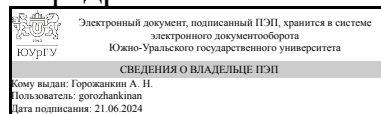


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



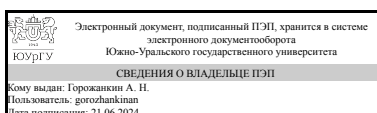
А. Н. Горожанкин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М0.06 Силовая преобразовательная техника в электротехнологиях  
**для направления** 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Оптимизация развивающихся систем электроснабжения  
промышленных предприятий и городов  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Электрические станции, сети и системы электроснабжения

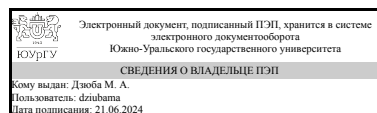
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., доц.



А. Н. Горожанкин

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



М. А. Дзюба

## 1. Цели и задачи дисциплины

Научиться выполнять проектирование систем электроснабжения на основе силовой преобразовательной техники в электротехнологиях

## Краткое содержание дисциплины

В результате освоения дисциплины научиться создавать модели систем электроснабжения на основе силовой преобразовательной техники, выполнять расчеты с помощью созданных моделей и на основе полученных расчетов предлагать оптимальные проектные решения систем электроснабжения на основе силовой преобразовательной техники

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                                                                                                                                        | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 Способен организовать и выполнять проектирование, управление и эксплуатацию силового оборудования, релейной защиты и автоматики, учёта электроэнергии в системах объектов систем электроснабжения промышленных предприятий и городов. | Знает: современные устройства преобразовательной техники, применяемой в системах электроснабжения, и особенности их функционирования;<br>Умеет: рассчитать и проектировать оптимальные системы электроснабжения; прогнозировать и рассчитать эффективные режимы работы силового электрооборудования;<br>Имеет практический опыт: проектирования систем электроснабжения с учётом особенностей их работы; |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана               | Перечень последующих дисциплин, видов работ        |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Учет электроэнергии,<br>Противоаварийная автоматика систем электроснабжения | Управление режимами работы систем электроснабжения |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                                          | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Противоаварийная автоматика систем электроснабжения | Знает: особенности работы электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий и городов при нормальных и аварийных ситуациях; Умеет: анализировать аварийные ситуации и предлагать решения по их устранению; Имеет практический опыт: выбора и определения параметров современных устройств релейной защиты и автоматики электрических сетей систем электроснабжения; |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учет электроэнергии | Знает: требования нормативных технических документов к устройству системы электроснабжения объекта капитального строительства; критерии оценки эффективности работы и методы повышения энергоэффективности объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения Умеет: применять методики и процедуры системы менеджмента качества, стандартов организации, правила автоматизированной системы управления организацией для анализа информации по системе электроснабжения объекта капитального строительства и об используемом оборудовании ведущих производителей; Имеет практический опыт: разработка частных технических заданий на проектирование отдельных частей системы электроснабжения объекта капитального строительства; |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                            |             | Номер семестра                     |
|                                                                            |             | 2                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 144         | 144                                |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 64          | 64                                 |
| Лекции (Л)                                                                 | 16          | 16                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32          | 32                                 |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 16          | 16                                 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 69,5        | 69,5                               |
| Подготовка к экзамену                                                      | 20          | 20                                 |
| Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам                    | 29,5        | 29.5                               |
| Подготовка к докладам на практических занятиях                             | 20          | 20                                 |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 10,5        | 10,5                               |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | экзамен                            |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины                 | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|----|----|
|           |                                                  | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Введение                                         | 4                                         | 2 | 2  | 0  |
| 2         | Источники питания дуговых печей постоянного тока | 14                                        | 4 | 6  | 4  |
| 3         | Источники питания технологии электролиза         | 14                                        | 4 | 6  | 4  |

|   |                                                                                                       |    |   |   |   |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|---|---|
| 4 | Источники питания электротранспорта                                                                   | 12 | 2 | 6 | 4 |
| 5 | Источники питания мощных управляемых электроприводов металлургического, горнодобывающего производства | 10 | 2 | 6 | 2 |
| 6 | Гибкие системы электроснабжения                                                                       | 10 | 2 | 6 | 2 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Кол-во часов |
|----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Введение. Проблемы управления потоками мощностей для обеспечения техпроцесса различных потребителей и влияние этого процесса на другие показатели электроэнергии. Источники питания установок различных технологий на основе полупроводниковых преобразователей: плавка постоянным током, электролиз, электротранспорт на постоянном токе. Описание технологических процессов при моделировании процессов в электротехнике. | 2            |
| 2        | 2         | Источники питания дуговых печей постоянного тока. Параметрические источники тока, кольцевые схемы выпрямления. Описание схем и принципов их работы, моделирование. Расчет основных параметров схемы преобразования. Управление режимами работы, компенсация реактивной мощности, качество электроэнергии. Сравнение с режимами ДСП на переменном токе.                                                                      | 4            |
| 3        | 3         | Источники питания технологии электролиза. Многофазные выпрямители. Описание вариантов схем, их сравнение. 12-ти и 24-ти фазные схемы преобразования. Расчет основных параметров схемы преобразования и моделирование процессов. Управление режимами работы, компенсация реактивной мощности, качество электроэнергии. Векторное управление выпрямителями. Варианты схем векторного управления и их эффективность            | 4            |
| 4        | 4         | Источники питания электротранспорта. Компенсированные выпрямители, вольтодобавочные трансформаторы. Описание вариантов схем, их сравнение. Расчет основных параметров схемы преобразования и моделирование процессов. Управление режимами работы, качество электроэнергии.                                                                                                                                                  | 2            |
| 5        | 5         | Источники питания мощных управляемых электроприводов металлургического, горнодобывающего производства. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Варианты схемных решений, расчет основных параметров схемы, моделирование электромагнитных процессов. Управление приводами переменного и постоянного тока. Управление режимами работы, компенсация реактивной мощности, качество электроэнергии.                 | 2            |
| 6        | 6         | Гибкие системы электроснабжения. Передачи постоянного тока. Вставки постоянного тока. Механические накопители электроэнергии. Области применения, схемные решения, расчет основных параметров, режимы работы. Управление режимами передачи энергии, качество электроэнергии. Активные энергокомплексы на основе накопителей энергии                                                                                         | 2            |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара        | Кол-во часов |
|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Моделирование технологических процессов в прикладных инженерных программах | 2            |
| 2         | 2         | Расчет основных параметров схемы преобразования. Управление режимами       | 6            |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |
|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|   |   | работы, компенсация реактивной мощности, качество электроэнергии. Разработка модели системы электроснабжения с ДСП постоянного тока                                                                                                                                                                                 |   |
| 3 | 3 | Расчет основных параметров схемы преобразования и моделирование процессов. Управление режимами работы, компенсация реактивной мощности, качество электроэнергии. Разработка модели системы электроснабжения электролизного производства цветных металлов                                                            | 6 |
| 4 | 4 | Описание вариантов схем, их сравнение. Расчет основных параметров схемы преобразования и моделирование процессов. Управление режимами работы, качество электроэнергии. Разработка модели системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе                                                      | 6 |
| 5 | 5 | Преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Варианты схемных решений, расчет основных параметров схемы, моделирование электромагнитных процессов. Управление режимами работы, компенсация реактивной мощности, качество электроэнергии. Разработка модели системы электроснабжения с мощным электроприводом | 6 |
| 6 | 6 | Схемные решения гибких систем электроснабжения, расчет основных параметров, режимы работы. Управление режимами передачи энергии, качество электроэнергии. Активные энергокомплексы на основе накопителей энергии                                                                                                    | 6 |

### 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы                                                                                                                | Кол-во часов |
|-----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 2         | Разработка модели системы электроснабжения с ДСП постоянного тока. Исследование режимов работы системы электроснабжения при различных параметрах                       | 4            |
| 2         | 3         | Разработка модели системы электроснабжения электролизного производства цветных металлов. Исследование режимов работы системы электроснабжения при различных параметрах | 4            |
| 3         | 4         | Разработка модели системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе. Исследование режимов работы системы электроснабжения при различных параметрах | 4            |
| 4         | 5         | Разработка модели системы электроснабжения с мощным электроприводом. Исследование режимов работы системы электроснабжения при различных параметрах                     | 2            |
| 5         | 6         | Разработка модели гибкой системы электроснабжения. Исследование режимов работы системы электроснабжения при различных параметрах                                       | 2            |

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                                          |                                                                                                                                                                                                   |         |              |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС                                              | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс                                                                                                                        | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к экзамену                                   |                                                                                                                                                                                                   | 2       | 20           |
| Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам | Основные и глубокие режимы работы многофазных симметричных некомпенсированных выпрямителей систем электроснабжения Текст учеб. пособие по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" | 2       | 29,5         |

|                                                |                                                            |   |    |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---|----|
|                                                | Ю. И. Хохлов ; Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, - 2014 |   |    |
| Подготовка к докладам на практических занятиях |                                                            | 2 | 20 |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|-----|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 2        | Текущий контроль | Реферат                           | 20  | 3          | За оформление реферата как единого документа по требованиям к оформлению и по содержанию дается 1 балл, если все сделано без замечаний. За качество доклада по реферату дается 1 балл, если все сделано без замечаний. За ответы на вопросы по реферату при его защите дается 1 балл, если ответы правильные. | экзамен          |
| 2    | 2        | Текущий контроль | Доклад1                           | 20  | 3          | За оформление презентации доклада как единого документа по требованиям к оформлению и по содержанию дается 1 балл, если все сделано правильно. За качество доклада дается 1 балл, если все сделано без замечаний. За ответы на вопросы по докладу при его защите дается 1 балл, если все ответы правильные.   | экзамен          |
| 3    | 2        | Текущий контроль | Доклад2                           | 20  | 3          | За оформление презентации доклада как единого документа по требованиям к оформлению и по содержанию дается 1 балл, если все сделано правильно. За качество доклада дается 1 балл, если все сделано без замечаний. За ответы на вопросы по докладу при его защите дается 1 балл, если все ответы правильные.   | экзамен          |
| 4    | 2        | Текущий контроль | Доклад3                           | 10  | 3          | За оформление презентации доклада как единого документа по требованиям к оформлению и по содержанию дается 1 балл, если все сделано правильно. За качество доклада дается 1 балл, если все сделано без замечаний. За ответы на вопросы по докладу при его защите дается 1 балл, если все ответы правильные.   | экзамен          |
| 5    | 2        | Бонус            | Бонусы                            | -   | 1          | Бонусные баллы могут быть начислены за                                                                                                                                                                                                                                                                        | экзамен          |

|   |   |                          |                           |    |    |                                                                                                                                                                                                    |         |
|---|---|--------------------------|---------------------------|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |   |                          |                           |    |    | участие в олимпиадах, конкурсах по тематике дисциплины. При получении диплома или сертификата олимпиады, конкурса начисляется 1 балл независимо от количества мероприятий.                         |         |
| 6 | 2 | Текущий контроль         | Защита лабораторных работ | 10 | 10 | За каждую выполненную лабораторную работу начисляется максимум 3 балла: За оформление отчета максимум 1 балл, За качество экспериментальных данных - 1 балл, за качество ответов на защите 1 балл. | экзамен |
| 7 | 2 | Промежуточная аттестация | Экзамен                   | -  | 2  | Правильный ответ на вопрос в билете оценивается на 1 балл. Если правильного ответа нет или студент отказывается отвечать на вопрос, то за ответ выставляется 0 баллов.                             | экзамен |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| экзамен                      | Экзамен проводится в устной форме. Студент получает билет с двумя вопросами. На подготовку к ответам на вопросы билета дается 30 минут. Если материал вопроса изложен полностью и получены правильные ответы на дополнительные вопросы, то ответ оценивается в 1 балл. Если нет правильных ответов на дополнительные вопросы или материал изложен неверно, с ошибками, или студент отказывается отвечать на вопрос, то - 0 баллов. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                         | № КМ |   |   |   |   |   |   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|---|---|---|
|             |                                                                                                                                                             | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ПК-1        | Знает: современные устройства преобразовательной техники, применяемой в системах электроснабжения, и особенности их функционирования;                       | +    | + | + |   | + |   | + |
| ПК-1        | Умеет: рассчитать и проектировать оптимальные системы электроснабжения; прогнозировать и рассчитать эффективные режимы работы силового электрооборудования; | +    |   | + | + | + | + | + |
| ПК-1        | Имеет практический опыт: проектирования систем электроснабжения с учётом особенностей их работы;                                                            | +    |   |   | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Хохлов, Ю. И. Основные и глубокие режимы работы многофазных симметричных некомпенсированных выпрямителей систем электроснабжения [Текст] учеб. пособие по направлению 140400 "Электроэнергетика и

электротехника" Ю. И. Хохлов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы электроснабжения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. - 104, [2] с. ил. электрон. версия

*б) дополнительная литература:*

1. Хохлов, Ю. И. Энергосберегающая энергетическая электроника в системах электроснабжения [Текст] Ч. 1 Устройства с нулевой кратностью преобразования частоты учеб. пособие Ю.И. Хохлов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы электроснабжения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. - 249, [1] с. ил. электрон. версия

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*  
Не предусмотрены

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Хохлов, Ю. И. Энергосберегающая энергетическая электроника в системах электроснабжения [Текст] Ч. 1 Устройства с нулевой кратностью преобразования частоты учеб. пособие Ю.И. Хохлов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы электроснабжения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. - 249, [1] с. ил. электрон. версия

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Хохлов, Ю. И. Энергосберегающая энергетическая электроника в системах электроснабжения [Текст] Ч. 1 Устройства с нулевой кратностью преобразования частоты учеб. пособие Ю.И. Хохлов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы электроснабжения ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2006. - 249, [1] с. ил. электрон. версия

**Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

| Вид занятий                     | № ауд.     | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции                          | 155<br>(1) | Компьютер, проекционное оборудование                                                                                                             |
| Практические занятия и семинары | 153<br>(1) | Компьютерная техника                                                                                                                             |

|                         |            |                     |
|-------------------------|------------|---------------------|
| Лабораторные<br>занятия | 155<br>(1) | Лабораторные стенды |
|-------------------------|------------|---------------------|