

АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ
«АЛМАЗ – АНТЕЙ» им. академика В.П.ЕФРЕМОВА

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директор АНО ДПО
«НОЦ ВКО «Алмаз – Антей» по
научной и учебной работе

С.Е. Ерошин

«30» августа 2017 г.



УЧЕБНЫЙ ПЛАН
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«РАБОТА С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЧ-УСТРОЙСТВ «MICROWAVE OFFICE.
РАЗРАБОТКА СВЧ-УСТРОЙСТВ»
(наименование программы)

Цель: повышение профессионального уровня обучаемых в рамках имеющейся квалификации, получение навыков работы с программным пакетом Microwave Office (MWO).

Категория слушателей: инженеры-конструкторы СВЧ-устройств.

Срок обучения: 36 академических часа (5 дней) под руководством преподавателя с включением практических занятий и выполнением итоговой работы.

Форма обучения: очная.

Режим занятий: 8 аудиторных часов в день.

Номер темы	Наименование тем учебных занятий	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе учебных занятий с преподавателем	Из них по видам учебных занятий		Форма контроля
				Лекции	Практические занятия	
1.	<p>Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования СВЧ-структур и систем</p> <p>Задачи, которые ставятся и решаются радиоинженерами на современном этапе: радиолокация, медицина, связь. Разработчики программного обеспечения в России и за рубежом. Компании AnSoft, EESof, Agilent, EMSS, Zeland и др. Источники из Интернета и дистанционное обучение.</p> <p>Проверка навыков инсталлирования программ MWO</p>	2	2	1	1	
2.	<p>Представление СВЧ-структур и систем в виде блоков, электронной схемы и в виде топологии. Изображения структуры в этих случаях. Примеры блочного, структурного и схемного построения. Описание схемы в виде текстового файла.</p> <p>Простой пример анализа микрополоскового фильтра на программе MWO. Построение фильтра, расчет и вывод результатов. Представление фильтра в виде дискретных и распределенных элементов. Анализ схем в различном представлении с помощью различных блоков MWO. Различие между электродинамическими методами расчета и методами, основанными на теории цепей. Создание отчета по проектированию микрополоскового СВЧ-фильтра: топология, характеристики</p>	2	2	1	1	
3.	<p>Интерфейс программы MWO. Блочный состав комплекса программ MWO. Какие задачи решает MWO. Методы: гармонического баланса, метод моментов и т.д., реализованные в MWO.</p> <p>Создание EM структуры и построение в корпусе отрезка микрополосковой линии. Расчет и вывод на диаграмму Смита S параметров, распределение тока на металлических поверхностях.</p> <p>Понятие подсхемы, иерархическое построение схем. Пример иерархической схемы, в которой подсхемой является EM структура.</p> <p>Разработка технических условий задания проектирования. Декомпозиция задачи, представление в виде блоков, системы и схемы</p>	2	2	1	1	
4.	<p>Обзор примеров, имеющихся в программе MWO</p> <p>Анализ транзисторных СВЧ-усилителей. Схема, топология, решения. Анализ линейных и нелинейных транзисторных СВЧ-усилителей. Этапы проектирования малошумящих транзисторных СВЧ-усилителей. Обеспечение устойчивости однокаскадного и многокаскадного СВЧ-усилителя. Расчет на MWO окружностей устойчивости.</p> <p>Проектирование многокаскадных СВЧ-усилителей, использование подсхем для создания сложных схем в программе MWO. Примеры построения и расчета.</p> <p>Выполнение эскизного проектирования многокаскадного СВЧ-усилителя</p>	2	2	1	1	

Номер темы	Наименование тем учебных занятий	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе учебных занятий с преподавателем	Из них по видам учебных занятий		Форма контроля
				Лекции	Практические занятия	
5.	<p>Проектирование малошумящих транзисторных СВЧ-усилителей</p> <p>Источники и описание шумов в электронных схемах. Тепловые шумы. Первичные шумовые параметры. Коэффициент шума.</p> <p>Описание шумов в виде файла и в виде модели. Оптимизация шумовой модели.</p> <p>Расчет многокаскадных СВЧ-усилителей по критерию минимума коэффициента шума.</p> <p>Экспериментальное измерение характеристик и работа MWO совместно с современной измерительной техникой.</p> <p>Выполнение оптимизации малошумящего СВЧ-усилителя по критерию минимума коэффициента шума</p>	2	2	1	1	
6.	<p>Методы анализа нелинейных электронных схем</p> <p>Метод гармонического баланса, теоретическое введение, параметры, которые устанавливаются при расчете методом гармоник. Нелинейные и линейные модели нелинейных и линейных элементов. Линейные и нелинейные схемы. Линейные и нелинейные характеристики.</p> <p>Пример расчета и проектирования нелинейного усилителя. Использование модели, основанной на нелинейных S-параметрах четырехполюсника. Линеаризованная модель нелинейного транзистора. Последовательность проектирования: расчет по постоянному току (смещение), расчет по переменному току. Понятие синтеза нелинейной модели СВЧ-транзистора. Рассмотрение примера синтеза нелинейной модели. Подбор параметров нелинейной модели. Последовательность синтеза нелинейной модели: по постоянному току, по частотной характеристике. Сравнение экспериментальных и расчетных данных. Вывод характеристик метода гармонического баланса: спектральный состав, линейные зависимости, нелинейные параметры (точка пересечения, мощность сжатия и др.).</p> <p>Расчет однокаскадного СВЧ-усилителя методом гармонического баланса и методом рядов Вольтерра.</p>	2	2	1	1	

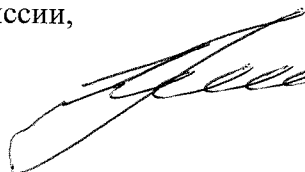
Номер темы	Наименование тем учебных занятий	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе учебных занятий с преподавателем	Из них по видам учебных занятий		Форма контроля
				Лекции	Практические занятия	
7.	<p>Метод моментов для электромагнитного моделирования. Основные задачи, решаемые в MWO электродинамическим методом</p> <p>Различные задачи: задача рассеяния, задача излучения. Параметры и характеристики. Построение антенны и расчет диаграммы направленности.</p> <p>Построение рисунка на слоях с помощью примитивов и по координатам. Пример построения спиральной индуктивности.</p> <p>Смешанное моделирование электромагнитных и электрических блоков. Внедрение управляемых элементов и активных моделей.</p> <p>Выполнение анализа направленного ответвителя с помощью EMSign.</p>	2	2	1	1	
8.	<p>Примеры решения электродинамических задач в программе MWO</p> <p>Задачи излучения. Антенны. Потери на излучение и тепловые потери в СВЧ-структурах.</p> <p>Полосковые и многослойные интегральные схемы. Косимуляция структур с распределенными и дискретными параметрами.</p> <p>Фильтры. Синтез фильтров, поэтапный синтез фильтров, начиная с низкочастотного прототипа и кончая СВЧ-реализацией.</p> <p>Утилита синтеза фильтров на основе заданных технических требований. Рассмотрение примеров.</p> <p>Расчет планарной микрополосковой антенны. Расчет диаграммы направленности и входного импеданса</p>	2	2	1	1	
9.	<p>Утилиты и ассистенты программы MWO</p> <p>Ассистенты программы MWO: построение нагрузочных линий, синтеза фильтров.</p> <p>Программа анализа линий.</p> <p>Проектирование направленных ответвителей, сумматоров мощности и других пассивных устройств СВЧ.</p> <p>Применение скриптов и работа MWO в комплексе проектирования, а также с программами SPICE, OrCAD, P-CAD и другими.</p> <p>Анализ и синтез фильтра на распределенных и дискретных элементах (индивидуальное задание).</p>	2,5	2,5	1	1,5	

Номер темы	Наименование тем учебных занятий	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе учебных занятий с преподавателем	Из них по видам учебных занятий		Форма контроля
				Лекции	Практические занятия	
10.	<p>Топологическое представление схемы, программа LAYOUT</p> <p>Пример перевода схемы в топологию и обратно. Закладка LAYOUT и работа с библиотеками топологического представления.</p> <p>Создание топологии первоначально и генерирование схемы.</p> <p>Многослойная топология. Рисование нескольких слоев и объединение их в диалоговом окне LAYER. Задание установок черчения слоев.</p> <p>Правила черчения топологии. Автоматическая проверка ошибок с помощью программы MWO.</p> <p>Создание нового символа и новой топологии элемента СВЧ-структуры.</p>	2,5	2,5	1	1,5	
11.	<p>Примеры построения и экспорта топологии</p> <p>Пример экспорта схемы пассивной структуры в топологию.</p> <p>Библиотеки GDS-II, примеры DXF, LPF.</p> <p>Пример копланарного волновода. Соотношение между представлением LAYOUT и трехмерным представлением EMSight.</p> <p>Описание топологии на языке C++. Примеры экспорта и сохранения топологических элементов.</p> <p>Дополнение библиотеки вновь созданной топологией и генерирование топологии по электрической схеме</p>	2	2	1	1	
12.	<p>Антенны и их характеристики. Черчение антенн и расчет характеристик на программе MWO</p> <p>Вибраторная антенна над плоскостью. Черчение её, задание условий расчета и расчет диаграммы направленности.</p> <p>Черчение плоской спиральной антенны, а также планарной микрополосковой антенны.</p> <p>Щелевая антенна. Создание возбуждения антенны, а также возбуждения в других частях электродинамической структуры.</p> <p>Поляризация и расчет поляризационных характеристик антенны. Простейшие антенные фазовые решетки, рассчитываемые с помощью MWO.</p> <p>Расчет параметров спиральной и щелевой антенн</p>	2	2	1	1	
13.	<p>Параметры и характеристики, выводимые в MWO при электродинамических расчетах</p> <p>Импедансные характеристики и многомодовые параметры рассеяния СВЧ-структур.</p> <p>Распределение тока на металлических поверхностях СВЧ-структур.</p> <p>Расчет электрического поля между слоями. Примеры задания и расчета. Расчет характеристик дальнего поля излучения.</p> <p>Вывод распределения тока и ближнего поля СВЧ-структуры</p>	2	2	1	1	

Номер темы	Наименование тем учебных занятий	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе учебных занятий с преподавателем	Из них по видам учебных занятий		Форма контроля
				Лекции	Практические занятия	
14.	<p>Проектирование генераторов в среде MWO</p> <p>Специальные методы расчета и элементы проектирования генераторов. Определение частоты генерации, фазовая плоскость и проектирование цепи обратной связи.</p> <p>Нелинейные шумы в генераторах. Расчет линейных и нелинейных шумов в генераторах.</p> <p>Пример проектирования схемы и топологии генератора.</p> <p>Проектирование умножителей, смесителей и других СВЧ-компонентов.</p> <p>Создание схемы и топологии СВЧ-генератора. Расчет частоты и нелинейного шума генератора</p>	2	2	1	1	
15.	<p>Анализ на уровне системы. Программа VSS</p> <p>Понятие цифрового потока данных. Сложные сигналы. Блочное представление радиосхемы.</p> <p>Папка System Blocs в закладке Elem. Создание простейшей системы и расчет глазковой диаграммы и диаграммы состояния.</p> <p>Понятие косимуляции: создание аналогово-цифровой схемы. Зависимость параметров системы от параметров аналоговой схемы.</p> <p>Различные виды кодовых сигналов и создание их в программе MWO.</p> <p>Анализ простейшей радиоструктуры со сложным сигналом на входе.</p>	2	2	1	1	
16.	<p>Анализ цифровых схем в среде MWO и с помощью других программ DSP</p> <p>Аналоговые и цифровые сигналы. Моделирование аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователей.</p> <p>Моделирование аналоговых устройств: усилителей, смесителей, фильтров в цифровой области.</p> <p>Модуляторы в цифровых системах связи. Модулятор и демодулятор QPSK.</p> <p>Примеры цифровых систем связи, телевидения и систем управления.</p> <p>Вывод на графике характеристик широкополосного сигнала GSM и CDMA.</p>	2	2	1	1	

Номер темы	Наименование тем учебных занятий	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе учебных занятий с преподавателем	Из них по видам учебных занятий		Форма контроля
				Лекции	Практические занятия	
17.	Дополнительные возможности MWO Ассистент и расчет с помощью него цифрового фильтра, нагрузочных выходных линий и систем. Оптимизация схем. Построение целевой функции, задание параметров оптимизации. Анализ поля разброса. Подстройка схем и систем в реальном масштабе времени. Операция Tune. Расчет поля допуска и производственного разброса. Использование аналитических выражений на разных этапах расчета. Выполнение синтеза фильтра по заданным характеристикам. Выполнить подстройку и оптимизацию фильтра	2	2	1	1	
Итоговая аттестация (выполнение итоговой работы ¹)		1	1	-	1	Зачет
Всего по программе:		36	36	17	19	Зачет

Председатель учебно-методической комиссии,
начальник отдела реализации
образовательных программ



Ю.А. Злобин

¹ Итоговая работа является совокупностью практических работ, выполненных в процессе изучения учебного материала.