналогичными ММ530-NAS02-P4-DB), поддерживающие электрический сигнал датчиков стандарта IEPЕ.

При измерении размаха относительного виброперемещения модель цифровой обработки сигналов двухканальных модулей измерительных ММ530-NAS02-P-DB настраивается на дополнительное обратное быстрое преобразование Фурье для вычисления размаха сигнала в нужном диапазоне частот.

Характеристики ИК абсолютной вибрации опор подшипников представлены в табл. 2, а относительной вибрации опор – в табл. 3.

В модулях измерительных ММ530 предусмотрен цифровой 7-сегментный 5-разрядный светодиодный ин-

дикатор для отображения результатов измерения.

Сигналы тока 4–20 мА, формируемые токовыми выходами с гальванической изоляцией модулей измерительных, подаются напрямую в СКУ ТО без дополнительных технических средств.

Логическая сигнализация от измерительных модулей поступает на резервируемые модули логики ML530-LUC01-LS. Ответственные логические сигналы, участвующие в алгоритмах защиты, передаются в виде физических сигналов. Остальные логические сигналы принимаются модулями логики по резервируемому интерфейсу CAN2.0B.

Модули логики поддерживают до 16 логических физических сигналов и имеют возможность каскадного соединения. Алгоритм защит определяется положением микропереключателей конфигурации логической схемы ПЛИС, включенной в состав модуля логики.

Выходные логические сигналы модулей логики через блок реле поступают в СКУ ТО в виде «сухих контактов».

В состав аппаратуры контрольно-измерительной входят модули питания MP540-ACDC60-LP с выходным напряжением постоянного тока +24 В. Выходная мощность модулей питания 60 Вт. Модули питания включаются в режиме «горячего» резерва с расчетной мощностью нагрузки не более 30 Вт.

Модули питания поддерживают следующие виды контроля: выходное напряжение; выходной ток; входное напряжение, род тока; температура модуля питания. Все виды контроля модулей питания доступны для формирования логической сигнализации и считывания по цифровым интерфейсам связи.

Для обеспечения бесперебойного питания технических средств предусмотрена система автоматического переключения ввода и ИБП.

Связь контрольно-измерительной аппаратуры «Вибробит 500» с серверами верхнего уровня системы осуществляется по интерфейсу Ethernet через коммуникационные модули MC540-ECAN01-LA, включенные в режиме резервирования. Данные о результатах измерения, состоянии сигнализации, состоянии технических средств, спек-

Таблица 1. Характеристики измерительного канала частоты вращения ротора

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения частоты вращения, об/мин	10...4000
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения частоты вращения по цифровому индикатору и АРМ оператора, об/мин	±0,5
Диапазон выходного унифицированного сигнала, мА	4...20
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону погрешности измерения частоты вращения по выходному унифицированному сигналу, %	±0,5
Диапазон измерения смещения, мм, не менее	0...2
Диапазон рабочей температуры окружающей среды для датчика, °С	0...150
Диапазон рабочей температуры окружающей среды для измерительного преобразователя, °С	0...70

Таблица 2. Характеристики измерительного канала абсолютной вибрации опор

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения амплитуды виброускорения, м/с <sup>2</sup>	0,5...200
Диапазон рабочих частот для спектрального анализа по виброускорению, Гц • для опор №№ 1–9 • для опор №№ 10–14 (взрывобезопасное исполнение)	2...5000 3...5000
Диапазон рабочих частот при измерении СКЗ виброускорения, Гц, не менее	10...5000
Диапазон измерения СКЗ виброскорости, мм/с: • основной составляющей • низкочастотной составляющей	0,3...30 0,5...3
Диапазон рабочих частот измерения СКЗ виброскорости, Гц: • основной составляющей • низкочастотной составляющей	10...1000 10...25
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости по цифровому индикатору и АРМ оператора на базовой частоте, %	$\pm(5,0 + 0,05 \cdot (V_g/V_{изм}))$
Неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот для основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости, %	$\pm 5,0$
Диапазон выходного унифицированного сигнала, мА	4...20
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону погрешности измерения основной и низкочастотной составляющих СКЗ виброскорости по выходному унифицированному сигналу, %	$\pm 5,5$
Базовая частота измерения СКЗ виброскорости, Гц: • основной составляющей • низкочастотной составляющей	80 16
Неравномерность АЧХ в диапазоне частот 2...5000 Гц, %, не более	$\pm 10,0$
Диапазон рабочей температуры окружающей среды для датчика, °С: • для опор №№ 1–9 • для опор №№ 10–14 (взрывобезопасное исполнение)	0...150 0...125
Диапазон рабочей температуры окружающей среды для измерительного преобразователя, °С	0...70
Резонансная частота вибропреобразователя, кГц, не ниже	15

Таблица 3. Характеристики измерительного канала относительной вибрации ротора (относительного виброперемещения)

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения размаха относительного виброперемещения, мкм	15...500
Диапазон рабочих частот, Гц	5...500
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения размаха относительного виброперемещения по цифровому индикатору и АРМ оператора на базовой частоте, %	$\pm(5,0 + 0,15 \cdot (L_g/L_{изм}))$
Неравномерность АЧХ в диапазоне рабочих частот, %	$\pm 5,0$
Диапазон выходного унифицированного сигнала, мА	4...20
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону погрешности измерения размаха относительного виброперемещения по выходному унифицированному сигналу, %	$\pm 5,5$
Базовая частота, Гц	80
Диапазон измерения смещения, мм, не менее	0...2
Пределы допускаемой основной приведенной к диапазону погрешности измерения смещения по АРМ оператора, %	$\pm 5,0$
Диапазон рабочей температуры окружающей среды для датчика, °С: • для опор №№ 1–9 • для опор №№ 10–14 (взрывобезопасное исполнение)	0...150 0...125
Диапазон рабочей температуры окружающей среды для измерительного преобразователя, °С	0...70

программы и другие, передаваемые по внутренней резервируемой шине CAN2.0В, поступают на сервер вибрационного мониторинга в виде пакетов TCP/IP. Соединение с сервером вибрационного мониторинга осуществляется по резервируемой ЛВС через резервируемые коммутаторы Ethernet.

В шкафу контрольно-измерительной аппаратуры (стойка СКВМ) предусмотрен резервируемый Ethernet-модуль ввода/вывода ICP-DAS ET-7202, предназначенный для контроля открытия дверей шкафа, измерения температуры внутри шкафа, формирования сигналов состояния контрольно-измерительной аппаратуры (командами с верхнего уровня) на сигнализатор типа «светофор».

#### Компьютерное оборудование

В СКВМ серверное оборудование разделено по функциональному назначению:

- ▶ сервер сбора данных вибрационного мониторинга, автоматизированной диагностики и балансировки;
- ▶ сервер представления данных;
- ▶ шлюз СКВМ-СВБУ.

Все серверное оборудование резервируется по схеме «1 + 1».

Сервер вибрационного мониторинга, автоматизированной диагностики и балансировки Smartum Rack-V – это промышленный сервер 4U, который имеет следующую конфигурацию: процессор Intel Core i7-9700; ОЗУ 16 ГБ DDR4; жесткий диск RAID 2 × 2 ТБ SATA HDD Hot swap; оптический диск DVD-RW; сеть 4 × 1 Гб; резервированное питание 400 Вт; операционная система Astra Linux Special Edition «Орел».

На сервере вибрационного мониторинга, автоматизированной диагностики и балансировки осуществляется сбор данных с измерительных модулей, сбор данных со всей аппаратной части СКВМ для самодиагностики. Далее данные проходят обработку, анализ, сохранение. На сервере происходит регистрация событий, обнаружение развития дефектов наблюдаемого роторного оборудования. Также осуществляется поддержка проведения балансировочных расчетов.

Сбор данных ведется по двум резервированным сетевым интерфейсам от контрольно-измерительной аппаратуры. Обработка запросов шлюза СКВМ-СВБУ и сервера представле-

ний осуществляется по другой паре сетевых интерфейсов. Таким образом, сбор данных и обработка запросов физически разделены.

Сервер представления данных Smartum Rack-12Q2-W – это промышленный сервер 2U, который имеет следующую конфигурацию: процессор Intel Core i5-9400 2,90 ГГц; ОЗУ 8 ГБ DDR4; жесткий диск RAID 1 × 2 ТБ SATA HDD Hot swap; сеть 2 × 1 Гб; резервированное питание 400 Вт; операционная система Astra Linux Special Edition «Орел».

На сервере представления данных осуществляются запросы к серверу вибрационного мониторинга, подготовка и визуализация данных посредством веб-технологий. Сервер представления данных изолирован от сервера вибрационного мониторинга посредством межсетевого экрана.

Шлюз СКВМ-СВБУ Smartum Rack-12Q2-W – это промышленный сервер 2U, который имеет следующую конфигурацию: процессор Intel Core i5-9400 2,90 ГГц; ОЗУ 16 ГБ DDR4; жесткий диск RAID 1 × 2 ТБ SATA HDD Hot swap; сеть 2 × 1 Гб; резервированное питание 400 Вт; операционная система Astra Linux Special Edition «Орел».

На шлюзе СКВМ-СВБУ осуществляются запросы к серверу вибрационного мониторинга и передача данных в СВБУ. Также выполняется синхронизация времени между СВКМ и СВБУ. Шлюз СКВМ-СВБУ изолирован от сервера вибрационного мониторинга посредством межсетевого экрана.

АРМ вибрационного мониторинга и АРМ диагноста HP Slimline – это настольные персональные компьютеры, которые имеют следующую конфигурацию: процессор Intel Core i5 10400; ОЗУ 8 ГБ DDR4; жесткий диск 1000 ГБ SATA; сеть 2 × 1 Гб; операционная система Astra Linux Special Edition «Орел».

Питание АРМ осуществляется от источника бесперебойного питания Iron Back Basic 1500 ВА. Также к АРМ подключен цветной лазерный принтер Pantum CP1100.

#### Сетевое оборудование

Сетевая структура СКВМ имеет основную и резервную сеть.

Для коммутации сетевых интерфейсов как в контрольно-измерительной, так и в серверной стойке исполь-

зуются промышленные коммутаторы Moxa ICS-G7526A-20GSFP-2XG-HV-HV-T. В каждой стойке по два коммутатора: для основной и резервной сети. Коммутатор имеет резервированное питание и модульную структуру, что позволит в дальнейшем расширять количество портов.

Для разделения сетей и назначения разрешений подключений предусмотрен межсетевой экран Eltex ESR-100. Все коммутационное оборудование имеет «горячий» резерв.

#### Система питания

В СКВМ в каждой стойке реализована система питания, состоящая из:

- ▶ блока автоматического ввода резерва (резервированный);
- ▶ источника бесперебойного питания (резервированный).

В качестве блока автоматического ввода резерва используется «Связь Инжиниринг» АВР-Б-16А. Устройство выполнено в стандартном корпусе для 19-дюймовой телекоммуникационной стойки высотой 1U. Выходной ток – 16 А.

В качестве ИБП использован «Исток» 3 кВА ИДП-1-1/1-3-220-Т группы «РУСЭЛТ».

#### Прикладное программное обеспечение

Верхний уровень СКВМ реализован на базе следующего ПО:

- ▶ интегрированная система вибрационного мониторинга (ИСВМ) «Вибробит Web.Net.Monitoring»;

- ▶ автоматизированная система вибрационной диагностики (АСВД) «Вибробит Web.Net.Diagnostics»;

- ▶ автоматизированная система динамической балансировки (АСДБ) «Вибробит Web.Net.Balancing».

«Вибробит Web.Net.Monitoring» – прикладное программное обеспечение (ППО) стационарной системы непрерывного измерения, контроля, мониторинга промышленных объектов, построенное на веб-технологиях. ППО имеет многоуровневую распределенную архитектуру типа клиент-сервер, что позволяет одинаково эффективно применять «Вибробит Web.Net.Monitoring» как в малых проектах, с использованием только одного сервера, так и в больших, с распределением задач на несколько серверов.

«Вибробит Web.Net.Monitoring» помогает персоналу предприятий в реальном времени определять

и фиксировать важные события, оценивать ситуацию. Система «Вибробит Web.Net.Monitoring» может работать с аппаратурой «Вибробит 500» и с любой другой АСКВ и АСУ ТП, поддерживаемыми протоколы OPC DA, Modbus RTU, Modbus TCP, IEC 60870-5-104, SNMP, SSH.

Основные преимущества применения веб-технологий для организации доступа к вибрационному состоянию оборудования:

- ▶ на компьютеры клиентов системы мониторинга не требуется приобретать индивидуальные лицензии;

- ▶ клиенты системы мониторинга получают доступ к данным мониторинга с помощью установленного на их компьютеры стандартного браузера интернет-страниц (например, Chrome, Internet Explorer, Firefox) и не зависят от установленной операционной системы (Windows, Linux и т. д.);

- ▶ обновление ПО сервера не требует обновления ПО клиентов;

- ▶ реализация полноценной системы мониторинга контролируемого оборудования с предоставлением всевозможных отчетов, таблиц, графиков, диаграмм и т. д.;

- ▶ организация первичных вибродиагностических работ без необходимости выезда специалиста;

- ▶ надежная встроенная система аутентификации пользователей, позволяющая реализовать разграничение прав доступа к информации и управлению параметрами системы вибрационного мониторинга;

- ▶ гибкая система изменения дизайна и языковой настройки представления данных пользователю в соответствии с региональными настройками пользователя.

АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics» предназначена для непрерывной стационарной вибрационной диагностики механического состояния паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин, смонтированных на подшипниках, во время их эксплуатации. ПО выполнено на основе ИСВМ «Вибробит Web.Net.Monitoring» с реализацией вибродиагностических алгоритмов ООО НПП «Вибробит» и сторонних экспертов по вибрационной диагностике.

АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics» обеспечивает:

- ▶ эффективную работу турбоагрегата, повышение уровня безопасности и безаварийности технологических процессов;

- ▶ своевременное предоставление оперативному персоналу полной и достоверной информации о состоянии технологического оборудования;

- ▶ предотвращение ошибочных действий персонала;

- ▶ своевременное выявление возможных дефектов технологического оборудования;

- ▶ обслуживание виброналадочных работ;

- ▶ снижение затрат на эксплуатацию и ремонт оборудования.

АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics» реализует следующие функции:

- ▶ определение диагностируемых дефектов и выдача рекомендаций персоналу;

- ▶ представление информации на видеокдрах диагностической станции;

- ▶ регистрация и документирование информации;

- ▶ ведение архивов;

- ▶ поддержка виброналадочных работ;

- ▶ обмен информацией со смежными системами по цифровым протоколам.

В процессе обработки текущей информации о вибрационных и тепломеханических параметрах с учетом режимов работы турбоагрегата АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics» позволяет выявить следующие дефекты: трещину в роторе, дисбалансы, нарушение центровки роторов, дефекты сопряжения жестких муфт (коленчатая стыковка, излом оси), износ баббита в подшипнике, ослабление в опорной системе, торцевые и радиальные задевания, эллиптичность шеек ротора, внезапный дисбаланс, масляную низкочастотную вибрацию, паровую низкочастотную вибрацию, разрыв стяжных болтов, дефекты монтажа и износ подшипников качения. Кроме перечисленных, система позволяет диагностировать и другие дефекты, характерные для конкретного роторного оборудования.

Специалистам по вибрационной диагностике предоставляется возможность создания собственных алгоритмов, их корректировки и тестирова-

ния. Настройка алгоритма диагностики заключается в создании нечеткой когнитивной карты, внешне напоминающей блок-схему алгоритма.

АСДБ «Вибробит Web.Net.Balancing» предназначена для проведения балансировочных работ роторов машин на собственных подшипниках. Расчет балансировочных масс осуществляется согласно СО 34.30.604-00 «Методические указания по балансировке многоопорных валопроводов турбоагрегатов на электростанциях».

АСДБ «Вибробит Web.Net.Balancing» поддерживает следующие функции:

- ▶ расчет масс и положение балансировочных грузов в зависимости от выбранного критерия оптимизации;

- ▶ расчет остаточной вибрации после установки балансировочных грузов;

- ▶ расчет и корректировка матриц динамических коэффициентов влияния;

- ▶ передача значений параметров вибрации от ИСВМ «Вибробит Web.Net.Monitoring» и ручной ввод;

- ▶ долговременное хранение архива проведения балансировочных работ;

- ▶ построение отчетов балансировочных работ;

- ▶ одновременная работа с несколькими объектами балансировки в многопользовательском режиме;

- ▶ возможность сохранения текущего этапа балансировки на длительное время;

- ▶ использование планшетных компьютеров и беспроводной связи для работы непосредственно около объекта балансировки.

В АСДБ «Вибробит Web.Net.Balancing» реализован интуитивно понятный интерфейс пользователя, позволяющий удобно и качественно выполнять балансировку роторов и валопроводов.

#### Заключение

Предлагаемые ООО НПП «Вибробит» технические решения и информационные технологии по реализации комплексной информационной системы мониторинга и диагностики оборудования промышленных объектов позволяют:

- ▶ повысить безопасность эксплуатации промышленных объектов за счет построения системы контрольно-защитного отключения и сигнализа-

ции, что предотвратит механическое разрушение технологического оборудования;

- ▶ оценивать соблюдение технологической дисциплины эксплуатации промышленного оборудования;

- ▶ проводить планирование ремонтных работ по фактическому состоянию оборудования, сокращая бюджет ремонтных работ;

- ▶ сократить расходы на проведение регламентных и ремонтных работ, учитывая фактическое состояние оборудования;

- ▶ контролировать в режиме реального времени экономические и производственные показатели подотчетных предприятий;

- ▶ проводить анализ эффективности деятельности подотчетных подразделений с высокой степенью достоверности без необходимости запроса данных у ответственных лиц на предприятии;

- ▶ создать резервное хранилище базы данных технического состояния контролируемого оборудования (с разделением по типам) с целью уточнения и оптимизации диагностических алгоритмов выявления дефектов на ранних стадиях;

- ▶ создать высококвалифицированные группы технической диагностики оценки состояния промышленного оборудования с целью систематизации статистической информации для раннего достоверного предупреждения развития дефектов;

- ▶ проводить научно-исследовательскую работу по оптимизации режимов работы технологического оборудования с целью увеличения срока службы промышленного оборудования, повышения технологической дисциплины.

В дальнейшем ООО НПП «Вибробит» намерено продолжать разработку новых аппаратных и программно-технических средств для автоматизированных систем вибрационного контроля.

А. Г. Добряков, директор,  
В. Е. Иващенко, начальник ОАСУ,  
А. А. Зайцев, технический специалист  
группы разработки АСКВМ,  
ООО НПП «Вибробит», г. Ростов-на-Дону,  
тел.: +7 (863) 218-2475,  
e-mail: info@vibrobit.ru,  
сайт: www.vibrobit.ru