

Лабораторна робота №2

Вхідні кола приймачів

Мета заняття:

1. Навчитись здійснювати кількісний розрахунок селективності вхідних кіл.
2. Навчитись визначати значення коефіцієнтів зв'язку для забезпечення потрібного узгодження контуру з антеною та навантаженням.
3. Навчитись налаштовувати та регулювати вхідні кола.

Основні питання заняття:

1. Параметри коливальних кіл.
2. Приклади розрахунку вхідних кіл приймачів.

Короткі теоретичні відомості

Резонансні контури поділяють на послідовні (рисунок 3.1, а) та паралельні (рисунок 3.1, б). Опір r_k є еквівалентом втрат у реактивних елементах на робочій частоті. При цьому вважають, що втрати у котушках індуктивності L_k та конденсаторах C_k відсутні. Джерело енергії є ідеальним джерелом з синусоїдальною формою напруги e_k (струму i_k).

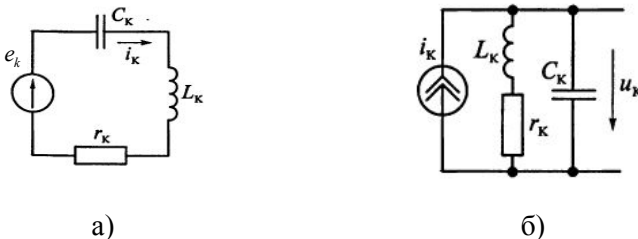


Рисунок 3.1 – Види коливальних контурів

Добротність (якість) резонансного контуру $Q_k = 2\pi W_{зан}/W_{спож}$ – це відношення енергії, запасеної у контурі протягом одного періоду $W_{зан}$, до енергії, спожитої від джерела $W_{спож}$ за цей же період синусоїдальної напруги. Енергія $W_{зан} = I_m^2 L_k / 2$, яку запасено у коливальному контурі на резонансній частоті $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{L_k C_k})$, визначається амплітудою синусоїдального струму I_m . Енергія, яку спожито опором r_k протягом одного періоду, така: $W_{спож} = I_m^2 r_k / (2f_0)$. звідси

$$Q_k = \frac{2\pi f_0 L_k}{r_k} = \frac{1}{2\pi f_0 C_k r_k} = \frac{1}{r_k} \sqrt{\frac{L_k}{C_k}} = \frac{\rho_k}{r_k},$$

де $\rho_k = 2\pi f_0 L_k = 1/(2\pi f_0 C_k) = \sqrt{L_k/C_k}$ – характеристичний опір коливального контуру.

Для паралельного контуру втрати зручно відобразити паралельно включеною еквівалентною провідністю G_k (рисунок 3.2).

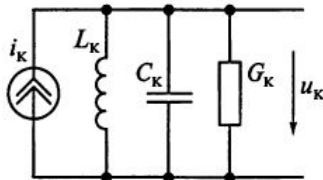


Рисунок 3.2 – Спосіб врахування втрат у паралельному коливальному контурі

У цьому випадку добротність контуру

$$Q_k = \frac{1}{\rho_k G_k} = \frac{1}{2\pi f_0 L_k G_k} = \frac{2\pi f_0 C_k}{G_k},$$

а його затування $d_k = 1/Q_k$.

Для описання властивостей контуру використовують параметри:

абсолютна розстройка частоти джерела вхідного гармонічного сигналу f відносно резонансної частоти f_0 :

$$\Delta f = |f - f_0| \text{ або } \Delta\omega = |\omega - \omega_0|,$$

відносна розстройка частоти джерела вхідного гармонічного сигналу f відносно резонансної частоти f_0 :

$$\nu = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} = \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f},$$

узагальнена розстройка частоти джерела вхідного гармонічного сигналу f відносно резонансної частоти f_0 :

$$\xi = \frac{1}{r_k} \left(2\pi f L_k - \frac{1}{2\pi f C_k} \right) = Q_k \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = Q_k \nu.$$

На рисунку 3.3 показано залежність напруги на коливальному контурі u_k від колової частоти $\omega = 2\pi f$ вхідних коливань струму з однаковими амплітудами I_m при фіксованих значеннях індуктивності L_k та ємності C_k , але двох різних еквівалентних провідностях G_k контуру. Як бачимо, чим менша провідність чи опір втрат контуру, тим більша амплітуда та гостріший резонанс.

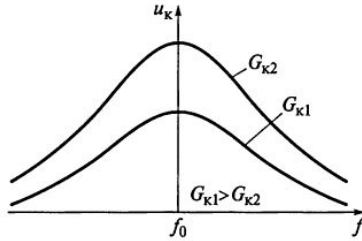


Рисунок 3.3 – Вплив провідності навантаження контуру на амплітуду коливань у ньому

Розглянемо деякі приклади.

Приклад 1. Яке послаблення створює резонансний контур, власна резонансна частота якого $f_0 = 1$ МГц, добротність $Q_k = 50$ при абсолютній розстройці $\Delta f = 20$ кГц?

Розв’язок. Послаблення контуру визначається узагальненою розстройкою частоти джерела вхідного гармонічного сигналу:

$$\xi = Q_k \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) = 50 \left(\frac{1,02 \text{ МГц}}{1 \text{ МГц}} - \frac{1 \text{ МГц}}{1,02 \text{ МГц}} \right) = 1,98,$$

звідки послаблення резонансним контуром частот (1000 ± 20) кГц становить $\sigma = \sqrt{1 + \xi^2} = \sqrt{1 + 1,98^2} = 2,2$.

Зверніть увагу: оскільки у даному випадку $\Delta f \ll f_0$, то розрахунок узагальненої розстройки можна зробити за наближеною формулою

$$\xi = Q_k \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) \approx Q_k \frac{2\Delta f}{f_0} = 50 \frac{2 \cdot 20 \text{ кГц}}{1000 \text{ кГц}} = 2,2,$$

звідки також отримуємо, що $\sigma = \sqrt{1 + \xi^2} = \sqrt{1 + 2^2} \approx 2,2$.
Цей результат дозволяє використовувати для оцінки

селективності по сусідньому каналу наближену формулу

$$\sigma = \sqrt{1 + \xi^2} \approx \sqrt{1 + (2Q_k \Delta f / f_0)^2}.$$

Приклад 2. Обчислити смугу пропускання контуру, резонансна частота якого становить 460 кГц, а добротність 46.

Розв'язок. Смугу пропускання по рівню 0,707 визначають як

$$B = f_0 / Q_k = 460 \text{ кГц} / 46 = 10 \text{ кГц}.$$

Приклад 3. Визначити добротність контуру, який забезпечить послаблення $\sigma = 5$ при розстройці частоти джерела вхідного гармонічного сигналу відносно резонансної частоти $f_0 = 1500 \text{ кГц}$ при $\Delta f = 750 \text{ кГц}$.

Розв'язок. За умовою задачі селективність контуру $\sigma = \sqrt{1 + \xi^2} = 5 \Rightarrow \xi = \sqrt{\sigma^2 - 1} \approx 4,9$. Оскільки послаблення контуру оцінюють на частоті вхідного гармонічного сигналу та визначають з виразу $f = f_0 + \Delta f = 1500 \text{ кГц} + 750 \text{ кГц} = 2250 \text{ кГц}$, то добротність контуру

$$Q_k = \xi / \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) = 5 / \left(\frac{2250 \text{ кГц}}{1500 \text{ кГц}} - \frac{1500 \text{ кГц}}{2250 \text{ кГц}} \right) \approx 5,9.$$

Приклад 4. Вхідне коло з подвійним автотрансформаторним зв'язком (рисунок 3.4) налаштовано на частоту $f_0 = 1 \text{ МГц}$. Індуктивність контуру $L_k = 16 \text{ мкГн}$ а власна провідність $G_k = 100 \text{ мкСм}$. Провідність антени $G_{ant} = 1,5 \text{ мСм}$, а навантаження $G_n = 2 \text{ мСм}$. Визначити оптимальні коефіцієнти

включення котушки індуктивності m і n при заданій смузі пропускання $B=50$ кГц.

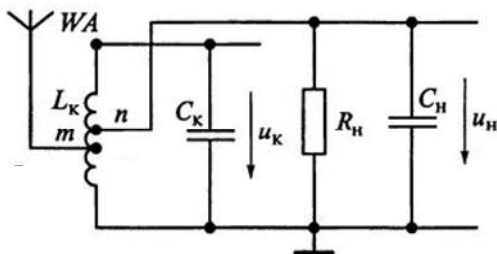


Рисунок 3.4 – Вхідне коло з подвійним автотрансформаторним зв'язком

Розв'язок. Визначимо еквівалентну добротність навантаженого контуру

$$Q_{eq} = f_0 / B = 10^6 / (5 \cdot 10^4) = 20 /$$

Знаючи характеристичний опір контуру

$$\rho_k = 2\pi f_0 L_k = 2\pi \cdot 10^6 \cdot 16 \cdot 10^{-6} \approx 100 \text{ Ом},$$

знаходимо еквівалентну провідність навантаженого контуру

$$G_{eq} = 1 / (\rho_k Q_{eq}) = 1 / (100 \text{ Ом} \cdot 20) = 500 \text{ мкСм}.$$

При побудові вхідних кіл для діапазону помірно високих частот доцільно забезпечити максимальну селективність до першого підсилювального каскаду, тому вибір коефіцієнтів включення котушки індуктивності з антеною m та навантаженням n здійснюють з умови допустимого розширення смуги пропускання конструктивно виконуваного коливального контуру. При цьому узгодження контуру з неналаштованою антеною та навантаженням з метою передачі максимально

можливої потужності від джерела сигналу до навантаження забезпечується при виконанні умови

$$m^2 G_{ac} + \frac{G_k}{2} = n^2 G_n + \frac{G_k}{2} = \frac{G_{eq}}{2}.$$

Враховуючи те, що для вхідного кола з автотрансформаторним зв'язком контуру з антеною $G_{ac} = G_{ant}$, отримуємо оптимальні значення коефіцієнтів включення

$$m_{opt} = \sqrt{\frac{G_{eq} - G_k}{2G_{ac}}} = \sqrt{\frac{(500 - 100)10^{-6}}{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}} = 0,365,$$

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{G_{eq} - G_k}{2G_n}} = \sqrt{\frac{(500 - 100)10^{-6}}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}} = 0,316.$$

Хід заняття

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою заняття.
2. Розв'яжіть задачі, які наведено нижче.

Задача 1. Яке послаблення створює резонансний контур, власна резонансна частота якого f_0 , добротність Q_k при абсолютній розстройці Δf кГц? Варіанти завдань наведено у таблиці 3.1.

Кожен вибирає лише один варіант.

Таблиця 3.1

Номер варіанта	f_0 , МГц	Q_k	Δf , кГц
1	2	3	4
1	1,6	50	20
2	2,4	60	20

3	1,1	70	20
4	1,9	50	20
5	1,44	60	20
6	1,4	70	20
7	2,1	50	20
8	1,5	60	20
9	2,4	70	20
10	2,8	50	20

Задача 2. Обчислити смугу пропускання контуру, резонансна частота якого становить f_0 , а добротність Q_k .

Варіанти завдань наведено у таблиці 3.2.

Кожен вибирає лише один варіант.

Таблиця 3.2

Номер варіанта	f_0 , МГц	Q_k
1	1,6	50
2	2,4	60
3	1,1	70
4	1,9	50
5	1,44	60
6	1,4	70
7	2,1	50
8	1,5	60
9	2,4	70
10	2,8	50

Задача 3. Визначити добротність контуру, який забезпечить послаблення σ при розстройці частоти джерела

вхідного гармонічного сигналу відносно резонансної частоти f_0 при заданому значенні Δf . Варіанти завдань наведено у таблиці 3.3.

Кожен вибирає лише один варіант.

Таблиця 3.3

Номер варіанта	f_0 , МГц	Δf , кГц	σ
1	1,6	500	5
2	2,4	600	5
3	1,1	500	5
4	1,9	600	5
5	1,44	500	5
6	1,4	600	5
7	2,1	500	5
8	1,5	600	5
9	2,4	500	5
10	2,8	600	5

Задача 4. Вхідне коло з подвійним автотрансформаторним зв'язком (рисунок 3.4) налаштовано на частоту f_0 . Індуктивність контуру L_k а власна провідність G_k . Провідність антени G_{ant} , а навантаження G_n . Визначити оптимальні коефіцієнти включення котушки індуктивності m і n при заданій смузі пропускання $B=20$ кГц. Варіанти завдань наведено у таблиці 3.4.

Кожен вибирає лише один варіант.

Таблиця 3.4

Номер варіанта	f_0 , МГц	L_k , мкГн	G_k , мкСм	$G_{ант}$, мСм	G_n , мСм
1	1,6	15	100	1,5	2
2	2,4	10	75	2	2,5
3	1,1	12	95	2,5	2,7
4	1,9	18	97	1,7	2,9
5	1,44	13	105	1,9	2,1
6	1,4	15	100	1,4	2,4
7	2,1	10	91	1,5	2,5
8	1,5	16	98	2,1	3,1
9	2,4	18	108	2,2	3,2
10	2,8	15	101	1,9	3,9