

## Полное расписание курса «Электромагнитная совместимость каналов передачи электрических сигналов»

### Часть 1. Обеспечение ЭМС при разработке межблочных кабелей и жгутов

День 1

Время	Тема	Длительность, ак. Часов.
9.00-9.30	Регистрация. Приветственный кофе.	
09.30-11.00	1. Обзор мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости каналов передачи сигналов 1.1. Снижение эмиссии помех: ограничение спектра сигналов, схемотехнические приемы.	2
11.00-11.30	<b>Перерыв/Кофе-брейк</b>	
11.30-13.00	1.2. Снижение эффективности передачи помех: разнесение, симметрирование линий связи, оптоволоконные каналы. 1.3. Повышений стойкости оборудования к помехам: запас по помехозащищенности, цифровые фильтры. 1.4. Практические рекомендации по отладке систем: методы поиска источника помех	1
	2. Правила выполнения экранирования 2.1. Механизмы экранирования помех: электрическое и магнитное поле, ближняя зона и дальняя зона.	1
13.00-14.00	<b>Обед</b>	
14.00-15.30	2.2. Экраны с отверстиями, экранирование низкочастотного магнитного поля. 2.3. Кабельные экраны и правила их выбора: плетеные экраны, экраны из фольги, спиральные экраны, многослойные экраны. 2.4. Оценка эффективности кабельных экранов, методы ее повышения.	2
15.30-16.00	<b>Перерыв/Кофе-брейк</b>	
16.00-17.30	3. Правила выполнения заземления 3.1. Схемы заземления в электронных системах 3.2. Конструктивное исполнение заземления. 3.3. Схемы заземления кабельных экранов: правила выбора 3.4. Заделка кабельных экранов: технологии, приспособления, достижимые параметры.	2

Часть 1. Обеспечение ЭМС при разработке  
 межблочных кабелей и жгутов

День 2

Время	Тема	Длительность, ак. Часов.
9.00-9.30	Приветственный кофе.	
09.30-11.00	Резонанс и методы снижения влияния 4.1. Антенны-излучатели помех: обнаружение источников, снижение эффективности антенн 4.2. Резонанс на элементах системы заземления и RLC-фильтров. 4.3. Гармонические колебания в цифровых линиях и линиях питания: условия возникновения, оценка параметров снабберов. 4.4. Резонанс на ферритовых фильтрах.	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	4.5. Электрический резонанс на механических конструкциях: резонанс в полости, резонанс на кромках отверстий.	1
	5. Фильтрация кондуктивных помех 5.1. Возможности фильтрации, влияние импеданса линии на эффективность фильтра. 5.2. Правила конструирования RLC-фильтров: оценка параметров C- и LC-фильтров 5.3. Ферритовые фильтры: правила выбора и монтажа, ограничения на применение.	1
13.00-14.00	Обед	
14.00-15.30	5.4. Правила выбора элементов дискретных фильтров: конденсаторов, катушек индуктивности, резисторов, трансформаторов и синфазных дросселей. 5.5. Фильтр-контакты: возможности, алгоритм выбора.	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	Обеспечение стабильности параметров ЭМС 6.1. Стабильность кабельных экранов: влияющие факторы, приемы повышения стабильности. 6.2. Гальваническая коррозия: снижение скорости развития, подходы к обеспечению электрохимической совместимости. 6.3. Пассивная интермодуляция как индикатор старения: условия возникновения, методы снижения влияния. 6.4. Стабильность параметров керамических конденсаторов.	2

## Часть 2. Обеспечение ЭМС и сохранение формы сигналов на уровне печатной платы

День 1

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Регистрация. Приветственный кофе.	
09.30-11.00	1. Значение электрических характеристик печатной платы для обеспечения формы сигналов и соответствия требованиям ЭМС. 2. Характеристики проводников и диэлектриков печатной платы 3. Микрополосковая и полосковая линии: волновое сопротивление, достоинства и недостатки, критерии выбора	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	4. Потери в проводнике и диэлектрике: количественная оценка, приемы уменьшения 5. Отражения в линиях связи: диаграмма отражений, оценка амплитуды и длительности переходного процесса 6. Согласование по волновому сопротивлению: критерии необходимости и влияние емкостной нагрузки.	2
13.00-14.00	Перерыв/Кофе-брейк	
14.00-15.30	7. Схемы согласования по волновому сопротивлению: выбор номиналов элементов, критерии применимости каждой из схем, ограничения 8. Системы питания и сигнального заземления на печатной плате: варианты конфигураций, правила раскладки проводников	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	9. Развязка по питанию: назначение и структура 10. Конденсаторы развязки: определение необходимой емкости и правила монтажа 11. Правила раскладки проводников	2

## Часть 2. Обеспечение ЭМС и сохранение формы сигналов на уровне печатной платы

День 2

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Приветственный кофе.	
09.30-11.00	12. Перекрестные наводки: оценка длительности и амплитуды импульса наводки, приемы ослабления наводок 13. Симметричные дифференциальные линии связи: дифференциальный и синфазный импеданс, повышение стабильности параметров, схемы согласования, перекрестные наводки на симметричную линию	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	14. Правила раскладки проводников симметричных линий связи 15. Правила формирования стека печатной платы от 1 до 12 слоев: приемы улучшения ЭМС, варианты структур, их преимущества и ограничения	2
13.00-14.00	Перерыв/Кофе-брейк	
14.00-15.30	16. Зонирование печатной платы. 17. Схемы заземления и развязка по питанию аналогово-цифровых компонентов.	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	18. Экранирующие структуры печатной платы	2

Часть 3. Обеспечение устойчивости оборудования к  
 электростатическим разрядам и кондуктивным коммутационным  
 помехам

День 1

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Регистрация. Приветственный кофе	
09.30-11.00	1. Обеспечение комплексной защиты радиоаппаратуры от импульсных помех. 2. Классы и основные характеристики импульсных помех 3. Электростатические разряды (ЭСР) 3.1. Природа и виды ЭСР. 3.2. Проникновение ЭСР в систему и взаимодействие с элементами схемы.	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	3.3. Общие принципы защиты, повышение надежности в отношении ЭСР 3.4. Снижение вероятности проникновения разряда в аппаратуру 3.5. Корпусное экранирование, защита кабельных линий	2
13.00-14.00	Перерыв/Кофе-брейк	
14.00-15.30	3.6. Стандарты серии «Электростатика», моделирование ЭСР, не стандартизированные виды электрических разрядов 3.7. Ступенчатая защита от ЭСР, методы координации ступеней. 3.8. Фильтрация и ограничение амплитуды импульсов ЭСР: элементы и схемы 3.9. Система заземления для импульсных токов ЭСР	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	4. Особенности применения варисторов для ограничения амплитуды наносекундных импульсных помех 4.1. Основные характеристики варисторов, правила снижения нагрузок 4.2. Схемы соединения варисторов 4.3. Способы защиты варисторов от перегрузок	2

Часть 3. Обеспечение устойчивости оборудования к  
 электростатическим разрядам и кондуктивным коммутационным  
 помехам

День 2

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Приветственный кофе	
09.30-11.00	5. Особенности применения полупроводниковых супрессоров (TVS) для ограничения наносекундных импульсных помех 5.1. Стабилитроны и супрессоры: сходства и различия 5.2. Правила координации супрессоров с другими защитными элементами 5.3. Правила выбора супрессоров: температурная коррекция, снижение паразитной емкости 6. Переходные процессы при коммутации реактивной нагрузки 6.1. Механизмы возникновения, оценка параметров.	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	6.2. Влияние импульсных помех на полупроводниковые приборы и механические контакты 6.3. Выбор материала контактов 6.4. Оценка параметров защитных схем для контактных групп и полупроводниковых коммутаторов. 6.5. Пусковые токи при коммутации емкостной и резистивной нагрузки: оценка параметров и методы противодействия.	2
13.00-14.00	Перерыв/Кофе-брейк	
14.00-15.30	7. Программные средства обеспечения помехоустойчивости систем 7.1. Повышение надежности микропроцессорных систем в отношении импульсных помех 7.2. Использование сторожевых таймеров и правила формирования сигнала обнуления его счетчика 7.3. Встроенные и внешние сторожевые таймеры: схемы включения и правила формирования интервалов	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	7.4. Сторожевые процессоры, сигнатурный анализ корректности работы программ 7.5. Прочие программные инструменты: контрольные токены, блоки пустых команд, выделение областей памяти и др. 7.6. Методика «обработки ошибок», связанных с помехами 7.7. Средства обнаружения ошибок при передаче и хранении данных	2

Часть 4. Высокочастотное и низкочастотное корпусное  
 экранирование: теория и практика

День 1

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Регистрация. Приветственный кофе.	
09.30-11.00	1. Теория высокочастотного корпусного экранирования 1.1. Общие подходы к разработке электромагнитных экранов. 1.2. Импеданс поля помехи, потери в экране, 1.3. Изоляция помеховых токов с помощью экранирования и фильтрации.	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	1.4. Оценка прозрачности одиночных отверстий (сверху и снизу). 1.5. Оценка прозрачности массива отверстий, эффективность перфорированных экранов. 1.6. Эффективность предельных волноводов.	2
13.00-14.00	Обед	
14.00-15.30	2. Практика высокочастотного корпусного экранирования: 2.1. Зонирование корпуса. 2.2. Методы экранирования отверстий под индикаторы и органы управления. 2.3. Технологии снижения импеданса экрана.	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	2.4. Локальные экраны. 2.5. Методы борьбы с полостным резонансом. 2.6. Технологии изготовления экранирующих корпусов. 2.7. Примеры из практики.	2

Часть 4. Высокочастотное и низкочастотное корпусное  
 экранирование: теория и практика

День 2

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Приветственный кофе.	
09.30-11.00	3. Экранирование низкочастотного электрического и магнитного полей 3.1. Экранирование электрического поля проводниками и диэлектриками. 3.2. Частичное и полное экранирование источников электрического поля. 3.3. Отклоняющие и компенсационные магнитные экраны.	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	3.4. Выбор формы и типа низкочастотного экрана. 3.5. Методы повышения эффективности экрана. 3.6. Перфорированные магнитные экраны. 3.7. Примеры из практики.	2
13.00-14.00	Обед	
14.00-15.30	4. Токопроводящие прокладки для экранирующих корпусов: 4.1. Правила выбора и применения. 4.2. Требования к корпусным деталям, соединяемым при помощи прокладок.	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	5. Пластиковые и композитные экранирующие корпуса: 5.1. Преимущества и недостатки токопроводящих покрытий. 5.2. Сравнение технологий нанесения токопроводящих покрытий. 5.3. Требования к корпусным деталям при использовании таких покрытий.	2

Часть 5. Применение компонентов и материалов для обеспечения  
 электромагнитной совместимости.

День 1

Время	Тема	Длительность, ак. часов.
9.00-9.30	Регистрация. Приветственный кофе.	
09.30-11.00	<b>1. Снижение эмиссии помех от радиаторов охлаждения</b> 1.1. Радиатор как значимый источник помех в приборе 1.2. Правила выбора конструкции радиаторы для балансирования тепловых параметров и эмиссии помех 1.3. Приемы снижения эмиссии: снижение взаимной емкости с активным элементом, фильтрация, заземление	2
11.00-11.30	Перерыв/Кофе-брейк	
11.30-13.00	1.4. Резистивное соединение радиатора с поверхностью заземления печатной платы, использование радиопоглощающих материалов 1.5. Совмещение радиаторов охлаждения с электромагнитными экранами. <b>2. Электропроводные клеи, герметики и смазки. Радиопоглощающие материалы и структуры.</b> 2.1. Анизотропные и изотропные клеи: виды связующих и наполнителей	2
13.00-14.00	Обед	
14.00-15.30	2.2. Правила полимеризации эпоксидных связующих 2.3. Электрические характеристики электропроводных клеев 2.4. Правила повышения механической прочности клеевых соединений	2
15.30-16.00	Перерыв/Кофе-брейк	
16.00-17.30	2.5. Электропроводные герметики: управление прочностью шва, формирование электропроводных прокладок 2.6. Применение смазок при обеспечении ЭМС в системах 2.7. Радиопоглощающие материалы и структуры: особенности выбора и применения	2