



УДК 004
doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-2



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Моделирование тембра в гитарном звукоснимателе

Сергей Александрович Бирюков

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
sergey-1997@mail.ru

Василий Анатольевич Трусов

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
trusov_v@mail.ru

Аннотация. Рассказывается о моделировании тембра в гитарном звукоснимателе и факторах, влияющих на моделирование.

Ключевые слова: звукосниматель, катушка, тон, резонанс, резонансная частота, сопротивление

Для цитирования: Бирюков С. А., Трусов В. А. Моделирование тембра в гитарном звукоснимателе // Инжиниринг и технологии. 2022. Т. 7(2). С. 1–4. doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-2

Timbre modeling in a guitar pickup

Sergey A. Biryukov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
sergey-1997@mail.ru

Vasiliy A. Trusov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
trusov_v@mail.ru

Abstract. This article deals with the timbre modeling in a guitar pickup and the factors affecting thereof.

Keywords: pickup, coil, tone, resonance, resonant frequency, resistance

For citation: Biryukov S.A., Trusov V.A. Timbre modeling in a guitar pickup. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2022;7(2):1–4. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2022-7-2-2

Одним из наиболее важных аспектов, определяющих тембр звукоснимателя, является резонансная частота. В датчиках EMG используется метод «формирования импеданса» для управления двумя катушками. Эта инновация позволяет нам создавать смесь реактивных спадов и АЧХ резонансов каждой катушки. Идея состоит в том, чтобы добиться сложного смешения частотной характеристики и фазовой характеристики каждой катушки, что приводит к более богатому звуку звукоснимателя. Это означает, что звук будет более живым с большим количеством гармоник, чем от традиционного пассивного звукоснимателя [1, 2].

Все зависит от конечного результата, которого Вы хотите добиться. Частотная характеристика EMG-SA сильно отличается от частотной характеристики EMG-SV.

На диаграммах Боде мы видим отклик двух полосовых фильтров с разной центральной резонансной частотой и полосой пропускания, что вполне соответствует характеристикам этих моделей датчиков [3].

На первом графике (рис. 1) ширина полосы пропускания по уровню -3dB примерно равна $B = 10000 - 1500 = 8500$ Гц, соответственно добротность фильтра $Q = 4400 / 8500 \approx 0,5$.

На втором графике (рис. 2) $B = 4000 - 2500 = 1500$ Гц, соответственно $Q = 3350 / 1500 \approx 2,2$.

Моделирование тона обеспечивается дополнительной емкостью заданного значения (при необходимости), подключаемой между выводами катушки и значением индуктивности самой катушки. Таким образом, в отличие от пассивных звукоснимателей, на которые влияет паразитная емкость ка-



тушки, потенциометра и кабеля, заданная частота и резонансное качество точно гарантируются, причем резонансное качество достаточно высокое из-за высокой индуктивности катушки для обеспечения достаточной амплитуды выходного сигнала [4].

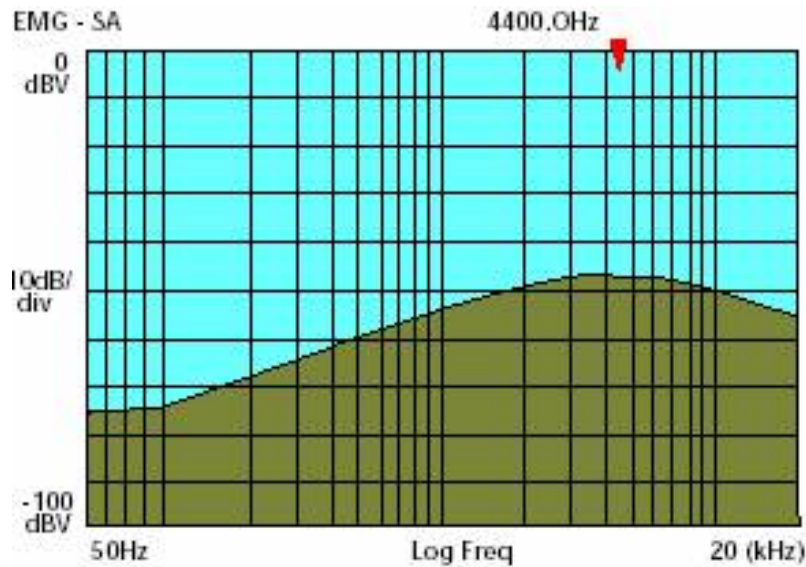


Рис. 1. АЧХ звукоснимателя EMG-SA

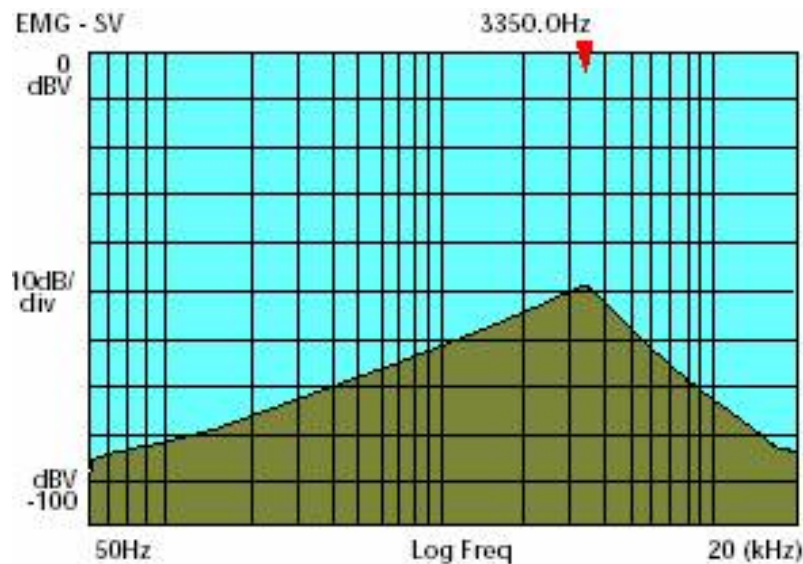


Рис. 2. АЧХ звукоснимателя EMG-SV

Можно оценить характеристическое значение резонансной частоты и добротность пассивных датчиков в условиях средней стандартной нагрузки. Предположим, что одиночная индуктивность $L = 3$ Гн, сопротивление $R = 6$ кОм, паразитная емкость = 100 пФ, емкость кабеля около 200 пФ/м, для 3-метрового кабеля = 600 пФ, общая емкость = 700 пФ.

Частота резонанса получится

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{3 \cdot 7 \cdot 10^{-10}}} \approx 3500 \text{ Гц.}$$

Добротность получится

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C_T}} = \frac{1}{6 \cdot 10^3} \sqrt{\frac{3}{7 \cdot 10^{-10}}} \approx 10.$$

Это достаточно большое значение, если не брать в расчет активную составляющую нагрузки.



Если принять в расчет хотя бы потенциометр, отвечающий за громкость в гитаре, например 500 кОм, и входное сопротивление какой-либо примочки или усилителя с динамиком, например 1 МОм (т.е. общее активное сопротивление нагрузки R_L , составляющее примерно 300 кОм), мы получим меньшую добротность резонанса. Далее приводим формулу для добротности резонанса датчика с привлечением сопротивлений:

$$Q \approx \frac{\sqrt{LC_T}}{RC_T + \frac{L}{R_L}} = \frac{\sqrt{3 \cdot 7 \cdot 10^{-10}}}{6 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 10^{-10} + \frac{3}{3 \cdot 10^5}} \approx 4,4.$$

1. Как видно из приведенных значений, слагаемое в знаменателе RC_T значительно меньше, чем L/R_L , поэтому при таких условиях данную формулу можно еще упростить:

$$Q \approx R_L \sqrt{\frac{C_T}{L}} = 3 \cdot 10^5 \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{-10}}{3}} \approx 4,6.$$

Но когда есть пассивный датчик с большим числом витков, у которого значительно большее сопротивление и паразитная емкость, длинный кабель и примочка с большим входным сопротивлением, то эти условия становятся сравнимыми между собой, и добротность резонанса может упасть в несколько раз. В этом случае резонансная частота будет значительно меньше 3 кГц.

2. Нами приведено примерное равенство, потому что учтен тот факт, что сопротивление нагрузки всегда намного больше внутреннего сопротивления звукоснимателя. Это также позволяет не учитывать малый сдвиг резонанса по частоте и уменьшение амплитуды выходного сигнала, обусловленное делителем напряжения от активных сопротивлений датчика и нагрузки.

Итак, из приведенной выше диаграммы видно, что EMG-SV смоделирован по звучанию пассивного звукоснимателя, а EMG-SA типичен для широкополосного активного.

В устройствах, предназначенных для традиционных гитарных подключений, буфер обычно представляет собой операционный усилитель на полевых транзисторах, полевой транзистор или лампу. Входное сопротивление (сопротивление смещения или рабочей точки) этих каскадов достаточно велико, а характеристические значения составляют 470 кОм, 1 МОм. Учитывая потенциометр внутри гитары, частота и добротность резонанса ФНЧ вычисляется

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$
$$Q \approx \frac{\sqrt{LC}}{rC + \frac{L}{R}},$$

где L – индуктивность датчика, C – общая емкость (катушки и кабеля); r – сопротивление датчика; R – входное сопротивление буферного каскада.

Итак, зная параметры датчика (сопротивление, резонансную частоту, а лучше – индуктивность), можно примерно оценить длину кабеля и входное сопротивление примочки для нужной резонансной частоты. Количественная оценка ваших любимых звуков поможет легче и точнее ориентироваться при смене и покупке звукоснимателей, кабелей и другого оборудования, а также при выполнении условных поправок при оценке качества звука оборудования в сочетании с другими инструментами.

Список литературы

1. Хмарук С. Устройство звукоснимателя электрогитары // Блог. Твоя гитара. 2016. URL: <http://tvoya-gitara.ru/ustroystvo-gitary/ustroystvo-zvukosnimatelya-electrogitary> (дата обращения: 15.01.2022).
2. Скачков И. Анатомия электрогитары // WAVEFORUM 2020. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5cd9699-e7a7fdb034967111c/anatomiiia-elektrogitary-chast-4-kak-vybrat-zvukosnimateli-5f44334c6c0a3c6d62f4a38a> (дата обращения: 15.01.2022).
3. Колпаков В. Звукосниматели и их основные свойства // guitar.ru. 2003. URL: http://guitar.ru/articles/pickup/sound-pickup_317.html (дата обращения: 15.01.2022).
4. Апгрейд гитары: все о звукоснимателях // Strunki.ru. 2020. URL: <https://www.strunki.ru/helpfull/apgrejdd-gitary-vse-o-zvukosnimatelyakh-chast-1> (дата обращения: 15.01.2022).



References

1. Khmaruk S. Electric guitar pickup device. 2016. (In Russ.). Available at: <http://tvoya-gitara.ru/ustroystvo-gitary/ustroystvo-zvukosnimatelya-electrogitary> (accessed 15.01.2022).
2. Skachkov I. Electric guitar anatomy. *WAVEFORUM 2020*. (In Russ.). Available at: <https://zen.yandex.ru/media/id/5cd9699-e7a7fdb034967111c/anatomiia-elektrogitary-chast-4-kak-vybrat-zvukosnimateli-5f44334c6c0a3c6d62f4a38a> (accessed 15.01.2022).
3. Kolpakov V. Pickups and the major characteristics thereof. 2003. (In Russ.) Available at: http://guitar.ru/articles/pickup/sound-pickup_317.html (accessed: 15.01.2022).
4. Guitar upgrade: Everything about pickups. 2020. (In Russ.) Available at: <https://www.strunki.ru/helpfull/apgrejdd-gitary-vse-o-zvukosnimatelyakh-chast-1> (accessed 15.01.2022).

Поступила в редакцию / Received 12.03.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 15.04.2022

Принята к публикации / Accepted 29.04.2022