

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 02 » 10 2015 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электромагнитная совместимость в электроэнергетике

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электроснабжение

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

Семестр	Трудоёмкость, зач. ед./ час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаб. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз/зачёт)
восьмой	4/144	8	4		105	Экзамен (27)
Итого	4/144	8	4		105	Экзамен (27)

Владимир – 2015

*Год начала подготовки - 2012*

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** освоения дисциплины являются: приобретение знаний о методах и технических средствах помехоподавления и обеспечения помехоустойчивости на объектах электроэнергетики и электроснабжения; наиболее важных характеристик естественных и искусственных источников помех, методов помехоподавления и помехозащиты элементов аппаратуры средств измерений, релейной защиты и автоматики в системах электроэнергетики и электроснабжения, приобретение навыков анализа и синтеза пассивных устройств обеспечения электромагнитной совместимости, таких как фильтры и экраны; формирование готовности участвовать в исследовании систем электроэнергетики и электротехники и их отдельных компонентов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике» (ЭМС в ЭЭ) относится к базовой части дисциплин учебного плана направления подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника» для профиля «Электроснабжение» (блок Б1.Б). Дисциплина логически и содержательно- методически тесно связана с рядом естественно- научных и профессиональных дисциплин.

Математические и естественно- научные дисциплины формируют необходимые для изучения ЭМС способности к обобщению и анализу информации, навыки постановки цели и выбора путей её достижения; готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины; способности математического анализа и моделирования процессов в объектах электроэнергетики; готовность выявить информационную основу проблемы ЭМС в ЭЭ, способность и готовность понимать актуальность совершенствования электрооборудования в части ЭМС в экономическом и экологическом аспектах.

К числу общепрофессиональных и профессиональных дисциплин, наиболее тесно связанных с «ЭМС в ЭЭ», относятся «Теоретические основы электротехники», «Информационно-измерительная техника и электроника», «Устойчивость СЭ». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения электромагнитной совместимости в электроэнергетике **знания** основных понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методов и средств электрических измерений, элементной базы современной электроники, основ теории динамических систем и прохождения через их функциональные блоки управляющих и возмущающих сигналов. Приобретают **умения** применять современные методы расчёта электромагнитных полей, электрических и магнитных цепей; встраивать измерительные средства и преобразователи в тракты обратных связей автоматических устройств; собирать и налаживать схемы простых электротехниче-

ских и электронных устройств, анализировать устойчивость динамических систем и оценивать качество регулирования в них. **Овладевают** программными средствами для решения задач теоретической электротехники, современными средствами электрических измерений и аппаратурой для исследования электротехнических и электронных устройств.

Знания и умения, получаемые в ходе изучения дисциплины «ЭМС в ЭЭ» служат базой для последующего изучения таких дисциплин, как «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Системы электроснабжения», «Электропитающие системы и электрические сети».

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

Знать:

И обладать способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

И обладать способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1);

И обладать способностью обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2).

Уметь:

Обосновывать проектные решения с точки зрения электромагнитной совместимости (ПК-4);

Определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5);

Владеть:

Методами определения параметров оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объём учебной работы с приме- нением интерак- тивных методов (в часах / %)	Формы теку- щего контро- ля успеваемо- сти (по неделям семестра), форма про- межуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практические заня- тия	Лабораторные рабо- ты	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Общие вопросы электромагнитной совместимости	8		1					13		
2	Характеристики и параметры источников помех	8		1	2				13	2/100%	
3	Каналы передачи помех	8		1					14		
4	Пассивные устройства обеспечения ЭМС	8									
4.1	Фильтры	8		1	2				13	2/100%	
4.2	Устройства гальванической развязки и подавления синфазных сигналов	8		1					13		
4.3	Устройства защиты от перенапряжений	8		1					13		
4.4	Экраны	8		1					13		
	Заключение	8		1					13		
Всего				8	4				105	4/33%	Экзамен (27)

### Тематика практических занятий

- 1) Решение задач на спектральный анализ электромагнитных импульсов от различных источников помех (2 час).
- 2) Анализ комплексных частотных характеристик пассивных фильтров при разных режимах нагрузки (2 час).

## **Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов предусматривает самостоятельную подготовку по сбору, систематизации и обработке материала из предложенного списка литературы (и дополнительной литературы), лекционного материала и к практическим занятиям, экзамену. Сюда включается также самостоятельное выполнение контрольной работы. Учебным планом предусмотрена одна контрольная работа на тему «Расчёт синфазно-противофазного затухания в двухпроводной системе с учётом влияния земли».

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов, комплект которых содержится в электронном приложении к рабочей программе. Интерактивные формы – компьютерные симуляции, а также разбор ситуаций, связанных с действием помех, а также с изменением параметров рассматриваемой системы. Контроль текущей успеваемости и самостоятельной работы студентов производится в форме опросов. Перечни контрольных вопросов представлены ниже.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи со специалистами, работающими в области электроэнергетики и электротехники.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля**

Контрольные вопросы по СРС.

1. Какой порядок электромагнитной энергии требуется для ложного срабатывания электро-механического и электронного реле?
2. Кратко опишите экономические аспекты ЭМС в технике.
3. Чем характеризуется электромагнитная обстановка на объектах электроэнергетики?
4. Комплексные спектральные характеристики функции единичного скачка, дельта- импульса, прямоугольного импульса, экспоненциального импульса, конечного отрезка синусоиды.
5. Как влияет повторение импульсов на комплексную спектральную характеристику?

6. Краткая характеристика перенапряжений при переходных процессах в сетях низкого напряжения.
7. Краткая характеристика переходных процессов в сетях высокого напряжения.
8. Краткая характеристика переходных процессов в испытательных устройствах высокого напряжения и электрофизической аппаратуре.
9. Гальваническое влияние через цепи питания и сигнальные контуры.
10. Гальваническое влияние по контурам заземления.
11. Ёмкостное влияние в гальванически разделённых контурах.
12. Ёмкостное влияние в контурах с общим проводом системы опорного потенциала.
13. Ёмкостное влияние в токовых контурах с большой ёмкостью относительно земли.
14. Ёмкостное влияние молнии.
15. Примеры схем сетевых фильтров.
16. Искровые разрядники.
17. Варисторы для защиты от перенапряжений.
18. Кремниевые лавинные диоды для защиты от перенапряжений.
19. Материалы для изготовления экранов.
20. Экранирование приборов и помещений.
21. Экраны кабелей.
22. Наиболее важные механизмы воздействия электромагнитных полей на живые организмы.
23. Нормативные документы в области электромагнитной совместимости.

## **6.2. Вопросы к экзамену**

1. Понятие об электромагнитной совместимости, электромагнитной помехе и об электромагнитной обстановке.
2. Краткая характеристика и классификация естественных и искусственных источников помех.
3. Действие противофазной помехи в симметричной двухпроводной системе.
4. Действие противофазной помехи в несимметричной двухпроводной системе.
5. Действие синфазной помехи в симметричной двухпроводной системе.
6. Действие синфазной помехи в несимметричной двухпроводной системе.
7. Понятие о синфазно-противофазном затухании.
8. Понятие о «земле» и «массе».
9. Конструктивное исполнение массы.
10. Представление периодических сигналов в частотной области. Особенность частотного спектра периодических сигналов.
11. Операторное представление по Лапласу непериодических сигналов.

12. Спектральное представление непериодического сигнала: комплексная спектральная плотность и спектральная плотность энергии.
13. Уровень сигнала.
14. Представление частотных диапазонов в логарифмическом масштабе. Стандартные частотные диапазоны.
15. Классификация источников помех по техническим критериям.
16. Краткая характеристика источников узкополосных помех.
17. Краткая характеристика источников широкополосных импульсных помех.
18. Разряды статического электричества.
19. Коммутация токов в индуктивных цепях, переходные процессы в электрических сетях.
20. Электромагнитный импульс молнии, электромагнитный импульс ядерного взрыва.
21. Гальваническая связь через цепи питания.
22. Гальваническая связь через контур заземления.
23. Краткая классификация гальванически развязывающих устройств.
24. Простейшие устройства симметрирования.
25. Емкостная связь.
26. Индуктивная связь.
27. Электромагнитные процессы в двухпроводной линии.
28. Многопроводная система с электромагнитной связью.
29. Связь электромагнитным излучением.
30. Классификация фильтров.
31. Пассивные фильтры низких частот: индуктивные, емкостные, Г-, Т- и П-образные. Их схемы и условия применения.
32. Характеристические параметры пассивных фильтров: коэффициент передачи, постоянная передачи, коэффициент затухания, коэффициент фазы.
33. Частотные характеристики фильтров при работе на резистивную нагрузку (КЧХ, АЧХ, ФЧХ).
34. Фазовое и групповое время задержки (ГВЗ) сигнала. Неравномерность затухания и ГВЗ в полосе пропускания. Крутизна АЧХ вне полосы пропускания.
35. Краткие сведения об активных фильтрах. Их реализация на операционных усилителях.
36. Фильтры для противофазных и синфазных помех. Сетевые фильтры.
37. Краткая характеристика разрядников для защиты от перенапряжений.
38. Принцип действия электромагнитных экранов. Количественные показатели качества экранирования.

39. Краткая классификация электромагнитных полей, воздействующих на электронную аппаратуру и персонал.
40. Краткая классификация электромагнитных экранов по виду подавляемых электромагнитных полей.
41. Материалы электромагнитных экранов.
42. Вспомогательные элементы экранов.
43. Уплотнение между элементами экрана.
44. Трубчатые отверстия. Сотовые окна. Перфорированные стенки экранов.
45. Краткая характеристика математических методов моделирования электромагнитных полей в системах с экранами.
46. Краткая характеристика программного обеспечения для расчетов электромагнитных полей в системах с экранами.
47. Влияние полей, создаваемых устройствами электроэнергетики, на биологические объекты.
48. Нормы по допустимым напряжёностям электрических и магнитных полей для персонала и населения.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Костиков В.Г. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.Г. Костиков, Р.В. Костиков, В.А. Шахнов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 125 с. – [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0493.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0493.html).

2. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Ф. Шаталов, И.Н. Воротников, М.А. Мастепаненко и др. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 64 с. - ISBN 978-5-9596-1058-6. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=515122>.

3. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебник / А.Г. Овсянников, Р.К. Борисов. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 196 с.: 70x100 1/16. - (Учебники НГТУ). (переплет) ISBN 978-5-7782-2199-4. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=439233>.

4. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И.В. Жежеленко, М.А. Короткевич. – Минск: Выш. шк.,



2012. – 197 с.: ил. - ISBN 978-985-06-2184-9. –  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508786>.

б) дополнительная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Дьяков А.Ф., Кужекин И.П., Максимов Б.К. и др. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Ф. Дьяков, И.П. Кужекин, Б.К. Максимов, А.Г. Темников; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. - М. : Издательский дом МЭИ, 2011. - ISBN 978-5-383-00336-7. –  
<http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI7.html>.

2. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта: учебное пособие / В.Н. Яковлев, В.И. Пантелеев, В.П. Суров; под общ. ред. В.Н. Яковлева. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 588 с. - ISBN 978-5-383-00398-5. –  
<http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI78.html>.

3. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов / А.Ф. Дьяков, И.П. Кужекин, Б.К. Максимов, А.Г. Темников ; под ред. чл.-корр. РАН, докт. техн. наук, проф. А.Ф. Дьякова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009. - 455 с.: ил. - ISBN 978-5-383-00336-7. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003367.html>.

в) периодические издания (фонд библиотеки ВлГУ):

1. Журнал «Автоматика и телемеханика».
2. Журнал «Проектирование и технология электронных средств».
3. Журнал «Электричество».
4. Журнал «Электро. Электротехника. Электротехническая промышленность».
5. Журнал «Электротехника».

в) Internet-ресурсы:

1. <http://lib.rosenergосervis.ru/elektromagnitnaya-sovmestimost-v-elektroenergetike?start=8>
2. <http://electricalschool.info/elprivod/1624-jelektromagnitnaja-sovmestimost-pri.html>
3. <http://gauss-instruments.ru/elektromagnitnaya-sovmestimost/>
4. <http://www.energyland.info/files/library/896820459da602f0c285be63a3c21fc9.pdf>
5. <http://www.cpk-energo.ru/metod/Xalilov14.pdf>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 520-3, 522-3, 517-3), с использованием комплекта слайдов.

Для выполнения контрольной работы и подготовки к практическим занятиям студенты могут воспользоваться компьютерным классом кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с применением офисного и математического ПО. Основным математическим ПО является система инженерных и научных расчётов MATLAB. Кроме ядра этой системы на компьютерах лаб. 519-3 установлены также пакеты расширения, применяемые для выполнения операций с операторными изображениями сигналов и другими формами их представления: Symbolic Math Toolbox и Control System Toolbox. Установлена также подсистема MATLAB для структурного моделирования динамических систем (Simulink), позволяющая наглядно имитировать действие помех как возмущающих воздействий.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рабочую программу составил: Шмелёв В.Е., к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электроэнергетика» (ЭтЭн).

*Шмелёв В.Е.*

Рецензент: Начальник проектного отдела ООО "МФ-Электро"

Чебрякова Ю.С.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол №2 от 02.10.2015.

Заведующий кафедрой

*Сбитнев С.А.*

Сбитнев С.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» 2 октября 2015 года.

Протокол №2 от 02.10.2015.

Председатель комиссии

*Сбитнев С.А.*

Сбитнев С.А.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.А. Сбитнев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.А. Сбитнев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.А. Сбитнев