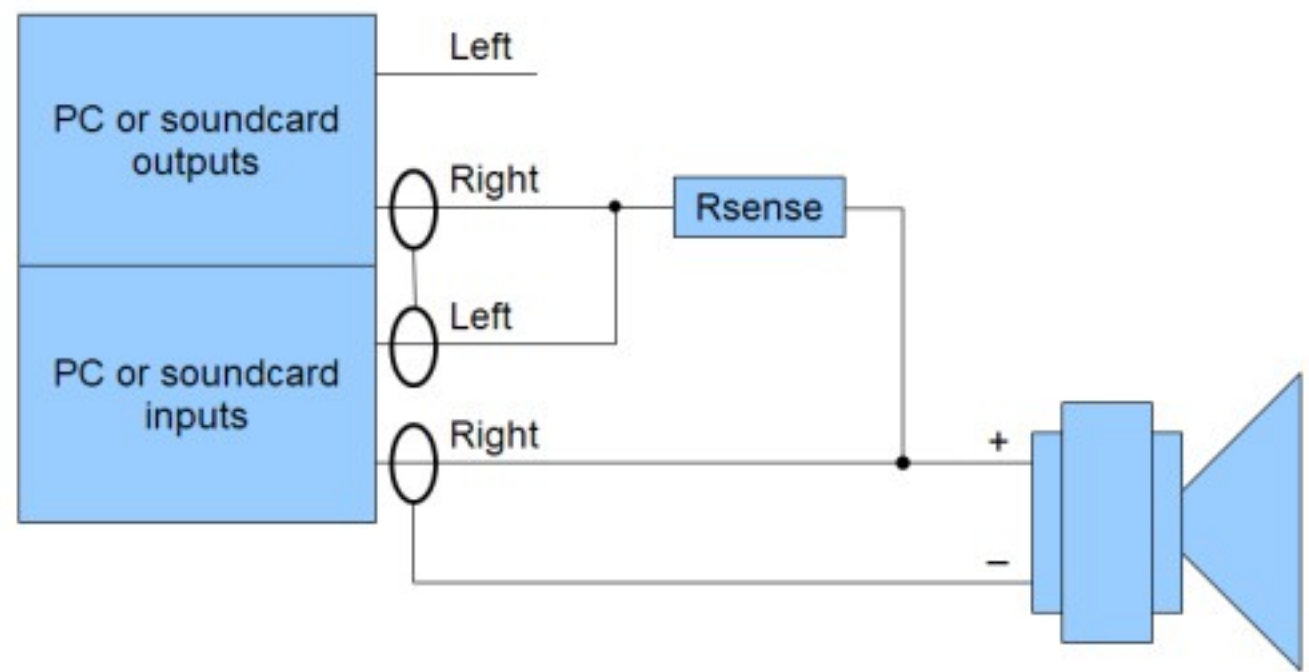


Измерение импеданса

REW может измерять импеданс до нескольких сотен Ом, используя оба входа звуковой карты. Измерения импеданса приводных устройств можно использовать для [расчета параметров Тиле-Смолла](#) .
Общая схема подключения для измерения импеданса показана ниже:



Чувствительный резистор, **который должен быть неиндуктивным** , используется для измерения тока, протекающего в нагрузку, который будет равен (Vleft - Vright)/Rsense. Измерительный резистор должен иметь номинальную мощность, достаточную для работы при коротком замыкании, и иметь низкий температурный коэффициент. Напряжение на нагрузке равно Vright, поэтому импеданс номинально напряжение/ток = Rsense*Vright/(Vleft - Vright). Обратите внимание, что до завершения процесса калибровки точность измерения импеданса зависит от точности введенного значения резистора датчика.

Нагрузка появляется параллельно входному сопротивлению звуковой карты и сопротивлению измерительных проводов. Перед калибровкой эти эффекты частично исправляются путем использования параллельного эквивалента чувствительного резистора и входного сопротивления звуковой карты в расчетах, значение входного сопротивления звуковой карты вводится в диалоговом окне как R_{INPUT} .

Хорошие результаты можно получить, используя выход для наушников (или, что еще лучше, хороший усилитель для наушников или устройство с мощным выходом для наушников) для управления нагрузкой с чувствительным резистором 100 Ом. Если используется линейный выход, измерительный резистор обычно должен быть больше, так как линейные выходы имеют высокое выходное сопротивление и ограниченные возможности возбуждения, попробуйте 1 кОм, но учтите, что результаты будут иметь гораздо более высокие уровни шума и будут более восприимчивы к фоновому шуму. Если устройство, используемое для управления нагрузкой, может выдерживать более низкие нагрузки, резистор с меньшим сопротивлением, например, 47 Ом, улучшит результаты.

Альтернативой является управление нагрузкой через усилитель мощности, который может обеспечить самый низкий уровень шума и наиболее точные результаты, но **следует соблюдать большую осторожность, поскольку уровни, которые может генерировать усилитель мощности, могут легко повредить входы звуковой карты**. При использовании усилителя мощности считывающий резистор может быть немного меньше, 33 Ом или меньше, но входы звуковой карты должны быть подключены через резистивный делитель, обеспечивающий затухание около 20 дБ, и в идеале входы также должны быть защищены встречно-параллельными стабилитронами. чтобы зафиксировать вход менее 5В.

Вход звуковой карты, подключенный к нагрузке, должен быть таким же, который был выбран в качестве входа в настройках звуковой карты REW . На диаграмме выше это правый вход, но если используется левый, просто поменяйте местами левый и правый на диаграмме. *Если левое и правое соединения расположены неправильно, измерения импеданса покажут кривые, которые сдвинуты вверх приблизительно на значение чувствительного резистора* .

Входные каналы должны иметь одинаковое усиление. Если аудиоинтерфейс имеет отдельные регуляторы усиления каналов, перед началом измерения отрегулируйте их так, чтобы они имели одинаковое усиление. Простой способ сделать это — подключить стэнд импеданса с тестовыми проводами, оставленными открытыми, и использовать [генератор сигналов](#) для воспроизведения синусоидального тона частотой 1 кГц на предполагаемом уровне измерения, наблюдая за входными уровнями на [измерителях уровня](#) . Отрегулируйте входные усиления так, чтобы уровни входного и опорного каналов совпадали с точностью до 1 дБ и не пересекались.

Для измерения импеданса рекомендуется развертка продолжительностью 10 секунд или дольше, чтобы обеспечить хорошее соотношение сигнал/шум в результатах.

Калибровка установки импеданса

Для получения наиболее точных результатов установка для измерения импеданса должна быть откалибрована. Калибровка может устранить влияние небольших различий в усилении между входными каналами звуковой карты, различий в частотных характеристиках каналов и импеданса измерительных проводов. Для полной калибровки буровой установки необходимы три измерения, но как минимум первое калибровочное измерение (разомкнутая цепь) должно быть выполнено. REW автоматически сохраняет данные калибровки по каждому измерению в каталоге файлов журнала REW.

Калибровка разомкнутой цепи

Первым шагом является калибровка измерительной установки с открытыми измерительными проводами. Они по-прежнему должны быть подключены к буровой установке, но оставлены открытыми со стороны нагрузки. Это измерение компенсирует разницу в усилении между входными каналами.

- Нажмите кнопку «Измерение» (или Ctrl+M), чтобы открыть панель «Измерение», выберите кнопку « [Импеданс](#) » и нажмите кнопку «Калибровка **разомкнутой цепи** » — текст кнопки будет красным, если калибровка импеданса не была выполнена. Перед началом измерения отсоедините измерительные провода со стороны нагрузки.



- Нажмите **Start** , чтобы выполнить калибровочное измерение. Завершенное измерение показывает уровень измерительного канала (обычно правого) по сравнению с эталонным каналом, где показание 100 Ом соответствует 100% , 99 Ом соответствует 99% и т. д. Если разница между двумя каналами слишком велика (более 2 дБ) калибровка отменена, так как, вероятно, имеется ошибка соединения или входные каналы имеют разные настройки усиления, перепроверьте соединения и усиления каналов и повторите попытку.
- После калибровки разомкнутой цепи различия усиления между входными каналами будут скорректированы.

Калибровка короткого замыкания

Вторым шагом является калибровка измерительной установки с закороченными измерительными проводами. Они по-прежнему должны быть подключены к буровой установке, но закорочены вместе со стороны нагрузки. Измерение компенсирует последовательное сопротивление измерительных проводов, что особенно повышает точность измерения высоких частот. Если это измерение **не** выполняется, для компенсации сопротивления измерительных проводов можно использовать коробку R_{LEADS} . После этого измерения поле R_{LEADS} будет скрыто, так как оно больше не используется.

- Нажмите кнопку «Измерение» (или Ctrl+M), чтобы открыть панель «Измерение», выберите кнопку « [Импеданс](#) » и нажмите кнопку « **Калибровка короткого замыкания** » . Замкните измерительные провода вместе на конце нагрузки перед началом измерения.
- Нажмите **Start** , чтобы выполнить калибровочное измерение.
- После калибровки короткого замыкания последовательное сопротивление измерительных проводов будет откалибровано.

Калибровка эталонного резистора

Третий и последний шаг — измерение известного эталонного резистора. Эталонный резистор должен быть неиндуктивным, и его точное значение должно быть известно. Ошибки в эталонном резисторе будут напрямую переводиться в ошибки измерения импеданса, поскольку он используется для масштабирования всех последующих измерений. Он должен иметь значение, близкое к измеряемому импедансу, для измерения импеданса громкоговорителей рекомендуется эталонное значение 100 Ом или ниже. Измерение эталонного резистора компенсирует разницу частотных характеристик между входными каналами. Это особенно повышает точность на крайних частотах. После этого измерения поле R_{INPUT} будет скрыто, так как оно больше не используется.

- Нажмите кнопку «Измерение» (или Ctrl+M), чтобы открыть панель «Измерение», выберите кнопку « [Импеданс](#) » и нажмите кнопку « **Опорная калибровка** » . Перед началом измерения подключите эталонный рестор к измерительным проводам.
- Нажмите **Start** , чтобы выполнить калибровочное измерение.
- После завершения измерения эталонного резистора калибровка.

Данные калибровки сохраняются в папке файлов журнала REW и автоматически загружаются при запуске REW. При изменении измерительных проводов (например, на более длинные или короткие провода) или при изменении частоты дискретизации этапы калибровки следует повторить.

Выполнение измерения импеданса

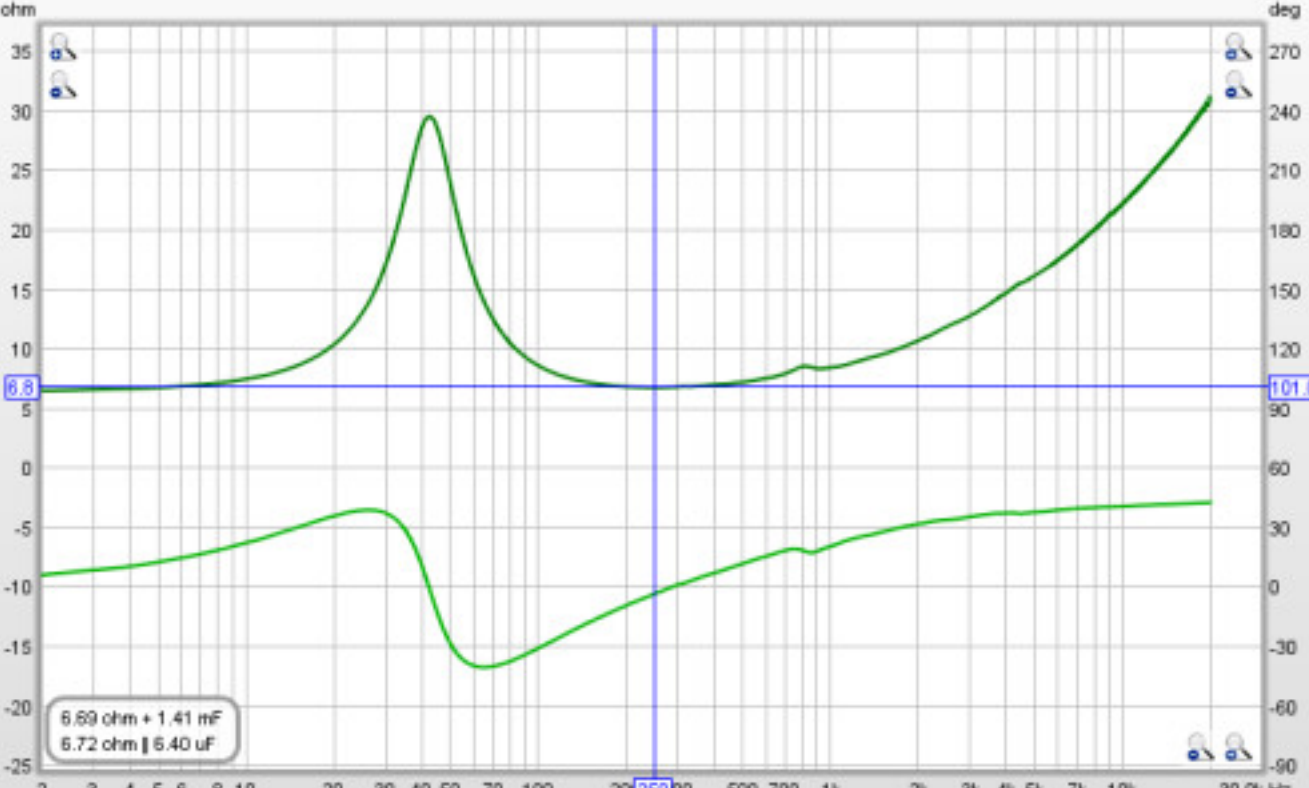
- Нажмите кнопку «Измерение»  (или Ctrl+M), чтобы открыть панель «Измерение», и выберите кнопку « [Импеданс](#) ».



- Введите **точное** значение чувствительного резистора. Это должно быть точно измерено с помощью хорошего качества откалиброванного мультиметра или импедансного моста, или должен использоваться очень высокоточный резистор (0,1% или выше). Любая ошибка в значении чувствительного резистора напрямую влияет на результаты измерения.
- Установите **начальную** частоту на самую низкую частоту, для которой вы хотите увидеть отклик, и **конечную** частоту на самую высокую. При измерении приводного устройства для определения его параметров Тиле-Смолла измерьте частоту до 20 кГц. Развертка охватит 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.
- Уровень** управляет среднеквадратичным уровнем сигнала, при котором генерируется развертка. Максимальное значение составляет -3 дБ полной шкалы или его эквивалент в dBu, dBV или вольтах, если параметр « [Просмотр](#) » Полная шкала синусоидального среднеквадратичного значения не равен 0 дБ полной шкалы.был выбран, и в этом случае максимальное значение равно 0 dBFS. При использовании максимального значения пики сигнала помещаются в полную цифровую шкалу — некоторые звуковые карты могут исказить звук при максимальном уровне. Если вы используете усилитель мощности, остерегайтесь чрезмерных уровней. Импеданс громкоговорителя обычно лучше всего измерять при напряжении на клеммах от 100 мВ до максимум 200 мВ, достигаемое выходное напряжение зависит от номинала чувствительного резистора. Для чувствительного резистора на 100 Ом и драйвера на 8 Ом выходное напряжение 100 мВ на клеммах будет около 1,35 В.
- Настройки** метода измерения находятся справа. **Длина** контролирует длину развертки, определяя количество выборок в последовательности. По умолчанию 256k. Разделив количество сэмплов на частоту дискретизации звуковой карты, вы получите продолжительность развертки в секундах, показанную справа. Общая продолжительность включает периоды молчания до и после развертки.
- Если число **разверток** превышает 1, REW использует синхронное предварительное усреднение, фиксируя выбранное количество разверток на измерение и усредняя результаты для уменьшения влияния шума и помех. Предварительное усреднение улучшает отношение сигнал-шум почти на 3 дБ при каждом удвоении числа разверток. Усреднение особенно полезно, если измерения загрязнены интерференционными тонами, будь то электрические или акустические, поскольку они, как правило, не будут когерентно добавляться при усреднении и, следовательно, будут подавляться процессом. **Выход и входы должны быть на одном устройстве, если используется несколько разверток**.
- Кнопка « **Проверить уровни** » генерирует сигнал розового шума в течение нескольких секунд, который охватывает выбранный для измерения частотный диапазон и проверяет, не слишком ли высок или слишком низ входной уровень. Нажатие кнопки « **Отмена** » во время воспроизведения сигнала розового шума выключит его (автоматически отключится через 3 секунды). Среднеквадратичное значение уровня, которое было измерено, отображается на измерительной панели с предупреждением, если уровень слишком высок или слишком низок.
- Нажмите « **Старт** » , чтобы выполнить измерение, прогресс отображается на панели измерений вместе с отображением запаса измерения.

Результат измерения отображается в области графика, информация об измерении появляется на [Панели измерений](#) . Измерениям присваивается имя по умолчанию даты и времени, когда они были сделаны, более подходящее имя можно ввести в поле в верхней части панели измерений.

Для измерений импеданса, когда курсор мыши находится в пределах панели графика, эквивалентное последовательное сопротивление + индуктивность или сопротивление + емкость и параллельное сопротивление/индуктивность или сопротивление/емкость импеданса в позиции курсора отображаются в левом нижнем углу графика. . Это может быть полезно при измерении катушек индуктивности или конденсаторов для проверки их номинала, но [компонентная модель](#) обеспечивает гораздо более точную эквивалентную схему.



Подробнее о различных способах просмотра измеренных данных, включая усреднение нескольких измерений, см. в справке [панели графиков](#).

Входные каналы поменялись местами

Если входные каналы были подключены неправильно, результаты измерения импеданса будут слишком высокими примерно на величину чувствительного резистора, выполните пробное измерение резистора (менее 100 Ом), чтобы убедиться, что все подключено правильно. Переставленные каналы также сдвигают фазу примерно на 180 градусов.

Качество измерения импеданса

Основным источником шума при измерении являются акустический шум и вибрация во время измерения. Громкоговорители действуют как микрофоны, генерируя небольшие напряжения в ответ на звуки и вибрации, которые улавливаются как часть напряжения нагрузки. Чтобы свести к минимуму этот эффект, используйте длинные свип-сигналы, резисторы с низким значением сопротивления, избегайте шумных сред и изолируйте громкоговоритель от вибрации. Использование усилителя мощности для управления динамиком обеспечивает гораздо более низкий импеданс возбуждения, что снижает влияние шума и позволяет использовать резистор с малым сопротивлением.

REW предоставляет опцию **Noise filter** , которая применяет полосовой фильтр к захваченной развертке, синхронизированной с частотой развертки, чтобы уменьшить влияние шума. Настройка **High** подходит в большинстве случаев, но она может иметь небольшой сглаживающий эффект на очень резких резонансах. Если это наблюдается, попробуйте настройки « **Средний** » или « **Низкий** » или отключите фильтр. При использовании фильтра продолжительность развертки должна быть не менее 10 секунд, при выборе более короткой развертки отображается предупреждение. Более длинные развертки улучшают отношение сигнал/шум в результатах с шумовым фильтром или без него.

[Справочный указатель](#)