

Практичне заняття 2

РОЗРАХУНОК ЗГЛАДЖУВАЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ

Мета заняття

Придбання студентами практичних навиків розрахунку згладжувальних фільтрів.

Стислі теоретичні відомості

Згладжувальні фільтри включаються між випрямлячем і навантаженням для зменшення пульсацій (змінної складової) випрямленої напруги.

Найчастіше застосовуються фільтри, що складаються з дроселя і конденсатора (LC-типу) або з резистора і конденсатора RC-типу). Ці фільтри можуть бути одноланковими, дволанковим і багатоланковими.

Якість фільтру оцінюють коефіцієнтом згладжування:

$$q = \frac{K_{\text{ПО}}}{K_{\text{ПВИХ}}}$$

де $K_{\text{ПО}}$ - коефіцієнт пульсацій на вході фільтру;

$K_{\text{ПВИХ}}$ - коефіцієнт пульсацій на виході фільтру.

Коефіцієнт згладжування приймається:

- для одноланкових фільтрів $q = 3 \dots 25$;
- для дволанкових або багатоланкових фільтрів $q > 25$.

Особливістю LC-фільтрів (рис. 1) є незначне падіння постійної складової випрямленої напруги на дроселі, що дає можливість застосовувати такі фільтри в пристроях з відносно великим струмом навантаження. Їх істотним недоліком є велика маса дроселя, а також виникнення навколо нього магнітних полів, що впливають на роботу різних високочутливих вузлів електронної апаратури.

Згладжувальні RC-фільтри (рис. 2) мають малі габаритні розміри, масу і вартість. Застосовуються в малопотужних випрямлячах при невеликих випрямлених струмах (10...15 мА).

Розрахунок згладжувальних фільтрів

Вихідні дані для розрахунку згладжувальних фільтрів:

- випрямлена напруга U_H ;
- випрямлений струм I_H ;
- коефіцієнт пульсацій напруги на вході фільтру $K_{\text{ПО}}$.

Розрахунок індуктивно-ємнісних фільтрів

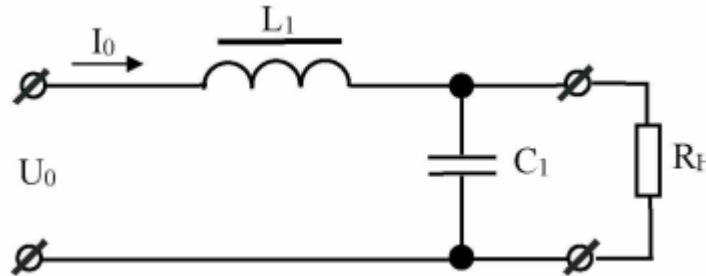


Рисунок 1 – Схема Г-подібного згладжувального LC-фільтру

Необхідними умовами, що забезпечують згладжувальну дію фільтру, є співвідношення:

$$1/m\omega C \ll R_H \text{ і } m\omega L \gg R_H$$

де m - число фаз випрямляча. Для однофазних з нульовим виводом і однофазних мостових схем випрямлення $m = 2$;

$\omega = 2\pi f$ - частота мережі живлення, Гц);

R_H - опір навантаження ($R_H = U_H / I_H$).

Добуток $L_1 C_1$:

$$L_1 C_1 = 2,5 \cdot 10^4 (q + 1) / m^2 f^2,$$

де L_1 - індуктивність дроселя, Гн;

C_1 - ємність конденсатора, мкФ.

Примітка: для LC-фільтрів слід вибирати $q > 3$, щоб уникнути резонансних явищ.

Для однофазної мостової схеми випрямляча при частоті мережі живлення $f = 50$ Гц:

$$L_1 C_1 = 10(q + 1) / m^2 \cdot 10^{-6},$$

Звідки

$$C_1 = \frac{10(q + 1)}{L_1 m^2} \cdot 10^{-6},$$

Індуктивність фільтру:

$$L_1 = \frac{\sqrt{q+1}\alpha}{m2\pi f},$$

де α - хвильовий опір фільтру, Ом; приймається $\alpha = (0,15...0,25) R_H$.

За розрахунковим значенням C_1 вибирають тип і стандартне значення ємності конденсатора; по відомому значенню L_1 і I_H можна провести конструктивний розрахунок дроселя фільтру або вибрати стандартний дросель. Зазвичай, як конденсатори фільтру використовуються електролітичні і оксидно-напівпровідникові конденсатори.

Розрахунок резистивно -ємнісних фільтрів

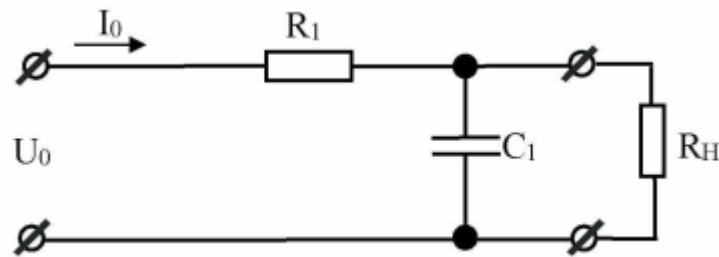


Рисунок 2 – Схема Г-подібного згладжувального RC-фільтру

Опір резистора R_1 зазвичай вибирають в межах:

$$R_1 = (0,15 \dots 0,5) R_H$$

де R_H - опір навантаження, Ом.

Коефіцієнт корисної дії резистивно-ємнісного фільтру порівняно малий і зазвичай складає $\eta_\phi = 0,6...0,8$. Причому, при $\eta_\phi = 0,8$: $R_1 = 0,25R_H$.

Знаючи коефіцієнт згладжування фільтру q , визначають добуток R_1C_1 і з нього знаходять C_1 :

$$R_1C_1 = \frac{1,5 \cdot q}{mf},$$

де m - число фаз випрямляча;

f - частота мережі живлення, Гц.

Звідки

$$C_1 = \frac{1,5 \cdot q}{mfR_1},$$

де C_1 - ємність конденсатора, мкФ;

R_1 - опір резистора, Ом.

За розрахунковим значенням C_1 вибирають тип і стандартне значення ємності конденсатора. Для визначення типу резистора необхідно знайти потужність, що розсіюється на ньому:

$$P_{R1} = I_H^2 R_1$$

Далі вибирають тип і стандартне значення опору резистора R_1 .

Приклад розрахунку

Вихідні дані для розрахунку згладжувальних фільтрів:

- випрямлена напруга $U_H = 20$ В;

- випрямлений струм $I_H = 0,3$ А;

- коефіцієнт пульсацій напруги на вході фільтру $K_{ПО} = 0,1$.

Розрахунок індуктивно-ємнісного фільтру

1. Схема Г-подібного згладжувального LC-фільтру (див. рис. 1).

2. Визначаємо індуктивність фільтру:

$$L_1 = \frac{\sqrt{q+1}\alpha}{m2\pi f},$$

де q - коефіцієнт згладжування фільтру; приймаємо $q = 3$;

α - хвильовий опір фільтру, Ом; приймається $\alpha = 0,15 R_H$.

Опір навантаження випрямляча:

$$R_H = \frac{U_H}{I_H},$$

$$R_H = \frac{20}{0,3} = 66,7 \text{ Ом},$$

$$\alpha = 0,15 \cdot 66,7 = 10 \text{ Ом},$$

$$L_1 = \frac{\sqrt{3+1} \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,0318 \text{ Гн}.$$

3. Вибираємо тип дроселя Д224 з $L_H = 0,04$ Гн.

4. Визначаємо ємність фільтру:

$$C_1 = \frac{10(q+1)}{L_1 m^2} \cdot 10^{-6},$$

$$C_1 = \frac{10(3+1)}{0,0318 \cdot 2^2} \cdot 10^{-6} = 314 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 314 \text{ мкФ}.$$

5. Вибираємо тип конденсатора К50-16 з $C_H = 330$ мкФ.

Розрахунок резистивно-ємнісного фільтру

1. Схема Г-подібного згладжувального RC-фільтру (див. рис. 2).
2. Визначаємо опір резистора R_1 :

$$R_1 = (0,15 \dots 0,5) R_n,$$

$$R_1 = 0,15 \cdot 66,7 = 10 \text{ Ом},$$

3. Для визначення типу резистора знаходимо потужність, що розсіюється на ньому:

$$P_{R1} = I_H^2 R_1$$

$$P_{R1} = 0,3^2 \cdot 10 = 0,9 \text{ Вт}.$$

Вибираємо резистор типу МЛТ-1 з $R_n = 10 \text{ Ом}$; $P_H = 1 \text{ Вт}$.

4. Визначаємо ємність фільтру:

$$C_1 = \frac{1,5 \cdot q}{mfR_1},$$

$$C_1 = \frac{1,5 \cdot 3}{2 \cdot 50 \cdot 10} = 0,00045 \text{ Ф} = 450 \text{ мкФ}.$$

5. Вибираємо тип конденсатора К50-16 з $C_1 = 470 \text{ мкФ}$.

Програма практичного заняття

Відповідно до заданого варіанту (табл. 1) виконати розрахунки LC-фільтру і RC-фільтру.

Література: Лабораторный практикум / В.А.Скаржепа, А.А. Новацкий, В.И. Сенько; Под общ. ред А.А. Краснопрошиной. - Выща.шк. - Головное изд-во, 1989. - 279 с.

Таблиця 1 Варіанти до виконання завдання

№ варіанту	U_H , В	I_H , А	$K_{\text{ПО}}$, %
1	5	1,2	0,5
2	7	1,1	1,3
3	9	1,0	1,5
4	11	0,7	2,0
5	13	0,	0,8
6	15	0,5	1,2
7	17	0,43	1,7
8	19	0,33	2,2
9	21	0,32	2,5
10	23	0,31	1,6
11	6	1,15	0,5
12	8	0,95	1,3
13	10	0,9	1,5
14	12	0,6	2,0
15	14	0,55	0,8
16	16	0,45	1,2
17	18	0,35	1,7
18	20	0,2	2,2
19	22	0,16	2,5
20	24	0,15	1,6

Зміст звіту

1. Привести схему LC-фільтру.
2. Привести розрахунки LC-фільтру.
3. Привести схему RC-фільтру і пояснити принцип дії.
4. Привести розрахунки RC-фільтру.

Контрольні запитання

1. Пояснити принцип дії LC-фільтру.
2. Пояснити принцип дії RC-фільтру.

ДОДАТОК А

РЯДИ НОМІНАЛЬНИХ ОПОРІВ (ЄМНОСТЕЙ) ТА ЇХ ДОПУСКІВ

Номинальний опір (ємність) – значення опору резистора (ємності конденсатора), на які розрахований відповідний виріб і яке на ньому позначене або вказане у нормативній документації, що супроводжує його. Номинальні значення опорів (ємностей), які випускає вітчизняна промисловість та зарубіжні фірми, стандартизовані і зведені у сім рядів: E3; E6; E12; E24; E48; E96; E192. Для конденсаторів значної ємності (більш 1...10 мкФ) номінали можуть встановлюватись поза рядів E і залежати від типу конденсатора.

Ряди E являють собою десяткові ряди геометричної прогресії із знаменником прогресії, що дорівнює $q^{1/N}$, де N – номер ряду. Цифра після букви E (номер ряду) вказує кількість номінальних величин у кожному десятковому інтервалі. Наприклад, ряд E6 містить шість значень номінальних опорів (ємностей) у кожній декаді, які відповідають числам 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8 або числам, які отримані шляхом ділення або множення цих чисел на 10^n , де n – ціле додатне або від’ємне число. Значення номінальних чисел для рядів, які найбільш використовуються, наведені у табл. А1.

Таблиця А.1.

E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0	1,0		3,3	3,3	3,3
			1,1				3,6
		1,2	1,2			3,9	3,9
			1,3				4,3
	1,5	1,5	1,5	4,7	4,7	4,7	4,7
			1,6				5,1
		1,8	1,8			5,6	5,6
			2,0				6,2
2,2	2,2	2,2	2,2		6,8	6,8	6,8
			2,4				7,5
		2,7	2,7			8,2	8,2
			3,0				9,1

Фактичні значення опорів (ємностей) можуть відрізнятися від номінальних у межах допустимих відхилень. Ряд допустимих відхилень також нормований. Допуски на номінали опору наводяться у відсотках і обираються у відповідності з рядом:

$\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$; $\pm 2,0$; $\pm 5,0$; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 .

Для резисторів ряду E3 допуск $\pm 30\%$; E6 – $\pm 20\%$; E12 – $\pm 10\%$; E24 – $\pm 5\%$

Допуски на номінали ємностей конденсаторів вказуються у відсотках і обираються із ряду:

$\pm 0,1; \pm 0,25; \pm 0,5; \pm 1; \pm 2; \pm 10; \pm 20; \pm 30; 0 + 50;$
 $-10 + 30; -10 + 50; -10 + 100; -20 + 50; -20 + 80.$

Величина допуску, яка використовується, визначається не лише рядом номіналів (рядом **E**), а також і типом конденсатора. Для конденсаторів із номінальними ємностями нижче 10 пФ відхилення, які допускаються, вказуються у абсолютних значеннях: $\pm 0,1; \pm 0,25; \pm 0,5$ та ± 1 пФ.