|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1. Резистор**Идеальный резистивный элемент не обладает ни индуктивностью, ни емкостью. Если к нему приложить синусоидальное напряжение http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image002.gif (см. рис. 1), то ток *i* через него будет равен

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image006.gif. | (1) |

http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image004.gifСоотношение (1) показывает, что ток имеет ту же начальную фазу, что и напряжение. Таким образом, если на входе двухлучевого осциллографа подать сигналы *u* и *i,* то соответствующие им синусоиды на его экране будут проходить (см. рис. 2) через нуль одновременно, т.е. **на резисторе напряжение и ток совпадают по фазе.**Из (1) вытекает:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image008.gif;http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image013.gif.        http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image011.gifПереходя от синусоидальных функций напряжения и тока к соответствующим им комплексам:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image015.gif;http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image017.gif,- разделим первый из них на второй:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image019.gifили

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image021.gif. | (2) |

Полученный результат показывает, что отношение двух  комплексов есть вещественная константа. Следовательно, соответствующие им векторы напряжения и тока (см. рис. 3) совпадают по направлению. **2. Конденсатор**Идеальный емкостный элемент не обладает ни активным сопротивлением (проводимостью), ни индуктивностью. Если к нему приложить синусоидальное напряжение http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image023.gif (см. рис. 4), то ток *i*  через него будет равен

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image025.gif. | (3) |

 http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image026.gifПолученный результат показывает, что **напряжение на конденсаторе отстает по фазе от тока на *http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/pi.gif/2.*** Таким образом, если на входы двухлучевого осциллографа подать сигналы *u*  и  *i*, то на его экране будет иметь место картинка, соответствующая рис. 5.Из (3) вытекает: http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image028.gif; http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image033.gif.    http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image031.gifВведенный параметр http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image035.gif называют **реактивным емкостным сопротивлением конденсатора**. Как и резистивное сопротивление, http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image037.gif имеет размерность **Ом**. Однако в отличие от *R* данный параметр является функцией частоты, что иллюстрирует рис. 6. Из рис. 6 вытекает, что при http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image039.gif конденсатор представляет разрыв для тока, а при http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image041.gif  http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image043.gif.Переходя от синусоидальных функций напряжения и тока к соответствующим им комплексам:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image045.gif;http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image047.gif,- разделим первый из них на второй:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image049.gifили

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image053.gif. | (4) |

 http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image051.gifВ последнем соотношении http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image055.gif - комплексное сопротивление конденсатора. Умножение на http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image057.gif соответствует повороту вектора на угол http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image059.gif по часовой стрелке. Следовательно, уравнению (4) соответствует векторная диаграмма, представленная на рис. 7. **3. Катушка индуктивности**http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image061.gifИдеальный индуктивный элемент не обладает ни активным сопротивлением, ни емкостью. Пусть протекающий через него ток (см. рис. 8) определяется выражением http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image063.gif. Тогда для напряжения на зажимах катушки индуктивности можно записать

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image065.gif. | (5) |

Полученный результат показывает, что **напряжение на катушке индуктивности опережает по фазе ток на *http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/pi.gif/2***. Таким образом, если на входы двухлучевого осциллографа подать сигналы *u* и *i*, то на его экране (идеальный индуктивный элемент) будет иметь место картинка, соответствующая рис. 9.Из (5) вытекает:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image067.gif

|  |
| --- |
|  |
|  | http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image070.gif |

http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image072.gif.Введенный параметр http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image074.gif называют **реактивным индуктивным сопротивлением катушки;** его размерность – Ом. Как и у емкостного элемента этот параметр является функцией частоты. Однако в данном случае эта зависимость имеет линейный характер, что иллюстрирует рис. 10. Из рис. 10 вытекает, что при http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image075.gif катушка индуктивности не оказывает сопротивления протекающему через него току, и при http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image076.gif  http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image078.gif.Переходя от синусоидальных функций напряжения и тока к соответствующим комплексам:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image080.gif;http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image082.gif,разделим первый из них на второй:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image084.gifили

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image086.gif. | (6) |

http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image088.gifВ полученном соотношении http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image090.gif - комплексноесопротивление катушки индуктивности. Умножение на http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image092.gif соответствует повороту вектора на угол http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image093.gif против часовой стрелки. Следовательно, уравнению (6) соответствует векторная диаграмма, представленная на рис. 11 . **4. Последовательное соединение резистивного и индуктивного элементов** http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image095.gifПусть в ветви на рис. 12   http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image097.gif. Тогдаhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image099.gifгдеhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image101.gif, причем пределы изменения http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image103.gif.Уравнению (7) можно поставить в соответствие соотношениеhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image105.gif,

|  |
| --- |
| http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image108.gif |

которому, в свою очередь, соответствует векторная диаграмма на рис. 13. Векторы на рис. 13 образуют фигуру, называемую **треугольником напряжений**. Аналогично выражениеhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image110.gifграфически может быть представлено **треугольником сопротивлений** (см. рис. 14), который подобен треугольнику напряжений. **5. Последовательное соединение резистивного и емкостного элементов** http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image112.gifОпуская промежуточные выкладки, с использованием соотношений  (2) и  (4) для ветви на рис. 15 можно записать

|  |  |
| --- | --- |
| .    http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image114.gif, | (8) |

гдеhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image116.gifhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image118.gif,  причем пределы изменения http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image120.gif.

|  |
| --- |
|  |
|  | http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image123.gif |

На основании уравнения (7) могут быть построены треугольники напряжений (см. рис. 16) и сопротивлений (см. рис. 17), которые являются подобными.**6. Параллельное соединение резистивного и емкостного элементов**http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image125.gif    Для цепи на рис. 18 имеют место соотношения:            http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image127.gif;http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image129.gif, где http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image131.gif [См] – активная проводимость;                       http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image133.gif, где http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image135.gif [См] – реактивная проводимость конденсатора.

|  |
| --- |
|  |
|  | http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image138.gif |

Векторная диаграмма токов для данной цепи, называемая **треугольником токов**, приведена на рис. 19. Ей соответствует уравнение в комплексной формеhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image140.gif,где http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image142.gif;       http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image144.gif - комплексная проводимость;      http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image146.gif.**Треугольник проводимостей**, подобный треугольнику токов, приведен на рис. 20.Для комплексного сопротивления цепи на рис. 18 можно записатьhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image148.gif.Необходимо отметить, что полученный результат аналогичен известному из курса физики выражению для эквивалентного сопротивления двух параллельно соединенных резисторов.**7. Параллельное соединение резистивного и индуктивного элементов**http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image150.gif    Для цепи на рис. 21 можно записатьhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image152.gif;           http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image154.gif, где http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image155.gif [См] – активная   проводимость;http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image157.gif, где http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image159.gif [См] – реактивная проводимость катушки индуктивности.Векторной диаграмме токов (рис. 22) для данной цепи соответствует уравнение в комплексной формеhttp://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image161.gif,где http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image163.gif;       http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image165.gif - комплексная проводимость;      http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image167.gif.**Треугольник проводимостей**, подобный треугольнику токов, приведен на рис. 23.

|  |
| --- |
|  |
|  | http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image170.gif |

Выражение комплексного сопротивления цепи на рис. 21 имеет вид:http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image172.gif.**Литература**1.     **Основы** теории цепей: Учеб. для вузов /Г.В.Зевеке, П.А.Ионкин, А.В.Нетушил, С.В.Страхов. –5-е изд., перераб. –М.: Энергоатомиздат, 1989. -528с.2.     **Бессонов Л.А.** Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учеб. для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. –7-е изд., перераб. и доп. –М.: Высш. шк., 1978. –528с.**Контрольные вопросы и задачи**4.     В ветви на рис. 12 http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image174.gif. Определить комплексное сопротивление ветви, если частота тока http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image176.gif. Ответ: http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image178.gif.5.     В ветви на рис. 15 http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image180.gif. Определить комплексное сопротивление ветви, если частота тока http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image181.gif.Ответ: http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image183.gif.6.     В цепи на рис. 18 http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image185.gif. Определить комплексные проводимость и сопротивление цепи для http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image186.gif.Ответ: http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image188.gif;    http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image190.gif.7.     Протекающий через катушку индуктивности http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image192.gif ток изменяется по закону http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image194.gif *А.* Определить комплекс действующего значения напряжения на катушке. Ответ:  http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture04/image196.gif. |