

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета РЭФ

«\_\_\_»\_\_\_\_\_200\_\_ г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники».

Для магистрантов, обучающихся по направлению - 550700 – Электроника и микроэлектроника), программа 550718 – Промышленная электроника и микропроцессорная техника.

**Факультет** Радиотехники, электроники и физики (РЭФ)

**Кафедра** Промышленной электроники

**Курс** 5 **Семестр** 9

|                                           |     |      |
|-------------------------------------------|-----|------|
| <b>Лекции</b>                             | 34  | час. |
| <b>Практические (семинарские) занятия</b> | 16  | час. |
| <b>Лабораторные занятия</b>               |     | час. |
| <b>Контр. работы</b>                      |     | час. |
| <b>Курсовые работы</b>                    |     | сем. |
| <b>Курсовые проекты</b>                   |     | час. |
| <b>РГР</b>                                | 12  | час. |
| <b>Всего часов</b>                        | 165 |      |

**Экзамен** \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_  
семестры

**Зачет** \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_  
семестры

**Самостоятельная работа** 103 час.

2001 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, направление 550700 – Электроника и микроэлектроника, программа 550718 – Промышленная электроника и микропроцессорная техника.

Степень – магистр техники и технологии.

Стандарт и направление утверждены приказом Министра образования РФ № 686 от 02.03.2000 г.

Индекс СД -

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«\_\_\_»\_\_\_\_\_ 200    г.

Программу составил:

проф., д.т.н. Зиновьев Г.С.

Эксперт НМЦ

доц., к.т.н. Лявданский С.Е.

Заведующий кафедрой

д.т.н., проф. Харитонов С.А.

**1. Требования государственного образовательного стандарта (ГОС)  
по направлению 550700 «Электроника и микроэлектроника»,  
программа 550718 – «Промышленная электроника и микропроцессорная техника»**

Степень – магистр техники и технологии

- Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки бакалавра по данному направлению определены в Государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования подготовки бакалавра по направлению 550700 «Электроника и микроэлектроника».

**1.1. Обобщенные задачи профессиональной деятельности.**

Магистр по направлению подготовки «Электроника и микроэлектроника» должен быть подготовлен к решению следующих типовых задач:

- анализ состояния научно-технической проблемы, формулирование технического задания, постановка цели и задач исследования объекта на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;
- анализ, систематизация и обобщение научно-технической информации по теме исследований;
- библиографический поиск с использованием современных информационных технологий;
- выбор оптимального метода и программы исследований, модификация существующих и разработка новых методик, исходя из задач конкретного исследования;
- измерение или экспериментальное исследование объектов электроники с целью их модернизации или создания новых устройств и систем;
- математическое моделирование разрабатываемых устройств и систем с целью оптимизации их параметров;
- использование типовых и разработка новых программных продуктов, ориентированных на решение научных, проектных и технологических задач электроники;
- организация модельных и натурных экспериментов по оптимизации структуры и конструкции исследуемых систем и устройств, оценка их качества и надежности на стадиях проектирования и эксплуатации;
- анализ научной и практической значимости проводимых исследований, а также оценка технико-экономической эффективности разработки;
- подготовка результатов исследований для опубликования в научной печати, а также составление обзоров, отчетов и докладов.

**1.2. Квалификационные требования.**

Для решения профессиональных задач магистр:

- формулирует и решает задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний;
- осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований;
- изучает специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в своей профессиональной сфере;
- выбирает необходимые методы исследования, модифицирует существующие и разрабатывает новые методы, исходя из задач конкретного исследования;
- проводит экспериментальные исследования объектов электроники с целью их модернизации или создания новых систем и устройств;
- разрабатывает физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту;
- участвует в проектировании, конструировании и модернизации объектов электронной техники;
- составляет описания проводимых исследований, обрабатывает и анализирует полученные результаты, представляет итоги проделанной работы в виде отчетов, обзоров, докладов, рефератов и статей;
- принимает участие в составлении патентных и лицензионных паспортов заявок на изобретения;
- участвует во внедрении разработанных технических решений и проектов, в оказании технической помощи в осуществлении авторского надзора при изготовлении, испытаниях и сдаче в эксплуатацию проектируемых изделий и объектов электронной техники;
- подготавливает рецензии, отзывы и заключения на научно-технические разработки и техническую документацию.

Магистр должен знать:

- постановления, распоряжения, приказы, методические и нормативные материалы по своей профессиональной деятельности;
- специальную научно-техническую и патентную литературу по тематике исследований и разработок;
- информационные технологии в научных исследованиях и программные продукты, относящиеся к профессиональной сфере;
- методы исследования и проведение экспериментальных работ;
- методы анализа и обработки экспериментальных данных;
- физические и математические модели основных процессов и явлений, относящиеся к исследуемым объектам;
- современные средства вычислительной техники, коммуникации и связи;
- технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области электронного материаловедения, элементной базы электронной техники и электронного приборостроения;

- порядок и методы проведения патентных исследований;
- методики оценки технико-экономической эффективности научных и технических разработок;
- основы экономики, организации труда и управления коллективом;
- основы трудового законодательства;
- действующие стандарты и технические условия, положения и инструкции по эксплуатации исследовательского оборудования, программам испытаний, оформлению технической документации;
- формы организации образовательной и научной деятельности в высших учебных заведениях.

1.3. Требования, обусловленные специализированной подготовкой магистра, включают:

владение

- навыками самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности;
- методами исследования, проектирования и конструирования объектов электронной техники;
- методами и средствами компьютерного моделирования физических процессов и явлений в приборах и устройствах электроники;
- информационными и телекоммуникационными технологиями в образовании и науке;

умение

- формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний;
- выбирать необходимые методы исследования, расчета и конструирования объектов электроники, исходя из конкретных задач;
- обобщать и отрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом литературных данных;
- вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;
- представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, обзоров, докладов, рефератов и статей, оформленных в соответствии с общепринятыми нормами, с привлечением современных средств редактирования и печати;
- использовать математический аппарат и численные методы, физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия приборов и устройств электроники и микроэлектроники;
- ориентироваться в современной элементной базе электронной техники и типовых технологических процессах;
- применять типовые программные продукты, ориентированные на решение научных, проектных и технологических задач электроники;
- использовать новые физические явления для создания устройств и систем электроники и микроэлектроники.

## **2. Особенности построения дисциплины.**

Дисциплина «Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники» базируется на следующих принципах:

- Курс входит в число дисциплин, включенных в учебный план по решению Ученого Совета факультета.
- Основной целью курса является рассмотрение устройства силовой электроники как системы, входящей в подсистему, образованную питающей сетью, нагрузкой, окружающей средой («эфиром») и взаимодействующую с этой подсистемой как кондуктивно, так и индуктивно.
- Ядро дисциплины составляют авторские прямые методы расчета показателей качества преобразуемой и преобразованной электрической энергии.
- В курсе выделены три составных части (блока): показатели качества электроэнергии и их нормы, методы расчета показателей, устройства улучшения электромагнитной совместимости вентильных преобразователей с сетью.
- Курс основывается на знании студентами курсов ТОЭ, основ силовой электроники, электрических машин, теории автоматического управления.
- Курс сопровождается практическими занятиями, основным назначением которых является решение задач по электромагнитной совместимости (ЭМС) и подготовка к выполнению РГР.
- Второй составляющей практической работы студентов является выполнение РГР, посвященной расчету ЭМС конкретного устройства силовой электроники.
- Оценка знаний и умений студентов осуществляется путем:
  - опросом и решением у доски студентами задач на практических занятиях;
  - дифференцированного зачета по результатам выполнения РГР;
  - итогового экзамена по билетам, включающим два теоретических вопроса и задачу.

### 3. Цели и задачи курса.

| № цели                              | Содержание цели                                                                                                                                    |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Студент должен иметь представление: |                                                                                                                                                    |
| 1.                                  | О проблеме электромагнитной совместимости (ЭМС) в технике в целом как части экологической проблемы                                                 |
| 2.                                  | О специфике и содержании проблемы ЭМС для силовой электроники                                                                                      |
| 3.                                  | Об организациях мира, занимающихся проблемами ЭМС в электротехнике и их нормативных документах                                                     |
| 4.                                  | О существующих программных продуктах по моделированию задач ЭМС                                                                                    |
| Студент должен знать:               |                                                                                                                                                    |
| 5.                                  | Предмет и задачи курса (стандарты и нормы ЭМС, методы расчета показателей ЭМС, способы и устройства для улучшения ЭМС вентильных преобразователей) |
| 6.                                  | ГОСТ Р 13109-97 по качеству электрической энергии                                                                                                  |
| 7.                                  | Требования комплекта ГОСТов по помехоустойчивости и помехоэмиссии технических систем с устройствами силовой электроники                            |
| 8.                                  | Возможный ущерб в устройствах силовой электроники от некачественности электрической энергии. Нормы ЭМС                                             |
| 9.                                  | Случаи получения точных решений методом АДУ1                                                                                                       |
| 10.                                 | Метод АДУ для модели цепи в форме пространства состояний                                                                                           |
| 11.                                 | Прямые методы расчета для несимметричных многофазных цепей                                                                                         |
| 12.                                 | Метод определения парциальной доли искажений напряжения сети от вентильного преобразователя                                                        |
| 13.                                 | Определение и физический смысл реактивной мощности при синусоидальных токах                                                                        |
| 14.                                 | Определение реактивных мощностей при несинусоидальных токах                                                                                        |
| 15.                                 | Схемы вентильных компенсаторов реактивной мощности                                                                                                 |
| 16.                                 | Схемы активных фильтров                                                                                                                            |
| 17.                                 | Схемы пассивных фильтров на входе вентильных преобразователей                                                                                      |
| 18.                                 | Схемы кондиционеров напряжения сети                                                                                                                |
| 19.                                 | Схемы вентильных преобразователей с заданной электромагнитной совместимостью с питающей сетью                                                      |
| 20.                                 | Причины эмиссии электромагнитных помех устройствами силовой электроники                                                                            |
| 21.                                 | Помехоустойчивость устройств силовой электроники к различным видам электромагнитной помехи                                                         |
| 22.                                 | Методы измерения уровней электромагнитной совместимости                                                                                            |
| Студент должен уметь:               |                                                                                                                                                    |
| 23.                                 | Рассчитывать симметричные составляющие по фазным составляющим                                                                                      |
| 24.                                 | Составлять дифференциальные уравнения в форме пространства состояний                                                                               |
| 25.                                 | Вычислять интегральные коэффициенты гармоник типовых несинусоидальных функций                                                                      |
| 26.                                 | Выбирать тип компенсатора реактивной мощности в зависимости от задачи ее компенсации                                                               |
| 27.                                 | Выбирать тип источника бесперебойного питания в зависимости от типа потребителя                                                                    |
| 28.                                 | Определять предельную мощность вентильного преобразователя по условию искажения напряжения                                                         |

#### 4. Структура курса.

Как и при построении курса «Основы силовой электроники» ч.1, где был рассмотрен и применен системный подход для исследования устройств силовой электроники (УСЭ), здесь также используется системная структуризация курса, посвященного изучению процессов – процессов электромагнитной совместимости устройств силовой электроники с окружающими техническими системами электротехнического, электронного, радиотехнического назначения.

На этой основе структура программы курса образована тремя разделами:

А. Проблема электромагнитной совместимости.

Стандарты, показатели и нормы электромагнитной совместимости по качеству электрической энергии, помехоустойчивости и помехоэмиссии устройств силовой электроники.

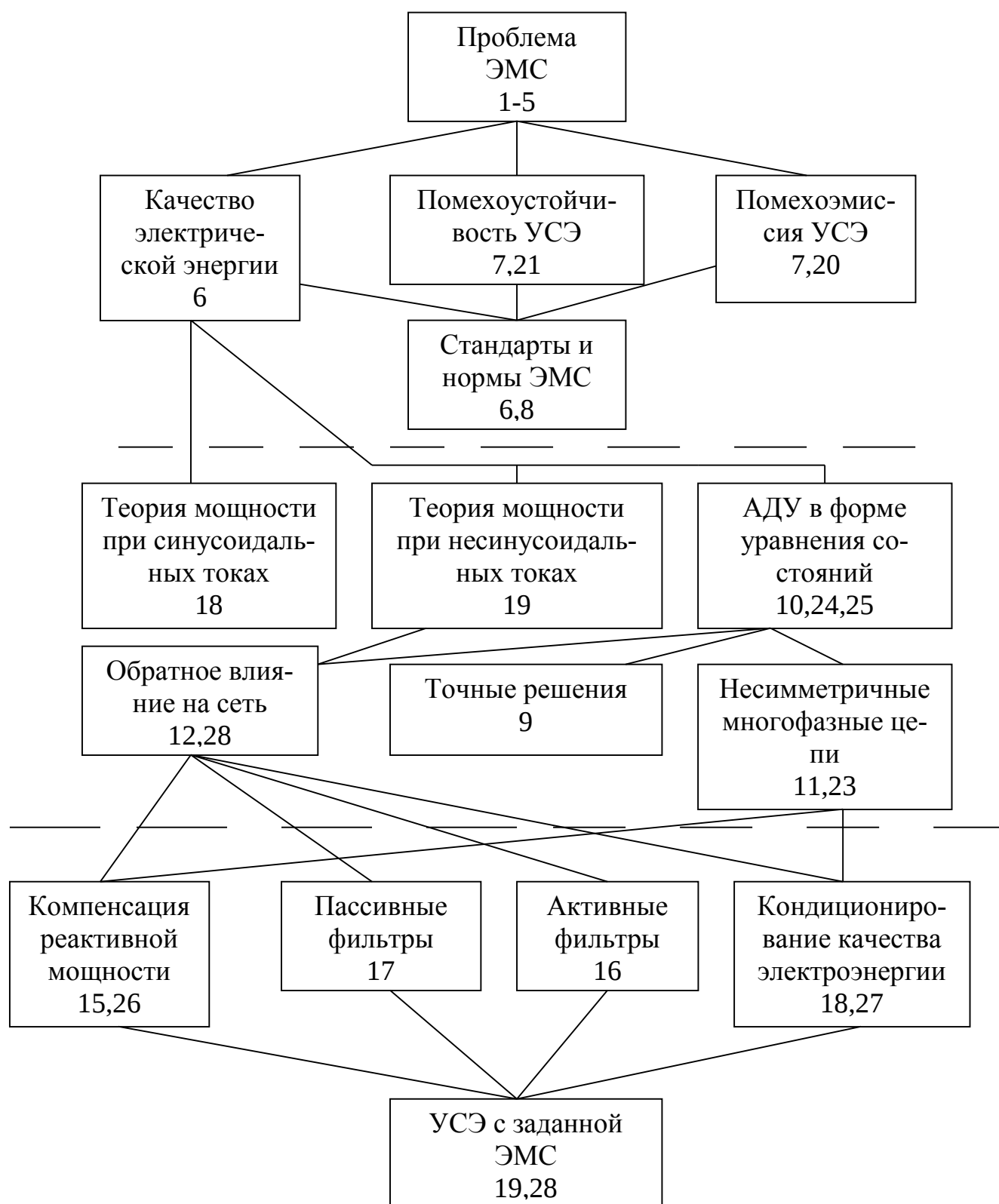
Б. Методы расчета показателей электромагнитной совместимости и их развитие.

Методы измерения степени электромагнитной совместимости. Развиваются прямые методы расчета применительно к моделям устройств силовой электроники в форме дифференциальных уравнений пространства состояний. Здесь же строятся математические модели для определения возможного ущерба от некачественности электрической энергии. Концепции теории мощности несинусоидальных энергопроцессов.

В. Устройства силовой электроники для компенсации неактивных составляющих полной мощности и кондиционирования качества электрической энергии. Преобразователи активной мощности с функциями компенсации неактивных мощностей.

Все вышеизложенное для наглядности поясняется структурной схемой рабочей программы с указанием в блоках номеров достигаемых целей.

## Структурная схема дисциплины



### 5. Содержание курса.

Лекции – 34 часа, практические занятия – 16 часов, РГР – 12 часов, индивидуальная работа – 18 часов.

| Раздел программы | Ссылки на цели курса | Часы | Темы лекционных занятий                                                                                                                        |
|------------------|----------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| А                | 1-4,5                | 2    | Проблема ЭМС в технике и в силовой электронике. Нормативные органы и нормативные документы.                                                    |
|                  | 6,7                  | 6    | Качество электроэнергии. Помехоустойчивость и помехоэмиссия устройств силовой электроники (УСЭ). Стандарты и нормы российские и международные. |
| Б                | 18,19                | 2    | Теория мощности при синусоидальных и несинусоидальных формах токов в цепи.                                                                     |
|                  | 9,10,11, 23-25       | 10   | Метод АДУ в форме уравнений пространства состояний. Точные решения. Метод для несимметричных многофазных цепей.                                |
|                  | 12,28                | 2    | Обратное влияние УСЭ на питающую сеть.                                                                                                         |
| В                | 15-17, 26            | 4    | Компенсаторы реактивной мощности. Пассивные и активные фильтры.                                                                                |
|                  | 18,27                | 4    | Кондиционеры качества электроэнергии. Источники гарантированного питания.                                                                      |
|                  | 19,28                | 4    | УСЭ с заданной электромагнитной совместимостью с сетью.                                                                                        |

## Темы практических занятий

| Ссылки на цели курса | Часы | Темы                                                                | Деятельность студента                                                                                                                                                                 |
|----------------------|------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6, 7, 22             | 2    | Алгоритмы расчета показателей качества электрической энергии (ПКЭЭ) | <ul style="list-style-type: none"> <li>повторяет определения всех ПКЭЭ</li> <li>определяет переменные, подлежащие расчету</li> </ul>                                                  |
| 10, 24               | 2    | Метод АДУ1 в форме уравнения состояний                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет дифференциальные уравнения в форме пространства состояний</li> <li>выполняет алгебраизацию уравнений</li> </ul>                     |
| 10, 24, 25           | 2    | Метод АДУ2 в форме уравнения состояний                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет дифференциальные уравнения для высших гармоник в форме пространства состояний</li> <li>выполняет алгебраизацию уравнений</li> </ul> |
| 10, 11, 24           | 2    | Метод АДУ(1) в форме уравнения состояний                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет дифференциальные уравнения для первых гармоник в форме пространства состояний</li> <li>выполняет алгебраизацию уравнений</li> </ul> |
| 12, 24, 28           | 2    | Расчет обратного влияния на сеть                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет схему замещения</li> <li>анализирует степень обратного влияния</li> </ul>                                                           |
| 16, 13, 14           | 2    | Расчет активного фильтра                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет принципиальную схему фильтра</li> <li>рассчитывает элементы фильтра</li> </ul>                                                      |
| 15                   | 2    | Расчет корректора коэффициента мощности (ККМ)                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет схему ККМ</li> <li>рассчитывает элементы схемы</li> </ul>                                                                           |
| 19, 26               | 2    | Расчет преобразователя с заданной ЭМС                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>составляет схему преобразователя</li> <li>рассчитывает элементы схемы</li> </ul>                                                               |

## Расчетно-графическая работа

| Ссылки на цели курса    | Часы | Тема                                                                    | Студенту необходимо:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6, 7, 10, 15-19, 26, 28 | 12   | Эскизное проектирование преобразователя с заданной степенью ЭМС с сетью | <ul style="list-style-type: none"> <li>• выбрать схему преобразователя в зависимости от требований задания к нему</li> <li>• выбрать тип и структуру системы управления</li> <li>• рассчитать фактическую степень ЭМС преобразователя с сетью и оценить затраты (в единицах типов УСЭ)</li> <li>• сделать выводы</li> <li>• оформить пояснительную записку (6-8 стр.)</li> </ul> |

Объектом проектирования является выбранное устройство силовой электроники типа АС-DC, АС-АС с заданной степенью ЭМС с питающей сетью. Эскизный расчет предполагает приблизительное определение степеней завышения или занижения установленных мощностей единиц стандартных преобразовательных блоков. Это позволяет выполнить такое проектирование с использованием калькулятора и в отдельных случаях программ MATH-CAD. Результаты эскизного проектирования рационально проверить с помощью программы PARAGRAPH-PARUS, используя готовые модели устройств силовой электроники в ней.

### *Учебно-методическая литература.*

1. Зиновьев Г.С. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 1998. – 90 С.
2. ГОСТ 13109-97
3. ГОСТ Р 51317.3.2-99. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими системами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний. – М.: Изд-во Стандарты, 2000.
4. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники, ч. 1. – Новосибирск: НГТУ, 1999. – 199 С., ч. 2 – 2000. – 197 С.
5. Шваб А. Электромагнитная совместимость. – М.: Энергоатомиздат. – 1995. – 480 С.
6. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. – М.: Энергоатомиздат. – 1995. – 304 С.
7. Болдырев В.Г., Бочаров В.В., Булеков В.П., Резников С.Б. Электротехническая совместимость электрооборудования автономных систем. – М.: Энергоатомиздат. – 1995. – 352 С.

## **6. Контролирующие материалы и система оценки деятельности студента.**

Контролирующие материалы включают:

1. Опрос студентов по темам практических занятий на каждом из занятий.
2. Четыре варианта контролирующих заданий по три вопроса в каждом:  
**(REMOVED BY WA)**
3. Перечень экзаменационных билетов, каждый из которых содержит два теоретических вопроса и одну задачу, подобную решаемым на практических занятиях.

6.1. Перечень билетов и их содержание.

**(REMOVED BY WA)**

6.2. Оценка деятельности студента.

Оценка текущей и итоговой деятельности студента состоит из следующих этапов:

6.2.1. Оценка текущей деятельности. Осуществляется при проведении практических занятий путем опроса и работы студентов у доски по теме практического занятия.

6.2.2. Оценка выполнения РГР. Ход выполнения РГР контролируется на консультациях. Результат расчета оформляется в расчетно-пояснительной записке и защищается студентом с получением в итоге дифференцированной оценки за расчет по пятибалльной системе.

6.2.3. Оценка остаточных знаний. Такая оценка производится по контролирующим заданиям. При ответе на все три вопроса - оценка «отлично», на два вопроса – оценка «хорошо», при ответе на один вопрос – оценка «удовлетворительно».

6.2.4. Итоговый экзамен. Проводится для всех студентов в устной форме по экзаменационным билетам с оценкой по пятибалльной системе.

Дополнения и изменения к рабочей программе на 200 /200 уч. год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«\_\_\_»\_\_\_\_\_ 200 г.

Заведующий кафедрой

Харитонов С.А.  
«\_\_\_»\_\_\_\_\_200 г.