

СОГЛАСОВАНО

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГИИИ МО РФ



А.Ю.Кузин

« 30 » 11 2007 г.

Система измерительная СИ-2/Сириус	Внесена в Государственный реестр средств измерений Регистрационный № _____ Взамен № _____
-----------------------------------	---

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

Назначение и область применения

Система измерительная СИ-2/Сириус (далее - ИС) предназначена для измерений параметров двигателей: давления и температуры жидкостей и газов; расхода компонентов топлива; частоты вращения ротора; силы от тяги двигателя; усилия качания двигателя; параметров вибрации; пульсации давления газов и жидкостей, а также напряжения постоянного и переменного тока, сопротивления постоянному току, частоты переменного тока, соответствующих параметрам двигателей.

ИС применяется в сфере обороны и безопасности при проведении стендовых испытаний двигателей.

Описание

Принцип действия ИС основан на измерении параметров двигателя первичными преобразователями (датчиками) физических величин, преобразовании их в электрические сигналы, преобразовании электрических сигналов с помощью аппаратуры нижнего уровня (НУ) в цифровой код и передаче цифровой информации на аппаратуру верхнего уровня (ВУ), для дальнейшего её использования в стендовой АСУ ТП «Сириус».

ИС представляет собой измерительную систему по ГОСТ Р 8.596-2002.

Функционально система состоит из 10 измерительных подсистем, включающих в себя измерительные каналы (ИК):

- измерения силы от тяги двигателя – 8 ИК;
- измерения усилия качания двигателя – 4 ИК;
- измерения расходов компонентов топлива – 48 ИК;
- измерения давления газов и жидкостей и напряжения постоянного тока, соответствующего измеряемому давлению – 73 ИК;
- измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры (ИК с термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК) - 48 ИК;
- измерения температуры термометрами сопротивления и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры – 30 ИК;
- измерения частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора турбоагрегата (ТНА) – 2 ИК;
- измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла поворота камеры сгорания и валов – 6 ИК;
- измерения напряжения переменного тока, соответствующего значениям виброускорения – 6 ИК;
- измерения напряжения переменного тока, соответствующего значениям пульсации давления газов и жидкостей и деформации трубопроводов – 30 ИК.

Конструктивно аппаратура НУ ИС выполнена в виде стойки, содержащей устройство согласования с объектом (УСО) на базе модулей стандартов VXI и PXI и одноплатные компьютеры VXIpc-872 и PXI -8176, соединенные с датчиками физических величин линиями связи длиной до 100 м. Аппаратура ВУ включает в себя серверы SUN Enterprise 3000 и SUN Fire 880, рабочую станцию SUN ULTRA 5, соединенные линиями связи до 15 м через сетевой коммутатор 3Com с аппаратурой НУ. Для повышения надежности ИС аппаратура НУ и ВУ задублированы.

По условиям эксплуатации ИС удовлетворяет требованиям гр.1.1 УХЛ по ГОСТ РВ 20.39.304-98 с диапазоном рабочих температур от 10 до 30 °С и относительной влажностью воздуха от 30 % до 80 % при температуре 25 °С, без предъявления требований к механическим воздействиям.

Подсистема измерения силы от тяги двигателя

Принцип действия подсистемы основан на измерении силы, возникающей при работе двигателя воздействующей на чувствительный элемент первичного преобразователя СВ-100000, вследствие чего происходит изменение частоты собственных колебаний чувствительного элемента. Частотный электрический выходной сигнал с чувствительного элемента, соответствующий приложенной силе, поступает в УСО, где преобразуется в цифровой код и по программе ПК рассчитывается сила от тяги двигателя тяга.

Подсистема измерения усилия качания двигателя

Принцип действия подсистемы основан на измерении силы, приложенной к двигателю от механизма качания с помощью тензометрических датчиков. Электрический сигнал разбаланса тензомоста подается на тензостанцию, с выхода которой поступает на вход УСО, где преобразуется в цифровой код и затем по программе ПК рассчитывается усилие качания.

Подсистема измерения расходов компонентов топлива

Принцип действия подсистемы основан на измерении интервалов времени изменения заданных объемов расхода компонентов топлива с последующим вычислением массового расхода за единицу времени с учетом фактической плотности жидкости. Измерение интервалов времени производится с помощью дискретных магнитных датчиков, сигналы с которых поступают в УСО и в цифровом виде - в ПК, где по программе рассчитывается расход топлива.

Подсистема измерения давления газов и жидкостей и напряжения постоянного тока, соответствующего измеряемому давлению

Принцип действия подсистемы измерения давления основан на зависимости выходного сигнала датчиков давления от деформации чувствительного элемента датчика, вызванной воздействием измеряемого давления. Электрический сигнал, с выхода датчиков, преобразуется с помощью УСО в цифровой код и передается в ПК, где по программе вычисляется значение измеряемого давления.

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

Принцип действия подсистемы основан на преобразовании с помощью УСО напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА, ХК, в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого напряжения с использованием индивидуальной функции преобразования ИК.

Подсистема измерения температуры термометрами сопротивления и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры

Принцип действия подсистемы измерения температуры основан на зависимости изменения сопротивления чувствительного элемента термометра сопротивления от температуры среды. Значение сопротивления постоянному току, соответствующее значениям температуры, поступает с датчика на УСО, где по номинальной градуировочной характеристике преобразуется в цифровой код и передается далее в ПК для вычисления температуры.

Принцип действия подсистемы измерения сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры, основан на преобразовании с помощью УСО сопротивления в цифровой код с последующим вычислением по программе ПК измеряемого сопротивления.

Подсистема измерения частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора турбонасосного агрегата (ТНА)

Принцип действия подсистемы основан на законе электромагнитной индукции. При каждом прохождении «зуба» индукторной шестерни вблизи торца постоянного магнита индукционного датчика в его обмотке образуется ЭДС индукции. Импульсные сигналы с выхода датчика, частота следования которых пропорциональна частоте вращения ротора, поступают на вход УСО, где преобразуется в цифровой код и по программе ПК вычисляется значение измеряемой частоты вращения.

Подсистема измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла поворота камеры сгорания и валов

Принцип действия подсистемы основан на измерении напряжения постоянного тока поступающего с выходов потенциометров первичных преобразователей, не входящих в состав системы, на вход усилителей сигналов, с последующим их преобразованием с помощью УСО в цифровой код и расчетом по программе ПК измеренных значений угла поворота по известным градуировочным характеристикам.

Подсистема измерения напряжения переменного тока, соответствующего значениям виброускорения

Принцип действия подсистемы основан на измерении напряжения переменного тока поступающего с выхода пьезоэлектрических датчиков вибрации, не входящих в состав системы, на вход усилителей сигналов, с последующим их преобразованием с помощью УСО в цифровой код и расчетом по программе ПК измеренных значений электрических сигналов.

Подсистема измерения напряжения переменного тока, соответствующего значениям пульсации давления газов и жидкостей и деформации трубопроводов

Принцип действия подсистемы основан на измерении напряжения переменного тока, поступающего с выхода датчиков пульсации давления и тензодатчиков, не входящих в состав системы, на вход усилителей сигналов, с последующим их преобразованием с помощью УСО в цифровой код и расчетом по программе ПК измеренных значений электрических сигналов.

Основные технические характеристики

Подсистема измерения силы от тяги двигателя

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Сила от тяги двигателя (количество каналов - 4)	кН (кгс)	от 764,5 до 906,6 (от 78000 до 92500)	$\pm 0,7\%$ от ВП (ВП - верхний предел измерений)

Подсистема измерения усилия качания двигателя

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений, кгс	Пределы допускаемой погрешности
Усилие качания двигателя (количество каналов - 4)	кН (кгс)	от минус 19,6 до 19,6 (от минус 2000 до 2000)	$\pm 1\%$ от ВП

Подсистема измерения расходов компонентов топлива

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Массовый расход горючего (количество каналов - 20)	кг/с	от 0 до 188	$\pm 1,4\%$ от ВП
Массовый расход окислителя (количество каналов - 28)	кг/с	от 0 до 480	$\pm 0,8\%$ от ВП

Подсистема измерения давления газов и жидкостей и напряжения постоянного тока, соответствующего измеряемому давлению

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Атмосферное давление	кПа (мм рт. ст.)	от 93,3 до 106,7 от 700 до 800	$\pm 66,7$ Па ($\pm 0,5$ мм рт. ст.)
✓ Давление наддува расходных баков «А» и «Г» (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 0,98 (от 0 до 10)	$\pm 1,0\%$ от ВП
✓ Давление азота на входе в щит наддува расходных баков «А» и «Г» (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от до 24,52 (от 0 до 250)	$\pm 1,0\%$ от ВП

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Давление продувки полостей двигателя азотом (количество каналов - 2) (количество каналов - 4) (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 3,92 (от 0 до 40) от 0 до 7,85 (от 0 до 80) от до 24,52 (от 0 до 250)	± 4,0 % от ВП
Давление продукта «А» на входе в изделие (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 0,98 (от 0 до 10)	± 1,2 % от ВП
Давление продукта «А» перед форсунками газогенератора (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 34,32 (от 0 до 350)	± 0,8 % от ВП
Давление продукта «Г» на входе в двигатель (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 0,64 (от 0 до 6,5)	± 1,4 % от ВП
Давление продукта «Г» на выходе из I ступени насоса (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 34,81 (от 0 до 355)	± 0,8 % от ВП
Давление продукта «Г» на выходе из II ступени насоса (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 44,13 (от 0 до 450)	± 0,6 % от ВП
Давление продукта «Г» отбора на РМ (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 40,21 (от 0 до 410)	± 0,8 % от ВП
Давление газа после смесителя (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 3,92 (от 0 до 40)	± 0,6 % от ВП
Давление газа после газогенератора наддува (количество каналов - 4)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 2,94 (от 0 до 30)	± 0,8 % от ВП
Давление продукта «Г» в полости слива авторазгрузки насоса (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 2,45 (от 0 до 25)	± 1,0 % от ВП
Давление продукта «Г» в полости авторазгрузки насоса (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 23,54 (от 0 до 240)	± 0,8 % от ВП
Давление газа до турбины (количество каналов - 2)	МПа (кгс/см ²)	от 0 до 30,89 (от 0 до 315)	± 0,8 % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям измеряемых давлений газов и жидкостей (количество каналов - 24)	В	от 0 до 5	± 0,2 % от ВП

*Подсистема измерения температуры термометрами сопротивления
и сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры*

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Температура продукта «А» на входе в изделие и в расходной магистрали (количество каналов - 4)	°С	от минус 6 до 33	± 1,0 °С
Температура продукта «Г» на входе в изделие и в расходной магистрали (количество каналов - 4)	°С	от минус 21 до 43	± 1,0 °С
Температура холодного спая (количество каналов - 2)	°С	от 15 до 35	± 0,8 °С
Температура азота продувки полости насоса «А» (количество каналов - 2)	°С	от минус 5 до 45	± 1,0 °С
Температура азота продувки полости «Г» камеры (количество каналов - 2)	°С	от 105 до 140	± 2,0 °С
Температура азота низкого давления продувки полости «А» газогенератора (количество каналов - 2)	°С	от 105 до 140	± 2,0 °С
Сопротивление постоянному току, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью термометров сопротивления (количество каналов - 4) (количество каналов - 2) (количество каналов - 4) (количество каналов - 2) (количество каналов - 2)	Ом	от 20 до 40 от 25 до 65 от 35 до 65 от 48 до 66 от 51 до 63	± 0,3 % от ВП

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

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температур, измеряемых с помощью преобразователей ХА, ХК (количество каналов - 10) (количество каналов - 20) (количество каналов - 2) (количество каналов - 4) (количество каналов - 6) (количество каналов - 6)	мВ	от минус 1,5 до 4 от минус 1 до 4 от минус 4 до 16 от минус 7 до 28 от 0 до 28 от 0 до 32	$\pm 0,2$

Подсистема измерения частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора турбонасосного агрегата (ТНА)

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения ротора ТНА, (количество каналов - 2)	Гц	от 1000 до 5000	$\pm 0,2$

Подсистема измерения напряжения постоянного тока, соответствующего значениям угла поворота камеры сгорания и валов

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям угла поворота камеры сгорания (количество каналов - 2)	В	от 0 до 10	$\pm 0,2$
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям угла поворота вала регулятора (количество каналов - 2)			
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям угла поворота вала дросселя (количество каналов - 2)	В	от 0 до 5	$\pm 0,2$

Подсистема измерения напряжения переменного тока, соответствующего значениям виброускорения

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Напряжение переменного тока, соответствующие значениям виброускорения агрегатов двигателя в контрольных точках (количество каналов - 6)	В (Гц)	от 0 до 7 (от 40 до 8000)	$\pm 5,0$

Подсистема измерения напряжения переменного тока, соответствующего значениям пульсации давления газов и жидкостей и деформации трубопроводов

Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности, % от ВП
Напряжение переменного тока, соответствующее значениям: пульсации давления газов и жидкостей (количество каналов - 14);	В (Гц)	от 0 до 7 (от 40 до 8000)	$\pm 5,0$
деформации трубопроводов (количество каналов - 16).	В (Гц)	от 0 до 7 (от 40 до 8000)	

Общие характеристики

Параметры электропитания:

- напряжение переменного тока, В.....220 \pm 22;
- частота переменного тока, Гц.....50 \pm 1;

Потребляемая мощность
(измерительные стойки, серверы, рабочие станции), не более Вт.....2200.

Габаритные размеры измерительной стойки (длина x ширина x высота), не более мм...
..... 750x700x1650.

Масса ИС, не более, кг.....900

Рабочие условия эксплуатации

В помещении пультовой:

- температура воздуха, °С (К).....20 \pm 10 (от 283 до 303);
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %..... 65 \pm 15;
- атмосферное давление, мм рт.ст. (кПа)..... от 720 до 800 (от 96 до 106,7).

В испытательном боксе:

- температура воздуха, °С (К).....от 5 до 60 (от 243 до 313);
- 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 и методом наклейки на лицевую панель стойки с аппаратурой.

Комплектность

В комплект поставки входят: комплект измерительной аппаратуры, комплект датчиков физических величин, рабочие станции, сервер, программное обеспечение, комплект кабелей и соединителей, комплект эксплуатационной документации, методика поверки.

Поверка

Поверка ИС осуществляется в соответствии с документом «СИРИУС-02.МП.Система измерительная СИ-2/Сириус. Методика поверки».

Средства поверки: манометр избыточного давления грузопоршневой МП-60 (диапазон воспроизведения давления от 0,1 до 6 МПа, погрешность не более 0,05); манометр избыточного давления грузопоршневой МП-600 (диапазон воспроизведения давления от 1 до 60 МПа, погрешность не более 0,05 %); калибратор многофункциональный TRX-IIR (диапазоны воспроизведения напряжений от минус 10 до 100 мВ, от 0 до 12 В, погрешность $\pm (0,01 \%$ от показаний $+0,005 \%$ от диапазона)); источник прецизионного опорного напряжения Р4833 (диапазон воспроизведения напряжения от 0 до 111,1 мВ, погрешность не более $5 \cdot 10^{-4} \cdot U_{\text{к}} + 15 \cdot 10^{-6} \text{ В}$; диапазон воспроизведения сопротивления от 0,01 до 1111,1 Ом, погрешность не более $0,02 + 1,5 \cdot 10^{-4} (1111,1/R - 1)\%$); генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122 (диапазон воспроизведения частоты от 0,01 до 2 МГц, погрешность не более $3 \cdot 10^{-5} \%$); милливольтметр ВЗ -33 (диапазон измерений напряжения от 30 мкВ до 300 В погрешность не более 1,5 %; диапазон измеряемых частот от 10 Гц до 1 МГц); прибор для поверки вольтметров программируемый В1-13 (диапазон воспроизведения постоянного тока от 10^{-9} до 10^{-1} А, погрешность воспроизведения постоянного тока не более $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot I_{\text{к}} + 1 \text{ мкА}$ в диапазоне от 100 нА до 100 мА; диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от 10^{-5} до 10^3 В , погрешность воспроизведения напряжения не более $1 \cdot 10^{-5} \cdot U_{\text{к}} + 40 \text{ мкВ}$ 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); барометр рабочий сетевой БРС-1М (диапазон измерений от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт.ст.), погрешность не более 20 Па (0,15 мм рт.ст.)); эталонный стационарный динамометр ДО-2-5 (диапазон воспроизведения силы от 100 до 5000 кгс, погрешность воспроизведения силы не более 0,2 %); гири по ГОСТ 7328-2001 (10, 20 кг, класс точности М₁); ареометр для нефти стеклянный АНТ-1 (диапазон измерения плотности от 770 до 800 кг/м³, погрешность измерения плотности не более 0,5 кг/м³); термометр стеклянный ртутный ТЛ-4 (диапазон измерения температуры от 0 до 55 °С, погрешность измерения температуры не более 0,2 °С).

Нормативные и технические документы

ГОСТ РВ 20.39.304-98

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

006.149-06РЭ. Система измерительная СИ-2/Сириус. Руководство по технической эксплуатации.

Заключение

Тип системы измерительной СИ-2/Сириус заводской номер 001 стенда №1 для испытаний двигателей утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации.

Изготовитель

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

Главный инженер ОАО «ПРОТОН-ПМ»

Фомин И.Б.