

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

**Марше Ж. Операционные усилители и их применение**

## **ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

**Перевод с французского Ю. А. Ноткина и Г. И. Яковлева**

„Энергия“ Ленинградское отделение 1974

6П2.15

М 30

УДК 621.375.1

Марше Ж.

М30 Операционные усилители и их применение. Пер. с франц. Л., «Энергия», 1974. 216 с. сил.

В книге подробно рассмотрены основные характеристики, принципы построения и условия устойчивой работы операционных усилителей. Описано применение операционных усилителей для построения типовых аналоговых блоков автоматики и вычислительной техники, а также таких специфических схем, как гираторы, ротаторы и т. п. Большое место отведено исследованию свойств конверторов положительного и отрицательного сопротивлений и практических схем их использования. Приведены различные структурные и схемные варианты активных фильтров, их расчет и реализация.

Книга, может быть полезна инженерам ряда электротехнических специальностей, а также аспирантам и студентам вузов.

30502-522 051(0»)-74

J.—С. MARCHAIS

L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL ET SES APPLICATIONS MASSON et Cie, EDITEURS

120 Boulevard Saint-Germain, PARIS V<sup>e</sup> 1971

Перевод на русский язык. Издательство «Энергия», 1974

Содержание книги Операционные усилители и их применение

Предисловие к русскому изданию

От автора

Список основных условных обозначений и сокращений

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

## Часть первая

### СВОЙСТВА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

#### Глава первая. Обратная связь

1-1. Определение

1-2. Типы усилителей

1-3. Виды обратной связи

1-4. Вывод формул для обратной связи в четырех основных вариантах

1-5. Вывод формул для обратной связи в усилителе напряжения

#### Глава вторая. Понятие об операционном усилителе

2-1. Основные характеристики

2-2. Основные структуры и схемы

2-3. Примеры реализации

#### Глава третья. Измерения характеристик операционного усилителя

3-1. Входные характеристики

3-2. Выходные характеристики

3-3. Характеристики передачи

#### Глава четвертая. Использование операционного усилителя с обратной связью

4-1. Полоса пропускания

4-2. Петлевое усиление

4-3. Критерии устойчивости

4-4. Коррекция полосы усилителя

4-5. Корректирующие звенья

4-6. Характеристики усилителя с обратной связью

## Часть вторая

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

## ПРИМЕНЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

### Глава пятая. Типовые применения

- 5-1. Буферный усилитель с единичным усилением. Преобразователь сопротивления
- 5-2. Неинвертирующий усилитель
- 5-3. Инвертирующий усилитель
- 5-4. Сумматор со многими входами
- 5-5. Вычитающее устройство (сустрактор)
- 5-6. Компаратор напряжения
- 5-7. Источник опорного напряжения
- 5-8. Источник тока
- 5-9. Ограничитель
- 5-10. Интегратор
- 5-11. Дифференциатор
- 5-12. Генератор
- 5-13. Фазовращатель
- 5-14. Преобразователь фаза—амплитуда
- 5-15. Модулятор—демодулятор
- 5-16. Детектор

### Глава шестая. Конверторы Сопротивления

- 6-1. Управляемые источники
- 6-5. Конверторы отрицательных сопротивлений
- 6-3. Инвертор положительного сопротивления (ИПС), или гиратор
- 6-4. Инвертор отрицательного сопротивления (ИОС)
- 6-5. Циркулятор

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

6-6. Аномальные цепи

6-7. Согласованный обратимый усилитель

6-8. Конверторы положительных сопротивлений (КПС)

6-9. Ротатор

6-10. Симметризатор (рефлектор)

Глава седьмая. Функциональные генераторы

7-1. Функциональные усилители

7-2. Нелинейные двухполюсники и функциональные сопротивления

7-3. Умножитель

7-4. Заключение

Глава восьмая. Активные фильтры

8-1. Активные фильтры на основе гиратора

8-2. Активные фильтры с управляемыми источниками

8-3. Активные фильтры на базе усилителей с общей отрицательной обратной связью

8-4. Фильтры с КОС

8-5. Примеры реализации активных фильтров

8-6. Общее заключение об активных фильтрах

Приложение 1. Полосовые фильтры с расстроенными контурами

Приложение 2. Реализация активных фильтров на основе структуры Рауха

Список литературы

## ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Термин «операционный усилитель» (ОУ), возникший впервые в вычислительной технике, в настоящее время существенно изменил свое первоначальное значение. Если ранее с ним отождествлялось понятие «решающий усилитель» и неизменно связывалась какая-либо математическая операция — суммирование, интегрирование, дифференцирование и т. д., то

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

сегодня эти функции ОУ, хотя и не утратив своего значения, занимают лишь рядовое место в длиннейшем списке возможных применений операционного усилителя в автоматике, измерительной и вычислительной технике.

Являясь, по существу, идеальным усилителем напряжения, операционный усилитель играет в области аналоговых устройств не менее универсальную роль, чем логический инвертор — носитель простейшей логической функции — в цифровой технике. Такое сопоставление, конечно, чисто условно. ОУ представляет собой гораздо более сложный элемент — достаточно сказать, что для его сколь-нибудь полной характеристики требуется более двадцати параметров. Тем не менее, успехи электроники, и в особенности возникновение интегральной технологии, позволяют сегодня разработчику приборов, устройств и систем относиться к операционному усилителю именно как к элементу, не заботясь о его внутренней, порой весьма сложной, структуре.

Предлагаемый труд может, по нашему мнению, рассматриваться как введение в теорию и практику операционных усилителей. В нем почти не затрагивается достаточно сложная и интересная область схмотехники операционных усилителей. Описанные в качестве образцов интегральных ОУ СХ75 и хА709 к моменту выхода в свет оригинала, а тем более его русского перевода, значительно устарели. Книга Ж. Марше не охватывает таких важных для практики операционных усилителей вопросов, как методы уменьшения и компенсации дрейфа, уменьшения входных токов, построения оптимальных амплитудно-частотных характеристик, расширения входного и выходного линейного динамического диапазона, машинного проектирования, интегральной технологии и т. д.

Однако можно смело утверждать, что почти каждая из затронутых тем является в настоящее время предметом самостоятельного исследования, а данный труд может послужить для него необходимым фундаментом.

При переводе книги несколько изменена используемая автором терминология в соответствии с практикой, сложившейся в отечественной литературе, исправлены некоторые ошибки, замеченные в оригинале при выводе формул, сделаны незначительные добавления и расширен список рекомендуемой литературы.

Переводчики

ОТ АВТОРА

Эта книга Предназначена для техников, студентов старших курсов и начинающих инженеров. Она посвящена операционным усилителям и их применению.

После появления гибридных и интегральных схем промышленное использование операционных усилителей значительно расширилось. Схемные реализации, еще несколько лет назад казавшиеся не имеющими смысла из-за сложности и большой стоимости, сегодня стали обычными.

Для того чтобы легче усвоить излагаемый материал, математический уровень которого

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

сознательно сделан относительно невысоким, необходимо знать характеристики и свойства полупроводниковых устройств, а также теорию активных линейных четырехполюсников и многополюсников. Читателю, мало сведущему в этих вопросах, автор предлагает обратиться к замечательному труду Ж. Ортюзи [1] по анализу цепей.

Первая глава, посвященная обратной связи и ее использованию в усилителях, вероятно, покажется некоторым сухой и неинтересной. Однако ее изучение значительно упростит понимание глав, посвященных применению, и позволит легко ориентироваться в приведенных в них формулах и ссылках.

В последних трех главах, значительных по объему, изложены примеры современного использования операционных усилителей. В этих главах отсутствует теоретическое обоснование предлагаемых функций, однако в них приведены структуры, образованные из одного или нескольких усилителей, позволяющие реализовать эти функции при определенных условиях. Ограничения, накладываемые на характеристики приведенных схем, обуславливаются не самой их структурой, а реальными ограничениями параметров операционных усилителей.

Мы рекомендуем чтение данной книги в порядке, установленном нумерацией глав, поскольку многие физические и математические результаты, полученные в предыдущих главах, прямо используются в последующих.

[Скачать книгу](#) Марше Ж. Операционные усилители и их применение. Перевод с французского. Ленинград, Издательство «Энергия», 1974