

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Электрическая тяга»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
disciplines
**Б1.В.6 «ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО
СОСТАВА»**
для направления
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
по магистерской программе «Электрический транспорт железных дорог и
метрополитенов»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2025

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Электрическая тяга»

Протокол № 6 от «13» января 2025 г.

Заведующий кафедрой
«Электрическая тяга»
«13» января 2025 г.

A.M. Евстафьев

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
«13» января 2025 г.

B.B. Никитин

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Оптимизация электрооборудования электроподвижного состава» (Б1.В.6) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (далее – ФГОС ВО), утвержденного 28 февраля 2018 г., приказ Минобрнауки России № 147, с учетом требований работодателя к выпускнику магистратуры по указанному направлению и магистерской программе.

Целью изучения дисциплины является приобретение обучающимися знаний, умений и навыков по разработке и внедрению эффективных методов эксплуатации подвижного состава электрического транспорта.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- ознакомление магистрантов с конструкцией и характеристиками электрооборудования электрического подвижного состава;
- ознакомление магистрантов с типовыми режимами работы электрического подвижного состава;
- ознакомление магистрантов со способами снижения расхода энергетических ресурсов при эксплуатации электрического подвижного состава;
- обучение магистрантов начальным навыкам выполнения тяговых и тягово-энергетических расчетов для заданных условий перевозочного процесса;
- обучение магистрантов начальным навыкам разработки мероприятий по снижению энергозатрат на тяговые и собственные нужды электрического подвижного состава при выполнении заданного перевозочного процесса;
- обучение магистрантов начальным навыкам разработки мероприятий по обеспечению заданного срока службы и расчетных характеристик оборудования;
- обучение магистрантов начальным навыкам разработки мероприятий по снижению энергозатрат на тяговые и собственные нужды электрического подвижного состава при выполнении заданного перевозочного процесса.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций (части компетенций). Сформированность компетенций (части компетенции) оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

| Индикаторы достижения компетенций | Результаты обучения по дисциплине |
|--|---|
| ПК-1. Разработка и внедрение эффективных методов эксплуатации подвижного состава электрического транспорта | |
| ПК-1.1.1 | Обучающийся знает конструкцию и характеристики электрооборудования электрического подвижного состава; |
| ПК-1.3.1 | Обучающийся знает способы снижения расхода энергетических ресурсов при эксплуатации электрического подвижного состава |
| ПК-1.2.1 | Обучающийся умеет определять наиболее эффективные режимы работы отдельных узлов оборудования и электрического подвижного состава в целом; |
| ПК-1.1.3 | Обучающийся владеет навыками выполнения тяговых и тягово-энергетических расчетов для заданных условий перевозочного процесса; |

| | |
|----------|--|
| ПК-1.2.3 | Обучающийся владеет навыками разработки мероприятий по снижению энергозатрат на тяговые и собственные нужды электрического подвижного состава при выполнении заданного перевозочного процесса; |
| ПК-1.3.3 | Обучающийся владеет навыками разработки мероприятий по обеспечению заданного срока службы и расчетных характеристик оборудования |

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

| Вид учебной работы | Всего часов | Модуль | |
|--|-------------|--------|-------|
| | | 1 | 2 |
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 80 | 32 | 48 |
| В том числе: | | | |
| - лекции (Л) | 16 | - | 16 |
| - практические занятия (ПЗ) | 64 | 32 | 32 |
| - лабораторные работы (ЛР) | - | - | - |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 132 | 72 | 60 |
| Контроль | 40 | 4 | 36 |
| Форма контроля (промежуточной аттестации) | 3, Э | 3 | Э |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 252/7 | 108/3 | 144/4 |

Для заочной формы обучения

Таблица 4.2

| Вид учебной работы | Всего часов | Модуль | |
|--|-------------|--------|-------|
| | | 1 | 2 |
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 36 | 18 | 18 |
| В том числе: | | | |
| - лекции (Л) | 12 | 6 | 6 |
| - практические занятия (ПЗ) | 24 | 12 | 12 |
| - лабораторные работы (ЛР) | - | - | - |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 203 | 122 | 81 |
| Контроль | 13 | 4 | 9 |
| Форма контроля (промежуточной аттестации) | 3, Э | 3 | Э |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 252/7 | 144/4 | 108/3 |

Примечания: «Форма контроля» – экзамен (Э), зачет (З), зачет с оценкой (З*), курсовой проект (КП), курсовая работа (КР).

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Индикаторы достижения компетенций |
|-------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| | | | |

| 2 семестр (1 модуль) | | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| 1. | Влияние условий работы ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | <p>Практические занятия:</p> <p>№ 1. Исследование влияния напряжения контактной сети на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 2. Исследование влияния пускового тока на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 3. Исследование влияния населенности вагонов на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 4. Исследование влияния профиля перегона на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 2. | Влияние режимов управления ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | <p>Практические занятия:</p> <p>№ 5. Исследование влияния длины перегона и технической скорости на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 6. Исследование влияния технической скорости на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 3 семестр (2 модуль) | | | |
| 3. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава постоянного тока с коллекторными тяговыми двигателями | <p>Лекции</p> <p>Л1. Принципы регулирования скорости и силы тяги коллекторных ТЭД постоянного тока.</p> <p>Л2. Регулирование силы тяги и скорости ЭПС за счет изменения напряжения на тяговых электродвигателях. Способы регулирования напряжения на ТЭД.</p> <p>Л3. Выбор параметров пускового резистора для реализации плавного реостатного пуска.</p> <p>Л4. Выбор ступеней пускового резистора для разгонных, маневровых и дополнительных ступеней.</p> <p>Л5. Аналитический расчет ступеней пускового резистора.</p> <p>Л6. Оптимизация расхода электрической энергии на тягу ЭПС постоянного тока с коллекторными ТЭД при реостатном пуске.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 4. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава переменного тока | <p>Лекции</p> <p>Л7. Условия работы и параметры трансформаторов в схемах однофазного выпрямления ЭПС с нагрузкой на тяговый двигатель.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | с коллекторными тяговыми двигателями | <p>Л8. Оптимизация работы коллекторных ТЭД постоянного тока при питании выпрямленным током.</p> <p>Л9. Оптимизация систем амплитудного регулирования напряжения на ТЭД ЭПС переменного тока.</p> <p>Л10. Фазовое регулирование выпрямленного напряжения. Бесконтактное амплитудно-фазовое (зонно-фазовое) регулирование выпрямленного напряжения.</p> <p>Практические занятия: № 7. Параметры преобразовательной установки для питания тяговых двигателей электрического подвижного состава переменного тока.</p> | ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 5. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом | <p>Л11. Сравнение показателей асинхронных и коллекторных ТЭД. Структурные схемы силовых цепей с АТП.</p> <p>Л12. Выбор параметров преобразователей силовой цепи ЭПС с асинхронным тяговым приводом.</p> <p>Практические занятия: № 8. Параметры и характеристики асинхронного тягового двигателя для пригородного электропоезда.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |

Для заочной формы обучения:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Индикаторы достижения компетенций |
|---|--|--|---|
| 2 курс, зимняя сессия (1 модуль) | | | |
| 1. | Влияние условий работы ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | <p>Практические занятия:</p> <p>№ 1. Исследование влияния напряжения контактной сети на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 2. Исследование влияния пускового тока на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 3. Исследование влияния населенности вагонов на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> <p>№ 4 Исследование влияния профиля перегона на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 2. | Влияние режимов управления ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | <p>Практические занятия:</p> <p>№ 5. Исследование влияния длины перегона и технической скорости на расход электроэнергии в пригородном</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. |

| | | | |
|---|--|---|---|
| | | <p>движении.</p> <p>№ 6. Исследование влияния технической скорости на расход электроэнергии в пригородном движении.</p> | ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 2 курс, летняя сессия (2 модуль) | | | |
| 3. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава постоянного тока с коллекторными тяговыми двигателями | <p>Лекции</p> <p>Л1. Принципы регулирования скорости и силы тяги коллекторных ТЭД постоянного тока.</p> <p>Л2. Регулирование силы тяги и скорости ЭПС за счет изменения напряжения на тяговых электродвигателях. Способы регулирования напряжения на ТЭД.</p> <p>Л3. Выбор параметров пускового резистора для реализации плавного реостатного пуска.</p> <p>Л4. Выбор ступеней пускового резистора для разгонных, маневровых и дополнительных ступеней.</p> <p>Л5. Оптимизация расхода электрической энергии на тягу ЭПС постоянного тока с коллекторными ТЭД при реостатном пуске.</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 4. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями | <p>Лекции</p> <p>Л6. Условия работы и параметры трансформаторов в схемах однофазного выпрямления ЭПС с нагрузкой на тяговый двигатель.</p> <p>Л7. Оптимизация работы коллекторных ТЭД постоянного тока при питании выпрямленным током.</p> <p>Л8. Оптимизация систем амплитудного регулирования напряжения на ТЭД ЭПС переменного тока.</p> <p>Практические занятия</p> <p>№ 7. Параметры преобразовательной установки ЭПС переменного тока</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |
| 5. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом | <p>Л11. Сравнение показателей асинхронных и коллекторных ТЭД. Структурные схемы силовых цепей с АТП.</p> <p>Л12. Выбор параметров преобразователей силовой цепи ЭПС с асинхронным тяговым приводом.</p> <p>Практические занятия</p> <p>№ 8. Параметры электрооборудования электроподвижного состава с бесколлекторным тяговым</p> | ПК-1.1.1. ПК-1.2.1. ПК-1.3.1. ПК-1.2.1. ПК-1.1.3. ПК-1.2.3. ПК-1.3.3. |

| | | | |
|--|--|----------|--|
| | | приводом | |
|--|--|----------|--|

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий
Для очной формы обучения

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Л | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|---|--|----|----|----|-----|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Влияние условий работы ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | - | 20 | - | 40 | 60 |
| 2. | Влияние режимов управления ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | - | 12 | - | 30 | 40 |
| 3. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава постоянного тока с коллекторными тяговыми двигателями | 8 | - | - | 22 | 32 |
| 4. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями | 4 | 16 | - | 20 | 40 |
| 5. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом | 4 | 16 | - | 20 | 40 |
| ИТОГО | | 16 | 64 | - | 132 | 212 |
| Контроль | | | | | | 40 |
| Всего (общая трудоемкость, час.) | | | | | | 252 |

Для заочной формы обучения

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Л | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|----------|---|---|----|----|-----|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. | Влияние условий работы ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | - | 16 | - | 60 | 76 |
| 2. | Влияние режимов управления ЭПС постоянного тока на расход электроэнергии | - | 8 | - | 27 | 35 |
| 3. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава постоянного тока с | 8 | - | - | 20 | 28 |

| | | | | | | |
|---|--|----|----|---|-----|-----|
| | коллекторными тяговыми двигателями | | | | | |
| 4. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава переменного тока с коллекторными тяговыми двигателями | - | - | - | 50 | 50 |
| 5. | Выбор и оптимизация параметров электрооборудования электроподвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом | 4 | - | - | 46 | 50 |
| ИТОГО | | 12 | 24 | - | 203 | 239 |
| Контроль | | | | | | 13 |
| Всего (общая трудоемкость, час.) | | | | | | 252 |

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные средства по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации программы магистратуры по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой магистратуры, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской или меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

- Windows 10;
- MS Office.

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

2. Электронная библиотечная система ЛАНЬ [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

3. Электронная библиотечная система iBooks [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibooks.ru/>

8.4. Перечень печатных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. Плакс А.В. Системы управления электрическим подвижным составом М.: Маршрут, 2005. – 400 с.

2. Электрическая тяга на рубеже веков; Сб. науч. трудов // Ред. А.Л.Лисицин. – М.: Интекст, 2000. – 256 с.

3. В.Е.Розенфельд, И.П.Исаев, Н.Н.Сидоров Теория электрической тяги М.: Транспорт, 2005. – 296 с.

4. Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Учебник для Вузов. 4-е изд. Перераб. и доп. М.: Транспорт, 1980. – 471 с.

5. Южаков Б.Г. Электрический привод и преобразователи подвижного состава. М: ФГБОУ "УМЦ ЖДТ". 2007. – 398 с.

6. Электроподвижной состав с электрическим торможением. // Ред. Ю.М. Иньков и Ю.И. Фельдман // М.: ГОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2008. – 412 с.

8.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно- образовательная среда [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

2. Электронная библиотечная система ЛАНЬ [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.

3. Электронная библиотечная система iBooks [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibooks.ru/>

Разработчик рабочей программы,
доцент
«13» января 2025 г.

А.И. Чудаков