Курс: Комп’ютерна Електроніка

Тема: Інтегруючі кола (Фільтр низьких частот)

## 1. Визначення інтегруючого кола і його призначення

Інтегруючим колом (інтегратором) називають ланцюг (чи пристрій), призначений для виконання операції інтегрування, тобто для одержання вихідної напруги , пропорційного інтегралу від вихідного :

 (1).

Чи в операторній формі:

 (2).

де  - коефіцієнт пропорційності.

Таке коло може бути використане: для відфільтрування високочастотної складової (тобто як фільтр низьких частот); для виконання операції інтегрування, тобто для одержання сигналів, пропорційних інтегралу від вхідних сигналів (з визначеною погрішністю); для формування напруги, що лінійно-змінюється (трикутної чи пилкоподібної форми); для затримки імпульсних чи цифрових сигналів; для видалення фронтів імпульсів; для збільшення тривалості імпульсів, тобто для одержання сигналів із тривалістю .

Крім цього складні еквівалентні схеми реальних електронних пристроїв після їхнього спрощення часто зводяться до таких ланцюгів, що істотно спрощує їхній аналіз.

## 2. Принцип роботи інтегруючого кола

Конденсатор (без витоку) є ідеальним елементом для інтегрування вхідного струму . Однак звичайно ставиться задача інтегрування вхідної напруги .

 

Рис.1. “Схема інтегратора струму” Рис.2. “Схема інтегратора напруги"



Для цього очевидно необхідно джерело напруги  перетворити в джерело струму . Здійснюється це за допомогою резистора . При цьому



і практично не залежить від . Це виконується при 



При виконанні умови



можна приблизно записати, що

 (3)

Це результат точного інтегрування. Ступінь наближення реального вихідного сигналу до цього результату залежить від ступеня виконання нерівності . З формули (3) видно, що для можливості використання RC - ланцюгів як інтегруючий ланцюг необхідно, щоб постійна часу RC була досить велика. Однак зі збільшенням RC зменшується амплітуда вихідного сигналів. Тобто на обличчя дві зовсім протилежних вимоги до RC.

## 3. Основні характеристики інтегруючої кола

а) Передатна функція ідеального інтегруючого кола

.

За умови  наближається до ідеального інтегрування. Тобто, чим більше , тим точніше коло виконує функції інтегрування.

Передатна функція реального інтегруючого кола:





*б) Амплітудно-частотна характеристика.*

Запишемо передатну функцію в частотній області:

 (4)

 (5)



Рис.3. ”АЧХ інтегруючого кола"

 при   

Амплітудно-частотна характеристика може бути отримана з вираження  при переході в частотну область, тоді



Здійснимо деякі перетворення з цим вираженням. Помножимо і розділимо його на комплексне число  для того, щоб позбутися комплексної перемінної в знаменнику:



Тобто в загальному виді це можна представити звичайним комплексним числом. Тоді модуль цього числа:

 



Визначимо граничну частоту кола.

 Тобто: 

*в) Фазо-частотная характеристика.*



Рис.4. “ФЧХ інтегруючого ланцюга”

Так само як і k (ω) може бути визначена з геометричного представлення комплексних чисел:

 Звідси 

Чи 





Рис.5.

*г) Перехідна характеристика.*

Відомо, що в лінійному колі 1-го порядку (якщо в ньому діють лише джерела постійного струму (напруги)) можна записати вираз  для будь-якої перехідної напруги (струму) як:



де 

При подачі на вхід інтегруючого RC-кола східчастого сигналу виду напруги на ємності буде зміняться по експонентальному законі.



 Чи 







Рис. 6.



Рис.7.

*д) Реакція на лінійно-наростаючий (спадаючий) сигнал.*

Нехай  для визначення реакції RC-кола скористаємося інтегралом Дюамеля (згортки). Якщо  відомо то:

;



## 4. Проходження імпульсів через інтегруючі RC - кола

*а) Імпульс прямокутної форми.*



Рис.8.

Нехай на вхід надходить імпульс прямокутної форми. Скористаємося методом суперпозиції для знаходження . Розкладемо на два елементарних стрибкоподібних сигнали і 

 

*б) Імпульс трапецієподібної форми.*

Скористаємося методом суперпозиції для знаходження . Розкладемо  на чотири елементарних лінійно-змінної напруги.









При досить великих τ форма імпульсів близька до



Рис.9.

пилоподібної форми, амплітуда дорівнює  При дуже малих τ форма імпульсів наближається до форми вхідного сигналу.

## 5. Приклад інтегруючого кола



Рис.10.

 Інтегруємо цю рівність, тоді





Тоді

Тут також повинна виконаються нерівність

,

при якій справедлива наближена рівність . Для цього параметри кола повинні задовольняти нерівності

,

де  - тривалість інтегруючого сигналу.

## Список літератури

1. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования. НГТУ, 2006. - 364с.
2. Грибовский Б. Кратний справочник по электронике: Пер. с фр. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 416 с.
3. Радиотехнические цепи и сигналы. Примеры и задачи. Под. Ред. Гоноровского И.С. - М.: Радио и связь, 1989 - 240с.
4. Титус У., Шенк К., Полупроводниковая схемотехніка: Справочное руководство. Пер. С нем. - М.: Мир, 1983. - 512 с.
5. Трофимов А.Т. Радиотехнические цепи и сигналы. - Новгород, 1982 - 103с.
6. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах. Пер с англ. - М.: Мир, 1983 - Т.1. - 598с.
7. Цифровые системы фазовой синхронизации / Под ред. М.И. Жодзишского - М.: Радио, 2000