

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**Программа вступительного испытания по интеллектуальным системам  
электрооборудования и промышленной электроники  
по направлению подготовки магистратуры  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника,  
Образовательная программа «Интеллектуальные системы  
электрооборудования и промышленной электроники»**

Москва, 2025

**ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**  
**О ПРОВЕДЕНИИ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ**  
**ПО НАПРАВЛЕНИЮ 13.04.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» В 2025 ГОДУ**

1. Комплексные вступительные испытания проводятся **по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»** по магистерской программе обучения «Интеллектуальные системы электрооборудования и промышленной электроники».

2. **Форма проведения вступительного испытания:** собеседование (устный опрос), совмещенное с предварительным компьютерным тестированием.

3. Вступительные испытания в магистратуру (ВИМ) проводятся в очном формате и в режиме дистанционного (удаленного) доступа в системе LMS Московского Политеха (<https://online.mospolytech.ru>) в рамках онлайн-курса **ВИМгод\_13.04.02\_«Интеллектуальные системы электрооборудования и промышленной электроники»**. Идентификация абитуриентов и непосредственно процедура собеседования (устного опроса), а также контроль за выполнением теста проводятся в системе интернет видеоконференции (далее – ВКС) на базе одного из видов программного продукта: Zoom, MTS Link, Яндекс Телемост.

4. По результату вступительного испытания поступающему выставляется оценка от нуля до ста баллов. Минимальный положительный балл по 100-бальной шкале составляет 40 баллов, ниже которого вступительное испытание считается несданным.

5. Прием вступительных испытаний проводится в системе ВКС с применением LMS. Каждый абитуриент за 30 минут до начала вступительного испытания подключается к ВКС по заранее объявленной ссылке и остается в этой конференции до окончания вступительных испытаний.

Длительность тестирования – 45 минут.

После проводится собеседование.

6. Компьютерное тестирование содержит 60 вопросов (примерный перечень вопросов размещен в Приложении 1), время тестирования – 45 минут. Тестирование в системе LMS автоматически открывается в дату вступительного испытания и автоматически заканчивается через 45 минут. Допуск студента осуществляется по результатам процедуры прокторинга – идентификации личности поступающего. Для этого абитуриент должен подключиться к ВКС, громко и отчетливо сообщить свои фамилию, имя и отчество, предъявить документ, удостоверяющий личность, и индивидуальный номер личного дела или расписку Приемной комиссии о приеме документов. Результаты тестирования абитуриентов, не прошедших процедуру идентификации, аннулируются. Такие абитуриенты не допускаются до собеседования (устного ответа на дополнительные вопросы). По окончании тестирования абитуриенты переводятся в зал ожидания конференции. По результатам компьютерного тестирования абитуриент может получить до 60 баллов.

7. Собеседование (устный опрос) проводится комиссией, назначенной приказом по университету. Для этого абитуриент переводится комиссией из зала ожидания в конференцию. Абитуриент получает два вопроса из списка (Приложение 2) и без дополнительной подготовки дает устный ответ на них. Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы для подготовки к вступительному испытанию представлен в Приложении 3. Устный ответ на поставленный вопрос оценивается комиссией в соответствии со шкалой (таблица). Максимальная оценка за ответ на вопрос составляет 20 баллов. Комиссия вправе задавать уточняющие вопросы.

Таблица

<b>Баллы</b>	<b>Характеристика ответа</b>	<b>Критерий выставления оценки</b>
16-20	Полный	Демонстрация отличных знаний по заданному вопросу. Умение иллюстрировать теоретические положения эскизами, графиками, формулами. Широкий кругозор по обсуждаемым вопросам.
12-15	Неполный	Демонстрация твердых знаний по заданному вопросу. Наличие мелких неточностей в ответе и в иллюстративном материале.
8-11	Верный с ошибками	Неплохое знание вопроса, но с заметными ошибками.
5-7	Слабый, грубые ошибки	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками
0-4	Не получен	Незнание и непонимание рассматриваемого вопроса.

8. Итоговая оценка вступительного испытания определяется путем суммирования количества баллов, полученных за компьютерное тестирование и собеседование (устный ответ), и не может превышать 100 баллов.

9. Вся процедура вступительного испытания проводится с видеофиксацией в системе ВКС. Контроль за осуществлением процедуры тестирования осуществляют члены комиссии, назначенной приказом по университету.

10. Вступительные испытания проводятся по расписанию приёмной комиссии университета: при очном формате ВИМ сообщается время и номер экзаменационной аудитории; при дистанционном формате ВИМ сообщается время и ссылка для подключения к видеоконференциям проведения ВИМ. Сведения о времени, месте и ссылке размещается на сайте приемной комиссии и в личном кабинете поступающего. Ссылки на компьютерное тестирование и видеоконференции публикуются в онлайн-курсе «ВИМгод <Код и Наименование ООП>» не позднее, чем за 1 сутки до начала ВИМ.

11. Для участия на вступительных испытаниях в дистанционном формате рабочее место абитуриента должно быть оснащено средствами видео- и аудио трансляции (веб-камера и микрофон), позволяющие однозначно идентифицировать абитуриента и позволяющими хорошо просматривать его рабочее место. Камера и

микрофон должны быть включены на протяжении всего периода проведения вступительного испытания.

12. Перед началом вступительного испытания, поступающим сообщается время и способ получения информации о полученных результатах. Результаты испытаний публикуются в конце дня испытаний.

13. В процессе проведения вступительного испытания осуществляется прокторинг (контроль за соблюдением процедуры экзамена). При проведении вступительных испытаний не допускается присутствие в помещении с абитуриентом посторонних лиц и/или общение с использованием технических средств связи, за исключением устройств, используемых для реализации дистанционного режима вступительного испытания. При нарушении процедуры вступительные испытания для абитуриента прекращаются, результаты испытания аннулируются. Фамилия, имя, отчество поступающего и причина прекращения испытаний заносятся в протокол проведения ВИМ.

14. В случае потери связи с абитуриентом во время проведения дистанционных испытаний на период более 15 минут испытания для данного абитуриента прекращаются. Фамилия, имя, отчество поступающего и причина прекращения испытаний заносятся в протокол проведения ВИМ.

15. На вступительных испытаниях запрещено пользоваться средствами связи и ПК, помощью сторонних лиц. Поступающий, нарушающий правила поведения на вступительном испытании, может быть удален, а его результат аннулирован. Фамилия, имя, отчество удаленного из аудитории поступающего и причина его удаления заносятся в протокол проведения вступительного испытания.

16. На каждого абитуриента комиссия по приему вступительного испытания составляет Протокол отборочного испытания.

17. При проведении вступительного испытания уточняющие вопросы поступающих принимаются председателем экзаменационной комиссии и рассматриваются только в случае обнаружения опечатки или другой неточности какого-либо задания вступительного испытания. Председатель экзаменационной комиссии обязан отметить этот факт в протоколе проведения вступительного испытания. Экзаменационной комиссией будут проанализированы все замечания, при признании вопроса некорректным он засчитывается поступающему, как выполненный правильно.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ  
АБИТУРИЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 13.04.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА  
И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» ПО МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ ОБУЧЕНИЯ  
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

1. Мгновенное значение тока в ветви равно  $i = 3 + 4\sin\omega t$  А. Амперметр магнитоэлектрической системы, включенный в эту ветвь, показывает:
  - 3 А;
  - 4 А;
  - 6 А;
  - 7 А.
2. К цепи приложено напряжение  $u = 100 + 100\sin 100t$ . Показания амперметра магнитоэлектрической и электромагнитной систем, при сдвиге фазы первой гармоники на  $180^\circ$ :
  - не изменится у амперметров обеих систем;
  - показание амперметра электромагнитной системы не изменится, амперметр магнитоэлектрической системы покажет нуль;
  - изменится у амперметров обеих систем;
  - показания амперметров обеих систем станут равны нулю.
3. Магнитомягкие материалы – это...:
  - обладают круто поднимающейся основной кривой намагничивания и большой площадью гистерезисной петли;
  - обладают круто поднимающейся основной кривой намагничивания и относительно малыми площадями гистерезисных петель;
  - обладают полого поднимающейся основной кривой намагничивания и относительно малыми площадями гистерезисных петель;
  - обладают полого поднимающейся основной кривой намагничивания и большой площадью гистерезисной петли.

4. Коэффициент взаимоиנדукции двух катушек без ферромагнитного сердечника, при уменьшении числа витков обеих катушек в  $n$  раз:
- увеличится в  $n^2$  раз;
  - не изменится;
  - уменьшится в  $n^2$  раз;
  - уменьшится в  $n$  раз.
5. Если к двухполюснику приложено напряжение  $u = 100 + 150\sin(100t + 45^\circ)$  В, под действием которого протекает ток  $i = 5$  А (мгновенное значение), то мощность, потребляемая двухполюсником, будет равна :
- 750 Вт;
  - 375 Вт;
  - 500 Вт;
  - 1250 Вт.
6. Мгновенное значение тока в ветви равно  $i = 3 + 4\sin\omega t$  А. Амперметр магнитоэлектрической системы, включенный в эту ветвь, показывает...:
- 8 А;
  - 6 А;
  - 4 А;
  - 3 А.
7. Мгновенное значение тока в ветви равно  $i = 3 + 4\sqrt{2}\sin\omega t$  А. Амперметр электромагнитной системы, включенный в эту ветвь, показывает:
- 7 А;
  - 3 А;
  - 5 А;
  - 4 А.
8. Кривая размагничивания – это...:
- участок предельного цикла, расположенного между точками Вг и Нс;
  - кривая, получающаяся при монотонном уменьшении напряжённости магнитного поля;

- кривая, центр которой не совпадает с началом координат;
- зависимость между магнитной индукцией и напряжённостью

магнитного поля.

9. Постоянные магниты изготавливают из:

- магнитодиэлектриков;
- магнитомягких материалов;
- ферритов;
- магнитотвёрдых материалов.

10. Напряжение на зажимах катушки, имеющей сопротивление  $R = 8$  Ом и индуктивность  $L = 0,06$  Гн, при токе в ней в данный момент времени  $15$  А, равномерно возрастающем со скоростью  $1100$  А/с, будет равно :

- $120$  В;
- $54$  В;
- $186$  В;
- $66$  В.

11. Коэффициент искажения  $k_u$  кривой тока  $i = 4 + 10\sqrt{2}\sin\omega t + 3\sqrt{2}\sin 3\omega t$ , равен:

- $2/\sqrt{5}$ ;
- $\sqrt{2}/3$ ;
- $\sqrt{2}/\sqrt{5}$ ;
- $2\sqrt{2}/3\sqrt{3}$ .

12. Если в короткозамкнутом витке ток изменяется со скоростью  $10$  А/с, магнитный поток витка, созданный током, изменяется со скоростью  $0,5$  Вб/с, то индуктивность витка будет равна:

- $L=5 \times 10^{-8}$  Гн;
- $L=5$  Гн;
- $L=5 \times 10^{-6}$  Гн;
- $L=5 \times 10^{-2}$  Гн.

13. Коэффициент гармоник – это ...:

- отношение действующего значения высших гармоник к действующему значению основной гармоники;
- отношение действующего значения основной гармоники к действующему значению всей кривой;
- отношение максимального к действующему значению;
- отношение действующего к среднему по модулю значению.

14. По проводнику радиусом  $R$  протекает постоянный ток  $I$ . Расстояние  $r$  от центра проводника, где напряженность магнитного поля будет максимальна, равно:

- $r=0$ ;
- $r=4R$ ;
- $r=2R$ ;
- $r=R$ .

15. Коэффициент искажения:

- отношение максимального к действующему значению;
- отношение действующего к среднему по модулю значению;
- отношение действующего значения высших гармоник к действующему значению основной гармоники;
- отношение действующего значения основной гармоники к действующему значению всей кривой.

16. Что выполняет функция `cross` в среде MATLAB?

- произведение двух векторов;
- сложение длин двух векторов;
- векторное произведение двух векторов;
- произведение длин двух векторов.

17. Что выполняет функция `polyfit(X, Y, n)` в MatLAB?

- аппроксимацию данных;
- полином из указанных значений вектора;
- полиномиальный вектор;

- полиномиальную аппроксимацию данных.

18. Что такое интерполяция?

- построение кривой равноудалённой от всех точек;
- построение кривой по среднему значению точек на участке;
- построение кривой через указанные точки;
- обратное действие аппроксимации.

19. С каким языком программирования больше всего схож MatLAB?

- C++;
- Pascal;
- Basic;
- Fortran.

20. Сколько байтов требуется для хранения комплексного числа?

- 2 байта;
- 16 байт;
- 8 байт;
- 4 байта.

21. Command Window в среде MATLAB позволяет:

- открывать модели Simulink;
- строить графики;
- создавать переменные;
- строить фигуры;
- хранить переменные.

22. Область "Area" в среде MATLAB нужна для:

- обособления элементов;
- группирования блоков в подсистемы;
- изменения цвета блоков;
- добавления блокам пользовательского изображения;
- визуального выделения блоков на схеме;
- группирования элементов.

23. Выберите верные утверждения характерные для подсистем "Subsystem" в среде MATLAB Simulink.

- подсистемы группируют блоки;
- подсистемы обособляют блоки;
- подсистемы упрощают блоки;
- подсистемы заменяют собой группу блоков;
- подсистемы создают новый блок с выбранными свойствами.

24. Укажите названия блоков, входящих в подраздел Signal Routing библиотеки Simulink.

- Demux;
- Goto;
- From Workspace;
- Manual Switch;
- Out Bus Element;
- Integrator;
- In1.

25. Блок powergui в среде MATLAB Simulink нужен для:

- работы блоков из библиотеки Specialized Power Systems;
- сочетания блоков библиотеки Specialized Power Systems с библиотекой Simulink;

- указания параметров комплексных чисел;
- расчёта сложных составных параметров сигнала;
- указания параметров источника энергии.

26. При постоянном напряжении питания двигателя постоянного тока параллельного возбуждения магнитный поток возбуждения уменьшился. Как изменилась частота вращения?

- не изменилась;
- периодически изменяется;
- уменьшилась;

- увеличилась.

27. Известное уравнение для электромагнитного момента, широко используемое при анализе условий работ машин постоянного тока справедливо только для...?

- для электрических машин, у которых можно регулировать ток возбуждения;

- электрических машин, имеющих обмотки возбуждения постоянного тока;

- любых электрических машин;

- коллекторных машин постоянного тока.

28. Под номинальной мощностью двухобмоточного трансформатора понимают мощность...?

- обеих обмоток;

- на зажимах обмотки, к которой подаётся питание;

- на зажимах обмотки, к которой подключается нагрузка;

- подведенную.

29. Что называют якорем?

- подвижную часть электрической машины;

- неподвижную часть электрической машины;

- приспособление для крепления щёток;

- место для крепления электрической машины.

30. Число параллельных ветвей обмотки якоря в машинах постоянного тока?

- зависит от допустимой плотности тока в проводниках;

- определяется условиями коммутации;

- зависит от допустимого напряжения;

- обусловлено типом обмотки.

31. Пусковой ток двигателя постоянного тока превышает номинальный ток из-за:

- малого сопротивления обмотки якоря;

- отсутствия противоЭДС в момент пуска;
- большого сопротивления обмотки возбуждения;
- малого сопротивления обмотки возбуждения.

32. Трансформаторы классифицируют в первую очередь по...?:

- назначению;
- мощности;
- напряжению;
- габаритам.

33. Генератор постоянного тока смешанного возбуждения — это генератор, имеющий...?

- параллельную обмотку возбуждения;
- последовательную обмотку возбуждения;
- параллельную и последовательную обмотки возбуждения;
- имеющий особые обмотки возбуждения.

34. Что произойдет с ЭДС генератора параллельного возбуждения при обрыве цепи возбуждения?

- ЭДС увеличится;
- ЭДС не изменится;
- ЭДС станет равной нулю;
- ЭДС снизится до  $E_{ост}$ .

35. Почему сердечник якоря машины постоянного тока набирают из листов электротехнической стали, изолированных между собой?

- из конструктивных соображений;
- для шумопонижения;
- для уменьшения потерь мощности от перемagnetивания и вихревых

токов;

- для уменьшения магнитного сопротивления потоку возбуждения.

36. Характер реакции якоря в машине постоянного тока определяется...?

- частотой вращения якоря;

- все варианты верны;
- величиной тока якоря;
- положением щеток.

37. Почему на практике не применяют генератор постоянного тока последовательного возбуждения?

- напряжение на зажимах генератора не изменяется при изменении нагрузки;

- ЭДС уменьшается при увеличении нагрузки;
- напряжение на зажимах генератора резко изменяется при изменении нагрузки;

- ЭДС генератора не изменяется.

38. Номинальным вторичным напряжением трансформатора называется напряжение на зажимах вторичной обмотки при...?:

- холостом ходе этой обмотки и номинальном напряжении на зажимах первичной;

- номинальной нагрузке;
- номинальном ЭДС на зажимах первичной обмотки;
- номинальном напряжении на зажимах первичной обмотки.

39. Каково назначение реостата в цепи обмотки возбуждения двигателя постоянного тока?

- регулировать напряжение на зажимах;
- увеличивать пусковой момент;
- ограничить пусковой ток;
- регулировать скорость вращения.

40. Мощность, потребляемая двигателем постоянного тока из сети  $P_1 = 1,5$  кВт.

Полезная мощность, отдаваемая двигателем в нагрузку,  $P_2 = 1,125$  кВт.

Определить КПД двигателя  $\eta$  %...?

- 90%;
- 85%;
- 80%;

- 75%.

41. Таймеры-счётчики в микроконтроллерах AVR с разрешением 16 бит могут работать в следующих режимах:

- сброс по несовпадению;
- сброс при совпадении;
- ШИМ с точной амплитудой и коррекцией;
- нормальном режиме;
- ШИМ с точной фазой;
- быстродействующий ШИМ;
- ШИМ с точной фазой и частотой.

42. Какой константой обозначается конец EEPROM?

- OFF;
- EEPROM;
- EEPROMEND;
- EEPROMOUT.

43. Выберите, чем отличается режим "ШИМ с точной фазой" для 16 битных таймеров-счётчиков от аналогичного режима для 8 битных таймеров-счётчиков:

- в 16 битном таймере-счётчике в режиме "ШИМ с точной фазой" можно использовать регистр сравнения;
- в 16 битном таймере-счётчике в режиме "ШИМ с точной фазой" обновление регистра сравнения происходит при достижении максимального значения счётчика;
- в 16 битном таймере-счётчике в режиме "ШИМ с точной фазой" можно настроить обратный счёт таймера;
- в 16 битном таймере-счётчике в режиме "ШИМ с точной фазой" можно использовать регистр захвата;
- в 16 битном таймере-счётчике можно изменять разрешающую способность модулятора.

44. В шине передачи данных TWI, для адресных пакетов характерно:

- бит чтения записи (R/W);

- сдвиг на 1 бит при передаче адреса;
- 8 битный адрес;
- 7 битный адрес;
- бит подтверждения АСК.

45. Для настройки порта PD2 на вход применяют следующую запись:

- $DDRB |= (1 \ll 2);$
- $DDRB |= \sim(1 \ll 2);$
- $DDRB \& \sim(2 \ll 1);$
- $DDRB \& \sim(1 \ll 2);$
- $DDRB \&=(1 \ll 2);$

46. Микросхемы Mega имеют Flash-ПЗУ программ объемом ... и размещаются в основном в корпусах с 28-100 выводами.

- 8-256 Мбайт;
- 8-256 Бит;
- 8-256 Байт;
- 8-256 Кбайт.

47. Какая новая технология позволила выпускать МК в версиях со сверхмалым потреблением (с напряжением питания от 1,8 В)?

- picoPower;
- IEEE;
- miniOut;
- CAN.

48. Какой вектор размещается в таблице, который указывает на процедуру, выполняющуюся при сборке МК, по адресу с которого начинают выполнение программы по умолчанию все контроллеры AVR?

- RESTART;
- RESET;
- OUT;
- OPEN.

49. Что означает MIPS в микроконтроллерах Atmel AVR?

- вычисления с сокращенным набором команд;
- оперирование с данными большой длины;
- миллион команд в секунду;
- гарвардская архитектура разделения памяти.

50. Сколько в среднем потребляет МК AVR?

- 12-24 мА;
- 5-15 мА;
- до 12 мА;
- 18-36 мА.

51. Рабочие операции – это...:

- действия, непосредственно необходимые для выполнения технологического процесса в соответствии с теми физическими законами, которые определяют существо процесса;
- действия, которые обеспечивают начало, порядок следования, конец операций; выделяют необходимые ресурсы; задают нужные параметры самому процессу (скорость, температуру, давление и др.);
- управление направлено на поддержание или улучшение функционирования технологического объекта в соответствии с выбранной целью управления;
- поддержание постоянства некоторой заданной величины, характеризующей технологический процесс, или изменение ее по заданному закону.

52. Поддержание постоянства некоторой заданной величины, характеризующей технологический процесс, или изменение ее по заданному закону – это...:

- регулирование;
- операция управление;
- рабочая операция;

- управляемый объект.
53. Чтобы успешно реализовать процесс управления, необходимо знать:
- конкретный технологический процесс и принципы и методы управления
  - принципы и методы управления
  - конкретный технологический процесс
  - управляющее устройство
54. Замкнутую систему регулирования называют многоконтурной, если после её размыкания получается цепь, содержащая...:
- местные параллельные или обратные связи;
  - местные параллельные связи;
  - обратные связи;
  - нет правильного ответа.
55. Пример интегрирующего звена:
- электрическая цепь с идеальной индуктивностью;
  - механический редуктор;
  - электродвигатель постоянного тока;
  - асинхронный двигатель при скоростях ниже критической.
56. Пример пропорционального звена:
- электрическая цепь с идеальной индуктивностью;
  - механический редуктор;
  - электродвигатель постоянного тока;
  - асинхронный двигатель при скоростях ниже критической.
57. Пример апериодического звена:
- электрическая цепь с идеальной индуктивностью;
  - механический редуктор;
  - электродвигатель постоянного тока;
  - асинхронный двигатель при скоростях ниже критической.
58. Пример неустойчивого инерционного звена:
- электрическая цепь с идеальной индуктивностью;

- механический редуктор;
- электродвигатель постоянного тока;
- асинхронный двигатель при скоростях ниже критической.

59. Если при  $\omega = \omega_c$  фазовая частотная характеристика опускается ниже уровня  $-180^\circ$ , то замкнутая система ...

- неустойчива;
- устойчива;
- не определена;
- постоянная.

60. Задачей замкнутой системы регулирования является ...

- поддержание выходной переменной в соответствии с сигналом задания;
- поддержание входной переменной в соответствии с сигналом задания;
- поддержание промежуточной переменной в соответствии с сигналом задания;
- поддержание входной и выходной переменной в соответствии с сигналом задания.

ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ (УСТНОГО ОПРОСА)  
АБИТУРИЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ 13.04.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА  
И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» ПО МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ ОБУЧЕНИЯ  
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
И ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

Для прохождения вступительного испытания в магистратуру 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» по магистерской программе «Интеллектуальные системы электрооборудования и промышленной электроники» абитуриент должен знать основные понятия по следующим дисциплинам:

Содержание разделов дисциплины «Теоретические основы электротехники»:

1. Введение. Электрические цепи с сосредоточенными параметрами.
2. Основные понятия и законы электричества и магнетизм.
3. Природа электричества. Основные понятия и законы электричества и магнетизма
4. Основные понятия и законы теории электрических цепей.
5. Основные понятия и законы электрических цепей: электрическая цепь и её схема, линейные и нелинейные элементы электрических цепей, Закон Ома, законы Кирхгофа, закон Джоуля-Ленца. Топологические элементы электрических схем. Задача анализа электрической цепи.
6. Общие свойства и методы анализа линейных электрических цепей постоянного тока.
7. Эквивалентные преобразования линейных электрических цепей.
8. Методы решения задачи анализа. Эквивалентные преобразования линейных электрических цепей. Применение уравнений Кирхгофа для расчёта разветвлённых цепей.
9. Основные методы расчета линейных цепей постоянного тока.
10. Метод контурных токов и узловых потенциалов. Свойства линейных электрических цепей.
11. Энергетические соотношения линейных электрических цепей. Баланс мощности.
12. Принцип наложения и принцип взаимности. Теорема об эквивалентном генераторе. Метод эквивалентного генератора.
13. Анализ и расчет цепей однофазного синусоидального тока
14. Способы представления синусоидального тока, параметры и его основные характеристики.
15. Синусоидальный ток и его основные характеристики. Активное сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи синусоидального тока.
16. Изображение синусоидальных величин комплексными числами.
17. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Фазовые соотношения между напряжением и током на R, L, C-элементах.

18. Методы расчёта разветвлённых цепей синусоидального тока.
19. Мощность в цепи однофазного синусоидального тока.
20. Последовательное и параллельное соединения R-L и R-C.
21. Треугольники сопротивлений и проводимостей. Эквивалентные параметры пассивных двухполюсников.
22. Изображение синусоидальных функций времени векторами и комплексными числами на комплексной плоскости.
23. Понятие комплексного числа. Алгебра комплексных чисел.
24. Графические методы анализа цепей синусоидального тока. Качественная векторная диаграмма. Топографическая векторная диаграмма напряжений и векторная диаграмма токов.
25. Фазовые соотношения между напряжением и током на элементах R, L, C.
26. Общие соотношения между напряжением и током. Определение сдвига фаз в последовательном колебательном контуре с резистором.
27. Применение символического метода расчета к анализу цепей синусоидального тока.
28. Электрическая цепь синусоидального тока и ее схема замещения. Пример расчета простейших электрических цепей при воздействии синусоидальных токов и напряжений.
29. Понятие комплексного сопротивления и комплексной проводимости. Расчет разветвленных цепей переменного тока.
30. Коэффициент мощности и способы его улучшения.
31. Передача мощности от активного двухполюсника в нагрузку в цепи синусоидального тока.
32. Особенности расчёта цепей с взаимной индуктивностью. Понятие об индуктивных связях.
33. Особенности расчёта цепей с взаимной индуктивностью.
34. «Развязка» индуктивных связей.
35. Понятие о трансформаторе. Уравнения, векторная диаграмма и эквивалентная схема замещения трансформатора.
36. Резонансные явления в электрических цепях однофазного переменного тока.
37. Частотные характеристики при резонансах токов и напряжений. Резонанс в сложной цепи.
38. Энергетические соотношения при резонансе. Влияние добротности на резонансные кривые.
39. Понятие о многофазных цепях. Трёхфазные цепи.
40. Соединение в звезду и в треугольник. Линейные и фазные напряжения и токи.
41. Особенности расчета симметричных и несимметричных трехфазных цепей. Несимметричные трехфазные цепи.
42. Мощность в симметричной трехфазной цепи. Круговое вращающееся магнитное поле.
43. Линейные цепи периодического несинусоидального тока.
44. Способы представления и описание. Теорема Дирихле о разложении периодической функции в ряд Фурье.

45. Применение метода наложения к расчету цепей несинусоидального тока. Спектральный анализ периодических несинусоидальных функций.

46. Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами.

47. Основные расчетные компоненты математического описания переходных процессов. Приведение задачи о переходном процессе к решению линейного дифференциального уравнения.

48. Особенности расчетов переходных процессов классическим методом.

49. Понятие постоянной времени. Получение постоянной времени графическим путем.

50. Понятие об операторном методе расчёта переходных процессов. Применение преобразования Лапласа и его свойств к расчету переходных процессов. Оригинал и изображение.

51. Понятие о четырёхполюсниках. Уравнения четырёхполюсников в различных формах записи. Параметры и схемы замещения пассивных четырёхполюсников.

52. Понятие о передаточных функциях и частотных характеристиках четырёхполюсников. Простейшие, дифференцирующие и интегрирующие цепи.

53. Понятие о цепях с распределёнными параметрами.

54. Линия без потерь. Режимы холостого хода, короткого замыкания, активной и реактивной нагрузки.

55. Переходные процессы в длинной линии при активной нагрузке. Общий метод нахождения отражённых волн.

56. Схема замещения для расчёта переходных процессов. Алгоритм расчёта.

57. Качественный анализ переходных процессов при реактивной нагрузке.

### Содержание разделов дисциплины «Электрические машины»:

1. Устройство и принцип действия асинхронных машин.
2. Режимы работы асинхронной машины.
3. Физические процессы в асинхронной машине с неподвижным ротором.
4. Физические процессы в асинхронной машине с вращающимся ротором.
5. Приведение э.д.с., токов и сопротивлений ротора к обмотке статора.
6. Схемы замещения асинхронных машин.
7. Уравнение электромагнитного момента асинхронной машины.
8. Анализ механических характеристик асинхронной машины.
9. Конструкция и принцип действия синхронных машин.
10. Реакция якоря в неявнополюсных синхронных генераторах.
11. Реакция якоря в явнополюсных синхронных генераторах (теория двух реакций).
12. Характеристики холостого хода и короткого замыкания синхронных генераторов.
13. Уравнения и векторная диаграмма ЭДС и напряжений неявнополюсных синхронных генераторов.

14. Уравнения и векторная диаграмма ЭДС и напряжений явнополюсных синхронных генераторов.
15. Устройство и принцип действия электрических машин постоянного тока.
16. Преобразования энергии в машинах постоянного тока. Принцип обратимости.
17. ЭДС обмотки якоря и электромагнитный момент машины постоянного тока.
18. Устройство обмоток якоря электрических машин постоянного тока.
19. Понятие о реакции якоря и её влиянии на работу машин постоянного тока.
20. Принцип действия генераторов постоянного тока самовозбуждением. Условия самовозбуждения.
21. Генераторы постоянного тока с независимым и смешанным возбуждением.
22. Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока с независимым возбуждением.
23. Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением.
24. Устройство и принцип действия трансформатора.
25. Элементы конструкции трансформатора.
26. Основные уравнения трансформатора.
27. Коэффициент трансформации.
28. Схемы замещения трансформатора.
29. Потери и КПД трансформатора при различных величинах и характерах нагрузки.
30. Схемы и группы соединения обмоток трансформатора.

Содержание разделов дисциплины «Программное обеспечение для профессиональной деятельности в энергетической отрасли»:

1. Модели Simulink. Определение модели, блок схема, блоки, их виды и соединения.
2. Данные, параметры и свойства модели Simulink. Рабочее пространство.
3. Системы и модели Simulink. Определения, компоненты системы и модели.
4. Интерактивное редактирование моделей Simulink. Создание, форматирование, навигация и поиск моделей Simulink.
5. Создание простой модели. Порядок действий от создания модели до запуска моделирования.
6. Назначения и функции пакета Simulink.
7. Библиотека Simulink содержащая источники сигналов. Примеры блоков и их назначения.
8. Библиотека Simulink содержащая регистрирующие виртуальные приборы. Примеры блоков и их назначения.
9. Библиотека Simulink содержащая блоки дифференцирования и интегрирования. Примеры блоков и их назначения.

10. Библиотека Simulink содержащая блоки вычисления элементарных функций. Примеры блоков и их назначения.
11. Режимы моделирования систем в пакете Simulink. При постоянном и переменном шаге моделирования.
12. Настройка осциллографа Scope- особенности, характеристики. Изменение на осциллограмме в Simulink максимального и минимального значений по оси Y.
13. Типы источников электроэнергии в библиотеке «Electrical Sources» дополнения пакета Simulink. Примеры блоков и их назначения.
14. Содержание библиотеки «Connectors» пакета Simulink. Примеры блоков и их назначения.
15. Содержание библиотеки «Measurement» пакета Simulink. Примеры блоков и их назначения.
16. Библиотека блоков Simulink. Измерительные блоки библиотеки Simulink. Примеры блоков и их назначения.
17. Библиотека блоков Simulink. Блоки преобразования сигналов и вспомогательные блоки. Примеры блоков и их назначения.
18. Библиотека блоков Simulink. Блоки функций и таблиц. Примеры блоков и их назначения.
19. Библиотека блоков Simulink. Команды построения графиков. Примеры блоков и их назначения.
20. Data inspector в Simulink. Примеры редактирования и добавления сигналов.

Содержание разделов дисциплины «Программирование и проектирование промышленных микроконтроллерных систем»:

1. Архитектура микроконтроллеров AVR.
2. Аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера AVR.
3. Работа с портами ввода/вывода.
4. Работа АЦП микроконтроллера в несимметричном режиме.
5. Работа АЦП микроконтроллера в дифференциальном режиме.
6. Измерение тока с помощью АЦП микроконтроллера при использовании шунтирующего резистора.
7. Управление ЖК-дисплеем LCD-1602. Работа с встроенным знакогенератором дисплея (ASCII).
8. Управление сегментным индикатором. Статический метод.
9. Условный оператор switch на примере программирования микроконтроллера AVR.
10. Работа с функцией printf() на примере программирования микроконтроллера AVR.
11. Интерфейс 1-wire.
12. Датчик температуры DS18B20.
13. Энергонезависимая EEPROM память микроконтроллера.
14. Управление модулем UART микроконтроллера.

15. Передача данных по UART между двумя микроконтроллерами.
16. SPI-интерфейс.
17. Соединение двух микроконтроллера по интерфейсу SPI.
18. I2C-интерфейс.
19. Каскадное подключение микросхем по SPI-интерфейсу.
20. Чтение данных из EEPROM памяти микроконтроллера.

Содержание разделов дисциплины «Промышленная электроника»:

1. Однофазная нулевая схема выпрямления ( $m = 2$ ). Схема, временные диаграммы токов и напряжений при  $Ld = \infty$ , вывод основных соотношений (напряжений, токов и мощностей). Преимущества и недостатки схемы. Область применения.

2. Однофазная мостовая схема выпрямления ( $m = 2$ ). Схема, временные диаграммы токов и напряжений при  $Ld = \infty$ , вывод основных соотношений (напряжений, токов и мощностей). Преимущества и недостатки схемы. Область применения.

3. Трехфазная нулевая схема выпрямления ( $m = 3$ ). Схема, временные диаграммы токов и напряжений при  $Ld = \infty$ , вывод основных соотношений (напряжений, токов и мощностей). Преимущества и недостатки схемы. Область применения.

4. Шестифазная нулевая схема выпрямления ( $m = 6$ ). Схема, временные диаграммы токов и напряжений при  $Ld = \infty$ , вывод основных соотношений (напряжений, токов и мощностей). Преимущества и недостатки схемы. Область применения.

5. Трехфазная мостовая схема выпрямления ( $m = 6$ ). Схема, временные диаграммы токов и напряжений при  $Ld = \infty$ , вывод основных соотношений (напряжений, токов и мощностей). Преимущества и недостатки схемы. Область применения.

6. Сглаживающие фильтры (емкостной, индуктивный, Г-образный). Временные диаграммы токов и напряжений на выходе однофазного мостового выпрямителя. Вывод выражений для коэффициента пульсаций и коэффициентов сглаживания фильтров. Преимущества и недостатки, область применения фильтров.

7. Регулировочные характеристики идеальных выпрямителей при активной и активно-индуктивной нагрузках в непрерывном и прерывистом режимах работы для  $m = 2, 3$  и  $6$ . Временные диаграммы токов и напряжений для управляемого выпрямителя по трехфазной нулевой схеме для активной и активно-индуктивной нагрузки.

8. Угол коммутации, схема замещения цепи коммутации. Вывод формул для угла коммутации, среднего значения коммутационного падения напряжения. Внешняя характеристика выпрямителя.

9. Работа управляемого выпрямителя по трехфазной нулевой схеме на против-ЭДС. Построение временных диаграмм токов и напряжений на нагрузке для различных режимов работы (прерывистый, граничный, непрерывный). Регулировочные и внешние характеристики. Граничный ток.

10. Энергетические показатели выпрямителей: КПД; коэффициент пульсаций; спектральные характеристики входного тока для однофазного и трехфазного мостового выпрямителей.

11. Ведомый инвертор. Изменение направления потока мощности в системе аккумулятор – машина постоянного тока. Переход от выпрямительного к инверторному режиму на примере трехфазной нулевой схемы выпрямления. Регулировочные и внешние характеристики ведомого инвертора. Ограничительная характеристика. Опрокидывание инвертора.

12. Схемы реверсивных преобразователей (перекрестная и встречно-параллельная). Способы управления, их преимущества и недостатки. Внешние характеристики при совместном и раздельном управлении. Понятие уравнивающего тока. Ограничение минимального и максимального углов управления при раздельном управлении, регулировочная характеристика.

13. Многоканальная синхронная СИФУ и временные диаграммы ее работы на примере трехфазной мостовой схемы выпрямления.

14. Регулировочные характеристики СИФУ и выпрямителя вместе с системой управления при различных формах опорного напряжения. Вертикальный и горизонтальный принципы управления, временные диаграммы сигналов управления, вывод формул для построения регулировочных характеристик.

15. Система управления реверсивного преобразователя при раздельном управлении комплектов вентиляей.

16. Схема совместно с системой управления и временные диаграммы токов и напряжений однофазного мостового и полумостового АИН. Спектральный анализ выходного напряжения, коэффициент высших гармоник. Преимущества и недостатки АИН.

17. Схема совместно с системой управления и временные диаграммы токов и напряжений однофазного мостового АИН с одноимпульсной ШИР. Регулировочная характеристика и спектральный анализ выходного напряжения, коэффициент высших гармоник. Преимущества и недостатки АИН.

18. Схема совместно с системой управления и временные диаграммы токов и напряжений однофазного мостового АИН с двухполярной ШИМ. Регулировочная характеристика и спектральный анализ выходного напряжения. Преимущества и недостатки АИН.

19. Схема совместно с системой управления и временные диаграммы токов и напряжений однофазного мостового АИН с однополярной ШИМ. Таблица состояния ключей. Регулировочная характеристика и спектральный анализ

выходного напряжения. Преимущества и недостатки АИН.

20. Схема и временные диаграммы токов и напряжений трехфазного мостового АИН. Схема замещения инвертора. Таблица состояния ключей. Спектральный анализ выходного напряжения. Основные соотношения для выходного напряжения, тока на входе и на нагрузке. Преимущества и недостатки АИН.

21. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИН. Теория пространственного вектора. Формирование пространственных векторов для одного из состояний инвертора. Базовые ненулевые и нулевые вектора. Диаграммы коммутации ключей для любого сектора. Основные соотношения для выходного напряжения. Регулировочная характеристика АИН. Преимущества и недостатки АИН.

22. Аналоговая ШИМ в трехфазном мостовом АИН. Силовая и функциональная схема системы управления трехфазного АИН с аналоговой ШИМ. Временные диаграммы сигналов управления и выходных фазных (линейных) напряжений. Основные соотношения для выходного напряжения. Регулировочная характеристика АИН. Преимущества и недостатки АИН.

23. Схема и временные диаграммы токов и напряжений однофазного инвертора тока на полностью управляемых ключах. Схема замещения АИТ по первой гармонике и векторная диаграмма напряжений и токов. Вывод выражения для внешней характеристики АИТ. Преимущества и недостатки АИТ.

24. Схема и временные диаграммы токов и напряжений трехфазного инвертора тока на полностью управляемых ключах. Спектральный состав выходного тока. Преимущества и недостатки АИТ.

25. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИТ. Теория пространственного вектора. Формирование пространственных векторов для одного из состояний инвертора. Базовые ненулевые и нулевые вектора. Диаграммы коммутации ключей для любого сектора. Основные соотношения для выходного тока. Регулировочная характеристика АИТ. Преимущества и недостатки АИТ.

26. Схема и временные диаграммы токов и напряжений ДПЧ на основе управляемого выпрямителя и автономного инвертора напряжения. Преимущества и недостатки, область применения ДПЧ.

27. Схема и временные диаграммы токов и напряжений ДПЧ на основе неуправляемого выпрямителя и автономного инвертора напряжения с ШИМ. Преимущества и недостатки, область применения ДПЧ.

28. Схема и временные диаграммы токов и напряжений ДПЧ на основе активного выпрямителя напряжения и АИН с ШИМ. Преимущества и недостатки, область применения ДПЧ.

29. Схема и временные диаграммы выходного напряжения и тока при прямоугольном управлении для однофазного НПЧ с естественной коммутацией, выполненного по трехфазной нулевой схеме выпрямления. Основные

соотношения для выходного напряжения в идеальном НПЧ. Преимущества и недостатки, область применения НПЧ.

30. Схема и временные диаграммы токов и напряжений ДПЧ на основе управляемого выпрямителя и автономного инвертора тока с ШИМ на запираемых тиристорах. Преимущества и недостатки, область применения ДПЧ.

Содержание разделов дисциплины «Регулируемый электропривод»:

1. Определение ЭП, его классификация.
2. Основы механики ЭП.
3. Двигатель постоянного тока (основные уравнения). Принцип работы двигателя постоянного тока.
4. Структурные схемы двигателя постоянного тока. Статические характеристики двигателя постоянного тока (естест. характеристика).
5. Искусственная характеристика двигателя постоянного тока (изменение напряжения, сопротивления и потока).
6. Тормозные режимы двигателя постоянного тока.
7. Простейшие замкнутые системы.
8. ЭП постоянного с обратной связью по скорости.
9. Статические характеристики ЭП постоянного с обратной связью по скорости.
10. Энергетические режимы в замкнутой системе с обратной связью по скорости.
11. ЭП постоянного с обратной связью по току якоря.
12. Статические характеристики ЭП постоянного с обратной связью току якоря.
13. Энергетические режимы в замкнутой системе с обратной связью по току якоря.
14. Переходные процессы в простейших системах ЭП (прямой пуск двигателя).
15. Реостатный пуск двигателя постоянного тока.
16. Пуск в системе “генератор-двигатель”.
17. Переходные процессы, вызванные приложением момента статической нагрузки.
18. Принцип работы АД. Векторная диаграмма АД. Т-образная схема замещения АД. Моментный треугольник АД.
19. Регулирование скорости изменением частоты напряжения на статоре. Реостатное регулирования скорости АД.
20. Тормозные режимы асинхронного электропривода.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ  
ИСПЫТАНИЮ НАПРАВЛЕНИЯ 13.04.02 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» ПО МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ ОБУЧЕНИЯ  
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

Основная литература:

1. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 1: учебник для вузов / И. П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 267 с.
2. Копылов, И. П. Электрические машины в 2 т. Том 2: учебник для вузов / И. П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 407 с.
3. Игнатович, В. М. Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие для вузов / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз. – 6-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 181 с.
4. Беспалов, В. Я. Электрические машины Учеб. пособие для вузов по направлению 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. - М.: Академия, 2006. – 312, [1].
5. Кацман, М. М. Электрические машины Учеб. для сред. проф. образования по специальности "Электротехника". - 3-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2001. - 462, [1].
6. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи Учеб. - 10-е изд. - М.: Гардарики, 2000. – 637,[1] с. ил.
7. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Текст] учебное пособие Г. И. Атабеков. - 7-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2009. – 591, [1] с. ил.
8. Кетков Ю. Л., Кетков А. Ю., Шульц М. М. К37 MATLAB 7: программирование, численные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 752 с : ил.
9. Дьяконов В. П. MATLAB 7.\*/R2006/R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 768 с.: ил.
10. Терехин В.В. Моделирование в системе MATLAB: Учебное пособие / Кемеровский государственный университет. – Новокузнецк: Кузбассвузиздат, 2004. -376с.
11. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя.-М: Издательский дом "Додэка-XXI", 2007. – 592с.
12. Белов А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств. - Спб.: Наука и техника, 2016.-544с.
13. Прокопенко В.С. Программирование микроконтроллеров Atmel на языке С М: МК-Пресс, 2012. –320с.
14. Рюмик, С. М. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 2 / С. М. Рюмик. – М.: Додэка-XXI, 2011. – 400 с.: ил. – (Серия «Программируемые системы»).

15. Слесарев, А. И. Аспекты проектирования электронных схем на основе микроконтроллеров: учебное пособие / А. И. Слесарев, Е. В. Моисейкин, Ю. Г. Устьянцев. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. –136 с.

16. Ильинский, Н.Ф. Основы электропривода: Учеб. пособие для вузов. / Н.Ф. Ильинский. – 2-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 224 с.

17. Усынин, Ю.С. Системы управления электроприводов: учеб. пособие для вузов / Ю.С. Усынин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 328 с.

18. Ю.К. Рязанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. Силовая электроника. Учебник для ВУЗОВ. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.- 631с.

#### Дополнительная литература:

1. Вольдек, А. И. Электрические машины Учеб. для студентов электротехн. специальностей вузов А. И. Вольдек. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1974. - 840 с.

2. Основы теории цепей [Текст] учеб. для электротехн. и электроэнергет. специальностей вузов Г. В. Зевеке и др. - 5-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с. ил.

3. Нейман, Л. Р. Теоретические основы электротехники Т. 1. Ч. 1. Основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. Ч. 2. Теория линейных электрических цепей Учебник для электротехн. и электроэнергет. спец. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. - 533 с. ил.

4. Коткин Г. Л., Черкасский В. С. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2001. 173 с.

5. Лазарев Юрий Федорович Начала программирования в среде MatLAB: Учебное пособие. - К.: НТУУ "КПИ", 2003. - 424 с

6. Смирнов, В. И. Проектирование и схемотехническое моделирование микропроцессорных устройств : учебное пособие/ В. И. Смирнов. – Ульяновск : УлГТУ, 2013 – 119 с.

7. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. /Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. - 272 с.: ил.

8. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / А.С. Анучин. – М.: Издат. дом МЭИ, 2015. – 373 с.