

ДЮДНИЙ КОЛІВАЛЬНИЙ КОНТУР

Розглянуто нові схеми коливального контуру з застосуванням двох котушок індуктивності, включених через діоди, і аналіз фізичних процесів в цьому пристрої.

У радіотехніці та електроніці застосовуються декілька типів коливальних контурів: паралельний, послідовний, контур з нелінійною ємністю – параметричний, спіральний резонатор тощо. Найбільш часто застосовуються паралельний і послідовний (рис. 1) коливальні контури. Характеристики таких коливальних контурів є відомими, тому необхідним є наведення лише основний співвідношень для пояснення суті процесів.

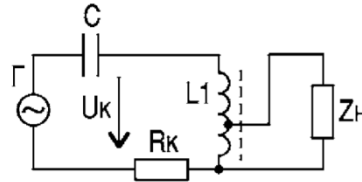


Рис. 1. Структурна схема послідовного коливального контуру

Найважливішими параметрами є резонансна частота (f_0) і добротність контуру (Q), які розраховуються за формулами:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi(LC)^{1/2}}; \tag{1}$$

$$Q = \frac{(LC)^{1/2}}{r_k}. \tag{2}$$

Для багатьох застосувань коливального контуру важливо отримати велике значення Q та у ряді випадків "навантаженої добротності", коли з контуру знімається сигнал на деяке навантаження. Відповідно на це запитання є властивість індуктивності (L) розвивати ЕРС самоіндукції (E_C), яка може бути набагато більше, ніж вхідна напруга, подана на котушку, що призводить до збільшення амплітуди коливань:

$$E_C = -L \left(\frac{di}{dt} \right), \tag{3}$$

де i – струм через котушку.

У 1996 р. при роботі з електротехнологічним ВЧ-обладнанням потрібно було отримати велике значення Q , але завдяки занадто великій потужності навантаження, поставлена задача не могла бути вирішена належним чином. Була запропонована схема контуру, наведена на рисунку 2. Мета роботи полягала у збільшенні ємності контуру без зміни частоти. На початку випробувань контур складався з елементів що входили до складу первісної схеми (рис. 1). Живлення контуру здійснювалося височастотною прямокутною напругою від транзисторного генератора.

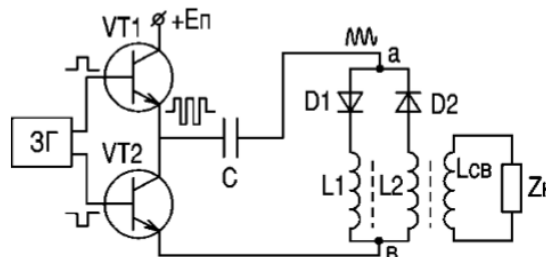


Рис. 2. Структурна схема діодного контуру

Наступним кроком було паралельне з'єднання двох однакових котушок $L1$ і $L2$ з феритовими сердечниками через діоди $D1$ та $D2$ і збільшення ємності C для збереження вихідної частоти коливань. Це означало, що добротність зросла майже вдвічі, хоча зменшився характеристичний опір контуру. Індуктивність зменшилася вдвічі, а ємність збільшилася, тобто за виразом (2) величина Q мала б зменшитися, а вона об'єктивно збільшилася.

Аналізуючи отримані результати, можна дійти висновку, що фізична суть цього ефекту полягає в імпульсних процесах і у співвідношеннях постійних часу. У схемі «діодного контуру» (рис. 2) процеси схожі на почергове пропускання через котушки схеми імпульсів (рис. 3), або напівперіоди струму з викидом (E_C) і швидкістю наростання напруги, яка визначається постійною часу:

$$\tau_L = \frac{L}{r_L}, \tag{4}$$

У разі звичайного контуру отримаємо синусоїдальне живлення контуру і постійну часу контуру:

$$\tau_k = 2L / r_k, \quad (5)$$

На рис. 3 показані різниці у напругах на котушці з діодом і у контурі з тими ж елементами.

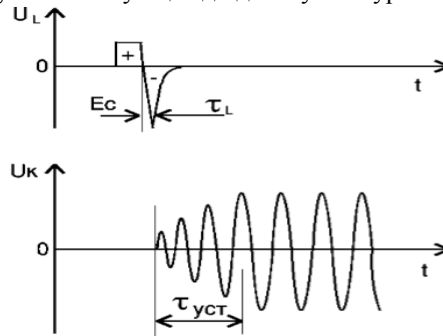


Рис. 3. Осцилограма напруги на котушці з діодом

Знайдемо співвідношення постійних часу, вважаючи, що $L=L1$, а $r_k = r_L/2$. Після елементарних скорочень отримаємо:

$$\tau_k / \tau_L = 4. \quad (6)$$

Отримане співвідношення показує, що для імпульсного живлення котушки напругу ЕРС самоіндукції на ній наростає в 4 рази швидше, ніж у контурі з цією ж котушкою. Також, відповідно до виразу (3), рівень напруги буде більше за рахунок зміни часу. Коливальний контур «повільно розгойдується» в порівнянні з котушкою і має меншу напругу в порівнянні з E_C котушки. Тому теоретично в діодному контурі можна отримати добротність майже в 4 рази вище, ніж в звичайному контурі. Реально виходить менше, так як має місце згладжуючий вплив конденсатора, додаткові втрати в діодах (їх прямий опір входить до втрат контуру) тощо.

Для практичних розрахунків можна вважати, що добротність такого контуру має вираз:

$$Q_{\bar{A}} = 2(LC)^{1/2} / r_k, \quad (7)$$

де L – індуктивність однієї котушки контуру, а резонансна частота орієнтовно розраховується за формулою (1), але індуктивність береться рівною половині індуктивності однієї котушки:

$$f_{0\bar{A}} = 1 / (2\pi((L/2)C)^{1/2}); \quad (8)$$

Такий вигреш в добротності у порівнянні з звичайними контурами технологічно отримати важко, тому дана схема може стати в нагоді для потужних високовольтних вихідних каскадів, де напруга на контурі набагато більша, ніж напруга прямого падіння на діодах, тобто 0,7-1,5 В.