

ВЛИЯНИЕ ВЫХОДНОЙ ЕМКОСТИ ТРАНЗИСТОРА И ПОТЕРЬ В НАГРУЗОЧНОЙ ЦЕПИ НА КПД УСИЛИТЕЛЯ КЛАССА F₃

Ефимович А.П.

Донецкий национальный университет, г. Донецк

Важным параметром который необходимо учитывать при проектировании любого усилителя мощности (УМ) являются активные потери в нагрузочной цепи. В работе [1] для УМ класса F₃ была предложена нагрузочная цепь (секция 1 на рис. 1) позволяющая учесть выходную емкость транзистора (C_{out}). С целью обеспечения возможности независимой настройки нагрузочных импедансов $Z(f_0)$ и $Z(3f_0)$ на первой и третьей гармониках, в [2] было предложено к секции 1 подключать секцию 2 (рис. 1). Где L_5C_4 – контур настроенный на $3f_0$, C_5 – разделительный конденсатор. Элементы C_6, L_6 и C_7 образуют П-контур трансформирующий на f_0 нагрузочное сопротивление транзистора (R) в сопротивление нагрузки (R_{LOAD}). Значения элементов секции 1 рассчитываются как [1]

$$L_3 = 1 / (6\omega_0^2 C_{out}), \quad L_4 = 5/3(L_3), \quad C_2 = 12/5(C_{out}) \quad (1)$$

где $\omega_0 = 2\pi f_0, f_0$ – рабочая частота, C_3 – разделительный конденсатор.

В [3] было показано, что за счет реактивного импеданса $Z(nf_0) = -jX_{C_{out}}/n$ создаваемого C_{out} на высших гармониках можно при $X_{C_{out}} \geq R$ ($1/\omega_0 C_{out} \geq R$) дополнительно повысить стоковый КПД (η_D) УМ класса F₃. Это достигалось за счет образовавшихся высших гармоник напряжения сток-исток, которые уменьшали перекрытие форм тока и напряжения на кристалле транзистора.

Расчетные значения L_3, L_4, C_2 в (1) зависят в первую очередь от выбора C_{out} . Поэтому представляет интерес рассмотреть влияние на η_D не только величины C_{out} но и активных потерь L_3, L_4 , которые не учтены в (1). На рис. 1 показана схема УМ класса F₃ используемого в моделировании. Моделирование выполнялось методом гармонического баланса. В моделировании использовалась упрощенная модель полевого транзистора 2N7000L. Напряжение питания было равно $V_{DD} = 25$ В. Напряжение смещения $V_{GG} = 1,86$ В обеспечивало угол отсечки 90° . Рабочая частота была равна $f_0 = 13,56$ МГц. Нагрузочный импеданс был задан $Z(f_0) = R = 200$ Ом. Активные потери в катушках учитывались с помощью последовательно включенных сопротивлений R_L (рис. 1). Для анализа работы УМ использовалась величина добротности катушек $Q_L = X_L/R_L$. Где $X_L = \omega_0 L$. Величины добротностей Q_{L5} и Q_{L6} были заданы постоянными 100 и 120. Поскольку L_5 и L_6 не зависят от выбора C_{out} . Особый интерес представляют добротности Q_{L3} и Q_{L4} для L_3 и L_4 рассчитанных при различных C_{out} . Значения Q_{L3} и Q_{L4} выбирались равными. Для удобства величина C_{out} учитывалась путем сравнения $X_{C_{out}}$ со значением R , как это было сделано в [3]. В случае когда $X_{C_{out}} = (5-10)R$ уменьшение Q_{L3} и Q_{L4} незначительно снижали η_D (рис. 2). Когда $X_{C_{out}} = (0,1-1)R$ даже при $Q_{L3} = Q_{L4} = (50-1000)$ наблюдалось существенное снижение η_D (рис. 2). Это объясняется тем, что с ростом C_{out} в секции 1 происходит возрастание резонансных токов протекающих в индуктивностях. В свою очередь это приводит к генерации мощности потерь на R_{L3} и R_{L4} .

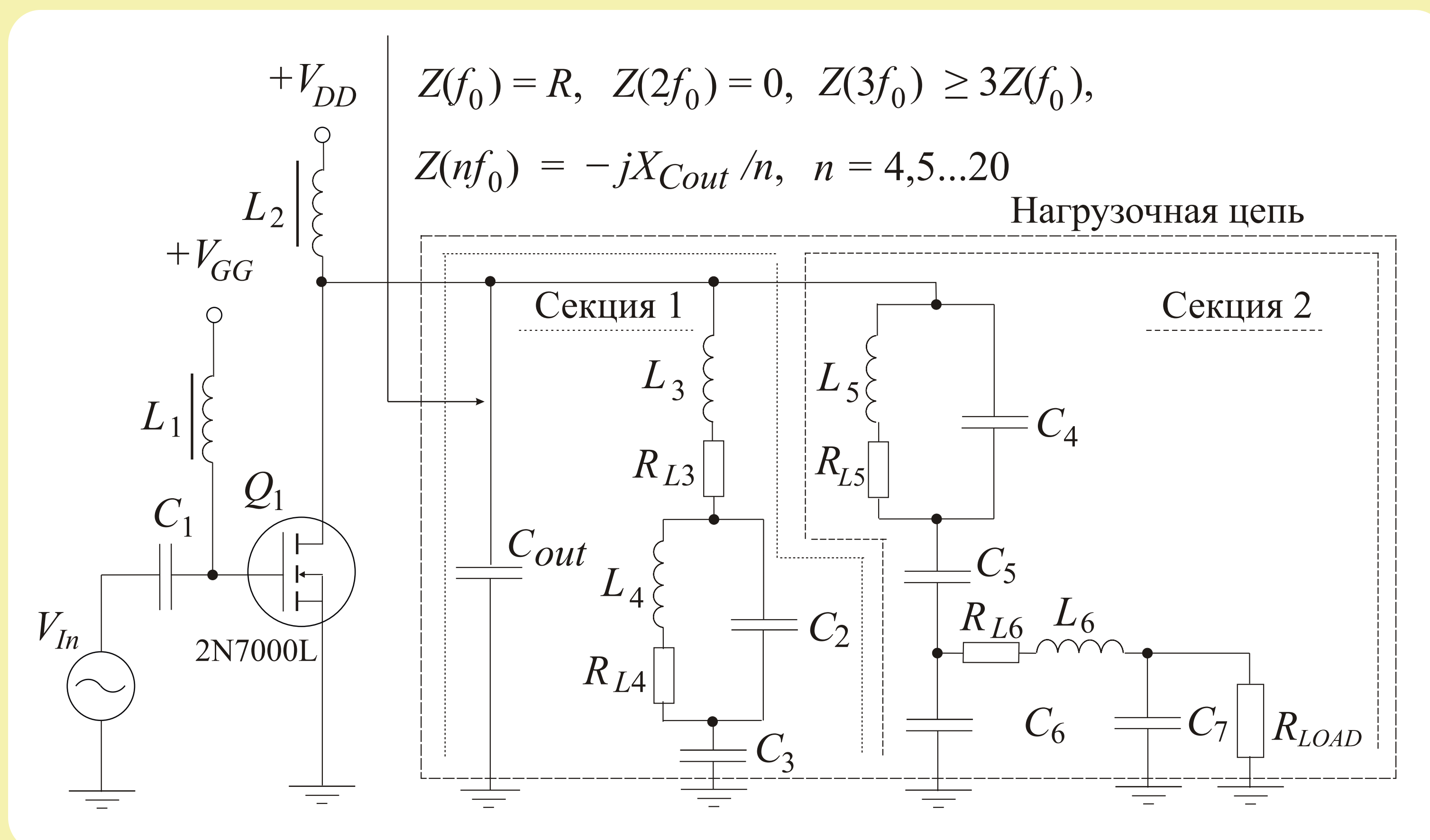


Рис. 1. Принципиальная схема исследуемого УМ класса F₃

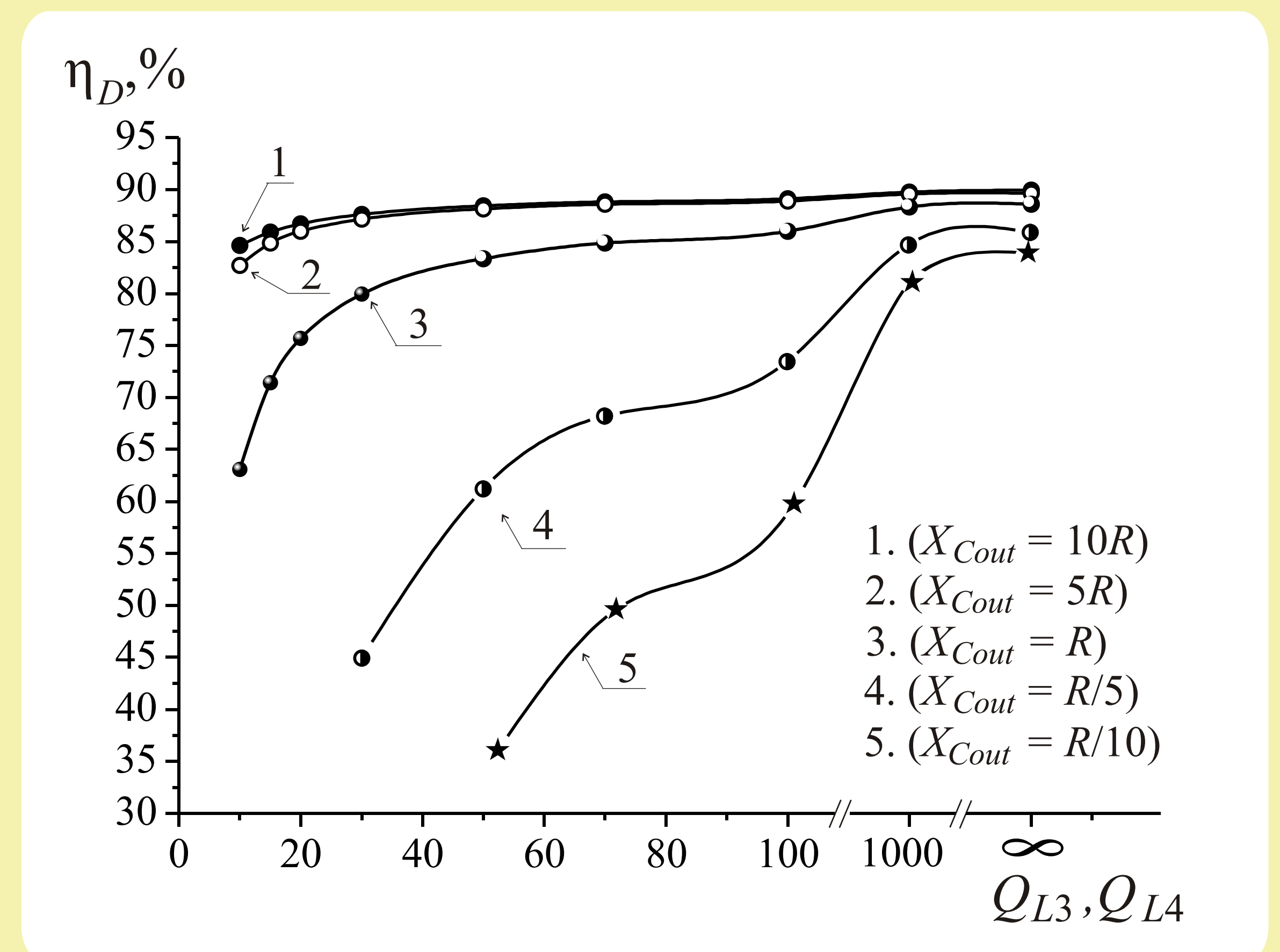


Рис. 2. Зависимость η_D УМ класса F₃ от величин Q_{L3}, Q_{L4} и $X_{C_{out}}$

Таким образом для получения высокого η_D в УМ класса F₃ необходимо использовать транзисторы с малыми выходными емкостями значения, которых обеспечивают выполнение условия $X_{C_{out}} > R$. При этом с ростом $X_{C_{out}}$ происходит расширение (в сторону уменьшения добротности) диапазона значений Q_{L3} и Q_{L4} при которых может быть получен высокий η_D .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grebennikov A.V. Circuit design technique for high efficiency class F amplifiers // Proc. of IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Digest. – 2000. – Vol. 2. – P. 771-774.
2. Yefymovych A., Krizhanovski V. Design load network for class-F amplifier // Proc. of Int. Conf. Modern Telecommunications and Computer Science «Problems of Radio Engineering». Lviv-Slavske. – 2014. – P. 206.
3. Ефимович А. П., Крыжановский В. Г. Исследование энергетических характеристик насыщенного усилителя класса F // Радиотехника: всеукр. межвед. науч.-техн. сб. ХНУРЭ. – 2014. – № 178. – С. 84 – 92.