# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

Харьковский государственный технический университет радиоэлектроники

Расчетно‑пояснительная записка

к курсовой работе

по курсу «Основы радиоэлектроники»

Тема: Расчёт частотных и временных характеристик линейных цепей

Вариант №34

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил:  студент группы БЭА‑98‑1  Дмитренко С.Н. | Консультант:  доц. Олейников А.Н. |

2000

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| ЗАДАНИЕ | 4 |
| 1 РАСЧЁТ КОМПЛЕКСНОГО ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕПИ | 5 |
| 1.1 Определение комплексного входного сопротивления цепи | 5 |
| 1.2 Определение активной составляющей комплексного входного сопротивления цепи | 6 |
| 1.3 Определение реактивной составляющей комплексного входного сопротивления цепи | 7 |
| 1.4 Определение модуля комплексного входного сопротивления цепи | 9 |
| 1.5 Определение аргумента комплексного входного сопротивления цепи | 10 |
| 2 РАСЧЁТ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПИ | 12 |
| 2.1 Определение комплексного коэффициента передачи цепи | 12 |
| 2.2 Определение амплитудно-частотной характеристики цепи | 12 |
| 2.3 Определение фазочастотной характеристики цепи | 14 |
| 3 РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПИ | 16 |
| 3.1 Определение переходной характеристики цепи | 16 |
| 3.2 Определение импульсной характеристики цепи | 19 |
| 3.3 Расчет отклика цепи на заданное воздействие методом интеграла Дюамеля | 22 |
| ВЫВОДЫ | 27 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ ИСТОЧНИКОВ | 28 |

ВВЕДЕНИЕ

Знание фундаментальных базовых дисциплин в подготовке и формировании будущего инженера-конструктора весьма велико.

Дисциплина «Основы радиоэлектроники» (ОРЭ) относится к числу базовых дисциплин. При изучении данного курса приобретаются теоретические знания и практические навыки по использованию этих знаний для расчета конкретных электрических цепей.

Основная цель курсовой работы – закрепление и углубление знаний по следующим разделам курса ОРЭ:

расчет линейных электрических цепей при гармоническом воздействием методом комплексных амплитуд;

частотные характеристики линейных электрических цепей;

временные характеристики цепей;

методы анализа переходных процессов в линейных цепях (классический, интегралы наложения).

Курсовая работа закрепляет знания в соответствующей области, а тем у кого никаких знаний нет предлагается их получить практическим методом – решением поставленных задач.

ЗАДАНИЕ



Вариант № 34

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| R1, Ом | 4,5 | t1, мкс | 30 |
| R2, Ом | 1590 | I1, А | 7 |
| R3, Ом | 1100 |  |  |
| L, мкГн | 43 |  |  |
| C, пФ | 18,8 |  |  |
| Реакция |  |  |  |

Задание:

1. Определить комплексное входное сопротивление цепи.
2. Найти модуль, аргумент, активную и реактивную составляющие комплексного сопротивления цепи.
3. Расчет и построение частотных зависимостей модуля, аргумента, активной и реактивной составляющих комплексного входного сопротивления.
4. Определить комплексный коэффициент передачи цепи, построить графики амплитудно-частотной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристик.
5. Определить классическим методом переходную характеристику цепи и построить ее график.
6. Найти импульсную характеристику цепи и построить ее график.
7. Рассчитать отклик цепи на заданное воздействие и построить график отклика.

1 РАСЧЁТ КОМПЛЕКСНОГО ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕПИ

1.1 Определение комплексного входного сопротивления цепи

(1)



После подстановки числовых значений получим:

(2)



1.2 Определение активной составляющей комплексного входного сопротивления цепи

Из (2) видно, что активная составляющая комплексного входного сопротивления цепи равна:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Результаты расчётов приведены в таблице 1.1, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 1.1

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 1.1 | Зависимость активной составляющей от частоты |

|  |  |
| --- | --- |
| w, рад/c | R(w), Ом |
| 0 | 654.6858736 |
| 1\*10^7 | 644.7488512 |
| 2\*10^7 | 628.547516 |
| 3\*10^7 | 640.8052093 |
| 4\*10^7 | 711.6552945 |
| 5\*10^7 | 835.0124845 |
| 6\*10^7 | 975.66653 |
| 7\*10^7 | 1103.2978887 |
| 8\*10^7 | 1206.27837 |
| 9\*10^7 | 1285.1867918 |
| 1\*10^8 | 1344.7103773 |
| 1.1\*10^8 | 1389.7224921 |
| 1.2\*10^8 | 1424.132605 |
| 1.3\*10^8 | 1450.8140349 |
| 1.4\*10^8 | 1471.8158424 |
| 1.5\*10^8 | 1488.5909995 |
| 1.6\*10^8 | 1502.175626 |
| 1.7\*10^8 | 1513.316686 |
| 1.8\*10^8 | 1522.5598201 |
| 1.9\*10^8 | 1530.3091743 |
| 2\*10^8 | 1536.8682451 |
| 2.1\*10^8 | 1542.4679891 |
| 2.2\*10^8 | 1547.2863847 |
| 2.3\*10^8 | 1551.4622108 |
| 2.4\*10^8 | 1555.104878 |
| 2.5\*10^8 | 1558.3015308 |
| 2.6\*10^8 | 1561.1222429 |
| 2.7\*10^8 | 1563.623861 |
| 2.8\*10^8 | 1565.8528828 |
| 2.9\*10^8 | 1567.8476326 |
| 3\*10^8 | 1569.6399241 |
| 3.1\*10^8 | 1571.2563425 |
| 3.2\*10^8 | 1572.7192423 |
| 3.3\*10^8 | 1574.04753 |
| 3.4\*10^8 | 1575.2572835 |
| 3.5\*10^8 | 1576.3622454 |
| 3.6\*10^8 | 1577.3742185 |
| 3.7\*10^8 | 1578.3033862 |
| 3.8\*10^8 | 1579.1585717 |
| 3.9\*10^8 | 1579.9474512 |
| 4\*10^8 | 1580.676728 |
| 4.1\*10^8 | 1581.3522774 |
| 4.2\*10^8 | 1581.9792664 |
| 4.3\*10^8 | 1582.5622541 |
| 4.4\*10^8 | 1583.1052755 |
| 4.5\*10^8 | 1583.6119126 |
| 4.6\*10^8 | 1584.0853538 |
| 4.7\*10^8 | 1584.5284451 |
| 4.8\*10^8 | 1584.9437332 |
| 4.9\*10^8 | 1585.3335025 |
| 5\*10^8 | 1585.699807 |
|  | 1594.5 |



Рисунок 1.1 ‑ Зависимость активной составляющей от частоты; размерность R(w) – Ом, w – рад/с

1.3 Определение реактивной составляющей комплексного входного сопротивления цепи

Из (2) видно, что реактивная составляющая комплексного входного сопротивления цепи равна:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Результаты расчётов приведены в таблице 1.2, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 1.2

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 1.2 | Зависимость реактивной составляющей от частоты |

|  |  |
| --- | --- |
| w, рад/с | X(w), Ом |
| 0 | 0 |
| 2.5\*10^7 | 246.0721781 |
| 7.5\*10^7 | 621.5367231 |
| 1\*10^8 | 537.3271164 |
| 1.5\*10^8 | 383.2305778 |
| 1.75\*10^8 | 331.4740341 |
| 2.25\*10^8 | 259.7380449 |
| 2.5\*10^8 | 234.1512213 |
| 3\*10^8 | 195.4771722 |
| 3.25\*10^8 | 180.5329631 |
| 3.5\*10^8 | 167.7003466 |
| 3.75\*10^8 | 156.564089 |
| 4\*10^8 | 146.8103054 |
| 4.5\*10^8 | 130.5374047 |
| 4.75\*10^8 | 123.6804004 |
| 5\*10^8 | 117.5068169 |
| 5.25\*10^8 | 111.9195119 |
| 5.75\*10^8 | 102.199084 |
| 6\*10^8 | 97.9451927 |
| 6.5\*10^8 | 90.4174982 |
| 6.75\*10^8 | 87.071266 |
| 7.25\*10^8 | 81.070308 |
| 7.5\*10^8 | 78.3695601 |
| 8\*10^8 | 73.4739969 |
| 8.25\*10^8 | 71.2485584 |
| 8.75\*10^8 | 67.1789125 |
| 9\*10^8 | 65.313547 |
| 9.5\*10^8 | 61.8771764 |
| 1\*10^9 | 58.7842651 |
|  | 0 |



Рисунок 1.2‑ Зависимость реактивной составляющей от частоты; размерность X(w) – Ом, w – рад/с

1.4 Определение модуля комплексного входного сопротивления цепи

Модуль комплексного входного сопротивления цепи:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Подставляя выражения (3) и (4) получим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Результаты расчётов приведены в таблице 1.3, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 1.3

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 1.3 | Зависимость модуля от частоты |

|  |  |
| --- | --- |
| w, рад/с | ModZ(w), Ом |
| 0 | 654.6858736 |
| 1\*10^7 | 649.2212009 |
| 1.42\*10^7 | 647.35766‑min |
| 3\*10^7 | 715.7636509 |
| 4\*10^7 | 849.7354647 |
| 6\*10^7 | 1158.5565761 |
| 7\*10^7 | 1270.5610656 |
| 9\*10^7 | 1407.7765634 |
| 1\*10^8 | 1448.0906149 |
| 1.2\*10^8 | 1498.7078464 |
| 1.3\*10^8 | 1514.9060929 |
| 1.5\*10^8 | 1537.1300659 |
| 1.6\*10^8 | 1544.9118415 |
| 2\*10^8 | 1564.25307 |
| 2.1\*10^8 | 1567.2999067 |
| 2.3\*10^8 | 1572.1477461 |
| 2.4\*10^8 | 1574.0946495 |
| 2.6\*10^8 | 1577.2894385 |
| 2.7\*10^8 | 1578.6096652 |
| 2.9\*10^8 | 1580.827954 |
| 3\*10^8 | 1581.7650952 |
| 3.2\*10^8 | 1583.3693222 |
| 3.3\*10^8 | 1584.059005 |
| 3.5\*10^8 | 1585.257498 |
| 3.6\*10^8 | 1585.7801122 |
| 3.8\*10^8 | 1586.699579 |
| 3.9\*10^8 | 1587.1052533 |
| 4.1\*10^8 | 1587.8264025 |
| 4.2\*10^8 | 1588.1477312 |
| 4.4\*10^8 | 1588.7239824 |
| 4.5\*10^8 | 1588.9829149 |
| 4.6\*10^8 | 1589.2246865 |
| 4.7\*10^8 | 1589.4507882 |
| 4.8\*10^8 | 1589.6625517 |
| 4.9\*10^8 | 1589.8611698 |
| 5\*10^8 | 1590.0477131 |
|  | 1594.5 |



Рисунок 1.3 ‑ Зависимость модуля от частоты; размерность ModZ(w) – Ом,

w – рад/с

1.5 Определение аргумента комплексного входного сопротивления цепи

Аргумент комплексного входного сопротивления цепи:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

Подставляя выражения (3) и (4) получим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

Результаты расчётов приведены в таблице 1.4, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 1.4

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 1.4 | Зависимость аргумента от частоты |

|  |  |
| --- | --- |
| w, рад/c | ArgZ(w),рад |
| 0 | 0 |
| 1\*10^7 | 0.1174454 |
| 2\*10^7 | 0.2790074 |
| 3\*10^7 | 0.4617485 |
| 4\*10^7 | 0.5781004 |
| 5\*10^7 | 0.6013055 |
| 6\*10^7 | 0.5695574 |
| 7\*10^7 | 0.5189209 |
| 8\*10^7 | 0.4671155 |
| 9\*10^7 | 0.4204151 |
| 1\*10^8 | 0.3801492 |
| 1.3\*10^8 | 0.2919224 |
| 1.4\*10^8 | 0.2705269 |
| 1.6\*10^8 | 0.2357585 |
| 1.8\*10^8 | 0.2088236 |
| 1.9\*10^8 | 0.1975292 |
| 2\*10^8 | 0.1873925 |
| 2.2\*10^8 | 0.1699518 |
| 2.3\*10^8 | 0.1623974 |
| 2.4\*10^8 | 0.1554881 |
| 2.6\*10^8 | 0.1433007 |
| 2.7\*10^8 | 0.1378992 |
| 2.8\*10^8 | 0.1328918 |
| 3\*10^8 | 0.1238984 |
| 3.2\*10^8 | 0.1160497 |
| 3.3\*10^8 | 0.1124883 |
| 3.4\*10^8 | 0.1091398 |
|  | 0 |



Рисунок 1.3 ‑ Зависимость аргумента от частоты; размерность ArgZ(w) – рад,

w – рад/с2 РАСЧЁТ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПИ

2.1 Определение комплексного коэффициента передачи цепи

Комплексный коэффициент передачи цепи:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

Предположим, входной ток есть, тогда:

(10)



Подставляя выражение (10) в (9) получим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

2.2 Определение амплитудно-частотной характеристики цепи

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ):

|  |  |
| --- | --- |
| , | (12) |

где:

(13), а (14)



Подставляя числовые значения в выражения (13) и (14), а затем в (12) получим:

(15)



Результаты расчётов приведены в таблице 2.1, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 2.1

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 2.1 | Зависимость ModK(jw) от частоты |

|  |  |
| --- | --- |
| w, рад/с | ModK(jw) |
| 0 | 0.5910781 |
| 1\*10^7 | 0.5992408 |
| 2\*10^7 | 0.6179827 |
| 3\*10^7 | 0.6324491 |
| 4\*10^7 | 0.6273599 |
| 5\*10^7 | 0.5983093 |
| 7\*10^7 | 0.5024911 |
| 8\*10^7 | 0.4538942 |
| 9\*10^7 | 0.4104007 |
| 1\*10^8 | 0.3726731 |
| 1.1\*10^8 | 0.3403078 |
| 1.3\*10^8 | 0.2887096 |
| 1.4\*10^8 | 0.2680577 |
| 1.5\*10^8 | 0.2500606 |
| 1.6\*10^8 | 0.2342674 |
| 1.7\*10^8 | 0.2203143 |
| 1.9\*10^8 | 0.1968111 |
| 2\*10^8 | 0.186831 |
| 2.1\*10^8 | 0.1778097 |
| 2.2\*10^8 | 0.169617 |
| 2.3\*10^8 | 0.1621448 |
| 2.4\*10^8 | 0.1553027 |
| 2.5\*10^8 | 0.1490146 |
| 2.7\*10^8 | 0.1378528 |
| 2.8\*10^8 | 0.132877 |
| 3\*10^8 | 0.1239321 |
| 3.1\*10^8 | 0.1198974 |
| 3.2\*10^8 | 0.1161177 |
| 3.3\*10^8 | 0.1125694 |
| 3.4\*10^8 | 0.109232 |
| 3.5\*10^8 | 0.1060873 |
| 3.6\*10^8 | 0.1031189 |
| 3.8\*10^8 | 0.097655 |
| 3.9\*10^8 | 0.0951351 |
| 4\*10^8 | 0.0927421 |
| 4.1\*10^8 | 0.0904669 |
| 4.2\*10^8 | 0.0883008 |
| 4.3\*10^8 | 0.0862362 |
| 4.4\*10^8 | 0.0842662 |
| 4.6\*10^8 | 0.0805848 |
| 4.7\*10^8 | 0.0788623 |
| 4.8\*10^8 | 0.0772121 |
| 4.9\*10^8 | 0.0756296 |
| 5\*10^8 | 0.0741108 |
| 5.1\*10^8 | 0.0726519 |
| 5.2\*10^8 | 0.0712494 |
| 5.4\*10^8 | 0.0686011 |
| 5.5\*10^8 | 0.0673495 |
| 5.6\*10^8 | 0.0661428 |
| 5.7\*10^8 | 0.0649787 |
| 5.8\*10^8 | 0.0638548 |
| 5.9\*10^8 | 0.0627693 |
| 6\*10^8 | 0.0617201 |
|  | 0 |



Рисунок 2.1 ‑ АЧХ цепи; размерность w – рад/с, ModK(w) – безразмерная величина

2.3 Определение фазочастотной характеристики цепи

Фазочастотная характеристика цепи (ФЧХ):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (16) |

Подставляя числовые значения в (16) получим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (17) |

Результаты расчётов приведены в таблице 2.2, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 2.2

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 2.2 | Зависимость ArgK(jw) от частоты |

|  |  |
| --- | --- |
| w, рад/с | ArgK(jw), рад |
| 0 | 0 |
| 1\*10^7 | -0.0799271 |
| 3\*10^7 | -0.3226808 |
| 5\*10^7 | -0.6462386 |
| 7\*10^7 | -0.9086729 |
| 9\*10^7 | -1.0769648 |
| 1.1\*10^8 | -1.1826898 |
| 1.3\*10^8 | -1.2524606 |
| 1.5\*10^8 | -1.3011954 |
| 1.7\*10^8 | -1.3369474 |
| 1.9\*10^8 | -1.3642366 |
| 2.1\*10^8 | -1.3857381 |
| 2.3\*10^8 | -1.4031184 |
| 2.5\*10^8 | -1.4174637 |
| 2.7\*10^8 | -1.42951 |
| 2.9\*10^8 | -1.4397731 |
| 3.1\*10^8 | -1.4486249 |
| 3.3\*10^8 | -1.4563401 |
| 3.5\*10^8 | -1.4631264 |
| 3.7\*10^8 | -1.4691435 |
| 3.9\*10^8 | -1.4745161 |
| 4.1\*10^8 | -1.4793434 |
| 4.3\*10^8 | -1.483705 |
| 4.6\*10^8 | -1.4895127 |
| 4.8\*10^8 | -1.492969 |
| 5\*10^8 | -1.4961411 |
| 5.2\*10^8 | -1.4990628 |
| 5.4\*10^8 | -1.5017629 |
| 5.6\*10^8 | -1.5042658 |
| 5.8\*10^8 | -1.5065924 |
| 6\*10^8 | -1.5087609 |
|  | -1,5707963 |



Рисунок 2.2 ‑ ФЧХ цепи; размерность ArgK(w) – рад, w – рад/с

3 РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПИ

3.1 Определение переходной характеристики цепи

Переходная характеристика цепи:

|  |  |
| --- | --- |
| h(t)=hпр(t)+hсв(t) | (18) |

Т.к. воздействие – ток, а реакция – ток на индуктивности, следует (см. рисунок 3.1):

|  |  |
| --- | --- |
| , | (19) |

где Io – единичный скачок тока.



Для определения режима переходного процесса запишем входное сопротивление в операторной форме:

Рисунок 3.1‑Эквивалентная схема при t стремящемся к бесконечности

|  |  |
| --- | --- |
|  | (20) |

Приравнивая знаменатель к нулю, после несложных преобразований получим:

или ,



где:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (21) |

|  |  |
| --- | --- |
| (рад/с) | (22) |

Т.к. , следует режим колебательный, а значит:



|  |  |
| --- | --- |
| , | (23) |

|  |  |
| --- | --- |
| где:  (рад/с) | (24) |

– угловая частота затухающих свободных колебаний в контуре, А и ‑ постоянные интегрирования.



Для определения постоянных интегрирования составим два уравнения для начальных значений (+0) и (+0):



(25), (26) (см.



рисунок 3.2),

(27),



т.к. в момент комутации напряжение на сопротивлении R2 равно напряжению на индуктивности (см. рисунок 3.2).



|  |  |
| --- | --- |
|  | (28) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (29) |

Рисунок 3.2 – Эквивалентная схема в момент коммутации

Подставляя выражения (19), (21), (23), (24), (26), (27), (28), (29) в (25) получим:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (30) |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (31) |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (32) |  |

(33)



Результаты расчётов приведены в таблице 3.1, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 3.3

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 3.1 | Расчёт переходной характеристики |

|  |  |
| --- | --- |
| t, с | h(t) |
| 0 | 0 |
| 1.00e-8 | 0.303504193 |
| 2.00e-8 | 0.489869715 |
| 4.00e-8 | 0.632067650 |
| 5.00e-8 | 0.642131278 |
| 7.00e-8 | 0.624823543 |
| 8.00e-8 | 0.613243233 |
| 1.00e-7 | 0.597388596 |
| 1.10e-7 | 0.593357643 |
| 1.30e-7 | 0.590241988 |
| 1.40e-7 | 0.590004903 |
| 1.70e-7 | 0.590600383 |
| 1.90e-7 | 0.590939689 |
| 2.00e-7 | 0.591026845 |
| 2.20e-7 | 0.591095065 |
| 2.30e-7 | 0.591100606 |
| 2.50e-7 | 0.591093538 |
| 2.60e-7 | 0.591088357 |
| 2.80e-7 | 0.591081098 |
| 3.00e-7 | 0.591078184 |
|  | 0.591078066 |



Рисунок 3.3 – Переходная характеристика цепи; размерность t – сек,

h(t) – безразмерная величина

Как видно из рисунка 3.3, свободные колебания затухают достаточно быстро; при таком масштабе рисунка видны колебания в течение, примерно, одного периода свободных колебаний (), однако переходной процесс длится немного дольше, а спустя 0,3 мкс колебаниями можно пренебречь т.к. они достаточно малы (см. таблицу 3.1) и считать переходной процесс завершенным.



3.2 Определение импульсной характеристики цепи

Импульсная характеристики цепи:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | (34), |  | (35), |

где 1(t) – единичная функция.

Подставляя (33) в (35) находим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (36) |

Результаты расчётов приведены в таблице 3.2, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 3.4 и 3.5



Рисунок 3.4 – Импульсная характеристика цепи в крупном масштабе; размерность t – сек, g(t) – безразмерная величина

Оба графика имеют одну и ту же шкалу времени, поэтому можно оценить, насколько быстро затухают колебания, и во сколько раз уменьшается их амплитуда за ничтожный промежуток времени.

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 3.2 | Расчёт импульсной характеристики |

|  |  |
| --- | --- |
| t, c | g(t) |
| 0 | 3.697e7 |
| 4.0e-8 | 2.299e6 |
| 6.0e-8 | -9.911e5 |
| 8.0e-8 | -1.066e6 |
| 1.0e-7 | -5.184e5 |
| 1.2e-7 | -1.460e5 |
| 1.4e-7 | -1.503e3 |
| 1.8e-7 | 1.697e4 |
| 2.0e-7 | 6.486e3 |
| 2.2e-7 | 1.167e3 |
| 2.4e-7 | -412.634 |
| 2.6e-7 | -482.050 |
| 2.8e-7 | -240.781 |
| 3.0e-7 | -70.193 |
| 3.2e-7 | -2.270 |
| 3.6e-7 | 7.780 |
| 3.8e-7 | 3.053 |
| 4.0e-7 | 0.587 |
| 4.2e-7 | -0.169 |
| 4.4e-7 | -0.218 |
| 4.6e-7 | -0.112 |
| 4.8e-7 | -0.034 |
| 5.0e-7 | -1.775e-3 |
| 5.4e-7 | 3.561e-3 |
| 5.6e-7 | 1.434e-3 |
| 5.8e-7 | 2.930e-4 |
| 6.0e-7 | -6.843e-5 |
| 6.2e-7 | -9.799e-5 |
| 6.4e-7 | -5.175e-5 |
| 6.6e-7 | -1.610e-5 |
| 7.0e-7 | 2.166e-6 |
| 7.4e-7 | 6.730e-7 |
| 7.6e-7 | 1.453e-7 |
| 7.8e-7 | -2.702e-8 |
| 8.0e-7 | -4.405e-8 |
|  | 0 |



Рисунок 3.5 – Импульсная характеристика в более мелком масштабе

; размерность t – сек, g(t) – безразмерная величина

3.3 Расчет отклика цепи на заданное воздействие методом интеграла Дюамеля

При кусочно-непрерывной форме воздействия отклик необходимо искать для каждого из интервалов времени отдельно.

При применении интеграла Дюамеля с использованием переходной характеристики h(t) отклик:

при



|  |  |
| --- | --- |
| , | (37) |

где:

y(x) – аналитическое выражение описывающее воздействие (см. рисунок 3.6)



составим аналитическое выражение y(x):

|  |  |
| --- | --- |
| x | y |
| 0 | 0 |
| 3\*10^-5 | 7 |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (38) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рисунок 3.6 – График воздействия |  | (39) |

Подставляя выражения (33), (39) в(37) и учитывая, что y(0)=0 получим:



Результаты расчётов приведены в таблице 3.3, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 3.7 и 3.8

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 3.3 | Расчёт отклика при |

|  |  |
| --- | --- |
| t, c | i(t), А |
| 0 | 0 |
| 1.0e-6 | 0.136879881 |
| 2.0e-6 | 0.274798097 |
| 3.0e-6 | 0.412716312 |
| 5.0e-6 | 0.688552743 |
| 6.0e-6 | 0.826470958 |
| 7.0e-6 | 0.964389174 |
| 9.0e-6 | 1.240225604 |
| 1.0e-5 | 1.378143820 |
| 1.1e-5 | 1.516062035 |
| 1.3e-5 | 1.791898466 |
| 1.4e-5 | 1.929816681 |
| 1.5e-5 | 2.067734897 |
| 1.7e-5 | 2.343571328 |
| 1.8e-5 | 2.481489543 |
| 1.9e-5 | 2.619407758 |
| 2.1e-5 | 2.895244189 |
| 2.2e-5 | 3.033162405 |
| 2.3e-5 | 3.171080620 |
| 2.5e-5 | 3.446917051 |
| 2.6e-5 | 3.584835266 |
| 2.7e-5 | 3.722753482 |
| 2.8e-5 | 3.860671697 |
| 2.9e-5 | 3.998589912 |
| 3.0e-5 | 4.136508126 |

Рисунок 3.7 – Отклик цепи при в крупном масштабе; размерность



t – сек, i(t) – Ампер



Рисунок 3.8 ‑ Отклик цепи при в более мелком масштабе; размерность



t – сек, i(t) – Ампер

Поскольку данный график содержит ось времени от 0 до t1, да плюс, как мы увидели по переходной характеристике, затухание происходит очень быстро, увидеть в таком масштабе колебания нельзя. На рисунке 3.8 ось времени содержит значения от 0 и до 2\*10^-7 секунд, на этом графике хоть и слабо, но все же видно, что нарастание вначале нелинейное.

при



Результаты расчётов приведены в таблице 3.4, а кривая, построенная на основании результатов, имеет вид графика изображённого на рисунке 3.9

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица 3.4 | Расчёт отклика при |

|  |  |
| --- | --- |
| t, c | i(t), А |
| 3.e-5 | 4.136508126 |
| 3.001e-5 | 2.012978646 |
| 3.002e-5 | 0.708853559 |
| 3.004e-5 | -0.286479932 |
| 3.006e-5 | -0.316233940 |
| 3.007e-5 | -0.236089753 |
| 3.009e-5 | -0.089807225 |
| 3.010e-5 | -0.044172156 |
| 3.011e-5 | -0.015965080 |
| 3.012e-5 | -7.804401718e-4 |
| 3.015e-5 | 6.723438063e-3 |
| 3.016e-5 | 5.056128946e-3 |
| 3.017e-5 | 3.342384970e-3 |
| 3.019e-5 | 9.685895329e-4 |
| 3.020e-5 | 3.587128387e-4 |
| 3.022e-5 | -1.187888560e-4 |
| 3.024e-5 | -1.428833579e-4 |
| 3.025e-5 | -1.082465352e-4 |
| 3.026e-5 | -7.200797423e-5 |
| 3.028e-5 | -2.122389760e-5 |
| 3.029e-5 | -8.042151551e-6 |
| 3.030e-5 | -8.306802357e-7 |
|  | 0 |

Рисунок 3.9 – Отклик цепи при ; размерность t – сек, i(t) – Ампер



Таким образом, отклик на заданное воздействие имеет вид графика изображенного на рисунке 3.10



Рисунок 3.10 – Отклик цепи; размерность t – сек, i(t) ‑ Ампер

ВЫВОДЫ

В процессе выполнения курсовой работы вопросов появляется больше, чем пунктов в задании. Одними из них является семейство вопросов о размерности коэффициентов и промежуточных величин при расчете переходной характеристики, а также размерность ее производной и т.д.

В план закрепления материала, на мой взгляд, идут только первые четыре задания, поскольку с такого рода задачами мы встречались, а последние три задания представляют особую важность, их приходится не закреплять – в них приходится разбираться.

Достоинством данной курсовой работы является подбор в ней заданий, они не являются нудными и однообразными как, например, курсовые по механике, в которых все одно и тоже и в пять раз больше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В. П. Шинкаренко, П. Ф. Лебедев. Методические указания к курсовой работе по курсу « Теория электрических и магнитных цепей». ‑ Харьков: «ХГТУРЭ», 1993.
2. Т. А. Глазенко, В. А. Прянишников. Электротехника и основы электроники. – М.: «Высшая школа», 1985.
3. Г. И. Атабеков. Теоретические основы электротехники. – М.: «Энергия», 1978.
4. Н. В. Зернов, В. Г. Карпов. Теория радиотехнических цепей. – Л.: «Энергия», 1972.