



РКФ

Радиоконструкторский
факультет

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РЭТЭМ

_____ **В.И.Туев**

“ ___ ” _____ 2018 г.

Практико-ориентированная деятельность в пакете MathCAD

Сборник практических заданий
по дисциплине «Информационные технологии в управлении техносферной
безопасностью» для студентов направления 200301 «Техносферная
безопасность» (бакалавриат)

Разработчик:

Доцент кафедры РЭТЭМ

_____ **Д.В.Озеркин**

Томск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1 Пример для повторения.....	3
2 Индивидуальные задания.....	7
Список литературы	9

1 Пример для повторения

Простейшая схема интегратора, выполненная на операционном усилителе (ОУ) К140УД17, приведена на рис.1.1. Данная схема является инвертирующим усилителем, в цепь обратной связи которого включен конденсатор C . Согласно справочным данным: коэффициент усиления ОУ на постоянном токе $K_{U0} = 2 \cdot 10^5$; постоянная времени ОУ $T_{Oy} = 7.96 \cdot 10^{-3}$ с. Получим передаточную функцию интегратора при условии ограниченности полосы пропускания ОУ.

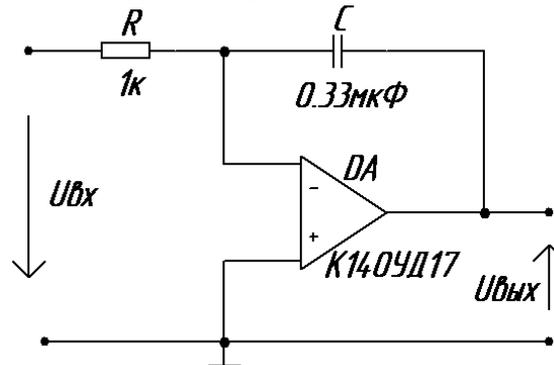


Рис. 1.1 – Простейшая схема интегратора на операционном усилителе

Известно, что собственная передаточная функция ОУ имеет вид:

$$W_{Oy}(p) = \frac{K_{Oy}}{T_{Oy} \cdot p + 1}$$

где K_{U0} – собственный коэффициент усиления ОУ; T_{Oy} – постоянная времени ОУ; p – комплексная частота.

Воспользуемся общим выражением для коэффициента передачи усилителя с цепью отрицательной обратной связи (ООС). Тогда для передаточной функции интегратора можно записать:

$$W_{И}(p) = W_{ВХ}(p) \cdot W_{Oy_{OOC}}(p) = \frac{1}{R + \frac{1}{C_p}} \cdot \frac{\frac{K_{U0}}{T_{Oy} \cdot p + 1}}{1 + \frac{K_{U0}}{T_{Oy} \cdot p + 1} \cdot \frac{R}{\left(R + \frac{1}{C_p}\right)}} =$$

$$= \frac{K_{U0}}{T_{Oy} \cdot R \cdot C_p^2 + (T_{Oy} + R \cdot C + K_{U0} \cdot R \cdot C)p + 1}$$

Встроенная в *MathCAD* константа *ORIGIN* хранит начальный номер индекса при обращении к массивам. По умолчанию в системе *MathCAD* принято, что $ORIGIN = 0$. Однако здесь удобнее, чтобы индексация начиналась с единицы. В связи с этим в первой строке листинга произведено переназначение константы *ORIGIN*. Наименование константы должно быть написано обязательно прописными (заглавными) буквами.

Для построения логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) необходимо, чтобы значения аргумента (частоты) представляли собой геометрическую прогрессию. Пусть шаг геометрической прогрессии $Step =$

1.007; количество точек отсчета аргумента $N = 2500$. Тогда каждое новое значение аргумента будет вычисляться по формуле:

$$f_j = \text{Step}^j,$$

где $j = 1, 2, \dots, N$.

При этом диапазон значений аргумента будет [1.007 Гц; 37 469 369 Гц]. Для последующих расчетов удобно ввести вспомогательную табулированную функцию комплексной частоты $p_j = i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_j$ (рис. 1.2). Следует помнить, что в системе *MathCAD* мнимая единица вводится по нажатию кнопки i на панели *Calculator (Калькулятор)*. Введенный с клавиатуры символ i или j система *MathCAD* воспринимает как переменную. Знак модуля вводится по нажатию кнопки $|x|$, а знак десятичного логарифма – по нажатию кнопки **log**; обе кнопки также расположены на панели *Calculator (Калькулятор)*.

$$\begin{aligned} & \text{ORIGIN} := 1 \\ & \text{Step} := 1.007 \quad j := 1..2500 \quad f_j := \text{Step}^j \quad p_j := i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_j \\ & R := 1000 \quad C := 0.33 \cdot 10^{-6} \quad Ku0 := 2 \cdot 10^5 \quad Tou := 7.96 \cdot 10^{-3} \\ & W_j := 20 \cdot \log \left[\left| \frac{Ku0}{Tou \cdot R \cdot C \cdot (p_j)^2 + (Tou + R \cdot C + Ku0 \cdot R \cdot C) \cdot p_j + 1} \right| \right] \end{aligned}$$

Рис. 1.2 – Передаточная функция интегратора

Для отображения значений частоты в логарифмическом масштабе на графике (рис. 1.3) следует:

1. Выделить график;
2. Двойным щелчком мыши вызвать диалоговое окно *Formatting Currently Selected X-Y Plot (Форматирование выбранного графика X-Y)*;
3. На вкладке *X-Y Axes (Оси X-Y)* включить опцию *X-Axis:Log Scale (Ось X: Логарифмическая шкала)*.

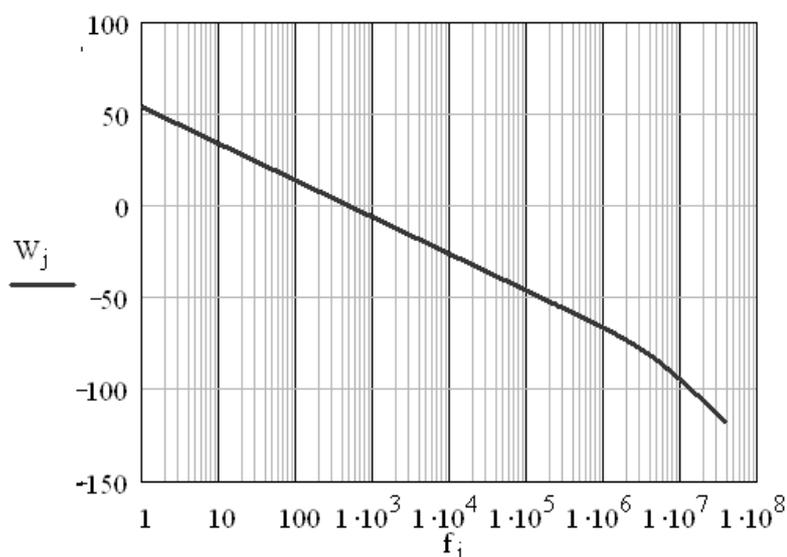


Рис. 1.3 – ЛАЧХ интегратора

Известно, что частота единичного усиления интегратора не зависит от собственного коэффициента усиления ОУ, а полностью определяется параметрами его внешней цепи. Для схемы интегратора можно вычислить аналитически частоту единичного усиления:

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 0.33 \cdot 10^{-6}} = 482 \text{ Гц}$$

Подтвердим полученный результат численным способом. Для этого необходимо реализовать цикл с предусловием – увеличивать точки отсчета j , начиная с единицы, передвигаясь по оси абсцисс до тех пор, пока табулированная логарифмическая функция $W_j > 0$. Как только условие перестало выполняться, значит произошло пересечение с нулевой ординатой. При этом текущее значение отсчета $j = \text{Number}$ однозначно определяет единичную частоту: $\text{Freq} = \text{Step}^{\text{Number}}$. Из приведенного ниже листинга (рис. 1.4) следует, что значение единичной частоты, полученное численным способом, практически совпадает с аналитическим результатом.

```

Number := | j ← 1
          | while Wj > 0
          |   j ← j + 1
          | j
Freq := StepNumber      Freq = 483.182

```

Рис. 1.4 – Цикл с предусловием для нахождения единичной частоты

Пусть в схеме интегратора (рис. 1.1) варьируемым параметром выступает емкость конденсатора C , которая изменяется от 0.33 мкФ до 1.65 мкФ с шагом в 0.33 мкФ. В этом случае можно наблюдать семейство передаточных характеристик интегратора (семейство ЛАЧХ), для каждой из которых существует своя частота единичного усиления.

Ниже приведен листинг программы по расчету семейства ЛАЧХ (рис. 1.5). Расчет семейства характеристик в системе *MathCAD* сводится к заполнению соответствующими значениями элементов двумерного массива. Первая размерность k массива представляет собой варьируемые значения емкости конденсатора, а вторая размерность j – табулированные отсчеты для значений частоты (аналогично предыдущему расчету).

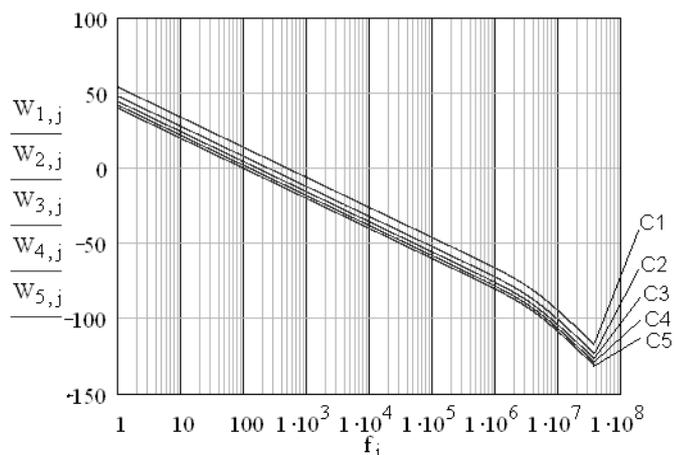
```

ORIGIN := 1
Step := 1.007   j := 1..2500   fj := Stepj   pj := i·2·π·fj
R := 1000      Ku0 := 2·105   Tou := 7.96·10-3
k := 1..5     Ck := 0.33·10-6·k
Wk,j := 20·log [ |  $\frac{Ku0}{Tou \cdot R \cdot C_k \cdot (p_j)^2 + (Tou + R \cdot C_k + Ku0 \cdot R \cdot C_k) \cdot p_j + 1}$  | ]

```

Рис. 1.5 – Расчет семейства передаточных характеристик

Удобство визуального представления такого двумерного массива обеспечивается построением графика (рис. 1.6). Чтобы разместить несколько функций на одном графике, нужно с помощью символа , (запятая) зарезервировать слева от графика требуемое количество местозаполнителей. Заметим, что при записи табулированной функции W слева от графика первый индекс должен быть указан в виде константы.



$$C1 = 0.33 \text{ мкФ}; C2 = 0.66 \text{ мкФ}; C3 = 0.99 \text{ мкФ};$$

$$C4 = 1.32 \text{ мкФ}; C5 = 1.65 \text{ мкФ}$$

Рис. 1.6 – Семейство ЛАЧХ интегратора

По аналогии с предыдущим расчетом можно найти численным способом значения частот единичного усиления. Отличие заключается в том, что $Number$ и $Freq$ – векторные величины (рис. 1.7).

$$Number(k) := \begin{cases} j \leftarrow 1 \\ \text{while } W_{k,j} > 0 \\ \quad j \leftarrow j + 1 \\ j \end{cases}$$

$$Freq_k := Step^{Number(k)} \quad Freq = \begin{pmatrix} 483.182 \\ 242.211 \\ 161.616 \\ 120.572 \\ 97.125 \end{pmatrix}$$

Рис. 1.7 - Цикл с предусловием для нахождения вектора единичных частот

2 Индивидуальные задания

Вариант №1. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, формирующий матрицу **A** по следующему правилу:

$$a_{i,j} = \begin{cases} \sin(i + j), & \text{если } i = j; \\ \sin i + \cos j, & \text{если } i > j; \\ \sin j + \cos i, & \text{если } i < j. \end{cases}$$

Вариант №2. Даны два вектора x и y , состоящие из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, формирующий вектор q размерности n , i -й элемент которого равен 1, если точка с координатами (x_i, y_i) принадлежит кругу радиуса r с центром в начале координат, и равен 0 в противном случае.

Вариант №3. Дана матрица **A** размерности $n \times n$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, заменяющий все элементы матрицы с четной суммой индексов на 1, а другие элементы – на 0.

Вариант №4. Даны два вектора x, y , состоящие из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, преобразующий эти векторы по правилу: большее из чисел x_i и y_i принять в качестве нового значения x_i , а меньшее – в качестве нового значения y_i .

Вариант №5. Дан массив y , состоящий из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, определяющий:

- число элементов, удовлетворяющих условию $a \leq |y_i| \leq b$;
- число положительных элементов.

Вариант №6. Дана квадратная матрица **C** размерности $n \times n$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, вычисляющий количество элементов, находящихся ниже главной диагонали и удовлетворяющих условию $a \leq |C_{ij}| \leq b$.

Вариант №7. Дана матрица **D** размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, формирующий вектор, i -й элемент которого равен количеству положительных элементов в i -й строке матрицы **D**.

Вариант №8. Даны две матрицы **A, B** размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, подсчитывающий число случаев $a_{ij} \geq b_{ij}$.

Вариант №9. Дан массив y , состоящий из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, определяющий:

- произведение строго положительных элементов массива;
- сумму элементов, находящихся в интервале $[a, b]$.

Вариант №10. Дана матрица **A** размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, который вместо первого элемента i -й строки записывает сумму всех элементов этой строки матрицы.

Вариант №11. Дан вектор x , состоящий из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, вычисляющий наибольшую из двух сумм элементов с четными и нечетными индексами.

Вариант №12. Дан вектор x , состоящий из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, вычисляющий среднее арифметическое элементов вектора, а затем преобразующий исходный вектор по правилу: те элементы, которые меньше среднего арифметического, заменить нулями.

Вариант №13. Дана матрица A размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, формирующий вектор, i -й элемент равен среднему арифметическому i -й строки матрицы.

Вариант №14. Дана матрица A размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, вычисляющий сумму и количество только тех элементов матрицы, которые удовлетворяют условию $|a_{ij}| \geq \varepsilon$, где ε – задаваемая величина.

Вариант №15. Имеется экзаменационная ведомость студенческой группы из $n = 20$ человек по $m = 5$ дисциплинам. Оценки из этой ведомости занесены в матрицу размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, вычисляющий число студентов, получивших только четверки и пятерки.

Вариант №16. Имеется экзаменационная ведомость студенческой группы из $n = 20$ человек по $m = 5$ дисциплинам. Оценки из этой ведомости занесены в матрицу размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, вычисляющий средний балл по каждой дисциплине.

Вариант №17. Дан массив y , состоящий из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, меняющий максимальный и минимальный элемент местами.

Вариант №18. Дана функция $f(x)$ и вектор x , состоящий из n элементов. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, определяющий: а) максимальное значение этой функции на элементах этого вектора; б) номер индекса и значение элемента массива, на котором функция достигает максимального значения.

Вариант №19. Дана матрица A размерности $n \times m$. Составить программный цикл с помощью циклического оператора *for*, формирующий вектор, i -й элемент равен номеру столбца, в котором на i -й строке матрицы стоит минимальный элемент.

Вариант №20. Даны две матрицы A , B размерности $n \times m$. Вычислить величину $max = max(A) + max(B)$, где $max(A)$, $max(B)$ – максимальные значения матриц A , B соответственно.

Список литературы

1. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 368 с.
2. Каганов В.И. Радиотехника + компьютер + Mathcad. - М.: Горячая линия - Телеком, 2001. - 416 с.
3. Поршнева С.В., Беленкова И.В. Численные методы на базе MathCAD. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 464 с.
4. Панферов А.И., Лопарев А.В., Пономарев В.К. Применение Mathcad в инженерных расчетах: Учеб. пособие. - СПб.: СПбГУАП, 2004. - 88 с.
5. Гурский Д.А., Турбина Е.С. Вычисления в Mathcad 12. - СПб.: Питер, 2006. - 544 с.
6. Васильев А.Н. Mathcad 13 на примерах. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 528 с.
7. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В., Пеньков А.А.. Новые информационные технологии: Учебное пособие. Часть 3. Основы математики и математическое моделирование. - Смоленск: СГПУ, 2003. - 192 с.
8. Фриск В.В. Основы теории цепей. Расчеты и моделирование с помощью пакета компьютерной математики MathCAD. - М.: СОЛОН-Пресс, 2006. - 88 с.