

БУФЕРНЫЙ КАСКАД ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ Сенюткин П.А.

Сенюткин Петр Алексеевич – инженер-электрик, пенсионер, г. Глазов

Аннотация: рассмотрена схема буферного каскада для согласования электрогитары с усилителем. Приведены экспериментальные результаты. Показаны характеристики для промышленного звукоусилителя BS-01N-BK фирмы Belcat Co.,Ltd.

Ключевые слова: буферный каскад, амплитудно-частотные характеристики, емкость гитарного кабеля.

В качестве основы для буферного каскада (БК) автор использовал простейший истоковый повторитель на основе известной схемы S.A.G.E.[1]. Схема каскада приведена на рис. 1.

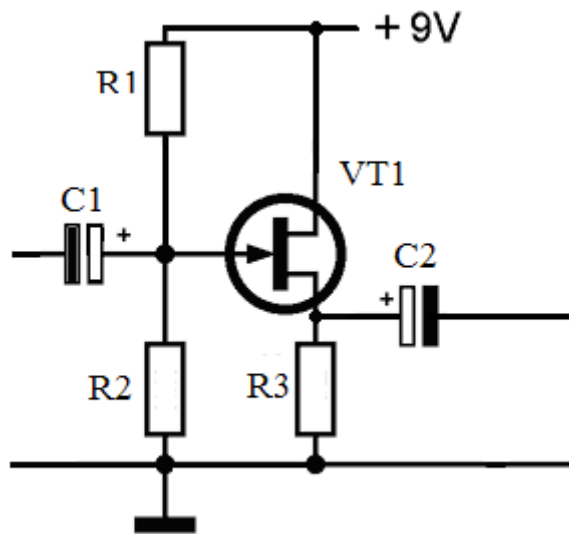


Рис. 1. Схема буферного каскада. $R_1=R_2=2\text{ МОм}$, $R_3=15\text{ кОм}$, $C_1=10\text{ мкФ}$, $C_2=100\text{ мкФ}$, VT1- КП303Б

Характеристики БК, измеренные автором:

- входное сопротивление $R_{\text{вхБК}} = 1,7\text{ МОм}$
- выходное сопротивление $R_{\text{выхБК}} = 420\text{ Ом}$
- усиление по напряжению 0,88
- полоса частот на уровне (-1 дБ) = 40 Гц-20 кГц.

Эксперименты проводились со звукоусилителем (ЗУ) BS-01N-BK фирмы Belcat Co.,Ltd с оптимальным согласованием, исследованном в работе [2, 13]. Характеристики элементов его эквивалентной схемы: $L = 3,4\text{ Гн}$, $R = 5,5\text{ кОм}$, $C = 182\text{ пФ}$, $R_{\Pi} = 582\text{ кОм}$, $R_{\Gamma} = 264\text{ кОм}$ (регулятор громкости), $R_M = 10\text{ МОм}$ (входное сопротивление мультиметра M890G), $C_M = 23\text{ пФ}$ (входная емкость мультиметра M890G). Схема измерений представлена на рис.2. Измерялась амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) ЗУ в режиме приема по методике [3, 30].

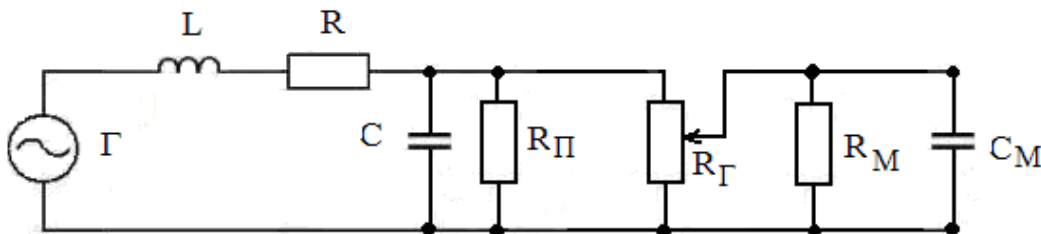


Рис. 2. Схема ЗУ, нагруженного мультиметром ($R_M C_M$)

Результаты измерений для схемы на рис.2 представлены на рис. 3. Пунктиром на рис. 3 показан уровень 0,707 (-3 дБ) от максимального значения коэффициента передачи K_U .

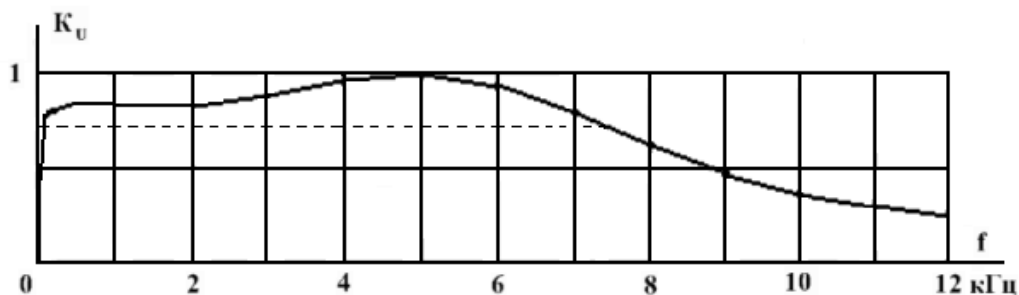


Рис. 3. АЧХ ЗС для схемы рис. 2

Полоса частот на уровне (-3дБ) составляет около 0,06-7,5 кГц, $K_{\text{УМАКС}} = 1$, резонансная частота $f_p = 5$ кГц. Входное и выходное сопротивления БК должны обеспечивать хорошую развязку АЧХ ЗС от гитарного кабеля и входных характеристик гитарного усилителя. Для проверки этого предположения была собрана схема, показанная на рис.4. Схема содержит следующие компоненты: ЗС ($L, R, C, R_{\text{П}}, R_{\text{Г}}$), БК, гитарный кабель, изготовленный из кабеля RG58, длиной 16 м (емкость кабеля $C_K = 1685$ пФ, погонная емкость 105,3 пФ/м), входное сопротивление усилителя $R_{\text{ВХ}} = 10$ кОм, входная емкость усилителя $C_{\text{ВХ}} = 530$ пФ. Значения $R_{\text{ВХ}}$ и $C_{\text{ВХ}}$ являются типичными для гитарных усилителей из бюджетной серии GA-10 для начинающих исполнителей.

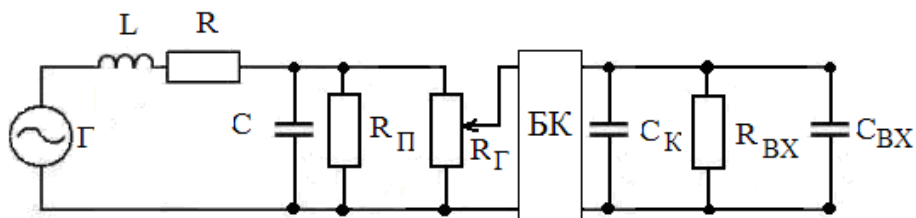


Рис. 4. Схема ЗС нагруженного буферным каскадом (БК), кабелем (C_K) и входом усилителя ($R_{\text{ВХ}}$ и $C_{\text{ВХ}}$)

Рассчитаем АЧХ ЗС в режиме приема для схемы на рис. 4 при той же нагрузке, но без БК [3, 30]. Результаты расчета показаны на рис. 5.

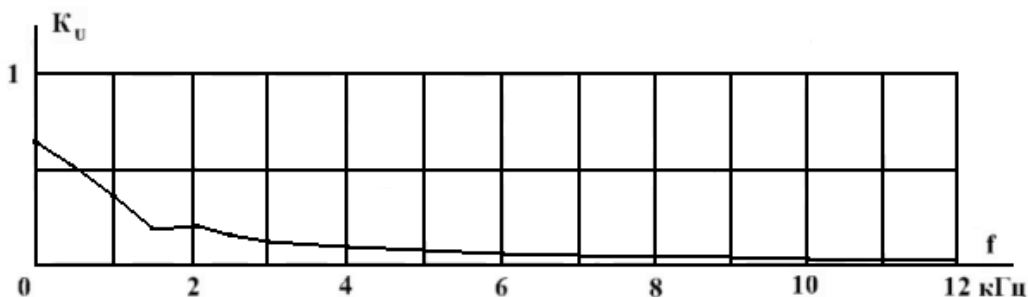


Рис. 5. АЧХ для схемы рис.4. без БК

Из рис. 5 видно, что увеличенная емкость ЗС ($C + C_K + C_{\text{ВХ}}$) снизила резонансную частоту ЗС с 5 кГц до, примерно, 2 кГц, а низкое значение $R_{\text{П}}$ (параллельное соединение $R_{\text{П}}, R_{\text{Г}}$ и $R_{\text{ВХ}}$) значительно уменьшило $K_{\text{У}}$ и уменьшило полосу частот.

Результаты измерений для схемы рис. 4 с БК представлены на рис. 6. Пунктиром на рис. 6 показан уровень 0,707 (-3 дБ) от максимального значения коэффициента передачи $K_{\text{У}}$.

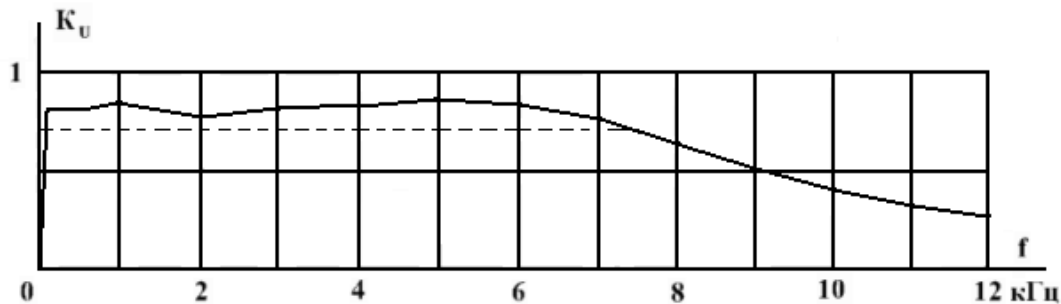


Рис. 6. АЧХ для схемы рис. 4 с БК

Из рис. 6 видно, что наличие БК с малым выходным сопротивлением практически исключил влияние кабеля на АЧХ (рис. 3, рис. 6). Полоса частот для графика на рис. 6 на уровне (-3дБ) составляет около 0,05-7,4 кГц, $K_{\text{УМАКС}} = 0,85$ резонансная частота $f_r = 5$ кГц. За счет конечного сопротивления входа БК, сопротивления входа усилителя и коэффициента передачи БК, график на рис. 6 лежит ниже графика на рис. 3.

Выход БК с выходным сопротивлением $R_{\text{ВЫХБК}}$ можно представить в виде генератора Γ , с внутренним сопротивлением $R_{\text{ВЫХБК}}$. Тогда схему рис.4 после БК можно представить в виде:

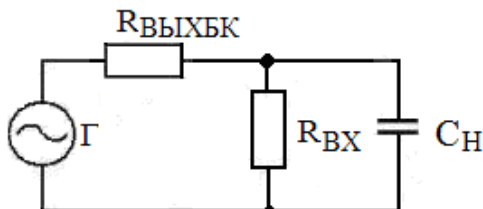


Рис. 7. Передача сигнала в нагрузку

На рис. 7 $R_{\text{ВХ}}=10$ кОм – входное сопротивление усилителя, $R_{\text{ВЫХБК}} = 420$ Ом – внутреннее сопротивление БК, $C_Н = C_K + C_{\text{ВХ}} = 1685$ пФ+530 пФ=2215 пФ – емкость нагрузки равная суммарной емкости кабеля и входной емкости усилителя. Для схемы на рис. 7, коэффициент передачи напряжения K_U от генератора Γ в нагрузку:

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{R_{\text{ВЫХБК}}}{R_{\text{ВХ}}}\right)^2 + (\omega C_Н R_{\text{ВЫХБК}})^2}} \quad (1)$$

Подставив в (1) все значения кроме f (в кГц), получим:

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{1,085 + 0,000031 f^2}} \quad (2)$$

Как и в работе [2, 13], примем минимальное значение $K_U \geq 0,9$. Из (2) видно, что $K_U = 0,96$ и практически не зависит от частоты в диапазоне от 0 до 20 кГц и более. Это значение будет возрастать до 1 при изменении $R_{\text{ВХ}}$ от 10 кОм до бесконечности. Частотные характеристики при этом не меняются, так как первое слагаемое под корнем не зависит от частоты, а второе слагаемое, формально зависящее от частоты не влияет на K_U . Конечно можно подключить электрогитару и к усилителю с входным сопротивлением 1-10 кОм, что приведет только к потере амплитуды сигнала без изменения АЧХ. Практически для $K_U \geq 0,9$ можно принять условие выбора выходного сопротивления $R_{\text{ВЫХБК}}$ относительно входного сопротивления усилителя $R_{\text{ВХ}}$:

$$R_{\text{ВЫХБК}} \leq R_{\text{ВХ}} / 10 \quad (3)$$

Следует отметить, что коэффициент перед f^2 в (2) настолько мал, что даже при длине кабеля 60-65 м $K_U \geq 0,9$ в диапазоне частот от 0 до 20 кГц и никакого заметного влияния на звук гитары наблюдаться не будет.

Список литературы

1. Troshnev A. Smart Altering Guitar Electronics S.A.G.E. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sugardas.lt/~igoramps/Article57.htm/> (дата обращения: 07.03.2019).
2. Сениоткин П.А. Согласование электрогитары с усилителем. НОК № 2 (36), 2019. Стр. 13-18.
3. Сениоткин П.А. Об эквивалентной схеме электромагнитного звукоснимателя для электрогитары. Радио. № 6, 2018. Стр. 30-31.