



Резонанс в колебательном контуре с нелинейной емкостью

Н.В. Юткина, А.А. Семенов, В.В. Витько, А.А. Никитин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

В данной работе произведено экспериментальное исследование зависимости емкости (планарного конденсатора) от внешнего электрического поля, а также получены теоретические зависимости амплитудного коэффициента передачи от частоты.

Введение

Материалы с нелинейными диэлектрическими характеристиками получили широкое применение в электронике, одним из которых является сегнетоэлектрик – материал, имеющий нелинейную зависимость диэлектрической проницаемости как от частоты, так и от внешнего электрического поля [1]. В основном такой способ управления используется в конденсаторах, выполненных с использованием сегнетоэлектрика. Для экспериментального определения возможности перестройки емкости может использоваться схема резонансного контура, в которой сегнетоэлектрический конденсатор является частотно задающим элементом [2].

$$L \frac{di}{dt} + ri + U_c = E \cos \omega t$$

$$U_c = \frac{q}{C(E)} \quad i = \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC(E)} q = \frac{E}{L} \cos \omega t.$$

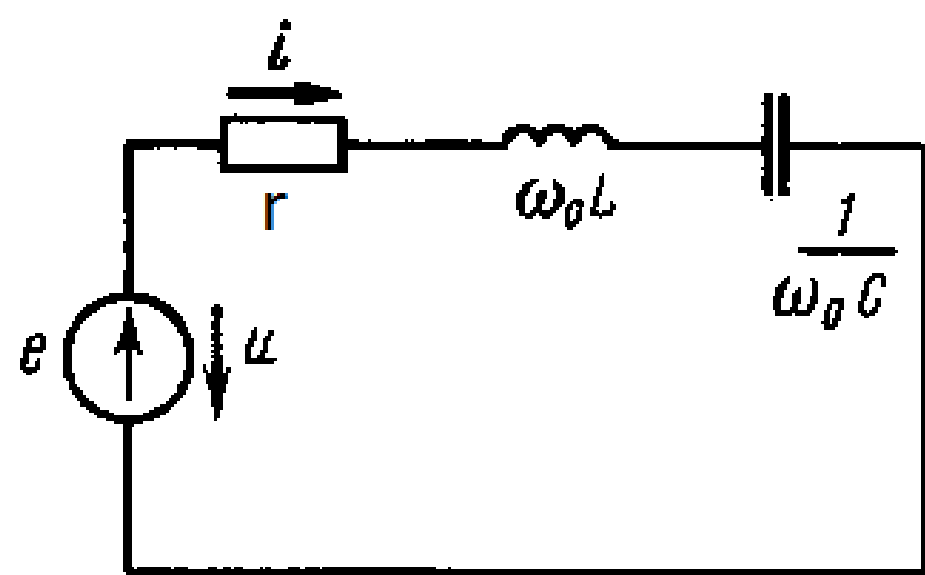


Рис. 1. Простейший колебательный контур

$f(q) = \omega_0^2 q + b_2 q^2 + b_3 q^3$, где b_2, b_3 – параметры, учитывающие нелинейность вольт – кулонной характеристики конденсатора при больших амплитудах.

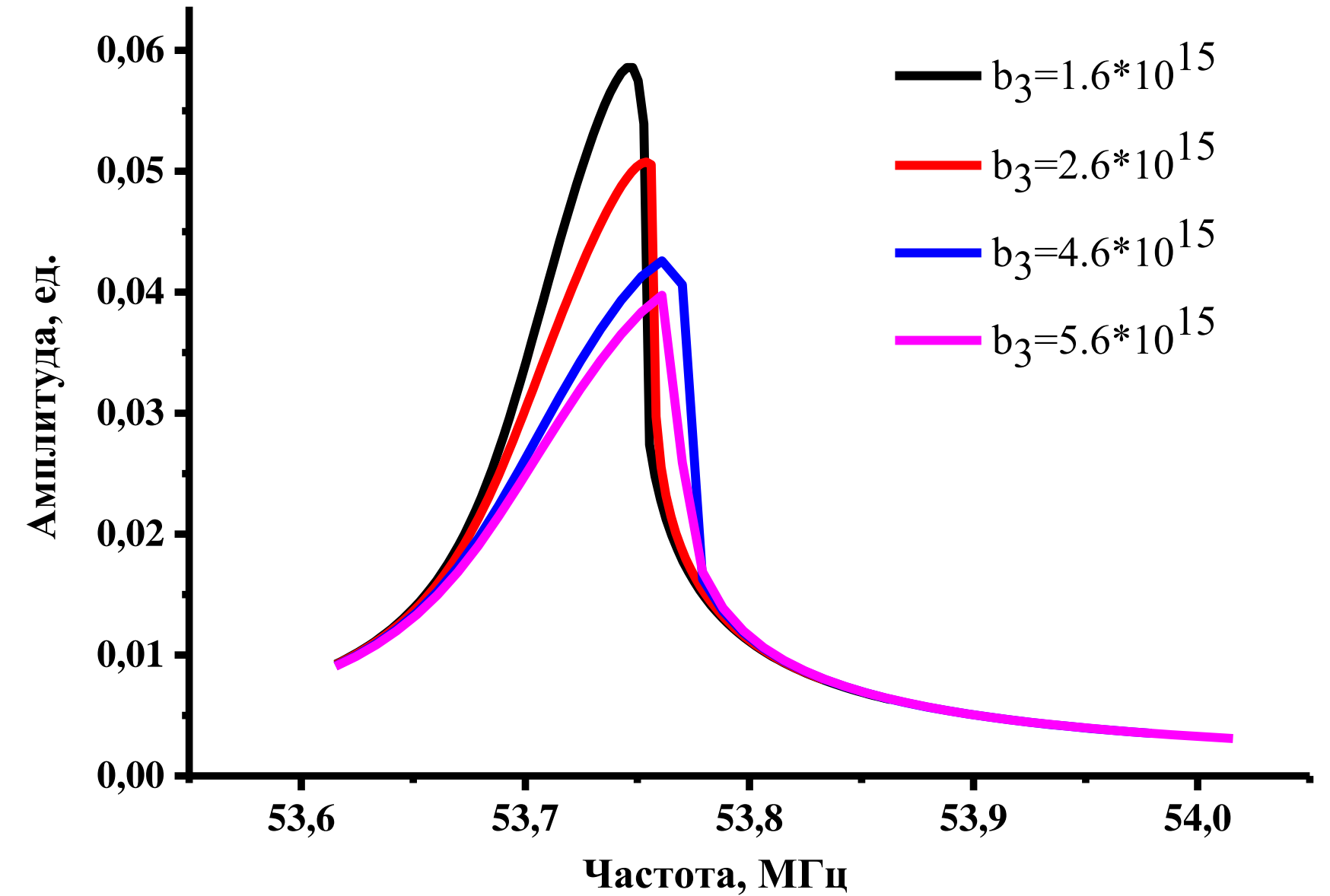


Рис. 4. Резонансные кривые колебательного контура с нелинейной емкостью при изменении b_3

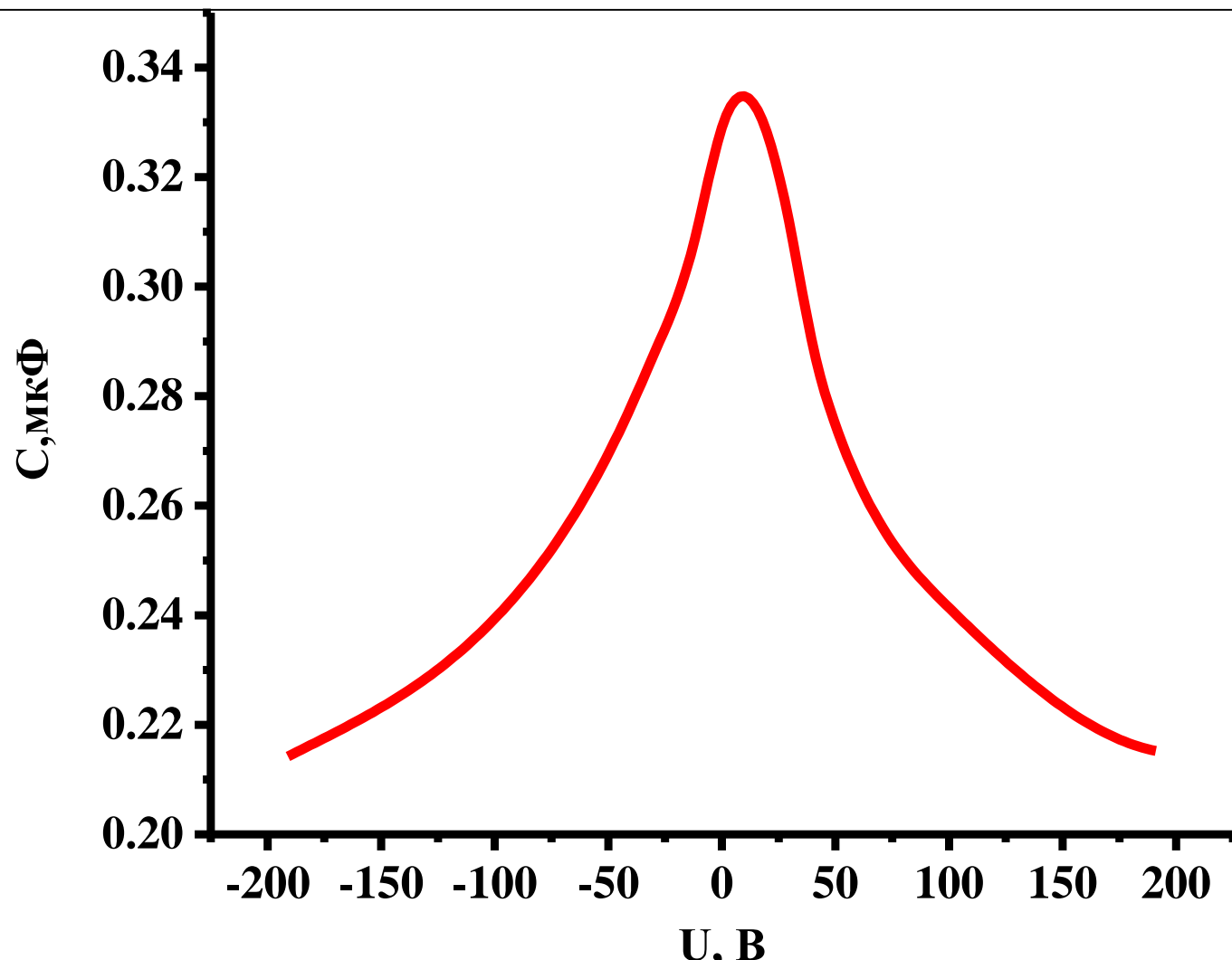


Рис. 2. График зависимости емкости от сегнетоэлектрического конденсатора от напряжения

$$C(E) = \frac{C(0) - C_{\min}}{1 + E^2/E_0^2} + C_{\min}; \quad \epsilon(E) = \frac{\epsilon(0) - \epsilon_{\min}}{1 + E^2/E_0^2} + \epsilon_{\min},$$

$$D = \epsilon_0 \epsilon_{\min} E + \epsilon_0 \epsilon(0) E_0 \arctan \left(\frac{E}{E_0} \right) = \frac{q}{S}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\alpha \frac{dq}{dt} + f(q) = \frac{E}{L} \cos \omega t,$$

Результатом является следующее выражение, содержащее искомую зависимость между амплитудой A и частотой ω при заданных ω_0, α и E :

$$\frac{1}{16} \left(7A^6 b_3^2 + A^4 b_3 (Ab_2 - 9\sqrt{3}Ab_2 + 8\sqrt{3}\alpha\omega - 20\omega^2 + 20\omega_0^2) + 2A^2 (5A^2 b_2^2 - 2Ab_2 (2(3 + \sqrt{3})\alpha\omega + (1 - 3\sqrt{3})(\omega - \omega_0)(\omega + \omega_0)) + 8(4\alpha^2\omega^2 + (\omega^2 - \omega_0^2)^2)) \right) = (E/L)^2$$

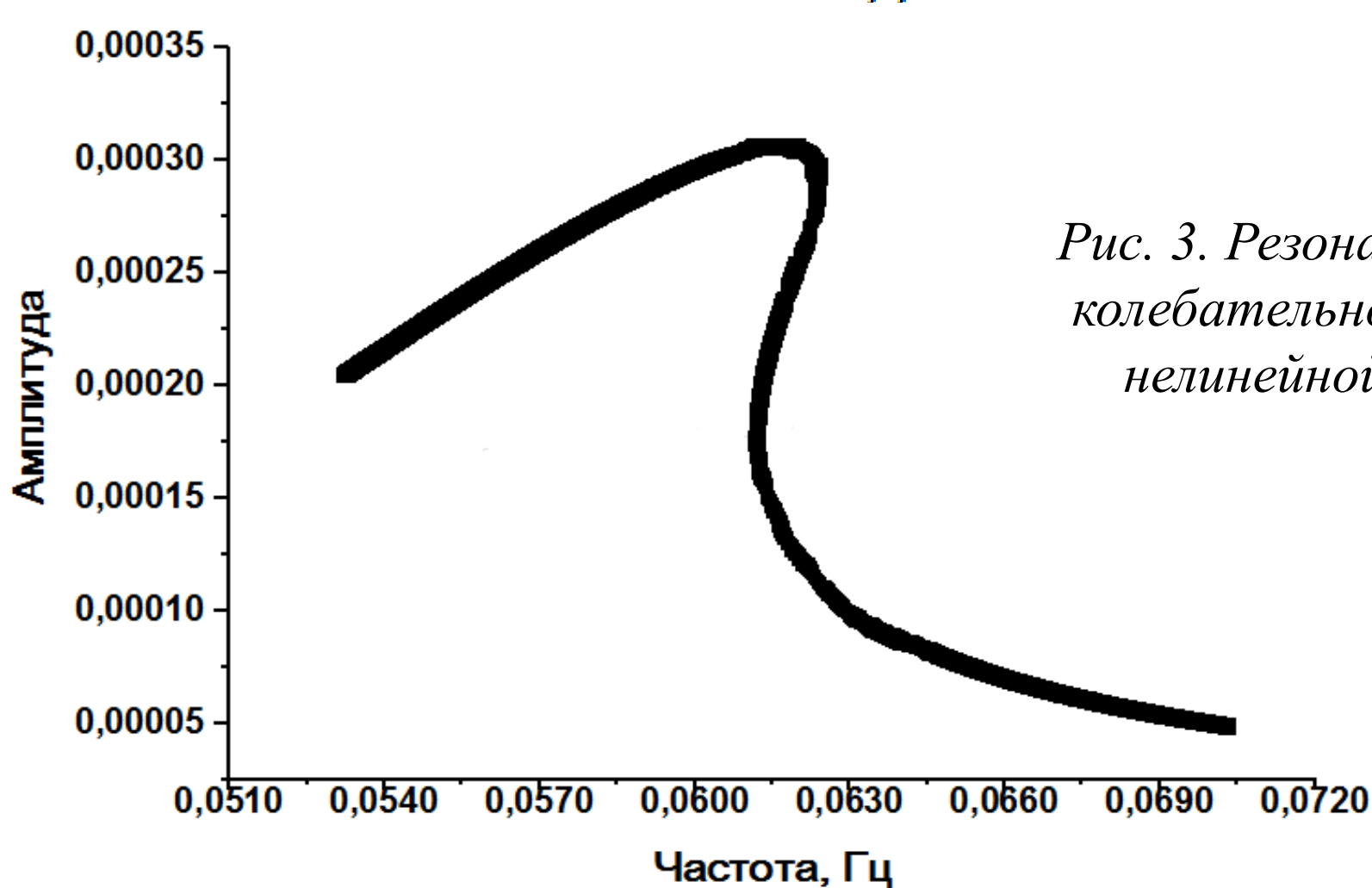


Рис. 3. Резонансные кривые колебательного контура с нелинейной емкостью

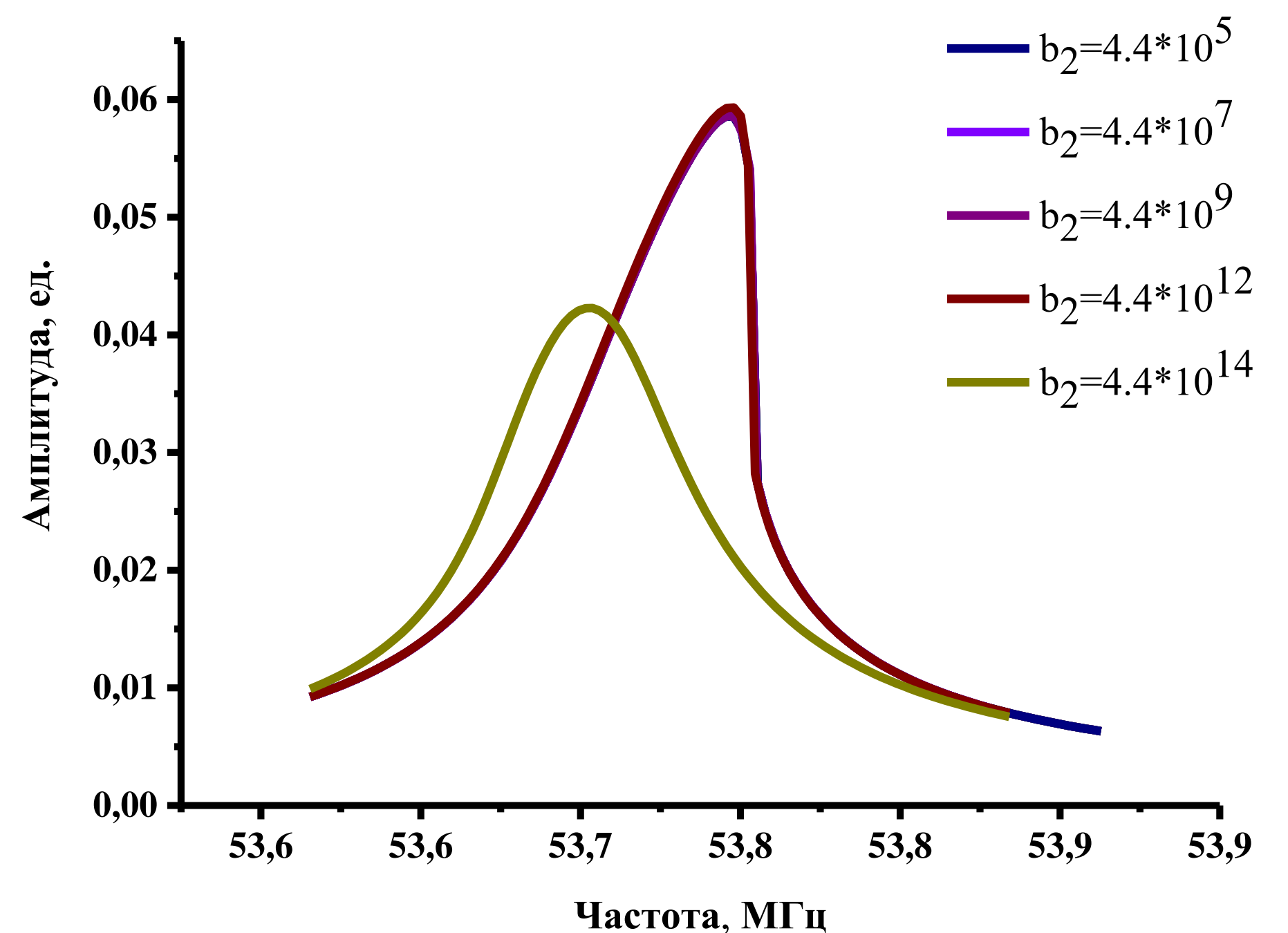


Рис. 5. Резонансные кривые колебательного контура с нелинейной емкостью при изменении b_2

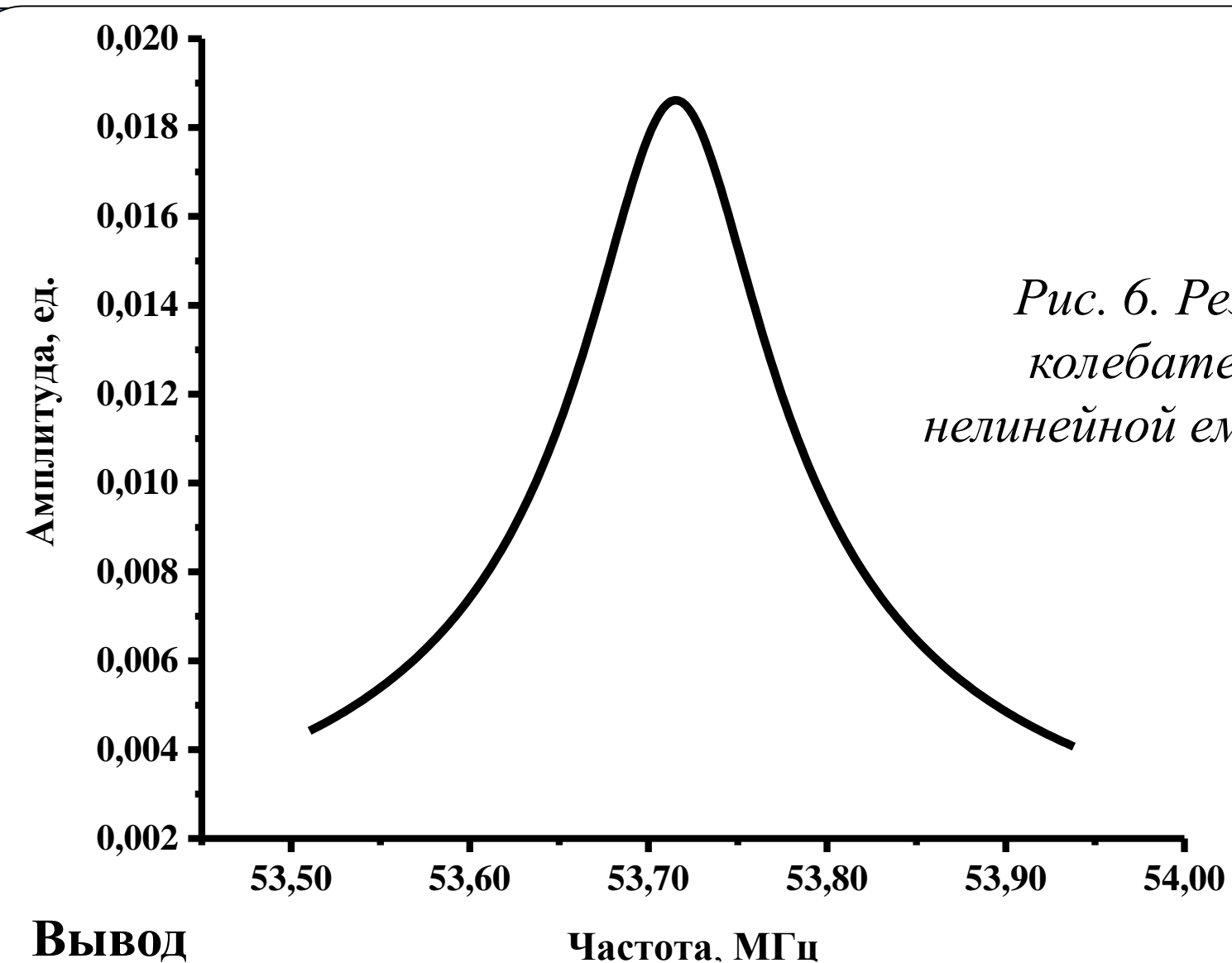


Рис. 6. Резонансные кривые колебательного контура с нелинейной емкостью при $b_2=b_3=0$

Вывод

В результате исследования было выявлено влияние коэффициентов нелинейности на вид резонансных кривых нелинейного контура при нелинейном резонансе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вендик, О. Г. Сегнетоэлектрики находят свою «нишу» среди управляющих устройств СВЧ [Текст] / О. Г. Вендик // Физика твердого тела. – 2009. – т. 51. – вып. 7. – С. 1441-1445.
- Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. [Текст] / И. С. Гоноровский. – М. : Радио и связь, 1986.