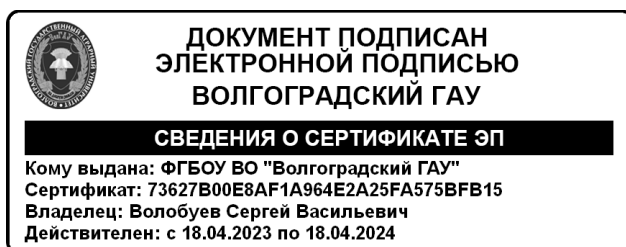


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Департамент координации деятельности организаций в сфере  
сельскохозяйственных наук  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волгоградский государственный аграрный университет»  
Электроэнергетический факультет



УТВЕРЖДАЮ

Декан электроэнергетического факультета

С.В. Волобуев

*подпись*

29 августа 2022 г.

МП (при наличии)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 Переходные процессы в электроэнергетических системах

Кафедра Электроснабжение и энергетические системы

Уровень высшего образования бакалавриат

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Форма обучения очная, заочная

Год начала реализации образовательной программы 2020

Автор(ы):

доцент

О.А. Иванова

Рабочая программа дисциплины согласована с руководителем основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

доцент

Ю.И. Ханин

Рабочая программа дисциплины обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроснабжение и энергетические системы»

Протокол № 17 от 26 августа 2022 г.

Заведующий кафедрой

Д.С. Гапич

Рабочая программа дисциплины обсуждена и одобрена на заседании методической комиссии электроэнергетического факультета

Протокол № 1 от 29 августа 2022 г.

Председатель

методической комиссии факультета

Е.А. Комарова

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью изучения дисциплины является вооружение будущего бакалавра знаниями и навыками в области переходных процессов в электроэнергетических системах, определяющими его рациональное поведение и непосредственное практическое применение этих знаний и навыков в своей профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины направлено на решение следующих задач:

- ознакомление студентов с основными методами анализа переходных электромагнитных и электромеханических процессов в электроэнергетических системах;
- овладение методами оценки практических критериев устойчивости, способами анализа статической и динамической устойчивости.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны приобрести следующие знания, умения, навыки:

| Код и наименование компетенции                                                                                            | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                      | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 Способен осуществлять разработку проектной и рабочей документации отдельных разделов проекта систем электроснабжения | ПК-1.3 Способен осуществлять выбор оптимальных технических решений для разработки отдельных разделов на различных стадиях проекта систем электроснабжения | Знать методы расчета токов короткого замыкания                                                                                                             |
|                                                                                                                           |                                                                                                                                                           | Уметь рассчитывать параметры режима электрических сетей, изоляции электроустановок и перенапряжений                                                        |
|                                                                                                                           |                                                                                                                                                           | Владеть навыками расчета параметров различных режимов работы систем электроснабжения, выбора оптимальных режимов для обеспечения устойчивости энергосистем |

Основными этапами формирования компетенций при изучении дисциплины является последовательное освоение содержательно связанных между собой разделов и тем дисциплины.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Переходные процессы в электроэнергетических системах» (Б1.В.08) относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем.

### Место дисциплины в структуре образовательной программы

| Индекс и наименование дисциплины (модуля), практики, участвующих в формировании компетенций                               | Форма обучения | Курсы обучения |        |        |        |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|
|                                                                                                                           |                | 1 курс         | 2 курс | 3 курс | 4 курс | 5 курс |
| ПК-1 Способен осуществлять разработку проектной и рабочей документации отдельных разделов проекта систем электроснабжения |                |                |        |        |        |        |
| Инженерная экология<br>Б1.В.01                                                                                            | Очная          | +              |        |        |        |        |
|                                                                                                                           | Заочная        | +              |        |        |        |        |
|                                                                                                                           | Очная          | +              |        |        |        |        |

|                                                                                |         |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|
| Инженерная графика<br>Б1.В.02                                                  | Заочная | + |   |   |   |   |
| Общая энергетика Б1.В.03                                                       | Очная   |   | + |   |   |   |
|                                                                                | Заочная |   | + |   |   |   |
| Светотехника и электро-<br>технологии Б1.В.04                                  | Очная   |   | + |   |   |   |
|                                                                                | Заочная |   |   | + |   |   |
| Электроэнергетические<br>системы и сети Б1.В.05                                | Очная   |   | + |   |   |   |
|                                                                                | Заочная |   |   | + | + |   |
| Математические задачи в<br>электроэнергетике Б1.В.06                           | Очная   |   |   | + |   |   |
|                                                                                | Заочная |   |   | + |   |   |
| Электроснабжение<br>Б1.В.07                                                    | Очная   |   |   | + | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   | + |   |
| Нормативно-правовые ос-<br>новы электроэнергетики<br>Б1.В.09                   | Очная   |   |   | + |   |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Учёт электрической энер-<br>гии Б1.В.10                                        | Очная   |   |   | + |   |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Релейная защита и автома-<br>тизация электроэнергети-<br>ческих систем Б1.В.12 | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Электрическая часть элек-<br>тростанций и подстанций<br>Б1.В.13                | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Электромагнитная совме-<br>стимость Б1.В.15                                    | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Надежность электроснаб-<br>жения Б1.В.17                                       | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Проектирование релейной<br>защиты Б1.В.19                                      | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Автоматика электроэнер-<br>гетических систем Б1.В.20                           | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Экономика энергетики и<br>сметное дело Б1.В.21                                 | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Теория автоматического<br>управления Б1.В.ДВ.01.01                             | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Микропроцессорные си-<br>стемы управления<br>Б1.В.ДВ.01.02                     | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Интеллектуальные элек-<br>трические сети ФТД.01                                | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Релейная защита и автома-<br>тика зарубежных стран<br>ФТД.02                   | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
| Проектная практика<br>Б2.В.02(П)                                               | Очная   |   |   |   | + |   |
|                                                                                | Заочная |   |   |   |   | + |
|                                                                                | Очная   |   |   |   | + |   |

|                                        |         |  |  |  |  |   |
|----------------------------------------|---------|--|--|--|--|---|
| Преддипломная практика<br>(Б2.О.02(П)) | Заочная |  |  |  |  | + |
|----------------------------------------|---------|--|--|--|--|---|

Для успешного освоения дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» (Б1.В.08) необходимо обладать знаниями, умениями, навыками, полученными при изучении таких дисциплин, как Инженерная экология Б1.В.01, Инженерная графика Б1.В.02, Общая энергетика Б1.В.03, Светотехника и электротехнологии Б1.В.04, Электроэнергетические системы и сети Б1.В.05, Математические задачи в электроэнергетике Б1.В.06, Электроснабжение Б1.В.07.

Минимальными требованиями к «входным» знаниям, умениям, навыкам, необходимым для изучения данной дисциплины, является удовлетворительное освоение учебной программы по указанным выше дисциплинам. В свою очередь знания, умения, навыки, полученные в ходе изучения дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» (Б1.В.08), будут полезными при освоении таких дисциплин и (или) прохождении таких практик, как Нормативно-правовые основы электроэнергетики Б1.В.09, Учёт электрической энергии Б1.В.10, Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем Б1.В.12, Электрическая часть электростанций и подстанций Б1.В.13, Электромагнитная совместимость Б1.В.15, Надежность электроснабжения Б1.В.17, Проектирование релейной защиты Б1.В.19, Автоматика электроэнергетических систем Б1.В.20, Экономика энергетики и сметное дело Б1.В.21, Теория автоматического управления Б1.В.ДВ.01.01, Микропроцессорные системы управления Б1.В.ДВ.01.02, Интеллектуальные электрические сети ФТД.01, Релейная защита и автоматика зарубежных стран ФТД.02, Проектная практика Б2.В.02(П), Преддипломная практика (Б2.О.02(П)).

### 3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

#### Очная форма обучения

| Вид учебной работы                                                          | Всего часов | Распределение часов по семестрам |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|-----------|
|                                                                             |             | 5                                | 6         |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (по учебным занятиям), всего | <b>68</b>   | <b>32</b>                        | <b>36</b> |
| Лекционные занятия                                                          | 34          | 16                               | 18        |
| в том числе в форме практической подготовки                                 | -           | -                                | -         |
| Практические (семинарские) занятия                                          | 34          | 16                               | 18        |
| в том числе в форме практической подготовки                                 | -           | -                                | -         |
| Лабораторные занятия                                                        | -           | -                                | -         |
| в том числе в форме практической подготовки                                 | -           | -                                | -         |
| Самостоятельная работа обучающихся, всего                                   | <b>112</b>  | <b>76</b>                        | <b>36</b> |
| Выполнение курсовой работы                                                  | 36          | -                                | 36        |
| Выполнение курсового проекта                                                | -           | -                                | -         |
| Выполнение расчетно-графической работы                                      | -           | -                                | -         |
| Выполнение реферата                                                         | -           | -                                | -         |

|                                         |                 |            |            |
|-----------------------------------------|-----------------|------------|------------|
| Самостоятельное изучение разделов и тем | 92              | 76         | 0          |
| Промежуточная аттестация                | <b>36</b>       | 0          | <b>36</b>  |
| Экзамен                                 | 36              | -          | 36         |
| Зачет с оценкой                         | -               | -          | -          |
| Зачет                                   | -               | 0          | -          |
| Курсовая работа / Курсовой проект       | -               | -          | -          |
| Общая трудоемкость                      | часов           | <b>216</b> | <b>108</b> |
|                                         | зачетных единиц | <b>6</b>   | <b>3</b>   |

#### Заочная форма обучения

| Вид учебной работы                                                          | Всего часов     | Распределение часов по семестрам |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------|
|                                                                             |                 | 5                                | 6          |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (по учебным занятиям), всего | <b>12</b>       | <b>6</b>                         | <b>6</b>   |
| Лекционные занятия                                                          | 4               | 2                                | 2          |
| в том числе в форме практической подготовки                                 | -               | -                                | -          |
| Практические (семинарские) занятия                                          | 8               | 4                                | 4          |
| в том числе в форме практической подготовки                                 | -               | -                                | -          |
| Лабораторные занятия                                                        | -               | -                                | -          |
| в том числе в форме практической подготовки                                 | -               | -                                | -          |
| Самостоятельная работа обучающихся, всего                                   | <b>191</b>      | <b>98</b>                        | <b>93</b>  |
| Выполнение курсовой работы                                                  | 36              | -                                | 36         |
| Выполнение курсового проекта                                                | -               | -                                | -          |
| Выполнение расчетно-графической работы                                      | -               | -                                | -          |
| Выполнение реферата                                                         | -               | -                                | -          |
| Выполнение контрольной работы                                               | 10              | 10                               | -          |
| Самостоятельное изучение разделов и тем                                     | 145             | 88                               | 57         |
| Промежуточная аттестация                                                    | <b>9</b>        | <b>4</b>                         | <b>9</b>   |
| Экзамен                                                                     | 9               | -                                | 9          |
| Зачет с оценкой                                                             | -               | -                                | -          |
| Зачет                                                                       | 4               | 4                                | -          |
| Курсовая работа / Курсовой проект                                           | -               | -                                | 0          |
| Общая трудоемкость                                                          | часов           | <b>216</b>                       | <b>108</b> |
|                                                                             | зачетных единиц | <b>6</b>                         | <b>3</b>   |

#### 4 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Тематический план дисциплины

###### Очная форма обучения

| Наименование разделов и тем дисциплины                                                                                            | Контактная работа (по учебным занятиям) |                                             |                                    |                                             |                      |                                             | Самостоятельное изучение разделов и тем |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                                                                   | Лекционные занятия                      | в том числе в форме практической подготовки | Практические (семинарские) занятия | в том числе в форме практической подготовки | Лабораторные занятия | в том числе в форме практической подготовки |                                         |
| Раздел 1. _Электромагнитные переходные процессы                                                                                   |                                         |                                             |                                    |                                             |                      |                                             |                                         |
| Тема 1. Введение. Понятие о переходных процессах. Электромагнитные переходные процессы. Основные определения                      | 2                                       | -                                           | 2                                  | -                                           | -                    | -                                           | 6                                       |
| Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при сохранении симметрии 3-х фазной цепи питающей от источника бесконечной мощности  |                                         | -                                           |                                    | -                                           | -                    | -                                           | 6                                       |
| Тема 3. Короткое замыкание на зажимах СГ при постоянном возбуждении. Определение промежуточных токов короткого замыкания          | 2                                       | -                                           | 2                                  | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 4. Короткое замыкание во внешней цепи                                                                                        | 2                                       | -                                           | 2                                  | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 5. Короткое замыкание при АРВ синхронных генераторов                                                                         | 2                                       | -                                           | 2                                  | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 6. Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии 3-х фазной цепи. Сопротивления различной последовательности. |                                         | -                                           |                                    | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 7. Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов и ЛЭП. Схемы                                                     | 2                                       | -                                           | 2                                  | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| замещения отдельных последовательностей                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |   |   |   |   |
| Тема 8. Двухфазное и однофазное короткое замыкание. Обобщенные формулы расчета несимметрии короткого замыкания                                                                                                                                                                                                             | 2 | - | 2 | - | - | - | 8 |
| Тема 9. Термическое и электродинамическое воздействие токов короткого замыкания. Использование расчётов токов короткого замыкания при выборе аппаратуры                                                                                                                                                                    | 2 | - | 2 | - | - | - | 8 |
| Тема 10. Особенности расчета токов короткого замыкания в установках до 1000В. Модульный метод расчета тока однофазного короткого замыкания                                                                                                                                                                                 | 2 | - | 2 | - | - | - | 8 |
| Раздел 2. Электромеханические переходные процессы                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |   |   |   |   |
| Тема 11. Электромеханические переходные процессы. Основные понятия и определения. Классификация электромеханических переходных процессов. Основные положения, применяемые при анализе. Осуществимость установившегося режима. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простых электроэнергетических системах | 4 | - | 4 | - | - | - | - |
| Тема 12. Практические критерии статической устойчивости в простых электроэнергетических системах. Прямой и косвенные критерии статической устойчивости                                                                                                                                                                     | 4 | - | 4 | - | - | - | - |
| Тема 13. Понятие о динамической устойчивости. Схема замещения режимов. Качание генераторов                                                                                                                                                                                                                                 | 4 | - | 4 | - | - | - | - |
| Тема 14. Упрощенный расчет динамической устойчивости. Способ площадей. Предельный угол отключения КЗ. Предельное время отключения КЗ.                                                                                                                                                                                      | 2 | - | 2 | - | - | - | - |

|                                                                                                                                                                                               |    |   |    |   |   |   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|----|---|---|---|----|
| Метод последовательных интервалов                                                                                                                                                             |    |   |    |   |   |   |    |
| Тема 15. Переходные процессы в узлах нагрузки. Характеристики нагрузок электроэнергетических систем                                                                                           | 2  | - | 2  | - | - | - | -  |
| Тема 16. Статическая устойчивость нагрузки. Лавина напряжения. Влияние АРВ и статических конденсаторов на устойчивость. Мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов | 2  | - | 2  | - | - | - | -  |
| Итого по дисциплине                                                                                                                                                                           | 34 |   | 34 |   |   |   | 92 |

#### Заочная форма обучения

| Наименование разделов и тем дисциплины                                                                                           | Контактная работа (по учебным занятиям) |                                             |                                    |                                             |                      |                                             | Самостоятельное изучение разделов и тем |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                                                                  | Лекционные занятия                      | в том числе в форме практической подготовки | Практические (семинарские) занятия | в том числе в форме практической подготовки | Лабораторные занятия | в том числе в форме практической подготовки |                                         |
| Раздел 1. _Электромагнитные переходные процессы                                                                                  |                                         |                                             |                                    |                                             |                      |                                             |                                         |
| Тема 1. Введение. Понятие о переходных процессах. Электромагнитные переходные процессы. Основные определения                     | 2                                       | -                                           | 2                                  | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при сохранении симметрии 3-х фазной цепи питающей от источника бесконечной мощности |                                         | -                                           |                                    | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 3. Короткое замыкание на зажимах СГ при постоянном возбуждении. Определение промежуточных токов короткого замыкания         |                                         | -                                           |                                    | -                                           | -                    | -                                           | 8                                       |
| Тема 4. Короткое замыкание во внешней цепи                                                                                       |                                         | -                                           |                                    | -                                           | -                    | -                                           | 10                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |   |   |   |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|----|
| Тема 5. Короткое замыкание при АРВ синхронных генераторов                                                                                                                                                                                                                                                                  | - | - | 2 | - | - | - | 8  |
| Тема 6. Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии 3-х фазной цепи. Сопротивления различной последовательности.                                                                                                                                                                                          | - | - |   | - | - | - | 10 |
| Тема 7. Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов и ЛЭП. Схемы замещения отдельных последовательностей                                                                                                                                                                                                      | - | - |   | - | - | - | 8  |
| Тема 8. Двухфазное и однофазное короткое замыкание. Обобщенные формулы расчета несимметрии короткого замыкания                                                                                                                                                                                                             | - | - |   | - | - | - | 10 |
| Тема 9. Термическое и электродинамическое воздействие токов короткого замыкания. Использование расчётов токов короткого замыкания при выборе аппаратуры.                                                                                                                                                                   | - | - | - | - | - | - | 8  |
| Тема 10. Особенности расчета токов короткого замыкания в установках до 1000В. Модульный метод расчета тока однофазного короткого замыкания                                                                                                                                                                                 | - | - | - | - | - | - | 10 |
| Раздел 2. Электромеханические переходные процессы                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |   |   |   |    |
| Тема 11. Электромеханические переходные процессы. Основные понятия и определения. Классификация электромеханических переходных процессов. Основные положения, применяемые при анализе. Осуществимость установившегося режима. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простых электроэнергетических системах | 2 | - | 2 | - | - | - | 10 |
| Тема 12. Практические критерии статической устойчивости в простых электроэнергетических системах. Прямой и косвенные                                                                                                                                                                                                       |   | - |   | - | - | - | 7  |

|                                                                                                                                                                                                |   |   |   |   |   |   |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|-----|
| критерии статической устойчивости _____                                                                                                                                                        |   |   |   |   |   |   |     |
| Тема 13. Понятие о динамической устойчивости. Схема замещения режимов. Качание генераторов. _____                                                                                              |   | - | 2 | - | - | - | 10  |
| Тема 14. Упрощенный расчет динамической устойчивости. Способ площадей. Предельный угол отключения КЗ. Предельное время отключения КЗ. Метод последовательных интервалов.                       | - | - |   | - | - | - | 10  |
| Тема 15. Переходные процессы в узлах нагрузки. Характеристики нагрузок электроэнергетических систем.                                                                                           | - | - | - | - | - | - | 10  |
| Тема 16. Статическая устойчивость нагрузки. Лавина напряжения. Влияние АРВ и статических конденсаторов на устойчивость. Мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов. | - | - | - | - | - | - | 10  |
| Итого по дисциплине                                                                                                                                                                            | 4 |   | 8 |   |   |   | 145 |

## 4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Понятие о переходных процессах. Введение в дисциплину. Электромагнитные переходные процессы. Основные определения

Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при сохранении симметрии 3-х фазной цепи питающей от источника бесконечной мощности Особенности расчета, схемы

Тема 3. Короткое замыкание на зажимах СГ при постоянном возбуждении. Определение промежуточных токов короткого замыкания. Особенности расчета, схемы

Тема 4. Короткое замыкание во внешней цепи. Особенности расчета, схемы

Тема 5. Короткое замыкание при АРВ синхронных генераторов. Особенности расчета, схемы

Тема 6. Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии 3-х фазной цепи. Сопротивления различной последовательности.

Тема 7. Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов и ЛЭП. Схемы замещения отдельных последовательностей

Тема 8. Двухфазное и однофазное короткое замыкание. Обобщенные формулы расчета несимметрии короткого замыкания

Тема 9. Термическое и электродинамическое воздействие токов короткого замыкания. Использование расчётов токов короткого замыкания при выборе аппаратуры

Тема 10. Особенности расчета токов короткого замыкания в установках до 1000В. Модульный метод расчета тока однофазного короткого замыкания

Тема 11. Электромеханические переходные процессы. Основные понятия и определения. Классификация электромеханических переходных процессов. Основные положения, применяемые при анализе. Осуществимость установившегося режима. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простых электроэнергетических системах

Тема 12. Практические критерии статической устойчивости в простых электроэнергетических системах. Прямой и косвенные критерии статической устойчивости

Тема 13. Понятие о динамической устойчивости. Схема замещения режимов. Качание генераторов

Тема 14. Упрощенный расчет динамической устойчивости. Способ площадей. Предельный угол отключения КЗ. Предельное время отключения КЗ. Метод последовательных интервалов

Тема 15. Переходные процессы в узлах нагрузки. Характеристики нагрузок электроэнергетических систем

Тема 16. Статическая устойчивость нагрузки. Лавина напряжения. Влияние АРВ и статических конденсаторов на устойчивость. Мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов

## 5 Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Средства и контрольные мероприятия, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, приобретенных в результате изучения дисциплины

| Наименование разделов и тем дисциплины                                                                                           | Формы оценочных средств текущего контроля                   | Формы промежуточной аттестации    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Раздел 1. _Электромагнитные переходные процессы                                                                                  |                                                             |                                   |
| Тема 1. Введение. Понятие о переходных процессах. Электромагнитные переходные процессы. Основные определения                     | Собеседование.<br>Контрольная работа заочной формы обучения | Зачет, экзамен<br>Курсовая работа |
| Тема 2. Электромагнитные переходные процессы при сохранении симметрии 3-х фазной цепи питающей от источника бесконечной мощности |                                                             |                                   |
| Тема 3. Короткое замыкание на зажимах СГ при постоянном возбуждении. Определение промежуточных токов короткого замыкания         |                                                             |                                   |
| Тема 4. Короткое замыкание во внешней цепи                                                                                       |                                                             |                                   |
| Тема 5. Короткое замыкание при АРВ синхронных генераторов                                                                        |                                                             |                                   |
| Тема 6. Электромагнитные переходные процессы при нарушении симметрии 3-х фазной                                                  |                                                             |                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--|
| цепи. Сопротивления различной последовательности.                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                  |  |
| Тема 7. Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов и ЛЭП. Схемы замещения отдельных последовательностей                                                                                                                                                                                                      |                                  |  |
| Тема 8. Двухфазное и однофазное короткое замыкание. Обобщенные формулы расчета несимметрии короткого замыкания                                                                                                                                                                                                             |                                  |  |
| Тема 9. Термическое и электродинамическое воздействие токов короткого замыкания. Использование расчётов токов короткого замыкания при выборе аппаратуры                                                                                                                                                                    |                                  |  |
| Тема 10. Особенности расчета токов короткого замыкания в установках до 1000В. Модульный метод расчета тока однофазного короткого замыкания                                                                                                                                                                                 |                                  |  |
| Раздел 2. Электромеханические переходные процессы                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                  |  |
| Тема 11. Электромеханические переходные процессы. Основные понятия и определения. Классификация электромеханических переходных процессов. Основные положения, применяемые при анализе. Осуществимость установившегося режима. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простых электроэнергетических системах | Собеседование<br>Курсовая работа |  |
| Тема 12. Практические критерии статической устойчивости в простых электроэнергетических системах. Прямой и косвенные критерии статической устойчивости                                                                                                                                                                     |                                  |  |
| Тема 13. Понятие о динамической устойчивости. Схема замещения режимов. Качание генераторов                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |  |
| Тема 14. Упрощенный расчет динамической устойчивости. Способ площадей. Предельный угол отключения КЗ. Предельное время отключения КЗ. Метод последовательных интервалов                                                                                                                                                    |                                  |  |
| Тема 15. Переходные процессы в узлах нагрузки. Характеристики нагрузок электроэнергетических систем                                                                                                                                                                                                                        |                                  |  |
| Тема 16. Статическая устойчивость нагрузки. Лавина напряжения. Влияние АРВ и статических конденсаторов на устойчивость. Мероприятия по повышению устойчивости и качества переходных процессов                                                                                                                              |                                  |  |

**Шкала и критерии оценивания знаний, умений, навыков, приобретенных в результате изучения дисциплины**

| Шкала<br>оценивания | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Экзамен</b>      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| «Отлично»           | <p>Обучающийся очной формы обучения по итогам трех контрольных периодов набрал 91...100 баллов.</p> <p>Обучающийся очной формы обучения, освобожденный от балльно-рейтинговой системы, а также заочной формы обучения выполнил в полном объеме и отчитал контрольные работы заочной формы обучения, аттестован по курсовой работе, дал верные и развернутые ответы с пояснениями на вопросы / задания для проверки уровня обученности знать, уметь и владеть.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает сформированные и систематические знания, успешное и систематическое умение использовать полученные знания, успешное и систематическое применение навыков. Это подтверждает высокий (продвинутый) уровень достижения планируемых результатов обучения по дисциплине</p>                                                             |
| «Хорошо»            | <p>Обучающийся по итогам трех контрольных периодов набрал 78...90 баллов.</p> <p>Обучающийся очной формы обучения, освобожденный от балльно-рейтинговой системы, а также заочной формы обучения выполнил в полном объеме и отчитал контрольные работы заочной формы обучения, аттестован по курсовой работе, дал верные, но с некоторыми замечаниями и недочетами ответы на вопросы / задания для проверки уровня обученности знать, уметь и владеть.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания, в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать полученные знания, в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков. Это подтверждает средний (повышенный) уровень достижения планируемых результатов обучения по дисциплине</p> |
| «Удовлетворительно» | <p>Обучающийся по итогам трех контрольных периодов набрал 61...77 баллов.</p> <p>Обучающийся очной формы обучения, освобожденный от балльно-рейтинговой системы, а также заочной формы обучения выполнил в полном объеме и отчитал контрольные работы заочной формы обучения, аттестован по курсовой работе, на вопросы / задания для проверки уровня обученности знать, уметь и владеть дал</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | <p>ответы имеющие существенные замечания и ошибки, но в целом верные.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает неполные знания, в целом успешное, но не систематическое умение использовать полученные знания, в целом успешное, но не систематическое применение навыков. Это подтверждает низкий (пороговый) уровень достижения планируемых результатов обучения по дисциплине</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| «Неудовлетворительно» | <p>Обучающийся по итогам трех контрольных периодов набрал менее 61 балла.</p> <p>Обучающийся очной формы обучения, освобожденный от балльно-рейтинговой системы, а также заочной формы обучения НЕ выполнил в полном объеме и/или НЕ отчитал контрольные работы заочной формы обучения, НЕ аттестован по курсовой работе, дал НЕ верные ответы на вопросы / задания для проверки уровня обученности знать, уметь и владеть.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает фрагментарные знания (отсутствие знаний), фрагментарное умение использовать полученные знания (отсутствие умений), фрагментарное применение навыков (отсутствие навыков). Это подтверждает отсутствие планируемых результатов обучения по дисциплине</p>                                                                                          |
| Зачет                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| «Зачтено»             | <p>Обучающийся по итогам трех контрольных периодов набрал 61...100 баллов.</p> <p>Обучающийся очной формы обучения, освобожденный от балльно-рейтинговой системы, а также заочной формы обучения, выполнил контрольную работу (для обучающихся заочной формы обучения), на вопросы / задания для проверки уровня обученности знать, уметь и владеть дал верные или имеющие существенные замечания и ошибки, но в целом верные ответы.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает сформированные знания (систематические / с отдельными пробелами / неполные), умение использовать полученные знания (успешное / с отдельными пробелами / не систематическое), применение навыков (успешное / с отдельными ошибками / не систематическое). Это подтверждает достижение планируемых результатов обучения по дисциплине</p> |
| «Не зачтено»          | <p>Обучающийся по итогам трех контрольных периодов набрал менее 61 балла.</p> <p>Обучающийся очной формы обучения, освобожденный от балльно-рейтинговой системы, а также заочной формы обучения НЕ выполнил контрольную работу (для обучающихся заочной формы обучения), дал НЕ верные</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <p>ответы на вопросы / задания для проверки уровня обученности знать, уметь и владеть.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает фрагментарные знания (отсутствие знаний), фрагментарное умение использовать полученные знания (отсутствие умений), фрагментарное применение навыков (отсутствие навыков). Это подтверждает отсутствие планируемых результатов обучения по дисциплине</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Курсовая работа     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| «Отлично»           | <p>Курсовая работа выполнена правильно. Расчеты представлены в полном объеме с представлением расчетных формул и расшифровок величин, входящих в них, правильно указаны размерность величин. Отсутствуют недочеты в оформлении. Во время защиты курсовой работы даны развернутые пояснения и ответы на вопросы. В результате обучающийся обнаруживает сформированные и систематические знания, успешное и систематическое умение использовать полученные знания, успешное и систематическое применение навыков. Это подтверждает высокий (продвинутый) уровень достижения планируемых результатов обучения</p>                                                                |
| «Хорошо»            | <p>Курсовая работа выполнена правильно. Расчеты представлены не в полном объеме с представлением расчетных формул, правильно указаны размерность величин. Незначительные недочеты в оформлении. Во время защиты курсовой работы обучающийся имеет некоторые затруднения в пояснениях и ответах на вопросы. В результате обучающийся обнаруживает сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания, в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать полученные знания, в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков. Это подтверждает средний (повышенный) уровень достижения планируемых результатов обучения</p> |
| «Удовлетворительно» | <p>Курсовая работа выполнена правильно. Расчеты представлены не в полном объеме без представления расчетных формул, правильно указаны размерность величин. Значительные недочеты в оформлении. Во время защиты курсовой работы обучающийся имеет существенные затруднения в пояснениях и ответах на вопросы. В результате обучающийся обнаруживает неполные знания, в целом успешное, но не систематическое умение использовать полученные знания, в целом успешное, но не систематическое применение навыков. Это подтверждает низкий (пороговый) уровень достижения планируемых результатов обучения</p>                                                                    |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Неудовлетворительно» | <p>Курсовая работа выполнена неправильно. Поставленные вопросы не раскрыты, либо содержание не соответствует сути вопроса.</p> <p>Или курсовая работа выполнена правильно. Расчеты представлены не в полном объеме без представления расчетных формул, правильно указаны размерность величин. Значительные недочеты в оформлении. Во время защиты курсовой работы обучающийся не в состоянии дать пояснения по работе и ответить на вопросы.</p> <p>В результате обучающийся обнаруживает фрагментарные знания (отсутствие знаний), фрагментарное умение использовать полученные знания (отсутствие умений), фрагментарное применение навыков (отсутствие навыков). Это подтверждает отсутствие планируемых результатов обучения</p> |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Типовые контрольные задания, соответствующие приведенным формам оценочных средств, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, приобретенных в результате изучения дисциплины, а также шкалы и критерии их оценивания как в ходе текущего контроля, так и промежуточной аттестации представлены в виде оценочных материалов по дисциплине отдельным документом.

## **6 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Переходные процессы в электроэнергетических системах: [учеб. для вузов] / И. П. Крючков [и др.]; под ред. И. П. Крюčkова. - 2-е изд., стер. - М.: МЭИ, 2009. - 416 с.
2. Мамонтов, Е. В. Переходные процессы в системах электроснабжения: учебное пособие / Е. В. Мамонтов, А. А. Дягилев. — Рязань: РГРТУ, 2018. — 68 с.
3. 1. Расчёт коротких замыканий и выбор электрооборудования: Учебное пособие для вузов/под ред. Крюčkова И.П. М.: - Академия, 2008, 416 с.
4. Мамонтов, Е. В. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения: учебное пособие / Е. В. Мамонтов, Р. Н. Дятлов. — Рязань: РГРТУ, 2019. — 64 с.
5. Переходные процессы в системах электроснабжения: учебное пособие к курсовому проектированию / В.В. Пястолов, А.В. Хлопова. – Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 25 с.
6. Беляков Ю.С. Электромеханические переходные процессы и устойчивость электроэнергетических систем (Краткий курс): учебное пособие / Ю.С. Беляков. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. - 103 с.
7. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем М., Энергия, 1979. - 456 с

## **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Образовательный сайт: <http://электротехнический-портал.pf>  
<http://torus.pp.ua/manuals/lessons/toe/>

## **8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

1. Использование информационно-обучающих (электронные библиотеки), интерактивных (электронная почта) и поисковых (поисковые системы) ресурсов.
2. Использование электронных и информационных ресурсов с текстовой информацией (учебники, учебные пособия, задачки, справочники, энциклопедии, периодические издания, методические материалы), с визуальной информацией (схемы, диаграммы, презентации), с аудиоинформацией (звукозаписи голоса, дидактического речевого материала), с аудио- и видеоинформацией (аудио- и видеозаписи, предметные экскурсии).
3. Использование технологий асинхронного («offline») и синхронного («online») режима связи.

Образовательный процесс по дисциплине поддерживается средствами электронной информационно-образовательной среды Университета.

Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

1. Desktop Education ALNG LicSAPk OLVS E IY AcademicEdition Enterprise (Состав Desktop Edu: Office Pro+; CoreCal; WinEnterprise Upgrade) Контракт №760/223/20 Софт Лайн Трейд от 15.12.2020г. на 1 год;
2. ОРУ-Проект Лиц. Договор №25/12/2012 от 20.12.2012 г. ИП Петров Станислав Рюрикович, бессроч.;
3. AutoCad EDU Сертификат 10001495269 от 03.01.2007 г. бессроч.;
4. СДО «Прометей 5.0». Виртуальные технологии в образовании. Академические (образовательные лицензии). Договор 2/ВГАУ/10/20 09.10.2020 ООО «Виртуальные технологии в образовании», бессроч.
5. СДО «Прометей» Виртуальные технологии в образовании. Академические (образовательные лицензии). Договор 1/ВГСХА/10/08 13.10.2008 ООО «Виртуальные технологии в образовании», бессроч.
6. Модуль вебинаров, обеспечивающий сопряжение СДО «Прометей» с системой видеоконференцсвязи OpenMeeting. Виртуальные технологии в образовании. Академические (образовательные лицензии). Договор 1/ВГАУ/11/5 25.11.2015 ООО «Виртуальные технологии в образовании», бессроч.

## **9 Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» надо прежде всего, обозначить её место в ряду других специальных дисциплин, основной круг вопросов, изучаемых этой дисциплиной и их практическую значимость.

Пожелания по изучению отдельных тем курса:

- 1) во введении пояснить, почему возможно раздельное изучение электромагнитных и электромеханических переходных процессов;
- 2) дать чёткую классификацию переходных процессов (ПП) по различным признакам;
- 3) ознакомить с методикой расчёта токов КЗ в относительных и именованных единицах, с методом составления и преобразования схем замещения эл. цепи;

4) ознакомить с методикой расчёта токов симметричного КЗ для различных случаев питания:

от источника бесконечной мощности; при КЗ на зажимах генератора (при постоянном возбуждении и наличии АРВ);

при КЗ во внешней цепи. При этом во всех случаях надо научиться определять начальные и установившиеся значения токов КЗ и их промежуточные значения, а также научиться определять ударные токи КЗ;

5) ознакомиться с практическими методами расчёта токов короткого замыкания;

6) разобраться с расчётом токов КЗ при различных несимметричных КЗ. При этом важно понять общую методику расчёта любого вида КЗ, обратив особое внимание на правило эквивалентности прямой последовательности;

7) обратить внимание на особенности расчёта токов КЗ в сетях напряжением до 1000В, использование метода симметричных составляющих;

8) при изучении электромеханических ПП чётко разобраться с основными понятиями, характеристиками режимов, понятиями статической и динамической устойчивости;

9) при изучении статической устойчивости разобраться с практическими критериями устойчивости простейшей электрической системы (прямой и косвенные критерии статической устойчивости) и с областью их применения;

10) при изучении динамической устойчивости обратить особое внимание на зависимость  $P = f(\delta)$  и на её основе с физическим процессом качания генератора, проходящим при внезапном КЗ и последующем отключении повреждённого участка;

11) ознакомиться с упрощённым расчётом динамической устойчивости на основании способа площадей; научиться определять предельный угол и предельное время отключения КЗ, овладеть методом последовательных интервалов;

12) разобраться как оценивается устойчивость нагрузки электроэнергетических систем;

13) изучить методы повышения статической и динамической устойчивости.

При изучении всех этих вопросов большую роль играют практические занятия, на которых должны проводиться решения конкретных задач и самостоятельная работа над расчётно-графическим заданием. Они должны быть тесно увязанные с теоретическим курсом и существенно дополнять и облегчить его понимание.

Для подготовки к практическим занятиям используйте конспекты лекций, учебники и учебные пособия, указанные в списке рекомендуемой основной и дополнительной литературы. Просмотрите те вопросы теории, освещающие разбираемую тему. На практических занятиях целесообразно иметь при себе конспекты лекций, учебники и учебные пособия. При выполнении домашних задач внимательно просмотрите решение аналогичных задач, рассматриваемых на учебных занятиях, осмыслите методы и методические приемы, используемые при их решении. Освоив методику решения данного класса задач, приступайте к решению задач.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, публикаций, первоисточников, подготовку индивидуальных заданий, выступления на групповых занятиях, выполнение заданий преподавателя.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины, либо воспользоваться ЭБС, указанными в рабочей программе. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Отдельным видом самостоятельной работы студентов является курсовая работа. Для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины, приобретения навыков пользования справочной литературой, практических навыков по расчету устойчивости электроэнергетических систем, предусмотрена курсовая работа.

#### **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| № п/п | Наименование учебных аудиторий и помещений                                    | Адрес (местоположение) учебных аудиторий и помещений                   | Оснащенность учебных аудиторий и помещений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Учебные стенды. Лабораторное оборудование «Электроэнергетика» ЭЭ-Н-С-К 147 ГК | 400002, Волгоградская область, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26 | Источники постоянного тока.<br>Стационарные стендовые выпрямители напряжением от 0 до 150 В.<br>Аккумуляторные батареи напряжением 1,5 В., 5,5 В. и 12,5 В.<br>Измерительные приборы: амперметры, вольтметры, ваттметры, фазометры, осциллографы, синхроскопы.<br>Лабораторные автотрансформаторы.<br>Реостаты, катушки, индуктивности (с ферромагнитными сердечниками и без них), электрические конденсаторы, магазины активных сопротивлений, индуктивностей и электрических емкостей. |
| 2     | Мультимедийная аудитория 147 ГК                                               | 400002, Волгоградская область, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26 | Видеопроектор, экран настенный, компьютер, акустическая система.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |