

**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:

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭСиС

Максимов В.В.

« » _____ 201_ г.

УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

по учебной дисциплине «Физико-математическое моделирование
электроэнергетических систем»

Практическое занятие:

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.

Учебные и воспитательные цели:

1. Дать систематизированные знания о физико-математическом моделировании электроэнергетических систем.
2. Приобрести практические навыки определения потерь напряжения в элементах сети и расчета диапазона допустимых отклонений напряжения на шинах питающего трансформатора.

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:

1. Краткие теоретические сведения

Плавные длительные изменения напряжения называют установившимся отклонением напряжения. Как известно, уровень рабочего напряжения в сети существенно влияет на технико-экономические характеристики электроприемников (ЭП), поэтому ГОСТ 13109-97 – «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» – нормирует допустимые отклонения напряжения (ОН) на их выводах [3]. Как и для многих других показателей качества электроэнергии (ПКЭ), для отклонений напряжения установлены два вида нормированных значений: нормально допустимые ($\pm 5\%$) и предельно допустимые ($\pm 10\%$).

В течение 95 % каждых суток (22 ч 48 мин) электроэнергия должна отпускаться с отклонениями не более нормально допустимых, а в течение остальных 5 % (1 ч 12 мин) отклонения могут выходить за $\pm 5 \%$, но не должны превышать $\pm 10 \%$.

Отношения продавца электроэнергии (энергоснабжающей организации) и покупателя (абонента, потребителя) оформляются договором электроснабжения, в котором требования к ПКЭ указывают для точки продажи электроэнергии (точки установки приборов учета). Через точку учета, расположенную, как правило, выше выводов ЭП абонента, получают питание многие ЭП, находящиеся от нее на разных расстояниях.

Вместе с тем ГОСТ 13109-97 устанавливает нормы ОН только на выводах ЭП, т. е. преимущественно в сетях напряжением 380 В. Поэтому в соответствии с п. 5.2 этого стандарта, необходимые ОН в точках сетей более высокого напряжения (например, в точках учета) должны рассчитываться исходя из необходимости обеспечения нормированных отклонений напряжения именно на выводах ЭП. Такой подход с инженерной точки зрения вполне правомерен, так как сеть, находящаяся между ЭП и точкой учета, может иметь разные электрические характеристики, и установление в стандарте норм для сетей 380В и сетей более высоких напряжений в большинстве случаев приведет к невозможности их одновременного выполнения.

Расчет нужного отклонения в любой точке сети, состоящей из одной линии и нагрузки для конкретного момента времени, как правило, не представляет сложности. Однако на практике некоторое усложнение в расчет вносят следующие причины:

а) сложность конфигурации и многообразие точек подключения ЭП к внутренней сети абонента, потери напряжения до которых различны;

б) наличие на пути между точкой учета и точками подключения ЭП устройств изменения напряжения, например, распределительных трансформаторов (РТ) 10/0,4 кВ, имеющих пять регулировочных ответвлений (0 , $\pm 2,5 \%$ и $\pm 5 \%$). Для изменения рабочего ответвления необходимо отключить РТ от сети, поэтому в течение длительных интервалов времени они работают с постоянными ответвлениями. Если точка

учета находится на стороне 35 – 220 кВ трансформатора, принадлежащего потребителю, регулирование напряжения на шинах 10 кВ осуществляется без его отключения (регулирование под нагрузкой – РПН) в широком диапазоне (например, для трансформаторов 110 кВ – $\pm 16\%$);

в) изменение нагрузки в течение суток, а следовательно, и потерь напряжения между точкой учета электроэнергии и точками присоединения ЭП. Это приводит к тому, что единый диапазон ОН в точке учета оказывается недостаточным, поэтому необходимо в разные периоды суток обеспечивать различные диапазоны отклонения напряжения.

Границы диапазона допустимых отклонений напряжения (ДОН) в режиме наибольшей нагрузки (НБН) обозначим $V_{б1}$ (нижняя) и $V_{б2}$ (верхняя), а в режиме наименьшей нагрузки (НМН) – $V_{м1}$ (нижняя) и $V_{м2}$ (верхняя).

Для решения описанной задачи используют метод, в соответствии с которым сначала рассчитывают потери напряжения на элементах сети на основе известных нагрузок в ее узлах, а затем на базе полученных результатов определяют требования к отклонениям напряжения в точке учета.

Рассмотрим метод расчета диапазона ДОН на примере распределительной сети, схема которой приведена на рис. 14. При этом примем, что нагрузка минимального режима, а следовательно, и потери напряжения в режиме НМН, составляют 30 % от максимальной нагрузки сети.

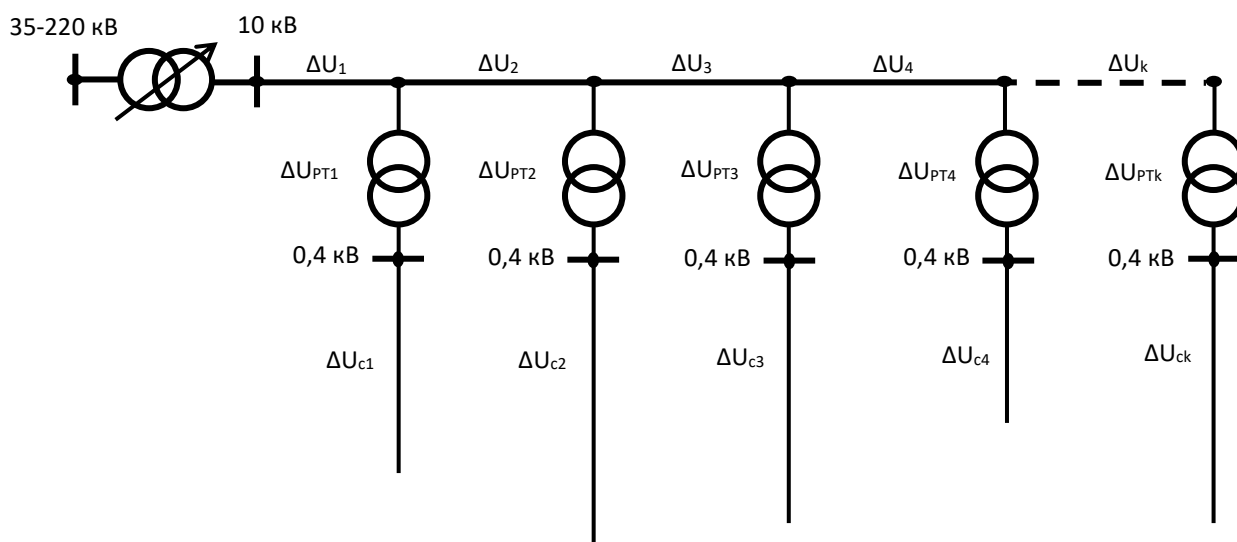


Рис. 14. Схема распределительной сети 10/0,4 кВ

Последовательность расчета диапазона ДОН распределительной сети.

1. Определяются потери напряжения от шин 10 кВ основного понизительного трансформатора до шин 0,4 кВ каждого РТ в режиме НБН:

$$\Delta U'_k = \sum_{i=1}^k \Delta U_i + \Delta U_{РТk}. \quad (2)$$

2. Рассчитывается максимальный уровень напряжения в точке учета, который будет определяться требованиями к ОН в точке, до которой потери будут наименьшими. Отклонение напряжения в ней не превысит + 5 %, если в точке учета оно будет не выше

$$V_{62} = 5 + \Delta U'_{1k \rightarrow \min}. \quad (3)$$

3. Рассчитываются отклонения напряжения на шинах 0,4 кВ РТ1-РТ5 в режиме НБН по формуле:

$$\delta U'_k = V_{62} - \Delta U'_k. \quad (4)$$

4. Определяется нижний предел отклонения напряжения в точке учета в режиме НБН, который будет определяться требованиями к уровню напряжения в наиболее удаленных точках сетей 0,4 кВ в этом режиме. Отклонение напряжения в этих точках определяют по уравнению:

$$\delta U'_{ky} = \delta U'_k - \Delta U_{ck}. \quad (5)$$

Сеть, для которой $\delta U'_{ky}$ будет минимальным, является определяющей при нахождении нижней границы диапазона ДОН, которая вычисляется по формуле:

$$V_{61} = V_{62} - (5 + \delta U'_{ky \rightarrow \min}). \quad (6)$$

5. В режиме НМН потери напряжения от точки учета до шин 0,4 кВ РТ1-РТ5 уменьшатся до 30 % потерь в максимальном режиме:

$$\Delta U''_k = 0,3 \Delta U'_k. \quad (7)$$

Минимальное значение $\Delta U''_k$ будет указывать на наиболее высокий уровень напряжения, поэтому именно это значение определит верхнюю границу ДОН в режиме НМН. Она определится как

$$V_{m2} = 5 - \Delta U''_{k \rightarrow \min}. \quad (8)$$

6. Рассчитываются значения ОН на шинах 0,4 кВ РТ1-РТ4 в режиме НМН по выражению:

$$\delta U''_k = V_{m2} - \Delta U''_k. \quad (9)$$

7. Отклонения напряжения в удаленных точках сетей 0,4 кВ будут меньше на величину потерь в этих сетях в режиме НМН:

$$\delta U''_{ky} = \delta U''_k - 0,3 \Delta U_{ck}. \quad (10)$$

8. По аналогии с режимом НБН определяется нижняя граница ДОН для режима НМН:

$$V_{m1} = V_{m2} - (5 + \delta U''_{ky \rightarrow \min}). \quad (11)$$

Таким образом, по формулам (2) – (11) можно найти границы диапазона ДОН, соответствующие режимам наибольшей и наименьшей нагрузок, и построить график необходимого изменения ДОН в точке учета в зависимости от нагрузки. Пример такого графика приведен на рис. 15.

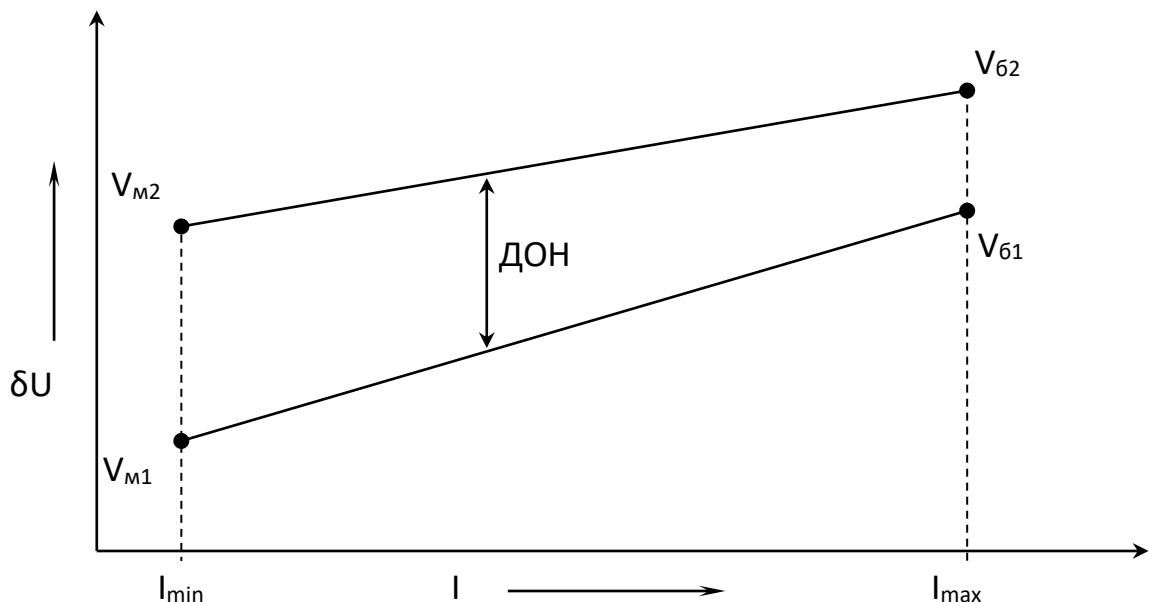


Рис. 15. Общий вид графика ДОН

4.2. Порядок выполнения работы

- 1) Запустить программу MathLab и открыть файл модели распределительной сети, созданной в ходе выполнения предыдущей работы.
- 2) Запустить модель на исполнение.
- 3) По окончании процесса моделирования снять показания вольтметров в контрольных точках и определить потерю напряжения на отдельных участках магистрали 10 кВ и в распределительных сетях 0,4 кВ.
- 4) Привести значения потерь к напряжению распределительной сети и выразить их в процентах от 380 В.
- 5) Составить расчетную схему 10/0,4 кВ (см. рис. 14) и нанести на нее полученные значения потерь напряжения в процентах.
- 6) В соответствии с методикой, приведенной в подразд. 4.1, по формулам (1) – (10) произвести расчет диапазона ДОН на шинах 10 кВ ГПТ для смоделированной сети, построить график ДОН (см. рис. 15).

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 № ____