

## Calibrating the Impedance Rig (Калибровка устройства для измерения импеданса)

To get the most accurate results the impedance measurement rig must be calibrated. The calibration can remove the effects of small gain differences between the soundcard input channels, differences in the frequency responses of the channels, and the impedance of the test leads. Three measurements are needed to fully calibrate the rig, but as a minimum the first (open circuit) calibration measurement should be performed. REW automatically saves calibration data from each measurement in the REW log files directory.

*Для получения наиболее точных результатов необходимо откалибровать устройство для измерения импеданса. Калибровка позволяет устранить влияние небольших различий в коэффициенте усиления между входными каналами звуковой карты, различий в частотных характеристиках каналов и импедансе измерительных проводов. Для полной калибровки установки требуется выполнить три измерения, но, как минимум, необходимо выполнить первое калибровочное измерение (с разомкнутым контуром). REW автоматически сохраняет калибровочные данные каждого измерения в каталоге файлов журнала REW.*

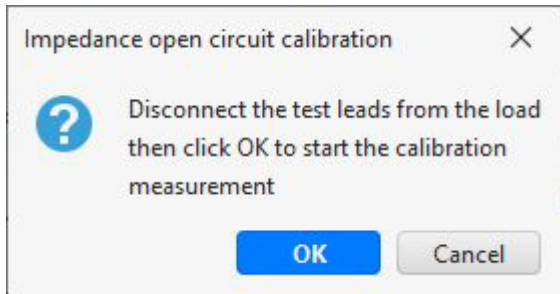
### Open circuit calibration (Калибровка разомкнутой цепи)

The first step is to calibrate the measurement rig with the test leads open. They should still be connected to the rig, but left open at the load end. This measurement compensates for gain differences between the input channels.

*Первым шагом является калибровка измерительной установки с открытыми измерительными проводами. Они по-прежнему должны быть подключены к установке, но оставлены открытыми на стороне нагрузки. Это измерение компенсирует разницу в коэффициенте усиления между входными каналами.*

The screenshot shows the 'Make a measurement' dialog box in REW. The 'Type' is set to 'Impedance'. The 'Method' is 'Sweep'. The 'Name' field is empty. The 'Will appear as' field contains '190'. The 'Notes' field is empty. The 'Keep for next measurement' checkbox is checked. The 'Range' is set to '0' to '20 000' Hz. The 'Level' is set to '-12,00 dBFS' (RMS). The 'dBFS' radio button is selected. The 'Abort if heavy input clipping occurs' checkbox is checked. The 'Ready to measure...' section shows a level meter at 0%. The 'Input' is 'LINE\_IN (Общая громкость) R on Line-In (2- SB Audigy)'. The 'Ref input' is 'LINE\_IN (Общая громкость) L'. The 'Output' is 'SPEAKER'. The 'Sample rate' is '96 kHz'. The 'Setup' is 'No start delay'. The 'Playback' is 'From REW'. The 'Settings' section shows 'Length' as '256k' and 'Repetitions' as '1' (2,7 s). The 'R\_SENSE' is '1000,00', 'R\_INPUT' is '20 000', and 'R\_LEADS' is '0,000'. The 'Noise' is 'Filter off'. The '1. Open circuit cal' button is highlighted in red. The 'Clear cal' button is visible. The 'Check levels', 'Start', and 'Cancel' buttons are at the bottom.

- Press the Measure button (or Ctrl+M) to bring up the Measurement panel, select the Impedance button and press the **Open circuit cal** button - the button text is red if impedance calibration has not been done. Disconnect the test leads at the load end as prompted before clicking OK on the prompt to start the measurement.
- *Нажмите кнопку измерения (или Ctrl+M), чтобы открыть панель измерений, выберите кнопку Измерения сопротивления и нажмите кнопку **Open circuit cal** - текст кнопки будет красным, если калибровка сопротивления не была выполнена. Отсоедините измерительные провода на конце нагрузки, как будет предложено, прежде чем нажать кнопку ОК в приглашении начать измерение.*



- The completed measurement shows the level of the measurement channel (usually right) compared to the reference channel, where a reading of 100 Ohms corresponds to 100%, 99 Ohms would be 99% etc. If the difference between the 2 channels is too large (more than 2 dB) the calibration is abandoned as it is likely there is a connection error or the input channels have different gain settings, re-check the connections and channel gains and try again.

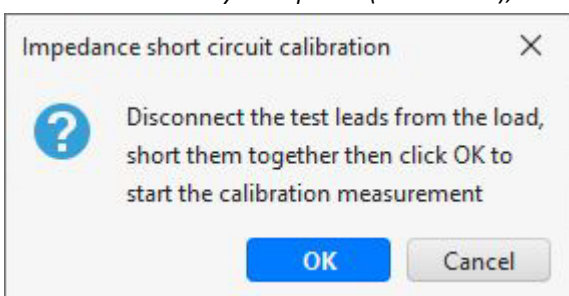
- *Завершенное измерение показывает уровень измерительного канала (обычно правого) по сравнению с эталонным каналом, где значение 100 Ом соответствует 100%, 99 Ом - 99% и т.д. Если разница между двумя каналами слишком велика (более 2 дБ), калибровка отменяется, так как, вероятно, произошла ошибка подключения или входные каналы имеют разные настройки усиления, перепроверьте подключения и усиление каналов и повторите попытку.*
- After the open circuit calibration gain differences between the input channels will be corrected.
- *После калибровки разомкнутой цепи разница в коэффициенте усиления между входными каналами будет скорректирована.*

### Short circuit calibration (Калибровка по короткому замыканию)

The second step is to calibrate the measurement rig with the test leads shorted. They should still be connected to the rig, but shorted together at the load end. The measurement compensates for the series impedance of the test leads, it particularly improves high frequency accuracy. If this measurement is **not** carried out the RLEADS box can be used to compensate for the test lead resistance. After this measurement the RLEADS box is hidden since it is no longer used.

*Вторым шагом является калибровка измерительной установки с закороченными измерительными проводами. Они по-прежнему должны быть подключены к установке, но закорочены вместе со стороны нагрузки. Измерение компенсирует последовательное сопротивление измерительных проводов, что особенно повышает точность измерения на высоких частотах. Если это измерение не выполняется, то для компенсации сопротивления измерительного провода можно использовать блок RLEADS. После этого измерения блок RLEADS будет скрыт, так как он больше не используется.*

- Press the Measure button (or Ctrl+M) to bring up the Measurement panel, select the Impedance button and press the **Short circuit cal** button. Short the test leads together at the load end as prompted before clicking OK on the prompt to start the measurement.
- *Нажмите кнопку измерения (или Ctrl+M), чтобы открыть панель измерений, выберите кнопку Измерения сопротивления и нажмите кнопку **Short circuit cal**. Закоротите измерительные провода на конце нагрузки, как будет предложено, прежде чем нажать ОК в приглашении, чтобы начать измерение.*



*Закоротите измерительные провода на конце нагрузки, как будет предложено, прежде чем нажать ОК в приглашении, чтобы начать измерение.*

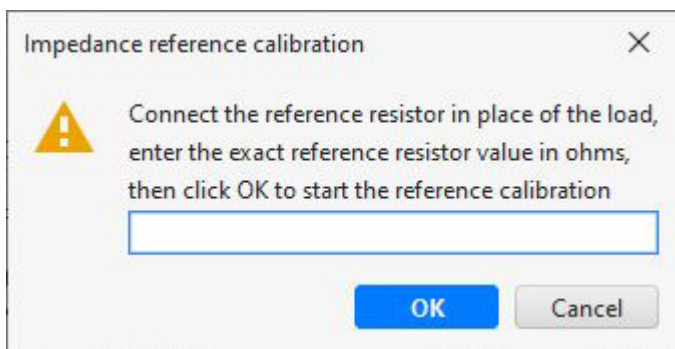
- After the short circuit calibration the series impedance of the test leads will be calibrated out.
- После калибровки при коротком замыкании будет откалибровано последовательное сопротивление измерительных проводов.

### Reference resistor calibration (Калибровка эталонного резистора)

The third and final step is to make a measurement of a known reference resistor. The reference resistor must be non-inductive and its precise value must be known, errors in the reference resistor will translate directly into impedance measurement errors since it is used to scale all subsequent measurements. It should have a value around that of the impedances to be measured, for speaker impedance measurements a reference of 100 ohm or lower is recommended. The reference resistor measurement compensates for frequency response differences between the input channels. It particularly improves accuracy at the frequency extremes. After this measurement the  $R_{INPUT}$  box is hidden since it is no longer used.

Третьим и заключительным шагом является измерение известного эталонного резистора. Эталонный резистор должен быть неиндуктивным и его точное значение должно быть известно, погрешности в эталонном резисторе будут непосредственно отражаться на погрешностях измерения импеданса, поскольку он используется для масштабирования всех последующих измерений. Его значение должно быть примерно равным измеряемому сопротивлению, для измерения сопротивления динамиков рекомендуется использовать эталонное сопротивление 100 Ом или ниже. Измерение эталонного сопротивления компенсирует различия в частотной характеристике между входными каналами. Это особенно повышает точность на экстремальных частотах. После этого измерения блок ввода сигнала  $R_{INPUT}$  будет скрыт, так как он больше не используется.

- Press the Measure button (or Ctrl+M) to bring up the Measurement panel, select the Impedance button and press the **Reference cal** button. Connect the reference resistor to the test leads before entering its exact value and clicking OK on the prompt to start the measurement.
- Нажмите кнопку измерения (или Ctrl+M), чтобы открыть панель измерений, выберите кнопку Измерения сопротивления и нажмите кнопку **Reference cal**. Подключите эталонный резистор к измерительным проводам, прежде чем вводить его точное значение и нажимать ОК в приглашении, чтобы начать измерение.





- After the reference resistor measurement calibration is complete.
- После завершения калибровки эталонного резистора выполните измерение сопротивления.

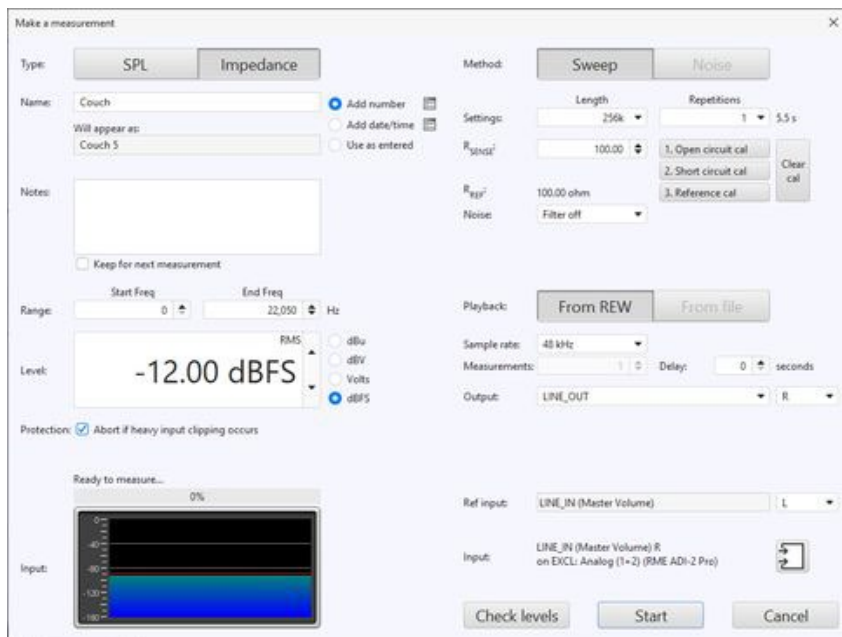
The calibration data is saved in the REW log files folder automatically loaded when REW starts up. If the test

and leads are changed (swapped for longer or shorter leads, for example) or the sample rate is changed the calibration steps should be repeated.

Данные калибровки сохраняются в папке REW log files и автоматически загружаются при запуске REW. Если измерительные провода изменены (например, заменены на более длинные или короткие) или частота дискретизации изменена, шаги калибровки следует повторить.

### Making an Impedance Measurement (Выполнение измерения полного сопротивления)

- Press the Measure button  (or Ctrl+M) to bring up the Measurement panel and select the Impedance button
- Нажмите кнопку измерения  (или Ctrl+M) чтобы открыть панель измерения, и выберите кнопку импеданса



- Enter the **exact** value of the sense resistor. This must be measured accurately with a good quality, calibrated multimeter or impedance bridge, or a very high precision resistor (0.1% or better) should be used. Any error in the value of the sense resistor directly affects the measurement results.

- *Введите точное значение измерительного резистора. Это значение должно быть точно измерено с помощью качественного, откалиброванного мультиметра или импедансного моста, либо следует использовать резистор очень высокой точности*

*(0,1% или выше). Любая погрешность в значении измерительного резистора напрямую влияет на результаты измерений.*

- Set the Start Freq to the lowest frequency for which you wish to see the response and End Freq to the highest. If measuring a drive unit to determine its Thiele-Small parameters measure up to 20 kHz. The sweep will span the range from half the start frequency to twice the end frequency (with an overall limit of half the soundcard sample rate) to provide accurate measurement over the selected range.
- *Установите начальную частоту на самую низкую частоту, для которой вы хотите видеть отклик, а конечную частоту - на самую высокую. При измерении приводного устройства для определения его параметров Тиле-малого диапазона измерьте частоту до 20 кГц. Развертка будет охватывать диапазон от половины начальной частоты до удвоенной конечной частоты (с общим ограничением в половину частоты дискретизации звуковой карты), чтобы обеспечить точное измерение в выбранном диапазоне.*
- **Level** controls the rms signal level at which the sweep is generated. The maximum value is -3 dBFS or its equivalent in dBu, dBV or volts, unless the [View preference](#) Full scale sine rms is 0 dBFS has been selected, in which case the maximum is 0 dBFS. Using the maximum value places the peaks of the signal at digital full scale - some soundcards may distort at the maximum level. If you are using a power amplifier beware of excessive levels. Loudspeaker impedance is typically best measured at a terminal voltage of around 100 mV to 200 mV at most, the output voltage to achieve that depends on the sense resistor value. For a 100 ohm sense resistor and an 8 ohm driver the output for 100 mV at the terminals would be around 1.35 V.
- ***Level** управляет среднеквадратичным уровнем сигнала, при котором генерируется развертка. Максимальное значение равно -3 dBFS или его эквиваленту в dBu, dBV или вольтах, если не выбрано значение среднеквадратичного значения полной шкалы синуса, равное 0 dBFS, в этом случае максимальное значение равно 0 dBFS. При использовании максимального значения пики сигнала отображаются в цифровой шкале в полном объеме - некоторые звуковые карты могут исказить звук на максимальном уровне. Если вы используете усилитель мощности, остерегайтесь чрезмерных уровней. Полное сопротивление громкоговорителя обычно лучше всего измерять при напряжении на клеммах не более 100-200 мВ, выходное напряжение для достижения которого зависит от значения измерительного резистора. Для измерительного резистора на 100 Ом и драйвера на 8 Ом выходная мощность на клеммах 100 мВ составит около 1,35 В.*
- Settings for the measurement method are on the right hand side. Length controls the length of the sweep, specifying the number of samples in the sequence. The default is 256k. Dividing the number of samples by the soundcard's sample

rate gives the sweep duration in seconds, shown to the right. The overall duration includes silent periods before and after the sweep.

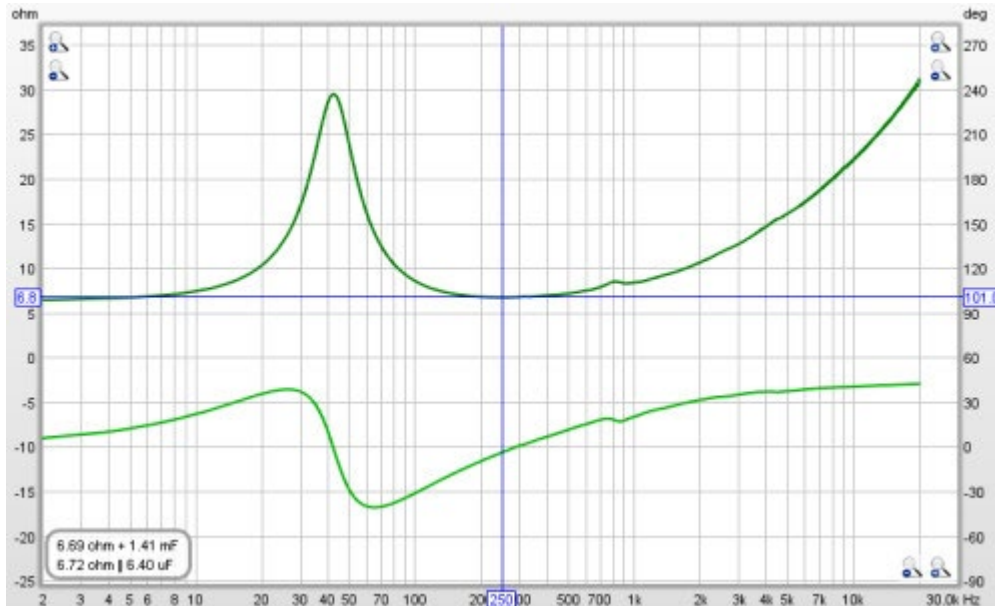
- *Настройки для метода измерения находятся справа. Длина определяет длину развертки, задавая количество отсчетов в последовательности. Значение по умолчанию равно 256 тыс. Разделив количество сэмплов на частоту дискретизации звуковой карты, вы получите длительность воспроизведения в секундах, показанную справа. Общая продолжительность включает периоды молчания до и после воспроизведения.*
- If Sweeps is more than 1 REW uses synchronous pre-averaging, capturing the selected number of sweeps per measurement and averaging the results to reduce the effects of noise and interference. The pre-averaging improves S/N by almost 3dB for each doubling of the number of sweeps. Averaging is particularly useful if the measurements are contaminated by interference tones, whether electrical or acoustic, as they typically will not add coherently in the averaging and hence will be suppressed by the process. **The output and inputs must be on the same device if using multiple sweeps.**
- *Если число повторений превышает 1, REW использует синхронное предварительное усреднение, фиксируя выбранное количество повторений за одно измерение и усредняя результаты, чтобы уменьшить влияние шума и помех. Предварительное усреднение улучшает соотношение сигнал/шум почти на 3 дБ при каждом удвоении количества просмотров. Усреднение особенно полезно, если результаты измерений подвержены помехам, будь то электрическим или акустическим, поскольку они, как правило, не будут согласованно складываться при усреднении и, следовательно, будут подавляться процессом. **При использовании нескольких измерений выходные и входные сигналы должны быть подключены к одному устройству.***
- The **Check Levels** button generates a few seconds of a pink noise signal that spans the frequency range selected for measurement and checks that the input level is not too high or too low. Pressing **Cancel** while the pink noise signal is playing will turn it off (it turns off automatically after 3 seconds). The rms level that was measured is shown on the measurement panel, with a warning if the level is too high or too low.
- *Кнопка **проверки уровней** в течение нескольких секунд генерирует сигнал розового шума, который охватывает диапазон частот, выбранный для измерения, и проверяет, не слишком ли высок или слишком низок входной уровень. Нажатие кнопки "**Отмена**" во время воспроизведения сигнала розового шума отключает его (он автоматически отключается через 3 секунды). Измеренный среднеквадратичный уровень отображается на измерительной панели с предупреждением о слишком высоком или слишком низком уровне.*
- Press **Start** to make a measurement, progress is shown on the measurement panel along with a display of the measurement headroom.
- *Нажмите кнопку **Пуск**, чтобы выполнить измерение, ход выполнения отображается на панели измерений вместе с отображением запаса хода измерения.*

The result of the measurement is displayed in the graph area, information about the measurement appears in the [Measurements Panel](#). Measurements are given a default name of the date and time at which they are made, a more appropriate name can be entered in the box at the top of the measurements panel.

For impedance measurements when the mouse cursor is within the graph panel the equivalent series resistance + inductance or resistance + capacitance and parallel resistance | | inductance or resistance | | capacitance of the impedance at the cursor position is shown at the bottom left corner of the graph. This may be useful when making measurements of inductors or capacitors to check their value, but the [Component Model](#) provides a much more accurate equivalent circuit.

Результат измерения отображается в области графика, информация об измерении отображается на панели Измерений. Измерениям по умолчанию присваивается название даты и времени, в которое они были выполнены, более подходящее название можно ввести в поле вверху панели измерений.

При измерении импеданса, когда курсор мыши находится в пределах графической панели, в левом нижнем углу графика отображается эквивалентное последовательное сопротивление + индуктивность или сопротивление + емкость и параллельное сопротивление | | индуктивность или сопротивление | | емкость импеданса в положении курсора. Это может быть полезно при проведении измерений катушек индуктивности или конденсаторов для проверки их значения, но компонентная модель обеспечивает гораздо более точную эквивалентную схему.



For details of the various ways of viewing the measured data, including averaging multiple measurements, refer to the [Graph Panel](#) help.

*Для получения подробной информации о различных способах просмотра измеренных данных, включая усреднение нескольких измерений, обратитесь к справке графической панели.*

### Input Channels Swapped (Переключение входных каналов)

If the input channels have been connected the wrong way around the impedance measurements will be too high by approximately the value of the sense resistor, make a test measurement of a resistor (of less than 100 ohms) to check that everything is wired correctly. Swapped channels will also shift the phase by about 180 degrees.

*Если входные каналы были подключены неправильно, то измеренное сопротивление будет слишком высоким, примерно на величину измерительного резистора, проведите пробное измерение сопротивления (менее 100 Ом), чтобы убедиться, что все подключено правильно. Переключение каналов также приведет к сдвигу фазы примерно на 180 градусов.*

### Impedance Measurement Quality (Качество измерения импеданса)

The main source of measurement noise is acoustic noise and vibration during the measurement. Loudspeakers act as microphones, generating small voltages in response to sounds and vibrations that are picked up as part of the load voltage. To minimise this effect use long sweeps, low sense resistor values, avoid noisy environments and isolate the loudspeaker from vibration. Using a power amplifier to drive the speaker provides a much lower drive impedance, which reduces the effect of noise, and allows a low series resistor to be used.

*Основным источником помех при измерении являются акустические помехи и вибрация во время измерения. Громкоговорители действуют как микрофоны, генерируя небольшие напряжения в ответ на звуки и вибрации, которые воспринимаются как часть напряжения нагрузки. Чтобы свести к минимуму этот эффект, используйте длинные полосы частот, низкие значения измерительного сопротивления, избегайте шумной обстановки и изолируйте громкоговоритель от вибрации. Использование усилителя мощности для управления громкоговорителем обеспечивает значительно более низкое сопротивление привода, что снижает уровень шума, и позволяет использовать последовательный резистор с низким сопротивлением.*

REW provides a **Noise filter** option which applies a bandpass filter to the captured sweep, synchronised to the sweep frequency, to reduce the influence of noise. The **High** setting is suitable in most circumstances, but it may have a slight smoothing effect on very sharp resonances. If that is observed try the **Medium** or **Low** settings, or turn the filter off. When the filter is being used the sweep duration should be at least 10 seconds, a warning is shown if a shorter sweep is selected. Longer sweeps improve signal to noise ratios in the results with or without the noise filter.

*REW предоставляет опцию (Noise filter) фильтрации шума, которая применяет полосовой фильтр к записанной развертке, синхронизированный с частотой развертки, для уменьшения влияния шума. Высокая (High) настройка подходит в большинстве случаев, но она может слегка сглаживать очень резкие резонансы. Если это наблюдается,*

*попробуйте установить средние или низкие (**Medium** or **Low**) настройки или выключите фильтр. При использовании фильтра продолжительность развертки должна составлять не менее 10 секунд, при выборе более короткой развертки отображается предупреждение. Более длительная развертка улучшает соотношение сигнал/шум в результатах как с использованием шумового фильтра, так и без него.*