

Утверждена:

Главным Управлением Учебными  
Заведениями НКЭС СССР

10 сентября 1943 г.

## ПРОГРАММА

КУРСА "ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ"

/Для электротехнических специальностей/

Объем курса - 300 часов

### А. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

#### 1. Электрическое поле

1. Практические задачи электротехники, связанные с электростатикой и электрическими полями. Электрическое поле и основные величины, характеризующие его: напряженность, смещение, поляризация, электрическая проницаемость, потенциал, напряжение. Потенциальный характер электростатического поля и поля токов. Коэффициент пропорциональности и закона Кулона, его зависимость от выбора системы единиц.

2. Влияние формы электродов и диэлектриков на картину поля. Объемный и поверхностный заряды. Применение теоремы Гаусса к расчету полей. Заряд на поверхности раздела диэлектриков. Расчет емкостей в простейших случаях /плоский, шаровой, цилиндрический конденсаторы, параллельные провода, провод-земля/. Зеркальные изображения.

3. Различные соединения конденсаторов. Емкости в системе проводов. Формулы Максвелла с емкостными и потенциальными коэффициентами. Частичные емкости.

4. Зарядка и разряд конденсатора.  
Энергия электрического поля. Механические силы в электрическом поле /в элементарном изложении/.

5. Электрическое поле в проводящей среде. Плотность тока и удельное сопротивление. Картины поля и сопротивление растеканию в простейших случаях заземления. Напряжение шага.

6. Электрическая прочность и виды разрядов. Электронная эмиссия. Токи в разреженных газах и вакууме. Роль объемного заряда. Простейшие электровакуумные приборы. Движение электрона в электрическом поле /трубки Брауна/.

## II. Цель постоянного тока

- а/ Сторонняя напряженность поля и э.д.с. Простейшие источники э.д.с.
- б/ Процессы в аккумуляторах и гальванических элементах.
- в/ Передача энергии постоянным током. Потери напряжения и мощности в проводах. Баланс энергии. Нагревание и охлаждение проводов.
- г/ Расчеты разветвленных цепей по законам Кирхгофа. Принцип наложения. Метод контурных токов. Принцип взаимности. Теорема Тевенида. Метод эквивалентного напряжения. Теорема компенсаций. Трансфигурация.
- д/ Цепи с нелинейными параметрами. Униполярная проводимость.

## III. Магнитное поле

1. Магнитное поле, как поле электродинамическое. Вихревой характер магнитного поля. Действие магнитного поля на движущийся заряд и на электрический ток. Магнитная индукция. Напряженность поля. Магнитная проницаемость. Немагнитичность. Закон плотного тока. Первое уравнение Максвелла в интегральной форме.
2. Ферромагнетизм. Кривые намагничивания различных материалов. Петля гистерезиса. Постоянные магниты. Размагничивающий фактор. Картина магнитных полей.
3. Расчеты простых и разветвленных цепей.
4. Явления электромагнитной индукции. Различные выражения закона электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла в интегральной форме.
5. Самоиндукция. Включение и короткое замыкание контуров, обладающих сопротивлением и индуктивностью.
6. Энергия магнитного поля. Потеря энергии при перемагничивании стали. Энергия контура с током в магнитном поле.
7. Взаимная индукция. Магнитное рассеяние. Связь между собственными индуктивностями и взаимной индуктивностью двух контуров. Энергия индуктивно-связанных контуров.
8. Вычисление собственной и взаимной индуктивности в простейших случаях /параллельные провода, цилиндрические катушки/.
9. Электрические цепи с взаимной индукцией: дифференциальное уравнение трансформатора, индуктивное влияние линий передач на линии связи.

#### IV. Цепи переменного тока

1. Получение переменного тока от вращающихся машин и колебательных контуров. Форма кривых переменного тока. Амплитудные, мгновенные, средние и эффективные значения.

2. Дифференциальное уравнение цепи, содержащей индуктивность, сопротивление и емкость. Свободные и принужденные колебания. Представление синусоидально изменяющихся величин векторами и комплексами. Активные и реактивные составляющие тока, напряжения, сопротивления, проводимости, мощности; их амплитудные и кажущиеся значения. Косинус "фи" Компенсация сдвига фаз.

3. Расчет цепей переменного тока.

Учет взаимной индуктивности. Применимость всех методов расчета цепей постоянного тока при комплексном выражении соответствующих величин.

Простейшие графические методы, круговые и топографические диаграммы. Мост Уитстона для переменного тока.

4. Цепь переменного тока с нелинейными параметрами /подробнее рассматривается в разделах 8 и 9/.

5. Особенности цепей высокой частоты.

#### V. Теория четырехполюсника

1. Четырехполюсники. Примеры четырехполюсников: линия передачи, трансформатор, мост Уитстона, потенциометр, компенсатор и т.п. Основное уравнение. Определение постоянных четырехполюсника.

2. Построение круговой диаграммы четырехполюсника при постоянном первичном напряжении и постоянном сдвиге фаз во вторичной цепи /по уравнениям прямой и окружности и на комплексной плоскости/. Построение характеристик по круговой диаграмме /для электромеханического факультета дополнительно излагается метод инверсии/.

3. Фильтры.

4. Активные четырехполюсники. Усилители.

#### VI. Многофазные токи

1. Получение многофазных токов. Классификация многофазных систем. Соединение звездой и многоугольником, в частности, - трехфазной звездой и треугольником. Соотношения между фазными и линейными величинами токов и напряжений. Чистота трехфазного тока.

2. Неравномерная нагрузка при соединении в звезду с нулевым проводом и без него, а также при соединении треугольником. Графические решения. Несимметричная нагрузка при смешанном соединении и нескольких нагрузках. Измерение мощности по схеме Дроне.

3. Передача энергии трехфазным током. Взаимная индукция в трехфазных системах. Индуктивность трехфазной линии.

4. Вращающееся магнитное поле и его образование при двухфазной и трехфазной токах. Разложение пульсирующего магнитного поля на два вращающихся. Принцип действия синхронного и асинхронного двигателей, фазорегулятора и регулятора напряжения. Эллиптическое вращающееся магнитное поле.

5. Метод симметричных составляющих. Разложения несимметричной системы токов и напряжений на симметричные составляющие. Понятие о сопротивлениях для системы токов отдельных последовательностей.

Расчет несимметричного режима в симметричной системе /применение метода симметричных составляющих к расчету несимметричных видов короткого замыкания/.

## VI. Несинусоидальные токи

1. Отступление практических кривых напряжений и токов от синусоид. Примеры возникновения несинусоидальных токов и напряжений /формы магнитного поля вращающихся машин; нелинейные параметры и цепи переменного тока; релаксационные колебания и т.д./.

2. Явления в цепи при наличии индуктивности и емкости. Возможный резонанс для отдельных гармоник. Эффективные значения несинусоидальных токов и напряжений. Мощность цепи при несинусоидальных изменениях тока и напряжения.

Методика расчета сложных цепей при несинусоидальном напряжении.

3. Влияние формы кривых тока и магнитного потока на форму изменения э.д.с.

4. Высшая гармоника в трехфазных системах.

5. Цепи с нелинейными параметрами. Выпрямление переменного тока. Формы кривых напряжений. Мощность искажения.

## VII. Катушка со стальным сердечником и цепи переменного тока

1. Катушки со стальными сердечниками. Учет воздушного зазора. Влияние кривой намагничивания стали на форму кривых тока в э.д.с. Роль гистерезиса и вихревых токов. Потери энергии. Подмагничивание сердечника постоянным током. Эквивалентные синусоиды и векторная диаграмма.

2. Трансформаторы, автотрансформаторы. Их векторные диаграммы и эквивалентные схемы замещения.

3. Получение острых импульсов /лик-трансформатор/.

4. Многофазные трансформаторы.

5. Последовательное и параллельное соединение реактивной катушки и конденсатора. Феррорезонанс и опрокидывание фазы.

6. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения и статические трансформаторы частоты.

#### IX. Цепи с распределенными постоянными

1. Дифференциальные уравнения длинных линий и их решение. Бегущие волны. Характеристики линий. Линии конечной длины. Режимы колостого хода и короткого замыкания. Нагрузка сопротивлениям, равным характеристике линии.

2. Неискажающая линия.

3. Схема замещения.

#### X. Цепные схемы

Примеры цепных схем /гирлянда изолятора, система тросс-мачта и т.п./ . Составление уравнений в конечных разностях. Распределение токов и напряжений.

#### XI. Переходные явления в цепях с сосредоточенными постоянными

1. Переходные и стационарные режимы в цепях с сосредоточенными постоянными. Принужденные, свободные и действительные значения токов и напряжений. Определения постоянных интегрирования из начальных условий. Анализ различных схем при разных видах коммутации /включение колебательных контуров, условия гашения колебаний, коммутационные перенапряжения и т.п./ . Составление дифференциальных уравнений для любых разветвлений цепей.

2. Математические методы расчета переходящих процессов. Оперативный метод /оригинал и изображение; изменения и изображения при различных операциях с оригинальными функциями; формула Хевисайда/. Переходные процессы при внезапном изменении их параметров. Включение и напряжение любой формы /применение интеграла Дюамеля/ .

3. Переходные явления в цепях с нелинейными параметрами; катушки со стальным сердечником.

#### XII. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами

1. Распространение волны вдоль линии.

2. Решение д"Аламбера. Отражение волн. Переход волны с одной линии на другую. Сосредоточенные сопротивления, индуктивность и емкость, включение в линию. Отраженные и проходящие волны.

3. Составление эквивалентных схем по правилу Петерсона.

4. Волна любой формы. Волны конечной длины. Многократные отражения.

### XIII. Теория электромагнитного поля

I. Электрическое поле. Потенциал и его градиент. Теорема Гаусса. Уравнения Лапласа и Пуассона.

2. Диэлектрики в электрическом поле. Молекулярная теория диэлектриков.

3. Энергия электрического поля. Придвигательные силы в электрическом поле.

4. Законы постоянного электрического тока в дифференциальной форме.

5. Магнитное /электрокинетическое/ поле. Закон Ампера. Вектор потенциал магнитного поля. Скалярный потенциал магнитного поля. Первое уравнение Максвелла.

6. Молекулярная теория магнетизма и ферромагнетизм.

7. Расчет магнитных полей.

8. Энергия магнитного поля. Придвигательные силы в магнитном поле.

9. Второе уравнение Максвелла в дифференциальной форме.

10. Распространение электромагнитного поля. Вектор Потенциала. Энергия поля. Простейшие случаи распространения электро-магнитного поля в провод. среде и в диэлектриках.

11. Скин-эффект при протекании переменного тока и при намагничивании. Вихревые токи. Потери энергии на перематывание. Вектор Потенциала в комплексной форме. Активное и реактивное сопротивления проводов при скин-эффекте.

12. Распространение волн вдоль проводов в кабелях различных типов.

13. Вектор Герца и электромагнитное излучение.

14. Излучение, распространение и прием радио-волн /не читается студентам факультетов, на которых проводится курс Основ Радиотехники/.

## В. У П Р А Ж Н Е Н И Я

Упражнения, проводимые в аудитории под руководством преподавателя, содержат в себе теоретическое и расчетное исследование отдельных частных случаев применения законов электрических и электромагнитных явлений. Они имеют своей целью развить у студентов умение ориентироваться как с качественной, так и с количественной стороны в достаточно сложных электромагнитных явлениях, в процессах, происходящих в цепях постоянного и переменного тока и тем самым содействовать прочному правильному усвоению теоретической части курса. Содержание упражнений увязывается с лекциями и в основном непосредственно следуют за ними.

Приведенный ниже перечень тематики упражнений имеет ориентировочный характер. Степень сложности отдельных задач может варьироваться в зависимости от успешности проработки изучаемого материала.

### Рекомендуемая тематика упражнений:

1. Определение поля в простейших случаях, при электродах простой геометрической формы.
2. Расчет емкости сложного конденсатора.
3. Зарядка и разряд конденсатора.
4. Задачи на пространственное токораспределение.
5. Расчет разветвленной цепи постоянного тока по закону Ома.
6. Расчет сложной цепи постоянного тока различными методами.
7. Определение магнитного поля по данному токораспределению.
8. Определение механического действия магнитного поля на ток.
9. Определение индукционного действия магнитного поля.
10. Расчет простой и сложной магнитной цепи.
11. Расчет индуктивности и взаимной индуктивности цепей.
12. Определение токов, напряжений и мощностей в простой цепи переменного тока.
13. Расчет сложной цепи переменного тока.
14. Расчет цепей с взаимной индукцией.
15. Исследования простой и сложной цепи при помощи круговых диаграмм.
16. Расчет трехфазной системы при одинаковой и неодинаковой нагрузке фаз.
17. Задачи на применение метода симметрических составляющих.
18. Определения токов и мощностей в цепях и несинусоидальными напряжениями.
19. Расчет катушки со стальным сердечником, имеющим воздушный зазор.
20. Определение постоянной трехфазной линии.

21. Расчет передачи энергии по длинным линиям при помощи переменного тока.
22. Включение цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью на постоянное и синусоидальное напряжение.
23. Определение устанавливающихся токов в сложной цепи оперативным методом.
24. Определение движения волн в длинных линиях при постоянном напряжении в начале. Применение правила Петерсена.
25. Расчеты полей.
26. Задачи на определение механических сил в электромагнитном поле.
27. Определение потерь в железе на вихревые токи и гистерезис.
28. Решение примеров на поверхностный эффект.

### В. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторные занятия имеют своей задачей непосредственное практическое изучение электрических и электромагнитных явлений, приобретение лабораторных навыков в составлении схем соединений и усвоение студентами основных методов измерений.

Систематическое изучение методов электрических и магнитных измерений конструкций электроизмерительных приборов, а также проведение более сложных электрических измерений лабораторного типа и проверка отдельных приборов составляют содержание курса "Электрические измерения".

Лабораторные занятия проводятся на 4-м и 5-м семестрах, т.е. сдвинуты на один семестр относительно теоретического курса. Такой сдвиг позволяет вставить задачи более глубокого содержания.

### Г. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

При прохождении курса каждый студент должен самостоятельно выполнить домашние расчетно-графические работы по следующим разделам в соответствии с программами этих семестров:

1. Электрическое поле.
2. Расчет цепей постоянного тока.
3. Магнитное поле.
4. Разветвленная цепь переменного тока.
5. Многофазные цепи.
6. Несинусоидальные токи.
7. Переходные явления в цепях с сосредоточенными постоянными.
8. То же с распределенными постоянными.
9. Электромагнитное поле.



Д. ЛИТЕРАТУРА

Учебники:

КРУГ К.А. - Основы электротехники. I, II и III части, изд. 1938 и 1939 г.г.

Учебные пособия:

КАСАТКИН, ПЕРЕНАЛИН и КАГАНОВ - Курс теоретической электротехники изд. 1937 г.

КАДАНТАРОВ И.Л. - Теория переменных токов. изд. 1938 г.

МИТЯЕВИЧ - Физические основы электротехники, изд. 1940 г.

Л А Я Я - Задачник по теоретической механике, ОНТИ. 1937 г. под редакцией Кадантарова.  
Задачник по теории переменных токов.

Составил программу

/проф. Круг К.А./

Редактор

/проф. Абрамович/