

Федеральное государственное унитарное предприятие

"Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы"

119361, Москва, ул. Озерная, 46

Ten.: (095) 437 5577 E-mail: Office@.vniims.ru

Факс:(095) 437 5666 Office.vniims@g23.relcom.ru http:\www.vniims.ru

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ФГУП «ВНИИМС»

по производственной метрологии Н.В. Иванникова 2016 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки для измерения импульсных вольт-амперных характеристик AmCAD BILT

> МЕТОДИКА ПОВЕРКИ МП AmCAD-2016

N.p.64744-16

г. Москва 2016 Настоящая методика поверки распространяется на установки для измерения импульсных вольт-амперных характеристик AmCAD BILT (далее – установки) компании "Amcad Engineering", Франция, и устанавливает методы и средства их поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

| | Таблица 1 – Операции поверки | | | | | | | |
|---|--|-----------------|------------------------------------|---------------|--|--|--|--|
| № | Наименование операции | Номер пункта | Проведение операции при поверке | | | | | |
| | | методики | первичной | периодической | | | | |
| 1 | Внешний осмотр | 6.1 | да | да | | | | |
| 2 | Подготовка к поверке | 6.2 | да | да | | | | |
| 3 | Опробование, идентификация и конфигурация | 7.2 | да | да | | | | |
| 4 | Определение погрешности измерения напряжения зондами затвора | 7.3 | да | да | | | | |
| 5 | Определение погрешности измерения силы тока зондами затвора | 7.4 | да | да | | | | |
| 6 | Определение погрешности измерения напряжения зондами стока | 7.5 | да | да | | | | |
| 7 | Определение погрешности измерения силы тока зондами стока | 7.6 | да | да | | | | |

ПРИМЕЧАНИЕ: указанные в таблице 1 операции выполняются для зондов, входящих по заказу в комплект поставки установки, по заявке пользователя установки.

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 Для поверки следует применять средства поверки, указанные в таблице 2.

| № | Наименование средства поверки | Номер пункта | Требуемые технические характеристики | Рекомендуемый тип средства поверки, примечания |
|---|--|--------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | Эталонные средства измерен | ий |
| 1 | Измеритель постоянного напряжения и силы постоянного тока | 7.3 7.4 7.5 7.6 | Относительная погрешность измерения напряжения в диапазоне от 0.1 до 1000 V не более $1 \cdot 10^{-4}$, относительная погрешность измерения силы тока в диапазонах от 1 до 100 mA не более $6 \cdot 10^{-4}$, в диапазоне 1 A не более $1.2 \cdot 10^{-3}$, в диапазоне 3 A не более $1.7 \cdot 10^{-3}$ | Мультиметр цифровой Keysight 34410A; Госреестр № 33921-07 |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
|---|---|----------|-------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| | Вспомогательные средства поверки и аксессуары | | | | | | | |
| 1 | Набор резисторов | 7.4, 7.6 | 0.3 Ω / 4 W | В зависимости от | | | | |
| | нагрузки | | 6Ω/4W | комплектации измерительными | | | | |
| | | | 24 Ω / 1 W | зондами по операциям 7.4, 7.6. | | | | |
| | | | 100 Ω / 1 W | Указания по выводным | | | | |
| | | | 1 kΩ / 0.25 W | клеммам даны в пункте 2.4 | | | | |
| 2 | Компьютер с | все | Интерфейс USB, | | | | | |
| | клавиатурой и | | операционная система | - | | | | |
| | мышью | | не ниже Windows XP | | | | | |
| 3 | Конвертер | все | USB-GPIB с кабелем USB | National Instruments | | | | |
| | интерфейсный | | длиной 1 – 2.5 m | GPIB-USB-HS p/n 778927-01 | | | | |
| 5 | Кабель ВЧ | 7.3,7.5 | BNC(m)-BNC(m) | | | | | |
| 6 | Адаптер | 7.3-7.6 | BNC(f)-banana(m-m) | - | | | | |
| 7 | Адаптер | 7.4-7.6 | BNC(m)-banana(m-m) | - | | | | |
| 8 | Кабель | 7.4-7.6 | banana(m-m), 3 шт. | : | | | | |
| | соединительный | | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | | | |
| 9 | Блок коммутации | 7.5, 7.6 | для зонда АМ241 | AM249-1 либо AM249-2 c | | | | |
| | - | | | кабелем SHV- banana(m,m) | | | | |
| | A | | Программное обеспечение | | | | | |
| 1 | Программа | 6.2 | Передача команд по | National Instruments NI-MAX | | | | |
| | управления | 7.2-7.6 | интерфейсу GPIB | NI-488.2, версия 14.0 и выше | | | | |

2.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки разрешается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие требуемые технические характеристики.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для выполнения операций 7.3 – 7.6 могут быть использованы также другие приборы, поддерживаемые программным обеспечением установки AmCAD BILT:

- Agilent/Keysight 34401A, 34411A, L4411A;

- Tektronix DMM4040, DMM4050.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь документы о поверке.

2.4 Резисторы нагрузки 24 Ω , 100 Ω и 1 k Ω должны с обеих сторон иметь соединители banana(m).

Резисторы нагрузки 6 Ω и 0.3 Ω должны иметь с одной стороны соединитель типа banana(m), а с другой стороны клеммный соединитель тип "U" 6,4 мм.

З ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К проведению поверки допускаются лица с высшим или среднетехническим образованием, и имеющие практический опыт в области электрических измерений.

4 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия окружающей среды:

- температура воздуха (23 ± 5) °C;

- относительная влажность воздуха от 30 до 70 %;

- атмосферное давление от 84 до 106.7 kPa.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5.2 Во избежание несчастного случая и для предупреждения повреждения установки и поверочного оборудования необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- подсоединение оборудования к сети должно производиться с помощью сетевых кабелей, предназначенных для данного оборудования;

- заземление оборудования должно производиться посредством заземляющего контакта сетевого кабеля;

- запрещается производить подсоединение кабелей к контактам оборудования или отсоединение от них, когда на входах и выходах оборудования имеется напряжение;

- запрещается работать с установкой при обнаружении ее повреждения.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР И ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При проведении внешнего осмотра проверяются:

- чистота и исправность разъемов блока управления и измерительных зондов;

- отсутствие механических повреждений корпуса установки;
- комплектность установки согласно эксплуатационной документации.

6.1.2 При наличии дефектов или повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации установки, ее следует направить в сервисный центр или к официальному поставщику для выполнения ремонта.

6.2 Подготовка к поверке

6.2.1 Перед началом выполнения операций необходимо изучить руководство по эксплуатации установки, а также руководства по эксплуатации применяемых средств поверки.

6.2.2 До начала операций поверки выдержать установку и эталонный мультиметр во включенном состоянии в соответствии с указаниями руководств по эксплуатации.

Минимальное время прогрева установки 30 min.

6.2.3 Если на компьютер не были установлены программы МТ930 IVCAD (входит в комплект поставки установки) и NI-MAX NI-488.2 (доступна на сайте http://www.ni.com), выполнить их установку, следуя указаниям установщика программ.

6.2.4 Выполнить соединение интерфейсных разъемов GPIB установки и мультиметра с интерфейсным разъемом USB компьютера, используя кабель GPIB и конвертер USB-GPIB с кабелем USB.

6.2.5 Используя адаптер SMB-BNC из комплекта установки, соединить кабелем BNC(m)-BNC(m) разъем "Pulse Trig Out" ("Trig 1 Out") на передней панели установки с разъемом "Ext Trig" на задней панели мультиметра.

7.1 Общие указания по проведению поверки

7.1.1 Операции поверки выполняются в импульсном режиме, при этом мультиметр запускается передним положительным фронтом импульсов от внутреннего триггера установки.

Для того, чтобы обеспечить измерение нормированных метрологических характеристик измерительных зондов установки, ширина импульса выбирается равной 600 µs, а скорость отсчетов мультиметра – 10000/s. Отсчеты мультиметра и установки производятся внутри импульса выходного напряжения, формируемого измерительным зондом.

Временная диаграмма измерений представлена на рисунке 7.1.

На рисунке показано, что задержка импульса выходного напряжения относительно переднего фронта внутреннего триггера установки равна 300 µs, а длительность импульса составляет 600 µs. При этом значения задержки триггера и продолжительности временного строба для измерений выбраны равными 400 µs для того, чтобы измерительные отсчеты мультиметра и установки находились внутри импульса с запасом 100 µs относительно переднего и заднего фронтов импульса (во избежание влияния выбросов на начале вершины).



Рисунок 7.1 – Временная диаграмма измерений

7.1.2 Для проведения поверки необходимо иметь как минимум один зонд затвора и один зонд стока, которые должны быть подключены к блоку управления.

Программа сделана таким образом, что необходимо производить конфигурацию параметров на обоих зондах, несмотря на то, что измерения по настоящей методике проводятся только на одном из них. Например, в операции 7.4 сила тока на выходе зонда затвора задается путем подачи сформированного на зонде затвора напряжения на резистор нагрузки, измеряется внутренним измерителем силы тока установки, и сравнивается со значением силы тока, измеренным мультиметром. При этом для правильной работы программы необходимо произвести также конфигурацию на зонде стока (формирователя напряжения и виртуального измерителя напряжения).

7.1.3 В процессе выполнения операций результаты измерений заносятся в протокол поверки. Полученные результаты должны укладываться в пределы допускаемых значений, которые указаны в таблицах настоящего раздела документа. При получении отрицательных результатов по какой-либо операции необходимо повторить операцию. При повторном отрицательном результате установку следует направить в сервисный центр или поставщику для проведения регулировки и/или ремонта.

7.2 Опробование, идентификация и конфигурация

7.2.1 Запустить программу IVCAD на компьютере.

В процессе загрузки будет индицироваться ярлык программы, и после загрузки появится главное окно программы IVCAD.

Открыть окно Help, About.

Записать индицируемые идентификационное наименование и номер версии в таблицу 7.2. Вернуться главное окно программы IVCAD.

7.2.2 Выполнить определение подключенного оборудования, для чего:

- открыть вкладку Measurement system-Tools, выбрать Instrument Scanner (рисунок 7.2.1);

- кликнуть на Instrument Scanner.



Рисунок 7.2.1 – Окно Instrument Scanner

В результате поиска должен отобразиться список в правом окне:

- мультиметр с указанием типа и адреса GPIB

- установка AmCAD BILT с указанием типа и адреса GPIB.

Записать результат определения подключенного оборудования в таблицу 7.2.

7.2.3 Открыть в главном окне программы IVCAD вкладку Measurement system – Measurement – Setup & measurement, в появившемся окне Setup & measurement нажать клавишу New (рисунок 7.2.2), появится окно New setup (рисунок 7.2.3), в котором нужно выбрать I-V Measurement, в результате чего окно конфигурации примет вид блок-схемы измерений, показанный на рисунке 7.2.4.

Параметры конфигурации, используемые при выполнении операций поверки, задаются в окне блок-схемы I-V Power supplies.

7.2.4 В окне блок-схемы измерений (рисунок 7.2.4) выбрать IV Power Supplies.

Далее в окне Setup> IV power supplies (рис. 7.2.5) будет производиться конфигурация приборов, участвующих в измерениях.

В окне конфигурации измерений Setup > IV power supplies (рисунок 7.2.5) снять метку Same input and output measurement instrument для того, чтобы было возможно использовать разные приборы для измерения напряжения и силы тока на входе и выходе.

При этом окно Setup & measurement, Setup > IV power supplies примет вид, показанный на рисунке 7.2.6.

| File Tools Views Help | |
|---|---|
| Plug-ins Plug-ins Measurement system Measurement Setup & measurement Sweep plan (multi-setup) Hardware control Tools Visualization Toolbox Modeling Scripting Other | 1 X Setup & measurement I New Open & Close I Sake I Sake Astronomy Shutdown bench I New Open & Close I Sake |
| E Data courres | |
| | |

Рисунок 7.2.2 – Главное окно IVCAD, вкладка Setup & measurement



Рисунок 7.2.3 – Главное окно IVCAD, вкладка Setup & measurement, New setup



Рисунок 7.2.4 – Окно блок-схемы измерений (IVCAD, Setup & Measurement)



Рисунок 7.2.5 – Окно Setup & measurement, Setup > IV power supplies

| Setup > IV po | wer supplies | a a sector de la companya de la comp Sector de la companya de la companya Sector de la companya | | | in Colomana References | X |
|----------------|---|---|--|---|----------------------------|--------------|
| I Enabled | 1 | | | | | r. |
| | IV power supply | Resistive network | Measu | urement | | f o |
| 🛛 Input: | <undefined></undefined> | Edit | <und< th=""><th>efined></th><th>Link I-V</th><th></th></und<> | efined> | Link I-V | |
| Output: | <undefined></undefined> | Edit | <und< th=""><th>efined></th><th>🛛 🔽 Link I-V</th><th></th></und<> | efined> | 🛛 🔽 Link I-V | |
| Aux 1: | <undefined></undefined> | Edit | | efined > | Link I-V | |
| Aux 2: | aundefined> | Edit | kund | efined> | Link I-V | |
| Aux 3: | <undefined></undefined> | Edt | ്യനർ | efined > | Eink I-V | |
| 🗍 Aux 4: | <undefined></undefined> | Edit | kund | efined> | Link I-V | |
| Same inpu | t and output measureme | nt instrument | | Power ON: | sequence (power OFF is the | e opposite): |
| Power off | after measurement een IV power supplies sv | vitch, wait time: 100. | 0 ms | Input Output Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4 | | |
| | | | | | | Close » |

Рисунок 7.2.6 – Окно Setup & measurement, Setup > IV power supplies, метка Same input and output instruments снята

В процессе конфигурации не должно появиться сообщений об ошибках. Записать результат конфигурации измерительной схемы в таблицу 7.2.

| Таблица | 7.2 0 | пробование и | и илентификация |
|---|---------|--------------|-----------------|
| 1 4000000000000000000000000000000000000 | · · = ~ | mpoor anni a | |

| Операция | Результат проверки | Критерий проверки | | |
|---------------------------|--------------------|--|--|--|
| Идентификация ПО | | MT930 IVCAD | | |
| Проверка номера версии ПО | | Номер версии 3.5 и выше | | |
| Определение оборудования | | Мультиметр с адресом GPIB AmCAD BILT с адресом GPIB | | |
| Конфигурация | | Нет сообщений об ошибках | | |

7.3 Определение погрешности измерения напряжения зондами затвора

Общие указания по выполнению операции:

Сформированное на выходе зонда затвора напряжение измеряется внутренним измерителем напряжения затвора установки и сравнивается со значением напряжения, измеренным мультиметром.

7.3.1 Выполнить соединения для измерения напряжения зондом затвора по схеме, показанной на рисунке 7.3.1:

- присоединить зонды затвора (Gate Probe) и стока (Drain Probe) к соответствующим разъемам установки;

- используя кабели и адаптеры (таблица 2), соединить выходной разъем BNC зонда затвора с гнездами "Input HI", "Input LO" на передней панели мультиметра, соблюдая полярность (центральный провод BNC нужно соединить с гнездом "Input HI" мультиметра).



Рисунок 7.3.1 – Схема соединений для измерения напряжения зондом затвора

7.3.2 В окне Setup, Power supplies (рисунок 7.2.6), снять метку Link I-V справа в строке Output, при этом окно приобретет вид, показанный на рисунке 7.3.2.

В данном окне будет выполняться конфигурация параметров для измерения напряжения и силы тока зондом затвора.

7.3.3 Задать параметры формирования и измерения напряжения.

7.3.3.1 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Input (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Input generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда затвора, как указано в пункте П1 Приложения.

7.3.3.2 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Output (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Output generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда стока, как указано в пункте П2 Приложения.

| J Enabled | | | | | |
|--------------|---|------------------------|--|--------------------------|--------------|
| | IV power supply | Resistive network | Voltage measurement | Current measurement | |
| 🔽 Input: 🛛 🤇 | <undefined></undefined> | Edit | <undet< th=""><th>ined></th><th>🚺 Link I-V</th></undet<> | ined> | 🚺 Link I-V |
| 🔽 Output: (| <undefined></undefined> | Edit | <undefined></undefined> | <undefined></undefined> |] 🗌 Link I-V |
| Aux 1: | | | cuaste! | med> | Link I-V |
| Aux 2: | undefinec.» | Eát | funce: | ñred > | Link I-V |
| Aux 3: | aundefinedo | Ecit | / .,.a% ;;;;; ; | hed b | Link I-V |
| Aux 4: | <undefined></undefined> | Edit | rundel | feed.> | Link I-V |
| Same input | t and output measureme after measurement | ent instrument | Power ON sec Input Output | quence (power OFF is the | : opposite): |
| 🖌 Wait betwe | een IV power supplies s | witch, wait time: 100. | 0 ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4 | | |
| | | | L | | •• |
| | | | | | |

Рисунок 7.3.2 – Окно Setup > IV power supplies,

конфигурация для измерения напряжения и силы тока зондом затвора

7.3.3.3 Нажать клавишу Undefined на пересечении Input /Voltage measurement/Current measurement (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения и силы тока на зонде затвора, как указано в пункте ПЗ Приложения.

7.3.3.4 Нажать клавишу Undefined на пересечении Output / Voltage measurement (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output voltage measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения на зонде стока как указано в пункте П4 Приложения.

7.3.3.5 Нажать клавишу Undefined на пересечении Output / Current measurement (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output current measurement.

Сконфигурировать измеритель силы тока на зонде стока как указано в пункте П5 Приложения.

После конфигурации окно Setup > IV power supplies примет вид, показанный на рисунке 7.3.3.

| Enabled | | | | | |
|-----------|---------------------------|-------------------------|--|---------------------------|---------------|
| | IV power supply | Resistive network | Voltage measurement | Current measuremen | rt |
| Input: | AMCAD PIV System |] Edit | AMCAD | PIV System | 🔽 Link I-V |
| Output: | AMCAD PIV System | Edit | Generic Multimeter | Virtual IV measur | Link I-V |
| Aux 1: | <undefined></undefined> | : Est | 4 <u>1</u> 8 14 | iefined > | Lirik I-V |
| Aux 2: | <undefined.></undefined.> | Eat | in in in in in its state in its | iefnad > | Link I -V |
| Aux 3: | cundefined> | Edit | < Lunc | lefined > | Link I-V |
| Aux 4: | <undefined></undefined> | Edit | STER. | defined > | Link I-V |
| Same inpu | it and output measurement | nt instrument | Power ON s | sequence (power OFF is th | ne opposite): |
| Wait betw | een IV power supplies sw | vitch, wait time: 100.0 |) ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4 | | |
| | | | | | A |
| | | | | | |

Рисунок 7.3.3 - Окно Setup > IV power supplies после конфигурации

7.3.4 Выполнить измерения.

Вернуться в главное окно IVCAD, Setup&measurement (рисунок 7.2.2). Выполнить действия, указанные в пункте П6 Приложения. Диапазоны и шаги напряжения на затворе указаны в таблице 7.3а.

Таблица 7.3а – Диапазоны и шаги напряжения на затворе

| Тип зонда | Диапазон напряжения | Шаг напряжения |
|----------------|---------------------|----------------|
| | от + 2 до + 2 V | 0.5 V |
| AWI212, AWI213 | от + 20 до + 20 V | 5.0 V |

7.3.5 Записать отсчеты напряжения установкой (Vin) и мультиметром (Vout) в столбцы 2 и 3 таблицы 7.3, рассчитать значения погрешности и записать их в столбец 4 таблицы 7.3.

7.3.6 Выполнить действия по пунктам 7.3.4 – 7.3.5 для второго диапазона напряжения.

7.3.7 Деактивировать выход установки, для чего в главном окне IVCAD нажать на клавишу Shutdown bench.

| Таблица 7.3. | 1 – Погрешность из | мерения напряжени | ия зондом затвора <i>Р</i> | MIZIZ |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|---------------|
| VOTOTOD TOTAL | Измеренное | Измеренное | Абсолютная | Пределы |
| установленное | установкой | мультиметром | погрешность | допускаемых |
| значение, v | значение (Vin) | значение (Vout) | (Vout – Vin) | значений, V |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Диапазон $\pm 2 V$ | | | | |
| - 2 | | | | ± 0.00160 |
| -1.5 | | | | ± 0.00135 |
| - 1.0 | | | | ± 0.00110 |
| - 0.5 | | | | ± 0.00085 |
| 0.0 | | | | ± 0.00060 |
| 0.5 | | | | ± 0.00085 |
| 1.0 | | | | ± 0.00110 |
| 1.5 | | | | ± 0.00135 |
| 2.0 | | | | ± 0.00160 |
| Диапазон ± 20 V | | | | , |
| - 20 | | | | ± 0.0143 |
| -15 | | | | ± 0.0118 |
| - 10 | | | | ± 0.0093 |
| - 5 | | | · · | ± 0.0068 |
| 0 | | | | ± 0.0043 |
| 5 | | | | ± 0.0068 |
| 10 | | | | ± 0.0093 |
| 15 | | | | ± 0.0118 |
| 20 | | | | ± 0.0143 |

7 2 1 A X 4010

Таблица 7.3.2 – Погрешность измерения напряжения зондом затвора АМ213

| Установленное | Измеренное | Измеренное | Абсолютная | Пределы |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| значение, V | значение Vin | значение Vout | (Vout – Vin) | значений, V |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Диапазон = 2 V | | | | |
| 2 | | | | ± 0.00190 |
| - 1.5 | | | | ± 0.00165 |
| - 1.0 | | | | ± 0.00140 |
| - 0.5 | | | | ± 0.00115 |
| 0.0 | | | | ± 0.00090 |
| 0.5 | | | | ± 0.00115 |
| 1.0 | | | | = 0.00140 |
| 1.5 | | | | ± 0.00165 |
| 2.0 | | | | ± 0.00190 |
| Диапазон = 20 V | | | | |
| -20 | | | | ± 0.0143 |
| - 15 | | | | ± 0.0118 |
| - 10 | | | | ± 0.0093 |
| - 5 | | | | ± 0.0068 |
| 0 | | | | ± 0.0043 |
| 5 | | | - | ± 0.0068 |
| 10 | | | | ± 0.0093 |
| 15 | | | - - | ± 0.0118 |
| 20 | | | · | ± 0.0143 |

î

:

7.4 Определение погрешности измерения силы тока зондами затвора

Общие указания по выполнению операции:

Сила тока на выходе зонда затвора задается путем подачи сформированного на зонде затвора напряжения на резистор нагрузки. Значение силы тока, протекающего в цепи резистора, измеряется внутренним измерителем силы тока установки и сравнивается со значением силы тока, измеренным мультиметром.

7.4.1 Выполнить соединения для измерения силы тока зондом затвора по схеме, показанной на рисунке 7.4.1:

- присоединить зонды затвора и стока к соответствующим разъемам установки;

- используя кабели и адаптеры (таблица 2), соединить выходной разъем зонда затвора и контакты резистора нагрузки с токовыми гнездами "Input I", "Input LO" на передней панели мультиметра, соблюдая полярность (центральный провод BNC нужно соединить с гнездом "Input I" мультиметра).

Резистор выбрать в соответствии с таблицей 7.4а.



Рисунок 7.4.1 – Схема соединений для измерения силы тока зондом затвора

| таолица 7. ча | і эпачених днаназонов на | пряжения на заньоре и сопре | mbhemm pesneropob |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Тип зонда | Диапазон установки | Расчетные значения | Сопротивление |
| затвора | напряжения на затворе | диапазонов силы тока | резистора нагрузки |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| AM212 | от – 0.8 V до + 0.8 V | от – 0.8 mA до – 0.8 mA | 1 kΩ / 0.25 W |
| AM212, AM213 | от – 8 V до – 8 V | от – 8 mA до + 8 mA | 1 kΩ / 0.25 W |
| AM212 | от – 8 V до – 8 V | от – 80 mA до – 80 mA | 100 Ω / 1 W |
| AM212, AM213 | от – 20 V до – 20 V | от – 800 mA до + 800 mA | 24 Ω / 1 W |

Таблица 7.4а – Значения диапазонов напряжения на затворе и сопротивлений резисторов

7.4.2 В окне Setup, Power supplies (рисунок 7.2.6) снять метку Link I-V справа в строке Output (рисунок 7.3.2).

7.4.3 Задать параметры формирования и измерения напряжения.

7.4.3.1 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Input (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Input generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда затвора, как указано в пункте П1 Приложения.

7.4.3.2 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Output (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Output generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда стока, как указано в пункте П2 Приложения.

7.4.3.3 Нажать клавишу Undefined на пересечении Input / Voltage measurement/Current measurement (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения и силы тока на зонде затвора, как указано в пункте ПЗ Приложения.

7.4.3.4 Нажать клавишу Undefined на пересечении Output / Voltage measurement (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output voltage measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения на зонде стока, как указано в пункте П5 Приложения.

7.4.3.5 Нажать клавишу Undefined на пересечении Output / Current measurement (рисунок 7.3.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output current measurement.

Сконфигурировать измеритель силы тока на зонде стока как указано в пункте П4 Приложения.

После конфигурации окно Setup > IV power supplies примет вид, показанный на рисунке 7.4.2.

| IV power supply Resistive network Voltage measurement Current measurement Input: AMCAD PIV System Edit AMCAD PIV System Vintual IV measur Generic Multimeter Link I-V Q Output: AMCAD PIV System Edit Virtual IV measur Generic Multimeter Link I-V Aux 1: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 2: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 3: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement Input Output Auxiliary 1 Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4</undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined> | Enabled | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---|--|---|---------------|
| Input: AMCAD PIV System Edit AMCAD PIV System Ink I-V Output: AMCAD PIV System Edit Virtual IV measur Generic Multimeter Link I-V Aux 1: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 2: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 3: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement Unput Output Auxiliary 1 Auxiliary 1 Auxiliary 3 Auxiliary 4 Auxiliary 4</undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined> | | IV power supply | Resistive network | Voltage measureme | nt Current measuremer | IC |
| Voutput: AMCAD PIV System Edit Virtual IV measur Generic Multimeter Link I-V Aux 1: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 2: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 3: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 3: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement 100.0 ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4</undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined> | 7 Input: | AMCAD PIV System | Edit | AMC | AD PIV System | 🔽 Link I-V |
| Aux 1: xundefined > Edit xundefined > Link I-V Aux 2: xundefined > Edit xundefined > Link I-V Aux 3: xundefined > Edit xundefined > Link I-V Aux 4: xundefined > Edit xundefined > Link I-V Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement 100.0 ms Muxiliary 1 Auxiliary 3 Auxiliary 4 Auxiliary 4 | Output: | AMCAD PIV System | Edit | Virtual IV measur. | Generic Multimeter | Link I-V |
| Aux 2: <undefined> Edit <undefined> Link I-W Aux 3: <undefined> Edit <undefined> Link I-W Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-W Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement 0.0 ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4</undefined></undefined></undefined></undefined></undefined></undefined> | Aux 1: | <undefined></undefined> | . Ed: | 4 | indefined. | Link I-V |
| Aux 3: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Link I-V Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement Input Output Wait between IV power supplies switch, wait time: 100.0 ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4 Auxiliary 4 Auxiliary 4</undefined></undefined></undefined></undefined> | Aux 2: | <undefined></undefined> | Edit | | undefined > | Link I-V |
| Aux 4: <undefined> Edit <undefined> Ink I-V Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Input Power off after measurement Input Output Wait between IV power supplies switch, wait time: 100.0 ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4</undefined></undefined> | Aux 3: | <undefined></undefined> | Edit | | undefined > | 🗌 Link I-V |
| Same input and output measurement instrument Power ON sequence (power OFF is the opposite): Power off after measurement Input Wait between IV power supplies switch, wait time: 100.0 ms Auxiliary 1 Auxiliary 2 Auxiliary 3 Auxiliary 4 Auxiliary 4 | Aux 4: | <undefined></undefined> | Edit | | indefined> | Link I-V |
| | Same inpu Power off Wait betw | it and output measuremen after measurement ween IV power supplies sw | nt instrument witch, wait time: 100. | Power O Input Output Auxiliary Auxiliary Auxiliary Auxiliary | N sequence (power OFF is th / 1 / 2 / 3 / 4 | ne opposite): |

Рисунок 7.4.2 - Окно Setup > IV power supplies после конфигурации

7.4.4 Выполнить измерения.

Вернуться в главное окно IVCAD, Setup&measurement (рисунок 7.2.2). Выполнить действия, указанные в пункте П6 Приложения. Диапазоны и шаги напряжения на затворе указаны в таблице 7.4b.

7.4.5 Записать отсчеты силы тока установкой (Iin) и мультиметром (lout) в столбцы 3 и 4 таблицы 7.4, рассчитать значения погрешности и записать их в столбец 5 таблицы 7.4.

ПРИМЕЧАНИЕ: возможно, первое из измеренных в диапазоне значений силы тока окажется за пределами допусков, в этом случае данный отсчет можно проигнорировать.

| Гаолица | таолица 7.40 – Дианазоны и шаги напряжения на затворе | | | | | |
|----------------------------|---|----------------------|---|----------------------|--|--|
| Сопротивление резистора | Диапазон установки напряжения на затворе | Шаг по напряжению | Расчетные значения диапазонов силы тока | Тип зонда затвора | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1000 Ω | от – 0.8 V до + 0.8 V | 0.2 V | от – 0.8 mA до + 0.8 mA | AM212 | | |
| 1000 Ω | от – 8 V до + 8 V | 2.0 V | от – 8 mA до + 8 mA | AM212, AM213 | | |
| 100 Ω | от – 8 V до + 8 V | 2.0 V | от – 80 mA до + 80 mA | AM212 | | |
| 24 Ω | от – 20 V до + 20 V | 5.0 V | от – 800 mA до + 800 mA | AM212, AM213 | | |

Таблица 7.4b – Диапазоны и шаги напряжения на затворе

7.4.6 Выполнить действия по пунктам 7.4.4 – 7.4.5 для остальных диапазонов силы тока в соответствии параметрами, указанными в таблицах 7.4а и 7.4b.

7.4.7 Деактивировать выход установки, для чего в главном окне IVCAD нажать на клавишу Shutdown bench.

| Таблица 7.4.1 – Пог | решность измерения силы тока зондом за | атвора АМ212 |
|-------------------------|--|--------------|
| I wolling a first first | | |

| Установленное | Расчетное значение | Измеренное установкой | Измеренное мультиметром | Абсолютная | Пределы |
|-----------------|--------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------|
| значение | силы тока, | значение Iin, | значение lout, | (Jout Jin) mA | допускаемых |
| напряжения, у | mA | mA | mA | (1001 – 111), 111A | значений, ША |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Диапазон ± 1 m | А, резистор на | агрузки 1 kΩ | | | |
| - 0.8 | -0.7 | | | | ± 0.0108 |
| - 0.6 | - 0.5 | | | | ± 0.0100 |
| - 0.4 | -0.35 | | | · | ± 0.0094 |
| - 0.2 | -0.17 | | | | ± 0.0087 |
| 0.0 | 0.0 | | | Ŧ | ± 0.0080 |
| 0.2 | 0.17 | | | | ± 0.0087 |
| 0.4 | 0.35 | | | | ± 0.0094 |
| 0.6 | 0.5 | | | | ± 0.0100 |
| 0.8 | 0.7 | | | | ± 0.0108 |
| Диапазон = 10 г | mA, резистор 1 | нагрузки 1 кΩ | | | |
| - 8 | - 8 | 2 | | | ± 0.044 |
| - 6 | - 6 | | | | ± 0.036 |
| - 4 | - 4 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | | ± 0.028 |
| 2 | -2 | | | | ± 0.020 |
| 0 | 0 | | * | | ± 0.012 |
| 2 | 2 | | | | ± 0.020 |
| 4 | 4 | | | | ± 0.028 |
| 6 | 6 | • • | | | ± 0.036 |
| 8 | 8 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | | = 0.044 |
| Диапазон = 100 |) mA, резистор | нагрузки 100 | Ω | | |
| - 8 | - 80 | | | | ± 1.12 |
| - 6 | - 60 | | | | ± 1.04 |
| 4 | - 40 | | | | ± 0.96 |
| -2 | - 20 | | | | ± 0.88 |
| 0 | 0 | | | - | ± 0.80 |
| 2 | 20 | | | | ± 0.88 |
| 4 | 40 | | | | ± 0.96 |
| 6 | 60 | | • | | ± 1.04 |
| 8 | 80 | | | | ± 1.12 |

Продолжение таблицы 7.4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|---------------|---|---|---|---|--------|--|--|
| Диапазон ± 10 | Диапазон ± 1000 mA, резистор нагрузки 24 Ω | | | | | | |
| - 20 | - 800 | | | | ± 5.20 | | |
| - 15 | - 600 | | | | ± 4.20 | | |
| - 10 | - 400 | | | | ± 3.20 | | |
| - 5 | - 200 | | | | ± 2.20 | | |
| 0 | 0 | | | | ± 1.20 | | |
| 5 | 200 | | | | ± 2.20 | | |
| 10 | 400 | | | | ± 3.20 | | |
| 15 | 600 | | | | ± 4.20 | | |
| 20 | 800 | | | | ± 5.20 | | |

Таблица 7.4.2 – Погрешность измерения силы тока зондом затвора АМ213

| Установленное значение напряжения, V | Расчетное значение силы тока, mA | Измеренное установкой значение lin, mA | Измеренное мультиметром значение lout, mA | Абсолютная погрешность (Iout – Iin), mA | Пределы допускаемых значений, mA |
|--|---|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Диапазон ± 10 | mA, резистор 1 | нагрузки 1 kΩ | | | |
| - 8 | - 8 | | | | ± 0.036 |
| - 6 | - 6 | 1 | | | ± 0.032 |
| - 4 | - 4 | | | | ± 0.028 |
| - 2 | - 2 | | | | ± 0.024 |
| 0 | 0 | | | | ± 0.020 |
| 2 | 2 | | | | ± 0.024 |
| 4 | 4 | | | : | ± 0.028 |
| 6 | 6 | | | | ± 0.032 |
| 8 | 8 | • • • • • • • • • • | | | ± 0.036 |
| Диапазон = 100 | 0 mA, резисто | р нагрузки 24 9 | Ω | | |
| - 20 | - 800 | | | 1 | ± 1.80 |
| - 15 | - 600 | • | | | ± 1.40 |
| - 10 | - 400 | • • • • • • • • • • • • • • • • • • • | | | ± 1.00 |
| - 5 | - 200 | | | | ± 0.60 |
| 0 | 0 | • | | | ± 0.20 |
| 5 | 200 | ₩ 1.81.2 ¥ 191.7 × 100 | | | = 0.60 |
| 10 | 400 | • | ••••• | •••••••••••••••••••••••••••••••••••••• | ± 1.00 |
| 15 | 600 | . | | | ± 1.40 |
| 20 | 800 | • | | | = 1.80 |

7.5 Определение погрешности измерения напряжения зондами стока

Общие указания по выполнению операции:

Сформированное на выходе зонда стока напряжение измеряется внутренним измерителем напряжения стока установки и сравнивается со значением напряжения, измеренным мультиметром.

7.5.1 Выполнить соединения для измерения напряжения зондом стока по схеме, показанной на рисунке 7.5.1.

Присоединить зонды затвора (Gate probe) и стока (Drain probe) к соответствующим разъемам установки;

Используя кабели и адаптеры (таблица 2), соединить выходной разъем зонда стока с гнездами "Input HI", "Input LO" на передней панели мультиметра, соблюдая полярность (центральный провод BNC нужно соединить с гнездом "Input HI" мультиметра).

Для высоковольтного зонда стока AM241 использовать блок коммутации из комплекта установки. На блоке коммутации должен быть установлен замыкатель Interlock.



Рисунок 7.5.1 – Схема соединений для измерения напряжения зондом стока

Для блока коммутации AM249-1 (рисунок 7.5.1а) соединить гнездо "Power Out" с гнездом "Input HI" мультиметра, гнездо "Power GND" с гнездом "Input LO" мультиметра.

Для блока коммутации AM249-2 (рисунок 7.5.1b) присоединить на высоковольтный разъем "Power Out" кабель SHV-banana(m,m), соблюдая полярность (центральный провод SHV нужно соединить с гнездом "Input HI" мультиметра).



Рисунок 7.5.1а – панель блока коммутации АМ249-1



Рисунок 7.5.1b – панель блока коммутации АМ249-2

7.5.2 В окне Setup, Power supplies (рисунок 7.2.6), снять метку Link I-V справа в строке Input (рисунок 7.5.2).

7.5.3 Задать параметры формирования и измерения напряжения.

7.5.3.1 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Input (рисунок 7.5.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Input generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда затвора, как указано в пункте П1 Приложения.

7.5.3.2 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Output (рисунок 7.5.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Output generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда стока, как указано в пункте П2 Приложения.

Предельные значения напряжения и силы тока задавать согласно таблице 7.5а.

| Enabled | | | | | |
|-------------|---|------------------------|--|---|---------------------------------------|
| | IV power supply | Resistive network | Voltage measureme | nt Currentmeas | urement |
| 7 Input: | <undefined></undefined> | Edit | <undefined></undefined> | <undefin< th=""><th>ed> [ink I-V</th></undefin<> | ed> [ink I-V |
| 7 Output: | <undefined></undefined> | Edit | | ndefined> | 🔽 Link I-V |
| Aux 1: | <undefined></undefined> | Edit | <- | ndefined> | Link I-V |
| Aux 2: | <pre><undefined></undefined></pre> | Edit | | ndefined> | Link I-V |
| Aux 3: | <undefined></undefined> | Edit | <4 | ndefined | Link I-V |
| Aux 4: | <undefined></undefined> | Edit | <lu> </lu> <lu> <lu> </lu> <lu> <lu></lu></lu></lu> | ndefined> | 💚 Link I-V |
| Power off a | after measurement een IV power supplies si | witch, wait time: 100. | 0 ms Input Output Auxiliary Auxiliary Auxiliary | 1 2 3 | , , , , , , , , , , , , , , , , , , , |
| | | | Auxiliary | · • | |

Рисунок 7.5.2 – Окно Setup > Power supplies, конфигурация для измерения напряжения и силы тока зондом стока

Таблица 7.5а – Предельные значения напряжения и силы тока зондов стока

| | Значение | | | | | |
|---------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|---------------|--|
| Параметр | AM221 | AM222 AM232 | AM231 | AM223 | AM241 | |
| Bias voltage limit | 0 V to 120 V | 0 V to 120 V | 0 V to 120 V | -5 V to 15 V | 0 V to 120 V | |
| Pulse voltage limit | 0 V to 250 V | 0 V to 120 V | 0 V to 120 V | -5 V to 15 V | 0 V to 1000 V | |
| Absolute current limit | 10 A | 30 A | 10 A | 0.2 A | 30 A | |

7.5.3.3 Нажать клавишу Undefined на пересечении Input / Voltage measurement (рисунок 7.5.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output voltage measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения на зонде стока, как указано в пункте П4 Приложения.

7.5.3.4 Нажать клавишу Undefined на пересечении Intput / Current measurement (рисунок 7.5.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output current measurement.

Сконфигурировать измеритель силы тока на зонде стока, как указано в пункте П5 Приложения.

7.5.3.5 Нажать клавишу Undefined на пересечении Output / Voltage measurement/Current measurement (рисунок 7.5.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения и силы тока на зонде затвора, как указано в пункте ПЗ Приложения.

7.5.4. Выполнить измерения.

Вернуться в главное окно IVCAD, Setup&measurement (рисунок 7.2.2). Выполнить действия, указанные в пункте П6 Приложения. Диапазоны и шаги напряжения на зонде стока указаны в таблице 7.5b.

| Тип зонда | Диапазон напряжения | Шаг напряжения |
|---------------------|---------------------|----------------|
| 43 (221 | от 0 до 25 V | 5 V |
| AM221 | от 25 до 250 V | 25 V |
| | от 0 до 12 V | 2.0 V |
| AM222, AM231, AM232 | от 0 до 120 V | 20 V |
| AM223 | от – 5.0 до 15.0 V | 2.5 V |
| | от 0 до 40 V | 4 V |
| AM241 | от 20 до 200 V | 20 V |
| | от 200 до 920 V | 80 V |

Таблица 7.5b – Диапазоны и шаги установки напряжения на зонде стока

7.5.5 Записать отсчеты напряжения установкой (Vin) и мультиметром (Vout) в столбцы 2 и 3 таблицы 7.5.

7.5.6 Выполнить действия по пунктам 7.5.4 – 7.5.5 для остальных диапазонов, указанных в таблицах 7.5а, 7.5b.

7.5.7 Деактивировать выход установки, для чего в главном окне IVCAD нажать на клавишу Shutdown bench.

| Variation | Измеренное | Измеренное | Абсолютная | Пределы |
|------------------------------|--------------|--|--------------|-------------|
| установленное значение, V | установкой | мультиметром | погрешность | допускаемых |
| | значение Vin | значение Vout | (Vout – Vin) | значений, V |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Диапазон от 0 до 2 | 25 V | | | |
| 0 | | | | ± 0.050 |
| 5.0 | | | | ± 0.060 |
| 10.0 | | | | ± 0.070 |
| 15.0 | | | | ± 0.080 |
| 20.0 | | 1 | | ± 0.090 |
| 25.0 | | | | ± 0.100 |
| Диапазон от 25 до | 250 V | | | |
| 25 | | | | ± 0.550 |
| 50 | | | | ± 0.600 |
| 75 | | | | ± 0.650 |
| 100 | | | | ± 0.700 |
| 125 | | | | ± 0.750 |
| 150 | | | | ± 0.800 |
| 175 | | | | ± 0.850 |
| 200 | | | | ± 0.900 |
| 225 | | • · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.950 |
| 250 | | and a second | | ± 1.000 |

Таблица 7.5.1 – Погрешность измерения напряжения зондом стока АМ221

| Габлица 1.5.2 – Погрешность измерения напряжения зондами стока AM222, AM231, AM232 | | | | | | |
|--|--------------|---------------|--------------|-------------|--|--|
| Установленное | Измеренное | Измеренное | Абсолютная | Пределы | | |
| | установкой | мультиметром | погрешность | допускаемых | | |
| значение, у | значение Vin | значение Vout | (Vout – Vin) | значений, V | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| Диапазон 12 V (то | олько AM231) | | | | | |
| 0 | | | | ± 0.024 | | |
| 2 | | | | ± 0.028 | | |
| 4 | | | | ± 0.032 | | |
| 6 | | | | ± 0.036 | | |
| 8 | | | | ± 0.040 | | |
| 10 | | | | ± 0.044 | | |
| 12 | | | | ± 0.048 | | |
| Диапазон 120 V | | | | | | |
| 0 | | | | = 0.24 | | |
| 20 | | | | ± 0.28 | | |
| 40 | | | | ± 0.32 | | |
| 60 | | | | ± 0.36 | | |
| 80 | | | | ± 0.40 | | |
| 100 | | | | ± 0.44 | | |
| 120 | | | | ± 0.48 | | |

750

Таблица 7.5.3 – Погрешность измерения напряжения зондом стока АМ223

| Установленное значение, V | Измеренное установкой значение Vin | Измеренное мультиметром значение Vout | Абсолютная погрешность (Vout – Vin) | Пределы допускаемых значений, V |
|------------------------------|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - 5.0 | | | | ± 0.040 |
| -2.5 | | | | ± 0.035 |
| 0.0 | | | | = 0.030 |
| 2.5 | | | | = 0.035 |
| 5.0 | | | | = 0.040 |
| 7.5 | | | | = 0.045 |
| 10.0 | | | | = 0.050 |
| 12.5 | | | | = 0.055 |
| 15.0 | | | | = 0.060 |

ĩ

2

•

1

| | н – Погрешность из | иознаточная напряжени | Абартория | /1241 Правата |
|---------------------|--|---|---------------------------------------|--------------------------|
| Установленное | измеренное | измеренное | Аосолютная | пределы |
| значение, V | установкои | мультиметром | (Vout Vin) | допускаемых |
| 1 | значение v III 2 | значение voul | (vou(-vii)) | значении, у |
| | Z | 5 | 4 | <u> </u> |
| Дианазон 40 V | | 1 | | + 0.040 |
| | | | | ± 0.040 |
| • | | | · · · · · · | ± 0.044 |
| 0 | | | | ± 0.048 |
| 12 | | | | ± 0.052 |
| 20 | | | | ± 0.030 |
| 20 | | | | ± 0.060 |
| 24 | | | | ± 0.004 |
| 20 | | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | ± 0.008 |
| 32 | | · · · | | ± 0.072 |
| 40 | | | | ± 0.070 |
| | | | | = 0.080 |
| 20 20 | ······································ | φ | | ± 0.11 |
| 40 | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.44 ± 0.48 |
| 40 80 | | | | ± 0.40 ± 0.52 |
| 120 | | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | ± 0.52 ± 0.56 |
| 160 | | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | + 0.60 |
| 200 | | | | ± 0.00 ± 0.64 |
| 200 | | | | + 0.68 |
| 280 | | i | | ± 0.03 ± 0.72 |
| 320 | | | | ± 0.72 ± 0.76 |
| 360 | | | | ± 0.70 ± 0.80 |
| 400 | | 1 | | ± 0.60 ± 1.60 |
| Лиапазон 1000 V | | <u>.</u> | | - 1.00 |
| 200 | | | | ± 2.40 |
| 280 | ····· | | | ± 2.10 ± 2.56 |
| 360 | | ····· | | ± 2.72 |
| 440 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | • • • • • • • • • • • • • • • • • • • | | ± 2.88 |
| 520 | | • | w | ± 3.04 |
| 600 | | • | | ± 3.20 |
| 680 | | | | ± 3.36 |
| 760 | | • | | = 3.52 |
| 840 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | | ± 3.68 |
| 920 | | • | | = 3.84 |

--- A A N 1 7 1 1 - -

.

1

7.6 Определение погрешности измерения силы тока зондами стока

Общие указания по выполнению операции:

1) Сила тока на выходе зонда стока задается путем подачи сформированного на зонде стока напряжения на резистор нагрузки. Значение силы тока, протекающего в цепи резистора, измеряется внутренним измерителем силы тока установки и сравнивается со значением силы тока, измеренным мультиметром.

2) При значениях силы тока свыше 3 А применяется потенциометрический метод с использованием эталонной меры сопротивления, включенной последовательно в цепь резистора нагрузки. Напряжение на потенциальных выводах меры сопротивления измеряется мультиметром в режиме постоянного напряжения. Резистор нагрузки R_H следует выбирать в соответствии с таблицей 7.6а.

7.6.1 Выполнить соединения для измерения силы тока зондом стока по схеме, показанной на рисунках 7.6.1.1 и 7.6.1.2.

Резисторы нагрузки выбирать по таблице 7.6а.

Присоединить зонды затвора и стока к соответствующим разъемам установки.

Для высоковольтного зонда стока AM241 использовать блок коммутации AM249-1, или блок коммутации AM249-2 с кабелем SHV-banana(m,m). На блок коммутации должен быть установлен замыкатель Interlock.

При измерении силы тока до 3 А (рисунок 7.6.1.1):

Используя кабели и адаптеры (таблица 2), соединить выходной разъем зонда стока и контакты резистора нагрузки с токовыми гнездами "Input I", "Input LO" на передней панели мультиметра, соблюдая полярность (центральный провод BNC нужно соединить с гнездом "Input I" мультиметра).

Для зонда стока AM241 с блоком коммутации AM249-1 (рисунок 7.5.1a) гнездо "Power Out" должно быть соединено с гнездом "Input HI" мультиметра.

Для зонда стока AM241 с блоком коммутации AM249-2 (рисунок 7.5.1b) присоединить на высоковольтный разъем "Power Out" кабель SHV-banana(m,m), соблюдая полярность (центральный провод SHV нужно соединить с гнездом "Input HI" мультиметра).



Рисунок 7.6.1.1 – Схема соединений для измерения силы тока до 3 А зондом стока

При измерении силы тока свыше 3 А (рисунок 7.6.1.2):

Включить последовательно с резистором нагрузки R_H токовые клеммы I_1 и I_2 эталонной меры сопротивления R_0 , потенциальные клеммы U_1 и U_2 меры сопротивления соединить с гнездами "Input HI", "Input LO" на передней панели мультиметра, соблюдая полярность (центральный провод BNC должен быть соединен с выводом резистора нагрузки).

Для зонда стока AM241 с блоком коммутации AM249-1 (рисунок 7.5.1а) гнездо "Power Out" должно быть соединено с выводом резистора нагрузки.

Для зонда стока AM241 с блоком коммутации AM249-2 (рисунок 7.5.1b) присоединить на высоковольтный разъем "Power Out" кабель SHV-banana(m,m), центральный провод SHV соединить с выводом резистора нагрузки.



Рисунок 7.6.1b – Схема соединений для измерения силы тока свыше 3 А зондом стока

7.6.2 В окне Setup, Power supplies (рисунок 7.2.6), снять метку Link I-V справа в строке Input (рисунок 7.5.2).

7.6.3 Задать параметры формирования и измерения напряжения.

7.6.3.1 1 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Input (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Input generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда затвора, как указано в пункте П1 Приложения.

| Таблица 7.6а – Значения диапазонов напряжения на сток | е, сопротивления резисторов |
|---|-----------------------------|
| нагрузки и номинала меры сопротивлени | Я |

| | | | | 0 |
|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | Диапазон | Расчетные | | Сопротивление / |
| Tur nouro nornomo | установки | значения | Схема | мощность |
| тип зонда затвора | напряжения | диапазонов | соединений | резистора |
| | на стоке | силы тока | | нагрузки |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 434222 | от 0 до 20 V | от 0 до 20 mA | | 1 kΩ / 0.25 W |
| AM223 | от 2 до 20 V | от 20 до 200 mA | Рисунок 7.6.1а | 100 Ω / 1 W |
| AM221 | от 0 до 24 V | от 0 до 1 А | | 24 Ω / 1 W |
| AM231 | от 4 до 60 V | от 0.5 до 8 А | Рисунок 7.6.1b | 6Ω/4W |
| AM222 | от 0 до 20 V | от 0 до 3 А | Рисунок 7.6.1а | 6Ω/4W |
| AM232 | от 2 до 22 V | от 2 до 20 А | Рисунок 7.6.1b | 0.3 Ω / 4 W |
| | от 0 до 30 V | от 0 до 30 mA | | 1 kΩ / 0.25 W |
| A X 40 4 1 | от 3 до 30 V | от 30 до 300 mA | Рисунок 7.6.1а | 100 Ω / 1 W |
| AM241 | от 0 до 20 V | от 0 до 3 А | | 6Ω/4W |
| | от 2 до 22 V | от 2 до 20 А | Рисунок 7.6.1b | 0.3 Ω / 4 W |



Рисунок 7.6.2 – Окно Setup > Power supplies, конфигурация для измерения напряжения и силы тока зондом стока

7.6.3.2 Нажать клавишу Undefind на пересечении IV power supply / Output (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>Power supplies>Output generator.

Сконфигурировать формирователь напряжения импульсного генератора зонда стока, как указано в пункте П2 Приложения

Значения предельных напряжений зонда задать равными от 0 до 100 V для постоянных значений и от 0 до 250 V для импульсных значений,

Предельное значение силы тока задать в соответствии с таблицей 7.6b.

1

Таблица 7.6b – Предельные значения силы тока зондов стока

| | Значение | | | | | |
|------------------------|----------|----------------|-------|-------|-------|--|
| Параметр | AM221 | AM222 AM232 | AM231 | AM223 | AM241 | |
| Absolute current limit | 10 A | 30 A | 10 A | 0.2 A | 30 A | |

Для измерения силы тока до 3 А

ĩ

7.6.3.3 Нажать клавишу Undefined на пересечении Intput/Voltage measurement (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input voltage measurement.

Сконфигурировать измеритель напряжения и силы тока на зонде затвора как указано в пункте П5 приложения.

7.6.3.4 Нажать клавишу Undefined на пересечении Intput / Current measurement (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input current measurement.

Сконфигурировать параметры измерения силы тока мультиметром, как указано в пункте П4 Приложения.

7.6.3.5 Нажать клавишу Undefined на пересечении Outtput / Voltage measurement/Current measurement (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output measurement.

Сконфигурировать параметры измерения установкой, как указано в пункте ПЗ Приложения.

7.6.4 Выполнить измерения.

Вернуться в главное окно IVCAD, Setup&measurement (рисунок 7.2.2).

Выполнить действия, указанные в пункте П6 Приложения.

Диапазоны и шаги напряжения на затворе указаны в таблице 7.6с.

7.6.5 Записать отсчеты силы тока установкой (Iin) и мультиметром (lout) в столбцы 2 и 3 таблицы 7.6.

7.6.6 Выполнить действия по пунктам 7.6.4 – 7.6.5 для остальных диапазонов, указанных в таблицах 7.6а, 7.6с.

| 1 аолица 7.00 - 5 | начения диапазонов и | шага по напряжению, | сила тока до 5 | <u></u> |
|-------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------|
| | Диапазон установки | Расчетные значения | Номинал | Шаг по |
| Тип зонда затвора | напряжения | диапазонов | резистора | |
| | на стоке | силы тока | нагрузки | папряжению |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| A \ 4222 | от 0 до 20 V | от 0 до 20 mA | 1 kΩ / 0.25 W | 2.0 V |
| AMIZZS | от 0 до 20 V | от 0 до 200 mA | $100 \ \Omega / 1 \ W$ | 2.0 V |
| AM221, AM231 | от 0 до 24 V | от 0 до 1 А | 24 Ω / 1 W | 2.4 V |
| AM222, AM232 | от 0 до 30 V | от 0 до 3 А | 6Ω/4W | 3.0 V |
| AM241 | от 0 до 30 V | от 0 до 30 mA | 1 kΩ / 0.25 W | 3.0 V |
| | от 3 до 30 V | от 30 до 300 mA | $100 \Omega / 1 W$ | 3.0 V |
| | от 0 до 20 V | от 0 до 3 А | 6Ω/4W | 2.0 V |

Таблица 7.6с – Значения диапазонов и шага по напряжению, сила тока до 3 А

7.5.7 Деактивировать выход установки, для чего в главном окне IVCAD нажать на клавишу Shutdown bench.

Для измерения силы тока свыше 3 А

7.6.3. Нажать клавишу Undefined на пересечении Intput / Voltage measurement (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input voltage measurement.

Сконфигурировать параметры измерения напряжения мультиметром, как указано в пункте П4 Приложения.

7.6.3.4 Нажать клавишу Undefined на пересечении Intput / Current measurement (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Input current measurement.

Сконфигурировать параметры виртуального измерителя, как указано в пункте П5 Приложения.

7.6.3.5 Нажать клавишу Undefined на пересечении Output / Voltage measurement/Current measurement (рисунок 7.6.2), при этом появится окно Setup>IV power supplies>Output measurement.

Сконфигурировать параметры измерения установкой, как указано в пункте ПЗ Приложения.

7.6.4 Выполнить измерения.

Вернуться в главное окно IVCAD, Setup&measurement (рисунок 7.2.2). Выполнить действия, указанные в пункте П6 Приложения. Диапазоны и шаги напряжения на затворе указаны в таблице 7.6d. Результаты измерений следует отобразить в осях Vout [V] / Iin [A].

| Таблица 7.6d – З | Вначения диапазонов и | шага по напряжению, | сила тока свы | ше 3 А |
|-------------------|--|---|----------------------------------|----------------------|
| Тип зонда затвора | Диапазон установки напряжения на стоке | Расчетные значения диапазонов силы тока | Номинал резистора нагрузки | Шаг по напряжению |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| AM221, AM231 | от 4 до 60 V | от 0.5 до 8 А | 6Ω/4W | 8.0 V |
| AM222, AM232 | от 2 до 22 V | от 2 до 20 А | 0.3 Ω / 4 W | 2.0 V |
| AM241 | от 2 до 22 V | от 2 до 20 А | 0.3 Ω / 4 W | 2.0 V |

7.6.5 Записать отсчеты силы тока установкой (Iin) и мультиметром (lout) в столбцы 2 и 3 таблицы 7.6.

Значение силы тока по показаниям мультиметра следует рассчитывать по формуле

lout = Vout / R_0 ; $R_0 = 0.1 \Omega$, lout [A] = 10·Vout [V]

7.6.6 Выполнить действия по пунктам 7.6.4 – 7.6.5 для остальных диапазонов, указанных в таблицах 7.6а, 7.6d.

7.5.7 Деактивировать выход установки, для чего в главном окне IVCAD нажать на клавишу Shutdown bench.

| Установленное значение напряжения, V | Расчетное значение силы тока, mA 2 | Измеренное установкой значение Iin, mA 3 | Измеренное мультиметром значение lout, mA 4 | Абсолютная погрешность (Iout – Iin), mA | Пределы допускаемых значений, mA |
|--|---|--|---|---|--|
| Прадал лианаа | $\frac{2}{100000000000000000000000000000000000$ | | $\frac{1}{1}$ kO / 0.25 W 6 | | |
| предел дианазе | $\frac{1}{0}$ | | 1 K327 0.25 W, 0 | сэ меры сопроти | ± 0.040 |
| 2 | 0 | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.040 |
| <u> </u> | | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.044 |
| 4 | 4 | | · · | | ± 0.048 |
| 0 | 0 | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.032 |
| 8 | 8 | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.056 |
| 10 | 10 | | | | ± 0.060 |
| 12 | 12 | | | | ± 0.064 |
| 14 | 14 | | · • | | ± 0.068 |
| 16 | 16 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | | ± 0.072 |
| 18 | 18 | | | | ± 0.076 |
| 20 | 20 | | | | ± 0.080 |
| Предел диапазо | она 200 mA, ре | зистор нагрузк | и 100 Ω / 1 W, бе | ез меры сопротин | вления |
| 0 | 0 | | | | ± 0.40 |
| 2 | 20 | | | | ± 0.44 |
| 4 | 40 | | | | ± 0.48 |
| 6 | 60 | | | | ± 052 |
| 8 | 80 | | | | ± 0.56 |
| 10 | 100 | | | | ± 0.60 |
| 12 | 120 | | | | ± 0.64 |
| 14 | 140 | | | | ± 0.68 |
| 16 | 160 | | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | ± 0.72 |
| 18 | 180 | - | | | ± 0.76 |
| 20 | 200 | | · · · · · · | | ± 0.80 |

Таблица 7.6.1 – Погрешность измерения силы тока зондом стока АМ223

Таблица 7.6.2 – Погрешность измерения силы тока зондами стока АМ221, АМ231

| Установленное значение напряжения, V | Расчетное значение силы тока, А | Измеренное установкой значение lin, А | Измеренное мультиметром значение lout, А | Абсолютная погрешность (Iout – Iin), А | Пределы допускаемых значений, А |
|---|--|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Предел диапазо | она 1 А, резис | гор нагрузки 24 | I Ω / 1 W, без мер | ы сопротивлени | Я |
| 0.0 | 0.0 | | | | ± 0.0010 |
| 2.4 | 0.1 | | | | ± 0.0011 |
| 4.8 | 0.2 | | | | ± 0.0012 |
| 7.2 | 0.3 | | | | ± 0.0013 |
| 9.6 | 0.4 | : | - | - - | ± 0.0014 |
| 12.0 | 0.5 | | • | | ± 0.0015 |
| 14.4 | 0.6 | | | | ± 0.0016 |
| 16.8 | 0.7 | | | | ± 0.0017 |
| 19.2 | 0.8 | | | | ± 0.0018 |
| 21.6 | 0.9 | | | | ± 0.0019 |
| 24.0 | 1.0 | | | | ± 0.0020 |

ŝ

ŝ

Продолжение таблицы 7.6.2

;

.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
|---------------|--|---|---|---|-------------|--|--|
| Предел диапаз | Предел диапазона 10 A, резистор нагрузки 6 Ω / 4 W, мера сопротивления 0.1 Ω | | | | | | |
| 4 | 0.5 | | | | ± 0.042 | | |
| 12 | 2.0 | | | | ± 0.048 | | |
| 20 | 3.0 | | | | ± 0.052 | | |
| 28 | 4.0 | | | | ± 0.056 | | |
| 36 | 5.0 | | | | ± 0.060 | | |
| 44 | 6.0 | | | | ± 0.064 | | |
| 52 | 7.0 | | | | ± 0.068 | | |
| 60 | 8.0 | | | | ± 0.072 | | |

Таблица 7.6.3 – Погрешность измерения силы тока зондами стока AM222, AM232

| Установленное значение напряжения, V | Расчетное значение силы тока, А | Измеренное установкой значение lin, А | Измеренное мультиметром значение lout, А | Абсолютная погрешность (Iout – Iin), А | Пределы допускаемых значений, А |
|---|--|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Предел диапазо | она 3 А, резист | гор нагрузки 6 | Ω / 4 W, без мерь | и сопротивления | |
| 0.0 | 0.0 | | | | ± 0.0090 |
| 2.0 | 0.3 | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | ± 0.0096 |
| 4.0 | 0.6 | | | | ± 0.0108 |
| 6.0 | 0.9 | | | | ± 0.0117 |
| 8.0 | 1.2 | | 1 | | ± 0.0126 |
| 10.0 | 1.5 | | | | ± 0.0135 |
| 12.0 | 1.8 | | | | ± 0.0144 |
| 14.0 | 2.1 | | : | | ± 0.0153 |
| 16.0 | 2.4 | | | : | ± 0.0162 |
| 18.0 | 2.7 | | | | ± 0.0171 |
| 20.0 | 3.0 | | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | - - - | ± 0.0180 |
| Предел диапазо | она 30 А, резис | стор нагрузки (|).3 Ω / 4 W, мера | сопротивления (| 0.1 Ω |
| 2.0 | 2.0 | | | | ± 0.162 |
| 4.0 | 4.0 | | | | ± 0.174 |
| 6.0 | 6.0 | | | | ± 0.186 |
| 8.0 | 8.0 | | | | ± 0.198 |
| 10.0 | 10.0 | | | | ± 0.210 |
| 12.0 | 11.5 | | | | ± 0.219 |
| 14.0 | 13.0 | | t. | | ± 0.228 |
| 16.0 | 15.0 | | | , : | ± 0.240 |
| 18.0 | 16.5 | | | | ± 0.249 |
| 20.0 | 18.0 | | | | ± 0.258 |
| 22.0 | 20.0 | 5 | | | ± 0.270 |

| Установленное | Расчетное | Измеренное | Измеренное | Абсолютная | |
|----------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------|
| значение | значение | установкой | мультиметром | погрешность | Пределы |
| напряжения. | силы тока. | значение lin. | значение lout. | (Iout – Iin), | допускаемых |
| V V | mA | mA | mA | mA | значений, mA |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Предел диапазо | она 30 mA, рез | истор нагрузки | $1 k\Omega / 0.25 W, 6$ | ез меры сопроти | вления |
| 0.0 | 0.0 | | | | ± 0.060 |
| 3.0 | 3.0 | | | | ± 0.066 |
| 6.0 | 6.0 | | | | ± 0.072 |
| 9.0 | 9.0 | | | | ± 0.078 |
| 12.0 | 12.0 | | | | ± 0.084 |
| 15.0 | 15.0 | | | | ± 0.090 |
| 18.0 | 18.0 | | | | ± 0.096 |
| 21.0 | 21.0 | | | | ± 0.102 |
| 24.0 | 24.0 | | • • • • • • • • • • • • • • • • • • • | | ± 0.108 |
| 27.0 | 27.0 | | | | ± 0.114 |
| 30.0 | 30.0 | | | | ± 0.120 |
| Предел диапазо | она 300 mA, ре | зистор нагрузк | и 100 Ω / 1 W, бе | з меры сопротин | зления |
| 3.0 | 30.0 | | | | ± 0.66 |
| 6.0 | 60.0 | | | | ± 0.72 |
| 9.0 | 90.0 | | | | ± 0.78 |
| 12.0 | 120.0 | 1 | | | ± 0.84 |
| 15.0 | 150.0 | | | | ± 0.90 |
| 18.0 | 180.0 | | | | ± 0.96 |
| 21.0 | 210.0 | | • | | ± 1.02 |
| 24.0 | 240.0 | | | - | ± 1.08 |
| 27.0 | 270.0 | | | | ± 1.14 |
| 30.0 | 300.0 | | | | ± 1.20 |
| Предел диапазо | она 3 А, резист | гор нагрузки 6 | Ω / 4 W, без мерь | ы сопротивления | |
| 0.0 | 0.0 | | | | ± 0.0090 |
| 2.0 | 0.3 | | - | | ± 0.0096 |
| 4.0 | 0.6 | | | | ± 0.0108 |
| 6.0 | 0.9 | | | | ± 0.0117 |
| 8.0 | 1.2 | | | , , | ± 0.0126 |
| 10.0 | 1.5 | | | | ± 0.0135 |
| 12.0 | 1.8 | | | | ± 0.0144 |
| 14.0 | 2.1 | : | | | ± 0.0153 |
| 16.0 | 2.4 | | | | ± 0.0162 |
| 18.0 | 2.7 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | | ± 0.0171 |
| 20.0 | 3.0 | | | | ± 0.0180 |

Таблица 7.6.4 – Погрешность измерения силы тока зондом стока АМ241

.

.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|------------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| Предел диапаз | она 30 А, резист | гор нагрузки 0. | 3Ω/4W, мера | сопротивления | 0.1 Ω |
| 2.0 | 2.0 | | | | ± 0.162 |
| 4.0 | 4.0 | | | | ± 0.174 |
| 6.0 | 6.0 | | | | ± 0.186 |
| 8.0 | 8.0 | | | | ± 0.198 |
| 10.0 | 10.0 | | | | ± 0.210 |
| 12.0 | 11.5 | | | | ± 0.219 |
| 14.0 | 13.0 | | | | ± 0.228 |
| 16.0 | 15.0 | | | | ± 0.240 |
| 18.0 | 16.5 | | | | ± 0.249 |
| 20.0 | 18.0 | | | | ± 0.258 |
| 22.0 | 20.0 | | | | ± 0.270 |

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Протокол поверки

Продолжение теблици 764

При выполнении операций поверки оформляется протокол в произвольной форме с указанием следующих сведений:

- полное наименование аккредитованной на право поверки организации;
- номер и дата протокола поверки
- наименование и обозначение поверенного средства измерения, установленные опции;
- заводской (серийный) номер;
- обозначение документа, по которому выполнена поверка;

 наименования, обозначения и заводские (серийные) номера использованных при поверке средств измерений, сведения об их последней поверке;

- температура и влажность в помещении;
- полученные значения метрологических характеристик;
- фамилия лица, проводившего поверку.

8.2 Свидетельство о поверке

При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и наносится знак поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

8.3 Извещение о непригодности

При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании, или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности в соответствии с Приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г.

Начальник отдела 209 ФГУП «ВНИИМС»

Заместитель генерального директора ЗАО «АКТИ-Мастер» по метрологии

С.Г. Семенчинский P Д.Р. Васильев

П1 Конфигурация формирователя импульсного напряжения зонда затвора (окно Setup, Power supplies, Input generator)

П1.1 Во вкладке Hardware (рисунок П1а) выбрать в пунктах:

- Mode: Pulsed;
- Driver : из списка выбрать AMCAD PIV System;
- VISA library: из списка имя программы, установленной на компьютере;
- Command: Voltage.

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки.

| Setup > IV power sup | oplies > Input generator | × |
|----------------------|--|---|
| Enabled | | ÷ |
| Mode: Pulsed | ······································ | |
| Hardware Setup | | ¢ |
| Driver | | |
| Driver: | AMCAD PIV System 🗸 🔞 | |
| Address: | GPLB0::5::INSTR | |
| Options: | on 'Edit' to configure additional options -> | |
| VISA library: | Default 👻 | |
| Command timeout: | 5000 ms | |
| Command delay: | 0 ms | |
| | Test connection | |
| Output: | | |
| Command: Voltage | ···· · · · · · · · · · · · · · · · · · | |
| L | | |
| | Close | » |

Рисунок П1а – Окно Setup, Power Supplies, Input generator, вкладка Hardware

П1.2 Во вкладке Setup (рисунок П1b) задать параметры зонда затвора:

- значения предельных напряжений зонда задать равными –20 V и + 20 V, предельное значение измеряемой силы тока 1 А;

- временные параметры импульсов в соответствии с таблицей 7.3.1.

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки. Нажать Close.

| . Enabled | | | | | | | - r |
|-------------------------------|--------|----|----|----|----------|---|-----|
| lode: Pulsed | ▼, | | | | | | t. |
| Hardware Setup | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Bias voltage limit: | -20 | ¥ | to | 20 | | ۷ | |
| Bias absolute current limit: | 1 | A | | | | | |
| Pulse voltage limit: | -20 | ٧ | to | 20 | | v | |
| Pulse absolute current limit: | 1 | A | | | | | |
| Invert polarity | | | | | | | |
| Pulse delay: | 300 | μs | | | | | |
| Pulse width: | 600 | μs | | | | | |
| Pulse period: | 10 | ms | | | | | |
| Trigger: | | | 50 | | - | | |
| Transition: | Medium | | | | • | | |
| | | | | | | | |

Рисунок 7.3.3.1b - Окно Setup, Power Supplies, Input generator, вкладка Setup

Таблица П1 – Временные параметры импульсов

| Параметр | Значение |
|--------------|----------------|
| Pulse delay | 300 μs |
| Pulse width | 6 00 μs |
| Pulse period | 20 ms |

П2 Конфигурация формирователя импульсного напряжения зонда стока (окно Setup, Power supplies, Output generator)

П2.1 Во вкладке Hardware (рисунок П2а) выбрать в пунктах:

- Mode: Pulsed;
- Driver : из списка выбрать AMCAD PIV System;
- VISA library: из списка имя программы, установленной на компьютере;
- Command: Voltage.

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки.

| Setup > IV power sup | pplies > Output generator | X |
|----------------------|--|---|
| Enabled | | 1 |
| Mode: Pulsed | ~ ! | 1 |
| Hardware Setup | | c |
| Driver | | |
| Driver: | AMCAD PIV System 🗸 🔞 | |
| Address: | GPIBO::5::INSTR | |
| Options: | c on 'Edit' to configure additional options -> | |
| VISA library: | Default | |
| Command timeout: | 5000 ms | |
| Command delay: | 0 ms | |
| | Test connection | |
| Output: | | |
| Command: Voltage | n na sea an ann an Arrainn an Arr | |
| | | |
| | Close | » |

Рисунок П2а -- Окно Setup, Power supplies, Output generator, вкладка Hardware

П2.2 Во вкладке Setup (П2b) задать параметры зонда стока:

- значения предельных напряжений и силы тока зонда задать, как указано в соответствующем пункте методики поверки;

- временные параметры импульсов в соответствии с таблицей П1.

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки. Нажать Close.

| Hardware Setup c Bias voltage limit: 0 V to 100 V Bias absolute current limit: 10 A Pulse voltage limit: 0 V to 250 V Pulse voltage limit: 0 V to 250 V V Pulse absolute current limit: 10 A | Mode: Pulsed | - | | | | | |
|---|--|----------|----|--------|-----|-----|------|
| Bias voltage limit: 0 V to 100 V Bias absolute current limit: 10 A Pulse voltage limit: 0 V to 250 V Pulse absolute current limit: 10 A | Hardware Setup | | | | | | c |
| Bias voltage limit:0Vto100VBias absolute current limit:10APulse voltage limit:0Vto250VPulse absolute current limit:10AInvert polarityVto250VPulse delay:300 μ sVVVPulse volth:600 μ sVVTrigger:Internal \checkmark \checkmark Transition:Medium \checkmark \checkmark | jana and particular a | | | | | | |
| Bias absolute current limit: 10 A Pulse voltage limit: 0 V to 250 V Pulse absolute current limit: 10 A Invert polarity Pulse delay: 300 μs μs Pulse width: 600 μs Pulse period: 10 ms Trigger: Internal ✓ Transition: Medium ✓ | Bias voltage limit: | 0 | v | to 100 | | : V | |
| Pulse voltage limit: 0 V to 250 V Pulse absolute current limit: 10 A Image: Constraint of the second sec | Bias absolute current limit: | 10 | A | | | | |
| Pulse absolute current limit: 10 A ☐ Invert polarity Pulse delay: 300 µs Pulse width: 600 µs Pulse period: 10 ms Trigger: Internal ← Transition: Medium ← | Pulse voltage limit: | 0 | ۷ | to 250 | | ۷ | |
| Invert polarity Pulse delay: 300 μs Pulse width: 600 μs Pulse period: 10 ms Trigger: Internal ▼ Transition: Medium ▼ | Pulse absolute current limit: | 10 | A | | | | |
| Pulse delay: 300 μs Pulse width: 600 μs Pulse period: 10 ms Trigger: Internal ▼ Transition: Medium ▼ | Invert polarity | | | | | | |
| Pulse width: 600 µs Pulse period: 10 ms Trigger: Internal ← Transition: Medium ← | Pulse delay: | 300 | μs | | | | |
| Pulse period: 10 ms Trigger: Internal - Transition: Medium - | Pulse width: | 600 | μs | | | | |
| Trigger: Internal - Transition: Medium - | Pulse period: | 10 | ms | | | | |
| Transition: Medium - | Trigger: | Internal | | | • | | |
| | Transition: | Medium | | | ▼ . | | |

Рисунок П2b – Окно Setup, Power supplies, Output generator, вкладка Setup

ПЗ Конфигурация измерений на зонде затвора / стока (окно Setup, Power supplies, Input / Output measurement)

ПЗ.1 Во вкладке Hardware (рисунок ПЗа) выбрать в пунктах:

- Mode: Pulsed;
- Driver : AMCAD PIV System;
- VISA library: из списка имя программы, установленной на компьютере;
- Voltage channel: Channel 1 (Probe: Auto-detection);
- Current channel: Channel 1 (Probe: Auto-detection).

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки. Нажать Close.

| Setup > IV power supplies > Input measurement | × | Setup > IV power supplies > Output measurement | X |
|---|------|---|---|
| Enabled | | Enabled | 1 |
| Mode: Pulsed | * | Mode: | Ŧ |
| Hardware Setup | 1. z | Hardware Setup | |
| Driver | | Driver | |
| Driver: AMCAD PIV System 🗸 🕡 | | Driver: AMCAD PIV System 🗸 🔞 | |
| Address: GPIB0::5::INSTR P | | Address: GPIB0::5::INSTR | |
| Options: Click on 'Edit' to configure additional options -> | | Options: Click on 'Edit' to configure additional options -> | |
| VISA library: Default ▼ | | VISA library: Default 🗸 | |
| Command timeout: 5000 ms | * | E Command timeout: 5000 ms | ä |
| Command delay: 0 ms | | k Command delay: 0 ms | |
| Test connection | | Test connection | |
| Voltage channel/probe: Channel 1 - Auto-detection - | | Voltage channel/probe: Channel 2 - Auto-detection - | |
| Current channel/probe: Channel 1 - | | Current channel/probe: Channel 2 - Auto-detection - | |
| Close | » | Close | » |
| Close | » | | » |

Рисунок ПЗа – Окно Setup, Power supplies, Input / Output Measurement, вкладка Hardware

ПЗ.2 Во вкладке Setup (ПЗb) задать параметры импульсов:

- Measurement delay 400 µs, Measurement width 400 µs;
- Trace points: 2;

ĩ

- Trace definition: 0.0 to 2000.0 $\mu s.$

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки. Нажать Close.

| Enabled | | | 1 | Enabled | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--|--------|---------------------|----------|--------------|----|--|
| iode: Pulsed | · ··· · · · · · · · · · · · · · · · · | ▼ | * * | Mode: | | . | | |
| Hardware Setup | | | C | Hardware Setup | | | | |
| Averaging: | 1 | | | Averaging: | 1 | | | |
| Correction factor: | 1.0 | | | Correction factor: | 1.0 | | | |
| Correction offset: | 0.0 | | | Correction offset: | 0.0 | | | |
| Trigger: | Internal | <u> </u> | | Trigger: | Internal | tin yan 🔻 | | |
| Invert polarity | | | | Invert polarity | | | | |
| Trace def.: | 0.0 | μsto 2000.0 μs | | Trace def.: | 0.0 | µs to 2000.0 | μs | |
| race points: | 2 | | | Trace points: | 2 | | | |
| leasurement window: | Custom w | indow 👻 | | Measurement window: | Custom | window 👻 | | |
| leasurement delay: | 400.0 | ац | | Measurement delay: | 400.0 | hz | | |
| Measurement width: | 400.0 | μs | | Measurement width: | 400.0 | μs | | |
| | | | | | | | | |
| | | ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,, | | | | | | |

Рисунок П3b – Окно Setup, Power supplies, Input / Output Measurement, вкладка Setup

П4 Конфигурация мультиметра для измерения напряжения / силы тока (окно Setup, Power supplies, Input / Output voltage / current measurement)

П4.1 Во вкладке Hardware установить параметры, как показано на рисунке П4а:

- Mode: Pulsed;
- Driver : Generic Multimeter;
- VISA library: из списка имя программы, установленной на компьютере;
- Channel/Probe : Channel 1 (Probe : Direct)

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки.

| Frahled | للمارية ويتبرج وراما | ad ditting to a sec | | | I | Contrad | | | | Tī |
|--------------------|----------------------|---------------------|-----------------|--------|---|-------------------|-----------|------------|------------------------|----|
| Mode: Pulsed | | • | | r F | | Mode: | 1. 1 | | | |
| Hardware Setup | | | | ŭ | | Hardware Setup | | | | 0 |
| Driver | | | | | 8 | Driver | | | | |
| Driver: | Generic Mu | ltimeter | - 0 | | | Driver: | Generic M | fultimeter | 0 | |
| Address: | GPIB0::22: | :INSTR | ٩ | | | Address: | GPIB0::22 | 2::INSTR | ٩ | |
| Options: | 1 | | | | | Options: | | | | |
| VISA library: | Default | | | | | VISA library: | Default | | saddarfa amimili | |
| Command timeout: | 5000 | ms | | | ľ | Command timeout: | 5000 | ms | | |
| Command delay: | 0 | ms | | | | Command delay: | 0 | ms | | |
| | | | Test connection | | | | | | Test connection | |
| Channel/probe: Cha | nnel 1 | - | | | | Channel/probe: Ch | annel 1 | ▼ Direct | is 10000000 constants. | |
| | | | Close | | | Norman (1997) | | | Close | . |



П4.2 Во вкладке Setup (П4b) задать параметры измерения:

- Measurement delay 400 µs, Measurement width 400 µs;
- Trigger: External positive edge;
- Trace points: 2;
- Trace definition: 0.0 to 2000.0 $\mu s.$

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки, Нажать Close.

| | | | | Setup > IV power supp | | nput current measurement | |
|--------------------------------|---------|-----------------|---------|--|------------|--------------------------|---------|
| Mode: Pulsed Hardware Setup | | •] | C + | Mode: Protect Setup | | nonang Sana A | 1 |
| Averaging: | 1 | | | Averaging: | 1 | | |
| Correction offset: | 0.0 | | | Correction factor: Correction offset: | 1.0 0.0 | A | |
| Trigger: | Externa | positive edge 🔹 | | Trigger: | External | positive edge 🛛 👻 | |
| Invert polarity | | | | Invert polarity | | | |
| Trace def.: | 0 | μs to 2000 μs | | Trace def.: | 0.0 | μs to 2000.0 μs | |
| Trace points: | 2 | | | Trace points: | 2 | | |
| Measurement window: | Custom | window 🔸 | | Measurement window: | Custom | window 👻 | |
| Measurement delay: | 400 | μs | | Measurement delay: | 400.0 | μs | |
| Measurement width: | 400 | , µs | | Measurement width: | 400.0 | ъ | |
| | | | Close » | L | | 5 | Close , |

Рисунок П4b – Окно Setup, Power supplies, Input / Output voltage / current measurement, вкладка Setup

П5 Конфигурация виртуального измерителя напряжения / силы тока (окно Setup, Power supplies, Input / Output voltage / current measurement)

П5.1 Во вкладке Hardware установить параметры, как показано на рисунке П5а: - Mode: Pulsed;

- Driver : Virtual Instrument;
- VISA library: из списка имя программы, установленной на компьютере;
- Channel/Probe : Channel 1 (Probe : Direct)

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки.

| Enabled | | | | ; × | Enabled | | |
|-------------------------|--------------|---------------|--|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| iode: Alline and | | I •] | | r f | Mode: Pulsed | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | |
| Hardware Setup | | | | ÷ | Hardware Setup | | |
| Driver | | | | | Driver | | |
| Driver: | Virtual IV I | measurement | ta in the second se | 1.000 | Driver: | Virtual IV measurement | |
| Address: | | | ٩ | | Address: | | ٩ |
| Options: | num=0&si | mmode =nocurr | 2 | | Options: | num=0&simmode=nocurr | |
| VISA library: | Default | | V | | VISA library: | Default | a and an entitle days |
| Command timeout: | 50 00 | ms | | | Command timeout: | 5000 ms | |
| Command delay: | 0 | ms | | | Command delay: | 0 ms | |
| | | | Test connection | | | | Test connection |
| hannel/probe: Cha | nnel 1 | | | | Channel/probe: Ch | annel 1 🗸 | |
| *** | | | (Close) | di tat. Ak | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | | Cinse 2 |

Рисунок П5а – Окно Setup, Power supplies, Input / Output voltage / current measurement, вкладка Hardware

П5.2 Во вкладке Setup (рисунок П5b) задать параметры виртуального измерителя:

- Measurement delay 400 µs, Measurement width 400 µs;
- Trigger: External positive edge;
- Trace points: 2;
- Trace definition: 0.0 to 2000.0 µs.

Остальные поля заполнены по умолчанию и не требуют специальной настройки. Нажать Close.

| Setup > IV power supp | lies > Ou | itput voltage measurement | | Setup > IV power supp | lies > O | utput current meas | urement | | |
|-----------------------|-----------|---------------------------|--|-----------------------|----------|--------------------|---------|---------|--------|
| [7] Enabled | | | | Enabled | | | | - | : |
| Mode: Mode: | | l 🗸 | | Mode: Pulsed | | ▼ | | | e F |
| Hardware Setup | | | | Hardware Setup | | | | | ¢ |
| Averaging: | 1 | 1 | | Averaging: | 1 | | | | |
| Correction factor: | 1.0 | | | Correction factor: | 1.0 | | | | |
| Correction offset: | 0.0 | V | | Correction offset: | 0.0 | А | | | |
| Trigger: | External | positive edge 🛛 👻 | | Trigger: | Externa | i positive edge 🚽 | | | |
| Invert polarity | | | | Invert polarity | | | | | |
| Trace def.: | 0.0 | µs to 2000.0 µs | | Trace def.: | 0 | µs to 2000 | μs | | |
| Trace points: | 2 | | | Trace points: | 2 | | | | |
| Measurement window: | Custom | window 🗸 | | Measurement window: | Custom | window 🚽 | | | |
| Measurement delay: | 400.0 | зц | 41999 - 1 | Measurement delay: | 400 | μs | | | |
| Measurement width: | 400.0 | μs | 4 - 17 M - 18 AM | Measurement width: | 400 | μs | | | |
| | | | Close » | | | | | Close , | » |

Рисунок П5b – Окно Setup, Power supplies, Input / Output voltage / current measurement, вкладка Setup

П6 Выполнение измерений

Пб.1 В главном окне IVCAD, Setup&measurement нажать клавишу «Initialize bench», при этом появится всплывающее окно IVCAD, DUT biasing с вкладкой Bench initialized, показанное на рисунке Пба.

Нажать клавишу ОК.

П6.2 Войти в окно Setup&measurement, открыть вкладку Measurement (рисунок П6b) для задания параметров измерения:

- задать имя и расположение файла с данными измерений в окне Output;

- в окне DC sweep выбрать параметр свипирования Input/Output sweep;

- выбрать Custom step для задания нужных значений напряжений;

- задать диапазон и шаг напряжения в соответствии с параметрами, указанными в соответствующем пункте методики поверки;

- убрать все флажки во вкладке DUT reference plane, как показано на рисунке П6с.

Пб.3 Запустить измерения клавишей Start (в правом верхнем углу на рисунке Пбb), при этом появится окно IV Sweep measurement (рисунок Пбd) с вопросом о включении источников питания.

| File Tools Views Help | |
|--|---|
| 😳 Plug-ins P 🖸 🗙 | UUT biasing |
| Georgens Measurement system | OPower ON Apply levels IV Measurement OPower OFF |
| e Measurement | IV power supplies |
| Si Sweep plan (multi-setup) | IV power supply: Input IV power supply: Output |
| Hardware control | Quiescent voltage: 0.0 V Quiescent current: 0.0 A |
| Tools | Pulse voltage: 0.0 V Pulse current: 0.0 A |
| Instrument scanner | Liubi reference pane Liubi reference pane Meas, quiescent voltage: - V Meas, quiescent voltage: - V |
| Tuner Characterization | Meas, quiescent current: A Meas, quiescent current: A |
| | meas, pulse vonage: v meas, pulse vonage: v Meas, pulse current: A Meas, pulse |
| Modeling Scription | ter setup manager |
| A submid | Bench initialized [4.07 s] |
| 2.22 (2.2) 2.22 (2.2) 2.22 (2.2) | |
| 🗃 Data sources 🛛 🖌 🗖 🗙 | |
| Delasources | |
| | Don't show again OK |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Нажать Yes для включения источников.

Рисунок Пба – Окно IVCAD, DUT biasing

| Measurement Sweep Plan | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|-------|-----------|-----|------|------|------|------|
| weep | | | | | | | | | |
| | • | | | | | | | | |
| Quels measurement | , Quick measurement | | | | | | | | |
| [C] Decembers so consists? | Quescent bias point: | -, ix i | Ψ Υ: | 👻 🖓 Autos | ale | | | | |
| · · | Name Yalue | | 11 7. | | | | | | |
| por all | in0 - | - | 10- | | | | | | |
| Amount | Input power | | 9 | | | | | | |
| | Yout0 | _ | | | | | | | |
| | Output power - | 1 | | | | 1 | | | |
| | | | 1 | | | | | | |
| n Information | المتحم <i>ال</i> | | 6 | | | | | | |
| Laboratory: | tiame Value | 1 | 5 | | | | | | |
| sistor name: | Vin - | | 4 - | | | | | | |
| nsistor type: Field effect - | In - | - | з- | | | | | | |
| las, program: | Vout | | 2 | | | | | | |
| Temperature: 22.0 C" + | lout | | 1 - | | | | | | |
| | Output power - | | o | | | | | | |
| Sweep | | | .1 | | | | | | |
| aut sweep 👻 | Timing settings: | | - | | | | | | |
| ep by step Adaptive step Custom step | Name Delay Width | į | | | | | | | |
| 1. L | Vin Vind | - | | | | [| | | |
| aut Step | RF • | | 1 | | | | | | |
| 20 to 29, step: 6.5 (3 . | Meas | | -51 | | | | | | |
| | kanala and a second | 4 | -6 - | | | | | | |
| | | 1 | -7 - | | | | | | |
| | L | | -5 - | | | | | | |
| | | | .9 | | | | | | |
| | | | -10 - | | | | | | |

Рисунок П6b – Установка параметров измерений (окно Setup&measurement<Measurement)

| | e | | |
|---------------------|--------------|----------|--|
| 🗌 Vout, until Vin = |] Infinity \ | / | |
| 🗌 Vin, until Vin = | Infinity N | V | |
| requency Sweep | | ^ | |

Рисунок П6с – Установка параметров измерений (фрагмент окна Setup&measurement<Measurement)



Рисунок П6d – Сообщение о включении источников напряжения после запуска измерений

П6.4 В результате измерения в окне программы Setup & measurement будет отображен показанный на рисунке Пбе график. Оси для правильного отображения результатов измерений следует выбрать в соответствующих вкладках X и Y так, как обозначены величины в соответствующей таблице настоящей методики поверки.

П6.5 Файл результатов измерений в табличной форме (*.mes) можно просмотреть, выполнив следующие действия:

- открыть файл *.mes с помощью программы Блокнот;

- файл с данными можно представить и сохранить в формате Excel, для чего нужно загрузить его в ПО IVCAD (правой кнопкой мыши нажать на файл, выбрать меню «Открыть с помощью < IVCAD»), название файла появится в нижнем левом углу вкладки Data source (рисунок П6d). Нажать правой кнопкой по файлу и выбрать Export, затем выбрать нужный формат *.csv.







Рисунок П6d – Вкладка IVCAD Data source