

**ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

---

**Ю. М. Коршунов, А. И. Бобиков, И. А. Вакарин, В. Н. Степаненко, А. И. Степашкин. Расчет и проектирование цифровых сглаживающих и преобразующих устройств**

**РАСЧЕТ И  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СГЛАЖИВАЮЩИХ  
И ПРЕОБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Под редакцией Ю. М. КОРШУНОВА

«ЭНЕРГИЯ-МОСКВА 1976

**6Ф7.3 Р24**

УДК 681.32.001.2

Авт.: Ю. М. Коршунов, А. И. Бобиков, И. А. Вакарин, В. Н. Степаненко, А. И. Степашкин.

**Расчет** и проектирование цифровых сглаживающих и преобразующих устройств. Под ред. Ю. М. Коршунова. М., «Энергия», 1976. - 336 с. с ил.

На обороте тит. л. авт.: Ю. М. Коршунов, А. И. Бобиков, И. А. Вакарин и др.

В книге излагаются методы проектирования и анализа специализированных ЦВУ осуществляющих операции сглаживания и преобразования дискретных сигналов, искаженных помехами.

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

цифровых сглаживающих устройств для текущего анализа спектральных характеристик случайных сигналов.

инженерно-технических работников, специализирующихся в области автоматики и вычислительной техники.

## **Содержание книги Расчет и проектирование цифровых сглаживающих и преобразующих устройств**

Предисловие

### **Глава первая. Теоретические основы анализа цифровых сглаживающих и преобразующих систем**

1-1. Общая структура и основные особенности цифровых сглаживающих и преобразующих систем

1-2. Математический аппарат для описания цифровых систем

а) Решетчатые функции и z-преобразование

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

б) Смещенные решетчатые функции и модифицированное z-преобразование

1-3. Математическое описание элементов цифровых систем

1-4. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых цифровых систем

1-5. Анализ переходных процессов в цифровых системах

Д-6. Анализ установившегося режима в цифровых системах

## **Глава вторая. Точность работы цифровых сглаживающих и преобразующих систем**

2-1. Эквивалентная схема образования ошибки цифровых систем

2-2. Динамическая ошибка преобразования

2-3. Случайная ошибка преобразования

2-4. Численный расчет ошибок, вызванных квантованием по уровню

2-5. Определение максимально возможной ошибки, вызванной квантованием по уровню

2-6. Оценка вероятности появления больших ошибок квантования по уровню

## **Глава третья. Преобразование функций, заданных цифровым кодом, в аналоговую форму**

3-1. Представление преобразующей системы в виде последовательного соединения блока прогноза и линейного интерполятора

3-2. Выбор оптимальной структуры преобразующей системы и величины периода квантования из условий требуемой точности преобразования

а) Воспроизводящая система

б) Дифференцирующая система

в) Интегрирующая система

3-3. Определение структуры цифровой системы, дающей минимум ошибки квантования по уровню

3-4. Практические схемы реализации линейного интерполятора

а) Линейный интерполятор с использованием двигателя постоянного тока

б) Линейный интерполятор с использованием шагового двигателя

## **Глава четвертая. Статистически оптимальные цифровые преобразующие системы и фильтры**

4-1. Постановка задачи

4-2. Определение характеристик оптимальных цифровых систем с конечной памятью по методу наименьших квадратов

4-3. Применение ортогональных полиномов для определения характеристик систем ОЦС в явном виде

а) Весовая функция системы ОЦС

б) Динамическая ошибка системы ОЦС

в) Коэффициент сглаживания и передаточная функция системы ОЦС

4-4. Реализация оптимальных преобразующих систем

а) Реализация оптимальной воспроизводящей системы

б) Реализация оптимальной дифференцирующей системы

4-5. Реализация оптимальных цифровых преобразующих фильтров

4-6. Нахождение структуры оптимальных фильтров по минимуму среднеквадратичной ошибки

4-7. Определение структуры оптимальных фильтров при учете случайного характера коэффициентов аппроксимирующего полинома

а) Сглаживание по  $N+1$  дискретным значениям

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

- б) Определение дисперсии ошибки сглаживающего фильтра
- в) Оптимальный прогноз при линейно меняющемся сигнале
- г) Оптимальный способ вычисления производной при линейно меняющемся сигнале

## **Глава пятая. Квазиоптимальные цифровые преобразующие системы и фильтры с бесконечной памятью**

- 5-1. Постановка задачи
- 5-2. Аппроксимация весовой функции оптимального устройства
- 5-3. Характеристики систем ЦСБ
- 5-4. Реализация систем ЦСБ и фильтров ЦФБ
  - а) Реализация воспроизводящей системы ЦСБ
  - б) Реализация фильтров ЦФБ
- 5-5. Последовательное соединение фильтров с конечной и бесконечной длительностью переходного процесса
- 5-6. Аппроксимация передаточной функции оптимального устройства
  - а) Аппроксимация функции
  - б) Характеристики квазиоптимальных преобразующих систем
  - в) Реализация квазиоптимальной системы
- 6-7. Квазиоптимальные цифровые преобразующие системы с плавным выходом

## **Глава шестая. Цифровая фильтрация случайных последовательностей с пропусками**

- 6-1. Особенности задачи фильтрации случайных последовательностей с пропусками
- 6-2. Структура и характеристики оптимальных цифровых фильтров с постоянным объемом памяти
- 6-3. Структура и характеристики оптимальных цифровых фильтров с постоянным интервалом наблюдения
- 6-4. Структура и характеристики субоптимальных цифровых фильтров с постоянным объемом памяти
- 6-5. Структура и характеристики субоптимальных цифровых фильтров с постоянным интервалом наблюдения
- 6-6. Структура и характеристики цифровых фильтров с постоянным эффективным объемом памяти
- 6-7. Структура и характеристики цифровых фильтров с постоянным эффективным интервалом наблюдения
- 6-8. Характеристики цифровых фильтров, оптимальных в условиях периодического поступления входных данных

## **Глава седьмая. Адаптивные цифровые сглаживающие и преобразующие фильтры**

- 7-1. Постановка задачи
- 7-2. Адаптивные цифровые сглаживающие и преобразующие фильтры с автоматическим выбором порядка астатизма
- 7-3. Адаптивные цифровые сглаживающие и преобразующие фильтры с автоматической оптимизацией параметров
- 7-4. Пример построения адаптивного цифрового сглаживающего фильтра

## **Глава восьмая. Цифровые спектральные анализаторы**

- 8-1. Спектральное представление сигналов

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

- 8-2. Аппаратурный анализ спектра с помощью специализированных ЦВУ
- 8-3. Проектирование цифровых генераторов синусоидальных сигналов
- 8-4. Синтез цифровых узкополосных фильтров для спектральных анализаторов
- 8-5. Многополюсные цифровые фильтры
- 8-6. Быстрое преобразование Фурье
- 8-7. Распространение процедуры быстрого преобразования Фурье на текущий гармонический анализ

Приложение. Определение общего выражения для дробно-рациональной функции, предназначенной для аппроксимации функции

Приложение. К задаче фильтрации случайных последовательностей с независимыми пропусками отдельных наблюдений

Приложение. Алгоритмы работы цифровых преобразующих фильтров и их описание на языке АЛГОЛ-60

Список литературы

## ПРЕДИСЛОВИЕ

При решении задач, связанных с проблемами управления, распознавания образов, автоматической обработки информации весьма часто встречаются случаи, когда используемый сигнал, искаженный помехой, должен быть передан по каналу связи и подвергнут некоторому линейному преобразованию с одновременным сглаживанием помехи. Достаточно эффективно эти операции могут быть осуществлены при представлении сигнала в цифровой форме. Если результат преобразования носит дискретный характер, то устройство, осуществляющее требуемое преобразование, представляет собой специализированное цифровое вычислительное устройство.

Принципы построения подобных устройств были заложены в конце 50-х годов и освещены в книгах В. П. Перова, Я. З. Цыпкина, Л. Т. Кузина, П. Д. Крутько. Эти же вопросы рассматривались в книге авторов [Л. 1].

Однако многочисленные исследования, проведенные за последние годы, значительно расширили возможности применения и улучшения свойств цифровых сглаживающих и преобразующих устройств.

Применение адаптивных и нелинейных алгоритмов обработки дискретной информации, более полный учет статистических свойств сигнала и помехи, в частности учет возможности потери отдельных наблюдений, согласование структур алгоритмов обработки информации со структурой проектируемого устройства относятся к тем новым методам, которые позволяют повысить качество преобразования сигналов, искаженных помехами, и в ряде случаев снизить аппаратные затраты.

Применение цифровых сглаживающих устройств для текущего анализа спектральных характеристик случайных сигналов обеспечивает создание цифровых спектральных анализаторов, обладающих высокой разрешающей способностью и малыми габаритами.

При проектировании подобных устройств возникает много вопросов, связанных с выбором эффективных алгоритмов преобразования для различных конкретных случаев, разрядности используемых кодов, величины периода квантования и способа

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

технической реализации устройства.

Хотя имеется большое число журнальных статей, посвященных отдельным из перечисленных задач, систематическое изложение этих вопросов отсутствует как в отечественной, так и в иностранной литературе. Настоящая книга ставит своей целью восполнить имеющийся пробел и дать приведенное в систему изложение методов проектирования и анализа специализированных цифровых вычислительных устройств (ЦВУ), осуществляющих операции сглаживания и преобразования дискретных сигналов, искаженных помехами.

Главы 1—3, § 4-1, 4-6 и 4-7, приложение 1 написаны Ю. М. Коршуновым, гл. 5, § 4-2—4-5, приложения 2 и 3 — А. И. Бобиковым, гл. 6 и приложение 4 — В. Н. Степаненко, гл. 7 — И. А. Вакариным, гл. 8 — А. И. Степашкиным.

*Авторы*

[Скачать книгу Ю. М. Коршунов, А. И. Бобиков, И. А. Вакарин, В. Н. Степаненко, А. И. Степашкин. Расчет и проектирование цифровых сглаживающих и преобразующих устройств. Москва, Издательство «Энергия», 1976](#)