# Задача № 2.2

К генератору переменного тока с фиксированным напряжением U подключена цепь, состоящая из последовательно соединенных катушки c активным сопротивлением R и индуктивностью L, а также конденсатора с емкостью С.

Параметры цепи приведены в табл. 2.2. Частота генератора ω = 2πf может изменяться в широких пределах, так что при частоте f0 наступает режим резонанса напряжения.

Таблица 2.2

# Задание к задаче № 2.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры  |  | Пример  |
| 4  |  |
| U, B  | 110  | 140  |
| R, Ом  | 13  | 10  |
|  | 0 |  |
| L, мГн  | 80  | 40 |
| С, мкФ  | 20  | 35  |

При изменении частоты питающего генератора в пределах 0 < f0 < 2f0 рассчитать и построить:

* частотные характеристики элементов цепи R(f), XL(f), XC(f) и всей цепи в целом Z(f);
* зависимости I(f), UR(f), UL(f), UC(f), представив их анализ от рода нагрузки;
* фaзочастотную характеристику – зависимость сдвига фаз между напря-жением U на клеммах генератора и током I в цепи от частоты f генератора;
* рассчитать коэффициент усиления напряжения К, добротность Θ, волновое сопротивление цепи ρ;
* параметры схемы для построения векторной диаграммы.

Для электрической схемы, соответствующей номеру варианта и изображенной на рис. 2.2, выполнить следующие этапы расчета.

1. Зарисовать схему (рис. 2.2, а).



Рис. 2.2. Схема (а) и характеристики (б, в, г) к задаче № 2.2

1. Записать задание, соответствующее варианту (табл. 2.2).
2. Определить (рассчитать) значения всех параметров в системе СИ.
3. Оценить, какой резонанс наблюдается в исследуемой цепи? Резонанс напряжений.
4. Значение частоты f0 резонанса напряжений:

XC0 = 1/ω0C = ХL0 = ω0L; f0 = ω0/2π = 1/[2π(CL)0,5]; f0 = 134,58 Гц.

1. Значение реактивного индуктивного сопротивления ХL0(f0) при резонансе:

ХL0 = ω0L; ХL0(f0) = 33,81 Ом.

1. Значение реактивного емкостного сопротивления ХС0(f0) при резонансе:

XC0 = 1/ω0C; ХС0(f0) = 33,81 Ом.

1. Модуль полного комплексного сопротивления цепи при резонансе:

Z(f0) = [R2 + (ХL0 – XC0)2]0,5; Z(f0) = 10 Ом.

1. Модуль тока İ при резонансе:

I(f0) = U/Z(f0); I(f0) = 14 А.

1. Модуль напряжения на индуктивности в режиме резонанса:

UL(f0) = I(f0)XL(f0); UL(f0) = 472,29 В.

1. Модуль напряжения на конденсаторе:

UС(f0) = I(f0)XС(f0); UС(f0) = 472,29 В.

1. Коэффициент усиления напряжения К:

К = UL/U = UС/U; К = 3,38.

1. Величина добротности: Θ = XL/R = XLIрез/RIрез = К; Θ = 3,38.
2. Построить (табличным способом или в программе Excel) частотные характеристики элементов цепи R(f), XL(f), XC(f) и всей цепи в целом Z(f) в диапазоне частот 0 < f < 2f0 (рис. 2,2, б).
3. Построить зависимости I(f), UR(f), UL(f), UC(f) и провести их анализ в различных диапазонах частот (рис. 2.2, в).
4. Построить фaзочастотную характеристику – зависимость сдвига фаз между напряжением U на клеммах генератора и током I в цепи от частоты f генератора: ϕ(f) = arctg[(XL – XC)/R] (рис. 2.2, г).
5. Провести анализ полученных данных с точки зрения режима нагрузки (активно-индуктивная, активно-емкостная) при различных частотах. Объяснить, на каких частотах схема представляется активной, активно-емкостной, активно-индуктивной нагрузкой.
6. Построение векторной диаграммы токов и напряжений при различных режимах: при f < f0; f = f0; f >f0 описано в конспекте лекций и литературе.

# Задача № 2.4

Для цепи, схема которой представлена на рис. 2.4, а, заданы действующее напряжение Ůad, сопротивления R1, X1, R2, X2, R0, X0 (табл. 2.4). Начальную фазу ψUad напряжения Ůаd схемы принять равной нулю.



 а) б)

Рис. 2.4. Схема (а) и векторные диаграммы напряжения и токов (б) к задаче № 2.4

С учетом параметров схемы необходимо определить (рассчитать):

* комплексные токи İ1, İ2, İ;
* комплексное напряжение Ůbc между точками b и c схемы, комплексное напряжение на входе Ůае;
* параметры схемы для построения векторной диаграммы напряжений и токов для исследуемой цепи.

Таблица 2.4.

# Задание к задаче № 2.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры  |  | Пример  |
| 4  |  |
| Uad, B  | 220  | 127  |
| R1, Ом  | 9  | 5  |
| X1, Ом  | 8  | 8  |
|  | 0 |
| R2, Ом  | 30  | 20 |
| X2, Ом  | 45  | 35  |
| R0, Ом  | 2  | 1  |
| X0, Ом  | 3  | 1  |

Для электрической схемы, соответствующей номеру варианта, выполнить следующие этапы расчета.

1. Зарисовать схему и записать задание, соответствующее номеру варианта (рис. 2.4, а; табл. 2.4).
2. Определить (рассчитать) параметры схемы.
3. Комплексные сопротивления резистивных элементов цепи в алгебраической форме:

Z(R) = R + j0; Z(R0) = 1 + j0 Ом; Z(R1) = 5 + j0 Ом; Z(R2) = 20 + j0 Ом.

1. Комплексные сопротивления индуктивных элементов цепи в алгебраической форме:

Z(L) = 0 + jXL; Z(Х0) = 0 + j1 Ом; Z(Х1) = 0 + j8 Ом.

1. Комплексные сопротивления емкостных элементов цепи в алгебраической форме:

Z(C) = 0 – jXC; Z(Х2) = 0 – j35 Ом.

1. Комплексные сопротивления участков цепи в алгебраической форме: Zjk = Zj + Zk; Zabd = Z11 = 5 + j8 Ом; Zacd = Z22 = 20 – j35 Ом; Zde = Z00 = 1 + j1 Ом.
2. Комплексное сопротивление участка цепи между точками ad в показательной и алгебраической формах:

Zad = (Z11Z22)/(Z11 + Z22); Zad = 10,3e j45 = 7,31 + j7,30 Ом.

1. Комплексное сопротивление всей цепи между точками ae в показательной и алгебраической формах:

Zaе = Zad + Z00; Zaе = 11,75e j44,95 = 8,315 + j8,3 Ом.

1. Комплекс действующего тока İ1 в ветви на участке ad:

İ1 = Ůad/Z11; İ1 = 13,5e–j58 = 7,135 – j11,42 A.

1. Комплекс действующего тока İ2 в ветви на участке ad:

İ2 = Ůad/Z22; İ2 = 3,2e j60,3 = 1,56 + j2,73 A.

1. Комплекс действующего значения тока İ (комплексный ток) на участке ad c учетом ψUad = 0: İ = İ1 + İ2; İ = 12,29e–j44,95 = 8,698 – j8,680 A.
2. Комплекс действующего значения напряжения Ůае, приложенного к входу цепи ае: Ůае = İZae; Ůае = 144e–j0,07 = 144,4 + j0,0176 B.
3. Комплексное напряжение Ů1 на резисторе R1:

Ů1 = İ1R1; Ů1 = 67,31e–j57,99 = 35,67 – j57,08 B.

1. Комплексное напряжение Ů2 на резисторе R2:

Ů2 = İ2R2; Ů2 = 63,01e j60 = 31,26 + j54,71 B.

1. Комплексное напряжение Ůbc между точками b и c схемы:

Ůbc = İ2R2 – İ1R1; Ůbc = –4,42 + j111,77 = 111,9e j92,28 В.

16 Для построения векторной диаграммы необходимо рассчитать параметры ряда векторов.

1. Комплексное напряжение ŮX1 на X1:

ŮX1 = İ1Z(Х1); ŮX1 = 91,33 + j57,1 = 107,7e j32 В.

1. Комплексное напряжение ŮX2 на X2:

ŮX2 = İ2Z(Х2); ŮX2 = 95,75 – j54,71 = 110,3e–j29,74 В.

1. Комплексное напряжение ŮX0 на X0:

ŮX0 = İZ(Х0); ŮX0 = 8,69 + j8,69 = 12,3e j45 В.

1. Комплексное напряжение ŮR0 на R0:

ŮR0 = İZ(R0); ŮR0 = 8,698 – j8,680 = 12,29e–j45 В.

1. Комплексное напряжение Ů00 на Z0:

Ů00 = İZ0; Ů00 = 17,38 + j0,0176 = 17,38e j0,06 В.

1. Выбираем масштабы для векторов тока, напряжения, строим векторную диаграмму с учетов результатов пунктов 9–21 (рис. 2.7, б).

# Задача № 2.6

Цепь, представленная на рис. 2.6, а, находится в режиме резонанса тока. На входе цепи действует переменное напряжение u(t), оригинал которого равен u(t) = Umsin(ωt + ψU). При этом мгновенный ток i(t) в цепи изменяется по закону: i(t) = Imsin(ωt + ψI). Параметры цепи приведены в табл. 2.6.

С учетом параметров цепи требуется определить:

* значение емкости конденсатора С;
* выражения для оригиналов токов i1(t), i2(t), напряжения u(t);



 а) б)

Рис. 2.6. Схема (а) и векторная диаграмма токов и напряжения (б) к задаче № 2.6

* мощности, потребляемые цепью в режиме резонанса;
* параметры схемы для построения векторной диаграммы токов цепи при резонансе.

Таблица 2.6

# Задание к задаче № 2.6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры  |  | Пример  |
| 4  |  |
| Im, A  | 17  | 11  |
| ψI , град  | 21  | 15  |
| R, Ом  | 3  | 9  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры  |  | Пример  |
| 0  |  |
| XL, Ом  | 12  | 2  |
| ω0, рад/с  |  | 104  |  |  |

Для электрической схемы, соответствующей номеру варианта, выполнить следующие этапы расчета.

1. Зарисовать схему и записать задание, соответствующее номеру варианта (рис. 2.6, а; табл. 2.5).
2. Определить (рассчитать) параметры схемы.
3. Оригинал тока i(t), в соответствии с заданием варианта:

i(t) = 11sin(104t + 15°) А.

1. Выражение для комплекса действующего значения тока İ (комплексного тока), соответствующего оригиналу в алгебраической и показательной формах: İ = (11/√2)e j15 = 7,778e j15 = 7,51 + j2,01 A.
2. Поскольку в цепи выполняется режим резонанса токов, учесть, что условие резонанса токов характеризуется равенством модулей реактивных проводимостей параллельных ветвей ImYbce = ImYbde. Для этого рассчитываются следующие величины:
3. Комплексное сопротивление Z1 ветви bce:

Z1 = R + jωL; Z1 = 9 + j2 = 9,22e j12,54 Ом.

1. Комплексная проводимость Y1 ветви bce:

Y1 = 1/Z1; Y1 = 0,108e–j12,54 = 0,106 – j0,0235 Cм.

1. Модуль реактивной Y2 комплексной проводимости ветви bde:

ImY2 = ImY1; ImY2 = 0,0235 См.

1. Величина емкости С: ImY2 = 1/XC = ω0C; C = 2,353 мкФ.
2. Комплексное сопротивление Z2 ветви bde:

Z2 = 0 – jXC = – j/ω0C; Z2 = 42,5e–j90 = 0 – j42,5 Ом.

1. Комплексная проводимость Y2 ветви bde:

Y2 = 1/Z2; Y2 = 0,0235е j90 = 0 + j0,0235 Ом.

1. Полная комплексная проводимость Y цепи ae:

Y = Y1 + Y2; Y = 0,106е j0 = 0,106 + j0 Cм.

1. Комплексное напряжение Ů (комплекс действующего напряжения):

Ů = İ/Y; = 73,46е j15 = 70,96 + j19,004 B.

1. Комплекс напряжения Ům (комплексная амплитуда):

Ům = Ů√2; Ů = 103,89е j15 = 100,4 + j26,875 B.

1. Оригинал u(t): u(t) = 103,89sin(104t + 15°) B.
2. Комплексный ток İ1: İ1 = Ů/Z1; İ1 = 7,97е j2,46 = 7,96 + j0,3425 А.
3. Комплекс İ1m: İ1m = İ1√2; İ1m = 11,27е j2,46A.
4. Оригинал i1(t): i1(t) = 11,27sin(104t + 2,46°) A.
5. Комплексный ток İ2: İ2 = Ů/Z2; İ2 = 1,723е j105,1 = –0,449 + j1,669 А.
6. Комплекс İ2m: İ2m = İ2√2; İ2m = 2,4е j105 A.
7. Оригинал i2(t): i2(t) = 2,44sin(104t + 105,1°) A.
8. Активная мощность при резонансе c учетом ϕ = 0:

P = UIcosϕ; P = 7,8 ⋅ 73,5 = 571,39 Вт.

1. Реактивная мощность при резонансе c учетом ϕ = 0:

Q = UIsinϕ; Q = 0 ВАр.

1. Полная мощность при резонансе: S = (P2 + Q2)0,5; S = 571,39 ВА.
2. Рисуем векторные диаграммы токов и напряжений для цепи при резонансе (рис. 2.6, б).

# Задача № 2.11

Параметры схемы трехфазной цепи переменного тока, представленной на рис. 2.14, а, приведены в табл. 2.11. Приемники соединены треугольником (генератор не указан). Заданы: напряжение U, активные ri, реактивные xiL или xiC (индекс "L" – индуктивное, индекс "С" – емкостное) сопротивления фаз ab, bc, cа приемника.



 а) б)

Рис. 2.14. Схема (а) и векторные диаграммы токов и напряжений (б) к задаче № 2.11

Таблица 2.11

# Задание к задаче № 2.11

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры  |  | Пример  |
| 4  |  |
| Uл, В  | 220  | 220  |
| rab, Ом  | 10  | 4  |
| rbc, Ом  | 11  | 5  |
| rca, Ом  | 9  | 3  |
|   |
| 0  |  |
| xabL, Ом  | 4,0  | 3,0  |
| xbcL, Ом  | 10  | 0  |
| xcaC, Ом  | 14  | 4  |

С учетом параметров цепи требуется определить:

* комплексы действующих фазных напряжений;
* комплексные сопротивления фаз приемника;
* комплексные фазные и линейные токи;
* потребляемую активную мощность, используя показания ваттметров;
* параметры цепи для построения векторной диаграммы токов и напряжений.

Примечание: если в тексте не говорится, о каком напряжении U идет речь, то однозначно понимается, что имеется в виду линейное напряжение, т. е.

U = Uл.

Для электрической схемы, соответствующей номеру варианта, выполнить следующие этапы расчета.

1. Зарисовать схему и записать задание, соответствующее номеру варианта (рис. 2.14, а; табл. 2.11).
2. В соответствии со схемой предполагается: при несимметричной нагрузке каждую фазу схемы можно рассматривать независимо от других фаз. Условно принимаем, что вектор Ůbc направлен по оси действительных величин (рис. 2.14, б), т. е. полагается, что начальная фаза фазного напряжения Ůbс равна нулю.
3. Определить (рассчитать) следующие параметры.

4.Комплекс действующего фазного напряжения Ůbс: Ůbс = Ue j0.

1. Комплекс действующего фазного напряжения Ůab:

Ůab = 220e j120 = –110 + j190,6 B.

1. Комплекс действующего фазного напряжения Ůca:

Ůca = 220e–j120 = –110 – j190,6 B.

1. Комплексное сопротивление Zab фазы приемника:

Zab = rab + jxab; Zab = 4 + j3 = 5е j36,9 Ом.

1. Комплексное сопротивление Zbс фазы приемника:

Zbc = rbc + jxbc; Zbc = 5 + j0 = 5е j0 Ом.

1. Комплексное сопротивление Zca фазы приемника:

Zca = rca + jxca; Zca = 3 – j4 = 5е–j53,1 Ом.

1. Комплексный фазный ток İab:

İab = Ůab/Zab; İab = 44e j83,1 = 5,26 + j43,7 A.

1. Комплексный фазный ток İbc:

İbc = Ůbc/Zbc; İbc = 44e j0 = 44 + j0 A.

1. Комплексный фазный ток İca:

İca = Ůca/Zca; İca = 44e–j66,9 = 17,3 – j40,5 A.

1. Линейный ток İА по первому закону Кирхгофа:

İА = İab – İca; İА = –12,1 + j84,1 = 85e j98,2 A.

1. Линейный ток İB по первому закону Кирхгофа:

İB = İbc – İab; İB = 38,8 – j43 = 58,4e–j48,4 A.

1. Линейный ток İC по первому закону Кирхгофа:

İC = İca – İbc; İC = –26,67 – j40,44 = 48,45е–j123,43 A.

1. Комплекс мощности S1:

S1 = ŮABIA∗ ; S1 = 220e+j12085e–j98,2 = 18 700e j21,9 = 17 355 + j6 965 ВА.

1. Показание ваттметра W1 – активная мощность Р1:

Р1 = ReS1; Р1 = 17 355 Вт.

1. Комплекс мощности S2:

S2 = ŮcbI = –ŮbcIC∗ ; S2 = 220е j18048,45е+j123,43 = 10 667е j303 = 5 877 – j8 901 ВА.

1. Показание ваттметра W2 – активная мощность Р2:

Р2 = ReS2; Р2 = 5 877 Вт.

1. Активная мощность Р, потребляемая источником:

Р = Р1 + Р2; Р = 23 232 Вт.

Построение векторной топографической диаграммы. Векторная топографическая диаграмма строится для всех фаз (рис. 2.14, б). Выбираем направления осей +1 и +j. Учтем, что Ůbс = 220e j0 = 220 + j0 B. Поэтому вектор фазного напряжения приемника Ůbс (в выбранном масштабе) направлен по оси +1. К его концу достраивается вектор Ůаb (с учетом его величины и угла) и т. д. Треугольники векторов токов строятся в вершинах соответствующих точек a, b, c.

# Задача 4.1

В электрической схеме, представленной на рис. 4.1, а, происходит переключение ключа SA в положение 1. Через промежуток времени не менее (5…6)τ (τ – постоянная времени), происходит переключение ключа в положение 2. Параметры элементов цепи имеют значения, представленные в табл. 4.1.



Рис. 4.1. Схемы для анализа переходного процесса в цепи

Таблица 4.1

# Задание к задаче № 4.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры  |  |  | Пример  |
| 4  |
|  | Параметры цепи  |  |
| L, мГн  | 1  | 1  |
| R, Ом  | 5  | 2  |
|   |  |
| 0  |
| Е, В  | 70  | 50  |
| R1, Ом  | 8  | 5  |

С учетом параметров схемы необходимо:

* оценить качественно и количественно изменение параметров цепи, в том числе, оценить характеристику изменения тока i(t) после коммутации (переключения) ключа SA в положение 1 и тока i1(t) после переключения ключа SA в положение 2;
* найти характеристику изменения тока i(t) после замыкания ключа SA классическим методам;
* построить зависимости токов i(t) и i1(t), напряжения u(t) и u1(t) на катушке от времени.

Рекомендуется использовать программы "Excel", "Mathcad", "Matlab" для решения уравнений и построения графиков и временных диаграмм.

Для электрической схемы, соответствующей номеру варианта и изображенной на рис. 4.1, выполнить следующие этапы расчета.

1. Зарисовать схему и записать задание, соответствующее номеру варианта (рис. 4.1, а; табл. 4.1).
2. I. Качественный анализ переходного процесса (ключ в положение 1).
3. Этапы качественного анализа переходного процесса.
4. Зададим положительные направления токов в ветвях докоммутационной схемы (рис. 4.1, б).
5. Расчет токов и напряжений до коммутации при t = 0–.
6. Расчет токов и напряжений до коммутации при t = 0– может быть проведен с учетом докоммутационной схемы, приведенной на рис. 4.1, б.
7. Определяем ток iL(0–) через индуктивность до коммутации:

iL(0–) = 0 A.

1. Определяем напряжение uL(0–) на индуктивности, учитывая, что сопротивление идеальной катушки равно нулю: uL(0–) = 0 В.
2. Расчет токов и напряжений в момент коммутации при t = 0+.
3. Расчет токов и напряжений в момент коммутации при t = 0+ может быть проведен с учетом коммутационной схемы, приведенной на рис. 4.1, в.
4. Определяем ток iL(0+), учитывая, что ток через индуктивность iL(0+), равный до коммутации величине iL(0–), скачком не изменяется (I закон коммутации):

iL(0+) = iL(0–); iL(0+) = 0 A.

1. Запишем уравнение II закона Кирхгофа для контура acdba (рис 4.1, в):

 UL(0+) + iL(0+)R = E. (1)

1. Определяем UL(0+) из (1): UL(0+) = E – iL(0+)R; UL(0+) = 50 – 0⋅2 = 50 В.
2. Расчет токов и напряжений в установившемся режиме при t = ∞

(t > 5τ).

1. Расчет токов и напряжений в момент коммутации при t = ∞ может быть проведен с учетом схемы, приведенной на рис. 4.1, г.
2. Определяем ток iуст = i(∞), учитывая, что после окончания переходного процесса ток i достигает значения i = i(∞).

iуст = i (∞) = E/R; iуст = i (∞) = 50/2 = 25 A.

1. Определяем напряжение uL(∞) на индуктивности, учитывая, что сопротивление идеальной катушки равно нулю: uL(∞) = 0.
2. Строим качественные (примерные) графики переходного процесса

(рис. 4.2, а, б).

1. Точки А соответствуют значениям переменных в момент коммутации t = 0+. Значения переменных рассчитаны в пп. 5–13.
2. Точки В соответствуют значениям переменных в момент окончания переходного процесса при t > 5τ. Значения переменных рассчитаны в пп. 16–17.
3. Определение закона изменения тока и напряжения.
4. При включении электрической цепи с R и L под постоянное напряжение переходной процесс описывается дифференциальным уравнением, получаемым из уравнения II закона Кирхгофа:

 Ri(t) + Ldi/dt = E. (2)

1. Для определения закона изменения тока i следует учитывать, что после коммутации:

 i(t) = iпр + iсв, (3) где iсв – свободная; iпр – принужденная составляющие переходного тока.

1. С учетом (1) и (2) выражение для свободной составляющей тока переходного процесса имеет вид:

 iсв = Aept = Ae–t/τ, (4) где А – постоянная; р – корень характеристического уравнения; τ – постоянная времени, τ = L/R.

1. Классический метод составления и расчета характеристического уравнения.
2. Составление характеристического уравнения с помощью метода определения выражения для входного сопротивления цепи Z(jω) на переменном токе (электротехнический способ расчета).
3. Формально представляется, что в цепи (рис. 4.1, д) действует переменная ЭДС частотой ω.
4. Составляется уравнение для расчета входного сопротивления Z(jω) по переменному току между точками a и b в послекоммутационной схеме (рис. 4.1, д). В соответствии с начальным этапом метода расчета, мысленно устраним из цепи источник ЭДС (рис. 4.1, д).
5. Запишем уравнение для полного входного сопротивления Z(jω) цепи между точками a и b:

 Z(jω) = jωL + R. (5)

1. В уравнении (5) производим формальную замену p = jω:

 Z(р) = рL + R. (6)

1. Приравниваем к нулю Z(р) = 0:

 Z(р) = рL + R = 0. (7)

1. Характеристическое уравнение, единственный корень которого определяет решение (4), имеет вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  R + Lp = 0. 33. Выражаем корень характеристического уравнения  | (8)  |
|  р = –R/L.  | (9)  |

1. Находим значение p из (9): р = –R/L; р = –2 000 с–1.
2. Находим значение постоянной времени: τ = L/R; τ = 0,5 мс.
3. Определяем величину принужденной составляющей тока iпр, учитывая, что после окончания переходного процесса ток достигает максимальной величины

 iпр = i (∞) = E/R. (10)

1. Определение значения постоянной A c учетом законов коммутации.
2. С учетом соотношений (3), (20) имеем:

 i(t) = E/R + Ae–t/τ. (11)

1. Определим значение постоянной А с учетом начальных условий при t = 0: i(0) = E/R + Ae–0/τ = i1L(0+) = 0 A, следовательно, А = –Е/R, А.
2. Записываем выражение для изменения тока i(t) из (3):

 i(t) = (E/R) (1 – e–t/τ), А. (12)

1. Записываем выражение для тока i(t) в соответствии с параметрами варианта:

 i(t) = 25 (1 – e–t/0,0005), А. (13)

1. Определим напряжение переходного процесса на индуктивности L, уравновешивающее ЭДС самоиндукции из соотношения:

uL(t) = uL(t)св + uL(t)пр; uL(t)пр = uL(∞) = 0;

 uLсв(t) = Ldiсв/dt = (LE/R)d(1 – e–t/τ)/dt = (LE/Rτ) e–t/τ = E e–t/τ, B. (14)

1. Записываем выражение для напряжения uL(t) в соответствии с параметрами варианта:

 uL(t) = 50 e–t/0,0005, B. (15)

1. Качественный график зависимостей i(t) и uL(t) и uR приведен на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Качественные зависимости токов и напряжений в цепи при переходном процессе при RL-цепи

1. Зависимость i(t) (рис. 4.3), описываемая выражением (13), строится на интервале времени 0…5τ.
2. Зависимость uL(t) (рис. 4.3), описываемая выражением (15), строится на интервале времени 0…5τ.
3. Из рисунков видно, что переходной процесс завершается установлением равновесных значений тока и напряжения за время не более 5τ.



Рис. 4.3. Расчетные зависимости тока i(t) и напряжения на индуктивности u(t) в процессе переходного процесса при RL-цепи

1. II. Анализ переходного процесса (ключ в положении 2).
2. Этапы анализа переходного процесса.
3. При коротком замыкании RL-цепи, первоначально присоединенной к источнику питания, переключатель SA устанавливается в положение 2 (рис. 4.1, е). В цепи происходит переходной процесс, обусловленный запасом энергии в магнитном поле катушки с индуктивностью L. Переходный процесс характеризуется током i1(t), описываемый выражением, аналогичным (2):

 (R + R1)i1(t) + Ldi1/dt = 0; (16) i1(t) = i1пр + i1св, (17) где i1св – свободная; i1пр – принужденная составляющие переходного тока.

Поскольку характеристическое уравнение имеет один вещественный корень, то свободная составляющая тока i определяется соотношением типа:

 i1св = Ae1 p t1 = A1e–t/τ1, (18) где р1 = –(R1 + R)/L; τ1 = L/(R1 + R).

1. Находим значение p1 из (18): р1 = (R1 + R)/L; р1 = – 7 000 с–1.
2. Находим значение постоянной времени τ1:

τ1 = L/R; τ1 = 0,143 мс.

52. Определяем величину принужденной составляющей тока i1пр, учитывая, что после окончания переходного процесса ток достигает нулевого значения: i1пр = i (∞) = 0.

1. Определение значения постоянной A1 c учетом законов коммутации.
2. С учетом соотношений (17) имеем:

 i1(t) = A1e–t/τ1. (19)

1. Определим значение постоянной А с учетом начальных условий при

"новом" значении t = 0: i1(0) = + Ae–0/τ1 = i1L(0+) = E/R. Следовательно, А = Е/R, А.

1. Записываем выражение для изменения тока i1(t) из (18):

 i1(t) = (E/R) e–t/τ1, А. (20)

1. Записываем выражение для тока i1(t) в соответствии с параметрами варианта:

 i1(t) = 25e–t/0,000143, А. (21)

1. Определим напряжение переходного процесса на индуктивности L, уравновешивающее ЭДС самоиндукции из соотношений:

uL1(t) = uL1 св (t) + uL1 пр (t); uL1 пр (t) = uL1(∞) = 0;

 uL1 св (t) = Ldi1/dt = (LE/R)d(e–t/τ1)/dt = –LE/Rτ e–t/τ = –E e–t/τ1, B. (22)

1. Записываем выражение для напряжения uL1(t) в соответствии с параметрами варианта:

 uL1(t) = –50 e–t/0,000143, B. (23)

1. Зависимость i1(t) (рис. 4.3, а), описываемая выражением (21), строится на интервале времени 0…5τ1.
2. Зависимость uL(t) (рис. 4.3, б), описываемая выражением (23), строится на интервале времени 0…5τ1.