

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теория случайных процессов с элементами теории вероятностей и математической статистики; основы метрологии и метрологического обеспечения; математическая обработка результатов измерений; теория измерений и передача измерительной информации, методы и средства измерений механических величин, времени и частоты, тепловых величин, электрических и магнитных величин, аналитических и структурно-аналитических величин (состава и концентрации веществ).

Программа разработана экспертным советом по электронике, измерительной технике, радиотехнике и связи Высшей аттестационной комиссии при участии Московского государственного института электроники и математики, 32 ГНИИ Министерства обороны России и ВНИИ метрологической службы.

1. Основы метрологии

1. Предмет и задачи метрологии. Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ).

2. Средства измерений. Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные (эталонные) средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности.

3. Эталоны. Общие понятия. Государственные эталоны первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталонные копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов. Перспективы развития эталонов.

4. Методы и принципы измерений. Виды методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.

5. Общие требования к измерениям. Анализ постановки измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей. Метод замещения, компенсации погрешности по знаку, метод противопоставления, метод симметричных наблюдений.

Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.

6. Погрешности измерений. Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимости результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режиме. Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств. Концепция неопределенности результатов измерений.

7. Обработка результатов измерений. Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных. Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличных от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных, совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределении. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

8. Обеспечение единства измерений. Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений.

9. Измерения при контроле. Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.

2. Методы и средства измерений

1. Измерения механических величин. Каноническое уравнение механики. Законы Ньютона и Гука. Принцип Д'Аламбера. Измерительные преобразователи. Методы и средства измерений плотности веществ. Измерение параметров движения. Измерители линейных скоростей. Измерители скоростей вращения. Акселерометры. Виброметры. Методы измерения сил, моментов. Динамометры. Принципы действия динамометров. Моментомеры. Преобразование крутящего момента. Метрологические характеристики и классификация весоизмерительных приборов. Измерения линейно-угловых величин. Классификация средств линейно-угловых измерений. Поверочное оборудование и поверка средств измерений механических величин. Контроль размеров. Испытания на внешнее воздействие.

2. Теплофизические измерения. Закон Бойля-Мариотта. Закон Гей-Люссака. Уравнение Стокса и Бернулли. Основные законы термодинамики. Цикл Карно. Процесс Джоуля-Томпсона. Теплоемкость. Теорема Нернста. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Поверхностные явления. Основные понятия статистической физики. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сверхтекучесть. Строение твердого тела. Эффект Джозефсона. Эффект Холла. Методы измерения температуры. Общие сведения об измерении температуры и температурных шкалах. Метрологические характеристики классификация средств измерения температуры. Термометры сопротивления и методы измерения сопротивления. Пирометры. Методы измерения давления и разрежения, расхода и уровня. Средства измерений давления и разности давления. Вакуумметры. Измерение расхода жидкостей, газа и пара по перепаду давления в сужающем устройстве. Расходомеры постоянного перепада, электрические, тахометрические и ультразвуковые. Тепломеры. Измерение уровня. Методы и средства поверки средств измерений теплотехнических величин.

3. Измерение времени и частоты. Принцип неопределенности при измерении временных и частотных параметров. Эталонное время. Шкалы времени. Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли. Квантовые стандарты частоты и времени. Кварцевые меры частоты. Частотомеры резонансные, гетеродинные, емкостные, мостовые. Электронносчетные частотомеры. Синтезаторы частоты, делители и умножители частоты. Фазовые и частотные компараторы. Измерители интервалов времени. Приемники сигналов эталонных частот и сигналов времени. Методы определения действительного значения частоты электромагнитных колебаний. Методы определения кратковременной нестабильной частоты. Электронные методы измерения интервалов времени. Поверочное оборудование и поверка средств измерений времени и частоты.

4. Измерения электрических и магнитных величин. Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин. Электрические измерительные преобразователи. Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы, анализ спектра электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

5. Измерения аналитических и структурно-аналитических величин. Периодическая система элементов Менделеева. Закон Буггера-Ламберта-Бэра. Закон Фарадея. Уравнение Нернста. Закон Стокса-Ломмеля. Методы измерений аналитических и структурно-аналитических величин. Колориметрический метод. Измерение интенсивности окраски. Типы фотоэлектрических колориметров. Нефелометрический и турбидиметрический методы. Аппаратура и методика измерений. Фототурбидиметрическое титрование. Рефрактометрический метод. Анализ двух- и трехкомпонентных систем. Виды рефрактометров. Поляриметрический метод. Принципиальная схема поляриметра. Люминесцентный метод. Области применения люминесцентного метода. Кондуктометрический метод. Кондуктометрическое титрование. Установка для кондуктометрического высокоточного титрования.

Потенциометрический метод. Виды потенциометров. Полярографический метод. Концентрационная поляризация. Получение полярограммы. Аппаратура для полярографического анализа. Электроанализ. Теоретические основы метода. Аппаратура для электровесового и кулонометрического анализа. Хроматографический метод. Ионообменная, молекулярно-абсорбционная, осадочная и распределительная хроматография. Дозаторы, хроматографические колонки, детекторы. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Выражение неопределенности результатов измерений. Методы и средства обеспечения единства измерений аналитических величин. Содержание настоящего раздела дополняет программу-минимум по специальности 02.00.02 «Аналитическая химия».

3. Основы метрологического обеспечения

1. Особенности метрологического обеспечения при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств. Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Влияние средств измерений на точность и надежность технических устройств. Выбор средств измерений по точности. Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем.

2. Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений.

3. Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.

Рекомендуемая основная литература

1. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Общая метрология. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

2. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоиздат, 1991.

3. Шаракшанэ А.С., Халецкий А.К., Морозов И.А. Оценка характеристик сложных автоматизированных систем. М.: Машиностроение, 1993.
4. Клаасен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. М.: Постмаркет, 2000.
5. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. М.: Издательство стандартов, 1989.
6. Иориш Ю.И. Виброметрия. М.: Гостехиздат, 1963.
7. Попов М.М. Термометрия и калориметрия. М.: МГУ, 1954.
8. Чернышев Е.Т., Чечурина Е.Н., Чернышева Н.Г., Студенцов Н.В. Магнитные измерения. М.: Издательство стандартов, 1969.
9. Электрические измерения, под ред. Е.Г.Шрамкова. М.: Высшая школа, 1972.
10. Юинг Г.В. Инструментальные методы химического анализа. М.: Высшая школа, 1989.

Дополнительная литература

1. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1988.
2. Электрические измерения неэлектрических величин, под ред. П.В.Новицкого. М.: Энергия, 1975.
3. Стандарты частоты и времени на основе квантовых генераторов и дискриминаторов, под ред. Б.П. Фатеева. М.: Сов. Радио, 1978.
4. Орлова М.П. Низкотемпературная калориметрия. М.: Издательство стандартов, 1975.
5. Кавелеров Г.И., Мандельштам С.М. Введение в информационную теорию измерений. М.: Энергия, 1974.
6. Исаев Л.К., Малинский В.Д. Обеспечение качества: стандартизация, единство измерений, оценка соответствия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

**05.11.01 Приборы и методы измерения (измерение электрических
и магнитных величин, измерение параметров теплоносителей)**

по техническим наукам

Введение

Дополнительная программа составлена на базе основной программы по кандидатскому экзамену, и отражает требования к знаниям и умениям соискателя в области современных достижений приборостроения и информационно-измерительных технологий. В данной программе основное внимание уделяется фундаментальным вопросам измерения интегральных параметров периодических сигналов.

1. Преобразователи среднеквадратического значения сигналов в постоянное напряжение

1. Среднеквадратическое, среднев्यпрямленное значения сигналов, коэффициент формы, коэффициент амплитуды
2. Методы измерения среднеквадратического значения сигналов
3. Современные микросхемы преобразователей среднеквадратического значения сигналов в постоянное напряжение. Принципы построения, основные функциональные части.
4. Влияние формы и частоты сигналов на погрешности различных видов преобразователей

2. Основы измерения электрической энергии и мощности

1. Активная и реактивная мощность и энергия сигналов, коэффициент мощности
2. Методы измерения активной мощности сигнала
3. Принципы построения счетчиков электроэнергии. Индукционные и статические счетчики
4. Счетчики прямого и косвенного включения. Преимущества и недостатки
5. Современные микросхемы для измерения электрической мощности и энергии
6. Источники инструментальных погрешностей при измерении электрической мощности и энергии

3. Метрологические характеристики счетчиков электроэнергии.

Калибровка и поверка

1. Классы точности счетчиков электроэнергии. Динамический диапазон. Требования к классу точности для разных областей применения счетчиков электроэнергии
2. Калибровка и регулировка счетчиков электроэнергии
3. Поверка счетчиков электроэнергии
4. Оборудование для проведения калибровки и поверки. Образцовые счетчики, образцовые генераторы

4. Интегрирующие измерительные преобразователи (ИИП)

1. Принцип действия и разновидности ИИП
2. Двухтактный интегрирующий преобразователь. Технические характеристики
3. Преобразователь напряжения в частоту синхронизированного типа. Применения для построения АЦП
4. Сигма-дельта преобразователь 1-го порядка. АЦП на его основе
5. Сигма-дельта преобразователь 2-го порядка. Применение для построения АЦП

5. Измерительные трансформаторы тока

1. Определение, устройство. Область применения. Основные технические и метрологические характеристики измерительных трансформаторов тока (ИТТ)
2. Эквивалентная схема ИТТ. Источники погрешности. Пути уменьшения амплитудных и фазовых погрешностей ИТТ
3. Образцовые ИТТ. Методы поверки ИТТ. Компараторы токов, их типы, достоинства, недостатки
4. Активные трансформаторы тока. Конструкция, теория, технические характеристики, достоинства, недостатки

Литература основная

1. Информационно-измерительная техника и электроника : [учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика" / Г. Г. Раннев и др.] ; под. ред. Г. Г. Раннева. – 3-е изд., стер. - М.: Академия, 2009. - 512 с. : ил.
2. Кестер У. (ред.). Аналого-цифровое преобразование. – М.: Техносфера, 2007. — 1016 с.

3. Волович. Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 3-е изд. стер. – М.: Додэка-XXI, 2011. – 528 с. : ил.
4. Кнорринг В. Г. Цифровые измерительные устройства. Теоретические основы цифровой измерительной техники: [Электронный ресурс]. 2003. URL: https://yadi.sk/d/Az3d7_7jNNBXp (Дата обращения: 18.01.2017)
5. Измерения электрической энергии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. М. Бабичев, Ю. А. Пасынков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - URL: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222571 (Дата обращения: 18.01.2017)

Литература дополнительная

1. Волгин Л. И. Измерительные преобразователи переменного напряжения в постоянное / Л. И. Волгин. - М., 1977. - 240 с. : ил., схемы
2. Попов В. С. Измерение среднеквадратического значения напряжения / В. С. Попов, И. Н. Желбаков. - Москва, 1987. - 119, [2] с. : ил.
3. Колмогоров А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для вузов / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - М., 1989. - 623 с. : ил.
4. Балакришнан А. В. Прикладной функциональный анализ / А. В. Балакришнан ; пер. с англ. В. И. Благодатских. - Москва, 1980. - 383 с.
5. Федоров В. М. Курс функционального анализа : учебник [для математических специальностей вузов] / В. М. Федоров. - СПб. [и др.], 2005. - 351 с.
6. Ратхор Т. С. Цифровые измерения. АЦП / ЦАП : [учебник-монография] / Т. С. Ратхор ; пер. с англ. Ю. А. Заболотной ; под ред. Е. Л. Свинцова. - М., 2006. - 390, [1] с. : ил., схемы, табл.
7. Орнатский П. П. Автоматические измерения и приборы : (Аналоговые и цифровые): Учебник для вузов по спец. "Инф. -измер. техника". - Киев, 1986. - 503,[1] с. : ил.
8. Садченков Д. А. Современные цифровые мультиметры / Д. А. Садченков. - М., 2001. - 107 с. : ил.
9. Швецкий Б. И. Электронные цифровые приборы / Б. И. Швецкий. - Киев, 1991. - 190, [1] с. : ил.
10. Шляндин В. М. Цифровые измерительные устройства : учебник для вузов по спец. "Информ. -измер. техника". - М., 1981. - 335 с. : ил.

11. Сборник нормативных и методических документов по измерениям, коммерческому и техническому учету электрической энергии и мощности / сост.: Я. Т. Загорский, У. К. Курбангалиев. - М.: НЦ ЭНАС, 2001. - 344 с.
12. Трансформаторы тока [Электронный ресурс] : (свыше 1000 типоисполнений) : электронный справочник / ielectro. - М., 2008. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с диска.

Правила аттестации

Общая оценка уровня подготовки осуществляется в виде экзамена в устной форме по билетам, составленным на основе вопросов, содержащихся в основной и дополнительных программах кандидатского экзамена по специальности 05.11.01. Билет содержит три вопроса из основной программы и один вопрос из дополнительной.

По результатам ответа на вопросы по билету и, при необходимости, на дополнительные вопросы, взятые из настоящей программы, могут быть выставлены следующие оценки:

отлично – на все вопросы в билете даны правильные развернутые ответы, полностью раскрывающие содержание вопросов. На дополнительные вопросы, заданные комиссией, также даны полные и содержательные ответы;

хорошо – на вопросы даны, в целом, правильные, но не полные ответы. Раскрыта суть рассматриваемого процесса, но не приведены примеры. На дополнительные вопросы, заданные комиссией, получены правильные и достаточно убедительные ответы;

удовлетворительно – только на два вопроса даны правильные и относительно полные ответы; на дополнительные вопросы, заданные комиссией, получены достаточно правильные ответы;

неудовлетворительно – только на один вопрос даны правильные и относительно полные ответы, либо на все вопросы билета соискатель не дал убедительных ответов.