

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы» (ФГБУ «ВНИИМС»)**



СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»

Коломин А.Е.

« 28 » февраля 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Модули измерительные систем сбора данных SLICE

Методика поверки

МП 201-008-2022

Москва
2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	4
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	5
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР	5
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	9
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ	10
10.1 Определение основной погрешности каналов измерения напряжения переменного тока на базовой частоте	10
10.2 Определение основной погрешности каналов измерения напряжения постоянного тока	11
10.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительного канала в рабочем диапазоне частот	11
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МОДУЛЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ССД МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	12
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	12

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящий документ распространяется на модули измерительные систем сбора данных SLICE (далее - модули измерительные ССД) компании «Diversified Technical Systems, Inc.» (DTS), США, и устанавливает требования к методике их первичной и периодической поверки.

Модули измерительные ССД предназначены для высокоскоростного измерения электрических сигналов напряжения постоянного и переменного тока от первичных измерительных преобразователей различных физических величин, преобразования измеренных сигналов в цифровую форму, записи на внутренний накопитель и передачи измерительных данных по цифровым интерфейсам в компьютерные системы и входят в состав измерительно-вычислительных комплексов – систем сбора данных SLICE.

Модули измерительные систем сбора данных SLICE выпускаются в модификациях SLICE NANO, SLICE MICRO, SLICE PRO и SLICE PRO LAB.

Указанные модификации ССД различаются конструктивным исполнением, массогабаритными характеристиками, количеством и типами входных каналов, а так же конструкцией разъёмов для подключения первичных измерительных преобразователей.

Модули измерительные систем сбора данных SLICE в модификациях SLICE NANO, SLICE MICRO имеют по 3 входных измерительных канала (ИК) для подключения первичных преобразователей (акселерометров) с выходом по напряжению (модули IEPE SLICE) и первичных преобразователей (тензодатчиков) - (модули Bridge SLICE).

Измерительные модули ССД в модификациях SLICE PRO и SLICE PRO LAB -SLICE PRO SIM или SLICE PRO LAB SIM, в качестве первичных преобразователей каждый из них поддерживает подключение как акселерометров с выходом по напряжению (вход IEPE), так и тензодатчиков (вход Bridge).

Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов и диапазонов измерений модулей в соответствии с заявлением владельца, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Перечень операций, проводимых при поверке модулей измерительных ССД, с указанием разделов настоящей методики поверки, где изложен порядок их выполнения, приведен в таблице 1.

Таблица 1-Перечень операций поверки

Наименование операции	Обязательность проведения при поверке		Раздел методики
	первичной	периодической	
1 Внешний осмотр	Да	Да	7
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
3 Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
4 Определение метрологических характеристик средств измерений	Да	Да	10
4.1 Определение основной погрешности каналов измерения напряжения переменного тока на базовой частоте	Да	Да	10.1
4.2 Определение основной погрешности каналов измерения напряжения постоянного тока	Да	Да	10.2

Продолжение таблицы 1

Наименование операции	Обязательность проведения при поверке		Раздел методики
	первичной	периодической	
5. Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительного канала в рабочем диапазоне частот	Да	Да	10.3
6 Подтверждение соответствия модулей измерительных ССД метрологическим требованиям	Да	Да	11
7 Оформление результатов поверки	Да	Да	12

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в нормальных условиях:

- температура окружающего воздуха (25 ± 5) °С;
- относительная влажность от 30 до 90 % без конденсации влаги;
- атмосферное давление 84 - 106 кПа;
- внешнее магнитное поле практически отсутствует;
- напряжение питания – номинальное $\pm 2\%$.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

Поверку модулей измерительных ССД должен выполнять поверитель, прошедший инструктаж по технике безопасности, освоивший работу с ССД SLICE и ее поверяемыми измерительными модулями, используемыми эталонами.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При поверке модулей измерительных ССД должны использоваться эталоны и вспомогательные средства измерений, удовлетворяющие указанным ниже требованиям и имеющие действующие свидетельства о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, и метрологические (МХ) и основные технические характеристики средства поверки
10.1, 10.3	Генератор сигналов сложной формы со сверхнизким уровнем искажений DS360, Г/р № 45344-10, Диапазон устанавливаемых частот от 0,1 Гц до 200 кГц Пределы допуск абс. погрешности установки частоты $F \pm (25 \cdot 10^{-6} F + 0,004 \text{ Гц})$ Диапазоны установки напряжения (среднекв.) - от 5 мкВ до 20 В, пределы допуск. погр. установки значения напряжения св. 1 мВ $\pm 1\%$ Коэффициент гармоник синус. сигнала на частотах 0,01 Гц-20 кГц – не менее -100 дБ, до 40 кГц – не менее 96 дБ.

Продолжение таблицы 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, и метрологические (МХ) и основные технические характеристики средства поверки
10.1-10.3	Мультиметр цифровой прецизионный 8508А, ФИФ № 25984-14 Пределы доп. осн. погрешности измерений напряжения переменного тока, %, не более $\pm(0,014 U + 0,002U_{\text{пред}})$ на пределах измерений 200 мВ, 2 В, 20 В в частотном диапазоне от 10 Гц до 30 кГц
10.2	Калибратор многофункциональный и коммуникатор МС6 (-R), ФИФ № 52489-13 Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока $\Delta = \pm(0,00007 \cdot X + 4 \text{ мкВ})$ в диапазоне от -1 до +1 В, $\Delta = \pm(0,00007 \cdot X + 0,1 \text{ мВ})$ в диапазоне от -3 до +24 В
10.1, 10.3	Электрический эквивалент первичного преобразователя со встроенным предусилителем, тип E0.95
10.1-10.3	ПК с ПО SLICEWare, Номер версии (идентификационный номер) ПО 1.08 и выше

5.2 Погрешность эталонов (средств поверки) не должна превышать 1/5 предела допускаемого значения погрешности модулей измерительных ССД.

5.3 Допускается использовать средства поверки, отличные от приведенных в таблице 2, если они удовлетворяют требованиям п. 5.2.

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.019-17, ГОСТ Р 52931-2008, указаниями по безопасности, изложенными в руководстве по эксплуатации на приборы, применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

Проводится осмотр модулей измерительных ССД. Следует убедиться в их механической исправности, в целостности разъемов и соединительных проводов; в соответствии маркировки и внешнего вида модулей измерительных эксплуатационной документации; в наличии сведений о предыдущей поверке (при периодической поверке).

Наличие внешних повреждений или отсутствие необходимых надписей препятствует дальнейшему проведению поверки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед началом поверки необходимо изучить инструкцию по эксплуатации поверяемого средства измерений, эталонов и других технических средств, используемых при поверке, настоящую методику поверки, правила техники безопасности и строго их соблюдать.

8.2 До начала поверки эталоны должны быть в работе в течение времени самопрогрева, указанного в руководствах по эксплуатации.

8.3 В ПО SLICEWare необходимо настроить конфигурацию каналов поверяемого модуля:

- для типа канала - **BRIDGE** (мостовой);
схема подключения - полумостовая;
напряжение возбуждения - 5 В;

коэф. преобразования - 1 мВ/инж. ед. (EU)
 EU - мВ;
 предполагаемый диапазон - 2000 мВ;
 пропорционально к напряжению возбуждения - нет;
 нелинейный канал - нет;
 контрольный сигнал - нет;
 постоянное смещение на выходе - измерять;
 постоянное смещение на выходе - не компенсировать;
 максимальный уровень - 5 В;
 минимальный уровень - 0 В;
 нулевой уровень - диагностический ноль;
 класс частотной характеристики (CFC) – нет
 Длительность выборки – 3 с.

Пример заголовка файла данных:

Test ID	Br 1	2	3	ch	Fr 10Hz	Br 1	2	3	ch	Fr 10Hz	Br 1	2	3	ch	Fr 10Hz
Test Description	100 mv			10Hz	100 mv	100 mv			10Hz	100 mv	100 mv			10Hz	
Sample Rate (Hz)	5000			5000	5000	5000			5000	5000	5000			5000	
Hardware AA Filter (-3dB)	1000			1000	1000	1000			1000	1000	1000			1000	
Data Channel Number	1			2	3	1			2	3	1			2	
Channel Description	Bridge 1/2 voltage input 1					Bridge 1/2 voltage input 2					Bridge 1/2 voltage input 3				

Bridge 1/2 voltage input 3

Channel Location	NONE	NONE	NONE
Sensor S/N	52464-1	52464-2	52464-3
Software Filter (SAE Class)	10	60	180
Software Filter (-3dB)	17	100	300
Engineering Unit	mV	mV	mV
User Comment			
Number of Pre-Zero Data Pts	0	0	0
Number of Post-Zero Data Pts	19114	19114	19114
Data Zero (CNTS)	32373	32530	32406
Scale Factor (EU/CNT)	0.075827867	0.07546296	0.075484425
Scale Factor (mV/CNT)	0.075827867	0.07546296	0.075484425
Data Starts Here			

Схема подключения средств поверки при проверке 3-х каналов типа BRIDGE одновременно приведена на рисунках 1-2:

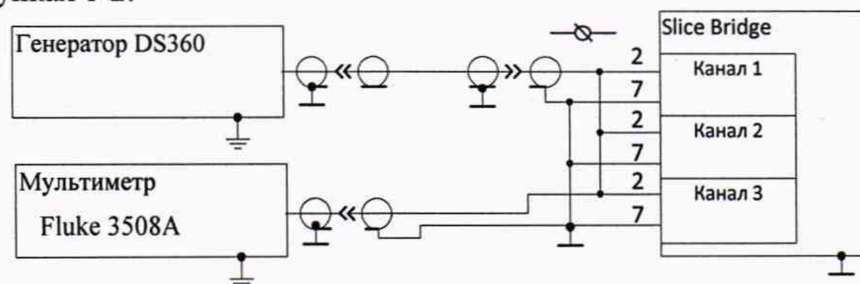


Рисунок 1 - Схема подключения средств поверки при проверке 3-х каналов типа BRIDGE на переменном токе одновременно

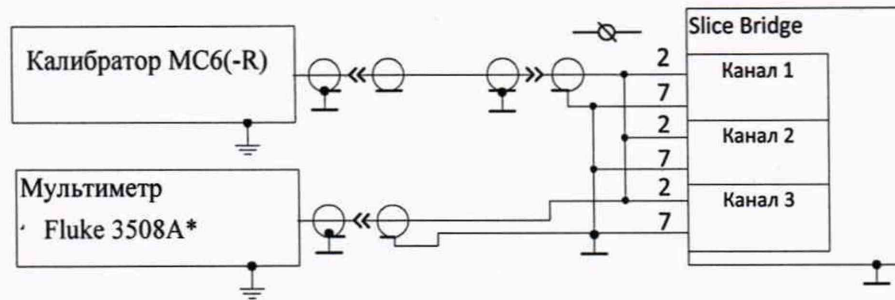


Рисунок 2 - Схема подключения средств поверки при проверке 3-х каналов типа BRIDGE на постоянном токе одновременно (* мультиметр можно не подключать)

Схема подключения средств поверки при проверке 3-х каналов типа IEPЕ одновременно приведена на рисунке 3:

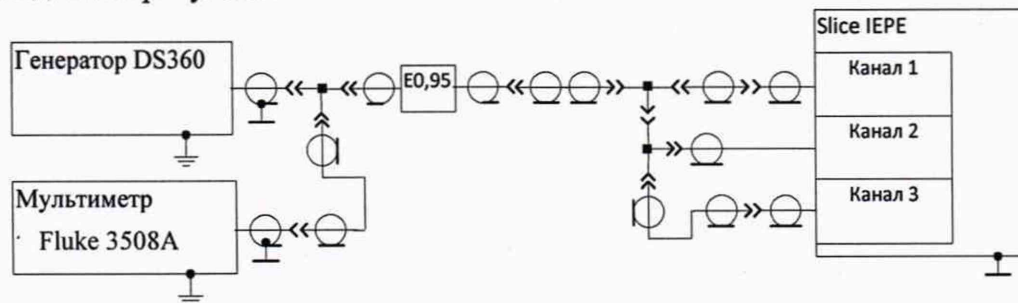


Рисунок 3 - Схема подключения средств поверки при проверке 3-х каналов типа IEPЕ одновременно

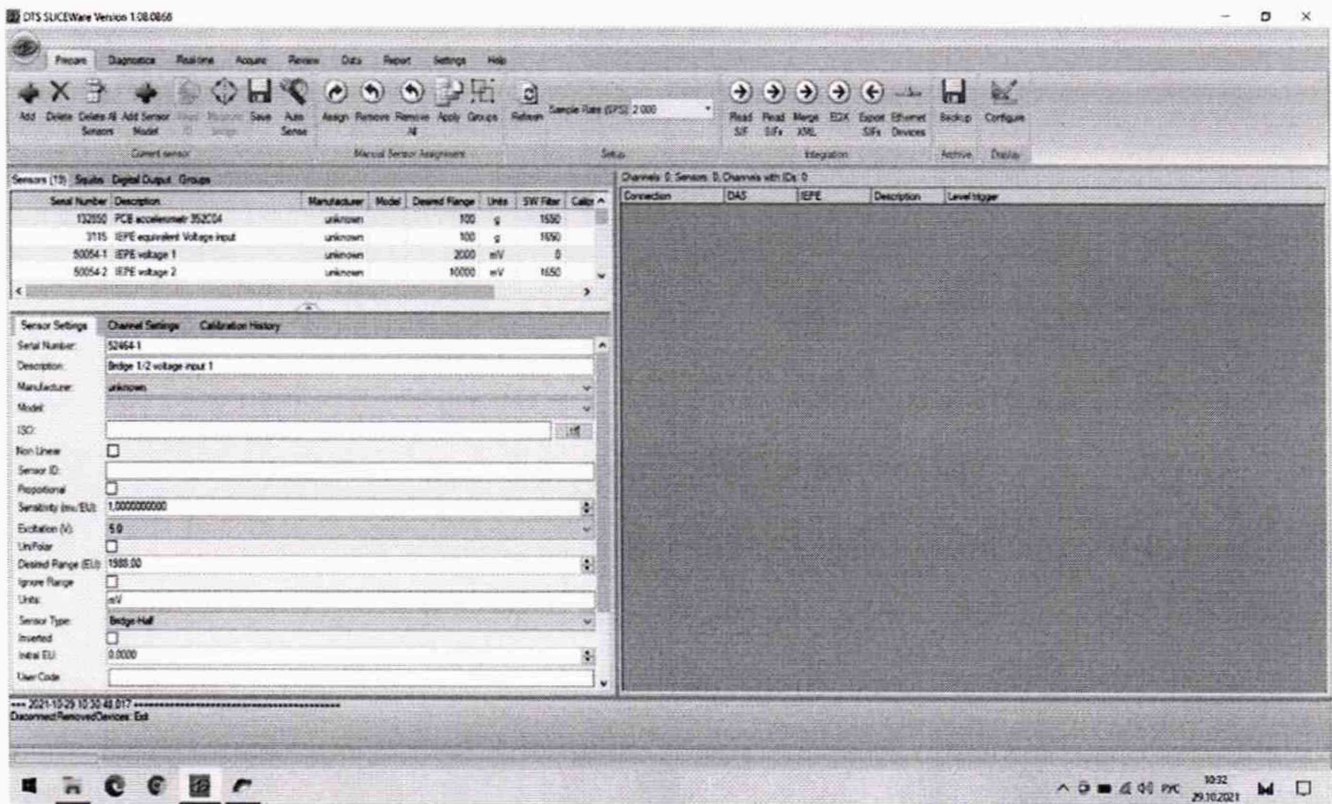
• для типа канала - IEPЕ

Пример заголовка файла данных:

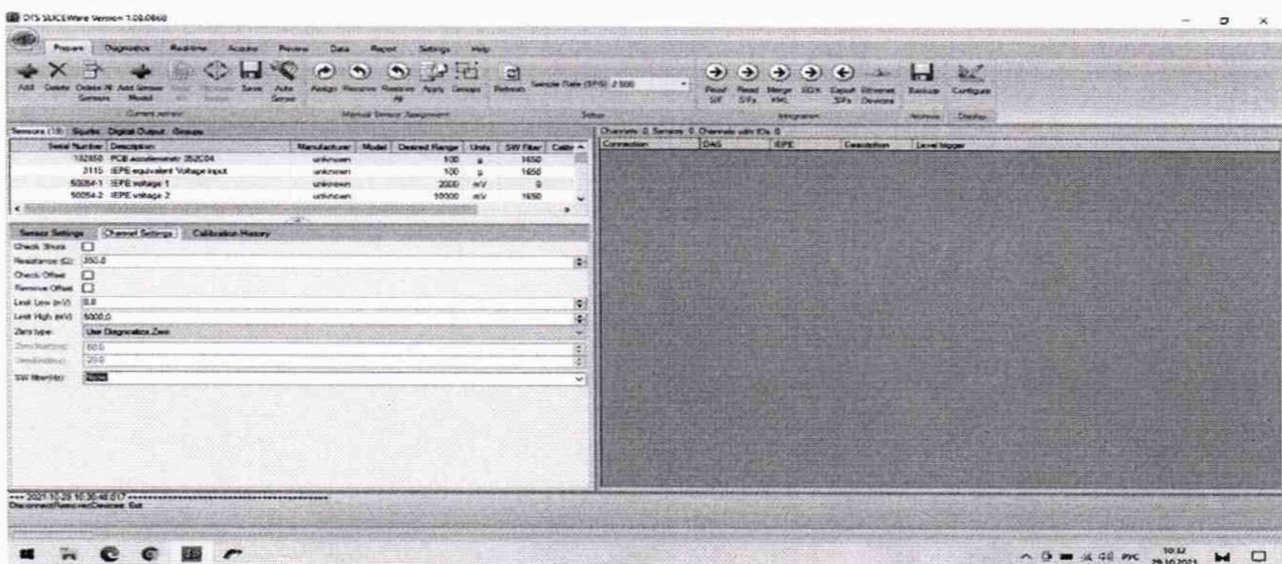
Test Date	
Test Time	
Test ID	IEPE 1ch 3500 mV
Test Description	3500 mv 80Hz
Sample Rate (Hz)	2000
Hardware AA Filter (-3dB)	400
Sensor S/N	50054-1
SoftWare Filter (SAE Class)	AdHoc(0)
SoftWare Filter (-3dB)	0
Engineer Unit	mV
Number of Pre-Zero Data Pts	0
Number of Post-Zero Data Pts	10922
Data Zero (CNTS)	202
Scale Factor (EU/CNT)	0.371350557
Scale Factor (mV/CNT)	0.371350557

8.4 Последовательность работы с ПО SLICEWare приведена ниже

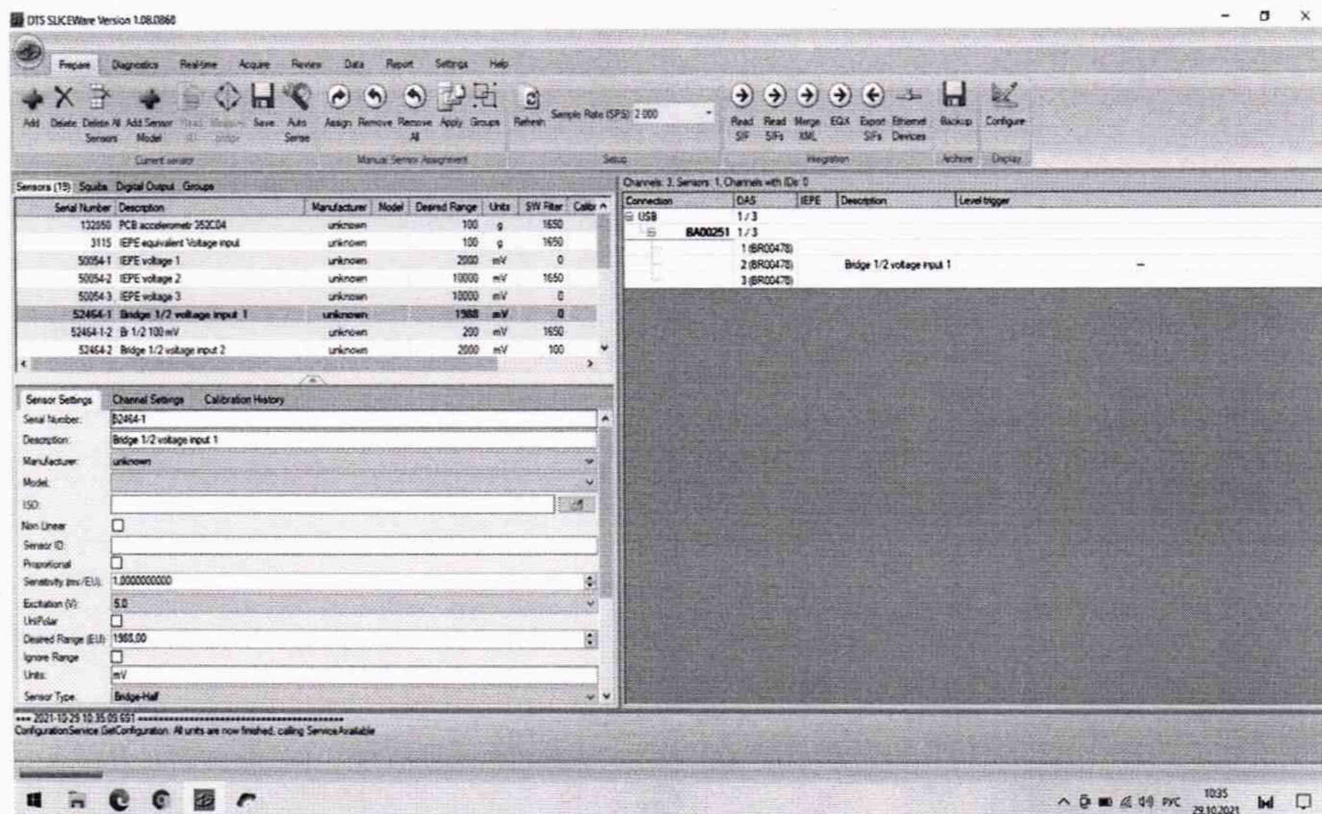
8.4.1 Интерфейс программы. Выбираем базовые настройки первичного преобразователя.



8.4.2 Настройка канала для мостового модуля



8.4.3 Выбор модуля. В окне Sensors выбираем данные для датчиков → Нажимаем кнопку Assign.



9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Метрологически значимое программное обеспечение (ПО) устанавливается в энергонезависимую память модулей измерительных ССД на заводе-изготовителе во время производственного цикла. Оно недоступно пользователю и не подлежит изменению на протяжении всего времени функционирования, соответствует уровню защиты «высокий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Проверка идентификационных данных внешнего прикладного программного обеспечения (ВППО) заключается в проверке цифрового идентификатора ПО - номера его версии.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	для установочного файла	для установленного ПО
Идентификационное наименование ПО	SLICEWare.msi	SLICEWare.exe
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	1.08 и выше	1.08 и выше

ССД признают годным по этому пункту методики поверки, если цифровой идентификатор версии ПО соответствует данным, приведённым в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение основной погрешности каналов измерения напряжения переменного тока на базовой частоте

10.1.1 Проверка основной погрешности по данному пункту выполняется для типов каналов BRIDGE и IEPЕ с использованием схем присоединения по рисункам 1 и 3 на базовой частоте 80 Гц, а также таблиц, составленных по форме таблицы 4.

Таблица 4

Диапазон измерений входного сигнала, В: $U_n = \underline{\quad}$, $U_v = \underline{\quad}$;
 Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %: $\delta_0 = \underline{\quad}$

Проверяемая точка		$U_{вхi}$, В	Y_i , В	Δ_{ai} , В	Заключение
i	% от диапазона входного сигнала				
1	0				
2	25				
3	50				
4	75				
5	100				

Примечание:

U_n , U_v - соответственно нижняя и верхняя границы диапазона измерений входного сигнала напряжения переменного тока;

$U_{вхi}$ - значение в В подаваемого входного сигнала от генератора, измеренное мультиметром;

Y_i - значение выходного сигнала ИК модуля.

10.1.2 Для каждой проверяемой точки $i = 1, \dots, 5$ выполняют следующие операции:

– устанавливают на входе проверяемого канала значение входного сигнала $U_{вхi}$ напряжения переменного тока от генератора (по показаниям мультиметра) и делают серию измерений мгновенных значений x_{ij} на выходе проверяемого ИК.

Сохранение и экспорт результатов каждого измерения производится из Вкладки "Data". Во вкладке "Data" выбираем наименование испытания в формате *****.xlsx**.

Далее для определения Y_i используем функцию СТАНДОТКЛОН в Microsoft Excel. Функция СТАНДОТКЛОН предполагает, что аргументы являются только выборкой из генеральной совокупности.

Размер генеральной совокупности должен быть таким, чтобы расчет производился не менее, чем по 5 полным периодам (учитывается значение S/s (выборки в секунду), и значение периода записанного сигнала).

- вычисляют функцию СТАНДОТКЛОН по следующей формуле:

$$Y_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{срi})^2}{(n-1)}}; \quad (1)$$

где n- размер выборки мгновенных значений в i-й проверяемой точке диапазона измерений ИК;

x_{ij} - мгновенные значения j измеряемого сигнала в i-й проверяемой точке диапазона измерений ИК;

$x_{срi}$ - среднее из выборочных значений в i-й проверяемой точке.

– за оценку абсолютной погрешности Δ_{ai} ИК в i-й проверяемой точке принимают значение,

вычисляемое по формуле:

$$\Delta_{ai} = \max \{ | Y_i - U_{вхi} | \}, \quad (2)$$

в формуле Y_i выражено в единицах подаваемого входного сигнала;

- повторяют предыдущие операции по п.10.1.2 для остальных проверяемых точек, результаты записывают в таблицу 4.

Если хотя бы в одной из проверяемых точек выполняется неравенство

$$| \Delta_{ai} | \geq | \Delta_a |,$$

проверяемый ИК бракуют, в противном случае признают годным.

10.2 Определение основной погрешности каналов измерения напряжения постоянного тока

10.2.1 Проверка основной погрешности для типов каналов BRIDGE по данному пункту выполняется с использованием схемы соединений по рисунку 2, а также таблиц, составленных по форме таблицы 4.

Далее выполняются операции по п. 10.1.2, при этом устанавливают на входе проверяемого канала значение входного сигнала $U_{вхi}$ напряжения постоянного тока от калибратора.

10.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительного канала в рабочем диапазоне частот

10.3.1 Проверка АЧХ по данному пункту выполняется с использованием соответствующих схем (рисунки 1 и 3) и рекомендаций руководств по эксплуатации, а также таблиц, составленных по форме таблицы 5.

Примечание - проверка неравномерности АЧХ проводится для ИК переменного тока в составе модулей измерительных ССД, предъявляемых на поверку.

10.3.2 Проверку АЧХ каналов выполняют в следующей последовательности.

- неравномерность АЧХ измерительного канала определяют не менее чем при десяти или более значениях частот, находящихся в пределах рабочего диапазона частот канала. При этом два значения частоты должны быть в начале диапазона и два - в конце диапазона, а также обязательно наличие нижнего и верхнего значений частот рабочего диапазона;

- устанавливают напряжение в верхней трети диапазона измерений $U_{вхi}$;

- для проверяемых точек частотного диапазона выполняют операции по п.10.1.2;

- вычисляют коэффициент передачи в дБ для каждой l-той установленной частоты по формуле:

$$K_{fl} = 20 \cdot \lg (U_{из} / U_{вхl}), \quad (\text{дБ}) \quad (3)$$

где Y_l - значение напряжения сигнала, измеренное ССД;

$U_{вхl}$ - значение напряжения сигнала, установленное на входе проверяемого канала.

Вычислить неравномерность частотной характеристики для всех частот ряда:

$$\delta_{kf} = \max \{ | K_{fl} - K_{80} | \} \quad (4)$$

где K_f - значение коэффициента передачи на частоте f_i ;

K_{80} - значение коэффициента передачи на частоте 80 Гц.

Значение неравномерности АЧХ ИК модуля в рабочем диапазоне частот не должно превышать -3 дБ.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МОДУЛЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ССД МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Если в процессе проведения поверки модулей измерительных ССД не выполняются неравенства п.10.1.2 для всех типов измерительных каналов, а также неравномерность АЧХ ИК на переменном токе не превышает -3 дБ, то результаты поверки считаются положительными, и оформляются в установленном порядке.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 При положительных результатах поверки модуль измерительный ССД признается годным к эксплуатации, оформляются результаты поверки согласно Приказу № 2510 от 31.07.2020 г. Минпромторга России, и наносится оттиск поверительного клейма в паспорт модуля измерительного ССД.

12.2 При отрицательных результатах поверки модуль признается непригодным к эксплуатации, оформляются результаты поверки согласно Приказу № 2510 от 31.07.2020 г. Минпромторга России.

12.3 В случае проведения поверки отдельных ИК из состава модуля в соответствии с заявлением владельца, в сведениях о поверке указывается информация об объеме проведенной поверки.

Разработали:

Начальник отд.201 ФГБУ «ВНИИМС»  И.М. Каширкина

Вед. инженер отд.201 ФГБУ «ВНИИМС»  И.Г. Средина