

СОГЛАСОВАНО



А.Ю.Кузин

11 2006 г.

Система измерительная стенда для испытаний газотурбинных установок СИ-1/ГТУ	Внесена в Государственный реестр средств измерений Регистрационный № <u>34899-07</u> Взамен № _____
---	---

Изготовлена в соответствии с технической документацией ОАО «ПРОТОН-ПМ», г. Пермь, заводской номер 001.

Назначение и область применения

Система измерительная стенда для испытаний газотурбинных установок СИ-1/ГТУ (далее - ИС) предназначена для измерений параметров газотурбинных установок (далее - ГТУ): давления и температуры жидкостей и газов; расхода газа; частоты вращения роторов; крутящего момента (мощности); вибрации.

ИС применяется при проведении стендовых испытаний газотурбинных установок ГТУ-10, ГТУ-12, ГТУ-16 и их модификаций на стенде № 1 цеха 6 предприятия ОАО «ПРОТОН-ПМ».

Описание

Принцип работы ИС заключается в измерении параметров ГТУ датчиками физических величин, преобразовании их в электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов в цифровой код с помощью устройства сопряжения с объектом УСО (далее - УСО) ЦНА-23, передаче цифровой информации на персональный компьютер (ПК) нижнего уровня Forse и затем на рабочую станцию Sun Blade 150 для дальнейшего её использования в автоматизированной системе управления технологическим процессом испытания СКАТ.

ИС представляют собой измерительную систему вида ИС-2 по ГОСТ Р 8.596-2002.

Функционально система состоит из 7 измерительных подсистем, включающих в себя измерительные каналы (ИК):

подсистемы измерения давления;

подсистемы измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ);

подсистемы измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры;

подсистемы измерения частоты вращения роторов;

подсистемы измерения параметров вибрации;

подсистемы измерения крутящего момента силы (мощности);

подсистемы измерения расхода газа.

ИС включает в себя аппаратуру верхнего и нижнего уровней (ВУ и НУ соответственно), расположенные в отдельных помещениях, соединенные между собой и с датчиками физических величин линиями связи длиной до 100 м.

Аппаратура НУ включает в себя две стойки ЦНА-23 и одноплатный компьютер Forse на базе процессора "SPARC".

Аппаратура ВУ представляет собой рабочую станцию Sun Blade 150, содержащую сервер стенда (Uran), рабочее место оператора гидротормозов (Earth), рабочее место оператора обработки (Venus), дополнительное рабочее место программиста (Mars), инженерный пульт (ПИ). Аппаратура ВУ реализована на базе процессоров "SPARC", под управлением операционной системы UNIX/Solaris.

ИС является стационарным средством измерений, по условиям эксплуатации относится к группе исполнения 3 по ГОСТ 22261-94.

Подсистема измерения давления

Принцип действия подсистемы основан на зависимости выходного сигнала датчиков давления от значений перемещения или деформации чувствительного элемента датчика, вызванных воздействием измеряемого давления. Напряжение постоянного тока от датчиков типа Метран (Сапфир, ИКД) и частотный сигнал от датчика ДБВЧ-У преобразуется с помощью УСО аппаратуры ЦНА-23 в цифровой код и передается в ПК, где по известной градуировочной характеристике вычисляется значение измеряемого давления.

Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ)

Принцип действия подсистемы основан на зависимости изменения сопротивления термопреобразователя от температуры среды. Сопротивление постоянному току термопреобразователя преобразуется с помощью УСО аппаратуры ЦНА-23 в цифровой код, поступающий в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК вычисляется значение температуры.

Подсистема измерения (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры

Принцип измерения температуры основан на зависимости термо-ЭДС, возникающей в термоэлектродных проводках от разности температур между «горячими» и «холодными» спаями.

Значение термо-ЭДС подается на вход блока управления двигателя (БУД), с выхода которого цифровой код поступает в ПК, где по индивидуальной функции преобразования ИК и по номинальной статической характеристике преобразования термопар ХА, ХК с учетом температуры «холодного» спая определяется значение измеренной температуры.

Принцип действия подсистемы измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям измеряемой температуры, основан на преобразовании с помощью УСО аппаратуры ЦНА-23 напряжения в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения с использованием индивидуальной функции преобразования ИК.

Подсистема измерения частоты вращения роторов

Принцип действия подсистемы основан на законе электромагнитной индукции. При каждом прохождении «зуба» индукторной шестерни вблизи торца постоянного магнита магнитоиндукционного датчика в его обмотке образуется ЭДС индукции. Электрические импульсы напряжения с выхода обмотки датчика, частота следования которых пропорциональна частоте вращения ротора, поступают на устройство согласования с объектом (УСО) аппаратуры ЦНА-23, преобразуются им в цифровой код и поступают в ПК, где по программе вычисляется значение измеряемой частоты вращения.

Подсистема измерения параметров вибрации

Принцип действия подсистемы основан на использовании пьезоэлектрических датчиков вибрации, преобразующих виброскорость в электрический заряд, поступающий на блок БЭ-38-12 аппаратуры ИВ-Д-ПФ-5, с выхода которой напряжение постоянного тока, соответствующее измеренной виброскорости на частотах роторных гармоник ГТУ, поступает на вход УСО, и затем в виде цифрового кода подается в ПК с последующим вычислением параметров измеряемой вибрации.

Подсистема измерения крутящего момента силы

Принцип действия подсистемы основан на воздействии крутящего момента силы на тензометрический чувствительный элемент торсиона измерителя крутящего момента, вследствие чего происходит разбалансировка тензометрического моста, частотный выходной сигнал которого пропорциональный приложенной силе поступает на электронный преобразователь АВХ22А

НВМ, где преобразуется в цифровой код и по RS 232 передается в ПК для вычисления крутящего момента силы (мощности).

Подсистема измерения расхода газа

Принцип действия подсистемы основан на измерении массового расхода газа кориолисовыми датчиками расхода. При прохождении газа через сенсорные трубки датчика в них возникают кориолисовы силы, вызывающие фазовое смещение колебаний противоположных сторон сенсорных трубок, измеряемое с помощью детекторов. Сигнал с детекторов поступает на измерительный преобразователь, преобразующий его в соответствующий частотный сигнал, поступающий в УСО, с выхода которого цифровой код подается в ПК, где по программе вычисляется значение массового расхода газа.

Основные технические характеристики

Подсистема измерения давления

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
Атмосферное давление, РН	От 93 до 106,5 кПа (от 700 до 800 мм рт. ст)	±0,67 кПа (± 0,5 мм рт.ст)
Давление-разрежение газа за свободной турбиной, РТ500М, РТ502М...РТ505М (количество ИК - 5)	От 0 до 9,8 кПа (от 0 до минус 1000 мм вод.ст)	30 Па (3 мм вод. ст)
Избыточное давление воздуха за компрессором, РК308, РК310...РК312 (количество ИК - 4)	От 0 до 2 МПа (от 0 до 20 кгс/см ²)	±0,5 % от верхнего предела измерений (ВП)
Избыточное давление топливного газа на входе в двигатель, РТВХS	От 0 до 4 МПа (от 0 до 40 кгс/см ²)	±0,5 % от ВП
Перепад между статическим давлением воздуха на входе в компрессор и атмосферным давлением, РС200.1М	От 0 до минус 14,7 кПа (от 0 до минус 1500 мм вод. ст)	49 Па (5,0 мм вод. ст)
Перепад между полным давлением воздуха на входе в двигатель и атмосферным давлением, РВ120.1М, РВ120М (количество ИК - 2)	От 0 до минус 0,98 кПа (от 0 до минус 100 мм вод. ст)	7,8 Па (0,8 мм вод. ст)
Перепад между статическим давлением в РМК и атмосферным давлением. РС111М, РС112М (количество ИК - 2)	От 0 до минус 15,7 кПа (от 0 до минус 1600 мм вод. ст)	49 Па (5,0 мм вод. ст)
Избыточное давление газа за турбиной газогенератора (ГГ), РТ401.1М	От 0 до 0,4 МПа (от 0 до 4 кгс/см ²)	±0,5 % от ВП

Подсистема измерения температуры (с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) и напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры

Подсистема измерения температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП, ТСМ)

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
Температура окружающего воздуха, ТН	От 303 до 323 К (от минус 30 до 50 °С)	±1,0 °С (±1,0 К)
Температура газа за ТВД (по термопаре открытого спая) Тt1... Тt12 (количество ИК - 12)	От 273 до 1273 К (от 0 до 1000 °С)	6 К (6 °С)
Температура воздуха на входе в двигатель, ТВ107... ТВ118	От 223 до 323 К (от минус 50 до 50 °С)	1,0 К (1,0 °С)

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
(количество ИК - 12)		
Температура холодного сая, ТХС1	От 253 до 323 К (от минус 20 до 50 °С)	0,6 К (0,6 °С)
Температура холодного сая, ТХС2	От 0 до 30 °С (от 283 до 303 К)	0,6 °С (0,6 К)
Температура масла у датчика прокачки, ТМNDR	От 223 до 413 °С (от 50 до 140 °С)	±1 % от НЗ (НЗ -нормированное значение) НЗ= 463 К (190 °С)
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температуры, измеряемой с помощью преобразователей ХК, ТК325... ТК327 (количество ИК - 3)	От 0 до 50 мВ	±0,2 % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температуры, измеряемой с помощью преобразователей ХА, Тct1... Тct12 (количество ИК-12)	От 0 до 42 мВ	±0,2 % от ВП

Подсистема измерения частоты вращения роторов

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
Частота вращения ротора свободной турбины, NCT	От 1000 до 11000 об/мин	± 0,1 % от ВП
Частота вращения ротора компрессора, NTK	От 1000 до 9000 об/мин	± 0,1 % от ВП

Подсистема измерения параметров вибрации

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
Виброскорость двигателя в контрольных точках, Vpp, Vzр (количество ИК-2)	От 0 до 100 мм/с	± 10 % от ВП

Подсистема измерения крутящего момента (мощности)

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
Крутящий момент силы (мощность) Т10FS, Т32FN	От 6000 до 20000 Н·м (диапазон показаний от 0 до 50000 Н·м)	± 0,25 %

Подсистема измерения расхода газа

<i>Наименование измеряемого параметра</i>	<i>Диапазон измерений</i>	<i>Пределы допускаемой погрешности</i>
Массовый расход газа, Qgaza	От 300 до 4000 кг/ч	±0,8 % от ВП

Общие характеристики

Параметры электропитания:

напряжение переменного тока, В 220 ± 22;

частота переменного тока, Гц	50 ± 1.
Потребляемая мощность, кВ·А, не более:	
аппаратура нижнего уровня	1,0;
аппаратура верхнего уровня	2,0;
Габаритные размеры, мм, не более:	
аппаратура ЦНА-23 (длина x ширина x высота)	1120 x 550 x 1670;
компьютер нижнего уровня (длина x ширина x высота)	450 x 450 x 120.
Масса аппаратуры ЦНА-23, кг, не более	250.
Рабочие условия эксплуатации:	
в помещении пультовой:	
температура воздуха, °С	20 ± 5;
относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %	65 ± 15;
атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа)	от 720 до 800 (от 96 до 106,7);
в испытательном боксе:	
температура воздуха, °С	от 5 до 60;
относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %	до 90;
атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа)	от 720 до 800 (от 96 до 106,7).
Срок службы, лет	10.
Средняя наработка на отказ, ч	10000.

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на титульный лист руководства по эксплуатации методом компьютерной графики и на лицевую панель одной из стоек с аппаратурой - методом наклейки.

Комплектность

В комплект поставки входят: комплект датчиков физических величин; комплект аппаратуры НУ; рабочая станция Sun Blade 150 верхнего уровня; программное обеспечение; комплект кабелей и соединителей; комплект эксплуатационной документации; методика поверки.

Поверка

Поверка ИС осуществляется в соответствии с документом «СКАТ-01.МП. Система измерительная стенда для испытаний газотурбинных установок СИ-1/ГТУ. Методика поверки», утвержденным начальником ГЦИ СИ «Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ в ноябре 2006 г. и входящим в комплект поставки.

Средства поверки: манометр избыточного давления грузопоршневой МП-60 (диапазон воспроизведения давления от 0,1 до 6 МПа, погрешность не более ± 0,05 %); задатчик давления Воздух-1600 (диапазон воспроизведения давления от 0,4 до 16 кПа, погрешность не более ± 0,05 % в диапазоне от 0,4 до 1 кПа; не более ± 0,03 % - в диапазоне от 1 кПа до 3 кПа; не более ± 0,02 % - в диапазоне от 3 кПа до 16 кПа); задатчик давления Воздух-6,3 (диапазон воспроизведения давления от 6,3 до 630 кПа, погрешность не более ± 0,05 %); прибор универсальный измерительный Р4833 (диапазон воспроизведения напряжения от 0 до 111,1 мВ, погрешность не более ±(5·10⁻⁴·U_к + 15·10⁻⁶) В; диапазон воспроизведения сопротивления от 0,01 до 1111,1 Ом, погрешность не более ± [0,02 + 1,5·10⁻⁴(1111,1/R-1)] %); генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122 (диапазон воспроизведения частоты от 0,01 до 2 МГц, погрешность не более ± 5·10⁻⁵ %); прибор для поверки вольтметров программируемый В1-13 (диапазон воспроизведения постоянного тока от от 10⁻⁹ до 10⁻¹ А, погрешность воспроизведения постоянного тока не более ±(1,5·10⁻⁴·I_к + 1) мкА в диапазоне от 100 нА до 100 мА; диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от 10⁻⁵ до 10³ В, погрешность воспроизведения напряжения не более ±(1·10⁻⁵·U_к + 40) мкВ в диапазоне от 10⁻⁵ до 10 В); калибратор температуры Fluke серии 500, модель 518 (диапазон воспроизведения от минус 30 до 670 °С, погрешность не более ± 0,25 °С); вибропреобразователь ускорения 8305 (частотный диапазон от 0,1 до 4500 Гц, чувствительность 0,125 пКл/м/с², погрешность не более ± 3 %), барометр рабочий сетевой БРС-1М-2 (диапазон измерений от 600 до 1100 гПа, погрешность не более ± 20 гПа); образцовая моментовоспроизводящая

машина ОММ-20000 (диапазон воспроизведения крутящего момента силы от 4000 до 20000 Н·м, погрешность воспроизведения крутящего момента силы не более $\pm 0,06$ %); преобразователь измерительный температуры и влажности ИПТВ-056/МЗ (диапазон измерений температуры от минус 40 до 110 °С, диапазон измерений влажности от 0 до 100 %, погрешность измерений температуры не более $\pm 0,4$ °С, погрешность измерений влажности не более ± 2 %).

Межповерочный интервал – 1 год.

Нормативные и технические документы

ГОСТ 22261-94. ГСИ. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.

ГОСТ 8.596-2002 ГСИ. Системы измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

Заключение

Тип системы измерительной стендов для испытаний газотурбинных установок СИ-1/ГТУ утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации.

Изготовитель

ОАО «ПРОТОН-ПМ» Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 93.

Главный инженер ОАО «ПРОТОН-ПМ»



И.Б. Фомин