

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

## Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. Справочник по активным фильтрам

МОСКВА

Энергоатомиздат

1983

Рецензент В. А. Силаев

D. JOHNSON, J. JOHNSON, H. MOORE A handbook of active filters

Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07623

Изложены основные методы расчета активных фильтров на операционных усилителях. Основное внимание уделяется вопросам расчета и реализации звеньев второго порядка. Все необходимые характеристики фильтров-прототипов приведены в приложениях, а расчетные формулы максимально упрощены. Включены данные по настройке звеньев. Особенностью справочника является то, что материал отдельных глав можно использовать совершенно независимо.

Для инженерно-технических работников в области автоматики, измерительной техники, радиоэлектроники, электротехники.

Джонсон Д. и др. **Справочник по активным фильтрам**: Пер. с англ./ Д. Джонсон, Дж. Джонсон, Г. Мур. — М: Энергоатомиздат, 1983. — 128 с.

### Содержание книги Справочник по активным фильтрам

Предисловие редактора перевода  
Предисловие

#### Глава первая. Введение

- 1.1. Частотно-избирательные фильтры
- 1.2. Фильтры всепропускающий и с постоянным временем замедления
- 1.3. Передаточные функции
- 1.4. Элементы активных фильтров
- 1.5. Построение фильтров

#### Глава вторая. Фильтры нижних частот Баттерворта и Чебышева

- 2.1. Фильтры нижних частот
- 2.2. Фильтры Баттерворта
- 2.3. Фильтры Чебышева

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

- 2.4. Выбор минимального порядка
- 2.5. Фильтры нижних частот с многопетлевой обратной связью и бесконечным коэффициентом усиления
- 2.6. Фильтры нижних частот на ИНУН
- 2.7. Биквадратные фильтры нижних частот
- 2.8. Настройка фильтров второго порядка
- 2.9. Фильтры нечетного порядка
- 2.10. Расчет фильтра нижних частот с многопетлевой обратной связью
- 2.11. Расчет фильтра нижних частот на ИНУН
- 2.12. Расчет биквадратного фильтра нижних частот
- 2.13. Расчет фильтра нижних частот нечетного порядка

## **Глава третья. Фильтры нижних частот инверсные Чебышева и эллиптические**

- 3.1. Инверсные фильтры Чебышева
- 3.2. Эллиптические фильтры
- 3.3. Эллиптические фильтры на ИНУН
- 3.4. Эллиптические фильтры на трех конденсаторах
- 3.5. Биквадратные эллиптические фильтры
- 3.6. Настройка инверсных Чебышева и эллиптических фильтров
- 3.7. Эллиптические фильтры нечетного порядка
- 3.8. Расчет эллиптического фильтра нижних частот на ИНУН
- 3.9. Расчет эллиптического фильтра нижних частот на трех конденсаторах
- 3.10. Расчет биквадратного эллиптического фильтра нижних частот
- 3.11. Расчет эллиптического фильтра нижних частот нечетного порядка

## **Глава четвертая. Фильтры верхних частот**

- 4.1. Общий случай
- 4.2. Фильтры верхних частот с многопетлевой обратной связью и бесконечным коэффициентом усиления
- 4.3. Фильтры верхних частот на ИНУН
- 4.4. Биквадратные фильтры верхних частот
- 4.5. Инверсные Чебышева и эллиптические фильтры верхних частот
- 4.6. Настройка фильтров второго порядка
- 4.7. Фильтры верхних частот нечетного порядка
- 4.8. Расчет фильтра верхних частот с многопетлевой обратной связью
- 4.9. Расчет фильтра верхних частот на ИНУН
- 4.10. Расчет биквадратного фильтра верхних частот
- 4.11. Расчет эллиптического фильтра верхних частот на ИНУН
- 4.12. Расчет эллиптического фильтра верхних частот на трех конденсаторах
- 4.13. Расчет биквадратного эллиптического фильтра верхних частот
- 4.14. Расчет фильтра верхних частот нечетного порядка

## **Глава пятая. Полосно-пропускающие фильтры**

- 5.1. Общий случай
- 5.2. Передаточные функции
- 5.3. Ширина переходных областей
- 5.4. Полосно-пропускающие фильтры с многопетлевой обратной связью и бесконечным коэффициентом усиления

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

- 5.5. Полосно-пропускающие фильтры на ИНУН
- 5.6. Биквадратные полосно-пропускающие фильтры
- 5.7. Инверсные Чебышева и эллиптические полосно-пропускающие фильтры
- 5.8. Настройка полосно-пропускающих звеньев второго порядка
- 5.9. Общие сведения по расчету и построению полосно-пропускающего фильтра
- 5.10. Расчет полосно-пропускающего фильтра с многопетлевой обратной связью
- 5.11. Расчет полосно-пропускающего фильтра на ИНУН
- 5.12. Расчет биквадратного полосно-пропускающего фильтра
- 5.13. Расчет эллиптического полосно-пропускающего фильтра на ИНУН
- 5.14. Расчет эллиптического полосно-пропускающего фильтра на трех конденсаторах
- 5.15. Расчет биквадратного эллиптического полосно-пропускающего фильтра

## **Глава шестая. Полосно-заграждающие фильтры**

- 6.1. Общий случай
- 6.2. Передаточные функции
- 6.3. Ширина переходных областей
- 6.4. Полосно-заграждающий фильтр с многопетлевой обратной связью и бесконечным коэффициентом усиления
- 6.5. Полосно-заграждающие фильтры на ИНУН
- 6.6. Настройка полосно-заграждающих звеньев второго порядка
- 6.7. Общие сведения по расчету и построению полосно-заграждающего фильтра
- 6.8. Расчет полосно-заграждающего фильтра с многопетлевой обратной связью
- 6.9. Расчет полосно-заграждающего фильтра на ИНУН
- 6.10. Расчет эллиптического полосно-заграждающего фильтра на ИНУН
- 6.11. Расчет эллиптического полосно-заграждающего фильтра на трех конденсаторах
- 6.12. Расчет биквадратного эллиптического полосно-заграждающего фильтра

## **Глава седьмая. Все пропускающие фильтры и фильтры с постоянным временем замедления**

- 7.1. Все пропускающие фильтры
- 7.2. Все пропускающие фильтры с многопетлевой обратной связью
- 7.3. Биквадратные все пропускающие фильтры
- 7.4. Фильтры Бесселя
- 7.5. Все пропускающие фильтры с постоянным временем замедления
- 7.6. Расчет все пропускающего фильтра с многопетлевой обратной связью
- 7.7. Расчет биквадратного все пропускающего фильтра
- 7.8. Расчет фильтра Бесселя с постоянным временем замедления
- 7.9. Расчет все пропускающего фильтра с постоянным временем замедления

Приложения

Список литературы

## **ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРЕВОДА**

Наметившийся в последнее время переход от фундаментальных монографий к справочникам свидетельствует не только о решении проблем практического проектирования активных фильтров, но и о широком распространении последних. Главная трудность создания краткого справочника в условиях существования огромного количества моделей активных фильтров и методик их расчета заключается в выборе тех немногих

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

моделей, которые могут служить промышленными стандартами. Советскому читателю предлагается одна из первых попыток такого выбора, основанная на зарубежной практике внедрения соответствующих разработок.

В справочнике представлен материал по всему комплексу проектирования активных фильтров: от таблиц аппроксимации заданных амплитудно- и фазочастотных характеристик до особенностей настройки. При этом из всех методов реализации выбран самый простой и распространенный — каскадное построение звеньев фильтров не выше второго порядка. В выборе этих звеньев фильтров хотя и чувствуется личная заинтересованность авторов, но в принципе отражены наиболее широко используемые на практике модели.

По данным справочника можно рассчитывать различные типы фильтров (нижних частот, верхних частот, полосно-пропускающие, полосно-заграждающие и постоянных времени задержания и фазы) даже новичкам в этой области. Поскольку авторы максимально упростили расчетные формулы и практически все характеристики фильтров табулированы, то проектирование можно осуществлять при помощи элементарного калькулятора или даже вручную.

Справочник ускорит внедрение в радиоаппаратуру таких малогабаритных избирательных устройств, какими являются активные фильтры.

*И. Н. Теплюк*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В этой книге представлены упрощенные методы получения законченных практических конструкций активных фильтров с помощью подстановки численных значений в уравнения. Книга может быть полезна для всех разработчиков фильтров: от новичков до высококвалифицированных специалистов, поскольку в ней уже проведена трудоемкая работа по получению расчетных формул, а сами характеристики фильтров табулированы. В качестве элементов схем используются интегральные операционные усилители, сопротивления и емкости. Расчетные формулы дают стандартные, обычно имеющиеся в наличии номинальные значения элементов.

Отличительной особенностью книги является то, что помимо характеристик фильтров Баттерворта и Чебышева, обычно табулированных, включены также характеристики инверсных Чебышева и эллиптических фильтров. Во всех четырех случаях представлены характеристики фильтров 2—10-го порядков. Включены также характеристики фильтров Бесселя 2—6-го порядков.

На основе расчетных формул можно сконструировать следующие типы фильтров: Фильтры Баттерворта, Чебышева, инверсные Чебышева и эллиптические нижних и верхних частот с порядком, лежащим в пределах от 2 до 10, и полосно-пропускающие и полосно-заграждающие типы фильтров 2, 4, 6, ..., 20-го порядков.

Фазосдвигающие или всепропускающие фильтры 2-го порядка.

Фильтры Бесселя или фильтры с постоянным временем задержания 2—6-го порядков.

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

Всепропускающие с постоянным временем замедления фильтры 2—6-го порядков.

Для фильтров Чебышева и эллиптических выбрана неравномерность передачи в полосе пропускания 0,1; 0,5; 1; 2 и 3 дБ, а для фильтров инверсных Чебышева и эллиптических табулировано минимальное затухание в полосе задержания от 30 до-100 дБ с шагом 5 дБ.

Для каждого типа фильтра приведены наиболее широко используемые структуры: фильтров различной сложности, от схем на источниках напряжения, управляемых напряжением на одном операционном усилителе (ОУ), до биквадратных схем на трех ОУ.

Каждый тип фильтра рассмотрен в отдельной главе, а в конце главы приведено краткое изложение каждой методики расчета и даны практические рекомендации. Для большинства типов фильтров подробно-рассмотрены численные примеры и даны амплитудно-частотные характеристики реальных фильтров. Каждый тип снабжен, методиками настройки, а ширина переходных областей либо табулирована (для эллиптических фильтров), либо задана формулами.

Одной из особенностей книги является то, что материал каждой главы не зависит от других, а краткое изложение расчета в конце самой главы не связано с остальной ее частью. Следовательно, можно использовать эти рекомендации для расчета практических фильтров без чтения или понимания материала самих глав.

При подготовке этой книги бесценное содействие оказали многие специалисты. В частности, хочется особенно поблагодарить миссис Мари Джайне (Marie Jines) и миссис Норму Даффи (Norma Duffy) соответственно за высококвалифицированную перепечатку рукописи и вычерчивание иллюстраций.

*Авторы*

[Скачать справочник по активным фильтрам.](#) Москва, Издательство Энергоатомиздат, 1983