



Федеральное агентство по рыболовству  
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»  
**Калининградский морской рыбопромышленный колледж**

Утверждаю  
Заместитель начальника колледжа  
по учебно-методической работе  
М.С. Агеева

Учебно-методические указания по выполнению лабораторных занятий по  
дисциплине

**ОП.05 ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ**

по специальности

**11.02.03 Эксплуатация оборудования радиосвязи и электрорадионавигации  
судов**

**МО-11 02 03-ОП.05.Л3**

РАЗРАБОТЧИК	А.С. Капитанова
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Д.В. Холоденин
ГОД РАЗРАБОТК	2023

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.2/22

## Содержание

Введение .....	3
Перечень лабораторных работ .....	5
Лабораторное занятие№ 1 Изучение зависимости сопротивления реальных проводников от их геометрических параметров и удельных сопротивлений материалов.....	6
Лабораторное занятие№2 Исследование сопротивлений проводников при параллельном и последовательном соединении.....	10
Лабораторное занятие№3 Элементы цепей переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления, их зависимость от частоты переменного тока и параметров элементов.....	14
Лабораторное занятие№ 4 Явление резонанса в цепи переменного тока.....	17
Используемые источники литературы .....	22

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.3/22

## Введение

Методические указания по выполнению лабораторных занятий (для обучающихся) составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины ОП 05 «Электрорадиоматериалы и радиокомпоненты».

Рабочей программой дисциплины «Электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» по специальности 11.02.03 предусмотрено проведение четырех лабораторных работ.

Целью проведения лабораторных занятий является формирование компетенций:

ПК 1.5. Проводить профилактическое и регламентируемое техническое обслуживание оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 2.3 Проводить ремонт судового радиооборудования в море на уровне замены блоков/модулей.

ПК 3.1 Осуществлять монтаж оборудования радиосвязи и средств электрорадионавигации судов, включая подведение питающих силовых и сигнальных линий передач и антенн.

ПК 3.2 Осуществлять демонтаж оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 3.3. Выполнять операции по коммутации и сопряжению отдельных элементов оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 3.4 Выполнять операции по установке и введению в действие оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

А также закрепление и углубление теоретических знаний, приобретение практических навыков и умений. В то же время теоретические знания конкретизируются, обобщаются, и вырабатывается способность применения этих знаний на практике.

Лабораторные работы по данной дисциплине прививают умение пользоваться измерительными приборами, справочной литературой, ГОСТами, а также читать маркировку радиокомпонентов, измерять их основные параметры и делать выводы по результатам измерений.

К лабораторным работам допускаются обучающиеся, прошедшие инструктаж по технике безопасности, пожарной безопасности, обученные правилам и приемам

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.4/22

их выполнения. Основные требования по правилам техники безопасности даны в приложении.

Основной целью методических пособий является оказание помощи обучающимся при выполнении лабораторных работ. Методические указания к каждой лабораторной работе содержат пояснение цели работы, перечень используемых в данной работе приборов и оборудования, исследуемую электрическую схему, порядок выполнения работы, вопросы для самоконтроля и форму отчета по проделанной работе.

Перед проведением лабораторной работы обучающиеся должны проработать соответствующий материал, понять цель работы и порядок ее проведения. Преподаватель проверяет готовность курсантов к проведению работы.

Отчеты по лабораторным работам должны выполняться аккуратно. Графическая часть отчета выполняется с помощью чертежных принадлежностей, карандашом.

По каждой лабораторной работе проводится защита, где обучающийся должен показать не только знание теории, но также понимать, пояснять расчеты и делать выводы по полученным результатам.

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.5/22

### Перечень лабораторных занятий

№ п/п	Наименование лабораторных занятий	Кол-во часов
1	Лабораторное занятие № 1: «Изучение зависимости сопротивления реальных проводников от их геометрических параметров и удельных сопротивлений материалов.»	2
2	Лабораторное занятие № 2: «Исследование сопротивлений проводников при параллельном и последовательном соединении»	2
3	Лабораторное занятие № 3: «Элементы цепей переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивление, их зависимость от частоты переменного тока и параметров элементов»	2
4	Лабораторное занятие № 4: «Явление резонанса в цепи переменного тока»	2
ИТОГО		8

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.6/22

## ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

### Тема 1.1 Проводниковые материалы

#### Лабораторное занятие № 1 Изучение зависимости сопротивления реальных проводников от их геометрических параметров и удельных сопротивлений материалов

**Цель:** определить удельное сопротивление проводника и сравнить его с табличным значением.

#### 1. Краткое теоретическое описание

Немецкий физик Георг Ом (1787-1854) в 1826 году обнаружил, что отношение напряжения  $U$  между концами металлического проводника, являющегося участком электрической цепи, к силе тока  $I$  в цепи есть величина постоянная:

$$R = \frac{U}{I} = const \quad (1)$$

Эту величину  $R$  называют электрическим сопротивлением проводника. Электрическое сопротивление измеряется в Омах. Электрическим сопротивлением 1 Ом обладает такой участок цепи, на котором при силе тока 1 А напряжение равно 1 В:

$$1 \text{ Ом} = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ А}}$$

Опыт показывает, что электрическое сопротивление проводника прямо пропорционально его длине  $L$  и обратно пропорционально площади  $S$  поперечного сечения проводника:

$$R = \rho \frac{L}{S}; \quad (2)$$

Постоянный для данного вещества параметр  $\rho$  называется удельным электрическим сопротивлением вещества. Удельное сопротивление измеряется в Ом·м.

#### 2. Порядок выполнения работы

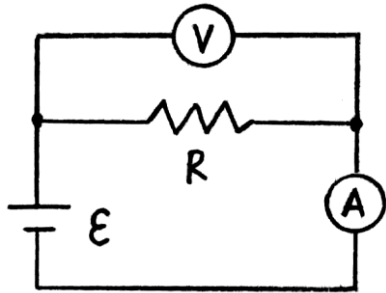


Рисунок1

2.1. Соберите на монтажном столе электрическую схему, показанную на рисунке 1:

2.2. Выберите материал проводника – никель, установите значения длины и площади поперечного сечения:

$$L = 100 \text{ м}; S = 0.1 \text{ мм}^2;$$

2.3. Определите экспериментально с помощью мультиметра напряжение на проводнике.

Для этого необходимо подключить параллельно проводнику мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения, соблюдая полярность.

Запишите показания мультиметра.

2.4. Определите экспериментально с помощью мультиметра силу тока в цепи.

Включите мультиметр в режиме измерения постоянного тока последовательно в цепь, соблюдая полярность.

Запишите показания мультиметра.

2.5. Рассчитайте сопротивление проводника по формуле (1).

2.6. Определите удельное сопротивление никеля по формуле (2).

2.7. Прделайте пункты 2.3 – 2.6. изменяя длину, но, не меняя площадь поперечного сечения и материал проводника.

2.8. Результаты измерений занесите в таблицу:

№ опыта	Длина, м	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом	Удельное сопротивление, Ом·м
1					
2					
3					
4					
5					

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.8/22

2.9. Найдите среднее значение удельного сопротивления и сравните его с табличным значением.

2.10. Измерьте сопротивление проводника непосредственно с помощью омметра. Сравните полученные результаты.

Сформулируйте выводы по проделанной работе.

### Контрольные вопросы.

1. Что называют удельным сопротивлением проводника?
2. Как зависит сопротивление проводника от его длины?
3. По какой формуле можно рассчитать удельное сопротивление проводника?
4. В каких единицах измеряется удельное сопротивление проводника?

### Приложение 1

Закон Ома для участка цепи.

Немецкий физик Георг Ом (1787-1854) в 1826 году обнаружил, что отношение напряжения  $U$  между концами металлического проводника, являющегося участком электрической цепи, к силе тока  $I$  в цепи есть величина постоянная:

$$U / I = R = \text{const.}$$

Эту величину  $R$  называют *электрическим сопротивлением* проводника. Электрическое сопротивление измеряется в Омах. Электрическим сопротивлением  $1 \text{ Ом}$  обладает такой участок цепи, на котором при силе тока  $1 \text{ А}$  напряжение равно  $1 \text{ В}$ :

$$1 \text{ Ом} = 1 \text{ В} / 1 \text{ А.}$$

Опыт показывает, что электрическое сопротивление проводника прямо пропорционально его длине  $L$  и обратно пропорционально площади  $S$  поперечного сечения проводника:

$$R = \rho \cdot L / S.$$

Постоянный для данного вещества параметр  $\rho$  называется *удельным электрическим сопротивлением* вещества. Удельное сопротивление измеряется в  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ .

В таблице приводятся значения удельного электрического сопротивления для некоторых материалов и сплавов:



МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.9/22

Таблица 1. Удельное сопротивление проводников.

Материал	Удельное сопротивление (Ом · м)	Удельное сопротивление (Ом · мм <sup>2</sup> /м)
Алюминий	$2,82 \cdot 10^{-8}$	0,0282
Висмут	$1,2 \cdot 10^{-6}$	1,2
Вольфрам	$5,5 \cdot 10^{-8}$	0,055
Железо	$9,8 \cdot 10^{-8}$	0,098

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.10/22

Продолжение

Материал	Удельное сопротивление (Ом · м)	Удельное сопротивление (Ом · мм <sup>2</sup> /м)
Золото	$2,42 \cdot 10^{-8}$	0,0242
Константан	$4,9 \cdot 10^{-7}$	0,49
Латунь	$8 \cdot 10^{-8}$	0,08
Манганин	$4,4 \cdot 10^{-7}$	0,44
Медь	$1,72 \cdot 10^{-8}$	0,0172
Молибден	$5,6 \cdot 10^{-8}$	0,056
Никель	$7,24 \cdot 10^{-8}$	0,0724
Нихром	$1 \cdot 10^{-6}$	1
Олово	$1,14 \cdot 10^{-7}$	0,114
Платина	$1,05 \cdot 10^{-7}$	0,105
Свинец	$2,06 \cdot 10^{-7}$	0,206
Серебро	$1,62 \cdot 10^{-8}$	0,0162
Цинк	$5,92 \cdot 10^{-8}$	0,0592

Экспериментально установленную зависимость силы тока  $I$  от напряжения  $U$  и электрического сопротивления  $R$  участка цепи называют *законом Ома для участка цепи*:

$$I = U / R.$$

### Тема 1.3 Резисторы

#### Лабораторное занятие №2 Исследование сопротивлений проводников при параллельном и последовательном соединении

**Цель:** изучить законы протекания тока через последовательно и параллельно соединенные проводники и определить формулы расчета сопротивлений таких участков.

#### 1. Краткое теоретическое описание.

Проводники в схемах могут соединяться последовательно (Рис 1.) и параллельно (Рис.2.).

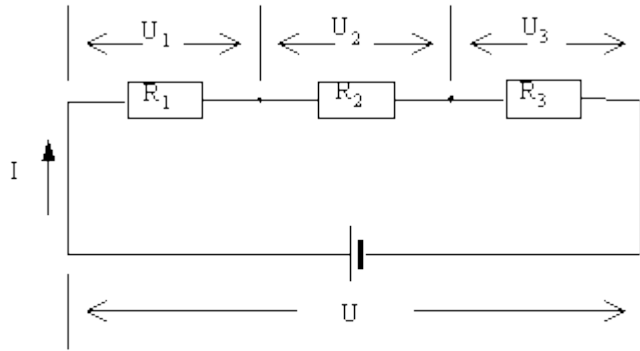


Рис. 1.

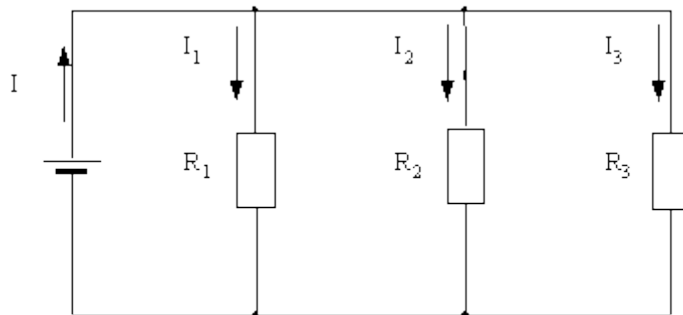


Рис. 2.

Рассмотрим схему последовательного соединения проводников, изображенную на Рис. 1.

Напряжение на концах всей цепи складывается из напряжений на каждом проводнике:

$$U = U_1 + U_2 + U_3, (1)$$

По закону Ома для участка цепи:

$$U_1 = R_1 I; U_2 = R_2 I; U_3 = R_3 I; U = R I, (2)$$

где  $R$  - полное сопротивление цепи,

$I$  - общий ток, текущий в цепи.

Из выражений (1) и (2), получаем:

$$R I = R_1 I + R_2 I + R_3 I, (3)$$

откуда полное сопротивление цепи последовательно соединенных проводников:

**При последовательном соединении проводников их общее сопротивление равно сумме электрических сопротивлений каждого проводника.**

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.12/22

Рассмотрим теперь схему параллельного соединения проводников, изображенную на Рис. 2.

Через цепь течет полный ток  $I$  :

$$I = I_1 + I_2 + I_3. \quad (4)$$

По закону Ома для участков цепи:

$$U = R_1 I_1; U = R_2 I_2; U = R_3 I_3; U = R I, \quad (5)$$

Из выражений (4) и (5), получаем:

$$I = U/R = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3$$

откуда:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (6)$$

**При параллельном соединении проводников величина, обратная сопротивлению цепи, равна сумме обратных величин сопротивлений всех параллельно соединенных проводников.**

## 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Соберите на монтажном столе электрическую схему, показанную на рисунке 3:

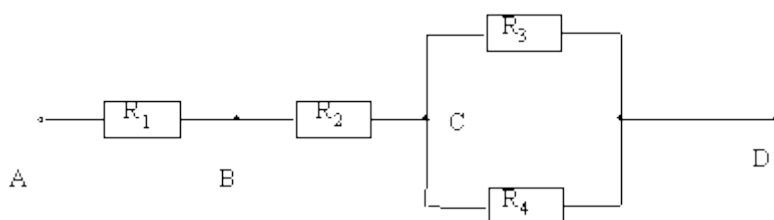


Рис. 3

Выберите следующие номиналы сопротивлений:

$$R_1 = 1 \text{ кОм}; R_2 = 2 \text{ кОм}; R_3 = 3 \text{ кОм}; R_4 = 4 \text{ кОм};$$

2.2. Определите экспериментально с помощью мультиметра (в режиме измерения сопротивлений) сопротивление между точками:

А и С; С и D; В и D; А и D.

Запишите эти показания.

2.3. Рассчитайте теоретические значения сопротивлений между указанными точками схемы и сравните их с измеренными.

Какие выводы можно сделать из этого опыта?

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.13/22

2.4. Измерьте с помощью мультиметра (в режиме измерения тока) токи, текущие через каждое сопротивление. Запишите показания прибора.

2.4. Проверьте экспериментально, что в последовательной цепи ток одинаков через все сопротивления, а в параллельной цепи разделяется так, что сумма всех токов через параллельно соединенные элементы, равна полному току через весь участок.

2.5. Измерьте с помощью мультиметра (в режиме измерения постоянного напряжения) напряжения на каждом сопротивлении. Запишите показания прибора.

2.6. Проверьте экспериментально, что в последовательной цепи напряжение на всем участке равно сумме напряжений на каждом элементе, а в параллельной цепи, напряжение одно и то же на каждом элементе.

### Контрольные вопросы.

1. Может ли сопротивление участка двух параллельно соединенных проводников быть больше (меньше) любого из них? Объясните ответ.

2. Какие законы сохранения используются для вывода формул сопротивления параллельного и последовательного соединения проводников?

3. Проанализируйте разницу между приводимыми здесь формулами и формулой для расчета сопротивления одного проводника через его геометрические параметры:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} .$$

В чем заключается эта разница ?

### Приложение 1

Последовательное и параллельное соединение проводников

При последовательном соединении  $k$  проводников их общее электрическое сопротивление равно сумме электрических сопротивлений всех проводников:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_k .$$

При параллельном соединении  $k$  проводников величина, обратная общему электрическому сопротивлению цепи, равна сумме обратных величин электрических сопротивлений всех параллельно включенных проводников:

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.14/22

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_k.$$

#### Тема 1.4 Конденсаторы ; тема 1.7 Намоточные изделия

### Лабораторное занятие №3 Элементы цепей переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления, их зависимость от частоты переменного тока и параметров элементов

Цель: изучить зависимость емкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока и параметров элементов.

#### 1. Краткое теоретическое описание

В цепи переменного тока кроме резисторов могут использоваться катушки индуктивности и конденсаторы. Для постоянного тока катушка индуктивности имеет только активное сопротивление, которое обычно невелико (если катушка не содержит большое количество витков). Конденсатор же в цепи постоянного тока представляет "разрыв" (очень большое активное сопротивление). Для переменного тока эти элементы обладают специфическим реактивным сопротивлением, которое зависит как от номиналов деталей, так и от частоты переменного тока, протекающего через катушку и конденсатор.

##### 1.1. Катушка в цепи переменного тока.

Рассмотрим, что происходит в цепи, содержащей резистор и катушку индуктивности. Колебания силы тока, протекающего через катушку:

$$i = I_m \cdot \cos(\omega t)$$

вызывают падение напряжения на концах катушки в соответствии с законом самоиндукции и правилом Ленца:

$$u_L = L \frac{di}{dt} = -L\omega I_m \sin(\omega t) = \omega L I_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

т.е. колебания напряжения опережают по фазе колебания силы тока на  $\pi/2$ .

Произведение  $\omega L I_m$  является амплитудой колебания напряжения:

$$U_L = \omega L I_m$$

Произведение частоты на индуктивность называют *индуктивным сопротивлением* катушки:

$$X_L = \omega L \quad (1)$$

поэтому связь между амплитудами напряжения и тока на катушке совпадает по форме с законом Ома для участка цепи постоянного тока:

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.15/22

$$U_L = X_L I_m \quad (2)$$

Как видно из выражения (1), индуктивное сопротивление не является постоянной величиной для данной катушки, а пропорционально частоте переменного тока через катушку. Поэтому амплитуда колебаний силы тока  $I_m$  в проводнике с индуктивностью  $L$  при постоянной амплитуде  $U_L$  напряжения убывает обратно пропорционально частоте переменного тока:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}$$

### 1.2. Конденсатор в цепи переменного тока.

При изменении напряжения на обкладках конденсатора по гармоническому закону:  $u_C = U_m \cos(\omega t)$

заряд  $q$  на его обкладках изменяется также по гармоническому закону:

$$q = C u_C = C U_m \cos(\omega t)$$

Электрический ток в цепи возникает в результате изменения заряда конденсатора, поэтому колебания силы тока в цепи будут происходить по закону:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega C U_m \sin(\omega t) = \omega C U_m \cos(\omega t + \pi/2)$$

Видно, что колебания напряжения на конденсаторе отстают по фазе от колебаний силы тока на  $\pi/2$ . Произведение  $\omega C U_m$  является амплитудой колебаний силы тока:

$$I_m = \omega C U_m$$

Аналогично тому, как было сделано с индуктивностью, введем понятие *емкостного сопротивления* конденсатора:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (3)$$

Для конденсатора получаем соотношение, аналогичное закону Ома:

$$U_C = X_C I_m \quad (4)$$

Формулы (2) и (4) справедливы и для эффективных значений тока и напряжения.

## 2. Порядок выполнения работы

### 2.1. Соберите цепь показанную на рисунке 1.

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся 1С Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.16/22

2.2. Установите следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Конденсатор – рабочее напряжение 400 В, емкость 10 мкФ;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

2.3 Изменяя емкость конденсатора от 5 до 50 мкФ (через 5 мкФ), запишите показания вольтметров (напряжение на конденсаторе и на резисторе).

2.4 Рассчитайте эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения емкости конденсатора (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).

2.5 Определите значения емкостных сопротивлений конденсатора для соответствующих значений его емкости и сравните их с рассчитанными по формуле (3).

2.6 Установите емкость конденсатора 10 мкФ. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторите измерения и расчеты емкостного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.

Рис.1.

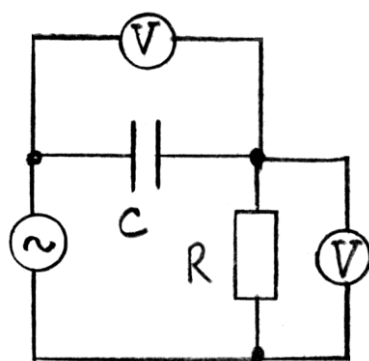
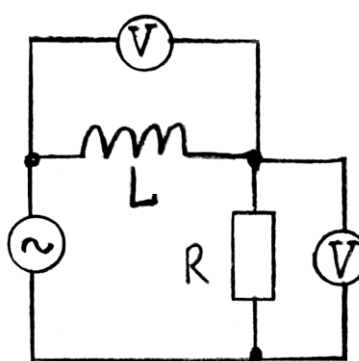


Рис.2.



2.6.1

2.7 Соберите цепь показанную на рисунке 2.

2.8 Установите следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Катушка - индуктивность 50 мГн;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

2.9 Изменяя индуктивность катушки от 50 до 500 мГн (через 50 мГн), запишите показания вольтметров (напряжение на катушке и на резисторе).



МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.17/22

2.10 Рассчитайте эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения индуктивности катушки (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).

2.11 Определите индуктивные сопротивления катушки для соответствующих значений ее индуктивности и сравните их с рассчитанными по формуле (1).

2.12 Установите индуктивность катушки 100 мГн. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторите измерения и расчеты индуктивного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока..

2.13 Постройте графики зависимостей индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты переменного тока.

### **Контрольные вопросы.**

1. Почему емкостное сопротивление уменьшается с увеличением частоты переменного ток а, индуктивное сопротивление – увеличивается?
2. Каковы разницы фаз между током и напряжением для катушки и конденсатора?
3. В каких единицах измеряются емкостное и индуктивное сопротивления?
4. Как записывается аналог закона Ома для максимальных (эффективных) значений тока и напряжения для реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности?

## **Тема 1.7 Намоточные изделия**

### **Лабораторное занятие № 4 Явление резонанса в цепи переменного тока**

**Цель:** изучение установившихся вынужденных колебаний в цепях переменного тока. Исследование явления резонанса.

#### **1. Краткое теоретическое описание.**

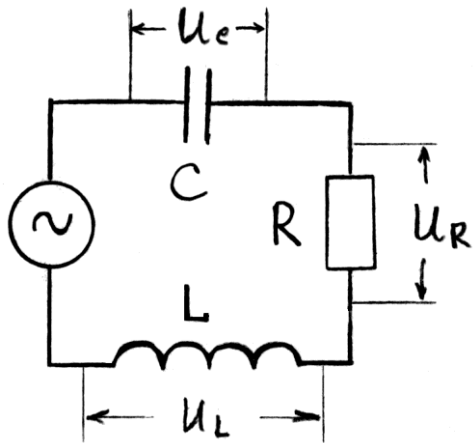


Рисунок 1

Рассмотрим электрическую схему на рисунке 1, в которой последовательно соединенные конденсатор, резистор и катушка индуктивности подключены к генератору переменного напряжения:

В этой цепи возникают вынужденные колебания силы тока и напряжения на отдельных её элементах. Амплитуда колебаний силы тока в цепи будет зависеть от частоты  $\omega$  приложенного постоянного напряжения генератора, так как сопротивления реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности зависят от частоты.

При низкой частоте  $\omega$  переменного тока емкостное сопротивление конденсатора  $X_C = 1/(\omega C)$  будет очень большим, поэтому сила тока в цепи будет мала. В обратном предельном случае большой частоты  $\omega$  переменного тока большим будет индуктивное сопротивление катушки  $X_L = \omega L$ , и сила тока в цепи опять будет мала.

Полное сопротивление  $Z$  цепи, изображенной на рисунке 1, определяется формулой:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Ясно, что максимальная сила тока в цепи будет соответствовать такой частоте  $\omega_0$  приложенного переменного напряжения, при которой индуктивное и ёмкостное сопротивления будут одинаковы:

$$\omega_0 L = 1/(\omega_0 C) \quad (1)$$

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.19/22

При равенстве реактивных сопротивлений катушки и конденсатора, амплитуды напряжений на этих элементах также будут одинаковыми  $U_C = U_L$ . Колебания напряжения на катушке и конденсаторе противоположны по фазе, поэтому их сумма при выполнении условия (1) будет равна нулю. В результате напряжение  $U_R$  на активном сопротивлении  $R$  будет равно полному напряжению генератора  $U$ , а сила тока в цепи достигает максимального значения  $I_m = U / R$ . Циклическая частота  $\omega$  колебаний силы тока и Э.Д.С. при этом равна

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2)$$

и совпадает с частотой свободных незатухающих электромагнитных колебаний в электрическом контуре.

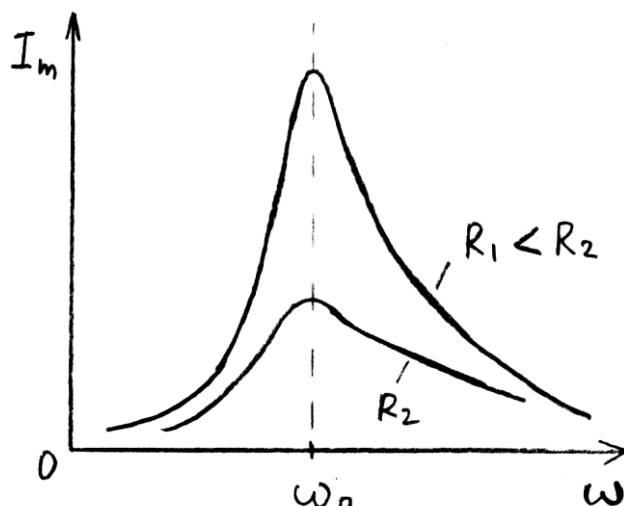


Рисунок 2

Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний силы тока в колебательном контуре при приближении циклической частоты  $\omega$  внешней переменной Э.Д.С. к частоте  $\omega_0$  свободных незатухающих колебаний в контуре называется *резонансом* в электрической цепи переменного тока. Частота  $\omega = \omega_0$  называется *резонансной частотой*. Резонансная циклическая частота не зависит от активного сопротивления  $R$ . График зависимости  $I_m$  от  $\omega$  называется *резонансной кривой*. Резонансные кривые имеют тем более острый максимум, чем меньше активное сопротивление  $R$ :

## 2. Порядок выполнения работы.

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.20/22

2.1. Соберите на монтажном столе схему, показанную на рисунке 1, предварительно выбрав значения параметров элементов следующими:

Генератор:  $U_{эф} = 100 \text{ В}$ ;  $n = 10 \text{ Гц}$ ;

Резистор:  $R = 200 \text{ Ом}$ ;  $P = 500 \text{ Вт}$ ;

Конденсатор:  $C = 10 \text{ мкФ}$ ;  $U_{раб} = 400 \text{ В}$ ;

Катушка:  $L = 1 \text{ Гн}$ .

2.2. Изменяя частоту генератора от 10 Гц до 100 Гц через 10 Гц, с помощью вольтметров измерьте напряжения на катушке, конденсаторе, резисторе и занесите измеренные значения в таблицу. В наборе конструктора имеется лишь два мультиметра, поэтому придется, изменяя частоту генератора, провести измерения дважды – сначала подключив вольтметры к катушке и конденсатору, а второй раз – подключив вольтметр к резистору.

2.3. Постройте графики зависимости напряжений на резисторе, конденсаторе и катушке в зависимости от частоты генератора.

2.4. Рассчитайте по формуле (2) частоту резонанса и сравните полученное значение с экспериментальным.

2.5. Измените параметры элементов и повторите измерения и расчеты.

2.6. Попытайтесь объяснить экспериментальные графики зависимости напряжений на элементах от частоты переменного тока в цепи.

### **Контрольные вопросы.**

1. Как зависят реактивные сопротивления конденсатора и катушки индуктивности от частоты переменного тока?

2. Почему сила тока в последовательной цепи с конденсатором, катушкой и резистором имеет максимум при определенной частоте и стремится к нулю при очень малой и очень большой частоте.

3. Почему при резонансе напряжение на резисторе равно напряжению источника переменного тока?

4. При каком условии наступает резонанс в последовательной цепи переменного тока?

5. Как используется явление резонанса в быту, технике, науке?

### **Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ**

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.21/22

1. Перед выполнением лабораторных занятий курсант должен пройти инструктаж по технике безопасности.
2. Во время выполнения лабораторной работы категорически запрещается хождение по лаборатории.
3. Курсант, заметивший нарушение правил техники безопасности, должен немедленно сообщить об этом преподавателю.
4. Необходимо помнить, что нарушения правил техники безопасности могут привести к поражению электрическим током.
5. После окончания работы должны быть обесточены все компьютеры, то есть должно быть отключено питание, рабочее место убрано.

МО-11 02 03-ОП.05.ЛЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.22/22

### Используемые источники литературы

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
<b>Основные</b>	Сборник ГОСТов «Обозначения условные графические в схемах». Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. «Электротехнические материалы», Л., Энергоатомиздат Шандриков, А. С. Электрорадиоэлементы и устройства функциональной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Шандриков. - Минск : РИПО, 2020
	<b>Дополнительные,</b>
<b>Электронные образовательные ресурсы</b>	1. ЭБС «Book.ru», <a href="https://www.book.ru">https://www.book.ru</a> 2. ЭБС «ЮРАЙТ» <a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a> 3. ЭБС «Академия», <a href="https://www.academia-moscow.ru">https://www.academia-moscow.ru</a> 4. Издательство «Лань», <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> 5.Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», <a href="https://www.biblioclub.ru">https://www.biblioclub.ru</a>
<b>Периодические издания</b>	Журнал «Радио»; Журнал «Эксплуатация морского транспорта»; Журнал «Морские вести России»; Журнал «Морской Флот»; Журнал «Стандарты и качество». Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства.