

УДК 621.3.11(075.8)

ББК 31.211я73

Н84

Носов Г.В.

Н84 Теоретические основы электротехники. Установившийся режим в линейных цепях: учебное пособие / Г.В. Носов, Е.О. Кулешова, В.А. Колчанова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 215 с.

В пособии рассмотрены основные положения теории линейных электрических цепей и их свойства. Приведены методы решения задач по следующим разделам: цепи постоянного тока, цепи однофазного синусоидального и трехфазного токов. Теоретический материал закрепляется примерами и контрольными заданиями с методическими указаниями по их выполнению с использованием программно-интегрированной среды Mathcad.

Предназначено для самостоятельной работы студентов Электротехнического института ТПУ.

УДК 621.3.11(075.8)

ББК 31.211я73

Рецензенты

Доктор физико-математических наук
ведущий научный сотрудник Института оптики атмосферы
СО РАН им. В.Е. Зуева
Ф.Ю. Канев

Кандидат технических наук, доцент ТУСУРа
Т.В. Ганджа

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Носов Г.В., Кулешова Е.О., Колчанова В.А., 2011

© Обложка. Издательство Томского
политехнического университета, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ.....	8
1.1. Электрические заряды. Закон Кулона	8
1.2. Электростатическое поле	11
1.3. Поляризация диэлектрика и электризация проводника внешним электростатическим полем	15
1.4. Расчет дипольного момента	20
1.5. Электростатическое поле на далёких расстояниях	26
2. ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.....	29
3. ПОСТОЯННЫЙ ТОК	34
3.1. Законы Кирхгофа	34
<i>Первый закон Кирхгофа.....</i>	<i>34</i>
<i>Второй закон Кирхгофа.....</i>	<i>34</i>
<i>Метод законов Кирхгофа</i>	<i>35</i>
3.2. Теорема Телледжена	35
3.3. Потенциальная диаграмма	36
3.4. Метод контурных токов.....	38
3.5. Метод узловых потенциалов	39
3.6. Метод преобразования	41
<i>Правило разброса тока.....</i>	<i>41</i>
<i>Обобщенный закон Ома.....</i>	<i>41</i>
<i>Последовательное соединение ЭДС и сопротивлений</i>	<i>42</i>
<i>Параллельное соединение источников тока.....</i>	<i>43</i>
<i>Параллельное соединение ЭДС, источников тока и сопротивлений</i>	<i>43</i>
<i>Замена источника тока на источник ЭДС и наоборот.....</i>	<i>44</i>
<i>Преобразование треугольника в звезду и наоборот.....</i>	<i>45</i>
<i>Перенос источников ЭДС.....</i>	<i>45</i>
<i>Перенос источников тока</i>	<i>46</i>
3.7. Метод наложения	46
<i>Принцип наложения</i>	<i>46</i>
3.8. Метод эквивалентного генератора	48
<i>Теорема об эквивалентном генераторе</i>	<i>48</i>
4. ЗАДАНИЕ № 1.....	50
4.1. Линейные электрические	50
4.2. Методические указания к заданию № 1.....	53
4.3. Документ MathCad.....	67
5. СИНУСОИДАЛЬНЫЙ ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК	73
5.1. Действующие значения гармонических токов и напряжений...	73

Действующее значение тока	74
Действующее значение напряжения	74
5.2. Символический метод	74
5.3. Действия с комплексными числами	75
1. Переход от алгебраической формы записи к показательной форме	75
2. Переход от показательной формы записи к алгебраической форме	75
3. Сложение и вычитание	76
4. Умножение.....	76
5. Деление	76
6. Возведение в степень	76
7. Некоторые соотношения.....	76
5.4. Действия с синусоидальными величинами	76
1. Сложение	76
2. Вычитание	77
3. Дифференцирование.....	78
3. Интегрирование	78
5.5. Закон Ома в комплексной форме.....	78
5.6. Законы Кирхгофа в комплексной форме	80
Первый закон Кирхгофа в комплексной форме	80
Второй закон Кирхгофа в комплексной форме	81
5.7. Мощность при гармонических напряжениях и токах	82
5.8. Топографические и лучевые векторные диаграммы	84
5.9. Линейные электрические цепи со взаимной индуктивностью.....	87
6. Согласное включение.....	88
5.10. Последовательное соединение индуктивно связанных	
элементов	91
8. Согласное включение (+).....	92
9. Встречное включение (–)	92
5.11. Параллельное соединение индуктивно связанных элементов.....	93
5.12. Развязка индуктивной связи	93
10. Два индуктивно связанных элемента подходят одинаковым	
образом к общему узлу (d)	94
11. Два индуктивно связанных элемента подходят различным	
образом к общему узлу (d)	94
6. ЗАДАНИЕ № 2.....	97
6.2. Методические указания к работе № 2	98
6.3. Документ MathCad	111
7. РЕЗОНАНС В ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКИХ	
НАПРЯЖЕНИЯХ И ТОКАХ.....	118
7.1. Резонанс напряжений	119

7.2. Частотные и резонансные характеристики	121
7.3. Резонансные кривые	122
7.4. Резонанс токов	125
7.5. Резонансные характеристики	127
7.6. Резонанс в индуктивно связанных контурах	130
8. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ.....	133
8.1. Соединения обмоток генераторов и трансформаторов	134
Симметричная система фазных ЭДС	135
Фазовый оператор	137
Фазные напряжения(напряжения приёмника).....	137
Линейные напряжения	138
8.2. Симметричный режим трехфазной цепи	139
Соединение звезда-звезда с нулевым проводом	139
Соединение нагрузки треугольником	141
Трехфазная цепь в симметричном режиме	143
8.3. Несимметричный режим трехфазных цепей	145
Соединение несимметричной нагрузки ($\underline{Z}_A \neq \underline{Z}_B \neq \underline{Z}_C$) звездой	
при заданных фазных ЭДС	146
Соединение несимметричной нагрузки звездой без нулевого провода	
при ($\underline{Z}_A \neq \underline{Z}_B \neq \underline{Z}_C$) заданных линейных напряжениях	148
Соединение несимметричной нагрузки ($\underline{Z}_A \neq \underline{Z}_B \neq \underline{Z}_C$) треугольником	
150	
Несимметричный режим сложной трехфазной цепи	151
8.4. Измерение мощности. Вращающееся магнитное поле	154
Измерение суммарной активной мощности трехфазной цепи	
с нулевым проводом.....	155
Измерение суммарной активной мощности трехфазной цепи	
без нулевого провода.	156
Измерение суммарной реактивной мощности трехфазной цепи	
без нулевого провода в симметричном режиме.	156
9. ЗАДАНИЕ № 3.....	160
9.1. Линейные трехфазные цепи с гармоническими	
напряжениями и токами.....	160
9.2. Схемы для задания 4	161
9.3. Методические указания к заданию № 3	163
9.4. Документ Mathcad.....	168
10. МЕТОД СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ	174
10.1. Расчет при обрыве одной фазы (продольная несимметрия)	180
Расчетные схемы для обрыва фазы С	182
Векторная диаграмма.....	185

<i>Баланс мощностей</i>	185
10.2. Расчет при коротком замыкании одной фазы	
(поперечная несимметрия)	186
<i>Расчетные схемы для особой фазы В</i>	188
<i>Баланс мощностей</i>	191
<i>Векторная диаграмма</i>	192
10.3. Расчет при коротком замыкании двух фаз	
(поперечная несимметрия)	192
<i>Расчетные схемы для особой фазы А</i>	194
<i>Векторная диаграмма</i>	195
10.4. Расчет при коротком замыкании между фазами	
(поперечная несимметрия)	196
<i>Расчетные схемы для особой фазы А</i>	197
<i>Векторная диаграмма</i>	198
11. ЗАДАНИЕ № 4	198
11.2. Методические указания к заданию № 4	200
11.3. Документ MathCad	209
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	214