

Лабораторна робота № Вхідні кола приймачів

Мета заняття:

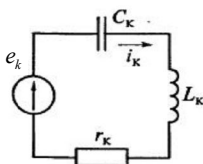
1. Навчитись здійснювати кількісний розрахунок селективності вхідних кіл.
2. Навчитись визначати значення коефіцієнтів зв'язку для забезпечення потрібного узгодження контуру з антеною та навантаженням.
3. Навчитись налаштовувати та регулювати вхідні кола.

Основні питання заняття:

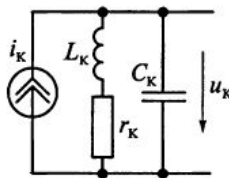
1. Параметри коливальних кіл.
2. Приклади розрахунку вхідних кіл приймачів.

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).



а)



б)

Рисунок 3.1 – Види коливальних контурів

Добротність (якість) резонансного контуру $Q_k = 2\pi W_{\text{зан}}/W_{\text{спож}}$ – це відношення енергії, запасеної у контурі протягом одного періоду $W_{\text{зан}}$, до енергії, спожитої від джерела $W_{\text{спож}}$ за цей же період синусоїдальної напруги. Енергія $W_{\text{зан}} = I_m^2 L_k / 2$, 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: $W_{\text{спож}} = I_m^2 r_k / (2f_0)$. 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 відображати паралельно включеною еквівалентною провідністю G_k (рисунок 3.2).

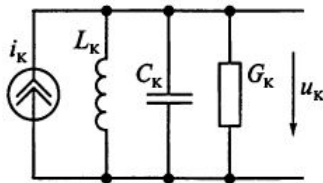


Рисунок 3.2 – Спосіб врахування втрат у паралельному коливальному контурі

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.

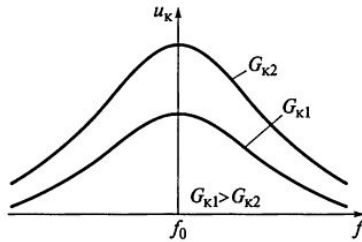


Рисунок 3.3 – Вплив провідності навантаження контуру на амплітуду коливань у ньому

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.

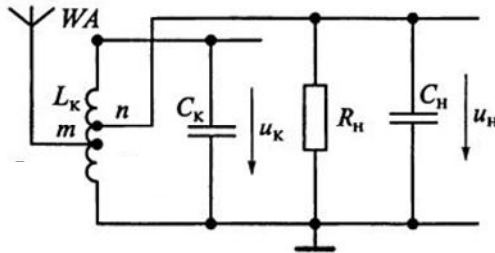


Рисунок 3.4 – Вхідне коло з подвійним автотрансформаторним зв'язком

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

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
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
11	1,1	40	20
12	1,9	45	20
13	1,44	50	20
14	1,4	55	20
15	2,1	60	20
16	1,5	65	20
17	2,4	70	20
18	2,8	40	20
19	1,4	45	20
20	2,1	50	20
21	1,5	55	20
22	2,4	60	20
23	2,8	65	20
24	1,6	70	20
25	1,7	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
11	1,6	70
12	2,4	50
13	1,1	60
14	1,9	70
15	1,44	50
16	1,4	60
17	2,1	70
18	1,5	70
19	2,4	50
20	2,8	60
21	1,9	70
22	1,44	50
23	1,4	60
24	2,1	70
25	2,4	55

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	2	3	4
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
11	1,6	100	5
12	2,4	150	5
13	1,1	200	5
14	1,9	250	5
15	1,44	300	5
16	1,4	350	5
17	2,1	400	5
18	1,5	450	5
19	2,4	500	5

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
20	1,9	150	5
21	1,44	200	5
22	1,4	250	5
23	2,1	300	5
24	1,5	350	5
25	2,4	400	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_{ant} , мСм	G_n , мСм
1	2	3	4	5	6
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

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
9	2,4	18	108	2,2	3,2
10	2,8	15	101	1,9	3,9
11	1,6	12	95	2,5	2,7
12	2,4	18	97	1,7	2,9
13	1,1	13	105	1,9	2,1
14	1,9	15	100	1,4	2,4
15	1,44	10	91	1,5	2,5
16	1,4	16	98	2,1	3,1
17	2,1	12	95	2,5	2,7
18	1,5	18	97	1,7	2,9
19	1,1	13	105	1,9	2,1
20	1,9	15	100	1,4	2,4
21	1,44	10	91	1,5	2,5
22	1,4	16	98	2,1	3,1
23	2,1	10	91	1,5	2,5
24	1,5	16	98	2,1	3,1
25	1,8	12	95	2,5	2,7