

Параметры Тиле Смолл

Окно Thiele-Small Parameters используется для расчета параметров приводного устройства на основе измерений его импеданса. Предлагаются три метода: герметичная коробка, добавленная масса и двойная добавленная масса. Метод двойной добавленной массы из статьи Джеффа Кэнди и Клауса Футтрупа «Метод измерения добавленной массы для оценки параметров преобразователя», JAES Volume 65 Issue 12 pp. 1005-1016; Декабрь 2017. Он дает наиболее точные результаты, но все методы зависят от качества измерений.

Thiele-Small Parameters

Measurement method

Dual added mass

Free Air Measurement

Select a measurement

Added mass measurements

Select a measurement

Added mass 1 (g): 0.000

Select a measurement

Added mass 2 (g): 0.000

Manually Entered Values

Voice Coil DC Resistance (ohm): 0.000

Effective Area (cm²): 176.7

Air Temperature (Celsius): 20

Air Pressure (mB): 1013.25

Calculate Parameters

Write Parameters to File

Results area

Motional Impedance (Ritter 3PC)

R₀ (ohm): 4.00

C_{MES} (uF): 2000

L₀ (mH): 40.000

β: 0.1000

ω₀: 1000

Blocked Impedance (T-F)

dR (ohm): 0.100

L_{EB} (uH): 1000

L_E (mH): 100.000

R_{SS} (ohm): 100.00

K_E (S-H): 0.1000

Simplified Model Parameters

Results area

Каждый метод требует измерения «на открытом воздухе», когда динамик жестко закреплен, без какой-либо перегородки и установлен вертикально (т. е. так, чтобы диффузор работал горизонтально, как это было бы в типичной установке громкоговорителя). Дополнительные измерения проводятся либо с грузом, добавленным к конусу, либо с блоком в герметичном (воздухонепроницаемом!) корпусе (в идеале с объемом чуть меньше ожидаемого V_{as}).

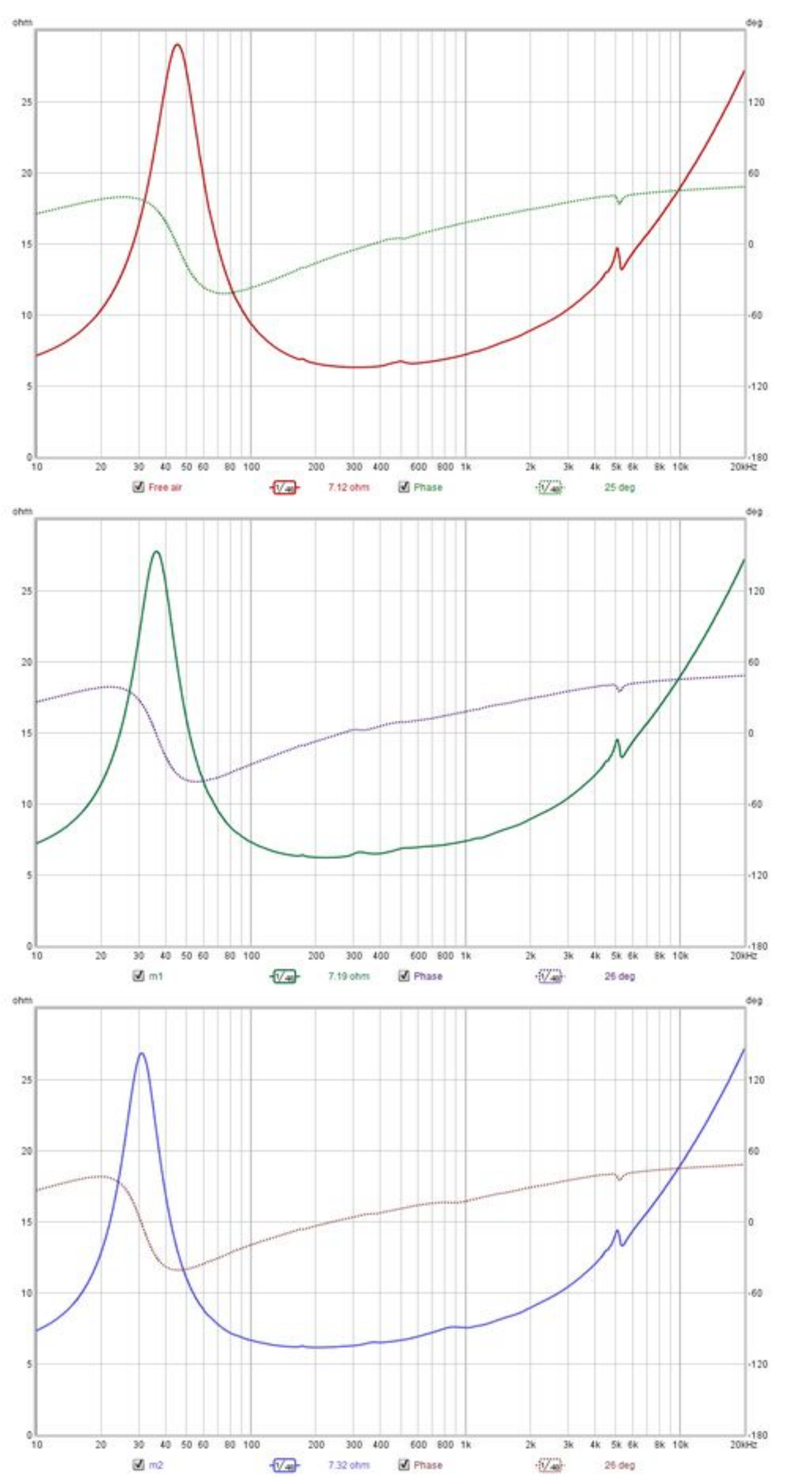
Для измерений однократной добавленной массы добавленная масса должна составлять примерно половину ожидаемого значения M_{ms}. Для двойной добавленной массы сделайте одно измерение с массами, которые в сумме немного меньше ожидаемого M_{ms}, затем одно с удаленной половиной массы, затем, наконец, измерение в свободном воздухе. Некоторая предварительная подготовка устройства сигналами среднего уровня помогает стабилизировать поведение и соответствие подвески, а также уменьшить эффекты памяти в подвеске от периодов хранения или неиспользования. Для хороших измерений важные тихие условия, динамики действуют как микрофоны и улавливают шум и вибрацию, влияющие на результаты. Измерения следует проводить до частоты 20 кГц, чтобы можно было точно смоделировать индуктивность звуковой катушки с потерями. [Этап калибровки импеданса](#) должен быть выполнен до проведения измерений.

Дополнительные измерения массы требуют очень точных значений масс для получения точных результатов. Чем точнее используется шкала, тем лучше. Рекомендуется, чтобы общая масса, которую нужно добавить, была разделена на 4 части примерно одинаковой массы, размещены на равном расстоянии вокруг конуса рядом со звуковой катушкой и прочно прикреплены. Blu-task хорошо работает как сам по себе, так и с заделанной в него гайкой, когда требуется большая масса. Не размещайте грузы вблизи внешнего края конуса, это отрицательно повлияет на поведение конуса. Для второго измерения в прогоне с двумя добавленными массами пара масс (аккуратно!) удаляется, оставляя две на противоположных сторонах конуса.

Флажки «Компенсация потерь на утечку» и «Компенсация воздушной нагрузки» показаны для измерений герметичного ящика, они учитывают потери на утечку герметичного ящика (которые в результатах будут показаны как Q_l) и массовую нагрузку воздуха из-за герметичного коробка. Эти компенсации используют метод Карриона-Исберта, описанный Клаусом Футтрупом в документации к его приложению *Driver Parameter Calculator* на <http://www.cfuttrup.com/>

Пример выполнения

Результаты показывают процесс расчета параметра TS мидбасового динамика. Графики ниже показывают измерения импеданса, сделанные на открытом воздухе, а затем с добавленными массами. [Аппроксимация электрической модели](#) импеданса привода методом наименьших квадратов выполняется при измерении в свободном воздухе для определения параметров модели. Еще одна аппроксимация методом наименьших квадратов выполняется для вторичного измерения для определения измененных параметров движения, после чего рассчитываются параметры TS.



Для расчета параметров TS выбираются измерения и вводятся необходимые значения:

- сопротивление постоянного тока звуковой катушки (R_{DC}) в омах. Точное измерение малых сопротивлений непросто, но модель импеданса, которую использует REW, может компенсировать неточное сопротивление постоянному току.
- эффективная площадь в квадратных сантиметрах, в большинстве спецификаций драйверов указана эффективная площадь, но если она недоступна, REW может рассчитать для вас эту цифру с учетом эффективного диаметра, который представляет собой диаметр конуса плюс доля окантовки, обычно 1/3 до 1/2, просто щелкните значок калькулятора в левой части поля эффективной площади.
- температура воздуха в градусах Цельсия
- давление воздуха в миллибарах
- дополнительная масса в граммах или объем запечатанной коробки в литрах.

Затем нажимается кнопка «**Рассчитать параметры**» со следующими результатами.

Thiele-Small Parameters

Measurement method

Dual added mass

Free Air Measurement

1: Free air

Added mass measurements

2: m1

Added mass 1 (g): 8.017

3: m2

Added mass 2 (g): 16.048

Manually Entered Values

Voice Coil DC Resistance (ohm): 5.721

Effective Area (cm²): 104.0

Air Temperature (Celsius): 20

Air Pressure (mB): 1013.25

Calculate Parameters

Write Parameters to File

Simplified Model Parameters

R_E 5.783 ohm L_E 134.5 uH

R_{ES} 23.13 ohm R₂ 9.88 ohm

C_{MES} 303.7 uF L₂ 196.9 uH

L_{CES} 41.32 mH R₃ 1.54 ohm

L₃ 361.0 uH

R_E 5.783 ohm f_S 44.9 Hz M_{MS} 14.91 g

Z_{min} 6.296 ohm Q_{MS} 2.396 C_{MS} 0.841 mm/N

f_{min} 313 Hz Q_{ES} 0.496 R_{MS} 1.757 kg/s

f₃ 2.038 Hz Q_{TS} 0.411 V_{AS} 12.91 litres

L_E (f₃) 0.339 mH F_{TS} 109.4 Hz B_E 7.008 Tm

Dd 11.51 cm L_p 85.79 dB (1W/1m) Eta 0.23 %

Sd 104.0 cm² m1 8.017 g m2 16.048 g

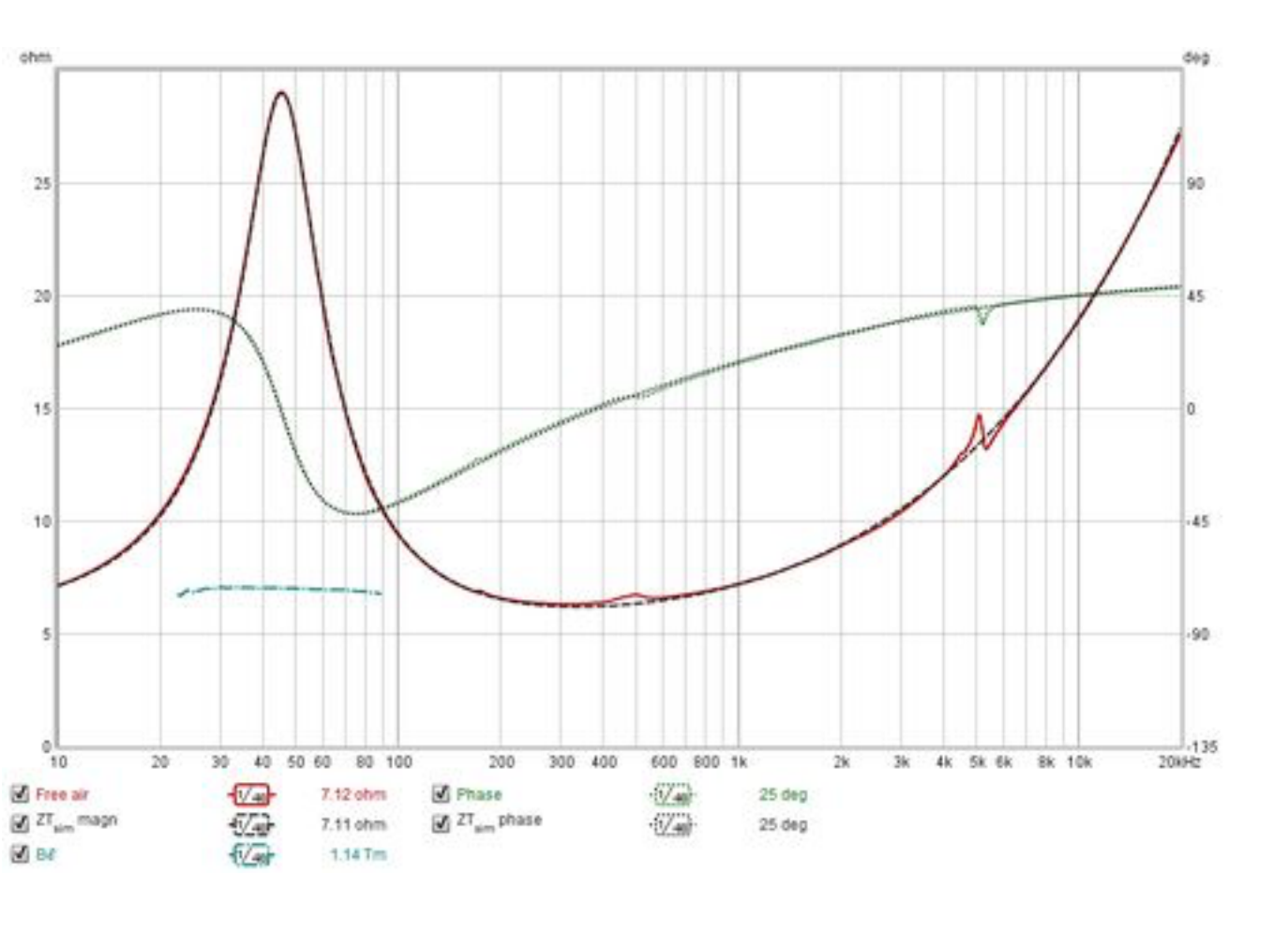
Secondary measurement:

Air temperature 20.0 C, pressure 1,013.25 mB giving density 1.2041 kg/m³, c 343.2 m/s

Первый столбец результатов в нижней части окна показывает сопротивление громкоговорителя R_E , которое обычно немного выше, чем сопротивление постоянному току; минимальный импеданс Z_{min} после пика и частота f_{min} , на которой он возникает; f_3 - частота, при которой импеданс увеличился до $\sqrt{2} \cdot Z_{f_{min}}$; индуктивность при f_3 ; эффективный диаметр и эффективная площадь. Во втором столбце указана резонансная частота f_S ; механическая (Q_{MC}), электрическая (Q_{3C}) и полная (Q_{TC}) добротности и F_{TC} рисунок (f_S/Q_{TS}). Эти параметры также могут быть рассчитаны для любого отдельного измерения, не требуя выбора вторичного измерения. Показатель LP и значения MMS , CMS , RMS , VAS , B_E и Eta (эффективность) в третьем столбце могут быть рассчитаны только с использованием дополнительных измерений.

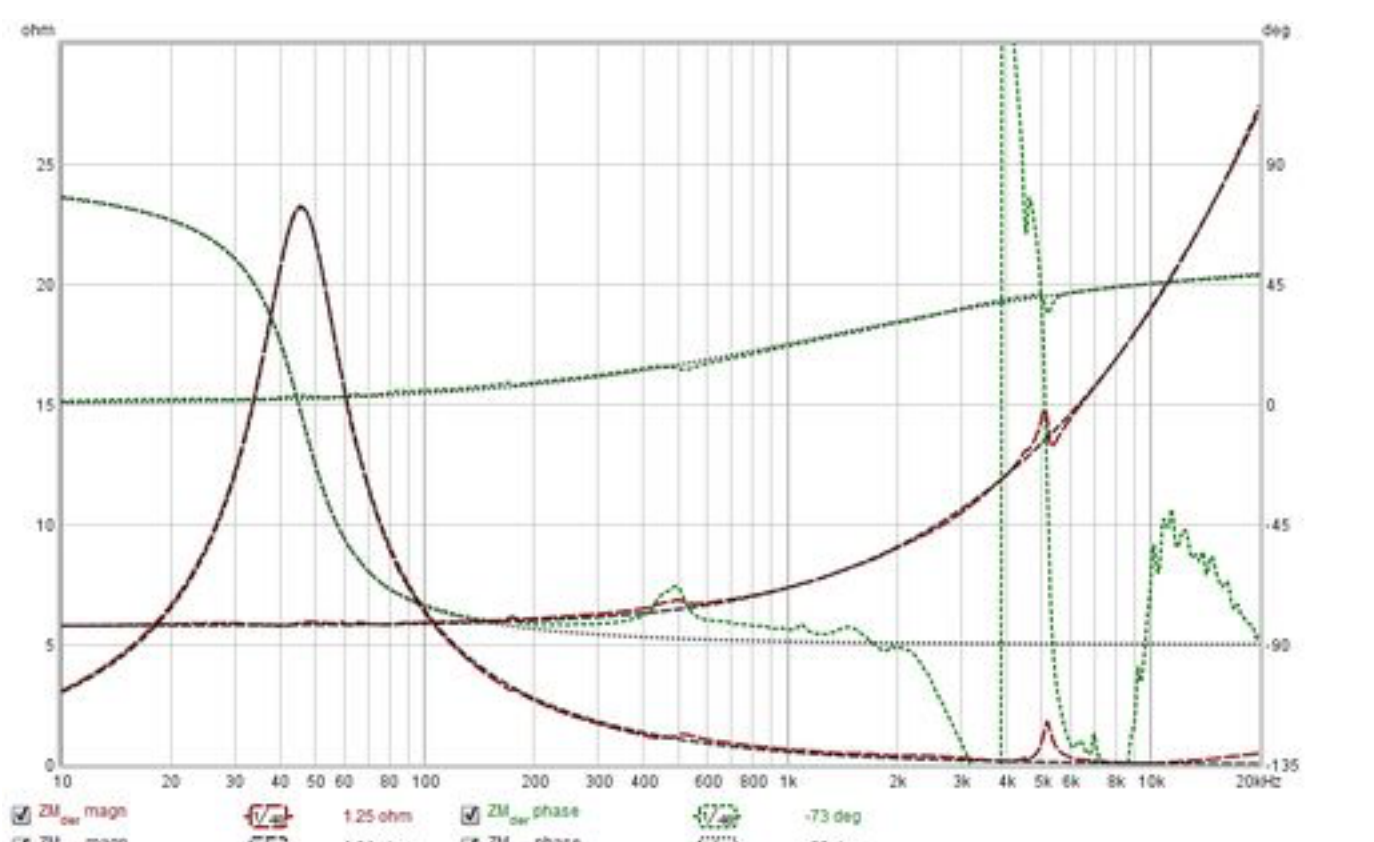
Результаты можно скопировать в буфер обмена, щелкнув правой кнопкой мыши область результатов, или записать в текстовый файл с помощью кнопки «**Записать параметры в файл**». При записи в файл разделитель между значениями, метками и т. д. определяется в меню «Файл» → «Экспорт».

На приведенном ниже графике показаны смоделированные кривые импеданса, накладывающиеся на измеренные значения для измерения в открытом воздухе.



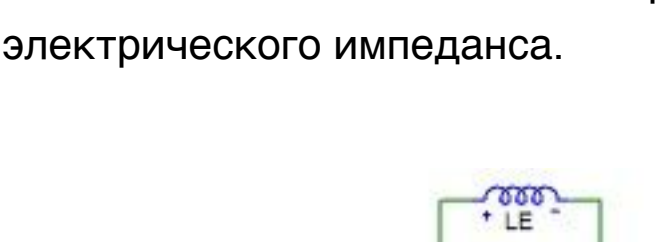
Двойные измерения добавленной массы включают кривую Bf (голубой цвет на изображении), она должна быть близка к горизонтальной вокруг резонансной частоты, если измерения хорошие.

Когда параметры TS были рассчитаны, полученные и смоделированные величины и фазы импеданса движения и блокировки могут быть нанесены на график в дополнение к трассировкам полного импеданса, наряду с величиной и фазой ZM* для результатов двойной добавленной массы. Смоделированные трассы создаются с использованием значений параметров модели, производные трассы создаются путем вычитания значений модели из измеренных значений (например, производное импеданс движения получается путем вычитания смоделированного импеданса заблокированных участков из общего измеренного импеданса).



Модель электрического сопротивления

REW использует модель для компонента электрического импеданса драйвера, основанную на «Модели электродинамического преобразователя, включающей полуиндуктивность и средства для короткого замыкания намагнитченности переменного тока» Кнуда Торборга и Клауса Футтрупа, JAES, том 59, выпуск 9, стр. 612-627; Сентябрь 2011 г. На приведенной ниже диаграмме показаны компоненты модели электрического импеданса.



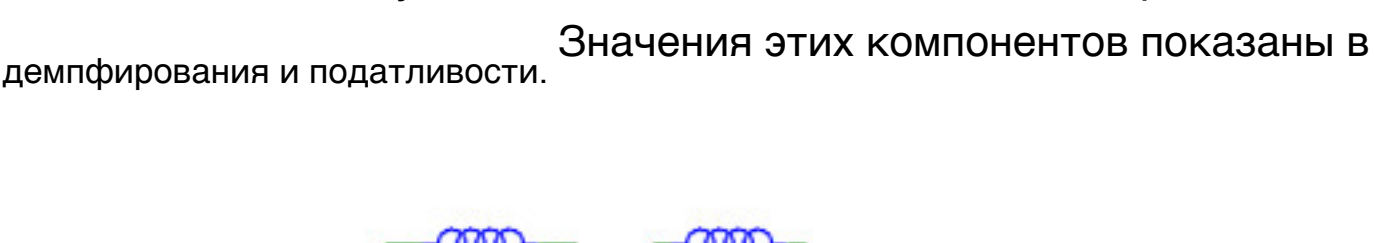
Модель начинается с сопротивления блока привода R_E , которое представляет собой сопротивление постоянному току R_{DC} . REW имеет дополнительное сопротивление dR, которое учитывает разницу между фактическим RE и измеренным сопротивлением, которое может отличаться из-за ошибок измерения или температуры катушки. За ним следует последовательная индуктивность L_{EB} и затем параллельная комбинация индуктивности L_E и сопротивлений K_{SS} и L_E представляет собой индуктивность части звуковой катушки, расположенной внутри зазора двигателя. L_{EB} представляет собой часть катушки вне зазора двигателя. Полуиндуктивность K_{SS} имеет импеданс, который зависит от квадратного корня из омги. Он моделирует эффекты вихревых токов и глубину скин-слоя в полюсном наконечнике. Параллельная комбинация L_E и K_E моделирует переход поведения катушки от обычного индуктора на низких частотах к полуиндуктору на высоких частотах. Компонент R_{SS} моделирует влияние электропроводящего материала в магнитной системе. Значения параметров, которые определяет REW, могут быть изменены, если это необходимо, и влияние на смоделированные импеданс и фазовые трассы можно увидеть на графике, но рассчитанные параметры TS не будут изменены.

Модель механического импеданса

Модель механического импеданса включает в себя элементы, учитывающие частотную зависимость податливости. В нем используется модель вязкоупругости LOG из «Модели низкочастотных громкоговорителей, включающие ползуность подвески» Кнудсена и Дженсена, JAES Volume 41 Issue 1/2 pp. 3-18; Февраль 1993 г., с добавленной функцией спектра замедления, как описано в «Моделировании вязкоупругости подвески громкоговорителей с использованием спектров замедления» Агерквиста и Риттера, Конвенция AES: 129 (ноябрь 2010 г.), номер статьи: 8217.

Упрощенная модель

Поскольку значения частотно-зависимых компонентов не поддерживаются многими симуляторами цепей, REW также рассчитывает значения для альтернативной модели заблокированного импеданса с использованием двух последовательно соединенных параллельных пар резистор-индуктор, обозначенных R2-L2 и R3-L3, и обычных R_{ES} , C_{MES} , L Модель импеданса движения CES без частотно-зависимого демпфирования и податливости. Значения этих компонентов показаны в поле «Упрощенная модель». На этой диаграмме показаны компоненты упрощенной модели.



[Справочный указатель](#)