

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' 2022

ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)

15-16 декабря 2022 г.

Новокузнецк
2022

УДК 658.011.56

С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, д.т.н., проф. В.Ю. Островляничик,
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'2022: труды Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), 15-16 декабря 2022 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2022. – 632 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, 2022

Тарасенко А.А.

Применение стемминга для информационного поиска среди медицинского кластера документов 547

Рыбка А.Д., Пестунов А.И., Белов В.М.

Сессии в ASP.NET или как создать собственный сервис для работы с ними 551

СЕКЦИЯ 4. Современный автоматизированный электропривод и промышленная электроника

Стищенко К.П., Кипервассер М.В.

Причины и влияние искажений питающего напряжения на функционирование устройств микропроцессорной электрической централизации железнодорожного транспорта 555

Федоров В.В.

Управление электроприводом постоянного тока с применением регулятора на нечеткой логике 559

Клевцов С.А., Модзелевский Д.Е.

Исследование системы векторного управления асинхронного многодвигательного электропривода кантования угольного вагоноопрокидывателя «ВРС-93-110М» 564

Бедарев М.А., Коновалов О.В., Кипервассер М.В.

Проблемы применения силовых трансформаторов с группой соединения обмоток Y/Yn-0 в распределительных сетях 0,4 кв. 571

Мезенцева А.В.

Вопросы выбора и применения технических средств регулируемого электропривода буровых установок..... 575

Филина О.А., Прокопенко С.С.

Линейные модели систем в пространстве состояний 578

Островлянич В.Ю., Кубарев В.А., Зайцев Н.С., Кузнецова Е.С.

Имитационное моделирование системы автоуправления с переменной структурой для векторного управления синхронным электродвигателем классической конструкции 586

Островлянич В.Ю., Маршев Д.А., Кубарев В.А., Поползин И.Ю.

Синтез адаптивного управления магнитным потоком возбуждения статора асинхронного двигателя с фазным ротором..... 592

Сарсембин А.О., Кубарев В.А., Асмамбеков А.К.

Моделирование электропривода переменного тока с вентиляторной нагрузкой 599

Бабушкин С.В., Кубарев В.А.

Внедрение системы предиктивной аналитики на агрегатах цеха химического улавливания и производства коксохимической продукции АО «ЕВРАЗ ЗСМК» 605

Колчагов П.О., Борицинский М.Ю.

Разработка регулятора мощности с помощью системы автоматизированного проектирования Proteus..... 608

Рогожников И.П.

Технология подготовки печатных плат к производству..... 612

Секция 4. Современный автоматизированный электропривод и промышленная электроника

УДК 621.311, 621.331

ПРИЧИНЫ И ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Стищенко К.П., Кипервассер М.В.

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

Аннотация. Рассматривается проблема влияния несинусоидальности питающего напряжения устройств электрической централизации железных дорог на надежность ее работы; осуществляется анализ формы кривой и гармонического спектра питающего напряжения, причин появления гармонических искажений и способы борьбы с ними.

Ключевые слова: гармонические искажения, электрическая централизация, нетяговые потребители, микропроцессорные элементы, выпрямительный преобразователь, активный фильтр гармоник, коэффициент несинусоидальности.

Abstract. The problem of influence of non-sinusoidal supply voltage of railway interlocking devices on reliability of their operation is considered; the form of a curve and a harmonic spectrum of supply voltage, the reasons for the appearance of harmonic distortions and the ways to combat them are analysed.

Keywords: harmonic distortion, electrical centralization, non-traction consumers, microprocessor elements, rectifier converter, active harmonic filter, non-sinusoidal coefficient.

Устройства электрической централизации (ЭЦ) на железнодорожном транспорте обеспечивает дистанционное управление и контроль устройств телемеханики и автоматики с целью обеспечения требований безопасности движения и установленной пропускной способности [1]. На сегодняшний день внедряются технические системы ЭЦ, основанные на использовании микропроцессорных устройств, взамен систем построенных на аналоговых элементах. Данные мероприятия повышают надежность функционирования системы централизации, ее компактность, удобство использования обслуживающим персоналом, но повышают требования к качеству электроснабжения, ввиду высокой чувствительности микропроцессорных элементов к различным перенапряжениям и искажениям в кривой питающего напряжения. Обеспечение надежного электроснабжения устройств ЭЦ, с учетом их важности в процессе безопасного движения поездов, осуществляется в соответствии с требованиями к электроснабжению потребителей электрической энергии первой категории [1-3].

В ходе эксплуатации поста электрической централизации железнодорожной станции «Бардино» возникла проблема ложного срабатывания реле контроля напряжения, срабатывающего в нормальном режиме при нарушении чередования фаз, с последующем отключением устройств микропроцессорной автоматики при переводе питания поста ЭЦ с фидера тяговой подстанции «Ерунаково» на фидер тяговой подстанции «Полосухино» (рисунок 1).

Для выяснения причин некорректной работы было выполнено исследование показателей качества питающего напряжения на соответствие требованиям нормативных документов [4]. Для этого на шинах 0,4 кВ поста ЭЦ был установлен анализатор электрической энергии FLUKE-434.

Фиксация токов и напряжений осуществлялась в два этапа. Первый этап предполагал фиксацию формы кривой питающего напряжения приходящего с фидера Ф1 «Полосухино», при условии отсутствия тяговой нагрузки на 12-ти пульсовом выпрямительном полупроводниковом преобразовательном агрегате подстанции. Результаты приведены на

рисунке 2. На втором этапе фиксация осциллограммы питающего напряжения производилась при наличии тяговой нагрузки на преобразователе подстанции «Полосухино». Результаты приведены на рисунке 3.

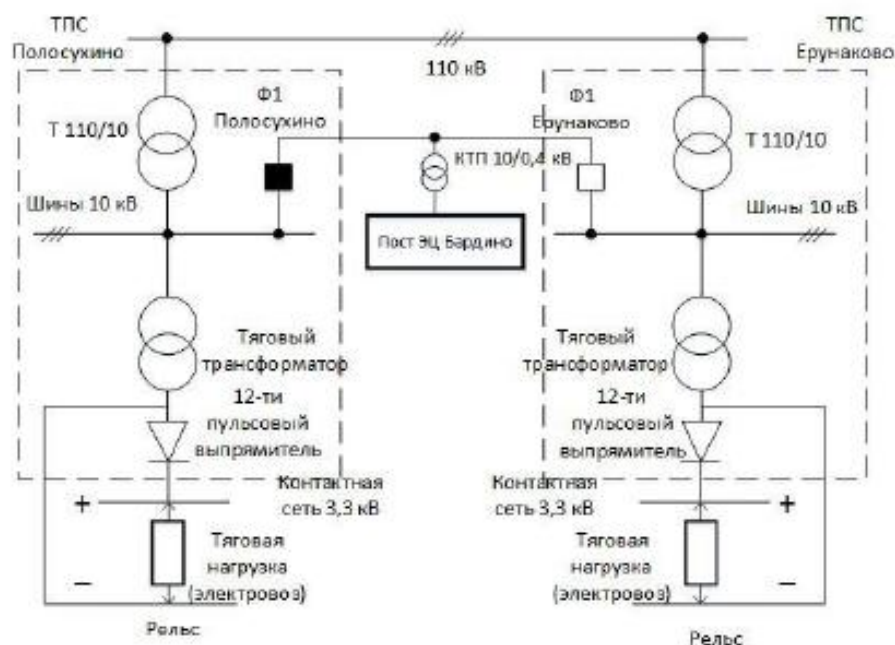


Рисунок 1 – Схема питания поста ЭЦ станции «Бардино»



Рисунок 2 – Осциллограмма питающего напряжения при отсутствии тяговой нагрузки



Рисунок 3 – Осциллограмма питающего напряжения при наличии тяговой нагрузки

Также была получена диаграмма спектра гармоник питающего напряжения при наличии тяговой нагрузки, приведенная на рисунке 4.

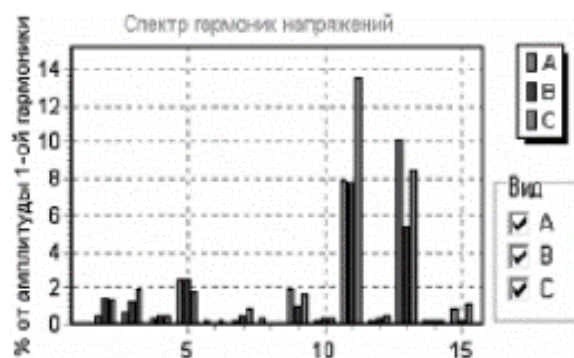


Рисунок 4 – Спектр гармоник питающего напряжения

Результаты измерений показателей качества электрической энергии, позволяют сделать вывод о том, что причиной некорректной работы реле контроля напряжения являются искажения вызванные наличием 11-ой и 13-ой гармоник в кривой питающего напряжения, амплитуды которых превышают допустимые значения.

Таким образом, ставится проблема определения первопричины появления гармонических искажений и поиска борьбы с ними. Получаемое при преобразовании переменного тока выпрямленное напряжение является пульсирующим и содержит, помимо постоянной составляющей, гармоники, имеющие различные частоту и величину. Гармоники в составе выпрямленного напряжения определяют протекание по контактной сети переменных токов различной частоты, создавая в окружающем пространстве переменное магнитное поле, а разность напряжений между контактным проводом и землей (рельсами) - переменное электрическое поле. Таким образом, тяговая сеть постоянного тока является источником электромагнитных полей, оказывающих влияние на смежные устройства (линии связи, автоматики, телемеханики и др.), проходящие вдоль трассы электрической железной дороги [5]. Кроме того, полупроводниковый преобразователь является источником высших гармонических составляющих в питающую сеть переменного тока, что оказывает влияние на качество электрической энергии в сетях общего пользования и линиях электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог, к которым относится электрооборудование постов ЭЦ [6].

Качество электрической энергии на стороне питающего выпрямитель переменного напряжения принято характеризовать содержанием высших гармонических составляющих и коэффициентом мощности. Известно, что при разложении кривой первичного тока в ряд Фурье, в ней будут отсутствовать постоянная и косинусная составляющие, а в синусной составляющей имеются только нечетные гармонические составляющие. Учитывая, что в числе потребителей общей сети электроснабжения электрифицированных железных присутствуют полупроводниковые преобразователи тяговых подстанций, имеющие как 6-ти пульсовую, так и 12-ти пульсовую схемы соединения, принимается, что в составе питающего первичного тока будут присутствовать высшие гармоники следующих порядков [7]:

$$n_1 = pm \pm 1, \quad (1)$$

где $p=1,2,3,\dots$ – натуральный ряд целых чисел;

m – число пульсаций выпрямленного напряжения, принимаем $m=6$.

Соответственно значения $n = 5, 7, 11, 13, \dots$, а частоты гармонических составляющих $f_n = 250, 350, 550, 650$ Гц

Доля гармоники от основной определяется ее порядковым номером, то есть

$$\frac{I_{1(n1)}}{I_{1(1)}} = \frac{1}{n_1}, \quad (2)$$

где $I_{1(n1)}$ – действующее значение n_1 гармоники в кривой первичного тока;
 $I_{1(1)}$ – действующее значение тока первой гармоники (50 Гц).

Характеристику качества формы кривой тока принято давать через коэффициент несинусоидальности (коэффициент искажения тока)

$$v = \frac{I_{1(1)}}{I_1}, \quad (3)$$

где $I_1 = \sqrt{I_{1(1)}^2 + \sum_{n1>2} I_{1(n1)}^2}$ – действующее значение полного тока

Питающее напряжения в точке присоединения тягового трансформатора имеет искажения обусловленные коммутацией вентилей преобразователя, так как в период времени коммутации происходит междуфазное короткое замыкание, то питающее напряжение преобразователя определяется отношением индуктивностей питающей сети и тягового трансформатора. Таким образом, чем меньше индуктивное сопротивление сети, тем менее выражено искажение кривой питающего напряжения. Спектр гармоник питающего напряжения повторяет спектр гармоник питающего тока. Аналогично происходит расчет коэффициента искажения напряжения [7].

Коэффициент мощности определяется как

$$\chi = \frac{P_1}{S_1}, \quad (4)$$

где P_1 – активная мощность, потребляемая выпрямителем;
 S_1 – полная мощность, потребляемая выпрямителем.

Тогда

$$\chi = \frac{3U_1 I_{1(1)} \cos \varphi_1}{3U_1 I_1} = v \cos \varphi_1, \quad (5)$$

где $\varphi_1 = \frac{\gamma}{2}$ – угол сдвига первой гармоники тока относительно кривой напряжения;
 γ – угол коммутации, зависящий от характеристик выбранной схемы выпрямителя.

Таким образом, коэффициент мощности, а следовательно и качественные показатели сетевого напряжения, растут с увеличением числа пульсаций выпрямленного напряжения. В то же время, наличие потребителей выполненных в виде 6-ти пульсовых схем выпрямления в общих сетях электроснабжения ухудшает качественные энергетические показатели смежных 12-ти пульсовых выпрямительных агрегатов и, соответственно, всей системы электроснабжения в целом, в частности качества питающего напряжения нетяговых потребителей получающих электропитание от фидеров тяговой подстанции.

Исходя из рассмотренных экспериментальных данных и теоретических обоснований можно сделать вывод о том, что на качество питающего напряжения электрооборудования поста ЭЦ, оказывают влияние конфигурации используемых схем выпрямления как на питающей тяговой подстанции, так и на соседних подстанциях, питающихся от общей электрической сети. Решением этой проблемы может стать перевод всех тяговых подстанций на 12-ти пульсовые схемы выпрямления, применение устройств параллельной компенсации, фильтрокомпенсирующих устройств искусственной компенсации. Указанные методы сопряжены со значительными капитальными затратами, в связи с чем, в данном рассмотренном случае, предлагается установка активного фильтра гармоник на

шины питающего напряжения 0,4 кВ поста ЭЦ, ввиду относительно низкой стоимости и большого выбора предложений в зависимости от конкретных условий использования.

Библиографический список

1. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств электроснабжения сигнализации, централизации, блокировки и связи на федеральном железнодорожном транспорте ЦЭ-881 (утв. Министерством путей сообщения РФ 14 марта 2002 г.)
2. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7. 2003 г.
3. Расчёт параметров схемы замещения трансформаторов с расщеплённой обмоткой с учётом устройства регулирования напряжения под нагрузкой в обмотке высшего напряжения. Герасимук А.В., Семькина И. Ю., Кипервассер М.В. Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 2 (142). С. 52-59.
4. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения/Издание официальное. Москва, 2014
5. Сглаживающие фильтры тяговых подстанций постоянного тока: Учебное пособие/ Т.В. Ковалева, М.Г. Шалимов. Омск: ОмГУПС., 1999г.-52с.
6. 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.; 22 см.; ISBN 5-277-00958-2 : 40 к.
7. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: Учебник для вузов железнодорожного трнпспорта – М.:Транспорт, 1999.- 464с.

УДК 004.896

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕГУЛЯТОРА НА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ

Федоров В.В.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, fedorov.94@yandex.ru

Аннотация. В данной статье демонстрируется преимущество применения нечеткого логического регулятора скорости электропривода постоянного тока по сравнению с классическим методом ПИД регулирования. Моделирование нечеткой системы регулирования осуществляется в среде MATLAB. Сравнивается и исследуется производительность разработанного нечеткого регулятора и ПИД регулирования. Результат показывает, что подход с нечеткой логикой имеет минимальные параметры переходного и установившегося режимов, что подтверждает его большую эффективность.

Ключевые слова: регулятор нечеткой логики, ПИД-регулятор, Matlab, двигатель постоянного тока, система нечеткого вывода.

Abstract. This paper demonstrate the advantages of using a fuzzy logic speed controller of a DC electric drive in comparison with method of PID control. Modeling of a fuzzy control system is performed using MATLAB environment. The performance of the developed fuzzy controller and the classical PID controller is compared and investigated. The result shows that the fuzzy logic approach has minimal parameters of transient and steady-state modes, which confirms its effectiveness.

Keywords: fuzzy logic controller, PID controller, Matlab, Simulink, DC motor.

Введение

Новым витком развития современных систем автоматического управления (САУ) становится использование интеллектуальных систем управления, которые объединяют в себе точность классических методов и гибкость в управлении сложными промышленными объектами. Классические методы управления, такие как ПИД-регуляторы, не дают качественных результатов в переходных процессах при наличии в управляемой системе нелинейностей, внешних возмущений и иных стохастических явлений. В условиях нестационарности, сложности, наличия помех и погрешностей при измерении технологических

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2022

ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)

15-16 декабря 2022 г.

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

Техническое редактирование и компьютерная верстка В.И. Кожемяченко

Подписано в печать 05.12.2022 г.

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

Усл. печ. л. 37.13. Уч.-изд. л. 40.40. Тираж ____ экз. Заказ ____.

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