

Наримантас Кутка. Саулюс Гоцейкис.

Расщёт трехполярного резонанса.

Каунас 2009

1. Наримантас Кутка. Саулюс Гоцейкис. Расщёт трехполярного резонанса. Каунас 2009.

Алгебра локи 3

$$A^2 = B; B^2 = A; A \cdot B = \oplus; \oplus \cdot \oplus = \oplus;$$

$$A \cdot \oplus = A; B \cdot \oplus = B; A + B + \oplus = 0.$$

$$e^{Ax} = 1 + Ax + B \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + A \frac{x^4}{4!} + B \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

$$e^{Bx} = 1 + Bx + A \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + B \frac{x^4}{4!} + A \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

$$\sin x = x + A \frac{x^3}{3!} + A^2 \frac{x^5}{5!} + A^3 \frac{x^7}{7!} + A^4 \frac{x^9}{9!} + A^5 \frac{x^{11}}{11!} + \dots = x + A \frac{x^3}{3!} + B \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + A \frac{x^9}{9!} + B \frac{x^{11}}{11!} + \dots;$$

$$\cos x = 1 + A \frac{x^2}{2!} + A^2 \frac{x^4}{4!} + A^3 \frac{x^6}{6!} + A^4 \frac{x^8}{8!} + A^5 \frac{x^{10}}{10!} + \dots = 1 + A \frac{x^2}{2!} + B \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + A \frac{x^8}{8!} + B \frac{x^{10}}{10!} + \dots;$$

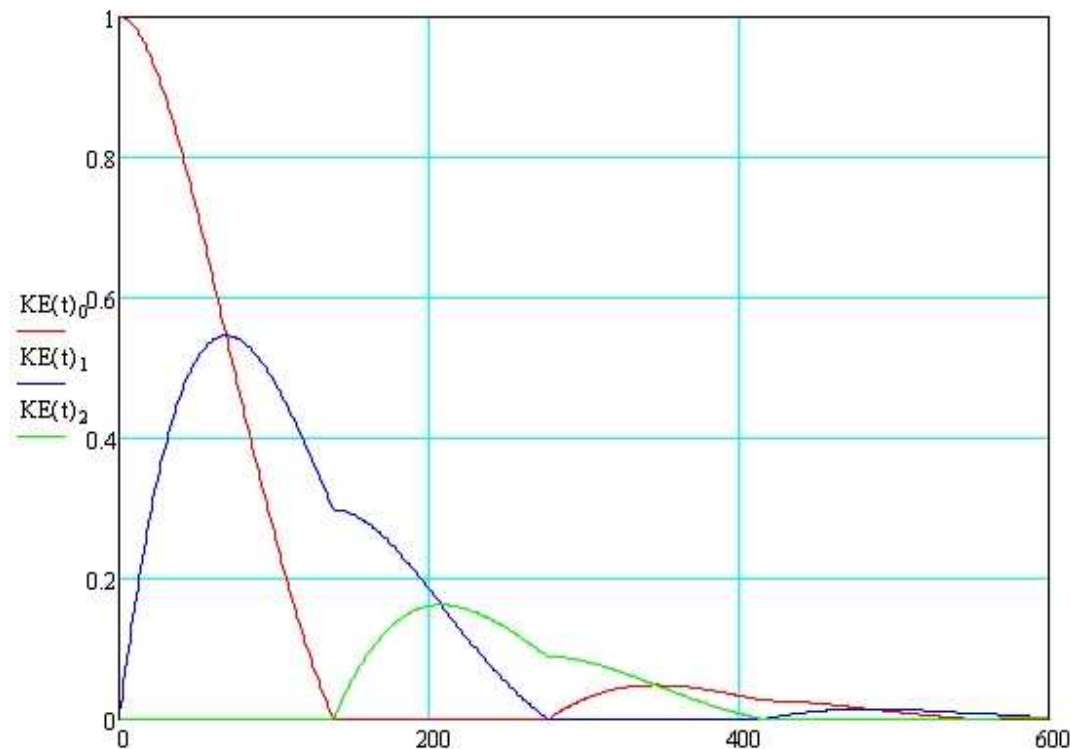
$$e^{Kx} = \cos x + K \sin x, A = K^2,$$

$$e^{Ax} e^{Bx} e^x = e^0 = 1, Ax + Bx + x = 0,$$

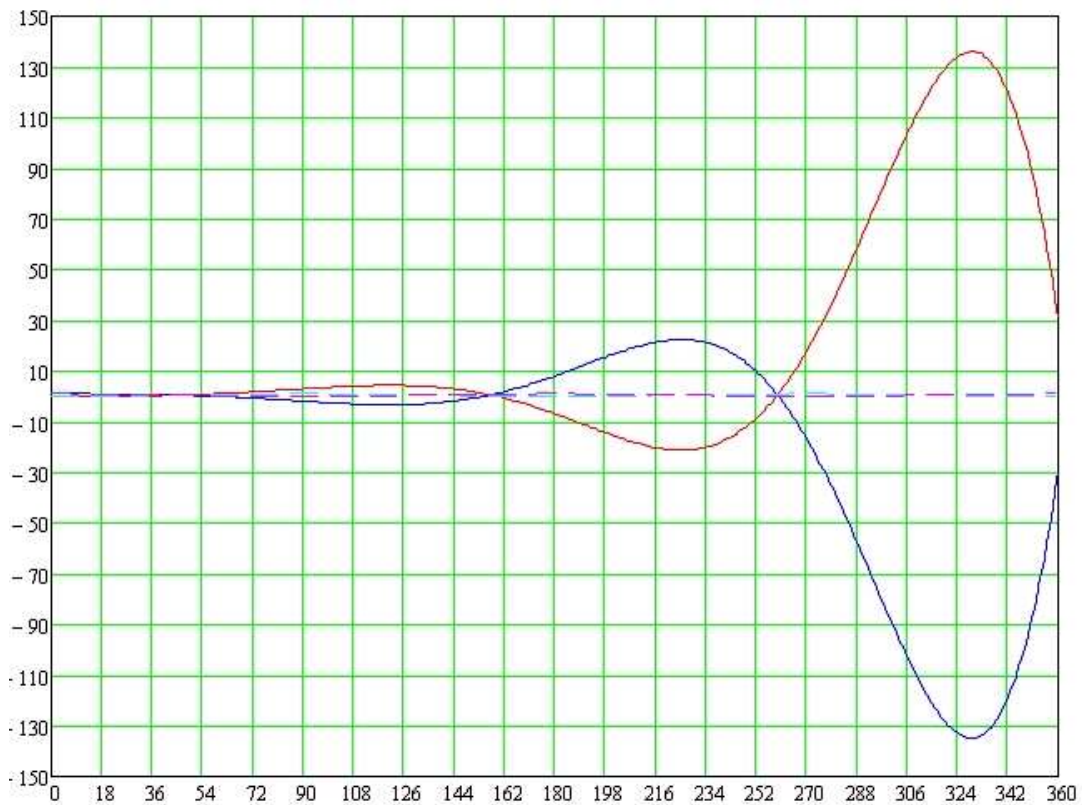
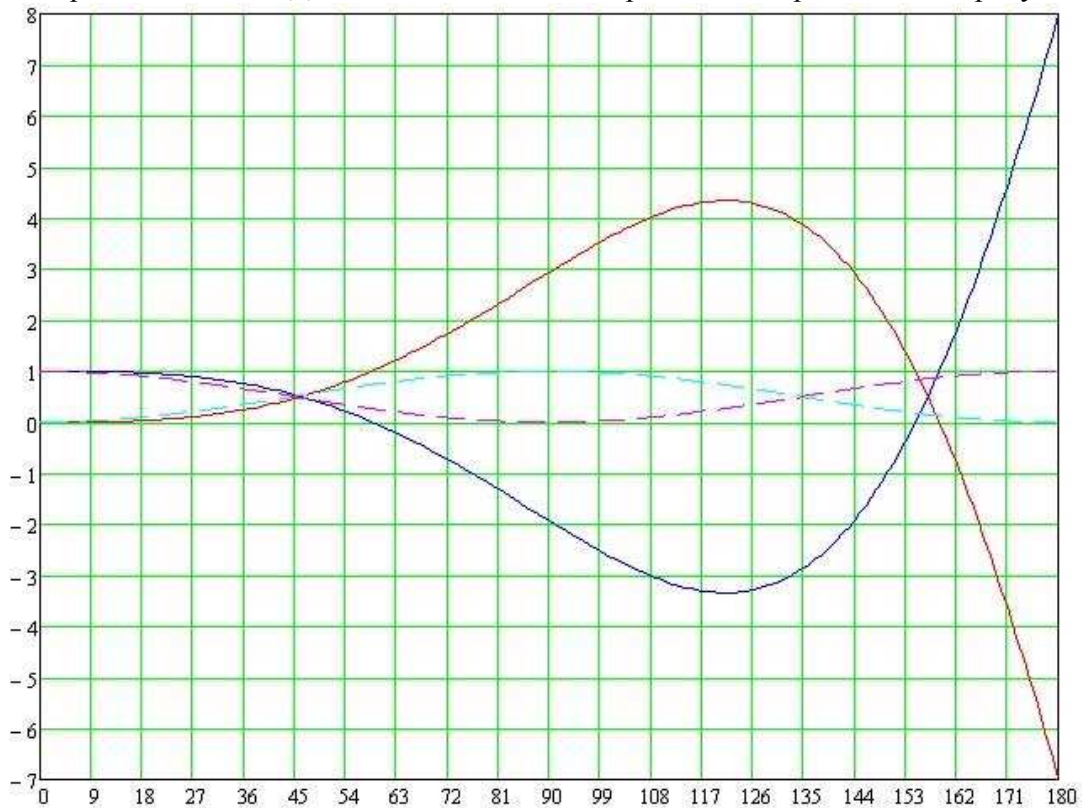
$$e^{Ax} e^{Bx} e^x = (\cos x + A \sin x)(\cos x + B \sin x)(\cos x + \sin x) = \cos^3 x + \sin^3 x = 1,$$

$$\cos x = a/r, \sin x = b/r, a^3 + b^3 = r^3.$$

Изменение e^{Ax} в зависимости от x (полярности компенсированы $Ax + Bx + \oplus x = 0$):



$\cos^3 x$ (синий) и $\sin^3 x$ (красный) проекции изображены в Декартовой системе координат в сравнении с двухполярными $\cos^2 x$ (пурпурный) и $\sin^2 x$ (голубой). Там где (+) отображен \oplus , а где (-) отображены А и В полярности, которые под 120 градусов.



Алгебра трёх изоморфных систем

3. Наримантас Кутка. Саулюс Гоцейкис. Расчёт трехполярного резонанса. Каунас 2009.

$$i + j + k = 0; ij + ik + jk = 0; i^2 + j^2 + k^2 = 0;$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 0; \alpha\beta + \alpha\gamma + \beta\gamma = 0; \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 0;$$

$$ij = k^2 = \alpha; ik = j^2 = \beta; jk = i^2 = \lambda; \alpha^2 = k; \beta^2 = j; \gamma^2 = i;$$

$$i^3 = j^3 = k^3 = \alpha^3 = \beta^3 = \gamma^3 = ijk = \alpha\beta\gamma = 1;$$

$$e^{ix} e^{jx} e^{kx} = (\cos x + i \sin x)(\cos x + j \sin x)(\cos x + k \sin x) = \cos^3 x + \sin^3 x = 1,$$

$$\cos x = a/r, \sin x = b/r, a^3 + b^3 = r^3.$$

$$e^{ix} = 1 + ix + \gamma \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + i \frac{x^4}{4!} + \gamma \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

$$e^{jx} = 1 + jx + \beta \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + j \frac{x^4}{4!} + \beta \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

$$e^{kx} = 1 + kx + \alpha \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + k \frac{x^4}{4!} + \alpha \frac{x^5}{5!} + \frac{x^6}{6!} + \dots;$$

$$e^{Kx} = \cos x + K \sin x, A = K^2,$$

$$\sin x = x + A \frac{x^3}{3!} + A^2 \frac{x^5}{5!} + A^3 \frac{x^7}{7!} + A^4 \frac{x^9}{9!} + A^5 \frac{x^{11}}{11!} + \dots = x + A \frac{x^3}{3!} + B \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + A \frac{x^9}{9!} + B \frac{x^{11}}{11!} + \dots;$$

$$\cos x = 1 + A \frac{x^2}{2!} + A^2 \frac{x^4}{4!} + A^3 \frac{x^6}{6!} + A^4 \frac{x^8}{8!} + A^5 \frac{x^{10}}{10!} + \dots = 1 + A \frac{x^2}{2!} + B \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + A \frac{x^8}{8!} + B \frac{x^{10}}{10!} + \dots; \text{H}$$

апример если $K = i$:

$$\sin x = x + A \frac{x^3}{3!} + A^2 \frac{x^5}{5!} + A^3 \frac{x^7}{7!} + A^4 \frac{x^9}{9!} + A^5 \frac{x^{11}}{11!} + \dots = x + i^2 \frac{x^3}{3!} + i \frac{x^5}{5!} + \frac{x^7}{7!} + i^2 \frac{x^9}{9!} + i \frac{x^{11}}{11!} + \dots;$$

$$\cos x = 1 + A \frac{x^2}{2!} + A^2 \frac{x^4}{4!} + A^3 \frac{x^6}{6!} + A^4 \frac{x^8}{8!} + A^5 \frac{x^{10}}{10!} + \dots = 1 + i^2 \frac{x^2}{2!} + i \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + i^2 \frac{x^8}{8!} + i \frac{x^{10}}{10!} + \dots$$

Получаем:

$$i \sin x = ix + \frac{x^3}{3!} + \gamma \frac{x^5}{5!} + i \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} + \gamma \frac{x^{11}}{11!} + \dots; \cos x = 1 + \gamma \frac{x^2}{2!} + i \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \gamma \frac{x^8}{8!} + i \frac{x^{10}}{10!} + \dots;$$

$$j \sin x = jx + \frac{x^3}{3!} + \beta \frac{x^5}{5!} + j \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} + \beta \frac{x^{11}}{11!} + \dots; \cos x = 1 + \beta \frac{x^2}{2!} + j \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \beta \frac{x^8}{8!} + j \frac{x^{10}}{10!} + \dots;$$

$$k \sin x = kx + \frac{x^3}{3!} + \alpha \frac{x^5}{5!} + k \frac{x^7}{7!} + \frac{x^9}{9!} + \alpha \frac{x^{11}}{11!} + \dots; \cos x = 1 + \alpha \frac{x^2}{2!} + k \frac{x^4}{4!} + \frac{x^6}{6!} + \alpha \frac{x^8}{8!} + k \frac{x^{10}}{10!} + \dots$$

Теперь мы имеем 7 полярностей: $i, j, k, \gamma, \beta, \alpha, \oplus$.

Дополнительно находим ещё 2: $\lambda = i\beta = j\alpha = k\gamma; \Lambda = j\gamma = k\beta = i\alpha$.

При этом: $i\gamma = j\beta = k\alpha = \oplus = 1$.

Вывод функции умножения трех трехполярных величин и расчёт трехполярного резонанса

Для расчёта трехполярного резонанса выбираем алгебру трех изоморфных систем. Выводим функцию умножения трех трехполярных величин:

$$\begin{aligned}
& (i + \gamma + \oplus)(j + \beta + \oplus)(k + \alpha + \oplus) = \\
& = ijk + ij\alpha + ij\oplus + i\beta k + i\beta\alpha + i\beta\oplus + i\oplus k + i\oplus\alpha + i\oplus\oplus + \\
& + \gamma jk + \gamma j\alpha + \gamma j\oplus + \gamma\beta k + \gamma\beta\alpha + \gamma\beta\oplus + \gamma\oplus k + \gamma\oplus\alpha + \gamma\oplus\oplus + \\
& + \oplus jk + \oplus j\alpha + \oplus j\oplus + \oplus\beta k + \oplus\beta\alpha + \oplus\beta\oplus + \oplus\oplus k + \oplus\oplus\alpha + \oplus\oplus\oplus = \\
& = \oplus + k + \alpha + j + \gamma + \lambda + \beta + \Lambda + i + \\
& + i + \beta + \Lambda + \alpha + \oplus + k + \lambda + j + \gamma + \\
& + \gamma + \lambda + j + \Lambda + i + \beta + k + \alpha + \oplus;
\end{aligned}$$

Далее компенсация полярных величин происходит так:

$$i + j + k = 0; \alpha + \beta + \gamma = 0; \lambda + \Lambda + \oplus = 0.$$

Вычисления производим в пакете Mathcad, где полярности расположены в последовательный ряд: $\oplus, i, j, k, \gamma, \beta, \alpha, \lambda, \Lambda$.

Берем каждое плечё отдельно в трехполярном контуре и вводим в в двухполярный резонанс. Потом отключаем настроенные коденсаторы и измеряем их емкость. Емкость нужна для точного подсчета катушек индуктивности по формуле Томсона.

$$\begin{aligned}
\text{Lcf}(f, C) &:= \frac{1}{C \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2} \\
f_x &:= \begin{pmatrix} 200 \cdot 10^3 \\ 200 \cdot 10^3 \\ 200 \cdot 10^3 \end{pmatrix} \cdot 2 \cdot \pi \quad C_x := \begin{pmatrix} 207 \\ 197 \\ 160 \end{pmatrix} \cdot 10^{-12} \quad L_x := \text{Lcf}(f_{x0}, C_x) = \begin{pmatrix} 7.749 \times 10^{-5} \\ 8.142 \times 10^{-5} \\ 1.003 \times 10^{-4} \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

Здесь частота 200 kHz, емкости конденсаторов соответственно 207, 197, 160 pF.

Проверяем формулу если катушки, конденсаторы и частота одинаковые.

Принимаем $i=L_0, j=L_1, k=L_2, \gamma = C_0, \beta = C_1, \alpha = C_2, \oplus = 2\pi \cdot 200 \cdot 10^3$.

$$\begin{aligned}
L_x &= \begin{pmatrix} 7.749 \times 10^{-5} \\ 7.749 \times 10^{-5} \\ 7.749 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad C_x = \begin{pmatrix} 2.07 \times 10^{-10} \\ 2.07 \times 10^{-10} \\ 2.07 \times 10^{-10} \end{pmatrix} \\
\text{M3LCF} &:= \text{Mult3} \left[\begin{pmatrix} L_{x0} \\ C_{x0} \\ f_{x0} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} L_{x1} \\ C_{x1} \\ f_{x1} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} L_{x2} \\ C_{x2} \\ f_{x2} \end{pmatrix} \right] \quad \text{LCF} := \text{Komp3}(\text{M3LCF})
\end{aligned}$$

$$\text{M3LCF} = \begin{pmatrix} 1 \\ 7.749 \times 10^{-5} \\ 7.749 \times 10^{-5} \\ 7.749 \times 10^{-5} \\ 6.212 \times 10^{-9} \\ 6.212 \times 10^{-9} \\ 6.212 \times 10^{-9} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{LCF} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\sum_{i=1}^8 \text{LCF}_i = 0$$

Система настроена, если полярности после умножения и компенсации $i = j = k = \gamma = \beta = \alpha = \lambda = \Lambda = 0$, кроме \oplus . Погрешность 10^{-13} .

Теперь вставляем реальные значения, которые были при трех отдельно работающих в резонансе двухполярных контуров:

$$\text{Lx} = \begin{pmatrix} 7.749 \times 10^{-5} \\ 8.142 \times 10^{-5} \\ 1.003 \times 10^{-4} \end{pmatrix} \quad \text{Cx} = \begin{pmatrix} 2.07 \times 10^{-10} \\ 1.97 \times 10^{-10} \\ 1.6 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$

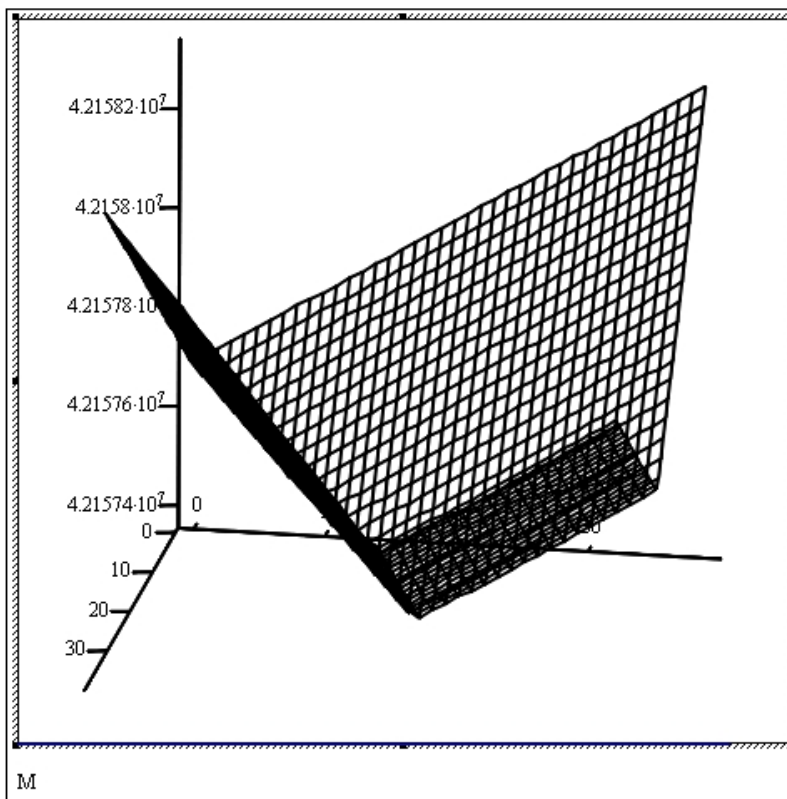
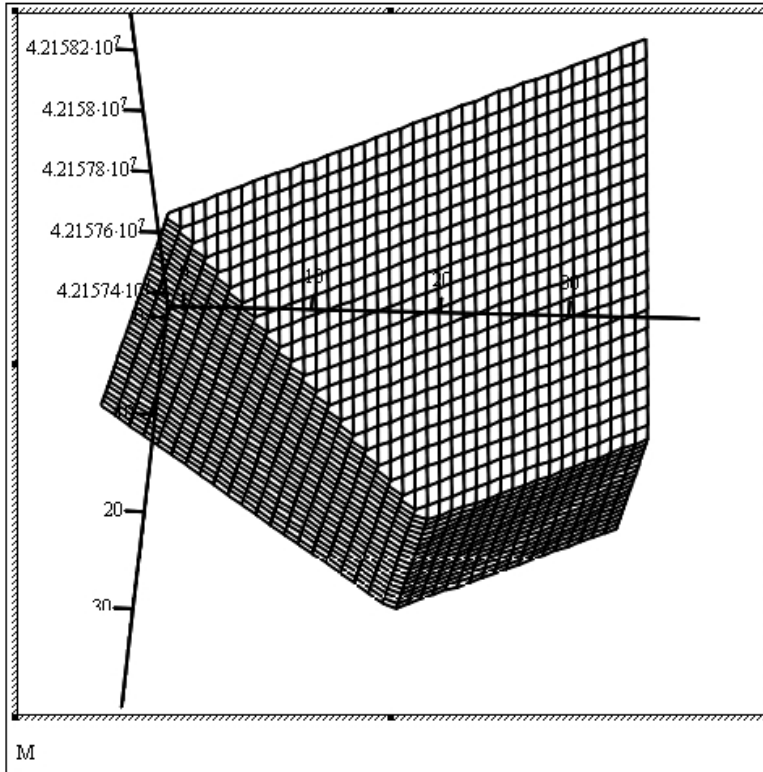
$$\text{M3LCF} := \text{Mult3} \left[\begin{pmatrix} \text{Lx}_0 \\ \text{Cx}_0 \\ \text{fx}_0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \text{Lx}_1 \\ \text{Cx}_1 \\ \text{fx}_1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \text{Lx}_2 \\ \text{Cx}_2 \\ \text{fx}_2 \end{pmatrix} \right] \quad \text{LCF} := \text{Komp3}(\text{M3LCF})$$

$$\text{M3LCF} = \begin{pmatrix} 1.984 \times 10^{18} \\ 1.224 \times 10^8 \\ 1.286 \times 10^8 \\ 1.583 \times 10^8 \\ 326.892 \\ 311.1 \\ 252.67 \\ 6.163 \times 10^{-8} \\ 6.158 \times 10^{-8} \end{pmatrix} \quad \text{LCF} = \begin{pmatrix} 1.984 \times 10^{18} \\ 0 \\ 6.212 \times 10^6 \\ 3.595 \times 10^7 \\ 74.222 \\ 58.43 \\ 0 \\ 5.372 \times 10^{-11} \\ 0 \end{pmatrix}$$

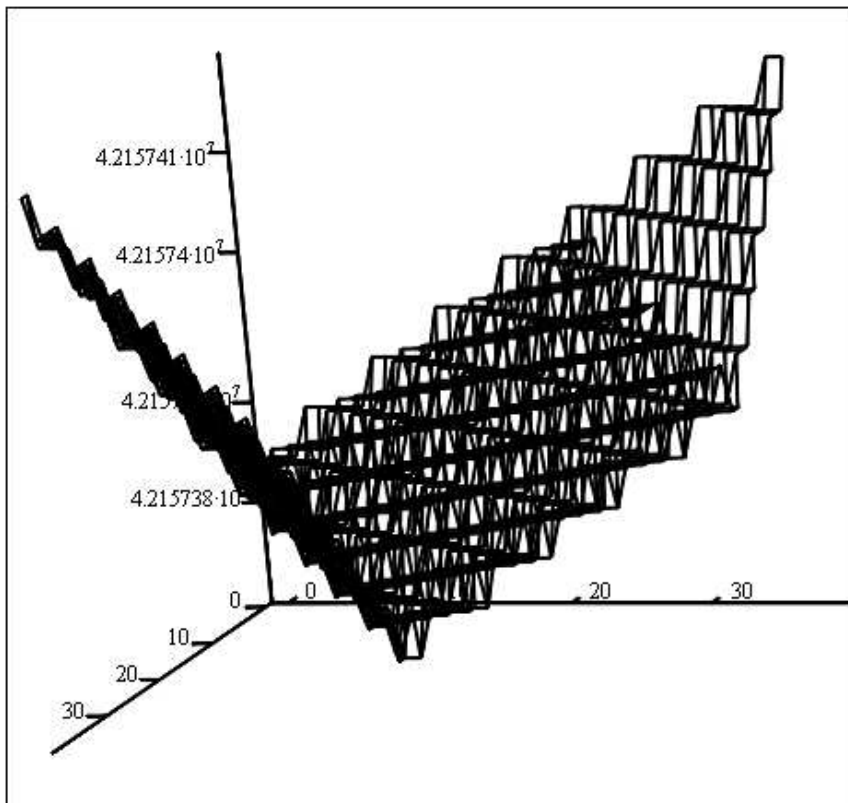
$$\sum_{i=1}^8 \text{LCF}_i = 4.216 \times 10^7$$

Видно, что сумма (по количеству) последних 8 полярностей довольно далека от нуля, значит в системе трехполярного резонанса не будет.

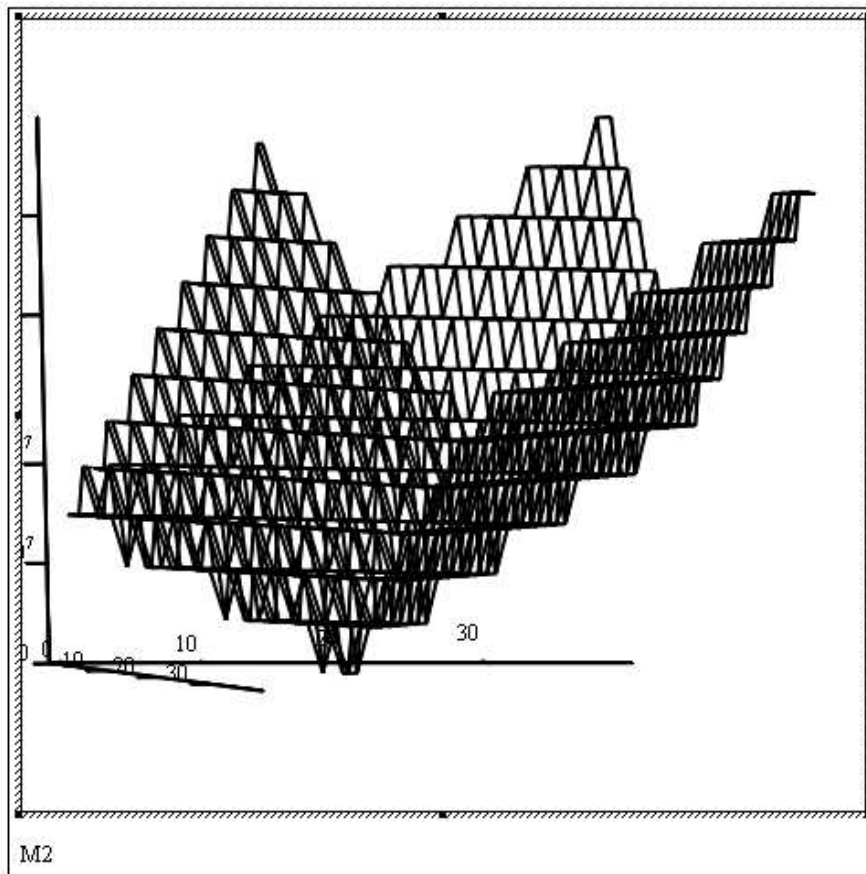
Теперь просканируем диапазон настройки конденсаторов, при этом один конденсатор принимаем $C_0=207$ pF. Здесь оси $x, y * 10$ pF, а z сумма (по количеству) последних 8 полярностей. В картинке видна точка резонанса.



В увеличенном масштабе (Здесь оси $(200+x/2), (200+y/2)$ pF):



M2



M2

Выводы:

1. Чем более одинаковые подобраны катушки, тем легче установить трехполярный резонанс, но тогда совпадет с параметрами двойственного резонанса, а при совпадении 3-приёмник должен принимать 2-ном режиме передатчика. Значит можно найти разных несколько 3-резонансов.
2. 3-передатчика 2-приемник не будет принимать.
3. Нужно расчеты проверить на практике, в формулы вставляя разные величины $L, \omega L, C, \omega C, \omega, 1$.

Литература:

1. **В.Ленский.** «Истоки вхождения в многополярность», Москва – 1990г.
2. **В.Ленский.** «Основы многополярности», Иркутск, Издательство Иркутского университета, 1986 г.
3. **Василий Ленский.** Математика. Пространства - Vilnius : Tarptautinė Lietuvos mokslininkų ir inteligentų asociacija "Kūryba", 2007. - 230 p. - ISBN 978-9986-9145-7-0
4. **N.Kutka.** Tripoliarės algebros sukūrimas remiantis dielektikos dėsniais / Lietuvos mokslas ir pramonė, konferencija, (1998, Kaunas). / Taikomoji matematika : studentų konferencijos pranešimų tezės, Kaunas, 1998m. gegužės 9d. / atsakingas redaktorius J.A. Aksomaitis / Kaunas : Technologija, 1998 / D185012
5. **Номер заявки: 2008012.** A multipolar oscilation circuit.