**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА.**

**Задание 1.** По параметрам из таблицы 1 рассчитать и записать аналитическое выражение (мгновенное значение) напряжения синусоидального сигнала (амплитуду, угловую частоту, период). Собрать схему эксперимента в Multisim, зафиксировать показания вольтметра, осциллографа, частотомера (*VRMS*, *Vpeak, Т*,(мс), *f*( Гц), *Ψe* (°)).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | | *Em* , В | | | Частота  *f*, Гц  *f=1/Т* | Период  *Т*, мс  *Т=1/f* | | Угловая частота  *ω* , рад/с  *ω=2**f* | Начальная фаза  *Ψe* , ° | Мгновенное, комплексное значения напряжения, временная и векторная диаграмма, графическое изображение элемента. |
| Действующие значения (RMS -  root-mean-square)  *VRMS=* | Амплитудные значения,  *Vpeak=* *VRMS* | Двойные амплитудные значения, размах (peak to peak)  *Vp-p*, В *Vp-p=2Vp* |
| 1 | | 1 |  |  | 50 |  | |  | 45° |  |
| 2 | | 1,41 |  |  | 60 |  | |  | 60° |  |
| 3 | | 28,2 |  |  | 400 |  | |  | 30° |  |
| 4 | | 14,1 |  |  | 1000 |  | |  | 90° |  |
| 5 | | 42.3 |  |  | 100 |  | |  | 120° |  |
| 6 | | 2,82 |  |  | 150 |  | |  | 150° |  |
| 7 | | 14,1 |  |  | 300 |  | |  | 180° |  |
| 8 | | 2,82 |  |  | 120 |  | |  | 210° |  |
| 9 | | 4,23 |  |  | 180 |  | |  | 240° |  |
| 10 | | 4,23 |  |  | 360 |  | |  | 270° |  |
| 11 | | 1,41 |  |  | 800 |  | |  | 300° |  |
| 12 | | 42,3 |  |  | 2400 |  | |  | 330° |  |
| 13 | | 14,1 |  |  | 1200 |  | |  | 360° |  |
| 14 | | 1,41 |  |  | 2000 |  | |  | 225° |  |
| 15 | | 42,3 |  |  | 50 |  | |  | -45° |  |
| 16 | | 14,1 |  |  | 60 |  | |  | -60° |  |
| 17 | | 28,2 |  |  | 400 |  | |  | -30° |  |
| 18 | | 14,1 |  |  | 1000 |  | |  | -90° |  |
| 19 | | 42,3 |  |  | 100 |  | |  | -120° |  |
| 20 | | 28,2 |  |  | 150 |  | |  | -150° |  |
| 21 | | 42,3 |  |  | 300 |  | |  | -180° |  |
| 22 | | 28,2 |  |  | 120 |  | |  | -210° |  |
| 23 | | 1,41 |  |  | 180 |  | |  | -240° |  |
| 24 | | 28,2 |  |  | 360 |  | |  | -270° |  |
| 25 | | 42,3 |  |  | 800 |  | |  | -300° |  |
| *Пример решения 1 задания*  *Амплитудные значения Vpeak= VRMS =Um =1,41\*1=1.41 В*  *Двойные амплитудные значения Vp-p=2\*Vp=2\*1,41=2,82 В*  *Период Т=1/f= 1/ 50=0,02 с*  *Угловая частота ω=2f=6,28\*50=344 рад /с*  *Мгновенное напряжение u(t) = Um sin (ωt +ψe ); U(t)=1,41sin(344t+45);*  *Комплексное действующее значение напряжения*  *U(t)=1,41sin(344t+45) = > U= (1,41/  )\* ej45* | | | | | | Рисунок 1: Векторная диаграмма | | | |
| Рисунок 2: Временная диаграмма | | | | | | | | | |

**Задание 2.** По аналитическому выражению (мгновенное значение) напряжения синусоидального сигнала в таблице 2 рассчитать и записать действующее значение, амплитудное значение, полный размах напряжения, частоту, период, начальную фазу. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания вольтметра, осциллографа и частотомера (*VRMS*, *Vpeak, Т*,(мс), *f*( Гц), *Ψe* (°)). Изобразить мгновенное(i(t)), комплексное( J ) значения напряжения на временной и векторной диаграммах.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | | **Мгновенное значение напряжения синусоидального сигнала, В** | ***Em* , В** | | | | **Частота**  ***f*, Гц**  ***f= ω /2*** | **Период**  ***Т*, мс**  ***Т=1/f*** | **Начальная фаза *Ψe* , °** | **Графическое изображение (схема), мгновенное, комплексное значения напряжения, временная и векторная диаграмма, показания осциллографа.** | |
| **Действующие значения (RMS -**  **root-mean-square)**  **VRMS=** | **Амплитудные значения,**  ***Vpeak=* *VRMS*** | **Двойные амплитудные значения, размах**  **(peak to peak) *Vp-p*, В,**  ***Vp-p=2Vp*** | |
| **1** | | **1.41sin (3140t + 30°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **2** | | **2.82 sin (3140t - 30°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **3** | | **141sin (314t + 60°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **4** | | **282 sin (314t - 60°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **5** | | **310 sin (314t - 120°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **6** | | **310 sin (314t - 240°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **7** | | **310 sin (314t)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **8** | | **14.1sin (3140t + 45°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **9** | | **141sin (3140t - 45°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **10** | | **28.2 sin (3140t - 135°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **11** | | **282 sin (6280t - 135°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **12** | | **282 sin (6280t + 135°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **13** | | **310 sin (2512t + 120°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **14** | | **310 sin (2512t + 240°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **15** | | **310 sin (2512t + 360°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **16** | | **1.41sin (3140t + 90°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **17** | | **2.82 sin (3140t - 180°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **18** | | **220 sin (314t - 120°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **19** | | **220 sin (314t - 240°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **20** | | **220 sin (314t)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **21** | | **1.41sin (3140t - 90°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **22** | | **141sin (314t + 60°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **23** | | **282 sin (314t - 60°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **24** | | **28.2 sin (3140t - 135°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| **25** | | **282 sin (6280t + 135°)** |  |  |  | |  |  |  |  | |
| *Пример решения 2 задания*  *Мгновенное значение напряжения синусоидального сигнала U(t)=1.41sin (3140t + 30°)*  *Действующие значения VRMS==1,41/=1 В*  *Амплитудные значения Vpeak= VRMS =1,41\*1=1,41 В*  *Двойные амплитудные значения Vp-p=2Vp =1,41\*2=2,82 В*  *Частота f= ω /2 = 3140/6,28=500 Гц*  *Период* *Т=1/f=1/500=0,002 с*  *Начальная фаза Ψe =30°*  *Мгновенное значения напряжения вычисляется по формуле U(t)=1.41sin (3140t + 30°)*  *Комплексное значения напряжения U= 1e(30j)* | | | | | Рисунок 3: Векторная диаграмма | | | | |
| Рисунок 4: Временная диграмма | | | | | | | | | |

**Задание 3.** R элемент в линейной электрической цепи синусоидального тока. Используя аналитическое выражение источника ЭДС (данные из таблицы 2) собрать принципиальную электрическую схему с R элементом. Рассчитать мгновенное значение тока, напряжения, мощности, действующие комплексные значения тока, напряжения, мощности. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания осциллографа (*VRMS*, *Vpeak, Т*,(мс), *f*( Гц), *Ψe* (°), i(t), u(t), p(t)).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Схема состоит из двух последовательно соеденных резисторов и представляет собой делитель напряжения.  Мультиметр  Моделирование->Приборы->Мультиметр  Осциллограф  Моделирование->Приборы->4-х канал. Осц  Резистор  Вставить->Компонент->Basic->Resistor  Мультиплеер  Вставить->Компонент->Source->Control\_Function\_Blocks->Multiplier | Рисунок 5: Принципиальная электрическая схема для 3 задания | | | |
| Пример решения 3 задания  Входное напряжение U(t)=1.41sin (3140t + 30°);  Общее сопротивление Rобщ ~1 kОм  Внутренее сопротивление Rвн=0,01Ом  Действующее значение напряжения Uв=Um/=1 В  Максимальное значение напряжения Um =1,41 В  Частота  Период  . Начальная фаза  Мгновенное значение тока  Для резистивного сопротивления  Зависимость мощности от времени на резистивном сопротивлении | | Рисунок 6: Векторная диаграмма | |
| Рисунок 7: Моделирование в Multisim 3 задания | | | Рисунок 8: Осциллограмма напряжения, тока и мощности на резисторе | |

**Задание 4.** L элемент в линейной электрической цепи синусоидального тока. Используя аналитическое выражение источника ЭДС (данные из таблицы 2) собрать принципиальную электрическую схему с L элементом. Рассчитать мгновенное значение тока, напряжения, мощности, действующие комплексные значения тока, напряжения, мощности. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания осциллографа (*VRMS*, *Vpeak, Т*,(мс), *f*( Гц), *Ψe* (°), i(t), u(t), p(t)).

|  |  |
| --- | --- |
| Мультиметр  Моделирование->Приборы->Мультиметр  Осциллограф  Моделирование->Приборы->4-х канал. Осц  Резистор  Вставить->Компонент->Basic->Resistor  Катушка индуктивности  Вставить->Компонент->Basic->Inductor  Мультиплеер  Вставить->Компонент->Source->Control\_Function\_Blocks->Multiplier | Рисунок 9: Принципиальная электрическая схема для 4 задания |

*VRMS = 1 В f = 500 Гц,*

*Vpeak, =1,44 В Ψe =30°*

*Т*,(мс) = 0,02 с

По закону Ома находим ток протекающий через катушку индуктивности  

Сопротивление катушки индуктивности 

Ток протекающий через катушку индуктивности  

Соотношение фазы напряжения и тока на индуктивности 

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 10: Моделирование в Multisim | Рисунок 11: Временная диаграмма тока, напряжения и мощности |

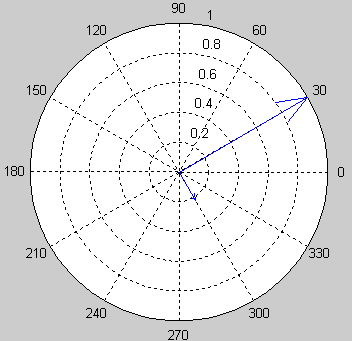


Рисунок 12: Векторная диаграмма тока и напряжения на L

**Анализ мгновенной мощности в индуктивном элементе**



Из аналитического выражения для мощности можно сделать вывод, что это знакопеременная функция , изменяющаяся с двойной частотой по отношению к частоте изменения напряжения UL и тока IL в цепи. Среднее значение мощности PL(t) за период T равно нулю. В индуктивном элементе в первую четверть периода T напряжение UL и ток IL имеют знак плюс, поэтому мощность больше нуля, т.е. Индуктивный элемент потребляет электрическую энергию источника и преобразовывает её в магнитную, накапливая её в магнитном поле катушке. Во вторую четверть периода напряжение UL и ток IL имеют противоположные знаки, поэтому мощность отрицательна. В это время накопленная магнитная энергия возвращается источнику, преобразовываясь в электрическую энергию. В третьей четверти происходит накопление энергии в магнитном поле элемента L, в четвертой — её возврат источнику энергии.

Теперь параллельно подключаем две катушки индуктивности с тем же номиналом. **Общая емкость  параллельно соединенных катушек индуктивности равна сумме емкостей этих конденсаторов** Lэкв=L1L2/(L1+L2);

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 13: Схема моделирования в Multisim | Рисунок 14: Временная диаграмма тока , напряжения и мощности |

Из результатов эксперимента, можно убедиться, что ток в цепи увеличился ровно в 2 раза

**Задание 5.** C элемент в линейной электрической цепи синусоидального тока. Используя аналитическое выражение источника ЭДС (данные из таблицы 2) собрать принципиальную электрическую схему с C элементом. Рассчитать мгновенное значение тока, напряжения, мощности, действующие комплексные значения тока, напряжения, мощности. Собрать схему эксперимента в Multisim, снять показания осциллографа (*VRMS*, *Vpeak, Т*,(мс), *f*( Гц), *Ψe* (°), i(t), u(t), p(t)).

|  |  |
| --- | --- |
| Мультиметр  Моделирование->Приборы->Мультиметр  Осциллограф  Моделирование->Приборы->4-х канал. Осц  Резистор  Вставить->Компонент->Basic->Resistor  Конденсатор  Вставить->Компонент->Basic->Capacitor  Мультиплеер  Вставить->Компонент->Source->Control\_Function\_Blocks->Multiplier | Рисунок 15: Принципиальная электрическая схема для 4 задания |

*VRMS = 1 В f = 500 Гц,*

*Vpeak, =1,44 В Ψe =30°*

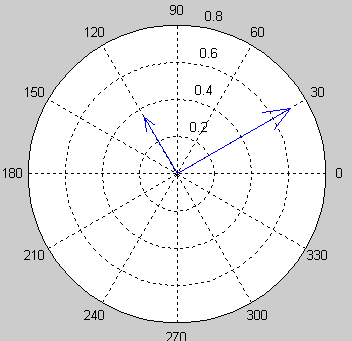
*Т*= 0,02 с

Соотношение фазы тока и напряжения на конденсаторе 

Реактивное емкостное сопротивление 

По закону Ома  и  

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 16: Моделирование в Multisim | Рисунок 17: Временная диаграмма тока, напряжения и мощности |

Рисунок 18: Векторная диаграмма напряжения и тока на C

Анализируя мгновенную мощность в емкостном элементе 

заключаем, что это знакопеременная функция времени, изменяющаяся в противофазе с реактивной индуктивностью мощностью PL

Среднее значение мощности Pc(t) за период рано нулю.

В ёмкостном элементе в первую очередь периода T напряжения Uc и ток Ic имеют разные знаки, это означает, что емкостной элемент в первую четверть возвращает накопленную электростатическую энергию источнику. Во вторую четверть периода ток и напряжение имеют одинаковое направление и следовательно конденсатор заряжается. В третьей четверти происходит возврат энергии, в четвертой зарядка конденсатора энергией.

Теперь параллельно подключаем два конденсатора с тем же номиналом. **Общая емкость  параллельно соединенных конденсаторов равна сумме емкостей этих конденсаторов** Cэкв=С1+С2

|  |  |
| --- | --- |
| Рисунок 19: Схема моделирования в Multisim | Рисунок 20: Временная диаграмма тока напряжения и мощности |

Из результатов эксперимента, можно убедиться, что ток в цепи увеличился ровно в 2 раза