

Модули электронной калибровки (ECal) для векторных анализаторов цепей

Серия N755xA, двухпортовые экономичные модули электронной калибровки ECal

Серия 8509xС, двухпортовые ВЧ-модули ECal

Серия N469xD, двухпортовые СВЧ-модули ECal

Серия N443xD, четырехпортовые модули ECal

Серия N443xA/B, четырехпортовые модули ECal



Модули электронной калибровки (ECal) Keysight

В данном техническом обзоре описываются преимущества модулей электронной калибровки (ECal) для векторных анализаторов цепей Keysight.

Двухпортовые экономичные модули ECal серии N755xA



- N7550A от 0 до 4 ГГц
- N7551A от 0 до 6,5 ГГц
- N7552A от 0 до 9 ГГц
- N7553A от 0 до 14 ГГц
- N7554A от 0 до 18 ГГц
- N7555A от 0 до 26,5 ГГц

Двухпортовые ВЧ-модули ECal серии 8509xC



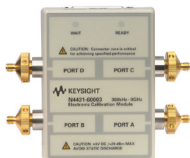
- 85091C от 300 кГц до 9 ГГц
- 85092C от 300 кГц до 9 ГГц
- 85093C от 300 кГц до 9 ГГц
- 85096C от 300 кГц до 3 ГГц
- 85098C от 300 кГц до 7,5 ГГц
- 85099C от 300 кГц до 3 ГГц

Двухпортовые СВЧ-модули ECal серии N469xD



- N4690D от 0/300 кГц до 18 ГГц
- N4691D от 0/300 кГц до 26,5 ГГц
- N4692D от 0/10 МГц до 40 ГГц
- N4693D от 0/10 МГц до 50 ГГц
- N4694D от 0/10 МГц до 67 ГГц
- N4696D от 0/300 кГц до 18 ГГц

Четырехпортовые модули ECal серии N443xA/B



- N4431B от 9 кГц до 13,5 ГГц
- N4432A от 300 кГц до 18 ГГц
- N4433A от 300 кГц до 20 ГГц

Четырехпортовые модули ECal серии N443xD



- N4431D от 0 до 13,5 ГГц
- N4432D от 0/300 кГц до 18 ГГц
- N4433D от 0/300 кГц до 26,5 ГГц

Модули электронной калибровки (ECal) Keysight гарантируют быстрые, точные и достоверные измерения

Модули электронной калибровки (ECal) компании Keysight позволяют выполнить калибровку векторных анализаторов цепей всего за одно подключение. Модули ECal представляют собой современные твердотельные устройства с программируемыми состояниями импеданса с высокой степенью воспроизводимости и возможностью прослеживания к эталонам Национального метрологического института. Управление модулями ECal осуществляется непосредственно с анализаторов цепей Keysight; внешний ПК не требуется. Электронная калибровка приходит на смену традиционным методам калибровки с применением механических мер; она позволяет получать стабильные результаты и исключить ошибки оператора, а также обеспечивает удобство и простоту процедур калибровки.

Основные характеристики

Модули ECal позволяют ускорить, упростить и повысить точность калибровки векторных анализаторов цепей. Благодаря этим функциональным возможностям модули ECal становятся идеальным решением для калибровки широкого спектра векторных анализаторов цепей компании Keysight, включая анализаторы серий PNA, ENA, векторные анализаторы в формате PXI, анализаторы FieldFox и векторные анализаторы с шиной USB.

- Эффективная единая мера для калибровки
- Высокоточные меры для передачи размера единицы физической величины
- Широкий выбор решений
- Широкий диапазон частот вплоть до постоянного тока
- Поддержка признанными векторными анализаторами цепей Keysight
- Модуль ECal с применением пользовательского определения характеристик



Эффективная единая мера для калибровки

При использовании традиционных наборов механических мер для проведения калибровки обычно требуется выполнить несколько подключений к измерительным портам. Это повышает риск возникновения ошибок вследствие неверных действий оператора. При использовании модулей ECal полная калибровка может быть выполнена с помощью всего лишь одного подключения к модулю ECal при минимальном участии оператора. Сократив необходимое для калибровки количество подключений, вы сможете:

- Ускорить калибровку и процесс измерений в целом;
- Снизить вероятность ошибок оператора для улучшения воспроизводимости результатов калибровки;
- Замедлить износ соединителей и сократить затраты на ремонт измерительных портов и калибровочных мер.

Высокоточные меры для передачи размера единицы физической величины

Модули ECal представляют собой меры для передачи размера единицы физической величины, с помощью которых точность заводской калибровки может передаваться векторным анализаторам цепей. Точность результатов, получаемых с помощью модулей ECal, ограничивается лишь точностью измерений при первоначальной калибровке и характеристиками измерительной установки, используемой для измерения мер импеданса в модуле ECal. Характеристики этих модулей определяются компанией Keysight с помощью высокоточных методов калибровки (с точностью, близкой к TRL-калибровке, что ограничивает погрешность в связи с неопределенностью), прослеживаемых до Национального метрологического института NIST (www.keysight.com/find/NMI), присоединившегося к Соглашению о взаимном признании Международного комитета мер и весов. В памяти каждого модуля хранятся уникальные данные S-параметров. В процессе калибровки модуль ECal использует эти данные для расчета составляющих погрешности векторных анализаторов цепей. Все результаты измерений встраиваемых и невстраиваемых устройств прослеживаются к мерам NMI.

Если требуется повышенная точность и достоверность измерений, обратите внимание на модули ECal серий N443xD и N469xD.

Широкий выбор решений

Компания Keysight предлагает широкий выбор модулей ECal: помимо модулей ECal экономической серии, в нашем ассортименте имеются модули с различными диапазонами частот, различным числом портов, типами соединителей и производительностью.

В то время как модули ECal серии N755xA обеспечивают хорошее соотношение цена/качество, модули серии N469xD позволяют достичь более точных результатов калибровки анализаторов цепей серий PNA-X и PNA при частоте вплоть до 67 ГГц. Четырехпортовые модули серии N443xA/B/D рекомендуются для полной четырехпортовой калибровки векторных анализаторов цепей серий PNA и ENA, а также ВАЦ в формате PXI. Также с использованием любых модулей ECal компании Keysight возможно проведение многопортовой калибровки ($n > 4$).

Большинство ВЧ- и СВЧ-компонентов оснащено соединителями, не позволяющими подключить их напрямую; например, у них могут быть соединители типа «розетка» на обоих портах. Самый простой и быстрый способ калибровки невстраиваемых устройств состоит в использовании модуля ECal с соединителями, тип которых соответствует соединителям на вашем устройстве. Все двухпортовые модули ECal поддерживают смешанные варианты соединителей в рамках семейства: соединители вилка-вилка, розетка-розетка и вилка-розетка для одного типа соединителя. Вы можете заказать модуль ECal с соединителями, которые соответствуют вашему встраиваемому или невстраиваемому испытываемому устройству.

Keysight предлагает широкий выбор соединителей: тип N 50 Ом, тип N 75 Ом, тип F 75 Ом, соединители 7-16, 7 мм, 3,5 мм, 2,92 мм, 2,4 мм и 1,85 мм. Для измерений параметров устройств с различными соединителями возможно сочетание различных типов соединителей на двухпортовых модулях ECal, таких как 85092C, 85093C или 85098C. Комбинации соединителей могут состоять из розеток или вилок тип N 50 Ом, 3,5 мм или 7-16. Опции со смешанными соединителями также предлагаются для четырехпортовых модулей ECal N443xA/B/D. Появилась новая опция для соединителей 4.3-10, которая доступна только с моделью N4431D.

Широкий диапазон частот вплоть до постоянного тока

При решении некоторых задач, например в ходе моделирования широкополосных устройств, необходимо измерять S-параметры в широком диапазоне частот. Традиционно для калибровки в диапазонах низких частот, близких к постоянному току, используются механические калибровочные комплекты. В модулях ECal серии N469xD и N443xD предлагается опция ODC, которая позволяет расширить диапазон частот калибровки до постоянного тока, что дает возможность выполнять калибровку в более широком диапазоне частот от 0 до 67 ГГц без необходимости выполнения многочисленных переключений в процессе калибровки.

Кроме того, опция постоянного тока (DC) для модулей N469xD и N443xD обеспечивает лучшие рабочие характеристики в диапазоне низких частот (ниже 500 МГц), что очень важно для точного анализа целостности сигналов высокоскоростных цифровых устройств во временной области. Опция DC рекомендуется для калибровки с улучшенным анализом во временной области (TDR) на анализаторах цепей Keysight.

Поддержка признанными векторными анализаторами цепей Keysight

Модули ECal поддерживаются новейшими моделями векторных анализаторов цепей Keysight. Просто подключите модуль ECal к USB-порту на анализаторе, а все остальное сделает микропрограммное обеспечение анализатора. Подключение модуля ECal автоматически определяется микропрограммным обеспечением, а управление калибровкой может осуществляться с помощью клавиш на передней панели векторного анализатора цепей. Применение одних и тех же методов калибровки со всеми модулями ECal обеспечивает получение стабильных результатов измерений на различных векторных анализаторах цепей Keysight.

Более подробные сведения о поддержке модулей ECal для векторных анализаторов цепей Keysight смотрите в таблице совместимости с векторными анализаторами цепей.

Изготовленные на заказ модули ECal с применением пользовательского определения характеристик

Если вы хотели бы воспользоваться преимуществами быстродействия и удобства модулей ECal с опцией соединителей, которая не предлагается компанией Keysight, этого можно добиться путем изменения характеристик вашего модуля ECal. Эта функциональная возможность может использоваться для выполнения калибровки с разными типами соединителей, волноводов и оснастки. Пользовательское определение характеристик позволяет добавить переход или оснастку к измерительному порту модуля и учесть его влияние в характеристиках модуля. В результате в полученном новом описании характеристик опорная плоскость сместится с одного или нескольких измерительных портов модуля к портам перехода или оснастки. Процесс пользовательского определения характеристик состоит из трех простых шагов:

1. Калибровка анализатора для желаемой конфигурации соединителей.
2. Определение характеристик мер импеданса модуля ECal с переходами в случае необходимости.
3. Передача данных во флеш-память модуля.

После выполнения этих шагов модуль ECal, охарактеризованный пользователем, может использоваться на любом из векторных анализаторов цепей Keysight. При калибровке оператор может выбрать заводское описание характеристик (заводские данные) или любое из заданных пользователем описаний характеристик, сохраненное в модуле.

Информация для заказа

Выберите модуль ECal на основе требуемого типа соединителей и частотного диапазона вашего векторного анализатора цепей.

Модули ECal

Номер модели	Типы соединителей	Диапазон частот
Двухпортовые экономичные модули ECal серии N755xA		
N7550A	3,5 мм или тип N 50 Ом	от 0 до 4 ГГц
N7551A	3,5 мм или тип N 50 Ом	от 0 до 6,5 ГГц
N7552A	3,5 мм или тип N 50 Ом	от 0 до 9 ГГц
N7553A	3,5 мм или тип N 50 Ом	от 0 до 14 ГГц
N7554A	3,5 мм или тип N 50 Ом	от 0 до 18 ГГц
N7555A	3,5 мм	от 0 до 26,5 ГГц
Двухпортовые ВЧ-модули ECal серии 8509xC		
85091C	7 мм	от 300 кГц до 9 ГГц
85092C	Порт А: тип N 50 Ом Порт В: тип N 50 Ом или 3,5 мм или 7-16	от 300 кГц до 9 ГГц или от 300 кГц до 7,5 ГГц (с опцией соединителя 7-16)
85093C	Порт А: 3,5 мм Порт В: 3,5 мм или тип N 50 Ом или 7-16	от 300 кГц до 9 ГГц или от 300 кГц до 7,5 ГГц (с опцией соединителя 7-16)
85096C	Тип N 75 Ом	от 300 кГц до 3 ГГц
85098C	Порт А: 7-16 Порт В: 7-16 или 3,5 мм или тип N 50 Ом	от 300 кГц до 7,5 ГГц
85099C	Тип F, 75 Ом	от 300 кГц до 3 ГГц
Четырехпортовые модули ECal серии N443xD		
N4431D	3,5 мм или тип N 50 Ом или 7-16 или 4.3-10 или соединители смешанного типа	от 0 до 13,5 ГГц или от 0 до 7,5 ГГц (с опциями соединителей 7-16) или от 0 до 12 ГГц (с опциями соединителей 4.3-10)
N4432D	Тип N 50 Ом или 3,5 мм или соединители смешанного типа	от 0/300 кГц до 18 ГГц
N4433D	3,5 мм	от 0 или 300 кГц до 26,5 ГГц
Четырехпортовые модули ECal серии N443xA/B		
N4431B	3,5 мм или тип N 50 Ом или 7-16 или соединители смешанного типа	от 9 кГц до 13,5 ГГц или от 9 кГц до 7,5 ГГц (с опциями соединителей 7-16)
N4432A	Тип N 50 Ом или 3,5 мм или соединители смешанного типа	от 300 кГц до 18 ГГц
N4433A	3,5 мм	от 300 кГц до 20 ГГц
Двухпортовые СВЧ-модули ECal серии N469xD		
N4690D	Тип N 50 Ом	от 0 или 300 кГц до 18 ГГц
N4691D	3,5 мм	от 0 или 300 кГц до 26,5 ГГц
N4692D	2,92 мм	от 0 или 10 МГц до 40 ГГц
N4693D	2,4 мм	от 0 или 10 МГц до 50 ГГц
N4694D	1,85 мм	от 0 или 10 МГц до 67 ГГц
N4696D	7 мм	от 0 или 300 кГц до 18 ГГц

Опции соединителей

Двухпортовые модули ECal

Все двухпортовые модули ECal компании Keysight поддерживают смешанные варианты соединителей в рамках семейства: соединители вилка-вилка, розетка-розетка и вилка-розетка для одного типа соединителя.

Описание	Для серии N755xA	Для серии 8509xC	Для серии N469xD
1 розетка и 1 вилка	NMF (тип N 50 Ом) 3MF (3,5 мм)	M0F	M0F
Оба соединителя – розетки	NFF (тип N 50 Ом) 3FF (3,5 мм)	00F	F0F
Оба соединителя – вилки	NMM (тип N 50 Ом) 3MM (3,5 мм)	00M	M0M

Для этих двухпортовых модулей ECal имеются дополнительные опции соединителей смешанного типа

Номер модели	Тип соединителя	Опция порта A Розетка	Вилка	Тип соединителя	Опция порта B Розетка	Вилка
85092C	Тип N 50 Ом	103	104	3,5 мм 7-16	201 205	202 206
85093C	3,5 мм	101	102	Тип N 50 Ом 7-16	203 205	204 206
85098C	7-16	105	106	3,5 мм Тип N 50 Ом	201 203	202 204

Четырехпортовые модули ECal

N44331B/D

Тип соединителя	Опция порта A	Опция порта B	Опция порта C	Опция порта D
Четыре розетки 3,5 мм			010	
Четыре розетки тип N 50 Ом			020	
3,5 мм (розетка)	101	201	301	401
3,5 мм (вилка)	102	202	302	402
Тип N 50 Ом (розетка)	103	203	303	403
Тип N 50 Ом (вилка)	104	204	304	404
7-16 (розетка)	105	205	305	405
7-16 (вилка)	106	206	306	406
4.3-10 (розетка) ¹	107	207	307	407
4.3-10 (вилка) ¹	108	208	308	408

1. Доступно только для N4431D

N4432A/D

Тип соединителя	Опция порта A	Опция порта B	Опция порта C	Опция порта D
Четыре розетки тип N 50 Ом			020	
3,5 мм (розетка)	101	201	301	401
3,5 мм (вилка)	102	202	302	402
Тип N 50 Ом (розетка)	103	203	303	403
Тип N 50 Ом (вилка)	104	204	304	404

N4433A/D

Тип соединителя	Опция порта A	Опция порта B	Опция порта C	Опция порта D
3,5 мм (розетка)	101	201	301	401
3,5 мм (вилка)	102	202	302	402
Четыре розетки 3,5 мм			010	

Опции низких частот

Для расширения диапазона в область низких частот выберите соответствующую опцию.

Номер опции	Описание	Дополнительная информация
Измерительные принадлежности		
Опция 0DC	Частотный диапазон от 0 Гц	Только для модулей ECal серий N469xD и N4432/3D.
Опция 003	Частотный диапазон от 300 кГц	Только для модулей ECal серий N4690D, N4691D, N4696D, N4432D, N4433D.
Опция 100	Частотный диапазон от 10 МГц	Только для модулей ECal серий N4692D, N4693D, N4694D.

Измерительные принадлежности и опции калибровки

Номер опции	Описание	Дополнительная информация
Измерительные принадлежности		
Опция 00A	Добавление переходов вилка-вилка и розетка-розетка	Недоступно для серии N755xA и модулей ECal с соединителями 7 мм (кроме N4696D).
Документация по калибровке		
Опция 1A7	Проведение калибровки с указанием неопределенностей и доверительного интервала (не в соответствии со стандартом 17025-2017)	
Опция A6J	Калибровка в соответствии с требованиями стандарта ANSI Z540-1-1994	
Опция UK6	Сертификат коммерческой калибровки с данными испытаний	

Таблица совместимости с векторными анализаторами цепей (ВАЦ)

Серия ВАЦ	Модели ВАЦ	Серия N755xA	Серия 8509xC	Серия N469xD	Серия N443xA/B	Серия N443xD ⁴	Требуемая версия микропрограммного обеспечения ВАЦ ¹
Серия PNA	N523xB, N522xB, N524xB	Да	Да	Да	Да	Да	A.12.85.00 или выше для N469xD и N443xD.
	N523xA, N522xA, N524xA	Да	Да	Да	Да	Да	A.10.49.07 или выше для N755xA A.10.60.04 или выше для N469xD и N443xD.
Серия ENA	E5080B	Да	Да	Да	Да	Да	Без ограничений по версиям микропрограммного обеспечения.
	E5080A	Да	Да	Да	Да	Да	A.12.55.05 или выше для N755xA и N4433xD. A.12.60.0x или выше для N469xD.
	E5071C ⁵	Да	Да	Да ²	Да	Да	B.13.29 или выше для N755xA. B.14.0x или выше для N469xD.
	E5072A ⁶	Да	Да	Да ²	Да	Да	B.02.39 или выше для N755xA. B.02.4x или выше для N469xD.
	E5061B ⁵	Да	Да	Да ²	Да	Да	B.04.86 или выше для N755xA. B.05.00 или выше для N469xD.
	E5063A ⁶	Да	Да	Да ²	Да	Да	A.03.72 или выше для N755xA. A.05.04 или выше для N469xD.
ВАЦ серии Streamline с шиной USB	P500xA, P502xA	Да	Да	Да	Да	Да	Без ограничений по версиям микропрограммного обеспечения.
	P937xA	Да	Да	Да	Да	Да	Без ограничений по версиям микропрограммного обеспечения.
ВАЦ в формате PXI	M980xA	Да	Да	Да	Да	Да	Без ограничений по версиям микропрограммного обеспечения.
	M937xA, M9485A	Да	Да	Да	Да	Да	A.03.10 или выше для N755xA. A.12.60.0x или выше для N469xD. A.10.55.07 или выше для N443xD.
FieldFox ³	N9923A/5/6/7/8A N9913/4/5/6/7/8A N9950/51A, N9925/6/7/8, N9950/1/2	Да	Да	Да	Да	Да	Для N755xA и N469xD требуется FieldFox с новым ЦПУ (CPU2). Совместимые портативные приборы FieldFox должны иметь версию микропрограммного обеспечения не ниже A.10.2x (блоки CPU2) и не ниже A.08.19 (блоки CPU1). Анализатор FieldFox N9912A не поддерживает ECal.

1. Для работы ECal серий 8509xC и N443xA/B нет ограничений по версиям микропрограммного обеспечения VNA.

2. Серии N4693D и N4694D не поддерживаются анализаторами цепей серий E5071C, E5072A, E5061B и E5063A.

3. Анализатор FieldFox N9912A не поддерживает ECal.

4. N443xD поддерживает любые концентраторы, совместимые с USB 2.0. Обмен данными возможен на высокой скорости (480 Мбит/с) и полной скорости (12 Мбит/с).

5. Не поддерживает четырехпортовую модель eCal N4433D.

Уровень входной мощности

Прежде чем выполнить калибровку, убедитесь, что уровни входной мощности и постоянного тока не превышают значений, указанных в таблице ниже.

Предельные значения входной мощности

Параметр	Номер модели модуля ECal				
	8509x	N4431B	N4432/3A и N443xD	N755xA	N469x
Типовое максимально допустимое значение входной мощности	+9,0 дБм	+7,0 дБм	-7,0 дБм	-15 дБм	-5,0 дБм
Типовое максимально допустимое значение уровня постоянного тока, подаваемого на измерительный порт	±20 В	±3 В	±3 В	0 В	±10 В
Типовой уровень повреждений	+20,0 дБм	+20,0 дБм	+20,0 дБм	+10,0 дБм	+10,0 дБм

Диапазон рабочих температур

Для обеспечения нормируемых рабочих характеристик температура модуля ECal должна находиться в следующем диапазоне.

- Серия 8509x: от +20 до +30°C
- Серия N443xD: от +20 до +26°C и при относительной влажности до 95% при 40°C, без конденсации
- Серия N443xA/B: от +20 до +30°C
- Серия N469x: от +20 до +26°C
- Серия N755xA: от +15 до +35°C и при относительной влажности до 75%

Типовые характеристики

Типовые характеристики ВЧ- и СВЧ-модулей ECal приведены в таблицах ниже; данные значения не гарантируются, и их демонстрирует большинство модулей.

Серия 8509x

Параметр	Диапазон частот				
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 9 ГГц
Направленность (дБ)	45	52	52	50	45
Согласование источника (дБ)	36	45	44	41	34
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,1	0,04	0,04	0,07	0,1
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,08	0,05	0,05	0,07	0,15
Согласование нагрузки (дБ) ²	40	46	45	43	38

Параметр	Диапазон частот				
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 9 ГГц
Направленность (дБ)	45	52	52	49	45
Согласование источника (дБ)	36	45	44	41	36
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,1	0,04	0,04	0,06	0,07
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,12	0,05	0,06	0,11	0,17
Согласование нагрузки (дБ) ²	36	41	45	40	37

1. Если прилагаемая мощность превышает +9 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.

2. Значения приведены для анализатора цепей N5231A с опцией 200.

85093C (3,5 мм) ¹	Диапазон частот				
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 9 ГГц
Направленность (дБ)	45	52	52	50	47
Согласование источника (дБ)	36	44	44	39	34
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,1	0,03	0,04	0,05	0,07
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,13	0,05	0,05	0,10	0,16
Согласование нагрузки (дБ) ²	36	42	45	42	39

1. Если прилагаемая мощность превышает +9 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
2. Значения приведены для анализатора цепей N5231A с опцией 200.

85096C (тип N 75 Ом) ¹	Диапазон частот			
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 300 МГц	от 300 МГц до 1,3 ГГц	от 1,3 ГГц до 3 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	48	43
Согласование источника (дБ)	36	48	45	38
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,06	0,10
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,13	0,05	0,06	0,10
Согласование нагрузки (дБ) ²	36	42	41	37

1. Если прилагаемая мощность превышает +9 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
2. Значения приведены для анализатора цепей E5061B с опцией 237.

85098C (7-16) ¹	Диапазон частот				
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 7,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	47	47	46	45
Согласование источника (дБ)	36	43	46	38	37
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,03	0,05	0,06
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,13	0,06	0,07	0,12	0,14
Согласование нагрузки (дБ) ²	36	40	38	36	34

1. Если прилагаемая мощность превышает +9 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
2. Значения приведены для анализатора цепей N5231A с опцией 200.

85099C (тип F) ^{1,2}	Диапазон частот			
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 300 МГц	от 300 МГц до 1,3 ГГц	от 1,3 ГГц до 3 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	48	43
Согласование источника (дБ)	36	48	45	38
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,07	0,15
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,13	0,05	0,07	0,11
Согласование нагрузки (дБ) ³	36	42	41	36

1. При стыковке с вилочными частями соединителей с диаметром контактов от 0,77 мм (0,030 дюйма) до 0,85 мм (0,034 дюйма).
2. Если прилагаемая мощность превышает +9 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
3. Значения приведены для анализатора цепей E5061B с опцией 237.

N4431B (3,5 мм)

Типовые характеристики, приведенные в следующей таблице, относятся к N4431B с опцией 010 (соединители 3,5 мм типа «розетка» на всех портах). Приведенные данные соответствуют характеристикам при измерении «прямого соединения» A-B, C-D, A-D и B-C.

N4431B с опцией 010 ¹	Диапазон частот						
	от 9 кГц ² до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 8 ГГц	от 8 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	53	52	48	46	44	40
Согласование источника (дБ)	36	50	47	45	44	43	32
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,10
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,10	0,04	0,06	0,12	0,16	0,17	0,44
Согласование нагрузки (дБ) ³	39	45	45	40	38	36	32

Типовые характеристики, приведенные в следующей таблице, относятся к N4431B с опцией 010 (соединители 3,5 мм типа «розетка» на всех портах). Приведенные данные соответствуют характеристикам при измерении «прямого соединения» A-C и B-D.

N4431B с опцией 010 ¹	Диапазон частот						
	от 9 кГц ² до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 8 ГГц	от 8 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	53	52	48	46	44	40
Согласование источника (дБ)	36	50	47	45	44	43	32
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,10
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,10	0,04	0,06	0,11	0,14	0,15	0,30
Согласование нагрузки (дБ) ³	38	45	45	40	38	36	32

1. Если прилагаемая мощность превышает +7 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
2. Характеристика от 9 до 300 кГц действительна только для анализатора цепей E5071C ENA с версией встроенного ПО A.09.10 или выше.
3. Значения приведены для анализатора цепей N5231A с опцией 400.

N4431B (тип N 50 Ом)

Типовые характеристики, приведенные в следующей таблице, относятся к N4431B с опцией 020 (соединители типа N «розетка» на всех портах). Приведенные данные соответствуют характеристикам при измерении «прямого соединения» A-B, C-D, A-D и B-C.

N4431B с опцией 020 ¹	Диапазон частот						
	от 9 кГц ² до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 8 ГГц	от 8 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	53	52	46	44	42	38
Согласование источника (дБ)	36	47	43	42	40	39	31
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,11
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,10	0,04	0,07	0,12	0,16	0,18	0,45
Согласование нагрузки (дБ) ³	39	45	44	39	37	35	31

Типовые характеристики, приведенные в следующей таблице, относятся к N4431B с опцией 020 (соединители типа N «розетка» на всех портах). Приведенные данные соответствуют характеристикам при измерении «прямого соединения» A-C и B-D.

N4431B с опцией 010 ¹	Диапазон частот						
	от 9 кГц ² до 10 МГц	от 10 МГц до 1 ГГц	от 1 ГГц до 3 ГГц	от 3 ГГц до 6 ГГц	от 6 ГГц до 8 ГГц	от 8 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	53	52	46	44	42	38
Согласование источника (дБ)	36	47	43	42	40	39	31
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,11
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,10	0,04	0,06	0,11	0,14	0,15	0,31
Согласование нагрузки (дБ) ³	39	45	44	39	37	35	31

1. Если прилагаемая мощность превышает +7 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
2. Характеристика от 9 до 300 кГц действительна только для анализатора цепей E5071C ENA с версией встроенного ПО A.09.10 или выше.
3. Значения приведены для анализатора цепей N5231A с опцией 400.

N4432A (тип N 50 Ом)

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal N4432A с опцией 020 (соединители тип N «розетка» на всех портах).

N4432A с опцией 020 ¹	Диапазон частот				
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц	от 13,5 ГГц до 18 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	47	41	40
Согласование источника (дБ)	35	41	37	34	34
Неравномерность коэффициента отражения (\pm дБ)	0,10	0,06	0,10	0,15	0,14
Неравномерность коэффициента передачи (\pm дБ) ²	0,18	0,05	0,10	0,17	0,21
Согласование нагрузки (дБ) ²	35	42	39	35	33

N4433A (3,5 мм)

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal N4433A с опцией 010 (соединители 3,5 мм типа «розетка» на всех портах).

N4433A с опцией 010 ¹	Диапазон частот				
	от 300 кГц до 10 МГц	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц	от 13,5 ГГц до 20 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	47	45	40
Согласование источника (дБ)	36	42	39	37	31
Неравномерность коэффициента отражения (\pm дБ)	0,10	0,06	0,09	0,10	0,18
Неравномерность коэффициента передачи (\pm дБ) ²	0,18	0,06	0,09	0,12	0,23
Согласование нагрузки (дБ) ²	35	42	39	38	32

1. Если прилагаемая мощность превышает -7 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в данной таблице.

2. Значения приведены для анализатора цепей N5232A с опцией 400.

Серия N755xA (3,5 мм)

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулям ECal серии N755xA с опцией 3MF, 3MM или 3FF (соединители 3,5 мм).

N755xA (3,5 мм) ¹	Диапазон частот						
	от 0 до 500 МГц	от 500 МГц до 4 ГГц	от 4 до 6,5 ГГц	от 6,5 до 9 ГГц	от 9 до 14 ГГц	от 14 до 18 ГГц	от 18 до 26,5 ГГц
Направленность (дБ)	42	36	36	36	36	36	36
Согласование источника (дБ)	37	30	30	30	28	28	27
Неравномерность коэффициента отражения (\pm дБ)	0,13	0,13	0,18	0,18	0,25	0,25	0,30
Неравномерность коэффициента передачи (\pm дБ) ²	0,15	0,16	0,22	0,22	0,30	0,30	0,35
Согласование нагрузки (дБ) ²	34	29	28	22	26	26	24

Серия N755xA (тип N 50 Ом)

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулям ECal серии N755xA с опцией NMF, NMM или NFF (соединители типа N).

N755xA (тип N 50 Ом) ¹	Диапазон частот					
	от 0 до 500 МГц	от 500 МГц до 4 ГГц	от 4 до 6,5 ГГц	от 6,5 до 9 ГГц	от 9 до 14 ГГц	от 14 до 18 ГГц
Направленность (дБ)	42	36	36	36	36	36
Согласование источника (дБ)	37	30	30	30	28	28
Неравномерность коэффициента отражения (\pm дБ)	0,13	0,13	0,18	0,18	0,25	0,25
Неравномерность коэффициента передачи (\pm дБ) ²	0,15	0,16	0,22	0,22	0,30	0,30
Согласование нагрузки (дБ) ²	34	29	28	22	26	26

1. Если прилагаемая мощность превышает -15 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.

2. Значения приведены для анализатора цепей N5234A с опцией 200.

Серия N469xD

N4690D	Диапазон частот							
	от 0 до 2 МГц ¹	от 2 МГц до 10 МГц ¹	от 300 кГц до 2 МГц ²	от 2 МГц до 10 МГц ²	от 10 МГц до 500 МГц	от 500 МГц до 2 ГГц	от 2 ГГц до 10 ГГц	от 10 ГГц до 18 ГГц
Направленность (дБ)	45	45	30	40	45	45	40	38
Согласование источника (дБ)	40	40	28	35	40	43	40	35
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,05	0,05	0,12	0,07	0,05	0,03	0,03	0,05
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ)	0,17 ³	0,06 ³	0,37 ³	0,08 ³	0,10 ⁴	0,04 ⁴	0,05 ⁴	0,09 ⁴
Согласование нагрузки (дБ)	36 ³	41 ³	26 ³	37 ³	33 ⁴	42 ⁴	39 ⁴	34 ⁴

1. Для опции ODC
2. Для опции 003
3. Значения приведены для анализатора цепей N5231B с опцией 200
4. Значения приведены для анализатора цепей N5222B с опцией 200

N4691D	Диапазон частот								
	от 0 до 2 МГц ¹	от 2 МГц до 10 МГц ¹	от 300 кГц до 2 МГц ²	от 2 МГц до 10 МГц ²	от 10 МГц до 500 МГц	от 500 МГц до 2 ГГц	от 2 ГГц до 10 ГГц	от 10 ГГц до 20 ГГц	от 20 ГГц до 26,5 ГГц
Направленность (дБ)	46	46	31	41	46	47	46	43	41
Согласование источника (дБ)	41	41	29	36	41	47	45	42	40
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,05	0,05	0,11	0,06	0,05	0,02	0,03	0,04	0,05
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ)	0,21 ³	0,06 ³	0,37 ³	0,08 ³	0,09 ⁴	0,03 ⁴	0,04 ⁴	0,07 ⁴	0,09 ⁴
Согласование нагрузки (дБ)	34 ³	41 ³	27 ³	37 ³	34 ⁴	46 ⁴	43 ⁴	40 ⁴	38 ⁴

1. Для опции ODC
2. Для опции 003
3. Значения приведены для анализатора цепей N5231B с опцией 200
4. Значения приведены для анализатора цепей N5222B с опцией 200

N4692D	Диапазон частот						
	от 0 до 45 МГц ¹	от 10 МГц до 45 МГц ²	от 45 МГц до 200 МГц	от 200 МГц до 2 ГГц	от 2 ГГц до 20 ГГц	от 20 ГГц до 30 ГГц	от 30 ГГц до 40 ГГц
Направленность (дБ)	40	29	41	42	38	35	32
Согласование источника (дБ)	38	29	36	36	35	30	29
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,1	0,18	0,08	0,08	0,1	0,1	0,12
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,13	0,28	0,11	0,10	0,14	0,17	0,21
Согласование нагрузки (дБ) ³	35	27	34	35	33	28	27

1. Для опции ODC
2. Для опции 010
3. Значения приведены для анализатора цепей N5224B с опцией 200

N4693D	Диапазон частот							
	от 0 до 45 МГц ¹	от 10 МГц до 45 МГц ²	от 45 МГц до 200 МГц	от 200 МГц до 2 ГГц	от 2 ГГц до 10 ГГц	от 10 ГГц до 20 ГГц	от 20 МГц до 40 ГГц	от 40 ГГц до 50 ГГц
Направленность (дБ)	40	27	40	46	47	44	38	34
Согласование источника (дБ)	38	25	44	46	42	37	35	32
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,08	0,18	0,08	0,04	0,05	0,07	0,11	0,15
Согласование нагрузки (дБ) ³	36	24	41	45	40	35	33	30

1. Для опции ODC
2. Для опции 010
3. Значения приведены для анализатора цепей N5224B с опцией 200

N4694D Параметр	Диапазон частот									
	от 0 до 45 МГц ¹	от 10 МГц до 45 МГц ²	от 45 МГц до 200 МГц	от 200 МГц до 2 ГГц	от 2 ГГц до 20 ГГц	от 20 ГГц до 30 ГГц	от 30 ГГц до 40 ГГц	от 40 ГГц до 50 ГГц	от 50 ГГц до 60 ГГц	от 60 ГГц до 67 ГГц
Направленность (дБ)	41	27	41	41	42	41	40	38	35	33
Согласование источника (дБ)	38	23	38	38	39	35	34	33	30	26
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,08	0,12
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ³	0,12	0,28	0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,14	0,15	0,22
Согласование нагрузки (дБ) ³	35	22	36	36	37	33	32	31	28	24

1. Для опции ODC
2. Для опции O10
3. Значения приведены для анализатора цепей N5227B с опцией 200

N4696D Параметр	Диапазон частот							
	от 0 до 2 МГц ¹	от 2 МГц до 10 МГц ¹	от 300 кГц до 2 МГц ²	от 2 МГц до 10 МГц ²	от 10 МГц до 500 МГц	от 500 МГц до 2 ГГц	от 2 ГГц до 10 ГГц	от 10 ГГц до 18 ГГц
Направленность (дБ)	46	46	30	40	46	45	44	41
Согласование источника (дБ)	40	40	28	35	40	40	42	36
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,05	0,05	0,12	0,07	0,05	0,03	0,03	0,05
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ)	0,17 ³	0,05 ³	0,37 ³	0,08 ³	0,10 ⁴	0,04 ⁴	0,05 ⁴	0,08 ⁴
Согласование нагрузки (дБ)	36 ³	41 ³	26 ³	37 ³	33 ⁴	39 ⁴	41 ⁴	34 ⁴

1. Для опции ODC
2. Для опции O03
3. Значения приведены для анализатора цепей N5231B с опцией 200
4. Значения приведены для анализатора цепей N5222B с опцией 200

Серия N443xD

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal серии N4431D с опцией O10 (соединители 3,5 мм типа «розетка» на всех портах).

N4431D с опцией O10 ¹ Параметр	Диапазон частот			
	от 0 до 10 МГц	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	53	48	45
Согласование источника (дБ)	36	50	45	37
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,04	0,10
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,18	0,04	0,08	0,12
Согласование нагрузки (дБ) ²	35	44	41	38

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal серии N4431D с опцией O20 (соединители тип N «розетка» на всех портах).

N4431D с опцией O20 ¹ Параметр	Диапазон частот			
	от 0 до 10 МГц	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	47	45
Согласование источника (дБ)	36	47	42	37
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,03	0,04	0,10
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,18	0,05	0,08	0,12
Согласование нагрузки (дБ) ²	35	43	41	38

1. Если прилагаемая мощность превышает -7 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.
2. Значения приведены для анализатора цепей N5232B с опцией 400.

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal серии N4431D (соединители 7-16 типа «розетка» на всех портах).

Параметр	N4431D (соединители 7-16 типа «розетка») ¹		
	Диапазон частот		
	от 0 до 10 МГц	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 до 7,5 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	47
Согласование источника (дБ)	36	42	39
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,06	0,09
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,18	0,05	0,08
Согласование нагрузки (дБ) ²	35	42	40

Типовые характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal серии N4431D (соединители 4.3-10 типа «розетка» на всех портах).

Параметр	N4431D (соединители 4.3-10 типа «розетка») ¹			
	Диапазон частот			
	от 0 до 10 МГц	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 до 12 ГГц
Направленность (дБ)	45	50	47	45
Согласование источника (дБ)	36	42	39	37
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,10	0,06	0,09	0,10
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ²	0,18	0,05	0,09	0,12
Согласование нагрузки (дБ) ²	35	42	39	32

1. Если прилагаемая мощность превышает –7 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.

2. Значения приведены для анализатора цепей N5232B с опцией 400.

Электрические характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal серии N4432D с опцией 020 (соединители «розетка» тип N, 50 Ом на всех портах).

Параметр	N4432D с опцией 020 ¹					
	Диапазон частот					
	от 0 до 10 МГц ²	от 300 кГц до 10 МГц ³	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц	от 13,5 ГГц до 18 ГГц
Направленность (дБ)	50	45	50	47	41	40
Согласование источника (дБ)	41	35	41	37	34	34
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,06	0,10	0,06	0,10	0,15	0,14
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ⁴	0,17	0,18	0,05	0,09	0,13	0,19
Согласование нагрузки (дБ) ⁴	37	35	42	39	35	33

Электрические характеристики, приведенные в таблице ниже, относятся к модулю ECal серии N4433D с опцией 010 (соединители 3,5 мм типа «розетка» на всех портах).

Параметр	N4433D с опцией 010 ¹						
	Диапазон частот						
	от 0 до 10 МГц ²	от 300 кГц до 10 МГц ³	от 10 МГц до 5 ГГц	от 5 ГГц до 9 ГГц	от 9 ГГц до 13,5 ГГц	от 13,5 ГГц до 20 ГГц	от 20 ГГц до 26,5 ГГц
Направленность (дБ)	50	45	50	47	45	40	36
Согласование источника (дБ)	42	36	42	39	37	31	26
Неравномерность коэффициента отражения (±дБ)	0,06	0,10	0,06	0,09	0,10	0,18	0,31
Неравномерность коэффициента передачи (±дБ) ⁴	0,08	0,12	0,08	0,11	0,12	0,22	0,38
Согласование нагрузки (дБ) ⁴	39	33	39	36	34	28	23

1. Если прилагаемая мощность превышает –7 дБм, результаты калибровки ухудшаются по сравнению со значениями в таблице.

2. Для опции ODC.

3. Для опции 003.

4. Значения приведены для анализатора цепей N5232B с опцией 400.

Подробную информацию см. на сайте: www.keysight.com

Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте www.keysight.com/find/contactus

