



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

03.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Направление подготовки (специальность)
11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль/специализация) программы
Интернет вещей в промышленной электронике

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

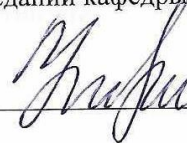
Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроники и микроэлектроники
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 927)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники
19.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой




Д.Ю. Усатый

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
профессор кафедры ЭиМЭ, д.т.н., доцент М.Ю.  Петушков

Рецензент:

директор сервисного центра ООО "Техноап-Инжиниринг", к.т.н.



Суспицын Е.С.

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Силовая электроника входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Силовая электроника» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен проводить работы по наладке, настройке, регулировке и испытанию электронных средств и оборудования
ПК-4.1	Разрабатывает мероприятия по улучшению качества обслуживания электронных средств и электронных систем различного назначения.
ПК-4.2	Изучает режимы работы и условия эксплуатации электронного оборудования
ПК-4.3	Контролирует параметры надежности работы электронного оборудования, проводит тестовые проверки
ПК-5	Способен тестировать, обслуживать и обеспечивать бесперебойную работу электронных средств и электронных систем различного назначения
ПК-5.1	Осуществляет организацию и проведение профилактического и текущего ремонта электронного оборудования
ПК-5.2	Решает вопросы контроля полноты и качества проведения ремонтных работ
ПК-6	Способен организовать профилактическую работу электронного оборудования
ПК-6.1	Разрабатывает мероприятия по планированию порядка и последовательности проведения профилактических работ на электронном оборудовании
ПК-6.2	Контролирует полноту и качество проведения профилактических работ на электронном оборудовании

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55,9 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 52,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
Итого по дисциплине						зачет с оценкой		

5 Образовательные технологии

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

б) Дополнительная литература:

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине

«Силовая электроника»

Вопросы по курсу:

1. Приведите структурные мощных преобразовательных установок.
2. Устройства защиты от перенапряжений в ТП.
3. Групповое соединение преобразователей. Объясните назначение.
4. Нормативы в электропитании устройств.
5. Приведите перекрестную силовую схему реверсивного преобразователя.
6. Приведите схему одного из устройств контроля проводящего состояния вентилях
7. Приведите противополопараллельную силовую схему реверсивного преобразователя с отдельным управлением.
8. Датчики диагностической информации. Требования и условия к ним.
9. Приведите Н-схему реверсивного преобразователя с отдельным управлением.
10. Датчики диагностической информации. Их признаки.
11. Способы ограничения уравнительных токов в реверсивном преобразователе.
12. Структура средств диагностирования преобразовательных установок.
13. Классификация датчиков аварийного состояния моста.

14. Приведите временные диаграммы поясняющие принцип вертикального управления при косинусоидальном изменяющимся опорном напряжении.
15. Приведите схему двухпозиционного ЛПУ.
16. Приведите временные диаграммы поясняющие принцип вертикального управления при линейно изменяющимся опорном напряжении.
17. Приведите схему ЛПУ автоколебательного типа.
18. Приведите временные диаграммы поясняющие принцип горизонтального управления.
19. Бестоковая пауза при переключении групп.
20. Приведите временную диаграмму линейного напряжения на выходе НПЧ при $\alpha = \text{const}$.
21. Согласование характеристик выпрямительных групп.
22. Достоинства и недостатки НПЧ.
23. Приведите статический коэффициент усиления ТП по напряжению для
- синусоидального опорного напряжения
- для линейного опорного напряжения.
24. Регулирование частоты в НПЧ. Верхний диапазон частоты.
25. Свойства ТП как элемента системы регулирования.
26. Особенности нулевой схемы трехфазного НПЧ.
27. Назначение синхронизации преобразователя с сетью.
28. Приведите структурную схему силового высоковольтного ПЧ серии АТОЗ.
29. Определить динамическую погрешность синхронизации для трехфазной мостовой схемы выпрямления.
30. Принципы построения НПЧ-АД
31. Приведите характеристики ТП при углах управления $\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 120^\circ$.
32. Учет падения напряжения на вентилях при построении внешней характеристики
33. Обоснуйте длительность управляющих импульсов ТП.
34. Приведите временную диаграмму уравнивающего тока в ТП при совместном управлении.
35. К чему приводит асимметрия управляющих импульсов в ТП.
36. Приведите временную диаграмму уравнивающего напряжения в ТП при совместном управлении.
37. Что представляет собой непрерывный и прерывающийся ток нагрузки в преобразователе типа А.
38. Разъясните преимущества и недостатки инвертора тока перед инвертором напряжения.
39. Какие помехи в цепи источника питания могут нарушить работоспособность чувствительного оборудования.
40. Для чего используется широтно-импульсный модулятор в инверторе.

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине

«Силовая электроника»

Задание для выполнения контрольной работы по курсу «Силовая электроника»

1. Исследование трехфазных инверторов тока

В работе предлагается исследовать трехфазные инверторы тока согласно варианта таблицы 3.1.

Исходными данными являются напряжение питания инвертора $U_d=220$ В, выходная частота инвертора $f=N*100/2$, где N – последняя цифра года поступления.

В пакете Electronic Work Bench любой из версий собрать согласно заданного варианта силовую часть инвертора. В качестве сигнала управления вентилями можно применить блок управления рис.3.1. Для каждого из вентилях необходим индивидуальный блок управления отличающийся фазовым сдвигом в источнике питания и частотой управления вентилями.

Таблица 3.1.

Исходные данные работы

тип инвертора	параллельный	последовательный	последовательно-параллельный	выходной ток $I_{н(1)}$, А
номер варианта	1	2	3	10
	4	5	6	50
	7	8	9	60
	10	11	12	70
	13	14	15	80
	16	17	18	100
	19	20	21	120
	22	23	24	150

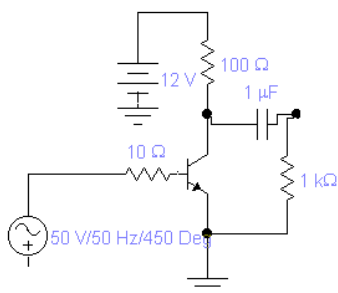


Рис. 3.1. Блок управления вентилями

1. Определить порядок работы вентилях, записать его.
2. Построить входную характеристику инвертора при $\cos \varphi=0,6; 0,8; 1,0$. Сравнить теоретические расчеты с данными полученными на модели. Результаты занести в таблицу отчета (например в таблицу 3.2.)

Таблица 3.2.

Таблица отчета

№	1	2	3	4	5	6	7	8
модель								
расчет								

3. Построить выходную характеристику инвертора при $\cos \varphi=0,6; 0,8; 1,0$. Сравнить теоретические расчеты с данными полученными на модели. Результаты занести в таблицу отчета.
4. Определить диапазон изменения величины нагрузки по п.2 и п.3.
5. При имитационном моделировании зарисовать осциллограммы напряжения: на входном дросселе L_d , на вентиле VS_1 , на нагрузке и ток нагрузки.

Контрольные вопросы

6. Каковы основные особенности автономных инверторов тока (АИТ), автономных инверторов напряжения (АИН) и резонансных инверторов?

7. Каковы способы запираания вентиляей?
8. Поясните на рисунке временные диаграммы токов и напряжений однофазного и трехфазного АИТ.
9. Объясните ход входных и выходных характеристик АИТ.
10. Сравните выходные характеристики параллельного, последовательного и последовательно-параллельного АИТ и объясните их различие.
11. Определите среднее значение входного тока, тока вентилях, напряжения на входе мостового АИТ и емкость коммутирующего конденсатора однофазного мостового АИТ ($U_n=380$ В, $I_n=10$ А, $f=50$ Гц, $\cos\varphi=0,5$).
12. Каковы способы регулирования выходного напряжения АИТ.
13. Объясните принцип работы АИТ с обратным выпрямителем и индуктивно-тиристорным преобразователем.

2. Исследование резонансных инверторов

В работе предлагается исследовать однофазные резонансные инверторы согласно варианта таблицы 5.1.

Исходными данными являются напряжение питания инвертора $U_d=120$ В, выходная частота инвертора $f=N*100/2$, где N – последняя цифра года поступления.

В пакете Electronic Work Bench любой из версий собрать согласно заданного варианта силовую часть инвертора. В качестве сигнала управлениями вентилями можно применить блок управления рис.3.1. Для каждого из вентиляей необходим индивидуальный блок управления отличающийся фазовым сдвигом в источнике питания и частотой управления вентилями.

Таблица 5.1.

Исходные данные работы

тип резонансного инвертора	Последовательный с открытым входом	Последовательно-параллельный с открытым входом	С закрытым входом	С закрытым входом и обратными диодами	выходной ток $I_{н(1)}$, А
номер варианта	1	2	3	4	10
	5	6	7	8	50
	9	10	11	12	80
	13	14	15	16	100
	17	18	19	20	120

1. Определить порядок работы вентиляей, записать его.

2. Построить входную характеристику инвертора при $\cos \varphi=0,6; 0,8; 1,0$. Сравнить теоретические расчеты с данными полученными на модели. Результаты занести в таблицу отчета (на пример в таблицу 5.2.)

Таблица 5.2.

Таблица отчета

№	1	2	3	4	5	6	7	8
модель								
расчет								

3. Построить выходную характеристику инвертора при $\cos \varphi=0,6; 0,8; 1,0$. Сравнить теоретические расчеты с данными полученными на модели. Результаты занести в таблицу отчета.

4. Определить диапазон изменения величины нагрузки по п.2 и п.3.

5. При имитационном моделировании зарисовать осциллограммы напряжения: на вентиле VS_1 , на нагрузке и ток нагрузки.

Контрольные вопросы

1. В каких режимах работает последовательный одноктактный инвертор с открытым входом без обратных диодов?
2. Поясните принцип работы резонансного инвертора с закрытым входом без обратных диодов. Какие недостатки имеет инвертор и как их устранить?
3. Каковы особенности резонансных инверторов с обратными диодами?
4. В каких случаях применяют многоячейковые резонансные инверторы?
5. Поясните временные диаграммы токов и напряжений однофазного мостового АИН на полностью управляемых вентилях.
6. Определите напряжение на нагрузке, максимальное значение тока управляемых вентилях, среднее значение тока источника питания, емкость конденсатора на входе мостового АИН ($U_n=24$ В, $r_n=6$ Ом, $f=400$ Гц, $L_n=3$ мГн).
7. Приведите алгоритмы получения одно- и двуполярных кривых выходного напряжения в однофазном АИН.
8. Какие вы знаете виды широтно-импульсной модуляции выходного напряжения АИН?
9. Какие вы знаете способы улучшения качества выходного напряжения АИН?
10. Приведите временные диаграммы токов и напряжений трехфазного мостового инвертора на полностью управляемых вентилях при угле проводимости тиристоров 180° и 120° . Как они зависят от коэффициента мощности нагрузки?
11. Определите напряжение на нагрузке, максимальное значение тока управляемых вентилях, среднее значение тока источника питания, емкость конденсатора на входе трехфазного мостового АИН при соединении нагрузки звездой и треугольником ($U_n=40$ В, $r_n=8$ Ом, $f=400$ Гц, $L_n=4$ мГн).
12. Определите действующее значение фазного и линейного напряжений на нагрузке, действующее значение напряжения первой гармоники трехфазного мостового АИН при работе на активно-индуктивную нагрузку и $\lambda = 120^\circ$, $U_d=40$ В $\tau = \frac{\pi}{4}$.
13. Приведите алгоритм работы тиристоров и форму выходного напряжения трехфазного мостового инвертора при широтно-импульсном регулировании выходного напряжения с помощью тиристоров инвертора ($\lambda_B = 90^\circ$ $\lambda_D = 60^\circ$).
14. Приведите алгоритм работы тиристоров в трехфазном мостовом инверторе, при котором обеспечивается независимость кривой формы напряжения от параметров нагрузки (широтно-импульсное регулирование).
15. Объясните принцип работы схем АИН на тиристорах с межвентильной, пофазной, индивидуальной, групповой, общей и межфазной коммутацией.
16. Объясните накопление энергии в коммутирующем контуре. Каковы способы устранения этого явления?