

**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

- структура системы АРВ синхронного электродвигателя;
 - напряжение питания СЭС $U_{ном}$;
 - мощность КЗ системы электроснабжения $S_{кз}$.
- 2) обеспечить устойчивую работу СД можно следующими способами:
- изменить настройки РЗА с уменьшением времени $T_{ном}$ до 0,3 секунд или менее;
 - выполнить форсировку АРВ СД до восстановления номинального напряжения.
- 3) обеспечить снижение тока статора СД можно отключением АРВ СД до восстановления номинального напряжения.

Библиографический список

1. Степанов С.Е. Организация диспетчерского управления подстанциями с экспертной оценкой проектных решений // Промышленная энергетика. 2021. № 1. С. 27-34.
2. Крюков О.В. Научные основы создания интеллектуальных электроприводов технологических установок нефтегазового комплекса // В сборнике: Труды IX международной (XX Всероссийской) конференции АЭП-2016. С. 423-427.
3. Васенин А.Б., Подшивалов Е.С. Обеспечение устойчивости систем автоматическим регулированием // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2023. № 5. С. 16-25.
4. Крюков О.В. Идентификация параметров приводных электродвигателей газовых турбокомпрессоров // В сборнике: Идентификация систем и задачи управления: Труды X Международной конференции. ИПУ им. В.А. Трапезникова. 2015. С. 348-367.
5. Гуляев И.В., Бычков Е.В., Подшивалов Е.С. Повышение надежности при полном использовании ресурса // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2023. № 4 (165). С. 50-58.
6. Крюков О.В., Гуляев И.В., Еразумов М.И. Энергоэффективность и автоматизация электрооборудования компрессорных станций // Вологда, 2022.
7. Титов В.Г. Анализ пусковых режимов электроприводных ГПА // Известия ВУЗов. Электромеханика. 2012. № 3. С. 29-35.
8. Гуляев И.В., Степанов С.Е. Разработка прикладного ПО для системы геотехнического мониторинга // Контроль. Диагностика. 2022. Т. 25. № 6 (288). С. 48-59.
9. Степанов С.Е., Плехов А.С. Принципы автоматического управления возбуждением синхронных машин // Автоматизация в промышленности. 2010. № 6. С. 29-31.
10. Воронков В.И., Титов В.Г. Векторное управление возбуждением синхронных двигателей ГПА // Известия Тульского гос. ун-та. Техн. науки. 2010. № 3-2. С. 204-208.

УДК 621.311, 621.331

ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В ПИТАЮЩЕМ НАПРЯЖЕНИИ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ НА КАЧЕСТВО ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ 10/6 КВ

Стищенко К.П.¹, Герасимук А.В.², Кипервассер М.В.¹

¹ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, stishenko3332@gmail.com, kipervasser2012@yandex.ru

²АО «Сибирский Тяжпромэлектропроект»
г. Новокузнецк, Россия, heavymetal7200@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос влияния несинусоидальности питающего напряжения 110кВ на качество напряжения на шинах 10 кВ тяговой подстанции, а также выпрямленного напряжения. Построена имитационная модель тяговой подстанции для анализа гармонического состава напряжений. Проведено исследование модели при различном гармоническом составе питающего напряжения.

Ключевые слова: высшие гармоники, тяговая подстанция, выпрямительный преобразователь, коэффициент гармонических составляющих, спектральный гармонический состав.

Abstract. The issue of the influence of the non-sinusoidality of the 110 kV supply voltage on the quality of the voltage on the 10 kV busbars of a traction substation, as well as the rectified voltage, is considered. A simulation model of a traction substation was built to analyze the harmonic composition of voltages. The model was studied for different harmonic composition of the supply voltage.

Keywords: higher harmonics, traction substation, rectifier converter, harmonic component coefficient, spectral harmonic composition.

Наличие мощных нелинейных нагрузок, получающих питание от распределительных сетей 110 кВ приводит к искажениям в кривой питающего напряжения, что в свою очередь ухудшает качество электрической энергии. Мощными потребителями с нелинейным характером нагрузки являются тяговые железнодорожные подстанции постоянного тока. В пределах Западно-Сибирской Железной Дороги эксплуатируются, преимущественно преобразовательные агрегаты с 12-ти пульсовой схемой выпрямления, генерирующие в питающую и смежные энергосети канонические для этой схемы выпрямления 11, 13, 23, 25 гармоники тока и напряжения. Помимо тяговых подстанций, на качество электрической энергии в сетях высокого напряжения могут влиять преобразовательные аппараты, использующиеся в металлургической и горной промышленности, генерирующие в питающие сети гармоники с частотами определяемыми используемыми схемами и типами устройств преобразования энергии [1].

Целью данной статьи является моделирование влияния гармоник, как канонических, так и не канонических для 12-ти пульсового выпрямителя, в кривой питающего напряжения 110 кВ на качество выпрямленного напряжения 3,3 кВ и на общих шинах 10 кВ тяговой подстанции.

Неканонические для 12-ти пульсового выпрямителя гармоники, содержащиеся в кривой питающего напряжения, трансформируются в вентильных обмотках трансформатора, соединенных звездой и треугольником, неодинаково. В свою очередь это ведет к их неравномерной загрузке в случае параллельной схемы выпрямления, а также – к изменению угла коммутации выпрямительных мостов, что в совокупности приводит к ухудшению формы выпрямленного и сетевого питающего напряжения [1, 2].

Принципиальная схема моделируемой тяговой подстанции содержит силовой понижающий трансформатор ТДН 16000 кВА 110/10, питающий шины 10 кВ, к которым подключается преобразовательный трансформатор ТРДП-12500 с 12-ти пульсовым полупроводниковым преобразователем ТПЕД-3,15 кВ. Кроме того от шин 10 кВ получают питание устройства автоблокировки, нетяговые районные потребители, а также собственные нужды подстанции. Тяговой нагрузкой выпрямителя является электроподвижной состав. Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения осуществляется однозвенным резонансно-апериодическим сглаживающим фильтром, параметры которого соответствуют указанным в [1]. Принципиальная схема тяговой подстанции показана на рисунке 1.

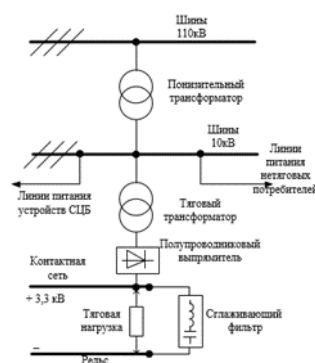


Рисунок 1 – Принципиальная схема тяговой подстанции

На основе приведенной схемы составляется блок-схема имитационной модели в программной среде MathLab/Simulink. В качестве источника напряжения 110 кВ принимается блок Three-Phase Programmable Voltage Source, с возможностью задания определенного гармонического состава в кривых напряжения. Силовой трансформатор ТДН 110/10 принимается как блок Three-Phase Transformer (Two Windings) из библиотеки SimPowerSystems [3, 4]. Параметры трансформатора с учетом насыщения сердечника, были рассчитаны на основе сведений, приведенных [5, 6]. Трансформатор ТРДП совместно преобразователем ТПЕД представляют собой подсистему из отдельных элементов, состав и параметры которых были рассмотрены в [7]. Тяговая номинальная нагрузка представлена блоком Series RLC Load, включающем в себя индуктивность контактной сети величиной 0,3 Гн и резистор со значением сопротивления 1,047 Ом.

Реактор РБФАУ-6500 4,1 мГн, включенный в цепь фидера «отсоса», а также однозвенный резонансно-апериодический сглаживающий фильтр смоделированы на основе блока Series RLC Branch. В качестве сознательного допущения не учитываются сопротивления проводов, шин, наличия и параметров коммутационного оборудования тяговой подстанции. Блок схема модели приведена на рисунке 2.

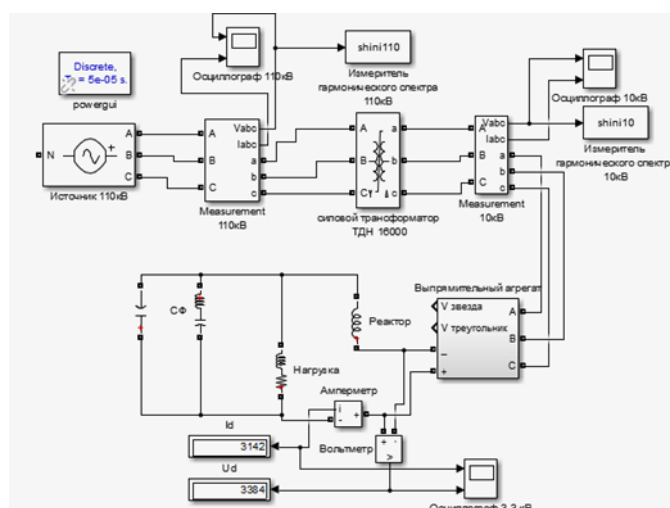


Рисунок 2 – Блок схема имитационной модели

Интервал времени моделирования был принят продолжительностью в 1 минуту для всех режимов.

Исследовались два случая качественного состава напряжения 110 кВ:

1) при номинальной тяговой нагрузке выпрямителя, симметричном и синусоидальном питающем напряжении 110 кВ;

2) при номинальной тяговой нагрузке, симметричном и несинусоидальном ($\text{THDU}_{(5)}=1,5\%$, $\text{THDU}_{(11)}=1\%$), характеризующимся наличием 5 и 11 гармоник в питающем напряжении 110 кВ.

Значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения принимаются в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013 и не должны превышать предельно допустимых значений [8].

Результаты моделирования первого режима приведены на рисунках 3, 4, 5.

Sampling time	= 5e-05 s
Samples per cycle	= 400
DC component	= 0
Fundamental	= 1.556e+05 peak (1.1e+05 rms)
THD	= 0.00%

Рисунок 3 – Спектральный гармонический состав питающего напряжения 110 кВ

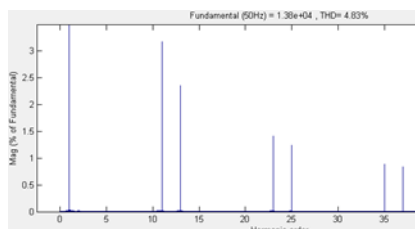


Рисунок 4 – Спектральный гармонический состав напряжения 10 кВ

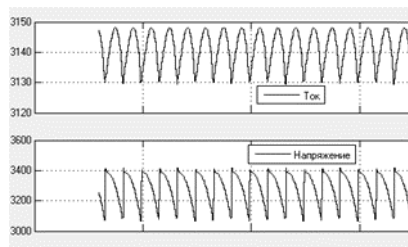


Рисунок 5 – Кривые выпрямленного тока и напряжения 3,3 кВ

Следует отметить, что коэффициенты гармонических составляющих кривой напряжения 10 кВ для 11-ой и 13-ой гармоник составляют 3,17 % и 2,36 %, что соответствует опытным данным, приведенными в источнике [1].

Результаты моделирования с учетом входных условий второго режима приведены на рисунках 6,7,8.

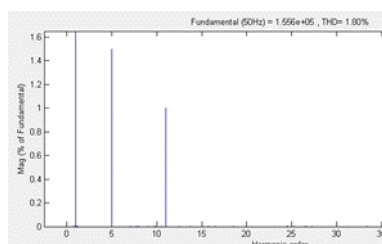


Рисунок 6 – Спектральный гармонический состав питающего напряжения 110 кВ

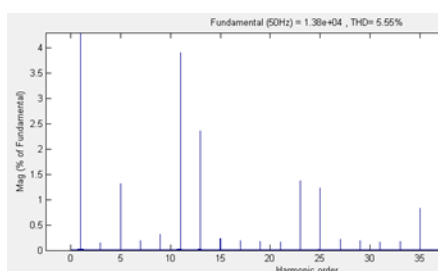


Рисунок 7 – Спектральный гармонический состав напряжения 10 кВ

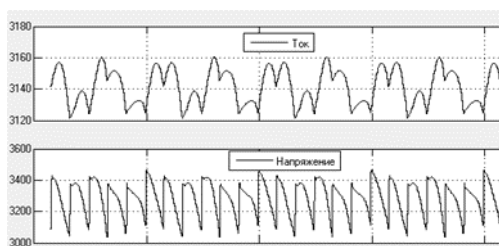


Рисунок 8 – Кривые выпрямленного тока и напряжения 3,3 кВ

Вывод: при полностью симметричном и синусоидальном напряжении 110 кВ, питающем тяговую подстанцию, суммарный коэффициент гармонических искажений на шинах 110 кВ составил 0 %, на шинах 10 кВ – 4,83 %, формы выпрямленного тока и напряжения на стороне 3,3 кВ без искажений. При симметричном и несинусоидальном напряжении 110 кВ, и значениях $\text{THD}_{U(5)}=1,5$ %, $\text{THD}_{U(11)}=1$ %, суммарный коэффициент гармонических искажений на шинах 110 кВ составил 1,8%, на шинах 10 кВ – 5,55 %; коэффициенты гармонических составляющих кривой напряжения 10 кВ для 11-ой и 13-ой гармоник составили $\text{THD}_{U(11)}=3,93$ % и $\text{THD}_{U(13)}=2,37$ %.

Таким образом, при симметричном и синусоидальном напряжении 110 кВ напряжение на общих шинах 10 кВ тяговой подстанции по суммарному коэффициенту гармонических искажений приближается к пределу допустимых по ГОСТ значений. Коэффициенты гармонических составляющих кривой напряжения 10 кВ для 11-ой и 13-ой гармоник выходят за рамки нормально допустимых значений.

При симметричном и несинусоидальном напряжении 110 кВ и при значениях гармонических искажений на шинах 110 кВ, лежащих в пределах допустимых ГОСТ значений, суммарный коэффициент гармонических искажений и коэффициент гармонических составляющих кривой напряжения 10 кВ для 13-ой гармоники выходят за рамки нормально допустимых значений. При этом коэффициент гармонических составляющих кривой напряжения 10 кВ для 11-ой гармоники выходит за рамки предельно допустимых значений. Формы выпрямленного тока и напряжения на стороне 3,3 кВ содержат существенные искажения, обусловленные изменением углов коммутации вентильных плеч и разными значениями ЭДС вентильных обмоток преобразовательного трансформатора.

Таким образом, в ходе проведенного имитационного моделирования была подтверждена зависимость искажения кривых выпрямленного и напряжения 10 кВ тяговой подстанции от наличия высших гармонических составляющих в кривой питающего напряжения 110 кВ.

Библиографический список

1. Двенадцатипульсовые полупроводниковые выпрямители тяговых подстанций / [Б.С. Барковский, В.П. Маценко, М.Г. Шалимов и др.]; Под ред. М.Г. Шалимова. - М.: Транспорт, 1990. - 126,[1] с.: ил.
2. Анхель Оскар Колумбия Наварро. Эквивалентирование электрической сети при наличии высших гармоник / Анхель Оскар Колумбия Наварро, Я.Э. Шклярский, А.Н. Скамбин // Записки Горного института. – 2015. – Т. 213. – С 31-35.
3. Новаш И.В., Румянцев Ю.В. Расчет параметров модели трехфазного трансформатора из библиотеки MatLab-Simulink с учетом насыщения магнитопровода // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2015. – № 1. – С. 12–24.
4. Герасимук, А.В. Расчет параметров схемы замещения трансформаторов с расщепленной обмоткой с учетом устройства регулирования напряжения под нагрузкой в обмотке высшего напряжения / А.В. Герасимук, И.Ю. Семькина, М.В. Кипервассер // Горное оборудование и электромеханика. – 2019. – № 2(142). – С. 52-59. – DOI 10.26730/1816-4528-2019-2-52-59. – EDN PWCMSX.
5. Бики М.А. Проектирование силовых трансформаторов. Расчет основных параметров. – М.: Знак, 2013. – 513 с.
6. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: учеб. пособие для вузов. – М.: Альянс, 2013. – 528 с.
7. Стищенко, К.П. Разработка математической модели в программной среде Mathlab/Simulink для исследования влияния полупроводниковых выпрямителей тяговых подстанций на качество электрической энергии / К.П. Стищенко, М.В. Кипервассер // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2023. – № 9. – С. 280-286. – EDN IQYSOR.

8. ГОСТ 32144–2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения/Издание официальное. Москва, 2014.

УДК [62-83+621.313.333.1]:622.6

ЭЛЕКТРОПРИВОД С АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

Поползин И.Ю., Кубарев В.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, eidoline@yandex.ru

Аннотация. Приведены сведения об одном из перспективных способов модернизации асинхронного электропривода шахтных подъемных установок – применении схемы машины двойного питания. Актуальность вопроса обусловлена тем, что в большом числе подъемных электроприводов применены мощные асинхронные двигатели с фазным ротором и подключенной к нему роторной станцией, модернизация которых с использованием частотного управления не всегда возможна и сопряжена с рядом трудностей.

Ключевые слова: асинхронный двигатель с фазным ротором, машина двойного питания, электропривод, подъемная установка, частотное управление.

Abstract. The article provides information about one of the promising ways to modernize the asynchronous electric drive of mine hoisting installations - the use of a doubly-fed motor circuit. The relevance of the issue is due to the fact that a large number of lifting electric drives use powerful asynchronous motors with a wound rotor and a rotor station connected to it, the modernization of which using frequency control is not always possible and is associated with a number of difficulties.

Keywords: induction motor with wound rotor, doubly-fed motor, electric drive, lifting unit, frequency control.

С 1995 года на базе кафедры автоматизированного электропривода и промышленной электроники СибГИУ (с 2016 г. – кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники) и ООО «НИИ АЭМ СибГИУ» проводятся НИОКР, направленные на разработку систем автоматизации, управления, защит и мониторинга для производственных объектов горно-металлургического комплекса Кузбасса и других регионов на российской элементной базе.

Существующие электроприводы на основе асинхронных электродвигателей с фазным ротором (например, применяемые на шахтных и рудничных подъемных установках) обычно построены по схеме с роторной станцией и ступенчатым переключением величины активного сопротивления в цепи ротора. В таких приводах значительная часть подведенной к двигателю энергии (до 30%) бесполезно рассеивается в виде тепла на резисторах роторной станции, что существенно снижает их КПД и энергоэффективность. Кроме того, регулирование скорости машины с помощью переключения сопротивлений в роторной станции ведет к возникновению динамических перегрузок в канатах, рывкам и ударам в механической части привода (из-за бросков тока, а, следовательно, и момента двигателя в момент переключения ступеней), что негативно сказывается, к примеру, на долговечности зубчатых колес в редукторах или подъемных канатов. В то же время данная схема привода до сих пор очень широко применяется благодаря своему главному достоинству – возможности регулирования скорости привода с неизменным критическим моментом, равным таковому для естественной механической характеристики приводного АД. Тем не менее, из-за указанной выше проблемы с низким КПД таких приводов весьма актуальна проблема модернизации таких приводов, при этом обычно существует необходимость в сохранении самого приводного двигателя и модернизации только питающей части электропривода и схемы управления.

Стандартным на сегодняшний день способом модернизации асинхронных электроприводов является использование схемы частотного электропривода с преобразовате-

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., Борщинский М.Ю.</i>	
Разработка электронного значка со световой эмблемой СибГИУ	381
<i>Ушаков В.В., Кармачев С.К., Борщинский М.Ю.</i>	
Осциллограф на базе персонального компьютера	383
<i>Рогожников И.П., Борщинский М.Ю.</i>	
Реализация системы единого времени с использованием микроконтроллера	386
<i>Яценко Н.Р., Борщинский 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