

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Теоретические основы электротехники

: 11.03.04

, :

: 2, : 3 4

		3	4
1	()	3	5
2		108	180
3	, .	78	84
4	, .	36	36
5	, .	18	18
6	, .	18	18
7	, .	12,5	17,5
8	, .	2	2
9	, .	4	10
10	, .	30	96
11	(, ,)		
12			

(): 11.03.04

218 12.03.2015 ., : 07.04.2015 .

: 1,

(): 11.03.04

, 9 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

,

:

.

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей; в части следующих результатов обучения:	
2.	
3.	;
4.	,
5.	;
1.	;
3.	;
4.	,

2.

2.1

()
---	---

.3. 4	;
1.о разделах, составляющих основу курса	
2.об основных способах подхода к анализу электромагнитных явлений по-средством электрических цепей и полей	
3.о возможностях (и ограничениях) анализа электрических цепей и полей без использования возможностей вычислительной техники	;
4.о подходах к применению компьютерной техники для анализа электромагнитных явлений	
5.основные законы электромагнитных явлений	;
6.основные законы теории электрических цепей	;
7.основные методы расчета линейных и нелинейных цепей	;
8.основные методы экспериментальных исследований	;
.3. 2	;
9.эквивалентные схемы замещения активных и пассивных элементов электрических цепей	;
.3. 3	;
10.подходы анализа частотных и переходных характеристик двухполосников и четырехполосников	;
.3. 4	;
11.основы анализа электрических цепей с распределенными параметрами	;
.3. 5	;
12.основные методы расчета электромагнитных полей	;

.3. 4			
13.рассчитывать (вручную) простые электрические цепи с ограниченным объемом вычисления.		;	;
14.оценивать достоверность расчетов, проведенных как вручную, так и с по-мощью компьютерной техники		;	;
15.пользоваться программами расчета электрических цепей на компьютере		;	;
16.применять методы и средства измерения электрических величин при исследовании электрических цепей			
.3. 1			;
17.анализировать воздействие сигналов произвольной формы на линейные цепи в стационарных и переходных режимах		;	;
18.анализировать нелинейные цепи при постоянном и гармоническом воздействии		;	;
19.графически представлять результаты расчетов и эксперимента		;	;
20.анализировать полученные результаты		;	;
.3. 3			
;			
21.анализировать нелинейные цепи в переходных режимах		;	
22.методами расчета линейных электрических цепей постоянного и гармонического тока в переходных режимах		;	;
23.методами анализа линейных цепей в переходных режимах при воздействии сигналов произвольной формы		;	;

3.

3.1

: 3				
:				
1.	0	2	1, 2, 3, 5, 6	
:				

2.	0	2	6, 7	
3.	1	4	10, 5, 6, 7, 9	
4.	1	6	14, 15, 6, 7	
5.	0,5	2	10, 6, 8, 9	
6.	0,5	2	10, 2, 5, 6, 7, 9	" "

7.	0,5	2	5, 6, 7	
:				
8.	1	6	10, 6, 7, 8, 9	
9.	0,5	2	10, 6, 7, 9	-
:				
10.	0,5	2	17, 6, 7	
11.	0	2	13, 17, 7	
:				
12.	0,5	2	18, 6, 7, 9	
13.	0	2	15, 18, 5, 6, 7, 9	
: 4				
:				

14.		1	4	22, 6	
15.		0	2	22, 6	
16.		1	3	22, 7	
17.	CR. RC.	1	1	22	
18.		1	4	23, 6	
19.		0,5	2	15, 17, 21, 23, 4	

20.	1	3	10, 17, 7	
:				
21.	2	3	7, 9	
:				
22.	1	4	11, 2, 7, 8, 9	
23.	0,5	2	11	
: , ,				

24.		1	4	12, 2, 5	
25.		0	2	12, 2, 5	
:					
26.		0	2	12, 2	

3.2

: 3					
:					
1.		0	2	16, 20, 8	
:					
2.		0,5	2	16, 19, 20, 6, 7, 8	
3.		0,5	2	10, 16, 19, 20, 6, 8, 9	

4.	0,5	2	16, 19, 20, 6, 8, 9	,
5.	0,5	2	10, 19, 20, 6, 8	,
6.	0,5	2	16, 19, 20, 5, 6, 8, 9	,
7.	0,5	2	16, 19, 20, 6, 8	,
8.	0	2	15, 20, 6, 7	,
:				
9.	0,5	2	17, 20, 6, 8	,
: 4				
:				
10.	0,5	2	16, 19, 20, 6, 8, 9	,

11.	0,5	2	10, 16, 19, 20, 8	,
15.	0,5	2	10, 16, 19, 20, 6, 8	,
:				
16.	0,5	2	16, 18, 19, 20, 8	,
:				
12.	0,5	2	16, 19, 20, 5, 8	,
13.	0,5	2	16, 19, 20, 5, 8	,
14.	0	2	15, 19, 20, 6, 8	,
:				
17.	0,5	2	11, 16, 19, 20, 8	,
18.	0	2	11, 15, 19, 20, 8	,

	,	.		
: 3				
:				
1.	0	2	3, 6, 7	.
:				
2.	1	4	13, 14, 20, 6, 7	.
3.	0,5	2	13, 6	.
4.	1	4	13, 6, 7	.
5.	0	2	13, 14, 6, 7	.
6.	0	2	10, 13, 14, 6, 7	.
:				
7.	0,5	2	13, 17, 20, 6, 7, 9	.
: 4				
:				
,				

8.		0,5	2	13, 20, 6, 7	
9.		0,5	2	10, 13, 19, 20, 6, 7, 9	
:					
10.		0,5	2	10, 22, 6	
11.	()	0,5	2	13, 20, 22, 6	R - L R - C
12.		0,5	2	13, 22, 6, 7	
13.	RLC	0,5	2	22, 7	
14.		0,5	2	13, 23, 7	
:					
15.		0,5	2	11, 6	
:					
16.	(,)	0	2	12, 3	-

4.

: 3				
1		10, 13, 17, 6, 7	6	0

<p>2 (200700, 200800. 552500, 201000, 201200) / . . . - ;[. : . . .]. - , 2011. - 27, [1] . : . , . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884 " / [. . . .] ; , 2016. - 86, [1] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</p>				
2		13, 15, 19, 20, 22, 6, 7	6	1
<p>(200700, 200800. 552500, 201000, 201200) / - ;[. : . . .]. - , 2011. - 27, [1] . : . , . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884 " / [. . . .] ; - . - , 2016. - 86, [1] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</p>				
3		10, 13, 14, 15, 19, 20, 22, 7	6	1
<p>2 (200700, 200800. 552500, 201000, 201200) / - ;[. : . . .]. - , 2011. - 27, [1] . : . , . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884 " / [. . . .] ; - . - , 2016. - 86, [1] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</p>				
4		10, 13, 15, 17, 18, 6, 7, 9	8	0
<p>2 / [. . . .] ; , 2016. - 258, [1] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252 " / [. . . .] ; - . - , 2016. - 86, [1] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291</p>				
5		10, 13, 17, 18, 7, 9	4	2
<p>" / [. . . .] ; - . - , 2016. - 86, [1] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291 2-3 / - ;[. : . . .]. - , 2009. - 29, [2] . : . , .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000088390</p>				
: 4				
1		10, 13, 17, 22, 23, 6	8	1

	<p>2 : - / , 2004. - 98, [1] : : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029540</p> <p>2 / - ;[, 2013. - 44, [3] : : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268</p>			
2		10, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 7	52	5
	<p>2 (200700, 200800. 552500, 201000, 201200) / , 2011. - 27, [1] : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000152884</p> <p>2 : - / , 2004. - 98, [1] : : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029540</p> <p>3 : , 2005. - 62, [2] :</p>			
3		10, 11, 13, 15, 17, 22, 23, 6	12	0
	<p>2016. - 258, [1] : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232252</p> <p>2 / - ;[, 2013. - 44, [3] : : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268</p>			
4		10, 18, 21	10	2
	<p>2 (200700, 200800, 552500, 201000, 201200) /]. - , 2009. - 36, [1] : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120295</p> <p>3 : , 2005. - 62, [2] :</p>			
5		10, 11, 12, 13, 17, 21, 22, 23	14	2

2
 http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268
 2
 http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029540
 2
 http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291

5.

(5.1).

5.1

	-
	e-mail; ;
	;

5.2

1	.3;
Формируемые умения: 34. основы теории электрических и магнитных, пассивных и активных линейных и нелинейных цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами;	
Краткое описание применения: Обсуждение целесообразности использования метода расчета при решении задач	

2	.3;
Формируемые умения: 33. методы анализа частотных и переходных характеристик;; 34. основы теории электрических и магнитных, пассивных и активных линейных и нелинейных цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами; ; 35. основы теории электромагнитного поля	
Краткое описание применения: Обсуждение и принятие алгоритма решения поставленной задачи	

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

11. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : [учебник для вузов] / Л. А. Бессонов. - М., 1986. - 262, [1] с. : ил., табл.

1. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Атабеков. - 7-е изд. — Санкт-Петербург : изд-во «Лань», 2009. — 592 с. - Режим доступа: <http://nashol.com/2014072279072/teoreticheskie-osnovi-elektrotehniki-lineinie-elektricheskie-cep-i-atabekov-g-i-2009.html>. - Загл. с экрана.

2. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

3. Евсеев М. Е. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. Е. Евсеев. — Санкт-Петербург : Политехника, 2008. — 380 с. - Режим доступа: <http://nashol.com/2015051084569/teoreticheskie-osnovi-elektrotehniki-evseev-m-e-2008.html>. - Загл. с экрана.

4. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

5. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

6. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>

7. :

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

2. Афанасьев В. В. Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях. Ч. 3 : учебно-методическое пособие / В. В. Афанасьев, В. В. Богданов, А. В. Сапсалева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 62, [2] с. : ил.

3. Введение в основы теории цепей и ее аксиомы : методическое пособие для 2-3 курсов радиотехнических и телекоммуникационных специальностей дневной и заочной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев и др.]. - Новосибирск, 2009. - 29, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000088390

4. Электротехника. Практические занятия : учебно-методическое пособие для 2 курса ИСТР по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [В. В. Богданов и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 86, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230291

5. Классический метод анализа переходных режимов работы электрических цепей в теории и задачах : методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе для 2 курса факультета радиотехники и электроники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Сапсалева, О. Б. Давыденко]. - Новосибирск, 2013. - 44, [3] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185268

6. Применение стандартных компьютерных программ для анализа линейных резистивных электрических схем : методическое пособие по основам теории цепей для 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

7. 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://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120295

8. Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях. Ч. 2 : методическое пособие для самостоятельной работы 2 курса физико-технического и радиотехнического факультетов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Афанасьев, В. В. Богданов, А. В. Сапсалева]. - Новосибирск, 2004. - 98, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029540

8.2

1 Multisim AcademicEdition

9.

-

1	(Internet)	, ,

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теоретические основы электротехники 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)
ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	з2. эквивалентные схемы активных элементов	<p>Электрическая цепь. Основные определения. Пассивные и активные элементы, их параметры. Схема электрической цепи. Топологические элементы схемы. Понятие активного и пассивного двухполюсника. Эквивалентные схемы активного двухполюсника. Переменный синусоидальный ток. Синусоидальная функция, ее характеристика. Комплексная плоскость, действия на комплексной плоскости. Изображение синусоидальной функции вектором на комплексной плоскости. Синусоидальный ток в цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью. Комплексные соотношения. Векторные диаграммы. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Последовательное соединение активного сопротивления, индуктивности, емкости. Комплекс входного сопротивления. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения. Расчет электрических цепей с одним источником Расчет активных цепей. Методы анализа активных цепей. Расчет активных цепей с использованием графов. Применение направленного графа прохождения сигналов. Экспериментальное исследование двухполюсников. Резонанс в электрической цепи. Последовательный колебательный контур. Параллельный колебательный. Связанные электрические цепи. Взаимная индукция. Последовательное соединение катушек. Согласно,</p>	<p>Курсовая работа (4), часть 1, разделы: 1.2 - 1.9.</p> <p>Отчет по лабораторной работе (3): № 4, № 5, № 6, № 8, № 11, № 12, № 14.</p> <p>Отчет по лабораторной работе (4): № 20, № 21, № 26, № 27.</p>	<p>Зачет (3), вопросы 1- 26.</p> <p>Экзамен (4), вопросы 1, 2, 5-8, 12-16, 39-52.</p>

		<p>встречное включение. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками. Расчет электрических цепей при несинусоидальных входных воздействиях Четырехполюсники. Исследование линейного пассивного четырехполюсника. Простые четырехполюсники. Уравнения передачи и параметры четырехполюсников. Определение параметров. Матрицы параметров и схемы замещения четырехполюсников. Характеристические параметры. Входные и передаточные функции. Частотные характеристики четырехполюсников. Обратная связь. Влияние обратной связи на характеристики активных четырехполюсников. Фильтры. Элементарные фильтры. Лестничные фильтры. Мостовые фильтры. Безындукционные фильтры. Расчет фильтров. Нелинейные двухполюсники и четырехполюсники. Нелинейные цепи постоянного тока. Элементы нелинейных цепей. Параметры. Методы расчета. Особенности нелинейных цепей переменного тока. Полупроводниковых приборы в цепях переменного тока. Влияние характеристик ферромагнитных материалов на форму тока в цепях. Подходы к анализу нелинейных цепей переменного тока. Цепи с распределенными параметрами. Динамические погонные характеристики линии. Динамические уравнения линии. Телеграфные уравнения. Волны напряжения и тока. Параметры бегущих волн. Определение параметров линии.</p>		
ОПК.3	33. методы анализа частотных и переходных характеристик;	<p>Переменный синусоидальный ток. Синусоидальная функция, ее характеристика. Комплексная плоскость, действия на комплексной плоскости. Изображение синусоидальной функции</p>	<p>Курсовая работа (4). Часть 1, разделы: 1.2 – 1.8. Часть 2, разделы: 2.2, 2.3 . Контрольная работа (3), темы 1-5.</p>	<p>Зачет (3), вопросы 6 – 10, 20 - 27. Экзамен (4), вопросы: 6 – 24.</p>

		<p>вектором на комплексной плоскости. Синусоидальный ток в цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью. Векторные диаграммы. Комплексные соотношения. Расчет электрических цепей с одним источником. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Последовательное соединение активного сопротивления, индуктивности, емкости. Комплекс входного сопротивления. Расчет электрических цепей в резонансных режимах. Резонанс в электрической цепи. Последовательный колебательный контур. Параллельный колебательный контур. Исследование электрических цепей в резонансных режимах. Связанные электрические цепи. Взаимная индукция. Последовательное соединение катушек. Согласное, встречное включение. Расчет цепей с взаимной индуктивностью в установившемся режиме. Исследование связанных колебательных контуров. Спектральный метод анализа. Преобразование Фурье. Спектры сигналов. Ряд и интеграл Фурье. Свойства преобразования Фурье. Спектры апериодических функций, некоторых форм сигналов. Спектры модулированных колебаний. Прохождение импульса через электрическую цепь. Анализ прохождения сигналов через цепи спектральным методом. Экспериментальное исследование двухполюсников в частотной области. Передача сигналов через четырехполюсники. Фильтры. Элементарные фильтры. Лестничные фильтры. Мостовые фильтры. Безындукционные фильтры. Расчет фильтров. Исследование линейных частотных фильтров. Четырехполюсники. Простые четырехполюсники. Уравнения передачи и параметры четырехполюсников. Характеристические параметры. Определение</p>	<p>Контрольная работа (4), темы 1-6.</p> <p>Отчет по лабораторной работе (3): № 5, № 6, № 8, № 11, № 12, № 14.</p> <p>Отчет по лабораторной работе (4): № 20, № 21, № 22.</p>	
--	--	---	---	--

		<p>параметров. Входные и передаточные функции. Матрицы параметров и схемы замещения четырехполюсников. Частотные характеристики четырехполюсников. Преобразование Лапласа и его свойства. Анализ переходного процесса операторным методом. Анализ переходного процесса с помощью преобразования Лапласа по заданной комплексной частотной характеристике. Единичная функция и переходная характеристика цепи. Интеграл Дюамеля. Импульсная функция и импульсная характеристика. Интеграл наложения. Связь между переходной и импульсной характеристиками, между интегралом Дюамеля и интегралом наложения.</p>		
ОПК.3	<p>34. основы теории электрических и магнитных, пассивных и активных линейных и нелинейных цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами;</p>	<p>Электрическая цепь. Основные определения. Пассивные и активные элементы, их параметры. Схема электрической цепи. Топологические элементы схемы. Основные законы электрических цепей: закон Ома, законы Кирхгофа. Электрическая цепь с одним источником энергии. Понятие входного сопротивления. Простейшие преобразования пассивных цепей. Передача мощности от активного двухполюсника к пассивному. Исследование состояния цепи постоянного тока. Расчет электрических цепей с одним источником. Расчет электрических цепей постоянного тока с одним источником энергии. Входное сопротивление. Преобразование схем. Расчет сложных электрических цепей постоянного тока. Свойства и принципы расчета линейных цепей постоянного тока. Методы расчета электрических цепей в установившихся режимах. Метод наложения. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Метод эквивалентного генератора. Применение методов расчета. Оценка результатов расчета. Мощность в электрических цепях. Баланс мощностей.</p>	<p>Курсовая работа (4). Часть 1, разделы: 1.2, 1.7, 1.8. Часть 2, разделы: 2.1. РГЗ-1 (3), разделы: 1 – 6. РГЗ-2 (3), разделы: 1 – 5. Контрольная работа (3), темы 1-6. Контрольная работа (4), темы 1-5. Отчет по лабораторной работе (3): № 4, № 5, № 6, № 8, № 11, № 12, № 14. Отчет по лабораторной работе (4): № 20, № 21, № 22, № 23, № 24, № 25, № 26, № 27, № 30.</p>	<p>Зачет (3), вопросы 1 - 27. Экзамен (4), вопросы: 1 – 52.</p>

		<p>Расчет цепей синусоидального тока в установившемся режиме.</p> <p>Переменный синусоидальный ток. Синусоидальная функция, ее характеристика.</p> <p>Подходы к анализу цепей переменного тока.</p> <p>Векторные диаграммы.</p> <p>Пассивный двухполосник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения. Цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью.</p> <p>Символический метод расчета. Комплексная плоскость, Изображение синусоидальной функции вектором на комплексной плоскости, действия на комплексной плоскости.</p> <p>Комплексные соотношения.</p> <p>Последовательное соединение активного сопротивления, индуктивности, емкости.</p> <p>Комплекс входного сопротивления. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Аналогия уравнений.</p> <p>Согласование нагрузки с источником</p> <p>Исследование электрических цепей в резонансных режимах. Резонанс в электрической цепи.</p> <p>Последовательный колебательный контур.</p> <p>Параллельный колебательный контур. Расчет электрических цепей в резонансных режимах.</p> <p>Связанные электрические цепи. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками.</p> <p>Взаимная индукция.</p> <p>Согласное, встречное включение. Передача энергии между индуктивно связанными элементами.</p> <p>Расчет цепей со взаимной индуктивностью в установившемся режиме.</p> <p>Последовательное соединение катушек.</p> <p>Трансформатор без сердечника.</p> <p>Исследование связанных колебательных контуров.</p> <p>Связанные колебательные контура, настройка, частотные характеристики, полоса пропускания.</p> <p>Четырехполосники.</p> <p>Уравнения передачи и параметры четырехполосников.</p>	
--	--	--	--

	<p>Простые четырехполюсники. Характеристические параметры. Определение параметров. входные и передаточные функции. Матрицы параметров и схемы замещения четырехполюсников. Исследование линейного пассивного четырехполюсника. Исследование линейных частотных фильтров. Исследование электрической цепи при несинусоидальном входном воздействии. Спектральный метод анализа. Преобразование Фурье. Спектры сигналов. Ряд и интеграл Фурье. Свойства преобразования Фурье. Расчет цепей несинусоидального тока. Анализ несинусоидальной периодической ЭДС. Влияние приемника на форму тока при несинусоидальном напряжении. Анализ и расчет цепей несинусоидального тока.</p> <p>Исследование нелинейной цепи. Нелинейные цепи постоянного тока. Элементы нелинейных цепей. Нелинейные двухполюсники и четырехполюсники. Параметры. Методы расчета. Особенности нелинейных цепей переменного тока. Подходы к анализу нелинейных цепей переменного тока.</p> <p>Полупроводниковых приборы в цепях переменного тока. Влияние характеристик ферромагнитных материалов на форму тока в цепях. Классический метод расчета переходных процессов. Законы коммутации. Исследование переходных процессов в цепях с одним реактивным элементом. Исследование переходных процессов в цепях с двумя реактивными элементами. Операторный метод расчета переходных процессов. Преобразование Лапласа и его свойства. Эквивалентные операторные схемы. Законы Кирхгофа, Ома и операторной форме. Анализ переходного процесса операторным методом.</p> <p>Метод переменных состояния. Электрические цепи с распределенными</p>		
--	---	--	--

		<p>параметрами. Динамические погонные характеристики линии. Динамические уравнения линии. Телеграфные уравнения. Волны напряжения и тока. Параметры бегущих волн. Режимы работы цепей с распределенными параметрами. Линии без искажений. Линии без потерь. Режим бегущих волн. Стоячие волны. Исследование линейной однородной цепной схемы. Определение параметров линии. Магнитные цепи. Расчет магнитных цепей постоянного тока. Особенности расчета магнитных цепей переменного тока.</p>		
ОПК.3	35. основы теории электромагнитного поля	<p>Основы теории электромагнитного поля. Основные вектора. Суперпозиция. Средние величины и понятие сплошных сред. Теория цепей и теория поля. Градиент. Дивергенция. Ротор. Уравнения Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Следствия, вытекающие из уравнений Максвелла. Энергия электромагнитного поля. Уравнение Пойтинга. Скалярный и векторный потенциал. Уравнения Лапласа-Пуассона. Электростатическое и магнитостатическое поля. Электрическое и магнитное поле постоянного тока. Переменное электромагнитное поле. Диэлектрик и ферромагнетик в переменном поле. Плоская электромагнитная волна в диэлектрике. Волновое уравнение. Распространение плоской волны. Расчет одномерных полей (потенциальные, вихревые поля).</p>		Экзамен (4), вопросы 53-65.
ОПК.3	у1. анализировать воздействие сигналов на линейные и нелинейные цепи;	<p>Исследование состояния цепи постоянного тока. Свойства и принципы расчета линейных цепей постоянного тока. Расчет сложных электрических цепей постоянного тока. Применение методов расчета. Оценка результатов расчета. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и</p>	<p>Курсовая работа (4). Часть 1, разделы: 1.2 - 1.8. РГЗ-1 (3), разделы: 1 – 6. РГЗ-2 (3), разделы: 1 – 5. Контрольная работа (3), темы 1- 6. Контрольная работа (4), темы 1- 2.</p>	<p>Зачет (3), вопросы 1 - 27. Экзамен (4), вопросы: 1 – 16, 39 - 51.</p>

		<p>его схемы замещения. Классический метод расчета (цепи синусоидального тока). Комплекс входного сопротивления. Законы Кирхгофа в комплексной форме. Символический метод расчета. Автоматизированный анализ электрических цепей при гармоническом воздействии. Исследование электрических цепей в резонансных режимах. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками. Исследование связанных колебательных контуров. Исследование линейного пассивного четырехполюсника. Определение параметров четырехполюсников. Исследование электрической цепи при несинусоидальном воздействии. Анализ и расчет цепей несинусоидального тока. Анализ несинусоидальной периодической ЭДС. Несинусоидальные кривые с периодической огибающей. Расчет электрических цепей при несинусоидальных входных воздействиях. Влияние приемника на форму тока при несинусоидальном напряжении. Спектральный метод анализа. Преобразование Фурье. Спектры сигналов. Ряд и интеграл Фурье. Свойства преобразования Фурье. Спектры аperiodических функций, некоторых форм сигналов. Спектры модулированных колебаний. Анализ прохождения сигналов через цепи спектральным методом. Действующие значения токов, напряжений. Исследование линейных частотных фильтров. Прохождение импульса через электрическую цепь. Передача сигналов через четырехполюсники. Частотные характеристики четырехполюсников. Экспериментальное исследование двухполюсников в частотной области. Исследование линейной однородной цепной схемы.</p>	<p>Отчет по лабораторной работе (3): № 4, № 5, № 6, № 8, № 11, № 12, № 14, № 29. Отчет по лабораторной работе (4): № 20, № 21, № 22, № 26, № 27.</p>	
--	--	---	---	--

		<p>Компьютерный анализ режимов работы отрезка линии без потерь.</p> <p>Исследование нелинейной цепи. Нелинейные двухполюсники и четырехполюсники.</p> <p>Нелинейные цепи постоянного тока. Элементы нелинейных цепей.</p> <p>Параметры. Методы расчета. Особенности нелинейных цепей переменного тока.</p> <p>Полупроводниковых приборы в цепях переменного тока.</p> <p>Влияние характеристик ферромагнитных материалов на форму тока в цепях.</p> <p>Подходы к анализу нелинейных цепей переменного тока.</p>		
ОПК.3	у3. владеть методами анализа переходных процессов в линейных и нелинейных цепях;	<p>Переходные процессы в электрических цепях.</p> <p>Основные понятия и определения. Классический метод расчета переходных процессов. Законы коммутации. Порядок характеристического уравнения. Переходный процесс при включении цепи с катушкой индуктивности на постоянное и синусоидальное напряжение. Переходный процесс при включении конденсатора на постоянное и синусоидальное напряжение.</p> <p>Дифференцирующие и интегрирующие цепи.</p> <p>Дифференцирующая цепь CR</p> <p>Интегрирующая цепь RC.</p> <p>Анализ переходных процессов в цепях второго порядка.</p> <p>Анализ переходных процессов в RLC цепи. Разряд конденсатора на катушку индуктивности.</p> <p>Операторный метод расчета переходных процессов.</p> <p>Преобразование Лапласа и его свойства. Эквивалентные операторные схемы. Законы Кирхгофа, Ома и операторной форме. Анализ переходного процесса операторным методом. Анализ переходного процесса с помощью преобразования Лапласа по заданной комплексной частотной характеристике.</p> <p>Метод переменных состояния</p> <p>Переходные процессы при произвольном воздействии.</p> <p>Интеграл Дюамеля. Расчет переходного процесса при произвольных входных воздействиях. Единичная</p>	<p>Курсовая работа (4). Часть 2, разделы: 2.1, 2.2.</p> <p>Контрольная работа (4), темы 3- 4.</p> <p>Отчет по лабораторной работе (4): № 23, № 24, № 25, № 30.</p>	Экзамен (4), вопросы: 17 - 37.

		<p>функция и переходная характеристика цепи. Интеграл Дюамеля. Импульсная функция и импульсная характеристика. Интеграл наложения. Связь между переходной и импульсной характеристиками, между интегралом Дюамеля и интегралом наложения.</p>		
ОПК.3	<p>у4. проводить анализ цепей при постоянных и синусоидальных воздействиях, а также при воздействии сигналов произвольной формы, импульсных сигналов;</p>	<p>Свойства и принципы расчета линейных цепей. Исследование состояния цепи постоянного тока. Расчет сложных электрических цепей постоянного тока. Методы расчета электрических цепей в установившихся режимах Метод наложения. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Метод эквивалентного генератора. Мощность в электрических цепях. Баланс мощностей. Подходы к анализу цепей переменного тока. Классический метод расчета цепи синусоидального тока. Символический метод расчета. Автоматизированный анализ электрических цепей при гармоническом воздействии. Оценка результатов расчета. Согласование нагрузки с источником. Расчет электрических цепей в резонансных режимах. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками. Исследование связанных колебательных контуров. Исследование линейного пассивного четырехполюсника. Определение параметров четырехполюсников. Исследование линейных частотных фильтров. Исследование нелинейной цепи. Классический метод расчета переходных процессов. Исследование переходных процессов в цепях с одним реактивным элементом Исследование переходных процессов в цепях с двумя реактивными элементами. Операторный метод расчета переходных процессов. Переходные процессы при произвольном воздействии. Интеграл Дюамеля. Метод переменных состояния.</p>	<p>Курсовая работа (4). Часть 1, разделы: 1.2, 1.8. Часть 2, разделы: 2.1, 2.2. РГЗ-1 (3), разделы: 1 – 6. РГЗ-2 (3), разделы: 1 – 5. Контрольная работа (3), темы 1- 5. Контрольная работа (4), темы 1- 6. Отчет по лабораторной работе (3): № 4, № 5, № 6, № 8, № 11, № 12, № 29. Отчет по лабораторной работе (4): № 20, № 21, № 22, № 23, № 24, № 25, № 30.</p>	<p>Зачет (3), вопросы 1 - 27. Экзамен (4), вопросы: 1 – 37.</p>

		Компьютерный анализ переходных процессов.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3.

Зачет и экзамен проводятся в письменной форме, по билетам. Билеты составляются из вопросов, приведенных в паспортах зачета, экзамена, соответственно, и позволяют оценить показатели сформированности соответствующих компетенций.

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

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графические задания (РГЗ-1 и РГЗ-2), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ (3), контрольной работы (3).

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются контрольная работа (4), курсовая работа. Требования к выполнению контрольной работы, курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы, курсовой 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 ОПК.3, 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 зачета

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 3 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: один вопрос, выбирается из перечня вопросов (п. 4); и задача, на тему «Анализ электрической цепи переменного тока при гармоническом или несинусоидальном воздействии в стационарном режиме». В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

Билет №

к зачету по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

1. Теоретический вопрос.
2. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭЭ _____
(подпись)

Дата _____ 201_г.

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопрос не показывает знания основ теории электрических цепей, подходов к анализу цепей в стационарном режиме, при решении задачи допускает принципиальные ошибки,

оценка составляет менее 10 баллов.

- Ответ на билет для зачета 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 10 до 13 баллов.

- Ответ на билет для зачета 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 14 до 17 баллов**.

- Ответ на билет для зачета 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 её решения, оценка составляет **от 18 до 20 баллов**.

3. Шкала оценки

Студент допускается к зачету, если в течение семестра набирает за выполнение заданий запланированных рабочей программой дисциплины не менее 40 баллов.

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

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

Итоговая оценка за семестр определяется совокупностью баллов набранных в течение семестра и на экзамене, и выставляется в «буквенной форме» (15-уровневая шкала ECTS) и в традиционной форме (четырёхуровневая шкала либо «зачтено»), в соответствии с таблицей 1.

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		

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

1. Источники и потребители (приемники) электрической энергии. Понятия о пассивных и активных элементах и участках цепей. Схемы замещения реальных источников.
2. Идеализированные пассивные элементы электрических цепей. Определения сопротивления, проводимости, емкости и индуктивности. Зависимости между током, напряжением, мощностью и энергией для идеализированных пассивных элементов.
3. Нелинейные пассивные элементы.
4. Соединение двухполюсных элементов: последовательное и параллельное соединение, взаимные преобразования.
5. Физическое содержание законов Кирхгофа. Законы Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений.
6. Понятие о периодических процессах. Период, частота. Гармонические колебания. Мгновенное значение, текущая и начальная фазы, амплитуда, частота и угловая частота гармонического колебания. Среднее и действующее значения периодической функции.
7. Векторное отображение гармонических функций. Комплексная амплитуда, комплексное действующее значение гармонического тока и напряжения. Понятие о комплексном методе. Комплексные входное сопротивление и проводимость.
8. Идеализированные двухполюсные элементы при гармоническом воздействии. Временные диаграммы для тока, напряжения и мощности. Последовательное и параллельное соединение двухполюсников при гармоническом воздействии.
9. Энергетические соотношения цепях при гармоническом воздействии. Мгновенная, средняя (активная), реактивная, полная и комплексная мощности. Баланс мощностей.
10. Согласование источника энергии с нагрузкой по критериям максимума передаваемой активной и полной мощности. Режим максимума коэффициента полезного действия.
11. Основные теоремы теории цепей и их применение для анализа электрических схем. Принцип наложения. Теорема компенсаций. Теорема взаимности.
12. Применение законов Кирхгофа для анализа сложных цепей. Определение числа независимых уравнений, составленных по первому и второму законам Кирхгофа.
13. Преобразования пассивных электрических цепей. Преобразования электрических цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Преобразование треугольника сопротивлений в звезду и обратное преобразование.
14. Преобразование активных электрических цепей. Перенос источников.
15. Метод контурных токов. Матричная форма записи контурных уравнений.
16. Метод узловых напряжений. Матричная форма записи узловых уравнений.
17. Теоремы об эквивалентных источниках тока и напряжения.
18. Топологическое описание электрических цепей. Матрица инцидентий. Матрица сечений. Матрица контуров. Матричная запись уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Компонентные уравнения двухполюсных элементов. Компонентное уравнение цепи.
19. Методы формирования уравнений электрического равновесия, ориентированных на применение ЭВМ. Методы узловых напряжений и контурных токов.

20. Индуктивно связанные цепи при гармоническом воздействии. Понятие о взаимной индуктивности. Согласное и встречное включения. Схема замещения связанных индуктивностей. Соотношения между мгновенными значениями тока и напряжения в цепях с индуктивно связанными элементами. Применение комплексного метода для анализа индуктивно-связанных цепей.
21. Последовательное и параллельное включение связанных индуктивностей.
22. Линейный трансформатор.
23. Физические явления, происходящие в LC -цепях. Колебательный контур. Способы подключения контуров к внешнему источнику. Состояние резонанса колебательного контура. Резонансная частота, характеристическое сопротивление, добротность колебательного контура.
24. Резонанс напряжений. Электрическое соотношение при резонансе. Входные и передаточные характеристики нагруженного и ненагруженного последовательного колебательного контура. Амплитудно- и фазочастотные характеристики. Избирательность и полоса пропускания.
25. Параллельный колебательный контур. Резонанс токов. Входные и передаточные свойства контуров, питаемых идеальными источниками напряжения, тока и реальными источниками. Амплитудно- и фазочастотные характеристики. Влияние сопротивления нагрузки и внутреннего сопротивления источника на избирательные свойства контуров.
26. Связанные колебательные контуры. Виды связи, сопротивление связи, коэффициент связи. Резонансы в связанных колебательных контурах. Амплитудно- и фазочастотные характеристики системы связанных контуров. Полоса пропускания, избирательность системы связанных контуров.
27. Электрические цепи при несинусоидальном воздействии. Преобразование Фурье. Ряд и интеграл Фурье. Свойства преобразования Фурье. Спектральный метод анализа. Спектры сигналов. Спектры апериодических функций, некоторых форм сигналов. Спектры модулированных колебаний. Анализ прохождения сигналов через цепи спектральным методом. Прохождение импульса через электрическую цепь.

* Вопросы: 1-5; 12-14; 18-19 - дополнительные вопросы.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 3 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется письменно, включает 6 заданий по следующим темам.

1. Анализ двухполюсников в цепи постоянного тока (3-4 неделя).
2. Расчет разветвленной цепи постоянного тока (5-6 неделя).
3. Анализ простых электрических цепей переменного тока (8-9 неделя).
4. Расчет электрических цепей переменного тока (10-11 неделя).
5. Анализ электрических цепей в резонансном режиме (12-13 неделя).
6. Особенности расчета трехфазных цепей (15-16 неделя).

Срок сдачи заданий указан в скобках.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если без существенных ошибок выполнено менее трех заданий. Оценка составляет **_0 - 9_** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если без существенных ошибок выполнено более трех заданий. Оценка составляет **_10 - 14_** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если все задания выполнены в срок без ошибок. Оценка составляет **_15 - 18_** баллов.

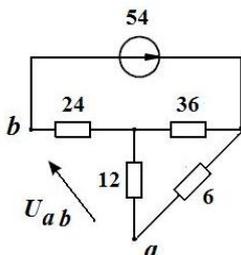
Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если все задания выполнены в срок без ошибок, при решении задач использованы оригинальные подходы, приводится анализ результатов решения. Оценка составляет **_19 - 20_** баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Пример варианта контрольной работы

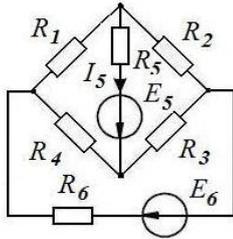
1. Анализ двухполюсников в цепи постоянного тока.



ЭДС источника напряжения задана в вольтах, сопротивление в Омах.

1. Определить напряжение U_{ab} и сопротивление R_{ab} . Вместо источника напряжения включить источник тока $J = 0,5$ А. Определить те же величины.

2. Расчет разветвленной цепи постоянного тока



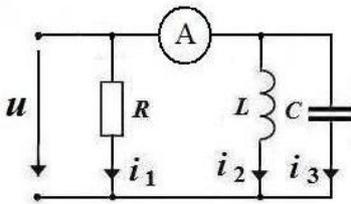
$E_5 = 4 \text{ В}; E_6 = 6 \text{ В};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 3 \text{ Ом}; R_5 = 2 \text{ Ом};$
 $R_6 = 7 \text{ Ом}.$
 Определить: ток I_5 .

3. Анализ простых электрических цепей переменного тока.

Цепь состоит из последовательно соединенных активного сопротивления R , индуктивности $L = 0,142 \text{ Гн}$ и емкость C . Напряжение на зажимах цепи 120 В , ток цепи 4 А , активная мощность 240 Вт , частота 50 Гц .

Определить активное сопротивление и емкость. Объяснить, почему существует два значения емкости, удовлетворяющих условию.

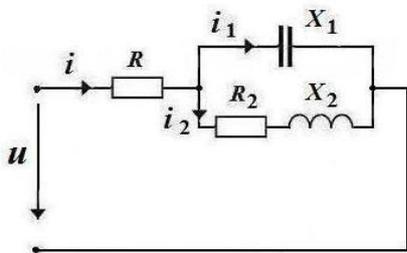
4. Расчет электрических цепей переменного тока



$R = 32 \text{ Ом}; L = 51 \text{ мГн}; C = 398 \text{ мкФ};$
 $f = 50 \text{ Гц}.$

Определить: показания амперметра, если ток $I_A = 5 \text{ А}$.

5. Анализ электрических цепей в резонансном режиме

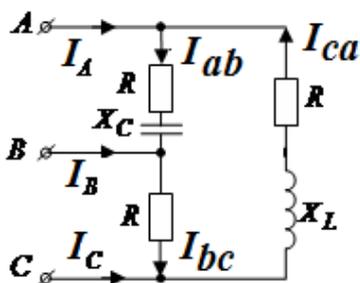


$R_1 = 10 \text{ Ом}; R_2 = X_2; I_1 = 10 \text{ А}.$

$I_2 = 14,1 \text{ А}; U = 200 \text{ В}.$

Определить входной ток I , и параметры R_2, X_1, X_2 , если цепь настроена в резонанс.

6. Особенности расчета трехфазных цепей



Для трехфазной схемы, приведенной на рисунке, определить фазные и линейные токи, если линейное напряжение равно $U_l = 220 \text{ В}$, параметры нагрузки:

$R = X_L = X_C = 22 \text{ Ом}.$

Паспорт расчетно-графической работы № 1

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 3 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графической работы по дисциплине студенты должны показать умение использовать методы расчета электрических цепей, на примере заданной (3-4 контурной) схемы цепи постоянного тока.

Обязательные структурные части РГР.

1. Расчет токов в ветвях схемы методом контурных токов.
2. Проверка расчета путем составления уравнений по законам Кирхгофа и составления баланса мощностей для **ИСХОДНОЙ** схемы.
3. Построение для внешнего контура схемы потенциальной диаграммы.
4. Вычисление токов в ветвях схемы методом узловых напряжений.
5. Вычисление токов в ветвях схемы методом наложения (частичный ток от действия источника тока вычислить методом пропорционального пересчета).
6. Вычисление тока в одной из ветвей **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 приводятся исходные данные задания.

Методы расчета	Вычисленные значения						
	Δ	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
1. Контурных токов							
	Баланс мощностей						
	$P_{\text{ген}} =$			$P_{\text{потр}} =$			
2. Узловых потенциалов (напряжений)	$\Delta\varphi$	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	I_2	
3. Наложения	$I_{3J} =$		$I_{3E} =$		$I_3 =$		
4. Эквивалентного источника	$R_{\text{вх}}$		$U_{\text{ХХ}}$		I_4		

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 **менее 10** баллов.

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если при выполнении РГР и её защите допущены не существенные ошибки, студент показал знание основных понятий, законов и методов расчета электрических цепей постоянного тока в стационарном режиме, оценка составляет **_10-14_** 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 постоянного тока в стационарном режиме, оценка составляет **_15-17_** 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 постоянного тока в стационарном режиме, оценка составляет **_18-20_** баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине максимальное число баллов за РГР равно 20, и учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

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

Паспорт расчетно-графической работы № 2

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 3 семестр

4. Методика оценки

В рамках расчетно-графической работы по дисциплине студенты должны показать умение использовать методы расчета электрических цепей, на примере заданной (3-4 контурной) схемы цепи переменного тока.

Обязательные структурные части РГР.

1. Разметка зажимов индуктивно связанных катушек.
2. Составление системы уравнений по законам Кирхгофа в дифференциальной форме для мгновенных значений и в алгебраической форме для комплексных амплитуд.
3. Расчет токов в ветвях методом комплексных амплитуд. Запись мгновенных значений токов.
4. Составление баланса мощностей и определение показаний ваттметров для **ИСХОДНОЙ** схемы.
5. Построение для **ИСХОДНОЙ** схемы топографической диаграммы напряжений, и совмещенной с ней с векторной диаграммой токов.

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.

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}	

5. 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 **менее 10** баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если при выполнении РГР и её защите допущены не существенные ошибки, студент показал знание основных понятий, законов и методов расчета электрических цепей переменного тока в стационарном режиме, оценка составляет **10-14** 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 переменного тока в стационарном режиме, оценка составляет **15-17** 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 переменного тока в стационарном режиме, оценка составляет **18-20** баллов.

6. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине максимальное число баллов за РГР равно 20, и учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: один вопрос, выбирается из диапазона вопросов _39-65_, и две задачи, первая задача – на тему «Расчет параметров четырехполюсников (вопросы 1-9)»; вторая задача – на тему «Анализ электрических цепей в переходных режимах (вопросы 17-38)». В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) – (вопросы 10-16, 48, 52,65).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

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

Утверждаю: зав. кафедрой _____ профессор, Харитонов С.А.

« _____ » _____ 20 _____ г.

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для экзамена считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопрос не показывает знания основ теории электрических цепей, подходов к анализу цепей в стационарном режиме, при решении задачи допускает принципиальные ошибки,

оценка составляет менее _20_ баллов.

- Ответ на билет для экзамена 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 28_ баллов.

- Ответ на билет для экзамена 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 29 до 36 _ баллов.

- Ответ на билет для экзамена 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 её решения, **оценка составляет _ от 37 до 40 _ баллов.**

3. Шкала оценки

Студент допускается к экзамену, если рейтинг текущей деятельности студента в семестре составляет не менее 30 баллов (из 60 возможных).

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 23 баллов (из 40 возможных), максимальный балл - 40. В общей оценке по дисциплине баллы за экзамен учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Итоговая оценка за семестр определяется совокупностью баллов набранных в течение семестра и на экзамене, и выставляется в «буквенной форме» (15-уровневая шкала ECTS) и в традиционной форме (четырёхуровневая шкала либо «зачтено»), в соответствии с таблицей 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		

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

1. Четырехполюсники. Определение и классификация.
2. Соединения четырехполюсников. Цепочечные схемы.
3. Основные уравнения пассивных четырехполюсников.
4. Матричная форма уравнений.

5. Схемы замещения.
6. Первичные параметров четырехполюсников и их определение.
7. Входные сопротивления.
8. Вторичные параметры четырехполюсников: характеристические сопротивления и мера передачи.
9. Передаточные функции. Передаточные функции, выраженные через параметры четырехполюсника.
10. Четырехполюсник как согласующий трансформатор.
11. Уравнения четырехполюсника в гиперболической форме.
12. Активные четырехполюсники.
13. Четырехполюсники как электрические фильтры.
14. Условия пропускания идеального фильтра.
15. Низкочастотные, высокочастотные, полосовые и заграждающие фильтры типа «К», их частотные характеристики.
16. Преимущества и недостатки фильтров типа «К». Фильтры типа «m».
17. Переходные процессы в линейных цепях. Возникновение переходных процессов.
18. Непрерывность изменения энергии электрического и магнитного полей.
19. Начальные условия.
20. Законы коммутации.
21. Классический метод анализа переходных процессов.
22. Вынужденный и свободный режимы.
23. Разряд конденсатора в колебательном контуре.
24. Включение цепи - колебательного контура на постоянное и синусоидальное напряжения.
25. Расчет при некорректных начальных условиях.
26. Операторный метод анализа переходных процессов. Преобразование Лапласа.
27. Изображения типичных электротехнических функций.
28. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме.
29. Операторная схема замещения.
30. Общий случай расчета разветвленных цепей в операторной форме.
31. Теорема разложения.
32. Переходные процессы в индуктивно-связанных цепях.
33. Применение интегралов наложения для анализа переходных процессов.
34. Ступенчатая и импульсная единичные функции.
35. Переходная и импульсная характеристики.
36. Определение реакции цепи при воздействии сигналов произвольной формы.
37. Применение метода переменных состояния для анализа переходных процессов.
38. Численное интегрирование дифференциальных уравнений цепей с помощью компьютера.
39. Цепи с распределенными параметрами – длинные линии.
40. Двухпроводная линия передачи электрической энергии как пример цепи с распределенными параметрами.
41. Схема замещения элементарного отрезка длинной линии. Погонные параметры. Установившийся синусоидальный режим. Телеграфные уравнения. Решение телеграфных уравнений.
42. Вторичные параметры: волновое сопротивление, коэффициенты распространения.
43. Дифференциальные уравнения однородной двухпроводной линии (уравнения Гельмгольца).
44. Волновые процессы в длинной линии.
45. Фазовая скорость и длина волны. Коэффициент отражения волны.
46. Уравнения распределения напряжений и токов вдоль линии.
47. Уравнения в гиперболических функциях. Входное сопротивление линии.

48. Линия постоянного тока.
49. Режимы работы длиной линии: режим стоячей волны; режим короткого замыкания; режим холостого хода; режим с согласованной нагрузкой.
50. Линия без искажений.
51. Линия без потерь при гармоническом воздействии (при реактивной, активной, согласованной нагрузке, коротком замыкании и холостом ходе).
52. Экспериментальное определение параметров линии
53. Электромагнитное поле и его свойства.
54. Величины, характеризующие электромагнитное поле.
55. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме.
56. Задачи расчета электромагнитного поля.
57. Классификация среды.
58. Закон сохранения заряда и закон Ома в дифференциальной форме.
59. Граничные условия.
60. Энергия электромагнитного тока, уравнение Пойтинга.
61. Векторный и скалярный потенциал, их связь с характеристиками поля.
62. Анализ электростатического поля.
63. Анализ электрического поля постоянного тока.
64. Анализ магнитного поля постоянного тока.
65. Анализ электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна в диэлектрике.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 4семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется письменно, включает 6 заданий по следующим темам.

1. Расчет первичных параметров четырехполюсника (2-3 неделя).
2. Расчет характеристических параметров четырехполюсника (4-5 неделя).
3. Определение начальных условий (6-7 неделя).
4. Расчет переходных процессов в цепях постоянного тока (8-9 неделя).
5. Расчет переходных процессов в цепях переменного тока (10-11 неделя).
6. Определение реакции цепи на произвольное воздействие (15-16 неделя).

Срок сдачи заданий указан в скобках.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если без существенных ошибок выполнено менее трех заданий. Оценка составляет **_0 - 14_** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если без существенных ошибок выполнено более трех заданий. Оценка составляет **_15 - 20_** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если все задания выполнены в срок без ошибок. Оценка составляет **_21 - 27_** баллов.

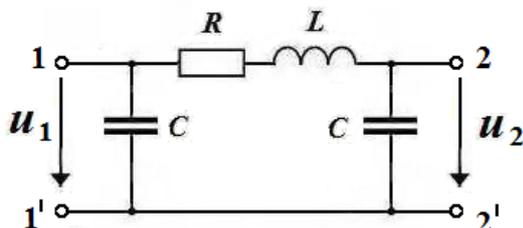
Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если все задания выполнены в срок без ошибок, при решении задач использованы оригинальные подходы, приводится анализ результатов решения. Оценка составляет **_28 - 30_** баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Пример варианта контрольной работы

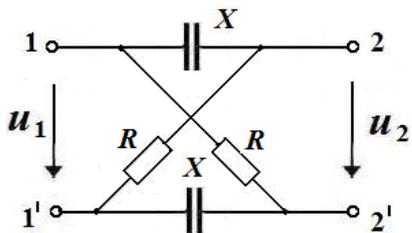
1. Расчет первичных параметров четырехполюсника



$$U_1 = 40 \text{ В. } R = \omega L = 1/2\omega C = 10 \text{ Ом.}$$

Определить А-параметры и напряжение U_2 при разомкнутых зажимах 2 – 2'.

2. Расчет характеристических параметров четырехполюсника



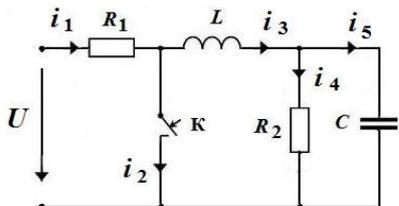
$$X_C = 2R = 200 \text{ Ом.}$$

Определить:

характеристическое сопротивление \underline{Z}_C и

меру передачи $\underline{g} = \alpha + j\beta$.

3. Определение начальных условий

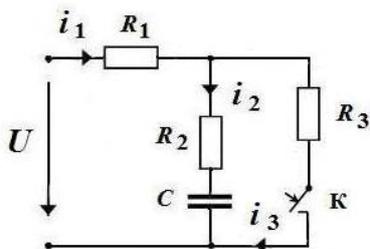


$$U = 5 \text{ В, } R_1 = 20 \text{ Ом, } R_2 = 30 \text{ Ом,}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн, } C = 300 \text{ мкФ.}$$

Определить начальные условия.

4. Расчет переходных процессов в цепях постоянного тока

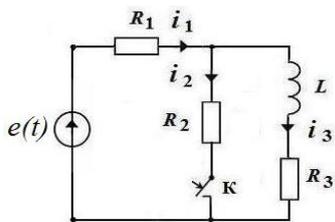


$$U = 60 \text{ В, } R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом,}$$

$$C = 10 \text{ мФ.}$$

Определить токи $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ в переходном режиме.

5. Расчет переходных процессов в цепях переменного тока

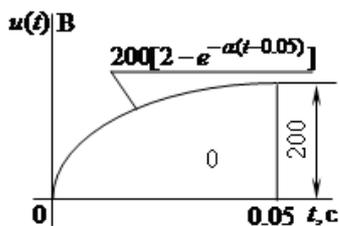
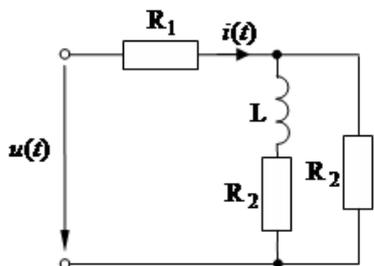


$$e(t) = 20 \sin(314t - \pi/6) \text{ В,}$$

$$R_1 = R_3 = 30 \text{ Ом, } R_2 = 10 \text{ Ом, } L = 0,1 \text{ Гн.}$$

Определить: $i_1(t)$ в переходном режиме.

6. Особенности расчета трехфазных цепей



$$R_1 = 15 \text{ Ом; } R_2 = 25 \text{ Ом;}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн.}$$

Рассчитать ток $i(t)$, в переходном режиме.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 4семестр

1. Методика оценки.

Задание. По заданным структуре и круговой частоте определяется структура исследуемого четырехполюсника. Исходными данными для выбора варианта задания являются порядковый номер студента в списке группы и условный номер группы, установленный преподавателем.

Структура. Задание состоит из двух частей.

Часть 1. Анализ четырехполюсника в стационарном режиме работы.

1.1. В соответствии с вариантом задания, изобразить схему четырехполюсника при холостом ходе (выходные зажимы $2 - 2'$ разомкнуты).

1.2. Определить выражения А-параметров четырехполюсника в функции круговой частоты ω .

1.3. Получить выражение для комплексной передаточной функции (коэффициента передачи по напряжению) при холостом ходе $\underline{K}(\omega) = \underline{U}_2 / \underline{U}_1$

1.4. Получить выражения для амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и фазочастотной характеристики (ФЧХ).

1.5. Построить амплитудно-частотную (АЧХ) и фазочастотную (ФЧХ) характеристики.

1.6. Установить границы полосы пропускания фильтра (частоту квазирезонанса).

1.7. Получить выражение для комплексной передаточной функции (коэффициента передачи по напряжению) при подключении нагрузки.

1.8. Определить значения вторичных параметров четырехполюсника на граничной частоте.

1.9. Определить параметры эквивалентной Т-образной схемы замещения четырехполюсника.

Часть 2. Анализ схемы четырехполюсника в переходных режимах работы

2.1. Определить закон изменения тока во входной ветви в момент коммутации (подключение нагрузки), если на входе четырехполюсника включен источник ЭДС:

$$e = E_m \cos(\omega t + \Psi_e),$$

частота которого равна частоте границы полосы пропускания, а амплитуда и начальная фаза указаны в таблице параметров. Построить график изменения тока в функции времени.

2.2. Расчет реакции нагруженного четырехполюсника на импульсное воздействие, заданное графиком.

2.2.1. При помощи одной из форм интеграла Дюамеля.

2.2.2. Определить функцию изменения тока нагрузки операторным методом, с использованием принципа суперпозиции (наложения), и построить график его изменения

в функции времени.

2.2.3. Определить функцию изменения тока нагрузки методом переменных состояния и построить график его изменения в функции времени.

2.3. Определить передаточную функцию передачи.

Этапы выполнения и защиты.

Выдача задания на курсовую работу – 2 неделя. Сдача на проверку первой части работы – 6 неделя. Сдача на проверку готовой работы – 14 неделя. Защита курсовой работы – 16-18 недели.

Оцениваемые позиции: полнота и правильность выполнения задания на работу; рациональность выбора метода; оформление пояснительной записки; срок сдачи; защита работы.

2. Критерии оценки.

- Работа считается **не выполненной**, если часть пунктов курсовой работы не выполнены либо выполнены с существенными ошибками, или, при формально выполненном задании, на защите работы студент не показал знаний необходимых для выполнения пунктов задания. **Оценка составляет менее 50 баллов.**
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если при выполнении курсовой работы и её защите допущены не существенные ошибки, студент показал знание основных понятий, методов анализа четырехполюсников в стационарном и переходном режимах, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. **Оценка составляет _50-72_ баллов.**
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если курсовая работа выполнена в срок, при выполнении работы и её защите ошибок не допущено, студент показал знание основных понятий, методов анализа четырехполюсников в стационарном и переходном режимах, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. **Оценка составляет _73-86_ баллов.**
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если курсовая работа выполнена в срок, при выполнении работы и её защите ошибок не допущено, использованы рациональные методы анализа, студент показал знание основных понятий, методов анализа четырехполюсников в стационарном и переходном режимах, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. **Оценка составляет _87-100_ баллов.**

3. Шкала оценки.

Курсовая работа оценивается в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. **Максимальный балл оценки выполнения работы – 60, защиты – 40, суммарный – 100.**

4. Тема курсовой работы «Анализ режимов работы четырехполюсников».

5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Четырехполюсники. Определение и классификация.
2. Соединения четырехполюсников.
3. Основные уравнения пассивных четырехполюсников.
4. Схемы замещения.
5. Первичные параметров четырехполюсников и их определение.
6. Вторичные параметры четырехполюсников: характеристические сопротивления и мера передачи.
7. Передаточные функции. Передаточные функции, выраженные через параметры четырехполюсника.
8. Четырехполюсник как согласующий трансформатор.
9. Низкочастотные, высокочастотные, полосовые и заграждающие фильтры типа «К», их частотные характеристики.
10. Переходные процессы в линейных цепях. Возникновение переходных процессов.
11. Начальные условия.

12. Законы коммутации.
13. Классический метод анализа переходных процессов.
14. Вынужденный и свободный режимы.
15. Расчет при некорректных начальных условиях.
16. Операторный метод анализа переходных процессов. Преобразование Лапласа.
17. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме.
18. Операторная схема замещения.
19. Общий случай расчета разветвленных цепей в операторной форме.
20. Теорема разложения.
21. Переходные процессы в индуктивно-связанных цепях.
22. Применение интегралов Дюамеля и наложения для анализа переходных процессов.
23. Ступенчатая и импульсная единичные функции.
24. Переходная и импульсная характеристики.
25. Определение реакции цепи при воздействии сигналов произвольной формы.
26. Применение метода переменных состояния для анализа переходных процессов.

Паспорт лабораторных работ

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 3 семестр

1. Методика оценки

Цикл лабораторных работ выполняется на компьютеризированном лабораторном стенде, включает 8 работ по следующим темам.

1. Исследование стационарного состояния разветвленной линейной электрической цепи.
2. Экспериментальное исследование пассивных элементов цепи в частотной области при последовательном соединении.
3. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального и его схемы замещения.
4. Резонанс в электрических цепях.
5. Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками.
6. Согласование нагрузки с источником.
7. Расчет и экспериментальное исследование цепи при несинусоидальном приложенном напряжении.
8. Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях.

Требования к отчету

- Номер и название лабораторной работы.
- Цель работы.
- Таблица используемых приборов.
- Схемы проведения опытов.
- Таблицы измеряемых и вычисляемых величин.
- Формулы для вычисляемых величин.
- Графики, диаграммы.
- Выводы по работе.

2. Критерии оценки

Выполнение цикла лабораторных работ оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Каждая лабораторная работа оценивается от 0 до 2,5 баллов: подготовка к лабораторной работе (подготовка заготовки протокола отчета и ответы на контрольные вопросы) – 0,5 балла; выполнение работы 0 – 1; защита работы 0 – 1 балла.

Цикл лабораторных работ считается **невыполненным**, если не выполнено более двух и защищено менее половины выполненных работ. Оценка составляет **0 - 9** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **пороговом** уровне, если выполнено не менее шести, из них защищено более половины, работ. Оценка составляет **_10 - 14_** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **базовом** уровне, если все работы выполнены, и не менее половины из них успешно защищены. Оценка составляет **_15 - 18_** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **продвинутом** уровне, если все работы выполнены и успешно защищены в срок, в отчетах приводится анализ полученных результатов. Оценка составляет **_19 - 20_** баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Пример содержания лабораторной работы

Лабораторная работа

Расчёт и экспериментальное исследование цепи при несинусоидальном приложенном напряжении

Цель работы.

1. Приобрести навыки экспериментального исследования электрической цепи при питании от несинусоидального источника напряжения.
2. Приобрести навыки использования MathCAD-программ для расчета электрических цепей при несинусоидальном воздействии.

Объект и средства исследования

Объектом исследования является электрическая цепь собранная на универсальной панели из последовательно соединенных элементных миниблоков.

Средства исследования – виртуальные приборы лабораторного стенда и осциллограф.

Общие сведения

Несинусоидальное периодическое напряжение, приложенное к электрической цепи, можно разложить в ряд Фурье:

$$u(t) = U_0 + \sum U_{km} \sin(k\omega t + \psi_k),$$

где

$$U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(\omega t) d\omega t;$$

$$B_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} u(\omega t) \sin(k\omega t) d\omega t;$$

$$C_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} u(\omega t) \cos(k\omega t) d\omega t;$$

$$U_{km} = \sqrt{B_k^2 + C_k^2}; \quad \psi_k = \arctg(C_k/B_k).$$

Расчёт цепи проводят с использованием принципа наложения в следующей последовательности:

- рассчитывают цепь при постоянном приложенном напряжении U_0 ;
- рассчитывают цепь (обычно комплексным методом) при синусоидальном приложенном напряжении с амплитудой U_{1m} частоты ω и частотой ω ($k = 1$).
- повторяют расчёт при $k = 2, 3, 4, \dots$, учитывая, что индуктивные сопротивления увеличиваются с ростом частоты ($X_L = k\omega L$), а ёмкостные уменьшаются ($X_C = 1/k\omega C$);
- переходят к мгновенным значениям и суммируют постоянную и синусоидальные составляющие тока (напряжения) в каждой ветви;
- определяют действующие значения токов и напряжений, а также мощности по формулам:

$$U = \sqrt{U_0^2 + \sum U_{km}^2}; \quad I = \sqrt{I_0^2 + \sum I_{km}^2};$$

$$P = U_0 I_0 + \sum U_k I_k \cos \varphi_k; \quad Q = \sum U_k I_k \sin \varphi_k; \quad S = UI,$$

где U_k, I_k – действующие значения синусоидальных составляющих.

Чем больше гармоник взято для расчёта, тем выше точность полученных результатов. На рис. 14.1 приведен в качестве примера экспериментальный график тока в цепи с последовательным соединением R, L и C при двухполярном прямоугольном приложенном

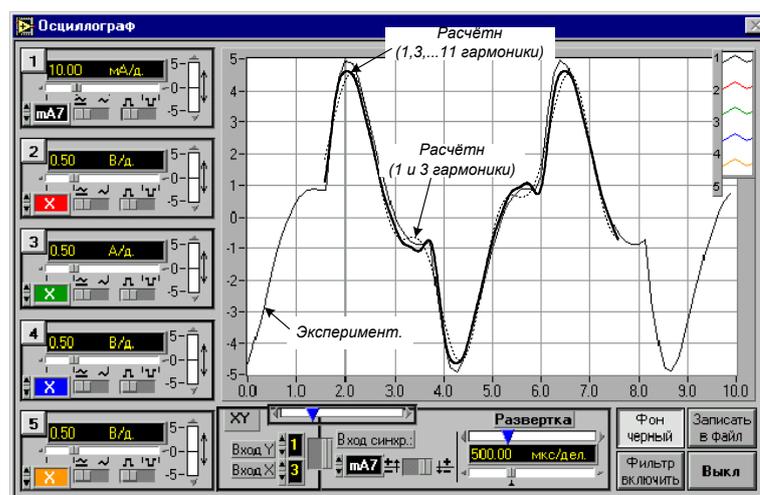


Рис. 14.1

напряжении. На этот график наложены в том же масштабе два расчётных графика: один сделан с учётом только первой и третьей гармоник, а в другом учтены 5 гармоник - с первой по одиннадцатую.

- В приложении приведена MathCAD-программа расчёта этих графиков с комментариями.

Экспериментальная часть

Рабочее задание

Рассчитать мгновенное и действующее значение тока и напряжения на нагрузке, а также потребляемую цепью активную мощность при прямоугольном периодическом приложенном напряжении, построить график изменения тока на входе цепи, проверить результаты расчёта путём осциллографирования и непосредственных измерений.

Порядок выполнения работы

1. Выберите один из приведенных в таблице 14.1 вариантов схемы исследуемой цепи (рис. 14.2), ее параметры, и выполните расчёт согласно заданию, учитывая основную гармонику и одну – две высших. По результатам расчёта мгновенных значений на рис. 14.3 постройте графики, а действующие значения и мощность занесите в табл. 14.2.

Величину приложенного напряжения и его частоту принять в диапазоне: $U_m = 8 \dots 10$ В, $f = 0,5 \dots 1$ кГц.

Т а б л и ц а 14.1

Стенд	1	2	3	4	5	6
Схема	а)	б)	с)	а)	б)	с)
L_K, R_K	$L = 33$ мГн ($R_K = 65$ Ом)			$L = 100$ мГн, ($R_K = 190$ Ом)		
C	0,22 мкФ	0,47 мкФ	1 мкФ	0,47 мкФ	1 мкФ	0,22 мкФ
R	47 Ом	100 Ом	150 Ом	220 Ом	100 Ом	150 Ом

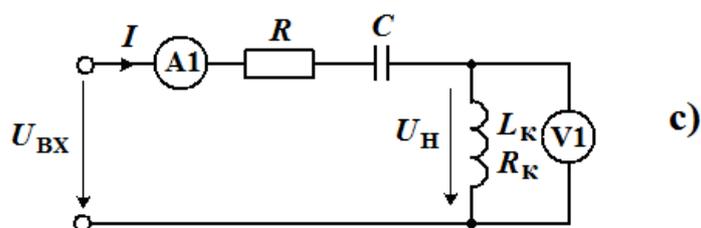
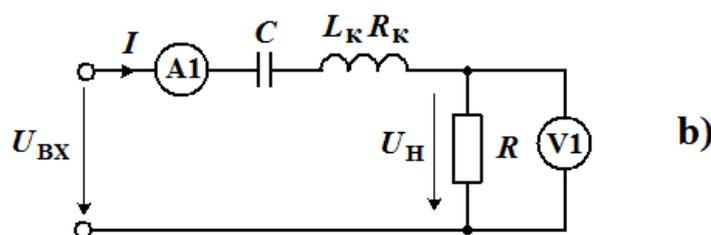
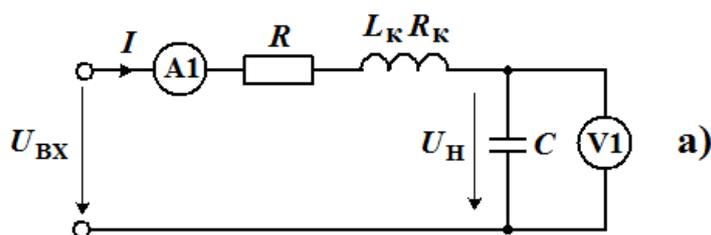


Рис. 14.2

2. Соберите исследуемую цепь (рис. 14.2) с принятыми в расчёте параметрами элементов, включите виртуальные приборы для измерения действующих значений тока и напряжения на конденсаторе и осциллограф.

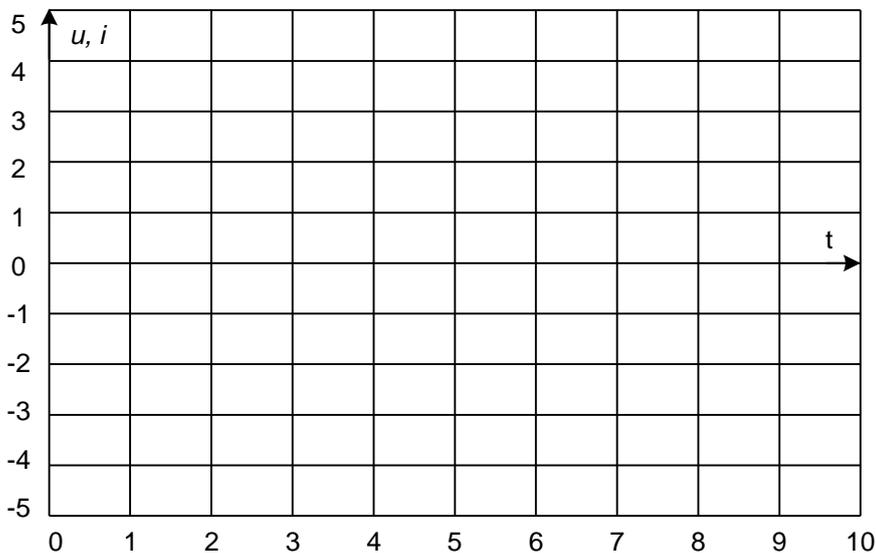
3. Установите на источнике принятое значение частоты и амплитуды прямоугольных импульсов и перенесите осциллограммы на рис. 14.4. Запишите в табл. 14.2 действующие значения тока и напряжения на нагрузке.

4. Переключите вольтметр на вход цепи, включите виртуальный измеритель активной мощности и занесите его показание также в табл. 14.2. Измерить амплитудные значения тока и напряжения.

5. Сравните результаты расчёта и эксперимента и сделайте выводы.

Т а б л и ц а 14.2

	I, мА	U, В	P, мВт
Расчётные значения			
Экспериментальные значения			



Расчётные графики
 $m_U = \dots\dots\dots$ В/дел.
 $m_I = \dots\dots\dots$ мА/дел.
 $m_t = \dots\dots\dots$ мС/дел.

Рис. 14.3

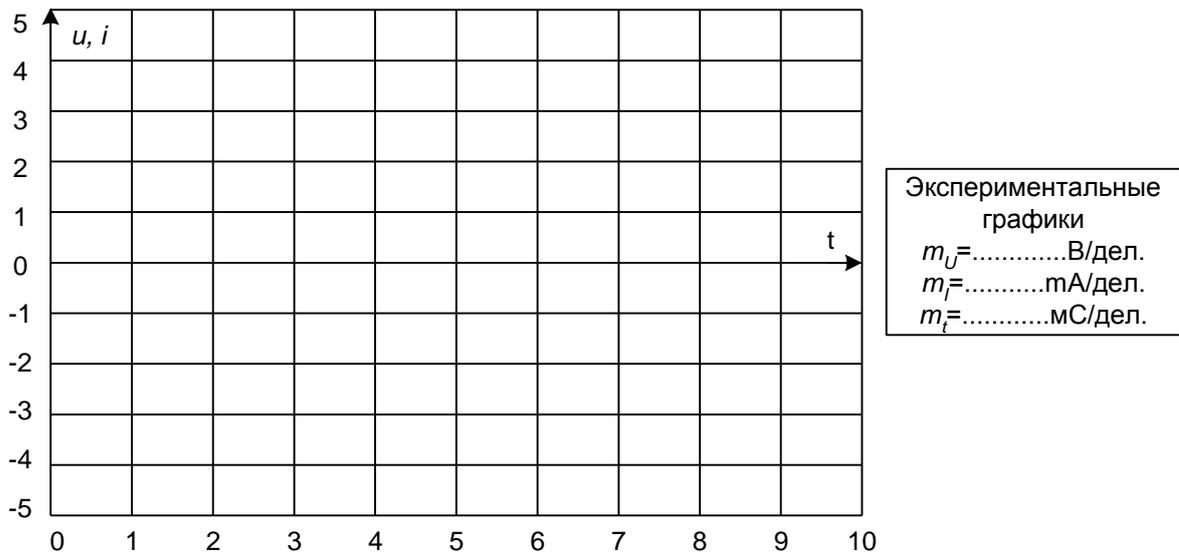


Рис. 14.4

Программа домашней подготовки к выполнению работы

1. По учебным пособиям и конспекту лекций изучить следующие вопросы:
 - расчет электрических цепей при несинусоидальном входном воздействии;
 - параметры характеризующие токи и напряжения в электрических цепях при несинусоидальном входном воздействии;
 - мощности в цепях с несинусоидальными периодическими воздействиями.
2. Заготовить бланк протокола с необходимыми схемами и таблицами. Здесь же заготовить оси координат (желательно на миллиметровке, которая затем вклеивается в соответствующее место отчета) для построения кривых, указанных в задании.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения несинусоидальных периодических токов и напряжений?
2. Каков алгоритм расчета цепей при несинусоидальном входном воздействии?
3. Как можно представить схему замещения источника несинусоидальной периодической ЭДС? На чем основано это представление?
4. В каком виде можно представить источник несинусоидального периодического тока?
5. Какой метод используют для расчета цепей при несинусоидальных периодических воздействиях?
6. Что представляет собой ряд Фурье?
7. Что называют дискретным частотным спектром периодической функции?
8. Чему равно действующее значение несинусоидальной периодической функции?
9. Какие коэффициенты характеризуют несинусоидальные токи?
10. Как вычисляют активную, реактивную и полную мощности в цепях с несинусоидальными периодическими воздействиями?
11. Что называют мощностью искажения? Чем она обусловлена?

Паспорт лабораторных работ

по дисциплине «Теоретические основы электротехники», 4 семестр

1. Методика оценки

Цикл лабораторных работ выполняется на компьютеризированном лабораторном стенде, включает 8 работ по следующим темам.

1. Исследование линейного пассивного четырехполюсника.
2. Исследование частотных LC - фильтров.
3. Исследование интегрирующих, дифференцирующих и частотных свойств RC - цепей.
4. Исследование процессов заряда и разряда конденсатора.
5. Исследование переходных процессов в цепи с двумя реактивными элементами.
6. Исследование модели однородной длинной линии.
7. Нелинейные резистивные элементы и цепи.
8. Компьютерный анализ переходных элементов.

Требования к отчету

- Номер и название лабораторной работы.
- Цель работы.
- Таблица используемых приборов.
- Схемы проведения опытов.
- Таблицы измеряемых и вычисляемых величин.
- Формулы для вычисляемых величин.
- Графики, диаграммы.
- Выводы по работе.

2. Критерии оценки

Выполнение цикла лабораторных работ оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Каждая лабораторная работа оценивается от 0 до 2,5 баллов: подготовка к лабораторной работе (подготовка заготовки протокола отчета и ответы на контрольные вопросы) – 0,5 балла; выполнение работы 0 - 1; защита работы 0 – 1 балла.

Цикл лабораторных работ считается **невыполненным**, если не выполнено более двух и защищено менее половины выполненных работ. Оценка составляет **_0 - 9_**баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **пороговом** уровне, если выполнено не менее шести, из них защищено более половины, работ. Оценка составляет **_10 - 14_**баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **базовом** уровне, если все работы выполнены, и не менее половины из них успешно защищены. Оценка составляет **_15 - 18_**баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен **на продвинутом** уровне, если все работы выполнены и успешно защищены в срок, в отчетах приводится анализ полученных результатов. Оценка составляет **_19 - 20_** баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Пример содержания лабораторной работы

Лабораторная работа

Исследование переходных процессов в цепи с двумя реактивными элементами

Цель работы:

1. Исследовать переходные процессы в цепи RLC при питании ее от источника прямоугольных импульсов.
2. Установить влияние параметров цепи на характер переходного процесса.

Объект и средства исследования

В работе исследуются переходные процессы, возникающие при подключении цепи RLC к источнику постоянного напряжения (рис. 25.1) и после отключения от него (разряд конденсатора на цепь RL). Рассматриваемые режимы обеспечиваются посредством регулируемого источника напряжения специальной формы, настроенного на *прямоугольные однополярные импульсы* (рис. 25.2), действие которых на цепь эквивалентно работе ключа.

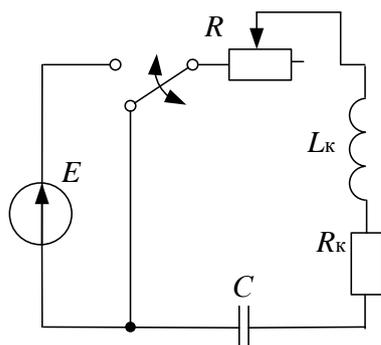


Рис. 25.1

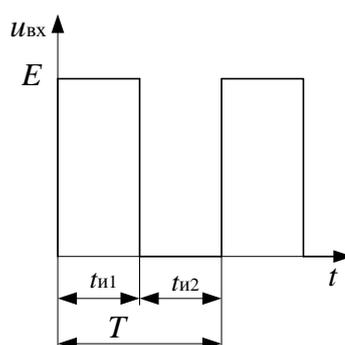


Рис. 25.2

Схема собирается на наборном поле блока генераторов напряжения. Элементы исследуемой цепи: индуктивная катушка R_k , L_k ($L=33$ мГн), конденсатор ($C=0.22$ мкФ), миниблок «потенциометр 1 кОм» (в качестве резистора R). Исследование кривых изменений токов и напряжений в переходном режиме осуществляется с помощью электронного (или виртуального) осциллографа.

Общие сведения

В замкнутом последовательном контуре (рис. 25.3) после отключении его от источника постоянного или переменного напряжения возникает переходный процесс,

обусловленный начальным запасом энергии в электрическом поле конденсатора и в магнитном поле катушки индуктивности. Этот процесс может носить как аperiodический, так и колебательный характер.

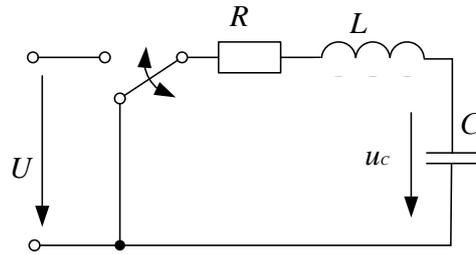


Рис. 25.3

В общем случае состояние цепи определяется дифференциальным уравнением, составленным по второму закону Кирхгофа:

$$Ri + L \frac{di}{dt} + u_c = 0.$$

Или, с учетом равенства $i = C \frac{du_c}{dt}$,

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC} u_c = 0$$

Вид решения этого дифференциального уравнения зависит от характера корней характеристического уравнения:

$$p^2 + \frac{R}{L} p + \frac{1}{LC} = 0.$$

Это уравнение имеет два корня:

$$p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\delta \pm \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2},$$

где $\delta = \frac{R}{2L}$ – коэффициент затухания; $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ – угловая резонансная частота контура.

Если $\delta = \omega_0$, т.е. $R = R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$, то корни характеристического уравнения

одинаковы и вещественны, что соответствует предельному случаю аperiodического переходного процесса.

Если $\delta > \omega_0$, т.е. сопротивление цепи относительно велико ($R > R_{кр}$), то корни p_1 и p_2 вещественны и переходный процесс в цепи будет иметь затухающий аperiodический характер (рис.??).

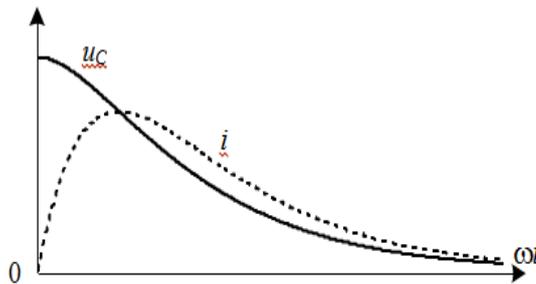


Рис.25.4

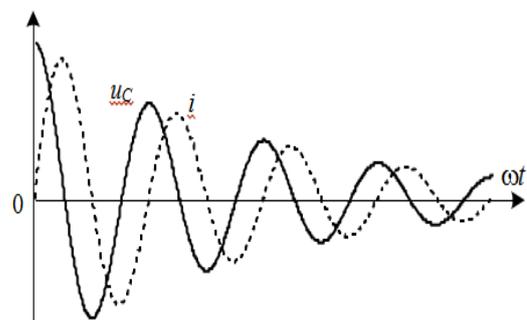


Рис.25.5

Если же $\delta < \omega_0$, т.е. ($R < R_{кр}$), то p_1 и p_2 – комплексно-сопряженные

$$p_{1,2} = -\delta \pm j\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} = -\delta \pm j\omega_{св},$$

где $\omega_{св} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ – угловая частота собственных затухающих колебаний контура.

Характер переходного процесса в этом случае будет *колебательным* (рис 25.5).

Выражение переходного тока в контуре и напряжения на конденсаторе для этого режима имеет вид:

$$i(t) = \frac{u_0}{\omega_{св}L} e^{-\delta t} \sin \omega_{св} t, \quad u_C = \frac{u_0}{\sin \psi} e^{-\delta t} \sin(\omega_{св} t + \psi),$$

где $\delta = \frac{R}{2L}$, $\omega_{св} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$.

При R , стремящемся к нулю, частота стремится к резонансной $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, а затухание δ – к нулю.

В данной работе заряд конденсатора до напряжения u_0 осуществляется однополярными прямоугольными импульсами напряжения и исследуется процесс его разряда на сопротивление и индуктивность во время пауз между импульсами. Повторяющийся процесс заряда и разряда конденсатора можно наблюдать на электронном или виртуальном осциллографе.

Рабочее задание

1. Измерить омметром и записать активное сопротивление R_k катушки индуктивности
 $R_k = \quad \quad \quad$ Ом.

2. Вычислить резонансную частоту и критическое сопротивление колебательного контура:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ с}^{-1} \quad R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ Ом.}$$

Результаты внести в таблицы 25.1 и 25.2.

3. Включить генератор прямоугольных импульсов и осциллограф и после прогрева подготовить их к работе: установить заданное выходное напряжение генератора $U = 10$ В и частоту импульсов $f = 400$ Гц. Подключить осциллограф к выходным зажимам генератора. Добиться, чтобы основную часть экрана занимал один период выходного напряжения (см. рис. 25.2). Измерить и записать значение U и длительность t_u выходных импульсов генератора.
4. Собрать на наборном поле последовательную схему (рис. 25.6) из катушки индуктивности R_k , L_k ($L = 33$ мГн), конденсатора ($C = 0.22$ мкФ) и потенциометра 1 кОм в качестве подстроечного резистора R (в начале опыта установить его сопротивление $R=0$).

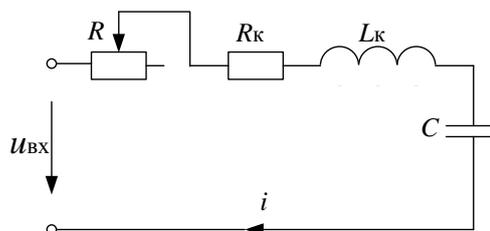


Рис. 25.6

Подключить зажимы осциллографа к конденсатору и, изменяя сопротивление подстроечного резистора, добиться переходного процесса напряжения на емкости, имеющего не менее двух явно видимых периодов собственных колебаний и практически заканчивающегося за время действия

импульса генератора.

Зарисовать в масштабе друг под другом осциллограммы напряжений $u_{вх}(t)$, $u_R(t)$, $u_C(t)$ (см. методические указания п. 3).

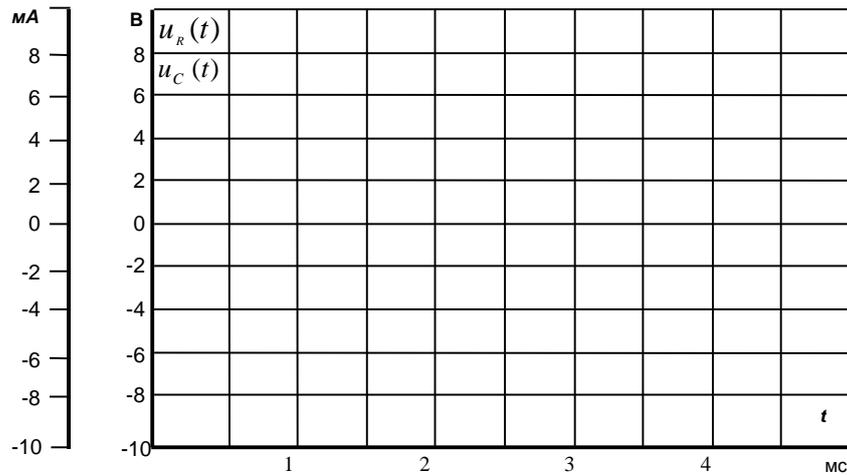


Рис. 25.7. Периодический (колебательный) режим.

Отключить питание, измерить и записать сопротивление подстроечного резистора R , при котором сняты эти осциллограммы.

Т а б л и ц а 25.1

Режим	R_k , Ом	R , Ом	$T_{св}$, с	$\omega_{св}$, с ⁻¹	δ	ω_0 , с ⁻¹	$T_{св}$, с	$\omega_{св}$, с ⁻¹
Периодический (колебательный)	эксперимент					расчет		
$i(t) =$, А								

- По кривой напряжения $u_R(t)$ определить период $T_{св}$ и угловую частоту $\omega_{св}$ собственных затухающих колебаний контура и коэффициент затухания δ . На основании проведенных измерений записать выражение переходного тока в контуре $i(t)$, внести в табл. 25.1.
- Рассчитать $\omega_{св}$ и δ по известным параметрам контура (L_k , R_k , C , R) и сравнить их со значениями, полученными экспериментально (см. методические указания п.1, 2).
- Изменяя сопротивление подстроечного резистора R , определить экспериментально по виду кривой $u_C(t)$ такое его значение, при котором в цепи наступает *предельный апериодический* процесс. Отключить питание и измерить сопротивление омметром. Вычислить суммарное активное сопротивление контура $R_{кр}$.

Сравнить результаты с критическим сопротивлением, рассчитанным по известным параметрам контура (см. п.2).

Т а б л и ц а 25.2

Режим	R_k , Ом	R , Ом	$R_{кр}=R+R_k$, Ом	$R_{кр}$, Ом
		эксперимент		
Предельный апериодический				

Периодический (колебательный)			-	-
Апериодический			-	-

8. Установить и записать величину сопротивления R , при котором в цепи имеет место *апериодический процесс*. Зарисовать в масштабе осциллограммы напряжений $u_{вх}(t)$, $u_R(t)$, $u_C(t)$ и привести их на рис. 25.8. $t_{и}$ u_R
9. *) Изменяя длительность импульса в сторону увеличения и уменьшения $t_{и}$, проследить за изменением формы напряжения u_R . Зарисовать формы напряжения u_R при значениях $t_{и}$, равных $0.5T_{св}$ и $1.5T_{св}$. Для точного наблюдения осциллограмм необходимо изменять длительность развертки осциллографа.

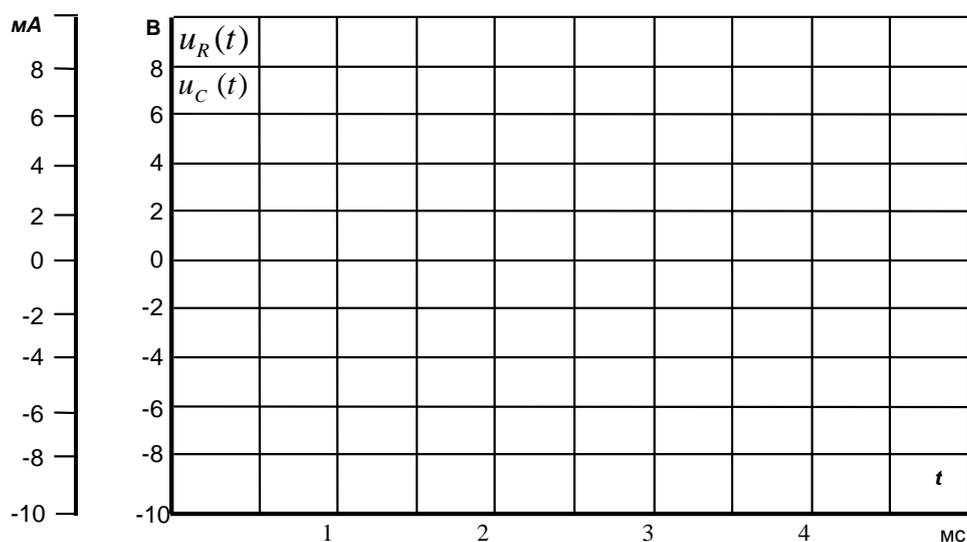


Рис. 25.8. Апериодический процесс.

Выполнение эксперимента с виртуальным осциллографом

1. Собрать цепь согласно схеме (рис. 25.9), включив в неё в качестве измерительных приборов соответствующие гнезда коннектора, вывести подстроечный резистор R на ноль и установить на источнике напряжения однополярные прямоугольные импульсы частотой $f = 400$ Гц и максимальной амплитуды.

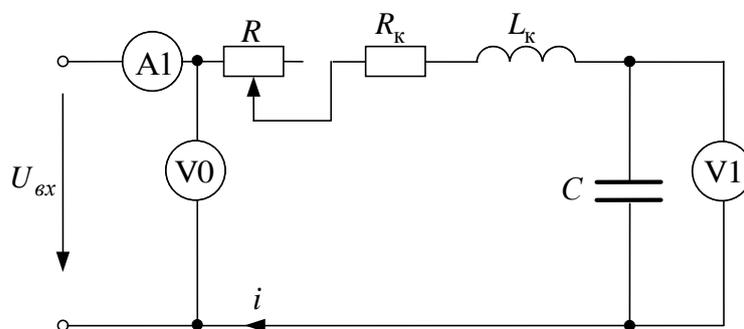


Рис. 25.9.

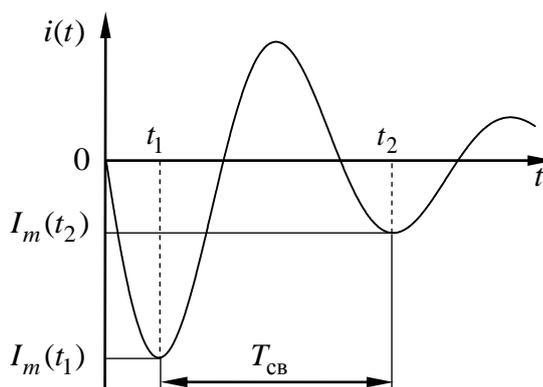
2. Включить виртуальные приборы и настроить виртуальный осциллограф для наблюдения кривых $u_C(t)$ и $i(t)$ (наиболее удобная развёртка 200 – 500 мкс/дел.). Дальнейший порядок выполнения работы см. выше.

Методические указания и рекомендации

1. О скорости затухания свободного процесса в контуре можно судить по логарифмическому декременту колебания δ , равному натуральному логарифму отношения двух следующих друг за другом максимальных значений тока (напряжения) одного знака (рис. 25.10):

$$\ln \frac{I_m(t_1)}{I_m(t_2)} = \ln e^{\delta T_{\text{CB}}} = \delta T_{\text{CB}} .$$

Отсюда следует способ экспериментального определения δ :

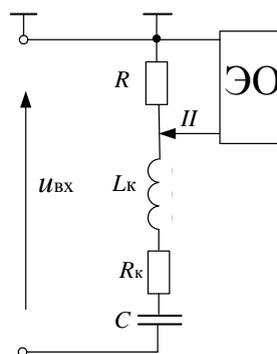
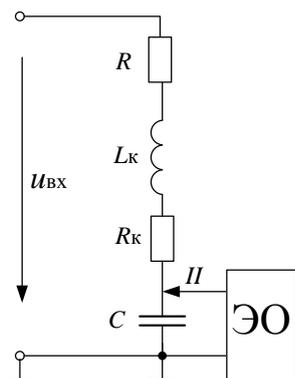


$$\delta = \frac{\ln \frac{I_m(t_1)}{I_m(t_2)}}{T_{\text{CB}}} = \frac{2.3 \lg \frac{I_m(t_1)}{I_m(t_2)}}{T_{\text{CB}}} ; \quad \omega_{\text{CB}} = \frac{2\pi}{T_{\text{CB}}} = \frac{2\pi}{t_2 - t_1} .$$

Рис. 25.10

2. При выполнении расчетов учитывается, что активное сопротивление контура включает в себя помимо резистора R (подстроечный резистор) также и активное сопротивление катушки R_k .

3. При снятии кривых напряжения $u_C(t)$ и $u_R(t)$ осциллограф подключается соответственно по схеме рис. 25.11 и 25.12 (обратить внимание на "нулевые" зажимы генератора и осциллографа). Для этих целей достаточно поменять выводы резистора и конденсатора на наборной панели (см. монтажную схему в Приложении).



Программа домашней подготовки к выполнению работы

1. По учебным пособиям и конспекту лекций повторить или изучить следующие вопросы [1, § 6.2; 2, § 7.4]:
 - классический метод расчета переходных процессов в последовательном контуре RLC ;
 - влияние параметров контура на характер переходного процесса.
2. Вспомнить методику измерения параметров сигналов (длительности, амплитуды) с помощью электронного осциллографа.
3. Заготовить бланк протокола испытаний и отчета по работе.
В бланке должна быть вычерчена схема, заготовлены оси координат для построения графиков указанных переходных токов и напряжений (желательно на миллиметровке).

Контрольные вопросы

1. Как зависит характер переходного процесса от вида корней характеристического уравнения 2-го порядка?
2. Что называется критическим сопротивлением $R_{кр}$ и как оно определяется?
3. Записать выражение для $i_{св}$ (в общем виде) в случае, если:
 - а) $R > R_{кр}$; б) $R < R_{кр}$; в) $R = R_{кр}$.
4. Как определить индуктивность и емкость неразветвленной цепи RLC , если известны ее коэффициент затухания δ , частота собственных колебаний $\omega_{св}$ и характеристическое сопротивление?
5. Объяснить характер переходных процессов в цепи RLC при изменении длительности входного импульса.
6. Как зависит время затухания колебаний от величины активного сопротивления и индуктивности контура RLC ?
7. Какими будут колебания в контуре при $R=0$? Объяснить ответ.
8. Как зависит частота собственных колебаний контура от величины R ?
9. Как с помощью интеграла Дюамеля рассчитать переходный ток в контуре RLC при включении его на зажимы генератора прямоугольных импульсов?