

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»



_____ А.Н. Щипунов

» 05 _____ 2018 г.

ИНСТРУКЦИЯ
АНАЛИЗАТОРЫ СИЛОВЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ
В1505А, В1506А

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-610-001-2018

2018 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки распространяется на анализаторы силовых полупроводниковых приборов В1505А, В1506А (далее – анализаторы), изготавливаемых компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками - 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки проводят операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Проведение операции при | |
|---|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр | 5.1 | + | + |
| 2 Опробование | 5.2 | | |
| 3 Определение метрологических характеристик | 5.3 | | |
| 3.1 Определение абсолютной погрешности измерений/ воспроизведения напряжения постоянного тока | 5.3.1 | + | + |
| 3.2 Определение абсолютной погрешности измерений/ воспроизведения силы постоянного тока | 5.3.2 | + | + |
| 3.3 Определение относительной погрешности измерений электрической ёмкости | 5.3.3 | + | + |
| 3.4. Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала при измерении электрической емкости. | 5.3.4 | + | + |
| 4 Подтверждение соответствия программного обеспечения | 5.4 | + | + |

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

3.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки разрешается применять другие приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

| Номер пункта документа по поверке | Наименование и тип (условное обозначение) основного и вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки |
|---|---|
| Основные средства поверки | |
| 5.3.1, 5.3.2 | Мультиметр 3458А, (диапазон измерений напряжения постоянного тока 0 - 1000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm (0,5-2,5) \cdot 10^{-6} \cdot U$; диапазон измерений силы постоянного тока от 0 до 1 А, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm (1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}) \cdot I$) |
| 5.3.2 | Катушка электрического сопротивления Р310 (номинальное значение электрического сопротивления 0,01 Ом, класс точности 0,02) или рецезионный резистор 8 мОм Keysight 16353К (из состава прибора) |
| 5.3.3 | Рабочий эталон электрической ёмкости 2 или 3 разряда (номинальные значения электрической ёмкости 1 пФ, 10 пФ, 100 пФ, 1000 пФ, диапазон частот от 1 кГц до 1 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm(0,01-0,03) \%$) |
| 5.3.3 | Рабочий эталон электрической ёмкости 2 или 3 разряда (номинальные значения электрической ёмкости 0,01 мкФ, 0,1 мкФ, 1 мкФ, диапазон частот от 120 Гц до 100 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm(0,03-0,1) \%$) |
| 5.3.4 | Частотомер универсальный CNT-91 (диапазон измерений частот от 10^{-3} до $3 \cdot 10^8$ Гц, пределы допускаемой погрешности $\pm (2 \cdot 10^{-7}) \%$) |
| Вспомогательные средства поверки | |
| 5.3.1 | Делитель напряжения высоковольтный прецизионный Keysight 16332А (из состава прибора) или делитель напряжения ДНВП-20/0,05 (диапазон входного постоянного напряжения не менее ± 5 кВ). |

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| температура окружающего воздуха, °С | от 18 до 28; |
| относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80; |
| атмосферное давление, кПа | от 84 до 106,7. |

4.2 К поверке допускаются лица с высшим или средне техническим образованием, аттестованные на право поверки средств измерений радиотехнических величин, изучившие техническую и эксплуатационную документацию и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

4.3 Требования безопасности

4.3.1 По способу защиты от поражения электрическим током изделие соответствует классу 1 по ГОСТ 12.2.007.0-75.

4.3.2 Перед включением корпус анализатора должен быть заземлен.

4.3.3 Все работы по монтажу и эксплуатации изделия должны проводиться с соблюдением «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» в части, касающейся электроустановок св. 1000 В, а также в соответствии с инструкциями и правилами техники безопасности, действующими на месте эксплуатации изделия.

4.3.4 К работам по монтажу, установке, проверке, обслуживанию и эксплуатации анализатора могут быть допущены лица, имеющие необходимую квалификацию, изучившие техническую и эксплуатационную документацию, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Внешний осмотр

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

- комплектность должна соответствовать требованиям, изложенными в руководстве по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления, соединительных элементов, индикаторных устройств, нарушающих работу анализатора или затрудняющих поверку.

Анализаторы, имеющие дефекты, дальнейшей поверке не подлежат, бракуются и направляются в ремонт.

5.2 Опробование

На задней панели базового блока соединить вывод общей шины с выводом заземления на корпус с помощью короткозамыкающей перемычки.

Подключить USB-клавиатуру к базовому блоку анализатора. Включить анализатор.

Проконтролировать процесс самопроверки анализатора.

Результаты опробования положительные, если при включении анализатор осуществляет процесс самокалибровки.

5.3 Определение метрологических характеристик

5.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока

5.3.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока до 1 кВ проводить одновременно попарно для каналов измерения/воспроизведения встраиваемых сменных модулей MPSMU, HVSMU, MCSMU, УНС с помощью мультиметра 3458А в соответствии со схемами рисунков 1-3.

Абсолютную погрешность измерений рассчитать по формуле (1):

$$\Delta U_{\text{изм}} = U - U_{\text{изм}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{изм}}$ – результат измерений мультиметром, В;

U – значение напряжения постоянного тока, измеренное модулем, В.

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (2):

$$\Delta U_{\text{уст}} = U_{\text{уст}} - U_{\text{изм}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{уст}}$ – значение напряжения постоянного тока, установленное на выходе поверяемого анализатора, В;

$U_{\text{изм}}$ – показание мультиметра, В.

Результаты поверки записать в таблицы 3-12.

5.3.1.2 Определение диапазонов и абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока св. 1 кВ проводить для каналов воспроизведения встраиваемого модуля HVSMU с помощью мультиметра 3458А и делителя напряжения высоковольтного прецизионного ДНВП или делителя 16332А из состава прибора с предварительно определенным коэффициентом деления K_d .

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (3)

$$\Delta U_{уст} = U_{уст} - (U_{изм} \cdot K_d), \quad (3)$$

Абсолютную погрешность измерения рассчитать по формуле (4)

$$\Delta U_{измер} = U_{инд} - (U_{изм} \cdot K_d), \quad (4)$$

где $U_{уст}$ – значение напряжения постоянного тока, установленное на выходе проверяемого анализатора, В;

$U_{изм}$ – показание мультиметра, В;

$U_{инд}$ – показание анализатора, В;

K_d – действительный коэффициент деления делителя, отн. ед..

Результаты поверки записать в таблицы 3 -7.

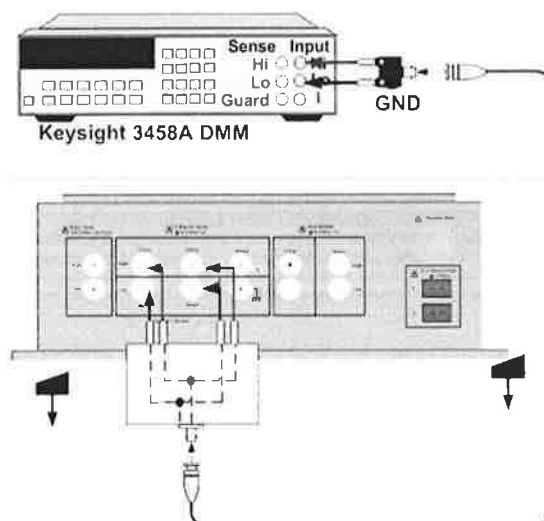


Рисунок 1 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля MPSMU и UHC

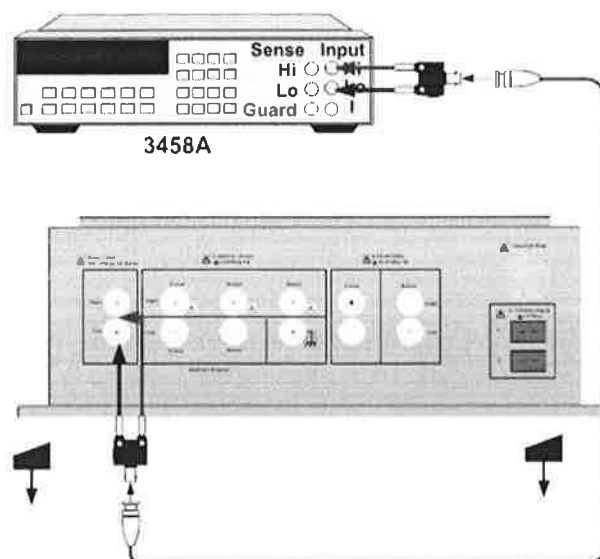


Рисунок 2 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля MCSMU

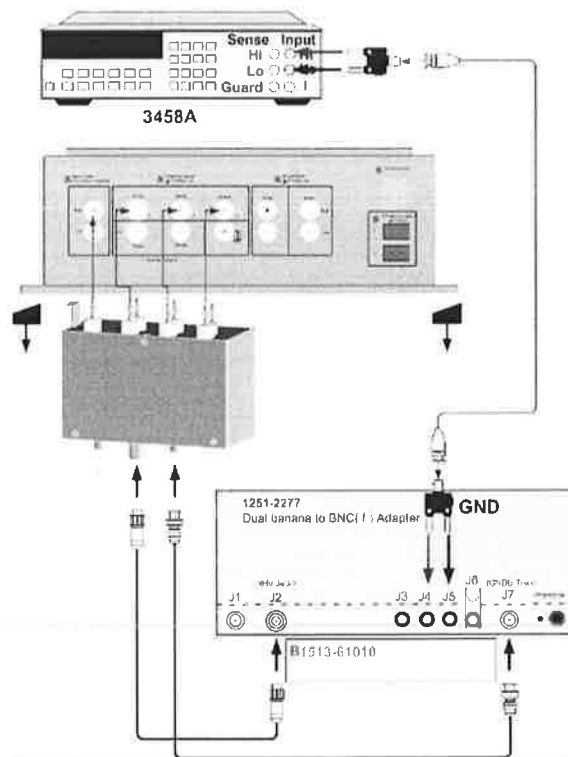


Рисунок 3 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля HVSMU

Таблица 3 - Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока модуля MPSMU

| Верхний предел поддиапазона | Проверяемые отметки | Результаты измерений | Абсолютная погрешность | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm , мВ | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--|---------------------------|
| 0,5 В | -0,500 В | | | 0,59 | |
| | 0 мВ | | | 0,50 | |
| | 0,500 В | | | 0,59 | |
| 2 В | -2 В | | | 0,86 | |
| | 0 В | | | 0,50 | |
| | 2 В | | | 0,86 | |
| 5 В | -5 В | | | 1,9 | |
| | 0 В | | | 1 | |
| | 5 В | | | 1,9 | |
| 20 В | -20 В | | | 6,6 | |
| | 0 В | | | 3 | |
| | 20 В | | | 6,6 | |
| 40 В | -40 В | | | 13,2 | |
| | 0 В | | | 6 | |
| | 40 В | | | 13,2 | |
| 100 В | -100 В | | | 33 | |
| | 0 В | | | 15 | |
| | 100 В | | | 33 | |

Таблица 4 - Определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модуля MPSMU (АЦП высокого разрешения)

| Верхний предел поддиапазона | Проверяемые отметки | Результаты измерений | Абсолютная погрешность | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm , мВ | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--|---------------------------|
| 0,5 В | -0,500 В | | | 0,55 | |
| | 0 мВ | | | 0,50 | |
| | 0,500 В | | | 0,55 | |
| 2 В | -2 В | | | 0,70 | |
| | 0 В | | | 0,50 | |
| | 2 В | | | 0,70 | |
| 5 В | -5 В | | | 1,45 | |
| | 0 В | | | 1 | |
| | 5 В | | | 1,45 | |
| 20 В | -20 В | | | 2,8 | |
| | 0 В | | | 1 | |
| | 20 В | | | 2,8 | |
| 40 В | -40 В | | | 5 | |
| | 0 В | | | 1 | |
| | 40 В | | | 5 | |
| 100 В | -100 В | | | 14,5 | |
| | 0 В | | | 2,5 | |
| | 100 В | | | 14,5 | |

Таблица 5 - Определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока модуля MPSMU (высокоскоростной АЦП)

| Верхний предел поддиапазона | Проверяемые отметки | Результаты измерений | Абсолютная Погрешность | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm , мВ | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|---------------------|----------------------|------------------------|--|---------------------------|
| 0,5 В | -0,500 В | | | 0,55 | |
| | 0 мВ | | | 0,50 | |
| | 0,500 В | | | 0,55 | |
| 2 В | -2 В | | | 0,90 | |
| | 0 В | | | 0,50 | |
| | 2 В | | | 0,90 | |
| 5 В | -5 В | | | 2,5 | |
| | 0 В | | | 2 | |
| | 5 В | | | 2,5 | |
| 20 В | -20 В | | | 6 | |
| | 0 В | | | 4 | |
| | 20 В | | | 6 | |
| 40 В | -40 В | | | 14 | |
| | 0 В | | | 8 | |
| | 40 В | | | 14 | |
| 100 В | -100 В | | | 40 | |
| | 0 В | | | 20 | |
| | 100 В | | | 40 | |

Таблица 6 – Определение абсолютной погрешности воспроизведения/измерения напряжения постоянного тока модуля MCSMU (установленное значение силы тока, 0,1 мА)

| Верхний предел поддиапазона | Проверяемые отметки | Показание анализатора, В | Результаты измерений мультиметром, В | Абсолютная погрешность воспроизв., мВ | Абсолютная погрешность измерения, мВ | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±, мВ | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|
| 0,2 В | -0,2 В | | | | | 0,26 | |
| | 0 В | | | | | 0,14 | |
| | 0,2 В | | | | | 0,26 | |
| 2 В | -2 В | | | | | 1,8 | |
| | 0 В | | | | | 0,6 | |
| | 2 В | | | | | 1,8 | |
| 20 В | -20 В | | | | | 15 | |
| | 0 В | | | | | 3 | |
| | -20 В | | | | | 15 | |
| 30 В | -30 В | | | | | 21 | |
| | 0 В | | | | | 3 | |
| | -30 В | | | | | 21 | |

Таблица 7 – Определение абсолютной погрешности воспроизведения/измерения напряжения постоянного тока модуля HCSMU (только для опции В1506А-Н21)

| Верхний предел поддиапазона | Проверяемые отметки | Установленное значение силы тока, мА | Показание анализатора, В | Результаты измерений мультиметром, В | Абсолютная погрешность воспроизв., мВ | Абсолютная погрешность измерения, мВ | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±, мВ | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|
| 0,2 В | -0,2 В | 20 | | | | | (0,06 + 0,6 + I ₀ ·0,05) | |
| | 0 В | 20 | | | | | (0,06 + 0,6 + I ₀ ·0,05) | |
| | 0,2 В | 20 | | | | | (0,06 + 0,6 + I ₀ ·0,05) | |
| 2 В | -2 В | 20 | | | | | (0,06 + 0,6 + I ₀ ·0,5) | |
| | 0 В | 20 | | | | | (0,06 + 0,6 + I ₀ ·0,5) | |
| | 2 В | 20 | | | | | (0,06 + 0,6 + I ₀ ·0,5) | |
| 20 В | -20 В | 20 | | | | | (0,06 + 3 + I ₀ ·5) | |
| | 0 В | 20 | | | | | (0,06 + 3 + I ₀ ·5) | |
| | -20 В | 20 | | | | | (0,06 + 3 + I ₀ ·5) | |
| 40 В | -30 В | 1 | | | | | (0,06 + 3 + I ₀ ·10) | |
| | 0 В | 1 | | | | | (0,06 + 3 + I ₀ ·10) | |
| | -30 В | 1 | | | | | (0,06 + 3 + I ₀ ·10) | |

Таблица 8 - Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля UNCU

| Верхний предел поддиапазона измерений | Проверяемые отметки | Установленный диапазон измерений силы тока, А | Показание анализатора, В | Результаты измерений мультиметром, В | Абсолютная погрешность воспроизв., мВ | Абсолютная погрешность измерения, мВ | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± мВ | Заключение о соответствии |
|---------------------------------------|---------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|
| 60 В | 0 В | 500 | | | | | 10 | |
| | 6 В | 500 | | | | | 22 | |
| | 60 В | 500 | | | | | 130 | |
| | -0 В | 500 | | | | | 10 | |
| | -6 В | 500 | | | | | 22 | |
| | 60 В | 500 | | | | | 130 | |
| | 0 В | 1500 | | | | | 10 | |
| | 6 В | 1500 | | | | | 22 | |
| | 60 В | 1500 | | | | | 130 | |
| | -0 В | 1500 | | | | | 10 | |
| | -6 В | 1500 | | | | | 22 | |
| | 60 В | 1500 | | | | | 130 | |

Таблица 9 - Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока модуля HVSMU

| Верхний предел поддиапазона измерений | Проверяемые отметки | Показание анализатора, В | Результаты измерений | Абсолютная погрешность воспроизв., мВ | Абсолютная погрешность измерения, мВ | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± мВ | Заключение о соответствии |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|
| 200 В | -200 В | | | | | 100 мВ | |
| | 200 В | | | | | 100 мВ | |
| 500 В | -500 В | | | | | 250 мВ | |
| | 500 В | | | | | 250 мВ | |
| 1500 В | -1500 В | | | | | 750 мВ | |
| | 1500 В | | | | | 750 мВ | |
| 3000 В | -3000 В | | | | | 1,5 В | |
| | 3000 В | | | | | 1,5 В | |

Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений/воспроизведения напряжения постоянного тока значения абсолютной погрешности находятся в допускаемых пределах. В противном случае анализатор бракуется.

5.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока

5.3.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (MPSMU) проводится по схеме рисунка 4.

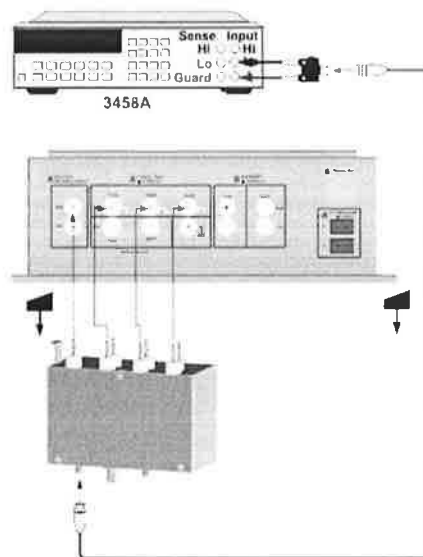


Рисунок 4 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (MPSMU)

Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля MCSMU проводится по схеме рисунка 5.

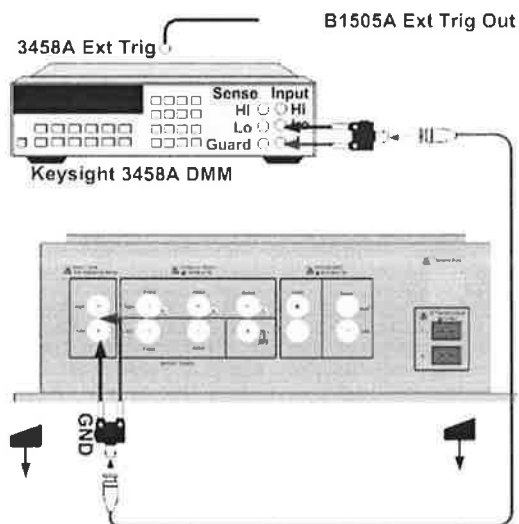


Рисунок 5 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля MCSMU

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (5):

$$\Delta I_{уст} = I_{уст} - I, \quad (5)$$

где $I_{уст}$ – значение силы постоянного тока, установленное на выходе проверяемого модуля анализатора, А;

I – показание мультиметра, А.

Абсолютную погрешность измерений рассчитать по формуле (6):

$$\Delta I_{изм} = I_{инд} - I_{изм}, \quad (6)$$

где $I_{изм}$ – результат измерений мультиметром, А;

$I_{инд}$ – значение силы постоянного тока, измеренное модулем анализатора, А.

Результаты испытаний записать в таблицы 9 - 12.

5.3.2.2 Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока модуля UNCU для исполнений H50/H51 в диапазоне от 20 до 500 А, для исполнений H70/H71 в диапазоне от 20 до 1500 А, проводить с помощью мультиметра 3458А и меры сопротивления в соответствии с рисунком 6.

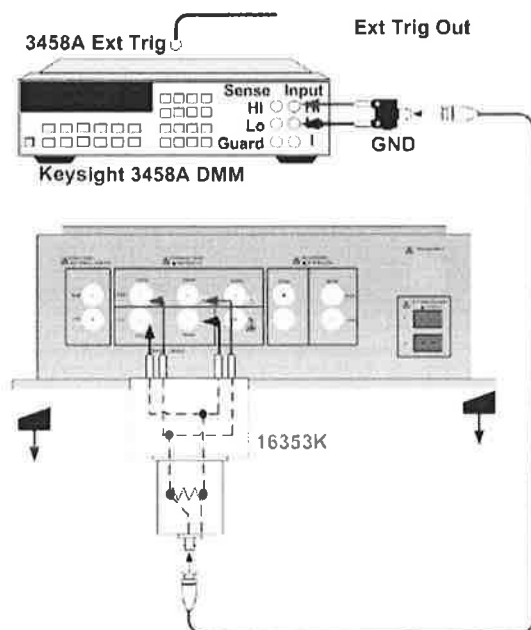


Рисунок 6 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля UHC

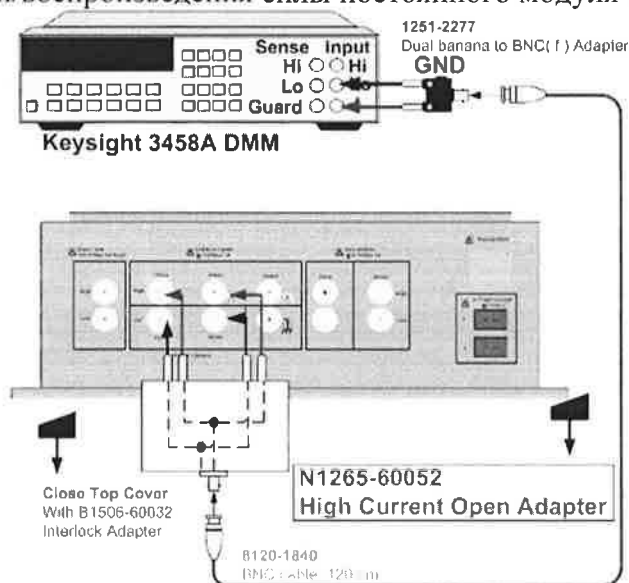


Рисунок 7 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (только опция B1506A-H21) от 10 мкА до 1 А

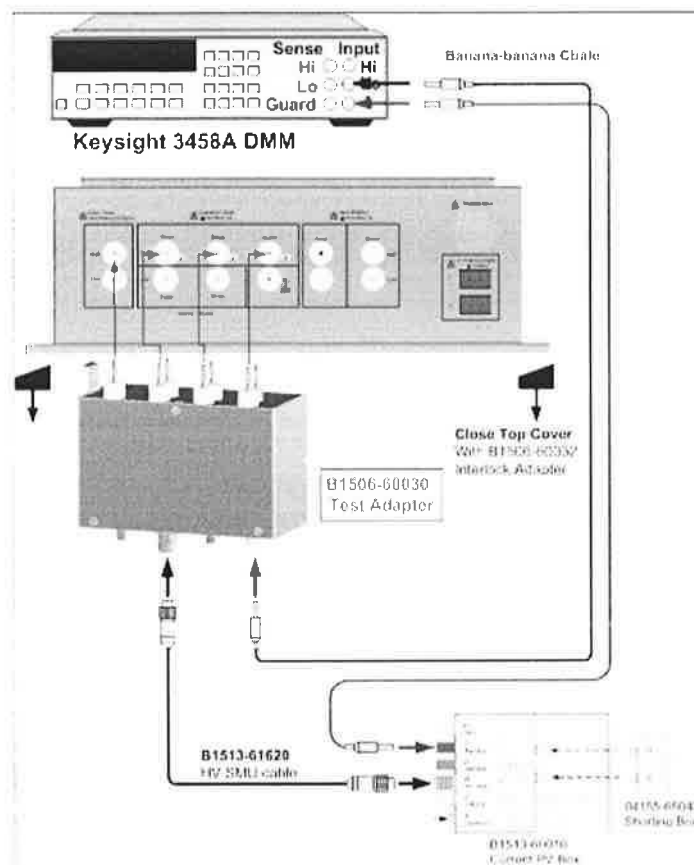


Рисунок 8 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HVSMU

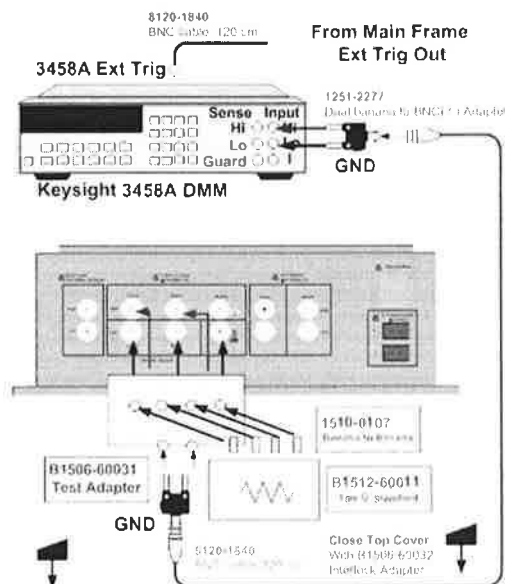


Рисунок 9 Схема соединения при измерении абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного модуля HCSMU (только опция B1506A-H21) 20 A

Абсолютную погрешность воспроизведения рассчитать по формуле (7):

$$\Delta I_{уст} = I_{уст} - U_{изм} / R, \quad (7)$$

Абсолютную погрешность измерения рассчитать по формуле (8):

$$\Delta I_{инд} = I_{инд} - U_{изм} / R, \quad (8)$$

где $I_{уст}$ – значение постоянного тока, установленное на выходе поверяемого модуля анализатора, А;

$I_{инд}$ – значение постоянного тока, измеренное анализатором, А;

$U_{изм}$ – показание мультиметра 3458А, В;

R – действительное значение сопротивления меры, Ом.

Результаты записать в таблицы 10- 13.

Таблица 10 – Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока модуля MPSMU

| Верхний предел поддиапазона | Поверяемые отметки | Результаты измерений | Абсолютная погрешность | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|---|---------------------------|
| 10 мкА | -10 мкА | | | 8 нА | |
| | -5 мкА | | | 5,5 нА | |
| | 5 мкА | | | 5,5 нА | |
| | 10 мкА | | | 8 нА | |
| 100 мкА | -100 мкА | | | 50 нА | |
| | -10 мкА | | | 18,5 нА | |
| | 10 мкА | | | 18,5 нА | |
| | 100 мкА | | | 50 нА | |
| 1 мА | -1 мА | | | 360 нА | |
| | -0,1 мА | | | 90 нА | |
| | 0,1 мА | | | 90 нА | |
| | 1 мА | | | 360 нА | |
| 10 мА | -10 мА | | | 5,5 мкА | |
| | -1 мА | | | 1,9 мкА | |
| | 1 мА | | | 1,9 мкА | |
| | 10 мА | | | 5,5 мкА | |
| 100 мА | -100 мА | | | 60 мкА | |
| | -10 мА | | | 19,5 мкА | |
| | 10 мА | | | 19,5 мкА | |
| | 100 мА | | | 60 мкА | |

Таблица 11 – Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока модуля MPSMU (АЦП высокого разрешения)

| Верхний предел поддиапазона | Поверяемые отметки | Результаты измерений | Абсолютная погрешность | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|---|---------------------------|
| 10 мкА | -10 мкА | | | 6 нА | |
| | -5 мкА | | | 4 нА | |
| | 5 мкА | | | 4 нА | |
| | 10 мкА | | | 6 нА | |
| 100 мкА | -100 мкА | | | 33 нА | |
| | -10 мкА | | | 6 нА | |
| | 10 мкА | | | 6 нА | |
| | 100 мкА | | | 33 нА | |
| 1 мА | -1 мА | | | 360 нА | |
| | -0,1 мА | | | 90 нА | |
| | 0,1 мА | | | 90 нА | |
| | 1 мА | | | 360 нА | |
| 10 мА | -10 мА | | | 3,2 мкА | |
| | -1 мА | | | 0,5 мкА | |
| | 1 мА | | | 0,5 мкА | |
| | 10 мА | | | 3,2 мкА | |
| 100 мА | -100 мА | | | 46 мкА | |

| | | | | | |
|--|--------|--|--|--------|--|
| | -10 мА | | | 10 мкА | |
| | 10 мА | | | 10 мкА | |
| | 100 мА | | | 46 мкА | |

Таблица 12 - Определение абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока модуля MPSMU (высокоскоростной АЦП)

| Верхний предел поддиапазона | Поверяемые отметки | Результаты измерений | Абсолютная погрешность | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|---|---------------------------|
| 10 мкА | -10 мкА | | | 7 нА | |
| | -5 мкА | | | 4,5 нА | |
| | 5 мкА | | | 4,5 нА | |
| | 10 мкА | | | 7 нА | |
| 100 мкА | -100 мкА | | | 70 нА | |
| | -10 мкА | | | 25 нА | |
| | 10 мкА | | | 25 нА | |
| | 100 мкА | | | 70 нА | |
| 1 мА | -1 мА | | | 600 нА | |
| | -0,1 мА | | | 240 нА | |
| | 0,1 мА | | | 240 нА | |
| | 1 мА | | | 600 нА | |
| 10 мА | -10 мА | | | 6 мкА | |
| | -1 мА | | | 2,4 мкА | |
| | 1 мА | | | 2,4 мкА | |
| | 10 мА | | | 6 мкА | |
| 100 мА | -100 мА | | | 120 мкА | |
| | -10 мА | | | 30 мкА | |
| | 10 мА | | | 30 мкА | |
| | 100 мА | | | 120 мкА | |

Таблица 13 - Определение диапазонов и абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля MCSMU

| Верхний предел поддиапазона | Поверяемые отметки | Показание анализатора, А | Результаты измерений, А | Абсолютная погрешность воспроизв., мА | Абсолютная погрешность измерения, мА | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ± | Заключение о соответствии |
|-----------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|
| 10 мкА | -10 мкА | | | | | 16 нА | |
| | -5 мкА | | | | | 13 нА | |
| | 5 мкА | | | | | 13 нА | |
| | 10 мкА | | | | | 16 нА | |
| 100 мкА | -100 мкА | | | | | 80 нА | |
| | -10 мкА | | | | | 26 нА | |
| | 10 мкА | | | | | 26 нА | |
| | 100 мкА | | | | | 80 нА | |
| 1 мА | -1 мА | | | | | 800 нА | |
| | -0,1 мА | | | | | 260 нА | |
| | 0,1 мА | | | | | 260 нА | |
| | 1 мА | | | | | 800 нА | |
| 10 мА | -10 мА | | | | | 8 мкА | |
| | -1 мА | | | | | 2,6 мкА | |
| | 1 мА | | | | | 2,6 мкА | |
| | 10 мА | | | | | 8 мкА | |
| 100 мА | -100 мА | | | | | 80 мкА | |
| | -10 мА | | | | | 26 мкА | |
| | 10 мА | | | | | 26 мкА | |
| | 100 мА | | | | | 80 мкА | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|--|--|--|--|--------|--|
| 1 А | -1 А | | | | | 4,2 мА | |
| | -0,1 А | | | | | 0,6 мА | |
| | 0,1 А | | | | | 0,6 мА | |
| | 1 А | | | | | 4,2 мА | |

5.3.2.3 Определение абсолютной погрешности воспроизведения силы постоянного тока модуля UNCU для исполнений Н50/Н51 в диапазоне от 20 до 500 А, для исполнений Н70/Н71 в диапазоне от 20 до 1500 А, проводить с помощью мультиметра 3458А и меры сопротивления по методике, изложенной выше.

Рассчитать абсолютную погрешность воспроизведения по формуле (7), абсолютную погрешность измерения по формуле (8).

Результаты испытаний записать в таблице 14.

Таблица 14 - Определение диапазонов и абсолютной погрешности воспроизведения и измерения силы тока модуля UNCU

| Верхний предел диапазона на измерений | Проверяемые отметки диапазона | Выходное напряжение V_0 , В | Показание анализатора, А | Результаты измерений, А | Абсолютная погрешность воспроизв., мА | Абсолютная погрешность измерения, мА | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm А | Заключение о соответствии |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|
| 500 А | 0 А | 0 | | | | | 0,3 | |
| | 40 А | 0,3 | | | | | 0,543 | |
| | 400 А | 3 | | | | | 2,73 | |
| | -0 А | 0 | | | | | 0,3 | |
| | -40 А | 0,3 | | | | | 0,543 | |
| | -400 А | 3 | | | | | 2,73 | |
| 1500 А | 0 А | 0 | | | | | 0,9 | |
| | 120 А | 1 | | | | | 1,88 | |
| | 1200 А | 10 | | | | | 10,7 | |
| | -0 | 0 | | | | | 0,9 | |
| | -120 А | 1 | | | | | 1,88 | |
| | -1200 А | 10 | | | | | 10,7 | |

Таблица 15 - Определение диапазонов и абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля HVSMU

| Верхний предел поддиапазона | Проверяемые отметки | Показание анализатора, А | Результаты измерений, А | Абсолютная погрешность воспроизв., мА | Абсолютная погрешность измерения, мА | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm | Заклучение о соответствии |
|-----------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------|
| 100 мкА | 100 мкА | | | | | $(0,03 + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| 1 мА | 1 мА | | | | | $(0,03 + 6 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| 10 мА | 10 мА | | | | | $(0,03 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |

Таблица 16 – Определение абсолютной погрешности измерений/воспроизведения силы постоянного тока модуля HCSMU (только для опции В1506А-Н21)

| Верхний предел диапазона измерений | Проверяемые отметки диапазона | Показание анализатора, А | Результаты измерений, А | Абсолютная погрешность воспроизв., мА | Абсолютная погрешность измерения, мА | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, \pm А | Заклучение о соответствии |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|
| | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------|----------|--|--|--|--|--|--|
| 10 мкА | -10 мкА | | | | | $(0,06 + 1 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| | 0 мкА | | | | | $(0,06 + 1 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| | 10 мкА | | | | | $(0,06 + 1 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| 100 мкА | -100 мкА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| | 0 мкА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| | 100 мкА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 3 \cdot 10^{-9})$ | |
| 1 мА | -1 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-8})$ | |
| | 0 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-8})$ | |
| | 1 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-8})$ | |
| 10 мА | -10 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$ | |
| | 0 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$ | |
| | 10 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-7})$ | |
| 100 мА | -100 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-6})$ | |
| | 0 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-6})$ | |
| | 100 мА | | | | | $(0,06 + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-6})$ | |
| 1 А | -1 А | | | | | $(0,4 + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-5})$ | |
| | 0 А | | | | | $(0,4 + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-5})$ | |
| | 1 А | | | | | $(0,4 + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-5})$ | |
| 20 А | -20 А | | | | | $(0,4 + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-4})$ | |
| | 0 А | | | | | $(0,4 + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-4})$ | |
| | 20 А | | | | | $(0,4 + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 1 \cdot 10^{-4})$ | |

Результаты испытаний считать положительными, если в диапазоне измерений/воспроизведения силы постоянного тока значения абсолютной погрешности находятся в допустимых пределах. В противном случае анализатор бракуется.

5.3.3 Определение относительной погрешности измерений ёмкости модуля МФСМУ

Проверку проводить с помощью наборов мер электрической ёмкости – рабочих эталонов 2 или 3 разряда номинальных значений 1 пФ, 10 пФ, 100 пФ, 1 нФ, 10 нФ, 100 нФ, 1 мкФ методом прямых измерений.

Необходимо закрыть измерительное приложение Easy Test Navigator и открыть измерительную оболочку Easy Expert. Отключить от модуля MFCMU все кабели. Меры ёмкости подключать непосредственно к измерительному модулю.

В рабочем поле программы Easy Expert выбрать вкладку Classic Test. Подготовить измерительную программу в соответствии с РЭ.

Занести измеренное значение ёмкости со смещением равным 0 В в таблицу 17.

Относительную погрешность измерений рассчитать по формуле (9):

$$\delta C = \frac{C_{изм} - C_э}{C_э} \times 100 \%, \quad (9)$$

где $C_{изм}$ - результат измерений, Ф,

$C_э$ - действительное значение электрической ёмкости рабочего эталона, Ф.

Результаты измерений записать в таблицу 17.

Таблица 17 – Определение относительной погрешности измерения электрической ёмкости.

| Частота тестового сигнала | Действительные значения ёмкости рабочего эталона | Результаты измерений | Относительная погрешность измерений, % | Допускаемая относительная погрешность измерений, ±, % | Заключение о соответствии |
|---------------------------|--|----------------------|--|---|---------------------------|
| 1 МГц | 1 пФ | | | 0,26 | |
| | 10 пФ | | | 0,11 | |
| | 100 пФ | | | 0,10 | |
| | 1 нФ | | | 0,10 | |
| 100 кГц | 10 пФ | | | 0,18 | |
| | 100 пФ | | | 0,11 | |
| | 1 нФ | | | 0,10 | |
| | 10 нФ | | | 0,10 | |
| 10 кГц | 100 пФ | | | 0,18 | |
| | 1 нФ | | | 0,11 | |
| | 10 нФ | | | 0,10 | |
| | 100 нФ | | | 0,10 | |
| 1 кГц | 1 мкФ | | | 0,10 | |
| | 100 пФ | | | 0,18 | |
| | 1 нФ | | | 0,11 | |
| | 10 нФ | | | 0,10 | |
| 1 кГц | 100 нФ | | | 0,10 | |
| | 1 мкФ | | | 0,10 | |

Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности находятся в допустимых пределах, приведенным в таблице 17. В противном случае анализатор бракуется.

5.3.4 Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала при измерении электрической ёмкости.

Измерение частоты тестового сигнала проводить методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-91 при установленных частотах тестового сигнала в соответствии с таблицей 18. Результаты измерений частоты тестового сигнала занести в таблицу 18.

Рассчитать относительную погрешность установки частоты тестового сигнала по формуле (10)

$$\delta f = ((f_{уст} - f_{изм}) / f_{изм}) \cdot 100 \% \quad (10),$$

Где $f_{уст}$ – установленное на анализаторе значение частоты тестового сигнала,
 $f_{изм}$ – измеренное частотомером значение частоты тестового сигнала

Таблица 18. Определение относительной погрешности установки частоты тестового сигнала при измерении электрической емкости.

| Установленная частота тестового сигнала | Результаты измерений | Относительная погрешность измерений, % | Допускаемая относительная погрешность измерений, ±, % | Заключение о соответствии |
|---|----------------------|--|---|---------------------------|
| 1 кГц | | | 0,008 | |
| 10 кГц | | | 0,008 | |
| 100 кГц | | | 0,008 | |
| 1 МГц | | | 0,008 | |
| 5 МГц | | | 0,008 | |

Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности установки частоты тестового сигнала находятся в допускаемых пределах, приведенных в таблице 18

5.4 Подтверждение соответствия программного обеспечения

5.4.1 Сравнить отображаемый на экране анализатора номер версии программного обеспечения с идентификационными данными, приведенными в таблице 19.

Таблица 19 - Идентификационные данные программного обеспечения

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|---|---------------------|
| Идентификационное наименование ПО | Easy Test Navigator |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | |
| Цифровой идентификатор ПО | |
| Идентификационное наименование ПО | Easy EXPERT |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | |
| Цифровой идентификатор ПО | |

Результаты поверки положительные, если идентификационные данные совпадают с данными таблицы 19.

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке установленного образца в установленном порядке.

6.2 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности с указанием причины непригодности.

6.3 Знак поверки наносится на боковую поверхность анализатора см ОТ и (или) на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

6.4. По согласованию с заказчиком допускается проводить поверку не по всем режимам (диапазнам) измерений с соответствующей записью в свидетельстве о поверке.

Начальник лаборатории 610



С.В. Шерстобитов

**НАУЧНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
ГРУППА КОМПАНИЙ