

Ю. В. Румянцев  
В. Ю. Румянцев  
Ф. А. Романюк

**ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СОСТАВЛЯЮЩИХ ВХОДНЫХ ВЕЛИЧИН  
В ЦИФРОВЫХ ОРГАНАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ**

Минск  
БНТУ  
2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ .....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ .....	10
1.1. Общие принципы реализации программных комплексов для функциональных испытаний микропроцессорных защит.....	10
1.2. Особенности расчета параметров блоков моделей электрооборудования из библиотеки SimPowerSystems.....	12
1.2.1. Расчет параметров основных библиотечных блоков для формирования модели обобщенного энергетического объекта.....	12
1.2.2. Методика расчета параметров блока модели трехфазного силового трансформатора.....	14
1.3. Блоки моделей отсутствующие в библиотеке SimPowerSystems и их реализация в Simulink .....	18
1.3.1. Блок модели трехфазной группы трансформаторов тока..	18
1.3.2. Модель стандартного цифрового измерительного органа.....	24
1.4. Использование искусственной нейронной сети для целей релейной защиты .....	29
1.4.1. Архитектура искусственной нейронной сети .....	30
1.4.2. Определение насыщения трансформатора тока на основе использования искусственной нейронной сети.....	33
2. БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ФОРМИРОВАТЕЛИ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЗАЩИТ .....	43
2.1. Формирование ортогональных составляющих входных сигналов в цифровых измерительных органах микропроцессорных защит с коррекцией амплитудной динамической погрешности.....	43
2.1.1. Корректирующие коэффициенты для формирования эквивалентных ортогональных составляющих.....	44
2.1.2. Корректирующие коэффициенты для цифровых измерительных органов тока с повышенной динамикой установления выходного сигнала. ....	50

2.1.3. Формирование ортогональных составляющих в быстродействующих измерительных органах микропроцессорных защит, реагирующих на возрастание входных сигналов .....	54
2.1.4. Формирование ортогональных составляющих в быстродействующих измерительных органах микропроцессорных защит, реагирующих на возрастание и снижение входных сигналов .....	62
2.2. Формирование ортогональных составляющих сигналов с коррекцией фазовой динамической погрешности.....	76
2.2.1. Принципы выполнения формирователей ортогональных составляющих сигналов с коррекцией фазовой динамической погрешности.....	76
2.2.2. Формирование ортогональных составляющих с коррекцией динамической фазовой погрешности на основе обработки мгновенных значений сигналов .....	81
2.2.3. Формирование ортогональных составляющих с коррекцией фазовой динамической погрешности на основе обработки интегральных значений сигналов .....	87
2.3. Формирование ортогональных составляющих входных сигналов с комплексной коррекцией амплитудной и фазовой динамических погрешностей.....	91
<b>3. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ С ОДНИМ ВХОДНЫМ СИГНАЛОМ .....</b>	<b>99</b>
3.1. Принципы выполнения цифровых измерительных органов с одним входным сигналом .....	99
3.1.1. Общие положения .....	99
3.1.2. Особенности построения цифровых измерительных органов тока и напряжения.....	100
3.1.3. Принципы реализации цифровых измерительных органов тока и напряжения .....	102
3.1.4. Оценка функционирования цифровых измерительных органов тока и напряжения в нормальном и аварийных режимах .....	105
3.2. Снижение влияния изменений частоты на функционирование цифровых измерительных органов .....	112
3.2.1. Алгоритм компенсации колебаний выходного сигнала ЦФ при отклонении частоты от номинальной.....	112

3.2.2. Быстродействующий метод определения амплитуды сигнала при колебаниях частоты .....	117
3.3. Цифровые измерительные органы тока обратной последовательности.....	119
3.3.1. Формирование ортогональных составляющих токов фаз в цифровых измерительных органах тока обратной последовательности.....	121
3.3.2. Анализ поведения цифрового измерительного органа тока обратной последовательности в нормальном и аварийных режимах .....	126
3.4. Цифровые измерительные органы тока нулевой последовательности.....	131
3.4.1. Анализ поведения цифрового измерительного органа тока нулевой последовательности в нормальном и аварийных режимах .....	133
3.4.2. Динамические свойства цифрового измерительного органа тока нулевой последовательности .....	135
<b>4. ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ С НЕСКОЛЬКИМИ ВХОДНЫМИ СИГНАЛАМИ НА ОСНОВЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ .....</b>	<b>139</b>
4.1. Теоретические предпосылки, положенные в основу выполнения органа направления мощности и цифровая реализация его функционирования.....	139
4.1.1. Оценка качества функционирования цифрового органа направления мощности в нормальном и аварийных режимах .....	144
4.2. Принципы выполнения и алгоритм дистанционных измерений в цифровом измерительном органе сопротивления .....	153
4.2.1. Анализ теоретических положений и принципов выполнения цифровых измерительных органов сопротивления ...	153
4.2.2. Оценка алгоритма цифрового вычисления полного сопротивления в нормальном и аварийных режимах .....	156
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>166</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>167</b>