

УДК 621.316.925.049.77(075.8)+621.375.087.9(075.8)

Г525

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А. А. Воевода*

д-р техн. наук, доцент *А. Г. Русина*

канд. техн. наук, доцент *Д. Е. Шевцов*

канд. техн. наук, доцент *М. В. Андреев*

Глазырин В. Е.

Г525 Элементы автоматических устройств на микроэлектронной базе: учебник / В. Е. Глазырин, И. И. Литвинов, М. А. Купарев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. – 263 с. («Учебники НГТУ»)

ISBN 978-5-7782-5003-1

В учебнике представлены основы теории построения измерительных органов устройств релейной защиты и автоматики на базе элементов аналоговой электроники: полупроводниковых приборов, операционных усилителей и схем на их основе. Рассмотрены принципы построения аналоговых активных и пассивных фильтров для выделения основной и высших гармоник электрических сигналов; представлены схемы фильтров симметричных составляющих токов и напряжений. Рассмотрены способы построения дистанционных аналоговых реле и определение параметров схемы для получения заданных характеристик срабатывания в комплексной плоскости. Рассмотрены принципы функционирования серийных аналоговых реле, выпускаемых отечественной промышленностью, таких как РСТ-13, РСН-16 и др. Отдельный раздел посвящен вопросам проектирования нетиповых аналоговых реле, выполняющих заданные функции защиты и автоматики.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению 13.04.02 «Электротехника и электроэнергетика»,
профиль «Автоматика энергосистем»

УДК 621.316.925.049.77(075.8)+621.375.087.9(075.8)

ISBN 978-5-7782-5003-1

© Глазырин В. Е., Литвинов И. И., Купарев М. А., 2023

© Новосибирский государственный
технический университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	6
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ	7
1.1. Входные сигналы устройств релейной защиты и автоматики	7
1.2. Выходные сигналы устройств релейной защиты и автоматики	8
1.3. Структура устройств релейной защиты и автоматики	9
1.4. Основная классификация элементов устройств релейной защиты и автоматики	11
1.5. Направленность элементов. Обратные связи	14
1.6. Надежность элементов	15
Глава 2. ПРИНЦИПЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ	17
2.1. Классификация измерительных органов	17
2.2. Принципы осуществления схем сравнения	18
2.3. Зона действия органа с одной электрической величиной	18
2.4. Принципы осуществления измерительных органов с одной электрической величиной	20
2.5. Зона действия органа с двумя электрическими величинами	23
2.6. Принципы построения органов с двумя электрическими величинами	25
2.7. Зона действия ИО при применении схемы сравнения двух электрических величин по абсолютному значению	26
2.8. Определение коэффициентов \dot{k}_1 , \dot{k}_2 , \dot{k}_3 и \dot{k}_4 для получения заданной зоны действия ИО при применении схемы сравнения двух электрических величин по абсолютному значению	29
2.9. Использование свободы выбора коэффициентов \dot{k}_1 , \dot{k}_2 , \dot{k}_3 и \dot{k}_4	31
2.10. Зона действия ИО при применении схемы сравнения двух электрических величин по фазе	33



2.11. Определение коэффициентов \dot{k}_1 , \dot{k}_2 , \dot{k}_3 и \dot{k}_4 для получения заданной зоны действия при применении двух электрических величин по фазе при $\varphi_2 = \varphi_1 + \pi$	36
2.12. Поведение органа при малых значениях подведенных величин.....	39
2.13. Зона действия органа с тремя и более электрическими величинами.....	44
Задачи к главе 2	45
Глава 3. ЛИНЕЙНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИНУСОИДАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ	49
3.1. Классификация преобразователей непрерывных величин в непрерывные.....	49
3.2. Линейное преобразование синусоидальных напряжений и токов в синусоидальное напряжение или ток	50
3.3. Линейное преобразование напряжения в напряжение	50
3.4. Линейное преобразование тока \dot{I} в напряжение $\dot{k}\dot{I}$	53
3.5. Получение суммарной ЭДС от нескольких преобразователей	54
3.6. Получение суммарного тока	57
3.7. Аппараты, входящие в схемы линейных преобразований.....	61
3.8. Сопротивления, регулируемые по величине и углу	61
3.9. Регулируемый потенциометр.....	65
3.10. Регулируемый трансформатор и автотрансформатор напряжения.....	66
3.11. Угловые погрешности промежуточных трансформаторов.....	70
3.12. Трансреактор и требования к нему	72
Контрольные вопросы к главе 3	78
Глава 4. ФИЛЬТРЫ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ	79
4.1. Основные требования, предъявляемые к фильтрам симметричных составляющих	79
4.2. ФНОП. Основные соотношения и сопротивления нагрузки	82
4.3. Потребление и энергетические показатели α и β ФНОП.....	85
4.4. Напряжение небаланса ФТОП и показатели γ	87
4.5. Потенциальные диаграммы простейших ФНОП. Конструирование фильтров	89
4.6. Фильтры напряжения прямой последовательности (ФНПП) и их особенности.....	95
4.7. Фильтры тока прямой (ФТПП) и обратной (ФТОП) последовательности	97
Контрольные вопросы к главе 4	106

Глава 5. МАГНИТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ.....	107
5.1. Основные понятия и область применения.....	107
5.2. Принцип действия и основные режимы работы дроссельных магнитных усилителей	107
5.3. Дроссельный магнитный усилитель в режиме свободного намагничивания	109
5.4. Характеристика управления дроссельным магнитным усилителем с малым сопротивлением в цепи управления.....	115
5.5. Дроссельный магнитный усилитель с большим сопротивлением цепи управления.....	118
Контрольные вопросы к главе 5	122
Глава 6. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ.....	123
6.1. Идеальный операционный усилитель	123
6.2. Классификация операционных схем.....	125
6.3. Параллельные операционные схемы.....	129
6.4. Последовательные операционные схемы	144
6.5. Комбинированные операционные схемы	147
6.6. Комбинированная положительная и отрицательная обратная связь	156
6.7. Операционные схемы с несколькими усилителями	161
6.8. Некоторые операционные схемы, используемые в УРЗА	164
6.9. Реализация измерительных органов с одной электрической величиной с использованием времяимпульсных схем сравнения.....	184
Глава 7. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....	201
Библиографический список	251
Приложение	252