

Б.А. Коробейников
А.Б. Коробейников

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
С ВРАЩАЮЩИМСЯ
МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ
В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Б.А. Коробейников, А.Б. Коробейников

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ
ПОЛЕМ В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

МОНОГРАФИЯ

**Краснодар
2014**

УДК 621.311.1
ББК 31.279
К68

Рецензент

В.А. Атрощенко, доктор технических наук, профессор

К68 **Коробейников, Борис Андреевич.**

Преобразователи с вращающимся магнитным полем в релейной защите электрических сетей : монография / Б.А. Коробейников, А.Б. Коробейников ; ФГБОУ ВПО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – 272 с.

ISBN 978-5-91718-324-4

Рассмотрены вопросы теории построения, анализа и практического выполнения однофазных преобразователей с вращающимся магнитным полем, на основе которых предложено несколько новых устройств релейной защиты электрических сетей: реле тока, реле направления мощности, реле сопротивления, фильтры симметрических составляющих.

Книга рассчитана на специалистов научно-исследовательских и проектных организаций, работающих в области релейной защиты и автоматики электрических сетей, а также студентам вузов по направлению «электроэнергетика и электротехника»

ББК 31.279
УДК 621.311.1

ISBN 978-5-91718-324-4 © Б.А. Коробейников, А.Б. Коробейников, 2014
© ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2014
© ООО «Издательский Дом – Юг», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПВМП ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	8
1.1 Использование ПВМП в микропроцессорной РЗ	8
1.2 Получение вращающегося магнитного поля для однофазных систем	10
1.3 Электрические схемы ПВМП	13
1.4 Формирование вращающегося магнитного поля на основе ПВМП	14
1.5 Определение индуктивности базовой обмотки ПВМП	21
1.6 Выбор метода поиска минимума целевой функции для идентификации параметров ПВМП	25
1.7 Идентификация параметров ПВМП с несколькими первичными обмотками	31
1.7.1 ПВМП с четырьмя первичными обмотками без учёта активных сопротивлений обмоток	31
1.7.2 ПВМП с четырьмя первичными обмотками с учётом активных сопротивлений обмоток	33
1.7.3 ПВМП с четырьмя первичными обмотками с учётом активных сопротивлений обмоток без балластного дросселя	36
1.7.4 Идентификация параметров ПВМП с тремя первичными обмотками	38
1.8 Конструктивные особенности выполнения ПВМП	40
1.8.1 Конструкция ПВМП с магнитопроводом из электротехнической стали	40
1.8.2 Конструкция ПВМП с магнитопроводом из феррита	46
ГЛАВА 2	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПВМП	51
2.1 Обобщенная математическая модель ПВМП с четырьмя первичными обмотками	51
2.2 Математическая модель ПВМП с шестифазной системой выходных обмоток	55

2.3	Реализация математической модели ПВМП в среде MATLAB	60
2.4	Исследования ПВМП на основе математической модели	62
ГЛАВА 3		
	РЕЛЕ ТОКА НА ОСНОВЕ ПВМП	70
3.1	Математическая модель реле тока на основе ПВМП	70
3.2	Исследование работы реле тока на основе ПВМП с использованием математической модели	73
3.3	Исследования экспериментального образца реле тока на основе ПВМП	76
ГЛАВА 4.		
	РЕЛЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ ПВМП	78
4.1	Фазочувствительный орган на основе ПВМП	78
4.2	Математическая модель фазочувствительного органа на основе ПВМП в матричной форме	88
4.3	Реализация и экспериментальное исследование математической модели реле направления мощности на основе ПВМП	110
4.4	Испытания опытного образца реле направления мощности на основе ПВМП	118
ГЛАВА 5		
	РЕЛЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПВМП	122
5.1	Дистанционные органы РЗ на основе ПВМП	122
5.2	Математические модели реле сопротивления на основе ПВМП	136
5.2.1	Математическая модель для реле полного сопротивления	136
5.2.2	Математическая модель для реле сопротивления со сложной характеристикой срабатывания на основе ПВМП	148
5.3	Исследование работы реле полного сопротивления на основе математической модели	181
5.3.1	При синусоидальном установившемся режиме	181
5.3.2	При искажениях сигнала от перегруженных трансформаторов тока	189

ГЛАВА 6	
ФИЛЬТРЫ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ	
НА ОСНОВЕ ПВМП	
	192
6.1	Схемы фильтров симметричных составляющих
	192
6.2	Работа фильтров симметричных составляющих
	при нарушениях симметрии в трехфазной сети
	196
6.3	Математическая модель фильтров тока симметричных
	составляющих на основе ПВМП
	201
6.3.1	Математическая модель ФТОП
	201
6.3.2	Математическая модель ФТПП
	на основе ПВМП
	219
6.3.3	Математическая модель ФТНП
	на основе ПВМП
	231
6.4	Исследование фильтров симметричных составляющих
	при различных коротких замыканиях
	243
6.4.1	При синусоидальном установившемся режиме
	короткого замыкания
	243
6.4.2	При перегруженных трансформаторах тока
	в установившемся режиме
	248
6.4.3	При переходном процессе без перегрузки
	трансформаторов тока
	256
6.4.4	При переходном процессе с перегрузкой
	трансформаторов тока
	256
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	
	265