

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

К Г Э У

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Кафедра № ЭСиС

Только для преподавателей

Экз. № _____

УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

по учебной дисциплине

**Б.1.В.ДВ.13. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Практическое занятие:

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЭС.
УПРОЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ЛЭП.**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭСиС

Максимов В.В.

« » _____ 201_ г.

УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

**по учебной дисциплине «Физико-математическое моделирование
электроэнергетических систем»**

Практическое занятие:

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЭС.
УПРОЩЕННЫЕ МОДЕЛИ ЛЭП.**

Учебные и воспитательные цели:

1. Дать систематизированные знания о физико-математическом моделировании электроэнергетических систем.
2. Освоить приёмы основных вероятностных расчётов в электроэнергетических задачах

Вид занятия: Практическое занятие.

Продолжительность занятия: 2 часа.

Структура занятия и расчет времени.

| №п/п | Структура занятия | Время, мин |
|-------------|---|-------------------|
| 1 | Вводная часть | 10-15 |
| 2 | Основная часть 1. Решение задач. | 70-75 |
| 3 | Заключительная часть | 3-5 |

Вводная часть занятия: проверить наличие и готовность обучающихся к занятию; провести опрос по пройденному материалу в соответствии с перечнем вопросов и подвести его итоги; объявить тему и учебные цели занятия; обратить внимание обучающихся на важность изучения учебных вопросов занятия, так как знание их может быть

востребовано при выполнении курсовой работы и выпускной квалификационной работы.

Основная часть занятия: учебные вопросы занятия изучаются в составе группы с применением диафильма, диапроектора, стендов, плакатов, классной доски, цветных мелков. Изучать материал занятия следует в строгом соответствии с учебной программой и тематическим планом изучения учебной дисциплины.

Наименование учебных вопросов преподаватель объявляет последовательно по мере изложения учебного материала и записывает их на классной доске.

На классной доске следует также записывать номер и название темы и занятия, учебные вопросы, цифровые характеристики, формулы, непонятные и сложные для обучаемых термины, чертить поясняющие схемы. Записи на классной доске вести последовательно и аккуратно.

В ходе изложения учебного материала необходимо контролировать степень усвоения учебного материала путем постановки контрольных и проблемных вопросов.

При изучении учебного материала обучающихся должны вести конспект. Контроль за качеством ведения конспектов преподаватель осуществляет в ходе проведения занятия.

Основная часть занятия:

Пример 2. Выполним оценку погрешностей двух упрощенных математических моделей ЛЭП – уравнений идеальной линии и уравнений для П-образной схемы замещения без учета распределенности параметров – для конкретной ЛЭП 500 кВ. Для этого построим зависимости напряжения в начале линии U_1 от длины линии при передаче мощности нагрузки, близкой к натуральной мощности линии. Конструкция фазы линии: 3хАС-400/51. Расчеты и графические построения выполним в системе Mathcad. Приведенные ниже значения параметров линии выражены в омах, сименсах и радианах. Параметры режима ЛЭП даны в киловольтах, килоамперах, мегаваттах и мегаварах.

Длина и погонные параметры линии:

| | | | | |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------------|
| $L := 500$ | $r_0 := 0.025$ | $g_0 := 0.023 \cdot 10^{-6}$ | $x_0 := 0.306$ | $b_0 := 3.62 \cdot 10^{-6}$ |
| $z_0 := r_0 + j \cdot x_0$ | $y_0 := g_0 + j \cdot b_0$ | | | |

Передаваемая мощность и напряжение в конце линии:

$$P2 := 800 \quad Q2 := -33.5$$

$$S2 := P2 + i \cdot Q2 \quad U2 := 500$$

Расчетные параметры ЛЭП:

$$z0 := r0 + j \cdot x0 \quad y0 := g0 + j \cdot b0$$

$$Zc := \sqrt{\frac{z0}{y0}} \quad \gamma := \sqrt{z0 \cdot y0}$$

$$Zc = 291.016 - 10.942i \quad \gamma = 4.63 \times 10^{-5} + 1.053i \times 10^{-3}$$

Для идеальной линии:

$$ZC := \text{Re}(Zc) \quad \beta := \text{Im}(\gamma)$$

$$ZC = 291.016 \quad \beta = 1.053 \times 10^{-3}$$

Определим функции напряжения и тока в начале линии для трех моделей ЛЭП:

$$U_I(x) := \cosh(\gamma \cdot x) \cdot U2 + Zc \cdot \sinh(\gamma \cdot x) \cdot I2$$

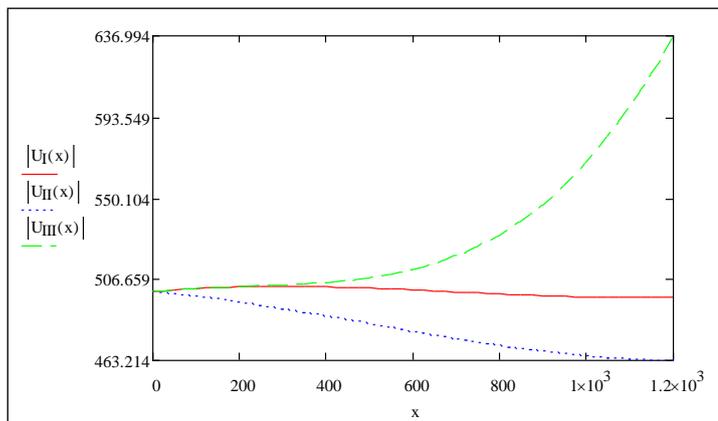
$$U_{II}(x) := \cos(\beta \cdot x) \cdot U2 + j \cdot ZC \cdot \sin(\beta \cdot x) \cdot I2$$

$$U_{III}(x) := \left(1 + \frac{z0 \cdot y0 \cdot x^2}{2}\right) \cdot U2 + z0 \cdot x \cdot I2$$

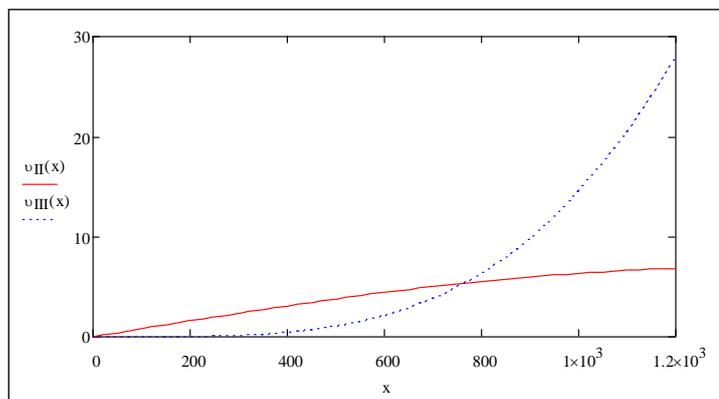
Относительные погрешности напряжения в начале линии:

$$v_{II}(x) := \frac{||U_{II}(x)| - |U_I(x)||}{|U_I(x)|} \cdot 100 \quad v_{III}(x) := \frac{||U_{III}(x)| - |U_I(x)||}{|U_I(x)|} \cdot 100$$

Графики напряжений в начале линии:



Графики относительных погрешностей напряжения в начале линии для упрощенных математических моделей:



Примем допустимую относительную погрешность в вычислении напряжения – 1 %. Из графиков погрешностей видно, что погрешность в определении напряжения в начале линии для модели идеальной линии превышает допустимую уже при 120 км, а по току – при 600 км; погрешность для модели без учета распределенности параметров допустима для линий длиной до 500 км.

Аналогичные графики погрешностей можно построить для указанных моделей для тока в начале линии.

Заключительная часть занятия: Ответить на вопросы, обратить их внимание на необходимость знания изученного материала.

Проверить качество усвоения учебного материала занятия.

Подвести итог занятия, оценить знания и действия.

Выдать задание на самостоятельную работу.

Объявить тему и место проведения очередного занятия, дать команду о наведении порядка в классе и об окончании занятия.

Доцент кафедры к.т.н. доцент:

Максимов В.В

« ___ » _____ 201 г.

Обсуждено на заседании кафедры « ___ » _____ 201 г.,

протокол № ____