

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра электроэнергетики
(ЭЭ_ПИ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра электроэнергетики
(ЭЭ_ПИ)

наименование кафедры

д.т.н., профессор Пантелеев В.И.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ
СОВМЕСТИМОСТЬ
ЭЛЕКТРОСИЛОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Дисциплина Б1.В.06 Электромагнитная совместимость
электросилового оборудования систем электроснабжения

Направление подготовки / 13.04.02 Электроэнергетика и
специальность электротехника

Направленность
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2021

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

130000 «ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Программу
составили

ст.преподаватель, Петухов Р. А.;канд.техн.наук,
доцент, Южанников А. Ю.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Формирование у обучающихся знаний и умений в оценке природы возникновения факторов несовместимости работы электротехнических устройств, локализации их и обеспечение рациональной эксплуатации систем электроснабжения, определение источников высших гармоник (помех) в системах электроснабжения предприятий, оценке уровня помех в системе электроснабжения и степени их влияния на электромагнитную совместимость работы электроприемников, в оценке качества напряжения питающей сети и соответствия его требованиям ГОСТ, освоение методов и практических средств улучшения качества напряжения и снижения уровня пороговой электромагнитной совместимости.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Уметь определять места и значимости источников высших гармоник (помех) в системах электроснабжения промышленных предприятий в процессе производства, определение параметров качества напряжения и тока в сети электроснабжения, определять источник и уровень помех в функционирующей системе электроснабжения, оценивать качественные и количественные параметры напряжения в питающей сети, проводить мероприятия по улучшению качества напряжения в сети и электромагнитной совместимости работы, различных электроприемников, делать оценку эффективности проводимых мероприятий.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ПК-2:Способен участвовать в проведение научно-исследовательских разработок электротехнических комплексов и систем
--

ПК-2.11:Решает комплекс научных и технических проблем обеспечения электромагнитной совместимости электросилового оборудования систем электроснабжения
--

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Для усвоения данной дисциплины студенты должны изучить следующие дисциплины в полном объеме:

математика, физика, теоретические основы электротехники, электрические машины, электрические и электронные аппараты, электротехническое материаловедение, электроснабжение.

Дисциплина является обязательной дисциплиной вариативной части учебного плана подготовки магистров.

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

<https://e.sfu-kras.ru/enrol/index.php?id=32268>

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		1
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	1 (36)	1 (36)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия		
практикумы		
лабораторные работы	0,5 (18)	0,5 (18)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	2 (72)	2 (72)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	2	4	5	6	7
1	Общая характеристика проблем ЭМС в электроэнергетике. Особенности ЭМО на энергетических и промышленных предприятиях	2	0	0	8	
2	Защита электрооборудования от внешних электромагнитных влияний. Кондуктивные помехи. Классификация источников помех и механизмы их генерации	2	0	6	8	
3	Мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости. Схемы подключения аппаратуры. Требования ЭМС к подстанциям высокого напряжения	2	0	6	8	

4	Методы испытания оборудования на помехоустойчивость Обеспечение электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства	2	0	6	8	
5	Качество электроэнергии	2	0	0	6	
6	Режимы систем электроснабжения с нелинейными нагрузками	2	0	0	8	
7	Режимы систем электроснабжения с несимметричными нагрузками	2	0	0	8	
8	Режимы систем электроснабжения с резкопеременными нагрузками	2	0	0	8	
9	Стандартизация в области ЭМС	2	0	0	10	
Всего		18	0	18	72	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>Классификация проблем ЭМС. Качество энергии. Бесперебойность; отклонения от номинальной величины, по фазовым углам и частоте; содержание высших гармоник и т.д. Влияние электрических и магнитных полей на живую природу. Нормы на предельно допустимые напряженности электрического и магнитного поля на промышленной частоте, в ВЧ и в СВЧ – диапазоне .Защита от электромагнитных помех. Взаимные влияния объектов электроэнергетики и внешней техносферы; внутренняя ЭМС между объектами электроэнергетики: ЭМС силовых и вторичных цепей электрооборудования станций и подстанций, внутренняя ЭМС вторичных цепей. Технические, экономические и организационные основы ЭМС Нормирование показателей, характеризующих несинусоидальные режимы. Влияние высших гармоник на силовое электрооборудование, системы релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи. Потери от высших гармоник в электрических машинах, трансформаторах и конденсаторах. Ущерб, обусловленный несинусоидальностью напряжений и токов.</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---

2	2	<p>Внешние и внутренние источники помех, атмосферные (молния) и коммутационные перенапряжения (коммутации выключателями, разъединителями и низковольтными аппаратами, тиристорами). Разрядные явления: молния, корона, электросварка, искра зажигания, искрение щеток, разряды статического электричества, внутренние и поверхностные частичные разряды. Связь: радио и телевидение, ВЧ – и СВЧ – связь в т.ч. мобильная, военная техника. ЭМИ ядерного взрыва. Характеристики помех: узко- и широкополосные, переходные. Каналы распространения помех: гальванические, индуктивные, емкостные, эфирные.</p>	2	0	0
---	---	--	---	---	---

3	3	<p>Фильтры: основные характеристики (добротность, АЧХ, крутизна среза и др.) и схемы (ФНЧ, ФВЧ и режекторные, пассивные и активные, Г -, П -, Т- образные, двойные Т – образные, многозвенные). Разделительные трансформаторы. Кабели с витыми парами, бифилярные конструкции и монтаж. Оптроны и оптоволоконные линии связи: основные характеристики (спектральный диапазон, затухание, электрическая прочность и др.) и схемы (прямые и обратные преобразователи, источники света, фотоприемники и др.). Смешанные способы и устройства защиты от помех. Разрядники и ограничители перенапряжений, электронные приборы защиты. Виды и типы: искровые разрядники; варисторы; полупроводниковые приборы: де-фензоры; диоды (выпрямительные, лавинные, импульсные, стабилитроны и стабисторы, ограничительные и переключаательные р–і–п диоды, диоды Шотки). Основные характеристики: ВАХ, диапазоны номинальных напряжений и токов, перегрузочная способность, быстродействие, электрическая прочность и др.</p>	2	0	0
---	---	---	---	---	---

4	4	<p>Испытания на устойчивость к действию помех блоков аппаратуры РЗА и связи.</p> <p>Последовательность испытаний. Проверка изоляции. Методы и нормы испытаний аппаратуры на устойчивость к помехам различных видов: грозовых, коммутационных сетевых, электростатического разряда, импульсных высокочастотных, наносекундных, мощных магнитных полей, электромагнитных полей ВЧ – и СВЧ – диапазонов. Испытания на устойчивость к действию помех оборудования вторичных цепей действующих подстанций в условиях эксплуатации. Методы и нормы испытаний импульсами тока, введенными в контур заземления ОРУ.</p> <p>Проверка взаимных влияний вторичных цепей подстанционного оборудования.</p> <p>Испытания на устойчивость к помехам специальной техники.</p> <p>Испытания оборудования летательных аппаратов на стойкость к воздействиям токов молнии. Испытания военной техники на устойчивость к ЭМИ ядерного взрыва</p> <p>Особенности к требованию защиты современных электронных систем.</p> <p>Оценка реальных воздействий</p>	2	0	0
---	---	--	---	---	---

5	5	<p>Показатели качества электроэнергии и их нормирование (отклонения и колебания частоты; отклонения напряжения; колебания напряжения - размах изменения напряжения, доза колебания напряжения, частота изменения напряжения, интервал времени между изменениями напряжения, глубина провала напряжения, интенсивность провалов напряжения, длительность импульса напряжения; несимметрия напряжения трехфазной сети; несинусоидальность напряжения и другие параметры). Измерение и расчет параметров качества электроэнергии. Регулирование напряжения (изменением добавочного напряжения; изменением продольной и поперечной составляющих падения напряжения за счет регулирования потока реактивной мощности в питающих и распределительных линиях электрической сети; изменением напряжения в питающей сети энергосистемы; изменением схемы электрической сети). Симметрирование нагрузок.</p>	2	0	0
---	---	--	---	---	---

6	6	Нелинейные нагрузки и высшие гармоники напряжения и тока в промышленных электрических сетях. Вентильные преобразователи. Дуговые сталеплавильные печи. Сварочные нагрузки. Печи сопротивления с тиристорным регулированием. Реакторы с тиристорным регулированием.	2	0	0
7	7	Характеристика несимметричных режимов электрических систем. Многофазные сети электроснабжения промпредприятий при несимметрии нагрузки. Влияние несимметричных нагрузок на режимы работы электроприемников	2	0	0
8	8	Отклонения и колебания напряжения при работе резкопеременных нагрузок. Колебания частоты при работе резкопеременных нагрузок. Дуговые сталеплавильные печи в системах электроснабжения. Вентильные преобразователи прокатных станов в системах электроснабжения.	2	0	0

9	9	Законодательство в области ЭМС. Органы стандартизации. Стандарты МЭК и ГОСТы. Отраслевые стандарты и внутренние стандарты фирм производителей оборудования РЗА и связи.	2	0	0
Всего			18	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	2	Измерение напряженности электрического поля промышленной частоты от установок высокого напряжения	6	0	0
2	3	Измерение напряженности магнитного поля промышленной частоты от технических средств	6	0	0
3	4	Изучение и оценка электромагнитной обстановки вблизи подстанции 35 кВ	6	0	0
Всего			18	0	0

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Яковлев В. Н., Пантелеев В. И., Суров В. П., Яковлев В. Н.	Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта: учеб. пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии"	Москва: МЭИ, 2010
Л1.2	Вагин Г.Я., Лоскутов А. Б., Севостьянов А. А.	Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник для вузов	Москва: Академия, 2011
Л1.3	Овсянников А. Г., Борисов Р. К.	Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: [учебник]	Новосибирск: НГТУ, 2011
Л1.4	Овсянников А. Г., Борисов Р. К.	Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: [учебник]	Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010
Л1.5	Вагин Г. Я., Лоскутов А. Б., Севостьянов А. А.	Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебник для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки "Электроэнергетика"	Москва: Академия, 2011
Л1.6	Овсянников А. Г.	Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие	Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011
Л1.7	Дьяков А. Ф., Максимов Б. К., Борисов Р. К., Кужекин И. П., Темников А. Г., Жуков А. В., Дьяков А. Ф.	Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник для вузов по направлению подготовки 140200 "Электроэнергетика"	Москва: МЭИ, 2011
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Курбацкий В. Г.	Качество электроэнергии и электромагнитная совместимость технических средств в электрических сетях: учеб. пособие	Братск, 1999
Л2.2	Бадер М.П.	Электромагнитная совместимость: Учеб. для вузов	Москва: УМК МПС, 2002
Л2.3	Ефанов В.И., Тихомиров А.А.	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учеб. пособие	Томск: Томский государственный ун-т систем управления и радиоэлектроник и, 2004

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	The IEEE Electromagnetic Compatibility Society	http://www.ewh.ieee.org/soc/emcs/
Э2	Journal “IEEE Transactions on Electromagnetic Capability”	http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=15
Э3	EMC/EMI Products	http://www.schaffner.com/components/en/product/masterproduct2.asp?level=3\$1&language_id=12
Э4	IEC standards	http://www.iec.ch
Э5	The Expression of Uncertainty in EMC Testing UKAS Publication LAB 34, UKAS, Feltham, Edition 1 August 2002, from	http://www.ukas.com
Э6	Electromagnetic compatibility	http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_compatibility
Э7	Электромагнитная совместимость электросилового оборудования систем электроснабжения (ЭМСЭСОСЭС)	https://e.sfu-kras.ru/enrol/index.php?id=32268

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

по теоретическому курсу самостоятельно изучить темы 1-9 с помощью литературы, указанной в п. 6.1-6.2. Форма отчета – конспект по темам 2,4,7,9 в объеме 5 страниц;

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	Представление современных информационных технологий как инструмента, используемого в дисциплине (программные средства MatLab, EMTP и др. как средство выполнения расчетов, анализа; PowerPoint как средство для чтения лекций и др.
-------	---

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	Крупнейшая бесплатная информационно-справочная система онлайн доступа к полному собранию технических нормативно-правовых актов РФ. http://gostrf.com/normativ/1/ [Электронный ресурс]: (доступ с компьютеров в локальной сети ВУЗа).
9.2.2	Изучение обучения электромагнитной совместимости [Электронный ресурс]:–Режим доступа: http://elemcom.ru/educ_r.html (доступ с компьютеров в локальной сети ВУЗа).

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций и показа учебных фильмов.