

ФГБОУ ВО «НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ»

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ**

Методические указания для выполнения лабораторно-
практических занятий и самостоятельной работы

Новосибирск 2018

УКД

Кафедра техносферной безопасности и электротехнологии

Составители: С.А. Никонов, ассистент

Рецензент: А.Ю. Кузнецов, к.т.н. доцент

Компьютерное моделирование в электротехнологиях: метод. указания для выполнения лабораторно-практических занятий и сам. работы / Новосиб. гос. агр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: С.А. Никонов. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2018. – 27 с.

Методические указания содержат перечень изучаемых по дисциплине тем и вопросы для самостоятельной подготовки; вопросы для подготовки к зачету; описание и методика выполнения лабораторно-практических работ, список рекомендованной литературы.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (профиль Электрооборудование и электротехнологии в агропромышленном комплексе).

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол №5 от 12 декабря 2017 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2018

Содержание

Введение	4
1 Содержание отдельных разделов и тем	7
<i>Введение</i>	7
<i>Тема 1. Математическое моделирование и расчет электрических полей</i>	7
<i>Тема 2. Методы расчета, и проектирования электро-технологических процессов.</i>	7
<i>Тема 3. Обзор программных пакетов</i>	8
<i>Тема 4. Обзор программных пакетов и программ.</i>	8
<i>Тема 5. Создание модели узла, или элемента</i>	9
<i>Тема 6. Моделирование электрических полей</i>	10
<i>Тема 7. Расчет типовых электрических цепей</i>	10
<i>Лабораторно-практическая работа № 1</i>	11
<i>Лабораторно-практическая работа № 2</i>	14
<i>Лабораторно-практическая работа № 3</i>	16
<i>Лабораторно-практическая работа № 4</i>	18
<i>Лабораторно-практическая работа № 5</i>	21
Список рекомендованной литературы	24
Библиографический список	24

Введение

Современная техногенная цивилизация предполагает применение электротехнических устройств и оборудования почти во всех сферах быта и производства. Для выбора того или иного оборудования мы вынуждены руководствоваться правилами и нормами которые обусловлены различными факторами начиная с окружающей среды до системы безопасности жизни деятельности человека. Согласно, этих правил необходимо выбрать методику расчета того или иного процесса, в результате которого будет выбрано соответствующее расчетам оборудование. Зачастую такие расчеты очень трудоемки, т.к. нужно учитывать несколько разных факторов влияния. В результате, при появлении высоких технологий мы сегодня можем решить на компьютере почти все задачи, и произвести необходимые расчеты лишь выбрав начальные условия. Однако расчета как токового бывает недостаточно для более глубокого представления того или иного процесса. В связи с этим широко стали применяться моделирования технологических процессов, как для бытового, так и для производственного использования.

В виду трудоёмкости аналитических расчётов и ограниченности сроков подготовки бакалавров, а так же с учётом специфики их дальнейшей профессиональной деятельности в учебный план подготовки была включена дисциплина «Компьютерное моделирование в электротехнологиях». Это относительно новая дисциплина. Наряду с развитием компьютерных технологий, одной из задач которых состоит в том, чтобы облегчить труд человека, появляются

Составитель:
Никонов Сергей Александрович

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ

Методические указания для выполнения лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы

Редактор *М.Г. Девищенко*
Компьютерная верстка *В.Н. Зенина*

Подано в печать «__» _____ 2018 г. Формат 60x84 ¹/₁₆
Объем 1,5 уч.-изд. л., 1,5 усл. печ. л.
Тираж 100 экз. Изд №__ Заказ __

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, кааб. 106.
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru

Список рекомендованной литературы

1. Градов В.М. Компьютерное моделирование: Учебник / В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков — М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. — 264 с.
2. Гордеев А.С. Моделирование в агроинженерии.: учебник 2-е изд., испр. и доп. / - Спб.: Издательство «Лань», 2014. — 384 с.
3. Арбузов В.Н. Применение комплекса программ ELCUT для решения задач электростатики. Учебное пособие для студентов заочного отделения / В.Н.
4. Петров М. Н., Гудков Г. В. П 30 Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 464 с.

Библиографический список

1. Копылов А. Ф. Основы теории электрических цепей.: учеб. пособие / А. Ф. Копылов, Ю. П. Саломатов, Г. К. Былкова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 666 с.
2. ELCUT. Моделирование электромагнитных, тепловых и упругих полей методом конечных элементов. Версия 6.1. Руководство пользователя — Санкт-Петербург: ООО «Тор», 2015г. — 303 с. <http://elcut.ru/demo/manual.pdf>.
3. Ильин И.А. Инструкция Vent-Calc.pdf/ И.А. Ильин: [Электронный ресурс], 2009 г. — 9 с. <http://www.easro.ru/sites/default/files/Vent-Calc.pdf>
4. DIAL GmbH. Dialux 4.2: Руководство пользователя./ [Электронный ресурс], 2006. — 242 с. <http://www.altie.ru/upload/RusDIALux4i2.pdf>

компьютерные программы и комплексы для выполнения той или иной задачи.

Сам процесс моделирования и расчета весьма трудоемкий, и зачастую ограничен двумя измерениями и графиками. Компьютерные программы же ускоряют этот процесс за счет заложенного алгоритма и методики расчета, а отображение результатов может быть и в 3D модели.

Существуют различные компьютерные комплексы по расчету электрических цепей и полей, моделированию и расчету осветительной сети, вентиляционной системы и других различных видов электротехнологий.

Тем не менее, в современном технологическом обществе необходимость в выпуске квалифицированных кадров, где уровень качества подготовки специалиста является системно-образующим фактором в динамической системе учебного процесса по ООП и предполагает логическую последовательность изучения данной дисциплины.

В данных методических указаниях представлены вопросы для самоподготовки в рамках данной дисциплины, а также предлагается ознакомиться с различными программами и комплексами, для расчета и моделирования различных видов электротехнологических процессов.

В результате изучения дисциплины студент должен

Знать: теоретические основы методов исследования, заложенных в алгоритме программных пакетов для моделирования электрических полей и цепей электротехнических устройств и электротехнологических установок.

Уметь: создавать модели и проводить расчет в программных продуктах, используемых для моделирования электрических полей и расчета электрических цепей.

Владеть: программными пакетами для моделирования электрических полей и цепей электротехнических устройств и электротехнологических установок

1 Содержание отдельных разделов и тем

Цель изучения дисциплины:

- изучение специальных методов исследования, связанных с компьютерным моделированием электрических полей и цепей в электротехнических устройствах и электротехнологических установках;
- изучение специализированных программных продуктов используемых для моделирования электрических полей и расчета электрических цепей.

После нажатия кнопки «Расчет» Вы сразу получаете результат. Мощность вентилятора приточной установки П1 должен обеспечивать работу на сеть (помимо самой установки) 91,2 Па. Конечно лучше запастись давлением, так как без запаса 10-30% вообще ничего принимать нельзя, и кроме того приточная установка снабжена фильтром который со временем забивается, это тоже лучше учесть. Тем не менее, теперь Вы знаете, что сопротивление сети ~100 Па, а не 300 или 600.

Если теперь запустить программу Блокнот, и вставить туда текст из буфера обмена Вы получаете калькуляцию произведенного программой расчета. Здесь будут представлены диаметры и всех воздуховодов, все ответвления и т.д. (Рис 5.3). [3]



Рис. 5.3

1 - распределяющая часть длиной 10,8 метра, состоящая из 5 ответвлений и концевого элемента;

2 - подводящая магистраль длиной 6,5 + 1,2 метра с 2 отводами и наружным воздухозаборным устройством.

1. шаг первый – ввод данных.

В рамке «Горизонтальная планировка» вводится общая длина первой части системы П1, состоящей из 5 ответвлений 1 отвода (на конце).

В рамке «Вертикальная планировка» вводится общая длина второй части, у которой нет ответвлений. Не следует смущаться термином «Вертикальная планировка», который, конечно в данном случае не совсем уместен, так как речь идет о двух горизонтальных частях одной приточной системы (Рис. 5.2).

Соответственно вводятся начальный и конечный расходы воздуха.

Рис. 5.2

Содержание курса дисциплины

Введение

Краткое содержание: основные понятия и термины.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое световой поток?
2. Что называют магнитным полем?
3. Что такое напряженность электрического поля?
4. Какова зависимость напряженности электрического поля от расстояния до ее источника распространения?
5. Что такое магнитный поток?

Тема 1. Математическое моделирование и расчет электрических полей

Краткое содержание: виды моделирования и расчеты на основе которых выстраивается данная модель. Моделирование в электролитической ванне, моделирование путем замены большим числом эквивалентных сопротивлений, моделирование на листе ферромагнитного материала. Методы расчета электрических полей.

Вопросы для самопроверки

1. Аналитический метод (метод интегральных уравнений, метод зеркальных отображений и др.). Его применение и ограничения.
2. Графический метод. Область его использования.
3. Численный метод (метод конечных элементов, метод конечных разностей и др.) его достоинства и недостатки.

Тема 2. Методы расчета, и проектирования электротехнологических процессов

Краткое содержание: комплексный метод, метод контурных токов, метод узловых напряжений, метод сечений, метод эквивалентного генератора и др.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение электрической цепи (замкнутая и разомкнутая).
2. Контурные токи и их взаимосвязь с токами, протекающими в ветвях сложных электрических цепей.
3. Из чего состоит электрическая цепь?

Тема 3. Обзор программных пакетов

Краткое содержание: основные понятия лабораторных комплексов Matlab, Ansys, Simulinc, Elcut, и тд.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите преимущества и недостатки использования программного комплекса Matlab.
2. Назовите преимущества и недостатки использования программного комплекса Ansys.
3. Назовите преимущества и недостатки использования программного комплекса Simulinc.
4. Назовите преимущества и недостатки использования программного комплекса Elcut.
5. На что следует обращать внимание при выборе программных пакетов для моделирования и расчета технологических процессов.

Тема 4. Обзор программных пакетов и программ

Краткое содержание: основные понятия программ DI-Alux, Ven-calc и др.

Лабораторно-практическая работа №5

Расчет вентиляции в программном пакете Vent-Calc

Цель работы: научиться рассчитывать в программном пакете Vent-Calc системы вентиляции для различных объектов.

Порядок выполнения работы:

1. Запустите на своём персональном компьютере программный пакет Vent-Calc 2.0 бесплатной версии для учебных занятий.
2. Прочтите условия задачи. Дано: На рис. 5.1 изображен план вентиляционной системы.

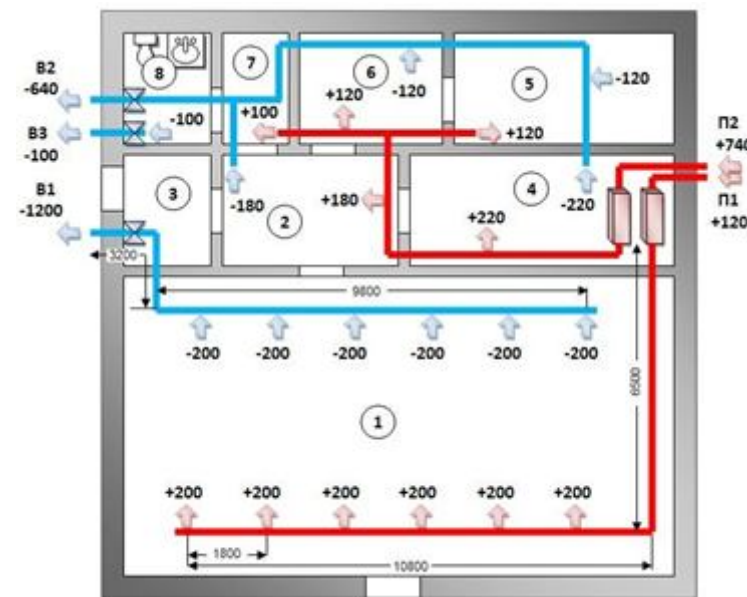


Рис. 5.1

В данном случае система П1 осуществляет распределение приточного воздуха равными долями вдоль фасада здания. Её можно условно разделить на 2 части:

1. С чего начинается работа в программном комплексе Elcut?
2. Какие виды отображения результата расчета используются в программном комплексе Elcut?
3. С чего начинается работа в программном пакете Dialux?
4. Какие виды отображения результата расчета используются в программном пакете Dialux?
5. Какие дополнительные возможности при моделировании используются в программном пакете Dialux?
6. Что такое граница детали?
7. Что такое вершины объекта?

Тема 6. Моделирование электрических полей

Краткое содержание: моделирование электрических полей узлов, элементов электротехнических устройств и электротехнологических установок АПК.

Вопросы для самопроверки

1. Какие установки и процессы в АПК вы знаете?
2. Какие установки и процессы в АПК можно рассчитать и смоделировать в компьютерных программах?
3. Какие элементы электротехнических узлов могут быть смоделированы в программном комплексе Elcut?
4. Ким способом отображения результатов расчета представлена в программе Vent-Calc?

Тема 7. Расчет типовых электрических цепей

Краткое содержание: Расчет типовых электрических цепей и проектирование технологических процессов в узкоспециализированных программах.

Вопросы для самопроверки

1. Какие компьютерные программы вы изучили в ходе данной дисциплины?
2. Перечислите, какие технологические процессы рассчитываются и моделируются в изученных компьютерных программах.
3. Общая характеристика программного пакета «Энергия 2008».
4. Чем отличается моделирование распространения электрического или магнитного поля в программном комплексе Elcut от моделирование в программном пакете Matlab?

4. Зайдите в меню **Выбор светильников**/каталоги Di-alux. Выберите светильник офисного или аудиторного типа. Добавьте выбранный светильник в проект. Войдя в меню **Вставить**/ Группа светильников/расположение полей, нажать - Вставить.

5. В меню **Результаты** выбрать «Запустить расчет». У вас отобразится 3D-модель помещения, далее во вкладки **Вставить**/Объект необходимо расставить все дополнительные объекты в соответствии с заданием (Рис. 4.2). После чего «Запустить расчет» повторно

6. Зайдите во вкладку **Результаты**/Конфигурировать результаты, и проставить все галочки в появившемся меню. Вывести всё на печать виртуального принтера pdf (Рис. 4.3). [4]



Рис. 4.2

Лабораторно-практическая работа № 4

Расчет и моделирование осветительной сети здания в программном пакете Dialux

Цель работы: научиться рассчитывать и моделировать в программном комплексе Dialux электрическое освещение, для всех видов помещений.

Порядок выполнения работы:

1. Запустите на своём персональном компьютере программный комплекс Dialux.
2. Прочтите условия задачи: Дано: Помещение учебного класса 66 м^2 (Рис.4.1), Габариты $11 \times 6 \times 2,8$. Известно, что класс вмещает 30 школьников. Имеет 4 окна. 1 шкаф, 1 тумбу для книг, стол учителя, кресло учителя, одну доску. Необходимо построить 3D-модель отвечающие данным параметрам и произвести расчет электрического освещения в классе.

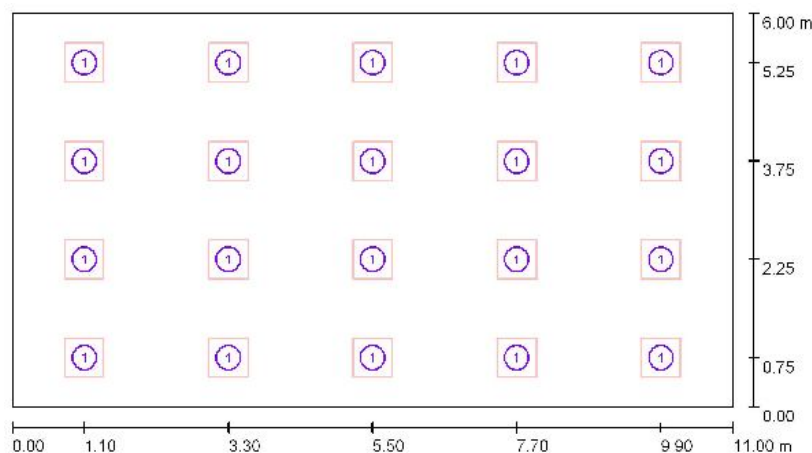


Рис. 4.1

3. Создайте новый объект интерьера (новое помещение) и введите габариты помещения.

Лабораторно-практическая работа № 1

Электрические цепи

Цель работы: научиться рассчитывать в программном комплексе Elcut 6.1 Электрические цепи и проанализировать его распространение в пространстве.

Порядок выполнения работы:

1. Запустите на своём персональном компьютере программный комплекс Elcut.
2. Прочтите условия задачи: Дано: 3-х фазная система электропередачи Рис.1.1,

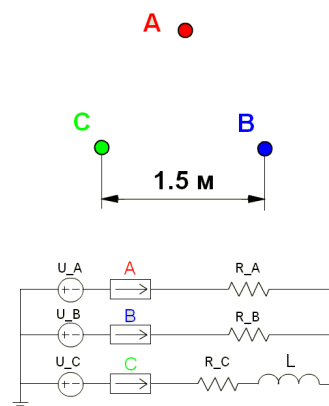


Рис. 1.1

Диаметр проводника: $d = 1 \text{ мм}$;
Электропроводимость меди: $g = 58 \cdot 10^6 \text{ См/м}$;
Напряжение: $U = 400 \text{ В}$;
Сопротивления: $R_A = 2 \text{ Ом}$,
 $R_B = 2,5 \text{ Ом}$, $R_C = 1 \text{ Ом}$;
Индуктивность: $L = 0,002 \text{ Гн}$;
Сопротивления заземления 8 Ом .
Найдите токи в линии электропередач.

Этапы моделирования:

1. Выбор типа задач и файлов модели.
2. Задание геометрии модели.
3. Задание физических свойств модели.
4. Решение и анализ результатов.

1. Чтобы выбрать задачу нажмите **Создать** и выберите **Задача Elcut**.

В появившемся окне, во вкладке «Имя файла задачи» впишите название файла: «Задача Elcut», и нажмите кнопку **Далее**. В следующем окне необходимо дать имя файлу, допустим – «линия передач», и нажать **Далее**. Затем выставить следующие параметры задачи:

- тип задачи: «Магнитное поле переменных токов»;
- класс модели: плоская;
- частота, $f = 50$ Гц.

нажать **Далее**, в следующем окне выбрать:

- единицы длины: сантиметры, См;
- систему координат: декартовую, нажать **Далее**.

2. Зададим геометрию модели.

Необходимо начертить модель, показанную на рис. 1.2а. с сеткой конечных элементов Рис. 1.2б. выставив шаг привязки сетки по 1 см. В свойствах выделенных объектов должно получиться: Фаза А, Фаза В, Фаза С, Воздух и граница распространения. После присвоить свойства меток по данным задачи. При указании значения электропроводимости $58 \cdot 10^6$ необходимо записать в форме: **58e6** иначе система не поймет данное значение.

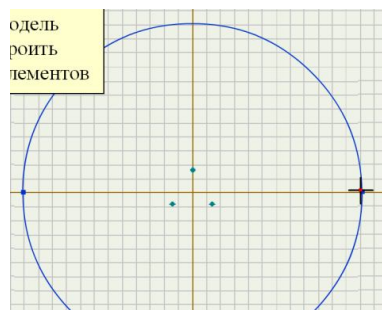


Рис 1.2а.

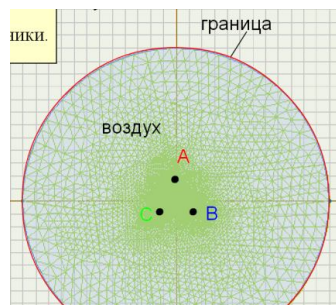


Рис 1.2б.

ку **Далее**. В следующем окне необходимо дать имя файлу, допустим – «кабель», и нажать **Далее**. Затем выставить следующие параметры задачи:

- тип задачи: «Электрическое поле переменных токов»;
- класс модели: плоская;
- частота: $f = 400$ Гц.

нажать **Далее**, в следующем окне выбрать:

- единицы длины: Сантиметры, См;
- систему координат: декартовую,

2. Зададим геометрию модели.

Необходимо начертить модель по размерам данным на Рис. 3.1, на поле, выставив шаг привязки сетки по 0,5 см. По аналогии с первой лабораторной работой должна получиться модель представленная на Рис 3.2а. с сеткой конечных элементов Рис. 3.2б. [2]

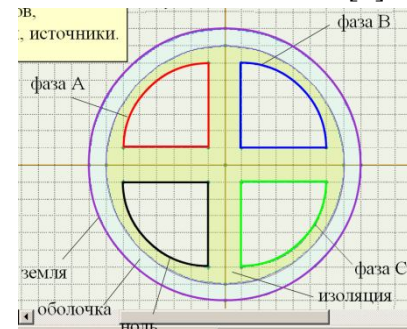


Рис 3.2а

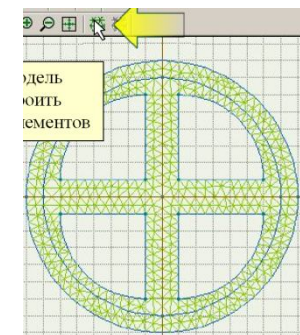


Рис 3.2б

3. Задайте физические свойства из условия задачи.

4. Произведите расчет модели, представьте полученные результаты в виде растекания электрического поля, для вычисления токов утечки через оболочку надо построить контур, После чего запустить интегральный калькулятор.

Сделайте выводы по полученным результатам.

Лабораторно-практическая работа № 3

Электрическое поле переменных токов

Цель работы: научиться рассчитывать в программном комплексе Elcut 6.1 Электрическое поле переменных токов и проанализировать его растекание в земле.

Порядок выполнения работы:

1. Запустите на своём персональном компьютере программный комплекс Elcut.

2. Прочтите условия задачи: Дано: Трёхфазный силовой кабель Рис 3.1.

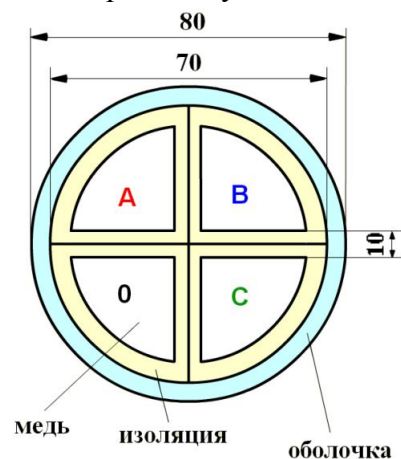


Рис 3.1

Кабель состоит из 4-х изолированных жил. Данный кабель закопан в землю (потенциал оболочки равен, $U = 0$ В).

Напряжение $U = 250$ В.

Частота $f = 400$ Гц.

Необходимо определить ток утечки и проанализировать распространение электрического поля.

Этапы моделирования:

1. Выбор типа задач и файлов модели.
2. Задание геометрии модели.
3. Задание физических свойств модели.
4. Решение и анализ результатов.

1. Чтобы выбрать задачу нажмите **Создать** и выберите **Задача Elcut**.

В появившемся окне, во вкладке «Имя файла задачи» впишите название файла: «Задача Elcut», и нажмите кноп-

Теперь, когда модель построена, необходимо построить схему, показанную на рис. 1.1. Для этого в левом поле программы находим вкладку **Связи задачи/Электрическая цепь**. На главной панели появляется дополнительная панель в которой есть все необходимые элементы для построения электрической схемы представленной на рис. 1.1.

В итоге у нас должна получиться электрическая цепь показанная на рис. 1.3

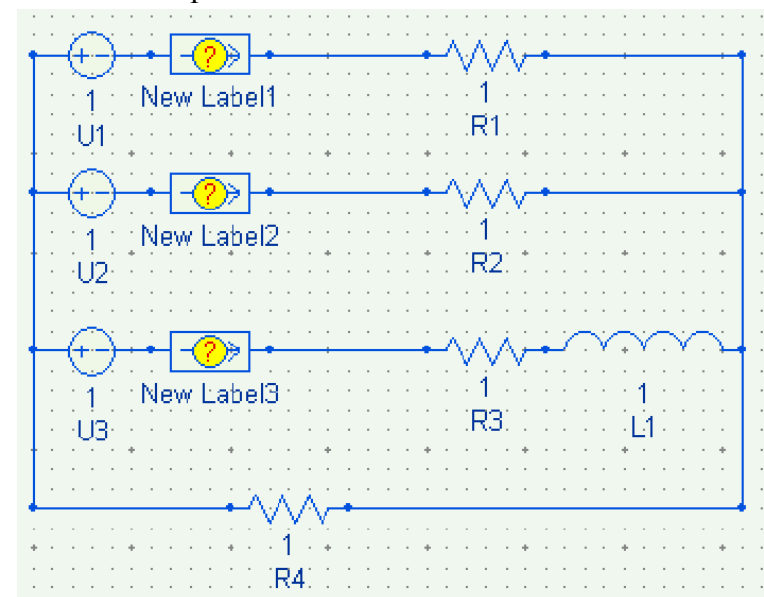


Рис. 1.3

3. Далее необходимо на каждом элементе данной электрической цепи (Рис. 1.3.) задать физические свойства из условия задачи. и привязать их к нашей модели (Рис. 1.2).

4. Произведите расчет модели, представьте полученные результаты в виде рисунка распространения магнитного поля, а также получите результаты решения электрической цепи вызвав окно цепи. [2]

Лабораторно-практическая работа № 2

Магнитное поле синусоидальных токов

Цель работы: научиться рассчитывать в программном комплексе Elcut 6.1 магнитное поле синусоидальных токов и проанализировать его распространение в пространстве.

Порядок выполнения работы:

1. Запустите на своём персональном компьютере программный комплекс Elcut.
2. Прочтите условия задачи. Дано: Проводник в пазу электрической машины Рис.2.1.

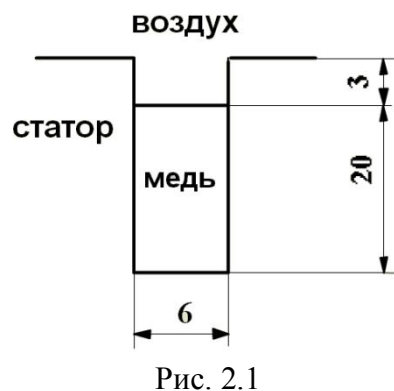


Рис. 2.1

Магнитная проницаемость воздуха $\mu = 1$;
Магнитная проницаемость стали $\mu = 1000$;
Электропроводимость меди $g = 58 \cdot 10^6$ См/м;
Ток $I = 500$ А.

Требуется выяснить влияния поверхностного эффекта на активное сопротивление проводника.

Этапы моделирования:

1. Выбор типа задач и файлов модели.
 2. Задание геометрии модели.
 3. Задание физических свойств модели.
 4. Решение и анализ результатов.
1. Чтобы выбрать задачу нажмите **Создать** и выберите **Задача Elcut**.

В появившемся окне, во вкладке «Имя файла задачи» впишите название файла: «Задача Elcut», и нажмите кнопку **Далее**. В следующем окне необходимо дать имя файлу, до-

пустим – «паз», и нажать **Далее**. Затем выставить следующие параметры задачи:

- тип задачи: магнитное поле синусоидальных токов;
- класс модели: плоская;
- частота f : 50 Гц.
- единицы длины: мм;
- система координат: декартовая.

Нажмите **Далее**.

3. После описания задачи необходимо начертить модель по размерам данным на Рис. 2.1 на поле. По аналогии с предыдущей лабораторной работой должна получиться модель представленная на Рис 2.2а. с сеткой конечных элементов Рис. 2.2б. [2]

4. Проанализируйте результаты моделирования с помощью мастера импеданса. **Вид>Мастер импеданса**.

Представьте отчет в виде диаграммы.

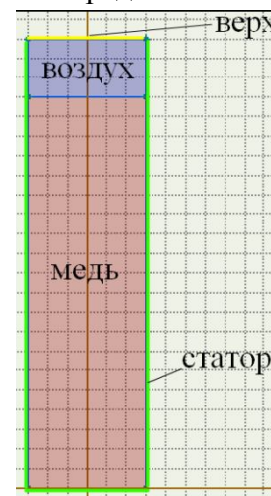


Рис. 2.2а

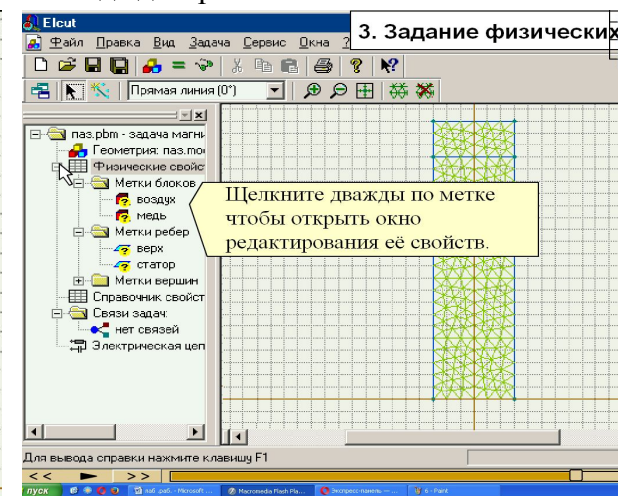


Рис. 2.2б