

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория электрических цепей**

: 11.03.02

:  
: 2, : 3

|           |         |          |
|-----------|---------|----------|
|           |         |          |
|           |         | <b>3</b> |
| <b>1</b>  | ( )     | 6        |
| <b>2</b>  |         | 216      |
| <b>3</b>  | , .     | 123      |
| <b>4</b>  | , .     | 36       |
| <b>5</b>  | , .     | 36       |
| <b>6</b>  | , .     | 36       |
| <b>7</b>  | , .     | 0        |
| <b>8</b>  | , .     | 2        |
| <b>9</b>  | , .     | 13       |
| <b>10</b> | , .     | 93       |
| <b>11</b> | ( , , ) | .        |
| <b>12</b> |         |          |

( ): 11.03.02

174 06.03.2015 ., : 27.03.2015 .

: 1,

( ): 11.03.02

, 9 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

, . . . . . . . . . .

:

, . . . . . . . . . .

:

. . . . .

# 1.

1.1

|   |  |
|---|--|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики; в части следующих результатов обучения:</b> |  |
| 1.  |  |
| 1.  |  |

# 2.

2.1

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|  |       |
|--|-------|
| <b>.17. 1</b>  |       |
| 1. О разнообразии электрических и радиотехнических цепей и их элементов  | ; ; ; |
| 2. О множестве задач анализа работы электрических и радиотехнических цепей и их элементов  | ; ; ; |
| 3. О различных математических моделях электромагнитных устройств и подходах, используемых при моделировании важнейших электромагнитных процессов | ; ; ; |
| 4. О задачах, решаемых специалистами при проектировании радиотехнических систем  | ; ; ; |
| 5. Способы отражения реальных физических явлений в виде различных электрических схем замещения   | ; ; ; |
| 6. Основные определения, теоремы, законы и принципы, используемые в электротехнике   | ; ; ; |
| 7. Методы расчета линейных электрических цепей в стационарном режиме   | ; ; ; |
| 8. Особенности расчета электрических цепей несинусоидального тока и напряжения   | ; ; ; |
| 9. Методы расчета нелинейных электрических цепей   | ; ; ; |
| 10. Свойства и частотные характеристики идеализированных элементов и простейших двухполосников   | ; ; ; |
| 11. Избирательные свойства колебательных контуров и примеры их использования в радиотехнических цепях  | ; ; ; |
| 12. Знать основные характеристики трехфазных электрических схем  | ; ; ; |
| <b>.17. 1</b>  |       |
| 13. Использовать методы расчета электрических цепей при анализе стационарных режимов в цепях и устройствах радиотехнических систем               | ; ; ; |
| 14. Рассчитывать входные и передаточные частотные характеристики двухполосников и многополосников  | ; ; ; |
| 15. Использовать для анализа электрические и радиотехнических цепей современные компьютерные программные продукты                                | ; ; ; |



|    |  |   |   |                        |  |
|----|--|---|---|------------------------|--|
| 5. |  | 0 | 4 | 1, 18, 3, 5, 6         |  |
| 6. |  | 0 | 2 | 1, 13, 18, 4, 6, 7     |  |
| :  |  |   |   |                        |  |
| 7. |  | 0 | 4 | 1, 10, 13, 14, 4,<br>5 |  |
| 8. |  | 0 | 4 | 10, 11, 2, 4           |  |
| 9. |  | 0 | 2 | 1, 10, 18, 6, 8        |  |

3.2

|     |   |   |  |  |
|-----|---|---|--|--|
|     | , | . |  |  |
| : 3 |   |   |  |  |
| :   |   |   |  |  |

|     |   |   |                  |          |
|-----|---|---|------------------|----------|
| 1.  | 0 | 2 | 1, 5             | .        |
| :   |   |   |                  |          |
| 2.  | 0 | 4 | 16, 3, 5, 7      | ,        |
| 3.  | 0 | 2 | 1, 14, 2, 5      | .        |
| :   |   |   |                  |          |
| 4.  | 0 | 2 | 1, 16, 5, 9      | .        |
| 5.  | 0 | 2 | 12, 2, 6, 7, 9   | ,        |
| :   |   |   |                  |          |
| 6.  | 0 | 2 | 1, 10, 13, 16, 5 | .        |
| 7.  | 0 | 2 | 10, 4            | .        |
| 8.  | 0 | 2 | 1, 13, 17, 4, 6  | .        |
| 9.  | 0 | 2 | 15, 17, 3, 7     | .        |
|     |   |   |                  | MathCad. |
| 10. | 0 | 2 | 2, 6, 7          | ,        |
| :   |   |   |                  |          |
| ,   |   |   |                  |          |

|     |   |   |                             |  |
|-----|---|---|-----------------------------|--|
| 11. | 0 | 2 | 1, 16, 4, 5                 |  |
| 12. | 0 | 4 | 1, 13, 4, 7                 |  |
| :   |   |   |                             |  |
| 13. | 0 | 4 | 1, 11, 13, 15,<br>16, 17, 4 |  |
| 14. | 0 | 2 | 1, 13, 17, 4, 8             |  |
| 15. | 0 | 2 | 1, 11, 2, 4, 7, 8,<br>9     |  |

3.3

|     |   |   |             |   |
|-----|---|---|-------------|---|
|     |   |   |             |   |
| : 3 |   |   |             |   |
| :   |   |   |             |   |
| 1.  | 0 | 2 | 2, 6        |   |
| 2.  | 0 | 2 | 3, 5, 7     |   |
| :   |   |   |             |   |
| 3.  | 0 | 2 | 13, 2, 6, 7 | 2 |
| 4.  | 0 | 2 | 13, 2, 6, 7 |   |

|     |   |   |                         |     |
|-----|---|---|-------------------------|-----|
| 5.  | 0 | 2 | 13, 2, 6, 7             |     |
| 6.  | 0 | 2 | 18, 2, 6, 7             |     |
| :   |   |   |                         |     |
| 7.  | 0 | 2 | 1, 13, 18, 4, 9         |     |
| :   |   |   |                         |     |
| 8.  | 0 | 2 | 1, 10, 5                |     |
| 9.  | 0 | 2 | 13, 2, 3, 5, 7          |     |
| 10. | 0 | 2 | 10, 3, 6, 7             |     |
| 11. | 0 | 2 | 10, 3, 4, 6             |     |
| 12. | 0 | 2 | 10, 14, 15, 18,<br>3, 6 |     |
| :   |   |   |                         |     |
| 13. | 0 | 2 | 1, 18, 3, 6, 7          |     |
| 14. | 0 | 2 | 3, 7                    | ( ) |

|     |   |   |                            |  |
|-----|---|---|----------------------------|--|
| 15. | 0 | 2 | 3, 5, 6, 7                 |  |
| 16. | 0 | 2 | 1, 12, 18, 7               |  |
| :   |   |   |                            |  |
| 17. | 0 | 4 | 1, 10, 14, 15,<br>18, 4, 5 |  |

**4.**

|   |  |       |    |   |
|---|--|-------|----|---|
| : 3   |  |       |    |   |
| 1   |  | 18, 7 | 18 | 2 |
| <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">( ) /</p> <p style="text-align: center;">, 2015. - 21, [2] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">( 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) /</p> <p style="text-align: center;">, 2009. - 36, [1] .</p> <p style="text-align: center;">: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf</p> <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">( 200700, 200800. 552500, 201000, 201200) /</p> <p style="text-align: center;">, 2011. - 27, [1] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884</p> |  |       |    |   |
| 2   |  | 16, 7 | 27 | 4 |
| <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">( ) /</p> <p style="text-align: center;">, 2015. - 21, [2] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</p> <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">( 200700, 200800. 552500, 201000, 201200) /</p> <p style="text-align: center;">, 2011. - 27, [1] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884</p>  |  |       |    |   |
| 3   |  | 12    | 28 | 4 |
| <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">( ) /</p> <p style="text-align: center;">, 2015. - 21, [2] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</p> <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">/ [ . . . ] ;</p> <p style="text-align: center;">, 2016.</p> <p style="text-align: center;">- 258, [1] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252</p>   |  |       |    |   |
| 4   |  | 1, 2  | 20 | 3 |
| <p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">( ) /</p> <p style="text-align: center;">, 2015. - 21, [2] .</p> <p style="text-align: center;">: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625</p>   |  |       |    |   |

5.

( . 5.1).

5.1

|  |         |
|--|---------|
|  | -       |
|  |         |
|  | e-mail; |
|  | e-mail  |
|  | ;       |

6.

( ),

15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

|  |    |    |
|--|----|----|
|  |    |    |
| <b>: 3</b>   |    |    |
| <i>Лабораторная:</i>   | 9  | 18 |
| , 2016. - 258, [1] . : . . . " : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252"  |    |    |
| <i>Контрольные работы:</i>   | 9  | 18 |
| " ( ) / . . . . . ; [ . : . . . . . ] . - , 2015. - 21, [2] . : . . . . . : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625" |    |    |
| <i>РГЗ:</i>  | 12 | 24 |
| " ( ) / . . . . . ; [ . : . . . . . ] . - , 2015. - 21, [2] . : . . . . . : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625" |    |    |
| <i>Экзамен:</i>  | 20 | 40 |
| " ( ) / . . . . . ; [ . : . . . . . ] . - , 2015. - 21, [2] . : . . . . . : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625" |    |    |

6.2

6.2

|            |    |   |   |   |   |
|------------|----|---|---|---|---|
|            |    |   |   |   |   |
|            |    | / | . |   |   |
| <b>.17</b> | 1. | + | + | + | + |
|            | 1. | + | + | + | + |

## 7.

1. Попов В. П. Основы теории цепей : учебник для вузов по направлению "Радиотехника" / В. П. Попов. - М., 2007. - 574, [1] с. : ил.
2. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учебное пособие / Г. И. Атабеков. - СПб. [и др.], 2010. - 591, [1] с.
3. Сапсалева А. В. Основы теории цепей : курс лекций / А. В. Сапсалева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 114, [1] с. : ил.
4. Прянишников В. А. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах : практическое пособие / В. А. Прянишников, Е. А. Петров, Ю. М. Осипов ; под общ. ред. В. А. Прянишниковой. - СПб., 2007. - 334 : ил.

1. Бирюков В. Н. Сборник задач по теории цепей : учебное пособие для вузов по спец. "Радиотехника" / В. Н. Бирюков, В. П. Попов, В. И. Семенцов ; под ред. В. П. Попова. - М., 1985. - 239 с.
2. Шебес М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей : учебное пособие для электротехнических и радиотехнических специальностей вузов / М. Р. Шебес, М. В. Каблукова. - М., 1990. - 543, [1] с. : ил., табл., схемы
3. Малинин Л. И. Основы теории цепей в упражнениях и задачах : [учебное пособие] / Л. И. Малинин, В. Т. Мандрусова, В. Ю. Нейман ; под ред. В. Ю. Неймана. - Новосибирск, 2007. - 295 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/malinin.pdf>
4. Новгородцев А. Б. Теоретические основы электротехники : 30 лекций по теории электрических цепей : [учебное пособие для вузов по группе направлений подготовки бакалавров и магистров 550000 "Технические науки" и дипломированных специалистов 650000 "Техника и технологии" дисциплине "Теоретические основы электротехники"] / А. Б. Новгородцев. - СПб. [и др.], 2006. - 575 с. : ил. - На тит. л.: Изд. прогр. "300 лучших учеб. для высш. шк. в честь 300-летия Санкт-Петербурга".

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

## 8.

### 8.1

1. Теория электрических цепей : учебно-методическое пособие / [Е. И. Алгазин и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 258, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000232252](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252)
2. Теория электрических цепей. Путеводитель по курсу : программно-нормативные материалы для студентов факультета радиотехники и электроники (РЭФ) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: О. Н. Веселовский, А. В. Сапсалева]. - Новосибирск, 2015. - 21, [2] с. : табл., ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000216625](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000216625)

**3.** Применение стандартных компьютерных программ для анализа линейных резистивных электрических схем : методическое пособие по основам теории цепей для студентов 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 27, [1] с. : ил., схемы - Режим доступа:[http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000152884](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884)

**4.** Применение стандартных компьютерных программ для анализа нелинейных электрических цепей постоянного тока : методическое пособие по основам теории цепей для 2 курса факультета радиотехники и электроники (специальности 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсалева, Е. И. Алгазин]. - Новосибирск, 2009. - 36, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3726.pdf>

**5.** Анализ гармонического процесса в отрезке радиочастотного кабеля : задания и методические указания к курсовой работе по основам цепей для 2 курса факультета радиотехники, электроники и физики (специальностей 200700, 200800, 552500, 201000, 201200) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Афанасьев, А. В. Сапсалева]. - Новосибирск, 2004. - 47 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2823.rar>

## 8.2

**1** MathCAD

**2** Microsoft Windows

**3** MathType

## 9.

-

|   |                 |  |
|---|-----------------|--|
|   |                 |  |
| 1 | (<br>Internet ) |  |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электроники и электротехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Теория электрических цепей

Образовательная программа: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи,  
профиль: Многоканальные телекоммуникационные системы

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория электрических цепей приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции   | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                       | Темы   | Этапы оценки компетенций                                      |   |
|---|--|--|---|---|
|   |  |  | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)               |
| ПК.17/ЭИ<br>способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики | з1. знать базовые теоретические и экспериментальные методы анализа электрических цепей | Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях. Анализ нелинейных цепей постоянного тока. Анализ электрических схем в условиях резонанса токов. Введение. Электрические цепи и схемы. Пассивные элементы схем. Компонентные уравнения. Свойство дуальности. Независимые источники. Топологические (структурные) понятия и законы цепей. Задача анализа цепей. Исследование линейных электрических цепей с индуктивносвязанными катушками. Исследование стационарного состояния линейной электрической цепи. Исследование фазовращателя. Исследование частотных характеристик колебательных контуров. Колебательные цепи. Последовательный колебательный контур и его частотные характеристики. Полоса пропускания и влияние на нее нагрузки и сопротивления источника. Параллельный колебательный контур. Связанные колебательные контуры. Первичный и вторичный токи. Вносимые сопротивления. Настройка. Частотные характеристики связанных контуров. Коллоквиум по методам анализа и расчета схем синусоидального тока. Метод контурных токов. Метод узловых напряжений. Метод двух узлов. Метод эквивалентного генератора. Нелинейные резистивные цепи. Введение. Примеры ВАХ. Графический расчет. Линеаризация, статические и динамические сопротивления. Нелинейные резистивные элементы цепи. Общий случай анализа цепей переменного | Контрольные работы, РГЗ                                       | Экзамен, вопросы 1-6, 8-9, 12-15, 18-20, 23, 25, 27, 32 |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | <p>тока. Резонанс напряжений. Особенности расчета электрических схем при несинусоидальных входных воздействиях Расчет и экспериментальное исследование цепи при несинусоидальном приложенном напряжении. Расчет трехфазных электрических схем Расчет цепей с взаимной индуктивностью на основе законов Кирхгофа и метода контурных токов. Резонанс в электрических цепях. Символический метод расчета разветвленных схем синусоидального тока. Схемы замещения пассивных двухполюсников в цепи синусоидального тока. Трехфазные цепи. Образование симметричной трехфазной системы напряжений. Линейные и фазные величины. Трехпроводная и четырехпроводная трехфазные цепи. Расчет трехфазных цепей. Мощность в трехфазных цепях. Цепи переменного тока. Введение. Величины, характеризующие гармонические токи. Анализ цепей, содержащих элементы <math>R</math>, <math>L</math> и <math>C</math>. Основы символического метода. Последовательная и параллельная схемы замещения. Двухполюсник в цепи переменного тока. Резонансные цепи. Цепи постоянного тока. Методы контурных токов, наложения и пропорционального пересчета. Принцип взаимности. Метод узловых потенциалов. Эквивалентные преобразования схем. Метод эквивалентного генератора. Цепи с взаимной индуктивностью. "Развязывание" индуктивных связей. Общий случай расчета и топографическая диаграмма цепи с индуктивными связями. Уравнения и расчет цепей в матричной форме. Теорема Теллегена. Согласование нагрузки с источником. Зависимые источники. Формирование уравнений для цепей с зависимыми источниками. Частотные характеристики цепей. Мощность в цепи переменного тока и ее</p> |  |  |
|--|--|---|--|--|

|          |  |   |                         |  |
|----------|--|---|-------------------------|--|
|          |  | измерение. Мощность в комплексной форме.<br>Топографическая диаграмма.  |                         |  |
| ПК.17/ЭИ | у1. уметь пользоваться базовыми теоретическими и экспериментальными методами анализа электрических цепей | <p>Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях. Анализ нелинейных цепей постоянного тока. Анализ частотных свойств колебательных контуров</p> <p>Анализ электрических схем в условиях резонанса токов. Исследование фазовращателя</p> <p>Исследование частотных характеристик колебательных контуров. Метод узловых напряжений. Метод двух узлов. Метод эквивалентного генератора. Нелинейные резистивные цепи. Введение. Примеры ВАХ. Графический расчет. Линеаризация, статические и динамические сопротивления. Нелинейные резистивные элементы цепи. Особенности расчета электрических схем при несинусоидальных входных воздействиях</p> <p>Расчет и экспериментальное исследование цепи при несинусоидальном приложенном напряжении. Расчет цепей с взаимной индуктивностью на основе законов Кирхгофа и метода контурных токов. Трехфазные цепи. Образование симметричной трехфазной системы напряжений. Линейные и фазные величины. Трехпроводная и четырехпроводная трехфазные цепи. Расчет трехфазных цепей. Мощность в трехфазных цепях. Цепи переменного тока. Введение. Величины, характеризующие гармонические токи. Анализ цепей, содержащих элементы R, L и C. Основы символического метода. Последовательная и параллельная схемы замещения. Двухполюсник в цепи переменного тока. Резонансные цепи. Цепи постоянного тока. Методы контурных токов, наложения и пропорционального пересчета. Принцип взаимности. Метод узловых потенциалов. Эквивалентные преобразования схем. Метод эквивалентного генератора. Цепи с взаимной</p> | Контрольные работы, РГЗ | Экзамен, вопросы 7, 10-11, 16-17, 21-22, 24, 26, 28-31 |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  | индуктивностью.<br>"Развязывание" индуктивных связей. Общий случай расчета и топографическая диаграмма цепи с индуктивными связями. Уравнения и расчет цепей в матричной форме. Теорема Теллегена. Согласование нагрузки с источником. Зависимые источники. Формирование уравнений для цепей с зависимыми источниками. Частотные характеристики цепей. Мощность в цепи переменного тока и ее измерение. Мощность в комплексной форме. Топографическая диаграмма. |  |  |
|--|--|--|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.17/ЭИ.

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: один вопрос выбирается из перечня вопросов (п.4), и две задачи, первая задача – на тему «Расчет цепей постоянного тока в стационарном режиме», вторая задача – на тему «Анализ электрической цепи переменного тока при гармоническом или несинусоидальном воздействии в стационарном режиме». В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.17/ЭИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения

учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра электроники и электротехники

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Теория электрических цепей», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: один вопрос выбирается из перечня вопросов (п.4), и две задачи, первая задача – на тему «Расчет цепей постоянного тока в стационарном режиме», вторая задача – на тему «Анализ электрической цепи переменного тока при гармоническом или несинусоидальном воздействии в стационарном режиме». В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет радиотехники и электроники

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Теория электрических цепей»

1. Теоретический вопрос.
2. Задача.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭЭ \_\_\_\_\_ Харитонов С.А.  
(подпись)

« » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопрос не показывает знания основ теории электрических цепей, подходов к анализу цепей в стационарном режиме, при решении задач допускает принципиальные ошибки,  
**оценка составляет менее 20 баллов.**
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопрос показывает знания основ теории электрических цепей, подходов к анализу цепей в стационарном режиме, при решении задач допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные,  
**оценка составляет от 20 до 26 баллов.**
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопрос формулирует основные понятия, законы, знает методы расчета электрических цепей в стационарном режиме, дает характеристику явлений, условий процессов, может представить качественные характеристики процессов, не допускает

ошибок при решении задач,  
оценка составляет от 28 до 34 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопрос формулирует основные понятия, законы, знает методы расчета электрических цепей в стационарном режиме, дает характеристику явлений, условий процессов, может представить качественные характеристики процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок при решении задач и способен обосновать выбор метода их решения,  
оценка составляет 36 до 40 баллов.

### 3. Шкала оценки

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все виды работ, предусмотренных учебным планом дисциплины, и набравшие в течение семестра не меньше 30 баллов (из 60 возможных).

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 20 баллов из 40 возможных.

Для итоговой оценки по дисциплине в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе используется буквенная форма в соответствии с 15-уровневой шкалой оценок ECTS (табл.1), а также традиционная форма (четырёхуровневая шкала, либо «зачтено/не зачтено»).

Таблица 1

| Диапазон значений | Оценка ECTS | Традиционная (4-уровневая) шкала оценки |            |
|-------------------|-------------|---|------------|
| 87÷100            | A+= 98÷100  | Отлично                                 | Зачтено    |
|                   | A = 93÷97   |   |            |
|                   | A- = 90÷92  |   |            |
|                   | B+= 87÷89   |   |            |
| 76÷86             | B = 83÷86   | Хорошо                                  |            |
|                   | B- = 80÷82  |   |            |
|                   | C+= 77÷79   |   |            |
|                   | C = 73÷76   |   |            |
| 50÷72             | C- = 70÷72  | Удовлетворительно                       |            |
|                   | D+= 67÷69   |   |            |
|                   | D = 63÷66   |   |            |
|                   | D- = 60÷62  |   |            |
|                   | E = 50÷59   |   |            |
| 25÷49             | FX = 25÷49  | Неудовлетворительно                     | Не зачтено |
| 0÷24              | F = 0÷24    |   |            |

Итоговый рейтинг по дисциплине состоит из рейтинга текущей деятельности студента в семестре и экзаменационного рейтинга (табл.2). Соотношение между этими рейтингами устанавливается в пропорции 60/40, то есть максимальный рейтинг равняется 100 баллам.

Таблица 2

| Виды работы         | Число работ в семестре | Максимальная (расчетная) сумма баллов одно задание | Максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр |
|---------------------|------------------------|--|--|
| Лабораторные работы | 12                     | 1,5  | 18   |
| Контрольные работы  | 2                      | 9  | 18   |

|         |   |    |    |
|---------|---|----|----|
| РГЗ     | 2 | 12 | 24 |
| Экзамен | 1 | 40 | 40 |

Оценка видов деятельности студента в семестре:

### **3.1. Оценка выполнения лабораторных работ**

Лабораторный практикум включает в себя 12 работ, за выполнение и защиту каждой из которых студент может получить суммарный балл не более 1.5 балла, в том числе 0.5 балла – за выполнение, 1 балл – за защиту работы (шаг рейтинга - 0.5 балла).

- Рейтинг за выполнение лабораторной работы складывается из полноты выполнения программы экспериментов, умения работать с измерительным оборудованием, справочной информацией и программным обеспечением, качества оформления отчета и его содержательности.
- Рейтинговая оценка защиты лабораторной работы определяется знанием теории, сопутствующей каждой работе, умением применять её на практике, качеством решения контрольных задач и соблюдением сроков защиты.

### **3.2. Оценка выполнения контрольных работ**

Оценка выполнения контрольных работ приведена в паспорте контрольных работ.

### **3.3. Оценка выполнения РГЗ**

Оценка выполнения расчетно-графического задания (работы) приведена в паспорте РГР.

## **4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория электрических цепей»**

1. Определения электрической цепи, схемы замещения. Классификация электрических цепей. Какие преобразования схем считаются эквивалентными? Активные и пассивные элементы схем.
2. Основные топологические уравнения электрических цепей (определение напряжений и токов идеализированных цепей, законы электрических цепей и их дополнение компонентными уравнениями, компонентные уравнения в комплексной форме).
3. Источники энергии электрических схем (определения, идеализированные источники и их свойства, эквивалентные преобразования схем с источниками напряжения и тока).
4. Закон Ома для активной ветви (обобщенные ветви и их уравнения; матричные уравнения для обобщенных ветвей в двух формах: «Z» и «Y»).
5. Гармонические воздействия и их изображения с помощью векторных диаграмм и комплексных чисел (тригонометрическая форма записи гармонического воздействия, амплитуда, частота, начальная фаза, векторная диаграмма и комплексные числа как способы изображения гармонических процессов).
6. Мощность в цепях гармонического тока (выражение для мгновенной и средней за период мощности, выражение мощности в комплексной форме, баланс мощностей, треугольник мощностей).
7. Пассивный двухполюсник в цепи переменного тока и две схемы его замещения (последовательная и параллельная схемы и их взаимные преобразования; как определить расчетным путем и в эксперименте знак угла комплексного входного сопротивления?).
8. Принцип и метод суперпозиции (наложения). (Формулировка и доказательство принципа; что такое «частичный ток» и как определить его знак в алгебраической

- сумме; что означает исключение из схемы источника напряжения или источника тока в схемах для вычисления частичных токов?).
9. Топологические графы и матрицы инцидентий (определение направленного графа, узловая и контурная матрицы инцидентий; как проверить правильность составления узловой и контурной матриц инцидентий?).
  10. Индуктивно связанные цепи (ЭДС и напряжения взаимоиндукции, коэффициент связи, разметка зажимов катушек, уравнения двух ветвей с индуктивными связями в дифференциальной и в комплексной формах).
  11. Последовательное соединение индуктивно связанных ветвей (согласное и встречное включение, эквивалентное сопротивление, эквивалентная индуктивность, векторные диаграммы).
  12. «Развязывание» индуктивных связей (смысл и назначение «развязывания», математическая модель и схема цепи с исключенными взаимными индуктивностями; правило и пример «развязывания»).
  13. Эквивалентные преобразования схем (условие эквивалентности; показать на примере «свертывания» параллельных активных и пассивных ветвей, представив результат в двух видах: с источником напряжения и с источником тока).
  14. Эквивалентные преобразования треугольника и звезды сопротивлений (условия эквивалентности, формулы взаимных преобразований, как вычислить распределение токов в треугольнике, если известны токи в лучах звезды?).
  15. Теорема об автономном (активном) двухполюснике (формулировка и доказательство теоремы, два способа представления эквивалентного генератора).
  16. Нелинейные резистивные цепи (определение; примеры вольтамперных характеристик; графические методы расчета; привести примеры использования нелинейных сопротивлений для стабилизации напряжения).
  17. Нелинейные резистивные цепи (метод линеаризации, статическое и динамическое сопротивление, возможности эквивалентных преобразований и применения метода эквивалентного генератора в цепях, содержащих нелинейные сопротивления).
  18. Символический метод расчета – метод комплексных амплитуд (комплексное изображение гармонической функции, компонентные уравнения цепей в комплексной форме, комплексные схемы замещения).
  19. Метод контурных токов (понятие о контурном токе, формирование контурных уравнений, вытекающее из законов Кирхгофа и непосредственно по схеме, формирование определителей по схеме, случай вырожденных ветвей с источниками тока, возможность применения компьютерной системы Mathcad).
  20. Метод узловых потенциалов (узловых напряжений), формирование узловых уравнений, вытекающее из законов Кирхгофа и непосредственно по заданной схеме. Случай вырожденных ветвей с источниками ЭДС, возможность применения компьютерной системы Mathcad.
  21. Принцип избирательности (селективности) электрических цепей. Амплитудные и фазо- частотные характеристики на примере цепей RL, RC и RLC.
  22. Анализ последовательной цепи R-L-C (дифференциальное и комплексное уравнения, векторная диаграмма, случай резонанса напряжений, частотные характеристики).
  23. Условия согласования нагрузки с источником. КПД в согласованном режиме.
  24. Последовательное соединение катушки и резистора в цепи гармонического тока (дифференциальное и комплексное уравнения, векторная диаграмма, треугольник сопротивлений, частотные характеристики).
  25. Резонанс в электрических цепях (общее условие фазового резонанса, резонанс напряжений, резонанс токов, рассмотреть в качестве примера резонанс токов).
  26. Автоматизированные (компьютерные) методы анализа цепей (определения, топологические уравнения цепей в матричной форме, законы Кирхгофа в матричной форме, узловое и контурное преобразования, узловые и контурные уравнения).

27. Теорема и свойство обратимости. Входные и передаточные проводимости.
28. Последовательный колебательный контур. Основные параметры и характеристики.
29. Параллельный колебательный контур. Основные параметры и характеристики.
30. Расчет трехфазных схем при соединении нагрузки звездой. Общий случай. Фазные и линейные напряжения. Частные случаи расчета трехфазных схем при соединении нагрузки звездой.
31. Расчет трехфазных схем при соединении нагрузки треугольником. Общий случай. Линейные и фазные токи. Частные случаи расчета трехфазных схем при соединении нагрузки треугольником.
32. Применение ряда Фурье к расчету периодического несинусоидального процесса. Действующее значение периодической несинусоидальной функции, мощность в цепи периодического несинусоидального тока.

## Паспорт контрольных работ

по дисциплине «Теория электрических цепей», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольные работы представляют собой два набора задач, и выполняются студентами самостоятельно в индивидуальном порядке в письменной форме.

#### Контрольная работа №1

1. Вычисление входных сопротивлений резистивных схем и напряжений между двумя точками при источниках ЭДС и тока (3-4 неделя).
2. Расчет разветвленных резистивных цепей любым методом (5-6 неделя).
3. Расчет нелинейных резистивных цепей графоаналитическим методом (8-9 неделя).

#### Контрольная работа №2

4. Последовательные или параллельные соединения пассивных элементов в цепях гармонического источника. Треугольники сопротивлений (проводимостей), мощностей (10-11 неделя).
5. Расчет разветвленных цепей гармонического тока. Общий случай; цепи, содержащие взаимную индуктивность; топографические диаграммы; показания ваттметров (12-13 неделя).
6. Расчет электрической схемы с магнитными связями (15-16 неделя).

### 2. Критерии оценки

Каждая контрольная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

- Работа считается **не выполненной**, если из трех задач две и более не решены, либо решение выполнено с существенными ошибками. Оценка составляет **0 – 4** баллов.
- Работа считается выполненной на **пороговом** уровне, если из трех задач решены две, причем одна с незначительными ошибками. Оценка составляет **4.5 – 6** баллов.
- Работа считается выполненной на **базовом** уровне, если задачи выполнены с незначительными ошибками, алгоритм решения задач верен, есть ошибки в числовых расчетах. Оценка составляет **6.5 – 7.5** баллов.
- Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если задачи выполнены без ошибок, рациональным методом, доведены до правильного числового результата. Оценка составляет **8 – 9** баллов.

### 3. Шкала оценки

Каждая контрольная работа оценивается с шагом **0.5** балла.

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольные работы учитываются в

соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

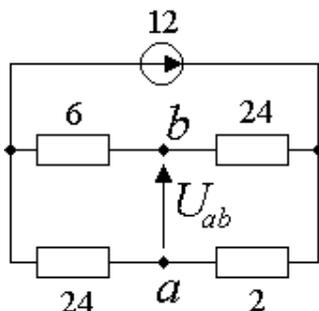
| Виды работы         | Число работ в семестре | Максимальная (расчетная) сумма баллов одно задание | Максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр |
|---------------------|------------------------|--|--|
| Лабораторные работы | 12                     | 1.5  | 18   |
| Контрольные работы  | 2                      | 9  | 18   |
| РГЗ                 | 2                      | 12   | 24   |
| Экзамен             | 1                      | 40   | 40   |

#### 4. Пример варианта контрольных работ

1

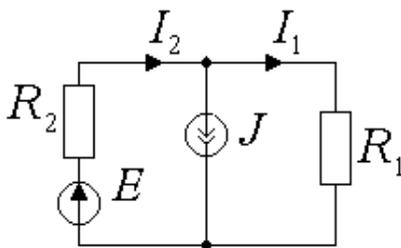
I. ЭДС задана в вольтах, сопротивления – в омах. Определить  $U_{ab}$ ,  $R_{ab}$ .

II. Вместо источника ЭДС включить источник тока  $J = 1$  А. Найти  $U'_{ab}$ ,  $R'_{ab}$ .



2

$E = 20$  В;  $J = 30$  А;  $R_2 = 2$  Ом;  $R_1 = 3$  Ом. Определить  $I_1$  и  $I_2$ . Составить баланс



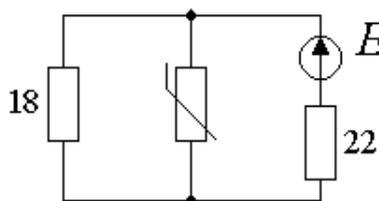
мощностей.

3

$E = 20$  В; сопротивления даны в омах. ВАХ нелинейного сопротивления (термистора) задана таблицей

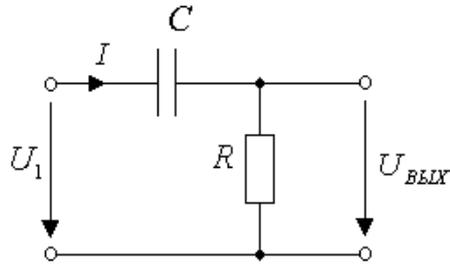
|         |   |     |     |     |     |     |
|---------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| $I$ , А | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| $U$ , В | 0 | 5   | 12  | 25  | 45  | 55  |

Определить ток через термистор.



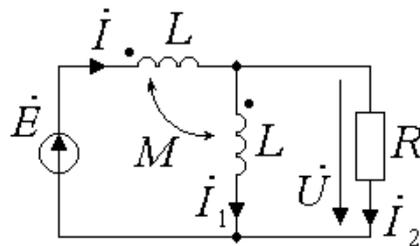
4

$U_1 = 127 \text{ В}$ ;  $R = 10 \text{ Ом}$ ;  $C = 319 \text{ мкФ}$ . Как изменится напряжение на выходе схемы, если частоту питающего источника увеличить с 50 до 500 Гц ?



5

$\dot{E} = 200 \text{ В}$ ;  $x_L = \omega L = 140 \text{ Ом}$ ;  $x_M = \omega M = 60 \text{ Ом}$ ;  $R = 30 \text{ Ом}$ . Определить:  $\dot{I}$ ,  $\dot{I}_1$ ,  $\dot{I}_2$ ,  $\dot{U}$ .



6

Для некоторого симметричного четырёхполюсника известны уравнения:

$$\dot{U}_1 = -j60\dot{I}_1 + 2\dot{U}_2,$$

$$\dot{I}_2 = 2\dot{I}_1 + j0,05\dot{U}_2.$$

Определить сопротивления Т-схемы замещения.

## Паспорт расчетно-графических заданий (работ)

по дисциплине «Теория электрических цепей», 3 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графических заданий (работ) по дисциплине студенты должны показать умение использовать методы расчета электрических цепей постоянного тока (РГЗ№1) и переменного тока (РГЗ№2).

### Обязательные структурные части РГЗ.

#### РГЗ № 1. Анализ линейной электрической цепи постоянного тока

Для заданной схемы и параметров, сформированных с помощью компьютера:

1. Рассчитать токи ветвей методом контурных токов.
2. Проверить расчет по законам Кирхгофа и составить баланс мощностей для **ИСХОДНОЙ** схемы.
3. Вычислить ток в ветви № 2 методом узловых напряжений.
4. Вычислить ток в ветви № 3 методом наложения (частичный ток от действия источника тока вычислить методом пропорционального пересчета).
5. Вычислить ток в ветви № 4 **ИСХОДНОЙ** схемы методом эквивалентного источника.

Примечания:

- 1) Заданные положительные направления токов (от начала к концу ветви) сохранять при любом методе расчета.
- 2) Итоги всех расчетов свести в таблицу на первой странице отчета и здесь же приклеить карточку данных задания.

| Методы расчета                         | Вычисленные значения |             |             |              |             |       |       |
|--|----------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------|
| 1. Контурных токов                     | $\Delta$             | $I_1$       | $I_2$       | $I_3$        | $I_4$       | $I_5$ | $I_6$ |
|  |                      |             |             |              |             |       |       |
|  | Баланс мощностей     |             |             |              |             |       |       |
|  | $P_{ген} =$          |             |             | $P_{потр} =$ |             |       |       |
| 2. Узловых потенциалов<br>(напряжений) | $\Delta\varphi$      | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | $\varphi_3$  | $\varphi_4$ | $I_2$ |       |
|  |                      |             |             |              |             |       |       |
| 3. Наложения                           | $I_{3J} =$           |             | $I_{3E} =$  |              | $I_3 =$     |       |       |
| 4. Эквивалентного<br>источника         | $R_{вх}$             |             | $U_{XX}$    |              | $I_4$       |       |       |
|  |                      |             |             |              |             |       |       |

## РГЗ № 2. Анализ линейной электрической цепи при гармоническом воздействии

1. Произвести разметку зажимов индуктивно связанных катушек. Составить системы уравнений по законам Кирхгофа в дифференциальной форме для мгновенных значений и в алгебраической форме для комплексных амплитуд.

2. Рассчитать токи в ветвях методом комплексных амплитуд. Записать мгновенные значения токов.

3. Составить баланс мощностей и определить показания ваттметров для **ИСХОДНОЙ** схемы.

4. Построить для **ИСХОДНОЙ** схемы топографическую диаграмму напряжений, совместив ее с векторной диаграммой токов.

Примечания: те же, что и к РГЗ № 1

| Вычисленные значения |                   |                   |                       |                      |                   |                   |
|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| $\underline{Z}_1$    | $\underline{Z}_2$ | $\underline{Z}_3$ | $\underline{U}_{020}$ | $\underline{I}_1$    | $\underline{I}_2$ | $\underline{I}_3$ |
| Алгебраическая форма |                   |                   | Показательная форма   |                      |                   |                   |
|                      |                   |                   |                       |                      |                   |                   |
| Баланс мощностей     |                   |                   |                       | Показания ваттметров |                   |                   |
| $P_{\text{ген}}$     | $Q_{\text{ген}}$  | $P_{\text{потр}}$ | $Q_{\text{потр}}$     | $P_{W1}$             | $P_{W2}$          |                   |
|                      |                   |                   |                       |                      |                   |                   |

Оцениваемые позиции: полнота и правильность расчётов, аккуратность оформления, срок сдачи работы.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если часть пунктов РГР не выполнены, либо выполнены с существенными ошибками, или, при формально выполненном задании, на защите РГР студент не показал знаний, необходимых для выполнения пунктов задания, оценка составляет 0-5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если при выполнении РГР и ее защите допущены несущественные ошибки, студент показал знание основных понятий, законов и методов расчета электрических цепей в стационарном режиме, оценка составляет 6-8 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если РГР выполнена в полном объеме, при защите студент показал знание основных понятий и законов, умение применения методов расчета при анализе электрических цепей в стационарном режиме, оценка составляет 9-10 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если РГР выполнена в полном объеме, при защите студент показал знание основных понятий и законов, умение выбора и применения рационального метода расчета при анализе электрических цепей в стационарном режиме, оценка составляет 11-12 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГР учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

| Виды работы         | Число работ в семестре | Максимальная (расчетная) сумма баллов за одно задание | Максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр |
|---------------------|------------------------|---|--|
| Лабораторные работы | 12                     | 1,5   | 18   |
| Контрольные работы  | 2                      | 9   | 18   |
| РГЗ                 | 2                      | 12  | 24   |
| Экзамен             | 1                      | 40  | 40   |

#### 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

##### Пример формирования индивидуальной схемы для РГЗ №1

##### 1. Задание

| Задание по ТЭЦ №1 |              | Вариант №... |       |
|-------------------|--------------|--------------|-------|
| Ветвь №           | Узлы нач-кон | R (Ом)       | E (В) |
| 1                 | 4 – 2        | 5.00         | .0    |
| 2                 | 3 – 2        | .00          | .0    |
| 3                 | 4 – 5        | 4.20         | .0    |
| 4                 | 1 – 6        | 1.50         | 80.0  |
| 5                 | 1 – 2        | 5.00         | .0    |
| 6                 | 4 – 1        | 5.00         | 40.0  |
| 7                 | 5 – 3        | 2.80         | .0    |
| 8                 | 6 – 3        | 1.50         | .0    |

Источник тока  $I_k(1-2) = 10.0$  (А).  
*FIZ* принять равным нулю

Таблица, составленная при помощи компьютерной программы по закону случайных чисел, содержит 4 столбца. Из столбца №1 следует, что схема содержит 8 ветвей, а из столбца №2 – схема содержит 6 узлов.

«*FIZ*» следует читать как «потенциал узла №3», «*0*» читать как «0.0».

##### 2. Порядок формирования схемы

*а)* По заданной таблице построить геометрический образ схемы в виде ориентированного графа, содержащего 6 узлов и 8 ветвей. Для этого нанести на лист бумаги 6 произвольно расположенных точек – узлов (вершины графа) и соединить их между собой линиями – ветвями произвольной формы (ребра графа), строго следуя данным столбцов №1 и №2.

Например, ветвь №6 должна *начинаться* в точке 4 и *оканчиваться* в точке 1; в соответствии с этим на рассматриваемую ветвь наносится стрелка, направленная от *начала* к *концу*, от узла 4 к узлу 1. Узел, потенциал которого принят равным нулю, удобно (но не обязательно) разместить в нижней части графа. В дальнейшем стрелки на ветвях графа будут указывать принятые направления токов (см. рис.1).

*б)* В нашем примере два узла (№5 и №6) оказались «*устраняемыми*», поскольку в каждом из них сходятся только по две ветви. Каждую пару ветвей, соединенных в этих узлах последовательно, целесообразно заменить соответствующей одной ветвью. В этом случае узлы 5 и 6 исчезнут («*устранятся*»). Новый граф (и схема) будут содержать 4 узла и 6 ветвей.

*в)* Перечертить граф в удобном для обозрения виде, не допуская пересечения ветвей.

*г)* Ввести в ветви резисторы, сопротивления которых указаны в столбце №3 таблицы, а также два источника ЭДС, величины которых и размещение в схеме указаны в столбце №4.

Например, источник в ветви №6 имеет величину ЭДС 40 В и направление от узла 4 к узлу 1.

д) В нижней части таблицы указаны величина и узлы подключения источника тока. В нашем примере ветвь с источником тока 10 А размещена между узлами 1 и 2, следовательно, *параллельно ветви 5*, а ток источника направлен *от* узла 1 к узлу 2.

е) На рис. 2 представлен возможный окончательный вид так называемой **ИСХОДНОЙ** схемы.

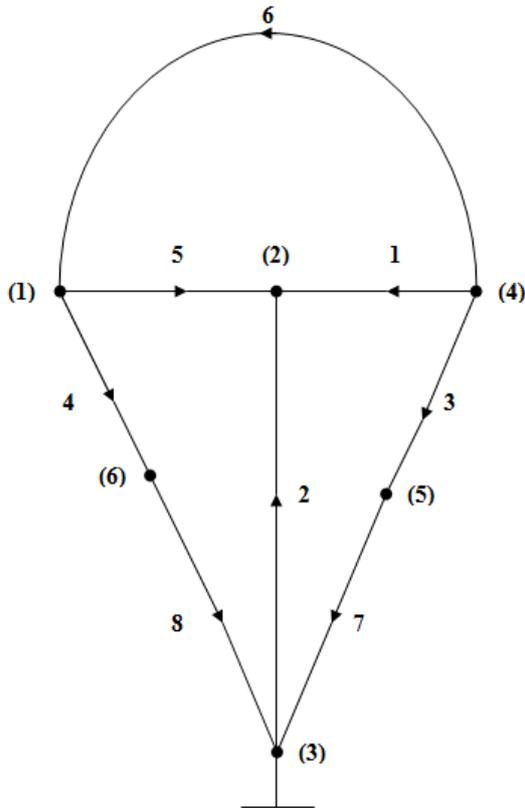


Рис. 1

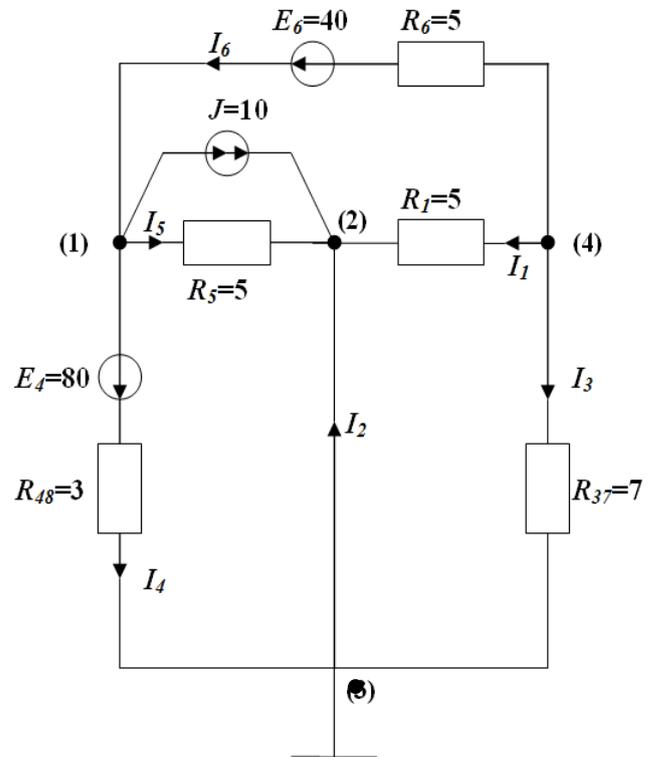


Рис. 2

## Пример задания и формирования индивидуальной схемы для КР №2

### 1. Задание

| ЗАДАНИЕ ПО ТЭЦ № 2   | № 1224 |
|--|--------|
| $e_1 = 141.00 \cdot \sin(500 \cdot t + 90)$ В.<br>$e_3 = 141.00 \cdot \sin(500 \cdot t - 315)$ В.<br>$R_3 = 400.0$ Ом. $L_1 = .100$ Гн. $C_2 = 50.00$ мкФ<br>$L_{кат.2} = .140$ Гн. НАМОТКА КАТ.2 ПРАВАЯ<br>$L_{кат.3} = .160$ Гн. НАМОТКА КАТ.3 ЛЕВАЯ<br>$M(1-3) = .100$ Гн.<br>НАГРУЗКА: $C_N = 100.000$ мкФ. СОЕ-НИЕ ЗВЕЗДА |        |

Задание формируется в виде таблицы, составленной при помощи компьютерной программы по закону случайных чисел. Схема содержит 3 основных ветви, две из которых индуктивно связаны. К выходам ветвей подключается нагрузка, которая может быть соединена в ЗВЕЗДУ или в ТРЕУГОЛЬНИК. Таблица отражает содержание элементов ветвей и схему соединения нагрузки.

## 2. Порядок формирования схемы

Схему электрической цепи рекомендуется составлять в такой последовательности:

1. В соответствии с индивидуальной карточкой изобразить один из двух оргграфов цепи (СОЕ-НИЕ ТР-К (Рис. 3,а) или СОЕ-НИЕ ЗВЕЗДА (Рис. 3,б));

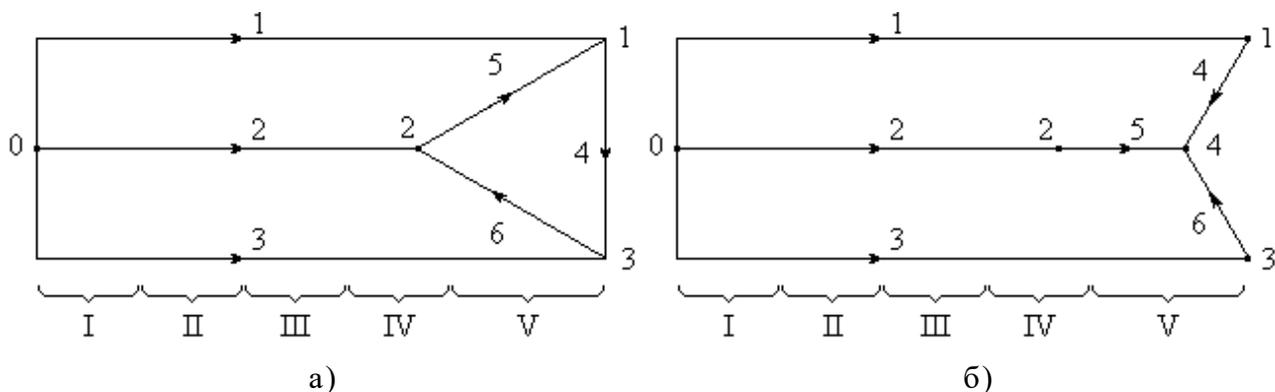
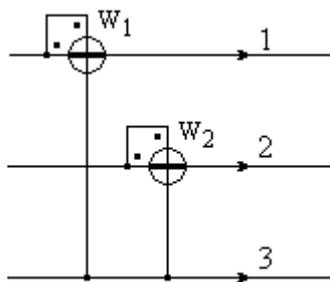
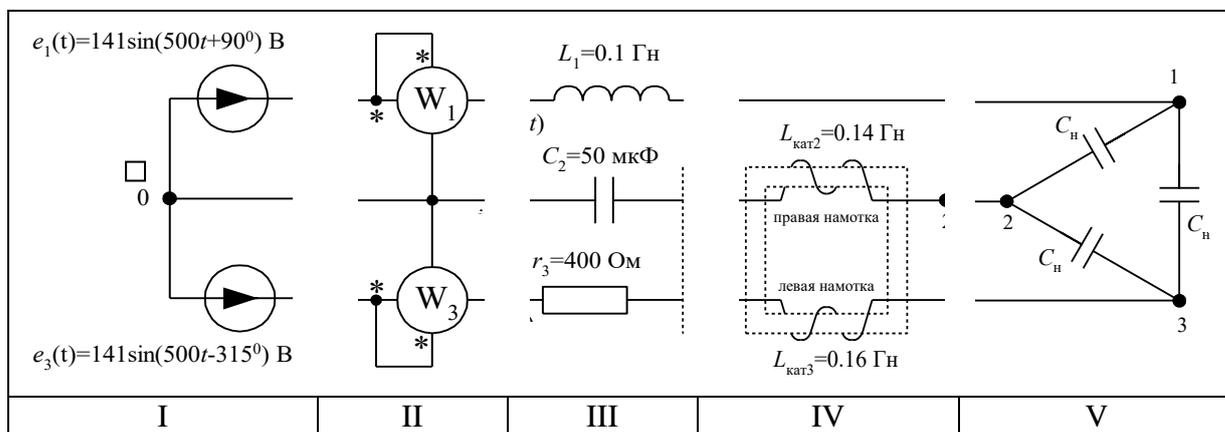


Рис. 3

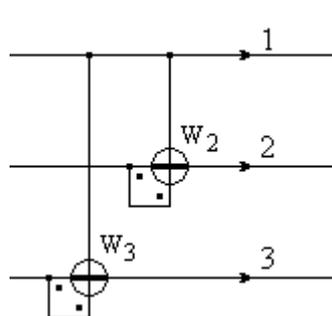
2. Элементы схемы цепи размещаются по зонам рёбер 1 – 3 и 4 – 6:

- I – зона источников ЭДС,
- II – зона ваттметров, измеряющих значения активных мощностей, отдаваемых источниками ЭДС (Рис. 4),
- III – зона пассивных элементов схемы электрической цепи,
- IV – зона магнитно связанных катушек;
- V – зона треугольника или звезды элементов симметричной нагрузки (НАГРУЗКА:), образованной конденсаторами (СН) или катушками (ЛН) с одинаковыми значениями параметров этих элементов — ёмкости  $C_H$  или индуктивности  $L_H$  соответственно.

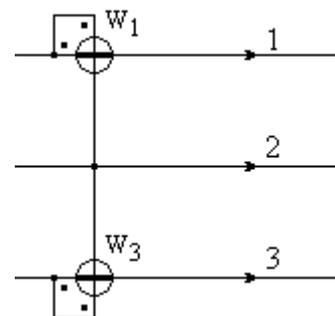
3. Токовые обмотки ваттметров включаются в ветви, в которых расположены источники ЭДС. Возможные схемы включения ваттметров приведены на рис. 4.



а)



б)



в)

Рис. 4 Схемы включения ваттметров

Методические рекомендации:

1. За положительные направления тока  $i$ -ой ветви схемы  $I_i$  и ЭДС её источника  $E_i$  принять ориентацию рёбер орграфа цепи;
2. Заданные в индивидуальной карточке положительные направления токов и ЭДС ветвей схемы и их нумерацию сохранить неизменными.
3. Если предварительно упростить схему, сделав «развязку» индуктивной связи (зона IV) и преобразовав (при необходимости) треугольник нагрузки в эквивалентную звезду (зона V), то для расчета токов наиболее рациональным является метод узловых потенциалов. После преобразований полученную расчетную схему представить в виде рис. 5.

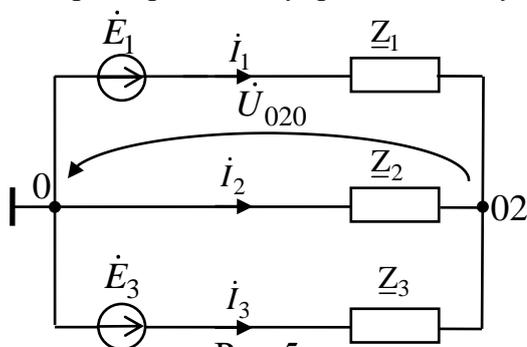


Рис.5

и преобразовав (при необходимости) треугольник нагрузки в эквивалентную звезду (зона V), то для расчета токов наиболее рациональным является метод узловых потенциалов. После преобразований полученную расчетную схему представить в виде рис. 5.

4. Для наглядности **исходную** схему повторить рядом с топографической диаграммой.

5. На топографической диаграмме должны быть приведены **все** векторы напряжений элементов **исходной** схемы, включая векторы **напряжений взаимной индукции**.
6. Пронумеровать страницы.