

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.12 Силовая электроника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Современные методы цифровых измерений в научном эксперименте»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.09.12 Силовая электроника, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение методов цифровых измерений при проведении научного эксперимента в области устройств силовой электроники.

Задачами дисциплины являются:

- освоение алгоритмов цифровой обработки аналоговых сигналов;
- овладение методами измерения величин пропорциональных времени или частоте;
- освоение принципов построения современных многоканальных измерительных систем.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- владение методами анализа и синтеза устройств силовой электроники, в т.ч. современными отечественными и зарубежными пакетами программ для решения схемотехнических задач (ПК-2);
- способность определять область научно-технических задач в смежных направлениях исследований (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- цифровые методы измерения и обработки аналоговых величин (УК-2);
- аппаратные средства цифровой обработки сигналов (ПК-2).

уметь:

- синтезировать структуру измерительного тракта и определять параметры системы цифровой обработки сигналов (ОПК-2);
- разрабатывать измерительные системы с многоканальным сбором данных (ПК-3).

владеть:

- методами цифрового измерения величин, зависящих от времени (ПК-2);
- методами расчета коэффициентов цифровых фильтров для цифровых измерительных систем (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровые методы измерения величин пропорциональных времени или частоте (14 часов).

Измерение интервала времени между двумя событиями: основные подходы, повышение точности измерения для малых интервалов, измерение интервала времени при наличии ограничений.

Косвенные измерения величин, зависящих от времени. Способы измерения фазы: прямое измерение фазы, автоматический метод измерения фазы, измерение фазы низкочастотного сигнала. Измерение постоянной времени сигнала, представленного в виде экспоненциальной функции. Измерение ёмкости конденсатора по экспоненциальному и линейному разряду конденсатора. Измерение добротности RLC – контура. Измерение относительного уровня напряжения в децибелах.

Основной способ измерения частоты. Повышение точности при измерении частоты. Измерения соотношений частот двух различных сигналов: произведение, отношение, разность. Измерение девиации частоты в энергосистемах. Измерение низкой частоты в узком диапазоне частот: метод прямого счёта, метод дополняющих импульсов, метод обратного счёта. Быстродействующий метод измерения низкого значения частоты. Измерение пиковой частоты.

Цифровые методы измерений и обработки аналоговых сигналов (14 часов).

Представление аналогового сигнала в дискретном виде. Влияние длительности интервала дискретизации на дискретное представление сигнала. Эффект наложения спектров (aliasing). Дискретизация. Квантование. Спектр дискретного сигнала. Максимальный интервал дискретизации. Теорема Котельникова (критерий Найквиста).

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Симметрия ДПФ. Линейность ДПФ. Модуль ДПФ. Теорема о сдвиге. Обратное ДПФ. Окна в частотной области. Разрешающая способность ДПФ. Интерпретация ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Связь БПФ и ДПФ. Алгоритмы и программы БПФ. Спектр дискретного случайного процесса. Методы расчета спектра случайного процесса: непараметрические методы, параметрические методы.

Синтез цифровых фильтров (14 часов). Цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ - фильтр). Математические методы проектирования КИХ - фильтров. Цифровые фильтры с бесконечной

импульсной характеристикой (БИХ - фильтр). Математические методы проектирования БИХ-фильтров. Сравнение КИХ- и БИХ- фильтров. Прямые методы синтеза фильтров. Синтез БИХ - фильтров по аналоговому прототипу. Субоптимальный синтез КИХ – фильтров. Цифровые адаптивные фильтры. Идентификация системы. Подавление шумов.

Программируемые цифровые схемы (14 часов). Программируемые сопротивления. Программируемые делители. Программируемые усилители: инвертирующий, неинвертирующий, с программируемой полярностью коэффициента усиления, каскадирование усилителей, применение программируемых усилителей. Программируемый триггер Шмитта. Программируемые фильтры: режекторные фильтры, биквадратные фильтры. Программируемые аналоговые ключи и мультиплексоры.

Цифро-аналоговые преобразователи (14 часов). Внутренние структуры ЦАП: на основе программируемого усилителя, на основе взвешенных резисторов, с поразрядно взвешенными токами, с поразрядно взвешенными эталонными напряжениями. Каскадирование ЦАП. Построение многозвенных ЦАП лестничного типа. Разновидности ЦАП: ЦАП, управляемые током, инвертирующий многозвенный ЦАП, ЦАП с двоично-взвешенными зарядами. Параметры ЦАП: статические и динамические.

Аналого-цифровые преобразователи косвенного типа: преобразователь напряжение-время, преобразователь напряжение-частота. Модификации АЦП: интегрирующий АЦП, следящий АЦП, АЦП последовательного приближения, параллельные АЦП, сигма-дельта АЦП, многокаскадный АЦП. Параметры АЦП: статические, динамические. Входной интерфейс измерительных систем. Способы сопряжения измерительных плат с измерительными устройствами: последовательная и параллельная передача цифровых данных, программные средства сопряжения, стандартные интерфейсы. Многоканальные системы сбора данных.

Дальнейшее развитие теории дискретизации (14 часов).

Асинхронная и синхронная дискретизация. Теорема о несовпадении моментов дискретизации. Теорема о совпадающих множествах выборок. Теорем о среднем и среднеквадратичном значении. Изменение частоты дискретизации: прореживание, интерполяция, передискретизация. Практическое применение: измерение мощности переменного тока, измерение энергии, измерение напряжения, измерения тока.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Измерение интервала времени.
2. Способы измерения фазового сдвига.
3. Прямые и косвенные методы измерения частоты сигнала.
4. Прямые и косвенные методы измерения периода сигнала.
5. Способы повышения точности измерения частоты.
6. Квантование непрерывного сигнала.
7. Дискретизация аналогового сигнала.
8. Аналого-цифровое преобразование сигнала.
9. Критерий Найквиста. Теорема Котельникова.
10. Восстановление непрерывного сигнала по его цифровым отсчетам.
11. Дискретное преобразование Фурье.
12. Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по времени.
13. Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по частоте.
14. Обратное дискретное преобразование Фурье.
15. Нерекурсивные цифровые фильтры.
16. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ.
17. Рекурсивные цифровые фильтры.

18. Устойчивость БИХ-фильтров.
19. Адаптивные фильтры.
20. Идентификация системы. Подавление шумов.
21. Программируемые логические интегральные схемы.
22. Программируемые усилители.
23. Программируемые аналоговые ключи.
24. ЦАП с двоично-взвешенными зарядами.
25. Сигма-дельта АЦП второго порядка.
26. Виды интерфейсов измерительных систем.
27. Многоканальные системы сбора данных.
28. Виды дискретизаций. Передискретизация.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А. Б. Сергиенко . – 3-е изд . – СПб. : БХВ-Петербург, 2013 . – 768 с. - ISBN 978-5-9775-0915-2
2. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов : пер. с англ. / Ред. У. Кестер . – М. : Техносфера, 2010 . – 328 с. - ISBN 978-5-94836-243-4
3. Виноградова, Н. А. Разработка прикладного программного обеспечения АСНИ в среде LabVIEW при проведении теплофизического эксперимента : учебное пособие по курсам "Новые информационно-измерительные системы и технологии", "Автоматизированные системы научных исследований в теплофизическом эксперименте", "Экспериментальная теплофизика", "Технические средства автоматизации и управления" по направлениям "Техническая физика", "Автоматизация и управление" / Н. А. Виноградова, Я. И. Листратов, Е. В. Свиридов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд. дом МЭИ, 2008 . – 48 с. - ISBN 978-5-383-00165-3

Дополнительная литература:

4. Чан, Танг Т. Высокая скорость цифровая обработка сигналов и проектирование аналоговых систем : пер. с англ. / Танг Т. Чан . – М. : Техносфера, 2013 . – 192 с. - ISBN 978-5-94836-340-0