

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГУП «ВНИИМС»)**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по производственной
метрологии



Н.В. Иванникова

М.П. «15» 2020 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**ОСЦИЛЛОГРАФЫ МОДУЛЬНЫЕ
U2701A, U2702A**

Методика поверки

МП 206.1-042-2020

**г. Москва
2020**

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок осциллографов модульных U2701A, U2702A, изготавливаемых компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd», Малайзия.

Осциллографы модульные U2701A, U2702A (далее по тексту – осциллографы, приборы) предназначены для исследования формы и измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов.

Интервал между поверками (межповерочный интервал) – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1 При поверке выполняются операции, указанные в таблице 1.

1.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и прибор бракуется.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Проведение операции при | |
|--|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1. Внешний осмотр | 7.2 | Да | Да |
| 2. Опробование | 7.3 | Да | Да |
| 3. Определение ширины полосы пропускания | 7.4 | Да | Да |
| 4. Определение абсолютной погрешности коэффициента отклонения | 7.5 | Да | Да |
| 5. Определение относительной погрешности коэффициента развертки | 7.6 | Да | Да |
| 6. Определение минимального уровня входного сигнала внутренней и внешней синхронизации | 7.7 | Да | Да |

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства измерений, перечисленные в таблицах 2 и 3.

2.2 Допускается применять другие средства измерений, обеспечивающие измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью.

2.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

| Номер пункта методики поверки | Тип средства поверки |
|-------------------------------|---|
| 7.2 – 7.3 | Визуально |
| 7.4 – 7.7 | Калибратор осциллографов 9500В (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 30374-13). Стандарт частоты рубидиевый FS 725 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде № 31222-06) |

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

| Измеряемая величина | Диапазон измерений | Класс точности, погрешность | Тип средства поверки |
|---|--------------------|-----------------------------|---|
| Температура окружающего воздуха | от 0 до 55 °С | ±0,3 °С | Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 |
| Относительная влажность воздуха | от 10 до 100 % | ±(2–6) % | Психрометр аспирационный М-34-М |
| Атмосферное давление | от 80 до 106 кПа | ±0,2 кПа | Барометр-анероид метеорологический БАММ-1 |
| Напряжение питающей сети переменного тока | от 5 до 462 В | ±0,1 % | Измеритель электрических параметров качества, мощности и количества электрической энергии телеметрический LPW-305-1 |
| Частота питающей сети | от 42,5 до 57,5 Гц | ±0,01 Гц | |

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются поверители из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучившие настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на поверяемое средство измерений и имеющие стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации прибора и прошедшие проверку знаний правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок напряжением до 1 кВ.

5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +18 до +28 °С;
- относительная влажность от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа или от 630 до 795 мм рт. ст.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед поверкой должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

1. Проверены документы, подтверждающие электрическую безопасность.
2. Проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 12.2.007.3-75.
3. Средства измерения, используемые при поверке, поверены и подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Метрологические характеристики, подлежащие определению

Таблица 4 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики | Значение | |
|---|--|------------|
| | U2701A | U2702A |
| Канал вертикального отклонения | | |
| Число входных аналоговых каналов | 2 | |
| Полоса пропускания по уровню минус 3 дБ, МГц, не менее | 100 | 200 |
| Диапазон установки коэффициента отклонения (K_0), В/дел | от $2 \cdot 10^{-3}$ до 5 | |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности коэффициента отклонения, В | $\pm(0,04 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_0[\text{В/дел}])$ | |
| Канал горизонтального отклонения | | |
| Диапазон установки коэффициента развертки (K_P), с/дел | от $1 \cdot 10^{-9}$ до 50 | |
| Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента развертки, % | $\pm 0,002$ | |
| Синхронизация | | |
| Диапазон уровня входного сигнала внутренней синхронизации, делений | ± 4 | |
| Минимальный уровень входного сигнала внутренней синхронизации | 1 деление шкалы при K_0 от 2 мВ/дел до 5 мВ/дел, 0,6 деления шкалы при K_0 от 10 мВ/дел до 5 В/дел | |
| Диапазон уровня входного сигнала внешней синхронизации, В | $\pm 1,25$ или $\pm 2,5$ | |
| Минимальный уровень входного сигнала внешней синхронизации при частоте, мВ от 0 до 100 МГц св. 100 до 200 МГц | При уровне входного сигнала внешней синхронизации | |
| | $\pm 1,25$ | $\pm 1,25$ |
| | 100 200 | 100 200 |

7.2 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

1. Комплектность должна соответствовать руководству по эксплуатации.
2. Все органы управления и коммутации должны действовать плавно и обеспечивать надежность фиксации во всех позициях.
3. Не должно быть механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления. Незакрепленные или отсоединенные части прибора должны отсутствовать. Внутри корпуса не должно быть посторонних предметов. Все надписи на панелях должны быть четкими и ясными.
4. Все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и направляется в ремонт.

7.3 Опробование

При опробовании проверяется работоспособность осциллографа, диапазон перемещения линии развертки по вертикали, работа органов управления каналов вертикального и горизонтального отклонения, схемы синхронизации.

Опробование проводят по истечении времени самопрогрева.

Произвести установку органов управление в положение по умолчанию.

Проверка проводится путем подачи поочередно на каждый канал поверяемого осциллографа с калибратора Fluke 9500В симметричного меандра частотой 1 кГц и размахом 1 В. Коэффициент отклонения поверяемого осциллографа установить равным 200 мВ/дел, коэффициент развертки 1 мс/дел. При этом на экране осциллографа должен наблюдаться сигнал с размером изображения по вертикали равным пяти большим делениям шкалы и размером изображения по горизонтали в виде десяти периодов сигнала.

При изменении значения коэффициентов отклонения должно наблюдаться изменение высоты изображения импульсов. При изменении значения коэффициентов развертки должно наблюдаться изменение ширины изображения импульсов.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если все вышеперечисленные операции прошли успешно. Осциллографы не прошедшие опробование бракуют и направляют в ремонт.

Подтверждение соответствия программного обеспечения.

Подтверждение соответствия программного обеспечения проводить в следующем порядке:

1. В Главном меню программного обеспечения «BenchVue USB Modular Oscilloscope Control Pro» выбрать пункт «Options».
2. В открывшемся меню последовательно выбрать пункты Help -> About.
3. В открывшемся окне зафиксировать номер версии встроенного ПО. Он должен быть не ниже указанного в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификационные данные программного обеспечения

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|---|---|
| Идентификационное наименование ПО | BenchVue USB Modular Oscilloscope Control Pro |
| Номер версии (идентификационный номер ПО) | Не ниже 2019.1215 |
| Цифровой идентификатор ПО | – |

При невыполнении этих требований поверка прекращается и прибор бракуется.

7.4 Определение ширины полосы пропускания

Определение ширины полосы пропускания проводить методом прямых измерений поверяемым осциллографом частоты испытательного сигнала, воспроизводимого эталонной мерой – калибратором осциллографов Fluke 9500В.

Определение ширины полосы пропускания проводить в следующей последовательности:

1. Подключить выход калибратора к входу канала 1 осциллографа через проходную нагрузку 50 Ом.
2. Выполнить следующие установки осциллографа:
 - установить для канала 1 связь по постоянному току (DC). Остальные каналы – не активны;
 - выбрать усреднение «Normal»;
 - синхронизация: тип – фронт, режим – авто.
3. Установить коэффициент отклонения осциллографа 200 мВ/дел, коэффициент развертки 500 нс/дел.
4. Установить на выходе калибратора Fluke 9500В синусоидальный сигнал частотой 1 МГц и размахом 1,2 В, размах сигнала – 6 делений.
5. Подать сигнал с калибратора на вход канала 1 осциллографа. Измерить размах сигнала осциллографом.
6. Установить на выходе калибратора Fluke 9500В сигнал с частотой, соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа.
7. Установить на осциллографе величину коэффициента развертки:

- для модификации U2701A – 5 нс/дел;
 - для модификации U2702A – 2 нс/дел.
8. Измерить осциллографом размаха сигнала калибратора на указанной в п. 6 частоте.
 9. Провести измерения по п.п. 1 – 8 для остальных каналов осциллографа.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если размах сигнала на верхней граничной частоте полосы пропускания не менее 0,848 В.

При невыполнении этих требований, прибор бракуется и направляется в ремонт.

7.5 Определение абсолютной погрешности коэффициента отклонения

Определение абсолютной погрешности коэффициента отклонения проводить методом прямых измерений поверяемым прибором напряжения постоянного тока, воспроизводимого эталонной мерой – калибратором осциллографов Fluke 9500В.

Определение погрешности проводить в следующей последовательности:

1. Подключить выход калибратора к входу канала 1 осциллографа.
2. Выполнить следующие установки осциллографа:
 - установить для канала 1 связь по постоянному току (DC). Остальные каналы – не активны;
 - выбрать усреднение по 64 реализациям;
 - синхронизация: тип – фронт, режим – авто;
 - установить коэффициент развертки 200 мкс/дел;
 - установить коэффициент отклонения 5 В/дел;
 - установить положение линии развертки по вертикали на уровне 0,5 деления от нижней части экрана.
3. Перевести калибратор Fluke 9500В в режим воспроизведения напряжения постоянного тока положительной полярности.
4. Подавая напряжение с калибратора на вход канала 1 осциллографа и устанавливая соответствующие значения коэффициента отклонения осциллографа согласно таблицы 6 провести измерения.
5. Провести измерения по п.п. 1 – 4 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.
6. Провести измерения по п.п. 1 – 5 для напряжения постоянного тока отрицательной полярности.
7. Определить абсолютную погрешность коэффициента отклонения по формуле:

$$\Delta U = U_x - U_0; \quad (1)$$

где U_x – значение напряжения, измеренное поверяемым осциллографом, В;

U_0 – значение напряжения, установленное на калибраторе, В.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если во всех поверяемых точках погрешность измерений соответствует требованиям п. 7.1 настоящей Методики.

При невыполнении этих требований, прибор бракуется и направляется в ремонт.

Таблица 6

| Коэффициент отклонения | Выходное напряжение калибратора | Допуск | |
|------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | | Минимальное значение | Максимальное значение |
| 5 В/дел | 35 В | 33,4 В | 36,6 В |
| 2 В/дел | 14 В | 13,36 В | 14,64 В |
| 1 В/дел | 7 В | 6,68 В | 7,32 В |
| 500 мВ/дел | 3,5 В | 3,34 В | 3,66 В |
| 200 мВ/дел | 1,4 В | 1,336 В | 1,464 В |
| 100 мВ/дел | 700 мВ | 668 В | 732 мВ |
| 50 мВ/дел | 350 мВ | 334 В | 366 мВ |
| 20 мВ/дел | 140 мВ | 133,6 мВ | 146,4 мВ |

| Коэффициент отклонения | Выходное напряжение калибратора | Допуск | |
|------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| | | Минимальное значение | Максимальное значение |
| 10 мВ/дел | 70 мВ | 66,8 мВ | 73,2 мВ |
| 5 мВ/дел | 35 мВ | 33,4 мВ | 36,6 мВ |
| 2 мВ/дел | 14 мВ | 13,36 мВ | 14,64 мВ |

Примечание: при малых коэффициентах отклонения 2 мВ/дел – 5 мВ/дел на результат измерений может оказывать большое влияние шум. В этом случае необходимо использовать блокирующий конденсатор, который шунтирует шум. Например, типа Keysight 11742А. Схема подключения конденсатора приведена на рисунке 1.



Рисунок 1

7.6 Определение относительной погрешности коэффициента развертки

Определение относительной погрешности коэффициента развертки проводить методом стробоскопического преобразования частоты с помощью калибратора осциллографов Fluke 9500В в следующей последовательности:

Определение погрешности проводить в следующей последовательности:

1. Подключить выход калибратора к входу канала 1 осциллографа.
2. Выполнить следующие установки осциллографа:
 - установить для канала 1 связь по постоянному току (DC). Остальные каналы – не активны;
 - установить минимальную длину памяти («сузить» память);
 - синхронизация: тип – фронт, режим – авто;
 - коэффициент отклонения 20 мВ/дел;
 - коэффициент развертки 200 нс/дел.
3. Подключить ко входу внешней опорной частоты калибратора Fluke 9500В стандарт частоты рубидиевый FS 725. Выполнить синхронизацию калибратора с внешним стандартом частоты.
4. Подать на вход осциллографа синусоидальный сигнал с калибратора частотой $f_{\text{тест}}=10$ МГц и размахом 1 В.
5. Перевести проверяемый осциллограф в режим измерений и наблюдать в строке «Частота» окна параметров измерений измеренное значение частоты входного сигнала.
6. Установить на осциллографе коэффициент развертки в пределах (1-20) мс/дел, в зависимости от удобства наблюдения стробоскопического эффекта и наблюдать в строке «Частота» окна параметров измерений измеренное значение частоты биений $f_{\text{строб}}$, которое равно модулю разности частот двух сигналов – внутреннего опорного генератора осциллографа и входного сигнала. Если стробоскопического эффекта не происходит, плавно подстроить частоту с выхода калибратора до появления низкочастотного сигнала биений.
7. Определить относительную погрешность коэффициента развертки по формуле:

$$\delta = \frac{F_{\text{строб}}}{f_{\text{тест}}} * 100\% \quad (2)$$

где $F_{\text{строб}}$ – частота биений в стробоскопическом эффекте, Гц;

$f_{\text{тест}}$ – частота с выхода калибратора Fluke 9500В, Гц.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если относительная погрешность коэффициента развертки не превышает $\pm 0,002\%$.

При невыполнении этих требований, прибор бракуется и направляется в ремонт.

7.7 Определение минимального уровня входного сигнала внутренней и внешней синхронизации

Определение минимального уровня входного сигнала внутренней и внешней синхронизации (чувствительности схемы синхронизации) проводить методом прямых измерений амплитуды сигнала, подаваемого на вход (вход для внешней синхронизации) осциллографа от эталонной меры – калибратора осциллографов Fluke 9500В.

Определение минимального уровня входного сигнала внутренней синхронизации проводить в следующей последовательности:

1. Подключить выход калибратора к входу канала 1 осциллографа.
2. Выполнить установки осциллографа по умолчанию.

Для коэффициента отклонения 5 мВ/дел:

1. Выбрать следующие пункты меню осциллографа: Main Menu>Autoscale.
2. Установить коэффициент отклонения осциллографа 5 мВ/дел, коэффициент развертки 10 нс/дел.
3. Установить на выходе калибратора Fluke 9500В сигнал с частотой, соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа и размахом 10 мВ.
4. Подать сигнал с выхода калибратора на вход канала 1 осциллографа.
5. Уменьшить выходной сигнал калибратора до уровня 1 деления по вертикали (5 мВ). Сигнал должен наблюдаться стабильно и четко.
6. Провести измерения по п.п. 3 – 7 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

Для коэффициента отклонения 10 мВ/дел:

1. Выбрать следующие пункты меню: Main Menu>Autoscale.
2. Установить коэффициент отклонения осциллографа 10 мВ/дел, коэффициент развертки 10 нс/дел.
3. Установить на выходе калибратора Fluke 9500В сигнал с частотой, соответствующей верхней граничной частоте полосы пропускания поверяемого осциллографа и размахом 20 мВ.
4. Подать сигнал с выхода калибратора на вход канала 1 осциллографа.
5. Уменьшить выходной сигнал калибратора до уровня 0,6 деления по вертикали (6 мВ). Сигнал должен наблюдаться стабильно и четко.
6. Провести измерения по п.п. 9 – 13 для остальных каналов осциллографа. При этом неиспользуемые каналы должны быть отключены.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если значения минимального уровня сигнала внутренней синхронизации соответствуют требованиям п. 7.1 настоящей Методики.

При невыполнении этих требований, прибор бракуется и направляется в ремонт.

Определение минимального уровня входного сигнала внешней синхронизации проводить с помощью калибратора Fluke 9500В в следующей последовательности:

1. Выполнить установки осциллографа по умолчанию.

В диапазоне частот от 0 до 100 МГц:

1. Соединить выход калибратора с входом внешней синхронизации осциллографа «EXT TRIG IN».
2. Выбрать следующие пункты меню панели управления осциллографом: Main Menu>Trigger>Trigger Menu.
3. В пункте Trigger Menu выбрать Source и далее выбрать External.
4. Установить на выходе калибратора Fluke 9500B сигнал с частотой 100 МГц и размахом 100 мВ.
5. Подать сигнал с выхода калибратора на вход внешней синхронизации «EXT TRIG IN» поверяемого осциллографа.
6. Наблюдать на экране осциллографа отсутствие свечения индикатора синхронизации (Trig'd indicator). Если индикатор светится – синхронизация отсутствует.

В диапазоне частот от 100 до 200 МГц:

1. Соединить выход калибратора с входом внешней синхронизации осциллографа «EXT TRIG IN».
2. Выбрать следующие пункты меню панели управления осциллографом: Main Menu>Trigger>Trigger Menu.
3. В пункте Trigger Menu выбрать Source и далее выбрать External.
4. Установить на выходе калибратора Fluke 9500B сигнал с частотой 200 МГц и размахом 200 мВ.
5. Подать сигнал с выхода калибратора на вход внешней синхронизации «EXT TRIG IN» поверяемого осциллографа.
6. Наблюдать на экране осциллографа отсутствие свечения индикатора синхронизации (Trig'd indicator). Если индикатор светится – синхронизация отсутствует.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если значения минимального уровня сигнала внешней синхронизации соответствуют требованиям п. 7.1 настоящей Методики.

При невыполнении этих требований, прибор бракуется и направляется в ремонт.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Оформление результатов поверки производится в соответствии с требованиями Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815.

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

При отрицательных результатах поверки прибор не допускается к дальнейшему применению, знак предыдущей поверки гасится, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности.

Начальник отдела 206.1
ФГУП «ВНИИМС»

Начальник сектора отдела 206.1
ФГУП «ВНИИМС»



С.Ю. Рогожин

А.Ю. Терещенко