

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2023**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

12-14 декабря 2023 г.

**Новокузнецк
2023**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, к.т.н., доц. В.А. Кубарев,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) AS'2023: труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), 12-14 декабря 2023 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 420 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

ПРИМЕНЕНИЕ СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИВОДОВ РОЛЬГАНГОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ

Дурнев А.А., Симаков В.П., Кипервассер М.В.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия,

andreq72171@gmail.com, vadim170552@yandex.ru, kipervasser2012@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается влияние сглаживающих фильтров для преобразователей управляемых приводов (рольгангов) металлургических производств с целью снижения генерации высших гармоник в питающую сеть.

Ключевые слова: силовые полупроводниковые преобразователи, электромагнитная совместимость, сетевые дроссели, автономный инвертор напряжения, диодный выпрямитель.

Abstract. The influence of smoothing filters for converters of controlled drives (roller conveyors) of metallurgical productions with the purpose of reduction of generation of higher harmonics in the supply network is considered.

Keywords: power semiconductor converters, electrical magnetic compatibility, mains chokes, stand-alone voltage inverter, diode rectifier.

Частотный электропривод все шире применяют для механизмов металлургических производств. Известно свойство таких устройств генерировать в питающую сеть высшие гармонические составляющие. Проблема генерации высших гармоник в питающую сеть цехов металлургических производств является актуальной. Одним из путей снижения гармонических составляющих в питающую сеть является применение сглаживающих фильтров, устанавливаемых между сетью и частотными преобразователями. Сетевые дроссели являются двусторонними буферами между силовыми полупроводниковыми преобразователями (СПП) и питающей сетью и защищают её от воздействия высших гармоник со стороны преобразователей [1, 2]. Также, они защищают преобразователь от повышенного напряжения сети и бросков тока при переходных процессах в питающей сети и нагрузке преобразователя.

Работа силовых полупроводниковых преобразователей (СПП) в сети электроснабжения (СЭС) является одной из основных причин появления помех и нелинейных искажений напряжения [3].

Проблемы электромагнитной совместимости СПП с СЭС:

- снижение качества электроэнергии в сети;
- дополнительные потери электроэнергии сети;
- перегрев и выход из строя конденсаторных батарей;
- ухудшение работы систем автоматики и защиты;
- ускоренное старение изоляции электрических машин;
- возникновение дополнительного уровня шума трансформаторов и дросселей;
- снижение коэффициента мощности в сети.

Для исследования влияния сглаживающих фильтров на работу преобразователей управляемых приводов рольгангов металлургических производств была составлена модель в среде MATLAB Simulink. Модель содержит блоки электропривода, построенного на базе диодного выпрямителя и автономного инвертора напряжения (ДВ – АИН), получающего питание от источника переменного тока, трансформаторной подстанции и электрической машины [4, 5].

Искажения напряжения, вносимые СПП в энергосистему, зависят от схемы преобразователя и характеризуются различным гармоническим составом, который определяется гармоническим составом тока. С использованием составленной модели были изучены

искажения фазных токов, потребляемых преобразователем из сети питания приводов рольгангов стана горячей прокатки рельсобалочного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Первоначально для исследования гармонического состава модель преобразователя частоты принималась со скалярным управлением, неуправляемым выпрямителем без сетевых дросселей (рисунок 1). На рисунке 2 приведены осциллограммы напряжения и тока частотного преобразователя, питающегося от сети переменного тока с напряжением 380 В и нагрузкой в звене постоянного тока, равной 22 кВт.

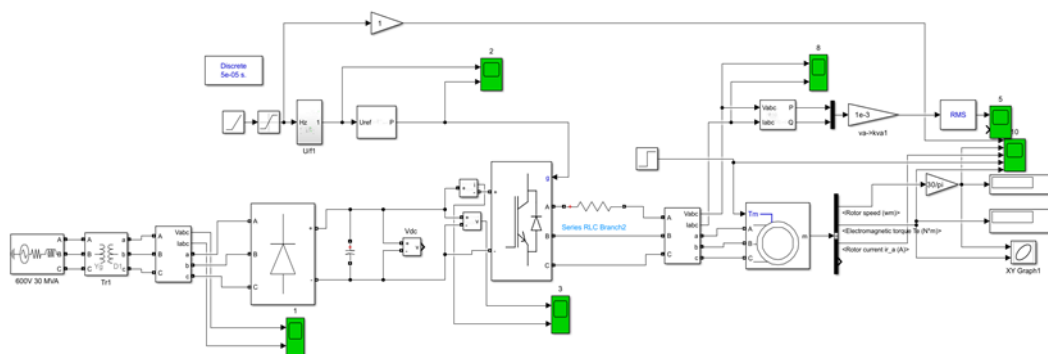
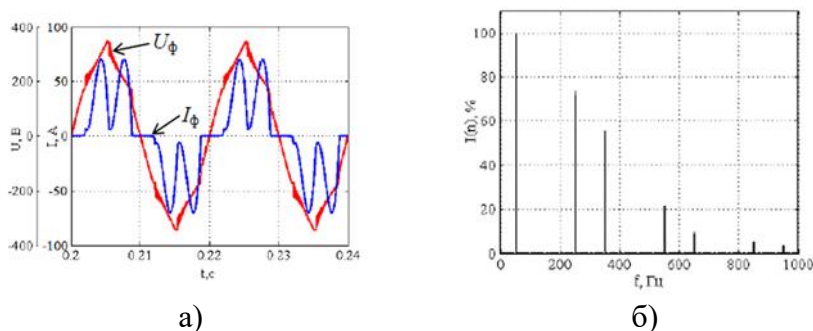


Рисунок 1 – Модель преобразователя частоты со скалярным управлением с неуправляемым выпрямителем без сетевых дросселей



а) ток, потребляемый из сети 6-пульсным диодным выпрямителем,
б) гармонический состав фазного тока

Рисунок 2 – Осциллограммы модели без сглаживающего фильтра

Далее исследовалась работа привода с добавлением в схему дроссельных фильтров компании VMtec с индуктивностью 3×3.07 мГн (рисунок 3).

В данном случае решение задачи электромагнитной совместимости достигается предлагаемым схемным решением [6]. На рисунке 4 видно, что сетевой дроссель существенно влияет на форму потребляемого тока и значительно приближает его к синусоидальной, а также значительное уменьшение гармоник № 5, 7, 11.

Однако при выборе индуктивных дросселей для частотных преобразователей следует учитывать ограничения по величине [7]. Индуктивность дросселей не может превышать некоторых пороговых значений, выше которых падение напряжения на входе преобразователя превысит допустимые величины.

Вывод: применение сглаживающих фильтров улучшает качество потребляемого тока, а также уменьшает высшие гармоники. По гармоникам № 5, 7, 11 снижение достигает 30 %.

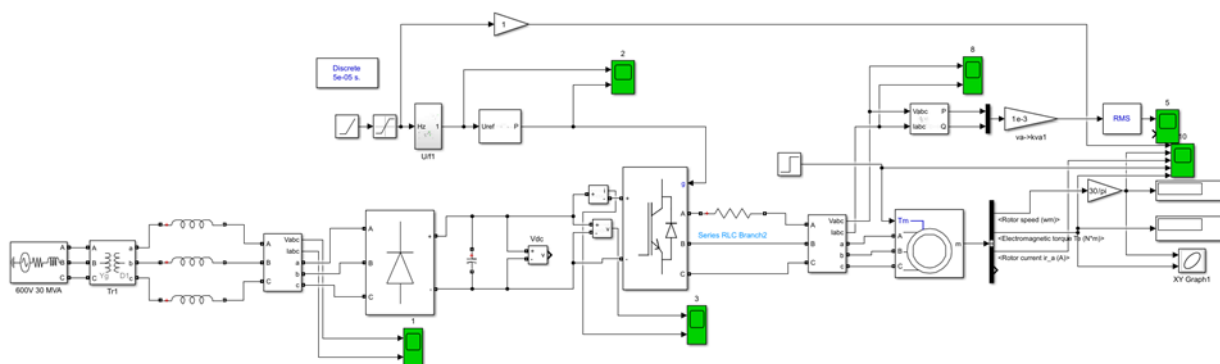
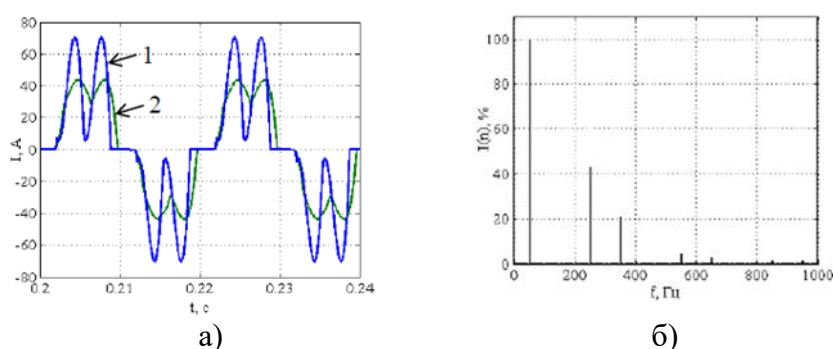


Рисунок 3 – Модель преобразователя частоты со скалярным управлением с неуправляемым выпрямителем с использованием сетевых дросселей



а) фазный ток до и после установки сетевых дросселей,
б) гармонический состав фазного тока

Рисунок 4 – Осциллограммы модели с использованием сглаживающего фильтра

Библиографический список

1. Виноградов А.Б., Колодин И.Ю., Монов Д.А. Новая серия высококачественных адаптивно-векторных асинхронных электроприводов с IGBT инвертором напряжения // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2003. №1. С. 31-41
2. Broun John Phillip. Air cond., Variable-speed solutions. Hear and Refrig. News. 2003. 219, № 4 с.10, 12.
3. Онищенко Г.Б. Основные тенденции развития автоматизированного электропривода // Труды международной (XX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП 2016. Пермь. 2016. С 81-83.
4. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. М.: Академия, 2005. 304 с.
5. Исследование работы системы «тиристорный возбудитель - синхронный двигатель насосного агрегата» в условиях глубокой просадки напряжения / М. В. Кипервассер, С. А. Лактионов, С. В. Давыдов, Ш. Р. Гуламов // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов. – 2019. – № 5. – С. 312-315. – EDN USLMQZ.
6. Шрейнер Р.Т., Калыгин А.И., Кривовяз В.К., Шилин С.И. Система векторного управления асинхронным электроприводом // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 3-1. С. 101-108.
7. Волков А.В. Потери мощности асинхронного двигателя в частотно управляемых электроприводах с широтно - импульсной модуляцией // Электротехника. 2002 № 8. С.29.

лекарственных препаратов на примере Кемеровской области - Кузбасса за 2021 - 2022 годы.....	279
<i>Поповян Н.О., Усов А.Б.</i>	
Информационно-аналитическая система управления деятельностью предприятия по производству асфальта и асфальтобетонной смеси	284
<i>Грачев А.В.</i>	
Подходы к оцениванию работы узлов в распределенной сетевой структуре для задач управления техническими элементами.....	291
<i>Рыленков Д.А., Калашиников С.Н.</i>	
Управление конфигурациями телекоммуникационного оборудования при решении задач обеспечения информационной безопасности.....	294
<i>Лубина О.С., Калашиников С.Н.</i>	
Разработка теоретических основ для управления образовательным процессом при изучении учебных дисциплин математического цикла с использованием технологий виртуальной и дополненной реальностей	297
<i>Шабалин В.С., Киселева Т.В.</i>	
Обзор существующих методов и инструментов управления организацией	300
СЕКЦИЯ 4. СОВРЕМЕННЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА	
<i>Поползин И.Ю.</i>	
К вопросу о применении электропривода, построенного по схеме машины двойного питания, для механизмов с большими диапазонами регулирования скорости (на примере подъемной установки).....	306
<i>Дурнев А.А., Симаков В.П., Кипервассер М.В.</i>	
Применение сглаживающих фильтров для преобразователей приводов рольгангов металлургических производств с целью снижения генерации высших гармоник в питающую сеть.....	311
<i>Бедарев М.А., Коновалов О.В., Мамонтов Д.Н., Кипервассер М.В.</i>	
Особенности модели фазосдвигающего трансформатора Zigzag Phase-Shifting Transformer в среде Matlab Simulink при моделировании силовых трансформаторов 10(6)/0,4 со схемой соединения обмоток Y/Zn-11	314
<i>Васенин А.Б., Крюков О.В.</i>	
Система мониторинга автоматизированного электропривода	318
<i>Степанов С.Е., Крюков О.В.</i>	
Переходные процессы короткого замыкания в электроприводе	324
<i>Стищенко К.П., Герасимук А.В., Кипервассер М.В.</i>	
Влияния высших гармонических составляющих в питающем напряжении тяговой подстанции на качество выпрямленного напряжения и напряжения на шинах 10/6 кВ	330
<i>Поползин И.Ю., Кубарев В.А.</i>	
Электропривод с асинхронным электродвигателем двойного питания.....	335
<i>Кубарев В.А., Зайцев Н.С., Кузнецова Е.С.</i>	
Математическое моделирование синхронного двигателя с демпферной обмоткой в системе относительных единиц «Парка-Горева».....	339

<i>Александров Н.А., Модзелевский Д.Е., Кипервассер М.В.</i>	
Модернизация многодвигательного электропривода установки сухого тушения кокса с учетом неидентичности характеристик электродвигателей	346
<i>Поползин И.Ю., Живаго Р.Э.</i>	
Особенности работы синхронного двигателя при колебаниях сетевого напряжения в нерегулируемых электроприводах с длительным режимом работы	351
<i>Костылев С.Ю., Модзелевский Д.Е.</i>	
Построение модели и синтез управления автоматизированной поточно-транспортной системы	356
<i>Калачева О.К., Модзелевский Д.Е.</i>	
Исследование режимов работы многоагрегатного электропривода насосной станции.....	362
<i>Алтухов Д.И., Модзелевский Д.Е.</i>	
Разработка многоуровневого инвертора напряжения для электропривода ШПУ	367
<i>Вершинин М.С., Модзелевский Д.Е.</i>	
Применение имитационного моделирования при создании тренажера для подготовки к сдаче демонстрационного экзамена по «Мехатронике».....	374
<i>Малышев Г.Д., Борицинский М.Ю.</i>	
Разработка электронного значка со световой эмблемой СибГИУ	381
<i>Ушаков В.В., Кармачев С.К., Борицинский М.Ю.</i>	
Осциллограф на базе персонального компьютера	383
<i>Рогожников И.П., Борицинский М.Ю.</i>	
Реализация системы единого времени с использованием микроконтроллера	386
<i>Яценко Н.Р., Борицинский М.Ю.</i>	
Измерение АФЧХ с помощью универсального измерительного прибора OSA103F	390
<i>Дорошенко А.В.</i>	
Современные методы и средства исследования автоматизированных электрических и электромеханических систем. состояние, проблемы, перспективы.....	394
<i>Сарсембин А.О., Кубарев В.А.</i>	
Системы автоматического регулирования возбуждения синхронных двигателей шахтного подъёма.....	398
<i>Кубарев В.А., Кучик М.М., Маршев Д.А.</i>	
Визуализация электрических схем	402
<i>Бунакова М.Т., Водоватова А.Е., Корнеев П.А., Мищенко С.А., Низовская А.Д.,</i>	
Разработка учебного квадрокоптера.....	406
СПИСОК АВТОРОВ	412
СОДЕРЖАНИЕ	414

Научное издание

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2023**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**
(с международным участием)

12-14 декабря 2023 г.

Под общей редакцией д.т.н., доц. В.В. Зимина

Техническое редактирование и компьютерная верстка В.И. Кожемяченко

Подписано в печать 01.12.2023 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 25.04. Уч.-изд. л. 26.64. Тираж 20 экз. Заказ 260.

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42.
Издательский центр СибГИУ