**РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ ПО ОТЦ**

для потока ЭР–12

(3-й семестр)  
**1. Содержание задания**

Имеется разветвленная цепь — система связанных контуров, схема и параметры которой заданы. На вход цепи включен источник гармонического сигнала (источник напряжения или источник тока): *e*(*t*)=*E*ocos(o*t* + e) или *i*(*t*)=*I*ocos(o*t* + i) с амплитудой *E*o=1 В, *I*o=1 мА, начальной фазой e=i=0. Частота колебаний o задана.

1. Изобразите приведенную в задании схему цепи. Отметьте и пронумеруйте ее узлы и главные контуры. Укажите на схеме выбранные условно-положительные направления и нумерацию токов ветвей и контурных токов главных контуров.
2. Составьте и запишите системы уравнений цепи по методам контурных токов и узловых напряжений.
3. Изобразите эквивалентные схемы замещения каждого из пассивных двухполюсников, входящих в состав цепи, считая их состоящими из последовательного соединения резистивного и реактивного элементов. Рассчитайте номинальные значения параметров этих элементов.
4. Используя результаты пп. 2 и 3, рассчитайте комплексные амплитуды токов и напряжений каждой из ветвей заданной цепи. Проверьте выполнение первого закона Кирхгофа для каждого из узлов цепи и второго закона Кирхгофа для всех главных контуров цепи. Приведите письменные комментарии по результатам расчета.
5. Постройте в масштабе векторные диаграммы токов для двух узлов цепи (первый узел – место соединения ветвей Z2 и Z5, второй узел – место соединения ветвей Z3, Z4 и Z5) и напряжений для двух контуров (первый контур – ветви Z2-Z4-Z5 , второй контур - ветви Z3-Z4-Z6). При помощи диаграмм проиллюстрируйте выполнение I и II законов Кирхгофа. Дайте письменные комментарии.
6. Рассчитайте комплексные мощности электромагнитного процесса на каждом из двухполюсников, входящих в состав цепи, и проверьте выполнение баланса активных и реактивных мощностей. Дайте по этому поводу письменные комментарии.
7. Рассчитайте и постройте в масштабе амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики цепи для указанного выхода. При расчете считайте сопротивление Z7 бесконечно большим (обрыв ветви), а сопротивление Z8 — бесконечно малым (короткое замыкание ветви). Расчет проведите для двух значений сопротивления связи: для заданного значения Z4 и для 2Z4. Дайте письменные комментарии к результатам расчета.
8. Изобразите принципиальную электрическую схему цепи с учетом упрощений, введенных в пункте 7, и с указанием типов элементов и номинальных значений их параметров. Рассчитайте обобщенные параметры каждого из двух колебательных контуров полученной упрощенной цепи (резонансную частоту, добротность, полосу пропускания, резонансное сопротивление) и коэффициент связи контуров. Сделайте выводы по результатам расчета.

Схема 1.

Z7

Z1

## E

Z2

Z5

Z4

Z3

Z6

Z6

Z1

## E

Z2

Z5

Z4

Z3

Z8

Z7

Схема 2.

Z5

I

Z7

Z1

Z2

Z4

Z3

Z6

Схема 3.

I

Z1

Z7

Z2

Z4

Z5

Z3

Z6

Схема 4.

Таблица заданий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер по журналу | o, | Z1 | Z2=Z6 | Z3=Z5 | Z4 | Z7 | Z8 | Схема |
| с-1 | кОм | Ом | Ом | Ом | МОм | Ом | Выход |
| 1 | 2.1.106 | 700 | 3+j600 | 2‑j600 | ‑j5 | ‑j0.6 | — | 1, U3 |
| 2 | 3.1.106 | 800 | 3+j900 | 4‑j900 | ‑j10 | 0.004 | -j2 | 2, U3 |
| 3 | 4.1.106 | 18 | 5‑j1200 | 4+j1200 | j14 | 0.002 | — | 3, U3 |
| 4 | 5.1.106 | 0.003 | 5‑j2000 | 6+j2000 | j25 | -j0.6 | — | 4, U3 |
| 5 | 6.1.106 | 750 | 8+j1800 | 7‑j1800 | -j20 | -j0.8 | — | 1, I3 |
| 6 | 2.2.106 | 650 | 3+j800 | 5‑j800 | ‑j10 | 0.005 | -j3 | 2, I6 |
| 7 | 3.2.106 | 15 | 4‑j1200 | 3+j1200 | j15 | 0.003 | — | 3, I3 |
| 8 | 4.2.106 | 0.005 | 4‑j1600 | 5+j1600 | j18 | -j0.8 | — | 4, I3 |
| 9 | 5.2.106 | 800 | 7+j1500 | 6‑j1500 | -j15 | -j0.9 | — | 1, U6 |
| 10 | 6.2.106 | 750 | 8+j2400 | 9-j2400 | -j20 | 0.003 | -j3 | 2, U6 |
| 11 | 2.3.106 | 0.15 | 4‑j1000 | 5+j1000 | j12 | 0.004 | — | 3, U6 |
| 12 | 3.3.106 | .003 | 3‑j1500 | 2+j1500 | j13 | -j0.8 | — | 4, U6 |
| 13 | 4.3.106 | 750 | 5+j1200 | 6‑j1200 | -j14 | -j0.9 | — | 1, I6 |
| 14 | 5.3.106 | 800 | 7+j2000 | 6‑j2000 | -j15 | 0.008 | -j4 | 2, I3 |
| 15 | 6.3.106 | 8 | 10-j3000 | 11+j3000 | J25 | 0.005 | — | 3, I6 |
| 16 | 2.4.106 | 0.005 | 4‑j1400 | 5+j1400 | j12 | -j0.7 | — | 4, I6 |
| 17 | 3.4.106 | 700 | 7+j2000 | 8-j2000 | -j13 | -j0.8 | — | 1, U6 |
| 18 | 4.4.106 | 750 | 9+j3000 | 8-j3000 | -j28 | 0.005 | -j2 | 2, I6 |
| 19 | 5.4.106 | 2 | 8-j2000 | 6+j2000 | j23 | 0.004 | — | 3, I3 |
| 20 | 6.4.106 | .003 | 7‑j2000 | 9+j2000 | j14 | -j0.8 | — | 4, I3 |
| 21 | 2.5.106 | 700 | 8+j2200 | 7-j2200 | -j15 | -j0.9 | - | 1, I6 |
| 22 | 3.5.106 | 800 | 10+j3000 | 9-j3000 | -j25 | 0.004 | -j3 | 2, I6 |
| 23 | 4.5.106 | -j0.15 | 9-j2500 | 10+j2500 | j28 | 0.005 | - | 3, U3 |
| 24 | 5.5.106 | 0.003 | 7-j1900 | 6+j1900 | j13 | -j0.8 | - | 4, I3 |
| 25 | 6.5.106 | 0.003 | 4+j2100 | 5-j2100 | j14 | -j0.9 | - | 4, U6 |
| 26 | 2.6.106 | 0.4 | 5‑j1000 | 4+j1000 | j10 | 0.004 | — | 3, U6 |
| 27 | 3.6.106 | 0.005 | 2‑j1500 | 3+j1500 | j12 | -j0.9 | — | 4, U6 |
| 28 | 4.6.106 | 800 | 6+j1200 | 5‑j1200 | -j13 | -j0.9 | — | 1, I6 |
| 29 | 5.6.106 | 700 | 7+j2000 | 5‑j2000 | -j18 | 0.008 | -j4 | 2, I3 |
| 30 | 6.6.106 | 3 | 11-j3000 | 10+j3000 | j28 | 0.005 | — | 3, I6 |

Значения комплексных сопротивлений приведены для частоты o.

### II. Методические указания

1. Изобразите схему исследуемой цепи. На схеме укажите обозначения всех двухполюсников (*Zn*) цепи и выбранные условно-положительные направления токов всех ее ветвей. Пронумеруйте узлы цепи. При нумерации токов ветвей ориентируйтесь на номер включенного в данную ветвь элемента. Отметьте и пронумеруйте главные контуры цепи и укажите направления обхода каждого из них. Приведите таблицу с заданными для вашего варианта значениями параметров цепи и входного воздействия.
2. Составьте и запишите системы уравнений цепи по методу контурных токов (МКТ) и методу узловых напряжений (МУН). Считайте при этом формально токи и напряжения ветвей цепи постоянными, а двухполюсники Zn – резистивными.
3. Используя алгебраическую форму записи комплексных сопротивлений двухполюсников цепи, найдите последовательные эквивалентные схемы замещения каждого из двухполюсников. По заданным значениям комплексных сопротивлений на частоте o определите параметры этих эквивалентных схем (*R,L,C*).
4. Используя результаты п.2, запишите системы уравнений цепи по МКТ и МУН для гармонического воздействия в комплексной форме. Проведите расчет комплексных амплитуд токов и напряжений ветвей цепи одним из изученных методов анализа сложных цепей (МКТ или МУН) на заданной частоте o. Результаты расчета представьте в алгебраической и экспоненциальной форме записи комплексных чисел и сведите в таблицу. Приведите числовые выражения, показывающие выполнение законов Кирхгофа для найденных значений токов и напряжений.
5. Постройте векторные диаграммы токов и напряжений в соответствии с заданием, изображая складываемые векторы в виде непрерывной цепочки: последующий вектор выходит из конца предыдущего. При построении диаграмм используйте одинаковые масштабы по осям абсцисс и ординат. Сделайте на основании полученных диаграмм выводы о соответствии результатов расчета законам Кирхгофа.
6. Используя результаты п.4, рассчитайте комплексные мощности электромагнитного процесса на каждом из двухполюсников цепи, включая источник. Запишите условие баланса мощностей в схеме в общем виде и для полученных числовых значений, представив эти комплексные значения в алгебраической форме записи. Сделайте вывод о том, на что расходуется мощность источника питания в данной схеме.
7. Используя методы эквивалентных преобразований, получите выражение для комплексного коэффициента передачи упрощенной цепи в виде дробно-рациональной функции. Запишите выражения для модуля и фазы коэффициента передачи как функций частоты. Проведите расчет значений модуля и фазы коэффициента передачи цепи в полосе частот от o—0.05 до +0.05 для двух значений сопротивления Z4. Постройте амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики цепи в указанной полосе частот не менее чем по 15 рассчитанным точкам. Для сравнения между собой характеристик, рассчитанных для разных значений сопротивления связи Z4, постройте их на одних и тех же рисунках (на одном рисунке – две АЧХ, на другом – две ФЧХ). Сделайте выводы об избирательных свойствах цепи.
8. Используя найденные в п.3 последовательные схемы замещения двухполюсников цепи, изобразите принципиальную электрическую схему цепи с учетом упрощений, введенных в п.7 задания, и с указанием типов элементов и номинальных значений их параметров. По обычным правилам рассчитайте обобщенные параметры каждого из отдельно взятых колебательных контуров системы (резонансную частоту, добротность, полосу пропускания, резонансное сопротивление) и коэффициент связи контуров. Сделайте выводы по полученным результатам.

***Расчетные задания, выполненные с отклонением от указанных требований, не проверку не принимаются и не оцениваются.***

**III. ГРАФИК СДАЧИ НА ПРОВЕРКУ ПУНКТОВ РАСЧЕТНОГО ЗАДАНИЯ**

**6 неделя** – пп.1, 2; **10 неделя** – пп.3, 4, 5; **12 неделя** – пп.6, 7; **14 неделя** – п.8

# ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков С.И. Лекции по теории цепей. 2005.

2. Гречихин В.А. Руководство к решению задач анализа линейных цепей с сосредоточенными параметрами. М., Изд-во МЭИ. 2002.

3. Гречихин В.А., Шалимова Е.В. Основы теории цепей: Методические указания к использованию программного пакета MATHCAD при решении задач анализа цепей по курсу «Основы теории цепей».- М.: Издательство МЭИ, 2002. – 48с.