МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

На правах рукописи

КОМЯКОВА Татьяна Владимировна

УДК 621.331:621.311.4:621.314.632

МНОГОПУЛЬСОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ **тяговых**ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Специальность 05.22.09 - Электрификация
железнодорожного транспорта

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор М.Г.ШАЛИМОВ Научный консультант - кандидат технических наук, доцент Г. С.МАГ АЙ

Омск - 1999

***z***

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5

1. Многопульсовые неуправляемые выпрямители при симметричных

питающих напряжениях 17

* 1. Многопульсовые схемы выпрямления 17
	2. Выпрямленное напряжение многопульсовых выпрямителей при

симметричных питающих напряжениях 30

* 1. Сетевой ток многопульсовых выпрямителей при симметричных

питающих напряжениях 42

* 1. Характеристики многопульсовых выпрямителей при симметричных

питающих напряжениях 48

* + 1. Внешняя характеристика 48
		2. Коэффициент мощности 49
	1. Основные результаты и краткие выводы 52
1. Многопульсовые неуправляемые выпрямители при несимметричных

питающих напряжениях 55

* 1. Выпрямленное напряжение и внешняя характеристика выпрямителей

при несимметрии питающих напряжений 55

* 1. Сетевой ток многопульсовых выпрямителей при несимметрии

питающих напряжений 81

* + 1. Сетевой ток шестипульсового мостового выпрямителя при

несимметрии питающих напряжений 81

* + 1. Сетевой ток двенадцатипульсового выпрямителя при несимметрии

питающих напряжений 96

2.3. Основные результаты и краткие выводы 106

*з*

1. Влияние аварийных режимов и конструктивной несимметрии на

гармонический состав кривых напряжения многопульсовых выпрямителей 109

* 1. Гармонический анализ кривых напряжения многопульсовых

выпрямителей при несимметричных аварийных режимах 109

* + 1. Гармоники выпрямленного напряжения многопульсовых

выпрямителей при обрыве одной фазы вентильной обмотки преобразовательного трансформатора 109

* + 1. Гармоники напряжения в цепи однофазного замыкания на землю

вентильной обмотки трансформатора многопульсовых выпрямителей 124

* 1. Влияние конструктивной несимметрии вентильных обмоток

преобразовательного трансформатора на гармонический состав кривой выпрямленного напряжения 139

* 1. Основные результаты и краткие выводы 147
1. Обоснование рациональной мощности и количества выпрямителей

на тяговой подстанции 149

* 1. Анализ электропотребления на тягу поездов подстанциями

постоянного тока 149

* 1. Выбор рациональной мощности и количества выпрямителей на

тяговой подстанции 164

* 1. Расчет экономического эффекта от внедрения выпрямителя

мощностью 6,3 MB A 188

* 1. Основные результаты и краткие выводы 193
1. Экспериментальные исследования характеристик многопульсовых

выпрямителей 195

5.1. Характеристики двадцатичетырехпульсового выпрямителя тяговой

подстанции магистрального участка железной дороги

195

1. Характеристики двенадцатипульсового выпрямителя тяговой

подстанции метрополитена 206

1. Характеристики двенадцатипульсового выпрямителя мощностью 6,3 MB A тяговой подстанции магистрального участка железной

дороги 216

1. Основные результаты и краткие выводы 228

Заключение 230

Список использованных источников 234

Приложение 1. Техническое задание на опытно-конструкторскую рабо­ту: “Преобразовательный трансформатор мощностью 6300 кВ-A для питания полупроводниковых выпрями­телей тяговых подстанций постоянного тока напряжени­

ем 3,3 кВ” 251

Приложение 2. Программы экспериментальных исследований 261

Приложение 3. Акт внедрения опытного образца двадцатичетырехпуль­сового выпрямителя на тяговой подстанции Омск За­падно-Сибирской ж.д 275

Приложение 4. Акт внедрения двенадцатипульсового выпрямителя на тяговой подстанции Заельцовская МП “Новосибирский

метрополитен” 278

Приложение 5. Акт внедрения двенадцатипульсового выпрямителя в составе преобразовательного трансформатора ТРМП- 6300/3 5ЖУ1 и модернизированных вентильных конст­рукций ПВЭ-5 на тяговой подстанции Мариановка За­падно-Сибирской ж.д 28

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Наиболее острой проблемой в настоящее время является обеспечение электромагнитной совместимости различных потребителей. Улучшение усло­вий электромагнитной совместимости системы тягового электроснабжения постоянного тока со смежными электротехническими устройствами может быть достигнуто путем использования многопульсовых выпрямителей на тя­говых подстанций электрического транспорта.

Основные результаты работы:

1. Теоретические и экспериментальные исследования, длительный опыт эксплуатации подтвердили необходимость применения многопульсовых схем выпрямления на тяговых подстанциях магистральных электрических желез­ных дорог и метрополитена.
2. Исследованы волнистость кривой, гармоники выпрямленного напря­жения, внешняя характеристика многопульсовых выпрямителей при несим­метричных питающих напряжениях. Показано, что коэффициент наклона внешней характеристики многопульсовых выпрямителей при несимметрии питающих напряжениях не изменяется.
3. Выполнен анализ и выявлены закономерности формирования спек­трального состава сетевого тока многопульсовых выпрямителей при несим­метричных питающих напряжениях с учетом коммутации вентильных токов. Несимметрия питающих напряжений обусловливает появление в сетевом то­ке многопульсовых выпрямителей всех нечетных гармоник.
4. Предложена методика расчета ЭДС гармоник выпрямленного напря­жения многопульсовых выпрямителей при обрыве одной фазы вентильной обмотки преобразовательного трансформатора в различных нагрузочных ре­жимах. Выявлено, что в данном режиме в кривой выпрямленного напряжения появляются все четные гармоники, наибольшее значение из которых имеет гармоника частотой 100 Гц.
5. Предложена методика расчета ЭДС гармоник напряжения в цепи од­нофазного замыкания на землю вентильной обмотки трансформатора много­пульсовых выпрямителей. В случае однофазного замыкания на землю вен­тильной обмотки трансформатора в кривой напряжения преобладают гармо­ники следующих порядков: 1, 3, 6, 9, 12, 15..., т.е. первая гармоника и все по­следующие, кратные трем. Наибольшее значение для всех схем выпрямления при этом режиме имеет гармоника частотой 50 Гц. Результаты, полученные при исследовании аварийных режимов, могут быть использованы при разра­ботке средств защиты от опасного влияния устройств электроснабжения на работу устройств СЦБ.
6. Конструктивная несимметрия вентильных обмоток преобразователь­ного трансформатора обусловливает появление в кривой выпрямленного на­пряжения и сетевого тока многопульсовых выпрямителей неканонических гармоник. Это приводит к ухудшению условии электромагнитной совмести­мости и должно учитываться при проектировании преобразовательных трансформаторов для многопульсовых схем выпрямления.

7.Экспериментальные исследования на действующем оборудовании тя­говых подстанций магистральных электрических железных дорог и метропо­литена подтвердили достоверность теоретических исследований выпрямлен­ного напряжения и сетевого тока многопульсовых выпрямителей при различ­ных режимах их работы.

8.Опыт эксплуатации и экспериментальные исследования подтвердили высокие показатели двадцатичетырехпульсового выпрямителя тяговой под­станции магистрального участка железной дороги. В целях дальнейшего улучшения технико-экономических показателей многопульсовых выпрями- телеи, решения проблемы электромагнитном совместимости следует рас­смотреть вопрос о проектировании и промышленном изготовлении оборудо­вания для двадцатичетырехпульсового неуправляемого выпрямителя маги­стрального участка железной дороги.

1. Разработан и внедрен двенадцатипульсовый выпрямитель на тяговой подстанции Заельцовская МП “Новосибирский метрополитен”. Эксперимен­тально в эксплуатационных условиях подтверждены его высокие технико­экономические показатели по сравнению с традиционно используемыми шес­типульсовыми. Доказана необходимость промышленного изготовления и ши­рокого внедрения двенадцатипульсовых выпрямителей на тяговых подстан­циях метрополитена.
2. Выполнен анализ электропотребления на тягу поездов подстанциями постоянного тока сети дорог-РФ, выявлено несоответствие установленной мощности выпрямителей реальным нагрузочным режимам.

11 .Предложена методика и даны рекомендации по выбору рациональ­ной мощности и количества выпрямителей тяговых подстанций магистраль­ных электрических железных дорог при различной годовой переработке элек­трической энергии на тягу поездов.

]2.Разработано техническое задание для проектирования и изготовле­ния преобразовательного трансформатора мощностью 6,3 MB-А для маги­стральных электрических железных дорог.

1. Изготовлен и введен в постоянную эксплуатацию на тяговой под­станции Мариановка ЗСЖД двенадцатипульсовый выпрямитель последова­тельного типа в составе преобразовательного трансформатора типа ТРМП- 6300/35 и модернизированных вентильных конструкций ПВЭ-5.
2. Обоснована целесообразность использования преобразовательных трансформаторов мощностью 6,3 MB-А при новом строительстве и модерни-

зации действующего оборудования тяговых подстанций магистральных элек­трических железных дорог с годовой переработкой электрической энергии на тягу поездов до 25 млн кВт ч.

Суммарный экономический эффект (ЧДД) за расчетный период (Т = 10 лет) от внедрения на тяговой подстанции с переработкой электри­ческой энергии на тягу поездов до 25 млн кВт-ч в год выпрямителя мощ­ностью 6,3 MB-А составляет 317 тыс. р в ценах 1998 г. Внедрение на 50 тяго­вых подстанциях постоянного тока сети дорог РФ 100 выпрямителей мощ­ностью 6,3 MB-А позволит получить экономический эффект 31,7 млн р.